



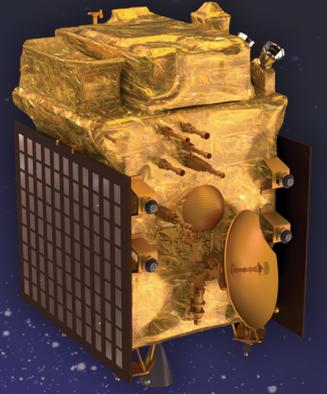
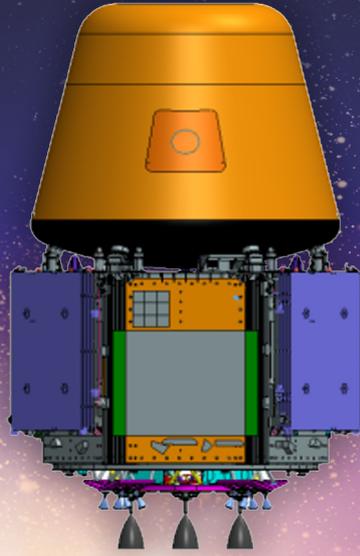
सत्यमेव जयते

# अंतर-केंद्र हिंदी तकनीकी संगोष्ठी

“समानव अंतरिक्ष अभियान की  
चुनौतियाँ, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएँ”

लेख-संग्रह  
खंड-II

21-22 दिसंबर 2023



अंतरिक्ष विभाग / इसरो मुख्यालय  
अंतरिक्ष भवन, न्यू बी.ई.एल. रोड, बेंगलूरु - 560094



सत्यमेव जयते  
भारत सरकार  
GOVERNMENT OF INDIA

अध्यक्ष, अंतरिक्ष आयोग  
व  
सचिव, अंतरिक्ष विभाग

Chairman, Space Commission  
&  
Secretary, Department of Space

सोमनाथ. एस  
SOMANATH. S



### संदेश

यह बड़े हर्ष की बात है कि अंतरिक्ष विभाग इस वर्ष अंतर-केंद्र हिंदी तकनीकी संगोष्ठी का आयोजन कर रहा है। राजभाषा विभाग द्वारा दिए गए सुझाव का सम्मान करते हुए अंतरिक्ष विभाग ने इस बार परमाणु ऊर्जा विभाग, डी.आर.डी.ओ., डी.बी.टी., एन.ए.एल., डी.एस.टी. इत्यादि वैज्ञानिक विभागों/संस्थाओं को भी अपने साथ जोड़ा है। ऐसी संगोष्ठियों को अखिल भारतीय अंतर-विभागीय स्तर पर आयोजित करने की दिशा में हमारा यह पहला प्रयास है।

चंद्रयान-3 एवं आदित्य-एल1 अभियानों से इसरो सुर्खियों में है एवं वैज्ञानिक समुदाय समेत अधिक-से-अधिक लोग जिज्ञासावश इसरो से विभिन्न माध्यमों से जुड़ने लगे हैं। अंतरिक्ष के अन्वेषण के माध्यम से अंतरिक्ष के रहस्यों को समझने की आकांक्षा लोगों में बढ़ी है। एक ओर जहाँ नई अंतरिक्ष नीति समावेशी विकास के तहत उद्योगों, शैक्षणिक एवं शोध संस्थानों आदि को साथ लाने का प्रयास कर रही है, वहीं दूसरी ओर इन उपलब्धियों का लाभ सुदूर गाँव के प्रत्येक नागरिक तक पहुँचाने का लक्ष्य भी है।

भारत की भाषाई विविधता हमारे सामने यह चुनौती उपस्थित करती है कि देश के नागरिकों और छात्र वर्ग को अपनी भाषा में विभिन्न माध्यमों से नवीनतम प्रौद्योगिकियों एवं तकनीकों की जानकारी उपलब्ध हो, ताकि उन्हें इनका इष्टतम लाभ उठाने का अवसर मिले। हिंदी संघ सरकार की राजभाषा और अधिकांश भारतीय जनता के संप्रेषण का माध्यम है।

विज्ञान के क्षेत्र में होने वाले नित नए परिवर्तन एवं विकास को भारतीय भाषाओं में उपलब्ध कराकर हम ज्ञानार्जन के लिए विदेशी भाषा पर आश्रित होने की मजबूरी का त्याग कर सकते हैं। इस संगोष्ठी के लिए स्वीकृत किए गए 105 शोध लेख इस बात का प्रमाण हैं कि राजभाषा हिंदी इस कार्य को बखूबी कर सकती है। आत्मनिर्भरता के हमारे लक्ष्य को भाषाई परिप्रेक्ष्य में भी देखा जाना चाहिए। स्वभाषा में कार्य करने की स्वतंत्रता हमें अधिक आत्मविश्वास प्रदान करेगी और रणनीतिक दृष्टि से भी यह हमारे लिए लाभकारी होगा।

मुझे पूरा विश्वास है कि "समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियां, अनुप्रयोग तथा संभावनाएं" विषय पर आयोजित संगोष्ठी में सभी पहलुओं पर विस्तृत एवं उपयोगी विचार-विमर्श किया जाएगा। अंत में विभिन्न कार्यालयों, विभागों से आए लेख-प्रस्तोताओं को उनके श्रम और राजभाषा के प्रति लगाव के लिए बधाई देता हूँ और संगोष्ठी अपने उद्देश्य की पूर्ति में सफल हो, यह कामना करता हूँ।

आयोजन समिति एवं उनकी टीम को भव्य आयोजन के लिए शुभकामनाएँ देता हूँ।

(एस. सोमनाथ)

स्थान: बेंगलूरु

दिनांक: 18 दिसंबर, 2023

अन्तरिक्ष भवन, न्यू बी ई एल रोड, बेंगलूरु - 560 094, भारत

दूरभाष : +91-80-2341 5241, 2217 2333 • फैक्स : +91-80-2341 5328, 2351 8551

Antariksh Bhavan, New BEL Road, Bangalore - 560 094, India.

Telephone : +91-80-2341 5241, 2217 2333 • Fax : +91-80-2341 5328, 2351 8551 • e-mail : secydos@isro.gov.in / chairman@isro.gov.in

भारत सरकार

## अन्तरिक्ष विभाग

अन्तरिक्ष भवन, न्यू वी ई एल रोड  
बेंगलूर - 560 094. भारत

तार : स्पेस फैंक्स : +91-80-2351 1829  
दूरभाष : +91-80-2341 6393



## GOVERNMENT OF INDIA DEPARTMENT OF SPACE

Antariksh Bhavan, New BEL Road  
Bangalore - 560 094, India.  
Grams : Space Fax : +91-80-2351 1829  
Telephone : +91-80-2341 6393  
e-mail : sandhyavs@isro.gov.in

ಸಂಧ್ಯಾ ವೆಣುಗೋಪಾಲ್ ಶರ್ಮಾ, ಡಾ.ಆ.ಸೆ.

संध्या वेणुगोपाल शर्मा, भा.प्र.से.

**SANDHYA VENUGOPAL SHARMA, I.A.S.**

ಹೆಚ್ಚುವರಿ ಕಾರ್ಯದರ್ಶಿ / अपर सचिव / Additional Secretary



### संदेश

अन्तरिक्ष विभाग सरकारी कामकाज में हिंदी के प्रगामी प्रयोग को बढ़ाने एवं वैज्ञानिक विषयों पर हिंदी में लेखन-कार्य को प्रोत्साहित करने हेतु सदैव प्रतिबद्ध रहा है। इसी प्रतिबद्धता के अनुसरण में इसरो/अं.वि. के सभी केंद्रों/यूनिटों में प्रतिवर्ष तकनीकी संगोष्ठियों का आयोजन किया जाता है। इस वर्ष अन्तरिक्ष विभाग/इसरो मुख्यालय द्वारा दो दिवसीय अंतर-केंद्र हिंदी तकनीकी संगोष्ठी का आयोजन किया जा रहा है। संगोष्ठी के अंतर्गत राजभाषा सत्र भी रखा गया है।

केंद्रीय राजभाषा कार्यान्वयन समिति की 43वीं बैठक में दिए गए सुझाव के अनुपालन में इस तकनीकी संगोष्ठी में समान प्रकृति के तकनीकी कार्य करने वाले मंत्रालयों एवं विभागों को भी शामिल किया गया है। इस तकनीकी संगोष्ठी का विषय है - "समानव अन्तरिक्ष अभियान की चुनौतियां, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएं" तथा इसके साथ ही राजभाषा सत्र भी आयोजित किया जा रहा है।

इस प्रकार की तकनीकी संगोष्ठियों के माध्यम से नवीनतम अनुसंधान व विकास पर आधारित वैज्ञानिक साहित्य का सृजन होता है। यह वैज्ञानिक साहित्य निश्चित रूप से इन विषय के जिज्ञासुओं, छात्रों एवं अनुसंधानकर्ताओं के लिए बेहद उपयोगी होता है। इस संगोष्ठी के लिए इसरो/अं.वि. के सभी केंद्रों/यूनिटों एवं अन्य मंत्रालयों/विभागों से तकनीकी सत्र के लिए 105 एवं राजभाषा सत्र के लिए 35 लेख स्वीकृत किए गए हैं। लेखों की इतनी उत्साहजनक संख्या से स्पष्ट है कि हमारे वैज्ञानिक/अभियंता अपनी मुख्यधारा के तकनीकी कार्यों में जिस गहन अभिरुचि का परिचय देते हैं, राजभाषा हिंदी के प्रयोग को लेकर भी उनमें उतना ही उत्साह है।

संगोष्ठी के सफल आयोजन में बहुमूल्य योगदान के लिए आयोजन समिति, लेखकों और प्रत्यक्ष एवं परोक्ष रूप से जुड़े सभी संबंधितों को हार्दिक बधाई देती हूँ तथा संगोष्ठी के सफल आयोजन के लिए हार्दिक शुभकामनाएं देती हूँ।

स्थान: बेंगलूरु

दिनांक: 18 दिसंबर, 2023

(संध्या वेणुगोपाल शर्मा)

# भारतीय अन्तरिक्ष अनुसंधान संगठन

अन्तरिक्ष विभाग

भारत सरकार

अन्तरिक्ष भवन

न्यू वी ई एल रोड, बेंगलूरु - 560 094, भारत

दूरभाष : +91 80 2341 6356

फैक्स : +91 80 2341 5298



# Indian Space Research Organisation

Department of Space

Government of India

Antariksh Bhavan

New BEL Road, Bengaluru - 560 094, INDIA

Tel (Off) : +91 80 2341 6356

Fax : +91 80 2341 5298

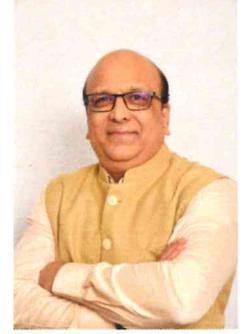
E-mail : scientificsecretary@isro.gov.in

## शान्तनु भाटवडेकर / Shantanu Bhatawdekar

विशिष्ट वैज्ञानिक एवं वैज्ञानिक सचिव, इसरो

Distinguished Scientist &

Scientific Secretary, ISRO



### संदेश

यह अत्यंत गर्व की बात है कि अंतरिक्ष भवन 21-22 दिसंबर 2023 के दौरान "समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियां, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएं" जैसी समीचीन विषयवस्तु के साथ विभिन्न विषयों पर गहन विचार-मंथन का मंच बनने जा रहा है। अंतरिक्ष विभाग/इसरो मुख्यालय की ओर से आयोजित होने वाली इस अखिल भारतीय इसरो अंतर-केंद्र हिंदी तकनीकी संगोष्ठी में अंतरिक्ष विभाग के अतिरिक्त कुछ अन्य वैज्ञानिक संगठनों/विभागों और प्रतिष्ठानों को भी लेख प्रस्तुति के लिए अवसर दिया जा रहा है।

वर्तमान में, वैश्विक अंतरिक्ष अर्थव्यवस्था में 2% हिस्सेदारी के साथ भारत के अंतरिक्ष उद्योग का मूल्य 8 बिलियन डॉलर है। अंतरिक्ष पर सरकारी खर्च लगभग 1.4 बिलियन डॉलर है। विभिन्न विश्लेषणों के अनुसार वैश्विक अंतरिक्ष बाजार 2047 तक 1.5 ट्रिलियन डॉलर तक पहुंचने का अनुमान है। भारत का अंतरिक्ष बाजार हाल के वर्षों में 4% की वार्षिक वृद्धि दर से बढ़ रहा है। भारत सरकार की योजना है कि 2030 तक देश का अंतरिक्ष क्षेत्र वैश्विक उद्योग का 8% हिस्सा बन जाए और भारत की अंतरिक्ष अर्थव्यवस्था को 2040 तक 40 अरब डॉलर तक पहुंचाया जाए। साथ ही, 2035 तक अपना खुद का अंतरिक्ष स्टेशन स्थापित करने का इसरो का प्रस्ताव है।

राष्ट्र के विकास को गति देने के लिए भारत ने अंतरिक्ष परिवहन, अंतरिक्ष अवसंरचना और अंतरिक्ष अनुप्रयोगों में स्वदेशी सामर्थ्यों का निर्माण करने की दिशा में अत्यंत महत्वपूर्ण प्रगति की है और हमने 1999 से 34 देशों के लिए 381 विदेशी उपग्रह प्रमोचित किए हैं। भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन ने हाल ही में 14 जुलाई को चंद्रयान -3 का सफल प्रमोचन किया और इसके साथ ही भारत चंद्रमा की दक्षिणी ध्रुव की सतह (690द.) पर सुगम अवतरण करने वाला प्रथम राष्ट्र बना। सूर्य ग्रह के अन्वेषण के प्रयास में हाल ही में आदित्य- एल1 का भी प्रमोचन किया गया। आदित्य- एल1 अपने नियोजित प्रक्षेप पथ में विद्यमान है और जनवरी 2024 के प्रथमार्ध में इसका सूर्य-पृथ्वी एल1 बिंदु में पहुँचना अपेक्षित है। आदित्य- एल1 के वैज्ञानिक लक्ष्यों में सूर्य, सौर पवन, फोटॉन, साथ ही अंतरग्रहीय चुम्बकीय क्षेत्र के सुदूर संवेदन अध्ययन और स्व-स्थाने अध्ययन सम्मिलित हैं।

अंतरिक्षयान तथा अनुप्रयोग भारत सरकार के कई प्रमुख कार्यक्रमों का अभिन्न अंग हैं। साथ ही, भविष्य में नई अंतरिक्ष गतिविधियों और उच्च क्षमता वाले क्षेत्रों में अपनी क्षमताएं विकसित करने की ओर भारत अग्रसर है। ऐसे महत्वाकांक्षी लक्ष्यों की पूर्ति की दिशा में समानव अंतरिक्ष कार्यक्रम बेहद निर्णायक बन जाता है। भारत का पहला समानव अंतरिक्ष पहल "गगनयान" परियोजना तेज़ी से आगे बढ़ रही है और बहुत जल्द यह सपना भी साकार होगा। भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम के इन गतिशील क्रियाकलापों पर राजभाषा हिंदी में चर्चा-परिचर्चा आवश्यक बन जाता है। अंतरिक्ष विभाग द्वारा आयोजित यह संगोष्ठी इन बातों पर विचार-मंथन करने का अत्यंत कारगर शिविर साबित होगा। मुझे आशा ही नहीं, अपितु पूर्ण विश्वास है कि दो दिन चलने वाले इस मंथन शिविर में संगोष्ठी की विषय-वस्तु से संबंधित विभिन्न विषयों पर विचारों का सार्थक आदान-प्रदान होगा।

राष्ट्रीय स्तर की इस संगोष्ठी की सफलता की कामनाओं के साथ,

शान्तनु

(शान्तनु भाटवडेकर)

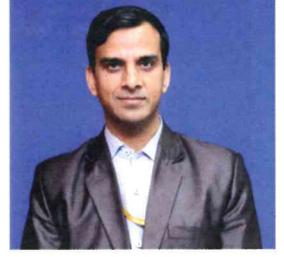
अध्यक्ष, अंतर-केंद्रीय हिंदी तकनीकी संगोष्ठी

सलाहकार समिति

स्थान: बेंगलूरु

दिनांक: 18 दिसम्बर 2023

## प्राक्कथन



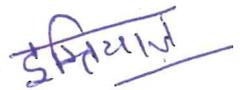
विश्व प्राचीन भारतीय ज्ञान परंपरा का प्रशंसक रहा है। गणित, खगोलविज्ञान, चिकित्सा, दर्शन, अर्थशास्त्र, व्याकरण, साहित्य, आदि ज्ञान-विज्ञान की शाखाओं पर आज भी विपुल प्राचीन साहित्य उपलब्ध है। हिब्रू, मंडारिन, आदि जैसी भाषाओं ने आधुनिक ज्ञान-विज्ञान के क्षेत्र में जो प्रासंगिकता अर्जित की है, उससे इस धारणा को बल मिलता है कि भारतीय भाषाओं को नवीनतम विज्ञान और तकनीकी की भाषा बनाकर राष्ट्र के विकास की मुख्यधारा में शामिल करके भारत के बड़े मानवबल की निर्णायक भूमिका को सक्रिय बनाया जा सकता है।

नवीनतम ज्ञान-विज्ञान को भारतीय भाषाओं में उपलब्ध कराने के लिए अनेक प्रयास किए जाते रहे हैं। अंतरिक्ष विभाग द्वारा अंतरिक्ष विज्ञान के क्षेत्र में हो रहे नवीनतम ज्ञान-विज्ञान के विकास एवं अनुसंधान को हिंदी में उपलब्ध कराने की अनूठी पहल है - हिंदी तकनीकी संगोष्ठियाँ। विभाग के प्रतिभाशाली वैज्ञानिक अंतरिक्ष विज्ञान से संबंधित जिन तकनीकियों और अनुप्रयोगों पर कार्य कर रहे हैं, उन्हें अपने मौलिक ज्ञान और अनुभवों से उत्प्रेरित होकर हिंदी में उपलब्ध कराने का प्रयास करते हैं। इन संगोष्ठियों से जहाँ एक ओर वैज्ञानिकों की लेखन की अभिवृत्ति को पल्लवित और पुष्पित होने का मंच मिलता है, वहीं देश के करोड़ों पाठकों के लिए उनकी भाषा में अत्याधुनिक तकनीकियों, वैज्ञानिक विमर्शों तथा जटिल विषयों पर महत्वपूर्ण साहित्य का सृजन हो जाता है।

वर्ष 2023 की इस अंतर-केंद्र तकनीकी संगोष्ठी में कुछ नये आयाम जुड़े हैं, इस बार अंतरिक्ष विज्ञान के साथ परमाणु विज्ञान, रक्षा विज्ञान, वांतरिक्ष विज्ञान, आदि का भी समावेश किया गया है। इसका श्रेय निश्चित रूप से राजभाषा विभाग के सचिव को जाता है, जिन्होंने केंद्रीय राजभाषा कार्यान्वयन समिति की बैठक के दौरान यह सुझाव दिया। इस समिति की बैठक में राजभाषा विभाग की ओर से माननीय मंत्री महोदय के अधीन सभी वैज्ञानिक विभागों को इस संगोष्ठी में सम्मिलित करने का प्रस्ताव प्राप्त हुआ था। संगोष्ठी के लिए प्राप्त आलेखों से पाठक सहज ही अनुमान लगा पाएंगे कि सभी विभागों के वैज्ञानिकों ने इन्हें तैयार करने में कितना श्रम किया है।

संगोष्ठी का विषय "समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियाँ, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएं" भारतीय दृष्टिकोण से अत्यधिक प्रासंगिक और उपयोगी है। इस लेख-संग्रह में भारतीय समानव अंतरिक्ष अभियान से जुड़े अनुसंधान एवं विकास संबंधी विविध पहलुओं पर प्रस्तुत आलेखों का समावेश किया गया है। यह शिक्षा जगत से जुड़े विशेषज्ञों, छात्रों और हिंदी के जिज्ञासु पाठकों के लिए एक ज्ञानवर्धक एवं उपयोगी पुस्तक है।

स्थान: बंगलूरु  
दिनांक: 18 दिसंबर, 2023

  
(इम्टियाज़ अली खान)  
अध्यक्ष, अंतर केंद्र हिंदी तकनीकी संगोष्ठी  
आयोजन समिति

## संपादकीय



अंतरिक्ष विभाग में हिंदी तकनीकी संगोष्ठियों के आयोजन की सुदीर्घ परंपरा रही है। अंतरिक्ष विभाग/इसरो के भारतभर में फैले विभिन्न केंद्रों/यूनिटों द्वारा प्रतिवर्ष अंतर-केंद्र या पूल स्तर पर हिंदी तकनीकी संगोष्ठियों का आयोजन किया जाता है। इस अनुक्रम में, वर्ष 2023 में अंतरिक्ष विभाग/ इसरो मुख्यालय द्वारा अंतर-केंद्र हिंदी तकनीकी संगोष्ठी का आयोजन किया जा रहा है। यह संगोष्ठी अंतरिक्ष विभाग के अंतर्गत पूर्व में संपन्न अंतर-केंद्र हिंदी तकनीकी संगोष्ठियों से अलग और विशेष है; क्योंकि अभी तक आयोजित अंतर-केंद्र संगोष्ठियों में अंतरिक्ष विभाग के केंद्र/यूनिटों के वैज्ञानिक/अभियंताओं और अन्य अधिकारी/कर्मचारियों से ही आलेख आमंत्रित किये जाते थे। परन्तु इस बार राजभाषा विभाग के सुझाव के अनुसार माननीय राज्यमंत्री, प्रधानमंत्री कार्यालय के अधीन अन्य वैज्ञानिक एवं तकनीकी विभागों के वैज्ञानिकों एवं तकनीकी अधिकारियों/ कर्मचारियों से आलेख आमंत्रित करने का निर्णय लिया गया, जिसके परिणामस्वरूप परमाणु ऊर्जा विभाग, इलेक्ट्रॉनिक्स कॉर्पोरेशन इंडिया लिमिटेड, जैव प्रौद्योगिकी विभाग, रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन, राष्ट्रीय वांतरिक्ष प्रयोगशाला, आदि प्रतिष्ठित संस्थानों/विभागों से भी आलेख प्राप्त हुए। इस महत्वपूर्ण सहभागिता को देखते हुए इस संगोष्ठी को अखिल भारतीय हिंदी तकनीकी संगोष्ठी कहना भी अत्युक्ति नहीं होगा।

संगोष्ठी का मुख्य विषय "समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियां, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएं" रखा गया है। मुख्य विषय से संबंधित लगभग 35 उप-विषयों का सुझाव भी दिया गया है जिससे समानव अंतरिक्ष अभियान के सभी पहलुओं को संगोष्ठी में स्थान दिया जा सके। संगोष्ठी में एक सत्र राजभाषा पर भी रखा गया है, जिसके अंतर्गत 04 उप-विषयों का सुझाव दिया गया।

संगोष्ठी में कुल 173 आलेख प्राप्त हुए। इतनी बड़ी संख्या में प्राप्त आलेखों का मूल्यांकन करना और आवश्यक संशोधनों के लिए लेखकों को सुझाव देना एक जटिल एवं लंबी प्रक्रिया रही। मूल्यांकन समिति के सभी सदस्यों ने पूरे मनोयोग से प्राप्त आलेखों को पढ़ा, आवश्यक संशोधन सुझाए और लेखकों ने भी सुझावों को सकारात्मक ढंग से लिया तथा समय मर्यादा के भीतर संशोधित लेख वापस प्रस्तुत किए। समिति का यह भी प्रयास रहा कि भाषा की दृष्टि से भी सभी लेख वर्तनी संबंधी त्रुटियों से रहित हों एवं भाषा सरल और प्रवाहशील हो। राजभाषा अनुभाग के सदस्यों ने वर्तनी एवं भाषा संबंधी सुधार की दृष्टि से महत्वपूर्ण योगदान दिया। कतिपय तकनीकी मानदंडों पर खरा न उतरने के कारण कुछ आलेख संगोष्ठी के लिए स्वीकार न किए जा सके।

समग्र औपचारिक प्रक्रिया संपन्न करने के उपरांत कुल 140 आलेख स्वीकृत किए गए और दिनांक 21-22 दिसंबर, 2023 को दो-दिवसीय संगोष्ठी के भव्य उद्घाटन सत्र के दौरान पुस्तकाकार लेख-संग्रह के रूप में विमोचन किया जाएगा। यह लेख-संग्रह गगनयान जैसे महत्वाकांक्षी एवं महत्वपूर्ण अभियान से संबंधित जटिल एवं नवीनतम विकास एवं अनुसंधान पर हिंदी में एक अनूठा एवं उपयोगी संकलन है। मूलतः इसमें प्रकाशित लेख इसकी आत्मा हैं, इसलिए सभी लेखकों के द्वारा लेखन हेतु किए गए श्रम और प्रयत्न की हृदय से सराहना करते हैं। आशा है कि यह पुस्तक समानव अंतरिक्ष अभियान पर एक महत्वपूर्ण दस्तावेज सिद्ध होगा।

स्थान: बंगलूरु

दिनांक: 18 दिसंबर, 2023

  
(डॉ. राजीव कुमार जायसवाल)  
अध्यक्ष, अंतर-केंद्र हिंदी तकनीकी संगोष्ठी  
संपादकीय समिति

## अनुक्रमणिका

क्र. सं.	विषय/लेखक	पृ.सं.
<b>सत्र – A तापीय सुरक्षा प्रणाली, तापीय नियंत्रण प्रणाली एवं सम्मिश्र</b>		
<b>A-1</b>	गगनयान संसूचक हेतु तापीय सुरक्षा प्रणाली विलेपन -डॉ. वैशाली उमराणीया, हिमांशु शुक्ल, शरद शुक्ल	1
<b>A-2</b>	सब स्केल मोटर द्वारा ठोस राकेट नोजल की ऊष्मीय अभिकल्पना का सत्यापन - अभिषेक कुमार, शमिक यश, लक्ष्मी वी.एम.	10
<b>A-3</b>	अंतरिक्षयान हेतु तापीय सुरक्षा प्रणालियां - सागर चौधरी	16
<b>A-4</b>	अंतरिक्ष वाहनों के लिए तापीय सुरक्षा प्रणाली: प्रौद्योगिकी विकास, वर्तमान चुनौतियां और भविष्य की संभावनाएं - विजेन्द्र कुमार, राकेश रंजन	20
<b>A-5</b>	ऊष्मानलियों में केशिका प्रभाव - कमलेश कुमार बराया	30
<b>A-6</b>	कार्बन फाइबर अग्रदूत तैयार करने के लिए प्रमुख फाइबर कटाई तकनीकियां - अशोक कुमार, संजय कैलाशराव शेटे, जे. के. अभिलाष, तरुण कुमार पारधी	41
<b>A-7</b>	सीएसआईआर-एनएएल की स्वदेशी विकसित कार्बन फाइबर उत्पादन प्रौद्योगिकी - डॉ. प्रोसेनजीत घोष, वी. बालाजी, टी. राजू, अरुण कुमार द्विवेदी	50
<b>सत्र – B तापीय सुरक्षा प्रणाली, तापीय नियंत्रण प्रणाली एवं सम्मिश्र</b>		
<b>B-1</b>	आधुनिक धातु- अन्तरिक्ष एवं वायुमंडलीय प्रयोग हेतु एल्युमिनियम-लिथियम धातु की समीक्षा - डॉ. ए.वी. संधानबाबू दिव्यान्शु सिंह	58
<b>B-2</b>	योज्य निर्माण: अंतरिक्ष क्षेत्र के लिए अवसर और चुनौतियां - विकास कुमार	68
<b>B-3</b>	अंतरिक्ष उपयोग के लिए एल्युमिनियम 6061 टी- 6 पर चांदी विलेपन की अर्हता - वी.एम. शाह, योगेश घोटेकर	76
<b>B-4</b>	प्रणोदक (प्रोपेलेंट) अनुप्रयोग के लिए बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोजिट) का संश्लेषण और लक्षण वर्णन - अखिल, आरती पंत, अनुराग त्रिपाठी, ऐ.के. मंडल, सी. गुरुराजा राव	84
<b>B-5</b>	एकीकरण प्रक्रिया (Assembly Process) के दौरान मोनेल-सिरेमिक-तांबा अन्तरापृष्ठ (Interface) से युक्त एक संग्राहक संयोजन (Collector Assembly) की उत्तरजीविता (Survivability) के लिए संरचनात्मक अनुकूलन (Structural Optimizaiton) - चंद्रशेखर, वी.एस.जगदीश, राकेश आर. भावसार, आनंद पाठक	92

क्र. सं.	विषय/लेखक	पृ.सं.
<b>B-6</b>	उपग्रह निर्माण के लिए एलुमिनियम मिश्र धातु से बने घटकों के भूतल उपचार संचालन के दौरान विभिन्न निक्षारण (एचिंग) प्रक्रियाएँ - हिमांशु शुक्ल, शरद शुक्ल	98
<b>सत्र – C अंतरिक्ष ऊर्जा उपयोग एवं भंडारण</b>		
<b>C-1</b>	अंतरिक्ष अनुप्रयोगों हेतु सिलिकन (Si) आधारित ऊर्जा पदार्थ: समीक्षा और प्रौद्योगिकी दृष्टिकोण - अभय भिंसीकर, मानवेन्द्र नारायण सिंह, अर्चना सगदेव, तापस गांगुली	105
<b>C-2</b>	अंतरिक्ष परिवहन प्रणालियों में स्वदेशी लिथियम आयन बैटरी का प्रेरण - अभिनव रुहेला, तोमस अब्रहाम	112
<b>C-3</b>	उच्च ऊंचाई वाले प्लेटफॉर्म (एचएपी) के लिए नई ऊर्जा प्रबंधन प्रणाली - डॉ. आनंद कुमार के.एस., डॉ. सी. एम. आनंद, जी एम कमलाकन्नन, के जयप्रकाश, अखिला एस कौशिक, बी एस अशोका	118
<b>सत्र – D सुदूर संवेदन प्रौद्योगिकी एवं अनुप्रयोग</b>		
<b>D-1</b>	एक्टिव ऑप्टिक्स: इमेज गुणवत्ता सुधार के लिये सुदूर संवेदी विद्युत प्रकाशीय नीतभारों में इसकी अभिकल्पना एवं अनुप्रयोग - जितेन्द्र कुमार, हृदय पटेल, आरती सरकार	123
<b>D-2</b>	भारतीय सुदूर संवेदन उपग्रह डेटा के लिए संपीड़ित जेपीजी में मेघ डिटेक्शन और प्रतिशत अनुमान - गरिमा कुच्छल	132
<b>D-3</b>	निसार एस.-बैंड सार नीतभार का संयुक्त विधा परीक्षण एवं अभिलक्षण - राकेश कुमार, अनीश कुमार मिश्रा, दिक्षा शर्मा, चेतन कुमार बाबुभाई लाड, सुनीला मिश्रा, राकेश कुमार भान	143
<b>D-4</b>	मेघालय में चावल की खेती के विस्तार के लिए रिमोट सेंसिंग और जीआईएस टूल्स का उपयोग - प्रतिभा ठाकुरिया दास	154
<b>D-5</b>	भारतीय सुदूर संवेदन उपग्रह चित्रों, वनस्पति विश्लेषण एवं वर्गीकरण तकनीकों में क्रमानुगत विकास - शिवम त्रिवेदी, हेब्बार आर., विनोद पी.वी.	163
<b>D-6</b>	सुदूर संवेदन उपग्रह डेटा रिसेप्शन सिस्टम (डैटा अभिग्रहण प्रणाली) की विश्वसनीयता विश्लेषण - श्रीदेवी सी.एच.	172
<b>D-7</b>	सुदूर-संवेदन: अवधारणा एवं इसके अनुप्रयोग - आशीष कुमार शर्मा	180

क्र. सं.	विषय/लेखक	पृ.सं.
<b>D-8</b>	मध्यम और मोटे विभेदन ऑप्टिकल सेंसरों के प्रतिरूपी अंशांकन के लिए संभावित प्राकृतिक स्थलों की पहचान - बी. शांति श्री, पी.के. सरिता, एन. राघवेंद्र	185
<b>D-9</b>	भूस्थानिक प्रौद्योगिकियों द्वारा मानचित्रण एवं विश्लेषण - प्रशांत प्रकाश अंगरख	191
<b>D-10</b>	रोटेटेड बाउंडिंग बॉक्स के साथ ऑब्जेक्ट डिटेक्शन - जू वा आँ रामपाल	199
<b>सत्र – E ई.सी.एल.एस.एस. एवं सूक्ष्म गुरुत्व परीक्षण</b>		
<b>E-1</b>	मानवयुक्त अंतरिक्ष यान में अंतरिक्ष यात्री के लिए पर्यावरणीय नियंत्रण एवं जीवन उपयोगी प्रणालियां - ऋषभ गर्ग, कैलास एस कुहीते, सुनील एस.	204
<b>E-2</b>	अंतरिक्ष उड़ान में ड्रोसोफिला जीव विज्ञान प्रयोग के लिए हार्डवेयर का अभिकल्पन - डॉ. के. जी. श्रीजालक्ष्मी, ए. माधवन	208
<b>सत्र – F विविध</b>		
<b>F-1</b>	एल.एम.एफ.बी.आर. के प्राथमिक सोडियम पंप का थर्मल विश्लेषण - अमित कुमार चौहान, एम. राजेंद्रकुमार, के. नटेशन	212
<b>F-2</b>	यांत्रिक अभिकल्पना विकास में प्रघात अनुक्रिया स्पेक्ट्रम विश्लेषण का विवरण - वी.एस.जगदीश, राकेश आर. भावसार	224
<b>F-3</b>	नॉन फंजिबल टोकन - हिमांशु कुमार हरन	230
<b>F-4</b>	संकर सूक्ष्म परिपथ आधारित परिवर्तक का स्वदेशीकरण - डॉ. कमलजीत सिंह	237
<b>F-5</b>	अंतरिक्ष कानून का अवलोकन - शौभिक घोष	244
<b>F-6</b>	अंतरिक्ष कानून: भारतीय परिप्रेक्ष्य - के. सुनील, अनूप कुमार गुप्ता	251
<b>F-7</b>	उन्नत पदार्थों के विनिर्माण के लिए स्वच्छ कक्ष की प्रौद्योगिकी का अवलोकन - जितेश धमीजा	255
<b>F-8</b>	रक्षा में आत्मनिर्भर भारत और उन्नत प्रणाली प्रयोगशाला का योगदान - मनोज कुमार साहू	264

क्र. सं.	विषय/लेखक	पृ.सं.
<b>F-9</b>	वर्तमान मे बढ़ती अंतरिक्ष गतिविधियों एवं उनके व्यावसायीकरण के लिए उपलब्ध अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष कानून तथा उनके निहितार्थ - विक्रम सिंह मिर्धा, अप्पन्ना जी., अक्षय पाठक	270
<b>सत्र – G मानवानुकूलित प्रमोचक रॉकेट एवं कक्षीय मॉड्यूल</b>		
<b>G-1</b>	यांत्रिकी परीक्षण द्वारा ए.एल.- पि.यू.आर.सैंडविच पैनल की विशेषता - पाटिल प्रतीक गोपाल, एम. लोकेश बाबू आर. राम कुमार, पि. ए. सरवना पेरुमल	277
<b>G-2</b>	गगनयान के विभिन्न मॉड्यूल के लिए लिंक बजट विश्लेषण - हर्ष दशोरा, जितेन्द्र कुमार, ममता डी.	285
<b>G-3</b>	समानव अंतरिक्ष उड़ान अभियान हेतु कर्मिदल बचाव प्रणाली की निम्न ऊँचाई बचाव मोटर का विकास, स्थैतिक परीक्षण एवं योग्यता प्राप्ति - अक्षिता अरोरा	291
<b>G-4</b>	दुनिया भर में समानव अंतरिक्ष यान के कक्षीय मॉड्यूल के विन्यास का तुलनात्मक अध्ययन - आरती गुप्ता, उद्दीपना कलिता, अरस कुमार, गौरीशंकर सी. के., सुनील अलियास बलवंतराव	297
<b>G-5</b>	मानव अंतरिक्ष मिशन के लिए कू एस्केप सिस्टम में प्रयुक्त ठोस प्रणोदक रॉकेट मोटर्स के विकिरण चित्रण (रेडियोग्राफी) में चुनौतियां - जतेंद्र निरंकारी, श्रीनिवास राव बत्तुला, पी.वी.एस. कुर्मनाथ	308
<b>G-6</b>	गगनयान के लिए मंच आपातकालीन निकास प्रणाली - जितेंद्र कुमार कुमावत, सुशील कुमार नायक, आर. राम कुमार, अनिल कुमार सी.	316
<b>सत्र – H अंतरिक्ष चिकित्सा, स्वास्थ्य एवं निवास</b>		
<b>H-1</b>	दीर्घकालिक अंतरिक्ष मिशन के लिए मानव मनोविज्ञान: संक्षिप्त विवरण - आन्सी ऑस्टिन	325
<b>H-2</b>	अंतरिक्ष पर्यावास डिजाइन में भौतिक श्रमदक्षता (श्रमदक्षता (एर्गोनॉमिक्स)) - एस. एस. रविशंकर, सौरभ कुमार, जयंत धाओया, कुमार के.	332
<b>H-3</b>	अंतरिक्ष औषधि एवं स्वास्थ्य निगरानी - कुलदीप शाक्य	339
<b>H-4</b>	मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन में शारीरिक और मनोवैज्ञानिक चुनौतियां - संभव जैन	346
<b>H-5</b>	शाकाहारी मांस विकल्प: सामग्री, उत्पाद, तकनीकी और प्रगति - देव कुमार यादव, कन्नन विग्रेश, डी. डी. वाडीकर, ए. डी. सेमवाल	353
<b>H-6</b>	अंतरिक्ष भोजन का विकास: अतीत से वर्तमान तक - बिन्दिया साहू, के. शहाना	363

## गगनयान संसूचक हेतु तापीय सुरक्षा विलेपन प्रणाली

डॉ. वैशाली उमराणीया, हिमांशु शुक्ल, शरद शुक्ल,  
सतह उपचार एवं ऊष्मीय पेंटिंग विभाग (एस.टी.पी.डी./ई.एफ.एम.जी./ई.एस.एस.ए.)  
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, इसरो  
अहमदाबाद

### सारांश

प्रस्तुत लेख में मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम गगनयान में उपयोग होने वाले संसूचक के लिए तापीय सुरक्षा प्रणाली का वर्णन किया गया है। यह संसूचक त्रिविमीय मुद्रित डी.एम.एल.एस. एल्यूमिनियम से बनाया गया है। उसे सुरक्षा देने के लिए एनोडाइज किया गया है। विलेपन के मूल्यांकन के लिए विभिन्न परीक्षण अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में किये गये हैं। तापीय संतुलन बनाने के लिए जरूरी ऊष्मा-प्रकाशीय गुणधर्म जैसे सौर अवशोषणांश और अवरक्त उत्सर्जनांश नापे गए। आसंजन(Adhesion) टेप पील परीक्षण द्वारा मूल्यांकन किया गया है। विलेपन की मोटाई भ्रंश धारा (Eddy current) सिद्धांत पर आधारित मोटाई मापन उपकरण का प्रयोग करके मापी गयी। सतह आकारिकी अध्ययन लेजर सूक्ष्मदर्शक से किया गया। संक्षारण प्रतिरोधन सॉल्ट स्प्रे टेस्ट कक्ष में ASTM B117 मानक के अनुसार 336 घंटे के लिए किया गया। परिणाम दिखाते हैं कि एनोडाइजिंग एल्यूमिनियम को बेहतर बनाता है।

**संकेत शब्द** - एनोडाइजिंग, सुरक्षा प्रणाली, संसूचक, एल्यूमिनियम

#### 1. परिचय:

मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम गगनयान की परिकल्पना राष्ट्रीय स्तर पर हुई है जिसका मुख्य उद्देश्य पूरी तरह से स्वायत्त कक्षीय वाहन को विकसित करना है जो अंतरिक्ष यात्रियों को भू-कक्षा में ले जायेगा और उन्हें सुरक्षित वापस पृथ्वी पर लाएगा। इसका मुख्य उद्देश्य मानव उड़ान से पूर्व सभी महत्वपूर्ण प्रणालियों की रचना की पुष्टि करना है। सदस्यीय दल की सुरक्षा उड़ान के सभी चरणों के दौरान सर्वोपरि है। कक्षीय वाहन दो भाग में बना है। चालक कक्ष मुख्यतया अंतरिक्ष यात्रियों के रहने के उपयोग में आता है और उसमें लगी हुई प्रणालियाँ पुनः प्रवेश एवं पानी पर अवतरण के समय भी प्रयोग में आती हैं [1]।

उड़ान के दौरान किसी भी आकस्मिक घटना का सामना करने के लिए हमेशा तैयार रहना चाहिए। जैसे की अंतरिक्ष से पृथ्वी की कक्षा में प्रवेश करते समय तापमान बहुत बढ़ सकता है, आग भी लग सकती है [2]। इस परिस्थिति में यान में धुँआ उत्पन्न हो सकता है। जिसे जांच करने के लिए संसूचक की जरूरत होती है। कम वजन और बनावट प्रक्रिया सरल करने के लिए यह संसूचक त्रिविमीय मुद्रित (3D printing) एल्यूमिनियम मिश्रधातु से बनाया गया है। त्रिविमीय मुद्रण (3D printing) त्रि-विमीय वस्तुएं बनाने की बहुत सी विधियों में से एक विधि है। यह विधि में कम्प्यूटर के नियंत्रण से वस्तु पर किसी पदार्थ की परत दर परत संवर्धित की जाती है और वस्तु निर्मित हो जाती है। एल्यूमिनियम मिश्रधातु को सुरक्षा देने के लिए इस पर एनोडाइजिंग की गई है। यह रासायनिक विलेपन एल्यूमिनियम पर एक सुरक्षात्मक फिल्म प्रदान करता है। यह प्रक्रिया अच्छा संक्षारण प्रतिरोध देती है और कोई खास आयामी परिवर्तन नहीं होता है, और सामान्य रूप से मशीनिंग के बाद प्रयोग किया जाता है। यह विलेपन एक उत्कृष्ट तापीय पेंट आधार भी है, और जहाँ तापीय प्रबंधन की आवश्यकता होती है वहाँ उपयोग किया जाता है [3-4]। काला प्रकटन इस रासायनिक फिल्म की विशेषता है।

## 2. ताप नियंत्रण अनुप्रयोग:

कक्षा में एक अंतरिक्ष यान एक तरफ प्रत्यक्ष सूर्य के कारण महत्तम तापमान और दूसरे ओर गहरे ठंडे अंतरिक्ष के समक्ष होता है। संचार एवं सुदूर संवेदन उपग्रह की जिन सतहों पर सूर्य का प्रकाश सीधा पड़ता है, वे सतह अत्यधिक गर्म हो जाती हैं और जो सतह अंतरिक्ष के कम तापमान (4 केल्विन) के समक्ष होती हैं, वे अत्यधिक ठंडी हो जाती हैं। इस प्रकार उपग्रह को तापमान की उग्र सीमाओं (सामान्यतया  $-100^{\circ}$  सेल्सियस से  $+100^{\circ}$  सेल्सियस) का सामना करना पड़ता है। उपग्रहों के नीतभारों के निर्माण में विभिन्न इलेक्ट्रॉनिक पैकेजों जैसे अभिग्राही, शक्तिप्रवर्धक, ई.पी.सी. इत्यादि का उपयोग होता है। ये पैकेज कई इलेक्ट्रॉनिक घटकों के संयोजन से बने होते हैं, जो प्रचक्रण के दौरान उष्मा का उत्सर्जन करते हैं। इन घटकों का निर्दिष्ट कार्य अपेक्षा के अनुरूप संपन्न होने के लिए इनका तापनियंत्रण अतिआवश्यक होता है क्योंकि ये एक अपेक्षित तापमान की सीमा में ही श्रेष्ठ गुणवत्ता पर निर्दिष्ट कार्य का संपादन कर पाते हैं। नीतभारों के निर्माण में कई तरह के इलेक्ट्रॉनिक घटकों एवं प्रयुक्तियों का उपयोग होता है। अंतरिक्ष के तीव्र उष्मीय वातावरण में उपग्रह के इलेक्ट्रॉनिक घटकों का ताप नियंत्रण चुनौतीपूर्ण होता है। अंतरिक्ष यान के घटकों पर रासायनिक विलेपन करने से वांछित प्रकाशीय गुणधर्म प्राप्त हो सकते हैं। इस तरह रासायनिक विलेपन उपग्रह के तापीय नियंत्रण में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

मान लें कि पृथ्वी के वातावरण से दूर अंतरिक्ष में उपग्रह की आंतरिक ऊष्मा नगण्य है। स्थिर तापमान स्थिति में उपग्रह के तापमान की गणना निम्नलिखित समीकरण की मदद से की जा सकती है।

$$S A_p \alpha = \sigma A \varepsilon T^4 \quad \dots\dots\dots (1)$$

जहाँ S सूर्य स्थिरांक है ( $1353 \text{ W/m}^2$ ),

$A_p$  सूर्य की किरणों से परिलंबवत अंतरिक्ष यान का अनुमानित सतह क्षेत्र ( $\text{m}^2$ ),

$\alpha$  अनुमानित क्षेत्र का सौर अवशोषणांक,

$\sigma$  स्टीफन बोल्ट्समैन स्थिरांक ( $56.7 \times 10^{-9} \text{ W/m}^2$ ),

A अंतरिक्ष यान का कुल सतह क्षेत्र ( $\text{m}^2$ ),

$\varepsilon$  प्रक्षेपित क्षेत्र की सतह उत्सर्जनांश है, और

T अंतरिक्ष यान का निरपेक्ष तापमान है। (K)

यह स्पष्ट रूप से पता चलता है की उपग्रह के किसी भी क्षेत्र का तापमान सीधे  $\alpha/\varepsilon$  अनुपात द्वारा नियंत्रित किया जाता है यहाँ, शब्द “अवशोषण” सभी सौर विकिरण (एक्स-किरण, पराबैंगनी, दृश्य, अवरक्त, रेडियो आवृत्ति, आदि) को संदर्भित करता है, जबकि शब्द “उत्सर्जनांश” इन्फ्रारेड रेंज से प्रतिबंधित है क्योंकि तापीय विकिरण मुख्य रूप से अवरक्त क्षेत्र से उत्पन्न होते हैं। ज्यादातर उच्च सौर अवशोषण और उच्च तापीय उत्सर्जनांश के लिए ये काले विलेपन उपग्रह की आंतरिक की सतहों पर लगाया जाता है।

काले तापीय नियंत्रण कार्बन पेंट्स उत्कृष्ट प्रकाशीय गुण प्रदान करते हैं। ( $\alpha, \varepsilon > 0.90$ ) और अनिवार्य रूप से सभी अंतरिक्ष मिशनों के लिए उपयोग किये गये हैं। निर्वात अवस्था में तापीय नियंत्रण कार्बन पेंट्स का सम्पूर्ण द्रव्यमान हानि (TML) 1% से ज्यादा एवं संग्रहित वाष्पित संघनीय द्रव्य (CVCM) 0.1% से अधिक होने से होने वाले नुकसान के कारण प्रकाशीय समुच्चय में अनुप्रयोग कम होता है [5]। यह विलेपन काले पेंट्स के लिए एक आकर्षक विकल्प है क्योंकि 50-60 माइक्रॉन की तुलना में केवल कुछ माइक्रॉन (20-25 $\mu\text{m}$ ) की मोटाई में काले फिल्म के प्रकाशीय गुणों से बेहतर गुण प्रदान करते हैं। मोटा विलेपन स्थिर प्रकाशीय गुण प्राप्त करने के लिए किया जाता है। इसकी वजह से उपग्रह में प्रशंसनीय आयामी परिवर्तन और समग्र वजन में वृद्धि होती है। यह विलेपन एक अकार्बनिक रूपांतरण विलेपन होने के कारण उच्च स्थिरता रखता है। यह प्रतिक्रिया क्रोमेटिंग से भी सरल है।

## 3. प्रयोगात्मक:

एल्यूमिनियम मिश्रधातु 6061-T6 पर एनोडाइजिंग प्रक्रिया के 11 नमूने (आकार 110 मि.मी. X 75 मि.मी. X 1 मि.मी.) निम्नलिखित अनुक्रम के अनुसार बनाये गये:

1. अल्ट्रासोनिक उपकरण में 5 मिनट अवधि के लिए ट्राईक्लोरोएथिलीन में विस्रेहन (Degreasing)
2. निम्न संरचना में एल्कलाइन सफाई:  
10% सोडियम हाइड्रोक्साइड में 2-3 मिनट के लिए,  
तदोपरांत आसुत या आयन मुक्त जल से 2 मिनट के लिए साफ किया।
3. निम्न संरचना में एसिडिक सफाई:  
10% नाइट्रिक एसिड में 2-3 मिनट के लिए,  
तदोपरांत आसुत या आयन मुक्त जल से 2 मिनट के लिए साफ किया।
4. तालिका 1 के अनुसार सफेद एनोडीकरण किया गया।  
विलयन तैयार करने के लिए आसुत या आयन मुक्त जल उपयोग किया गया है। सभी प्रयोगशाला अभिकर्मक ग्रेड रसायनों का उपयोग किया गया। परीक्षण नमूने को एनोडिक बनाया गया। विलयन संरचना तालिका 1 में सारणीबद्ध है।

तालिका 1: एनोडीकरण विलयन

सल्फ्यूरिक एसिड	10% V/V
pH	1.2 - 1.5
समय अंतराल	60 मिनट
कैथोड	सीसा (lead)
कुंड पदार्थ (Bath material)	पॉलीप्रोपिलीन
डी.सी. धारा (DC Current)	14 V

5. एनोडीकृत नमूनों में पैदा हुए रंध्रों को बंद करने के लिए उसे 100°C पर आसुत या आयन मुक्त जल में 30 मिनट के लिए रखा गया।

#### 4. परीक्षण:

विलेपन को पर्यावरणीय परीक्षणों से पहले और बाद में भौतिक दिखाव में किसी भी निम्नीकरण के लिए 4 गुना आवर्धन पर देखा गया है।

4.1. सतह के आकारीय अध्ययन लेजर सूक्ष्मदर्शक के साथ किये गए हैं।

4.2. विलेपन का संक्षारण प्रतिरोधन सॉल्ट स्प्रे टेस्ट कक्ष (सी.एम.आई. उपकरण प्राइवेट लिमिटेड) में ASTM B117 [6] मानक के अनुसार 336 घंटे के लिए संक्षारक माध्यम के रूप में 5% W/V सोडियम क्लोराइड विलयन का उपयोग करके किया गया। सॉल्ट विलयन 5% W/V सोडियम क्लोराइड आसुत जल में विलयित करके तैयार किया गया है और उपयोग से पहले फिल्टर किया गया। परीक्षण नमूनों को आइसोप्रोपाइल एल्कोहोल में डुबा कर, सुखाकर साफ किया गया। परीक्षण नमूनों को सॉल्ट स्प्रे कक्ष में ऐसे रखा गया की सभी नमूनों पर सॉल्ट के धुंध का समान फैलाव हो। (चित्र 1) कक्ष का तापमान 38 °C सेट करने के पश्चात कक्ष बंद किया गया और बाद में धुंध शुरू किया गया। विलेपन को किसी भी प्रकार के निम्नीकरण के लिए हर आठ घंटे के पश्चात जाँच की गई।



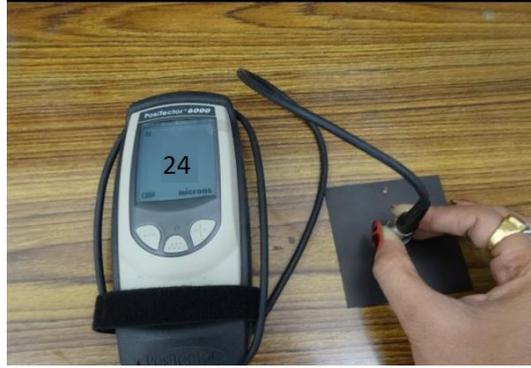
चित्र 1 सॉल्ट स्प्रे टेस्ट

- 4.3. विलेपन का आसंजन (Adhesion) टेप पील परीक्षण द्वारा मूल्यांकन किया गया है। परीक्षण में एक तेज धार वाली ब्लेड से नमूने पर 11 समानांतर रेखाये बनायी गयी। सभी रेखाओं का अंतराल लगभग 2 मि.मी. था। दूसरी 11 समानांतर रेखाये बनायीं गयी जो की पहले वाली रेखाओं से 90° के कोण पर थी और उसे काट रही थी। परिणाम स्वरूप 4 वर्ग मि.मी. के 100 वर्ग बने। उसके ऊपर 25 मि.मी. चौड़ाई की मास्किंग टेप (peel strength 200 gm/cm) लगायी गयी। जिसके ऊपर 2 किलो वजन वाला रोलर दो बार चलाया गया। फिर जल्दी से टेप सतह से लंबवत दिशा में खींचा गया, और विलेपन के किसी भी प्रकार के निम्नीकरण के लिए जाँच की गयी।
- 4.4. ऊष्मा-प्रकाशीय गुणधर्म जैसे सौर अवशोषणांश और अवरक्त उत्सर्जनांश क्रमशः परावर्तनमापी (मॉडल SSR – ER), और उत्सर्जनमापी (मॉडल RD1, डिवाइसेज और सेवाएँ यू.एस.ए) का उपयोग करके मापा गया है। चित्र 2 में उपकरण दिखाए गए हैं।



चित्र 2 उत्सर्जनांश और सौर अवशोषणांक मापक उपकरण

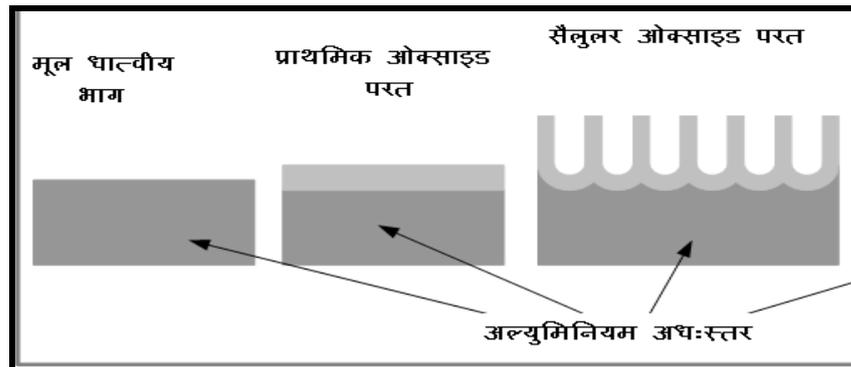
- 4.5. विलेपन की मोटाई भँवर धारा (Eddy current) सिद्धांत पर आधारित मोटाई मापन उपकरण का प्रयोग करके मापी गयी। (चित्र 3)



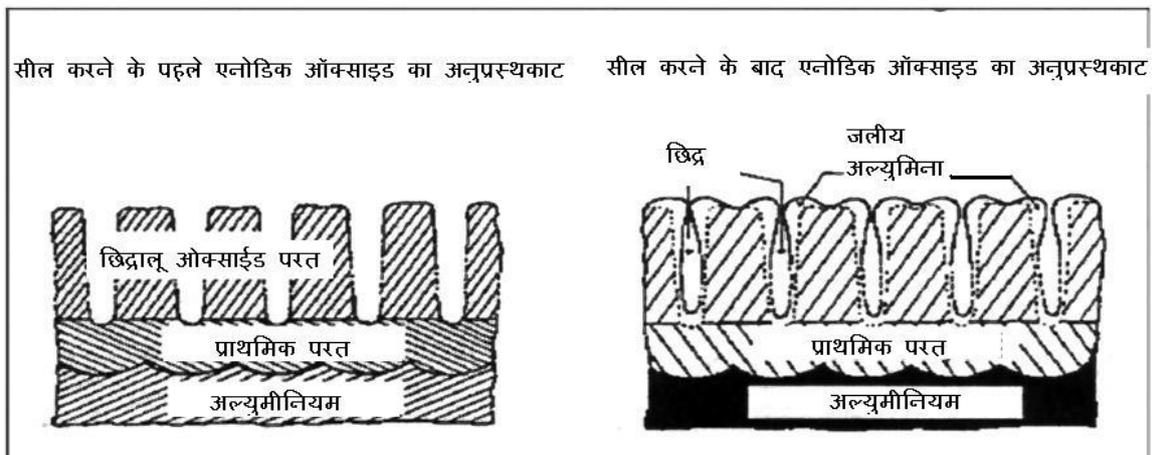
चित्र 3 विलेपन की मोटाई मापन

**5. फिल्म विलेपन की क्रियाविधि:**

विलेपन एल्युमिनियम मिश्रधातु की सतह और दो संयोजकता वाले ऑक्सीजन के बीच एक रासायनिक प्रतिक्रिया द्वारा गठित है। मिश्रधातु का सल्फ्यूरिक एसिड से ऑक्सीकरण हो जाता है। मूलतः यह एक नियंत्रित रीडक्शन-ऑक्सीकरण प्रतिक्रिया है, जब मिश्रधातु नमूना एनोडीकरण विलयन में डुबाया जाता है, तब मिश्रधातु की सतह कुछ हद तक विलयन में विलयित होती है, और मिश्रधातु नमूने/जॉब (एनोड) से कैथोड की तरफ धारा शुरू होती है। फिल्म निर्माण का रसायन शास्त्र चित्र 4 और 5 के द्वारा प्रतिनिधित्व किया जा सकता है।



चित्र 4, फिल्म निर्माण का रसायन शास्त्र



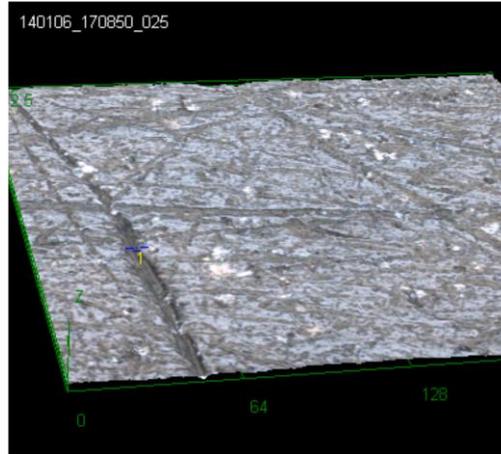
चित्र 5, सील करने के पहले और बाद में एनोडिक ऑक्साइड का अनुप्रस्थ काट

## 6. परिणाम और चर्चा

विलेपन की गुणवत्ता के लिए सभी नमूनों को 10 गुना आवर्धन पर दृश्य अवलोकन किया गया। विलेपन काले रंग का, सतत, और दिखने में पाउडर क्षेत्र से मुक्त है। विलेपन की मोटाई भँवर धारा (Eddy current) सिद्धांत पर आधारित मोटाई मापन उपकरण का प्रयोग करके मापी गयी जो 20-25  $\mu\text{m}$  थी जो चित्र 3 में दिखाया गया है।

### 6.1. सतह आकारिकी अध्ययन

सतह आकारिकी अध्ययन लेजर सूक्ष्मदर्शक से किया गया (चित्र 6)। विलेपन की संरचना षष्ठ कोणीय छिद्रों की तरह दिखती है जो जलीय एल्युमिना से सील किये गए हैं।



चित्र 6, विलेपन के बाद सूक्ष्मदर्शिकी छवि

### 6.2. सॉल्ट स्प्रे टेस्ट

निष्प्रभावी सॉल्ट स्प्रे टेस्ट के बाद विलेपन का ध्यान से किसी भी मलिनीकरण और सतह पर संक्षारण धब्बे के गठन के लिये 4 गुना आवर्धन से जाँच की गयी है। एनोडीकरण को स्थिर करने के लिए 336 घंटे का समय लगा। उत्सर्जनांश और सौर अवशोषणांक के मूल्य में नगण्य बदलाव है। प्रकाशीय गुणधर्म में कमी सॉल्ट स्प्रे परीक्षण के बाद पाए जाने वाले सफेद धब्बों की वजह से हो सकती है। परीक्षण से पहले और बाद में उत्सर्जनांश और सौर अवशोषणांक का मान तालिका-2 में दिए गए हैं।

तालिका 2: सॉल्ट स्प्रे परीक्षण के पहले और बाद में प्रकाशीय गुणों में भिन्नता

नमूना संख्या	उत्सर्जनांश $\epsilon$	
	सॉल्ट स्प्रे परीक्षण के पहले	सॉल्ट स्प्रे परीक्षण के बाद
5	0.92	0.91
6	0.91	0.90
7	0.92	0.91

**6.3. टेप पील आसंजन परीक्षण**

आरंभिक आसंजन परीक्षण के दौरान कुछ विलेपन अनुरेख टेप के साथ बाहर आया है। कोई ऐसे अनुरेख आर्द्रता परीक्षण, तापीय चक्रण परीक्षण और तापनिर्वात परीक्षण के बाद नहीं देखे गए हैं।

**6.4. उत्सर्जनांश और सौर अवशोषणांक**

सभी परीक्षणों के पहले और बाद में नमूनों की उत्सर्जनांश और सौर अवशोषणांक की जाँच की गयी है। परिणाम तालिका 3, 4, 5 में सारणीबद्ध है।

तालिका 3: परीक्षण के पहले नमूनों की उत्सर्जनांश

नमूना क्रम	उत्सर्जनांश		नमूना क्रम	उत्सर्जनांश	
	Side - A	Side - B		Side - A	Side - B
1	0.91	0.9	6	0.92	0.91
2	0.91	0.9	7	0.90	0.91
3	0.91	0.9	8	0.92	0.91
4	0.91	0.9	9	0.90	0.91
5	0.89	0.9	10	0.91	0.90

तालिका 4: परीक्षण के बाद नमूनों की उत्सर्जनांश

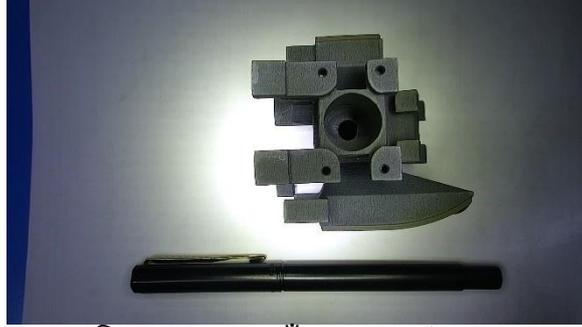
नमूना क्रम	उत्सर्जनांश		नमूना क्रम	उत्सर्जनांश	
	Side - A	Side - B		Side - A	Side - B
4	0.91	0.92	7	0.92	0.91
5	0.90	0.90	8	0.90	0.91
6	0.91	0.92	9	0.92	0.91

तालिका 5: परीक्षण के पहले नमूनों की सौर अवशोषणांक

तरंग लंबाई (Wave length), microns →	L1 (UV)	L2 (0.35-0.82)	L3 (0.45-1.2)	L4-(0.76-2.5)
नमूना क्रम	0.989	0.995	0.999	0.917
1	0.987	0.995	0.999	0.929
2	0.987	0.993	0.999	0.894
3	0.988	0.994	0.999	0.896
4	0.981	0.994	0.999	0.918
5	0.99	0.995	0.999	0.919
6	0.985	0.993	0.999	0.881

7	0.985	0.993	0.999	0.899
8	0.947	0.989	0.999	0.881
9	0.986	0.994	0.999	0.921
10	0.985	0.993	0.999	0.899

यह प्रक्रिया का प्रयोग करके गगनयान के लिए धुँआ मापक संसूचक को विलेपन किया गया (चित्र 7)।



चित्र 7 गगनयान धुँआ मापक संसूचक

## 7. निष्कर्ष

1. एल्यूमिनियम मिश्रधातु 6061-T6 पर एनोडाइजिंग पूर्व स्वच्छ की गयी मिश्रधातु के ऊपर किया गया। विलेपन के संक्षारण प्रतिरोधक क्षमता और तापीय स्थिरता की तुलना की गयी है। एल्कलाइन सफाई और एनोडीकरण का प्रयोग करके अंतरिक्ष उपयोगों के लिए प्रक्रिया को इस्ततमीकृत किया गया। यह विलेपन संकीर्ण छेदों के अंदर उत्कृष्ट व्याप्ति प्रदान करता है। अतः यह विलेपन पर्याप्त यांत्रिक गुणों, संक्षारण प्रतिरोध के साथ बाह्य अंतरिक्ष की आवश्यकता के लिए स्थायी है।
2. लेजर सूक्ष्मदर्शिकी जाँच में देखा गया है, कि विलेपन में षष्ठ कोणीय छिद्र बनते हैं जो जलीय एल्युमिना से सील किये गए हैं।
3. विलेपन के संक्षारण प्रतिरोधक क्षमता की सॉल्ट स्प्रे तकनीक के द्वारा जाँच की गयी है। यह परीक्षण दिखाता है कि यह विलेपन धातु की बेहतर रूप से रक्षा करता है।
4. विलेपन की अंतरिक्ष पात्रता को आर्द्रता परीक्षण, ताप साइकिल चक्रण परीक्षण और प्रकाशीय गुण धर्म के मूल्यांकन द्वारा जाँच की गयी है। विलेपन में कोई निम्नीकरण नहीं देखा गया है।
5. जहाँ तापीय पेंट्स का प्रयोग उचित नहीं है, वहाँ यह विलेपन का उपयोग सर्वथा उचित है।

## 6. संदर्भ

1. जे.एस.नाइक, अंतरिक्ष यात्री प्रशिक्षण और सुविधाएँ, तकनीकी संगोष्ठी 2011.
2. ऐ. के. श्रीवास्तव, आर. रंगनाथ, मानव अंतरिक्ष उड़ान परियोजना-सेवा कक्ष की प्रस्तारीय यंत्रावली, तकनीकी संगोष्ठी 2011.
3. ऐ. आर. शशिकला, आर. उमरानी, इस.माय्यनाज़ और ऐ.के. शर्मा, एल्यूमिनियम मिश्रधातु पर रासायनिक परिवर्तन विलेपन- तुलनात्मक अभ्यास, इलेक्ट्रोकेमिकल साइन्स, 3(2008) 993 – 1004
4. M. Franco, S. Anoop, R. Uma Rani, and A. K. Sharma, Porous Layer Characterization of Anodized and Black-Anodized Aluminium by Electrochemical Studies
5. बराया, के.के., उपग्रह नीतभार के ताप नियंत्रण में उष्मा नली का उपयोग, तकनीकी हिंदी

सेमिनार, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद, जनवरी 2004.

6. ASTM B117

### 8. धन्यवाद

हम राजभाषा कार्यान्वयन समिति के अध्यक्ष एवं सभी सदस्यों के प्रति अत्यंत आभारी हैं जिन्होंने हमें यह लेख लिखने का अवसर प्रदान किया। हम श्री निलेश देसाई, निदेशक सैक, ए.एन. भट्टाचार्य उप-निदेशक ई.एस.एस.ए., श्री राकेश शर्मा, समूह निदेशक ई.एफ.एम.जी. के भी अत्यन्त आभारी हैं जिन्होंने हमें यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया। हम पी.एम.क्यू.डी.-एम. विभाग के भी आभारी हैं, जिन्होंने योग्यता परीक्षण में योगदान प्रदान किया। एस.टी.पी.डी. विभाग में कार्यरत तकनीशियनों के प्रति आभार व्यक्त करते हैं जिन्होंने विलेपन अनुप्रयोग के दौरान विशेष योगदान दिया। हम वरिष्ठ हिन्दी अधिकारी तथा हिन्दी कक्ष के सभी सहकर्मियों के भी अत्यंत आभारी हैं जिनके सहयोग से यह लेख पूर्ण हो सका है।

### 9. लेखक परिचय:



डॉ. वैशाली उमराणीया ने वर्ष 2010 में के.एस.के.वी. कच्छ यूनिवर्सिटी, भुज गुजरात से रसायन विज्ञान में गोल्ड मेडल के साथ मास्टर डिग्री प्राप्त की। गवर्नमेंट इंजीनियरिंग महाविद्यालय में अध्यापक के रूप में कार्य किया है। वर्ष 2011 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में सतह उपचार एवं उष्मीय पेंट सुविधा में कार्य आरंभ किया। जनवरी 2019 में पी.एच.डी. अभ्यास पूर्ण किया है। वर्तमान में वैज्ञानिक/अभियंता एस.डी. के पद पर कार्यरत हैं। तकनीकी विकास कार्यक्रम और नयी प्रक्रिया विकास में रूचि रखती हैं। इन्होंने राष्ट्रीय/अंतरराष्ट्रीय कान्फरेंस और पियर रिव्यूड जर्नल में 22 संशोधन पत्र प्रकाशित किये हैं।



हिमांशु शुक्ला वर्तमान में वैज्ञानिक/इंजीनियर-“एस.डी.” के रूप में सतह उपचार एवं उष्मीय पेंट सुविधा में कार्यरत हैं। यहाँ सेटेलाइट में उपयोग होने वाले भागों के सतह उपचार के लिए योगदान देते हैं। इन्होंने इसरो सन 2013 में भारत के अंतरिक्ष पोत, श्रीहरिकोटा में वैज्ञानिक के रूप में कार्य आरम्भ किया। श्रीहरिकोटा में उन्होंने ठोस प्रणोदक प्लांट में ठोस नोदक मोटर उत्पादन में योगदान दिया। इन्होंने बैचलर ऑफ इंजीनियरिंग, केमिकल इंजीनियरिंग ब्रांच में राजीव गाँधी प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय से सन 2013 में पूर्ण की थी।



श्री शरद शुक्ल वर्तमान में सतह उपचार एवं उष्मीय पेंट सुविधा में प्रधान के पद पर वैज्ञानिक/इंजीनियर-“एस.जी.” के रूप में काम कर रहे हैं। उन्होंने रसायन इंजीनियरी शाखा में एम.टेक. अभ्यास किया है। उन्होंने सतह उपचार और तापीय पेंट के लिए तकनीकी विकास कार्यक्रम और नयी प्रक्रिया विकास में महत्वपूर्ण योगदान दिया है। इन्होंने राष्ट्रीय/अंतरराष्ट्रीय कान्फरेंस और पियर रिव्यूड जर्नल में 10 संशोधन पत्र प्रकाशित किये हैं।

## सब स्केल मोटर द्वारा ठोस राकेट नोजल की ऊष्मीय अभिकल्पना का सत्यापन

अभिषेक कुमार, शमिक यश और लक्ष्मी वी.एम.  
एस.पी.आर.ई., वी.एस.एस.सी.

### भूमिका

समान्यतः एक नोजल का क्षेत्रानुपात बढ़ाने से प्रणोद में वृद्धि होती है लेकिन साथ में नोजल का द्रव्यमान भी बढ़ जाता है और प्रदायभार में लाभ नहीं मिलता। अतः उच्च प्रक्रम वाले मोटर की अभिकल्पना करते समय यह बात महत्वपूर्ण हो जाती है कि अक्रिय द्रव्यमान कम से कम हो। इसी बात को ध्यान में रखते हुए इसरो के एक आगामी राकेट की अभिकल्पना करते समय नोजल के आस्तरक को थर्मल और स्ट्रक्चरल दोनों लोड के लिए बनाया गया है। नोजल आस्तरक की अभिकल्पना की यह विचारधारा कम दाब और कम ऊष्मा अभिवाह वाले क्षेत्र (अधिक क्षेत्रानुपात) के लिए उपयुक्त होती है।

इस लेख में एक सब स्केल मोटर के परीक्षण के बारे में बताया गया है जिसका उद्देश्य इसरो के एक आगामी राकेट नोजल की ऊष्मीय अभिकल्पना का सत्यापन करना था।

**मुख्य शब्द-** नोजल, ऊष्मीय अभिकल्पना, सब स्केल मोटर, नोजल आस्तरक

### परीक्षण के उद्देश्य

सब स्केल मोटर के परीक्षण का उद्देश्य यह निरूपण करना था कि अभिकल्पित नोजल मोटर के प्रज्वलन के दौरान काम करता है। साथ ही, नोजल लाइनर के बाहरी व्यास वाले सतह पर तापमान और विकृति को भी मापना था जिसका उपयोग मुख्य नोजल की अभिकल्पना और थर्मल विश्लेषण के परिणामों के सत्यापन हेतु करना था।

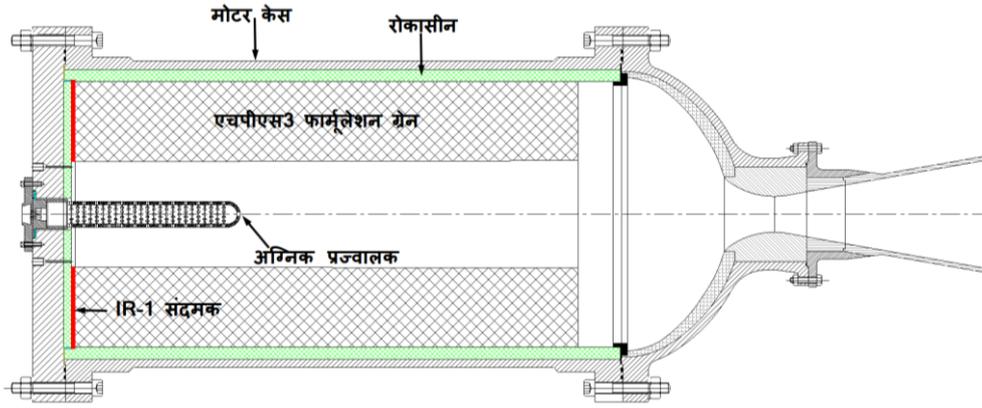
### अनुकरण प्राचल

सब स्केल मोटर और मुख्य मोटर में निम्नलिखित प्राचल का अनुकरण किया गया है:

- मोटर औसत प्रचालन दाब
- दहन के उत्पाद
- दहन उत्पादों का तापमान
- नोजल आस्तरक की सामग्री और इसके तंतु अभिविन्यास

### सब स्केल मोटर का विवरण

परीक्षण मोटर को योजनाबद्ध तरीके से चित्र 1 में दर्शाया गया है। लगभग 1 मीटर लम्बाई और 500 मिलीमीटर व्यास का यह दाबसह मोटर 15 मिलीमीटर मोटाई के स्टील से बना है। मोटर केस के अंदरूनी भाग में रेक्सिन शीट का प्रयोग तापरोधी के रूप में किया गया है जो कि मोटर प्रज्वलन के दौरान मोटर केस को गरम गैस के कारण क्षति होने से बचाता है। इस मोटर में 18% एल्युमीनियम मिश्रित एचटीपीबी (एचपीएस3 फोर्मुलेशन) ग्रेन का प्रयोग किया गया है। मोटर प्रज्वलन के समय अधिकतम दाब को कम करने के लिए ग्रेन को ऊर्ध्वाधर तथा क्षैतिज दोनों ही दिशा में दहन होने दिया गया है। मोटर के शीर्षात दिशा में ग्रेन के दहन को रोकने के लिए IR-1 संदमक का प्रयोग किया गया है। इस मोटर में क्षेत्रानुपात 9 का एक अभिसारी-अपसारी शंकु-आकार नोजल लगा है जिसका अपसरण कोण 10 डिग्री रखा गया था। नोजल कंठ निवेश के रूप में कार्बन फिनाॅलिक (45 डिग्री तंतु अभिविन्यास) लगाया गया है जबकि अन्य सभी स्थानों पर ऊष्मीय संरक्षण प्रणाली (TPS) के लिए कार्बन फिनाॅलिक (CP) या सिलिका फिनाॅलिक (SP) का प्रयोग किया गया है। मोटर की अभिकल्पना 30 सेकेंड क्रिया काल के लिए की गई थी। इस परीक्षण के दौरान मोटर कक्ष दाब, नोजल आस्तरक (liner) का तापमान और विकृति (strain) मापने के लिए अलग अलग यंत्र लगाए गए थे। मोटर में दहन की शुरुआत करने के लिए BO1 चार्ज वाला अग्निक प्रज्वालक का प्रयोग किया गया था।



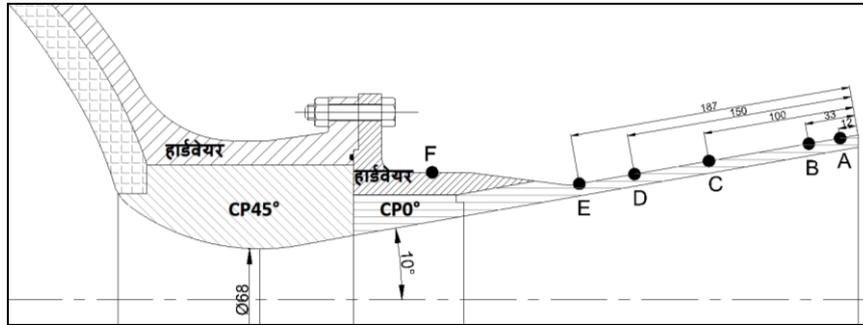
चित्र 1: सब स्केल मोटर का विवरण

प्रणोदक के संचकन, समाकरतन, संदमन और ग्रेन विकिरण चित्रण जैसे सभी कार्य आरपीपी में किए गए थे।

विकिरण चित्रण से इस बात की पुष्टि की गयी कि मोटर इंसुलेशन और ग्रेन के बीच कोई अंतराल नहीं है तथा प्रणोदक में कोई भी दरार या अन्य दोष नहीं है। मोटर संयोजन के सभी कार्य आईडीपीडी /एएसओई में किए गए थे।

### नोजल और इसके यंत्रिकरण का विवरण

नोजल को विस्तार से चित्र 2 में दर्शाया गया है। नोजल कंठ निवेश के लिए कार्बन फेनोलिक (45 डिग्री) का प्रयोग किया गया था जिसका कंठ व्यास 68 मिलीमीटर था जबकि विचलन आस्तरक (divergent liner) में कार्बन फेनोलिक (0 डिग्री) का प्रयोग किया गया था। इस नोजल का निर्गम व्यास 204 मिलीमीटर और अपसरण कोण 10 डिग्री रखा गया था। क्षेत्रानुपात 4 के बाद इस नोजल में कोई हार्डवेयर नहीं लगाया गया था, नोजल आस्तरक का यही भाग परीक्षण का केन्द्र बिन्दु था जिसका तापमान और विकृति मापने के लिये यंत्र लगाया गया था जिसके बारे में अधिक जानकारी चित्र 2 और तालिका 1 में दी गई है।



चित्र 2: सब स्केल नोजल

### यंत्रिकरण विवरण

मोटर कक्ष का दबाव मापने के लिए दो दाब गेज को मोटर शीर्षांत के तरफ लगाया गया था। नोजल आस्तरक के बाहरी व्यास वाले सतह का तापमान और विकृति मापने की लिए तापवैद्युत युग्म (thermocouple) और विकृतिमापी (strain gauge) लगाए गए थे जिसके स्थान के बारे में अधिक जानकारी चित्र 2 और तालिका 1 में दी गई है।

तालिका 1: तापवैद्युत युग्म और विकृतिमापी के स्थान का विवरण

स्थान	नोजल निर्गम तल से दूरी (मिलीमीटर)	तापवैद्युत युग्म	विकृतिमापी <sup>1</sup>	टिपणी
A	12	T1, T2	A4m, A4h, C4m, C4h	180 डिग्री अलग
B	33	T3, T4	A3m, A3h, C3m	
C	100	T5, T6	A2m, A2h, C2m, C2h	
D	150	T7, T8	A1m, A1h, C1m, C1h	
E	187	T11, T12		
F		T9, T10		

परीक्षण पटल पर रखे मोटर को यंत्रीकरण के साथ चित्र 3 में दिखाया गया है।



चित्र 3: परीक्षण पटल पर रखा मोटर

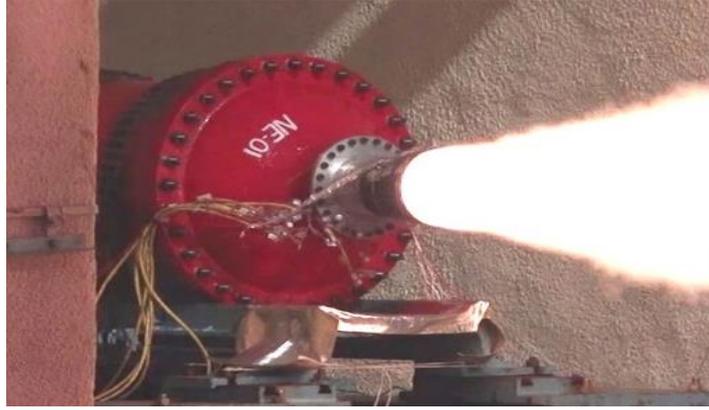
### पूर्व परीक्षण विश्लेषण

परीक्षण से पहले मोटर के निष्पादन की भविष्यवाणी जीएनडीडी द्वारा की गयी थी। नोजल थर्मल विश्लेषण परिणाम इस बात की पुष्टि करता है कि नोजल में दिया गया आस्तरक नोजल हार्डवेयर को मोटर क्रिया काल के अंत तक परिवेश तापमान पर रखने में सक्षम है।

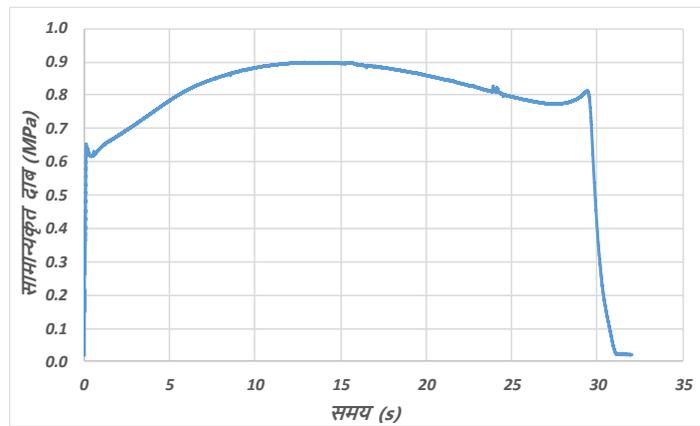
### परीक्षण के आंकड़े

सब स्केल मोटर का सफलतापूर्वक परीक्षण दिनांक 29.01.2021 को RSTD में किया गया। परीक्षण के दौरान मोटर को चित्र 4 में दिखाया गया है और मापे गए मोटर कक्ष दाब (सामान्यकृत) को चित्र 5 में दर्शाया गया है। परीक्षण के पहले और बाद नोजल को चित्र 6 में दिखाया गया है।

<sup>1</sup>m: meridonal, h: hoop directions



चित्र 4: परीक्षण के दौरान मोटर

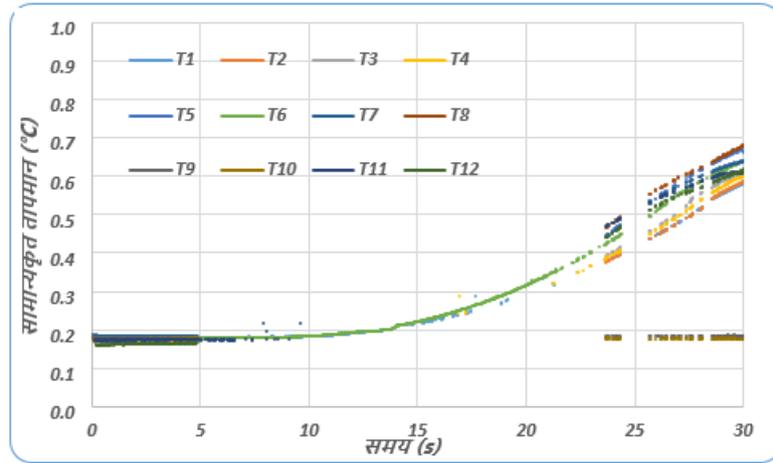


चित्र 5: परीक्षण के दौरान मोटर कक्ष का दाब



चित्र 6: परीक्षण के पहले और बाद नोजल

नोजल आस्तरक में मापित तापमान (सामान्यकृत) को चित्र 7 में दिखाया गया है। ऐसा देखा गया कि सारे तापमान लगभग 5 सेकेंड के बाद बढ़ना शुरू करते हैं। मोटर के क्रिया काल के अंत में नोजल आस्तरक के बाहरी सतह का अधिकतम तापमान लगभग  $140^{\circ}\text{C}$  था जबकि हार्डवेयर के तापमान में कोई वृद्धि नहीं हुई थी। नोजल आस्तरक के बाहरी सतह का तापमान A से E की तरफ बढ़ रहा था जो कि ऊष्मा अभिवाह में बढ़ोतरी के कारण था।



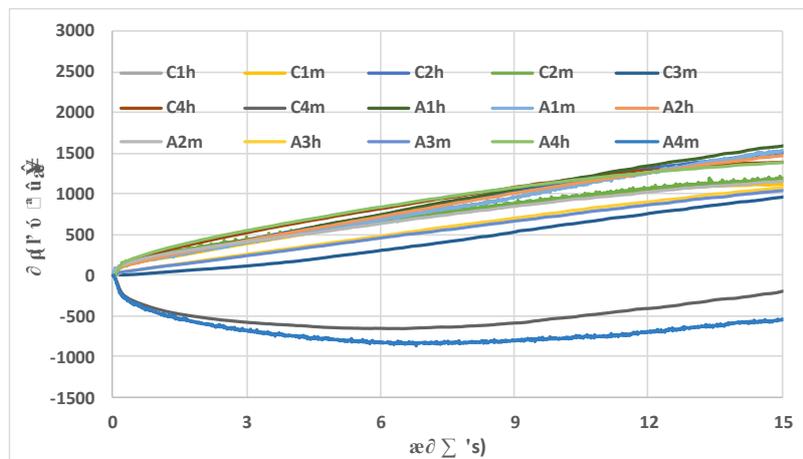
चित्र 7: नोजल आस्तरक का मापित तापमान

परीक्षण से पूर्व अनुमानित और परीक्षण में मापित तापमान की तुलना (मोटर की क्रिया काल के अंत में) तालिका 2 में की गयी है। ऐसा देखा गया कि मापित तापमान अनुमानित से कम था।

तालिका 2: परीक्षण से पूर्व अनुमानित और परीक्षण में मापित तापमान की तुलना

स्थान	अनुमानित तापमान (°C)	मापित तापमान (°C)
A	167	117
B	170	122
C	179	133
D	187	136
E	190	140
F	35	35

परीक्षण के दौरान मापित आस्तरक विकृति को चित्र 8 में दिखाया गया है। जैसा कि अनुमानित था मोटर प्रज्वलन की शुरुआत में लाइनर में कोई विकृति नहीं थी और जैसे जैसे मोटर का दाब बढ़ता गया विकृति भी बढ़ती गई। मापित आंकड़ों से ये देखा जा सकता है कि अधिकतम विकृति -1000 और +2000 माइक्रो विकृति के बीच थी।



चित्र 8: परीक्षण के दौरान मापित आस्तरक विकृति

**निष्कर्ष**

सब स्केल मोटर में नोजल आस्तरक की अभिकल्पना को सफलतापूर्वक सत्यापित किया गया और यह पाया गया कि आस्तरक के बहरी सतह का तापमान और विकृति दोनों ही विश्लेषण के आधार पर किए गए अनुमान से कम थे। इस परीक्षण से प्राप्त परिणाम का उपयोग मुख्य मोटर की नोजल ऊष्मीय अभिकल्पना को संशोधित करने में किया गया।

**लेखक परिचय:**

श्री अभिषेक कुमार वर्ष 2007 से वीएसएससी/इसरो में वैज्ञानिक/इंजीनियर के पद पर कार्यरत हैं। इनकी विशेषज्ञता में ऊष्मा अंतरण, विपरीत ऊष्मा अंतरण और इष्टतमीकरण जैसे महत्वपूर्ण क्षेत्र शामिल हैं। वर्तमान में ये ऊष्मीय अभिकल्पना प्रभाग में कार्य कर रहे हैं और ठोस राकेट मोटर से संबंधित ऊष्मीय अभिकल्पना और उप प्रणालियों के ऊष्मीय विश्लेषण में संलग्न हैं।

# अंतरिक्षयान हेतु तापीय सुरक्षा प्रणालियां

सागर चौधरी

सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र, श्रीहरिकोटा

## सारांश

आजकल अंतरग्रहीय (इंटरप्लेनेटरी) मिशन और समानव अंतरिक्ष मिशन अनुसंधान के मुख्य क्षेत्र हैं, इसलिए अंतरिक्ष यान नीतभार और स्वयं मानव की सुरक्षा सुनिश्चित करने की आवश्यकता है। इसने दुनिया भर में तापीय सुरक्षा प्रणालियों के डिजाइन और विकास पर नए सिरे से ध्यान केंद्रित किया है।

## 1. परिचय

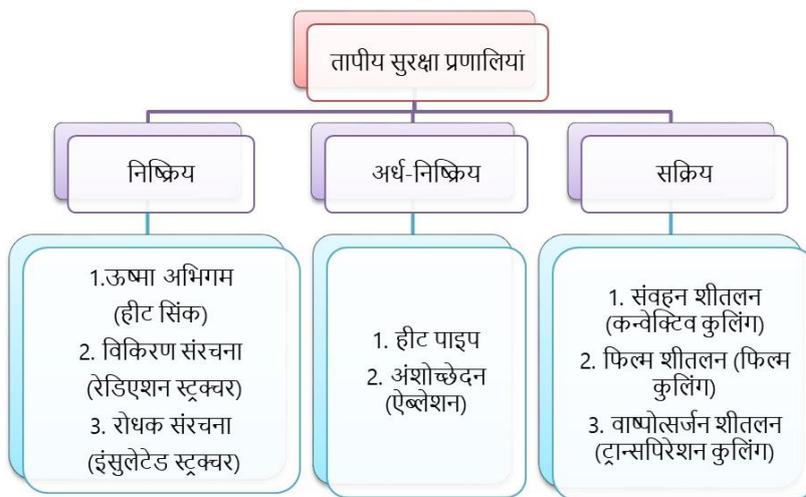
अंतरिक्ष यान जब वायुमंडल में प्रवेश करता है, तब उस पर गंभीर ऊष्मीय दबाव आता है। साथ ही जब यान अंतरिक्ष में होता है तो उस पर विकिरण (रेडिएशन) भार कार्य करता है। ऐसी स्थिति में तापीय सुरक्षा प्रणालियां यान को बचाए एवं कार्यरत रखती हैं। इस तरह की प्रणालियां अंतरिक्ष यान के साथ साथ यान में लगे उपकरण जैसे की सौर जांच (सोलर प्रोब) इत्यादि की सुरक्षा उनकी सतह के तापमान को अधिकतम सीमा (थ्रेशोल्ड मान) से कम मान पर बनाए रखकर सुनिश्चित करती हैं। इसलिए यान के तापीय सुरक्षा प्रणाली के लिए सामग्री के चयन में प्रतिरूपण (मॉडलिंग), संगणकीय (कम्प्यूटेशनल) विधियों और प्रयोगों के माध्यम से इन ताप हस्तांतरण तंत्र की गहन समझ आवश्यक है। परिणामस्वरूप एक प्रभावी प्रणाली महत्वपूर्ण भार दंड या यान की अखंडता से समझौता किए बिना तापीय भार के समक्ष एक विश्वसनीय ढाल प्रदान करने में सक्षम होना चाहिए।

## 2. वर्गीकरण

तापीय सुरक्षा प्रणालियों को मुख्य रूप से निष्क्रिय, अर्ध-निष्क्रिय और सक्रिय प्रणाली में विभाजित किया गया है।

### 2.1. निष्क्रिय (पैसिव) प्रणाली

ताप अभिगम (ताप सिंक), यांत्रिक उपकरणों में उत्पन्न ताप को स्वयं में अवशोषित कर लेता है और अन्य माध्यम जैसे जल, वातावरण आदि को अवशोषित ताप दे देता है। इस तरह यह डिवाइस के तापमान को निर्दिष्ट सीमा को पार नहीं करने देता और सुरक्षा संचालन सुनिश्चित करता है।





विकिरण संरचना (रेडिएशन स्ट्रक्चर) उच्च उत्सर्जन (एम्पिसिविटी) वाली सामग्री का उपयोग करती है। हम जानते हैं कि उच्च उत्सर्जकता अधिक विकिरण की ओर ले जाती है। एक बार जब ऐसी सामग्री का तापमान एक निश्चित स्तर तक पहुंच जाता है, तो यह पुनः विकिरण शुरू कर देता है। काले रंग की सामग्री

उच्चतम उत्सर्जक होती है।

रोधक संरचना (इंसुलेटेड स्ट्रक्चर) ऐसी सामग्री का उपयोग करती है जो गर्मी हस्तांतरण प्रक्रिया को धीमा कर देती है।

## 2.2. अर्ध-निष्क्रिय प्रणाली

ताप नलिका वह उपकरण है जिसका उपयोग दो ठोस वस्तुओं के बीच गर्मी को स्थानांतरित करने के लिए किया जाता है। यह चरण संक्रमण घटना का उपयोग करता है। इसके तीन खंड हैं, वाष्पीकरण करने वाला, रुद्धोष्म और संघनित्र खंड।

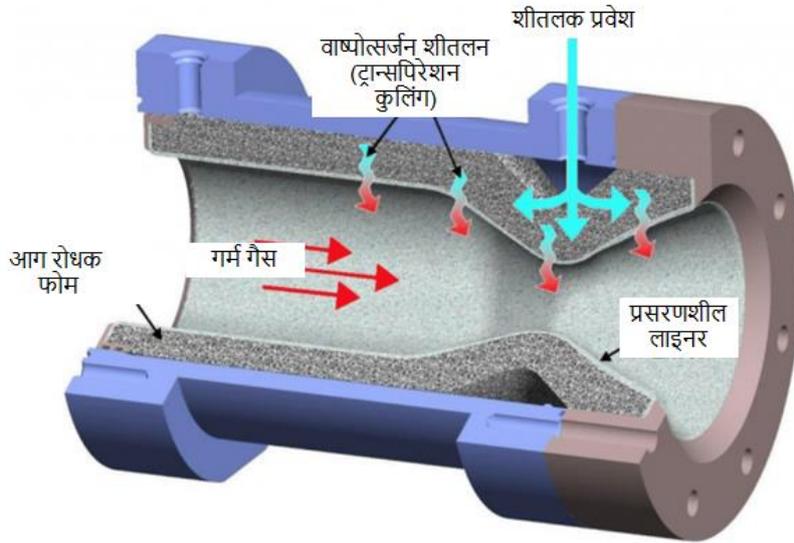
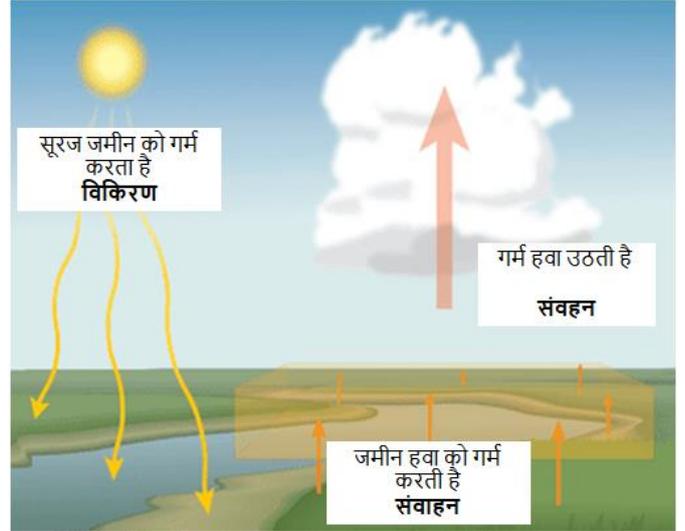


अंशोच्छेदन/एब्लेटिव सामग्री को नियंत्रित तरीके से धीरे-धीरे जलने के लिए डिज़ाइन किया गया है, ताकि एब्लेशन द्वारा उत्पन्न गैसों द्वारा अंतरिक्ष यान से गर्मी को हटाया जा सके, जबकि शेष ठोस सामग्री अंतरिक्ष यान को गैसों से बचाती है। इसरो रॉकेट S200/S139 मोटर का उपयोग करता है, जिसमें इन्सुलेशन परत होती है जो हार्डवेयर और प्रणोदक को अलग करती है। जब प्रणोदक जलता है, तो इन्सुलेशन बाहरी शरीर को जलने से बचाता है। यह भी एक प्रकार का एब्लेटिव शीतलन प्रणाली है।



## 2.2. सक्रिय प्रणाली

संवहन शीतलन (कन्वेक्टिव कुलिंग) वह तंत्र है जहां वस्तु के चारों ओर तरल पदार्थ के प्रवाह द्वारा तप्त उपकरण से ताप स्थानांतरित किया जाता है। फिल्म शीतलन (फिल्म कुलिंग) एक तरल या गैसीय शीतलक फिल्म पर आधारित है जिसे दीवार पर इंजेक्ट किया जाता है और तप्त गैस और संरचना के बीच एक सुरक्षात्मक परत बनाता है। इसकी पुनरुपयोगिता और अपेक्षाकृत सरल प्रणाली एकीकरण के कारण, फिल्म शीतलन भविष्य की पीढ़ी के रॉकेट इंजनों के लिए भी एक आशाजनक शीतलन तकनीक है।



वाष्पोत्सर्जन शीतलन (ट्रान्सपिरेशन कुलिंग) रॉकेट कक्ष की दीवार के माध्यम से थोड़ी मात्रा में शीतलन द्रव को फैलाने की अनुमति देकर पूरा किया जाता है। जब द्रव गर्म आंतरिक दीवार तक पहुंचता है तो यह वाष्पित हो जाता है और इस प्रक्रिया में गर्मी को अवशोषित कर लेता है। यदि पर्याप्त शीतलक वाष्पित हो जाता है, तो सामान्य रूप से कक्ष की दीवार में जाने वाली सभी गर्मी

अवशोषित हो जाती है।

## 3. पुनरुपयोगी प्रमोचन यान तापीय सुरक्षा प्रणाली

पुनरुपयोगी प्रमोचन यान के लिए तापीय सुरक्षा प्रणाली में प्रयुक्त सामग्री में निम्नलिखित विशेषताएं होनी चाहिए:-

- कई उड़ानों में स्थिर गुणधर्म
- उच्च उत्सर्जन
- उच्च तापमान क्षमता
- आघात प्रतिरोध
- न्यूनतम वजन
- कम तापीय विस्तार

#### 4. चुनौतियां और भविष्य की संभावनाएं

हम सभी जानते हैं कि सभी अंतरिक्ष एजेंसियां पुनरुपयोगी प्रमोचन की दिशा में आगे बढ़ रही हैं। इन वाहनों के लिए तापीय सुरक्षा प्रणाली पारंपरिक एब्लेटिव लेयर प्रणाली से काफी अलग है और इसके लिए गहन शोध की आवश्यकता है। जहां तक मानव मिशनों का संबंध है, मानव की सुरक्षा के लिए इष्टतम डिजाइन की गई तापीय सुरक्षा प्रणाली की अत्यधिक आवश्यकता है। जैसा कि हम जानते हैं कि बेहतर प्रदर्शन और जीवन की सुरक्षा के लिए मानव शरीर के तापमान को बनाए रखा जाना चाहिए, अच्छी गुणवत्ता वाले इन्सुलेशन और ताप नलिका के साथ ऐसे उद्देश्य के लिए स्पेस सूट तैयार किए जा रहे हैं (जिसकी कार्यप्रणाली पर पहले के अनुभागों में चर्चा की गई थी)। भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन उड़ान के दौरान तीव्र वायुगतिकीय ताप से बचने के लिए अपने गौरवपूर्ण गगनयान मिशन के लिए एब्लेटिव तापीय सुरक्षा प्रणाली का उपयोग कर रहा है।

#### 5. निष्कर्ष

हम कह सकते हैं कि एक बेहतर तापीय सुरक्षा प्रणाली में अंतरिक्ष यान के विभिन्न हिस्सों के लिए कई उप प्रणाली शामिल होती हैं, जिसकी चर्चा हमने इस आलेख में की है। इस प्रकार यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि, आगामी दिनों में सफल और विश्वसनीय अंतरग्रहीय और मानवयुक्त मिशनों के लिए कुशल तापीय सुरक्षा प्रणाली के विकास के लिए गहन शोध की आवश्यकता है।

#### लेखक परिचय:



सागर चौधरी, वर्तमान में सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र, श्रीहरिकोटा में ठोस मोटर उत्पादन संयंत्र के कास्टिंग प्रभाग में वैज्ञानिक/इंजीनियर-एससी के रूप में कार्यरत हैं। उन्होंने सरदार वल्लभभाई नेशनल इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी सूरत से तापीय प्रणाली डिजाइन में मास्टर ऑफ टेक्नोलॉजी (स्वर्ण पदक) की उपाधि प्राप्त की है।

## अंतरिक्ष वाहनों के लिए तापीय सुरक्षा प्रणाली: प्रौद्योगिकी विकास, वर्तमान चुनौतियां और भविष्य की संभावनाएं

विजेन्द्र कुमार, राकेश रंजन

ए.एस.डी., ए.एस.सी.जी., पी.सी.एम., विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र, तिरुवनंतपुरम, केरल

ईमेल: kvssc@gmail.com

### सारांश

तापीय सुरक्षा प्रणाली (थर्मल प्रोटेक्शन सिस्टम; टी.पी.एस.) अंतरिक्ष वाहनों के लिए एक अनिवार्य घटक है, जो वायुमंडलीय प्रवेश के दौरान वायुतापीय ऊष्मा से वाहन की रक्षा करता है। पिछले कुछ दशकों में निष्क्रिय, अर्ध-निष्क्रिय और सक्रिय प्रणालियों सहित विभिन्न प्रकार के टी.पी.एस. विकसित और उपयोग किए गए हैं। पुनः प्रयोज्य अंतरिक्ष वाहनों (आर.एल.वी.) की बढ़ती मांग के साथ-साथ अंतरग्रहीय मानवयुक्त मिशनों एवं नए लक्ष्यों की तलाश के लिए प्रभावी टी.पी.एस. विकसित करने में तेजी लाई गई है। भविष्य के अंतरिक्ष मिशन हेतु तीन प्रमुख पहलुओं, जैसे- द्रव्यमान दक्ष टी.पी.एस. सामग्री एवं प्रौद्योगिकी, मॉडलिंग एवं अनुकरण (सिमुलेशन) और टी.पी.एस. सेंसर एवं मापन प्रणाली को टी.पी.एस. से संबंधित वर्तमान चुनौतियों के रूप में पहचाना गया है। इस लेख में टी.पी.एस. के विभिन्न श्रेणियों के लिए भविष्य की संभावनाओं और चुनौतियों के साथ-साथ अंतर्दृष्टि को प्रस्तुत किया गया है।

### 1. प्रस्तावना

वायुमंडलीय प्रवेश / पुनः प्रवेश के दौरान अत्यंत गंभीर उष्णता से अंतरिक्ष वाहनों की रक्षा करने के लिए तापीय सुरक्षा प्रणाली के उपयोग की आवश्यकता होती है। अंतरग्रहीय मिशन में पेलोड (मनुष्य एवं उपग्रह) की सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए टी.पी.एस. के विकास पर दुनिया भर में नए सिरे से ध्यान केंद्रित किया गया है [1]। टी.पी.एस. का उपयोग यह सुनिश्चित करता है, कि तीव्र विकिरण के परिणामस्वरूप अंतरिक्ष यान की सतह का तापमान एक पूर्व निर्धारित सीमा से अधिक न हो और आंतरिक माप उपकरणों को नुकसान से बचाया जा सके [2-4]। टी.पी.एस., वायुगतिकीय शरीर और संरचनात्मक घटक के साथ ही साथ महत्वपूर्ण रूप से तापीय अवरोध के रूप में कार्य करके पेलोड की सुरक्षा सुनिश्चित करता है [5]। वाहन की सतह के संवहनीय और विकिरण ऊष्मा हस्तांतरण तंत्र के संयोजन से रासायनिक प्रतिक्रियाएं और गैस की गतिशीलता जैसी घटनाएँ होती हैं, जिससे टी.पी.एस. के प्रतिरूपण (मॉडलिंग) और पदार्थ चयन में कठिनाई होती है [6]। टी.पी.एस. के लिए पदार्थ के चयन हेतु रचना, अभिकलक और प्रयोग के माध्यम से ऊष्मा हस्तांतरण को समझा जा सकता है। टी.पी.एस. रचना अर्थपूर्ण भार दंड या वाहन की अखंडता से समझौता के बिना वायु उष्णता भार के विरुद्ध एक विश्वसनीय ढाल प्रदान करने में सक्षम होना चाहिए [7,8]। पुनः प्रवेश प्रक्रिया में हाइपरसोनिक गति के दौरान दबाव में वायुमंडलीय दबाव से लगभग पच्चीस गुना वृद्धि होती है। प्रवाह क्षेत्र में अस्थिरताओं के परिणामस्वरूप बनी आघातीय तरंगों एवं कर्षण बल के कारण अंतरिक्ष वाहन अत्यधिक विक्षोभ और संवहनीय एवं उष्मीय विकिरण के कारण वाहन की सतह पर तापमान में वृद्धि का अनुभव करते हैं। इस लेख में पुनः प्रवेश प्रक्रिया में टी.पी.एस. के प्रौद्योगिकी विकास एवं संबंधित चुनौतियों की समीक्षा की गयी है।

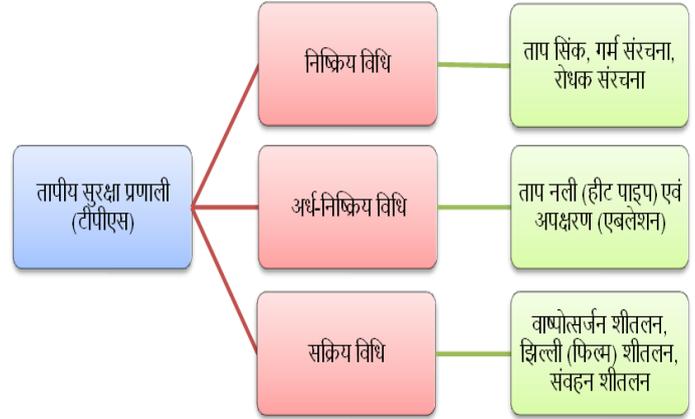
### 2. तापीय सुरक्षा प्रणाली का वर्गीकरण

पुनः प्रवेश चरण के दौरान, ठहराव बिंदु (स्ट्रेप्शन पॉइंट) पर हाइपरसोनिक वाहन का तापमान सीधे वेग के घन [9,10] से संबंधित है। संरचनात्मक संरक्षण के आधार पर टी.पी.एस. पदार्थ को वांछित तापमान पर बनाए रखने के लिए तीन तरीकों का इस्तेमाल किया जाता है: 1) निष्क्रिय तरीके 2) अर्ध-निष्क्रिय तरीके और 3) सक्रिय तरीके। इन विधियों को चित्र 1 में दिखाया गया है। टी.पी.एस. का चयन कई कारकों पर निर्भर करता है जिसमें प्रणोदन प्रणाली, ज्यामिति के साथ-साथ सतह पर ऊष्मा प्रवाह की मात्रा और अनावृत (एक्सपोज़र) समय शामिल है। प्रौद्योगिकी विकास और टी.पी.एस. के प्रत्येक तरीके की संभावनाओं को इस लेख में इंगित किया गया है।

## चित्र 1. टी.पी.एस. का वर्गीकरण

## 2.1. निष्क्रिय विधि

निष्क्रिय टी.पी.एस., ऊष्मा (हीट) सिंक, गर्म संरचना या रोधक (इंसुलेटेड) संरचना हो सकती है। ऊष्मा सिंक आम तौर पर छोटे ऊष्मा स्पंद पर उच्च ऊष्मा भंडारण क्षमता वाली एक धातु संरचना होती है [11]। गर्म संरचनाओं में उच्च उत्सर्जन होता है, जो सतह का तापमान एक निश्चित स्तर [12] तक पहुंचने के बाद विकिरण को पुनः प्रभावी होने की अनुमति देता है। यहाँ संरचना का उच्च तापमान एक सीमित कारक होता है। रोधक संरचनाओं जैसे उच्च तापमान



सिरेमिक-फाइबर मैट्रिक्स में एक बाहरी परत होती है, जो अधिकांश ऊष्मा को रोधक पदार्थ की निचली परत और आसपास विकीर्ण करके ऊष्मा हस्तांतरण प्रक्रिया को कम कर देता है [13]। कई अनुकरण (सिमुलेशन) और प्रयोगों के बाद वाहनों के नोज कोन और अग्रता छोर (लीडिंग एज) के लिए कुंद ज्यामिति की रचना सही पायी गयी। हालाँकि, भले ही कुंद शरीर की रचना वाहनों पर ऊष्मा के भार को कम करती है परन्तु तापमान तब भी 2,700 डिग्री सेंटीग्रेड से अधिक तक पहुँच सकता है [14], इसलिए, पुनःप्रवेश प्रक्रिया के लिए कुंद शरीर ज्यामिति और उच्च तापमान प्रतिरोधी पदार्थ का संयोजन आवश्यक है। पदार्थ में कुछ गुण जैसे कि उच्च तापमान पर उच्च शक्ति/वजन अनुपात, उच्च पिघलन/ऊर्ध्वपातक (सब्लिमेशन) बिंदु, उच्च लचीलापन और तापीय चालकता, कम तापीय विस्तार गुणांक और उच्च ऑक्सीकरण प्रतिरोध की आवश्यकता होती है। नोज कोन के लिए ग्रेफ़ाइट और बेरिलियम हीट सिंक के रूप में उपयोग में लाये जा सकते हैं। उच्च तापमान पर ग्रेफ़ाइट त्वरित ऑक्सीकरण और वाष्पीकरण के लिए संवेदनशील होता है इसलिए अतिरिक्त सुरक्षात्मक लेप की आवश्यकता पड़ती है। उच्च तापमान पर हीट सिंक की ताकत की कमी के कारण विघटन, वाहन का क्रमिक टूटना (स्पैलिंग) और वाहन के पिघलने जैसी विफलताओं से वाहनों और उनके पेलोड को बचाने के लिए नए तरीके विकसित किये जाने की आवश्यकता है। पॉलिश वलीयित (कोरूगटेड) स्टील और एल्यूमीनियम की परतों द्वारा समर्थित टंगस्टन और मोलिब्डेनम जैसे पदार्थ संरचनात्मक अखंडता के लिए उपयुक्त हैं। अन्य पदार्थ जिनका परीक्षण किया गया, उनमें सिलिकॉन, फेनोलिक्स, मेलामाइन, टेफ्लॉन, संश्लेषित रबर और पॉलिएस्टर के साथ-साथ भरने वाली (फिलर) सामग्री जैसे, नरम कांच, सिलिकॉन डाइऑक्साइड तंतु, एल्यूमीनियम सिलिकेट और अभ्रक शामिल हैं [15,16]। हीट सिंक, गर्म संरचना और रोधक संरचना की मुख्य समस्या इनका ज्यादा भार होता है। मेटल मैट्रिक्स कम्पोजिट्स (एमएमसी), लेपित कार्बन/कार्बन, कार्बन/कार्बन-सिलिकॉन कार्बाइड और टाइटेनियम एल्युमिनाइड का उपयोग गर्म संरचना में किया जाता है [17,18]। हाल ही में, अति उच्च तापमान सेरामिक्स (यू.एच.टी.सी.), जैसे, ज़िरकोनियम कार्बाइड, हेफ़नियम कार्बाइड, ज़िरकोनियम डाइबोराइड और हेफ़नियम डाइबोराइड के जैसे पदार्थ जो संक्रमण धातु डाइबोराइड और कार्बाइड के साथ सिरेमिक मैट्रिक्स कंपोजिट्स (सी.एम.सी.) की एक श्रेणी में आते हैं, के टी.पी.एस. परीक्षण में आशाजनक परिणाम प्राप्त हुए हैं [19-22]। प्रायोगिक और संगणक अध्ययन द्वारा अति उच्च तापमान सिरेमिक मैट्रिक्स कंपोजिट को रॉकेट के टी.पी.एस. के रूप में 1800 डिग्री सेंटीग्रेड तक के उच्च तापमान में सक्षम पाया गया है [20]। आर्क-जेट पवन सुरंगों में प्रायोगिक अध्ययन [23] ने उच्च तापमान पर यू.एच.टी.सी. पर हाइपरसोनिक प्रवाह के प्रभावों को दिखाया है।

## 2.2. अर्ध-निष्क्रिय विधि

हीट पाइप और एब्लेटिव सतह दो अर्ध-निष्क्रिय तरीके हैं, जिन्हें टी.पी.एस. उपयोग के लिए खोजा और परखा गया है।

### 2.2.1. ऊष्मा नली

ऊष्मा नली, अवस्था परिवर्तन प्रक्रिया के माध्यम से उष्णता प्रबंधन में उपयोग किए जाने वाला उपकरण है। एक ऊष्मा नली में आम तौर पर एक कार्यशील द्रव होता है, जो तीव्र ऊष्मा वाले क्षेत्र से ऊष्मा को ठंडे क्षेत्र में पहुँचाता है। ऊष्मा के स्रोत के निकटतम क्षेत्रों में कार्यशील द्रव के वाष्पित होने के परिणामस्वरूप एक दाब प्रवणता बन जाती है, जिससे द्रव (वाष्प अवस्था में) का परिवहन ऊष्मा नली के ठंडे क्षेत्रों में जाने के लिए होता है। वाहन के ठंडे क्षेत्र में, संघनन के परिणामस्वरूप संचित ऊष्मा आसपास के वातावरण में मुक्त हो जाती है। द्रव (अब तरल अवस्था में) को तब बाती केशिका वाहिका (विक केपिलरी चैनल) की एक प्रणाली के माध्यम से वापस तीव्र ऊष्मा वाले क्षेत्र में ले जाया जाता है और इस प्रक्रिया को दोहराया जाता है। चूंकि यह एक सीलबंद प्रणाली होती है इसलिए दाब प्रवणता के द्वारा वाष्पीकरण, ऊर्जा परिवहन और संघनन प्रक्रियाओं को संचालित किया जाता है। ऊष्मा नली अत्यधिक उच्च ऊष्मा प्रवाह पर पर्याप्त सुरक्षा प्रदान करने में विफल हो सकती है क्योंकि उष्ण स्थान लंबे समय में ऊष्मा नली और वाहन को नुकसान पहुंचा सकता है [24]।

### 2.2.2. अपक्षरण

दूसरी अर्ध-निष्क्रिय अवधारणा में एक अपस्फीति (एब्लेटिव) परत सतह पदार्थ को हटाकर (बलिदान देकर) ऊष्मा को अलग करती है। वायुतापीय ऊष्मा तंतु द्वारा सम्बद्ध राल को कम शक्ति वाले कार्बनयुक्त द्रव्यमान में बदल देती है जिसके परिणामस्वरूप जले हुए कार्बन (चार) का वाष्पीकरण हो जाता है। टी.पी.एस. के अपक्षरण की इस विधि में अपघट्य पदार्थ गुप्त ऊष्मा के माध्यम से पिघलने या वाष्पीकरण के दौरान ऊर्जा को अवशोषित करते हैं और तापमान में वृद्धि होती है। उष्ण सीमा परत को मोटा करने से पुनः प्रयोज्य प्रक्षेपण वाहन की सतह पर आने वाली ऊष्मा के प्रवाह को कम किया जा सकता है। अकार्बनिक बहुलक, सिरैमिक या धातुओं का अपस्फीति टी.पी.एस. में सफलतापूर्वक उपयोग किया गया है। अकार्बनिक बहुलक उच्च ऊष्मा आघात प्रतिरोध, कम घनत्व, अच्छी यांत्रिक ताकत, और अच्छी तापीय रोधन क्षमताएं प्रदर्शित करते हैं [25]। कार्बन/कार्बन सम्मिश्र और ग्रेफाइट का उनके उच्च तापमान प्रतिरोध, उत्कृष्ट भौतिक गुणों और कम घनत्व के कारण ग्रह प्रवेश प्रोब ऊष्मा कवच अनुप्रयोगों में सक्रिय रूप से अध्ययन किया जा रहा है [26]। अपस्फीति टी.पी.एस. में कार्बन बहुत अधिक तापमान क्षमता और वाष्पीकरण की उच्च ऊर्जा प्रदान करते हैं [27]। फेनोलिक राल सबसे व्यापक रूप से इस्तेमाल किया जाने वाला कार्बन (चार के रूप में) बहुलक है। वायुमंडलीय प्रवेश के दौरान, निरंतर ऊष्मा के कारण जले हुए कार्बन (चार) की परत अपस्फीति तापमान तक पहुंच जाती है, जिससे कार्बनिक पदार्थ ऊर्ध्वपातन, ऑक्सीकरण, घर्षण बल द्वारा यांत्रिक रूप से या स्पैलेशन के माध्यम से गैसीय उत्पादों में बदलना शुरू हो जाते हैं, जिससे पर्याप्त ऊर्जा अवशोषित करने के कारण अपक्षरक की बची हुई सतह का तापमान नियंत्रित रहता है [28]। अपक्षरक के पायरोलिसिस से निकलने वाली गैस और पायरोलिसिस उत्पादों की परत से आंतरिक दबाव बढ़ जाता है, जो बाहर से आने वाली गर्म ऊष्मा प्रवाह के खिलाफ दीवार या बाधा के रूप में कार्य करता है। रिसने वाली गैस उच्च मात्रा में ऊष्मा अवशोषित करती है और एक नयी कार्बन (चार) परत बना देती है और अक्षत राल (वर्जिन रेसिन) को संरक्षित रखती है [29]। इसके अलावा फेनोलिक अन्तर्भेदन कार्बन अपक्षरक (पीआईसीए), सिलिकॉन अन्तर्भेदन पुनः प्रयोज्य सिरैमिक अपक्षरक (एस.आई.आर.सी.ए.) और कठोर यूनी-पीस रेशेदार प्रबलित ऑक्सीकरण प्रतिरोधी सम्मिश्र (टी.यू.एफ.आर.ओ.सी.) जैसे कुछ अपक्षरक पदार्थ उपयोग किये जा सकते हैं। टी.यू.एफ.आर.ओ.सी. के प्रयोगों के परिणाम से पता चला है कि हल्के, निर्माण और रखरखाव की कम लागत और समग्र रोधक संरचना के और बिना किसी विफलता के यह पदार्थ 2000 डिग्री सेंटीग्रेड से अधिक तापमान का सामना कर सकता है [30]।

### 2.3. सक्रिय विधि

तीन अलग-अलग सक्रिय टी.पी.एस., संवहन शीतलन [31] झिल्ली (फिल्म) शीतलन [32] और वाष्पोत्सर्जन शीतलन [33,34] के विषय में जानकारी दी गयी है।

### 2.3.1. संवहन शीतलन

इस विधि में वाहन के लिए पर्याप्त शीतलता प्रदान करने के लिए टी.पी.एस. की सतह के नीचे एक शीतलक द्रव को स्पंदित करना पड़ता है। वाष्पोत्सर्जन शीतलन में, शीतलक द्रव एक छिद्रयुक्त सतह से बाहर निकलता है और फिल्म शीतलन के लिए वाहन की लम्बाई में वायु प्रवाह के समानांतर शीतलक प्रवाहित करने के लिए कई दरारों का उपयोग किया जाता है। शीतलक द्रव को छिद्रों के माध्यम से भेजने के कारण सतह की त्वचा मोटी होने के कारण अवांछनीय भार भी बढ़ेगा तथा तापमान प्रवणता और ऊष्मा हस्तांतरण की दर में कमी भी आएगी। अंतरिक्ष वाहनों में सक्रिय शीतलन का उपयोग विभिन्न उद्देश्यों जैसे, तरल हाइड्रोजन लूप का उपयोग करके अंतरिक्ष यान के इंजन को ठंडा करने एवं एकल-चरण-से-कक्षा (एस.एस.टी.ओ.) के गर्म क्षेत्रों में टी.पी.एस. में प्रयोग करके कर सकते हैं [35]।

### 2.3.2. झिल्ली शीतलन (फिल्म कूलिंग)

फिल्म कूलिंग का उपयोग हाइपरसोनिक वाहनों में शीतलक को वाहन की सतह पर एक स्पष्ट स्थान पर अन्तःक्षेप (इंजेक्ट) करके किया जाता है। द्रव, ठंडी की जाने वाली संरचना की सतह पर पतला शीतरोधन आवरण बनाता है और यह सुनिश्चित करता है कि संरचना पिघलने के तापमान से अधिक न हो। प्रयोगों द्वारा यह देखा गया है कि सघन शीतलक, जरूरत वाली सतह पर प्रवाह के परिणामस्वरूप एक बेहतर संरक्षण वाली फिल्म शीतलन बन जाएगी [36]। उच्च गति पर फिल्म शीतलन अधिक कुशल होती है और इसकी प्रभावशीलता इंजेक्शन बिंदु के पास के स्थानों पर उच्चतम होती है।

### 2.3.3. वाष्पोत्सर्जन शीतलन

वाष्पोत्सर्जन शीतलन, सतह के द्रव्यमान स्थानांतरण का सक्रिय शीतलन का एक रूप है जो अत्यधिक उच्च तापमान (1600 डिग्री सेंटीग्रेड से ऊपर) और 1.5 घंटे से अधिक उड़ान समय के लिए उपयोग किया जाता है [37]। वाष्पोत्सर्जन शीतलन में, शीतलक छिद्रयुक्त दीवार के माध्यम से गर्म तरल पक्ष की दीवार की सतह की ओर पहुँचाया जाता है। छिद्रयुक्त पदार्थ की परत पर शीतलक ऊष्मा अवशोषित करके ठंडा करता है तथा स्थिर अवस्था प्राप्त हो जाने पर उष्ण साम्यवस्था प्राप्त करता है। शीतलक, निकाय की सतह पर एक फिल्म बनाता है जो कि छिद्रयुक्त दीवार पर ऊष्मा प्रवाह को और कम कर देती है और छिद्रयुक्त परत, ऊष्मा विनिमय के रूप में कार्य करती है क्योंकि यह वाहन की सतह पर शीतलक से गर्म तरल (अधिकांश समय गैसीय) में ऊष्मा के हस्तांतरण की अनुमति देता है [38]। वाष्पोत्सर्जन शीतलन को विभिन्न प्रणालियों जैसे टर्बाइन ब्लेड, अग्रणी छोरों के साथ-साथ स्कैमजेट इंजन की दीवार को ठंडा करने के लिए नियोजित किया गया है। वाष्पोत्सर्जन शीतलन का उपयोग करने में एक मुख्य चुनौती सतह पर पर्याप्त मात्रा में शीतलक की आवश्यकता का निर्धारण करना है। वाष्पोत्सर्जन शीतलन टरबाइन ब्लेड के लिए शीतलन विधि के रूप में प्रदर्शन को देखते हुए सबसे व्यवहार्य सक्रिय शीतलन टी.पी.एस. प्रणाली मानी जाती है जिसका उपयोग पुनः प्रयोज्य प्रक्षेपण यान (आर.एल.वी.) के लिए किया जा सकता है।

### 3. पुनः प्रयोज्य प्रक्षेपण वाहनों में टी.पी.एस.

पुनः प्रयोज्य प्रक्षेपण यान (आर.एल.वी.) का उपयोग न्यूनतम रखरखाव और मरम्मत वाले कई अंतरिक्ष मिशनों में किया जा सकता है [39]। संयुक्त राज्य की एजेंसी नासा ने कई रचनाओं और प्रयासों के बाद स्पेस शटल ऑर्बिटर (एस.एस.ओ.) कोलंबिया का 1981 में सफलतापूर्वक प्रक्षेपण किया था। वाहन एल्युमिनियम का बना था और इसमें टी.पी.एस. लगा हुआ था। नोज कोन और पंखों के अग्रता छोर (विंग लीडिंग एज) में प्रयोगात्मक और सैद्धांतिक रूप से अतिउच्च ऊष्मा होने के कारण अधिक संरक्षण की आवश्यकता होती है। पुनः प्रयोज्य टी.पी.एस. के रूप में प्रभावी ढंग से काम करने के लिए, चयनित पदार्थ में i) उच्च तापमान क्षमता ii) उच्च तापमान आघात प्रतिरोध iii) कई उड़ानों में स्थिर गुण iv) उच्च उत्सर्जन, कम उत्प्रेरण v) कम तापीय विस्तार vi) कम तापीय चालकता, और vii) न्यूनतम वजन होना चाहिए। एस.एस.ओ. में चार बुनियादी सामग्रियों का चयन किया गया, जिनमें प्रबलित कार्बन-कार्बन (आर.सी.सी.), कम तापमान पुनः प्रयोज्य सतह रोधन टाइलें (एल.आर.एस.आई.), उच्च तापमान पुनः प्रयोज्य सतह रोधन टाइलें (एच.आर.एस.आई.) और पुनः प्रयोज्य सतह

रोधन कंबल (एफ.आर.एस.आई.) शामिल हैं। आर.सी.सी. पैनल का उपयोग 2400 डिग्री सेंटीग्रेड जितना अधिक तापमान सहन करने में सक्षम होने के कारण नोज कोन और विंग के अग्रणी किनारों के लिए किया गया था [40-43]। 500 डिग्री सेंटीग्रेड से अधिक तापमान पर ऑक्सीकरण के द्वारा आर.सी.सी. के क्षय होने की वजह से टी.पी.एस. पर सिलिकन कार्बाइड का लेप इसे टूटने और बाद में होने वाले नुकसान [44,45] से बचाने के लिए किया गया। हालांकि, 27 सफल मिशनों के बाद, कोलंबिया में दुर्भाग्य से बाई ओर के पंख के अग्रणी छोर पर एक छेद के कारण गर्म गैसों पंख में प्रवेश कर गईं, जिसके कारण 1 फरवरी, 2003 को वह पुनः प्रवेश पर विघटित हो गया परिणामस्वरूप चालक दल के सदस्यों के जीवन का नुकसान हुआ। हाल ही में, अंतरिक्ष उड़ानों के व्यावसायीकरण के लक्ष्य के साथ, कई कम्पनियां जैसे, स्पेस एक्स और ब्लू ओरिजिन ने आर.एल.वी. में विभिन्न टी.पी.एस. प्रौद्योगिकियों के उपयोग का पता लगाया है। स्पेस एक्स, 2010 में फाल्कन 9 रॉकेट के अपने पहले प्रक्षेपण के साथ, इस समय 70 से अधिक मानव रहित प्रक्षेपण कर चुकी है जिनमें से अधिकांश सफल रहे हैं। रूस ने अपने अंतरिक्ष मिशन के लिए आर.एल.वी. को भी सफलतापूर्वक विकसित किया है। दुर्भाग्य से, सोयुज 1 जिसे 1967 में लॉन्च किया गया था लैंडिंग पैराशूट की तैनाती में विफलता के कारण दुर्घटनाग्रस्त हो गया [46]। तब से कई और सफल और असफल प्रक्षेपणों से सीखे गए पाठ के साथ, सोयुज को व्यापक रूप से मनुष्यों को अंतरिक्ष में भेजने का एक सुरक्षित और लागत प्रभावी साधन माना जाता है [47]। यह चालक दल के सदस्यों को अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन पर ले जाने और वापस लाने में प्रयुक्त होता है [48]। चीन के अंतरिक्ष प्रशासन द्वारा रूसी अंतरिक्ष कार्यक्रम के सहयोग से चालकदल मिशन के लिए शेनझोऊ अंतरिक्ष यान का विकास किया गया है [49,50]। अन्य देश जैसे भारत, फ्रांस, ऑस्ट्रेलिया और जापान सभी ने हाइपरसोनिक क्षमताओं के विकास का प्रस्ताव दिया है और इसलिए वाहनों के लिए टी.पी.एस. की आवश्यकता होगी [51]। विशिष्ट टी.पी.एस. सामग्री को पूरा करने एक नये दृष्टिकोण वाली 3 डी बुनाई तकनीकों (डब्ल्यू.टी.पी.एस.) का उपयोग करके वांछित भौतिक गुणों और रचनाओं के नियंत्रण के माध्यम से एक बुने हुए ढांचे के भीतर तंतुओं की नियुक्ति करके विकसित किया जाता है। ऐसी संरचनाओं से बने टी.पी.एस., उष्णता सम्बन्धी गुण (चालकता, विशिष्ट ऊष्मा, विस्तार गुणांक), भौतिक गुण (घनत्व, कठोरता, उत्सर्जन), यांत्रिक गुण (ताकत, लोचदार मापांक, बेरहमी, संरंध्रता) और सूक्ष्म संरचनात्मक व्यवहार को मिशन की मांग को पूरा करने के लिए अनुकूलित किया गया है। इनकी हल्की बुनी हुई संरचनाओं के बीच उच्च अंतर्परतीय (इंटरलामिनर) ताकत होती है और उच्च तापमान प्रवणता से उत्पन्न होने वाली इन-प्लेन दरारें कम होती हैं [52]। फाइबर संरचना, फाइबर घनत्व, बुनाई घनत्व, बुनाई वास्तुकला और राल संचार जैसे गुणों को नियंत्रित किया जा सकता है और मिशन की जरूरतों के आधार पर समायोजित किया जा सकता है। उम्मीद है कि भविष्य के मिशनों में डब्ल्यू.टी.पी.एस. को नियोजित किया जाएगा क्योंकि इसका उपयोग नासा के ओरियन अंतरिक्ष यान पर पहले ही किया जा चुका है [53]। आर.एल.वी. या किसी भी उड़ान मिशन पर टी.पी.एस. प्रौद्योगिकियों का उपयोग उड़ान समय, अपेक्षित ऊष्मा प्रवाह और तापमान सीमा, ऊंचाई, मैक संख्या, वायुगतिकी और प्रणोदन प्रणाली सहित कई कारकों पर निर्भर करता है। सतह ऊष्मा प्रवाह और तापमान सीमा आमतौर पर प्रयोगों से प्राप्त किया जाता है। चूंकि वाहन अलग-अलग ऊंचाई पर कई स्थितियों का अनुभव करते हैं, इसलिए भू-परीक्षणों जैसे कि पवन-सुरंगों और आर्क-जेट में टी.पी.एस. चयन प्रक्रिया में परीक्षण पर्याप्त जानकारी प्रदान नहीं कर पाते हैं [54,55]।

#### 4. टी.पी.एस.: वर्तमान चुनौतियां और भविष्य की संभावनाएं

टी.पी.एस. पर अनुसंधान और विकास के लिए तीन मुख्य क्षेत्र हो सकते हैं : i) द्रव्यमान दक्ष आरोहण / पुनः प्रवेश टी.पी.एस. जो चरम उष्ण वातावरण (>5,000 वाट/सेंटीमीटर<sup>2</sup> और प्रवेश वेग >11 किमी/सेकंड) का सामना कर सकता है, ii) टी.पी.एस. मॉडलिंग एवं अनुकरण (सिमुलेशन) उपकरण और तकनीक और iii) प्रभावी टी.पी.एस. सेंसर और माप प्रणाली।

##### 4.1. द्रव्यमान दक्ष आरोहण / पुनः प्रवेश टी.पी.एस. : सामग्री और प्रौद्योगिकियां

निम्न पृथ्वी कक्षा (एल.इ.ओ.) से आगे के मिशन के लिए प्रवेश वेग 11 किमी/सेकंड से ज्यादा होने के परिणामस्वरूप 1,000 से 7,000 वाट/सेंटीमीटर<sup>2</sup> तक मात्रा में वायुतापीय ऊष्मा हो सकती है। इनमें उच्च

तापमान का सामना करने हेतु द्रव्यमान दक्ष टी.पी.एस. सामग्री विकसित करना बहुत महत्वपूर्ण है। अपस्फीति टी.पी.एस. आमतौर पर ऐसे मामलों में उपयोग किया जाता है क्योंकि इस प्रक्रिया में बलिदान विषयक द्रव्यमान क्षय होता है [56]। कार्बन-कार्बन (10,000 वाट/सेंटीमीटर<sup>2</sup> तक संक्षिप्त अनावरण के लिए) और कार्बन-फेनोलिक (30,000 वाट/सेंटीमीटर<sup>2</sup> तक) अपस्फीति सामग्री का एक उल्लेखनीय उदाहरण है। वर्तमान में अपस्फीति टी.पी.एस. सामग्री के उत्पादन और अनुप्रयोग के लिए दो मुख्य चुनौतियां, निर्माण लागत और प्रणाली एकीकरण हैं। लचीला टी.पी.एस. [57] और बुने हुए टी.पी.एस. [58] हाल की अन्य प्रौद्योगिकियां हैं, जो अंतरिक्षयानों में कठोर अपस्फीति सामग्री के एकीकरण से संबंधित मुद्दे को सुलझा सकती हैं। इसके अतिरिक्त, टी.पी.एस. की अंतरिक्ष में मरम्मत करने वाली प्रौद्योगिकियां गहन रुचि की हो सकती हैं। भविष्य में टी.पी.एस. के लिए मरम्मत प्रौद्योगिकियों के क्षेत्र में विकास की आवश्यकता है जो एक स्वस्थ टी.पी.एस. बनाए रखकर अंतरिक्ष वाहनों और अंतरिक्ष यात्रियों की अंतरिक्ष में प्रभावी रूप से सुरक्षा सुनिश्चित कर सकती है। अभिनव टी.पी.एस. का एक और उदाहरण स्व-मरम्मत करने वाली टी.पी.एस. सामग्री है, (जैसे कार्बन-सिलिकन कार्बाइड या कार्बन-कार्बन) जो अपेक्षाकृत कम तापमान पर सूक्ष्म दरारों को स्वचालित रूप से भर सकता है। अत्याधुनिक परीक्षण सुविधाएं 10,000 वाट/सेंटीमीटर<sup>2</sup> तक ऊष्मा प्रवाह में सक्षम हैं हालांकि, मंगल पर सफल मिशनों के परिणामस्वरूप 30,000 वाट/सेंटीमीटर<sup>2</sup> उच्च ऊष्मा प्रवाह होने की उम्मीद है।

#### 4.2. टी.पी.एस. प्रतिरूपण और सतत अनुकरण उपकरण और तकनीक

वायुमंडलीय प्रवेश में संरचनात्मक और तापीय आवश्यकताओं हेतु प्रभावी टी.पी.एस. की रचना करने के लिए सटीक प्रतिरूपण की आवश्यकता होती है। वायुतापीय रासायनिक वातावरण में टी.पी.एस. के प्रदर्शन की मॉडलिंग एक चुनौतीपूर्ण कार्य है जिसमें द्रव प्रवाह, उष्णता, द्रव्य, और संरचनात्मक प्रणाली प्रतिक्रिया को एक साथ संबोधित करने की जरूरत पड़ती है। मौजूदा मॉडलों के टी.पी.एस. में कम रचना सीमा, कम टी.पी.एस. द्रव्यमान और पेलोड ले जाने की अच्छी क्षमता होती है। टी.पी.एस. नमूना (मॉडल) के विवरण को जमीन आधारित प्रयोगों या वास्तविक उड़ान जानकारी का उपयोग करके सत्यापित करने की आवश्यकता पड़ती है। एक महत्वपूर्ण चुनौती यह है कि अंतरिक्ष वाहन वायुमंडलीय प्रवेश के दौरान चरम स्थिति का अनुभव करते हैं, इसलिए स्थिति को सटीक रूप से दोहराने के लिए जमीनी प्रयोग बहुत कठिन और महंगा होता है। नतीजतन, मॉडल सत्यापन के आधार पर ये परिणाम आम तौर पर उच्च अंतर की ओर ले जाते हैं जिससे ज्यादा द्रव्यमान और कम पेलोड जैसी कठिनाई का सामना करना पड़ता है। इसलिए मॉडल में सुधार के लिए, उच्च निष्ठा उड़ान डेटा प्राप्त करना अत्यंत महत्वपूर्ण होता है [59]।

#### 4.3. टी.पी.एस. सेंसर और माप प्रणाली

निम्न पृथ्वी कक्षा (एल.इ.ओ.) से आगे की हाइपरसोनिक पुनः प्रवेश पर्यावरण की अवस्था भू-आधारित परीक्षण सुविधाओं में दोहरानी काफी कठिन होती है। प्रभावी टी.पी.एस. सेंसर महत्वपूर्ण डेटा के मापन की सुविधा प्रदान करते हैं, जो उड़ान के दौरान टी.पी.एस. की स्थिति की निगरानी के साथ-साथ मॉडल के सत्यापन के उद्देश्य लिए उपयोग किया जाता है। विभिन्न प्रकार के टी.पी.एस. सेंसर तापमान, ऊष्मा प्रवाह, सतह निकासी (रेससन) और दबाव जैसे महत्वपूर्ण डेटा को मापने के लिए विकसित किए गए हैं। टी.पी.एस. के सभी क्षेत्रों से उच्च निष्ठा विवरण प्राप्त करके प्रभावी क्षति पहचान प्रणाली का निर्माण किया जा सकता है, जो अंतरिक्ष मरम्मत प्रौद्योगिकियों के अनुप्रयोग को सक्षम बनाती है। एक प्रभावी एकीकृत टी.पी.एस. स्वास्थ्य निगरानी प्रणाली को टी.पी.एस. सतह की स्थिति जैसे निकासी, तापमान, दबाव और ऊष्मा प्रवाह से संबंधित सूचना एकत्र करने के लिए सटीक सेंसर की आवश्यकता होती है। यह विवरण, अंतरिक्ष यान टी.पी.एस. के आकार के मार्जिन के साथ ही साथ मिशन के जोखिम को भी काफी कम कर देता है [60]। वायरलेस सेंसर, और फाइबर-ऑप्टिक आधारित सेंसर का उपयोग अंतरिक्ष वाहनों के लिए एकीकृत स्वास्थ्य निगरानी प्रणाली में किया जा सकता है। भविष्य के अंतरिक्ष मिशनों में प्रभावी ढंग से उपयोग करने हेतु वायरलेस सेंसर से संबंधित कई पहलुओं, जैसे लागत, आकार, ऊर्जा स्रोत और ऊर्जा भंडारण इत्यादि पर ध्यान केंद्रित किया जाना चाहिए [61]। वर्तमान में, अंतरिक्ष वाहनों की क्षति का आकलन और स्वास्थ्य निगरानी सीधे तौर पर पूरी तरह से वाहन की सतह पर विभिन्न माप उपकरण जैसे गहराई गेज, पैमाना इत्यादि से दृश्य निरीक्षण करके की जाती है [62,63]। यह

प्रक्रिया बहुत लंबी और थकाऊ होती है। अच्छे, अधिक कुशल, विश्वसनीय और स्वचालित सेंसर इस प्रक्रिया को तेज करने में काफी मदद कर सकते हैं।

## 5. निष्कर्ष

इस लेख में, हाइपरसोनिक गति पर काम करने वाले अंतरिक्ष वाहनों के लिए टी.पी.एस. की आवश्यकता को इंगित किया गया है। निष्क्रिय, अर्ध-निष्क्रिय और सक्रिय टी.पी.एस. सहित विभिन्न प्रकार की टी.पी.एस. प्रौद्योगिकियों के विकास और उनके हाइपरसोनिक वाहनों, विशेष रूप से पुनः प्रवेश अंतरिक्ष वाहनों में अनुप्रयोग पर समीक्षा की गयी है। टी.पी.एस. रचना और विकास के लिए तीन मुख्य क्षेत्रों, द्रव्यमान दक्ष वायुमंडलीय प्रवेश / पुनः प्रवेश टी.पी.एस., प्रतिरूपण और सतत अनुकरण उपकरण और तकनीक, सेंसर और माप प्रणाली के लाभ और चुनौतियों को बताया गया है। मानवयुक्त अंतर्ग्रहीय मिशनों के भविष्य के लक्ष्यों के साथ बेहतर ढंग से रचना किए गए टी.पी.एस. की आवश्यकता महत्वपूर्ण होती जा रही है। टी.पी.एस. के तीनों वर्गों की तकनीक ने शुरुआत से ही काफी प्रगति की है। भविष्य के अंतरिक्ष कार्यक्रमों के लिए टी.पी.एस. में विकास हेतु और अध्ययन की आवश्यकता है।

## सन्दर्भ :

- [1]National Research Council, Reusable Launch Vehicle: Technology Development and Test Program, The National Academies Press, Washington, DC, 1995.
- [2]E.A. Congdon, D.S. Mehoke, M. Buchta, D. Nagle, D. Zhang, J.B. Spicer, Development of a high-temperature optical coating for thermal management on Solar Probe Plus, in: 10th AIAA/ASME Joint Thermophysics Heat Transfer Conference, Chicago, IL, June 28 - July 1, 2010.
- [3]E. Reynolds, A. Driesman, J. Kinnison, M.K. Lockwood, P. Hill, Solar probe plus mission overview, in: AIAA Guidance, Navigation and Control (GNC) Conference, Boston, MA, August 19-22, 2013.
- [4]L.A. Dombrovsky, D.L. Reviznikov, A.P. Kryukov, V.Y. Levashov, Self-generated clouds of micron-sized particles as a promising way of a Solar Probe shielding from intense thermal radiation of the Sun, J. Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer 200 (2017) 234–243.
- [5]M.C. Adams, Recent advances in ablation, ARS J. 29 (52) (1959) 625.
- [6]J.J.S. Shang, S.T. Surzhikov, Plasma Dynamics for Aerospace Engineering, Cambridge University Press, Cambridge (UK), 2018.
- [7]E. Venkatapathy, C.E. Szali, B. Laub, H.H. Hwang, J.L. Conley, J. Arnold, 90 coauthors., White Paper on the NRC Decadal Primitive Bodies Sub-panel Thermal Protection Systems Technologies for Enabling Future Sample Return Missions, NASA Historical Reference Collection, 2010.
- [8]J.D. Anderson, Fundamentals of Aerodynamics, McGraw-Hill Education, New York, 2010.
- [9]J.D. Anderson, Hypersonic and High Temperature Gas Dynamics, McGraw-Hill, 1989.
- [10]J.D. Anderson, Elements of hypersonic flow, in: Fundamentals of Aerodynamics, McGraw Hill, New York, 2011.
- [11]W. Niehaus, Vehicles, heat shield concepts and materials for reentry, in: Defense Documentation Center for Scientific and Technical Documentation, Alexandria, Virginia., July, 1963.
- [12]D.B. Paul, C.L. Clay, B. Harber, H. Croop, D. Glass, S. Scotti, Extreme environment structures, in: Structures Technology for Future Aerospace Systems, AIAA., 2000.
- [13]H. Rivers, D. Glass, Advances in hot structures development, in: Thermal Protection Systems and Hot Structures Proceedings of the 5th European Workshop, Europeans Space Agency, 2006.
- [14]R.D. Launius, D.R. Jenkins, Coming Home: Reentry and Recovery from Space, NASA, Washington DC, 2012.
- [15]T.A. Heppenheimer, Facing the Heat Barrier: A History of Hypersonics, NASA History Series, 2007.
- [16]A.V. Levy, Evaluation of reinforced plastics material in high speed guided missiles and power plant application, Plastics (March 1956) 10.
- [17]F.I. Hurwitz, Thermal Protection Systems: Encyclopedia of Aerospace Engineering, NASA Glenn Research Center, John Wiley & Sons, Ltd., Cleveland OH, 2010.
- [18]C. Purpura, E. Trifoni, A. Martucci, M.D.S. Fumo, C. Carney, D.S. King, M. Cinibulk, Experimental investigation of the emissivity of UHTC coatings on CMC materials in ghibli plasma wind tunnel tests, in: Proceedings of 68th International Astronautical Congress, Adelaide, Sept 25-27, 2017.

- [19]C. Hu, S. Tang, Design, preparation and properties of carbon fiber reinforced ultra-high temperature ceramic composites for aerospace applications: a review, *J. Mater. Sci. Technol.* 33 (2) (2017) 117–130.
- [20]R. Savino, S. Mungiguerra, G.D. Di Martino, Testing ultra-high-temperature ceramics for thermal protection and rocket applications, *Journal of Advances in Applied Ceramics* 117 (2018) 9–18.
- [21]D. Sciti, L. Silvestroni, F. Monteverde, A. Vinci Frederic, L. Zoli, Introduction to H2020 project C3HARME – next generation ceramic composites for combustion harsh environment and space, *Advances in Applied Ceramics* 11 (1) (2018) 70–75.
- [22]R. Savino, M. De Stefano Fumo, D. Paterna, M. Serpico, Aerothermodynamic study of UHTC-based thermal protection systems, *Aero. Sci. Technol.* 9 (2) (March 2005) 151–160.
- [23]L. Silverstroni, S. Mungiguerra, D. Sciti, G.D.D. Martion, R. Savino, Effect of hypersonic flow chemical composition on the oxidation behavior of a super- strong UHTC, *Corrosion Sci.* 159 (October 2019).
- [24]S.D. Kasen, Doctor of Philosophy Dissertaion: Thermal Management at Hypersonic Leading Edges, School of Engineering and Applied Science: University of Virginia, 2013.
- [25]M. Natali, L. Torre, Ablative Materials, 2011, <https://doi.org/10.1002/9781118097298.weoc045> [Online]. Available:.
- [26]J.B. Davis, D.B. Marshall, Connected fibers: fiber felts and mats, in: *Cellular Ceramics: Structure, Manufacturing, Properties and Applications*, Wiley, 2005, ISBN 3-527-31320-6, pp. 101–121.
- [27]D. Schmidt, Chemical propulsion exhaust, in: *Environmental Effects on Polymeric Materials, Enviroments*, Interscience Publishers, 1968, pp. 413–486.
- [28]R.D. Mathieu, Mechanical spallation of charring ablation in hyperthermal environments, *AIAA J.* 2 (9) (1964) 1621–1627.
- [29]A.A. Berlin, V.V. Yarkina, A.P. Firsov, Thermal degradation of phenol formaldehyde resin under isothermal conditions, *Polym Sci USSR* 10 (8) (1968) 2219–2228.
- [30]National Aeronautics and Space Administration, Toughened uni-piece fibrous reinforced oxidation-resistant composite (TUFROC) [Online]. Available: <https://technology.nasa.gov/patent/TOP2-241>. (Accessed 15 March 2019).
- [31]W.A. McConarty, F.M. Anthony, Design and Evaluation of Active Cooling Systems for Mach 6 Cruise Vehicle Systems, Bell Aerospace Company for Langley Research Center., 1971.
- [32]S.P. Choudhury, A. Suryan, J.C. Pisharady, A. Jayashree, K. Rashid, Parametric study of supersonic film cooling in dual bell nozzle for an experimental air- kerosene engine, *Aero. Sci. Technol.* 78 (July 2018) 364–376.
- [33]H. Bohrk, Transpiration cooled hypersonic flight experiment: setup, flight measurement and reconstruction, *J. Spacecraft Rockets* 52 (3) (2015).
- [34]Y. Zhu, W. Peng, R. Xu, P. Jiang, Review on active thermal protection and its heat transfer for airbreathing hypersonic vehicles, *Chin. J. Aeronaut.* 31 (10) (October 2018) 1929–1953.
- [35]J.R. Olds, Results of a rocket based combined cycle SSTO design using parametric MDO Methods, in: *SAE Technical Paper Series, Aerospace Atlantic Conference and Expo, Dayton, Ohio, April 1994*.
- [36]W. Zhou, B. Johnson, H. Hu, Effects of flow compressibility and density ratio on film cooling performance, *Journal of Power and Propulsion* 4 (2017) 964–974.
- [37]E. Glass David, Ceramic Matric (CMC) Thermal Protetcion Systems (TPS) and Hot Structures for Hypersonic Vehicles, AIAA, March 2008.
- [38]D. Greuel, A. Herbertz, O.J. Haidn, M. Ortelt, H. Hald, Transpiration cooling applied to C/C liners of cryogenic liquid rocket engines, in: *40th AIAA/ASME/ SAE/ASEE/JPC Conference and Exhibit., Fort Lauderdale, Florida, July 2004*.
- [39]D. Sziroczak, H. Smith, A review of design issues specific to hypersonic flight vehicles, *Prog. Aero. Sci.* 1–28 (2016) 84.
- [40]John D. Buckley, Dan D. Edie, *Carbon-Carbon Materials and Composites*, 1984.
- [41]E. Yesuda, et al., *Carbon Alloys: Novel Concepts to Develop Carbon Science and Technology*, 2003.
- [42]MakeltFrom.com, *Non-Oxide Engineering Ceramic: Carbon-Carbon*, 2018.
- [43]J.J. Bertin, R.M. Cummings, Fifty years of hypersonics: where we've been, where we're going, *Prog. Aero. Sci.* 39 (6–7) (2003) 511–536.
- [44]W.H. Glime, J.D. Cawley, Oxidation of carbon fibers and films in ceramic matrix composites: a weak link process, *Carbon* 33 (8) (1995) 1053–1060.

- [45]N.S. Jacobson, D.M. Curry, "Oxidation Microstructure Studies of Reinforced Carbon/Carbon," NASA Glenn Research Center, Cleveland, OH. .
- [46]C.C. Peterson, A Short History of Roscosmos and the Soviet Space Program, 03 July 2019 [Online]. Available: <https://www.thoughtco.com/soviet-space-program-history-4140631>. (Accessed 4 September 2019).
- [47]European Space Agency, Soyuz Launch Vehicle: the Most Reliable Means of Space Travel, 1 April 2004 [Online]. Available: [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Human\\_and\\_Robotic\\_Exploration/Delta\\_Mission/Soyuz\\_launch\\_vehicle\\_The\\_most\\_reliable\\_means\\_of\\_space\\_travel](http://www.esa.int/Our_Activities/Human_and_Robotic_Exploration/Delta_Mission/Soyuz_launch_vehicle_The_most_reliable_means_of_space_travel). (Accessed 3 September 2019).
- [48]V. Suvorov, A. Sabelnikov, The First Manned Spaceflight: Russia's Quest for Space, Nova Publishers, 1997.
- [49]B. Harvey, China's Space Program: from Conception to Manned Spaceflight, Springer, August 2004.
- [50]W. Guoting, The development of thermal protection system of "Shenzhou" manned spacecraft, in: 55th International Astronautical Congress, Vancouver, Canada, 2004.
- [51]R.H. Speier, G. Nacouzi, C.A. Lee, R.M. Moore, Hypersonic Missile Nonproliferation, Rand Corporation., Santa Monica, California, 2017.
- [52]J. Needels, P. Gage, Application of risk informed decision making to a highly reliable three-dimensionally woven thermal protection systems for Mars sample return, in: AIAA SciTech, Orlando, FL, 7th January, 2020.
- [53]J. Feldman, D. Ellerby, M. Stackpoole, K. Peterson, E. Venkatapathy, "3D Woven Thermal Protection Systems," NASA.
- [54]W.C. Rochelle, H.H. Battley, J.E. Grimaud, D.J. Tillian, L.P. Murray, W.J. Lueke, T.M. Heaton, Orbiter TPS development and certification testing at the NASA/JSC 10 MW atmospheric reentry materials and structures evaluation facility, in: AIAA 21st Aerospace Sciences Meeting, Reno, Nevada, 1983.
- [55]G. Herdrich, S. Lohle, M. Auweter-Kurtz, P. Endlich, M. Fertig, S. Pidan, E. Schreiber, IRS ground-testing facilities: thermal protection system development, code validation and flight experiment development, in: 24th AIAA Aerodynamic Measurement Technology and Ground Testing Conference, Portland, Oregon, 2004.
- [56]A. Riccio, F. Raimondo, A. Sellitto, C. Caradente, R. Scigliano, D. Tescione, Optimum design of ablative thermal protection systems for atmospheric entry vehicles, *Appl. Therm. Eng.* 119 (June 2017) 541–552.
- [57]J.D. Corso, W. Bruce, S. Hughes, J. Dec, M. Rezin, M.A. Meador, H. Guo, D. Fletcher, A. Calomino, F. Cheatwood, Flexible thermal protection system development for hypersonic inflatable Aerodynamic decelerators, in: 9th International Planetary Probe Workshop, June 16 - 22, 2012.
- [58]M. Stackpoole, J. Feldman, E. Venkatapathy, Woven thermal protection system final report, in: NASA Ames Research Center, Mountain View, California., May 2013.
- [59]M.J. Wright, D.K. Prabhu, E.R. Martinez, Analysis of Afterbody Heating Rates on the Apollo Command Modules Part 1, AIAA, 2003.
- [60]C.M. Ezhilarasu, Z. Skaf, I.K. Jennions, The application of reasoning to aerospace integrated vehicle health management (IVHM): challenges and opportunities, *Prog. Aero. Sci.* 105 (February 2019) 60–73.
- [61]K. Romer, F. mattern, The design space of wireless sensor networks, *IEEE Wireless Communications* 11 (6) (December 2004) 54–61.
- [62]F.S. Milos and J.B. Palix, "Wireless temperature sensors for health monitoring of aerospace thermal protection systems," NASA Ames Research Center, Mofett Field, CA.
- [63]M.P. Gordon, Investigation of Shuttle thermal protection system health monitoring, in: Boeing Reusable Space Systems, Orbiter Engineering Report, Kennedy Space Center, Cape Canaveral FL, September 1995.

**लेखक परिचय:**

श्री विजेन्द्र कुमार ने 29 सितम्बर 2008 से विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र में अपनी सेवाएं देनी शुरू कीं। इन्होंने बनारस हिंदू विश्वविद्यालय, बनारस, उत्तर प्रदेश से विश्लेषणात्मक रसायन में एम.एस.सी. तथा आई.आई.एस.टी., वलियमाला, तिरुवनंतपुरम, केरल से रसायन तंत्र में एम.टेक की उपाधि ग्रहण की। वर्तमान में यह विश्लेषणात्मक एवं स्पेक्ट्रमिकी प्रभाग में वैज्ञानिक/अभियंता-'एस ई' के पद पर रहते हुए रसायनिक पदार्थों एवं बहुलकों का रासायनिक विश्लेषण और विभिन्न प्रकार की तकनीकी विकास से सम्बंधित गतिविधियों में कार्य कर रहे हैं।



श्री राकेश रंजन, मई 2009 से विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र के विश्लेषणात्मक एवं स्पेक्ट्रमिकी प्रभाग में कार्यरत हैं। इन्होंने भागलपुर विश्वविद्यालय, भागलपुर से विश्लेषणात्मक रसायन में स्नातकोत्तर की उपाधि ग्रहण की। इन्होंने भारतीय रेल एवं वस्त्र मंत्रालय में भी अपनी सेवाएं प्रदान की है। वर्तमान में यह वैज्ञानिक/अभियंता-'एसई' के पद पर रहते हुए रसायनिक पदार्थों एवं बहुलकों का रासायनिक विश्लेषण और विभिन्न प्रकार की तकनीकी विकास से सम्बंधित गतिविधियों में कार्य कर रहे हैं।।

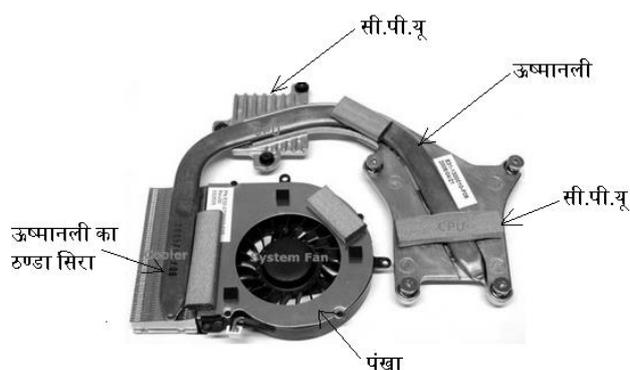
## ऊष्मानलियों में केशिका प्रभाव

कमलेश कुमार बराया  
वैज्ञानिक/अभियंता-एस जी  
तापीय अभियांत्रिकी प्रभाग  
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र (इसरो)

### प्रस्तावना

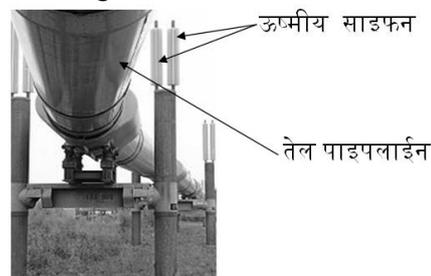
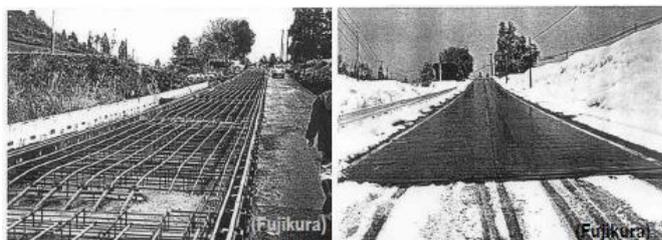
ऊष्मानली (Heat Pipe) बीसवीं शताब्दी की एक चमत्कारिक ऊष्मीय प्रयुक्ति है। मानव अंतरिक्ष अभियानों सहित अन्य अंतरिक्ष अभियानों में ऊष्मा स्थानांतरण के लिए यह एक अत्यंत प्रभावी एवं दक्ष प्रयुक्ति है। ऊष्मानली एक ऐसी प्रयुक्ति है जो ऊष्मा को अधिक दूरियों पर स्थित गर्म स्थान से ठण्डे स्थान की ओर बहुत कम तापमान में अंतर के साथ तेजी से स्थानांतरित कर देती है। यह एक अच्छी सुचालक धातु तांबे से भी लगभग 100 गुना अधिक प्रभावी हो सकती है। ऊष्मानली के उपयोग से हमें कई लाभ हैं। इसके प्रचालन के लिए अतिरिक्त ऊर्जा की आवश्यकता नहीं होती है, इसका निर्माण सरल होता है एवं विभिन्न तापमानों के स्तर पर ऊष्मा स्थानांतरण की दरों को नियंत्रित किया जा सकता है। सामान्यतया यह एक बंद नली के आकार की होती है जिसकी लंबाई कुछ सेंटीमीटर से लेकर 1-2 मीटर तक हो सकती है। इसका व्यास भी मिलिमीटर के एक अंश से लेकर 20 - 30 मिलिमीटर या अधिक हो सकता है। इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों में इसका उपयोग इलेक्ट्रॉनिक घटकों को अत्यधिक गर्म होने से रोकने के लिए किया जाता है। अगर हम ऊष्मानली के एक सिरे को मोमबत्ती से गर्म करें तो हम देख सकते हैं कि कुछ ही क्षणों में दूसरा सिरा भी गर्म हो जाता है। इसी प्रकार एक सिरे को बर्फ से स्पर्श कराने पर दूसरा सिरा भी कुछ ही क्षणों में ठण्डा हो जाता है। हम हाथ से स्पर्श करके दूसरे सिर पर तापमान में परिवर्तन का अनुभव कर सकते हैं। जबकि उसी आकार की साधारण धातुओं, जैसे- तांबे, अल्युमिनियम या इस्पात की छड़ों में ऊष्मा के इस प्रभाव को एक सिरे से दूसरे सिरे पर पहुंचने में ऊष्मानली की तुलना में बहुत अधिक समय लगता है। अनुपयोगी लैपटॉप कंप्यूटरों के ऊष्मा अभिगम (Heat Sink) से ऊष्मानली को पृथक करके यह प्रयोग हम अपने घर में भी कर सकते हैं और ऊष्मा नली का चमत्कारिक प्रभाव घर में ही प्रत्यक्ष रूप से अनुभव कर सकते हैं।

लैपटॉप कंप्यूटरों में ऊष्मानली का उपयोग सामान्य हो गया है। चित्र 1 में लैपटॉप कंप्यूटर में उपयोग की जाने वाली एक ऊष्मानली युक्त ऊष्मा अभिगम को दिखाया गया है। लैपटॉप एवं नोटबुक कंप्यूटरों में केन्द्रीय संसाधन इकाई (सी.पी.यू.) के तापमान को नियंत्रण में रखने के लिए ऊष्मानली का उपयोग किया जाता है। ऊष्मानली के एक सिरे को सी.पी.यू. से जोड़कर रखा जाता है जबकि दूसरे सिरे को ऊष्मा अभिगम के साथ जोड़ दिया जाता है जिसे पंखे के द्वारा ठण्डा रखा जाता है। ऊष्मानली द्वारा सी.पी.यू. में उत्पन्न ऊष्मा को दक्षता से ऊष्मा अभिगम की ओर स्थानांतरित कर दिया जाता है जिससे सी.पी.यू. का तापमान नियंत्रण में रहता है।



**चित्र स. 1** एक लैपटॉप कंप्यूटर में ऊष्मानली के उपयोग का चित्रण

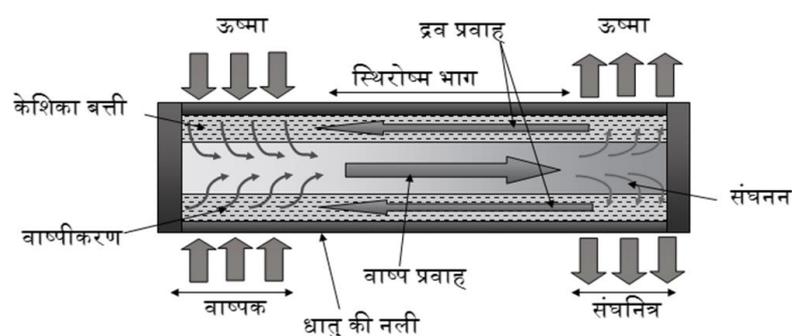
ट्रांस अलास्का पाइपलाइन को स्थायित्व प्रदान करने के लिए ऊष्मीय-साइफन का उपयोग किया गया। ऊष्मीय साइफन के इस उपयोग को चित्र 2 में दिखाया गया है। ऊष्मीय साइफन, ऊष्मानली का एक ऐसा रूप होता है जिसमें ऊष्मा के कारण द्रव का वाष्पीकरण हो जाता है, यह वाष्प साइफन के उच्चतर स्तर पर स्थित ठण्डे क्षेत्र की ओर पहुंचकर वाष्पीकरण की ऊष्मा को मुक्त करते हुए संघनित हो जाती है और गुरुत्व के कारण संघनित द्रव पुनः नीचे की ओर लौट आता है। पाइपलाइन की नींव बर्फ में होने के कारण तेल के प्रवाह के कारण उत्पन्न ऊष्मा से पाइपलाइन की नींव को अस्थायी होने का खतरा बना रहता है। ऊष्मीय- साइफनों द्वारा तेल की ऊष्मा को नींव की ओर जाने से रोका गया जिससे पाइपलाइन की नींव के अस्थायी होने का जोखिम कम हो गया। ठण्डे प्रदेशों में भूमिगत उच्चतर तापमान का उपयोग करते हुए ऊष्मानलियों द्वारा सड़कों पर बर्फ का जमाव रोका जाता है। चित्र 3 में ठण्डे प्रदेशों में सड़कों पर बर्फ के जमाव को रोकने के लिए ऊष्मानलियों के उपयोग को दिखाया गया है। कृत्रिम उपग्रहों की संरचना और उसके विभिन्न उपकरणों के ताप नियंत्रण के लिए भी ऊष्मानलियों का उपयोग किया जाता है। सौर उर्जा, वातानुकूलन, उद्योगों में भी ऊष्मानलियों का उपयोग दिन-प्रतिदिन बढ़ता ही जा रहा है। अंतरिक्ष, इलेक्ट्रॉनिकी एवं कंप्यूटर के क्षेत्र में तो ऊष्मानलियों का उपयोग वरदान सिद्ध हुआ है। लेकिन साधारण सी दिखने वाली ऊष्मानली में अत्यंत तीव्रता से ऊष्मा स्थानांतरण करने की असाधारण सामर्थ्य कहां से आती है ? इस प्रश्न का उत्तर हम आगे के अनुच्छेदों में जान पाएंगे।

**चित्र स. 2** अलास्का तेल पाइपलाइन में ऊष्मानली के एक विशेष रूप ऊष्मीय साइफन का उपयोग**चित्र स. 3** ठण्डे प्रदेशों में सड़कों पर बर्फ जमने से रोकने के लिए ऊष्मानलियों का उपयोग**ऊष्मानली की बनावट एवं कार्य प्रणाली**

ऊष्मानली एक ऐसी सहक्रियाशील बंद संरचना है जिसका अगर कुछ सीमाओं के साथ उपयोग किया जाए तो इसका तापीय चालकता गुणांक किसी भी ज्ञात धातु से कई गुना अधिक होता है। ऊष्मानली में ऊष्मा का स्थानांतरण द्रव के वाष्पीकरण, वाष्प के प्रवाह, वाष्प का द्रव में संघनन एवं संघनित द्रव का केशिकीय (Capillary) प्रक्रिया द्वारा वापस ऊष्मा स्रोत की ओर लौटने के कारण होता है। ऊष्मानली के मुख्य अंग एवं उसकी कार्य प्रणाली को चित्र 4 में दिखाया गया है।

ऊष्मानली के मुख्य रूप से तीन घटक होते हैं - 1. एक बंद पात्र जो कि सामान्यतया एक नली की आकृति का होता है, उपयोग के अनुसार अन्य आकृतियों, जैसे - घनाकार, सपाट इत्यादि में भी इसका निर्माण होता है। 2. एक केशिकीय बत्ती (Capillary Wick) संरचना जो सामान्यतया पात्र की दीवारों पर बनी होती है। केशिका बत्ती में केशिकीय प्रभाव के कारण संघनित द्रव का प्रवाह होता है। केशिका बत्ती कई तरह की हो सकती है। खांचें वाली ऊष्मानली में ऊष्मानली के पात्र की आंतरिक दीवारों पर सूक्ष्म आयताकार या त्रिभुजाकार खांचों का निर्माण किया जाता है, ये खांचें ही केशिका बत्ती का कार्य करते हैं। कुछ ऊष्मानलियों में धातु के छोटे-छोटे कणों से बने सिंटीड धातु को केशिका बत्ती के रूप में उपयोग किया जाता है। लैपटॉप कंप्यूटरों में प्रयुक्त

ऊष्मानलियों में सिंटेड धातु से बनी केशिका बत्ती का ही उपयोग होता है क्योंकि इस प्रकार की केशिका बत्ती में केशिका प्रभाव के कारण द्रव को खींचने की क्षमता बेहतर होती है। 3. अल्प मात्रा में एक प्रचालन द्रव जिसके वाष्पीकरण एवं संघनन प्रक्रियाओं द्वारा ऊष्मा स्थानांतरण हो पाता है। प्रचालन द्रव उसकी वाष्प के साथ साम्यवस्था में होता है। ऊष्मानली में प्रचालन द्रव इतनी मात्रा में भरा जाता है जिससे केशिका बत्ती उसके प्रचालन दाब एवं ताप पर द्रव से संतृप्त हो जानी चाहिए। किसी ऊष्मानली में मुख्य रूप से तीन खण्ड होते हैं - वाष्पक (Evaporator), रुद्धोष्म या स्थिरोष्म (Adiabatic Section) एवं संघनित्र (Condenser) खण्ड। एक ऊष्मानली में आवश्यकता के अनुसार एक से अधिक वाष्पक एवं संघनित्र खण्ड हो सकते हैं। ऊष्मानली के पात्र में प्रचालन द्रव भरने से पहले उसमें उपस्थित सभी गैसों को बाहर निकाल दिया जाता है। उसके बाद पात्र में इतनी मात्रा में द्रव प्रवेश कराया जाता है कि उसकी केशिकीय बत्ती संरचना द्रव से संतृप्त हो जाए तथा शेष स्थान द्रव की वाष्प से भर जाए।



**चित्र स.4** ऊष्मानली की बनावट एवं उसकी कार्य प्रणाली

अगर ऊष्मानली को 25°C पर जल वाष्प से भरा जाता है तो ऊष्मानली के भीतर वाष्प दाब लगभग 0.03 बार होना चाहिए क्योंकि 25°C पर 0.03 बार के दाब पर जल एवं उसकी वाष्प साम्यावस्था में होती है। ऊष्मानली का अपेक्षाकृत गर्म भाग जो ऊष्मा स्रोत के संपर्क में रहता है, उसे वाष्पक कहते हैं। ऊष्मा, स्रोत से वाष्पक की दीवारों में से होती हुई केशिका बत्ती संरचना तक पहुंचती है, जिससे केशिका बत्ती संरचना में उपस्थित द्रव का वाष्पीकरण होने लगता है। वाष्पीकरण के कारण वाष्पक खण्ड में वाष्प दाब बढ़ने लगता है जिससे वाष्प दूसरे खण्ड की ओर प्रवाह करने लगती है। वाष्प स्थिरोष्म खण्ड से गुजरती हुई संघनित्र खण्ड की ओर पहुंचती है जहां का तापमान अपेक्षाकृत कम होता है। कम तापमान के कारण वाष्प संघनित होकर द्रव में परिवर्तित हो जाता है। इस प्रक्रिया में वाष्पक क्षेत्र में द्रव की कमी होने लगती है तथा संघनित्र क्षेत्र द्रव से आप्लावित हो जाता है, साथ ही साथ केशिका बत्ती संरचना में केशिकीय प्रभाव के कारण संघनित द्रव संघनित्र से वाष्पक क्षेत्र की ओर पंप होता रहता है। संघनित्र खण्ड में वाष्प द्वारा संघनन के दौरान छोड़ी गई ऊष्मा संघनित्र की दीवारों में से होकर बाहर की ओर स्थानांतरित हो जाती है। इस प्रकार वाष्प प्रवाह एवं केशिकीय प्रभाव द्वारा द्रव प्रवाह के कारण द्रव के वाष्पीकरण एवं वाष्प के संघनन की प्रक्रिया निरंतर चलती रहती है तथा ऊष्मा का स्थानांतरण वाष्पक से संघनित्र क्षेत्र की ओर होता रहता है। स्थिरोष्म खण्ड में बाह्य ऊष्मा विनिमय नगण्य रखा जाता है। केशिकीय प्रभाव का उपयोग ही ऊष्मानली का एक अनूठा लक्षण है। कुछ विशेष परिस्थितियों में द्रव को संघनित्र से वाष्पक की ओर लौटाने के लिए केशिकीय प्रभाव के अतिरिक्त अन्य प्रभावों का भी उपयोग किया जा सकता है। थर्मोसाइफन में केशिकीय प्रभाव के स्थान पर गुरुत्व प्रभाव के कारण संघनित्र की ओर द्रव लौटता है। घूर्णी ऊष्मानलियों में द्रव अपकेन्द्री बलों द्वारा वाष्पक की ओर लौटता है। केशिकीय बत्ती संरचना वाली ऊष्मानलियों का उपयोग सबसे व्यापक रूप से होता है, इसलिए इस लेख में इन्हीं ऊष्मानलियों पर चर्चा की गई है।

ऊष्मानली, द्वि-प्रावस्था (Two Phase) ऊष्मीय साइफन से मिलती-जुलती प्रयुक्ति है। ऊष्मीय साइफन में यह आवश्यक है कि वाष्पक भाग संघनित्र क्षेत्र के नीचे स्थित होना चाहिए क्योंकि इसमें संघनित द्रव, केशिकीय प्रभाव के बजाय गुरुत्व के प्रभाव से वाष्पक की ओर लौटता है। ऊष्मानलियों में केशिकीय प्रभाव के कारण द्रव प्रवाह कैसे संभव होता है, इसे विस्तार से आगे के अनुच्छेदों में स्पष्ट किया गया है। ऊष्मानली में केशिकीय

प्रभाव द्रवों में अंतर-आण्विक बलों के कारण उत्पन्न होता है, इसलिए केशिकीय प्रभाव को समझने के लिए अंतर-आण्विक बलों को स्पष्ट करना आवश्यक है।

### **अंतर आण्विक बल - संसंजन (Cohesive) एवं आसंजन (Adhesive) बल**

सामान्य परिस्थितियों में हम देखते हैं कि एक द्रव को किसी पात्र में डालने पर द्रव उस पात्र का संपूर्ण आयतन नहीं घेरता है, बल्कि एक निश्चित आयतन में ही सीमित रहता है। इसके विपरीत, किसी पात्र में रखी गई गैस, पात्र का संपूर्ण आयतन घेर लेती है। गैस का कोई निश्चित आयतन नहीं होता है, वह पात्र के आयतन पर निर्भर करता है। द्रव के अणुओं के मध्य संसंजन बलों के कारण द्रव एक निश्चित आयतन में ही सीमित रहता है। एक ही द्रव के समान अणुओं के मध्य लगाने वाले बल को संसंजन बल कहते हैं। द्रव उसके पात्र के कुछ या संपूर्ण भाग की आकृति के समान ही आकृति भी ग्रहण कर लेता है, लेकिन ऐसा गुरुत्व के कारण ही संभव होता है। शून्य गुरुत्व की परिस्थिति में द्रव ऐसी आकृति ग्रहण कर लेता है जिससे उसकी सतह का क्षेत्रफल न्यूनतम हो। गोलाकार आकृति की सतहों का क्षेत्रफल न्यूनतम होता है। एक गिरती हुई पानी की बूंद भी गोल आकृति की ओर अभिमुख होती है। द्रव की बूंदों का गोल आकृति की ओर अभिमुख होना, द्रवों में एक परिघटना के कारण होता है जिसे हम सतह तनाव (Surface tension) के नाम से जानते हैं। पानी या द्रव की बूंद के अंदर स्थित एक अणु उसके निकटवर्ती अणुओं द्वारा सभी दिशाओं में बलों का अनुभव करता है और ये बल उस अणु पर एक दूसरे के प्रभाव को निरस्त कर देते हैं। लेकिन द्रव की सतह पर स्थित अणु की स्थिति भिन्न होती है। सतह पर स्थित अणु पर द्रव के अंदर स्थित अणुओं के द्वारा आकर्षण बल तो लगता है लेकिन सतह के बाहर के अणुओं द्वारा जो बल लगता है वह अपेक्षाकृत बहुत कम या शून्य होता है। द्रव के भीतर के अणु सतहों के अणुओं को अंदर की ओर तथा अपनी ओर खींचते हैं, इसलिए सतह के अणु एक तनी हुई झिल्ली की तरह कार्य करते हैं जो बूंद में उपस्थित द्रव के अणुओं को साथ में रखती है। साबुन के पानी का बुलबुला सतह तनाव के कारण ही गोलाकार होता है।

भिन्न द्रवों का सतह तनाव भिन्न होता है तथा पारे का सतह तनाव बहुत अधिक होता है। ग्लास की एक प्लेट पर पारे की एक बूंद लगभग गोलाकार होती है एवं वह ग्लास की प्लेट पर चिपकती नहीं है, इसके विपरीत पानी की बूंद ग्लास की प्लेट को गीला कर देती है। ऐसी परिघटना द्रवों के जिस गुणधर्म के कारण होती है उसे आसंजन कहते हैं। एक पदार्थ के अणुओं पर दूसरे पदार्थ के अणुओं द्वारा लगाने वाले आकर्षण बल को आसंजन बल कहते हैं। जब एक द्रव के अणुओं पर आसंजन बल संसंजन बलों से अधिक होता है तो आसंजन बल, सतह तनाव के प्रभाव को कम कर देता है। इसी कारण पानी की बूंदें ग्लास की प्लेट को गीला कर देती हैं। हवा में पानी की बूंदें गोलाकार होती हैं क्योंकि बूंद की सतह के अणुओं पर आसंजन बल संसंजन बलों से बहुत कम होते हैं।

द्रव की सतह एवं वह ठोस सतह जिसके संपर्क में द्रव होता है, उन दोनों सतहों के बीच बनने वाले कोण को संपर्क कोण कहा जाता है। पानी की बूंद को कांच की प्लेट पर रखने पर बनने वाला संपर्क कोण न्यून कोण (Acute angle) होता है, यह आसंजन बलों का संसंजन बलों की तुलना में अधिक होने के कारण होता है। इसके विपरीत पारे की बूंद को कांच की प्लेट पर रखने पर संपर्क कोण का मान समकोण से अधिक (Obtuse angle) होता है। ऐसा पारे में संसंजन बलों का आसंजन बलों की तुलना में अधिक होने के कारण होता है।

किसी द्रव में उसके आंतरिक अणुओं को सतह पर लाने के लिए अतिरिक्त ऊर्जा की आवश्यकता होती है, क्योंकि इस प्रक्रिया में हमें अन्तरआण्विक बलों के विरुद्ध कार्य करना पड़ता है। दूसरे शब्दों में हम कह सकते

हैं कि सतह के अणु उच्च ऊर्जा स्तर पर होते हैं। इसलिए द्रव ऐसी आकृति ग्रहण करने की कोशिश करेगा जिसकी सतह का क्षेत्रफल न्यूनतम हो ताकि द्रव के अणुओं को न्यूनतम ऊर्जा स्तर पर रखा जा सके। न्यूनतम क्षेत्रफल ग्रहण करने की कोशिश में द्रवों की सतह खिंची हुई रबर की झिल्ली की तरह तनाव में रहती है। अगर किसी द्रव की सतह का क्षेत्रफल बढ़ाना हो तो हमें द्रव के अंतरआण्विक बलों के विरुद्ध ऋणात्मक कार्य करना होगा। सतह का क्षेत्रफल बढ़ाने के लिए द्रव के कुछ आंतरिक अणुओं को सतह पर लाना पड़ता है। द्रव की सतह का क्षेत्रफल बढ़ाने के लिए जो ऊर्जा की आवश्यकता होती है उसे निम्न समीकरण द्वारा प्राप्त कर सकते हैं तथा इसे सतह तनाव भी कहा जाता है।

$$\sigma = \left( \frac{\partial E}{\partial S} \right)_{T,p}$$

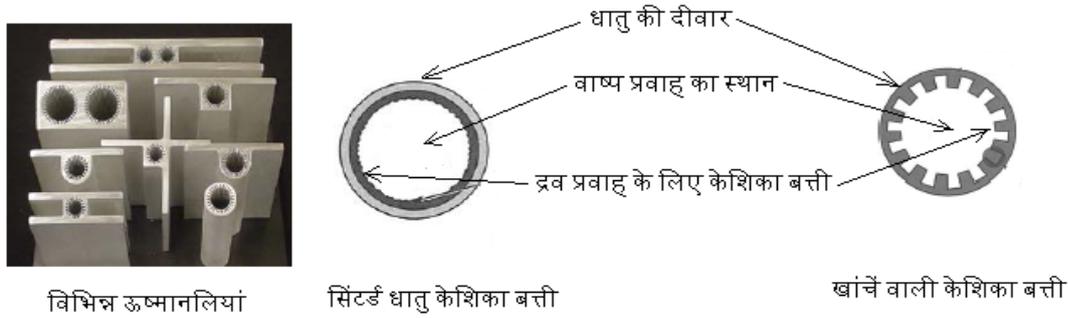
उपरोक्त समीकरण में  $E$  सतह के अणुओं की मुक्त ऊर्जा है,  $S$  सतह का क्षेत्रफल है।  $\sigma$ , सतह तनाव है जिसकी गणना निश्चित ताप  $T$ , दाब  $p$  के लिए की जाती है। सतह तनाव को हम इकाई क्षेत्रफल की सतह के लिए मुक्त ऊर्जा द्वारा व्यक्त करते हैं। किसी सतह पर इकाई लंबाई पर लगने वाले बल के द्वारा भी सतह तनाव को परिभाषित किया जा सकता है। सतह तनाव एक ऐसा आधारभूत परिमाण है जो किसी द्रव की सतह के गुणधर्म को अभिलक्षित करता है।

जब एक संकरी नली, जिसे केशिका नली भी कहा जाता है, उसको आंशिक रूप से पानी से भरे पात्र में डुबोया जाता है तो हम देखते हैं कि नली में पानी कुछ ऊंचाई तक चढ़ जाता है, इसे केशिका प्रभाव के नाम से जाना जाता है। नली की आंतरिक सतह एवं पानी के अणुओं के मध्य आसंजन बलों का पानी के अणुओं के मध्य संसंजन बलों की अधिकता के कारण ऐसा होता है। केशिका नली को पानी में डुबोने पर पानी की सतह पर एक नवचन्द्रक (Meniscus) तुरन्त बन जाता है। नवचन्द्रक की उत्तल (पानी की ओर) सतह पर अवतल (हवा की ओर) सतह पर लगने वाले वायुमण्डलीय दाब की अपेक्षा कम दाब होता है। नवचन्द्रक की सतहों पर दाब में अंतर के कारण पानी केशिका नली में जब तक उपर चढ़ता जाता है जब तक की नली में पात्र के पानी के स्तर पर दाब वायुमण्डलीय दाब के समान न हो जाए। केशिका नली जितनी संकरी होगी उसमें बनने वाले नवचन्द्रक की वक्रता (Curvature) उतनी ही अधिक होगी, परिणामस्वरूप नवचन्द्रक की सतहों पर दाब में अधिक अंतर के कारण पानी भी अधिक ऊंचाई तक चढ़ेगा। केशिका प्रभाव संसंजन, आसंजन एवं सतह तनाव बलों के परिणामस्वरूप घटित होता है। ऊष्मानलियों में द्रव प्रवाह में केशिका प्रभाव की मुख्य भूमिका होती है।

### ऊष्मानली में केशिका दाब (Capillary Pressure)

ऊष्मानली का प्रचालन, द्रव के वाष्पीकरण और संघनन चक्र के द्वारा होता है। इस प्रक्रिया द्वारा बहुत उच्च ऊष्मा अभिवाह (Heat Flux) दरों से ऊष्मा का स्थानांतरण संभव होता है। ऊष्मानली में बाह्य ऊष्मा के आगमन के कारण वाष्पक भाग में द्रव के वाष्पीकरण के कारण दाब बढ़ जाता है। वाष्प, अधिक दाब क्षेत्र से कम दाब क्षेत्र अर्थात् संघनित्र की ओर प्रवाह करने लगती है। वाष्पीकरण और संघनन का चक्र बनाए रखने के लिए वाष्पक क्षेत्र में द्रव की सतत आपूर्ति होना आवश्यक है। वाष्पक क्षेत्र में द्रव की आपूर्ति ऊष्मानली में उपस्थित केशिका बत्ती संरचना द्वारा की जाती है। यह बत्ती संरचना सामान्यतया ऊष्मानली की आंतरिक सतह पर होती है। ऊष्मानली में केशिका बत्ती संरचनाएं विभिन्न तरह की हो सकती हैं, जैसे सिन्टर्ड संरध्र पदार्थ, तार की बुनी हुई जाली या ऊष्मानली की आंतरिक दीवार पर बारीक खांचों के रूप में केशिका बत्तियां बनाई जाती हैं, इन्हें चित्र 5 में दिखाया गया है। संघनित्र से वाष्पक की ओर द्रव प्रवाह, केशिका बत्ती संरचना में केशिका प्रभाव के कारण होता है। द्रव का प्रवाह उसमें घटते हुए दाब की ओर होता है। वाष्पक क्षेत्र में वाष्पीकरण के कारण केशिका बत्ती संरचना में द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ (Interface) पर बनने वाले नवचन्द्रक की वक्रता बढ़ जाती

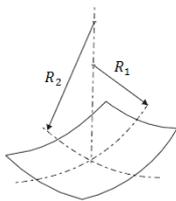
है। जबकि संघनित्र क्षेत्र में केशिका बत्ती पर द्रव के सतत संघनन के कारण वह द्रव से आप्लावित (Flooded) हो जाती है, इस कारण संघनित्र क्षेत्र में केशिका बत्ती संरचना में द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ पर नवचन्द्रक लगभग सपाट अर्थात् शून्य वक्रता वाला होता है। वाष्पक एवं संघनित्र क्षेत्रों में नवचन्द्रकों की वक्रता में अंतर के कारण केशिका बत्ती में दाबीय प्रवणता (Gradient) का निर्माण हो जाता है। द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ पर नवचन्द्रकों की वक्रता के आधार पर इस केशिकीय दाब का आकलन किया जा सकता है।



**चित्र स.5** ऊष्मानलियां एवं केशिका बत्तियां

किसी भी अंतरापृष्ठ की वक्र सतह को विनिर्दिष्ट करने के लिए वक्रता की दो त्रिज्याओं की आवश्यकता होती है जैसा कि चित्र 6 में दिखाया गया है। अगर  $R_1$  एवं  $R_2$  वक्र सतह की वक्रता की दो त्रिज्याएं हैं एवं द्रव की वक्र सतह के दोनों ओर सतह तनाव के कारण दाबों में अंतर  $\Delta p$  है तब सतह के दोनों ओर दाबों में इस अंतर को केशिका दाब कहा जाता है। द्रव की किसी वक्र सतह या अंतरापृष्ठ पर सतह तनाव ( $\sigma$ ) के कारण केशिका दाब की गणना निम्न अभिव्यंजन (Expression) द्वारा की जाती है।

$$\Delta p = \sigma \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$



**चित्र स.6** द्रव के अंतरापृष्ठ पर वक्रता की त्रिज्याएं

उपरोक्त अभिव्यंजन को यंग-लेप्लास समीकरण के नाम से जाना जाता है। यह केशिका दाब के लिए मूलभूत समीकरण है। एक ऊष्मानली के द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ पर तापमानों में अधिक अंतर नहीं होता है इसलिए द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ पर केशिका दाब उसकी ज्यामिति पर ही निर्भर करता है। बहुत छोटी व्यास वाली नली, जिसे केशिका नली कहा जाता है, उसमें द्रव का चढ़ना यंग-लेप्लास समीकरण का ही एक उदाहरण है। एक केशिका नली के एक सिरे को आर्द्रक (wetting) द्रव में डुबोने पर द्रव कुछ ऊंचाई पर चढ़ने के बाद द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ पर एक अवतल नवचन्द्रक बन जाता है। अगर नली की त्रिज्या ( $r$ ) को बहुत छोटी मान लिया जाए तो

$$R_1 = R_2 = r / \cos \alpha$$

$\alpha$ , द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ एवं केशिका नली की सतह के बीच संपर्क कोण है, जिसे चित्र 8 में देखा जा सकता है।

यंग-लेप्लास समीकरण के अनुसार, केशिका दाब  $p_{cap} = \frac{2\sigma}{r} \cos \alpha$

अगर द्रव, ठोस की सतह पर चिपकने या गीला करने वाला होता है तो संपर्क कोण  $90^\circ$  से कम होता है। जब द्रव, ठोस पर नहीं चिपकता है तो संपर्क कोण  $90^\circ$  से अधिक होता है। ऊष्मानली में ऐसा द्रव वांछनीय होता है जिसका संपर्क कोण शून्य या बहुत कम हो, क्योंकि संपर्क कोण के शून्य होने पर ही केशिका दाब का मान अधिकतम होगा।

जैसा कि हमने पहले चर्चा की है कि वाष्पक क्षेत्र में वाष्पीकरण के कारण नवचन्द्रक अत्याधिक अवनत (depress) हो जाता है जिससे उसकी वक्रता की त्रिज्या बहुत कम हो जाती है जबकि संघनित्र क्षेत्र में द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ लगभग सपाट (flat) होने के कारण बत्ती संरचना की सतह के साथ संपर्क कोण लगभग  $90^\circ$  हो जाता है। केशिका बत्ती में वाष्पक एवं संघनित्र क्षेत्र में नवचन्द्रकों की वक्रता को चित्र 7 में दर्शाया गया है। अगर ऊष्मानली की केशिका बत्ती में  $r_{cap}$  वाष्पक एवं संघनित्र खण्डों में प्रभावी केशिका त्रिज्या माना जाए,  $\alpha_e$  एवं  $\alpha_c$  क्रमशः वाष्पक एवं संघनित्र खण्ड में नवचन्द्रकों का संपर्क कोण हो तथा  $R_e$  एवं  $R_c$  क्रमशः वाष्पक एवं संघनित्र क्षेत्रों में नवचन्द्रकों की वक्रता की त्रिज्याएं हो तो,

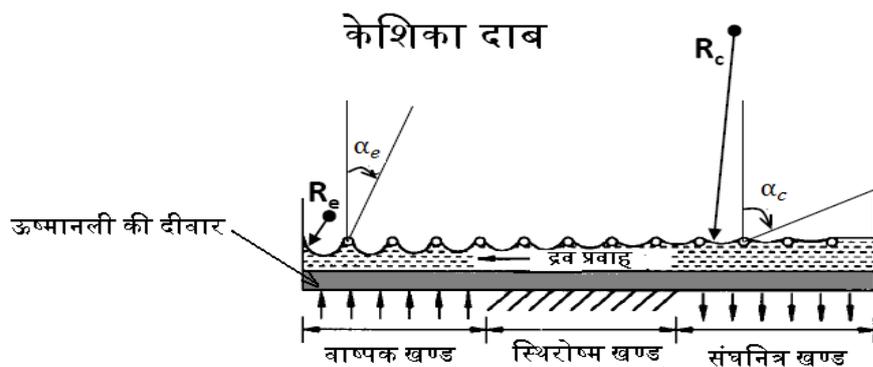
वाष्पक क्षेत्र में केशिका दाब  $p_{cap,e} = \frac{2\sigma}{R_e} = \frac{2\sigma}{r_{cap}} \cos \alpha_e$

संघनित्र क्षेत्र में केशिका दाब  $p_{cap,c} = \frac{2\sigma}{R_c} = \frac{2\sigma}{r_{cap}} \cos \alpha_c$

केशिका बत्ती संरचना में प्रेरक (driving) केशिका दाब  $p_{cap}$   
 $= (p_{cap,e} - p_{cap,c}) = \frac{2\sigma}{r_{cap}} (\cos \alpha_e - \cos \alpha_c)$

$p_{cap,max} = (p_{cap,e} - p_{cap,c}) = \frac{2\sigma}{r_{cap}} (\cos 0 - \cos 90) = \frac{2\sigma}{r_{cap}}$

जहां पर  $p_{cap,max}$  केशिकाबत्ती में अधिकतम प्रेरक केशिका दाब है।



**चित्र स.7** ऊष्मानली की केशिका बत्ती के विभिन्न खण्डों में नवचन्द्रकों की वक्रता एवं उसके कारण केशिकीय द्रव प्रवाह

एक (W) चौड़ाई वाली आयताकार चैनल की केशिका बत्ती के लिए, जैसा कि चित्र 8 में दिखाया गया है-

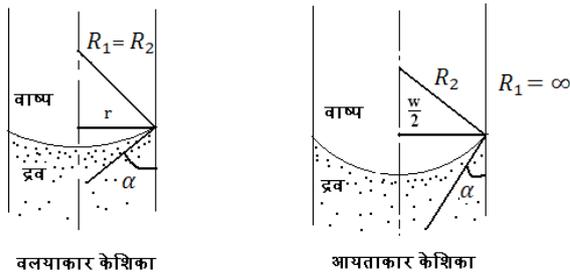
$$R_1 = \infty \quad \text{और} \quad R_2 = W/2 \cos \alpha \quad \text{तब} \quad p_{cap} = \frac{2\sigma}{W} \cos \alpha$$

$$p_{cap,max} = \frac{2\sigma}{W}$$

इसी तरह, अन्य मामलों के लिए भी यंग-लेप्लॉस समीकरण को व्यापक रूप में निम्न प्रकार से व्यक्त किया जा सकता है-

$$p_{cap,max} = \frac{2\sigma}{r_{eff}}$$

जहां पर  $r_{eff}$  केशिकीय रन्ध्रों (Pores) की प्रभावी त्रिज्या है।



चित्र स. 8 प्रभावी केशिका त्रिज्याएं

उपरोक्त समीकरणों से यह स्पष्ट विदित होता है कि एक आर्द्रक द्रव अर्थात् केशिका बत्ती की सतह को गीला करने वाले द्रव के लिए संपर्क कोण के शून्य होने पर केशिकीय दाब का मान अधिकतम होता है। इसलिए ऊष्मानलियों में केशिकीय दाब उत्पन्न करने के लिए आर्द्रक द्रव की ही आवश्यकता होती है।

### केशिका बत्ती में द्रव प्रवाह

केशिका बत्ती में द्रव के प्रवाह के दौरान दाब पतन (Loss in Pressure,  $\Delta p_L$ ) मुख्यतः दो कारणों से होता है- 1. केशिकीय रन्ध्रों की दीवारों से घर्षण ( $\Delta p_{fL}$ ) 2. गुरुत्व के कारण ( $\Delta p_G$ )। इसे निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त किया जा सकता है

$$\Delta p_L = \Delta p_{fL} + \Delta p_G$$

विश्लेषण को सरल करने के लिए हम गुरुत्व का प्रभाव नगण्य मान लेते हैं। अंतरिक्ष उपयोगों में अथवा क्षैतिज अवस्था में प्रचालन करती हुई ऊष्मानलियों में गुरुत्व का प्रभाव नगण्य होता है। डार्सी के नियमानुसार केशिकीय रन्ध्रों की दीवारों से घर्षण के कारण होने वाले दाब पतन ( $\Delta p_{fL}$ ) को निम्न समीकरण के अनुसार व्यक्त किया जा सकता है-

$$\Delta p_{fL} = - \frac{\mu_L m l_{eff}}{\rho_L A_w K} \quad \text{एवं} \quad \Delta p_G = \pm g \rho_L l \sin \theta$$

$$\Delta p_L = - \frac{\mu_L m l_{\text{eff}}}{\rho_L A_w K} \pm g \rho_L l \sin \theta$$

उपरोक्त समीकरणों में  $\mu_L$  = केशिका बत्ती में प्रवाहित प्रचालन द्रव की श्यानता

$m$  = केशिका बत्ती में प्रवाहित द्रव की द्रव्यमान प्रवाह दर

$\rho_L$  = केशिका बत्ती में प्रवाहित प्रचालन द्रव का द्रव्यमान घनत्व

$l_{\text{eff}}$  = ऊष्मानली में केशिकाबत्ती की प्रभावी लंबाई,  $\theta$  = केशिका नली का क्षितिज के साथ झुकाव

$A_w$  = केशिका बत्ती के अनुप्रस्थ-काट का क्षेत्रफल,  $l$  = केशिका बत्ती की लंबाई

$K$  = केशिका बत्ती की पारगम्यता  $g$  = गुरुत्व के कारण त्वरण

अगर वाष्प प्रवाह के दौरान दाब पतन तथा दाब में अन्य हानियों को नगण्य मान लिया जाए तो ऊष्मानली के सफलतापूर्वक प्रचालन के लिए यह आवश्यक है कि केशिका बत्ती में उत्पन्न अधिकतम परिचालन या प्रेरक केशिका दाब कुल दाब पतन से अधिक होना चाहिए, अर्थात्

$$p_{\text{cap,max}} \geq \Delta p_L$$

उपरोक्त व्यंजक का उपयोग करते हुए केशिका बत्ती में प्रवाहित द्रव की अधिकतम द्रव्यमान प्रवाह दर ( $m_{\text{max}}$ ) निम्न समीकरण द्वारा ज्ञात की जा सकती है

$$-\frac{2\sigma}{r_{\text{eff}}} = - \frac{\mu_L m_{\text{max}} l_{\text{eff}}}{\rho_L A_w K} \pm g \rho_L l \sin \theta$$

और गुरुत्व का प्रभाव नगण्य मानते हुए  $g = 0$

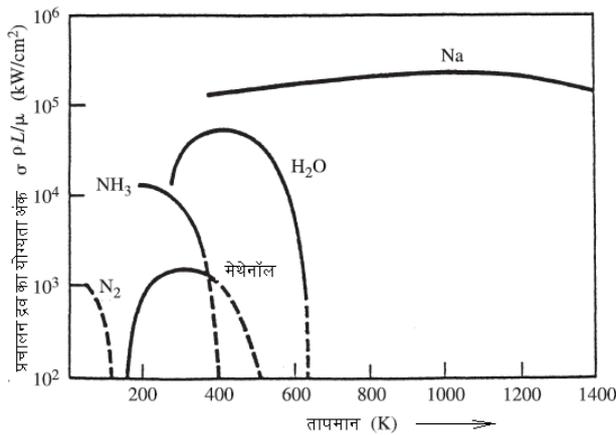
$$\frac{2\sigma}{r_{\text{eff}}} = \frac{\mu_L m_{\text{max}} l_{\text{eff}}}{\rho_L A_w K} \quad \text{या} \quad m_{\text{max}} = 2 \left[ \frac{\sigma \rho_L}{\mu_L} \right] \left[ \frac{A_w K}{r_e l_{\text{eff}}} \right]$$

केशिका बत्ती में प्रचालन द्रव द्वारा अधिकतम ऊष्मा स्थानांतरण की दर  $Q_{\text{max}} = m_{\text{max}} L$

जहां पर  $L$  = प्रचालन द्रव के वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा

$$Q_{\text{max}} = 2 \left[ \frac{\sigma \rho_L L}{\mu_L} \right] \left[ \frac{A_w K}{r_{\text{eff}} l_{\text{eff}}} \right]$$

उपरोक्त समीकरणों में व्यंजक  $\left[ \frac{\sigma \rho_L L}{\mu_L} \right]$  को प्रचालन द्रव के योग्यता अंक ( Figure of Merit ) के नाम से जाना जाता है। हमें यह ध्यान रखना चाहिए कि यह योग्यता अंक केशिका नली में द्रव प्रवाह के दौरान घर्षण के कारण दाब पतन के अतिरिक्त अन्य प्रभावों, जैसे - वाष्प प्रवाह, गुरुत्व इत्यादि कारणों से दाब पतनों को नगण्य मानने पर प्राप्त हुआ है। यह अंक प्रचालन द्रव के गुणधर्मों का समूह है। योग्यता अंक की बीमाएं ऊष्मा अभिवाह की बीमाओं के समान होती है। योग्यता अंक इस बात का मापक है कि कोई द्रव ऊष्मानली में प्रचालन द्रव के रूप में कितना प्रभावी है। योग्यता अंक के द्वारा विभिन्न द्रवों का ऊष्मानली में प्रचालन द्रव के रूप में उपयोग के लिए तुलनात्मक अध्ययन कर सकते हैं। चित्र 9 में ऊष्मानलियों के लिए कुछ द्रवों के योग्यता अंकों का तापमान के साथ परिवर्तन को दर्शाया गया है।



**चित्र स. 9** प्रचालन द्रवों के योग्यता अंकों का तापमान के साथ संबंध

उपरोक्त समीकरण को पुनर्व्यवस्थित करने के बाद हम इसे निम्न तरह से भी लिखकर अभिव्यक्त कर सकते हैं-

$$Q_{max} = p_{cap,max} \frac{\rho_L A_w K L}{\mu_L l_{eff}}$$

या  $Q_{max} l_{eff} = p_{cap,max} \frac{\rho_L A_w K L}{\mu_L} = \text{स्थिरांक (ऊष्मा वहन गुणक या Heat Transport Factor)}$

हम देखते हैं कि किसी ऊष्मा नली के लिए ऊष्मा वहन गुणक ( $Q_{max} l_{eff}$ ) उसकी लंबाई पर निर्भर नहीं करता है। ऊष्मा वहन गुणक, केशिका बत्ती एवं प्रचालन द्रव के प्राचलों पर ही निर्भर करता है। उपरोक्त समीकरण से यह स्पष्ट हो जाता है कि ऊष्मानली में अधिकतम ऊष्मा स्थानांतरण की दर उसमें निर्मित केशिका बत्ती के गुणधर्मों, ऊष्मानली में प्रयुक्त द्रव के गुणधर्मों एवं उसमें उत्पन्न अधिकतम केशिका दाब पर निर्भर करती है।

### निष्कर्ष

ऊष्मानलियों में ऊष्मा स्थानांतरण के लिए द्रव का सुचारु परिसंचरण अनिवार्य होता है। ऊष्मानली में केशिका दाब के कारण ही द्रव का परिसंचरण संभव होता है। प्रचालन द्रव के दक्ष परिसंचरण के लिए केशिका बत्ती की सही अभिकल्पना एवं उचित द्रव का चुनाव बहुत महत्वपूर्ण होता है। अधिकतम केशिकीय दाब के लिए ऊष्मानली में प्रचालन द्रव की आर्द्रकता अर्थात् केशिका बत्ती की सतहों को गीला करने की क्षमता अधिकतम होनी चाहिए जिससे संपर्क कोण न्यूनतम हो सके। प्रचालन द्रव की गुप्त ऊष्मा अधिक होनी चाहिए जबकि द्रव की श्यानता न्यूनतम होनी चाहिए जिससे घर्षण के कारण दाब पतन न्यूनतम हो सके। केशिका बत्ती से कुछ अपेक्षाएं परस्पर विरोधी होती हैं, जैसे केशिका बत्ती की केशिकीय त्रिज्या न्यूनतम होनी चाहिए जबकि उसकी पारगम्यता अधिकतम अपेक्षित है। केशिका बत्ती के रंध्र जितने संकरे होंगे, केशिका बत्ती की पारगम्यता उतनी ही कम होगी। इन परस्पर विरोधी अपेक्षाओं के कारण केशिका बत्ती की अभिकल्पना का इष्टतमीकरण करने की आवश्यकता होती है।

हमारे देश के सीमावर्ती ठण्डे क्षेत्रों की सड़कों पर बर्फ के जमाव को रोकने के लिए ऊष्मानलियों का उपयोग किया जा सकता है। ताप नियंत्रण के लिए उपयोग के अतिरिक्त, सौर ऊर्जा एवं ऊर्जा संरक्षण के क्षेत्र में भी ऊष्मानली के उपयोग की कई संभावनाएं हैं। हमारे देश की ऊर्जा संकट की समस्याओं के हल में भी ऊष्मानलियों का उपयोग अत्यंत सहायक सिद्ध हो सकता है।

**संदर्भ सूची:-**

1. Faghri,A., *Heat Pipe Science and Technology*, Taylor & Francis, 1995.
2. En.wikipedia.org/wiki/Heat\_pipe
3. Chi, W.S., *Heat Pipe Theory and Practice*, McGraw-Hill, New York, 1976.
4. Dunn,P.D. and Reay, D.A., *Heat Pipes*, 3<sup>rd</sup> edition, Pergamon. New York, 1982.
5. Kemme, J.E., Heat Pipe design considerations. Los Alamos Scientific Laboratory report LA-4221-MS, Aug. 1969.
6. Peterson, G.P., *An Introduction to Heat Pipes: Modelling, Testing & Applications*, John Wiley & Sons, Inc, New York, 1994
7. Eastman, G.Y., *The Heat Pipe*, Scientific American, May 1, 1968.

**लेखक परिचय:**

कमलेश कुमार बराया ने मालवीय राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान (पूर्ववर्ती मालवीय क्षेत्रीय अभियांत्रिकी महाविद्यालय) जयपुर से 1990 में यांत्रिकी अभियांत्रिकी में स्नातक एवं 1992 में भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान बम्बई से तापीय एवं तरल अभियांत्रिकी में स्नातकोत्तर की उपाधियां प्राप्त की है। आपने जवाहरलाल नेहरू विश्वविद्यालय, नई दिल्ली से इटालियन भाषा में डिप्लोमा स्तर का पाठ्यक्रम भी किया है। आप लगभग ढाई दशकों से भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) के अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में वैज्ञानिक/अभियंता के रूप में उपग्रहों के नीतभारों की ऊष्मीय अभिकल्पना एवं विश्लेषण के कार्य से जुड़े हुए हैं। वर्तमान में आप अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद के तापीय अभियांत्रिकी प्रभाग में वैज्ञानिक/अभियंता-एस जी के पद पर कार्यरत हैं। तकनीकी एवं राजभाषा हिंदी से संबंधित विषयों पर आपके लगभग 30 से अधिक लेखों का प्रकाशन/प्रस्तुतीकरण हो चुका है। आपने राष्ट्रीय एवं अंतरराष्ट्रीय स्तर के सम्मेलनों में भी लेख प्रस्तुत किए हैं। केन्द्रीय सचिवालय हिंदी परिषद, नई दिल्ली द्वारा वैज्ञानिक एवं तकनीकी विषयों पर हिंदी में लेख के लिए आपको तीन बार आचार्य सत्येन बोस अखिल भारतीय प्रथम पुरस्कार से सम्मानित किया गया है। हिंदी पत्र-पत्रिकाओं में प्रकाशित उत्कृष्ट लेख के लिए आपको गृह मंत्रालय, भारत सरकार के अधीन राजभाषा विभाग द्वारा भी वर्ष 2013 में राष्ट्रीय स्तर पर पुरस्कार प्रदान किया जा चुका है।

## कार्बन फाइबर अग्रदूत तैयार करने के लिए प्रमुख फाइबर कताई तकनीकियां

अशोक कुमार, संजय कैलाशराव शेटे, जे. के. अभिलाष, तरुण कुमार पारधी

सी.सी.एफ.पी. प्रभाग

सी.एस.आई.आर.-एन.ए.एल., बेंगलूरु

कार्बन फाइबर, जो उच्च शक्ति पदार्थ की एक नई नस्ल है, मुख्य रूप से उन्नत मिश्रित पदार्थों जैसे कार्बन फाइबर प्रबलित प्लास्टिक, कार्बन-कार्बन कंपोजिट आदि में सुदृढीकरण के रूप में उपयोग किया जाता है। कार्बन फाइबर इन उन्नत कंपोजिट पदार्थ में एक महत्वपूर्ण घटक है। कार्बन फाइबर 5-7 माइक्रोन व्यास के लंबे, पतले तंतुओं का गुच्छा (यार्न) है जो 94% से अधिक कार्बन से बना है। कंपोजिट बनाने के लिए एक टो/यार्न/कपड़े के रूप में कार्बन फाइबर उपलब्ध है। अलग-अलग अनुप्रयोगों के लिए टो/यार्न के विशिष्ट आकार 1000 तंतु, 1500 तंतु, 3000 तंतु, 6000 तंतु, 12000 तंतु, 24000 तंतु, आदि हैं। हल्के वजन, उच्च शक्ति, उच्च कठोरता, बेहतर विश्रांत प्रतिरोध और कंपन रोधी, संक्षारण प्रतिरोध, अच्छा घर्षण और रगड़ के गुण, कम तापीय विस्तार, और थर्मल और विद्युत् चालकता के सभी विशिष्ट गुणों के कारण कार्बन-फाइबर कंपोजिट बनाने के लिए एक साथ सभी विभिन्न धातुओं, विशेष मिश्र और अन्य पदार्थों के लिए आकर्षक विकल्प है।

कार्बन फाइबर विभिन्न अग्रदूत पदार्थों से बनाये जाते हैं, जैसे कि पाली एक्रिलोनाइट्रिल (पैन) फाइबर, रेयान फाइबर और पेट्रोलियम पिच। पदार्थों के इन तीन समूहों में, कार्बन फाइबर के निर्माण के लिए पैन फाइबर सबसे व्यापक रूप से इस्तेमाल किए जाने वाले अग्रदूत हैं। पैन फाइबर से कार्बन फाइबर बनाने की प्रक्रिया में कम तापमान पर ऑक्सीडेटिव स्टेबलाइजेशन और उच्च तापमान पर निष्क्रिय वातावरण में कार्बनीकरण, दो पद शामिल हैं। ये पालीएक्रिलोनाइट्रिल फाइबर मुख्य रूप से गीले कताई (वेट स्पिनिंग) और सूखी कताई (ड्राइ स्पिनिंग) तकनीक द्वारा निर्मित हैं। शुष्क जेट गीला कताई (ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग), जो सूखी और गीली कताई का संयोजन है, उच्च निष्पादन पालीएक्रिलोनाइट्रिल फाइबर उत्पादन के लिए इसके अपने तकनीकी फायदे हैं। हाल के वर्षों में, वायु अंतराल शुष्क जेट गीला कताई (एअर् गैप ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग) या शुष्क जेट गीला कताई (ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग) तकनीक को तकनीकी विकास और ऐक्रेलिक फाइबर के बेहतर भौतिक गुणों के कारण अपनाया जा रहा है [1]। फाइबर बनाने की यह प्रक्रिया वेट स्पिनिंग के साथ ड्राइ स्पिनिंग के फायदों को जोड़ती है।

वेट स्पिनिंग और ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग तकनीक रूप से भिन्न निम्न प्रकार से है:

### 1. डोप बनाने की विधि:

मुख्यतः पैन-सह-बहुलक और विलायक से निर्वात में एक निश्चित तापमान पर बने विलयन को डोप कहते हैं। डोप बनाने की भिन्न तकनीक निम्न हैं:

#### 1.1. वेट स्पिनिंग तकनीक:

भार-औसत आणविक भार (~1.2-1.6 लाख) के पैन-को-पॉलीमर का डाइमिथाइल एसेटएमाइड (डी.एम.ए.सी.) में लगभग 18% सांद्र विलयन, जिसकी श्यानता 50 से. ग्रे. तापमान पर लगभग 80-120 पोइस हो इस कताई के लिए अच्छा है। इस विलयन को 60- 85 से. ग्रे. तापमान पर 8-9 घंटे तक निर्वात में गर्म किया जाता है और तैयारी के बाद तुरंत उपयोग किया जाता है।

## 1.2. ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग तकनीक:

उच्च भार-औसत आणविक भार (~1.6-1.9 लाख) के पैन-को-पॉलीमर का डाइमिथाइल सल्फोक्साइड (डी.एम.एस.ओ.) में लगभग 20% सांद्र विलयन, जिसकी श्यानता 50 से. ग्रे. तापमान पर लगभग 750-1000 पोइस हो, शुष्क जेट गीला कताई के लिए अच्छा है। इस विलयन को 60- 95 से. ग्रे. तापमान पर 10-12 घंटे तक निर्वात में गर्म किया जाता है और तैयारी के बाद तुरंत उपयोग किया जाता है। इस तकनीक में 98% से अधिक एक्रिलोनाइट्राइल (ए.एन.) वाले पैन-सह-बहुलक से बने फाइबर बेहतर परिणाम देते हैं।

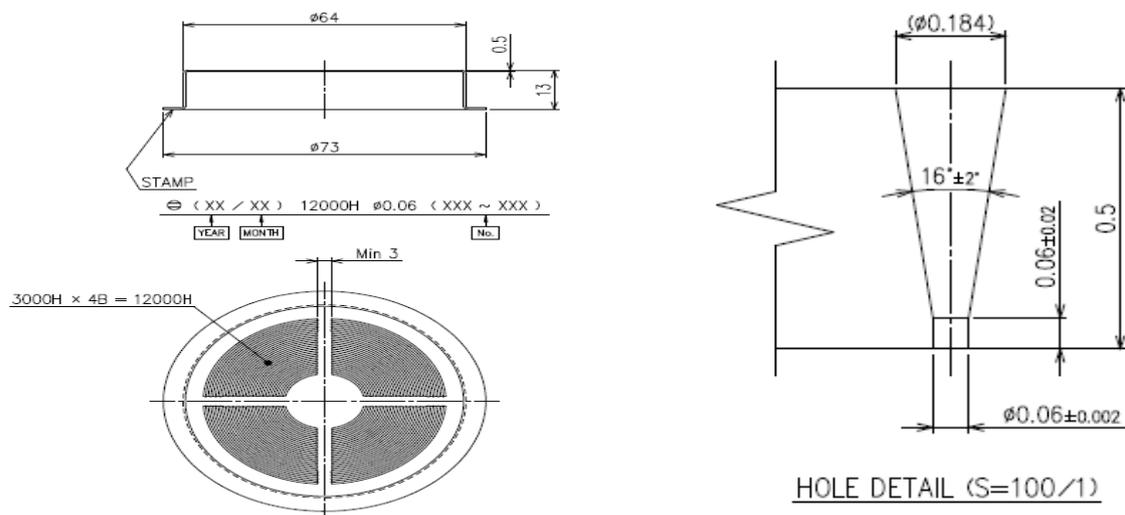
## 2. स्पिनरेट्स और एक्सट्रूज़न के पैमाने :

तैयार डोप को ठोस फाइबर्स का प्रोफाइल देने के लिए स्पिनरेट्स का उपयोग किया जाता है। स्पिनरेट एक विशेष रूप से डिजाइन की गयी धात्विक छिद्रित कटोरी होती है। भिन्न तकनीक में अलग-अलग प्रकार के स्पिनरेट्स का उपयोग निम्न प्रकार है:

### 2.1. वेट स्पिनिंग तकनीक -स्पिनरेट्स:

इस तकनीक में आम तौर पर छोटे छिद्र वाले (~50-70 माइक्रोन व्यास ) के 3000 से 24000 छिद्रों वाले स्टेनलैस स्टील के स्पिनरेट्स (चित्र1)के प्रत्येक छिद्र की लंबाई / व्यास = 1 प्रकार के स्पिनरेट का उपयोग किया जाता है।

यह लंबाई / व्यास अनुपात वेट स्पिनिंग के लिए उपयुक्त है क्योंकि आमतौर पर वेट स्पिनिंग में डोप श्यानता, ड्राइ जेट स्पिनिंग से कम होती है और इसके कारण डोप स्पिनरेट केशिका (कैपिलरी) की कम लंबाई में अपने एक्सट्रूज़न तनाव को छोड़ सकता है। इसलिए आमतौर पर गीली कताई तकनीक के साथ बड़े आकार के टो / यार्न का प्रयोग किया जाता है।

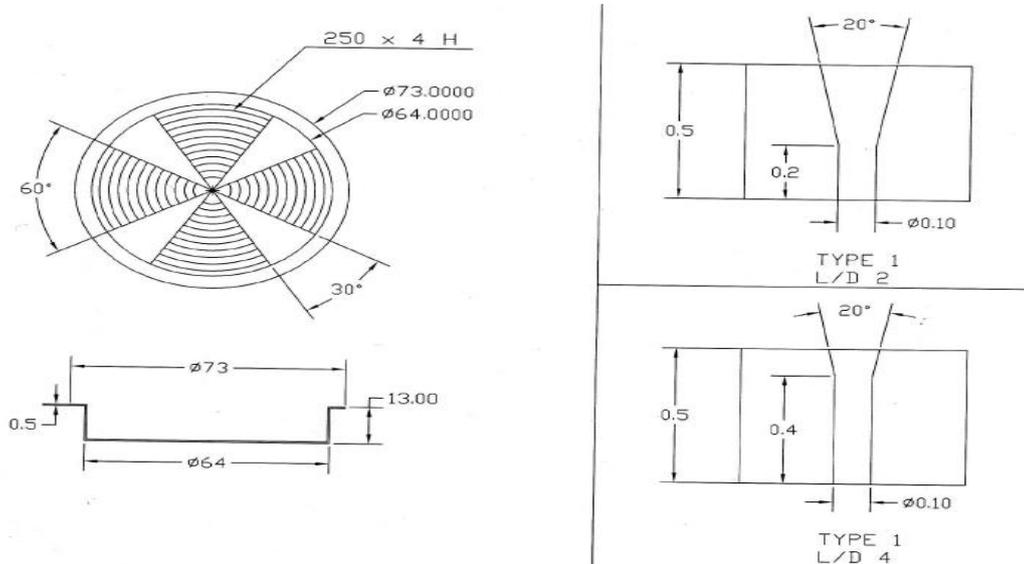


चित्र1: स्टेनलैस स्टील स्पिनरेट: 60 मेक्रो. मी. X 3000 छिद्र - वेट स्पिनिंग स्पिनरेट।

### 2.2. ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग तकनीक- स्पिनरेट्स:

इस तकनीक में आमतौर पर बड़े छिद्र वाले (~100-200 माइक्रोन व्यास) के 1000-6000 छिद्रों वाले स्टेनलैस स्टील के स्पिनरेट्स (चित्र2)के प्रत्येक छिद्र की लंबाई / व्यास  $\geq 4$  प्रकार के स्पिनरेट का उपयोग किया जाता है। इस कताई में, डोप श्यानता अधिक होती है इसलिए इसे प्रेशर की रिकवरी के लिए लंबी अवधि की आवश्यकता होती है।

दोनों ही कताई तकनीक में अपरिहार्य डाई स्वेल (एक्सट्रूडेट व्यास और वास्तविक व्यास अनुपात) न्यूनतम होना आवश्यक है। साथ ही ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग स्पिनरनेट में होल टू होल की दूरी 2.5 मिमी. से अधिक होती है क्योंकि कैपिलरी एक्सन के कारण हवा के अंतराल में तरल विकिंग हो सकती है और वास्तविक वायु अंतराल वहां मौजूद नहीं हो सकता है। और जैसा कि समझा जा सकता है, कि होल टू होल की दूरी जितनी अधिक होगी, एक स्पिनरनेट में छिद्रों की कुल संख्या कम होगी। इसलिए आमतौर पर ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग में फाइबर यार्न गिनती में कम (~1000 से 6000) होती है।



चित्र 2: 100 मेक्रो. मी. X 1000 छिद्र - ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग स्पिनारेट।

### 3. स्पिनिंग के पैमाने:

उपरोक्त तैयार गर्म डोप को 10 माइक्रोन -5 माइक्रोन -5 माइक्रोन से क्रमशः फिल्ट्रेशन के बाद, स्पिन करने के लिए स्पिनारेट में पंप किया जाता है।

स्पिनरनेट से यह एक्सट्रूज़न वेग से फाइबर जेट की तरह निकलता है। चूंकि, विभिन्न तकनीकियां विभिन्न डोप का उपयोग करती हैं, इसलिए उनकी कताई की शर्तें भिन्न होती हैं:

#### 3.1. वेट स्पिनिंग तकनीक:

##### 3.1.1. जेट खिंचाव, स्कंदन और स्पिनिंग वेग पैमाने:

सामान्यतयः वेट स्पिनिंग तकनीक में उच्च पंप दबाव वाला ~60 से. ग्रे. गर्म पॉलीमर-डोप-विलयन, सामान्य तापमान वाले (~25 से. ग्रे.) स्कंदन विलयन में डूबे स्पिनरनेट से बाहर आता है और वहां मौजूद स्कंदन विलयन (डी.एम.ए.सी. : जल = 70: 30) में अवक्षेपित होता है। स्पिनारेट से उभर रहे पॉलीमर फाइबर जेट पर कम जेट-खिंचाव (एक्सट्रूज़न वेग का ~0.5 गुना) को प्राथमिकता दी जाती है क्योंकि फाइबर स्कंदन विलयन में स्वेल हुए उभर रहे होते हैं और इनकी बाहरी त्वचा नाजुक और ठोस होती है और आंतरिक त्वचा अर्द्ध ठोस या तरल होता है जोकि आगे की प्रक्रिया में धीरे-धीरे खिंचाव के साथ ठोस [2] होती जाती है।

$$\text{एक्सट्रूज़न गति (मी./मि.)} = \frac{\text{डोप प्रवाह } \left(\frac{\text{ली.}}{\text{घं.}}\right)}{4.71 \times 10^4 \times \text{व्यास}^2 (\text{मी.}^2) \times \text{स्पिनरनेट में छेदों की संख्या}}$$



चित्र 3: पालीएक्रिलोनाइट्रिल (पैन) फाइबर एक्सट्रूज़न की वेट स्पिनिंग।

क्योंकि इस तकनीक में डाई स्वेल अधिक होती है और रेशों की ताकत कम होती है, कटाई की गति और कुल खिंचाव कम होता है और इसलिए तुलनात्मक रूप से कम ताकत वाले फाइबर देता है। चूंकि वेट स्पिनिंग तकनीक के माध्यम से बड़े आकार के टो/यार्न को प्राथमिकता दी जाती है, इसलिए इन पूर्ववर्ती फाइबर का उपयोग आमतौर पर वाणिज्यिक ग्रेड कार्बन फाइबर या मानक ग्रेड कार्बन फाइबर के लिए किया जाता है।

### 3.2. ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग तकनीक:

#### 3.2.1. जेट खिंचाव, स्कंदन और स्पिनिंग वेग पैमाने:

ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग तकनीक में ड्राइ स्पिनिंग तकनीक के मेल्ट फ्रैक्चर-उच्च प्रसार के गुण और वेट स्पिनिंग तकनीक के स्कंदन गुण का उपयोग किया जाता है इसलिए उच्च पंप दबाव वाला ~90 से. ग्रे. गर्म पॉलीमर-डोप-विलयन को हवा में स्पिनारेट से बाहर आते ही (चित्र 4) अधिक जेट-खिंचाव (एक्सट्रूज़न वेग का ~2-5 गुना) को प्राथमिकता दी जाती है और खिंचे-कम शोध (स्वेल) हुए रेशों को शीघ्र ही ~20 से. ग्रे. तापमान [2,3] वाले स्कंदन विलयन (डी.एम.एस.ओ. : पानी = 70 : 30) से गुज़ारा जाता है और वहां मौजूद स्कंदन विलयन में रेशे अवक्षेपित होते हैं और इनकी बाहरी त्वचा अर्द्ध ठोस हो जाती जोकि आगे की प्रक्रिया में धीरे-धीरे खिंचाव के साथ ठोस होती जाती है।



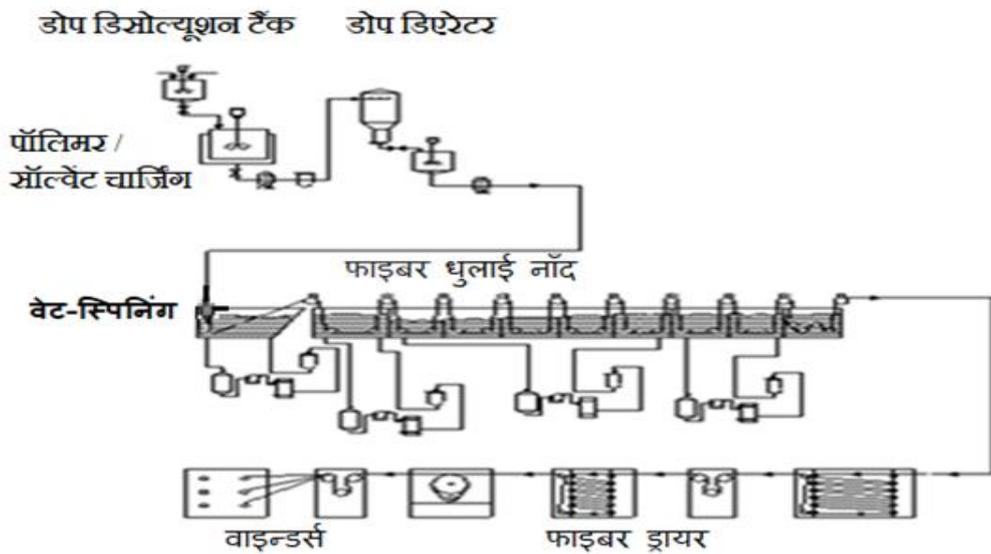
चित्र 4: पालीएक्रिलोनाइट्रिल (पैन) फाइबर एक्सट्रूज़न की ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग।

क्योंकि इस तकनीक में डाई-स्वेल कम होती है और रेशों की ताकत अधिक होती है, कताई की गति और कुल खिंचाव अधिक होता है और इसलिए तुलनात्मक रूप से अधिक तन्य-शक्ति वाले फाइबर देता है।

इनके अलावा, ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग तकनीक का लाभ, स्पिनरनेट को स्कंदन बाथ से बाहर [4] रखा जाता है (चित्र 4) और यह इसे उच्च तापमान पर रखने में सक्षम बनाता है जो उच्च डोप श्यानता रखने के लिए लचीलापन देता है या स्पिनिंग के लिए पॉलिमर के उच्च आणविक भार का उपयोग करता है। पैन पॉलिमर के उच्च आणविक भार से पूर्ववर्ती/अग्रदूत फाइबर और परिणामस्वरूप कार्बन फाइबर में उच्च शक्ति के लिए अधिक संभावनाएं होती हैं।

इसके अलावा हवा के अंतराल ( एयर गैप ) के कारण, स्पिनिंग के दौरान कोई हाइड्रोडायनामिक्स नहीं होता है और यह एयर गैप में फाइबर खिंचाव में मदद करता है। उच्च जेट खिंचाव से उच्च गुणवत्ता वाले अग्रदूत फाइबर का निर्माण होता है

वेट स्पिनिंग -एक्सट्रूज़न से पाली एक्रिलोनाइट्रिल (पैन) फाइबर बनाने का प्रायोगिक सुविधा निम्न है:



चित्र 5: गीली कताई के लिए प्रायोगिक सेटअप - पॉलीएक्रिलोनाइट्राइल फाइबर लाइन

ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग-एक्सट्रूज़न से पालीएक्रिलोनाइट्रिल (पैन) फाइबर बनाने का प्रायोगिक सुविधा भी वेट स्पिनिंग के समान है किंतु इसमें स्पिनरनेट स्कंदन बाथ के बाहर रहता है।

तालिका 1: विशिष्ट वेट स्पिनिंग और ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग प्रक्रिया मापदंडों की तुलना:

प्रक्रिया के पैमाने	वेट स्पिनिंग	ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग
डोप सांद्रता एवं श्यानता	निम्न	उच्च
स्पिनरनेट व्यास ( $\mu\text{m}$ )	40 - 75	100 - 200
जेट-खिंचाव अनुपात (स्कंदन बाथ)	< 1	3 - 5
स्कंदन बाथ तापमान	थोड़ा अधिक	कम
कताई गति	धीमा	तेज़

#### 4. परिणाम:

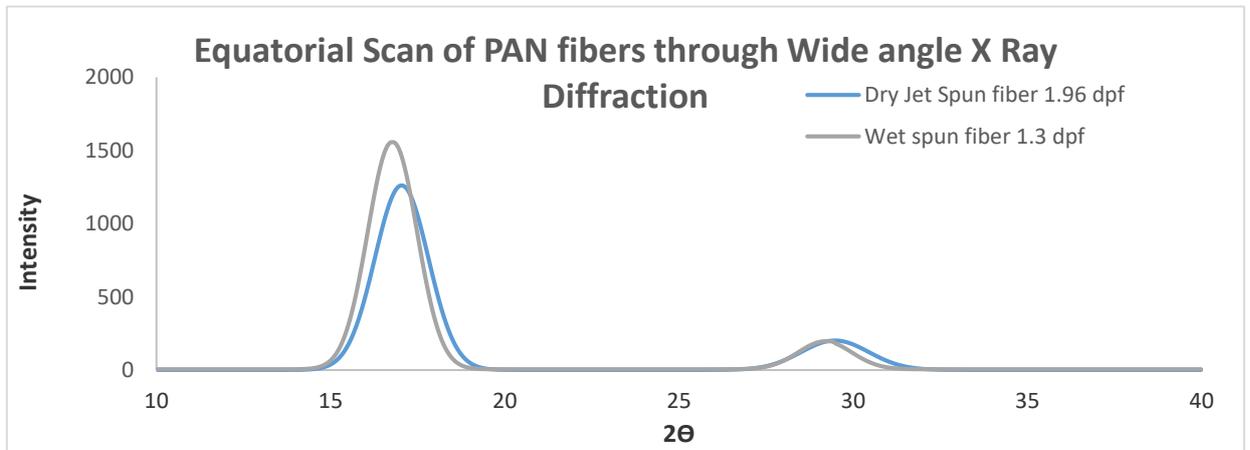
वेट और ड्राइ-जेट वेट कटाई विधि के माध्यम से प्राप्त पैन-फाइबर का विस्तृत कोण एक्स रे विवर्तन ( डब्ल्यू. ए. एक्स. डी. ) के माध्यम से इसकी क्रिस्टल संरचना के लिए विश्लेषण किया गया। नमूने को विश्लेषण के लिए बित्रा (बॉम्बे टेक्सटाइल रिसर्च एसोसिएशन), मुंबई भेजा गया।

एक्स.आर.डी. के लिए विन्यास: निकल-फ़िल्टर्ड Cu K- $\alpha$  विकिरण ( $\lambda = 0.154$  नैनो मी. , 40 कि. वोल्ट, 40 मिली. एम्पीयर और आमतौर पर 1 / मिनट की स्कैनिंग गति) के रूप में है।

उपरोक्त स्कैन के साथ पैन-फाइबर के क्रिस्टलीय आकार की गणना डेबी-शेरर समीकरण द्वारा की गई थी

$$L_c = \frac{k\lambda}{\beta \cos\theta}$$

जहाँ,  $L_c$  क्रिस्टलीय आकार है;  $k$  शेरर स्थिरांक है;  $\lambda$  एक्स रे तरंग दैर्ध्य है;  $\beta$  शिखर की अधिकतम अर्ध पर पूरी चौड़ाई (एफ. डब्ल्यू. एच. एम.) है;  $\theta$  ब्रैग्स कोण है।



चित्र 6: पैन-फाइबर का वाइड एंगल एक्स-रे विवर्तन (डब्ल्यू. ए. एक्स.डी.) (इक्वेटोरियल स्कैन)

जैसा कि चित्र 6 के इक्वेटोरियल स्कैन से इंगित होता है :  $2\theta = \sim 17^\circ$  पर दोनों पैन-फाइबर एक प्रखर विवर्तन शिखर दिखाते हैं, जो सतह [100] से उत्पन्न होता है और  $2\theta = \sim 29^\circ$  पर एक छोटा विवर्तन शिखर दिखाता है, जो सतह [110] के परिणामस्वरूप होता है।

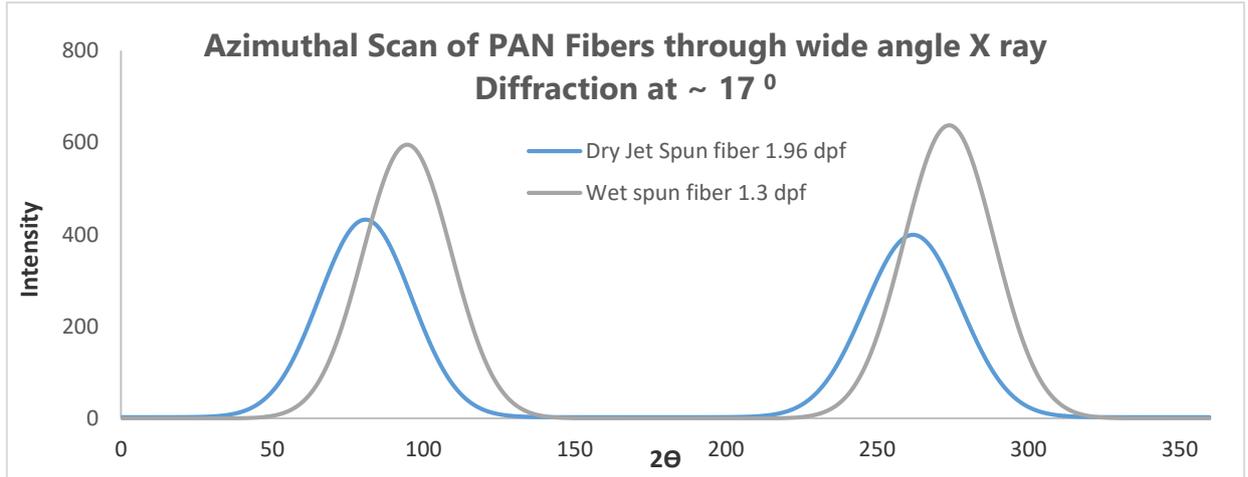
तालिका 2: पैन-फाइबर का वाइड एंगल एक्स-रे विवर्तन (डब्ल्यू. ए. एक्स.डी.) (इक्वेटोरियल स्कैन):

पैन-फाइबर	डेनियर प्रति फिलामेंट (डी.पी.एफ.)	अधिकतम अर्ध पर पूरी चौड़ाई (एफ. डब्ल्यू. एच. एम.)		क्रिस्टलीय आकार ( $L_c$ ) (नैनो मी.)	
		सतह 100	सतह 110	अवलोकित	लक्ष्य
वेट स्पिन फाइबर	1.293	1.6263	1.8438	5.48	>7.5
ड्राइ जेट वेट स्पिन फाइबर	1.960	1.53724	1.94659	5.80	

तालिका 2 में, ड्राइ जेट वेट स्पिन पैन-फाइबर, वेट स्पिन पैन-फाइबर की तुलना में उच्च क्रिस्टलीय आकार दिखाता है। इसे ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग में उच्च जेट खिंचाव (>2.5 गुणा) से प्राप्त किया जाता है, जबकि वेट स्पिनिंग से, स्कंदन बाथ के अंदर फाइबर का तत्काल स्कंदन और हाइड्रोडायनामिक ड्रैग के कारण उच्च जेट

खिंचाव को प्राप्त करना मुश्किल होता है। कार्बन फाइबर के बेहतर ग्रेड के लिए वांछित क्रिस्टलीय आकार > 7.5 नैनो मी. है। ड्राइ जेट वेट स्पिन पैन फाइबर (1.960 डी.पी.एफ.), वेट स्पिन पैन फाइबर (1.293 डी.पी.एफ.) की तुलना में अधिक मोटा होने के बाद भी बड़ा क्रिस्टलीय आकार दिखाता है, जोकि यह दर्शाता है की ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग विधि के माध्यम से पैन-फाइबर का उच्च क्रिस्टलीकृत आकार प्राप्त करने के लिए बेहतर है। जोकि पैन-अग्रदूत के यांत्रिक गुण बढ़ाने की क्षमता रखता है।

फाइबर के उन्मुखीकरण (एजिमुथल) का पता लगाने के लिए पैन-फाइबर का वाइड एंगल एक्स-रे विवर्तन (डब्ल्यू. ए. एक्स.डी.) (एजिमुथल स्कैन) 17 ° पर किया गया (चित्र 7)।



चित्र 7: पैन-फाइबर का वाइड एंगल एक्स-रे विवर्तन (डब्ल्यू. ए. एक्स.डी.) (एजिमुथल स्कैन)

तालिका 3: पैन-फाइबर का वाइड एंगल एक्स-रे विवर्तन (डब्ल्यू. ए. एक्स.डी.) (एजिमुथल स्कैन):

पैन-फाइबर	डेनियर प्रति फिलामेंट (डी.पी.एफ.)	अधिकतम अर्ध पर पूरी चौड़ाई (एफ. डब्ल्यू. एच. एम.)	उन्मुखीकरण (%)	
			अवलोकित	लक्ष्य
वेट स्पिन फाइबर	1.293	34.8	80.1	>90
ड्राइ जेट वेट स्पिन फाइबर	1.960	36.6	79.6	

फाइबर के उन्मुखीकरण की गणना निम्न सूत्र के माध्यम से की जाती है

$$\text{उन्मुखीकरण} = 100 \left[ \frac{180-H}{180} \right]$$

जहां H, 2θ = ~17° के आसपास सतह [100] शिखर तीव्रता पर आधी अधिकतम चौड़ाई (एफ. डब्ल्यू. एच. एम.) है।

जैसा कि डेटा दिखाता है (तालिका 3) कि दोनों उन्मुखीकरण (ओरिएंटेशन) लगभग समान हैं, लेकिन जैसा कि ड्राइ जेट वेट स्पिन फाइबर का 80% ओरिएंटेशन एक उच्च डी.पी.एफ. फाइबर के साथ है, जो कि बेहतर निम्न डी.पी.एफ. फाइबर प्राप्त करने पर बहुत अधिक होने की उम्मीद है। इसलिए ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग विधि में, वेट स्पिनिंग विधि से वांछित उन्मुखीकरण > 90% प्राप्त करने की क्षमता अधिक है जोकि पैन-अग्रदूत के यांत्रिक गुण बढ़ाने की क्षमता रखता है।

उपरोक्त प्रक्रिया स्थितियों से कई प्रयोगों के साथ फाइबर में निम्नलिखित यांत्रिक गुणों (तालिका 4) को पाया गया है:

तालिका 4: वेट स्पिनिंग और ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग तकनीक के माध्यम से विशिष्ट पैन-अग्रदूत के यांत्रिक गुण:

स्पिनिंग तकनीक	डेनियर प्रति फिलामेंट (डी.पी.एफ.)	तन्य शक्ति (जी.पी.डी.)	तन्य-दृढ़ता (जी.पी.डी.)	तन्यता (%)	घनत्व (ग्रा./सेमी. <sup>3</sup> )	अनुप्रस्थ काट
वेट स्पिनिंग	1.2	5.2	120	10	1.175-1.18	वृत्ताकार /अंडाकार
ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग	1.22	6.1	128	9.4	1.18-1.185	वृत्ताकार

उपरोक्त तालिकाओं (तालिका 1, 4) से हम देख सकते हैं कि वेट स्पिनिंग तकनीक से मध्यम तन्य शक्ति और तन्य-दृढ़ता के पैन-अग्रदूत धीमी गति से प्राप्त कर होते हैं जबकि ड्राइ जेट वेट स्पिनिंग तकनीक से श्रेष्ठतर तन्य शक्ति और तन्य-दृढ़ता के पैन-अग्रदूत तेज गति से प्राप्त होते हैं।

### संदर्भ:

- जेम्स सी. मसॉन (1995) "एक्रेलिक फाइबर तकनीक और अनुप्रयोग"
- रहमान एम.ए., इस्माइल ए. एफ., मुस्तफा ए. हसबल्लाह एच।, रहमान एम. एस. एस. और अब्दुल्ला एम. एस. (2006) "निर्माण पर स्कंदन बाथ तापमान और पॉलिमर संरचना का प्रभाव और सॉल्वेंट मुक्त स्कंदन प्रक्रिया में कार्बन फाइबर अग्रदूत/ प्रीकोसर के लक्षण "
- देवसिया आर, सी. पी. आर. नायर और के एन एननैन (2008)। "रियोलोजी का तापमान और कतरनी निर्भरता डी.एम.एफ. में पाली (एसीलॉनिट्रिले-सह-आईटैकोनिक एसिड) डोप की। "उन्नत प्रौद्योगिकियों के लिए पॉलिमर के जर्नल, 19 (12), 1771-1778।
- फैन जे 1, 2, वेन 1 वाई, यांग 1 वाई, और लियू 1 एल (2009) । " एअर् गैप पर आकृति विज्ञान के प्रभाव पालीएक्रिलोनाइट्रिल त्रिकोणीय फाइबर। "टेक्सटाइल रिसर्च जर्नल, 79, (7), 611-617।

### लेखक परिचय:



#### अशोक कुमार\*

केमिकल इंजीनियरिंग में एम.टेक.,  
वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी-2,  
सी.एस.आई.आर.-एन.ए.एल.

सदस्य: इंस्टिट्यूट ऑफ़ इंजीनियर्स, इंडिया के असोसियेट सदस्य।

कार्य क्षेत्र: एकिलोनिट्राइल आधारित कार्बन फाइबर और इसके प्रक्रिया का विकास। अशोक कुमार\*



#### तरुण कुमार पारधी

केमिकल इंजीनियरिंग में एम.टेक.

वरिष्ठ प्रधान वैज्ञानिक एवं सी.सी.एफ.पी. डिवीजन के उप-प्रमुख,  
सी.एस.आई.आर.-एन.ए.एल.

कार्य क्षेत्र: विगत 20 वर्ष में आपका शोध का विषय मुख्यतः एकिलोनिटरीले बहुलकीकरण, एकिलोनिटरीले रेशे तहत कार्बन तंतु की तकनीक का विकास पर केंद्रित रहा है। इन्होंने कार्बन तंतु की तकनीक के विकास के साथ इसमें उपयोग होने वाले उपकरण का विकास तथा इनके नियंत्रण पर भी अपना शोध किया है। साथ ही इनका standard modulus कार्बन तंतु की तकनीकी विकास और इसका CEMILAC प्रमाणीकरण में महत्त्वपूर्ण योगदान रहा है।



**संजय कैलाशराव शेते**

मैकेनिकल इंजीनियरिंग में डिप्लोमा  
वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी -2,  
सी.एस.आई.आर.-एन.ए.एल.  
कार्य क्षेत्र: कार्बन फाइबर उन्नत मशीन का विकास।



**अभिलाष जे.के.**

केमिकल इंजीनियरिंग में एम.टेक.  
प्रधान वैज्ञानिक,  
सी.एस.आई.आर.-एन.ए.एल.  
कार्य क्षेत्र: एकिलोनिट्राइल और लिग्निन आधारित कार्बन फाइबर और इसके कंपोजिट का विकास।

## सीएसआईआर-एनएएल की स्वदेशी विकसित कार्बन फाइबर उत्पादन प्रौद्योगिकी

डॉ. प्रोसेनजीत घोष, वी. बालाजी, टी. राजू, अरुण कुमार द्विवेदी  
कार्बन फाइबर और प्रीप्रेग केंद्र (सीसीएफपी)  
सीएसआईआर-राष्ट्रीय एयरोस्पेस प्रयोगशालाएं, बेंगलूरु 560017  
[jitpghosh@nal.res.in](mailto:jitpghosh@nal.res.in)

### सारांश

कार्बन फाइबर एक नई पीढ़ी का पदार्थ है जिसमें धातु पदार्थ की तुलना में काफी अधिक विशिष्ट शक्ति होती है। कार्बन फाइबर प्रबलित कंपोजिट का प्रयोग, एयरोस्पेस, एथलेटिक्स, ऑटोमोटिव, निर्माण, रक्षा, समुद्री, पवन ऊर्जा क्षेत्रों आदि में व्यापक रूप से किया जाता है। हाल के वर्षों में एयरोस्पेस और अन्य औद्योगिक क्षेत्रों के निरंतर विस्तार के कारण कार्बन फाइबर और इसके कम्पोजिट की बाजार में भारी वृद्धि की संभावना है। भारत में स्थित, सीएसआईआर एनएएल का सेंटर फॉर कार्बन फाइबर एंड प्रीप्रेग्स (सीसीएफपी) कार्बन फाइबर के विभिन्न ग्रेडों के अनुसंधान और विकास में कार्यरत एकमात्र प्रयोगशाला है। सीसीएफपी ने पॉलीएक्रिलोनिट्राइल (पैन) कोपोलिमर, विशेष एक्रिलिक फाइबर (एसएएफ) और कार्बन फाइबर के लिए प्रक्रिया प्रौद्योगिकी विकसित की है। सीसीएफपी ने पैन के संश्लेषण, एसएएफ की गीली कटाई और एसएएफ से एयरोस्पेस ग्रेड कार्बन फाइबर के ताप उपचार के लिए प्रक्रिया प्रौद्योगिकियों के स्वदेशीकरण में बहुत योगदान दिया है। सीसीएफपी को सेंटर फॉर मिलिट्री एयरवर्थनेस एंड सर्टिफिकेशन (सेमिलैक) से वैमानिकी अनुप्रयोगों के लिए मानक मॉड्यूलस कार्बन फाइबर का अस्थायी प्रमाण-पत्र भी प्राप्त है। सीसीएफपी वर्तमान में पूर्व कला और ज्ञान का उपयोग करके मध्यवर्ती मॉड्यूलस ग्रेड कार्बन फाइबर का उत्पादन करने के लिए स्वदेशी प्रौद्योगिकी के विकास में विशेष योगदान दे रहा है।

### मुख्य शब्द:

कार्बन फाइबर; पॉलीएक्रिलोनिट्राइल (पैन) अग्रदूत, प्रक्रिया की जानकारी; स्वदेशी प्रक्रिया प्रौद्योगिकी

### 1. भूमिका

1970 के दशक की शुरुआत में, कार्बन फाइबर सपनों की पदार्थ के रूप में उभरा जिसका विशेष गुण यह है कि यह लोहे से मजबूत और एल्यूमीनियम से हल्का है। इस विशेष गुण के कारण इसका प्रयोग खेल के सामान और रॉकेट, मिसाइल और विमान जैसे हथियारों के उत्पादन में तेजी से होने लगा तथा इसकी मांग बढ़ती जा रही है। कार्बन फाइबर इस अर्थ में एक विशिष्ट पदार्थ है, इसके भौतिक गुणों को अनुप्रयोग के आधार पर थर्मो-भौतिक गुणों की एक विस्तृत श्रृंखला में प्रदर्शित जा सकता है। इसकी उच्च तन्यता ताकत (7 GPa तक), तन्यता मॉड्यूलस (900 GPa तक), अच्छी संपीड़ित ताकत (3 GPa तक), कम तापीय विस्तार, उत्कृष्ट विद्युत और तापीय चालकता, अच्छी गर्मी और रासायनिक प्रतिरोध, आदि को प्रदर्शित करती है। उच्च विशिष्ट शक्ति के कारण, यह एयरोस्पेस उद्योग, बिजली उत्पादन उद्योग, ऑटोमोबाइल और नागरिक उद्योगों जैसे विभिन्न संरचनात्मक अनुप्रयोगों में कम वजन और अधिक कार्य प्रदर्शन के फायदे प्रदान करता है। दुनिया भर में, कार्बन फाइबर के 90% से अधिक निर्माता कार्बन फाइबर के उत्पादन के लिए एक अग्रदूत सामग्री के रूप में पॉलीएक्रिलोनिट्राइल (पैन) का उपयोग करते हैं, हालांकि कुछ अन्य पिच, रेयान, आदि का उपयोग कर रहे हैं।

पैन अग्रदूत आधारित कार्बन फाइबर गुणों का एक अद्वितीय सेट प्रदान करते हैं। जैसा कि उच्च शक्ति और लोच का मापांक, कम घनत्व आदि जिसने उन्हें उच्च प्रौद्योगिकी क्षेत्रों में विशेष बना दिया। हालांकि, कार्बन फाइबर निर्माण तकनीक को एक अत्यधिक रणनीतिक तकनीक माना जाता है और मेजबान सरकारों द्वारा इस तकनीक की बिक्री या हस्तांतरण की अनुमति नहीं है और अंतिम उपयोग प्रतिबंध अभी भी भारत सहित अन्य देशों में कार्बन फाइबर के आयात को नियंत्रित करते हैं। इसलिए, भारत में कुल प्रौद्योगिकी समाधानों के लिए इंजीनियरिंग प्रक्रिया डेटा उत्पन्न करने और व्यावसायीकरण के स्केल-अप की सुविधा के लिए सीएसआईआर-

एनएएल में एक एकीकृत सीएफ अनुसंधान और विकास (आरएंडडी) सुविधा स्थापित की गई है। सीएसआईआर-एनएएल ने मानक मॉड्यूलस और मध्यवर्ती मॉड्यूलस ग्रेड कार्बन फाइबर तैयार करने के लिए एक प्रक्रिया तकनीक विकसित की है। सीएफ के नियमित उत्पादन और वैमानिकी ग्रेड सीएफ के विकास के लिए निरंतर प्रक्रिया प्रौद्योगिकी विकसित करने के लिए प्रक्रिया की जानकारी को अब सफलतापूर्वक विस्तारित किया गया है। सतत प्रक्रिया प्रौद्योगिकी के विकास ने लगातार उत्पाद की गुणवत्ता, ऊर्जा/सामग्री की बर्बादी को कम करने और उत्पादन की लागत का अनुकूलन सुनिश्चित किया है। स्वदेशी एकीकृत सुविधा का उपयोग करके सीएसआईआर-एनएएल में उत्पादित मानक मापांक ग्रेड सीएफ एयरोस्पेस अनुप्रयोगों के लिए सेंटर फॉर मिलिट्री एयरवर्थनेस एंड सर्टिफिकेशन (सेमिलैक) द्वारा प्रमाणित है। वर्तमान लेख सीएसआईआर-एनएएल में स्वदेशी सीएफ प्रौद्योगिकी के विकास में शामिल विभिन्न गतिविधियों का एक संछिप्त विवरण देता है।

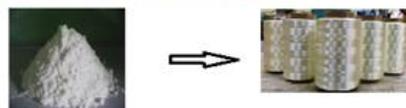
## 2. पैन आधारित कार्बन फाइबर का निर्माण

पैन आधारित कार्बन फाइबर का उत्पादन मुख्यतः तीन चरणों में होता है; **क)** पैन कॉपोलिमर का संश्लेषण, **ख)** एसएएफ बनाने के लिए पैन कॉपोलिमर की कताई, **ग)** कार्बन फाइबर बनाने के लिए एसएएफ का ताप उपचार (चित्र 1 देखें)।

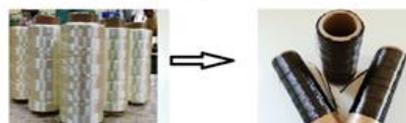
### Synthesis of Polyacrylonitrile copolymer (PAN)



### Wet spinning of PAN to Special Acrylic Fiber (SAF)



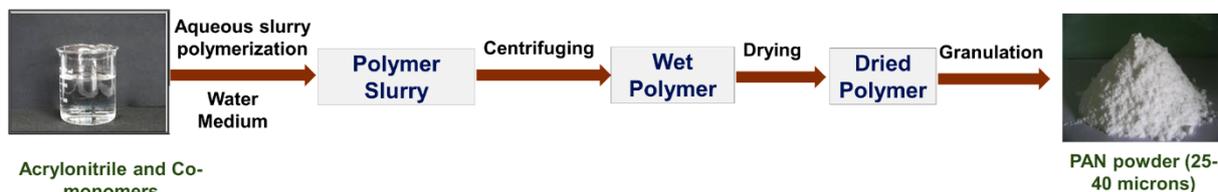
### Heat treatment of SAF to Carbon Fiber (CF)



चित्र 1: पैन आधारित कार्बन फाइबर के निर्माण के चरण

### 2.1. पॉलीएक्रिलोनिट्राइल (पैन) कोपोलिमर का संश्लेषण

पैन कॉपोलिमर, एक्रिलोनिट्राइल और को-मोनोमर्स के फ्री रेडिकल रेडॉक्स पोलिमेराइजेशन द्वारा निर्मित होते हैं। एक निश्चित समय के लिए एक निश्चित तापमान सीमा के तहत रिएक्टर में आवश्यक मात्रा में कच्चे माल को डाला जाता है। अतिप्रवाह घोल को लगातार एक टैंक में एकत्र किया जाता है। बहुलक को अपकेंद्रित प्रक्रिया के माध्यम से घोल से अलग किया जाता है और ड्रायर में सुखाया जाता है (चित्र 2)।

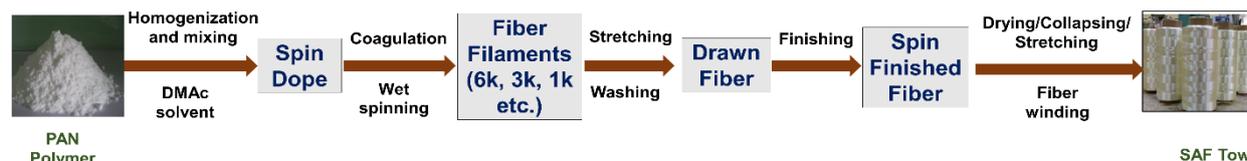


चित्र 2: पैन कॉपोलिमर संश्लेषण का प्रक्रिया प्रवाह चार्ट

### 2.2. एसएएफ बनाने के लिए पैन कॉपोलिमर की कताई

सीएफ बनाने के लिए, एसएएफ का उत्पादन करने के लिए सीसीएफपी में गीली कताई तकनीक का उपयोग किया जाता है। पैन कोपोलिमर को डोप बनाने के लिए उच्च कतरनी के तहत डीएमएसी (डाइमिथाइलसेटामाइड) जैसे उपयुक्त विलायक में घोल दिया जाता है। एक बार डोप बन जाने के बाद, इसे

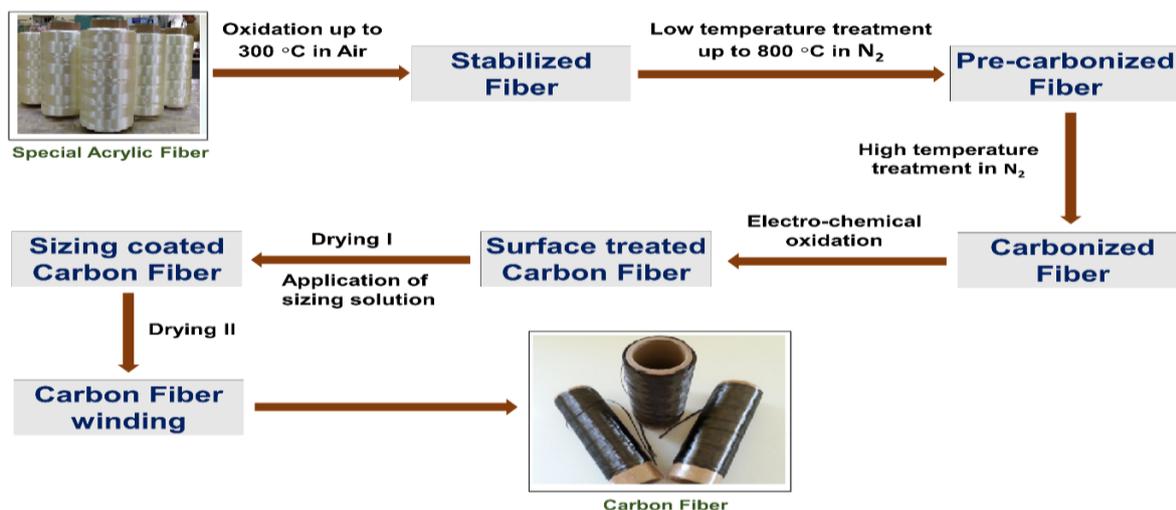
एक वैक्यूम के तहत गर्म करके डी-एरेट किया जाता है जिससे डोप में उपस्थित ऑक्सीजन बहार निकल जाए और फिर एक्सट्रूजन से पहले कई चरणों में फिल्टर किया जाता है। पैन कॉपोलिमर को तलछट करने के लिए डोप को विलायक और गैर-विलायक से भरे स्कंदन बाथ में डुबोए गए स्पिनरनेट के माध्यम से बाहर निकाला जाता है। जमाव के बाद, विलायक को हटाने के लिए फाइबर को अलग-अलग वॉश बाथ में हल्के फाइबर स्ट्रेचिंग के साथ धुलाई की जाती है। अगले प्रक्रिया चरण में एक कोटिंग सामग्री (स्पिन फिनिश) का अनुप्रयोग किया जाता है जो आगे के प्रसंस्करण चरणों में हैंडलिंग और एंटीस्टेटिक गुणों में सुधार के लिए आवश्यक है। अगली प्रक्रिया चरण है फाइबर की सतह और कोर से पानी निष्कासन और सुखाना। अंतिम चरण है फाइबर का गर्म खिंचाव, जो फाइबर को अणुओं को संरेखित करने और अभिविन्यास में सुधार करने के लिए किया जाता है। अंत में, यार्न को वाइंडर्स (चित्र 3) का उपयोग करके एक बोबिन पर एकत्र किया जाता है।



चित्र 3: फाइबर कटाई के लिए प्रक्रिया प्रवाह चार्ट

### 2.3. एसएएफ का सीएफ में रूपांतरण

पैन आधारित अग्रदूत फाइबर (एसएएफ) नियंत्रित प्रक्रिया स्थितियों में गर्मी उपचार प्रक्रियाओं के निरंतर अनुक्रम के माध्यम से सीएफ में परिवर्तित हो जाते हैं। पहली प्रक्रिया को थर्मो-ऑक्सीडेटिव स्थिरीकरण कहा जाता है, जो एक बहु-क्षेत्र ओवन में एक पूर्व निर्धारित निवास समय और तापमान के लिए गर्म हवा में टो बैंड को गर्म करके किया जाता है। फिर फाइबर को नाइट्रोजन वातावरण के तहत वांछित तापमान प्रोफाइल पर गर्मी उपचार द्वारा पूर्व-कार्बोनाइजेशन किया जाता है। पूर्व-कार्बोनाइजेशन प्रक्रिया के बाद कार्बोनाइजेशन होता है जिसमें फाइबर को वांछित तापमान प्रोफाइल पर नाइट्रोजन के तहत गर्म किया जाता है। पूर्व-कार्बोनाइज्ड फाइबर आगे गैसीय अपघटन से गुजरते हैं, इसके बाद कार्बोनाइजेशन के दौरान संरचनात्मक समेकन होता है। कार्बोनाइज्ड फाइबर को फिर इलेक्ट्रोकेमिकल ऑक्सीकरण द्वारा सतह-उपचार किया जाता है। सतह से उपचारित कार्बन फाइबर को फिर धोया और सुखाया जाता है और एक एपॉक्सी-आधारित साईजिंग बाथ से पारित किया जाता है। सीएफ को फिर सुखाया जाता है और वाइंडर्स में स्पूल के रूप में एकत्र किया जाता है (चित्र 4)।



चित्र 4: एसएएफ का सीएफ में रूपांतरण के लिए प्रक्रिया प्रवाह चार्ट

## 3. सीएसआईआर-एनएएल में कार्बन फाइबर प्रौद्योगिकी का स्वदेशीकरण

### 3.1. पैन कॉपोलिमर का संश्लेषण

उच्च शक्ति कार्बन फाइबर के लिए अग्रदूत फाइबर बनाने के लिए आणविक भार और आणविक भार वितरण में अच्छी एकरूपता वाले पैन कॉपोलिमर आवश्यक हैं। बुनियादी गतिज समीकरणों का उपयोग करते हुए एकिलोनिट्राइल के मुक्त मूलक रेडॉक्स जलीय पोलिमराइजेशन को बनाने के लिए एक विधि का उपयोग किया

गया है। विभिन्न मापदंडों के प्रभाव, उदाहरण के लिए, आरंभक/उत्प्रेरक अनुपात, सांद्रता, प्रतिक्रिया pH और प्रतिक्रिया समय, और इसके बाद उत्पादित पैन कॉपोलिमर की गुणवत्ता और मात्रा पर प्रक्रिया को ठीक करने के लिए विस्तार से अध्ययन किया गया था। पोलीमराइजेशन के दौरान निम्नलिखित महत्वपूर्ण प्रक्रिया पैरामीटर (तालिका 1) की निगरानी और उसका नियंत्रण किया गया था-

**तालिका 1.** प्रतिक्रिया के दौरान महत्वपूर्ण प्रक्रिया पैरामीटर

पैरामीटर	एकक	स्वीकार्य सीमा	नियंत्रण तंत्र
रिएक्टर में घोल पीएच	-	2.0 - 2.7	रिएक्टर में जलमिश्रित H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> डालना
प्रतिक्रिया तापमान	°C	55 ± 5	डीसीएस संचालित वायवीय नियंत्रण वाल्व द्वारा रिएक्टर जैकेट के माध्यम से ठंडा पानी पास करना

विकास के प्रारंभिक चरण में, पैन कॉपोलिमर को संश्लेषित करने के लिए पोलीमराइजेशन के सेमी-बैच मोड का उपयोग किया गया था। यह उनके मूल्यांकन के लिए आवश्यक पैन कॉपोलिमर की कम मात्रा के उत्पादन में उपयोगी था। विभिन्न सह-मोनोमर्स और एक्रिलोनिट्राइल सामग्री वाले पैन कॉपोलिमर विभिन्न आणविक भार के साथ तैयार किए गए थे। इन पॉलिमर का मूल्यांकन स्पिनेबिलिटी, प्रोसेसिबिलिटी और परिणामी अग्रदूत और कार्बन फाइबर के गुणों के लिए किया गया था। एक बार संरचना और सह-मोनोमर प्रकार तय हो जाने के बाद, पोलीमराइजेशन के सेमी-बैच मोड को पोलीमराइजेशन के निरंतर मोड में बदल दिया गया। उत्पाद गुणों और उत्पादकता में एकरूपता के मामले में अर्ध-बैच मोड पर पोलीमराइजेशन के निरंतर मोड का एक निश्चित लाभ है। निरंतर प्रतिक्रिया के लाभ इस तथ्य से प्राप्त होते हैं कि अर्ध-बैच रिएक्टर के विपरीत, प्रतिक्रिया की स्थिति निश्चित शर्तों पर नियंत्रित होती है। **तालिका 2** संश्लेषित पैन कॉपोलिमर की एक विशिष्ट डेटाशीट देती है।

**तालिका 2.** पैन कॉपोलिमर की डेटाशीट

पॉलिमर गुण	एकक	मान
निहित चिपचिपाहट	डेसीलीटर/ग्राम	1.75-2.00
आर्द्रता-मात्रा	%	2-5
आणविक वजन		
एम. डब्ल्यू	-	1.5-2.0 लाख
एम.एन.	-	0.5-1.0 लाख
आणविक भार वितरण (एमडब्ल्यूडी)	-	2-3

### 3.2. स्पिन डोप की स्थिरता और स्पिनेबिलिटी में सुधार

उच्च बहुलक युक्त स्पिन डोप के परिणामस्वरूप घने बहुलक नेटवर्क और बेहतर यांत्रिक गुणों वाले अग्रदूत फाइबर का उत्पादन किया जा सकता है। हालांकि, उच्च बहुलक सामग्री वाले स्पिन डोप में जेल की प्रवृत्ति अधिक होती है, जिसके परिणामस्वरूप यह कटाई प्रक्रिया को खराब कर सकता है। स्पिनिंग लाइन की स्थिरता, जिसे आमतौर पर समय की प्रति यूनिट ब्रेक की संख्या या स्पिनरनेट इंटरचेंजबिलिटी की विशेषता के रूप में जाना जाता है, उच्च ड्रॉ-अनुपात स्थिति के साथ महीन डेनियर फाइबर बनाना हमेशा चुनौतीपूर्ण होता है। फाइबर कटाई प्रक्रिया और सीएफ की गुणों में सुधार के लिए विभिन्न पैन कॉपोलिमर प्रणालियों का अध्ययन किया गया है। विभिन्न बहुलक सांद्रता (18-21%) के साथ स्पिन डोप को विभिन्न तापमानों पर निकाला गया है। स्पिनेबिलिटी के लिए जमावट तापमान, कौगुलांट संरचना, कतरनी दर और जेट खिंचाव जैसे कारकों के प्रभाव की जांच की गई है। एक कॉम्पैक्ट फाइब्रिलर नेटवर्क का उत्पादन करने के लिए संरचना, तापमान, खिंचाव अनुपात, और जमावट और धोने/खींचने वाले बाथ में खींचने की दर के प्रभाव का अध्ययन किया गया।

विभिन्न संरचनात्मक त्रुटि को कम करने के प्रयास किए गए, जो स्पिन डोप स्थिरता और फाइबर के उन्मुखीकरण ड्राइंग को सीमित करते हैं। इन दोषों का पता लगाने के लिए विशेषता विधियों का विकास किया

गया। यूवी-विज स्पेक्ट्रोफोटोमीटर में स्पिन डोप के लिए अवशोषण का कम मूल्य ऐसे दोषों की कमी को दर्शाता है। यह पाया गया कि कुछ एंटीऑक्सिडेंट एडिटिव्स लंबे समय तक गर्म करने और उच्च तापमान पर भंडारण के दौरान स्पिन डोप में रंगाई को रोकते हैं। स्पिन डोप की स्थिरता और पोस्ट-ड्राइंग पर ऑक्सालिक एसिड, डोडेसिल मर्केप्टन (डीडीएम) और ईडीटीए के प्रभाव का अध्ययन किया गया था। एडिटिव्स के उपयोग से स्पिन डोप की स्थिरता और स्पिनेबिलिटी में उल्लेखनीय सुधार हुआ।

### 3.3. एसएएफ के गुणों में सुधार

कार्बन फाइबर के यांत्रिक गुण अग्रदूत पैन फाइबर के डेनियर पर निर्भर करते हैं क्योंकि फाइन डेनियर फाइबर हीटिंग की एक समान दर का अनुभव करता है जो अग्रदूत पैन फाइबर के स्थिरीकरण के दौरान त्वचा-कोर आकारिकी के गठन को सीमित करता है। फाइबर कताई के दौरान तंतुओं को खींचकर निचले डेनियर अग्रदूत पैन फाइबर प्राप्त किए जाते हैं। पैन फाइबर का खिंचाव फिलामेंट व्यास को कम करता है, आणविक श्रृंखलाओं के उन्मुखीकरण में सुधार करता है, और आयतन मात्रा को कम करता है। कताई के दौरान पैन फाइबर की धुलाई भी फाइबर गुणों को प्राप्त करने के लिए महत्वपूर्ण है। स्ट्रेचिंग/वॉशिंग के दौरान विभिन्न बाथों में खिंचाव अनुपात जमावट के दौरान विकसित छिद्रों की क्रमिक कमी के लिए महत्वपूर्ण होते हैं। फाइबर कताई उपकरण को सरंधता को नियंत्रित करने के लिए गीली कताई में धोने और खींचने के संचालन को अलग करने के लिए डिजाइन किया गया था। फाइबर में घना नेटवर्क प्राप्त करने के लिए धोने और खींचने के लिए आवश्यक निवास समय कताई के कई रनों में निर्धारित किया गया था। जमा हुए फाइबर के लिए 175-200% के बीच सूजन और स्ट्रेचिंग और धोने के बाद 75-95% के बीच न्यूनतम संभव सूजन प्राप्त करने के लिए कई कताई प्रयोग किए गए थे। एस-स्पून फाइबर की सूजन की डिग्री के गीले खिंचाव को समान रूप से वितरित करके और धीरे-धीरे तापमान को 45°C से 90°C तक कैस्केडिंग करके अनुकूलित किया जा सकता है। लक्ष्य था 40-45% की सरंधता या 65 से 70% की सूजन की डिग्री प्राप्त करना। गीले खिंचाव वाले फाइबर की सूजन की वांछित सीमा उच्च पॉलिमर नेटवर्क के साथ फाइबर और > 1.75 g/cc के घनत्व के साथ एक अग्रदूत फाइबर देगी। **तालिका 3** एसएएफ की एक विशिष्ट डेटाशीट देती है।

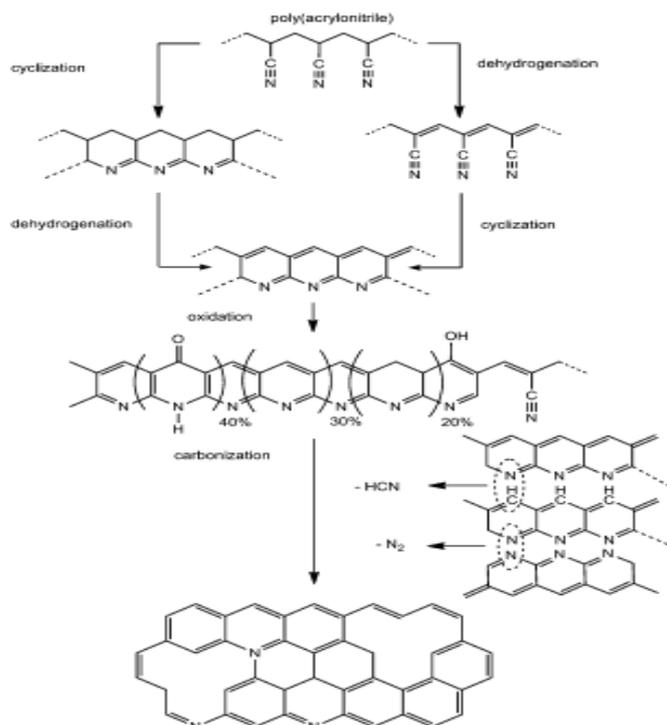
**तालिका 3.** एसएएफ की डेटाशीट

एसएएफ गुण	एकक	मान
डीपीएफ	-	1.0-1.2
घनत्व	ग्राम/सीसी	1.1-1.2
तन्यता ताकत	जीपीडी	4-6
तन्यता मापांक	जीपीडी	60-80

### 3.4. कार्बन फाइबर के गुणों में सुधार

#### 3.4.1. पैन फाइबर का स्थिरीकरण

पैन फाइबर को कार्बन फाइबर में बदलने में थर्मो-ऑक्सीडेटिव स्थिरीकरण सबसे महत्वपूर्ण प्रक्रिया है। यह आमतौर पर हवा या ऑक्सीजन युक्त वातावरण में 220-300°C के तापमान रेंज में किया जाता है (**चित्र 5**)। पैन फाइबर के स्थिरीकरण के दौरान, विभिन्न प्रक्रिया पैरामीटर, जैसे निवास समय, तापमान प्रोफाइल, ताप दर, तनाव और खिंचाव अनुपात, स्थिरीकरण की डिग्री को प्रभावित करते हैं। पैन फाइबर के स्थिरीकरण के लिए गतिशील डीएससी वक्र की इजोटर्मल रूपांतरण विधि लागू की गई थी। इस अध्ययन का उपयोग तापमान और निवास के समय और विभिन्न अग्रदूत तंतुओं के स्थिरीकरण की दर पर पहुंचने की एक विधि विकसित करने के लिए किया गया था।



चित्र 5. पैन फाइबर का कार्बन फाइबर में रूपांतरण

### 3.4.2. ऑक्सीकृत पैन फाइबर का प्री-कार्बोनाइजेशन

प्री-कार्बोनाइजेशन एक नाइट्रोजन वातावरण में 900°C तक के तापमान पर एक इनकॉनल स्लॉटेड मफल फर्नेस में छह तापमान क्षेत्रों और फाइबर प्रवेश और निकास छोर पर नाइट्रोजन वातावरण के साथ किया जाता है। प्री-कार्बोनाइजेशन के दौरान, टार, कार्बन मोनोऑक्साइड, अमोनिया, हाइड्रोजन साइनाइड, आदि के रूप में 35% तक के बड़े पैमाने पर सामूहिक हानि के साथ स्थिर फाइबर टॉव को विस्तारित अरोमाटाईजेशन और अपघटन से गुजरना पड़ता है। एरोमटाइज्ड श्रृंखला संरचनाएं घनीभूत होती हैं और बाद में बढ़ती हैं, जिससे टर्बोस्टैटिक कार्बन संरचना में बेसल सतह बनते हैं। प्री-कार्बोनाइजेशन के दौरान तापमान प्रोफाइल, टेन्साइल स्ट्रेस जैसी प्रक्रिया मापदंडों पर पहुंचने के उद्देश्य से एक विस्तृत जांच की गई। घनत्व, रैखिक घनत्व, तन्य शक्ति, तन्यता मापांक, बढ़ाव, रासायनिक संरचना, आदि जैसे विभिन्न गुणों के लिए विभिन्न निवास समय के साथ पूर्व-कार्बोनाइज्ड फाइबर का परीक्षण किया गया था। पूर्व-कार्बोनाइज्ड फाइबर के भौतिक और यांत्रिक गुणों पर उनके प्रभाव को निर्धारित करने के साथ-साथ उनके संबंधित तापमान क्षेत्रों में महत्वपूर्ण प्रक्रियाओं को समझने के लिए शुरू में कई तापमान प्रोफाइल का उपयोग किया गया था। भौतिक हानि की गणना रैखिक घनत्व मूल्यों से की गई थी। पूर्व-कार्बोनाइजेशन प्रक्रिया के दौरान लागू तन्यता तनाव का तन्यता मापांक पर गहरा प्रभाव पड़ता देखा गया। स्ट्रेचिंग से फाइबर संरचना में अभिविन्यास में सुधार होता है और तन्य भार के साथ कठोरता बढ़ जाती है। इसके अलावा, फाइबर में मौजूद माइक्रोप्रोर्स अक्षीय दिशा में उन्मुख हो जाते हैं, और इसलिए, पार्श्व आकार कम हो जाता है। छिद्रों के आकार में कमी के परिणामस्वरूप पूर्व-कार्बोनाइज्ड फाइबर और कार्बन फाइबर की तन्य शक्ति में वृद्धि होती है। हालांकि, उच्च तनाव के साथ, कार्बन फाइबर में क्षति भी देखी गई और भार को एक सीमा से अधिक नहीं बढ़ाया जा सका।

### 3.4.3. पूर्व-कार्बोनाइज्ड फाइबर का कार्बोनाइजेशन

कार्बोनाइजेशन प्रयोग दो तरीकों से किए गए, अर्थात् सिंगल-स्टेप कार्बोनाइजेशन और टू-स्टेप कार्बोनाइजेशन। सिंगल-स्टेप में, तीन चरणों अर्थात् स्थिरीकरण (240-280°C), पूर्व-कार्बोनाइजेशन (230-700°C), कार्बोनाइजेशन (1150-1250°C), और पोस्ट कार्बोनाइजेशन (1750-2400°C) एक प्रयोग में किए गए थे। टू-स्टेप प्रक्रिया में, स्थिर SAF फाइबर (210-280°C), कम तापमान रेंज (380-500°C) पर पूर्व-कार्बोनाइज्ड थे। इन पूर्व-कार्बोनाइज्ड फाइबर को फिर से उच्च तापमान (500-900°C) पर पूर्व-कार्बोनाइज्ड किया गया, इसके बाद कार्बोनाइजेशन (1125-1300°C), और पोस्ट-कार्बोनाइजेशन (1350-2475°C) किया गया। 1350-2475 डिग्री सेल्सियस में एकत्र किए गए फाइबर का परीक्षण और मूल्यांकन किया गया। सिंगल-स्टेप हीट ट्रीटमेंट में,

स्थिरीकरण या प्री-कार्बोनाइजेशन के दौरान कोई स्ट्रेच देना संभव नहीं था। कार्बोनाइजेशन लाइन ~ 4% संकोचन तक संचालित की जा सकती है। केवल 2400°C से ऊपर, 2% खिंचाव दिया जा सकता है। टू-स्टेप हीट ट्रीटमेंट में, स्टेबलाइजेशन और प्री-कार्बोनाइजेशन दोनों के दौरान स्ट्रेचिंग दी जा सकती है। इसके परिणामस्वरूप अंतिम कार्बन फाइबर में हमें उच्च यांत्रिक गुणों की प्राप्ति हुई। **तालिका 4** कार्बन फाइबर की एक विशिष्ट डेटाशीट देती है।

**तालिका 4.** कार्बन फाइबर की डेटाशीट

एसएएफ गुण	एकक	मान
एमपीयूएल	ग्राम/मीटर	0.40-0.44
घनत्व	ग्राम/सीसी	1.75-1.80
तन्यता ताकत	जीपीए	4.0-4.5
तन्यता मापांक	जीपीए	240-280

#### 4. वर्तमान स्थिति

सीएसआईआर-एनएएल वर्तमान में मानक मॉड्यूलस और मध्यवर्ती मॉड्यूलस ग्रेड कार्बन फाइबर के पायलट पैमाने के उत्पादन में शामिल है। उत्पादित सीएफ का उपयोग एचएएल, बीएआरसी, वीएसएससी आदि जैसे अंतिम उपयोगकर्ता द्वारा विभिन्न रणनीतिक अनुप्रयोगों में किया जा रहा है। ये एनएएल-विकसित सीएफ पर संतोषजनक प्रतिक्रिया दे रहे हैं। इस बीच, हमने सीएफ के उच्च ग्रेड उदाहरण के लिए, मध्यवर्ती मॉड्यूलस ग्रेड सीएफ विकसित करने के लिए भी कदम उठाए हैं। हमारा वर्तमान अनुसंधान पूर्व ज्ञान का उपयोग करके मध्यवर्ती मॉड्यूलस ग्रेड सीएफ का उत्पादन करने के लिए स्वदेशी प्रौद्योगिकी के विकास पर केंद्रित है। इस विकास में एक महत्वपूर्ण कदम जलीय पोलीमराइजेशन तकनीक है जिसका उपयोग मानक मॉड्यूलस ग्रेड सीएफ के उत्पादन के लिए किया जाना है, उसके बजाय एक समाधान पोलीमराइजेशन तकनीक का कार्यान्वयन हो सकता है। एक अन्य उन्नति के रूप में बेहतर गुणवत्ता वाले पूर्ववर्ती एसएएफ और सीएफ का उत्पादन करने के लिए ड्राई जेट वेट स्पिनिंग (DJWS) लाइन स्थापित किया गया है।

#### 5. स्वदेशी कार्बन फाइबर प्रौद्योगिकी का व्यावसायीकरण

उन्नत कम्पोजिट सामग्री के निर्माण के लिए कार्बन फाइबर एक महत्वपूर्ण कच्चा माल है। सीएफ बहुलक मैट्रिक्स कम्पोजिट अब व्यापक रूप से एयरोस्पेस, रक्षा और विभिन्न औद्योगिक क्षेत्रों में उपयोग किए जाते हैं। विश्व स्तर पर, सीएफ-आधारित कम्पोजिट सामग्रियों ने पिछले दशकों में तेजी से विकास किया है। भारत में सीएफ की भारी मांग है, लेकिन यह आसानी से उपलब्ध नहीं है। हालाँकि, सीसीएफपी सीएसआईआर-एनएएल में विकसित सीएफ के सेमिलैक प्रमाणन ने स्वदेशी सीएफ तकनीक पर सरकारी एजेंसियों (जैसे मिधानी, बार्क) और उद्योगों (जैसे टाटा, रिलायंस आदि) का विश्वास बढ़ा दिया है।

#### 6. संदर्भ

1. Fitzer, E., Pan-based carbon fibers—present state and trend of the technology from the viewpoint of possibilities and limits to influence and to control the fiber properties by the process parameters. Carbon, 1989. **27**(5): p. 621-645.
2. Morgan, P., Carbon fibers and their composites. 2005: CRC press.
3. Zhang, R., et al., Effect of the concentration of the sizing agent on the carbon fibers surface and interface properties of its composites. Journal of Applied Polymer Science, 2012. **125**(1): p. 425-432.
4. Moreton, R. and W. Watt, The spinning of polyacrylonitrile fibres in clean room conditions for the production of carbon fibres. Carbon, 1974. **12**(5): p. 543-554.

## लेखक परिचय:



1	नाम :	डॉ. प्रोसेनजीत घोष
2	Name:	Dr. Prosenjit Ghosh
3	वर्तमान पदनाम	वरिष्ठ वैज्ञानिक
4	संस्थान का नाम व शहर	सीएसआईआर एनएएल
		बेंगलूरु
5	शैक्षणिक योग्यताएं :	
	1.	Ph.D. in Polymer Science and Technology
	2.	M. Tech. in Polymer Science and Technology
	3.	B. Tech. in Polymer Science and Technology
	4.	B.Sc. in Chemistry (Hons)
6	सम्मान/उपलब्धियां :	
	1.	CSIR-NAL Excellence Award in the field of Project Execution for the year 2020-21
	2.	CSIR-NAL outstanding service award during COVID-19 pandemic, 2020
	3.	Best paper award in the conference MACRO at IACS KOLKATA, 2015

## आधुनिक धातु- अन्तरिक्ष एवं वायुमंडलीय प्रयोग हेतु एल्युमिनियम-लिथियम धातु की समीक्षा

डॉ. ए.वी. संधानबाबू, दिव्यान्शु सिंह, विक्रम सिंह मिर्धा  
 1प्रभाग अध्यक्ष, 2इंजीनियर-एस.डी.

गुणवत्ता प्रभाग – यान समाकलन एवं प्रमोचन मंच प्रणाली, प्रमोचन कॉम्प्लेक्स प्रणाली  
 तंत्र विश्वासनीयता, सतीश धवन अन्तरिक्ष केंद्र, शार, आंध्र प्रदेश-524124, भारत  
[santhanababu.av@shar.gov.in](mailto:santhanababu.av@shar.gov.in), [divyanshu.singh@shar.gov.in](mailto:divyanshu.singh@shar.gov.in)

### सारांश

अन्तरिक्ष एवं विमानन क्षेत्र में प्रयोग होने वाले एल्युमिनियम के भारी धातु जैसे 2000, 6000 और 7000 श्रृंखला की जगह आधुनिक धातु जैसे एल्युमिनियमलिथियम-(Al-Li) मिश्र धातु एक प्रभावी विकल्प हो सकते हैं। इन आधुनिक मिश्र धातुओं का विकास तीन पीढ़ियों में वर्णित किया जा सकता है- पहली, दूसरी एवं तीसरी पीढ़ी। इस लेख में इन तीन पीढ़ियों के विकास एवं विकास से पूर्व की चुनौतियों का उल्लेख है। यांत्रिक गुण, वेल्ड क्षमता, सुपर-प्लास्टिसिटी एवं क्षय व्यवहार संबंधी गुण का विस्तार से विवरण किया गया है। साथ ही, एल्युमिनियमलिथियम धातु- पर इसरो द्वारा किए गए शोध का भी सारांश सम्मिलित है।

**संकेत-शब्द:** एल्युमिनियम-लिथियम धातु, वैल्लिंग, सुपर-प्लास्टिसिटी, क्षयकारी, इसरो

### प्रस्तावना

अन्तरिक्ष एवं विमान क्षेत्र में प्रयोग होने वाले एल्युमिनियम के भारी धातु जैसे 2000, 6000 और 7000 श्रृंखला की जगह एल्युमिनियम-लिथियम (Al-Li) धातु एक प्रभावी विकल्प हो सकते हैं। लिथियम (Li) का 1 प्रतिशत (भार) एल्युमिनियम (Al) में बढ़ाने से, धातु के घनत्व में 3 प्रतिशत की कमी हो सकती है तथा लोचदार मापांक (इलास्टिक मॉड्यूलस) 6 प्रतिशत से बढ़ सकता है। ये प्रभाव 4.2 भार प्रतिशत घुलनशीलता सीमा तक ही सीमित है। [1] लिथियम की मात्रा धातु में बढ़ाने से सख्त अवक्षेप (हार्डनिंग प्रेसीपीटेट) के गठन में मदद मिलती है एवं फटींग दरार प्रतिरोधक क्षमता में वृद्धि होती है। [2] तालिका 1 में एल्युमिनियम-लिथियम धातु के विकास की तीन पीढ़ियों का वर्णन है।

**तालिका 1 एल्युमिनियमलिथियम धातु- का संयोजन [2]**

धातु	Li	Cu	Mg	Ag	Zr	Sc	Mn	Zn	द्वारा विकसित	विकास का साल
पहली एल्युमिनियम-लिथियम धातु पीढ़ी										
2020	1.2	4.5					0.5		अल्कोआ	1958
01420	2.1		5.2		0.11				सोवियत	1965
01421	2.1		5.2		0.11	0.17			सोवियत	1965
दूसरी एल्युमिनियम-लिथियम धातु पीढ़ी (Li > 2%)										
2090	2.1	2.7			0.11				अल्कोआ	1984
2091	2.0	2.0	1.3		0.11				पेचीने	1985
8090	2.4	1.2	0.8		0.11	0.17			ई. ए. ए	1984
01430	1.7	1.6	2.7		0.11				सोवियत	1980 दशक
01440	2.4	1.5	0.8		0.11				सोवियत	1980 दशक

01450	2.1	2.9			0.11				सोवियत	1980 दशक
01460	2.25	2.9			0.11	0.09			सोवियत	1980 दशक
<b>तीसरी एल्युमिनियम-लिथियम धातु पीढ़ी (Li &lt; 2%)</b>										
2195	1.0	4.0	0.4	0.4	0.11				एल. एम./ रेनोल्ड्स	1992
2196	1.75	2.9	0.5	0.4	0.11		0.35 तक	0.35 तक	एल. एम./ रेनोल्ड्स	2000
2297	1.4	2.8	0.25 तक		0.11		0.3	0.5 तक	एल. एम./ रेनोल्ड्स	1997
2397	1.4	2.8	0.25 तक		0.11		0.3	0.10	अल्कोआ	1993
2198	1.0	3.2	0.5	0.4	0.11		0.5 तक	0.35 तक	रेनोल्ड्स /मैक कूक	2005
2099	1.8	2.7	0.3		0.09		0.3	0.7	अल्कोआ	2003
2199	1.6	2.6	0.2		0.09		0.3	0.6	अल्कोआ	2005
2050	1.0	3.6	0.4	0.4	0.11		0.35	0.25 तक	पेचीने	2004
2060	0.75	3.95	0.85	0.25	0.11		0.3	0.4	अल्कोआ	2011
2055	1.15	3.7	0.4	0.4	0.11		0.3	0.5	अल्कोआ	2012

### एल्युमिनियम लिथियम-मिश्र धातु- पहली पीढ़ी

लिथियम का एल्युमिनियम में विलय संबंधी कार्य सर्वप्रथम 1920 में सामने आया था, परंतु 1945 में अल्कोआ के आइ. एम. ले बैरन द्वारा Al-Li-Cu के संयोजन रचना का पेटेंट किया गया था। इस धातु का विमान अनुप्रयोग सर्वप्रथम 1958 में एक 2020 प्लेट के रूप में किया गया था, जिसे नौसेना के आर.ए.-5 सी वायुयान के पंखों में उपयोग किया गया था। 20 साल सेवा के बाद जब इस वायुयान की सेवानिवृत्ति की गयी तो इसमें कोई भी दरार या क्षय संबंधी कोई अवगुण नहीं पाया गया था। इस कार्य को आगे बढ़ाते हुए सोवियत ने वी.ए.डी. 23 धातु (2020 समांतर) से निर्मित प्लेट बनाए तथा 01420 एवं 01421 धातु से प्लेट, बहिर्वेधन (एक्सट्रूशन) सामान एवं ताप गढ़न (फोर्जिंग) द्वारा निर्मित सामान बनाए। इन्हें सोवियत वायुयान में प्रयोग किया गया था। [2]

### एल्युमिनियम लिथियम-मिश्र धातु- दूसरी पीढ़ी

सामान्य तौर पर, एल्युमिनियम-लिथियम धातु की दूसरी पीढ़ी के उत्पादों में Li की सांद्रता 2% से ऊपर होती है। 1970 से 1980 के दशक में एल्युमिनियम-लिथियम धातु के शोध का मुख्य उद्देश्य कम घनत्व प्राप्त करके उत्पाद के भार में कमी लाना था। अल्कोआ ने 7075-टी 6 के विकल्प के विकास की दिशा में शोध करते हुये 2090-टी 81 प्लेट, 2090-टी 86 बहिर्वेधन (एक्सट्रूशन) तथा 2090-टी83 एवं टी84 पतली प्लेट (शीट) का विकास किया। फ्रांस के पेचीने ने 2024-टी3 शीट के विकल्प के तौर पे 2091-टी 8 एक्स का विकास किया। ब्रिटिश एरोस्पेस ने भी इसी दिशा में कार्य करते हुये 8090 टी81 प्लेट का विकास किया और इस तकनीक को ब्रिटेन के अलकन को सौंप दिया। आगे चल के इस धातु के टी87 टैंपर प्रारूप का विकास किया गया, जिसका उपयोग अन्तरिक्ष संबंधी प्रयोगों के लिए किया गया था। 1980 के अंत तक सोवियत ने इस दिशा में यूरोप एवं अमेरिका द्वारा किए गए विकास कार्यों का अपना संस्करण तैयार कर लिया था और उन्होंने 01430, 01440, 01450, 01460 जैसे धातुओं के तकनीकी फ़ायदों के बारे में जानकारी पूरी दुनिया को प्रदान की। एल्युमिनियम लिथियम धातु- की दूसरी पीढ़ी के फ़ायदों और नुकसान का विवरण निम्नलिखित है- [2]

एल्युमिनियम-लिथियम धातु की दूसरी पीढ़ी के फ़ायदे:

1. घनत्व में कमी (7% से 10%)
2. लोचदार मापांक (मॉड्यूलस ऑफ़ इलास्टीसिटी) में वृद्धि (10% से 15%)

## 3. फटीग आयु में वृद्धि (फटीग दरार की विकास की दर में कमी)

एल्युमिनियम-लिथियम धातु की दूसरी पीढ़ी के नुकसान:

1. शॉर्ट-ट्रांस्वर्स फ्रैक्चर टफ़नेस में कमी
2. प्लेन स्ट्रेस फ्रैक्चर टफ़नेस में कमी
3. तन्यता (टैन्साइल) गुण के संदर्भ में उच्च अभिविन्यास निर्भरता (अनिसोट्रोपी)। धातु में ज़रकोनियम (Zr) की उपस्थिति से Al<sub>3</sub>Zr का निर्माण होता है और इस कारण ढलाई से आखिरी चरण तक उत्पाद के पुनः मणिभन (रीक्रिस्टीलाइजेशन) में अवरोध उत्पन्न होता है। [3]

**एल्युमिनियम-लिथियम मिश्र धातु- तीसरी पीढ़ी**

1980 के दशक में दूसरी पीढ़ी के Al-Li मिश्र धातुओं की कमियों के मूल-कारण का विश्लेषण किया गया। इस अध्ययन के पश्चात, कम Li सांद्रता (0.75 से 1.8 भार प्रतिशत) वाली नई मिश्र धातुओं का विकास हुआ। मिश्र धातु जैसे 2195, 2196, 2297, 2397, 2198, 2099, 2199, 2050, 2060 और सी. 99एन, अंतरिक्ष और विमान अनुप्रयोगों हेतु विकसित किए गए थे। तालिका 2 तीसरी पीढ़ी के Al-Li उत्पादों में अतिरिक्त धातु जोड़ने के उद्देश्य को दर्शाती है। [2]

Al-Li मिश्र धातु की तीसरी पीढ़ी में कम Li सांद्रता (<2%), उच्च Cu सांद्रता (> 2.5%), और Ag (0.4%), Mn (0.3-0.5%), और Zn (0.1% -0.7%) जैसे धातु पाये जाते हैं। Al-Li मिश्र धातुओं की यह नई पीढ़ी पिछली पीढ़ियों की कमियों को दूर करने के लिए विकसित की गई है, उदाहरण के लिए, अभिविन्यास-निर्भर तन्यता गुण और कम शॉर्ट-ट्रांस्वर्स फ्रैक्चर टफ़नेस। [4]

**तालिका 2 तीसरी पीढ़ी के ए.एल.-एल.आइ. (AL-LI) मिश्र धातुओं में अतिरिक्त धातु के उद्देश्य [2]**

मिश्र धातु	उद्देश्य
Li एवं Mg	घनत्व में कमी, ठोस-विलयन और अवक्षेप सुदृढ़ीकरण
Cu एवं Ag	ठोस-विलयन और अवक्षेप सुदृढ़ीकरण
Zn	ठोस-विलयन सुदृढ़ीकरण और संक्षारण सुधार
Zr एवं Mn	पुनः मणिभन (रीक्रिस्टीलाइजेशन) और बनावट का नियंत्रण
Fe एवं Si	फ्रैक्चर टफ़नेस, फटीग और जंग को प्रभावित करने वाली अशुद्धियाँ
Ti	सिल्लियों के जमने के दौरान कण शोधक
Na एवं K	फ्रैक्चर टफ़नेस को प्रभावित करने वाली अशुद्धियाँ

**एल्युमिनियम-लिथियम मिश्र धातुओं के यांत्रिक गुण**

2090 मिश्र धातु की आक्रंचन (बकलिंग) और ताकत आइसोट्रोपिक मिश्र धातुओं के समान होती है, जब उनके अनुपात की तुलना उनकी अंतिम तन्य क्षमता (यू.टी.एस.) से की जाती है। [5] यांत्रिक मिश्र धातु/पाउडर धातु विज्ञान तकनीकों द्वारा उत्पादित नए महीन दाने वाले एल्युमिनियम-मैग्नीशियम-लिथियम-कार्बन मिश्र धातु विकसित किए गए हैं। ये मिश्र धातु फोर्ज्ड (T1) स्थिति में उपयोग के लिए उपयुक्त हैं। एक उपयुक्त रसायन संयोजन (Al - 5.2% एमजी - 1.3% Li - 0.35% C) तैयार किया गया और बिलेट्स (50 किलो) और खुला ड्राई एकदर्शी (ओपन ड्राई यूनिवैक्सियल) फोर्जिंग के उत्पादन के तरीकों की जांच की गई थी। इनसे आकर्षक यांत्रिक गुण (0.2% प्रूफ स्ट्रेस ~441 MPa, अंतिम तन्य क्षमता UTS~501 MPa और  $K_{1c} \sim 23 \text{ MPa}\sqrt{m}$ ) उत्पन्न हुए हैं। एए 5091 की तुलना में नए मिश्र धातु में कार्बन सांद्रता कम है और मैग्नीशियम सांद्रता ज्यादा है, जो इसे बेहतर फ्रैक्चर टफ़नेस और बेहतर सूक्ष्म कणीय सहजता (पाउडर हैंडलिंग क्षमता) प्रदान करता है। [6] ई.एच. 101 हेलीकॉप्टर भागों के लिए औद्योगिक फोर्जिंग का उत्पादन करने के लिए, एए 5091 प्रकार का एक नया मजबूत मिश्र धातु विकसित किया गया है, जिसका संयोजन इस प्रकार है- Al-1.2%Li-5%Mg-0.35%Cl। यह पाया गया कि अच्छी टफ़नेस के लिए उत्पाद के पर्याप्त ऊष्मित कार्य की आवश्यकता होती है। ताकत और टफ़नेस के संतुलन को फोर्जिंग तापमान द्वारा नियंत्रित किया जा सकता है। [7]

### एल्युमिनियम-लिथियम मिश्र धातुओं की वेल्ड क्षमता

लेज़र वेल्डेड 2090 मिश्र धातु के सूक्ष्म अवलोकन करने से वेल्ड सतह पर मामूली क्षरण देखा गया। साथ ही, वेल्ड क्षेत्र में सरंधता और दरार की अनुपस्थिति का भी पुष्टीकरण किया गया। यांत्रिक परीक्षणों के माध्यम से लेज़र-वेल्डेड 2090 मिश्र धातु के नमूने में पर्याप्त जोड़ दक्षता पायी गयी है। इन परीक्षणों के परिणाम, पारंपरिक आर्क-वेल्डेड नमूने की तुलना में लेज़र-वेल्डेड 2090 नमूने की समग्र श्रेष्ठता को प्रकट करते हैं। एल्युमिनियम-लिथियम मिश्र धातु 2090 के सूक्ष्म संरचना (माइक्रोस्ट्रक्चर) और गुणों पर लेज़र बीम के प्रभाव के अध्ययन के आधार पर, निम्नलिखित निष्कर्ष निकाले गए हैं- [8]

1. मिश्र धातु 2090 एक उच्च ऊर्जा बीम स्रोत (लेज़र) का उपयोग करके वेल्ड करने योग्य है। यदि नमूने पर कोई पूर्व सतह-तैयारी नहीं है, तो 55% की तन्य शक्ति जोड़ दक्षता प्राप्त की जा सकती है। नमूने की सतह-तैयारी करके, तन्य शक्ति जोड़ दक्षता को 83% तक बढ़ाया जा सकता है।
2. लेज़र वेल्ड की कठोरता लगभग 85-90 किग्रा/मिमी<sup>2</sup> पाई गई। यह माप कई परीक्षणों में सुसंगत पाया गया। वेल्डिंग के परिणामस्वरूप विभिन्न सूक्ष्म संरचनात्मक बदलाव की उपस्थिति से भी यह कठोरता का माप अप्रभावित पाया गया।
3. लेज़र बीम की ट्रेवर्स गति में वृद्धि के साथ वेल्ड की गहराई (पेनीट्रेशन) और वेल्ड की चौड़ाई में तेज़ी से कमी आती है, जो कि वेल्ड मकेनिस्म के डीप पेनीट्रेशन प्रकार से कंडक्शन प्रकार में बदलाव होने का संकेत देता है।
4. वेल्ड जिस आधार वस्तु पर हुआ है (वेल्ड-बेस मटेरियल इंटरफेस), उसमें केवल कुछ छिद्र देखे गए थे, और लेज़र वेल्ड की सरंधता (पोरोसिटी), वेल्ड की गहराई (पेनीट्रेशन) से अप्रभावित देखी गई थी।

प्रयोगात्मक परिणामों से पता चला है कि 01420 मिश्र धातु के घर्षण उत्तेजित (फ्रिक्शन स्ट्र) वेल्डेड जोड़ों की अधिकतम तन्य शक्ति, आधार वस्तु (बेस मटीरियल) के 86% अधिकतम तन्य शक्ति के बराबर है और जोड़ों का अधिकतम झुकाव कोण 180° तक पहुंच सकता है। [9] वेल्ड के यांत्रिक क्षरण से बचाव के लिए एल्युमिनियम-लिथियम मिश्र धातुओं की लेज़र बीम वेल्डिंग प्रक्रिया के दौरान डाइल्यूशन किया जाना चाहिए। वेल्ड में Li के असमान वितरण के कारण स्थानीय रूप से कठोरता और ताकत में अंतर आता है। वेल्डिंग के दौरान Si के स्थानीय विलुप्तता के कारण ऊष्म दरारें (हॉट क्रेकिंग) आ जाती हैं, जिनका वेल्ड के यांत्रिक गुणों पर दुष्प्रभाव पड़ता है। [10]

लिथियम-एल्यूमीनियम मिश्र धातुओं को गैस टंगस्टन आर्क, प्लाज़्मा आर्क, लेज़र बीम, इलेक्ट्रॉन बीम, प्रतिरोध और घर्षण वेल्डिंग जैसे विभिन्न प्रक्रियाओं द्वारा वेल्ड किया जा सकता है। इन मिश्र धातुओं का उपयोग इन वेल्डिंग प्रक्रियाओं तक ही सीमित नहीं है और वेल्डिंग प्रक्रिया का चयन अन्य संरचनात्मक एल्यूमीनियम मिश्र धातुओं के जैसा ही है। इन मिश्र धातुओं के साथ विभिन्न प्रकार के Li मुक्त भराव धातुओं (फिलर धातु) का उपयोग किया जा सकता है। उच्च सरंधता (पोरोसिटी) संभावना के कारण Li आधारित भराव धातु सामान्य तौर पर अनुशंसित नहीं है तथा उपलब्ध भी नहीं है। Al-Li-X मिश्र धातुओं में कम जोड़ दक्षता (वेल्ड ताकत एवं आधार धातु की ताकत का अनुपात) एवं उच्च ताकत प्रदान करने वाले अवक्षेप (प्रेसीपिटेशन हार्डेंड)-एल्यूमीनियम मिश्र धातुओं के अनुरूप ही है। वेल्ड स्थिति में कुछ मिश्र धातुओं के लिए जोड़ दक्षता 50% जितनी कम हो सकती है। अगर भराव धातु (फिलर धातु) का ऊष्म उपचार संभव नहीं है (जैसे 4043), तो वेल्ड उपरांत ऊष्म उपचार के माध्यम से मिश्र धातु की ताकत बढ़ाने का उपाय काम नहीं आता। हालांकि, वेल्ड धातु और ऊष्म प्रभावित क्षेत्र (HAZ) में नरमी (कम कठोरता) वेल्ड उपरांत एजिंग उपचार द्वारा आंशिक रूप से पुनर्प्राप्त की जा सकती है। वेल्डिंग के पश्चात, सोल्यूशन एनीलिंग और एजिंग उपचार से जोड़ दक्षता में काफी सुधार हो सकता है। [11]

### एल्युमिनियम-लिथियम मिश्र धातुओं की सुपरप्लास्टिसिटी

ऊष्म-यान्त्रिकी (थर्मोमैकेनिकल) प्रसंस्करण द्वारा कण संरचना को परिष्कृत करके Al-Li मिश्र धातु, सुपरप्लास्टिसिटी प्रदर्शित कर सकता है। हालांकि, 150% से ऊपर के सुपरप्लास्टिक बढ़ाव, धातु में अवक्षेप के आसपास और कण सीमाओं (ग्रेन बाउंड्री) के ट्रिपल पॉइंट जंक्शनों पर आंतरिक रिक्ति (इंटरनल केविटी) उत्पन्न करते हैं। यह प्रवृत्ति एल्यूमीनियम संरचनाओं के निर्माण में सुपरप्लास्टिक फॉर्म (एसपीएफ) के अनुप्रयोग को प्रतिबंधित करती है। हालांकि, हाल ही में यह प्रदर्शित किया गया है कि सुपरप्लास्टिक विरूपण के दौरान इष्टतम मापदंड (जैसे तापमान, तनाव दर, और सुपरइंपोज्ड बैकग्राउंड प्रेशर) का उपयोग करके केविटेशन को कम या समाप्त किया जा सकता है। 7475 Al मिश्र धातुओं के लिए इष्टतम तापमान और तनाव दर क्रमशः 527°C और  $2 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$  पाई गई। [12] 1982 में ग्रिम्स द्वारा पहली बार ए.ए. 8090 Al-Li मिश्र धातु में सुपरप्लास्टिसिटी की पुष्टि की गई थी। सुपरप्लास्टिक व्यवहार के लिए सूक्ष्म संरचना (10 माइक्रोन से कम आकार के सामानदर्शी कण) आवश्यक है तथा इसे मिश्र धातु में यांत्रिक या थर्मोमैकेनिकल प्रसंस्करण के पश्चात् स्थिर अथवा गतिशील पुनः मणिभन (रीक्रिस्टीलाइजेशन) द्वारा प्राप्त किया जा सकता है। [13] इस तरीके से मिश्र धातु ने 530 डिग्री सेल्सियस पर 660% की विफलता विस्तार (एलॉगेशन) और  $10^{-3} \text{ s}^{-1}$  की तनाव दर के साथ सुपरप्लास्टिक व्यवहार प्रदर्शित किया। [14]

वेल्ड नमूने (वेल्ड नगोट) की सुपरप्लास्टिसिटी पर घर्षण उत्तेजित (फ्रिक्शन स्टर) प्रसंस्करण (FSP) मापदंडों (टूल रोटेशन स्पीड और फीड रेट) के प्रभाव का मूल्यांकन करने के लिए एक अध्ययन किया गया था। गतिशील रूप से पुनः मणिभनित AA 2095 की पतली शीट (2 माइक्रोन के महीन कण के आकार के साथ) को चार फ्रीड दरों और तीन घूर्णी (रोटेशनल) गति का उपयोग करके वेल्ड किया गया। FSP मापदंडों के महत्व को समझने और अधिकतम विस्तार (एलॉगेशन) के लिए मापदंडों को अनुकूलित करने के लिए उच्च तापमान तन्यता परीक्षण को नियोजित किया गया था। सुपरप्लास्टिक व्यवहार को नियंत्रित करने के लिए टूल घूर्णी (रोटेशनल) गति को सबसे निर्णायक आयाम पाया गया। 495°C के इष्टतम सुपरप्लास्टिक फॉर्मिंग (एस.पी.एफ.) तापमान पर उच्चतम घूर्णी गति (रोटेशन स्पीड) के लिए 0.68 की तनाव दर संवेदनशीलता को मापा गया था। शीट पर 1000 रेव/मिनट की रोटेशन स्पीड और 4.2 मिमी/सेकेंड की फीड रेट से फ्रिक्शन स्टर प्रसंस्करण (एफ.एस.सी.) का प्रयोग करने से 550% की उच्चतम विफलता विस्तार पायी गयी, जबकि बेस मेटल में इष्टतम 495°C SPF तापमान और  $10^{-3} \text{ s}^{-1}$  के तनाव दर पर उच्चतम विफलता विस्तार 475% पायी गयी थी। [15]

एक Al-Li-Mg-Sc-Zr मिश्र धातु को एक इंगोट धातु विज्ञान तकनीक द्वारा निर्मित किया गया और इसे तीन अलग-अलग तापमानों, 240 °C, 325 °C और 400°C पर समान चैनल कोणीय एक्सट्रूजन के माध्यम से तीव्र प्लास्टिक तनाव के अधीन डाला गया था। मिश्र धातु के सुपरप्लास्टिक गुणों और सूक्ष्म संरचना के विकास की जांच 250-500°C के तापमान अंतराल में तथा  $1.4 \times 10^{-5}$  to  $1.4 \text{ s}^{-1}$  तक की तनाव दरों पर की गई। श्रेष्ठ सुपरप्लास्टिक गुण (~0.6 के तनाव दर संवेदनशीलता गुणांक (स्ट्रेन रेट सेंसिटिविटी कोएफिशिएंट) के साथ 3000% की विफलता विस्तार) 450°C तथा  $1.4 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$  के तनाव दर पर प्राप्त किए गए थे। इस मिश्र धातु का औसत कण आकार ~ 2.6 माइक्रोन और पुनः मणिभन (रीक्रिस्टीलाइजेशन) अंश लगभग 90% था। [16]

### एल्युमिनियम-लिथियम मिश्र धातुओं पर संक्षारण अध्ययन

लेज़र वेल्डेड 2091-T8X Al-Li मिश्र धातु जोड़ों के स्ट्रेस करोशन क्रेकिंग (एस.सी.सी.) व्यवहार का अध्ययन डगलस एयरक्राफ्ट कंपनी के इंजीनियरों द्वारा 3.5 भार प्रतिशत NaCl के जलीय घोल में परिवेश तापमान पर किया गया था। परिणामों से पता चला कि स्ट्रेस करोशन क्रेकिंग (एस.सी.सी.) -0.725 E संभावित वोल्ट पर हुआ। वेल्ड उपरांत ऊष्म उपचार से स्ट्रेस करोशन क्रेकिंग (एस.सी.सी.) की संवेदनशीलता कम पायी गयी। [17] मल्टी-स्टेप हीटिंग-रेट कंट्रोल्ड एजिंग (एम.एस.आर.सी.) द्वारा उपचारित 2195 Al-Li मिश्र धातु के इंटरग्रेनुलर जंग और एक्सफोलिएशन जंग का अध्ययन किया गया है। उच्च-तापमान न्यूक्लियेशन एम.एस.आर.सी. (एच.-एम.) और निम्न-तापमान न्यूक्लियेशन एम.एस.आर.सी. (एल.-एम.) द्वारा उपचारित 2195 Al-Li मिश्र धातुओं की संक्षारण विशेषताओं की तुलना की गयी है। परिणाम बताते हैं कि (एल.-एम.) किए हुये 2195 Al-Li मिश्र धातु की तुलना में (एच.-एम.) किए हुये 2195 Al-Li मिश्र धातु, इंटरग्रेनुलर जंग और एक्सफोलिएशन जंग के लिए अतिसंवेदनशील है। पूर्व-विरूपण (डिफ़ोर्मेशन) में वृद्धि के साथ इंटरग्रेनुलर जंग बढ़ जाती है और रोलिंग दिशा

के समानांतर सतह एक्सफोलिएशन जंग के लिए अधिक प्रवण होती है। मिश्र धातु का एक्सफोलिएशन जंग, रोलिंग दिशा की लंबवत सतह की तुलना में रोलिंग दिशा के समानांतर सतह पर अधिक आसानी से होता है।

[18]

जंग के व्यवहार पर कण सीमा (ग्रेन बाउंड्री) और महीन अवक्षेप (प्रेसीपिटेशन) के प्रभाव की जांच दो अलग-अलग एल्यूमीनियम-लिथियम मिश्र धातुओं में की गई- Al-1.6Li (ठोस घोल में लिथियम) और Al-2.3Li (Al<sub>3</sub>Li अवक्षेप के रूप में लिथियम)। इन दोनों मिश्र धातुओं पर तीन अलग-अलग गंभीर प्लास्टिक विरूपण (सिवियर प्लास्टिक डिफॉर्मेशन) उपचार अपनाए गए, जिससे मिश्र धातुओं के सूक्ष्म संरचना को अल्ट्राफाइन कण में परिष्कृत किया गया। प्रयोगों में प्रयुक्त गंभीर प्लास्टिक विरूपण तकनीकें हैं - समान चैनल कोणीय दबाव, हाइड्रोस्टैटिक एक्सट्रूजन और एक्सट्रूजन-टोरसन। परिणामों से संकेत मिलता है कि सबस्ट्रेट की सतह पर बनने वाली निष्क्रिय परत (पेस्सिव लेयर) की पिट्टिंग क्षमता, पिट्टिंग संख्या और स्थिरता, औसत कण आकार और अवक्षेप (प्रेसीपिटेशन) की उपस्थिति/अनुपस्थिति के आधार पर परिवर्तित होती है। ऊपर वर्णित घोल में, जंग प्रतिरोध क्षमता, औसत कण के आकार में कमी के साथ बढ़ता प्रतीत होता है। एक्सट्रूजन-टोरसन विधि से न्यूनतम संक्षारण प्रतिरोध का माइक्रोस्ट्रक्चर प्राप्त हुआ था। [19]

### इसरो द्वारा एल्युमिनियम-लिथियम मिश्र धातुओं की जांच

मिश्र धातु में Li जोड़ने की एक नई तकनीक द्वारा, वायुमंडलीय अनुप्रयोग के लिए दो अलग-अलग ग्रेड का विकास किया गया। बिलेट्स को हॉट फोरजिंग से बनाया गया था और 3-4 मिमी की मोटाई तक रोल किया गया था। विभिन्न टेंपर स्थितियों के लिए इनका ऊष्म उपचार किया गया। दोनों मिश्र धातुओं ने प्रभावी प्राकृतिक एजिंग प्रतिक्रिया प्रदर्शित की। [20]

Al-Cu-Li-Ag-Mg-Zr मिश्र धातु के प्रसंस्करण में लिथियम जोड़ने की एक नई तकनीक विकसित की गयी है, प्रायोगिक जांच से पता चलता है कि T6 स्थिति (500°C/1 घंटा+जल द्वारा कैंचिंग+190°C/24 घंटे) में Al-1.3% Li मिश्र धातु के लिए उच्चतम यांत्रिक गुण हैं। [21]

लिथियम के निहित गुण जैसे, उच्च प्रतिक्रियाशीलता और विषाक्तता, अपेक्षाकृत कम घनत्व, कम गलनांक और इसकी उच्च लागत के कारण Al-Cu-Li मिश्र धातु AA 2195 की ढलाई करने के लिए एक विशेष तकनीकी दृष्टिकोण की आवश्यकता होती है, जबकि पारंपरिक डायरेक्ट चिल (डी.सी.) ढलाई, Al मिश्र धातु के लिए इस्तेमाल होता है। नीरज नयन et.al द्वारा गतिशील-निष्क्रिय (डाइनिमिक इनर्ट) वातावरण के तहत वैक्यूम इंडक्शन मेल्टिंग (वी.आइ.एम.) भट्टी में 200 किलोग्राम अल-क्यू-ली मिश्र धातु के पिघलने और कास्टिंग हेतु प्रसंस्करण की विधि दी गई है। ढलाई के बाद बिलेट्स को माइक्रोसेग्रीगेशन से बचने के लिए समरूप (होमोजेनाइस) बनाया गया और उसके उपरांत दूसरे धातु प्रसंस्करण कार्य जैसे फोर्जिंग और रोलिंग किया गया है। [22,23]

गतिशील निष्क्रिय (डाइनिमिक इनर्ट) वातावरण के तहत VIM में Al-Cu-Li मिश्र धातु AA2195 कास्ट सिलिलियों (इंगोट) (प्रत्येक 7-8 किग्रा) के प्रसंस्करण के लिए शुद्ध लिथियम को जोड़ने की एक नई तकनीक को अपनाया गया है। कास्ट बिलेट्स को 250, 300, 350 और 400 डिग्री सेल्सियस के तापमान रेंज में कैलिबर रोलिंग द्वारा समरूप, फ़ोर्ज और 12 मिमी व्यास की छड़ में परिवर्तित किया गया था। कैलिबर रोल्ल छड़ को T8 (सॉल्यूशन ट्रीटमेंट + वाटर कैंचिंग + कोल्ड वर्क + एजिंग) स्थिति में डाला गया। 350°C तापमान पर रोल्ल कैलिबर छड़ का T87 टेम्पर स्थिति में उच्चतम यांत्रिक गुण पाया गया है। [24]

T87 टेंपर स्थिति (सॉल्यूशन ट्रीटमेंट + वाटर कैंचिंग + 7% कोल्ड वर्क + एजिंग) में एल्यूमीनियम-लिथियम मिश्र धातु AA2195 की 4 मिमी मोटी शीट पर तन्यता परीक्षण किया गया। 7% कोल्ड वर्किंग, कोल्ड रोलिंग और स्ट्रेचिंग के संयोजन द्वारा किया गया और इस दौरान परिवेश (अंबिएंट) से लेकर तरल हाइड्रोजन (20 K) तक का तापमान विस्तार था। ताकत और लचीलापन के संदर्भ में दिशा निर्भरता (अनिसोट्रॉपी) को चिह्नित करने के लिए अनुदैर्घ्य (लॉन्गिट्यूडीनल) और अनुप्रस्थ (ट्रांसवर्स) दिशाओं में गुणों का मूल्यांकन किया गया था। समान क्रायोजेनिक अनुप्रयोगों के लिए विकसित पारंपरिक एल्यूमीनियम मिश्र धातु AA2219-T87 से ताकत और लचीलापन की तुलना की गई। परीक्षण तापमान में कमी लाने पर उच्च ताकत प्रदर्शित हुयी, जबकि लचीलेपन में कोई खास बदलाव नहीं हुआ। [25]

एल्यूमीनियम-तांबा-लिथियम मिश्र धातु AA 2195 के तनाव विरूपण के दौरान सूक्ष्म संरचनात्मक बदलाव को समझने के लिए एक हॉट समान-ताप प्लेन स्ट्रेन कम्प्रेसन (पी.एस.सी.) परीक्षण का उपयोग किया गया था। हॉट समान ताप पी.एस.सी. परीक्षण 300-450°C के तापमान सीमा और 0.01 s<sup>-1</sup> और 1 s<sup>-1</sup> की तनाव दरों पर की गयी थी। पीएससी के दौरान प्रवाह वक्रों (फ्लो कर्व) ने उच्च तापमान पर कमजोरी दिखाई। पी.एस.सी. परीक्षण किए गए नमूनों के इलेक्ट्रॉन बैकस्कैटर्ड डिफ्रेक्शन विश्लेषण से पता चला है कि उच्च तापमान और कम तनाव दर पर विकृत (डिफोर्म) नमूनों में गतिशील पुनः मणिभन होता है। थर्मो-मैकेनिकल प्रोसेसिंग के दौरान तापमान और तनाव दर के अनुकूलन के माध्यम से AA 2195 में कण के आकार को नियंत्रित करना संभव है। [26]

Al-Cu-Li मिश्र धातु (AA2195) का उत्पादन गतिशील आर्गन वातावरण के तहत वैक्यूम इंडक्शन मेल्टिंग (वी.आइ.एम.) भट्टी का उपयोग करके किया गया था। दो-चरणीय समरूपीकरण चक्र का उपयोग करके धलाई किए हुये बिलेट्स को समरूप बनाया गया था। समरूप और फोर्ज्ड AA2195 मिश्र धातु के ऊष्म विरूपण (डिफोर्मेशन) व्यवहार का अध्ययन ऊष्म-यान्त्रिकी (थर्मो-मैकेनिकल) सिमुलेटर में गर्म समानताप संपीडन (आइसोथर्मल कंप्रेशन) द्वारा किया गया था। पावर के कंट्रोल मानचित्र और अस्थिरता मानचित्र 250-450 डिग्री सेल्सियस के तापमान रेंज और 10<sup>-3</sup> से 10<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> की तनाव दर सीमा के भीतर तैयार किए गए हैं। विभिन्न विरूपण तंत्र, जो विभिन्न तापमान-तनाव दर व्यवस्थाओं में काम करते हैं, इन मानचित्रों की सहायता से पहचाने गए और विकृत नमूनों का पूरक सूक्ष्म संरचनात्मक विश्लेषण किया गया। [27]

### निष्कर्ष:

1. एल्युमिनियम-लिथियम मिश्र धातु, विमान और अन्तरिक्ष अनुप्रयोगों में उपयोग किए जाने वाले अन्य एल्युमिनियम मिश्र धातुओं के बदले एक प्रभावी विकल्प है।
2. एल्युमिनियम-लिथियम मिश्र धातुओं के यांत्रिक गुण अन्य एल्युमिनियम मिश्र धातुओं के साथ तुलनीय हैं।
3. एल्युमिनियम-लिथियम मिश्र धातुओं की वेल्ड क्षमता अध्ययन में कोई चिंताजनक परिणाम नहीं हैं।
4. एल्युमिनियम-लिथियम मिश्र धातुओं में संक्षारण प्रतिरोध गुण और सुपरप्लास्टिक गुण हैं।
5. एल्युमिनियम-लिथियम मिश्र धातुओं पर इसरो द्वारा की गयी जांच से संकेत मिलता है कि ये मिश्र धातु बहुत जल्द उपयोग में आ सकते हैं।

### अभरोक्ति

इस लेख को प्रकाशित करने की अनुमति देने के लिए लेखक उप-निदेशक, तंत्र प्रणाली, एस.डी.एस.सी. शार एवं निदेशक, एस.डी.एस.सी. शार के प्रति हार्दिक धन्यवाद व्यक्त करते हैं।

### सन्दर्भ:

1. ई.ए.स्टार्क जूनियर, टी.एच. सैंडर्स जूनियर और आई.जी. पामर, 'अल-ली सिस्टम में मिश्र धातु विकास के लिए नए दृष्टिकोण', द जर्नल ऑफ द मिनरल्स, मेटल्स एंड मैटेरियल्स सोसाइटी, अगस्त 1981, खंड 33, पीपी 24-33
2. रोबर्टो जे.रियोजा और जॉन लियू 'एयरोस्पेस और अंतरिक्ष अनुप्रयोगों के लिए अल-ली बेस उत्पादों का विकास, धातुकर्म और सामग्री लेनदेन', खंड 43ए, सितंबर 2012, पीपी 3325-3337
3. ई ए सतर्क जूनियर और एह जी एफ विल्सडोफ़र्ट, 'न्यू लो-डेंसिटी एंड हाई-टेम्परेचर एल्युमिनियम अलॉयज', थर्मल स्ट्रक्चर्स एंड मैटेरियल्स फॉर हाई-स्पीड फ्लाइट, 1992, पीपी 113-139।
4. बाबाक अनासोरी, फ्रैंकलिन सेलोट, डेविड स्टेनली, जोनाथन एवरबच, और टीन-मिन टैन, 'एल्यूमीनियम लिथियम रिवेटेड लैप जॉइंट्स में थकान क्रैक ग्रोथ', प्रोसीडिया इंजीनियरिंग, वॉल्यूम 74, 2014, पीपी 413 - 416।

5. रॉबर्ट डि टोला, 'लॉन्च वाहन अनुप्रयोगों में एल्यूमीनियम-लिथियम संरचनाओं की कतरनी पैनेल टूटना ताकत', 37 वां एआईएए/एएसएमई/एएससीई/एएचएस / एएससी संरचनाएं, संरचनात्मक गतिशीलता, और सामग्री सम्मेलन, साल्ट लेक सिटी, यूटी, अप्रैल 15-17, 1996, पीपी 311-321
6. डब्ल्यू जे वाइन, पी.डी. पिचर और ए. दी। टैरेंट, 'न्यू Al -Mg - Li -C डिस्पर्सन स्ट्रेंथन अलॉय पार्ट 1-कंपोजिशन एंड प्रोसेस डेवलपमेंट', मैटेरियल्स साइंस एंड टेक्नोलॉजी, जुलाई 2001, वॉल्यूम 17, पीपी 802-806।
7. पी.डी. पिचर, आर.एस. बुशबी, डब्ल्यू.जे. वाइन, ए.एफ. स्मिथ और ए.डी. टैरेंट, 'न्यू अल-एमजी-ली-सी डिस्पर्सन स्ट्रेंथन एलॉय पार्ट 2 - फोर्जिंग एप्लिकेशन के लिए सामग्री का अनुकूलन', सामग्री विज्ञान और प्रौद्योगिकी, जुलाई 2001, खंड 17, पीपी 807-814।
8. पीए मोलियन और टी.एस.श्रीवत्सन, 'लेजर-बीम वेल्ड माइक्रोस्ट्रक्चर और एल्युमिनियम-लिथियम मिश्र धातु 2090 के गुण', सामग्री पत्र, खंड 9, संख्या 7-8, अप्रैल 1990, पीपी 245-251।
9. शिटोंग वेई, चुआनयोंग हाओ और जिचुन चेन, 'स्टडी ऑफ फ्रिक्शन स्टिर वेल्डिंग ऑफ 01420 एल्युमिनियम-लिथियम एलॉय', मैटेरियल्स साइंस एंड इंजीनियरिंग ए, वॉल्यूम 452-453, 2007,
10. जोसेफिन एनज़, स्टीफन रीकेहर, वोल्कर वेंटज़के और निकोलाई काशेव, 'लेजर बीम वेल्डेड अल-ली अलॉयज के यांत्रिक गुणों पर स्थानीय रासायनिक संरचना का प्रभाव', भौतिकी प्रोसीडिया, खंड 39, 2012, पीपी 51 - 58
11. ए. कोस्त्रिवास और जे.सी. लिपपोल्ड, 'ली-बेयरिंग एल्युमिनियम अलॉयज की वेल्डेबिलिटी', इंटरनेशनल मैटेरियल्स रिव्यू, 1999, वॉल्यूम 44, नंबर 6, पीपी 217-237।
12. धनंजय डी भट्ट और रिचर्ड जे लेडेरिच, सुपरप्लास्टिक उच्च शक्ति एल्यूमीनियम मिश्र धातुओं का निर्माण, डीओआई: 10.2514/6.1985-748
13. बी. पी. कश्यप और एम. सी. चतुर्वेदी, 'एनील्ड एए 8090 अल-ली अलॉय का सुपरप्लास्टिक व्यवहार', सामग्री विज्ञान और प्रौद्योगिकी, अक्टूबर 2003, खंड 19, पीपी 1369-1378
14. Y. Xun, M. J. Tan और T. G. Nieh, 'ग्रेन बाउंड्री कैरेक्टराइजेशन इन सुपरप्लास्टिक डिफॉर्मेशन ऑफ अल-ली अलॉय यूजिंग इलेक्ट्रॉन बैकस्कैटर डिफ्रैक्शन', मैटेरियल्स साइंस एंड टेक्नोलॉजी, फरवरी 2004, वॉल्यूम 20, पीपी 173-180।
15. एम. एम. अतल्ला और एचजी सलेम, 'इन्फ्लुएंस ऑफ प्रोसेस पैरामीटर्स ऑन सुपरप्लास्टिकिटी ऑफ फ्रिक्शन स्टिर प्रोसेस्ड नगेट इन हाई स्ट्रेंथ अल-क्यू-ली अलॉय', मैटेरियल्स साइंस एंड टेक्नोलॉजी, नवंबर, 2004, वॉल्यूम 20, पीपी 1370-1376।
16. आर. कैबीशेव, के. शिपिलोवा, एफ. मुसिन और वाई. मोटोहाशी, 'अचीविंग हाई स्ट्रेन रेट सुपरप्लास्टिकिटी इन अल-ली-एमजी अलॉय थ्रू इक्वल चैनल एंगुलर एक्सट्रूज़न', मैटेरियल्स साइंस एंड टेक्नोलॉजी, 2005, वॉल्यूम 21, नंबर 4, पीपी 408-418।
17. चारिस एस. लिन, 'स्ट्रेस-कोर्सियन क्रैकिंग बिहेवियर ऑफ लेजर-वेल्डेड एल्युमिनियम-लिथियम शीट जॉइंट्स इन सॉल्ट सॉल्यूशन', एआईएए/एएचएस/एएसईई एयरक्राफ्ट डिजाइन, सिस्टम्स एंड ऑपरेशंस कॉन्फ्रेंस सिपेटल, डब्ल्यूए / 31 जुलाई - 2 अगस्त, 1989।

18. जू यू वांग शियाओजिंग, यान झाओटोंग और ली जियाक्स्यू, 'हल्के वजन और उच्च शक्ति 2195 अल-ली मिश्र धातु के संक्षारण गुण', चीनी जर्नल ऑफ एरोनॉटिक्स, खंड 24, 2011, पीपी 681-686
19. लुकाज़ डोलेगा, बोगुस्लावा एडमज़िक-सीज़लाक, जारोस्लाव मिज़ेरा और क्रिज़स्टॉफ़ जान कुर्ज़ीडलॉस्की, 'मॉडल अल्ट्राफाइन-ग्रेनड अल-ली अलॉयज़ प्रोड्यूसड बाय सीवियर प्लास्टिक डिफॉर्मेशन', जर्नल ऑफ़ मैटेरियल साइंस, 2012, वॉल्यूम 47, पीपी 3026-3033 .
20. आर.के. गुप्ता, नीरज नयन, जी. नागसिरेशा और एस.सी. शर्मा, 'डेवलपमेंट एंड कैरेक्टराइजेशन ऑफ अल-ली अलॉयज़', मैटेरियल्स साइंस एंड इंजीनियरिंग, ए 420 (2006) 228-234।
21. नीरज नयन, गोविंद, के सुशीलन नायर, एम.सी. मित्तल और के.एन. सुधाकरन, 'अल-क्यू-ली-एमजी-एजी-जेडआर मिश्र धातु पर अध्ययन वैक्यूम इंडक्शन मेल्टिंग (वीआईएम) तकनीक के माध्यम से संसाधित', सामग्री विज्ञान और इंजीनियरिंग: ए, वॉल्यूम 454 -455, 25 अप्रैल 2007, पृष्ठ 500-507
22. नीरज नयन, एस.वी.एस. नारायण मूर्ति, एस.सी. शर्मा, के. श्रीकुमार और पी.पी. सिन्हा, अल-क्यू-ली अलॉय AA2195 का प्रसंस्करण और विशेषता, सामग्री विज्ञान फोरम (वॉल्यूम 710), जनवरी 2012, पीपी 119-124।
23. नीरज नयन, एस.वी.एस. नारायण मूर्ति, अभय के.झा, भानु पंत, एस.सी.शर्मा, कोशी एम जॉर्ज और जी.वी.एस. शास्त्री, 'अल-क्यू-ली अलॉय AA2195 अंडरगोइंग स्केल अप प्रोडक्शन थ्रू वैक्यूम इंडक्शन मेल्टिंग तकनीक' का प्रसंस्करण और विशेषता, सामग्री विज्ञान और इंजीनियरिंग: ए, खंड 576, 1 अगस्त 2013, पृष्ठ 21-28
24. नीरज नयन, एस.वी.एस. नारायण मूर्ति, एस.सी. शर्मा, के. श्रीकुमार, परमेश्वर और प्रसाद सिन्हा, 'वैक्यूम इंडक्शन मेल्टिंग एंड कैलिबर रोलिंग के माध्यम से संसाधित AA2195 अल-क्यू-ली अलॉय बार्स का प्रसंस्करण और विशेषता' सामग्री विज्ञान फोरम (वॉल्यूम 710), जनवरी 2012,
25. नीरज नयन, नारायण मूर्ति एसवीएस, अभय के झा और भानु पंत, कोशी एम. जॉर्ज, जीवीएस शास्त्रीब 'एल्यूमीनियम के यांत्रिक गुण-कॉपर-लिथियम मिश्र धातु AA2195 क्रायोजेनिक तापमान पर', सामग्री और डिजाइन, जून 2014, खंड 58, पीपी 445 -450
26. नीरज नयन, नीलेश पी.गुराव, एस.वी.एस.नारायण मूर्ति, अभय के.झा, भानु पंत, एस.सी.शर्मा और कोशी एम. जॉर्ज, 'माइक्रोस्ट्रक्चर एंड माइक्रो-टेक्सचर इवोल्यूशन ड्यूरिंग लार्ज स्ट्रेन डिफॉर्मेशन ऑफ अ एल्युमिनियम-कॉपर-लिथियम एलॉय एए 2195' , सामग्री और डिजाइन (1980-2015), खंड 65, जनवरी 2015, पीपी 862-868
27. नीरज नयन, एस.वी.एस. नारायण मूर्ति, सुमित छंगानी, आदित्य प्रकाश, एम.जे.एन.वी.प्रसाद और आई.समाजदरब, 'तापमान का प्रभाव और अल-क्यू-ली मिश्र धातु के गर्म विरूपण व्यवहार और माइक्रोस्ट्रक्चर पर प्रभाव', मिश्र धातु और यौगिकों का जर्नल, खंड 723, 5 नवंबर 2017 , पृष्ठ 548-558

**लेखक परिचय:**

डॉ. ए.वी. संथानबाबू, साइंटिस्ट/इंजीनियर- एस.जी., गुणवत्ता प्रभाग – यान समाकलन एवं प्रमोचन मंच प्रणाली, प्रमोचन कॉम्प्लेक्स प्रणाली में प्रभाग अध्यक्ष के रूप में तंत्र विश्वासनीयता, सतीश धवन अन्तरिक्ष केंद्र, शार में कार्यरत हैं। उन्होंने अपनी पी.एच.डी. शीर्षक- “फ्लक्स के अधीन AA2219 T87 एल्युमिनियम मिश्र धातु की टी.आइ.जी. वैलडिंग का विशेषीकरण”। इनकी दक्षता ठोस प्रणोदन, द्रव्य प्रणोदन, एल्युमिनियम मिश्र धातु एवं वैलडिंग जैसे क्षेत्रों में है।



दिव्यान्शु सिंह, साइंटिस्ट/इंजीनियर- एस.डी., गुणवत्ता प्रभाग – यान समाकलन एवं प्रमोचन मंच प्रणाली, प्रमोचन कॉम्प्लेक्स प्रणाली में इंजीनियर के रूप में तंत्र विश्वासनीयता, सतीश धवन अन्तरिक्ष केंद्र, शार में कार्यरत हैं। उन्होंने यांत्रिक अभियांत्रिकी से अपना स्नातक, एन.आइ.टी. जमशेदपुर से 2013 में पूरा किया। 2013-2016 के बीच वे टाटा मोटर्स में गुणवत्ता प्रभाग में सह-प्रबन्धक रह चुके हैं। इनकी दक्षता ठोस प्रणोदन, गुणवत्ता आश्वासन एवं मटेरियल विज्ञान जैसे क्षेत्रों में है।

**योज्य निर्माण: अंतरिक्ष क्षेत्र के लिए अवसर और चुनौतियां**

विकास कुमार  
वैज्ञानिक/ इंजीनियर-एस.डी.  
यान संयोजन एवं प्रमोचन सुविधाएं  
एस.डी.एस.सी. शार, इसरो

**परिचय**

योज्य निर्माण एक आधुनिक निर्माण तकनीक है जहाँ घटकों के उत्पादन के लिए सामग्री की क्रमिक परतों को स्तरित किया जाता है, जिसे 3-डी मुद्रण के औद्योगिक संस्करण के रूप में भी जाना जाता है। योज्य निर्माण द्वारा प्रदान की जाने वाली रचना स्वतंत्र अंतरिक्ष उद्योग के लिए आदर्श है, जहाँ घटकों का उत्पादन अत्यधिक अनुकूलित एवं मात्रा में कम है। योज्य निर्माण द्वारा उत्पादित घटकों में शामिल हैं:

- सीमा में लागत
- महत्वपूर्ण लागत
- नई सामग्री और अद्वितीय रचना समाधान
- कुशल संरचना के माध्यम से घटकों के द्रव्यमान में कमी
- प्रदर्शन को बढ़ाने के लिए बहु संघटकों का समेकन

योज्य निर्माण प्रक्रियाएं	योज्य निर्माण का प्रयोग करते हुए उत्पाद विकास के लिए चरण
पाउडर पटल संलयन	विकास की संकल्पना
निर्देशित ऊर्जा निक्षेपण	दृश्य संरचना (सी ए डी सॉफ्टवेयर का प्रयोग)
योजक जेटिंग	संरचना का अनुरूपण
शीट लैमिनेशन	सी ए डी फाइल का एसटीएल फाइल में परिवर्तन
सामग्री बहिर्वेधन	प्रिंटर सेटिंग (बहुलक, योजक आदि)
सामग्री जेटिंग	प्रिंटिंग (प्रिंटिंग का समय प्रिंटर के प्रकार और घटक के आकार पर निर्भर करता है)
वैट फोटो बहुलकीकरण	संसाधन के बाद

योज्य निर्माण के अनुप्रयोगों से एक जटिल तथा खोखले घटकों को केवल आवश्यक सामग्री युक्त घटकों से बनाना, बिल्कुल न्यूनतम भार युक्त आवश्यक निष्पादन उपलब्ध कराने के लिए अनुकूलतम एल्गोरिथ्म हो सकता है। एक बार में कुछ ग्राम भार की बचत हो सकती है, लेकिन जब आप इसे सभी घटकों में, दोनों नीतभारों को आर पार और प्रमोचन वाहन में गुणा करते हैं, तो संभावित वजन बचत समग्र क्षमता, विश्वसनीयता और पुनरावृत्ति में एक परिवर्तन प्रदान कर सकती है।

**सूचक शब्द:** योज्य निर्माण, इन-ऑर्बिट उत्पादन, 3-डी मुद्रण, इन-स्पेस

### अंतरिक्ष में 3-डी प्रिंटिंग

योज्य निर्माण में प्रतिस्थापन पुर्जों और उपकरणों के इन-ऑर्बिट निर्माण को सक्षम करके मानव अंतरिक्ष उड़ान संचालन को सकारात्मक रूप से प्रभावित करने की क्षमता है, जो अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्थान और भविष्य की लंबी अवधि के मानव अंतरिक्ष मिशन के लिए मौजूदा रसद आवश्यकताओं को कम कर सकता है।

- अंतरिक्ष यान के लिए इन-स्पेस रोबोटिक योज्य निर्माण के लाभ बहुत कम स्पष्ट हैं, हालांकि यह तेजी से आगे बढ़ने वाली तकनीक संभावित रूप से बड़ी संरचनाओं के अंतरिक्ष-आधारित निर्माण को सक्षम बना सकती है और शायद किसी दिन, भविष्य में, संपूर्ण अंतरिक्ष यान को भी।
- योज्य निर्माण एक नए स्पेस वास्तुकला की फिर से कल्पना करने में मदद कर सकता है जो गुरुत्वाकर्षण के डिजाइन और निर्माण की सीमाओं, वर्तमान निर्माण प्रक्रियाओं और लॉन्च से संबंधित संरचनात्मक तनावों से प्रभावित नहीं है।
- योज्य निर्माण के विशिष्ट लाभ और संभावित दायरे अनिर्धारित रहते हैं।
- जमीन पर इस तकनीक का उपयोग करते हुए आज जो कुछ हासिल किया जा सकता है, उसकी वास्तविकताएं अंतरिक्ष में योगात्मक निर्माण के लिए दृष्टि और प्रौद्योगिकी की सीमाओं तथा अंतरिक्ष उपयोग के लिए इसे विकसित करने के लिए की जाने वाली प्रगति के बीच पर्याप्त अंतराल को प्रदर्शित करती हैं।
- जमीन आधारित योज्य निर्माण को उद्योग द्वारा तेजी से विकसित किया जा रहा है, और अंतरिक्ष में 3-डी प्रिंटिंग प्रौद्योगिकी विकास में सरकार-उद्योग निवेश पर चर्चा करती है।
- योज्य निर्माण तकनीक नागरिक और सैन्य अनुसंधान दोनों के लिए एक उत्कृष्ट अवसर प्रदान करता है।
- योज्य निर्माण अंतरिक्ष-आधारित गतिविधियों के लिए विकल्पों के व्यापक रेंज में एक उपकरण के रूप में और इन-स्पेस गतिविधियों के लिए हार्डवेयर निर्माण के लिए एक संभावित प्रतिमान - बदलते दृष्टिकोण के रूप में संभावित अवसर प्रस्तुत करता है।

### अंतरिक्ष में 3-डी मुद्रण की चुनौतियां

नासा ने मेड इन स्पेस संगठन के साथ भागीदारी की और अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन पर पहला 3-डी मुद्रण प्रयोग विकसित और लॉन्च किया। अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन के 3-डी मुद्रण ने अंतरिक्ष में पहली 3-डी मुद्रित वस्तु का निर्माण किया है, जो भविष्य के दीर्घकालिक अंतरिक्ष अभियानों का मार्ग प्रशस्त करता है। ऑर्बिटिंग स्थान पर महंगे आपूर्ति श्रृंखला को बदलने के लिए मुद्रण तकनीक पर भरोसा करने से पहले गुरुत्वाकर्षण के मुद्दों को दूर करना अभी भी बाकी है।

योज्य निर्माण के लिए अभियांत्रिकी उद्योग का पता लगाना जारी है जिसे व्यापक रूप से 3-डी प्रिंटिंग के रूप में जाना जाता है लेकिन विशिष्ट मुद्दे "अंतरिक्ष" मुद्रण से संबंधित हैं। 3-डी मुद्रण का पहले से ही कार निर्माण, दवा निर्माण और घर निर्माण में उपयोग किया जा रहा है, लेकिन इस महत्वपूर्ण तकनीक का नवीनतम लाभ इससे कहीं अधिक है।

इस समय, अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन पर अंतरिक्ष यात्री केवल जमीन आधारित संसाधनों की आपूर्ति पर निर्भर हो सकते हैं। अक्सर, पुर्जों और उपकरणों को पृथ्वी से ढोना पड़ता है - वजन की प्रति इकाई असाधारण रूप से उच्च लागत के साथ भेजी जाती है। इसका मतलब यह है कि चालक दल को महत्वपूर्ण आपूर्ति की प्रतीक्षा में हफ्तों या महीनों तक छोड़ दिया जा सकता है, भले ही उपकरण स्वयं एक साधारण निर्माण हो।

### अंतरिक्ष में 3-डी मुद्रण के साथ समस्याएं:

पहला मुद्दा आपको अपने साथ क्या ले जाना चाहिए? जबकि 3-डी मुद्रित उपकरण स्थान और वजन को बचाएंगे, यह तय करना चुनौतीपूर्ण साबित हो सकता है कि क्या पैक किया जाए और क्या 3-डी मुद्रित किया जाए। आखिर क्या होगा अगर आपदा आ जाए और प्रिंटर खुद ही क्षतिग्रस्त हो जाए?

- नियमित 3-डी मुद्रित तकनीक प्रत्येक परत को ठंडा और सूखने से पहले एक साथ रखने के लिए कुछ हद तक गुरुत्वाकर्षण पर निर्भर करती है।
- पृथ्वी पर हमारे पास मौजूद प्राकृतिक चिपचिपाहट के बिना, अंतरिक्ष में परिस्थितियों को फिट करने के लिए विशेष परिवर्तन करने की आवश्यकता होगी।
- सबसे आसान उपाय यह होगा कि उन्हें एक साथ रखने के लिए प्रत्येक परत के बीच में किसी प्रकार की चिपचिपी सामग्री का उपयोग किया जाए।
- हालांकि, चिपचिपे पदार्थों का उपयोग करते समय, उन्हें पूरी तरह से हर चीज से चिपके रहने से बचाना चुनौतीपूर्ण हो सकता है।
- जब अंतरिक्ष यात्रा की बात आती है तो सटीकता सबसे महत्वपूर्ण चीजों में से एक है। यहां तक कि गणना में थोड़ी सी भी त्रुटि के भयावह परिणाम हो सकते हैं।
- जब 3-डी मुद्रित तकनीक की बात आती है, तो बनाई गई सतहें अक्सर सूक्ष्मदर्शी यंत्र के नीचे देखने पर अपूर्ण होती हैं, जो अंतरिक्ष में दरारें, क्षति और आपदाओं में विकसित हो सकती हैं।
- वैज्ञानिकों को जोखिम के बिना ग्रह सतहों पर 3-डी मुद्रित तकनीक का उपयोग करने का एक तरीका भी खोजना चाहिए। क्योंकि इस तकनीक को अंततः रहने की जगहों को मुद्रित करने के लिए तैनात किया जाएगा।
- तापमान में परिवर्तन, उल्का, एक नया वातावरण, ये कुछ ऐसी समस्याएं हैं जिनका सामना 3-डी मुद्रित किसी नए ग्रह पर उतरने पर करेंगे।

### मानव स्वास्थ्य के लिए खतरनाक 3-डी मुद्रित?

विभिन्न अध्ययनों ने पुष्टि की है कि 3-डी मुद्रित से निकलने वाले कण भीतरी वायु गुणवत्ता को नकारात्मक रूप से प्रभावित कर सकते हैं और श्वसन स्वास्थ्य को नुकसान पहुंचाने की क्षमता रखते हैं। 3-डी मुद्रित का लगभग 30-35 साल पहले आविष्कार किया गया, मानव स्वास्थ्य पर इसके अनपेक्षित प्रतिकूल प्रभाव इतनी अच्छी तरह से प्रलेखित नहीं हैं।

हालांकि, हाल के वर्षों में, कार्यालय स्थान में 3-डी मुद्रित तकनीक के बढ़ते उपयोग इसे नकारात्मक रूप से प्रभावित कर सकते हैं, जिन पर विशेष रूप से अधिक शोध की आवश्यकता है:

- 3-डी मुद्रित प्रक्रिया के दौरान रासायनिक उत्सर्जन
- उत्सर्जित वाष्पशील कार्बनिक यौगिकों (वीओसी) के अन्य स्तर,
- इन स्तरों पर फिलामेंट योगज के अन्य प्रभाव

हाल ही में, कई अध्ययन किए गए जिनका उद्देश्य 3-डी मुद्रित उत्सर्जन से रिलीज और संरचना, कण आकार, विशेषता और मात्रा निर्धारित करना है, उसको एक संगोष्ठी सोसाइटी फॉर रिस्क एनालिसिस-2020 के दौरान प्रस्तुत किया गया था, जिसका शीर्षक था: 3-डी मुद्रित और उभरती सामग्री का एक्सपोजर और जोखिम मूल्यांकन।

जॉर्जिया इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी के प्रकाशित नए अध्ययन के शोधकर्ताओं ने विभिन्न प्रकार के फिलामेंट मुद्रित से उत्सर्जित कणों को देखा, और श्वसन कोशिका के संवर्धन पर उनके प्रभाव को मापने के लिए कई परीक्षण किए। यह अध्ययन कण उत्सर्जन को चिह्नित करने और विषाक्तता के लिए उनकी क्षमता का मूल्यांकन करने के उद्देश्य से एक बहु-वर्षीय शोध परियोजना का हिस्सा था।

- यह पाया गया कि फिलामेंट को पिघलाने के लिए जितना अधिक तापमान की आवश्यकता होती है, उतना ही अधिक उत्सर्जन उत्पन्न होता है। इसलिए, एबीएस फिलामेंट, जिसे पीएलए फिलामेंट की तुलना में पिघलने के लिए उच्च तापमान की आवश्यकता होती है, उसने अधिक उत्सर्जन का उत्पादन किया।
- जीवित कोशिकाओं पर प्रभाव का परीक्षण करते समय, शोधकर्ताओं ने देखा कि पीएलए ने अधिक विषाक्त प्रतिक्रिया को प्रेरित किया।
- विषाक्तता परीक्षणों से पता चला कि प्रति-कण तुलना पर एबीएस कण, पीएलए कण से अधिक जहरीले थे।

- लेकिन क्योंकि प्रिंटर एबीएस का इतना अधिक उत्सर्जन करते हैं, यह एबीएस उत्सर्जन है जो अंत में अधिक चिंता का विषय है।
- इन परीक्षणों से संकेत मिलता है कि इन फिलामेंट कणों के संपर्क में समय के साथ वाहनों या अन्य उत्सर्जन से प्रदूषित शहरी वातावरण हवा के रूप में विषाक्त हो सकता है।
- यह पाया गया है कि उत्सर्जित कणों में फिलामेंट की तुलना में अलग रासायनिक विशेषताएं थीं। कुछ विशेषताओं को प्राप्त करने के लिए निर्माण कंपनियों के लिए अन्य यौगिकों के छोटे द्रव्यमान प्रतिशत को जोड़ना काफी आम है। इन योगज के उत्सर्जन की मात्रा विशेष रूप से एबीएस को प्रभावित करने के लिए दिखाई गई थी।

मानव स्वास्थ्य पर 3-डी मुद्रित तकनीक के हानिकारक प्रभावों को कम करने के कुछ उपाय:

- केवल अच्छी तरह हवादार क्षेत्रों में 3-डी मुद्रित का संचालन
- फिलामेंट सामग्री के लिए सुझाए गए तापमान सीमा के निचले सिरे पर तापमान सेट करना
- ऑपरेटिंग मशीनों से दूर खड़े रहना
- मशीनों और फिलामेंट्स का उपयोग करना जिनका परीक्षण और सत्यापन कम उत्सर्जन के लिए किया गया है।

### अंतरिक्ष में 3-डी मुद्रित के अनुप्रयोग

3-डी मुद्रित तकनीक अंतरिक्ष यात्रियों को अंतरिक्ष में और मांग पर वस्तुओं को बनाने में मदद करके अंतरिक्ष अन्वेषण में क्रांतिकारी बदलाव ला सकती है: मरम्मत के लिए प्रतिस्थापन पुर्जों, वैज्ञानिक प्रयोगों के लिए कस्टम उपकरण, और यहां तक कि भोजन या इमारतों जैसी चीजें भी।

#### 1. अंतरिक्ष यात्री अंतरिक्ष में अंगों की छपाई कर रहे हैं

गंभीर रूप से बीमार रोगियों में प्रत्यारोपण के लिए उपयुक्त अंगों की वैश्विक कमी के साथ, कुछ शोधकर्ता जीवित ऊतक के 3-डी मुद्रित अंग को समाधान के रूप में देख रहे हैं।

जब जमीन पर टिशू कल्चर को 3-डी मुद्रित किया जाता है, तो गुरुत्वाकर्षण की उपस्थिति में उनके ढहने की प्रवृत्ति होती है। ऊतकों को रखने के लिए किसी प्रकार के मचान की आवश्यकता होती है, विशेष रूप से हृदय के कक्षों जैसे गुहाओं के साथ। लेकिन सूक्ष्म-गुरुत्वाकर्षण वातावरण में आपके पास वे प्रभाव नहीं होते हैं, यही वजह है कि ये प्रयोग इतने मूल्यवान रहे हैं।



एंड्रयू मॉर्गन द्वारा अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन पर किए गए प्रयोगों से पता चला है कि अंगों को कम गुरुत्वाकर्षण वाले वातावरण में मुद्रित किया जा सकता है (तस्वीर क्रेडिट: नासा)

## 2. अंतरिक्ष में 3-डी मुद्रित रिप्लेसमेंट पार्ट्स

अंतरिक्ष यात्रियों का सामना करने वाली मुख्य चुनौतियों में से एक अंतरिक्ष स्टेशन पर विशिष्ट प्रतिस्थापन पुर्जों की कमी है।

**मामले का अध्ययन:** 3-डी मुद्रित के साथ ग्रहों के बीच अंतरिक्ष फ्लाइट की चुनौतियों का समाधान एक महत्वपूर्ण मुद्दा रहा है। जैसा कि हम जानते हैं, अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन बीस से अधिक वर्षों से लगातार अंतरिक्ष यात्रियों का घर रहा है और अंतरिक्ष यात्री अंतरिक्ष स्टेशन पर दर्जनों विशेष सुविधाओं का उपयोग करके विभिन्न वैज्ञानिक अनुसंधान करते हैं। अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन उन्हें खाने, सोने, आराम करने और व्यायाम करने के लिए जगह भी प्रदान करता है। यह सब संभव बनाने के लिए आवश्यक है:

- स्टेशन पर सालाना 7,000 पाउंड से अधिक अतिरिक्त पुर्जे भेजना,
- स्टेशन पर संग्रहीत 29,000 पाउंड अंतरिक्ष फ्लाइट हार्डवेयर पुर्जे,
- जमीन पर 39,000 पाउंड अंतरिक्ष फ्लाइट हार्डवेयर, जरूरत पड़ने पर उड़ान भरने के लिए तैयार,

यह रसद सहायता प्रणाली एक अंतरिक्ष यान के लिए अच्छी तरह से काम करती है जो पृथ्वी से 250 मील की दूरी पर परिक्रमा कर रहा है और कार्गो पुनः आपूर्ति मिशन के लिए आसानी से सुलभ है। यह चंद्रमा और मंगल पर मिशन के लिए व्यावहारिक नहीं है। हालांकि, इन लंबी उड़ानों पर अंतरिक्ष यात्रियों को अपने स्वयं के अतिरिक्त पुर्जे, उपकरण और सामग्री को अनिवार्य रूप से मांग पर बनाने में सक्षम होना चाहिए – दोनों, नियमित और अप्रत्याशित जरूरतों के लिए। 3-डी मुद्रित तकनीक का उपयोग कर इन-स्पेस उत्पादन समस्याओं का हल ढूंढा जा सकता है।

2014 में **मेड इन स्पेस** संगठन निर्मित 3-डी मुद्रित अंतरिक्ष स्टेशन पर भेजा था। इस 3-डी मुद्रित ने एक फ्यूज्ड फिलामेंट फैब्रिकेशन प्रक्रिया का इस्तेमाल किया जिसमें एक गर्म नोक के माध्यम से प्लास्टिक के एक सतत धागे की सहायता से एक ट्रे परत दर परत रखा गया था।



नासा के सहयोग से मेड इन स्पेस द्वारा जीरो गुरुत्वाकर्षण 3-डी मुद्रित (तस्वीर साभार: नासा)

जीरो गुरुत्वाकर्षण में 3-डी मुद्रित तकनीक ने दर्जनों पुर्जों का निर्माण किया, जिनका शोधकर्ताओं ने विश्लेषण किया और जमीन पर बने पुर्जों के साथ इनकी तुलना की।

- विश्लेषण से पता चला कि सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण प्रक्रिया पर कोई अभियांत्रिकी - महत्वपूर्ण प्रभाव नहीं था, यह दर्शाता है कि एक 3-डी मुद्रित सामान सामान्य रूप से अंतरिक्ष में काम करता है और लंबी अवधि के मिशनों के लिए नए सुप्रचालन तंत्र का मार्ग प्रशस्त करता है।
- 3-डी मुद्रित पुर्जों की जांच के दौरान अंतरिक्ष स्टेशन पर मुद्रित पहले पुर्जों में से एक जीरो गुरुत्वाकर्षण ने प्रदर्शित किया कि जमीन से 200 मील से अधिक की दूरी पर एक निर्माण प्रणाली के लिए दूर से एक संरचना भेजना संभव है।

हाल ही में, मेड इन स्पेस पुनर्नवीनीकरण को एक जांच के लिए अंतरिक्ष स्टेशन में लॉन्च किया गया था कि कौन सी सामग्री 3-डी मुद्रित में पुनर्वर्षण के लिए सबसे प्रभावी है और कौन सी सामग्री बिना किसी त्रुटि के अनेक उपयोगों में लायी जा सकती है।

- 3-डी मुद्रित के लिए पुनर्नवीनीकरण सामग्री का उपयोग भविष्य में लंबी अवधि के अन्वेषण मिशनों को 3-डी मुद्रित के लिए सामग्री की बड़ी आपूर्ति करने से बचा सकता है।
  - पुनर्चक्रण भी सामग्री का इन मिशनों पर एक बड़े कचरा निपटान के मुद्दे का प्रतिनिधित्व करेगा
- भविष्य के अन्वेषण मिशनों के लिए सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण प्रक्रिया पर 3-डी मुद्रित अभियांत्रिकी महत्वपूर्ण है, और अंतरिक्ष स्टेशन पर इन निर्माण प्रणालियों का परीक्षण उन मिशनों को पृथ्वी से अधिक स्वतंत्र होने की अनुमति देने का मार्ग प्रशस्त करता है।

### 3. 3-डी मुद्रित तकनीक से खाद्य समस्या का समाधान

3-डी मुद्रित में कम मात्रा में कच्चे माल के साथ विभिन्न प्रकार के उत्पाद बनाने की क्षमता होती है। इस प्रकार, इंजीनियरों ने लंबी अवधि के अंतरिक्ष मिशनों पर अंतरिक्ष यात्रियों को खिलाने के लिए यहां सही तकनीक पाई।



(तस्वीर साभार: एलेफ फार्म)

### 4. अंतरिक्ष यान के लिए 3-डी मुद्रित तकनीक

अंतरिक्ष में उपग्रहों के लिए योज्य निर्माण का तेजी से इस्तेमाल हो रहा है। वर्तमान में, बोइंग और एयरबस सहित कई कंपनियों की परियोजनाएं हैं जिन्होंने अपने उपग्रहों के लिए तेजी से जटिल, हल्के पुर्जों को बनाने के लिए योज्य निर्माण का उपयोग किया है। उदाहरण के लिए, एयरबस ने पिछले साल दो यूरोस्टार नियो उपग्रहों और एमआईटी 3-डी मुद्रित आयन-संचालित नैनोसेटेलाइट थ्रस्टर्स के लिए रेडियो फ्रीक्वेंसी (आरएफ) घटकों को बनाने के लिए योज्य निर्माण का उपयोग किया था। हाल ही में, ऑस्ट्रेलिया में फ्लिट स्पेस ने यह भी घोषणा की कि वह सेंटौरी तारामंडल के साथ बैठने के लिए 3-डी मुद्रित उपग्रहों को लॉन्च करेगा।



(तस्वीर साभार: नासा)

जून 2015 में, ईएसए ने प्लैटिनम दहन कक्ष सहित दुनिया के पहले 3-डी मुद्रित अंतरिक्ष यान थ्रस्टर का अनावरण किया।

स्पेसएक्स ने जुलाई 2014 में घोषणा की कि उन्होंने फाल्कन-9 रॉकेट में इस्तेमाल किए गए 1-डी इंजन के लिए ऑक्सीडाइजर वाल्व को सफलतापूर्वक 3-डी मुद्रित प्रिंट किया था। इस वाल्व को 3-डी मुद्रित करने में केवल दो दिन लगे, जबकि पारंपरिक निर्माण प्रक्रियाओं में ऐसे पुर्जे बनाने में महीनों तक का समय लगता है।



एक परीक्षण चरण के दौरान 3-डी मुद्रित ऑक्सीडाइजर वाल्व का उपयोग करते हुए स्पेसएक्स रॉकेट इंजन (तस्वीर क्रेडिट: स्पेसएक्स)

स्पेसएक्स ने मई 2014 में घोषणा की कि उनके नए रॉकेट इंजन, सुपरड्रैको ने सभी योग्यता परीक्षण पास कर लिए हैं (धातु 3-डी मुद्रित भागों को प्रमाणित करना एक चुनौती है)।



स्पेसएक्स द्वारा 3-डी

रॉकेट इंजन (तस्वीर साभार: स्पेसएक्स)

मुद्रित सुपरड्रैको

### 5. मंगल ग्रह की खोज और उपनिवेशीकरण

दूसरे ग्रह का उपनिवेशीकरण अभी भी विज्ञान कथा की तरह लग सकता है, लेकिन कुछ के लिए यह तेजी से एक वास्तविकता बन रहा है। मनुष्य वर्षों से मंगल पर "विजय" करने की कोशिश कर रहा है और इन प्रयासों में मदद करने के लिए 3-डी मुद्रित तकनीक चुना गया उपकरण है। वास्तव में, इसे अक्सर प्रसिद्ध लाल ग्रह में रहने के लिए सबसे आशाजनक तकनीकों में से एक माना जाता है। उदाहरण के लिए, नासा ने 2020 में मंगल ग्रह पर 11 3-डी मुद्रित धातु पुर्जों और उपकरणों के साथ दृढ़तायुक्त रोवर लॉन्च किया। ये कम द्रव्यमान और उच्च-सटीक लक्ष्यीकरण के लिए अनुमति देते हैं जो पारंपरिक विनिर्माण के साथ प्राप्त नहीं होते हैं। क्षेत्र में आखिरी महत्वाकांक्षी परियोजना नासा के लिए आईसीओएन और बिग-बर्जक इंगल्स ग्रुप्स द्वारा पूरी की गई है: उन्होंने मंगल जून अल्फा नामक 3-डी मुद्रित आवास का यथार्थवादी अनुकरण बनाया है। लक्ष्य लंबी अवधि के खोजपूर्ण अंतरिक्ष मिशन में सहायता के लिए इसे मंगल ग्रह पर "ले जाना" है।



मार्स ड्यून अल्फा कैसा दिखेगा इसका पूर्वावलोकन (तस्वीर क्रेडिट: स्पेसएक्स)

### 6. अंतरिक्ष यात्रियों के लिए 3-डी मुद्रित कपड़े

अंतरिक्ष में एडिटिव मैनुफैक्चरिंग का एक अन्य अनुप्रयोग अंतरिक्ष मिशन के लिए आवश्यक कपड़ों का निर्माण है। स्पेसएक्स ने 3-डी मुद्रित स्पेस सूट और हेलमेट बनाए हैं जिन्हें 3-डी मुद्रित तकनीक से आसानी से दोहराया जा सकता है। प्रत्येक हेलमेट में एक छज्जा, वाल्व, ताले और माइक्रोफोन होते हैं, और सूट अंतरिक्ष यात्रा की आवश्यकताओं को पूरा करते हैं।



(तस्वीर साभार: स्पेसएक्स)

### निष्कर्ष

व्यावसायिक व्यवहार्यता और उत्पादन क्षमता के मामले में पारंपरिक तकनीक अब संतृप्ति तक पहुंच रही है। कई मायनों में, योज्य निर्माण अंतरिक्ष उद्योग की आवश्यकताओं के लिए काफी अनुकूल है। योज्य निर्माण हेतु अंतरिक्ष क्षेत्र की चुनौतियां और आवश्यकताएं भविष्य में तकनीकी विकास के लिए अंतरिक्ष संबंधी समस्याओं का बेहतर समाधान खोजने में लाभदायक होंगे। सरकार की पहल के साथ, योज्य निर्माण उद्योग का विकास हो रहा है। लेकिन इसके लिए आपूर्ति श्रृंखला को अभी भी सीमित और अपरिपक्व माना जाता है। अंतरिक्ष क्षेत्र को विकसित करने के लिए विभिन्न सरकारी पहल द्वारा प्रत्याशित रूप से निर्धारित किया जाए तो निस्संदेह बड़ी योगात्मक विनिर्माण क्षमता की आवश्यकता होगी। योजक विनिर्माण निस्संदेह भारतीय अंतरिक्ष केंद्र, चंद्र और मंगल के निर्माण के लिए पुर्जों / घटकों / घटकों के निर्माण को सक्षम बना रहा है। एक बार विज्ञान से जुड़ी काल्पनिक कथाओं के रूप, विचार धाराएं वास्तविकता में बदल रही हैं और कई मायनों में ये अपेक्षा से अधिक तेज गति से हो रही हैं।

### लेखक परिचय:



विकास कुमार (स्टाफ कोड: SH16348) वैज्ञानिक/इंजीनियर-एसडी, वाहन असेंबली और लॉन्च सुविधा (वीएएलएफ), एसडीएससीशार, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) के रूप में कार्यरत, मास्टर ऑफ टेक्नोलॉजी (एम.टेक), उत्पादन और औद्योगिक इंजीनियरिंग (2017) और बैचलर ऑफ टेक्नोलॉजी (बी टेक), मैकेनिकल इंजीनियरिंग (2015)

## अंतरिक्ष उपयोग के लिए एल्यूमिनियम 6061 टी- 6 पर चांदी विलेपन की अर्हता

श्री वी.एम. शाह तथा श्री योगेश घोटेकर  
 वैज्ञानिक/अभियंता-एस.एफ., वैज्ञानिक अधिकारी -सी.  
 पी.एम.क्यू.डी.-एम./ एम.क्यू. ए.जी./ एस.आर.ए.  
 अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक)  
 अहमदाबाद, गुजरात, भारत

### सारांश

चांदी विलेपन (सिल्वर प्लेटिंग) का उपयोग उच्च विद्युत चालकता, कम संपर्क प्रतिरोध (लो कोन्टैक्ट रेजिस्टंस), अच्छी संधि क्षमता (सोल्डरिबिलिटी), उत्कृष्ट प्रतिबिंब (रिफ्लेक्टिविटी) आदि के लिए किया जाता है। परिचालन कार्यकाल के दौरान चढ़े हुए चांदी के किसी भी गुणधर्म में गिरावट उप-प्रणाली के प्रदर्शन को प्रभावित करेगी। एक अंतरिक्ष यान जब कक्षा में होता है तो उसमें लगी हुई प्रणालियों को ठीक कर पाना मुमकिन नहीं है और इसलिए उच्च विश्वसनीयता की आवश्यकता होती है। अतः यह सुनिश्चित करने के लिए कि यह उच्च विद्युतीय चालकता, कम संपर्क प्रतिरोध, अच्छा संधि क्षमता, उत्कृष्ट प्रतिबिंब आदि, चांदी विलेपन को अंतरिक्ष उपयोग के लिए अर्हता (क्वालिफिकेशन) प्राप्त करने की आवश्यकता है। उप प्रणालियों के पूरे जीवन चक्र के दौरान यह सारे गुणधर्म हमेशा ही अपनी निर्दिष्ट सीमाओं के भीतर ही रहना चाहिए। अंतरिक्ष हार्डवेयर पर चांदी विलेपन को उपग्रह के जीवनकाल के दौरान निर्माण, भंडारण, प्रमोचन और कक्षा स्थितियों के दौरान होने वाले वायुमंडलीय तनाव का सामना करना पड़ता है। अर्हता के दौरान प्रमुख चुनौती यह है कि चढ़े हुए (विलेपित) सोने की गुणवत्ता को उपग्रह के पूरे जीवनकाल में खराब नहीं होना चाहिए; जो कि आमतौर पर 15 साल या उससे भी अधिक चल सकती है। प्रक्रिया अर्हता चरम स्थितियों में कार्यात्मक आवश्यकताओं और उनकी गुणवत्ता में गिरावट के बिना संतोषजनक जीवन चक्र के संचालन को सुनिश्चित करती है। यह प्रक्रिया और प्रदर्शन का दोहराव सुनिश्चित करता है। अर्हता हेतु पर्यावरणीय परीक्षण, कार्यात्मक परीक्षण (फंक्शनल) और दृश्यमान परीक्षण की श्रृंखला से गुजरना होता है। इस दौरान प्रक्रिया में कोई भी खराबी इसे अर्हता से बाहर कर सकती है और यदि आवश्यक हो तो इसका इष्टतमीकरण किया जा सकता है। अर्हता के दौरान नमूने पर दृश्यमान निरीक्षण, मोटाई माप, उष्णता प्रतिरोध, बैड आसंजन (बैड अधेजन), आर्द्रता, तापीय शॉक, तापनिर्वात परीक्षण, संधि क्षमता परीक्षण और कठोरता मापन किया जाता है। यदि प्रक्रिया सभी निरीक्षण और परीक्षण विनिर्देशों को पूरा करती है, तो प्रक्रिया को अर्हत घोषित किया जाता है और इसका इस्तेमाल अंतरिक्ष हार्डवेयर के लिए किया जा सकता है। इस आलेख में अर्हता की आवश्यकता, अर्हता दर्शन, अर्हता पूरा करने वाली जरूरतों और अंतरिक्ष उपयोग के लिए एल्यूमीनियम मिश्र धातु 6061 टी 6 पर रजत/चांदी विलेपन अर्हता के लिए प्ररूपी अर्हता योजना की आवश्यकता पर चर्चा की गई है।

**प्रयुक्त शब्दावली:** अर्हता, चांदी चढ़ाना, संधि क्षमता, प्रक्रिया अर्हता योजना, तापनिर्वात परीक्षण, बैड-आसंजकता परीक्षण

### परिचय:

एक अंतरिक्ष यान में कई प्रणालियां/उप प्रणालियां शामिल होती हैं, जो उचित सतही उपचार किए जाने पर ठीक से काम करती हैं। आमतौर पर एल्यूमिनियम मिश्र धातुओं का इस्तेमाल वजन घटाने और उच्च तापीय चालकता के कारण उपग्रह के इलेक्ट्रॉनिक्स घटकों की पैकेजिंग के लिए किया जाता है। अंतरिक्ष हार्डवेयर के

लिए चांदी विलेपन की प्रक्रिया का इस्तेमाल करते समय उसे अपने पूरे डिजाइन जीवनकाल में हार्डवेयर की अंतर्निहित उच्च विश्वसनीयता को बना रहना चाहिए। ऐसा करने के लिए उसे उपग्रह भंडारण, प्रमोचन एवं कक्षा में जीवनकाल के दौरान पर्यावरणीय तनाव में हार्डवेयर के कार्यात्मक प्रदर्शन को प्रभावित किए बिना और गुणवत्ता में गिरावट के बिना टिके रहना होता है। संविरचित ऑनबोर्ड मद के रूप में इसे नियोजित करने के पूर्व प्रक्रिया की गुणवत्ता से आश्वस्त होने के लिए यह आवश्यक है कि प्रक्रिया के लिए अर्हताप्राप्त की जाए, जिसमें इसका पर्यावरण और कार्यात्मक परीक्षणों की श्रृंखला तथा दृश्यमान जाँच से गुजरना शामिल है। अर्हता परीक्षण में सीमाओं को पहचानने में यदि कोई मदद मिलती है तो उसका इष्टतमीकरण किया जा सकता है।

दूसरे चरण में अर्हता प्रक्रिया के दौरान लॉग की गई मापदंडों से प्रक्रिया पहचान दस्तावेज (पी.आइ.डी.) तैयार करने में मदद करती है। इससे बाद में निर्माण के दौरान प्रक्रिया की गुणवत्ता के दोहराव को सुनिश्चित करने में मदद मिलती है।

### अर्हता कार्यकलाप:

अंतरिक्ष उपयोग के लिए चांदी विलेपन प्रक्रिया की अर्हता के लिए; एक प्रक्रिया अर्हता योजना (पी.क्यू.पी.) बनाई जाती है, जिसमें आधार सामग्री, प्रक्रिया और विलेपित नमूनों/भागों के आधार पर आवश्यकताओं की पहचान का दस्तावेज़ीकरण किया जाता है। परीक्षण प्रक्रिया, नमूना विन्यास, निरीक्षण और परीक्षण अनुक्रम, मापदंड आदि को निर्दिष्ट किया जाता है। इस योजना में स्वीकृति परीक्षण भी शामिल है, जिन्हें प्रक्रिया के सफल समापन के बाद भागों के बैच पर किया जाएगा। विलेपन प्रक्रिया अर्हता के पहले चरण में अर्हता बैच के फ्लैट एल्यूमीनियम मिश्र धातु नमूनों पर परीक्षण किया जाता है। पी.क्यू.पी. के अनुसार विलेपित फ्लैट नमूनों पर निरीक्षण और परीक्षण किया जाता है। (अर्हता प्रवाह चार्ट के समूह 1 से 6 के लिए अनुलग्नक-1 देखें)

अर्हता परीक्षण के दौरान सभी प्रक्रिया मापदंडों की लॉगबुक में प्रविष्टि की जाती है और सहिष्णुता की पहचान की जाती है। फ्लैट नमूनों पर अर्हता के सफलतापूर्वक पूरा होने के बाद, द्विसंख्यक अर्हता बॉक्स (चित्र-1) पर सोना उसी प्रक्रिया प्राचल से विलेपित किया जाता है, जिनका उपयोग फ्लैट नमूनों के विलेपन के लिए किया गया था और जो सभी अर्हता परीक्षणों पर खरे उतरे थे। अर्हता के लिए फ्लो चार्ट के अनुसार अर्हता बैच के चांदी (रजत) विलेपित बॉक्स पर निरीक्षण और परीक्षण किया जाता है। (अनुलग्नक-1)

### 1. विशेष और नमूना बॉक्स संरूपण (कॉन्फ़िगरेशन)

प्रकार 1: नमूना आकार: 100x25x01 मि.मी..

प्रकार 2: नमूना आकार: 13x25x01 मि.मी कठोरता माप के लिए



प्रकार 1 : नमूना चित्र (सेम्पल)



चित्र-1. अर्हता बॉक्स

### 2. अर्हता परीक्षण

एल्यूमिनियम मिश्र धातु पर चांदी विलेपन प्रक्रिया की गुणवत्ता का मूल्यांकन करने के लिए अर्हता फ्लो चार्ट (अनुलग्नक-1) के अनुसार निम्नलिखित परीक्षण किये जाते हैं:

#### क. दृश्यमान निरीक्षण (विजुअल इंस्पेक्शन)

सभी चांदी विलेपित नमूनों/ बॉक्स नमूनों की 10x दृष्टि से जांच की जाती है।

#### ख. मोटाई मापन (थिकनेस मेजरमेंट)

विलेपन मोटाई परत की मोटाई माप उपकरण (चित्र-2) (एक्स-रे प्रतिदीप्ति सिद्धांत) की मदद से मापा जाता है। मोटाई की विभिन्न स्थानों पर ली गई विभिन्न रीडिंग के औसत के रूप में गणना की जाती है।



चित्र-2 एक्स-रे फ्लोरोसंस उपकरण

**ग. कठोरता परीक्षण (हार्डनेस मेजरमेंट)**

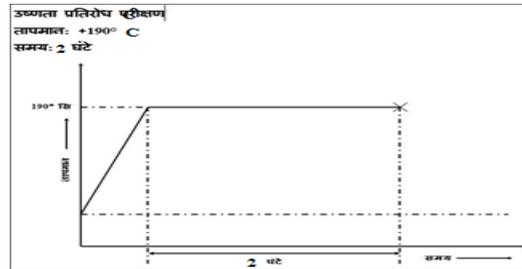
चांदी विलेपित नमूने की कठोरता को सूक्ष्म-कठोरता परीक्षक (चित्र-3) पर मापा जाता है। प्रकार 2 नमूना मेटलोग्राफिक परीक्षा के लिए नमूने की तैयारी के लिए मानक प्रक्रियाओं के अनुसार ढाला जाता है और ग्राउंड, पॉलिश तथा नक्काशी की जाती है ताकि नमूने का क्रॉस सेक्शन माइक्रो कठोरता माप के लिए उजागर किया जा सके। उच्च कठोरता भी चांदी की जमा में अशुद्धियों की उपस्थिति से संकेत मिलता है।



चित्र-3. सूक्ष्म कठोरता (मायक्रो हार्डनेस) माप उपकरण

**घ. उष्णता प्रतिरोध (हिट रेजिस्टंस) परीक्षण**

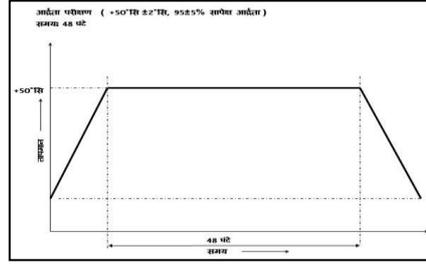
उच्च तापमान के लिए चांदी विलेपित नमूनों का प्रतिरोध उष्णता प्रतिरोध परीक्षण द्वारा मूल्यांकन किया गया है। इस परीक्षण से आसंजन की कमजोरी का पता चलता है। उष्णता प्रतिरोध का परीक्षण  $190^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  (सेल्सियस) 2 घंटे (चित्र-4) के लिए थर्मोस्टेटिक नियंत्रित कक्ष में किया जाता है। इसके बाद नमूने की दृष्टि जांच की जाती है और आसंजन में कमजोरी को दिखाने के लिए बैड-आसंजन परीक्षण भी किया जाता है।



चित्र-4. उष्णता प्रतिरोध परीक्षण चक्र

**ङ. तापीय (थर्मल) शॉक परीक्षण**

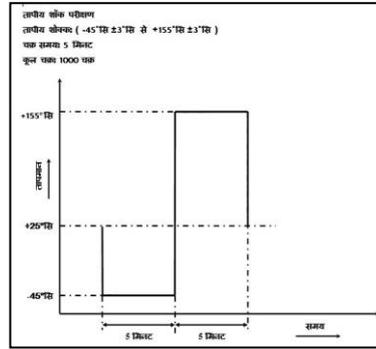
कक्षा में उपग्रह की उप-प्रणाली गर्म हो जाती है जब प्रत्यक्ष सूर्य के प्रकाश के संपर्क में आती है और जब यह पृथ्वी की छाया में चला जाता है तो निम्न तापमान का अनुभव होता है। तापीय आघात परीक्षण को अंतरिक्ष यान के पूरे जीवनकाल में कोटिंग पर चक्रीय तापमान के प्रभाव का मूल्यांकन करने के लिए बनाया गया है। परीक्षण थर्मोस्टेटिक रूप से नियंत्रित गर्म और ठंडे कक्षों में किया जाता है। कुल 1000 चक्र लागू किए जाते हैं। एक चक्र 5 मिनट के लिए  $-45^{\circ}\text{C}$  पर एक कक्ष के संचालन में नमूने रखने और 5-मिनट (चित्र-5) के लिए  $155^{\circ}\text{C}$  पर एक गर्म कक्ष में उन्हें स्थानांतरित करना होता है। तापीय शॉक के बाद, नमूने की दृष्टि जांच होती है और इसके बाद बैड-आसंजन परीक्षण किया जाता है।



चित्र-5. तापीय शॉक परीक्षण

**च. आर्द्रता (ह्यूमिडिटी) परीक्षण**

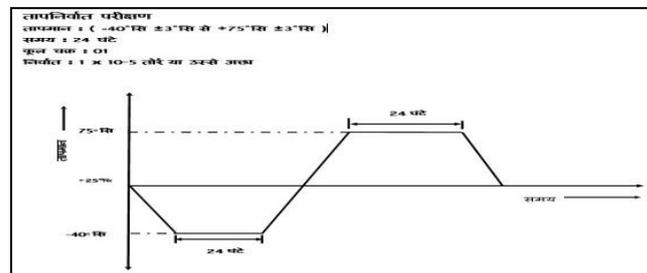
संक्षारक पूर्व-लॉन्च (प्रमोचन पूर्व) वायुमंडल को कोटिंग के प्रतिरोध की जांच के लिए आर्द्रता परीक्षण किया जाता है। परीक्षण 2 दिनों के लिए थर्मोस्टेटिक रूप से नियंत्रित आर्द्रता कक्ष में किया जाता है।  $95 \pm 5\%$  की सापेक्ष आर्द्रता चैम्बर में तापमान  $+50^\circ \pm 2^\circ \text{C}$  (चित्र-6) पर बनाया जाता है। उसके बाद नमूने की दृष्टि जांच की जाती है और उसके बाद बैड-आसंजन परीक्षण किया जाता है।



चित्र-6. आर्द्रता परीक्षण चक्र

**छ. तापनिर्वात (थर्मोवैक्यूम) परीक्षण**

कृत्रिम अंतरिक्ष पर्यावरण में निर्वात और चक्रीय तापमान के प्रभाव की जांच करने के लिए, नमूनों का तापनिर्वात परीक्षण गर्म और ठंडे सोक परीक्षण किया जाता है। परीक्षण में तापमान घटाकर 24 घंटे के लिए  $-40^\circ \text{C}$  होता है और फिर 24 घंटे के लिए  $+75^\circ \text{C}$  तक बढ़ाया जाता है। गर्म और ठंडे सोक का कुल 01 चक्र लागू किया जाता है (चित्र-7)। परीक्षण की संपूर्ण अवधि के दौरान चैम्बर के अंदर  $10^{-5}$  टोरर का निर्वात स्तर बनाए रखा जाता है। उसके बाद नमूने की दृष्टि जांच की जाती है और उसके बाद बैड-आसंजन परीक्षण किया जाता है।



चित्र-7. तापनिर्वात परीक्षण चक्र

**ज. बैड आसंजन (बैड अथेजिन) परीक्षण**

बैड आसंजन परीक्षण द्वारा चांदी विलेपन आसंजन का मूल्यांकन किया जाता है। चांदी विलेपित नमूनों को बार-बार  $180^\circ$  कोण (चित्र-8) तक मोड़ा जाता है जब तक कि बेस धातु का फ्रैक्चर नहीं हो जाता है। बाद

में नमूनों के टुकड़ों की दृष्टि जांच की जाती है। प्रत्येक समूह में संबंधित पर्यावरण परीक्षण के पूरा होने के बाद भी यह परीक्षण किया जाता है।



चित्र-8. बैंड आसंजन परीक्षण

### झ. संधि क्षमता (सोल्डरिबिल्टी) परीक्षण

चांदी विलेपित बक्से को विभिन्न घटकों के साथ सोल्डरिंग करके जोड़ा जाता है। इसलिए घटकों का विलेपित चांदी के साथ संधि क्षमता का मूल्यांकन करने के लिए संधि क्षमता परीक्षण किया जाता है। चांदी विलेपन को मिल-एस.टी.डी -202 की विधि 208 के अनुसार संधि क्षमता परीक्षण किया जाता है और इसके लिए संधि क्षमता परीक्षण सेटअप का उपयोग किया जाता है (चित्र-9)। इसके बाद नमूने की दृष्टि जांच की जाती है और उसके बाद बैंड-आसंजन परीक्षण संधि क्षेत्र पर किया जाता है।



चित्र-9. संधि क्षमता परीक्षण सेट अप

### 3. सफल अर्हता (सकसेसफल क्वालिफिकेशन) मापदंड

अगर किसी भी नमूना / बॉक्स नमूना किसी भी निरीक्षण / परीक्षण के लिए निर्दिष्ट आवश्यकताओं को पूरा करने में विफल रहता है, तो पूरी अर्हता बैच को खारिज कर दिया जाता है और नमूने का एक नया बैच प्रस्तुत करने की आवश्यकता होती है।

अर्हता परीक्षण की आवश्यकताएं सारणी -1 के अनुसार हैं। चांदी विलेपित सामान्य दोष व उसके कारण और उपचारात्मक कार्य सारणी-2 के अनुसार है:

#### सारणी-1 : अर्हता परीक्षण आवश्यकताएं

परीक्षण / निरीक्षण	स्वीकृति मापदंड
दृश्यमान निरीक्षण	चांदी विलेपन निरंतर, चिकनी, पक्षपाती और दिखने में एक जैसी होनी चाहिए और इसे ब्लिस्टर, खरोच, छीलना, जलने का संकेत, बढ़त निर्माण और अन्य चढ़ाव के कार्यात्मक उपयोग के लिए हानिकारक दोष से मुक्त होना चाहिए।
मोटाई	6-11 माइक्रोन ( $\mu\text{m}$ ) के भीतर
उष्णता प्रतिरोध परीक्षण के बाद दृश्यमान निरीक्षण	परीक्षण के बाद नमूनों, किसी भी मलिनीकरण, ब्लिस्टरिंग, छीलने या सोना चढ़ाना के किसी भी अन्य गिरावट को नहीं दिखाना चाहिए।
तापीय शॉक परीक्षण के बाद दृश्यमान निरीक्षण एवं बैंड आसंजन	तापीय चक्र परीक्षण के बाद दृश्यमान निरीक्षण में कोई गिरावट नहीं होनी चाहिए और बैंड आसंजन के बाद विलेपन में कोई अलगाव नहीं होना चाहिए।

परीक्षण	
आर्द्रता परीक्षण के बाद दृश्यमान निरीक्षण और बैंड आसंजन परीक्षण	आर्द्रता परीक्षण के बाद दृश्यमान निरीक्षण में कोई गिरावट नहीं होनी चाहिए और बैंड आसंजन के बाद विलेपन में कोई अलगाव नहीं होना चाहिए।
तापनिर्वात परीक्षण के बाद दृश्यमान निरीक्षण और बैंड आसंजन परीक्षण	तापनिर्वात परीक्षण के बाद दृश्यमान निरीक्षण में कोई गिरावट नहीं होनी चाहिए और बैंड आसंजन के बाद विलेपन में कोई अलगाव नहीं होना चाहिए।
बैंड आसंजन परीक्षण	धातु सबस्ट्रेट से विलेपन का अलगाव / क्रैकिंग नहीं होनी चाहिए।
संधि क्षमता परीक्षण	डी-वेटिंग, नॉन-वेटिंग और पिनहोल से मुक्त होना चाहिए
कठोरता परीक्षण	90 से 110 एच.वी.

## सारिणी-2 : सामान्य दोष

दोष	कारण	उपचारात्मक कार्रवाई
चांदी पर खुरदरापन (रफनेस)	उच्च तापमान और उच्च निकेल सामग्री	मापदंडों को बनाए रखें
चांदी विलेपित सतह पर पैच	सतह को अच्छी तरह से साफ किया जाए, अनुचित बाथ और सतह की सफाई	बाथ और सतह की उचित सफाई
चांदी विलेपित सतह पर उच्च / कम मोटाई	उच्च / कम सोने की धातु सामग्री	उचित मापदंड, स्वर्ण घोल का उचित परिचालन एवं एनोड-कैथोड की उचित दूरी बनाए रखना।
चांदी विलेपित सतह पर ब्लिस्टर (पपड़ी)	सतह की सफाई की समस्याएं और कम स्वर्ण धातु सामग्री	सतह को अच्छी तरह से साफ करें, आर.ओ. / डी.आइ. पानी का उपयोग करें, बाथ मापदंडों का पालन करें।
नोड्यूल	बाथ में अशुद्धियाँ	चांदी विलेपन से पहले बाथ को साफ करें

## निष्कर्ष

ऊपर्युक्त सामान्य योग्यता प्रक्रिया को अंतरिक्ष यान की उप प्रणालियों में लागू की गई है, जैसे कि नाविक, दूरसंचार और सुदूर संवेदन नीतभार एवं प्रमोचक रॉकेट की सामग्री को चांदी विलेपित करने के लिए में उपयोग किया गया है। वायुमंडलीय परीक्षणों से पहले और बाद में लक्षित गुणवत्ता मापदंडों का स्वीकार्य सीमाओं के भीतर मूल्यांकन किया गया था और इसलिए एल्यूमीनियम मिश्र धातु पर चांदी विलेपन प्रक्रिया अंतरिक्ष उपयोग के लिए अर्हता प्राप्त है। सामान्य रूप से अर्हता प्रक्रिया विभिन्न अंतरिक्षयान नीतभार की कई उप-प्रणालियों पर लागू की गई है।

## आभार

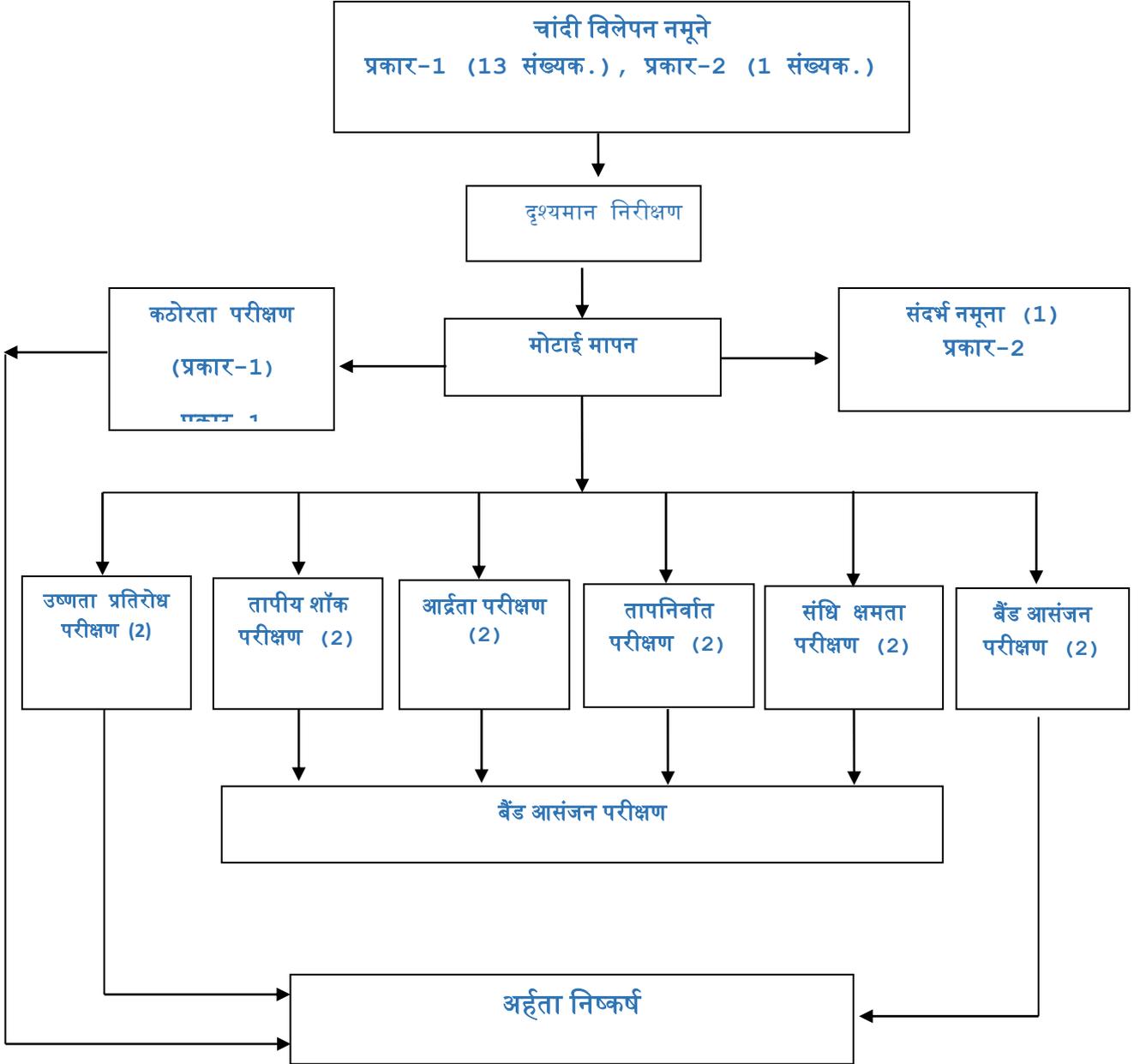
लेखक इस पत्र को तैयार करते समय अपने सहकर्मी श्री जयेश परादिया से प्राप्त सहयोग के लिए आभारी हैं। स्वर्ण विलेपित नमूने विकसित करने तथा तैयार करने के लिए लेखक श्री शरद शुक्ला, प्रधान, एस.टी.पी.डी./ई.एस.एस.ए. और उनकी टीम द्वारा किए गए प्रयासों के लिए आभार व्यक्त करते हैं। यह पत्र लिखने के लिए लेखकों को प्रोत्साहित करने हेतु समूह निदेशक-एस.आर.ए., सैक के प्रति भी आभार व्यक्त करते हैं।

## संदर्भ

[1] एम.आइ.एल.-एस.टी.डी.-202, विधि 208, संधि क्षमता परीक्षण

अनुलग्नक-1

प्रक्रिया अर्हता योजना



**लेखक परिचय:**



श्री वी. एम. शाह वर्तमान में प्रक्रिया एवं सामग्री गुणवत्ता आश्वासन प्रभाग-यांत्रिकी, प्रणाली विश्वसनीयता समूह, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (आइ.एस.आर.ओ.) अहमदाबाद में वैज्ञानिक/अभियंता-एस.एफ. के रूप में कार्यरत हैं।



श्री योगेश घोटेकर वर्तमान में प्रक्रिया एवं सामग्री गुणवत्ता आश्वासन प्रभाग-यांत्रिकी, प्रणाली विश्वसनीयता समूह, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (आइ.एस.आर.ओ.) अहमदाबाद में वैज्ञानिक अधिकारी-सी.के.के. के रूप में कार्यरत हैं।

## प्रणोदक (प्रोपेलेंट) अनुप्रयोग के लिए बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) का संश्लेषण और लक्षण वर्णन

श्री अखिल, सुश्री आरती पंत, श्री अनुराग त्रिपाठी, श्री ऐ.के. मंडल तथा श्री सी. गुरुराजा राव  
एच.ई.एम.आर.एल., पुणे

**प्रस्तावना:** बोरॉन अपने उच्च ऊर्जा घनत्व के कारण ठोस प्रणोदक (सॉलिड रॉकेट प्रोपेलेंट) अनुप्रयोगों के लिए एक उपयुक्त ईंधन है, हालांकि पूर्ण दहन प्राप्त करने में कठिनाई के कारण, इसके उपयोग को ईंधन के रूप में सीमित करता है। इस शोध पत्र में बोरॉन की दहन विशेषताओं में सुधार के लिए, बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) को यांत्रिक मिलिंग (**प्लेनेटरी बॉल-मिल**) का उपयोग करके बनाया गया है। बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) का विश्लेषण कण आकार (पार्टिकल साइज़), स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी (एसईएम), एक्स - किरण विवर्तन वर्णक्रम (एक्स-रे डिफ्रैक्शन स्पेक्ट्रा), बी.ई.टी. सरफेस एरिया (सतह क्षेत्रफल), ऊष्मीय मान (कैलोरिफिक वैल्यू), आइ.सी.पी. - ओ.ई.एस. द्वारा किया गया। प्रायोगिक परिणाम से पता चलता है कि बोरॉन की तुलना में, बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) का ऊष्मीय मान में 35% की वृद्धि हुई है तथा बी.ई.टी. सरफेस एरिया (सतह क्षेत्रफल) में 3 गुना की वृद्धि हुई है। स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी (एसईएम.) परिणाम से पता चलता है कि कण अच्छी तरह मिश्रित तथा सघनतापूर्वक पैक थे। इस प्रक्रिया से बने बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) में कुल बोरॉन कंटेंट - 47% तथा मैग्नीशियम कंटेंट - 39% था।

**मुख्य शब्द:** अमोर्फस बोरॉन, मैग्नीशियम, यांत्रिक मिलिंग, एस.ई.एम., ईंधन

**1.0 परिचय:** बोरॉन पाउडर उपयुक्त ईंधन योजक होते हैं, जिनमें उच्चतम वाल्यूमेट्रिक ( $135\text{kJ}/\text{cm}^3$ ) और ग्रेविमेट्रिक हिट ( $57\text{kJ}/\text{g}$ ) होती है<sup>1</sup>, जो कि किसी भी हाइड्रोकार्बन एवं अन्य धातुओं से अधिक होती है और इसे उच्च घनत्व के रूप में उपयोग किया जाता है। बोरॉन की ऊर्जा घनत्व, धातु बोराइड से काफी अधिक है। इसके प्रमुख अनुप्रयोग ईंधन समृद्ध प्रणोदक (एफ.आर.पी.), इग्नाइटर और पायरोटेक्निक रचनाओं में हैं परन्तु धीमी ऑक्सीकरण गतिकी, लंबे समय तक प्रज्वलन में देरी, अपूर्ण पैदावार (यील्ड) और पूर्ण दहन प्राप्त करने में कठिनाई के कारण इसके उपयोग को ईंधन के रूप में सीमित करता है<sup>2</sup>। बोरॉन का खराब प्रदर्शन, बोरॉन सतह पर ऑक्साइड के गठन के कारण होता है<sup>3</sup> जो या तो ऑक्सीजन के प्रसार को सीमित करके या बोरॉन के बाहर की ओर प्रसार सीमित कर दहन प्रक्रिया को धीमा कर देता है।  $\text{B}_2\text{O}_3$  ऑक्साइड परत 450 डिग्री सेल्सियस पर पिघलती है और यह 2067 डिग्री सेल्सियस तक नहीं उबलती है। इस प्रकार  $\text{B}_2\text{O}_3$  परत को हटाने के लिए 2000 डिग्री सेल्सियस से अधिक के उच्च तापमान की आवश्यकता होती है<sup>4</sup>, लेकिन बोरॉन 2077 डिग्री सेल्सियस पर पिघलता है और इसका कथनांक 3867 डिग्री सेल्सियस होता है, जिसके कारण बोरॉन कण, चिपचिपे  $\text{B}_2\text{O}_3$  के साथ संडीपन हो जाते हैं, जो बदले में बोरॉन की ऑक्सीडाइज़र के साथ मिश्रण करने की क्षमता को कम कर देते हैं और अनेक बिना जले हुए कण दहन कक्ष के बाहर रह जाते हैं, जिससे मोटर का आउटपुट कम हो जाता है<sup>5</sup>।

हाल की रिपोर्टों में बताया गया है कि नोदक रचनाओं में ईंधन के रूप में बोरॉन के दहन के दौरान आने वाली समस्या को मैग्नीशियम के साथ बोरॉन के कंपोज़िट का उपयोग के माध्यम से कम किया जा सकता है।<sup>6</sup> यह अनुमोदित है कि इन कंपोज़िट के उपयोग से कम प्रज्वलन विलंब, तेजी से जलने की दर और अनुरूप घनत्व का परिणाम प्राप्त होगा। बोरॉन के तेजी से प्रज्वलन को इस तथ्य से समझाया जा सकता है कि मैग्नीशियम ऑक्सीजन के साथ शीघ्रता से प्रतिक्रिया करता है<sup>7</sup> और एक महत्वपूर्ण मात्रा में ऊष्मा ( $24.7\text{ kJ}/\text{g}$ ) देता है यह अतिरिक्त ऊष्मा बोरॉन सतह पर ऑक्साइड परत को हटाने और इसके प्रज्वलन को बढ़ावा देने में मदद करती है। बोरॉन और मैग्नीशियम के अनुपात में हेरफेर करके, विभिन्न गुणों के साथ विभिन्न रचनाएं तैयार की जा सकती हैं।

यांत्रिक मिलिंग सजातीय सामग्री का उत्पादन प्रदान करता है। यह प्रक्रिया आमतौर पर उच्च-ऊर्जा बॉल मिलों के सहयोग से प्राप्त की जाती है। यांत्रिक मिलिंग एक ऐसी प्रक्रिया है -जिसमें बार-बार कोल्ड वेल्डिंग और

पाउडर के फ्रैक्चरिंग मेकैनिज्म होते हैं। टॉप-डाउन प्रौद्योगिकियों (चित्र -1 में दर्शाया गया है।) के भीतर, उच्च ऊर्जा बॉल मिलिंग, नैनो कणों तथा संमिश्रित (कम्पोज़िट) सामग्री उत्पादन के लिए एक सरल और सस्ती तकनीक है। इसके कई अन्य फायदे भी हैं, जैसे कि, कम लागत, सरल प्रचालन (ऑपरेशन), उच्च उपज इत्यादि। आमतौर पर इस प्रक्रिया में उपयोग की जाने वाली यांत्रिक मिलिंग मिलों में एट्रिशन जेट, प्लेनेटरी बॉल-मिल और वाइब्रेटिंग कंपन मिलें शामिल हैं, जिनमें से सभी को उच्च-ऊर्जा मिलों के रूप में वर्गीकृत किया गया है। इन उच्च-ऊर्जा मिलों में, प्लेनेटरी मिल संमिश्रित (कम्पोज़िट) के उत्पादन के लिए एक कुशल और उपयुक्त उपकरण है। यह बड़े पैमाने पर उत्पादन के लिए भी उपयुक्त है। इसमें गेंदों और पीसने वाले जार के बीच गति में अंतर से घर्षण और प्रभाव बलों से (संघट्ट बल) इम्पैक्ट फोर्स पैदा करता है, जो उच्च गतिशील ऊर्जा जारी करता है, ये बल पाउडर के आकार में कमी पैदा करते हैं। प्लेनेटरी बॉल मिल्स का कार्य सिद्धांत ग्राइंडिंग जार और सन व्हील के बीच सापेक्ष घूर्णी गति पर आधारित है।



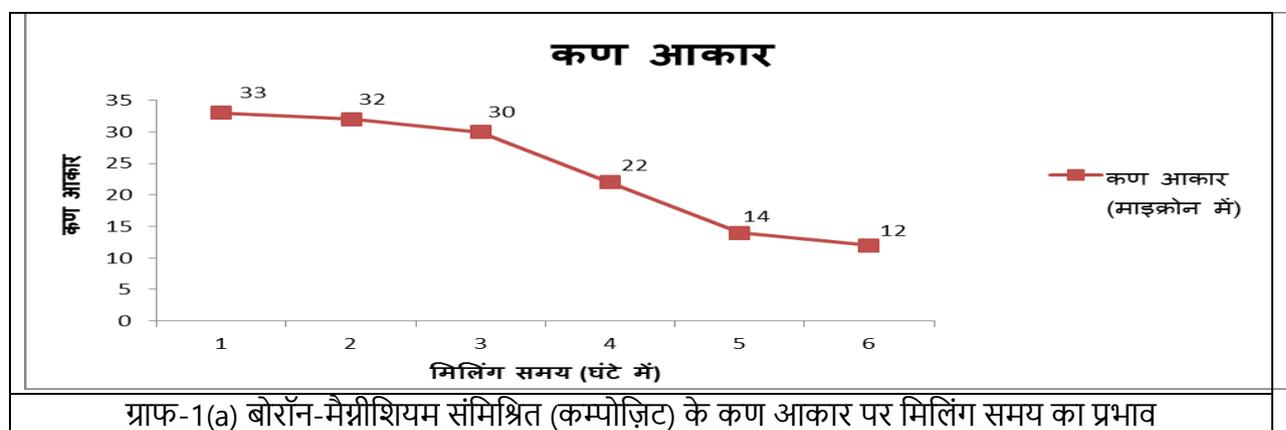
**2.0 प्रायोगिक:** बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) संश्लेषण करने के लिए, हमने घेरलू उत्पाद अमोर्फस बोरॉन पाउडर ग्रेड-1 माइक्रोन साइज (औसत कण आकार – 1.4 माइक्रोन, शुद्धता -92%) तथा मैग्नीशियम (औसत कण आकार – 52.25 माइक्रोन, शुद्धता -95.10%) जो कि बाहर से खरीदा गया है, इन्हें बॉल मिलिंग के लिए प्रयोग किया। मिलिंग से पहले, ऑक्साइड परत को हटाने के लिए बोरॉन को एसीटोनिट्राइल और उसके बाद टोल्यूनि और हेक्सेन से धोया गया। 60:40 के द्रव्यमान अनुपात में पूर्व-धोए गए बोरॉन और मैग्नीशियम को ग्लोव बॉक्स के अन्दर (आर्गन गैस शुद्धिकरण के साथ) 2 जार में लोड किया गया। कुल 40 ग्राम पाउडर को 2 जार (1 जार में 20 ग्राम) को प्लेनेटरी बॉल-मिल (मॉडल नंबर - रिट्च पी.एम. 400 एम.ए. (चित्र -2 में दर्शाया गया है) मशीन 200 आर.पी.एम. पर सहायक डिस्क के कोणीय वेग को रखते हुए ज़िरकोनियम ऑक्साइड से बने 10 मि.मी. गेंदों के साथ, 500 एम.एल. के ज़िरकोनियम ऑक्साइड आधारित जार का उपयोग करके यांत्रिक मिलिंग की गई। बॉल टू पाउडर वजन अनुपात 3:1 रखा गया। मिलिंग मापदंडों का प्रायोगिक विवरण तालिका-1 में संक्षेपित किया गया है। प्रत्येक 1 घंटे की मिलिंग के बाद, आर्गन से भरे ग्लोवबॉक्स में नमूने को विश्लेषण के लिए लिया गया तथा कांच की बोतल के अंदर रखा गया, जिसे गुण प्रशिक्षण विधि के लिए दिया गया।

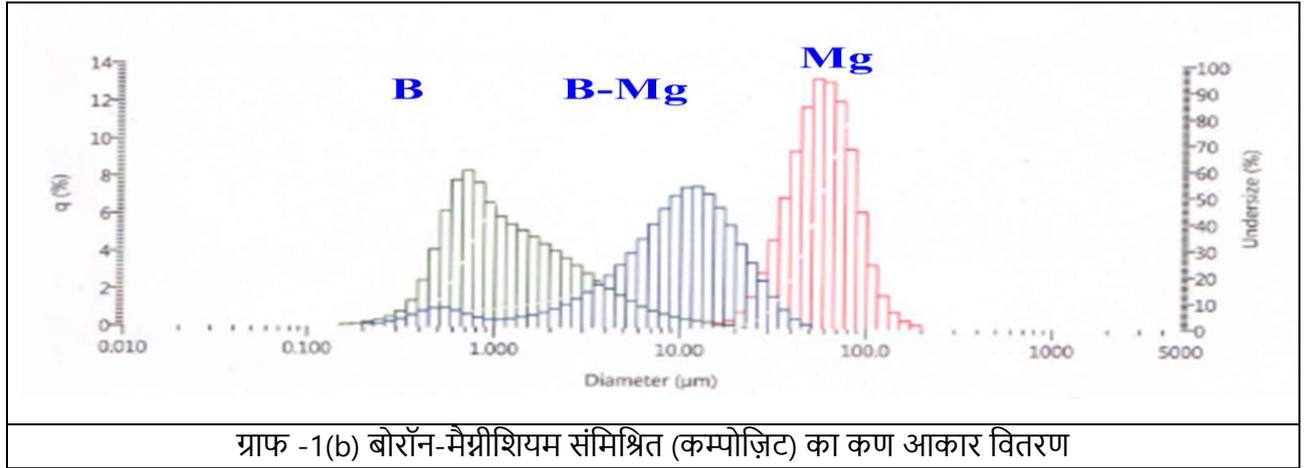
## मिलिंग मापदंडों का प्रायोगिक विवरण तालिका-1

बोरॉन 60% वजन के आधार पर (ग्राम)	मैग्नीशियम 40% वजन के आधार पर (ग्राम)	बॉल्स संख्या	बॉल माप (मि.मी., Ø)	गति (आर. पी.एम.)	बॉल टू पाउडर वजन अनुपात	प्रक्रिया नियंत्रण एजेंट	अंतराल समय (मिनट)	विराम समय (मिनट)
12	8	20	10	200	3:1	एसीटोनि ट्राइल	05:00	05:00

## 3. गुण प्रशिक्षण विधि (Characterization Techniques)

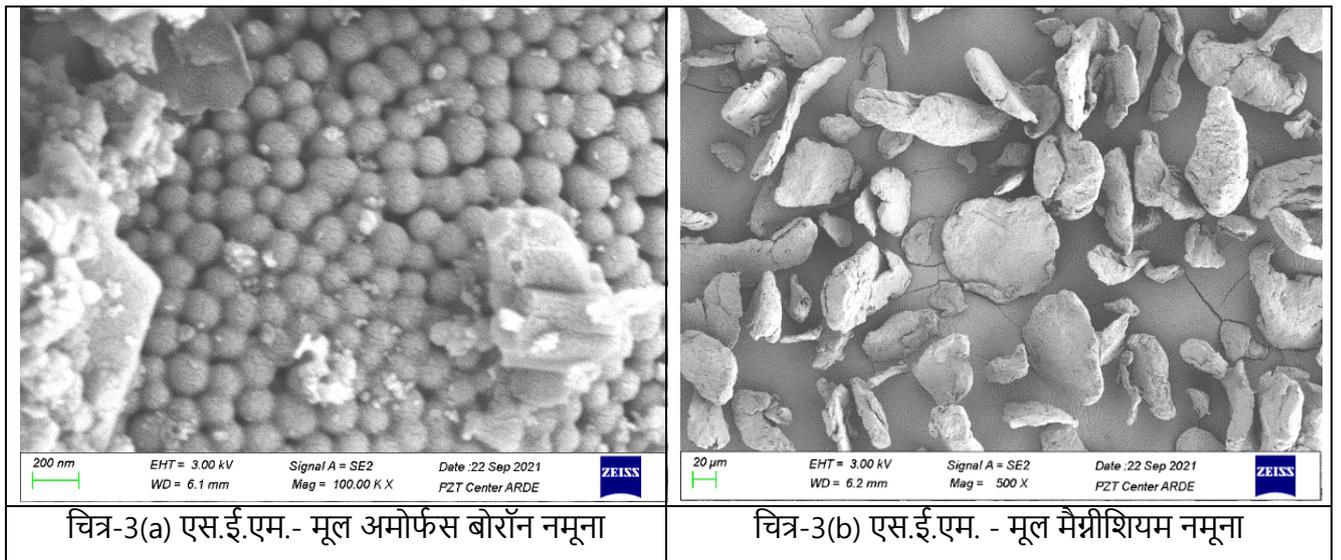
**3.1 कण आकार (पार्टिकल साइज़):** पाउडर विशेषता में कण आकार तथा कण आकार वितरण का निर्धारण बहुत जरूरी है। मूल अमोर्फस बोरॉन पाउडर, मूल मैग्नीशियम तथा बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) का कण आकार लेजर प्रकीर्णन यंत्र (होरिबा, मॉडल नंबर एल.ए. 960) कण आकार विश्लेषक का उपयोग करके निर्धारित किया गया। एक गिलास बीकर (50 मिलीलीटर) में 20 मिलीलीटर पानी लेकर उसमें छोटी मात्रा में पाउडर डाल दिया जाता है तथा उसे 5 मिनट के लिए सोनिकेशन दिया जाता है जिससे कि नमूना फैल जाता है। नमूने को उपकरण की आंतरिक हलचल प्रणाली (आर.पी.एम.-2050) और अल्ट्रासोनिक जांच (10 मिनट के लिए) की मदद से भी फैलाया जाता है। मूल अमोर्फस बोरॉन पाउडर अत्यधिक एकत्रित (अगगलोमेरेटेड) कण आकार दिखाता है। जिसका कण आकार एक माइक्रोन आकार से लेकर 10 माइक्रोन (औसत कण आकार -1.4 माइक्रोन) तथा मूल मैग्नीशियम पाउडर का कण आकार 20 माइक्रोन से लेकर 110 माइक्रोन (औसत कण आकार -52.25 माइक्रोन) था, जोकि काफी कॉर्सेर (मोटा) था। बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) के कण आकार कम होता जाता है। जैसे-जैसे मिलिंग का समय बढ़ता गया तथा 6 घंटे की मिलिंग के बाद कण का आकार 11.7 माइक्रोन पाया गया। कण आकार पर मिलिंग समय के प्रभाव को ग्राफ -1(a) में संप्रेक्षित किया गया है। कण आकार वितरण ग्राफ -1(b) में दर्शाया गया है।

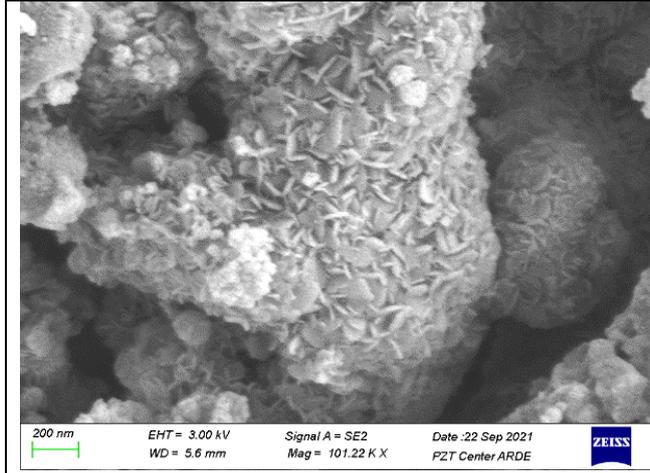




### 3.2 स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी (एसईएम):

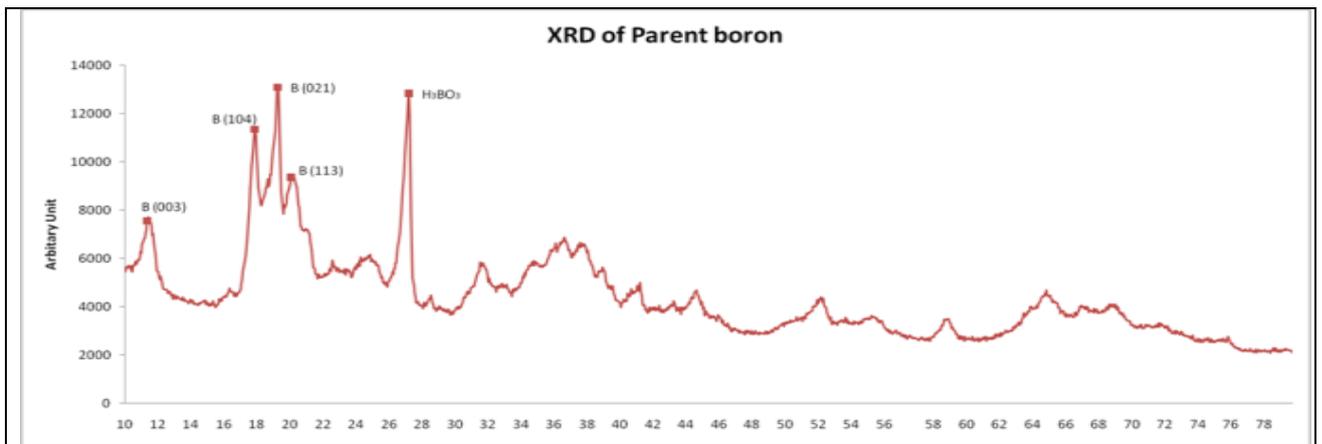
एस.ई.एम. का उपयोग सूक्ष्म संरचना लक्षण वर्णन, आकृति विज्ञान और कण आकार का अध्ययन करने के लिए किया गया। मूल अमोर्फस बोरॉन पाउडर, मूल मैग्नीशियम तथा बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) के आकृति विज्ञान और कण आकार विश्लेषण के लिए वर्तमान अध्ययन में ज़ेइस मर्लिन कॉम्पैक्ट इंस्ट्रूमेंट का उपयोग किया गया जिसका फ़ील्ड इमिशन गन 3 किलो वोल्ट का था। बैकस्कैटेरेड इलेक्ट्रॉनों से ली गई छवि में, मैग्नीशियम बोरॉन की तुलना में अधिक चमकीला दिखाई देता है। मूल मैग्नीशियम के कण अधिक मोटे (कॉर्सेर) थे, अनियमित तह (फ़लैक्स) और सपाट सतह के साथ, कण आकार 20 माइक्रोन से लेकर 100 माइक्रोन था। मूल अमोर्फस बोरॉन पाउडर के कण गोलाकार आकृति, अगगलोमेरेटेड कण प्रदर्शित करता है तथा कण आकार 1 माइक्रोन से लेकर 10 माइक्रोन था। मिलिंग से दोनों सामग्री (B-Mg) के कणों में कण आकार में कमी पाई जाती है तथा सजातीय मिश्रण प्राप्त होता है। बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) के कण अगगलोमेरेटेड, अच्छी तरह मिश्रित, सघनतापूर्वक पैक थे। कोई स्पष्ट पृथक बोरॉन-मैग्नीशियम के कण दिखाई नहीं दे रहे थे। मूल अमोर्फस बोरॉन पाउडर, मूल मैग्नीशियम तथा बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) मिळ नमूना को एस.ई.एम. चित्र -3(a), 3(b) तथा 3(c) में दर्शाया गया है।



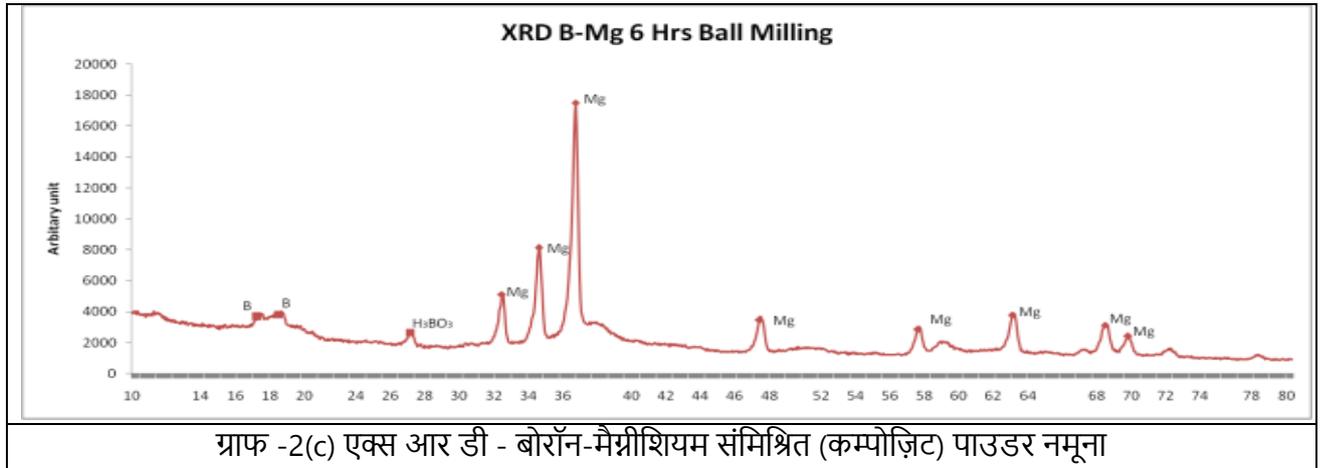
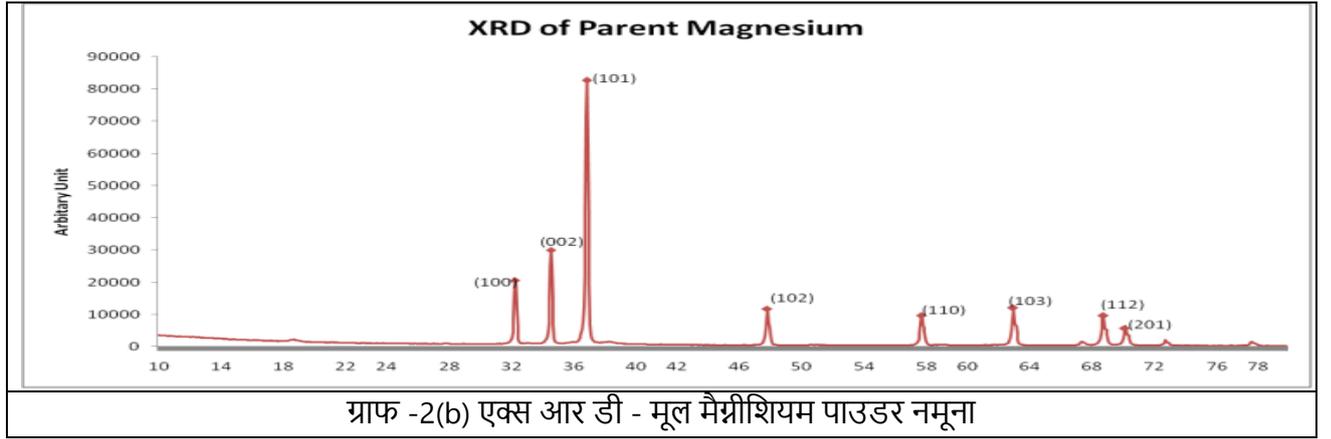


चित्र-3(c) एस.ई.एम. - बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) नमूना

**3.3 एक्स-किरण विवर्तन वर्णक्रम (एक्स रे डिफ्रैक्शन स्पेक्ट्रा):** एक्स-किरण विवर्तन वर्णक्रम, ब्रुकर डी 8 एडवांस विश्लेषक से 1.6 kW पर एक विकिरण X Cu K $\alpha$  ( $\lambda = 1.5416$ ) का उपयोग करके परीक्षण निष्पादित किए गए हैं। चयनित कोणीय श्रेणी 10°-80° (2थीटा) 0.05° (2थीटा) के पास और 15 सेकंड/पास के अधिग्रहण समय के साथ है। मूल अमोर्फस बोरॉन पाउडर एक अनाकार संरचना के लिए जिम्मेदार व्यापक (चोटी) को प्रकट करता है, हालांकि इसके अलावा अमोर्फस बोरॉन में क्रिस्टलीय पीक्स (चोटियों) को भी देखा गया है (जोकि **जे.सी.डी.पी.एस. -31-0207** के अनुरूप है) तथा 28 डिग्री पर एक प्रमुख चोटी है, जो कि हाइड्रेटेड B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> या बोरिक एसिड के अनुरूप है (जोकि **जे.सी.डी.पी.एस. -30-0019** के अनुरूप है) मूल मैग्नीशियम पाउडर के सभी विशिष्ट शिखर विवर्तन मानकों (**जे.सी.डी.पी.एस. -35-0821**) पर संयुक्त समिति से सहमत हैं। बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) के एक्स.आर.डी. स्पेक्ट्रा से दोनों (बोरॉन और मैग्नीशियम) की चोटियों का पता चलता है, हालांकि, मैग्नीशियम की चोटियां चौड़ी और कमजोर हो गईं, जो लंबे समय तक मिलिंग समय में कम क्रिस्टलीय आकार का सुझाव देती हैं। B-Mg संमिश्रित (कम्पोज़िट) में कोई MgB<sub>2</sub> नहीं देखा गया, यह दर्शाता है कि मिलिंग के दौरान कोई रासायनिक प्रतिक्रिया नहीं हुई है। मूल अमोर्फस बोरॉन पाउडर, मूल मैग्नीशियम तथा बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) मिल्ड नमूना का एक्स-किरण विवर्तन वर्णक्रम जो कि ग्राफ -2(a), 2(b) तथा 2(c) में दर्शाया गया है।



ग्राफ -2(a) एक्स आर डी - मूल अमोर्फस बोरॉन पाउडर नमूना



**3.4 बी.ई.टी. सतह एरिया (सतह क्षेत्रफल):** मूल अमोर्फस बोरॉन पाउडर, मूल मैग्नीशियम पाउडर तथा बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) का बी.ई.टी. सतह क्षेत्रफल (तथा जैमिनी VII 2390t इंस्ट्रुमेंट (मेक – मिक्रोमेट्रिक्स, यू.एस.ए.) के द्वारा नाइट्रोजन गैस की सतह अधिशोषण (एडसोर्प्शन) विधि के द्वारा निर्धारित किया गया। नमूने (0.2 ग्राम) को नाइट्रोजन गैस के साथ 250 डिग्री सेल्सियस पर 6 घंटे के लिए गरम करके सक्रिय किया गया। बी.ई.टी. सतह क्षेत्रफल, मूल अमोर्फस बोरॉन पाउडर तथा मूल मैग्नीशियम का 9.0 मी<sup>2</sup>/ग्राम, 0.437 मी<sup>2</sup>/ग्राम पाया गया। बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) का बी.ई.टी. सतह क्षेत्रफल 27.10 मी<sup>2</sup>/ग्राम पाया गया जो कि बोरॉन की तुलना में ३ गुना अधिक था। बी.ई.टी. सतह क्षेत्रफल को विवरण तालिका-2 में संप्रेक्षित किया गया है।

<b>बी.ई.टी. सतह क्षेत्रफल</b>	
<b>सामग्री (मटेरियल)</b>	<b>बी.ई.टी. सतह क्षेत्रफल (मी<sup>2</sup>/ग्राम)</b>
मूल अमोर्फस बोरॉन पाउडर	9.0
मूल मैग्नीशियम पाउडर	0.437
बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट)	27.10

**बी.ई.टी. सतह क्षेत्रफल विवरण तालिका-2**

**3.5 ऊष्मीय मान:** मूल अमोर्फस बोरॉन पाउडर तथा बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) का ऊष्मीय मान पार इसोपेरीबोल कैलोरीमीटर (मॉडल नंबर - 6200) का उपयोग करके ज्ञात किया गया जिसमें, 0.5 मिली ग्राम नमूने को स्टील बोम्ब के अंदर स्टील कप में रखा जाता है। बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) का ऊष्मीय

मान 5952 कैलोरी/ग्राम ज्ञात किया गया, जोकि मूल अमोर्फस बोरॉन पाउडर के ऊष्मीय मान 4284 कैलोरी/ग्राम से 35% अधिक है। ऊष्मीय मान को विवरण तालिका-3 में संप्रेक्षित किया गया है:

ऊष्मीय मान	
सामग्री (मटेरियल)	ऊष्मीय मान (कैलोरी / ग्राम)
मूल अमोर्फस बोरॉन	4284
बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट)	5952

ऊष्मीय मान विवरण तालिका-3

**3.6 शुद्धता:** आइ.सी.पी.ओ.ई.एस. प्रोडिजी 7 (टेलेडीने लीमन लैब्स) उपकरण द्वारा मौलिक विश्लेषण किया गया और रासायनिक संरचना नियमानुसार पाई गई, जिसका विवरण तालिका-4 में संप्रेक्षित किया गया है:

शुद्धता	
सामग्री (मटेरियल)	शुद्धता (%)
बोरॉन कंटेंट	47%
मैग्नीशियम कंटेंट	39%

शुद्धता विवरण तालिका-4

**4.0 निष्कर्ष:** बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) को 40 वजन % मैग्नीशियम के साथ, 6 घंटे की मिलिंग (डोज) खुराक का उपयोग करके उच्च ऊर्जा प्लैनेटरी बॉल मिल के माध्यम से बनाया गया है। मिल्ड बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) सामग्री को एक्स.आर.डी., एफ.ई.एस.ई.एम., लेजर स्कैटरिंग पार्टिकल साइज एनालाइजर, बी.ई.टी. सतह क्षेत्र और कैलोरीफ मान का उपयोग करके चित्रित किया गया था। बी.ई.टी. सतह क्षेत्र और ऊष्मीय मान के परिणाम उत्साहजनक हैं। इस काम से पता चलता है कि बोरॉन-मैग्नीशियम संमिश्रित (कम्पोज़िट) को यांत्रिक मिलिंग के माध्यम से सफलतापूर्वक तैयार किया जा सकता है, यह एक ऐसी प्रक्रिया है, जो वर्तमान रासायनिक प्रक्रियाओं की तुलना में लागत प्रभावी और अधिक पर्यावरण के अनुकूल है।

**आभार:** लेखकगण श्री के. पी. एस. मूर्ति, विशिष्ट वैज्ञानिक एवं निदेशक, एच.ई.एम.आर.एल. का इस कार्य को पूर्ण करने हेतु प्रदान किए गए प्रोत्साहन एवं प्रकाशित करने की अनुमति प्रदान करने के लिए आभार प्रकट करते हैं। वे एक्स.आर.डी. और एस.ई.एम. के लिए ए.आर.डी.ई. पुणे द्वारा दिए गए समर्थन के लिए भी आभार प्रकट करते हैं।

#### संदर्भ:

- डी लिआंग, जे लियू, बी चेन, जे झोउ, के. सेन, ऑक्सीडेंट कोटिंग, बोरॉन-आधारित प्रणोदक के ऊर्जा रिलीज गुणों में सुधार। एक्टा 638 (2016) 58-68। डीओआई: 10.1016/j.tca.2016.06.017
- के.के. कुओ, आर. पीन, बोरॉन-आधारित ठोस प्रणोदक और ठोस ईंधन का दहन, बेगेल हाउस पब्लिशिंग कंपनी और सीआरसी प्रेस, इंक., बोका रैटन, 1993. डीओआई: 10.21201/9780429030680
- लियू, एल.-एल., लियू, पी.-जे., और वह, जी.-क्यू., "इग्निशन और दहन मैग्नीशियम और बोरॉन के यौगिक के लक्षण, "जर्नल ऑफ़ थर्मल विश्लेषण और कैलोरीमेट्री, वॉल्यूम। 121, नंबर 3, 2015, पीपी। 1205-1212 डीओआई: 10.1007/एस10973-015-4653-6

4. डी बैशफोर्ड, अंतरिक्ष संरचनाओं में उच्च तापमान के उपयोग के लिए उपयुक्त उन्नत धातु और सिरैमिक सामग्री की समीक्षा, एक्टा अंतरिक्ष यात्री। 22(1990)137-144। डीओआई:10.1016/0094-5765 (90)90015-डी
5. एक्स. लियू, के.एल. चिन्तरसिंह, एम. शोएनिज़, और ई.एल. ड्रेज़िन, "रिएक्टिव कम्पोजिट बोरॉन - मैकेनिकल मिलिंग द्वारा तैयार मैग्नीशियम पाउडर," J. Propuls। पावर, वॉल्यूम। 34, नहीं। 3, पीपी. 787-794, 2018, डीओआई: 10.2514/1.बी36315
6. पेस, के.के., जरीमोविकज़, टी.ए., यांग, वी., और कुओ, के.के., का प्रभाव के जलने की विशेषताओं पर मैग्नीशियम-लेपित बोरॉन कण हाई-स्पीड क्रॉसफ्लो में ठोस ईंधन, सी.आर.सी. प्रेस, बोका रैटन, एफ.एल., 1993, पी.पी. 332-347.
7. गुओ, वाई, झांग, डब्ल्यू, झोउ, एक्स, और बाओ, टी, "मैग्नीशियम बोराइड सिंटेर्ड उच्च-ऊर्जा ईंधन के रूप में, "जर्नल ऑफ़ थर्मल एनालिसिस एंड कैलोरीमेट्री, वॉल्यूम। 113, नंबर 2, 2013, पी.पी. 787-791 डी.ओ.आई.:10.1007/एस10973-012-2832-2

### लेखक परिचय:



श्री अखिल, डी.आर.डी.ओ., पुणे की उच्च ऊर्जा पदार्थ अनुसंधान प्रयोगशाला के नैनो मटेरियल्स विभाग में वरिष्ठ सहायक 'बी' पद पर कार्यरत हैं। उन्होंने प्रोडक्शन इंजीनियरिंग में डिप्लोमा प्राप्त किया है। उन्हें नैनो मटेरियल्स तथा कम्पोजिट संश्लेषण में 3 वर्षों का अनुभव है।

## एकीकरण प्रक्रिया (Assembly Process) के दौरान मोनेल-सिरेमिक-तांबा अंतरापृष्ठ (Interface) से युक्त एक संग्राहक संयोजन (Collector Assembly) की उत्तरजीविता (Survivability) के लिए संरचनात्मक अनुकूलन (Structural Optimizaiton)

चंद्रशेखर/ वी.एस.जगदीश / राकेश आर. भावसार/ आनंद पाठक\*  
संरचनात्मक और तापीय विश्लेषण समूह, \* यांत्रिक अभियांत्रिकी प्रणाली क्षेत्र  
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, इसरो, अहमदाबाद

### सारांश

कई अंतरिक्षीय अनुप्रयोगों में, कुछ जटिल संयोजनों (Assembly) के अभिकल्पना में यांत्रिक प्रतिबल (mechanical stress) को सीमित रखने की अत्यधिक आवश्यकता होती है। उदाहरण के लिए, एक संयोजन जिसमें भंगुर घटक (brittle element) होते हैं। आमतौर पर, ये संयोजन (assembly) विभिन्न सामग्रियों से बने कई घटकों से बनी होती हैं। उनमें द्वि-भौतिक अंतरापृष्ठ होते हैं जो उच्च तापप्रत्यास्थ (thermo-elastic) स्थितियों की परिस्थिति में अत्याधिक प्रतिबल का सामना करते हैं। विशेष रूप से, भंगुर घटक इन स्थितियों में विफलता के लिए अतिसंवेदनशील होते हैं। इस पत्र में, इस तरह की ही एक असेंबली जिसमें बहुत ही भंगुर सिरेमिक घटक में दो द्वि-सामग्री अंतरापृष्ठ वाले संयोजन के एकीकरण प्रक्रिया के दौरान इसकी उत्तरजीविता के लिए परिमित अवयव तकनीक के माध्यम से इष्टतमीकृत/ आशोधित (optimize/modify) किया गया है।

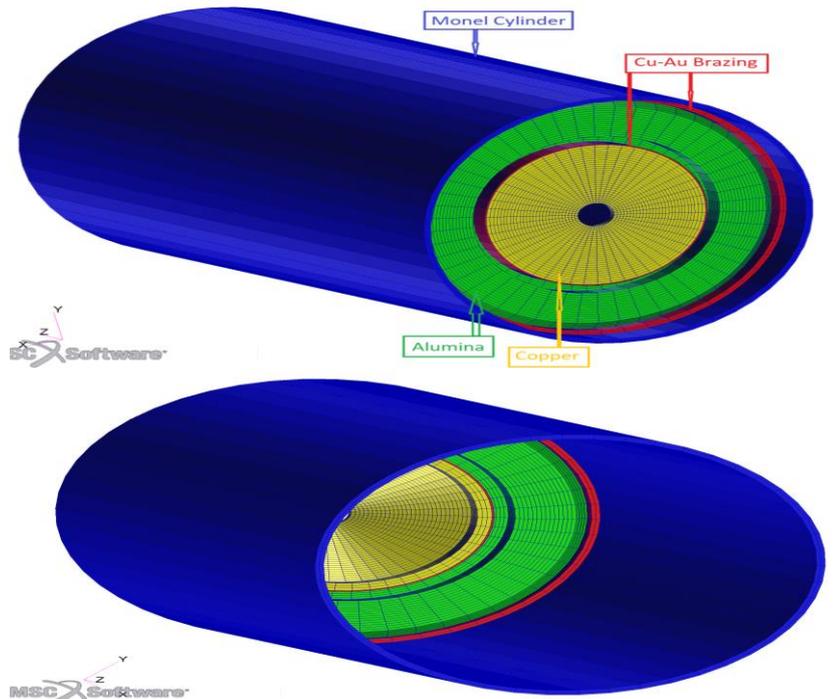
### परिचय:

इस अध्ययन में, एक संग्राहक संयोजन (Collector Assembly) जिसमें मोनेल-सिरेमिक-तांबा अंतरापृष्ठ शामिल है, इसकी एकीकरण प्रक्रिया के दौरान उत्तरजीविता के लिए विश्लेषण किया गया है। इस प्रकार की संयोजन का उपयोग आमतौर पर बहुत अधिक तापमान अनुप्रयोगों में किया जाता है जैसे कि लगभग 700°C पर। इसके लिए, व्यक्तिगत घटकों (individual elements) को इस उच्च तापमान का सामना करने में सक्षम होना चाहिए। इस चयनित संयोजन की एक विशेष आवश्यकता यह है कि इसमें सिरेमिक (एल्युमिना) सामग्री से बना एक भंगुर घटक होता है, जिसे दो धातुओं के साथ इसके दो विपरीत फलक को चिपकाना होता है जैसा कि चित्र -1 में दर्शाया गया है। टांकना (Brazing) एक विशेष प्रक्रिया है जिसे आमतौर पर इस अनुप्रयोग के लिए अपनाया जाता है। तांबा-सोना (Cu-Au) मिश्र धातु का उपयोग यहां टांकने की प्रक्रिया में इसके बहुत ऊँचे पिघलन बिंदु लगभग 1000°C के कारण किया गया है। जिसके कारण इस संयोजन का 700 डिग्री सेल्सियस के प्रचालन तापमान (operating temperature) पर उत्तरजीविता का आश्वासन मिलता है। इस विन्यास (configuration) में सामग्री का चयन विद्युत आवश्यकताओं से नियंत्रित होता है जिसमें कार्यात्मक प्रदर्शन संबंधी बाधाएं होती हैं।

एकीकरण प्रक्रिया (assembly process) में, संयोजन को 1085 डिग्री सेल्सियस तापमान तक गर्म किया जाता है ताकि ब्रेजिंग कॉपर-गोल्ड (Cu-Au) मिश्र धातु सामग्री पिघल जाए और पूरी संरचना को धीरे-धीरे कमरे के तापमान तक ठंडा किया जाता है। यह बहुत उच्च ताप प्रत्यास्थ (thermo-elastic) अंतरापृष्ठ-प्रतिबल (Interface-stress) का कारण बनता है जो संरचनात्मक द्वि-सामग्री अंतरापृष्ठ में उत्पन्न होता है। इस वास्तविक प्रक्रिया में एल्युमिना सामग्री ने एकीकरण प्रक्रिया के दौरान दरारें/विफलताएं अनुभव (experience) कीं जो असेंबली में संरचनात्मक संशोधनों को आवश्यक बनाता है। जैसा कि यह असेंबली इसके

विद्युत आवश्यकताओं द्वारा नियंत्रित होता है, जिसके कारण इस असेंबली को लगभग 700 डिग्री सेल्सियस पर संचालित किया जाता है, असेंबली की तापीय चालकता और नियंत्रण भी एक अन्य अभिकल्पना प्राचल (design parameter) है जिसे संयोजन में अन्य सभी प्राचलों (all other parameters) के साथ संबोधन की आवश्यकता होती है। इससे संयोजन (Assembly) का डिज़ाइन अधिक कठिन हो जाता है। हालांकि, इस पत्र में केवल ताप-संरचनात्मक (thermo-structural) चिंताओं को प्रस्तुत किया गया है।

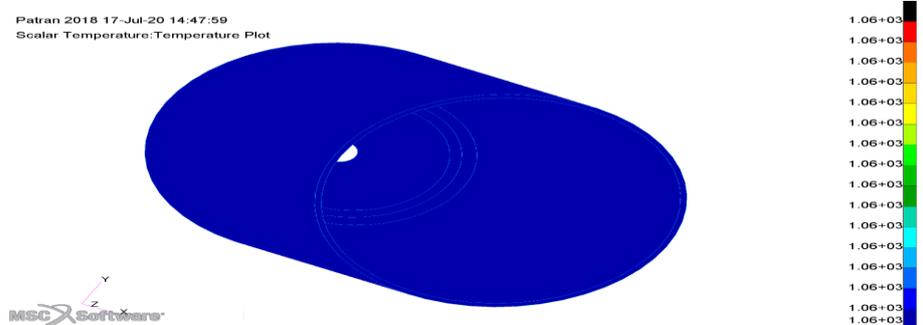
हालांकि असेंबली प्रक्रिया के दौरान ब्रेजिंग/टांकने की सामग्री में अवस्था/रूप परिवर्तन (तरल से ठोस) होता है, जिसके परिणामस्वरूप आवश्यक संरचनात्मक सामग्री गुणों में बड़ा परिवर्तन/गैर-रेखिकता (nonlinearity) होती है, यहां इस ताप-संरचनात्मक अनुकरण (thermo-structural simulation) में सामग्री गुणों में रेखिकता को माना गया है। तांबा-सोना (Cu-Au) मिश्र धातु के पिघलन बिंदु तक ऊंचे तापमान पर भौतिक गुणों की अनुपस्थिति में, कमरे के तापमान पर इसके अभियन्तिक गुणों (Engineering properties) का उपयोग रेखिक विश्लेषण में किया गया है। यह हालांकि इस विश्लेषण को एक अपरिष्कृत आकलन (gross estimate) बनाता है, लेकिन फिर भी हम संरचनात्मक संशोधनों के दौरान संयोजन के द्वि-सामग्री अंतराफलक में उत्पन्न ताप प्रत्यास्थ (thermo-elastic) प्रतिबल (stress) के कारण संयोजन में गुणात्मक कमी (deficiency) को संबोधित (address) कर सकते हैं।



चित्र (1) मोनेल-सिरेमिक-कॉपर संयोजन (Assembly) का परिमित अवयव नमूना (finite element model)

### परिमित अवयव नमूना (Finite Element Model):

परिमित अवयव अनुकरण (Finite Element Simulation) एक तकनीक है जो कि जटिल संरचनात्मक व्यवहार के अभिलक्षणन (characterization) में बहुत प्रचलित तकनीक है। परिमित अवयव विश्लेषण का उपयोग इस बहु-सामग्री संयोजन के ताप प्रत्यास्थ (thermo-elastic) विश्लेषण के लिए किया गया है। संयोजन का परिमित अवयव नमूना चित्र -1 में दर्शाया गया है। परिमित अवयव विश्लेषण में, प्रक्रिया अनुकरण के दौरान पूरे असेंबली को 1085 डिग्री सेल्सियस के समान तापमान (uniform temperature) पर गरम किया जाता है जैसा कि चित्र -2



चित्र (2) मोनेल-सिरेमिक-कॉपर संयोजन में 1060°C के समान तापमान (uniform temperature) का भार/लोड

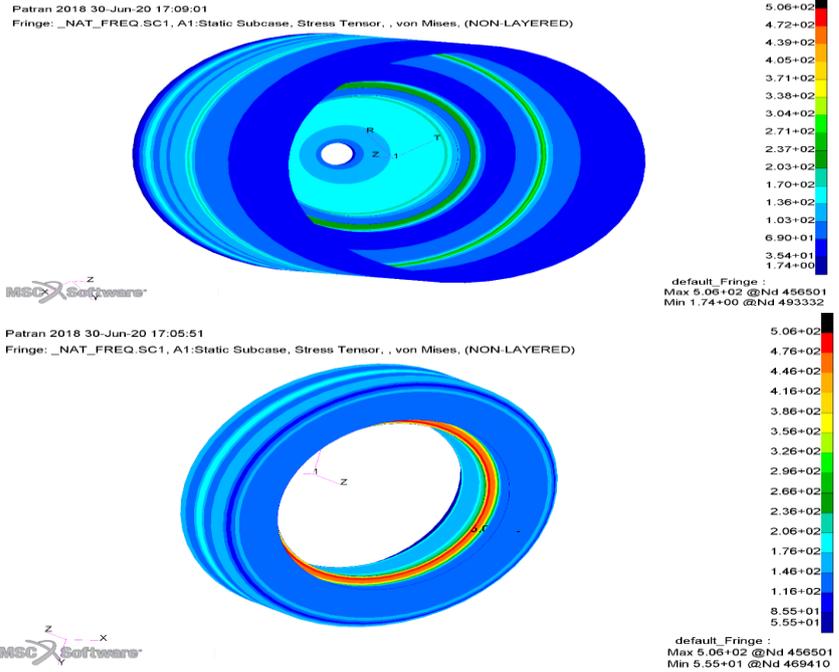
में दर्शाया गया है।

**तालिका 1** विश्लेषण में उपयोग की जाने वाली सामग्री भौतिक गुण (Material Properties used in the analysis)

सामग्री	E यंग मापांक Young's Modulus (Kg/ mm <sup>2</sup> )	पोइजन अनुपात (Poisson's Ratio)	$\rho$ घनत्व Density (Kg/ mm <sup>3</sup> )	तापीय विस्तार का गुणक Coefficient of Thermal Expansion (m/m/°C)
अलुमिना (सेरामिक) Alumina (Ceramic)	37000	0.22	3.960e-6	5.5e-6
मोनेल Monel	17900	0.32	8.800e-6	13.9e-6
तांबा Copper	12400	0.34	8.900e-6	16.0e-6
ब्रेजिंग तांबा- सोना (Cu-Au) मिश्र धातु	9000	0.34	8.500e-6	19.1e-6

इस संयोजन को एकीकृत करने के लिए पूरी असेंबली को 1085°C तक जब ब्रेजिंग मिश्र-धातु पिघल जाता है गर्म किया जाता है। और फिर पूरे संयोजन को धीरे-धीरे कमरे के तापमान तक ठंडा किया जाता है। इससे इस संयोजन को 1060°C (= 1085°C - 25°C) के तापमान परिवर्तन का सामना करना पड़ता है।

तापमान में इस बड़े परिवर्तन के कारण संयोजन के द्वि-पदार्थ (bi-material) अंतराफलक (interface) में अत्यधिक प्रतिबल (stress) उत्पन्न होता है। चूंकि एकीकरण प्रक्रिया के दौरान ब्रेजिंग मिश्र-धातु तरल स्थिति (Liquid state) से कठोर स्थिति (Solid state) में परिवर्तित होता है, ब्रेजिंग मिश्र-धातु के पदार्थ गुणधर्म में अत्याधिक परिवर्तन होता है। जो पूरा गैर-रैखिक (non-linear) होता है। हालांकि साहित्य



चित्र (3) मोनेल-सिरेमिक-कॉपर असेंबली में उत्पन्न ताप प्रत्यास्थ (thermo-elastic) प्रतिबल (literature) में इसका कोई संदर्भ (reference) प्राप्त नहीं है। शुरुआती तौर पर संरचनात्मक सुधार के असर (effects of structural modifications) को समझने के लिए रैखिक विश्लेषण भी कारगर हो सकता है।

इस लेख में प्रारंभिक विश्लेषण के लिए ब्रेजिंग मिश्र-धातु के रैखिक गुणधर्म को मानते हुए संयोजन में 1060°C तापमान परिवर्तन के लिए ताप प्रत्यास्थ (thermo-elastic) विश्लेषण का उल्लेख किया गया है।

### रैखिक ताप प्रत्यास्थ विश्लेषण (Linear Thermo-elastic Analysis):

परिमित अवयव मॉडल में लगने वाले तापमान भार को चित्र-2 में दर्शाया गया है। इसमें असेंबली में लगने वाले 1060°C के तापमान भार को दर्शाया गया है। इस सिमुलेशन/अनुकरण में पूरे असेंबली को 1060°C के समान तापमान (uniform temperature) का भार/लोड दिया गया है। इस अनुकरण में गणितीय विश्लेषण

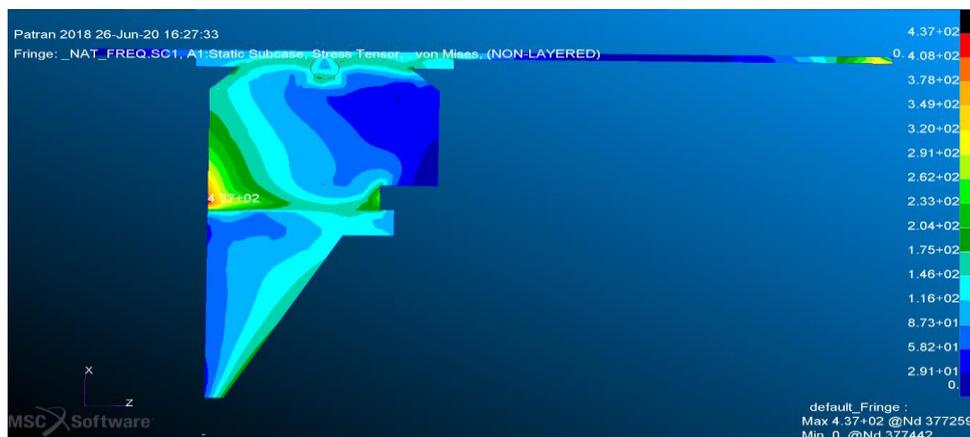
के लिए संदर्भ तापमान 0°C लिया गया है। गणितीय विश्लेषण के लिए NASTRAN/PATRAN सॉफ्टवेर का उपयोग किया गया है।

ताप प्रत्यास्थ (thermo-elastic) विश्लेषण के परिणाम को चित्र (3) में दर्शाया गया है। जैसा की चित्र (3) में देखा जा सकता है कि, असेंबली में अत्यधिक प्रतिबल 506 किग्रा/ मिमी<sup>2</sup> (Kg/ mm<sup>2</sup>) उत्पन्न हो रहा है। जो कि तांबा-सेरामिक अंतराफलक में स्थानबद्ध (located) है। हालांकि ये विश्लेषण सामग्री के रैखिक व्यवहार को मान कर किया गया है, जो कि सही नहीं है। क्योंकि 1085°C के तापमान पर ब्रेजिंग मिश्र-धातु तरल स्थिति (liquid state) में होता है और धीरे धीरे ये ठोस स्थिति को प्राप्त करता है जिससे इस पदार्थ के यंग मापांक (Young's Modulus) में बहुत बदलाव होता है।

इस अनुकरण (simulation) में ब्रेजिंग मिश्र-धातु का यंग मापांक (Young's Modulus) 9000 किग्रा/ मिमी<sup>2</sup> (Kg/ mm<sup>2</sup>) माना गया है जो इसके कमरे के तापमान (room temperature) के समय का यंग मापांक (Young's Modulus) होता है। इस कारण भी हमें इस अनुकरण में अत्यधिक प्रतिबल का आकलन (estimation) हुआ है। परन्तु वास्तव में इस संयोजन में इस तापमान भार पर एकीकरण प्रक्रिया के दौरान दरार विकसित (crack develop) हुआ था। अतः इस संयोजन में परिवर्तन/सुधार की जरूरत है जिससे उत्पन्न प्रतिबल को कम किया जा सके। इसके लिए NASTRAN/PATRAN सॉफ्टवेर के संरचनात्मक अनुकूलन (Structural Optimization) मॉड्यूल (module) का उपयोग किया गया है, इसको इस पत्र के अगले खंड में व्याख्या किया गया है।

### संरचनात्मक अनुकूलन (Structural Optimization):

इस संरचना/संयोजन में प्रतिबल को घटाने के लिए आकृति/रूप अनुकूलन मॉड्यूल (shape optimization module) का उपयोग किया गया है। इसमें मोनेल बेलन (cylinder) के त्रिज्य मोटाई (radial thickness), अलुमिना सेरामिक की त्रिज्य मोटाई (radial thickness) और कॉपर घटक की त्रिज्य मोटाई (radial thickness) को लक्ष्य रखकर (targeted) परिमित अवयव नमूना के नोड्स (nodes) के स्थान को बदलने का चर (variable) रखा गया है। इस विश्लेषण से प्राप्त परिणाम को चित्र (4) में दर्शाया गया है। जैसा कि देखा जा सकता है कि इस आकृति/रूप अनुकूलन (shape optimization) से ज्यादा फायदा नहीं मिल रहा है, और संरचना/ संयोजन में अभी भी 432 किग्रा/ मिमी<sup>2</sup> (Kg/ mm<sup>2</sup>) का प्रतिबल उत्पन्न हो रहा है।



चित्र (4) मोनेल-सिरेमिक-कॉपर असेंबली में सिर्फ आकृति/रूप अनुकूलन (shape optimization) करने के बाद उत्पन्न ताप प्रत्यास्थ (thermo-elastic) प्रतिबल

क्योंकि सिर्फ आकृति/रूप अनुकूलन (shape optimization) से ज्यादा फायदा नहीं मिल रहा है इसलिए अब आगे आकृति/रूप अनुकूलन (shape optimization) के साथ ही साथ स्थलाकृति अनुकूलन (topology optimization) का उपयोग किया गया है।

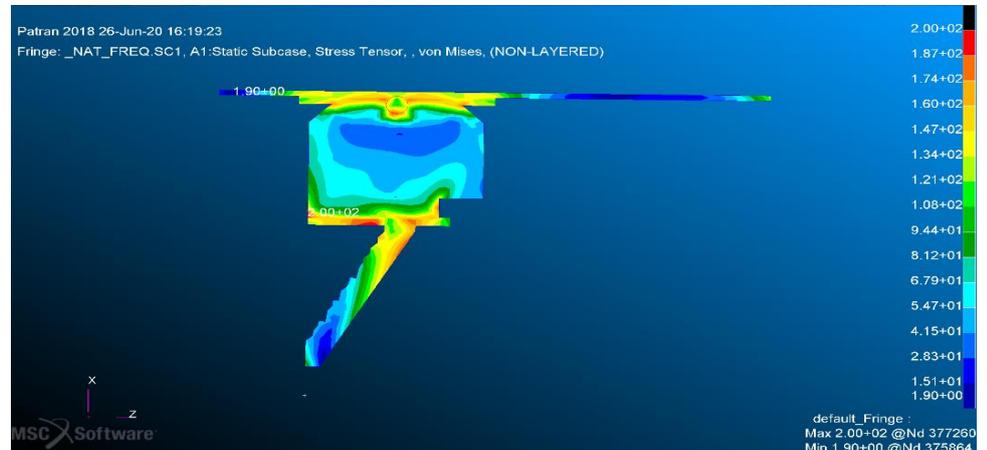
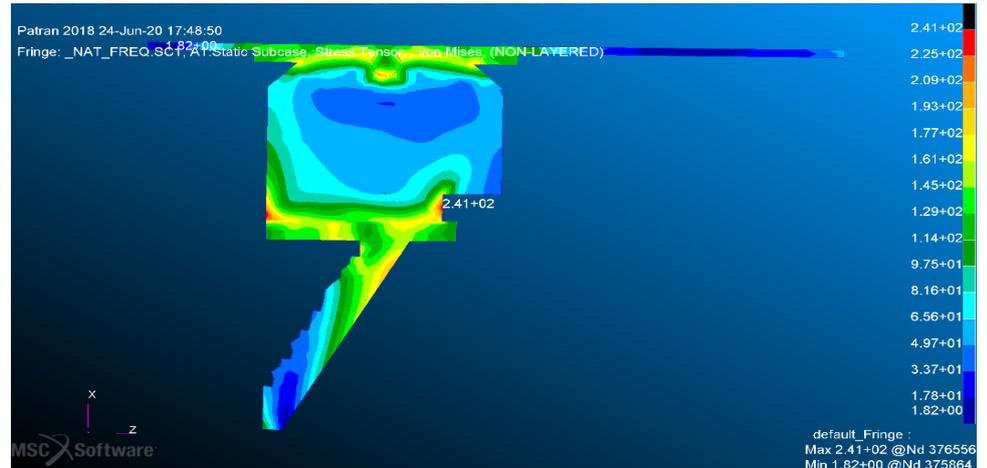
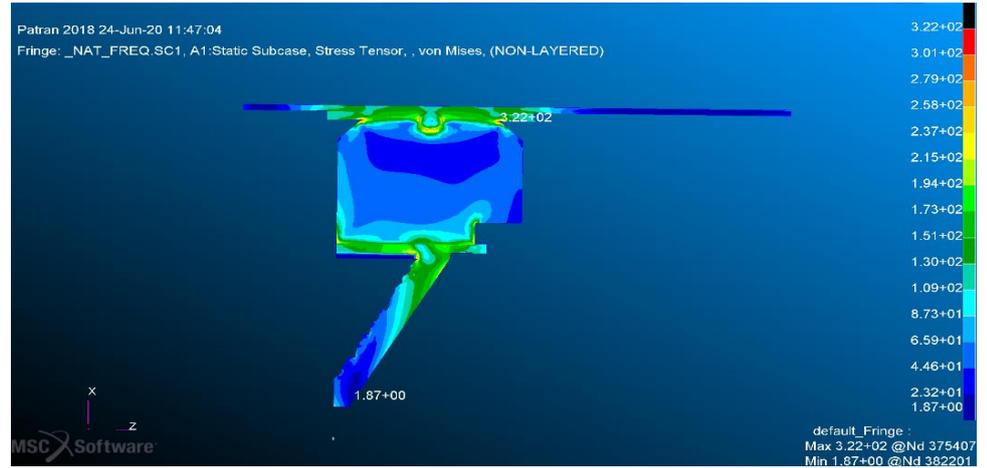
इस संयुक्त आकृति- स्थलाकृति अनुकूलन (combined shape-topology optimization) अध्ययन/जांच में विभिन्न चरणों में प्राप्त परिणामों को चित्र (5) में दर्शाया गया है।

इस संयुक्त आकृति-स्थलाकृति अनुकूलन से अब इस संरचना/ संयोजन में उत्पन्न प्रतिबल को बहुत अच्छे से (506 किग्रा/ मिमी<sup>2</sup> (Kg/ mm<sup>2</sup>) से 200 किग्रा/ मिमी<sup>2</sup> (Kg/ mm<sup>2</sup>) तक घटाया जा सका है।

अतः इस विश्लेषण के आधार पर ये माना जा सकता है कि वास्तविक गैर-रैखिक पदार्थ के गुणधर्म के परिस्थिति में भी यह अनुकूलित संरचना/संयोजन पहले की तुलना में बहुत कम प्रतिबल का अनुभव करेगा। और इस तरह से हम सामग्री के पूरे यांत्रिक गुणधर्मों के अभाव में भी गुणवत्तापरक (qualitative) मूल्यांकन करके संरचनात्मक अनुकूलन (structural optimization) का निष्पादन कर सकते हैं।

### निष्कर्ष (Conclusion):

1. इस परिपत्र में एक संयोजन जिसमें मोनेल-सिरेमिक-तांबा अंतरापृष्ठ (interface) शामिल है, जिसके एकीकरण प्रक्रिया (assembly process) के दौरान इसके उत्तरजीविता (survivability) के लिए विश्लेषण किया गया है।
2. इसमें ताप प्रत्यास्थ (thermo-elastic) अंतराफलक-प्रतिबल (interface-stress) का आकलन किया गया है।
3. संयोजन में संरचनात्मक द्वि-सामग्री अंतराफलक/इंटरफेस में उत्पन्न अत्यधिक प्रतिबल को घटाने के लिए संरचनात्मक अनुकूलन (structural optimization) किया गया है।
4. सिर्फ एक प्रकार के आकृति/रूप अनुकूलन (shape optimization) से कोई ज्यादा फायदा नहीं मिला।



चित्र (5) मोनेल-सिरेमिक-कॉपर असेंबली में आकृति-स्थलाकृति अनुकूलन (combined shape-topology optimization) करने के बाद उत्पन्न ताप प्रत्यास्थ (thermo-elastic) प्रतिबल के दौरान इसके उत्तरजीविता (survivability) के लिए विश्लेषण किया गया है।

5. संयुक्त आकृति-स्थलाकृति अनुकूलन (combined shape-topology optimization) से इस संरचना/संयोजन में उत्पन्न प्रतिबल को बहुत अच्छे से घटाया (506 किग्रा/ मिमी<sup>2</sup> (Kg/ mm<sup>2</sup>) से 200 किग्रा/ मिमी<sup>2</sup> (Kg/ mm<sup>2</sup>) तक) जा सका है।
6. हम सामग्री की पूरे यांत्रिक गुणधर्मों के अभाव में भी गुणतापरक (qualitative) मूल्यांकन करके संरचनात्मक अनुकूलन (structural optimization) का निष्पादन कर सकते हैं।

### आभार :

हम, निदेशक सैक के अत्यंत आभारी हैं, जिन्होंने हमें यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया। हम, प्रभाग प्रधान, संरचना प्रणाली प्रभाग (एस.एस.डी), एवं समूह प्रधान एस.टी.जी, उप-निदेशक और अन्य सहयोगियों के अत्यंत आभारी हैं, जिन्होंने हमें यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया। हम हिंदी कक्ष के सभी सदस्यों के भी आभारी हैं, जिनकी सहयोग से यह लेख पूरा हो सका।

### संदर्भ :

1. पेलोड - पी.डी.आर - दस्तावेज – ओशनसैट पेलोड।
2. सीमित अवयव प्रक्रियाएं, के.जे. बाथे, प्रेंटिस हल इंडिया, नई दिल्ली 1997।
3. स्पंदन की बुनियादी बातें, एल. मीरोविच, मैक. ग्रा हिल, सिंगापुर, 2001।
4. Nastran / Nx / Testlab साफ्टवेयर हेल्प।
5. कृत्रिम उपग्रहों की संरचनात्मक अभिकल्पना – पुरुषोत्तम गुप्ता।

### लेखक परिचय:



**चंद्रशेखर** ने 2000 में आई.आई.टी. दिल्ली से यांत्रिक इंजीनियरिंग में एम.टेक. की उपाधि प्राप्त की। सैक-एम.ई.एस.ए./एस.टी.जी./एस.एस.डी. में संरचना प्रणाली प्रभाग (एस.एस.डी) में कार्यरत हैं।



**वी.एस.जगदीश** ने 1998 में आई.आई.टी. कानपुर से एयरोस्पेस इंजीनियरिंग में एम.टेक. की उपाधि प्राप्त की। सैक-एम.ई.एस.ए./एस.टी.जी./एस.एस.डी. में संरचना प्रणाली प्रभाग (एस.एस.डी) में कार्यरत हैं।



**राकेश आर. भावसार** ने 1995 में आई. आई. एस. सी. बेंगलूरु से यांत्रिक इंजीनियरिंग में एम. टेक. की उपाधि प्राप्त की। सैक-एम.ई.एस.ए./ एस.टी.जी./एस.एस.डी. प्रभाग के प्रधान के पद पर कार्य कर रहे हैं। उन्हें संरचनात्मक और तापीय विश्लेषण का मूल्यांकन करने का अनुभव है।



**आनंद पाठक** ने 1995 में आई.आई.एस.सी. बेंगलूरु से यांत्रिक इंजीनियरिंग में एम. टेक. की उपाधि प्राप्त की। सैक- यांत्रिक अभियांत्रिकी प्रणाली क्षेत्र के उप-निदेशक के पद पर कार्य कर रहे हैं।

## उपग्रह निर्माण के लिए एलुमिनियम मिश्र धातु से बने घटकों के भूतल उपचार संचालन के दौरान विभिन्न निक्षारण (एचिंग) प्रक्रियाएँ

हिमांशु शुक्ल, शरद शुक्ल

वैज्ञानिक/अभियंता, सतह उपचार एवं ऊष्मीय विलेपन विभाग  
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, इसरो-अहमदाबाद

### सारांश

इसरो में कई तरह के उपग्रहों का निर्माण एवं प्रक्षेपण किया जाता है, इन उपग्रहों का इस्तेमाल मुख्यतः सुदूर संवेदन, भूमंडलीय स्थानन एवं संचार प्रबंधन के लिए किया जाता है। इन उपग्रहों को निर्धारित कक्षा में भेजने के लिए प्रक्षेपण वाहन की ज़रूरत होती है, जिसकी लागत अधिक होती है तथा उपग्रहों के वजन पर निर्भर करती है। कम वजन के उपग्रह बनाने के लिए अधिकतम एलुमिनियम धातु का इस्तेमाल किया जाता है। एलुमिनियम का विशिष्ट सामर्थ्य (specific strength) अधिक होता है, जिससे उपग्रह बाकि धातुओं के मुकाबले कम वजन में भी अधिक सामर्थ्य प्राप्त होता है। एलुमिनियम मिश्र द्वारा निर्मित उपग्रहों के सभी घटकों को संक्षारण से सुरक्षा प्रदान करने के लिए अनोदीकरण (एनोडाइज़िंग) प्रक्रिया का इस्तेमाल किया जाता है। अनोदीकरण प्रक्रिया के पूर्व निक्षारण (एचिंग) उपचार एक महत्वपूर्ण चरण है, जिसमें घटक की सतह पर प्रस्तुत एलुमिनियम ऑक्साइड को निकाला जाता है तथा अक्षत सतह को अनोदीकरण के लिए प्राप्त किया जाता है। यह प्रक्रिया गुणवत्ता को प्रभावित करने में एक महत्वपूर्ण कदम है। निक्षारण प्रक्रिया के दौरान कई बार असमान धातु की हानि होती है, जिसके कारण सतह पर कुछ सूक्ष्म संरचनात्मक खामियां उत्पन्न होती हैं, जोकि घटक की उपयोगिता एवं गुणवत्ता में हानि उत्पन्न कर सकती हैं, जिसके कारण उपग्रह के प्रयोगों में नुकसान हो सकता है। इसीलिए निक्षारण चरण का अनोदीकरण उपचार में बहुत अधिक महत्व होता है। इस लेख में, एलुमिनियम घटकों को विभिन्न रासायनिक तरल पदार्थों को उपयोग कर निक्षारण उपचार कर एलुमिनियम की सतह का अध्ययन किया गया है। जिसके लिए स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी द्वारा सूक्ष्म संरचनात्मक विश्लेषण किया गया है, जिससे अगर कोई सूक्ष्म संरचनात्मक खामियां उत्पन्न होती हैं और निक्षारण प्रक्रिया के दौरान हुई धातु की असमान हानि का भी अध्ययन किया गया है। अध्ययन द्वारा निक्षारण प्रक्रिया का घटकों की सतह पर प्रत्येक रासायनिक तरल के प्रभाव की जांच की गई है। प्रयोगों के परिणाम इस लेख में यहां प्रस्तुत किए गए हैं। यह अध्ययन उपग्रहों में उपयोग होने वाले एलुमिनियम धातु से निर्मित घटकों की किसी भी सतह उपचार के पूर्व उपयोग होने वाली निक्षारण प्रक्रिया को चुनने में काफी मदद करेगा।

### संकेत शब्द

अनोदीकरण, एलुमिनियम, निक्षारण, अम्ल, क्षारीय

### 1. परिचय:

वर्तमान में, मानव जीवन में उपग्रह अनुप्रयोग बहुत बड़ी भूमिका निभा रहे हैं। आज विज्ञान ने अंतरिक्ष क्षेत्र में काफी अधिक मात्रा में उन्नति हासिल की है, जिससे मानव हर क्षेत्र में धीरे-धीरे अंतरिक्ष अनुप्रयोगों पर आश्रित होता जा रहा है। दूरदर्शन से लेकर दूरभाष तक सभी अंतरिक्ष उपग्रहों की मदद से तत्काल सुविधाएँ प्रदान करते हैं। विभिन्न प्रकार के प्रयोगों के लिए धरती से उपग्रह भेजे जाते हैं, जैसे कि भू अवलोकन (अर्थ ऑब्ज़र्वेशन), सुदूर संवेदन, दूरसंचार आदि। उपर बताये गए अंतिम उपयोग के आधार पर उपग्रहों को पृथ्वी के चारों ओर विभिन्न प्रकार की कक्षाओं में भेजा जाता है, जैसे कि निम्न पृथ्वी कक्षा (लो अर्थ ऑर्बिट), सुर्यतुल्यकाली कक्षा (सन सिन्क्रोनस ऑर्बिट), भू-स्थिर कक्षा आदि। दुनिया भर के संचार बाजार में उपभोक्ताओं की मांगों को पूरा करने के लिए सभी देशों के अंतरिक्ष विभाग निम्न पृथ्वी कक्षा उपग्रहों की ओर बढ़ रही हैं। जैसे-जैसे उपग्रह

प्रौद्योगिकी आगे बढ़ती जा रही है, उसी गति से सभी अंतरिक्ष अनुप्रयोग संस्थाएँ उच्च-कक्षा वाले भू-समकालिक उपग्रहों को निम्न पृथ्वी कक्षा वाले छोटे उपग्रहों के साथ बदलना चाह रहे हैं।

निम्न पृथ्वी कक्षा के उपग्रह भू स्थिर कक्षा के उपग्रहों के मुकाबले काफी छोटे होते हैं तथा उनका वजन भी कम होता है (100 - 800 किग्रा.), जो अपेक्षाकृत कम ऊँचाई पर पृथ्वी की परिक्रमा करते हैं। एक निम्न पृथ्वी कक्षा के उपग्रह को पृथ्वी की सतह से 300 से 1200 किमी. के बीच रखा जाता है, जोकि मौजूदा भू-समकालिक उपग्रहों की तुलना में, पृथ्वी के बहुत करीब की कक्षा में होते हैं। यदि दूरसंचार उपग्रहों में उभरती हुई नयी तकनीकों के द्वारा भू स्थिर कक्षा की बजाएँ निम्न पृथ्वी कक्षा में भेजकर उपयोग किया जाये तो, उससे उच्च कक्षाओं में उपग्रहों से अनुभव की गई विलंबता को दूर करके, दूरस्थ क्षेत्रों में उच्च गति संचार प्रदान कर सकते हैं। जिसके कारण प्रक्षेपणयान का खर्चा भी काफी हद तक कम किया जा सकता है।

उपग्रहों को निम्न कक्षा में भेजने के साथ-साथ उपग्रह के सभी घटकों को हल्का बनाए रखना एक बहुत बड़ा उद्देश्य बन गया है। जिसके लिए अधिकतर एलुमिनियम एवं मग्नेसियम जैसी धातुओं का इस्तेमाल किया जाता है। निम्न पृथ्वी कक्षा स्तर पर परिक्रमा करने वाले उपग्रहों के लिए परमाणु ऑक्सीजन एक महत्वपूर्ण समस्या है क्योंकि परमाणु ऑक्सीजन ज़मीनी स्तर पर ऑक्सीजन की तुलना में धातुओं का बहुत तेजी से ऑक्सीकरण और क्षरण करता है। इन धातुओं से बने घटकों को संक्षारण सुरक्षा की आवश्यकता होती है, जो कि अनोदीकरण उपचार द्वारा प्रदान किया जाता है। कई बाज़ार क्षेत्रों में अनोदिकृत एलुमिनियम मिश्र धातुओं का उपयोग उनकी उच्च विशिष्ट ताकत और संक्षारण सुरक्षात्मक गुणों के कारण किया जाता है [1,2]। अनोदीकरण प्रक्रिया में एलुमिनियम से बने घटकों की सतह पर विद्युत प्रवाह का उपयोग कर एलुमिनियम ऑक्साइड का नियंत्रित गठन किया जाता है, जिससे घटकों को एक विशिष्ट संक्षारण सुरक्षा प्राप्त होती है। अनोदीकरण प्रक्रिया के दौरान पूर्व उपचार के रूप में क्षारीय निक्षारण (एचिंग) और विस्मटन किया जाता है, जिससे सतह पर मौजूद ऑक्साइड एवं उप-सतह दोषों को निकल दिया जाता है ताकि अनोदीकरण उपचार से पहले एक साफ एवं समतल सतह प्राप्त की जा सके [1], [2], जिससे अंततः अनोदिकृत सतह को दोष मुक्त प्राप्त कि जा सके। अतः निक्षारण उपचार का अनोदीकरण प्रक्रिया में काफी अधिक महत्व पाया गया है तथा उसका विस्तार उल्लेख निचे दिया गया है। चित्र 1 में जीसैट उपग्रह में उपयोग किये जाने वाले फीड हॉर्न के ब्रेकेट्स दिखाए गए हैं, जिन पर अनोदीकरण उपचार किया गया है, जिससे की सतह को संक्षारण सुरक्षा प्रदान की जा सके।



**चित्र 1: जीसैट उपग्रह में उपयोग किये जाने वाले फीड हॉर्न के ब्रेकेट्स  
(अनोदीकरण प्रक्रिया के पश्चात)**

## 2. निक्षारण उपचार प्रक्रिया

एलुमिनियम प्राकृतिक रूप से अपनी सतह पर एक पतली सी ऑक्साइड की परत बना लेता है, जो किसी भी सतह का उपचार करने के पूर्व निकलना आवश्यक होता है। इस आक्साइड की परत को निकालने के लिए निक्षारण उपचार किया जाता है, जिसके कारण सतह के आकृति विज्ञान (सर्फेस मॉर्फोलॉजी) में भी बदलाव होता है। निक्षारण उपचार के दौरान घटकों को रसायन में डुबाया जाता है, जिससे सतह पर रासायनिक

प्रतिक्रिया होती है एवं बहुत पतली ऊपरी सतह की परत को निकाल दिया जाता है। यदि यह उपचार सही रसायन एवं सही समय देकर न किया जाए, तो सतह का अत्यधिक एवं असमान निष्कासन हो जाता है, जिससे सतह की आकृति भी खराब होती है एवं इसके पश्चात की जाने वाली अनोदीकरण प्रक्रिया पर भी प्रभाव पड़ता है। निक्षारण उपचार द्वारा यदि सतह में खामियाँ उत्पन्न हो जाती हैं, तो वह अनोदिकृत सतह पर भी वैसी ही रहती है एवं घटकों के प्रयोगों में अनुकूलता दोष उत्पन्न करती है, जो अवांछनीय है। अतः इस पत्र में विभिन्न प्रकार के रसायनों द्वारा नमूनों की सतह पर निक्षारण उपचार किया गया तथा उसका प्रभाव नमूनों के वजन एवं सतह आकृति पर देखा गया एवं उसकी सूचना दी गई है।

### **अनोदीकरण के लिए पूर्व उपचार के रूप में निक्षारण (एचिंग) प्रक्रिया:**

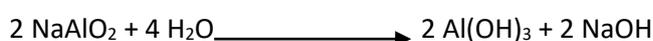
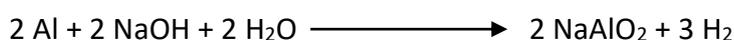
सामान्य रूप में, एलुमिनियम की सतह की निक्षारण (एचिंग) कई अलग-अलग विशेषताएं प्रदान करता है।

- सतह की अशुद्धियों को दूर करता है।
- सतह की खामियों, जैसे मशीन द्वारा उत्पन्न लाईनें और हल्की खरोंचों को चिकना करता है।
- सतह के ऑक्साइड को हटाता है।
- एक समान चिकनी सतह का निर्माण करता है।
- प्राकृतिक चमक को मैट फ़िनिश में बदल देता है [3]।

निक्षारण (एचिंग) उपचार विभिन्न प्रकार के रसायन घोल द्वारा किया जा सकता है, जिसमें मोटे तौर पर दो प्रकारों में विभाजित किया जा सकता है, क. क्षारीय निक्षारण (एचिंग) और ख. अम्ल निक्षारण (एचिंग) और मोटे तौर पर दोनों नीचे वर्णित हैं:

- क. **क्षारीय निक्षारण (एल्कलाइन एचिंग) (पारंपरिक):** पारंपरिक रूप से कास्टिक आधारित रासायनिक निक्षारण (एचिंग) अनोदीकरण से पहले एल्युमिनियम की सतह पर मौजूद आक्साइड को निकालने के लिए उपयोग किया जा रहा है। क्षारीय निक्षारण एक खुरदरी निक्षारण (एचिंग) प्रक्रिया है, जो एक एलुमिनियम की सतह को आगे की प्रक्रिया के लिए ऑक्साइड से मुक्त सतह प्रदान करती है परन्तु इस पारंपरिक उपचार द्वारा एक खुरदरी असमान सतह प्राप्त होती है तथा धातु हानि भी अधिक होती है। जिसके कारण इसे कई घटक जहाँ सतही सहनशीलता कम है, वह इस प्रक्रिया को यदि अधिक समय किया जाये तो इससे नुकसान भी हो सकता है।

कास्टिक के दौरान होने वाली रासायनिक प्रतिक्रिया निक्षारण (एचिंग) नीचे दी गई है:



- ख. **अम्ल निक्षारण (एसिड एचिंग):** अम्ल निक्षारण प्रक्रिया धातु की सतह की खामियाँ, जैसे कि मशीन द्वारा उत्पन्न लाइन, आक्साइड परत एवं सतह की अशुद्धियों को हटाकर एक बेहतर कम चमक वाली मैट सतह का उत्पादन करता है [३]। विभिन्न प्रकार के अम्ल रसायन द्वारा निक्षारण किया जा सकता है, जिसमें पारंपरिक क्षारीय प्रक्रिया की तुलना में, 80-90% कम धातु हानि होती है। क्षारीय निक्षारण के विपरीत, अम्ल निक्षारण सतह पर छोटे, समान रूप से बिखरे हुए गड्ढों को अधिक पैदा करते हैं, जिससे कि बहुत कम धातु हानि होती है। नतीजतन, एलुमिनियम की चढ़ की मात्रा कम हो जाती है। अम्ल निक्षारण (एचिंग) के दौरान होने वाली रासायनिक प्रतिक्रिया नीचे दी गई है।



अम्ल निक्षारण द्वारा सतह कि आकृति भी पूरी सतह पर सामान रूप से एवं कम मात्र में निष्काषित होती है, जिससे अंत सतह सामान एवं बिना किसी आकृति खामी के उत्पन्न होती है। अनोदीकरण पूर्व उपचार पद्धति के रूप में विभिन्न रासायनिक निक्षारण (एचिंग) प्रक्रिया का इस्तेमाल किया गया एवं उसका सतह पर प्रभाव अध्ययन किया गया और निम्नानुसार वर्णित किया गया है।

### 3. प्रायोगिक :

75 x 75 x 1 मिमी. - 5 नग आकार का परिक्षण नमूना AI 6061 T6 मिश्र धातु का उपयोग किया गया। निक्षारण (एचिंग) उपचार को अंजाम देने के लिए उपयोग किए जाने वाले पूरी प्रक्रिया अनुक्रम प्रकार एवं उपयोग होने वाले रसायन निचे वर्णित किये गए हैं:

- क. **डीग्रीसिंग (तेल/ग्रीस निकालने की) प्रक्रिया:** एसीटोन सॉल्यूशन (मेक: रैकेम, एल.आर. ग्रेड) का उपयोग करके डीग्रीसिंग प्रक्रिया को अंजाम दिया गया।
- ख. **क्षारीय (कॉस्टिक) निक्षारण (एचिंग)(सी.ई.):** सोडियम हाइड्रोक्साइड (मेक: रैकेम, एलआर ग्रेड) डी.आइ. (वियानिकृत पानी) पानी में 100 ग्राम/लीटर का उपयोग करके कास्टिक निक्षारण (एचिंग) तरल तैयार किया गया।
- ग. **अम्ल निक्षारण रसायन सॉल्यूशन निम्नलिखित रचनाओं का उपयोग करके तैयार किया गया जो की तालिका 1 में दर्शाई गई है:**

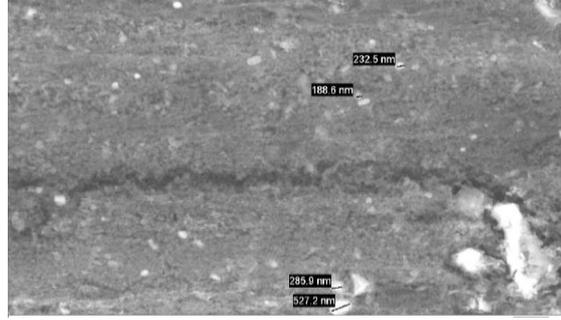
तालिका 1: अम्ल निक्षारण रसायनिक तरल संयोजन				
क्र.	अमोनियम बाईफ्लोराइड		नाइट्रिक एसिड, g/L	वियानिकृत पानी, DI Water, ml/L
	g/L	(w/v)%		
AE1	30	3%	100	900
AE2	90	9%	100	900
AE3	150	15%	100	900
AE4	200	20%	100	900

75 x 75 x 1 मिमी. - आकार के परिक्षण नमूने को उपर दिए गए पांच तरह के तरल पदार्थों में 2 मिनट के लिए निक्षारण उपचार दिया गया एवं उसका भार, प्रक्रिया के पूर्व एवं पश्चात नापा गया। सभी नमूनों की अंतिम सतह का अध्ययन स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी द्वारा सूक्ष्म संरचनात्मक विश्लेषण किया गया तथा नीचे उल्लेख किया गया है।

### 4. परिणाम और चर्चा:

75 x 75 x 1 मिमी. - आकार के परीक्षण नमूने को उपर दिए गए पांच तरह के तरल पदार्थों में 2 मिनट के लिए निक्षारण (एचिंग) उपचार दिया गया एवं एलुमिनियम मिश्र धातु की निक्षारण प्रक्रिया के दौरान भार प्रक्रिया पूर्व एवं पश्चात नापा गया। सभी नमूनों की अंतिम सतह का अध्ययन स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी द्वारा सूक्ष्म संरचनात्मक विश्लेषण द्वारा किया गया तथा परिणाम निम्नलिखित हैं।

- **क्षारीय निक्षारण (कॉस्टिक एचिंग) :** क्षारीय तरल द्वारा निक्षारण किया गया तथा प्रक्रिया द्वारा 60 मिलिग्राम धातु हानि पाई गयी, जो की तालिका 2 में दर्शाई गई है। प्रक्रिया के पश्चात सतह का सूक्ष्म विश्लेषण स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी द्वारा किया गया एवं सतह काफी असमांतर रूप से निक्षारित पाई गई तथा सतह पर उत्पन्न छिद्रों का आकार भी असमान पाया गया एवं छिद्रों का सतह पर वितरण भी असामान रूप से देखा गया जो चित्र एक में प्रदर्शित किया गया है।

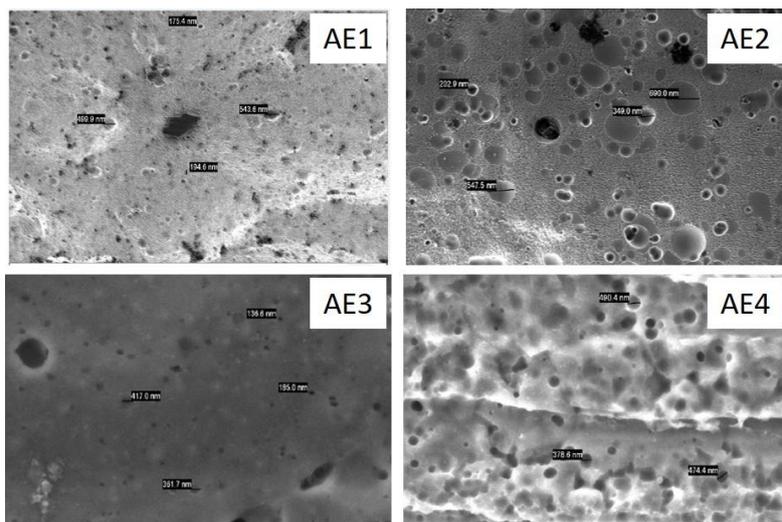


चित्र 1 : स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी द्वारा देखी गयी क्षारीय निक्षारित Al6061T6 नमूने की सूक्ष्म सतह

तालिका 2: विभिन्न निक्षारण प्रक्रिया द्वारा नमूने की धातु हानि		
नमूना क्र.	निक्षारण (एचिंग) रसायन	नमूना वजन अंतर (mg)
1.	CE	60
2.	AE1	220
3.	AE2	350
4.	AE3	70
5.	AE4	30

- **अम्ल निक्षारण:** अम्ल तरल की चार रचनाओं का इस्तेमाल करके निक्षारण उपचार किया गया, जो की तालिका 1 में दर्शाया गया है तथा AE1 और AE2 में सर्वाधिक धातु हानि पाई गई 220 मिली ग्राम एवं 350 मिली ग्राम जबकि AE3 और AE4 में धातु हानि 70 मिलीग्राम एवं 30 मिलीग्राम पायी गई, जिसे तालिका 2 में दिखाया गया है। प्रक्रिया के दौरान AE1 और AE2 अत्यधिक प्रतिक्रिया शील थे जबकि AE3 और AE4 में प्रतिक्रिया काफी कम देखी गई।

प्रक्रिया के पश्चात सतह का सूक्ष्म विश्लेषण स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी द्वारा किया गया एवं देखा गया कि AE1 द्वारा निक्षारित सतह पर छिद्रों का आकार काफी समान एवं समान रूप से वितरित पाया गया जबकि AE2 द्वारा निक्षारित सतह पर छिद्रों का आकार AE1 कि तुलना में थोड़ा बड़ा पाया गया परन्तु उनका वितरण पूरी सतह पर पाया गया। AE3 और AE4 में छिद्रों का वितरण काफी असमान था तथा उनका आकार भी काफी असमान देखा गया। AE4 में छिद्र काफी भिन्न प्रकार के पाए गए तथा बदली आकार कि सतह देखी गई जो कि चित्र 2 में दिखाया गया है।



चित्र 2 : स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी द्वारा देखी गयी अम्ल निक्षारित Al6061T6 नमूने की सूक्ष्म सतह

### 5. निष्कर्ष:

विभिन्न प्रकार के रसायनों का उपयोग करके एलुमिनियम धातु से निर्मित नमूनों की सतह पर निक्षारण उपचार किया गया, जिसमें विभिन्न प्रकार के अम्ल एवं क्षारीय रसायन का इस्तेमाल किया गया। पूरी प्रक्रिया के दौरान धातु हानि को नापा गया तथा पाया गया कि: AE1 एवं AE2 संयोजन द्वारा किये गए निक्षारण में सर्वाधिक धातु हानि पाई गई एवं निक्षारण प्रक्रिया के दौरान जो छिद्र उत्पन्न हुए वे भी सतह पर समान रूप से वितरित पाए गए। निक्षारण प्रक्रिया द्वारा उत्पन्न हुए छिद्रों का आकार AE1 प्रक्रिया के द्वारा काफी सूक्ष्म था और समान था, जो अनोदीकरण उपचार के लिए काफी आवश्यक है। AE2 संयोजन द्वारा छिद्रों का आकार AE1 कि तुलना में थोड़ा अधिक पाया गया, जो कि अधिक अमोनियम बाईफ्लोराइड कि प्रतिक्रिया को दर्शाता है। AE3 और AE4 निक्षारण प्रक्रिया के दौरान काफी कम प्रतिक्रिया देखी गई, जिसके कारण धातु हानि भी काफी कम देखी गई एवं सूक्ष्म सतह पर छिद्रों का वितरण एवं आकार भी असमान पाया गया, जो यह दर्शाता है कि अधिक अमोनियम बाईफ्लोराइड होने के बावजूद कम नाइट्रिक एसिड होने के कारण रसायन की प्रतिक्रियाशीलता काफी कम हो गई। वही जब क्षारीय संयोजन का इस्तेमाल किया गया, तब सतह काफी खुरदुरी पायी गई तथा छिद्रों का आकार भी असमान था, जो पूरी सतह पर सामान रूप से वितरित नहीं पाए गए। प्रयोगों के आधार पर यह पाया गया कि AE1 एवं AE2 संयोजन निक्षारण प्रक्रिया के लिए सबसे अच्छी रचना है।

निक्षारण उपचार अनोदीकरण प्रक्रिया का एक बहुत ही महत्वपूर्ण पूर्व उपचार है, जिसमें सतह की खामियाँ एवं आक्साइड परत को हटाया जाता है, जिससे की दोषमुक्त एवं समान अनोदिकृत सतह प्राप्त की जा सके। AE1 एवं AE2 संयोजन द्वारा सबसे अच्छी सतह पाई गई। इस लेख द्वारा भविष्य में एलुमिनियम धातु द्वारा निर्मित घटकों के सतह उपचार प्रक्रिया में AE1 एवं AE2 निक्षारण उपचार चरण उपयोग कर दोषमुक्त एवं उत्तम उपचारित सतह प्राप्त की जा सकती है।

### 6. धन्यवाद

हम राजभाषा कार्यान्वयन समिति के अध्यक्ष एवं सभी सदस्यों के प्रति अत्यंत आभारी हैं, जिन्होंने हमें यह लेख लिखने का अवसर प्रदान किया। हम श्री निलेश देसाई, निदेशक सैक, ए.एन. भट्टाचार्य उप-निदेशक इ.एस.एस.ए. के अत्यन्त आभारी हैं, जिन्होंने हमें यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया। हम पी.एम.क्यू.डी.-एम. विभाग के भी आभारी हैं, जिन्होंने योग्यता परीक्षण में योगदान प्रदान किया। एस.टी.पी.डी. विभाग में कार्यरत तकनीशियनों के प्रति आभार व्यक्त करते हैं, जिन्होंने उपचार अनुप्रयोग के दौरान विशेष

योगदान दिया। हम वरिष्ठ हिन्दी अधिकारी, हिन्दी के सभी सहकर्मियों के भी अत्यंत आभारी हैं, जिनके सहयोग से यह लेख संपूर्ण हो सका है।

### संदर्भ

1. पि जी शीस्बी, आर. पिनर एल्युमीनियम और उसके मिश्र धातुओं का भूतल उपचार और परिष्करण, छठा संस्करण, सामग्री पार्क, ओहियो: एएसएम इंटरनेशनल स्टीवनेज: फिनिशिंग प्रकाशन, सामग्री पार्क, ओहियो: स्टीवनेज (2001)।  
P.G. Sheasby, R. Pinner The Surface Treatment and Finishing of Aluminium and its Alloys, 6th Editio, Materials Park, Ohio : ASM International Stevenage : Finishing Publications, Materials Park, Ohio : Stevenage (2001)
2. ई. कोरोलेवा, जी. थॉम्पसन, जी. हॉल्रिग्ल, एम. ब्लोकी क्षारीय घोल में एलुमिनियम मिश्र धातुओं के सतही रूपात्मक परिवर्तन जंग विज्ञान, 41 (1999), पीपी। 1475-1495, 10.1016 / S0010-938X (98)00188-7  
E. Koroleva, G. Thompson, G. Hollrigl, M. Bloeck Surface morphological changes of aluminium alloys in alkaline solution Corrosion Sci., 41 (1999), pp. 1475-1495, 10.1016/S0010-938X(98)00188-7
3. तकनीकी बुलेटिन #5-13 "एसिड ईच", एल्युमिनियम एनोडाइज़र काउंसिल (एएसी)  
Technical Bulletin #5-13 "Acid Etch", Aluminium Anodizers Council (AAC)

### लेखक परिचय:



हिमांशु शुक्ला वर्तमान में वैज्ञानिक/इंजीनियर-"एस ई" के रूप में सतह उपचार एवं उष्मीय पेंट सुविधा में कार्यरत हैं। यह सेटेलाइट में उपयोग होने वाले भागों की सतह उपचार के लिए योगदान देते हैं। इन्होंने सन् 2013 में भारत के अंतरिक्ष पोत, श्रीहरिकोटा में वैज्ञानिक के रूप में कार्य आरम्भ किया। श्रीहरिकोटा में उन्होंने ठोस प्रणोदक प्लांट में ठोस नोदक मोटर उत्पादन में योगदान दिया। इन्होंने बेचलर ऑफ इंजीनियरिंग, केमिकल इंजीनियरिंग ब्रांच में राजीव गाँधी प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय से सन 2012 में पूर्ण की थी।



श्री शरद शुक्ल वर्तमान में सतह उपचार एवं उष्मीय पेंट सुविधा में प्रधान के पद पर वैज्ञानिक/इंजीनियर-"एस.जी." के रूप में काम कर रहे हैं। उन्होंने रसायन एजनेरी शाखा में एम.टेक. की उपाधि प्राप्त की है। उन्होंने सतह उपचार और तापीय पेंट के लिए तकनीकी विकास कार्यक्रम और नयी प्रक्रिया विकास में महत्वपूर्ण योगदान दिया है। इन्होंने राष्ट्रीय/अंतरराष्ट्रीय कॉन्फेरेंस और पियर रिव्यूड जर्नल में 10 संशोधन पत्र प्रकाशित किये हैं।

## अंतरिक्ष अनुप्रयोगों हेतु सिलिकन (Si) आधारित ऊर्जा पदार्थ: समीक्षा और प्रौद्योगिकी दृष्टिकोण

अभय भिसीकर#, मानवेन्द्र नारायण सिंह, अर्चना सगदेव, तापस गांगुली  
अतिवेधी एक्स-किरण अनुप्रयोग प्रयोगशाला, त्वरक भौतिकी एवं सिंक्रोट्रॉन्स उपयोगिता प्रभाग,  
राजा रामन्ना प्रगत प्रौद्योगिकी केंद्र (आर. आर. केट), परमाणु ऊर्जा विभाग (प.ऊ.वि), इंदौर-452013

### सारांश

सिलिकन (Si) एक उत्कृष्ट तत्व है, और इस पर आधारित पदार्थों का उपयोग समानव अंतरिक्ष अभियानों के लिए प्रभावी ऊर्जा सामग्री के रूप में किया जा सकता है। इस तरह के अनुप्रयोगों के लिए, इसका प्रयोग जल से हाइड्रोजन (H<sub>2</sub>) सृजन (अंतरिक्षयान में ईंधन कोशिकाओं के लिए ऑन-डिमांड/ऑन-बोर्ड या अन्य अनुप्रयोगों के लिए या राकेट नोदन के लिए) के साथ-साथ उन्नत बैटरी एनोड सहित बेहतर प्रदर्शन वाले ऊर्जा उपकरण विकसित करने के लिए प्रभावी ढंग से किया जा सकता है। ऐसे अनुप्रयोगों के लिए सिलिकन (Si) को पृथ्वी पर अपनी प्रचुरता, कम लागत के अलावा इस पर आधारित पदार्थों का ऊर्जा उपकरणों में उत्कृष्टता और पानी का विभाजन कर H<sub>2</sub> उत्पादन के दौरान प्राप्त प्रदूषण-रहित उप-उत्पादों के उत्सर्जन के कारण एक बहुत ही उपयुक्त पदार्थ माना जाता है। प्रस्तुत लेख इस प्रकार के अनुप्रयोगों के महत्व पर चर्चा करता है और इस दिशा में हाल में हुए कुछ विशिष्ट शोधों की समीक्षा करता है।

### 1. प्रस्तावना

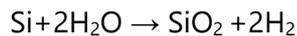
अंतरिक्ष अनुप्रयोगों हेतु ऊर्जा के दोहन एवं भंडारण में प्रौद्योगिकीय प्रगति अंतरिक्ष यान, प्रक्षेपण वाहनों, लैंडर्स, रोवर्स, अंतरिक्ष पोशाक, उपकरण, अंतरिक्ष आवास, संचार नेटवर्क, तथा अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी से संबंधित कुछ भी जिसमें शक्ति और ऊर्जा की आवश्यकता होती है, को महत्वपूर्ण लाभ प्रदान करती है। शक्ति उत्पादन या ऊर्जा भंडारण में सफलता प्राप्त होने पर नए मिशन सम्भव होते हैं। वृद्धिशील रूप से बेहतर शक्ति और ऊर्जा प्रणालियां चालक दल के अन्वेषण वाहनों की क्षमताओं को बढ़ाती हैं। इन प्रणालियों के स्थायित्व, और जीवनकाल में प्रगति तीव्र विकिरण और अत्यधिक तापमान युक्त वातावरण (जैसे, शुक्र, यूरोपा, मंगल ध्रुवीय, और चंद्र ध्रुवीय विज्ञान मिशन) में अभियान को संभव बनाती है [1]। शक्ति प्रणालियों के लघुकरण और नवीन संरचना से नैनो सेटेलाइट और छोटे ग्रह मिशन संभव होते हैं। उन्नत शक्ति और ऊर्जा भंडारण तकनीक उन मिशनों को मुमकिन कर सकती है जो केवल हमारी कल्पना तक सीमित हैं।

सिलिकन (Si) आधारित पदार्थ, हाल ही में, समकालीन ऊर्जा उपकरणों, जैसे फ्यूल सेल (ईंधन कोशिका) अनुप्रयोगों के लिए पानी से ऑन-डिमांड H<sub>2</sub> उत्पादन [2, 3] और पुनः आवेशनीय या रिचार्जबल बैटरी के लिए अत्याधुनिक बैटरी एनोड [4] इत्यादि, में अपने संभावित अनुप्रयोगों के कारण अंतरिक्ष अनुसंधान में ऊर्जा के दोहन एवं भंडारण हेतु गहन रुचि को आकर्षित करते हैं।

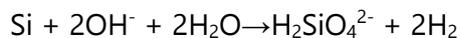
### 2. सिलिकन (Si)-जल विभाजन से प्राप्त हाइड्रोजन के अंतरिक्ष अनुप्रयोगों में महत्व और संभावनाएं

सिलिकन पृथ्वी पर पाया जाने वाला दूसरा पर्याप्त तत्व है, अतः, यह प्रचुर मात्रा में आसानी से उपलब्ध होने के साथ ही सस्ता भी है। इसके अतिरिक्त, यह गैर-विषैला, असंक्षारक और रासायनिक रूप से स्थिर है। साथ ही साथ इसका प्रसंस्करण आसान होता है और इसके लिए अच्छी तरह से विकसित तकनीक है।

जब सिलिकन (Si) से जल-अपघटन किया जाता है, तो इस अभिक्रिया में इसकी 1 मोल मात्रा, H<sub>2</sub> की 2 मोल मात्रा उत्पन्न कर सकती है [2]। जल के साथ इसकी अभिक्रिया को निम्न रासायनिक समीकरण के रूप में लिखा जा सकता है:

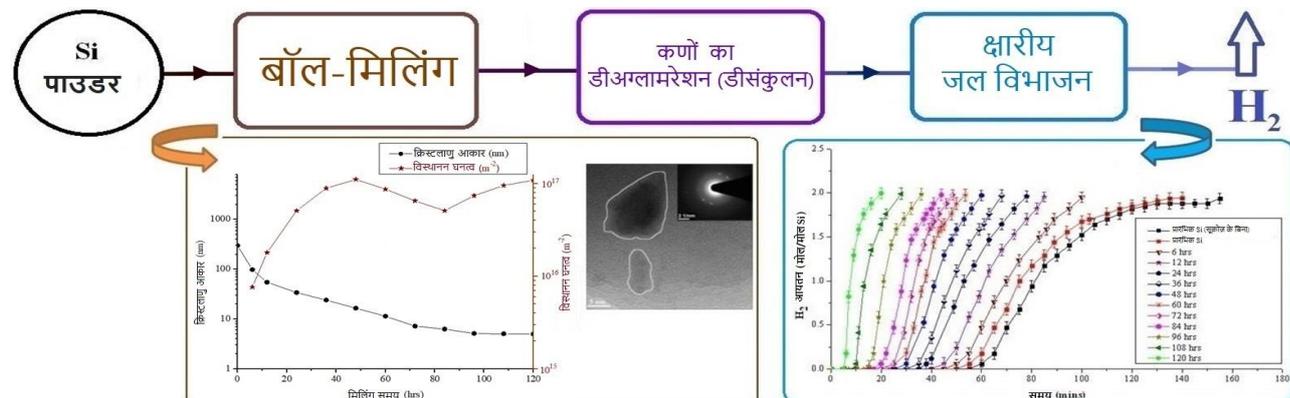


NaOH जैसे प्रबल क्षारीय जल विलयनों में सिलिकन (Si), OH<sup>-</sup> आयनों के साथ अभिक्रिया करता है, जिसके परिणामस्वरूप घुलनशील H<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub><sup>2-</sup> आयन और H<sub>2</sub> बनते हैं:



उपरोक्त अभिक्रियाओं में हम देखते हैं की यहाँ SiO<sub>2</sub> और H<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub><sup>2-</sup> जैसे उपोत्पाद बनते हैं जो पर्यावरण अनुकूल होते हैं।

हमारे पूर्व के शोध में हमने यह प्रदर्शित किया है की गुलिका पेषणी (बॉल-मिलिंग) से सिलिकन (Si) -पाउडर को पीसने पर इसके कणों के सूक्ष्म-संरचनात्मक (माइक्रोस्ट्रक्चरल) गुणों में बदलाव होता है (चित्र-1), जिससे इन कणों में जल विभाजन करने वाली अभिक्रिया स्थलों को बदला जा सकता है [2]। इस तकनीक का उपयोग कर ऑन-डिमांड/ऑन-बोर्ड सहित विभिन्न ऊर्जा अनुप्रयोगों हेतु H<sub>2</sub> का तीव्र सृजन किया जा सकता है [3]। हमारे शोधकार्य में बॉल-मिलिंग द्वारा संश्लेषित सिलिकन (Si) नैनोपाउडर के सूक्ष्म-संरचनात्मक गुणों (क्रिस्टल अणु आकार और विस्थानन घनत्व) का आकलन सिंक्रोट्रॉन पाउडर एक्स-रे (क्ष-किरण) विवर्तन (एक्स आर. डी.) के एक्स-किरण लाइन प्रोफाइल (रेखा प्रालेख) विश्लेषण से किया गया था। इन एक्स-किरण विवर्तन पैटर्नों को राजा रामन्ना प्रगत प्रौद्योगिकी केंद्र, इंदौर, भारत के इंडस-2 सिंक्रोट्रॉन विकिरण स्रोत (2.5 GeV) की कोण विक्षेपी क्ष-किरण विवर्तन (ए.डी.एक्स.आर.डी.) बीमलाइन (बी.एल-12) पर दर्ज किया गया था [5]। यहाँ एक्स-किरण लाइन प्रोफाइल विश्लेषण में सूक्ष्म-संरचनात्मक गुणों के समुचित विश्लेषण के लिए बेहतर गुणवत्ता डेटा के साथ अच्छी विवर्तन रेखा आकार (डिफ्रैक्शन लाइन शेप) पेश हो सकती है। इन सूक्ष्म-संरचनात्मक गुणों का सिलिकन (Si)-जल विभाजन अनुप्रयोग प्रक्रिया पर विशेष प्रभाव पड़ता है [2]।

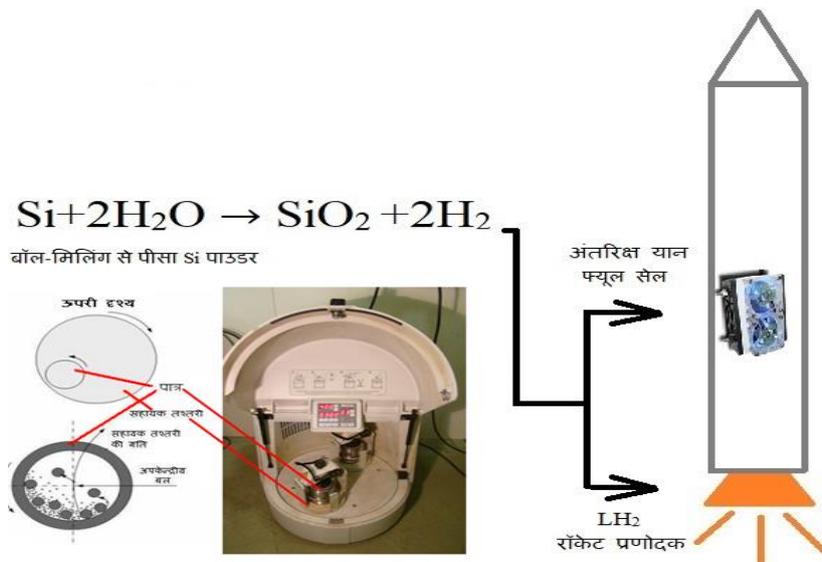


चित्र-1: बॉल-मिलिंग से पीसे हुए सिलिकन (Si) कणों में सूक्ष्म-संरचनात्मक परिवर्तन के कारण H<sub>2</sub> का तीव्र सृजन [2]

अंतरिक्ष कार्यक्रमों में राकेट नोदन के अलावा अंतरिक्ष यान में ईंधन कोशिकाओं के लिए ऑन-डिमांड/ऑन-बोर्ड या अन्य अनुप्रयोगों हेतु सिलिकन (Si)-जल विभाजन से प्राप्त H<sub>2</sub> अपनी विशेषताओं के कारण एक अच्छे ईंधन का विकल्प हो सकता है। हाल ही में पृथ्वी की निचली कक्षा या लो अर्थ ऑर्बिट (एल.इ.ओ.) से लेकर चंद्रमा और अंततः मंगल तक के मानव मिशनों पर ध्यान केंद्रित करने के साथ, अंतरिक्ष अनुसंधान में ऊर्जा के दोहन एवं भंडारण के उद्देश्य से H<sub>2</sub> को अभिनव रूप से संग्रहीत, मापा, संसाधित और नियोजित किया जाना जरूरी रहेगा [6]। रॉकेट प्रणोदक के रूप में उपयोग के अलावा, H<sub>2</sub> को सिलिकन (Si) द्वारा स्थानीय जल के विभाजन से प्राप्त कर, इसे अंतरिक्ष परिवहन और विद्युत शक्ति के लिए प्रयुक्त किया जा सकता है (चित्र-2)।

पूर्व में सफल समानव चंद्र अभियान अपोलो-11 में तरल-H<sub>2</sub> (LH<sub>2</sub>), प्रणोदक के रूप में उपयोग किया जा चुका है। इसके साथ-साथ H<sub>2</sub> और ऑक्सीजन की अभिक्रिया वाले फ्यूल सेलों का उपयोग इस अभियान के अंतरिक्षयान में बिजली पैदा कर यान की ऊर्जा जरूरतों को पूरा करने में किया गया था। यही नहीं, अभिक्रिया से

प्राप्त एकमात्र उपोत्पाद, पानी को अंतरिक्ष यात्रियों द्वारा पीने हेतु प्रयुक्त किया था [7]। वर्तमान में अन्तर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन या इंटरनेशनल स्पेस स्टेशन (आइ.एस.एस.) जैसे समानव अंतरिक्ष मेगा परियोजना में जल, सांस लेने के लिए ऑक्सीजन और H<sub>2</sub> में विभाजित होता है। फ्यूल सेल ऊर्जा और अन्तर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन जीवन समर्थन प्रणाली या लाइफ सपोर्ट सिस्टम के साथ अनुभव भविष्य की खोज के लिए एक अतिरिक्त आधार प्रदान करता है। भविष्य में, पानी के नवीनीकरण के लिए H<sub>2</sub> को श्वसन में छोड़ी गई कार्बन डाइऑक्साइड के साथ पुनः संयोजित किया जाएगा। अंतरिक्ष में H<sub>2</sub> के उत्पादन और पुनर्चक्रण के फलस्वरूप पृथ्वी से आपूर्ति की आवश्यकता को कम करके दूरस्थ मिशनों की लागत और जटिलता को कम किया जा सकेगा [6]। अतः, सिलिकन (Si)-जल विभाजन से प्राप्त H<sub>2</sub> समानव अंतरिक्ष अभियानों में बहुत से महत्वपूर्ण उद्देश्यों और कामों को पूरा करने में सफल हो सकता है।



### चित्र-2: बॉल-मिलिंग से पीसे सिलिकन (Si) पाउडर द्वारा जल विभाजन से प्राप्त H<sub>2</sub> के विभिन्न अंतरिक्ष अनुप्रयोगों में ऊर्जा हेतु संभावित उपयोग

सामान्यतः परम्परागत राकेट ईंधन हाइड्रोजन का उपयोग अंतरिक्ष उद्योग में अच्छे प्रदर्शन के कारण किया जाता रहा है, परंतु यह अति विषैला होता है। इसके कारण होने वाले स्वास्थ्य खतरों के साथ-साथ इसके निर्माण, भंडारण, प्रबंधन और ढुलाई में अनेक चुनौतियाँ हैं। चूंकि सिलिकन (Si)-जल विभाजन से प्राप्त होने वाली H<sub>2</sub> पर्यावरण के अनुकूल है अतः इसका महत्व और बढ़ जाता है, खासकर तब, जब भारत की इसरो सहित सभी अंतरिक्ष महाशक्तियाँ समग्र दक्षता में सुधार करते हुए पर्यावरणीय दुष्प्रभाव को कम करने के लिए हरित एवं किफायती प्रणोदक को अपनाने हेतु प्रयासशील हैं। इसरो ने पहले ही तरल ऑक्सीजन (एल.ओ.एक्स.)/तरल हाइड्रोजन (LH<sub>2</sub>) के साथ पर्यावरणानुकूल और हरित प्रणोदक की ओर बढ़ने की कोशिशें शुरू कर दी हैं [8]। LOX/LH<sub>2</sub> संयोजन का उपयोग जी.एस.एल.वी और जी.एस.एल.वी एम.के.-III लॉन्च वाहनों के क्रायोजेनिक ऊपरी चरणों में किया जा रहा है। तरल ऑक्सीजन के साथ संयुक्त होने पर, LH<sub>2</sub> खपत किए गए प्रणोदक की मात्रा के संबंध में उच्चतम विशिष्ट आवेग (या दक्षता) उत्पन्न करता है।

### 3. अंतरिक्ष अनुप्रयोगों के लिए रिचार्जबल बैटरियों की आवश्यकता तथा सिलिकन (Si) आधारित अत्याधुनिक बैटरी एनोड

अंतरिक्ष मिशन के लिए विद्युत ऊर्जा भंडारण विकल्पों में बैटरी, पुनर्योजी ईंधन सेल और गतिपालक चक्र (फ्लाइंग व्हील) शामिल हैं। बैटरियाँ या तो अकेले या प्राथमिक ऊर्जा स्रोत, जैसे फोटोवोल्टिक या परमाणु रेडियोधर्मी-समस्थानिक (रेडियोआइसोटोप) आधारित विद्युत जनित्र के साथ अंतरिक्ष यान के आवश्यक घटक होते हैं। अन्तर्ग्रहीय मिशनों को उन रिचार्जबल बैटरियों की आवश्यकता होती है, जो अद्वितीय विशेषताएं प्रदर्शित करें जैसे- उच्च विशिष्ट ऊर्जा, व्यापक परिचालन तापमान, विश्वसनीयता और सुरक्षा। इन मिशनों के

लिए लिथियम (Li)-आयन बैटरी तेजी से सबसे सफल ऊर्जा भंडारण विकल्प बन रही हैं, क्योंकि वे चुनौतिपूर्ण तकनीकी विनिर्देशों (स्पेसिफिकेशनों) को पूरा करने में सक्षम हैं। सौर, रासायनिक और परमाणु स्रोतों से उत्पादित ऊर्जा की यदि तत्काल आवश्यकता नहीं होती है तो, Li-आयन बैटरी को इस प्रकार प्राप्त ऊर्जा के भंडारण हेतु अति प्रभावी तरीकों में से एक माना जाता है।

अंतरिक्ष मिशनों में बिजली उत्पादन के स्रोत का चुनाव, ऊर्जा भंडारण की आवश्यकताओं को प्रभावित करती है, और इस तरह बैटरी तंत्र के चयन को भी निर्धारित करती है। सौर ऊर्जा संचालित मिशनों के लिए, ग्रहण अवधि के दौरान ऊर्जा प्रदान करने के लिए अच्छे चक्र जीवन वाली रिचार्जबल बैटरी तंत्र वांछनीय हैं, जबकि रेडियोधर्मी-समस्थानिक संचालित मिशनों को ऊर्जा भार समान करने (लोड लेवलिंग) के लिए उच्च शक्ति घनत्व वाली बैटरी की आवश्यकता होती है, जो लंबे समय तक के जीवन के साथ मिलती है।

रिचार्जबल बैटरियों का उपयोग आमतौर पर ऊर्जा प्रदान करने के लिए किया जाता है: i) प्रक्षेपण और प्रक्षेपण के बाद सौर पैनलों की तैनाती तक, ii) पायरोस फायरिंग और स्थिति नियंत्रण हेतु रॉकेट फायरिंग के लिए, iii) परिभ्रमण विसंगतियों या अंतरिक्ष यान के प्रक्षेप पथ नियंत्रण के दौरान, iv) सूर्य ग्रहण की अवधि के दौरान अंतरिक्ष यान और उसके उपकरण (पेलोड) हेतु, v) रात के समय या ग्रहण-समय के प्रयोग के लिए, vi) संचार और सूचना प्रेषण के लिए, और vii) विद्युतों को एक निर्दिष्ट तापमान सीमा के भीतर रखने के लिए [9]।

अंतरिक्ष बैटरियों से अद्वितीय रूप से यह अपेक्षित है कि: 1) अत्यधिक विश्वसनीयता, मजबूती और सुरक्षा, विशेष रूप से मानव अन्वेषण मिशनों में, 2) अत्यधिक तापमान सीमा के तहत काम करने की क्षमता, जो मंगल के लिए  $-120^{\circ}\text{C}$  जितनी कम हो सकती है और शुक्र वायुमंडल में  $475^{\circ}\text{C}$  जितनी अधिक हो सकती है (हालांकि अक्सर बैटरी कुछ हद तक वातावरण की दृष्टि से सुरक्षित होती हैं), 3) उच्च तीव्रता वाले विकिरणों के प्रति सहिष्णुता, उदाहरण के लिए, बृहस्पति के वातावरण  $\sim 4 \text{ MRad}$  में। इन वातावरण संबंधी जरूरतों के अलावा, बैटरियों की आवश्यकताओं को अंतरिक्ष यान की कार्यात्मकता, जैसे, ऑर्बिटर्स, लैंडर्स और रोवरों, और प्रोबों द्वारा भी नियंत्रित किया जाता है [9]। ग्रहीय कक्षयानों (ऑर्बिटर्स) की बैटरियों को नियंत्रित तापीय वातावरण का लाभ मिलता है और इसलिए, उनका प्रदर्शन सूचक एक लंबा चक्र जीवन होता है, आमतौर पर 30,000 चार्ज-डिस्चार्ज चक्रों की सीमा में पांच साल से अधिक के अच्छे सक्रिय जीवन के साथ। दूसरी ओर, सतह मिशनों को ऐसी बैटरियों की आवश्यकता होती है जो अत्यधिक तापमान या विकिरण वाले विषम वातावरण में भी काम कर सकें। तदनुसार, मंगल सतह मिशनों के लिए बैटरियों से कम तापमान पर अच्छा प्रदर्शन वांछित है। उपरोक्त आवश्यकताओं के अलावा, सभी मिशनों को हल्के और सुसंहत (कॉम्पैक्ट) ऊर्जा भंडारण से लाभ होता है। उच्च भारात्मक (ग्रेवमेट्रिक) और आयतनी (वॉल्यूमेट्रिक) ऊर्जा घनत्व प्रदर्शित करने वाली बैटरियां शक्ति उपतंत्र के लिए कम द्रव्यमान और आयतन में आ सकती हैं और इस प्रकार पेलोड और मिशन क्षमताओं में वृद्धि हो सकती है। दूसरी ओर, अत्यधिक विषम वातावरण के प्रति सहनशीलता वाली बैटरियां मिशन को सफल बनाने के अलावा मिशन की वैज्ञानिक क्षमताओं को बढ़ाने में भी मदद कर सकती हैं।

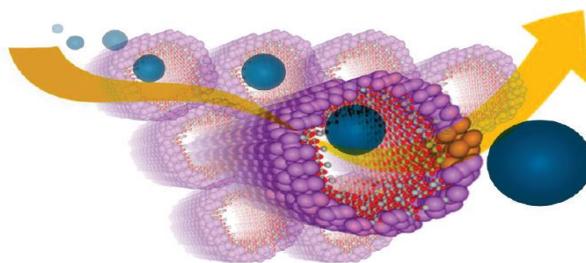
सिलिकन (Si) उपरोक्त वर्णित अंतरिक्ष बैटरियों के साथ-साथ अगली पीढ़ी की Li-आयन बैटरियों के लिए सबसे आशाजनक एनोड विकल्पों में से एक है क्योंकि इसकी उच्च सैद्धांतिक क्षमता  $4,200 \text{ mAhg}^{-1}$  होती है, जो प्रतिस्पर्धी व्यावसायिक ग्रेफाइट की तुलना में दस गुना अधिक है [5]। इसके अलावा, Li/Li<sup>+</sup> के संबंध में निर्वहन (डिस्चार्ज) विभव लगभग 0.2 V है, जो कि अन्य मिश्र धातु-प्रकार और धातु ऑक्साइड एनोड की तुलना में कम है। साथ ही साथ, यह ग्रेफाइट की तुलना में अधिक सुरक्षित और अधिक स्थिर है, अर्थात् लिथियेटेड सिलिकन (Si), लिथियेटेड ग्रेफाइट की तुलना में विशिष्ट विद्युत-अपघट्य में अधिक स्थिर है।

हालांकि, सिलिकन (Si) एनोड में लिथियेशन (लिथियमन) के दौरान भारी मात्रा में आयतन परिवर्तन स्थिर विद्युत-अपघट्य अंतरापृष्ठ या ठोस इलेक्ट्रोलाइट इंटरफेस (एस.इ.आइ) के बनने में बाधा डालता है और इलेक्ट्रोड टूटने का कारण बनता है। वास्तव में सिलिकन (Si) एनोड (और सामान्य रूप से सभी बैटरी इलेक्ट्रोड) के विद्युत रासायनिक प्रदर्शन और यांत्रिक प्रभावों, जो लिथियेशन के दौरान निर्मित संपीड़ित तनाव के कारण पड़ते हैं और जो बाद में परिसीमन के दौरान मुक्त किए जाते हैं, के बीच एक आंतरिक संबंध मौजूद होता है।

जब यह संपीडित तनाव, पराभव सामर्थ्य (यील्ड स्ट्रेंथ) से अधिक हो जाता है तो इलेक्ट्रोड, आयतन परिवर्तन को समायोजित करने के लिए विकृत हो जाता है। इस समस्या से निपटने के लिए, शोधकर्ताओं ने विभिन्न तकनीकों का उपयोग किया है।

नैनो-आकार के सिलिकन (Si) और सिलिकन (Si)-आधारित कंपोजिट बनाना Li-आयन बैटरियों के एनोड के विद्युत रासायनिक प्रदर्शन को बढ़ाने के प्रभावी तरीके हैं। अगली पीढ़ी के Li-आयन बैटरियों के लिए सिलिकन (Si)-एनोड के विकास को नैनो प्रौद्योगिकी से काफी फायदा होता है। एनोड पदार्थ के रूप में सिलिकन (Si) नैनो कणों आधारित कंपोजिट अच्छी इलेक्ट्रॉनिक और आयनिक चालकता दे सकते हैं, और संरचनात्मक और विद्युत समग्रता को बढ़ा सकते हैं। इस तरह के कंपोजिट में युग्मित पदार्थ कार्बन पदार्थ, धातु, धातु ऑक्साइड, पॉलिमर, सिलिकन (Si)-आधारित पदार्थ, संक्रमण धातु नाइट्राइड, कार्बाइड, डाइक्लोजेनाइड, मिश्र धातु, धातु-कार्बनिक ढांचे आदि हो सकते हैं [10]।

पार्क एवं अन्य [11] ने सिलिकन (Si) प्रीकर्सर (अग्रगामी) के एक एल्युमिना आकार पट्ट (टेम्पलेट) में अपचयी अपघटन (रिडक्टिव डीकम्पोज़िशन) और निक्षारण (एचिंग) द्वारा तैयार सिलिकन (Si) नैनोट्यूब आधारित उन्नत बैटरी एनोड प्रस्तुत किए हैं। ये नैनोट्यूब प्रभावशाली परिणाम दिखाते हैं, जो 89% की कूलम्बिक दक्षता के साथ  $3247 \text{ mAhg}^{-1}$  की बहुत उच्च उत्क्रमणीय चार्ज क्षमता दिखाते हैं, और 5C दर ( $=15 \text{ Ag}^{-1}$ ) पर भी बेहतर क्षमता प्रतिधारण प्रदर्शित करते हैं। इसके अलावा,  $\text{LiCoO}_2$  के कैथोड और Si नैनोट्यूब के एनोड से युक्त Li-आयन पूर्ण सेल, 200 चक्रों के बाद भी व्यावसायिक रूप से उपलब्ध ग्रेफाइट की तुलना में दस गुना अधिक क्षमता प्रदर्शित करता है।



**चित्र-3: Si नैनोट्यूब आधारित बैटरी एनोड में Li-आयन मार्ग [11]**

इस काम में विद्युत-अपघट्य के लिए सुलभ सतह क्षेत्र को बढ़ाने के लिए सिलिकन (Si) नैनोट्यूब (चित्र-3) का उपयोग किया गया, जो Li आयनों को नैनोट्यूब के आंतरिक और बाहरी हिस्से में आपस में जुड़ने की अनुमति देता है। इसके अलावा, नैनोट्यूब की सतह पर एक कार्बन परत जमा की गई, जो सिलिकन (Si)-विद्युत-अपघट्य अंतरापृष्ठ को स्थिर करती है और लंबे जीवन चक्र के लिए स्थिर विद्युत-अपघट्य अंतरापृष्ठ बनने को बढ़ावा देती है [11]।

नैनोकणों के रूप में सिलिकन (Si) ने Li-आयन बैटरी के क्षेत्र में Li ग्रहण करने की विशाल क्षमता के कारण महत्वपूर्ण रुचि को आकर्षित किया है। उल्वेस्टाड एवं अन्य [12] ने प्रदर्शित किया है कि अक्रिस्टलीय सिलिकन (Si) नैनोकणों के बैटरी एनोड क्रिस्टलीय समकक्षों की तुलना में इलेक्ट्रोड के लंबे जीवनकाल को दर्शाते हैं। क्रिस्टलीय सिलिकन (Si) के छोटे जीवनकाल को प्रारंभिक लिथियेशन के कारण प्रारंभिक संरचनात्मक तनाव के लिए जिम्मेदार ठहराया जाता है।

चान एवं अन्य [13] ने सिलिकन (Si) नैनोवायर बैटरी इलेक्ट्रोड का प्रदर्शन किया जो बिना टूटे बड़े तनाव को समायोजित कर सकते हैं, अच्छा इलेक्ट्रॉनिक संपर्क और चालन प्रदान कर सकते हैं, और कम लिथियम प्रवेशन दूरी प्रदर्शित कर सकते हैं।

हेरो एवं अन्य [14] ने नैनो-वॉल्ट (नैनो-गुंबद) संरचना प्रस्तुत की है जो Li-आयन बैटरी के लिए सिलिकन (Si)-आधारित एनोड में तनाव को कम कर सकती है। गुंबददार संरचना एक ऐसा प्लेटफार्म है जिसकी पुनरावृत्ति कर सिलिकन (Si) की कुल मात्रा को बढ़ाया जा सकता है तथा इस प्रकार सिलिकन (Si) एनोड की बुनियाद

बनती है, जहाँ स्थिर विद्युत-अपघट्य अंतरापृष्ठ के लिए विकृति प्रतिरोधी सीलबंद सतहें होती हैं, और आंतरिक गुहाएं होती हैं जो आंशिक रूप से आयतन में परिवर्तन को समायोजित कर, तनाव को कम करती हैं। इससे कूलम्बिक दक्षता में भी वृद्धि होती है।

इस प्रकार, यह देखा जा सकता है कि विभिन्न तरीकों और विन्यास द्वारा, सिलिकन (Si) एनोड वाली Li-आयन बैटरी के प्रदर्शन को न केवल बेहतर किया जा सकता है, बल्कि चुनौतीपूर्ण आवश्यकताओं के अनुसार बदला भी जा सकता है, जो ऐसी बैटरी को विभिन्न अंतरिक्ष अनुप्रयोगों के लिए बहुत उपयोगी बना सकता है।

#### 4. निष्कर्ष

अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी में ऊर्जा के दोहन एवं भंडारण के लिए सिलिकन (Si) आधारित पदार्थ अपने विशिष्ट गुणों जैसे बेहतर प्रदर्शन, कम लागत, सरलता, विकसित तकनीक एवं पर्यावरणानुकूलता आदि के कारण एक महत्वपूर्ण भूमिका अदा कर सकते हैं। ये पदार्थ विभिन्न ऊर्जा अनुप्रयोगों, जैसे ईंधन सेल एवं राकेट प्रणोदक के लिए जल से ऑन-डिमांड/ऑन-बोर्ड H<sub>2</sub> उत्पादन और पुनः आवेशनीय अंतरिक्ष बैटरी के लिए अत्याधुनिक बैटरी एनोड इत्यादि में अपने संभावित अनुप्रयोगों के कारण समानव अंतरिक्ष अभियानों में भी भारी रुचि को आकर्षित करते हैं।

#### आभार

लेखक विशेषज्ञ सलाह, प्रेरणा और मार्गदर्शन के लिए डॉ. शंकर वि. नाखे (निदेशक, आर.आर.केट) तथा श्री टी.ए. पुणताम्बेकर (निदेशक, इलेक्ट्रान त्वरक वर्ग) के आभारी हैं। इस लेख में प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से सहायता करने वाले अन्य सभी लोगों को लेखक धन्यवाद देते हैं।

#### संदर्भ

- [1] NASA Technology Roadmaps, TA 3: Space Power and Energy Storage, May 2015
- [2] Abhay Bhisikar, Manvendra Narayan Singh, Nitin Khantwal, Anil Kumar Sinha, Effect of microstructural parameters of ball-milled Si powder on reactivity with water to produce H<sub>2</sub>: Way forward for on-demand H<sub>2</sub> production, *Materials Today Communications*, Volume 33, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.104138>
- [3] L. Xu, S. Ashraf, J. Hu, P.P. Edwards, M.O. Jones, E. Hadzifejzovic, J.S. Foord, Ball-milled Si powder for the production of H<sub>2</sub> from water for fuel cell applications, *Int. J. Hydrog. Energy*, 41 (2016), pp. 12730-12737, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.05.181>
- [4] Delong Ma, Zhanyi Cao, Anming Hu, Si-Based Anode Materials for Li-Ion Batteries: A Mini Review, *Nano-Micro Lett.* (2014) 6(4):347–358, <https://doi.org/10.1007/s40820-014-0008-2>
- [5] Sinha AK, Sagdeo A, Gupta P, Upadhyay A, Kumar A, Singh MN, Gupta RK, Kane SR, Verma A, Deb SK. Angle Dispersive X-ray Diffraction Beamline on Indus-2 Synchrotron Radiation Source: Commissioning and First Results. *Journal of Physics: Conference Series* 2013;425:72017, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/425/7/072017>
- [6] <https://www.nasa.gov/content/space-applications-of-hydrogen-and-fuel-cells>
- [7] <https://www.ceb.cam.ac.uk/news/powering-apollo-11-fuel-cell-took-us-moon>
- [8] <https://pib.gov.in/Pressreleaseshare.aspx?PRID=1541277>
- [9] R. Bugga, M. Smart, J. Whitacre, W. West, "Lithium Ion Batteries for Space Applications," IEEE Aerospace Conference, 2007, pp. 1-7, <https://doi.org/10.1109/AERO.2007.352728>
- [10] Yang, Y., Yuan, W., Kang, W. *et al.* Silicon-nanoparticle-based composites for advanced lithium-ion battery anodes. *Nanoscale* 12 (14), 7461-7481 (2020). <https://doi.org/10.1039/C9NR10652A>

- [11] Mi-Hee Park, Min Gyu Kim, Jaebum Joo, Kitae Kim, Jeyoung Kim, Soonho Ahn, Yi Cui, and Jaephil Cho, Silicon Nanotube Battery Anodes, *Nano Letters* 2009, 9(11), 3844-3847 <https://doi.org/10.1021/nl902058c>
- [12] Ulvestad, A., Reksten, A., *et al.* Crystallinity of Silicon Nanoparticles: Direct Influence on the Electrochemical Performance of Lithium Ion Battery Anodes. *ChemElectroChem* **7**, 4349-4353 (2020). <https://doi.org/10.1002/celec.202001108>
- [13] Chan, C., Peng, H., Liu, G. *et al.* High-performance lithium battery anodes using silicon nanowires. *Nature Nanotech* **3**, 31–35 (2008). <https://doi.org/10.1038/nnano.2007.411>
- [14] Haro, M., Kumar, P., Zhao, J. *et al.* Nano-vault architecture mitigates stress in silicon-based anodes for lithium-ion batteries. *Commun Mater* **2**, 16 (2021). <https://doi.org/10.1038/s43246-021-00119-0>

### लेखक परिचय:



श्री **अभय भिसीकर** (वैज्ञानिक अधिकारी/ई) ने पदार्थ विज्ञान में MTech भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, कानपुर से और इलेक्ट्रॉनिक्स और संचार अभियांत्रिकी में BE मौलाना आजाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, भोपाल से प्राप्त की। उनके वर्तमान अनुसंधान क्षेत्र में ऊर्जा पदार्थों जैसे Si आधारित पदार्थों का संश्लेषण और लक्षण वर्णन (केरक्टरिज़ेशन) विशेषकर सिंक्रोट्रॉन आधारित लक्षण वर्णन; हाइड्रोजन ऊर्जा और ईंधन सेल; बैटरी पदार्थ; सिंक्रोट्रॉन विकिरण स्रोतों और सिंक्रोट्रॉन एक्स-किरण विवर्तन बीमलाइन का परिचालन आदि शामिल हैं।



श्री **मानवेन्द्र नारायण सिंह** (वैज्ञानिक सहायक/एफ) ने भौतिकी में MSc अन्नामलाई विश्वविद्यालय, अन्नामलाई नगर, चिदम्बरम से तथा BSc मोहन लाल सुखाड़िया विश्वविद्यालय, उदयपुर से प्राप्त की। उनके वर्तमान कार्य क्षेत्र और विशेषज्ञता में मुख्यतः सिंक्रोट्रॉन एक्स-किरण विवर्तन बीमलाइन का प्रचालन और अनुरक्षण, तथा प्रयोगात्मक डेटा का विश्लेषण आदि शामिल हैं।



डॉ. **अर्चना सगदेव** (वैज्ञानिक अधिकारी/एफ) ने भौतिकी में PhD बरकतउल्लाह विश्वविद्यालय, भोपाल से और MSc नागपुर विश्वविद्यालय, नागपुर से प्राप्त की। उनके वर्तमान अनुसंधान क्षेत्र और विशेषज्ञता में मुख्यतः विभिन्न ऊर्जा पदार्थों का संश्लेषण और लक्षण वर्णन (केरक्टरिज़ेशन) विशेषकर सिंक्रोट्रॉन आधारित लक्षण वर्णन; और सिंक्रोट्रॉन एक्स-किरण विवर्तन बीमलाइन का परिचालन आदि शामिल हैं।



डॉ. **तापस गांगुली** (वैज्ञानिक अधिकारी/एच एवं प्रमुख, त्वरक भौतिकी एवं सिंक्रोट्रॉन्स उपयोगिता प्रभाग) ने भौतिकी में PhD देवी अहिल्या विश्वविद्यालय, इन्दौर से, तथा इलेक्ट्रिकल में MTech और भौतिकी में BTech भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, मुम्बई से प्राप्त की। उनके वर्तमान अनुसंधान क्षेत्र और विशेषज्ञता में मुख्यतः संघनित द्रव्य और पदार्थ भौतिकी, धातु ऑक्साइड, अंतराधात्विकता (इंटरमेटेलिक्स), दृढ़ता से सहसंबंधित तंत्र, अर्धचालक, अंतरापृष्ठ (इंटरफेस) आदि की फोटोइलेक्ट्रॉन स्पेक्ट्रोस्कोपी; अधिस्तरी (एपिटैक्सियल) परतों की उच्च विभेदन (हाइ रेज़लूशन) एक्सआरडी; इत्यादि शामिल हैं।

## अंतरिक्ष परिवहन प्रणालियों में स्वदेशी लिथियम आयन बैटरी का प्रेरण

अभिनव रुहेला, तोमस अब्रहाम

भूतुल्यकाली उपग्रह प्रमोचन यान मार्क -III परियोजना,  
विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र

### सारांश

लिथियम आयन सेल पर आधारित ऊर्जा प्रणालियों को उच्च ऊर्जा घनत्व और लंबे जीवन के कारण अंतरिक्ष परिवहन प्रणालियों तथा उपभोक्ता उपयोग में एक बड़ी जगह मिलती है। इसरो ने 1.5 एच (ampere hours), 5 एच, 50 एच और 100 एच की क्षमता वाले लिथियम-आयन सेल को सफलतापूर्वक विकसित किया है, जिनमें से 50 एच सेल का उपग्रह अनुप्रयोगों और विद्युत् वाहन में इस्तेमाल किया जा रहा है। भूतुल्यकाली उपग्रह प्रमोचन यान मार्क -III के सी 25 चरण में विद्युत् यांत्रिक प्रवर्तक प्रणालि को शक्ति देने के लिए 5 एच सेल का इस्तेमाल किया गया था। यह लेख संक्षेप में बताता है कि कैसे विद्युत् शक्ति की आवश्यकताओं, योग्यता परीक्षणों और स्वीकार परिणाम के अनुसार बैटरी के आकार का निर्धारण किया जाता है। लि-आयन सेल के मुख्य घटक और लिथियम आयन सेल के काम करने के सिद्धांत को भी इस लेख में समझाया गया है।

### 1. प्रस्तावना

लिथियम-आयन सेल पुनः प्रयोगात्मक ऊर्जा भंडार है, जो आम तौर पर एक प्रमुख ऊर्जा स्रोत द्वारा आवेशित की जाती है और ये आवश्यकता के अनुसार अपनी ऊर्जा प्रदान करते हैं। इन सेल को आमतौर पर सुवाह्य इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों में 1990 के दशक से ही इस्तेमाल किया जा रहा है। 1990 के दशक के अंत में, लिथियम-आयन सेल को प्रक्षेपण वाहन और उपग्रह प्रणाली में इस्तेमाल किया जाने लगा। लिथियम-आयन तीसरी पीढ़ी वाले उपग्रह सेल हैं। लिथियम-आयन बैटरी में उच्च ऊर्जा घनत्व, कम रख रखाव की आवश्यकता, अपेक्षाकृत कम स्व निर्वहन दर, और प्रति सेल उच्च विभव के फायदे हैं जो इसको अंतरिक्ष और आम नागरिक के उपयोग के लिए सक्षम बनाते हैं।

### 2. सेल के मुख्य अंश

लिथियम-आयन सेल के तीन प्राथमिक कार्यात्मक घटक, धनात्मक छोर, ऋणात्मक छोर और विद्युत् अपघट्य होते हैं। आम तौर पर, पारंपरिक लिथियम-आयन सेल का ऋणात्मक छोर कार्बन से बना होता है। धनात्मक छोर एक धातु ऑक्साइड होता है। विद्युत् अपघट्य कार्बनिक विलायक में लिथियम नमक होता है। इसरो के लिथियम-आयन सेल में ऋणात्मक छोर ग्रेफाइट है। धनात्मक छोर के लिए लिथियम कोबाल्ट ऑक्साइड (एक स्तरित ऑक्साइड) का प्रयोग किया गया है। विद्युत् अपघट्य आम तौर पर गैर-जलीय होते हैं। विद्युत् अपघट्य कार्बोनेट्स का मिश्रण होता है जैसे कि ईथिलीन कार्बोनेट या डायथिल कार्बोनेट, जिसमें लिथियम आयन परिसर होते हैं। हमने अपने सेल में लिथियम हेक्सा फ्लोरो फॉस्फेट का प्रयोग किया है। दोनो छोर विभाजक के द्वारा अलग होते हैं।

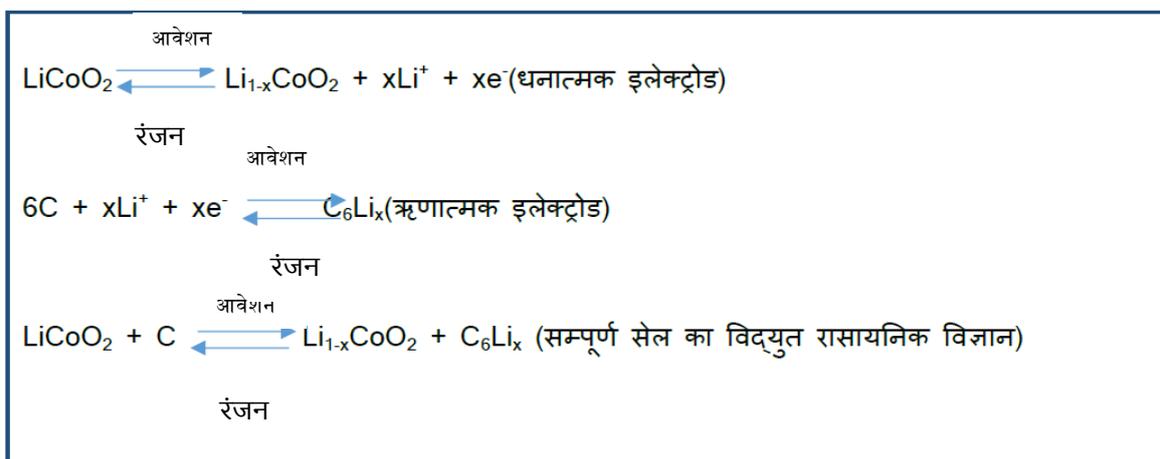
### 3. सेल कामकाजी प्रक्रिया

प्रभारी और निर्वहन के दौरान सेल में विद्युत् रासायनिक प्रतिक्रियाएं होती हैं। धनात्मक छोर और ऋणात्मक छोर के बीच विद्युत्-अपघट्य के माध्यम से लिथियम + आयनों का चलन होता है और इसलिए सेल का नाम "लिथियम-आयन" है। सेल में कामकाजी प्रक्रिया के दौरान धातु लिथियम शामिल नहीं होता है। इसलिए, लिथियम धातु के प्रयोग से जुड़ी प्रतिक्रियाशीलता, सुरक्षा और दुरुपयोग संवेदनशीलता के मुद्दों को टाला जाता है। सेल का चित्र आकृति 1 में दिया गया है।



आकृति 1 : 5 एच सेल

बैटरी आवेशन के दौरान, लिथियम-कोबाल्ट ऑक्साइड, धनात्मक छोर अपने कुछ लिथियम आयनों को छोड़ देता है, जो विद्युत अपघट्य के माध्यम से ऋणात्मक छोर, ग्रेफाइट इलेक्ट्रोड में जाते हैं और वहां रह जाते हैं। इस प्रक्रिया के दौरान बैटरी ऊर्जा लेती है और उसका भंडारण करती है। बैटरी विद्युत् रंजन के दौरान लिथियम आयन विद्युत अपघट्य में धनात्मक छोर में वापस चला जाता है, जिससे बैटरी शक्ति देती है। दोनों मामलों में, इलेक्ट्रॉन बाहरी सर्किट से आयनों के विपरीत दिशा में बहते हैं। इलेक्ट्रॉन विद्युत अपघट्य के माध्यम से बहते नहीं हैं। आयन, विद्युत अपघट्य के माध्यम से और इलेक्ट्रॉन, बाहरी सर्किट के चारों ओर, विपरीत दिशा में एक दूसरे से जुड़े होते हैं।



एक सेल का विभव 4 वोल्ट होता है। अधिक विभव पाने के लिए दो या अधिक सेल को एक श्रृंखला में जोड़ा जाता है। उदाहरण के लिए 8 वॉल्ट की बैटरी के लिए दो सेल को श्रृंखला में जोड़ा जाता है और इस विन्यास को 2एस1पी कहते हैं। एक सेल 5 ए विद्युत प्रवाह एक घंटे के लिए प्रदान कर सकता है। 10 ए विद्युत प्रवाह की मांग को पूरा करने के लिए दो सेल को समानतर रूप में जोड़ा जाता है और इस विन्यास को 1एस2पी कहते हैं।

#### 4. लिथियम-आयन सेल के प्रकार:

सेल को शक्ति घनत्व और ऊर्जा घनत्व के आधार पर दो श्रेणियों में विभाजित किया जाता है। उच्च शक्ति सेल को पाइरोस विद्युत यांत्रिक प्रवर्तक (ईएमए) प्रणाली इत्यादि जहाँ पर स्वल्प समय के लिए उच्च विद्युत प्रवाह की मांग होती है उसके लिए प्रयोग किया जाता है। जहाँ पर निरंतर और कम मात्रा में विद्युत प्रवाह की आवश्यकता होती है जैसे कि सुवाहय बैटरी चार्जर, विद्युत् वाहन जहाँ पर उच्च ऊर्जा सेल का प्रयोग किया जाता है। इसरो ने दोनों प्रकार के सेल का विकास किया है। भूतुल्यकाली उपग्रह प्रमोचन यान मार्क -III डी 1 के सी 25 ईएमए प्रणाली में उच्च ऊर्जा सेल का उपयोग किया गया था और आने वाली उड़ानों में एस 200 ईएमए के लिए उच्च शक्ति सेल का उपयोग करने की योजना है।

### 5. सेल के सुरक्षा उपकरण

अगर सेल को अतिरंजित या अधिक आवेशन किया जाता है, तो लिथियम-आयन बैटरी में ऊष्मीय प्रक्रिया होती है जो सेल को क्षति पहुंचा सकती है। चरम मामलों में इससे दहन भी हो सकता है। अतिरंजन, सेल को शॉर्ट-सर्किट कर सकता है, जिस स्थिति में आवेशन करना असुरक्षित होगा। इन जोखिमों को कम करने के लिए, लिथियम-आयन बैटरी पैक में असफल-सुरक्षित सर्किट्री होती है जो बैटरी को बंद कर देती है जब इसकी वोल्टेज प्रति सेल 3 वोल्ट – 4.2 वोल्ट की सुरक्षित सीमा से बाहर होती है। प्रत्येक सेल में अन्य सुरक्षा सुविधायें होती हैं जिनको नीचे समझाया गया है।

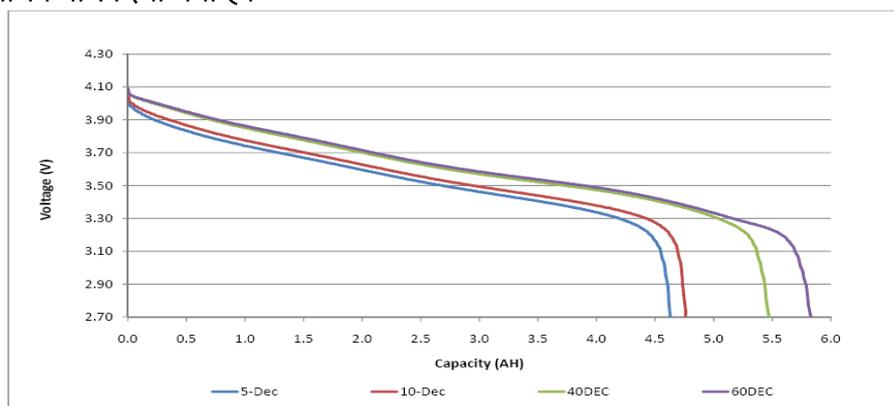
1. शट डाउन विभाजक (तापमान के लिए): सेल के अंदर धनात्मक छोर और ऋणात्मक छोर को अलग करने के लिए पतली झिल्ली का विभाजक के रूप में उपयोग किया जाता है। शट डाउन विभाजक एक तीन परत वाली झिल्ली है जो उच्च तापमान पर पिघल सकती है। आंतरिक शॉर्ट सर्किट के कारण, सेल के अंदर तापमान बढ़ जाता है। बढ़े हुए तापमान पर विभाजक की एक परत पिघल सकती है और लिथियम आयन का संचालन विभाजक के माध्यम से बंद हो जाता है। इसलिए सेल से विद्युत प्रवाह भी बंद हो जाता है।

2. निकास वाल्व (आंतरिक दबाव के लिए): आंतरिक शॉर्ट सर्किट की वजह से सेल के अंदर दबाव बढ़ सकता है। जब सेल के अंदर दबाव एक निश्चित सीमा से आगे बढ़ता है तो निकास वाल्व खुलता है और आस-पास के सेल को प्रमुख क्षति से बचाता है।

### 6. स्वदेशी विकसित सेल

स्वदेशी विकसित सेल को स्वीकृति और योग्यता परीक्षण से गुजरना होता है। विभिन्न तापमानों पर क्षमता का मूल्यांकन किया जाता है और इसको विद्युत ऊर्जा की आवश्यकता को पूरा करने के लिए सक्षम पाया गया है। 9 सेल (5 एएच) को योग्यता परीक्षण के लिए चुना गया था। स्वीकृति और योग्यता परीक्षण का विवरण नीचे दिए गया है।

क) स्वीकृति परीक्षण: सेल के प्रदर्शन का विद्युत क्षमता, आंतरिक प्रतिरोध और आत्म निर्वहन मान पर मूल्यांकन किया जाता है। सभी सेल का 1C दर पर निर्वहन किया जाता है और विद्युत क्षमता मापी जाती है। जिन सेल की विद्युत क्षमता 4.5 एएच से अधिक पाई जाती है उनको सफल समझा जाता है। सेल का निर्वहन लेखाचित्र नीचे दिया गया है।



आकृति 2 : सेल के निर्वहन का लेखाचित्र

ख) आंतरिक प्रतिरोध : सेल के अंदर विभिन्न प्रकार के उपकरण (जैसे कॉब, संरचनात्मक तत्व, ऋणात्मक छोर) होते हैं जो मिल कर एक आंतरिक प्रतिरोध उत्पन्न करते हैं। सेल के लिए आंतरिक प्रतिरोध जितना कम हो उतना अच्छा होता है। लेकिन इसे पूर्ण रूप से हटाया नहीं जा सकता। अध्ययन के दौरान ये पाया गया है कि इसरो की विद्युत प्रणालियों के लिए अगर आंतरिक प्रतिरोध 15-20 मिली ओम से कम है तो विद्युत प्रणाली की आपूर्ति के लिए सेल सक्षम है। सेल का आंतरिक प्रतिरोध 50% क्षमता पर मापा जाता है।

ग) आत्म निर्वहन: इस परीक्षण के दौरान सेल को 3.5 वोल्ट पर आवेशित करके निगरानी में रखा जाता है और सेल की विभव निरंतर मापी जाती है। अगर सेल की विभव में 8 मि वोल्ट से ज्यादा गिरावट होती है तो सेल को अस्वीकार कर दिया जाता है।

• योग्यता परीक्षण: योग्यता परीक्षणों को तीन समूहों में विभाजित किया जाता है।

क) विद्युत परीक्षण: सेल के निर्वहन विशेषताओं को विभिन्न तापमान ( 5 °C , 10 °C , 20 °C और 80 °C ) और विभिन्न निर्वहन दर (1C, 2C) पर मूल्यांकन किया गया था।

ख) पर्यावरण परीक्षण: सेल का विभिन्न कठोर यांत्रिक तनाव पर मूल्यांकन किया जाता है। प्रक्षेपण के दौरान कठोर यांत्रिक तनाव देखे जाते हैं। इसलिए सेल का कंपन और झटका परीक्षण किया जाता है। परीक्षण के दौरान सेल के प्रदर्शन का मूल्यांकन किया जाता है।

ग) सुरक्षा परीक्षण: सेल की विद्युत क्षमता पर अधिक आवेश, अधिक आवेशन और शॉर्ट सर्किट के प्रभाव का मूल्यांकन किया जाता है। परीक्षण के दौरान सेल को आग नहीं लगना चाहिए और सेल के अंदर का दाब सुरक्षा सीमा से अधिक नहीं बढ़ना चाहिए क्योंकि अधिक दाब से सेल फट सकता है। सभी परीक्षणों के दौरान सेल का प्रदर्शन सामान्य पाया गया था।

• सेल मिलान मानदंड: सभी सेल को जो स्वीकृति परीक्षण पास कर लेते हैं उनको योग्य सेल माना जाता है और योग्य सेल ही बैटरी बनाने के लिए इस्तेमाल किए जाते हैं। योग्य सेल को निम्न मानदंडों के अनुसार समूह के लिए स्वीकार किया जाता है।

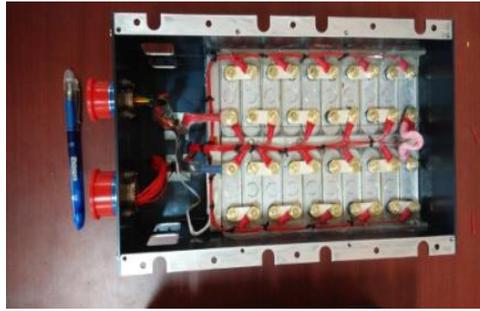
क्रमांक		विनिर्देश
1	श्रृंखला के भीतर क्षमता भिन्नता	< 5 एमएएच
2	आंतरिक प्रतिरोध में भिन्नता	< 2 मिलीओम
3	30 दिन संगरोध वोल्टेज में कमी की भिन्नता	< 1 एमवोल्ट

## 7. पुनः उत्पादक ऊर्जा पर विश्लेषण

जब डीसी मोटर की कुंडल बल के प्रभाव में घूमती है, तो आर्मेचर विद्युत् सुचालक चुंबकीय क्षेत्र के माध्यम से चलता है और इसलिए एक इलेक्ट्रोमोटिव बल (ई.एम.एफ) उनमें प्रेरित होता है। प्रेरित ई.एम.एफ कार्यरत वोल्टेज के विपरीत दिशा में कार्य करता है और इसे विपरीत ई.एम.एफ. के रूप में जाना जाता है। यह विपरीत ई.एम.एफ बैटरी चयन में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। सी -25 प्रवर्तक के मामले में यह पाया गया कि 80% साइन (Sine) कब्जा आदेश और आवृत्ति प्रतिक्रिया के दौरान विपरीत ई.एम.एफ उत्पन्न होता है और बैटरी में अधिकतम ~ 0.5 ए की विद्युत धारा देखी गई थी। बैटरी वोल्टेज 0.5 वोल्ट तक बढ़ जाती है। एजी-जेएन (Ag-Zn) बैटरी के मामले में वोल्टेज में 8 वॉल्ट वृद्धि देखी गई थी। ईएमएफ में इस अंतर का कारण जानने के लिए, एक विश्लेषण किया गया और ये पाया गया है कि, लिथियम-आयन सेल (1.5Ah) ~ 223.67 (एमएफ) का आंतरिक संधारित्र (Capacitance) एजी-जेएन सेल से अधिक है (0.33 एमएफ)। क्योंकि लिथियम-आयन सेल का इलेक्ट्रोड क्षेत्र एजी-जेएन सेल की तुलना में अधिक होता है।

## 8. बैटरी एकीकरण

स्वीकार्यता परीक्षण वाले सेल को बैटरी बनाने के लिए उपयोग किया जाता है। सेल को कापटन टेप से साथ लपेटा जाता है। सेल के बीच अलगाव को बनाए रखने के लिए FR4 परत का इस्तेमाल होता है। सेल के स्वास्थ्य को जानने के लिए प्रत्येक सेल की वोल्टेज की निगरानी की जाती है। तैयारी के दौरान तापमान निगरानी के लिए आरटीडी चिपकाया जाता है। बैटरी में दो कनेक्टर प्रदान किए जाते हैं, इनमें से एक कार्यात्मक उत्पादन और दूसरा सभी सेल की व्यक्तिगत वोल्टेज निगरानी और बैटरी चार्जिंग के लिए उपयोग में लाया जाता है।

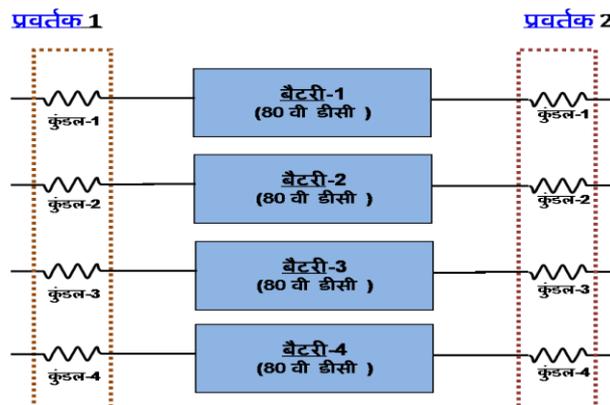


आकृति 3 :श्रृंखला में जुड़े 20 सेल की बैटरी

### 9. भूतुल्यकाली उपग्रह प्रमोचन यान मार्क -III का विन्यास

भूतुल्यकाली उपग्रह प्रमोचन यान मार्क -III दो ठोस चरण (एस 200) स्ट्रैपन्स, एक मध्यम तरल चरण (एल-110) और एक ऊपरी निम्नताप चरण (सी-25) से लैस है। सभी इलेक्ट्रॉनिक प्रणालियों को चार उप-चरणों में रखा जाता है। सी-25 चरण इंजन का नियंत्रण विद्युत यांत्रिक प्रवर्तक (ईएमए) के माध्यम से करते हैं। ईएमए प्रवर्तक की वोल्टेज और विद्युत धारा की आवश्यकता को पूरा करने के लिए 5 एच सेल को 20एस1पी (20 Series 1 Parallel) बैटरी विन्यास में प्रयोग किया गया। प्रत्येक प्रवर्तक में चार कुंडल होते हैं (आकृति 4), दोनों प्रवर्तक के कुंडल-1 बैटरी 1 से संचालित होता है, कुंडल 2 बैटरी 2 से संचालित होता है और इसी तरह कुंडल 3 और कुंडल 4 क्रमशः बैटरी 3 और बैटरी 4 से संचालित की जाती है।

उड़ान बैटरी विन्यास

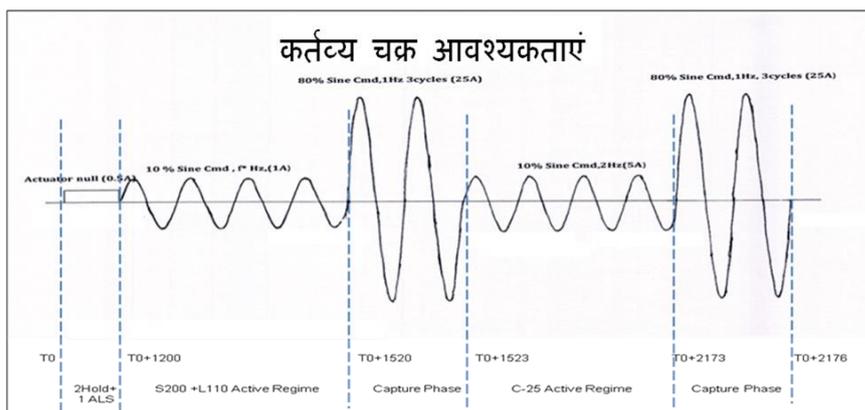


आकृति 4 : विद्युत यांत्रिक प्रवर्तक की बैटरी का विन्यास

### 10. विद्युत यांत्रिक प्रवर्तक प्रणाली की विद्युत आवश्यकता

विद्युत यांत्रिक प्रवर्तक प्रणाली की आपूर्ति के लिये वोल्टेज और अधिकतम विद्युत धारा की मांग क्रमशः 80 वॉल्ट डीसी और 25 ए है। हालांकि, अधिकतम विद्युत धारा और अधिकतम वोल्टेज मांग एक साथ नहीं आती है। नीचे उल्लेखित पांच अलग-अलग प्रचालन क्षेत्र के लिए वोल्टेज और अधिकतम विद्युत धारा मांग के अनुसार बैटरी का चयन किया जाता है।

- प्रवर्तक को रोकन के लिये बल।
- प्रवर्तक / बैटरी के लिए अधिकतम विद्युत शक्ति।
- प्रवर्तक के लिए कोई भार नहीं है।
- प्रवर्तक / बैटरी के लिए सतत विद्युत शक्ति आवश्यकताएं। प्रवर्तक प्रणाली के लिए कर्तव्य चक्र आवश्यकताएं आदर्श उड़ान के दौरान इंजनों पर होने वाली वायुगतिकीय भार के आधार पर और उड़ान के दौरान अपेक्षित नियंत्रण मांग के आधार पर तैयार की जाती हैं।
- बैटरी के लिए अचानक निर्वहन की आवश्यकता: चरण अलग होने के दौरान छोटी अवधि के लिए अधिकतम विद्युत धारा की आवश्यकता होती है। कर्तव्य चक्र आवश्यकताएं आकृति 5 में दी गई हैं।



आकृति 5 : कर्तव्य चक्र आवश्यकताएं

## 11. विद्युत् वाहन बैटरी

विद्युत् वाहन बैटरी प्रारंभ, प्रकाश, और प्रज्वलन बैटरी (प्र3) से भिन्न होती है क्योंकि उन्हें समय की निरंतर अवधि में ऊर्जा देने के लिए बनाया गया है। इन अनुप्रयोगों के लिए प्र3 बैटरी के बजाय गहरा-चक्र बैटरी का उपयोग किया जाता है। बैटरी को उच्च एम्पीयर-घंटे क्षमता के साथ बनाया जाता है। विद्युत् वाहन के लिए बैटरी उनके अपेक्षाकृत उच्च शक्ति-से-वजन अनुपात, ऊर्जा-से-वजन अनुपात और ऊर्जा घनत्व द्वारा विशेष है; छोटी, हल्की बैटरी वाहन के वजन को कम करती है और इसके प्रदर्शन में सुधार करती है। इसमें इसरो ने 50 एच और 100 एच की क्षमता वाले सेल बनाए हैं।

## 12. निष्कर्ष

स्वदेशी 5 एच लिथियम आयन सेल विकसित और योग्य हैं। सी 25 प्रवर्तक प्रणाली की विद्युत् शक्ति की आवश्यकताओं के आधार पर बैटरी विन्यास किया गया है। बैटरी एकीकरण के बाद बैटरी स्तर पर सफल योग्यता परीक्षण किए गए थे। सी 25 प्रवर्तक प्रणाली स्तर पर योग्यता परीक्षण के अनुसार बैटरी ने सही प्रकार से कार्य किया और अंत में भूतुल्यकाली उपग्रह प्रमोचन यान मार्क -III डी 1 अभियान में सफलता पूर्वक शामिल किया गया था।

## 13. संदर्भ

1. Handbook of batteries, third edition by David Linden.
2. GSLV Mk-III D1 Power scheme.
3. Li-ion Qualification and Acceptance Test plan.
4. Avionics configuration for GSLV Mk-III D1 mission.

## 14. आभार

हम सेल के विकास और गुणों के मूल्यांकन के लिए ईसडी के आभारी हैं। हम बैटरी एकीकरण और परीक्षण करने के लिए एमवीआईटी टीम के सतत प्रयासों की सराहना करते हैं। इस क्षेत्र में कार्य करने का अवसर देने के लिए हम, श्री जयकुमार बी, परियोजना निदेशक के आभारी हैं।

## लेखक परिचय:



अभिनव रुहेला जीजीएसआईपीयू दिल्ली से बीटेक पूरा करने के बाद 2008 में एसआरई परियोजना में शामिल हुए। उन्होंने 2015 में आईआईएससी बेंगलूरु से अपना एमई माइक्रोइलेक्ट्रॉनिक पूरा किया। उसके बाद वह जीएसएलवी एमकेIII परियोजना की विधुत समाकलन दल में शामिल हो गए। उप परियोजना प्रबंधक के रूप में वह प्रक्षेपण यान के लिए स्वदेशी लिथियम आयन बैटरी के विकास और प्रेरण का एक अभिन्न अंग रहे हैं।

## उच्च ऊंचाई वाले प्लेटफॉर्म (एचएपी) के लिए नई ऊर्जा प्रबंधन प्रणाली

डॉ. आनंद कुमार के.एस., डॉ. सी. एम. आनंद, जी एम कमलाकन्नन, के जयप्रकाश, अखिला एस कौशिक, बी एस अशोका  
एयरोस्पेस इलेक्ट्रॉनिक्स एंड सिस्टम डिवीजन,  
सीएसआईआर- नेशनल एयरोस्पेस लैबोरेट्रीज, बेंगलूरु – 560 017

### सारांश

सौर ऊर्जा का उपयोग कर मानव रहित हवाई वाहनों को समताप मंडल में ले जाना आज की दुनिया में एक उभरती हुई तकनीक है। हाई एल्टीट्यूड प्लेटफॉर्म (HAPs) सौर ऊर्जा पर निर्भर करता है, जिसमें सेकेंडरी बैटरी दिन के उजाले में रात भर की उड़ान के लिए चार्ज होती है। रिचार्जबल बैटरी की तकनीकी बाधाओं के कारण, एचएपी को रात में उड़ान बिजली की खपत को पूरा करने के लिए पर्याप्त बैटरी लेनी चाहिए, जो एचएपी की उड़ान क्षमता को गंभीर रूप से सीमित करती है। इस विरोधाभास को हल करने के लिए, यह लेख सौर माध्यमिक बैटरी ऊर्जा भंडारण और मिशन ऊंचाई के आधार पर एचएपीएस के लिए कई उड़ान चरणों की एक नई ऊर्जा प्रबंधन प्रणाली (ईएमएस) का प्रस्ताव करता है, जिसका लक्ष्य लंबी सहनशक्ति वाली उड़ानें हैं।

**मुख्य शब्द:** फोटो वोल्टाइक, बैटरी पैक, नई ऊर्जा प्रबंधन प्रणाली, हाई एल्टीट्यूड प्लेटफॉर्म (एचएपी), नई ऊर्जा प्रबंधन प्रणाली (ईएमएस)

**परिचय:** समताप मंडल में सक्रिय उच्च-ऊंचाई वाले प्लेटफॉर्म (एचएपी) अनुसंधान और उद्योग में बढ़ती रुचि के हैं। अन्य अनुप्रयोगों में, एचएपी दूरसंचार उद्योग को महत्वपूर्ण लाभ प्रदान कर सकते हैं, जैसे वे अधिक सतह क्षेत्र को कवर करके स्थलीय नेटवर्क संचालन में पूरक की भूमिका निभा सकते हैं हैं। वे हस्तक्षेप के लिए कम प्रवण हैं, और जल्दी से तैनात किए जा सकते हैं। एचएपी एक मानव रहित हवाई वाहन है जो लगभग 20 किमी की ऊंचाई पर उड़ता या तैरता है। वे स्वायत्त रूप से काम करते हैं, कुछ सिस्टम एक विशिष्ट स्थान पर स्टेशन पर बने रहने में सक्षम होते हैं। वे समय-समय पर रख रखाव और पेलोड परिवर्तन करना संभव बनाते हुए उड़ान भर सकते हैं और उतर भी सकते हैं। पारंपरिक अनुप्रयोगों के अलावा, जैसे रिमोट सेंसिंग या इन-सीटू अर्थ ऑब्जर्वेशन के लिए माप, एचएपी संकट क्षेत्रों में संचालन को सक्षम बनाते हैं या नेटवर्क नोड्स के रूप में कार्य कर सकते हैं।

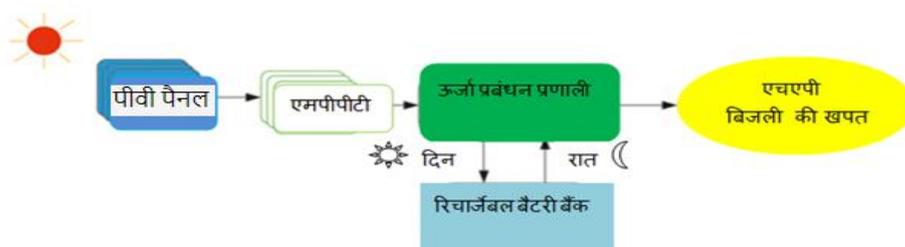
चित्र:1 उच्च ऊंचाई वाला प्लेटफॉर्म (स्रोत: [www.nal.res.in](http://www.nal.res.in))



यह लेख इस विचार के आधार पर एक ईएमएस का प्रस्ताव करता है कि अधिशेष सौर ऊर्जा को दिन के दौरान बैटरी बैंक में संग्रहित किया जा सकता है। इस कार्य के योगदान को संक्षेप में निम्नानुसार किया जा सकता है:

- (1) एचएपी के लिए कई उड़ान चरणों पर आधारित एक नया ईएमएस मॉडल प्रस्तावित है, जो इंजीनियरिंग अनुप्रयोगों में दिन और रात चक्र उड़ान के लिए अधिक उपयुक्त है।
- (2) डिजाइन कई उड़ान चरणों में स्तरीय उड़ान के लिए मिशन की ऊँचाई को इंगित करता है और संभावना प्रदान करता है कि HAPs क्षेत्रीय आवास, सीधे पीछे और सर्कल हॉवर जैसे मिशनों का प्रदर्शन करते हैं, और यह कि HAP भूस्थैतिक उपग्रहों के रूप में कार्य कर सकते हैं।
- (3) एचएपी कार्यक्रम के लिए नए ईएमएस की गणना करने के लिए वायुगतिकीय मॉडल, फोटो वोल्टाइक मॉडल, बैटरी मॉडल और ईएमएस मॉडल स्थापित किए गए हैं।
- (4) ऊर्जा प्रणाली की विशिष्टता के कारण, अनुसंधान के परिणाम यह भी दिखाते हैं कि कम सौर विकिरण और कम दिन के उजाले की स्थिति में एचएपी के लिए लंबे समय तक धीरज रखने के लिए एक उपयुक्त ईएमएस अधिक फायदेमंद हो सकता है।

**मॉडल और तरीके:** एक विशिष्ट एचएपी ऊर्जा प्रणाली में मुख्य रूप से पीवी पैनल, अधिकतम पावर प्वाइंट टैकिंग (एमपीपीटी) फंक्शन के साथ वोल्टेज कनवर्टर, ऊर्जा प्रबंधन प्रणाली और बैटरी प्रबंधन प्रणाली के साथ रिचार्जबल बैटरी शामिल होती है, जैसा कि चित्र 2 में दिखाया गया है।



**चित्र:2 उच्च ऊंचाई वाले प्लेटफॉर्म के लिए ऊर्जा प्रणाली की योजनाबद्ध तस्वीर**

दिन के दौरान, एचएपी की सतह पर लगे पीवी पैनल द्वारा उत्पन्न बिजली ऊर्जा प्रबंधन प्रणाली के माध्यम से ऑन-बोर्ड इलेक्ट्रॉनिक्स, प्रोपेलर को सीधे बिजली की आपूर्ति कर सकती है। इस बीच, अतिरिक्त पीवी पावर बैटरी को भी चार्ज करेगी और रात में एचएपी बैटरी द्वारा संचालित होगी। इसके परिणामस्वरूप, HAP लंबे सहनशक्ति लक्ष्यों के लिए दिन-रात निर्बाध रूप से उड़ान भर सकता है।

**ऊर्जा प्रबंधन रणनीति:** चित्र 2 में, बिजली प्रबंधन प्रणाली का कार्य एचएपी के बिजली प्रवाह को नियंत्रित करना दिखाया गया है, जिसमें मुख्य रूप से बैटरी प्रबंधन प्रणाली और बिजली आपूर्ति की वितरण प्रणाली शामिल है। दिन में, पीवी पैनल और एमपीपीटी द्वारा उत्पन्न अधिकतम विद्युत ऊर्जा को दो भागों में विभाजित किया जाता है: एक भाग सीधे प्रणोदन मोटर्स और ऑन-बोर्ड इलेक्ट्रॉनिक्स को बिजली की आपूर्ति करता है, और दूसरा भाग बैटरी को अतिरिक्त ऊर्जा से रिचार्ज करेगा। रात में, ऊर्जा प्रबंधन प्रणाली की बैटरियां प्रणोदन मोटर्स और ऑन बोर्ड इलेक्ट्रॉनिक्स को शक्ति प्रदान करेंगी।

तालिका 1 में, बिजली व्यवस्था के प्रत्येक घटक के दक्षता मान दिखाए गए हैं।

अवयव	चिन्ह	मूल्य
लचीला सौर सेल	$\eta_{sc}$	0.23
वोल्टता कन्वर्टर ( एमपीपीटी)	$\eta_{mppt}$	0.95
बैटरी	$\eta_b$	0.98
बैटरी प्रबंधक	$\eta_{bm}$	0.99
मोटर्स और एयरस्कू	$\eta_{ma}$	0.70

### तालिका:1: दक्षता मूल्य

इस लेखन में गणना को सरल करने के लिए, बैटरी चार्ज और डिस्चार्ज दक्षता को 0.98 के रूप में लिया जाता है, एमएमपीटी रूपांतरण दक्षता को 0.95 के रूप में लिया जाता है और प्रणोदन प्रणाली की दक्षता को 0.7 के रूप में लिया जाता है। चूंकि मोटर्स और एयरस्कू की क्षमता ऊंचाई और रेनॉल्ड्स संख्या के साथ भिन्न होती है, प्रणोदन प्रणाली का जोर निम्न सूत्र द्वारा प्राप्त किया जा सकता है:

$$T = \eta_{ma} \cdot \frac{P_{prop}}{v},$$

जहाँ,

T = Thrust of Propulsion system,

n= efficiency,

ma= force,

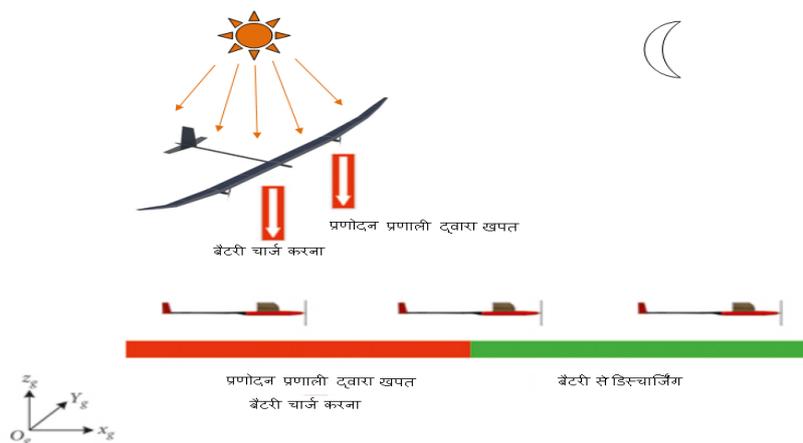
v= velocity,

P = power of propeller

**स्तरीय उड़ान के आधार पर वर्तमान ऊर्जा प्रबंधन रणनीति:** एचएपी के लिए ईएमएस का उद्देश्य रात में बैटरी द्रव्यमान की सीमा के साथ लंबी-धीरज वाली उड़ान का एहसास करना है। रिपोर्ट की गई अधिकांश एचएपी ऊर्जा प्रणालियों के लिए, ईएमएस को न्यूनतम बिजली की खपत के साथ उड़ान के रूप में व्यक्त किया जा सकता है, जिसमें लिफ्ट और वजन संतुलन, जोर और ड्रैग बैलेंस, और ऊर्जा आपूर्ति तथा मांग संतुलन की कमी है, जैसा कि चित्र 3 में दिखाया गया है।

एचएपी में ईएमएस का उद्देश्य बैटरी द्रव्यमान की सीमा के साथ रात में लंबी-धीरज वाली उड़ान का एहसास करना है। चित्र 3 में लिफ्ट संतुलन, वजन संतुलन, जोर संतुलन, ड्रैग संतुलन, ऊर्जा आपूर्ति और मांग संतुलन दिखाया गया है।

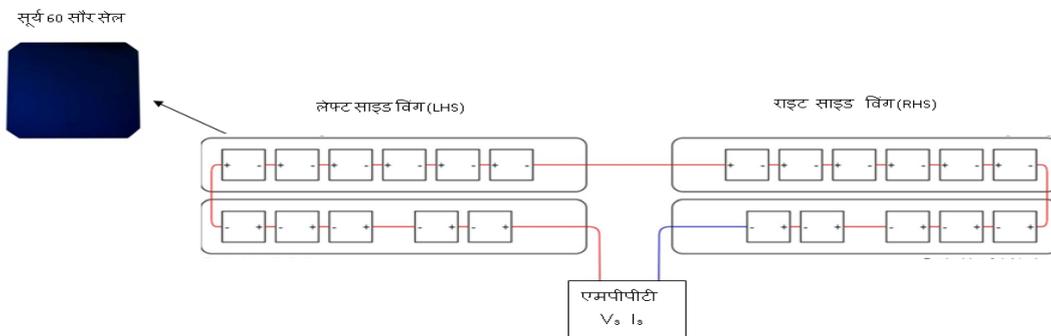
### चित्रा 3: स्तर की उड़ान



आम तौर पर, अतिरिक्त ऊर्जा वर्तमान ईएमएस द्वारा बैटरी को चार्ज करेगी यदि वोल्टेज कनवर्टर की आउटपुट सौर ऊर्जा बिजली से बड़ी है (जैसे कि ऑन-बोर्ड उपकरण शक्ति को अनदेखा किया जा सकता है)। इस बीच, एमपीपीटी पावर प्रोपेलर पावर से कम होने पर अपर्याप्त आवश्यक शक्ति को बैटरी द्वारा पूरा किया जाएगा। वोल्टेज कनवर्टर की आउटपुट एमपीपीटी शक्ति की गणना निम्नानुसार की जाती है:

### HAPS ऊर्जा प्रबंधन प्रणाली डिजाइन:

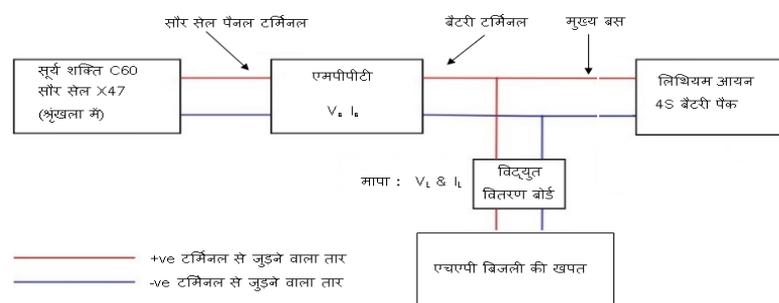
**पीवी पैनल और एमपीपीटी का चयन:** इस शोध कार्य के लिए लचीला, हल्का वजन, उच्च ऊर्जा रूपांतरण दक्षता पीवी पैनल माना जाता है। चित्र 4 में, मोनोक्रिस्टलाइन पीवी पैनल को लागत, पहुंच, ऊर्जा दक्षता, वजन, आकार और लचीलेपन पर विचार करते हुए दिखाया गया है।



चित्र 4: पीवी पैनल और एमपीपीटी व्यवस्था

### ऊर्जा प्रबंधन प्रणाली परीक्षण:

संपूर्ण बिजली व्यवस्था की व्यवहार्यता को सत्यापित करने के लिए डिजाइन और विकसित ऊर्जा प्रबंधन प्रणाली पर स्वीकृति परीक्षण किए गए। चित्र 5 में एचएपी की आवश्यकता के अनुसार स्थापित बिजली व्यवस्था को दिखाया गया है।



चित्र 5. ऊर्जा प्रणाली टोपोलॉजिकल सिंहावलोकन

**निष्कर्ष:** इस लेख में, एचएपी के लिए संगर्ष सहनशीलता बढ़ाने के लिए मिशन ऊंचाई सहित स्तर उड़ान चरणों के आधार पर एक नया ईएमएस वर्णित किया गया है। इस एचएपी पर सौर ऊर्जा का उपयोग उड़ान के दौरान बैटरी की संग्रहीत क्षमता के उपयोग को कम करता है। डिजाइन से यह निष्कर्ष निकाला गया है कि HAP पर सौर ऊर्जा प्रणालियों के उपयोग के परिणामस्वरूप उड़ानों के दौरान बैटरी वोल्टेज में कमी की दर धीमी होती है। इसलिए उड़ानों के दौरान बैटरी जीवन को लंबा करता है और उड़ान की अवधि बढ़ाता है।

**स्वीकृति:** लेखक इस लेख को लिखने में सहयोग के लिए सीएसआईआर-एनएएल के निदेशक और उच्च ऊंचाई वाले मंच के परियोजना कार्यक्रम कार्यालय के बहुत आभारी हैं।

### लेखक योगदान:

संकल्पना: डॉ. सी.एम आनंद और डॉ. कमलाकन्नन।

पद्धति: डॉ. आनंदकुमार केएस और के जयप्रकाश।

सॉफ्टवेयर और सत्यापन, अखिला एस कौशिक।

परीक्षण: बी एस अशोक।

**संदर्भ:**

1. Preliminary Design Report of Energy Management and Power Distribution System (EMPS) for HAPSS Publication No.: Vol 10, DR-01, Issue I, <http://www.nal.res.in>
2. O. R. Alvi, "Development of solar-powered aircraft for multipurpose application," in *Proceedings of 2010 AIAA SDM Student Symposium, 51st AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures*, 16 pages, Orlando, FL, USA, April 2010.  
View at: [Google Scholar](#)
3. A. Noth, "Design of solar powered airplanes for continuous flight," Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Zurich, Switzerland, 2008, Ph.D. thesis.  
View at: [Google Scholar](#)
4. X. Gao, "Research on high-altitude long-endurance flight based on energy storage by gravitational potential and energy extraction from wind shear," National University of Defense Technology, Changsha, China, 2014, Ph.D. thesis.  
View at: [Google Scholar](#)
5. "Zephyr pioneering the stratosphere," <http://www.airbus.com>.  
View at: [Google Scholar](#)

**लेखक परिचय:**

1	नाम :	डॉ. आनंद कुमार के.एस.
2	Name:	Dr. Anand Kumar K. S.
3	वर्तमान पदनाम	प्रधान तकनीकी अधिकारी
4	संस्थान का नाम व शहर	सीएसआईआर-नेशनल एयरोस्पेस लेबोरेटरीज, बेंगलूरु 560017
5	शैक्षणिक योग्यताएं:	
	1.	आईआईटी, बीएचयू से इलेक्ट्रिकल इंजीनियरिंग में Ph. D (2019)
	2.	जेएनटीयूएच हैदराबाद से ऊर्जा प्रणालियों में M.Tech (2013)
	3.	इंस्टीट्यूशन ऑफ इंजीनियर्स (इंडिया) से इलेक्ट्रिकल इंजीनियरिंग में AMIE(2007)
	4.	सरकारी पॉलिटेक्निक तुमकुर से इलेक्ट्रिकल इंजीनियरिंग में Diploma (1994)
6	सम्मान/उपलब्धियां:	
	1.	राष्ट्रपति भवन की ओर से गांधीवादी यंग टेक्नोलॉजिकल इनोवेशन अवार्ड (2018)
	2.	टाटा ट्रस्ट की ओर से डिजाइन इम्पैक्ट अवार्ड (2018)
	3.	भारत विकास पुरस्कार और स्कॉच ऑर्डर ऑफ मेरिट पुरस्कार (2017)

## मध्यम और मोटे विभेदन ऑप्टिकल सेंसरों के प्रतिरूपी अंशांकन के लिए संभावित प्राकृतिक स्थलों की पहचान

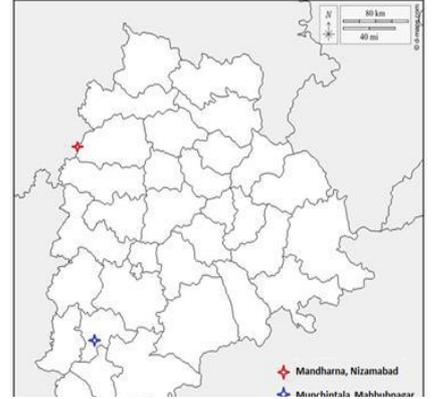
बी. शांति श्री, पी.के. सरिता और एन. राघवेंद्र  
एन.आर.एस.सी., हैदराबाद

### सारांश

इन-हाउस कैलिब्रेशन साइट (एन.आर.एस.सी.-शादनगर में) वर्ष 2015 में स्थापित और परिचालित की गई है जो 30 मीटर रिज़ॉल्यूशन तक ऑप्टिकल सेंसर के अंशांकन का समर्थन करती है। इसके बाद, जैसलमेर (राजस्थान) में 30 मीटर से ऊपर और 360 मीटर तक के ग्राउंड फुटप्रिंट वाले सेंसर को नियमित रूप से मान्य किया जा रहा है। उपयुक्त जमीनी विशेषताओं पर अधिक लगातार माप करने के लिए, हैदराबाद के निकट दो उपयुक्त क्षेत्रों की पहचान की गई। 'नदी रेत' आधारित दो चुने क्षेत्रों में, महबूबनगर जिले का मुंचिनताला और निजामाबाद जिले का मंदारना है। मुंचिनताला का क्षेत्र 150मीटर x 400मीटर है और मंदारना का क्षेत्र 210मीटर x 210मीटर है। जिसमें समग्र स्थानिक समरूपता 5% से बेहतर है। 350 नैनो मीटर - 2500 नैनो मीटर स्पेक्ट्रमी (वर्णक्रमीय) में दोनों क्षेत्रों का परावर्तन 10%-60% के बीच होता है।

2015 से 2021 तक उपग्रह आंकड़े का उपयोग करते हुए अस्थायी रुझानों का अध्ययन करने पर, यह देखा गया है कि दोनों क्षेत्रों में समान स्थानिक, कालिक, वर्णक्रमीय और वायुमंडलीय विशेषताएं हैं। हालांकि, जब तुलना की जाती है, तो मुंचिनताला साइट मंदारना से बेहतर स्कोर करती है। दोनों साइटों के लिए अंशांकन/सत्यापन प्रयोग करने के लिए अनुकूल अवधि कैलेंडर वर्ष के फरवरी से जून है। अक्टूबर और नवंबर 2021 में दो प्रोटोटाइप प्रयोग किए गए और इन-सीटू माप एकत्र किए गए। रेडियोमेट्रिक कैलिब्रेशन की 'शुद्धता' का अनुमान लगाने के लिए आगे के मापों का उपयोग किया गया।

**1. परिचय:** उपग्रह ओवरपास के समय एक अंशांकन क्षेत्र पर इन-सीटू माप का उपयोग करके प्रतिनिधिक रेडियोमेट्रिक अंशांकन ऑन-बोर्ड सेंसर के रेडियोमेट्रिक अंशांकन प्रदर्शन के मूल्यांकन के लिए एक अच्छा तरीका साबित हुआ है। इन-सीटू मापन पर निर्भर प्रतिनिधिक अंशांकन विधियों में उच्चतम रेडियोमेट्रिक सटीकता होती है। अंतरिक्ष जनित रेडियोमीटर द्वारा महसूस की जाने वाली चमक, पृथ्वी की सतह द्वारा परावर्तित/उत्सर्जित विकिरण का योग है और प्रत्येक वायुमंडलीय परत सेंसर और पृथ्वी को प्रभावित करती है। रेडिएटिव ट्रांसफर मॉडल (RTM) उस तरीके का वर्णन करता है जिसमें यह चमक विलुप्त होने (आने वाले फोटॉन से ऊर्जा की हानि) और उत्सर्जन से प्रभावित होती है।



परावर्तन-आधारित विधि क्षेत्र के सतह वर्णक्रमीय परावर्तन (जो स्थानिक अस्थायी रूप से स्थिर) के इन-सीटू माप और क्षेत्र पर प्रचलित वायुमंडलीय मापदंडों के आकलन पर निर्भर करती है। आंकड़े को ज्ञात सूर्य-लक्ष्य-उपग्रह अधिग्रहण ज्यामिति, वर्णक्रमीय बैंड प्रतिक्रिया और एक्सो-वायुमंडलीय सौर विकिरण स्पेक्ट्रम के साथ जोड़ा जाता है, ताकि 6 एस (सौर स्पेक्ट्रम में सैटेलाइट सिग्नल का दूसरा सिमुलेशन) आर.टी.एम. से टॉप-ऑफ-वायुमंडल (TOA) वर्णक्रमीय बैंड चमक को युग्मित किया जा सके। उपग्रह संवेदक द्वारा मापी गई चमक की तुलना मोडल/अनुमानित चमक से करने पर पूर्ण अंशांकन प्राप्त होता है।

### 2. क्षेत्र का व्यवहार्यता विश्लेषण

#### चित्र 1. तेलंगाना मानचित्र में दो अंशांकन क्षेत्र

## 2.1. भौगोलिक स्थिति

रेडियोमेट्रिक अंशांकन के लिए आदर्श क्षेत्र अंशांकन का चयन बहुत महत्वपूर्ण है। सतह की असमानता और आसन्न के प्रभावों को कम करने के लिए चयनित क्षेत्र का आकार बड़ा और सजातीय होना चाहिए।

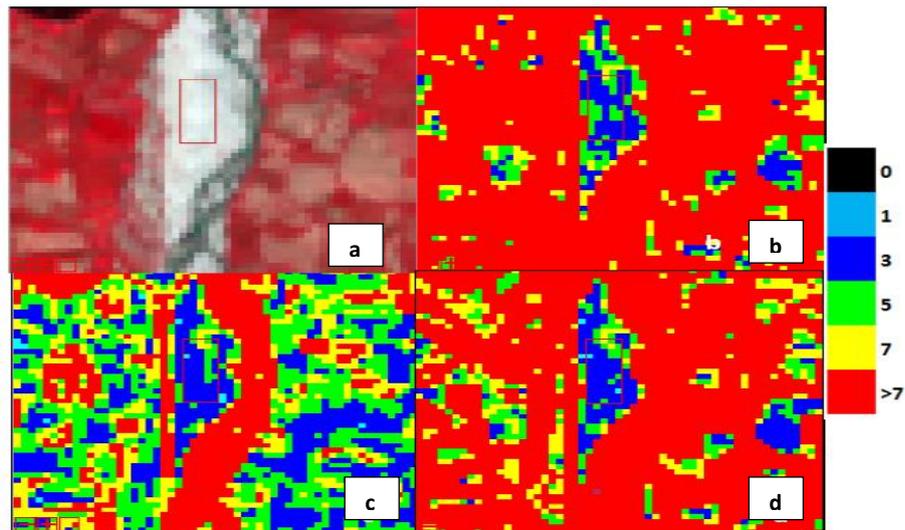
अध्ययन दो नदी रेत स्थलों पर किया गया: पहली क्षेत्र महबूबनगर के दक्षिण-पश्चिम की ओर लगभग 35 कि.मी. की दूरी पर देवकादरा के पास मुंचितला (16.551 डिग्री उत्तर, 77.806 डिग्री पूर्व में स्थित है) और दूसरा क्षेत्र मंदारना (18.677 डिग्री उत्तर, 77.747 डिग्री पूर्व) बोधन के पास, निजामाबाद के पश्चिम में लगभग 40 किमी दूर स्थित है। मुंचिनताल क्षेत्र की ऊंचाई लगभग 360 मीटर थी, जबकि मंदारना की 350 मीटर थी। चित्र 1. तेलंगाना में दो क्षेत्र की स्थिति को दर्शाता है। दो नदी रेत स्थलों का चयन दृश्य रूप और सतह परावर्तन गुणों के आधार पर किया गया। इसके बाद, स्थानिक एकरूपता, अस्थायी स्थिरता और वायुमंडलीय मापदंडों के संबंध में विस्तृत विश्लेषण किया गया और निम्नलिखित अनुभागों में प्रस्तुत किया गया। दोनों क्षेत्र की तस्वीरें चित्र-2 में दिखाई गई हैं।



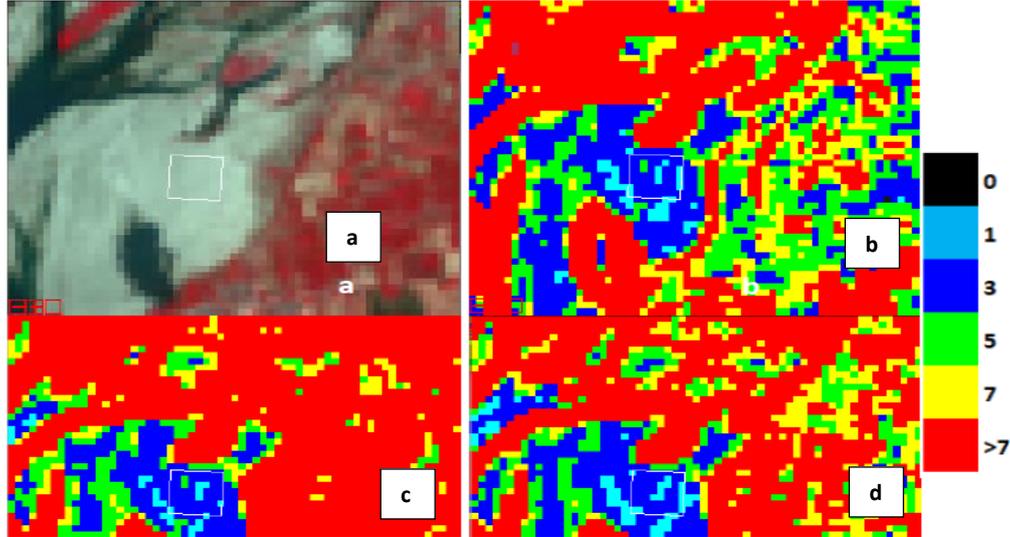
चित्र 2. (ए) मुंचिनतला और (बी) मंदारना क्षेत्र की तस्वीरें

## 2.2 एकरूपता

एक महत्वपूर्ण अंशांकन क्षेत्र की स्थानिक समरूपता का आकलन करने के लिए इस्तेमाल किया जाने वाला सबसे आम आंकड़ा भिन्नता का गुणांक (सी.वी.) है। सी.वी. परिवर्तनशीलता का एक मानकीकृत माप देता है (चित्र 3,4)।



चित्र 3. मुंचिनताला नदी के रेत तल में स्थानिक भिन्नता (ए) एल8- ओ.एल.आइ. एफ.सी.सी. प्रतिबिंब (बी) एल8 बैंड-4 सी.वी. छवि (सी) एल8 बैंड-5 सी.वी. छवि और (डी) एल8 बैंड-6 सी.वी. छवि

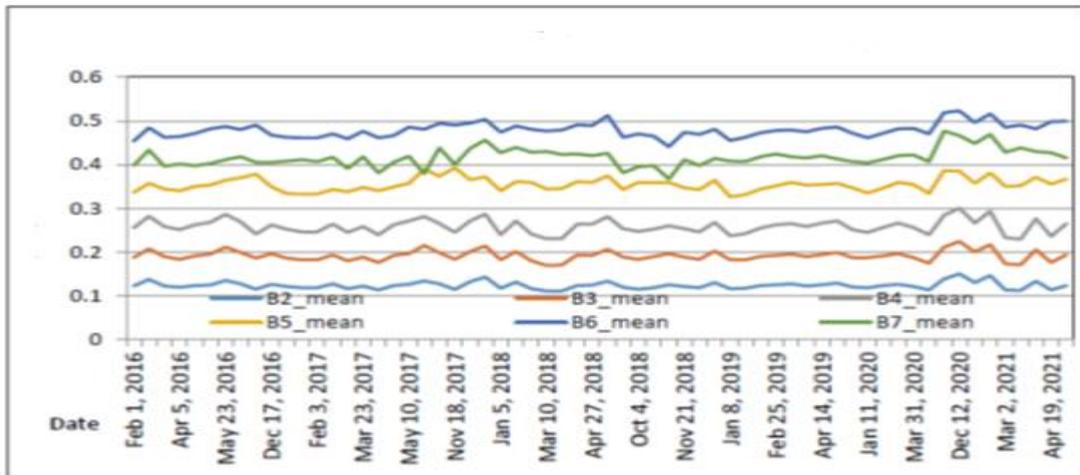


चित्र 4. मंदारना नदी के रेत: स्थानिक भिन्नता (ए) एल8-ओ.एल.आइ. एफ.सी.सी. छवि, (बी) एल8-ओ.एल.आइ. बैंड-4 की सी.वी. छवि, (सी) एल8-ओ.एल.आइ. बैंड-5 की सी.वी. छवि, और (डी) एल8 की सी.वी. छवि -ओली बैंड-6

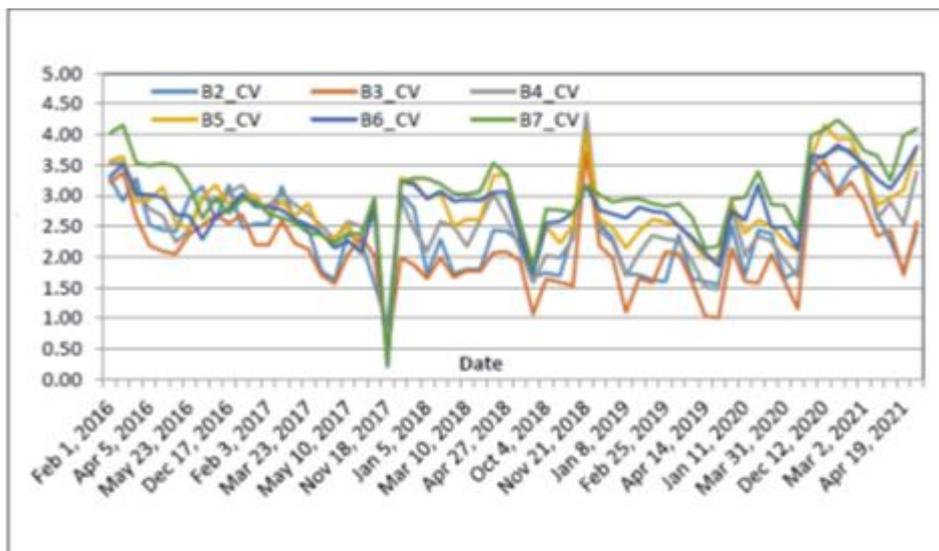
इसके अलावा, मुंचिनतला और मंदारना में पहचाने गए क्षेत्रों/आर.ओ.आइ. (रुचिकर क्षेत्र) की अस्थायी स्थिरता की जांच 2016 से 2021 तक एल8-ओ.एल.आइ. संग्रह2 एस.आ.र प्रतिबिंबों का उपयोग करके की गई थी। लंबी अवधि के अध्ययन के दौरान चित्र 5ए और 5बी में सतह परावर्तनता और सी.वी. मूल्य 2-7 ओ.एल.आइ. बैंड को दर्शाता है। चयनित रेत स्थलों पर परावर्तन मूल्यों में, मिट्टी में नमी के न्यूनतम प्रभाव के संकेत देते हैं।

बैंड 2-7 के लिए मुंचिनताला साइट पर परावर्तन मूल्य  $0.1235 \pm 0.0084$ ,  $0.1914 \pm 0.0118$ ,  $0.2583 \pm 0.0161$ ,  $0.3545 \pm 0.0152$ ,  $0.4790 \pm 0.0162$ ,  $0.4162 \pm 0.0206$  है और मंदारना क्षेत्र पर  $0.1188 \pm 0.0088$ ,  $0.1742 \pm 0.0141$ ,  $0.2305 \pm 0.0198$ ,  $0.3258 \pm 0.0258$ ,  $0.4354 \pm 0.0263$ ,  $0.4006 \pm 0.0242$  हैं। हालांकि, यह देखा गया है कि मुंचिनताला पर परावर्तन मान अन्य क्षेत्र की तुलना में अधिक है। अक्टूबर-मई के महीनों में कम अस्थायी परिवर्तनशीलता (के कारण उच्च अस्थायी स्थिरता) देखी गई है। जून-सितंबर के दिनों में मानसून के कारण बादल और चयनित क्षेत्रों में जल प्रवाह के कारण विश्लेषण के लिए विचार नहीं किया गया। चुनी गई साइटें अपेक्षाकृत सपाट हैं, जिनमें कोई बड़ा उतार-चढ़ाव नहीं है।

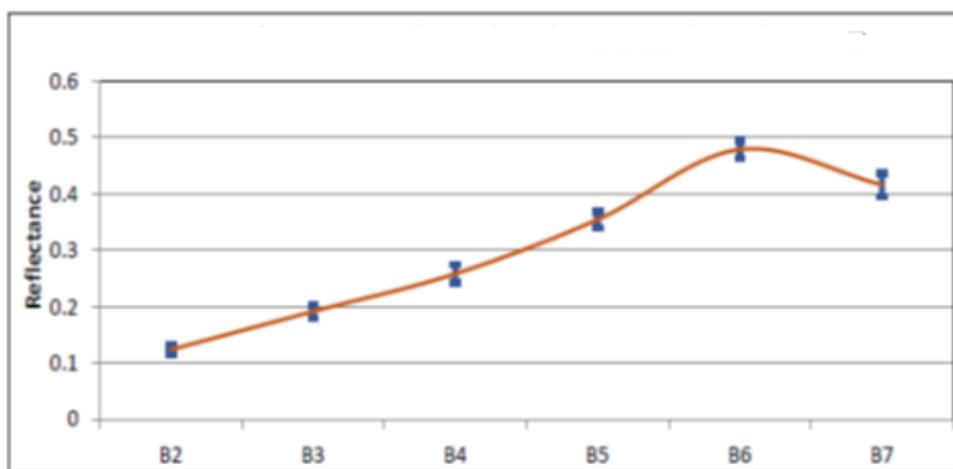
चित्र 5 ए: मुंचिनतला नदी की रेत का वर्णक्रमीय परावर्तन -मौसम के साथ बदलाव



चित्र 5 बी : मुंचिनताला नदी रेत: सी.वी.



चित्र 5 सी: मुंचिनताला क्षेत्र में 5 वर्षों में वर्णक्रमीय परावर्तन



चित्र 5 ए., बी एवं सी: मुंचिनताला क्षेत्र में पांच वर्षों के लिए चयनित आर.ओ.आइ. के आंकड़े: (शीर्ष) एस.आ.र मूल्यों में अस्थायी भिन्नता, (मध्य) एल8-ओ.एल.आइ. के छह वर्णक्रमीय बैंड में सी.वी. मूल्यों में अस्थायी भिन्नता और (नीचे) माध्य परावर्तन और इसके मानक अंतर (विचलन)

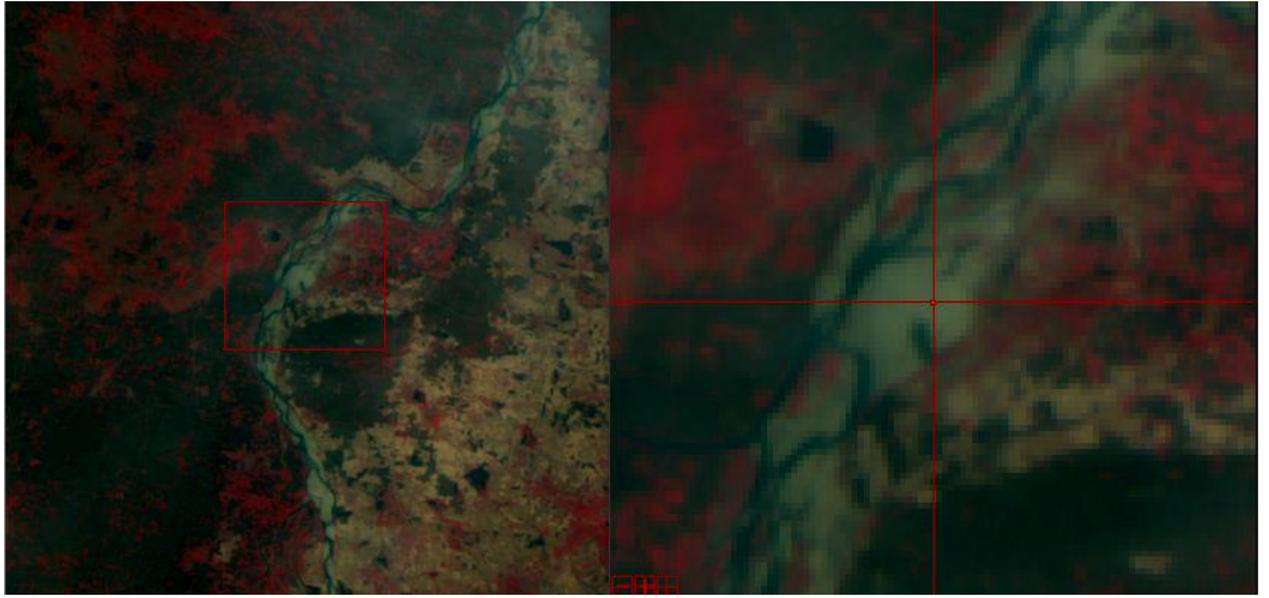
### 3. प्रोटो-प्रयोग

प्रोटो-पूर्ण रेडियोमेट्रिक कैलिब्रेशन का प्रयोग क्रमशः 28 अक्टूबर 2021, 9 नवंबर 2021 को मुंचिनताला, मंदारना में आयोजित किए गए। 28 अक्टूबर 2021 को रिसोर्ससैट 2ए – ए.डब्ल्यू.आइ.एफ.एस. -बी, लैंडसैट8 ओ.एल.आइ. और एस.ई.एन.टी. में एन.ई.एल. 2बी - मल्टी स्पेक्ट्रल इमेजर (एस 2 बी- एम.एस.आइ.) ने मुंचिनताला साइट की और 9 नवंबर 2021 को रिसोर्ससैट 2 – ए.डब्ल्यू.आइ.एफ.एस. ने मंदारना साइट को प्रतिबिंबित (इमेज) किया। आंकड़े 7-9 अंशांकन के लिए माने गए सेंसर द्वारा अधिग्रहित साइटों को दिखाते हैं। एल8-ओ.एल.आइ. के लिए पहचाने गए क्षेत्रों में अधिकतम स्थानिक भिन्नता (तालिका 1) 2.5%, एस 2 बी- एम.एस.आइ. 3.6%, रिसोर्ससैट 2ए – ए.डब्ल्यू.आइ.एफ.एस. 2% और रिसोर्ससैट 2 – ए.डब्ल्यू.आइ.एफ.एस. 3.2% थी।

### 3.1. इन-सीटू माप

चयनित आर.ओ.आइ. (रुचिकर क्षेत्र) के लिए जमीनी सच्चाई के संग्रह के लिए नमूना ग्रिड और रणनीति चित्र 10 में प्रदर्शित की गई है। मुंचिनताला और मंदारना क्षेत्रों के लिए प्रत्येक 50 मीटर x 50 मीटर अंतराल पर माप किए गए थे। मुंचिनताला, मंदारना क्षेत्रों पर क्रमशः कुल 60,100 सतह माप एकत्र किए गए। माप लेने से पहले, हर लाइन के लिए रेडियोमीटर को कैलिब्रेट किया जाता है

उपग्रह के अंशांकन स्थल के ऊपर से गुजरने के एक घंटे पहले और बाद में कई बार रेत के भू-परावर्तित स्पेक्ट्रा को जमीन से ~ 1 मीटर की ऊंचाई पर मापा जाता था। एकत्र किए गए नमूनों को दोनों क्षेत्रों के लिए अंतिम जमीनी परावर्तन पर पहुंचने के लिए औसत किया गया था।



**चित्र 6 (बाएं) रिसोर्ससैट 2 – ए.डब्ल्यू.आइ.एफ.एस. का अंश (संग्रह की तिथि : 09 नवंबर 2021, रास्ता-पंक्ति: 100-59 सी) मूल रिज़ॉल्यूशन पर और (दाएं) इसका ज़ूम किया हुआ संस्करण है। परीक्षण स्थल लाल बॉक्स में दर्शाया गया है।**

### 4. परिणाम

एक साथ मापे गए वायुमंडलीय लक्षण वर्णन मापदंडों के साथ-साथ इन-सीटू सतह वर्णक्रमीय परावर्तन माप का उपयोग बैंड-विशिष्ट टी.ओ.ए. वर्णक्रमीय प्रतिक्रिया की गणना करने के लिए 6 एस (सौर स्पेक्ट्रम में उपग्रह संकेत का दूसरा अनुकरण) विकिरण हस्तांतरण कोड के इनपुट के रूप में किया गया था। इन अनुमानित मूल्यों की तुलना निरपेक्ष भौतिक डेटा के आधार पर मापी गई एट-सेंसर वर्णक्रमीय परावर्तन से की गई थी,

समीकरण का उपयोग करके अंशांकन पूर्वाग्रहों की गणना की गई।

$$\text{सापेक्ष त्रुटि (\%)} = ((\text{आर6एस} - \text{आरसैट}) / \text{आर6एस}) * 100$$

रिसोर्ससैट 2 और रिसोर्ससैट 2 6एस उपग्रह से मापा गया टी.ओ.ए. परावर्तन है

नीचे दी गई तालिका प्रोटो प्रयोगों में अंशांकित सेंसरों के विवरण प्रदान करती है-

तालिका 1. प्रोटो प्रयोगों में अंशांकित सेंसरों के विवरण

सेंसर	छवि केंद्र अधिग्रहण का समय (यू.टी.सी.)	सूर्य दिगंश कोण ( डिग्री)	सन जेनिथ कोण ( डिग्री)	दिगंश दृष्टि कोण ( डिग्री)	जेनिथ दृष्टि कोण ( डिग्री)
रिसोर्ससैट 2ए – ए.डब्ल्यू.आइ.एफ.एस.	5:25:02	148.22	33.89	103.03	10.72
लैंडसैट8 ओ.एल.आइ.	5:10:31	144.46	36.01	120.74	2.38
एस 2 बी- एम.एस.आइ.	5:19:29	153.29	33.08	290.39	10.91
रिसोर्ससैट 2 – ए.डब्ल्यू.आइ.एफ.एस.	5:19:05	150.19	39.99	101.47	17.83

## 5. निष्कर्ष

यह प्रतिवेदन तेलंगाना में दो नदी रेत परीक्षण क्षेत्रों, मुंचिनताला और मंदारना के लक्षण वर्णन को सारांशित करता है, जिसमें लैंडसैट-8, मोडिस उत्पादों और जमीनी माप का उपयोग किया जाता है। दो समरूप क्षेत्रों की पहचान की गई है और प्रत्येक क्षेत्र पर एक, स्थानिक एकरूपता और 5% (प्रतिशत) के भीतर अस्थायी स्थिरता है। हालांकि, प्रयोग के दिनों में प्राप्त उपग्रह आंकड़ों में केवल अधिकतम 3.6 % स्थानिक भिन्नता देखी गई। मुंचिनताल क्षेत्र में थोड़ा अधिक परावर्तन, बेहतर अस्थायी स्थिरता (ज्यादातर 3% से कम), ए ई <1.2 के साथ कम ए.ओ.डी. कम शहरी प्रदूषकों का संकेत मिलता है। इसलिए, अंशांकन प्रयोग करने के लिए मुंचिनताला क्षेत्र अधिक अनुकूल है। फरवरी और जून महीने के बीच प्रयोग करने के लिए अनुकूल अवधि पाई गई।

## लेखक परिचय:



प्रथम लेखक: शांतिश्री बसाव राजू, वैज्ञानिक/अभियंता: एस.जी. समूह प्रमुख: एस.डी.पी.ई.जी., डी.पी.ए., एन.आर.एस.सी. वर्तमान में कक्षीय चरण में गुणवत्ता मूल्यांकन और रिमोट सेंसिंग डेटा उत्पादों और डेटा के अंशांकन पहलुओं के सत्यापन के क्षेत्र में काम कर रही हैं। सी.ई.ओ.एस. के लिए इसरो सदस्य और विभिन्न रिमोट सेंसिंग उपग्रहों जैसे रिसोर्ससैट, कार्टोसैट, ओशनसैट और एस.ए.आर. मिशन, जैसे ई.ओ.एस4, एन.आइ.एस.ए.आर. आदि के उपग्रह डेटा गुणवत्ता विश्लेषण और छवि प्रसंस्करण क्षेत्र के लिए काम कर रही हैं। उन्हें डाटा प्रोसेसिंग और गुणवत्ता मूल्यांकन में 25 साल का अनुभव है।



पी.के.सरिता, वैज्ञानिक/अभियंता- एस.ई.: डेटा प्रोसेसिंग और डेटा कैलिब्रेशन में 13 साल का अनुभव है।



एन. राघवेंद्र, वैज्ञानिक/अभियंता-एस.एफ.: उन्हें डेटा प्रोसेसिंग और डेटा कैलिब्रेशन में 15 साल का अनुभव है।

## भारतीय सुदूर संवेदन उपग्रह डेटा के लिए संपीड़ित जेपीजी में मेघ डिटेक्शन और प्रतिशत अनुमान

गरिमा कुच्छल  
वैज्ञानिक/अभियंता 'एस ई'  
एड्विन

### सारांश

भारतीय सुदूर संवेदन उपग्रह, जैसे कार्टो-2 श्रृंखला के उपग्रह नियमित रूप से पैन्क्रोमेटिक और मल्टीस्पेक्ट्रल बैंड में उच्च विभेदन डेटा प्राप्त करते हैं। प्राप्त डेटा को रेडियोमेट्रिक और ज्यामितीय सुधार दोनों के लिए संसाधित किया जाता है। अधिग्रहीत डेटा के लिए ज्यामितीय सुधार एक स्वचालित प्रक्रिया में ज्ञात स्रोतों से ऑन-बोर्ड सिस्टम जानकारी और संदर्भ बिंदुओं का उपयोग करके किया जाता है। हालांकि, स्वचालित मिलान प्रक्रियाओं में विफलता के कारण कुछ प्रतिशत उत्पाद संदर्भ बिंदुओं का उपयोग करने में असमर्थ हैं। यदि दृश्य में मेघ है, बड़े जल निकाय हैं या उपयुक्त संदर्भ प्राप्त करने में कठिनाई है, तो स्वचालित मिलान प्रक्रिया अच्छा प्रदर्शन नहीं करती है। चूंकि आउटपुट उत्पाद संख्या में बड़े हैं और डेटा की मात्रा बहुत अधिक है, मेघ कवर का अनुमान लगाने के लिए स्वचालित प्रक्रियाओं की आवश्यकता होती है। इसलिए, जे.पी.ई.जी. संपीड़ित प्रारूप के लिए एल्गोरिदम विकसित किए गए थे। एक विस्तृत अध्ययन एल्गोरिथम के बाद हाइब्रिड ग्रिड आधारित अनुकूली थ्रेशोल्ड और ओटीएसयू थ्रेशोल्ड का उपयोग मेघ प्रतिशत अनुमान के लिए किया गया है।

### 1. परिचय

पिछले एक दशक में, ऑप्टिकल भू-प्रेक्षण सुदूर संवेदन के लिए उपग्रहों की संख्या में काफी वृद्धि हुई है, जिस कारण नाटकीय रूप से पृथ्वी की निगरानी करने की क्षमता में वृद्धि हुई है।

स्वचालित डेटा गुणवत्ता मूल्यांकन (DQE) प्रक्रियाएं संसाधित उत्पादों की ज्यामितीय सटीकता का आकलन करती हैं। डेटा गुणवत्ता मूल्यांकन (डीक्यूई) विश्लेषण के दौरान, यह देखा गया है कि संदर्भ बिंदुओं का उपयोग किए बिना काफी अच्छी संख्या में उत्पाद तैयार किए जाते हैं। यह स्वचालित मिलान प्रक्रियाओं की विफलता के कारणों का विश्लेषण और पता लगाने के लिए प्रथागत है। हालांकि, अभी भी ऑनबोर्ड सिस्टम जानकारी का उपयोग करके सुधार किया गया है। जिन उत्पादों को ऑनबोर्ड सिस्टम जानकारी का उपयोग करके ठीक किया जाता है उन्हें सिस्टम स्तर के उत्पाद कहा जाता है। सिस्टम स्तर के उत्पादों का विश्लेषण करते समय, यह पाया गया है कि कई प्रतिबिम्ब अनिवार्य रूप से बादलों से ढकी हुई हैं। पृथ्वी की सतह के सुदूर संवेदन का संचालन करते समय मेघ अक्सर एक महत्वपूर्ण समस्या होते हैं क्योंकि वे स्थानीय रूप से सतह की विशेषताओं को अस्पष्ट कर सकते हैं और परावर्तन को बदल सकते हैं। बादलों की उपस्थिति और उनका चमकीला प्रभाव भू प्रेक्षण उपग्रहों से ऑप्टिकल डोमेन में डेटा के उपयोग को जटिल बनाता है। सिस्टम स्तर के उत्पादों के विश्लेषण के लिए उनका पता लगाना, डीक्यूई मूल्यांकन के लिए एक महत्वपूर्ण कदम है। ऐसा करने के लिए, सिस्टम स्तर के उत्पादों को दो व्यापक श्रेणियों में विभाजित किया जाता है अर्थात् मेघ वाले और बिना मेघ वाले उत्पाद। उत्पादों को वर्गीकृत करने के लिए मेघ अनुमान आवश्यक है। बादलों के बिना उत्पादों को आगे जल निकायों, रेगिस्तान, पहाड़ी इलाकों और समरूप इलाके में वर्गीकृत किया गया है।

यहां प्रस्तुत मामले में मेघ डिटेक्शन को स्वचालित करना विशेष रूप से महत्वपूर्ण है क्योंकि सैकड़ों या हजारों प्रतिबिम्बों के विश्लेषण की आवश्यकता होती है। बादलों के प्रतिशत का अनुमान लगाने से पहले बादलों के प्रकारों को समझना जरूरी है। यहाँ बादलों के विभिन्न रूप हैं जैसे घने मेघ जिन्हें आल्टोक्यूम्युलस मेघ भी कहा जाता है, पतले मेघ जिन्हें सिरोक्यूम्युलस मेघ भी कहा जाता है, बिखरे हुए मेघ जिन्हें स्ट्रेटस मेघ के रूप में जाना जाता है, बर्फ के शीर्ष पर मेघ, मेघ पैच, धुंधले मेघ आदि। आम तौर पर, घने अपारदर्शी बादलों की पहचान करना अपेक्षाकृत आसान होता है क्योंकि वे दृश्य बैंडों में अपने उच्च परावर्तन के कारण होते हैं लेकिन पतले अर्धपारदर्शी बादलों की पहचान करना मुश्किल होता है क्योंकि उनमें मेघ और नीचे की सतह दोनों शामिल होते हैं। थ्रेशहोल्ड-आधारित विधियों को सभी प्रतिबिम्बों के लिए अद्वितीय नहीं बनाया जा सकता क्योंकि ग्रे स्तर/पिक्सेल तीव्रता विभिन्न प्रतिबिम्बों के साथ भिन्न होती है। इसलिए, एक हाइब्रिड विधि, ग्रीड आधारित अनुकूली थ्रेशहोल्ड तंत्र हमें मेघ अनुमान के लिए एक बेहतर दृष्टिकोण प्रदान करता है।

उच्च विभेदन वाले सुदूर संवेदन डेटा पर मेघ अनुमान में बड़े डेटा वॉल्यूम के कारण बहुत समय लग सकता है; इसलिए यहां मेघ आकलन के लिए अपनाई गई विधि पैन और एमएक्स दोनों के लिए उच्च विभेदन कार्टोसैट-2 एस डेटा के संकुचित जे.पी.ई.जी. प्रारूप के लिये कार्यावित होती है। मेघ मुक्त प्रतिबिम्ब के मामले में सिस्टम स्तर उत्पाद निर्माण के सत्यापन के लिए आगे के विश्लेषण के लिए मेघ प्रतिशत का उपयोग किया जाता है। यदि आवश्यक हो, तो डेटा प्रसंस्करण टीम को और सुधार के लिए फीडबैक प्रदान किया जाता है। यह पेपर एक प्रतिबिम्ब में बादलों का अनुमान लगाने और सारणीबद्ध रूप में परिणामों का प्रतिनिधित्व करने की विधि प्रस्तुत करता है। इस पद्धति के परिणाम, परिणाम अनुभाग में प्रस्तुत किए गए हैं।

## 2. सिस्टम स्तर के डेटा उत्पाद और डेटा तैयार करने में चुनौतियाँ

### 2.1. सिस्टम स्तर के उत्पाद

सिस्टम स्तर के उत्पादों को समझने के लिए, पहले ज्यामितीय सुधारों को परिभाषित करना आवश्यक है। सुदूर संवेदन प्रतिबिम्ब प्रसंस्करण और अनुप्रयोग के लिए ज्यामितीय सुधार एक अभिन्न कदम है। ज्यामितीय सुधारों में पृथ्वी की वक्रता में भिन्नता के कारण ज्यामितीय विकृतियों को ठीक किया जाता है। यह विकृति संवेदक की ऊंचाई और कैमरे की गति के कारण होती है। संवेदक के देखने के क्षेत्र को कैप्चर करते समय और पृथ्वी के वायुमंडलीय अपवर्तन राहत विस्थापन की वक्रता, गैर-रैखिकता विकृतियों का प्रमुख कारण है। संवेदक के अंशांकन डेटा, स्थिति और ऊंचाई के मापा डेटा और जमीनी नियंत्रण बिंदुओं और उपयुक्त गणितीय मॉडल का उपयोग करके प्रतिबिम्ब निर्देशांक प्रणाली और ज्यामितीय समन्वय प्रणाली के बीच संबंध स्थापित करके सुधार किए जाते हैं। वितरित ग्राउंड कंट्रोल पॉइंट्स के उपयोग से प्रतिबिम्बरी को वास्तविक दुनिया के भौगोलिक निर्देशांक में बदल दिया जाता है। भू-संदर्भन प्रतिबिम्ब निर्देशांक को जमीनी निर्देशांक से संदर्भित करके किया जाता है। मेघ या जल निकायों जैसे कारकों के कारण कुछ उपग्रह प्रतिबिम्ब उत्पाद संदर्भ बिंदुओं का उपयोग किए बिना उत्पन्न होते हैं क्योंकि स्वचालित मिलान विफल हो जाता है। हालाँकि, अभी भी ऑनबोर्ड सिस्टम जानकारी का उपयोग करके सुधार किया गया है। जिन उत्पादों को ऑनबोर्ड सिस्टम जानकारी का उपयोग करके ठीक किया जाता है उन्हें सिस्टम स्तर के उत्पाद कहा जाता है।

### 2.2. डेटा तैयारी

डेटा तैयार करना विधि के परीक्षण के लिए डेटा एकत्र करने, संयोजन करने, संरचित करने और व्यवस्थित करने की एक प्रक्रिया है। मेघ अनुमान के लिए, बेंचमार्क डेटासेट विभिन्न आकारों, इलाकों, सामग्री और संवेदक से तैयार किए जाते हैं। प्रस्तावित एल्गोरिथम पैनक्रोमेटिक प्रतिबिम्ब और मल्टीस्पेक्ट्रल प्रतिबिम्ब दोनों के लिए

समान रूप से अच्छा काम करता है। इस प्रकार, पैन और एमएक्स दोनों के लिए डेटासेट एकत्र किए गये हैं। यहां डेटा सेट की तैयारी में विभिन्न मापदंडों के उत्पादों को इकट्ठा करना शामिल है:

ए) मेघ के साथ और बिना उत्पाद

बी) बादलों के बिना उत्पाद को जल निकायों, रेगिस्तान, पहाड़ी इलाकों और शहरी में वर्गीकरण

ग) विभिन्न प्रकार के बादलों वाले उत्पाद जैसे पतले मेघ (सिरोक्यूम्यलस), घने मेघ (ऑल्टोक्यूम्यलस), बर्फ के साथ बिखरे मेघ (स्ट्रेट्स), मेघ पैच आदि। चित्र 1 विभिन्न उपग्रहों के साथ प्राप्त विभिन्न प्रकार के बादलों को दर्शाता है।

### 2.2.1. इनपुट बेंचमार्क डेटासेट

चित्र 1 प्रस्तावित कार्यप्रणाली के परीक्षण, विश्लेषण और शोधन के लिए उपयोग किए जाने वाले विभिन्न इनपुट डेटासेट का दृश्य दिखाता है। प्रथम पंक्ति घने बादलों के साथ पैन संवेदक डेटासेट दिखाती है, दूसरी पंक्ति में पतले/ बिखरे बादलों के साथ पैन संवेदक डेटासेट होते हैं। तीसरी पंक्ति में पैन संवेदक से घने मेघ शामिल हैं। चौथी पंक्ति घने बादलों के साथ एमएक्स संवेदक से प्राप्त डेटासेट दिखाती है। पांचवीं पंक्ति बर्फ और बिखरे बादलों के साथ एमएक्स संवेदक से प्राप्त डेटासेट दिखाती है।

### 2.2.2. इनपुट डेटा प्रकार: जे.पी.ई.जी.

डिजिटल प्रतिबिम्बों के लिए हानिपूर्ण संपीड़न का आमतौर पर इस्तेमाल किया जाने वाला तरीका है। वर्तमान मामले में JPEG संपीड़न अनुपात इनपुट डेटा आकार के अनुसार प्रतिबिम्ब गुणवत्ता में प्रत्यक्ष हानि के साथ 10:1 से 30:1 तक भिन्न होता है।

### 2.3. एल्गोरिदम और इसकी सीमाएं

मेघ डिटेक्शन के लिए क्लासिकल मेघ डिटेक्शन एल्गोरिदम की अपनी ज्ञात सीमाएं हैं। आउटपुट, इनपुट के साथ-साथ पता लगाने के लिए उपयोग किए जाने वाले एल्गोरिदम के आधार पर प्रतिबिम्ब से प्रतिबिम्ब में भिन्न होता है। परिणाम विश्लेषण के आधार पर, यह निहित है कि मेघ डिटेक्शन किसी एक विधि या एल्गोरिथम द्वारा नहीं किया जा सकता है, इसलिए एक संकर पद्धति को अपनाने की आवश्यकता है।

### 3. प्रस्तावित कार्यप्रणाली और दृष्टिकोण

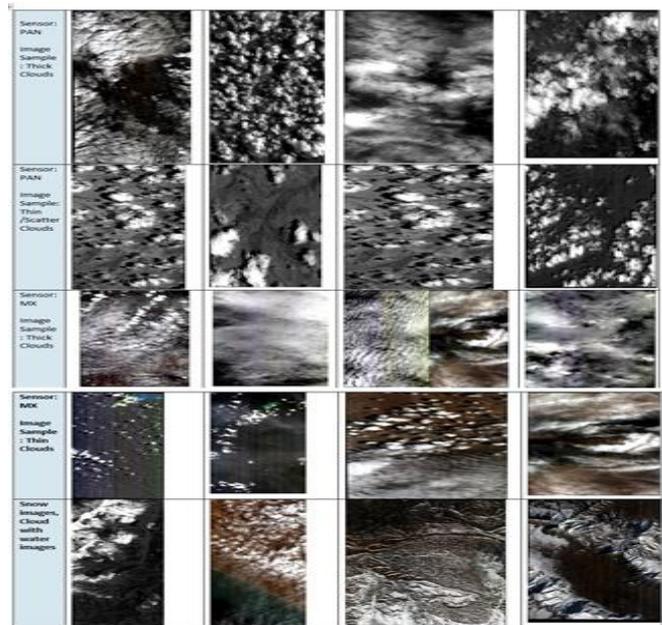
थ्रेशोल्ड आधारित मेघ डिटेक्शन विधि की सीमा को दूर करने के लिए हाइब्रिड विधि का उपयोग करती है। यह ग्रिड आधारित गणना, अनुकूली थ्रेशोल्ड आधारित शास्त्रीय एल्गोरिथम और प्रतिबिम्ब सांख्यिकी आधारित विभाजन का समामेलन है। यह प्रतिबिम्ब को कई तार्किक वर्ग ग्रिड में विभाजित करता है। प्रतिबिम्ब को तार्किक वर्ग प्रतिबिम्ब ग्रिड में विभाजित करने से व्यक्तिपरक क्षेत्र का सही प्रतिनिधित्व करने में मदद मिलती है। प्रत्येक प्रतिबिम्ब ग्रिड के लिए, प्रतिबिम्ब के गैर-मेघ क्षेत्रों और उज्ज्वल मेघ क्षेत्रों को विभाजित करने के लिए, आगे हिस्टोग्राम और संचयी हिस्टोग्राम आंकड़े उत्पन्न होते हैं।

प्रस्तावित विधि कई मेघ क्षेत्रों का पता लगाती है और इसके समग्र मेघ प्रतिशत/कवरेज का अनुमान लगाती है। यह प्रतिबिम्बों को विभाजित करके और प्रतिबिम्बों के आधार पर एक से अधिक थ्रेशोल्ड एल्गोरिदम को लागू करके हिस्टोग्राम सांख्यिकी और जमीनी वस्तुओं के लिए मापदंडों का उपयोग करके उपग्रह प्रतिबिम्बों में बादलों को अलग करता है। इस पेपर में प्रस्तावित हाइब्रिड दृष्टिकोण में उपयोग किए जाने वाले पैरामीटर इस प्रकार हैं:

- ग्रिड आकार  $N \times N$
- अनुकूली सीमा ग्रिड आकार
- निचली सीमा/थ्रेशहोल्ड (LT)
- ऊपरी सीमा/थ्रेशहोल्ड (UT)
- सिग्मा सीमा/थ्रेशहोल्ड ( $\sigma_T$ )
- पूर्वाग्रह/बायस

### 3.1. प्रतिबिम्ब आधारित ग्रिड जनरेशन

इनपुट प्रतिबिम्ब को  $N \times N$  तार्किक प्रतिबिम्ब ग्रिड या खंडों में विभाजित किया गया है। प्रतिबिम्ब का मल्टीग्रिड गठन हिस्टोग्राम आंकड़ों के अनुकूलन में मदद करता है। प्रतिबिम्ब के दिए गए स्थानिक विभेदन के लिए ग्रिड का आकार  $N \times N$  निर्धारित किया जाता है।



चित्र 1: विभिन्न प्रकार के मेघ चित्र

### 3.2. एक प्रतिबिम्ब को डी-नायज़ करना

डी-नायज़ करना आवश्यक प्रक्रिया है, जो कि धुंधली प्रतिबिम्बों में से किसी एक विधि के साथ किया जा सकता है। यहां Gaussian Blur का उपयोग थ्रेशोल्डिंग करने से पहले प्रतिबिम्बों को नायज़ से मुक्त करने के लिए किया जाता है।

### 3.3. सीमा/थ्रेशोल्डिंग

थ्रेशोल्डिंग एक प्रकार का प्रतिबिम्ब विभाजन है, जहां हम प्रतिबिम्ब के पिक्सेल को बदलते हैं ताकि प्रतिबिम्ब का विश्लेषण करना आसान हो सके। थ्रेशोल्डिंग में, हम एक प्रतिबिम्ब को रंग या ग्रेस्केल से एक बाइनरी प्रतिबिम्ब में परिवर्तित करते हैं, अर्थात्, वह जो केवल काले और सफेद होती है। विश्लेषण के लिए तीन प्रकार की सीमा पर विचार किया जाता है:

- सरल या वैश्विक थ्रेशोल्डिंग, थ्रेशोल्ड मान वैश्विक है, अर्थात् यह प्रतिबिम्ब के सभी पिक्सेल के लिए समान है।
- अनुकूली थ्रेशोल्डिंग वह विधि है जहां छोटे क्षेत्रों के लिए थ्रेशोल्ड मान की गणना की जाती है और इसलिए, विभिन्न क्षेत्रों के लिए अलग-अलग थ्रेशोल्ड मान होंगे।
- ओ.टी.एस.यू. थ्रेशोल्ड जो थ्रेशोल्डिंग के बाद दो वर्गों के प्रसरणों पर आधारित है।

#### 3.3.1. सरल थ्रेशोल्डिंग

मेघ डिटेक्शन के लिए सरल या वैश्विक थ्रेशोल्डिंग सबसे प्राथमिक विधि है। प्रतिबिम्ब हिस्टोग्राम द्वारा मेघ के ग्रे मानों की पहचान की जाती है। इसके अलावा प्रतिबिम्ब को हिस्टोग्राम का उपयोग करके पहचाने गए थ्रेशोल्ड के आधार पर द्विभाजित किया जाता है। इसलिए, मेघ और नॉन-मेघ के बीच एक उपयुक्त थ्रेशोल्ड खोजने से मेघ डिटेक्शन का कार्य पूरा हो जाता है। वर्तमान में, थ्रेशोल्डिंग आधारित विधियां सुदूर संवेदन क्षेत्रों में अधिक उपयोगी नहीं हैं। यह प्रतिबिम्ब से प्रतिबिम्ब में हिस्टोग्राम के उच्च स्तर की भिन्नता के कारण है।

### 3.3.2. अनुकूली थ्रेशोल्डिंग

व्यावहारिक परिदृश्य में, सरल थ्रेशोल्डिंग विधि में प्रतिबिम्ब तीव्रता पर निर्भरता की सीमा होती है, जिसमें अक्सर परीक्षण और त्रुटि शामिल होती है। इसे दूर करने के लिए, ग्रिड आधारित अनुकूली थ्रेशोल्डिंग विधि अपनाई जाती है। यह एक अच्छी थ्रेशोल्ड के लिए एक मात्रात्मक, गणितीय परिभाषा का उपयोग करता है जो हमें थ्रेशोल्ड के मूल्य को स्वचालित रूप से निर्धारित करने की अनुमति देता है। अनुकूली थ्रेशोल्ड फ़ंक्शन का ग्रिड आकार चयनित प्रतिबिम्ब ग्रिड से छोटा होना चाहिए। यह ध्यान देने योग्य है कि सरल और स्वचालित थ्रेशोल्डिंग के सिद्धांत का उपयोग किसी भी पिक्सेल रेंज वाली प्रतिबिम्बों के लिए भी किया जा सकता है [0.0, 1.0], [0,255]। उदाहरण के लिए, प्रस्तुत परीक्षण डेटा सेट में हम [0,255] रेंज में पिक्सेल तीव्रता मूल्यों पर थ्रेशोल्डिंग करते हैं।

### 3.3.3. ओ.टी.एस.यू. थ्रेशोल्डिंग

ओटीएसयू की विधि, एक इष्टतम थ्रेशोल्डिंग तकनीक का उपयोग दिए गए ग्रिड के लिए इष्टतम सीमा को खोजने के लिए किया जाता है। इष्टतम थ्रेशोल्डिंग में, एक मानदंड फ़ंक्शन तैयार किया जाता है जो क्षेत्रों के बीच अलगाव के कुछ माप उत्पन्न करता है। प्रत्येक तीव्रता के लिए एक मानदंड फ़ंक्शन की गणना की जाती है और जो इस फ़ंक्शन को अधिकतम करता है उसे थ्रेशोल्ड के रूप में चुना जाता है। ओ.टी.एस.यू. की थ्रेशोल्डिंग थ्रेशोल्ड ब्लैक एंड व्हाइट पिक्सेल के इंटर क्लास विचरण को कम करने के लिए थ्रेशोल्ड चुनती है।

### 3.4. प्रतिबिम्ब सांख्यिकी आधारित विभाजन

मेघ डिटेक्शन एल्गोरिथम की समग्र सटीकता में सुधार करने के लिए, प्राथमिक प्रतिबिम्ब रेडियोमेट्रिक विशेषताओं के ज्ञान के आधार पर प्रतिबिम्ब विभाजन को लागू किया जाता है।

#### 3.4.1. निचली सीमा/थ्रेशोल्ड

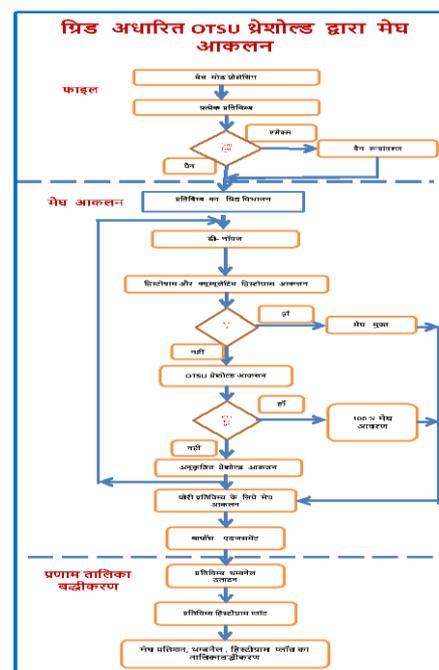
संचयी हिस्टोग्राम का विश्लेषण करते समय, यह पाया जाता है कि यदि प्रतिबिम्ब ग्रिड की  $3\sigma$  संख्या LT DN मान से नीचे आती है, तो यह मेघ मुक्त प्रतिबिम्ब ग्रिड है।

#### 3.4.2. $\sigma$ नियंत्रित ऑपरेटर के साथ उच्च श्रेणी

घने बादलों के साथ प्रतिबिम्ब ग्रिड, उच्च हिस्टोग्राम माध्य ( $\mu$ ) और कम सिग्मा ( $\sigma$ ) होते हैं। इन आंकड़ों का उपयोग करते हुए, हिस्टोग्राम के प्रसार का उपयोग बादलों या उज्वल विशेषता की संभावना का पता लगाने के लिए किया जाता है। यदि सिग्मा बहुत संकीर्ण है, (यहाँ यह  $\tau$  गिनती है), और माध्य  $\mu_T$  से ऊपर है, तो यह पाया जाता है कि वे घने मेघ हैं, लेकिन साथ ही यदि हिस्टोग्राम माध्य उच्च सिग्मा (व्यापक प्रसार) के साथ उच्च है, तो यह उज्वल विशेषता के साथ प्रतिबिम्ब है।

#### 3.4.3. पूर्वाग्रह समायोजन

एकाधिक डेटासेट विश्लेषण के आधार पर, दृश्य मेघ अनुमान और प्रस्तावित पद्धति आधारित अनुमान के बीच कुछ पूर्वाग्रह त्रुटि पाई गई थी। इन असत्य अलार्म को कम करने के लिए पूर्वाग्रह समायोजन किया जाता है जो बदले में एल्गोरिथम की समग्र



चित्र 2: क्लाउड डिटेक्शन मेथड का फ्लो चार्ट

सटीकता में सुधार करता है।

#### 4. विधि का कार्यान्वयन

किसी भी एल्गोरिदम को लागू करने के लिए एक मंच की आवश्यकता होती है। इस पद्धति को पायथन का उपयोग करके लागू किया गया है क्योंकि यह लचीलेपन और विश्वसनीयता के कारण तकनीक उद्योग में सबसे तेजी से बढ़ती प्रोग्रामिंग भाषा है, जो डेवलपर्स को नए प्रयोगों और प्रतिबिम्ब प्रसंस्करण के लिए व्यापक रूप से उपयोग की जाने वाली प्रोग्रामिंग भाषाओं को आजमाने के लिए पर्याप्त समय प्रदान करती है।

##### 4.1. प्रवाह चार्ट

#### चित्र 2 कार्यान्वित एल्गोरिथम का फ़्लोचार्ट प्रदर्शित करता है।

- Step 1. इनपुट जे.पी.ई.जी. के साथ फ़ोल्डर पथ/स्थान है जिसके लिए मेघ अनुमान लगाया जाना है। प्रतिबिम्बों की संख्या में कोई सीमा नहीं। 22000 से अधिक प्रतिबिम्बों के लिए बैच मोड प्रसंस्करण निष्पादित किया गया है।
- Step 2. प्रत्येक प्रतिबिम्ब फ़ाइल क्रमिक रूप से पढ़ी जाती है।
- Step 3. मॉड्यूल पैन या एमएक्स प्रतिबिम्ब की जांच करता है।
- Step 4. एमएक्स के मामले में, यह एमएक्स बैंड के औसत का उपयोग करके एमएक्स को पैन प्रतिबिम्ब में परिवर्तित करता है।
- Step 5. प्रत्येक पैन प्रतिबिम्ब के लिए, प्रोग्राम वस्तुतः एनएक्सएन पिक्सल के ग्रिड आकार की ग्रिड प्रतिबिम्बियां (बिना ओवरलैप के चलती विंडो) उत्पन्न करता है।
- Step 6. प्रत्येक प्रतिबिम्ब ग्रिड गाऊसी फ़ंक्शन के साथ धुंधली होती है।
- Step 7. ब्लर फ़ंक्शन के बाद, ग्रिड प्रतिबिम्ब के लिए हिस्टोग्राम और संचयी हिस्टोग्राम की गणना की जाती है।
- Step 8. यदि पिक्सेल की  $3\sigma$  जनसंख्या LT ग्रे काउंट से कम हो जाती है, तो उस प्रतिबिम्ब को मेघ फ्री या 0% मेघ के रूप में अलग कर दिया जाता है।
- Step 9. यदि उपरोक्त स्थिति गलत है, तो ग्रिड प्रतिबिम्ब के लिए ओ.टी.एस.यू. थ्रेशोल्ड का अनुमान लगाया जाता है।
- Step 10. यदि थ्रेशोल्ड UT ग्रे काउंट से अधिक है और हिस्टोग्राम का सिग्मा  $\sigma_T$  पिक्सेल से कम है, तो ग्रिड को 100% मेघ पिक्सेल के रूप में वर्गीकृत किया जाता है।
- Step 11. इन स्थितियों के अलावा प्रतिबिम्ब अनुकूली सीमा आधारित विभाजन के लिए जाती है। अनुकूली सीमा आगे ब्लॉक आधारित स्थानीय साधनों पर चलती है।
- Step 12. थ्रेशोल्ड के आधार पर मेघ पिक्सेल प्रत्येक ग्रिड के लिए खंडित होते हैं
- Step 13. एक बार सभी ग्रिडों के लिए मेघ अनुमान पूरा हो जाने पर, सभी मेघ पिक्सेल के संचयी योग की गणना की जाती है।
- Step 14. पूरी प्रतिबिम्ब के लिए मेघ प्रतिशत अनुमानित है
- Step 15. इनपुट प्रतिबिम्ब थंबनेल jpg उत्पन्न होता है
- Step 16. इनपुट प्रतिबिम्ब हिस्टोग्राम प्लॉट किया गया है

Step 17. इनपुट फ़ाइल का नाम, उसका थंबनेल jpg, उसका हिस्टोग्राम और अनुमानित मेघ प्रतिशत आगे के विश्लेषण के लिए सारणीबद्ध हैं

#### 4.2. बैच मोड प्रसंस्करण

प्रोग्राम पूरे फ़ोल्डर को इनपुट के रूप में स्वीकार करता है और फ़ोल्डर में मौजूद प्रत्येक प्रतिबिम्ब के लिए मेघ परिणाम उत्पन्न करता है। उचित फ़ाइल स्वरूपों के लिए आवश्यक सत्यापन और जाँच को कार्यान्वयन में शामिल किया गया है। एल्गोरिथम को शुरू में एक समय में एक प्रतिबिम्ब के लिए परीक्षण किया जाता है और फिर उपयोगकर्ता के हस्तक्षेप के बिना कई प्रतिबिम्बों के मेघ अनुमान को सक्षम करने के लिए बैच मोड प्रसंस्करण की शुरुआत की जाती है।

#### 4.3. प्रतिबिम्ब ग्रिड आधारित प्रसंस्करण

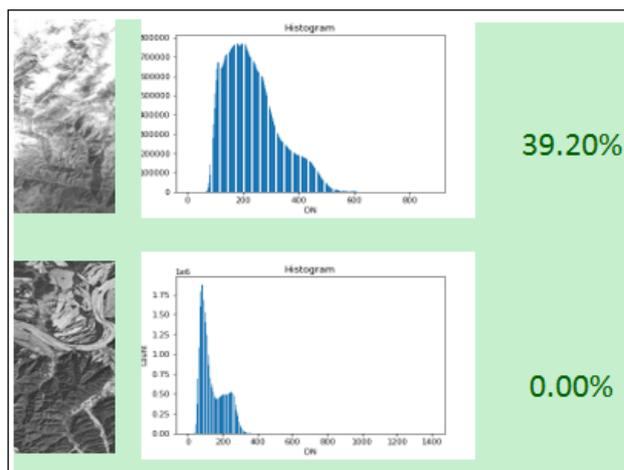
प्रत्येक प्रतिबिम्ब को NXN पिक्सेल के मूविंग विंडो ग्रिड में विभाजित किया गया है ताकि यह सुनिश्चित किया जा सके कि कोई पिक्सेल लेखांकन से नहीं बचा है। प्रत्येक ग्रिड के लिए मेघ पिक्सेल निर्धारित किए जाते हैं और बाद में मेघ प्रतिशत का अनुमान निम्न सूत्रों द्वारा लगाया जाता है:

$$\text{Cloud Percent} = \frac{\text{Total Number of Cloud Pixels}}{\text{Total Image Pixels}} \times 100$$

#### 4.4. परिणामों को उसके हिस्टोग्राम के साथ फ़ाइल में सारणीबद्ध करना

अंत में, प्रतिबिम्ब फ़ाइल का नाम, उसका थंबनेल jpg, उसका हिस्टोग्राम और अनुमानित मेघ प्रतिशत एक फ़ाइल में दर्ज किया जाता है। यह प्रस्तावित पद्धति की शुद्धता और सटीकता का विश्लेषण करने में मदद करता है।

चित्र 3: थंबनेल और हिस्टोग्राम के साथ एल्गोरिदम के आउटपुट परिणाम



#### 5. मूल्यांकन, परीक्षण मानदंड और परिणाम:

एल्गोरिदम की मजबूती, दक्षता और सटीकता का आकलन करने के लिए, मॉडल प्रतिबिम्बों के अधिक सेट पर कार्यावित किया गया है एल्गोरिदम की मजबूती का परीक्षण करने के लिए बेहतर दृश्य विश्लेषण के लिए संबंधित प्रतिबिम्ब के लिए थंबनेल और मेघ प्रतिशत के साथ मॉड्यूल द्वारा उत्पन्न परिणाम प्रोग्रामेटिक रूप से रिकॉर्ड किए जाते हैं। इन रिकॉर्ड्स को टीम द्वारा दृष्टिगत रूप से मान्य किया जाता है। प्रारंभ में परिणामों को सत्यापित करने के लिए एल्गोरिथम के परिणामों का मूल्यांकन सौ जे.पी.ई.जी. नमूनों पर किया गया था और एक बार विश्वास हासिल करने के बाद मूल्यांकन के लिए एल्गोरिथम को अठारह सौ जे.पी.ई.जी. नमूनों पर चलाया गया और आउटपुट नेत्रहीन सत्यापित और संतोषजनक पाए गए। जब सत्तर प्रतिशत की स्वीकार्य सटीकता के साथ कई उपग्रह ऑप्टिकल डेटा सेटों में परीक्षण किया जाता है तो मेघ डिटेक्शन मॉड्यूल परिणाम सटीकता और स्थिरता दिखाता है।

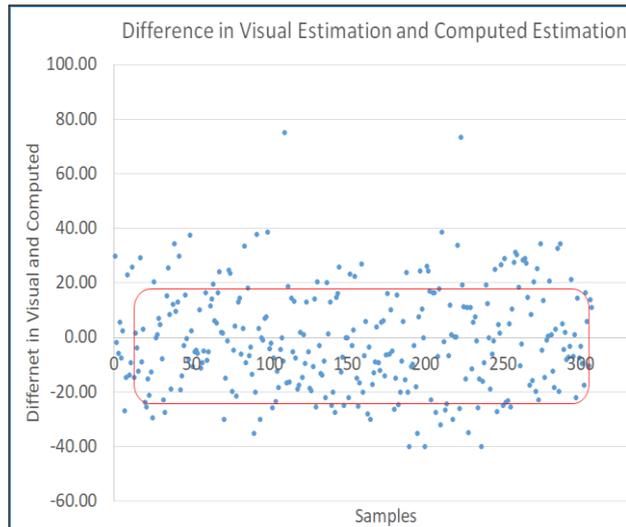
### 5.1. पैन संवेदक के लिए आउटपुट प्लॉट विश्लेषण

पैन प्रतिबिम्बों के लिए दृश्य व्याख्या और प्रस्तावित विधि से उत्पन्न मेघ प्रतिशत में अंतर दर्शाती है। परीक्षण डेटा के लगभग 300 नमूनों के विश्लेषण के बाद **0-20% की सीमा में आने वाले विजुअल और एल्गोरिथम गणना मूल्यों के बीच का अंतर यानी कुल सही मामले 72.45% हैं।**

तालिका 1: पैन प्रतिबिम्बों के लिए सटीकता तालिका

पैन प्रतिबिम्बों के लिए मेघ प्रतिशत में अंतर (%)	परीक्षण प्रतिबिम्बों का प्रतिशत (%)
0	9.17
1-5	34.86
5-10	7.33
10-15	11.00
15-20	10.09
<b>कुल सही मामले</b>	<b>72.45%</b>

चित्र 4 में 300 नमूना प्रतिबिम्बों के लिए गणना किए गए दृश्य और एल्गोरिथम का मेघ प्रतिशत दिखाया गया है। यह स्पष्ट रूप से दर्शाता है कि लगभग 70% एल्गोरिथम गणना किए गए मान अनुमानित मानों से मेल खाते हैं।



चित्र 5: पैन प्रतिबिम्बों के लिए प्रस्तावित विधि बनाम दृश्य व्याख्या द्वारा गणना किए गए मूल्यों में अंतर

चित्र 5 दृश्य और विधि के दृष्टिकोण से मेघ प्रतिशत के संदर्भ में मूल्यों में अंतर को दर्शाता है। यह स्पष्ट रूप से दर्शाता है कि अधिकतम मान 0- 20% अंतर सीमा की सीमा में गिर रहे हैं।

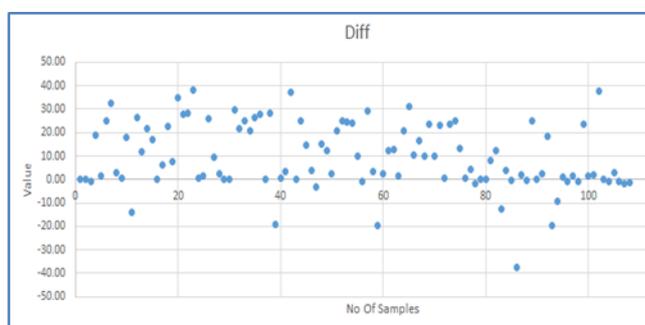
### 5.2. एमएक्स संवेदक के लिए आउटपुट प्लॉट विश्लेषण

एमएक्स प्रतिबिम्बों के लिए दृश्य व्याख्या और प्रस्तावित विधि से उत्पन्न मेघ प्रतिशत में अंतर दर्शाती है। परीक्षण डेटा के लगभग 180 नमूनों के विश्लेषण के बाद 0-20% की सीमा में आने वाले दृश्य और प्रस्तावित विधि गणना मूल्यों के बीच का अंतर यानी **कुल सही मामले 70.47 प्रतिशत है।**

तालिका 2: एमएक्स प्रतिबिम्बों के लिए सटीकता तालिका

एमएक्स प्रतिबिम्बों के लिए मेघ प्रतिशत में अंतर (%)	परीक्षण प्रतिबिम्बों का प्रतिशत (%)
0	3.49
1-5	16.51
5-10	18.41
10-15	17.14
15-20	14.92
<b>कुल सही मामले</b>	<b>70.47%</b>

चित्र 6 में गणना की गई दृश्य और प्रस्तावित विधि के मेघ प्रतिशत को दर्शाया गया है जो स्पष्ट रूप से दर्शाता है कि प्रस्तावित विधि गणना मूल्यों का लगभग 70% नेत्रहीन गणना मूल्यों से मेल खा रहा है।



चित्र 7: एमएक्स प्रतिबिम्बों के लिए प्रस्तावित विधि बनाम दृश्य द्वारा गणना किए गए मानों में अंतर

चित्र 7 मेघ प्रतिशत के संदर्भ में मूल्यों में अंतर को दर्शाता है जिसकी गणना दृश्य और प्रस्तावित विधि गणना मेघ प्रतिशत मानों दोनों

के संबंध में की गई है। यह स्पष्ट रूप से दर्शाता है कि अधिकतम मान 0- 20% अंतर सीमा की सीमा में गिर रहे हैं।

विजुअल मेघ डिटेक्शन उपयोगकर्ता की विशेषज्ञता के अधीन है। ऐसे में मानवीय भूल की संभावना भी इसके लिए जिम्मेदार है। उदाहरण के लिए, जैसा कि तालिका 2 से पता चलता है, 3.49% डेटा विजुअल डिटेक्शन से बिल्कुल मेल खाता है। 1 से 5% मेघ प्रतिशत डिटेक्शन अंतर 16.51% डेटा की विशेषता है।

## 6. निष्कर्ष

इस पेपर में क्लासिकल मेघ डिटेक्शन अप्रोच सेटेलाइट प्रतिबिम्बरी डेटा की सीमाओं पर चर्चा की गई है। कोई एकल दृष्टिकोण मेघ डिटेक्शन में वांछित सटीकता नहीं देता है। इसलिए, हाइब्रिड मॉडल का उपयोग करने का सुझाव दिया गया है जो वांछित सटीकता तक पहुंचने के लिए ग्रिड आधारित गणना, अनुकूली थ्रेशोल्ड आधारित शास्त्रीय एल्गोरिथ्म और प्रतिबिम्ब सांख्यिकी आधारित विभाजन का एक संयोजन। मेघ डिटेक्शन प्रक्रिया के टर्न अराउंड टाइम में सुधार करने के लिए, मल्टीथ्रेडिंग और सांख्यिकीय अनुकूलन किया जा सकता है क्रियान्वित किया।

## 7. आभार

लेखक, इस लेख के लिये श्री पी सुरेश कुमार, प्रभाग प्रधान, ओ आई पी डी एम डॉ आर. चंद्रकांत, समूह निदेशक के विशेषतः आभारी हैं जिनके दिशा निर्देशन के बिना इस लेख को सम्पूर्ण होना असम्भव था. लेखक श्री राकेश शुक्ल, श्री एन एम बालन के भी आभारी हैं जिनके प्रोत्साहन से यह कार्य पूर्ण हो सका. लेखक श्रीमति

अर्चना महापात्रा, प्रभाग प्रधान,क्यू ए डी के भी आभारी हैं जिनके प्रोत्साहन से यह कार्य पूर्ण हो सका. लेखक डॉ. पी वी राधादेवी, निदेशक, एड्रिन के भी आभारी हैं जिनके सहयोग से यह लेख सम्भव हुआ.

### 8. सन्दर्भ:

1. Cloud detection methodologies: variants and development—a review Seema Mahajan1 · Bhavin Fataniya1 December 2019
2. Arun SH, Sharma SK, Chaurasia S, Vaishnav R, Kumar R (2017) Fog/low clouds detection over the Delhi Earth Station using the Ceilometer and the INSAT-3D/3DR satellite data. *Int J Remote Sens* 39:4130–4144
3. Li H, Zheng H, Han C, Wang H, Miao M (2013) Onboard spectral and spatial cloud detection for hyperspectral remote sensing images. *MDPI Sens* 10:152
4. Dybbroe A, Karlsson K-G, Thoss A (2005) NWCSAF AVHRR Cloud detection and analysis using dynamic thresholds and radiative transfer modeling. Part I: algorithm description. *J Appl Meteorol* 44:39–54
5. Gao X, Hu X, Fang W, Yin D (2019) A cloud detection algorithm over land based on the polarized characteristics difference between cloudless and cloud targets. American Geophysical Union, Washington, DC
6. Jayadevan VT, Rodriguez JJ, Cronin AD (2019) A conditional random field model for context aware cloud detection in sky images. *IEEE Trans Geoscience Remote Sens.*
7. Wikipedia and Geeks for Geeks on literature study of openCV
8. Cloud and Cloud-Shadow Detection in SPOT5 HRG Imagery with Automated Morphological Feature Extraction, Adrian Fisher, *Remote Sens.* 2014, 6, 776-800; doi:10.3390/rs6010776
9. Thin cloud removal in optical remote sensing images based on generative adversarial networks and physical model of cloud distortion, Jun Lia, Zhaocong Wua, Zhongwen Hub,c, Jiaqi Zhangd, Mingliang Lia, Lu Moa and Matthieu Moliniere, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, August 2020 DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2020.06.021
10. Object-based cloud and cloud shadow detection in Landsat imagery, Zhe Zhu, Curtis E. Woodcock, *Remote Sensing of Environment* 118 (2012) 83–94 Elsevier.
11. Automatic cloud detection from multi-temporal satellite images: towards the use of pléiades time series, Nicolas Champion, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXIX-B3, 2012
12. Preprocessing Algorithm for High Resolution Satellite Imagery, Shrinivas Khandare and Urmila Shrawankar, *International Conference on Research in Intelligent Computing in Engineering (RICE-2016)* April 8-9, 2016
13. ओ.टी.एस.यू. , N., "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 9, No. 1, 1979, pp. 62-66.
14. Image Enhancement Techniques: A Comprehensive Review, Palwinder Singh, *IJCAT- International Journal of Computing and Technology*, Volume 3, Issue 4, April 2016 ISSN : 2348 – 6090

15. A Comprehensive Review of Image Image Enhancement Techniques, H. K. Sawant, Mahentra Deore, ISSN 2249-6343 International Journal of Computer Technology and Electronics Engineering (IJCTEE), Volume 1, Issue 2.
16. Beveridge, J. R., Griffith, J., Kohler, R. R., Hanson, A. R. and Riseman, E. M., 1989. Segmenting images using localized histograms and region merging. International Journal of Computer Vision, 2(3), pp.

**लेखक परिचय:**

गरिमा कुच्छल, वैज्ञानिक/इंजीनियर 'एस.ई.' 22 वर्षों से रिमोट सेंसिंग के क्षेत्र में काम कर रही हैं। उनकी रुचि का क्षेत्र डिजिटल इमेज प्रोसेसिंग है।

## निसार एस.-बैंड सार नीतभार का संयुक्त विधा परीक्षण एवं अभिलक्षण

राकेश कुमार, अनीश कुमार मिश्रा, दिक्षा शर्मा, चेतन कुमार बाबुभाई लाड,  
सुनीला मिश्रा, राकेश कुमार भान  
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (इसरो), अहमदाबाद

### सारांश

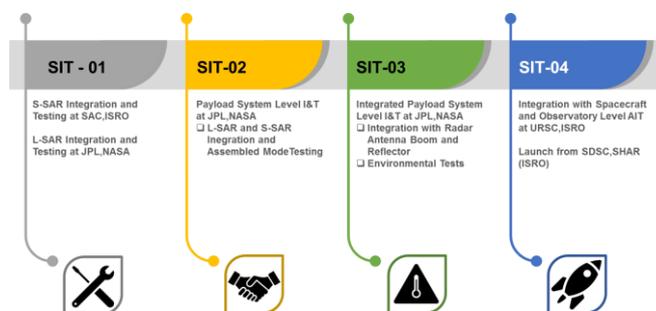
इसरो और जे.पी.एल. (नासा) संयुक्त रूप से एक अत्याधुनिक एल. एवं एस.- बैंड सार विकसित कर रहे हैं, जिसे जी.एस.एल.वी. के माध्यम से लॉन्च करने की योजना है। नासा-इसरो संश्लेषी द्वारक रडार (निसार) एक अद्वितीय प्रसर्प सार संकल्पना पर आधारित है, जो एक ही समय पर विस्तृत प्रमार्ज तथा सूक्ष्म स्थानिक विभेदन प्रदान करता है।[5] संयुक्त समझौते के अनुसार, इसरो की जिम्मेदारी एस.-बैंड सार, अंतरिक्ष यान बस, प्रमोचन वाहन विकसित करना और संबंधित प्रमोचन सेवाओं को प्रदान करना है, जबकि जे.पी.एल. की जिम्मेदारी में एल.-बैंड सार, 12 मीटर परावर्तक एंटेना, जी.पी.एस. अभिग्राही, सॉलिड स्टेट रिकॉर्डर (एस.एस.आर.), विज्ञान डाटा के लिए उच्च दर संचार उपतंत्र एवं नीतभार डाटा उपतंत्र का विकास शामिल है।

इस पत्र में, जे.पी.एल. (नासा) में निसार एस.- बैंड सार उपकरण का संयुक्त विधा परीक्षण और अभिलक्षण का वर्णन प्रस्तुत किया गया है। यह पत्र दोनों सार उपकरणों के सफल एकीकरण के लिए एल. एवं एस.- बैंड सार के बीच विभिन्न अन्तरापृष्ठ के परीक्षण और सत्यापन पर केंद्रित है। इसके बाद विस्तारक हार्नेस परीक्षण, सज्जित विधा परीक्षण, संयुक्त विधा विकिरण कार्यक्षमता और संगतता परीक्षण और एस.- बैंड सार परिप्रेक्ष्य में परिणामों पर चर्चा की गयी है।

कीवर्ड-एस.एस.आर., प्रसर्प सार, सार, जी.पी.एस., एंटेना, प्रमार्ज, विभेदन, पी.आर.एफ.।

### I. परिचय

निसार पहला अंतरिक्ष जनित सार अभियान है, जो 12 दिनों की पुनरावृत्ति के साथ सूक्ष्मतरंग क्षेत्र के एल.-बैंड और एस.-बैंड में पृथ्वी का प्रतिबिम्बन करने में सक्षम होगा। निसार एकीकरण और परीक्षण गतिविधियों को चार चरणों में वर्गीकृत किया गया है क्योंकि विभिन्न उप-प्रणालियों के विकास और एकीकरण में कई संस्थाएँ शामिल हैं। चार चरणों को (प्रणाली एकीकरण एवं परीक्षण) सिट -01, सिट -02, सिट -03 और सिट -04 नाम दिया गया है। चित्र 1

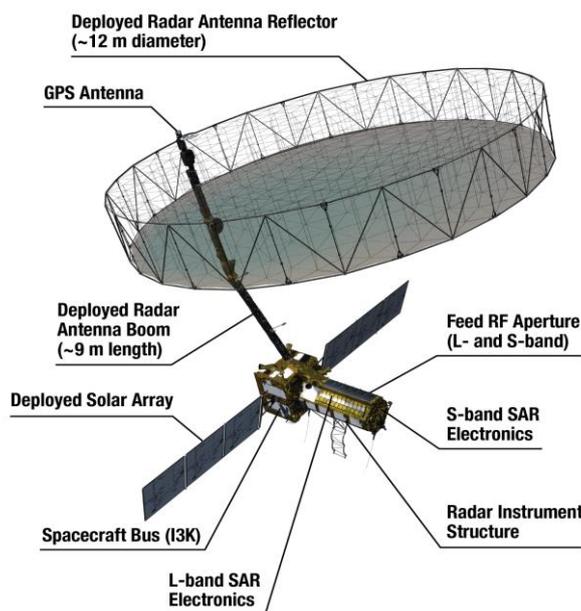


चित्र 1 निसार एकीकरण और परीक्षण चरण

संयुक्त समझौते के अनुसार, निसार का एस.- बैंड सार उपकरण सैक (इसरो) में विकसित किया गया। एस.- बैंड सार के सफल एकीकरण, परीक्षण और स्टैंडअलोन सत्यापन के बाद इसे नीतभार उड़ान मॉडल के लिए

निर्धारित मानक इसरो समीक्षाओं से गुजारा गया और एल.- बैंड सार उपकरण और अन्य उप-प्रणालियों के साथ आगे के एकीकरण और परीक्षण के लिए जे.पी.एल. (नासा) भेजने के लिए मंजूरी दे दी गई।

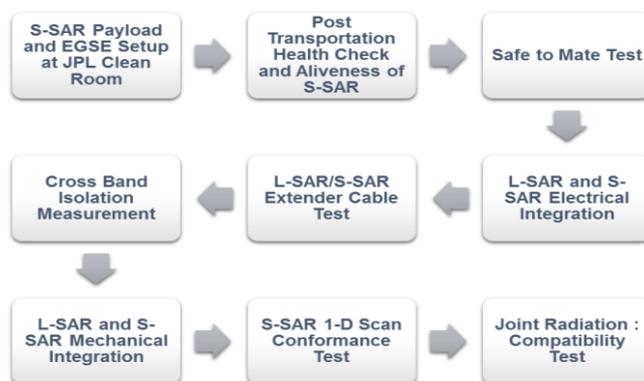
जे.पी.एल. (नासा) में एस.- बैंड सार नीतभार के आगमन के बाद, इसे गुणवत्ता निर्धारण टीम को निरीक्षण के लिए दिया गया। तत्पश्चात इसका स्वच्छ कक्ष में प्रवेश करने के लिए प्रमाणीकरण किया गया। परिवहन के बाद एस.- बैंड सार नीतभार की सही स्थिति सुनिश्चित करने के लिए इसका दृश्य निरीक्षण किया गया एवं पूर्व-प्रेषण परीक्षण का पुनः सत्यापन किया गया। संयुक्त विधा परीक्षण और अभिलक्षण विभिन्न योजनाबद्ध अनुक्रमों में वर्गीकृत किया गया है। सभी परीक्षणों के बाद उसके परिणामों की समीक्षा की गयी। आंतरिक समीक्षाएं परीक्षण उद्देश्य के सफल समापन का मूल्यांकन करने एवं उसके परिणाम के सफलता मानदंडों को सुनिश्चित करने के लिए आवश्यक हैं। खंड -II सिट -02 चरण में प्रत्येक परीक्षण के परीक्षण अनुक्रम आरेख और उद्देश्य के साथ-साथ सफलता मानदंडों का वर्णन करता है। खंड-III में परीक्षण विवरण, निष्पादन और परिणामों पर चर्चा की गई है। खंड IV प्रत्येक परीक्षण के लिए सफलता मानदंड के साथ परिणामों के अनुपालन पर केंद्रित है।



चित्र 2 प्रमुख घटकों के साथ परिनियोजित स्थिति में निसार का आरेख। स्रोत:[1]

## II. प्रणाली एकीकरण एवं परीक्षण (सिट) -02

### A. सिट-02 समुच्चय , एकीकरण एवं परीक्षण गतिविधियों का क्रम



चित्र 3 सिट -02 ए.आई.टी. गतिविधियों का अनुक्रम आरेख

सिट-02 गतिविधियाँ जे.पी.एल. (नासा) में निसार एस.-बैंड नीतभार के आगमन के साथ शुरू होती हैं। चित्र 3 दर्शाता है कि विभिन्न गतिविधियों को कालक्रमिक क्रम में कैसे नियोजित और क्रियान्वित किया गया है। सिट-02 एकीकरण और परीक्षण गतिविधियों के लक्ष्य इस प्रकार हैं:

- परिवहन के बाद एस.-बैंड सार नीतभार के स्वास्थ्य और कार्यक्षमता को सुनिश्चित करना,
- एल.- बैंड सार एवं एस.- बैंड सार के बीच सभी विद्युत और यांत्रिक अन्तरापृष्ठों का सत्यापन करना,
- अन्तरापृष्ठ सिग्नल देहली और संयुक्त विधा में कालन सत्यापन,
- एल.- बैंड सार एवं एस.- बैंड सार नीतभार का यांत्रिक एकीकरण करना,
- एस.- बैंड सार का विकिरण क्रमवीक्षण परीक्षण करना,
- संयुक्त विधा विकिरण में कार्यक्षमता और संगतता का सत्यापन करना।

### परीक्षण के उद्देश्य और सफलता मानदंड

परिभाषित परीक्षणों में से प्रत्येक के कुछ निश्चित उद्देश्य हैं और सफलता के मानदंडों को प्राप्त करके उनका सफल होना सुनिश्चित किया जाता है।

#### • एस.-सार के परिवहन के बाद के परीक्षण:

##### ➤ उद्देश्य:

- जे.पी.एल. (नासा) में पहुँचने के बाद एस.-सार नीतभार की कार्यक्षमता और प्रदर्शन मानकों को सत्यापित करने के लिए

##### ➤ सफलता का मापदंड:

- एस.-सार नीतभार के प्रदर्शन मापदंडों में परिवहन से पहले और बाद के परिणामों में कोई विसंगति नहीं है।

#### • सुरक्षित मिलन के लिए परीक्षण:

##### ➤ उद्देश्य :

- समान बिजली आपूर्ति बस पर एल.-सार और एस.-सार उपकरण के संचालन को सत्यापित करना।
- एल.-सार से एस.-सार उपकरण तक संदर्भ घड़ी और अन्तरापृष्ठ सिग्नल के समय, व्यवहार, विद्युत् दाब और शक्ति स्तर को सत्यापित करना।

##### ➤ सफलता का मापदंड :

- एस.-एस.ए.आर. का संचालन और प्रदर्शन सामान्य होना चाहिए।
- टाइमिंग और क्लॉक सिग्नल प्राचल संयुक्त रूप से सहमत विनिर्देशों के अनुपालन में होने चाहिए।

#### • एल.-सार / एस.-सार विस्तारक केबल परीक्षण:

##### ➤ उद्देश्य:

- सामान्य स्टैंडअलोन ऑपरेशन को सत्यापित करना, रडार पल्स का टाइमिंग तादात्म्य सुनिश्चित करना, जी.बी.पी. और प्रेषित पल्स का उदय किनारा  $1 \mu\text{एस}$ . गार्ड बैंड के भीतर होने को सुनिश्चित करना।
  - रोस्ट और ओ.बी.सी. कमांड फाइल का उपयोग करके अनुक्रमिक संयुक्त अवलोकन और सामान्य विज्ञान संचालन का सत्यापन।

##### ➤ सफलता का मापदंड:

- स्टैंडअलोन समाश्रयण में सामान्य प्रदर्शन, जी.बी.पी. और प्रेषित पल्स का उदय किनारा  $1 \mu\text{एस}$ . गार्ड बैंड के भीतर है।
- डेटा के साथ अनुक्रम का समापन निर्धारित समय पर शुरू और बंद हो जाता है और आदेश के अनुसार नियतात्मक अवलोकन संक्रमण होता है।
- अपेक्षित फ़ाइल आकार और डेटा फ़ाइलों की सामग्री कि प्राप्ति।

#### • क्रॉस बैंड अलगाव परीक्षण:

##### ➤ उद्देश्य:

- एल.-बैंड विकिरण से एस.-बैंड उपकरण के अलगाव का मापन।

- सफलता का मापदंड:
  - एल.-बैंड और एस.-बैंड के बीच अलगाव  $< -35\text{dB}$  होना चाहिए।
- **एस.-सार 1-डी एन्टेना क्रमवीक्षण परीक्षण:**
  - उद्देश्य:
    - एन्टेना केबल मिलन एवं टार्क के बाद एस.-सार के वृतीय एवं पूर्ण ध्रुवन के लिए प्रेष/ग्राही लब्धि और प्रावस्था गुणांक को अंतिम रूप देना।
  - सफलता का मापदंड:
    - $\pm 1$  एल.एस.बी. के भीतर एन्टेना फ्रीड में प्रेष/ग्राही फेज और ग्राही लाभ भिन्नता प्राप्त करने के लिए।
    - 24 H/V जोड़े का अक्षीय अनुपात  $< 3\text{ dB}$  होना चाहिए।
- **संयुक्त संगतता परीक्षण:**
  - उद्देश्य:
    - यह सत्यापित करने के लिए कि एस.-सार एल.-सार विकिरण की उपस्थिति से प्रतिकूल रूप से प्रभावित नहीं है और एल.-सार एस.-सार विकिरण की उपस्थिति से प्रतिकूल रूप से प्रभावित नहीं है।
  - सफलता का मापदंड:
    - एल.-सार गैर-संचारण के साथ-साथ विकिरण मोड में होने पर भी एस.-सार डेटा में कोई हस्तक्षेप नहीं देखा गया (जैसे कि नॉइज़ तल में परिवर्तन, ग्राही डेटा में भ्रामक सिग्नल का होना, बिट त्रुटि दर में वृद्धि)

### III. एकीकरण और परीक्षण विवरण और परिणाम

#### एस.-सार के परिवहन के बाद के परीक्षण:

एस.-सार के परिवहन के बाद के परीक्षण एक नीतभार के स्वास्थ्य और कार्यक्षमता जाँच परीक्षण है, जो विन्यास में बदलाव के पश्चात होता है, जो यह सुनिश्चित करता है कि परिवहन के दौरान कोई यांत्रिक और विद्युत क्षति नहीं हुई है। एस.-सार नीतभार को सैक(इसरो) से जे.पी.एल. (नासा) को एक नमी और सदमा नियंत्रित पात्र में भेज दिया गया था ताकि नीतभार में किसी भी तरह की टूट-फूट से बचा जा सके।

यह परीक्षण नीतभार अभिलक्षण के मापदंडों के परिवहन पूर्व और बाद के कार्यात्मक सत्यापन की तुलना पर केंद्रित है। चित्र 4 एस.-सार नीतभार और (वैद्युत भू-जाँच आधार यन्त्र) ई.जी.एस.ई. को इसरो और जे.पी.एल. एकीकरण एवं परीक्षण टीम के सदस्यों के साथ जे.पी.एल. क्लीन रूम के अंदर दिखाता है। सभी पूर्व-परिवहन कार्यात्मक परीक्षण दोहराए गए थे और परीक्षण डेटा का विश्लेषण किया गया और परिवहन के बाद के परीक्षण परिणामों के साथ तुलना की गई।



चित्र 4 इसरो और जे.पी.एल. एकीकरण और परीक्षण टीम के सदस्यों के साथ जे.पी.एल. क्लीन रूम में एस.-एस.ए.आर. पेलोड। स्रोत:[2]

नीतभार प्रदर्शन मापदंडों की एक सारणीबद्ध तुलना **Error! Reference source not found.** में दिखाई गयी है।

तालिका 3 नीतभार प्रदर्शन प्रचाल तुलना: पूर्व और पश्चात परिवहन

क्र.सं.	मापदंड	पूर्व-परिवहन परिणाम	परिवहन के बाद के परिणाम
1	ट्रांसमिट पावर (एस.- फ्रैप निवेश पर)	50.1 से 51.9 dBm	50.2 से 51.8 dBm
2	नॉइज़ फिगर (एस.- फ्रैप निर्गत पर)	3.7 से 4.5 dB	3.8 से 4.7 dB
3	पी.एस.एल.आर.	-12.6 से -14.2 dB	-12.5 से -14.2 dB
4	आई.एस.एल.आर.	-9.2 से -10.3 dB	-9.2 से -10.2 dB
5	स्लांट रेंज विभेदन (m)	13.5 m (10 MHz) 5.4 m (25 MHz) 3.6m (37.5 MHz) 2.02 m (75 MHz)	13.5 m (10 MHz) 5.4 m (25 MHz) 3.6m (37.5 MHz) 2.02 m (75 MHz)

### सुरक्षित मिलन के लिए परीक्षण:

अब तक, एल.-सार और एस.-सार दोनों उपकरणों को अलग-अलग बिजली आपूर्ति के साथ संचालित किया जा रहा था। फ्लार्ड विधा जैसे संचालन के लिए, दोनों उपकरणों का समान बिजली आपूर्ति पर संचालित होना आवश्यक है।

इस परीक्षण में मुख्य बिंदु एल.-सार से आने वाले सभी अन्तरापृष्ठ सिग्नल का सत्यापन करना और एस.-सार स्टैंडअलोन समाश्रयण परीक्षण को समान बिजली आपूर्ति के साथ सत्यापित करना था। उड़ान मॉड्यूल के लिए शक्ति स्रोत परिवर्तन बहुत महत्वपूर्ण है, इसके लिए अपेक्षित वोल्टेज माप के साथ-साथ उचित ग्राउंडिंग का सत्यापन, विलगन परीक्षण भी अनिवार्य हो जाता है।

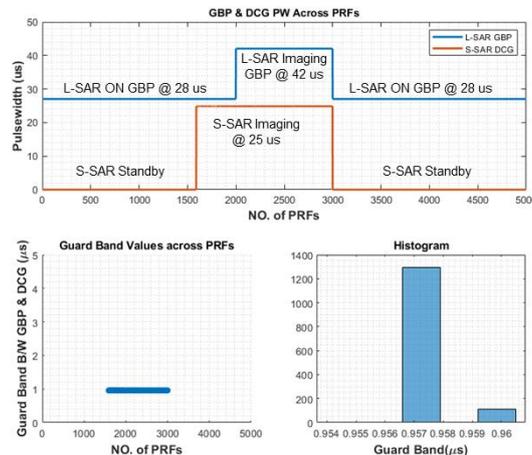
इस परीक्षण में एल.-सार से आने वाले सभी अन्तरापृष्ठ संकेतों को मापा गया, जिसमें स्पंद विस्तार, आयाम, उदय समय, गिरने का समय, पी.आर.एफ. जैसे समय संकेत प्रचाल प्रग्राहित किए गए। इन सभी मापन के बाद हार्नेस को जोड़ा गया तथा एस.-सार स्टैंडअलोन परीक्षण किया गया और परिणामों की तुलना पिछले परीक्षण से की गई।

### एल.-सार / एस.-सार विस्तारक केबल परीक्षण:

इस परीक्षण के दौरान, एल.-सार और एस.-सार उपकरण विद्युत से जुड़े थे। इस परीक्षण का मुख्य सार यह सुनिश्चित करना था कि दोनों उपकरणों के यांत्रिक एकीकरण से पहले सभी संयुक्त विधा संचालन और प्रदर्शन सामान्य हैं। संयुक्त विधा ऑपरेशन की एक आवश्यकता यह भी है कि एल.-सार जी.बी.पी. एवं एस.-सार डी.सी.जी. के बीच गार्ड बैंड 1uएस. के अंदर होना चाहिए।

दोनों उपकरणों को संयुक्त विधा में कमांड किया गया और आर.एफ. स्पंदों को एक साथ स्कोप में प्रग्राहित किया गया और गार्ड बैंड के साथ समय मापा गया। यह परीक्षण विज्ञान आवश्यकताओं के लिए

परिभाषित सभी संभावित विन्यास के लिए किया गया। एल.-सार जी.बी.पी. एवं एस.-सार डी.सी.जी. के बीच गार्ड बैंड को एक ही प्रतिबिम्बन अवस्था में विभिन्न (स्पंद आवृत्ति दर) पी.आर.एफ. के लिए चित्र 5 में दर्शाया गया है।



चित्र 5 एल.-सार जी.बी.पी. एवं एस.-सार डी.सी.जी. स्पंद विस्तार विभिन्न पी.आर.एफ के लिए (ऊपर), एल.-सार जी.बी.पी. एवं एस.-सार डी.सी.जी. के बीच गार्ड बैंड (नीचे)

ऑनबोर्ड रडार अवलोकन और ओ.बी.सी. अनुक्रम तालिका का उपयोग करते हुए संयुक्त विधा अनुक्रमित संचालन न्यूनतम से अधिकतम स्वीकार्य प्रतिबिम्बन समय अवधि के लिए किया गया और यह सत्यापित किया गया कि निष्पादन आदेशित अनुक्रम के अनुसार उचित था। एकल डेटा प्रग्रहण के भीतर कई अवलोकनों के होने पर, अवलोकन संक्रमण घटना समय को नियंत्रित पल्स काउंट के साथ सत्यापित किया गया था। नमीय विज्ञान संचालन के सत्यापन के लिए केवल एल., एस. और संयुक्त अवलोकनों के विभिन्न संयोजन वाले डेटा प्रग्रहण को समक्रमिक कालन के साथ सफलतापूर्वक निष्पादित किया गया। सभी डेटाटेक की डेटा सामग्री और परिमाण अपेक्षाओं के अनुसार पाई गई।

### क्रॉस बैंड विलगन परीक्षण:

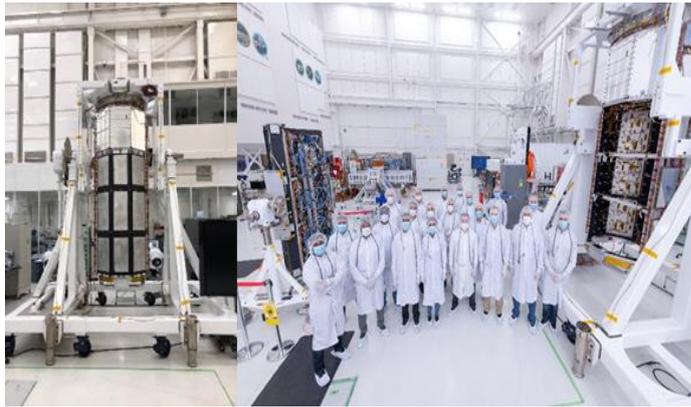
संयुक्त विधा प्रतिबिम्बन के दौरान विकिरण युग्मन के कारण हस्तक्षेप का अनुमान लगाने के लिए, इस परीक्षण में दोनों बैंडों के बीच विलगन को मापा गया।

इस परीक्षण में, एल.-बैंड एंटेना को उच्चतम बैंड विस्तार और उच्चतम पावर विधा में विकिरण करने के लिए संरूपित किया गया और एल.-बैंड विकिरण के लीकेज को एस.-बैंड एंटेना के ग्राही पोर्ट पर लीकेज शक्ति के लिए स्पेक्ट्रम विश्लेषक की सहायता से मापा गया। यह माप विभिन्न ध्रुवीकरणों (जैसे रैखिक, दोहरी, वृत्ताकार पोल) के लिए किया गया था।

सभी संयोजनों में एल. और एस.-बैंड के बीच क्रॉस बैंड विलगन लगभग 40 dB था।

### एल.-सार और एस.-सार का यांत्रिक एकीकरण

सफल विद्युत एकीकरण और परीक्षण के बाद, जे.पी.एल. और इसरो टीम द्वारा संयुक्त रूप से सभी परीक्षण परिणामों और निष्पादन मानकों की समीक्षा की गई और दोनों नीतभारो को यांत्रिक एकीकरण के लिए स्वीकृति प्रदान की गयी। दोनों सार उपकरणों के यांत्रिक एकीकरण के लिए, सभी इलेक्ट्रॉनिक्स और इंटरकनेक्टिंग हार्नेस की सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए एक विशेष अनुबंध तैयार की गई थी। सैक और जेपीएल यांत्रिक समूह ने संयुक्त रूप से दोनों उपकरणों के एकीकरण में भाग लिया और किसी भी दुर्घटना से बचने के लिए सभी आवश्यक जांच की।



चित्र 6 निसार नीतभार यांत्रिक एकीकरण के पश्चात (बाएं), इसरो और जे.पी.एल. एवं इसरो टीम के साथ निसार नीतभार (यांत्रिक एकीकरण के पूर्व) (दाएं)।

### एस.-सार 1-डी एन्टेना क्रमवीक्षण परीक्षण

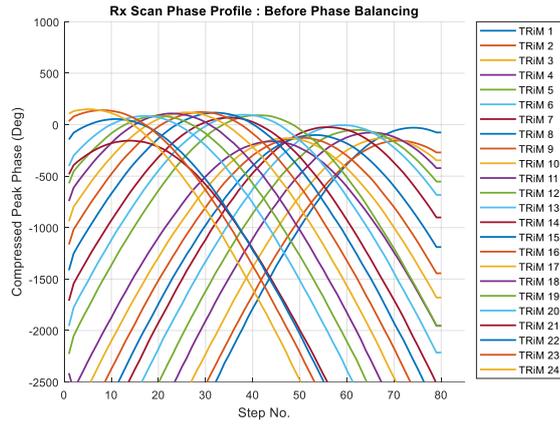
एस.-सार 1-डी क्रमवीक्षण परीक्षण की योजना 48 टी.आर. मॉड्यूल में लब्धि और प्रावस्था का संतुलन सुनिश्चित करने के लिए बनाई गई थी। परीक्षण प्रक्रियाओं और कार्यप्रणाली को स्थापित करने के लिए मूक संरचना पर लगे एस.-फ़्रेप के साथ सैक ( इसरो) में एक बार पहले ही परीक्षण किया जा चुका था।

दोनों उपकरणों के यांत्रिक एकीकरण के दौरान दोनों फीड एंटेना को ठीक से संरेखित किया गया था और टी.आर. मॉड्यूल से एस.-फ़्रेप तक केबल रूटिंग उड़ान विन्यास के अनुसार की गई थी। प्रेष श्रृंखला में वृतीय और पूर्ण ध्रुवन निर्माण के लिए लब्धि और प्रावस्था गुणांक को अंतिम रूप देने के लिए तथा ग्राही श्रृंखला में डी.बी.एफ., एस.-सार 1-डी क्रमवीक्षण परीक्षण फिर से जे.पी.एल. क्लीन रूम में किया गया। इस परीक्षण में, प्रेष और ग्राही में प्रावस्था संतुलन और ग्राही में लब्धि संतुलन प्राप्त किया गया।

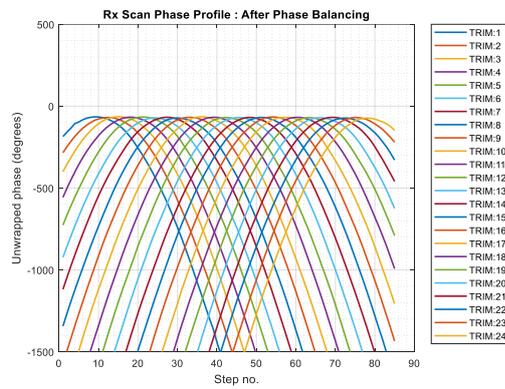
#### • प्रेष/ग्राही लब्धि और प्रावस्था संतुलन

प्रेष संतुलन के लिए सभी टी.आर. मॉड्यूल को संतृप्ति अवस्था में रखने के लिए प्रेष डी.ए. और एम.जी.सी. पूर्व निर्धारित थे, जिसे लब्धि संतुलन की आवश्यकता नहीं थी। प्रेष प्रावस्था संतुलन के दौरान, एस.-फ़्रेप से विकिरणित आर.एफ. संकेत को परीक्षण अन्वेषक पर प्राप्त करके उसे युग्मित पोर्ट के माध्यम से नीतभार को वापस भेजा जाता है। फिर अन्वेषक क्रमविक्षक के प्रत्येक चरण पर जाकर डेटा अधिग्रहण करता है और रिकॉर्डर को प्रतिक्रिया प्रदान करता है। अधिगृहित किए डेटा का विश्लेषण करके लब्धि एवं प्रावस्था संतुलन के लिए गुणांक प्राप्त किए जाते हैं। सुधार लागू करने और त्रुटि को कम करने के लिए यह प्रक्रिया कई बार दोहराई जाती है।

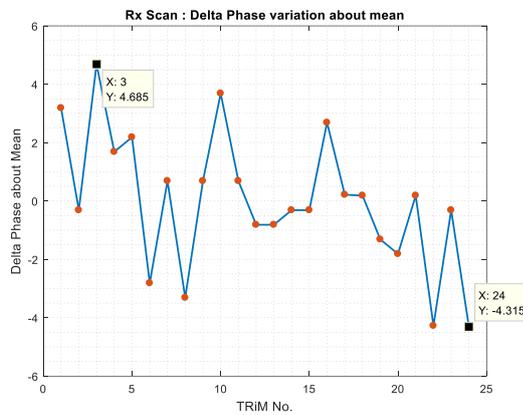
ग्राही प्रावस्था संतुलन प्राप्त करने के लिए, नीतभार से युग्मित संकेत परीक्षण अन्वेषक से जुड़ा था और नीतभार को प्राप्त मोड में संरूपित किया गया था। परीक्षण अन्वेषक को फीड एंटेना के सामने क्रमविक्षक पर चलाया गया और प्रत्येक चरण में एस.-फ़्रेप द्वारा प्राप्त डेटा को रिकॉर्ड किया गया था और प्राप्त श्रृंखला में प्रावस्था प्राप्त करने और लब्धि संतुलन हासिल करने के लिए संसाधित किया गया था। ग्राही श्रृंखला के लब्धि और प्रावस्था संतुलन के परिणाम नीचे चित्रों में दिखाए गए हैं।



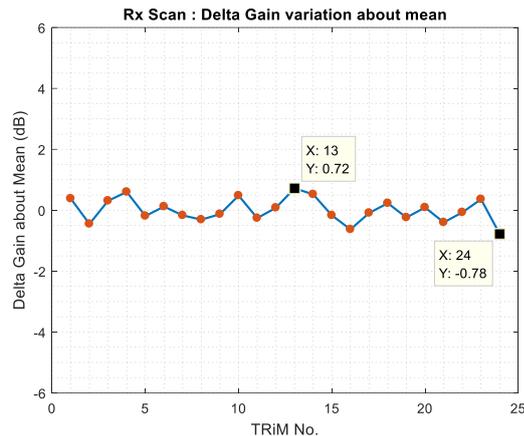
चित्र 7 ग्राही क्रमवीक्षण प्रोफाइल (प्रावस्था संतुलन से पहले)



चित्र 8 ग्राही क्रमवीक्षण प्रोफाइल (प्रावस्था संतुलन के बाद)



चित्र 9 प्रावस्था संतुलन के बाद डेल्टा प्रावस्था भिन्नता (माध्य के समीप)



चित्र 10 लब्धि संतुलन के बाद डेल्टा लब्धि भिन्नता (माध्य के समीप)

दशयि चित्र 9 और चित्र 10 के अनुसार, डेल्टा प्रावस्था भिन्नता  $< \pm 5.625$  है और डेल्टा लब्धि भिन्नता  $< \pm 1.5$  dB है जो की विनिर्दिष्ट मनको के अनुकूल है।

#### • अक्षीय अनुपात मापन:

इस परीक्षण में, प्रत्येक टी आर मोड्यूल (एच. एवं वी.) की जोड़ी के प्रेष श्रृंखला में वृतीय ध्रुवन निर्माण के लिए प्रावस्था गुणांक लागू किया गया। परीक्षण के दौरान, एस.-फ़्रैप से एच. और वी. एंटेना की एक जोड़ी को एक वृतीय ध्रुवीकृत क्षेत्र बनाने के लिए उत्तेजित किया गया और 5 डिग्री के कोणीय विभेदन पर परीक्षण अन्वेषक की सहायता से प्रेष शक्ति के डाटा को दोलनदर्शी पर अभिग्राहित किया गया तथा इस डेटा का विश्लेषण करके प्रत्येक टी.आर. मोड्यूल जोड़ी के लिए अक्षीय अनुपात की गणना की गई।

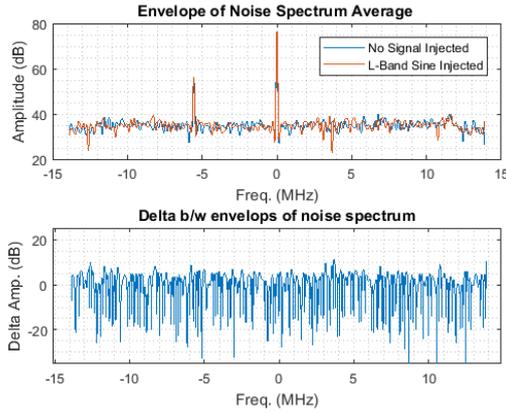
वृत्ताकार ध्रुवीकृत क्षेत्रों के लिए अक्षीय अनुपात का आदर्श मान 1 या 0 dB है। [3,4] अक्षीय अनुपात का व्यावहारिक स्वीकृत मान  $< 3$ dB लिया गया जो कि सभी व्यावहारिक सीमाओं को ध्यान में रखकर सुनिश्चित किया गया है।

24 टी.आर. मोड्यूल जोड़े का अक्षीय अनुपात 0.3 dB से 1.7dB तक प्राप्त हुआ जो  $< 3$ dB विनिर्देश के अनुपालन में है।

#### संयुक्त संगतता परीक्षण

इस परीक्षण में, दोनों रडार उपकरणों को उड़ान विन्यास में मिशन परिदृश्यों के समान एक साथ संचालित किया गया। ऑनबोर्ड मिशन परिदृश्यों में, संयुक्त विकिरण मोड के अलावा यह भी संभव है कि केवल एल.-सार विकिरण मोड में होगा और एस.-सार सिर्फ ग्राही विधा में होगा और इसके विपरीत केवल एस.-सार विकिरण मोड में होगा और एल.-सार सिर्फ ग्राही विधा में होगा। इसलिए दोनों उपकरणों के प्रदर्शन के अभिलक्षण वर्णन करने के लिए, इस परीक्षण में विभिन्न विन्यासों का परीक्षण किया गया।

एल.-बैंड ज्यवाक्रिय सिग्नल और चर्प सिग्नल को एल.-बैंड परीक्षण अन्वेषक से एस.-बैंड एंटेना की ओर प्रेषित किया गया तथा एस.-सार नीतभार ने यह डेटा केवल आर.एक्स. विधा में अभिगृहीत किया। इसके अलावा, एक और डाटा अभिगृहीत किया गया, जब एल.-बैंड परीक्षण अन्वेषक गैर-संचारण विधा में था। एल.-बैंड ज्यवाक्रिय सिग्नल और चर्प सिग्नल से एस.-बैंड नीतभार डेटा में किसी भी अवांछित हस्तक्षेप और भ्रामक संकेतों के लिए डेटा का विश्लेषण किया गया और अभिगृहीत किए गए डेटा की तुलना गैर-संचरण विधा के डेटा के साथ की गई थी। तुलना के परिणाम नीचे दिखाए गए हैं। चित्र 11 में ऊपर का चित्र अभिगृहीत कई पी.आर.एफ. के नॉइज डाटा के स्पेक्ट्रम के माध्य के आवरण को दिखाता है तथा नीचे का चित्र उनके डेल्टा को दर्शाता है। दोनों स्थितियों में स्पेक्ट्रम माध्य का आवरण एक समान है और किसी भी प्रकार के अवांछित संकेत नहीं हैं।



चित्र 11 नॉइज डाटा के स्पेक्ट्रम के माध्य का आवरण (ऊपर) , स्पेक्ट्रम के माध्य का आवरण का डेल्टा (नीचे)

एल.-बैंड सार के लिए भी इसी तरह का परीक्षण किया गया था जहां एल.-सार को केवल ग्राही विधा में संरूपित करके एस.-बैंड सिग्नल एल.-फ्रैप की ओर प्रेषित किए गए एवं अन्वांचित संकेतों के लिए डाटा का विश्लेषण किया गया।

#### IV. निष्कर्ष

एस.-सार उपकरण का सिट-2 में संयुक्त विधा अभिलक्षण वर्णन सफलतापूर्वक पूरा किया गया और उसके परिणाम प्रत्येक परीक्षण के सफलता मानदंड के अनुपालन में थे। सभी आवश्यक जांचों के साथ दोनों उपकरणों का विद्युत और यांत्रिक एकीकरण सफल रहा। सिट-3 चरण में अंतरिक्ष यान तत्वों के साथ आगे एकीकरण और परीक्षण के लिए नीतभार को मंजूरी दी गई।

#### स्वीकृति

इस पत्र में वर्णित कार्य इसरो और जे.पी.एल. एकीकरण और परीक्षण टीम के सदस्यों द्वारा संयुक्त रूप से निसार नीतभार सिट-02 परीक्षण गतिविधियों के अंतर्गत किया गया। लेखक सभी वरिष्ठों, सहकर्मियों, परीक्षण एवं मूल्यांकन समीक्षा बोर्ड के सदस्यों, जे.पी.एल. एकीकरण एवं परीक्षण टीम, जे.पी.एल. गुणवत्ता आश्वासन टीम को धन्यवाद देना चाहते हैं जिन्होंने निसार एस.-सार नीतभार के संयुक्त विधा परीक्षण और अभिलक्षण वर्णन में योगदान दिया।

#### संदर्भ

- [1] स्रोत : नासा/जेपीएल-कैल्टेक  
<http://niess.ar.jp/naesa.gov/miess.ion/observatory/overview/>
- [2] स्रोत: नासा/जेपीएल-कैल्टेक, प्रकाशित: 4 जनवरी, 2022  
<http://niess.ar.jp/naesa.gov/resource/106/member-of-the-integration-and-test-team-from-naesa-jet-propulsion-laboratory-and-the-indian-pace-re/>
- [3] एल.एल.एल.ter, D. 1991. Near-Field antenna measurement. Artech House.
- [4] एल.एल.एल.ter, D. 1985. Near-field test facility design. In Antenna Measurement Technique. Association Conference (Vol. 6, pp. 769-773).
- [5] Paul, A. Roen, & Raj Kumar "NAESA-IREO EAR (NIESA) Miess.ion Estatu." 2021 IEEE Radar Conference (RadarConf21).

## लेखक परिचय:

	<p>राकेश कुमार ने वर्ष 2013 में इलेक्ट्रॉनिक्स एवं संचार अभियांत्रिकी में बी.ई. की डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2017 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के सूक्ष्मतरंग सुदूर संवेदन क्षेत्र के प्रणाली विभाग में कार्यभार ग्रहण किया। वर्तमान में वे निसार एस.-सार नीतभार के प्रणाली अनुकरण, परीक्षण एवं डाटा विश्लेषण पर काम कर रहे हैं।</p>
	<p>अनीश कुमार मिश्रा ने वर्ष 2015 में इलेक्ट्रॉनिक्स एवं संचार अभियांत्रिकी में बी.ई. की डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2017 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के सूक्ष्मतरंग सुदूर संवेदन क्षेत्र के प्रणाली विभाग में कार्यभार ग्रहण किया। वर्तमान में वे निसार एस.-सार नीतभार के परीक्षण, एकीकरण एवं डाटा विश्लेषण पर काम कर रहे हैं।</p>
	<p>दिक्शा शर्मा ने वर्ष 2016 में इलेक्ट्रॉनिक्स एवं संचार अभियांत्रिकी में बी.ई. की डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2018 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के सूक्ष्मतरंग सुदूर संवेदन क्षेत्र के प्रणाली विभाग में कार्यभार ग्रहण किया। वर्तमान में वे निसार एस.-सार नीतभार के परीक्षण एवं डाटा विश्लेषण पर काम कर रही हैं।</p>
	<p>चेतन कुमार बाबूभाई लाड ने वर्ष 2008 में इलेक्ट्रॉनिक्स एवं संचार अभियांत्रिकी में डिप्लोमा की डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2010 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के सूक्ष्मतरंग सुदूर संवेदन क्षेत्र के एकीकरण एवं परीक्षण विभाग में कार्यभार ग्रहण किया। वर्तमान में वे निसार एस.-सार नीतभार के परीक्षण एवं एकीकरण पर काम कर रहे हैं।</p>
	<p>सुनीला मिश्रा ने वर्ष 2000 में इलेक्ट्रॉनिक्स एवं संचार अभियांत्रिकी में बी.ई. की डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2005 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के सूक्ष्मतरंग सुदूर संवेदन क्षेत्र के प्रणाली विभाग में कार्यभार ग्रहण किया। वर्तमान में वे निसार एस.-सार नीतभार के प्रणाली के उप - परियोजना निदेशक पदभार का निर्वहण कर रही हैं।</p>
	<p>राकेश कुमार भान ने वर्ष 2001 में इलेक्ट्रॉनिक्स एवं संचार अभियांत्रिकी में एम.टेक. की डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2001 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के सूक्ष्मतरंग सुदूर संवेदन क्षेत्र के प्रणाली विभाग में कार्यभार ग्रहण किया। वर्तमान में वे सूक्ष्मतरंग सुदूर संवेदन क्षेत्र एकीकरण समूह के प्रमुख के पद पर कार्यरत हैं। इसके साथ वे निसार एस.-सार नीतभार के सहयोगी परियोजना निदेशक का पदभार भी निर्वहण कर रहे हैं।</p>

## मेघालय में चावल की खेती के विस्तार के लिए रिमोट सेंसिंग और जीआईएस टूल्स का उपयोग

प्रतिभा ठाकुरिया दास, वैज्ञा./अभि.-'एस. एफ.' उत्तर पूर्वी अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (एन-ईसैक),  
भारत सरकार, उमियम, मेघालय, भारत

ई-मेल : thakuriapratibha@rediffmail.com

### सारांश

मेघालय में चावल की खेती के विस्तार के लिए उपयुक्त क्षेत्रों की पहचान मृदा, ढलान, ऊंचाई, वर्षा और तापमान की जानकारी का उपयोग करते हुए भूमि मूल्यांकन के आधार पर रिमोट सेंसिंग और जीआईएस तकनीक का उपयोग करके की गई थी। अध्ययन से पता चला है कि अध्ययन क्षेत्र की मिट्टी अच्छी तरह से सूखी, गहरी, थोड़ी अम्लीय प्रकृति की, गैर लवणीय, कार्बनिक कार्बन सामग्री में मध्यम से उच्च, मध्यम उपलब्ध फासफोरस तथा पोटेसियम और पर्याप्त सूक्ष्म पोषक तत्वों के साथ मृदा की बनावट में दोमट है। चावल के लिए मृदा स्थल उपयुक्तता मूल्यांकन से यह पाया गया है कि 47% क्षेत्र आहू और साली चावल दोनों के लिए उपयुक्त है जबकि 8% और 45% क्षेत्र क्रमशः आहू और साली चावल के लिए उपयुक्त है। अध्ययन से यह भी पता चलता है कि अध्ययन क्षेत्र आहू और साली चावल दोनों के लिए मामूली रूप से उपयुक्त है जिसमें क्रमशः 86.62% और 97.35% क्षेत्र शामिल है। इसके बाद शेष भूमि मध्यम रूप से उपयुक्त है जो आहू और साली चावल के लिए क्रमशः 12.82% और 2.69% क्षेत्र को कवर करता है। बहुत अधिक उपयुक्त क्षेत्र केवल आहू चावल के लिए पाए जाते हैं जो उपयुक्त क्षेत्रों का केवल 0.56 ही कवर करते हैं। विभिन्न उपयुक्तता वर्गों के अंतर्गत आनेवाले गांवों की पहचान की गई है। इस अध्ययन के निष्कर्षों का उपयोग उपयोगकर्ता विभाग द्वारा अध्ययन क्षेत्र में चावल की खेती के विस्तार के लिए किया जा रहा है।

**मुख्य बिंदु:** रिमोट सेंसिंग, जीआईएस, मृदा उर्वरता मानचित्र, मृदा स्वास्थ्य कार्ड, चावल उपयुक्तता, मेघालय।

### 1. परिचय

चावल मेघालय की एक प्रमुख खाद्य फसल है जिसका औसत वार्षिक क्षेत्रफल 1,10,997 हेक्टेयर है और कुल उत्पादन 3,03,476 मेट्रिक टन है। चावल राज्य में गहरे पानी से लेकर उच्च ऊंचाई तक की जलवायु परिस्थितियों की एक विस्तृत श्रृंखला में उगाया जाता है। राज्य में उगाए जाने वाले चावल को तीन वर्गों में वर्गीकृत किया जाता है, यानि बोरो या वसंत/ग्रीष्म चावल, साली या खरीफ चावल/शीतकालीन चावल और आहू या शरद चावल। कुल चावल उगाने वाले क्षेत्र में से, 63889 हेक्टेयर क्षेत्र अकेले साली चावल के अंतर्गत आता है, जो 2019-20 की अवधि के दौरान ([www.megagriculture.gov.in](http://www.megagriculture.gov.in)) वार्षिक औसत 162321 मेट्रिक टन का उत्पादन करनेवाले कुल चावल की फसल वाले क्षेत्र का 57.5% है। बोरो और आहू चावल का रकबा क्रमशः 13628 और 33480 हेक्टेयर है। बोरो चावल में (4629 कि ग्रा/हे) औसत उपज सबसे अधिक है। इसके बाद साली (2541 कि ग्रा/हे) और आहू चावल (2332 कि ग्रा/हे) है। हालांकि, खाद्य सुरक्षा अनिश्चित है, क्योंकि वर्तमान चावल की खपत वार्षिक चावल उत्पादन से अधिक हो गई है। खाद्यान्न की वार्षिक कमी 122 हजार टन ([www.megagriculture.gov.in](http://www.megagriculture.gov.in)) होने का अनुमान है। इसलिए यह स्पष्ट है कि राज्य खाद्यान्न उत्पादन में आत्मनिर्भर नहीं है।

एक राज्य में चावल की खेती के स्थानिक और अस्थायी वितरण की जानकारी बढ़ती खाद्य आपूर्ति और मांग, पानी की कमी आदि को समझने में मदद करती है। उपग्रह चित्रों से प्राप्त चावल के स्थानिक वितरण पर सटीक और वास्तविक समय की जानकारी काश्तकारों, उर्वरक/कीटनाशकों के निर्माताओं और कृषि विस्तार एजेंसियों के लिए उत्पादन के साथ-साथ इनपुट और बाजार गतिविधियों की आपूर्ति के लिए प्रभावी योजना तैयार करने हेतु उपयोगी होगी। एक राज्य में चावल की खेती का अनुपात-अस्थायी वितरण और गतिशीलता सरकारी एजेंसियों को खाद्यान्न आपूर्ति को समझने और खाद्य सुरक्षा के संबंध में नीतियां बनाने में मदद करती है। इसके

अलावा, चावल क्षेत्र का डेटा खेत/क्षेत्रीय स्तर [Mohite et al.2018] पर पानी की मांग और फसल की उपज का अनुमान लगाने के लिए एक इनपुट के रूप में उपयोगी होगा। चूंकि मेघालय राज्य में खाद्य सुरक्षा की समस्याएं बनी हुई हैं, इसलिए वास्तविक समय में चावल फसल के क्षेत्रों का अनुमान और विश्वसनीय उपकरणों का उपयोग करके इसका उत्पादन योजनाकारों और निर्णय निर्माताओं की नीतियां बनाने के लिए जानकारी प्रदान करने हेतु आवश्यक है। इस संदर्भ में रिमोट सेंसिंग और जीआईएस आधारित विधियां पहले ही चावल क्षेत्रों के मानचित्रण के लिए एक प्रभावी उपकरण के रूप में सिद्ध हो चुकी है [Singh et al.2014; Nema et al. 2018; Rahman et al. 2009]। कम से कम लागत के साथ फसल का सटीक मानचित्र रिमोट सेंसिंग छवियों का उपयोग करके तैयार किया जा सकता है। राष्ट्रीय, क्षेत्रीय, जिला और क्षेत्र स्तर के पैमाने पर चावल का मानचित्रण अतीत में विभिन्न दृष्टिकोणों का उपयोग करके किया गया है जिसमें एकल तिथि व समय श्रृंखला ऑप्टिकल छवियों के साथ-साथ माइक्रोवेव/सिंथेटिक एपेचर रेडार (एसएआर) डेटा का उपयोग शामिल है [Yin et al. 2019; Qin et al. 2015; Nguyen et al. 2015; Neetu et al. 2014; Karydas et al. 2015; Ok et al. 2015; Mosleh et al. 2015; NRSC 2019; NESAC 2019; NESAC, 2021]।

राज्य में चावल की उत्पादकता और उत्पादन बढ़ाने हेतु कोई योजना तैयार करने के लिए मृदा स्वास्थ्य, ढलान और ऊंचाई के संबंध में चावल के खेतों की विशेषता बहुत आवश्यक है। लाभदायक, उत्पादक और पर्यावरण के अनुकूल कृषि प्रणालियों के लिए स्वस्थ मृदा सबसे महत्वपूर्ण घटक है। एक छोटे क्षेत्र से बड़े क्षेत्र में मृदा के गुणों में स्थानिक भिन्नता आंतरिक (जलवायु, मूल सामग्री और भौगोलिक) और बाहरी कारकों, जैसे स्वदेशी उर्वरता स्थिति, खड़ी फसल की प्रकृति, फसल तीव्रता, फसल रोटेशन और मृदा प्रबंधन प्रथाओं के प्रभाव के कारण हो सकती है [Cambardella & Karlen 1999, Das et.al 2022, NESAC, 2021]। जब तक वैश्विक स्थिति निर्धारण तंत्र (जीपीएस) और भौगोलिक सूचना प्रणाली (जीआईएस) जैसी नई तकनीकों को पेश नहीं किया गया था, तब तक एक क्षेत्र में मृदा के गुणों की स्थानिक परिवर्तनशीलता का वर्णन करना मुश्किल होता था [Malla et al. 2020]। विषयगत मृदा के मानचित्र तैयार करने के लिए जीपीएस का उपयोग करके मृदा के नमूनों का संग्रह बहुत महत्वपूर्ण है [Bandyopadhyay et al. 2018]। इसी तरह, भौगोलिक सूचना प्रणाली एक शक्तिशाली उपकरण है जिसका उपयोग विभिन्न स्थानों से एकत्र किए मृदा के नमूना विश्लेषण डेटा के आधार पर बड़े पैमाने पर डेटा की आसान पहुंच, पुनर्प्राप्ति और जोड़-तोड़ के लिए किया जाता है [Mandal & Sharma 2009]। जी.आई.एस. पूरे ब्लॉक/जिला/राज्य के लिए स्थान विशिष्ट जानकारी को स्थानिक मानचित्रों में बदलने के लिए प्लेटफॉर्म प्रदान करता है। यह विविध स्रोतों से प्राप्त अनेक प्रकार के डेटा के प्रसंस्करण हेतु उपयोगी स्थानिक और गैर-स्थानिक डेटा के आदान-प्रदान की सुविधा प्रदान करता है [Alam et al. 2016]।

मेघालय चावल मिशन राज्य में चावल उत्पादन और उत्पादकता बढ़ाने हेतु खपत की आवश्यकता को पूरा करने और उपभोक्ताओं के लिए मांग और उपलब्धता के बीच के अंतर को पाटने के लिए एक कार्यक्रम है। कृषि निदेशालय, मेघालय सरकार ने राज्य सलाहकार, राज्य चावल मिशन, डॉ. सुशील पांडे, आईआरआरआई, मनीला, फिलीपिन्स के पूर्व चावल अर्थशास्त्री की सिफारिशों पर कार्रवाई की है। राज्य में कृषि निदेशालय, मेघालय सरकार द्वारा पहले ही दो कार्रवाई की जा चुकी है: i) मेघालय के साली चावल क्षेत्रों का मानचित्रण [NESAC, 2019] ii) मेघालय में बोरो चावल की खेती के विस्तार के लिए उपयुक्त क्षेत्रों की पहचान [NESAC. 2017, Das et el., 2018] जिसे उत्तर पूर्वी अंतरिक्ष उपयोग केंद्र द्वारा निष्पादित किया गया था। राज्य चावल मिशन के प्रमुख घटकों में से एक राज्य में चावल उत्पादन और उत्पादकता में वृद्धि करना और 3.44 मिलियन लोगों की खाद्य चावल की आवश्यकता को पूरा करना है।

री-भोई जिला मेघालय के महत्वपूर्ण जिलों में से एक है, जो राज्य के कुल चावल उत्पादन में महत्वपूर्ण योगदान देता है। री-भोई जिले में राज्य में उगाए जाने वाले कुल साली चावल क्षेत्र का 9.3% क्षेत्र है। साली चावल की खेती सबसे अधिक उमसिंग (5.5%) ब्लॉक में की जाती है, उसके बाद उमलिंग (2.9%) और जिरांग (0.9%) ब्लॉक (एनईसैक 2019) में होती है। उमलिंग एकमात्र ऐसा ब्लॉक है जो 10764 हेक्टेयर टन (<https://ribhoi.gov.in/blocks/umling>) के औसत उत्पादन के साथ 3994 हे. क्षेत्र में चावल के उत्पादन में आत्मनिर्भर है। दूसरी ओर जयंतिया हिल्स, ईस्ट खासी हिल्स जैसे जिले मांग की तुलना में बहुत कम मात्रा में

चावल का उत्पादन कर रहे हैं। इसलिए मेघालय सरकार ने चावल की खेती के तहत नए क्षेत्रों को लाकर चावल के उत्पादन को बढ़ाने पर जोर दिया है और पायलट अध्ययन के रूप में री-भोई जिले के उमलिंग ब्लॉक के लिए चावल हेतु उपयुक्त क्षेत्रों की पहचान करने के लिए एनई-सैक को सौंपा है।

## 2. अध्ययन क्षेत्र

यह अध्ययन मेघालय के री-भोई जिले के उमलिंग ब्लॉक में किया गया है। उमलिंग ब्लॉक का मुख्यालय है और 2011 की जनगणना के अनुसार, ब्लॉक का कुल क्षेत्रफल 600 वर्ग कि मी है जिसमें 55.63 वर्ग कि मी ग्रामीण क्षेत्र और 46.00 वर्ग कि मी शहरी क्षेत्र शामिल है। उमलिंग की आबादी 87,021 लोगों और 15,776 घरों की है। उमलिंग डिवीजन में करीब 220 गाँव हैं। गाँव के लोगों का मुख्य व्यवसाय कृषि है। अध्ययन क्षेत्र [https://ribhoi.gov.in/blocks/umling] में उगाई जाने वाली प्रमुख फसलें चावल, अनानास, चाय, अदरक, सर्दियों की सब्जियाँ, हल्दी और मक्का है। जिले में उगाए जानेवाले तीन प्रकार के चावलों में से साली चावल/शीतकालीन चावल अधिकतम क्षेत्रफल यानी 9318 हे में फैला हुआ है जो कुल फसली क्षेत्र का 96% है। आहू/शरद चावल झूमि भूमि में उगाया जाता है जो केवल 156 हे. क्षेत्र में होता है 195 हे. क्षेत्र में बोरो/वसंत/ग्रीष्मकालीन चावल की खेती की जाती है।

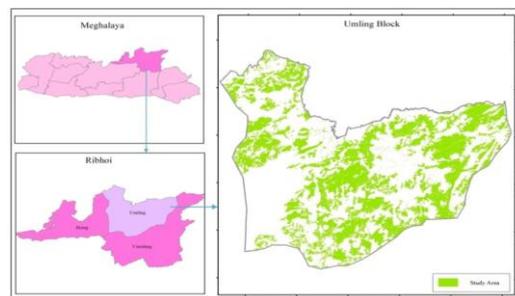
[Crop statistics report, Govt. of Meghalaya, 2019-20]।

एनई-सैक ने बोरो चावल के विस्तार के लिए उपयुक्त क्षेत्रों की पहचान करने हेतु मेघालय में एक अध्ययन किया है। अध्ययन से पता चला कि री-भोई जिले के गैर - कृषि और गैर - वन क्षेत्र बोरो चावल की खेती के लिए उपयुक्त नहीं हैं [एनई-सैक, 2018]। इसलिए उमलिंग ब्लॉक में साली और आहू चावल की खेती के विस्तार के लिए उपयुक्त क्षेत्रों की पहचान करने का निर्णय लिया गया। 2019 के रिसोर्ससैट 2 LISS IV इमेज से लैंड यूज लैंड कवर मैप (एल्यूएलसी) तैयार किया गया था। अध्ययन क्षेत्र में मौजूद विभिन्न भूमि उपयोग वर्गों को निकालने के लिए दृश्य छवि व्याख्या तकनीक लागू की गई थी। इमेज की व्याख्या के दौरान विभिन्न दृश्य तत्वों, जैसे स्वर, बनावट, आकार, आकार और जुड़ाव पर विचार किया गया। विभिन्न भूमि उपयोग (अनुलग्नक I) की पुष्टि के लिए स्थल से वास्तविक डेटा एकत्र किया गया था। विवृत्त वन, खेती योग्य बंजर भूमि और अन्य गैर-कृषि भूमि को एल्यूएलसी मानचित्र से निकाला गया और चावल के लिए उपयुक्त क्षेत्रों की पहचान के लिए अध्ययन क्षेत्र के रूप में माना गया (चित्र 1) है। इसमें लगभग 25419.75 हे. क्षेत्र शामिल है।

## 3. वस्तुएं और पद्धतियाँ

### 3.1. जीआईएस और मृदा स्वास्थ्य कार्ड डेटा का उपयोग कर मृदा उर्वरता मानचित्रण

अध्ययन क्षेत्र हेतु मृदा उर्वरता मानचित्रण तैयार करने के लिए एसएचसी पोर्टल <https://soilhealth.dac.gov.in> से मृदा स्वास्थ्य डेटा एकत्र किया गया है। मृदा स्वास्थ्य कार्ड डैशबोर्ड से ग्रिड-वार मृदा स्वास्थ्य डेटा डाउनलोड किया गया है और डाउनलोड किए गए डेटा को संपादित किया गया है और जीआईएस पर्यावरण संगत प्रारूप में लाया गया है। आर्क जीआईएस 10.3 सॉफ्टवेयर का उपयोग करते हुए जीआईएस पर्यावरण के तहत मृदा के नमूना स्थान (अक्षांश, देशांतर) की जानकारी का उपयोग करके एक बिंदु परत उत्पन्न होती है। बिंदु परत में मृदा के नमूने की संख्या, गांव का नाम और मृदा के नमूने के विश्लेषण के परिणाम शामिल हैं। यह पाया गया है कि 135 गांवों से 6982 मृदा के नमूने एकत्र किए गए हैं। एसएचसी पोर्टल में उपलब्ध मृदा विश्लेषण डेटा में नौ पैरामीटर अर्थात् pH, EC, OC (भौतिक पैरामीटर); P, K (माइक्रो - पोषक तत्व) और Zn, Fe, Cu, Mn सूक्ष्म पोषक तत्व; शामिल हैं। इन मृदा मापदंडों का उपयोग नौ उर्वरता मानचित्रों के निर्माण के लिए किया गया है। आर्क टूल बॉक्स के स्थानिक विश्लेषक उपकरणों का उपयोग करके उर्वरता मानचित्र तैयार किए गए हैं। ज्ञात स्थानों की जानकारी के आधार पर अज्ञात स्थानों का उर्वरता मानचित्र तैयार करने के लिए इनवर्स डिस्टेंस वेटेड (IDW) इंटरपोलेशन तकनीक लागू की गई है [एनई-सैक, 2021]।



चित्र. 1 अध्ययन क्षेत्र का स्थान

### 3.2. चावल के विस्तार के लिए उपयुक्त क्षेत्रों की पहचान

चावल [Sys, 1985; Sys et al., 1991, 1993] की खेती के लिए उपयुक्त क्षेत्रों की पहचान करने हेतु भूमि का मूल्यांकन एक पूर्व अपेक्षा है। चावल हेतु उपयुक्त क्षेत्रों की पहचान एफएओ दिशानिर्देशों [1976, 1983, 1985, 1990 और 2007] का पालन करते हुए मृदा की उपयुक्तता के मूल्यांकन के आधार पर की गई थी। यह भूमि के उपयोग के लिए विभिन्न अवसरों और बाधाओं के बारे में जानकारी प्रदान करता है और इसलिए संसाधनों के इष्टतम उपयोग पर निर्णय लेने में मदद करता है, जो भूमि उपयोग योजना और विकास के लिए एक आवश्यक पूर्वापेक्षा संबंधी ज्ञान है। इसके अलावा, मृदा स्थल उपयुक्तता विश्लेषण के दौरान, चावल की खेती के लिए मुख्य सीमित कारकों की पहचान की गई थी। यह निर्णय निर्माताओं, जैसे भूमि उपयोग योजनाकारों, भूमि उपयोगकर्ताओं और कृषि सहायता सेवाओं को प्रबंधन योजना विकसित करने में सक्षम बनाता है ताकि उत्पादकता बढ़ाने के लिए ऐसी बाधाओं को दूर किया जा सके। भूभाग की विशेषताओं (ढलान), मृदा के गुणों जैसे गहराई, बनावट, जलनिकासी, बाढ़, पथरी और उर्वरता (pH and OC) के आधार पर भूमि को विभिन्न उपयुक्तता वर्गों और उप वर्गों में वर्गीकृत किया गया है।

उत्तर पूर्वी अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (एनई-सैक) द्वारा 1:50,000 पैमाने पर तैयार किए गए मौजूदा मृदा के मानचित्र का उपयोग पांच सबसे महत्वपूर्ण मापदंडों, बनावट, जल निकासी, बाढ़, पथरीली रेत की गहराई (चित्र 6) को उत्पन्न करने के लिए किया गया था। मृदा की उपयुक्तता के मूल्यांकन के लिए मृदा की उर्वरता का मानचित्र, जैसे मृदा की अम्लता (pH) और कार्बनिक कार्बन (OC) का उपयोग किया गया था। ढलान का मानचित्र एनई-सैक (चित्र6) द्वारा SISDIP परियोजना के तहत उत्पन्न 10 मीटर कार्टो डेम से प्राप्त किया गया था।

मृदा और ढलान से संबंधित विभिन्न विषयगत मानचित्रों को जीआईएस वातावरण (आर्कमैप10.3) में मढ़ा गया था और आर्क जीआईएस सॉफ्टवेयर के विश्लेषण उपकरण के ओवरले फंक्शन का उपयोग करके एक समग्र परत तैयार की गई थी। सभी इनपुट परतों की विशेषताओं के साथ मिश्रित परत का उपयोग मौजूदा भूमि गुणवत्ता (तालिका1) के साथ चावल की आवश्यकताओं की तुलना करने के लिए किया गया था और परिसीमन की डिग्री के मूल्य को 0 (बिना किसी परिसीमन का सुझाव देते हुए) से 4 (बहुत गंभीर परिसीमन का सुझाव देते हुए) को सौंपा गया था (Sys et al., 1993)। भूमि की उपयुक्तता वर्गों को सीमाओं की संख्या और तीव्रता के अनुसार सौंपा गया था और अत्यधिक उपयुक्त (S1), मध्यम रूप से उपयुक्त (S2), मामूली रूप से उपयुक्त (S3), और अनुपयुक्त (N)के रूप में वर्गीकृत किया गया था। चावल की खेती [FAO guidelines, 2007, NESAC, 2021] के लिए आवश्यक मुख्य परिसीमाओं या मुख्य प्रकार के सुधार उपायों के आधार पर उपयुक्तता उप वर्ग सौंपे गए थे। विस्तृत कार्य प्रणाली चित्र 2 में दी गई है।

**तालिका 1: चावल के लिए मृदा-स्थल उपयुक्तता मानदंड (फसल संबंधी आवश्यकताएं)**

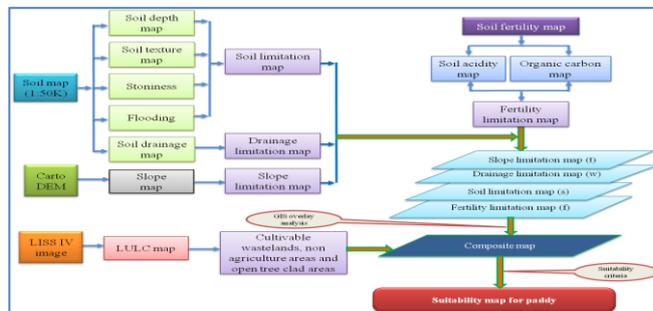
भूमि की विशेषता	Unit	S1	S2	S3	N
साली चावल के लिए ढाल	%	0-4	4-8	8-30	>30
आहू चावल के लिए ढाल	%	0-8	8-16	16-30	>30
बोरो चावल के लिए ढाल	%	0-1	1-2	2-4	>4
मृदा का सूखापन	Class	Poorly drained	Moderately well drained	Well drained	Excessively drained
पथरीलापन	%	<3	3-15	15-35	>35
मृदा की गहराई	Cm	>75	50-75	25-50	<25
मृदा की बनावट*	Class	c, sic, cl, sicl, sc	scl, sil, l	sl, ls	s
pH	1:2.5	5.5-6.5 6.5-7.5	4.5-5.5	-	<4.5
OC	%	>1.5	1.5-0.75	0.75-0.5	<0.5

**Note:** s- sand; ls-loamy sand; sl-sandy loam; scl-sandy clay loam; cl-clay loam, sil-silt loam; l-loam; sic-silty clay; sc-sandy clay; c-clay

#### 4. परिणाम और चर्चा

##### 4.1 मृदा उर्वरता मानचित्रण

अध्ययन क्षेत्र के लिए नौ उर्वरता मानचित्र नामतः pH, OC (भौतिक पैरामीटर) और (P, K माइक्रो पोषक तत्व) और Zn, Fe, Cu, Mn (सूक्ष्म पोषक तत्व) तैयार किए गए (तालिका 2 और चित्र 3, 4)। अध्ययन से पता चला है कि मृदा लवणीय और अम्लीय प्रकृति की होती है। यह भी पाया गया है कि राज्य की मृदा प्रकृति में थोड़ी अम्लीय है जो 72.25% क्षेत्र को कवर करती है, इसके बाद मध्यम अम्लीय और तटस्थ मृदा है जो क्रमशः 23.22% और 4.53% क्षेत्र को कवर करती है। अध्ययन क्षेत्र की मृदा जैविक कार्बन से भरपूर पाई गई है जो 99.39% क्षेत्र को कवर करती है, पहचान के लिए पद्धति



चित्र.2 चावल के लिए उपयुक्त क्षेत्रों की

इसके बाद मध्यम और निम्न जैविक कार्बन है जो क्रमशः 142 हे. और 12 हे. क्षेत्र को कवर करती है। राज्य की मृदा में फास्फोरस की उपलब्धता मध्यम से उच्च रेंज में भिन्न-भिन्न होती है। यह देखा गया है कि अध्ययन क्षेत्र के 71.83% क्षेत्र की मृदा उपलब्ध फास्फोरस में मध्यम है, इसके बाद उच्च और निम्न फास्फोरस है जो क्रमशः 20.7% और 7.40% क्षेत्र को कवर करता है। अध्ययन से यह भी पता चला है कि पोटेशियम की उपलब्धता मध्यम से उच्च में भिन्न होती है। 62.07% क्षेत्र में उपलब्ध पोटेशियम मध्यम है और इसके बाद 24.44% क्षेत्र में उच्च है। शेष क्षेत्र कम पोटेशियम सामग्री वाले हैं जो 13.49% क्षेत्र को कवर करते हैं। अध्ययन से पता चला है कि 99%से अधिक क्षेत्र की मृदा में पर्याप्त लोहा और तांबा है। यह भी देखा गया है कि मृदा में पर्याप्त मात्रा में मैंगनीज और जस्ता पाया गया है जो क्रमशः 97.74% और 93.53% क्षेत्र को कवर करता है। केवल 2.26% और 6.47% क्षेत्र में क्रमशः मैंगनीज और जस्ता की कमी है।

तालिका 2: अध्ययन क्षेत्र की उर्वरता की स्थिति

उर्वरता प्राचल	क्षेत्र_हे.	% क्षेत्र	उर्वरता प्राचल	क्षेत्र_हे.	% क्षेत्र
<b>मृदा अम्लीयता</b>			<b>पोटाशियम</b>		
सामान्यतः अम्लीय	5903.66	23.22	उच्च	6211.85	24.44
सामान्य	1150.4	4.53	निम्न	3428.78	13.49
अल्प अम्लीय	18365.7	72.25	माध्यम	15779.1	62.07
मृदा लवणता	25419.8	100	<b>मैंगनीज</b>		
<b>कार्बनिक कार्बन</b>			कम	574.65	2.26
उच्च	25265.7	99.39	पर्याप्त	24845.1	97.74
निम्न	12.05	0.05	<b>आयरन</b>		
माध्यम	142.05	0.56	कम	16.85	0.07
<b>फास्फोरस</b>			पर्याप्त	25402.9	99.93
उच्च	5279.3	20.77	<b>जिंक</b>		
निम्न	1882.14	7.4	कम	1643.96	6.47
माध्यम	18258.3	71.83	पर्याप्त	23775.8	93.53
			<b>कॉपर</b>		
			कम	36.52	0.14
			पर्याप्त	25383.2	99.86

## 4.2 चावल की खेती के विस्तार के लिए उपयुक्त क्षेत्र की पहचान

एफएओ दिशा निर्देशों (1976, 1983, 1985 और 2007) का पालन करते हुए मृदा की उपयुक्तता के मूल्यांकन के आधार पर साली और आहू चावल के लिए उपयुक्त क्षेत्रों की पहचान की गई। चावल के लिए उपयुक्त क्षेत्रों की पहचान 25419.75 हे. क्षेत्र में की गई थी जिसमें भूमि उपयोग वर्ग, जैसे विवृत वन, खेती योग्य बंजर भूमि और अन्य गैर कृषि भूमि शामिल हैं।

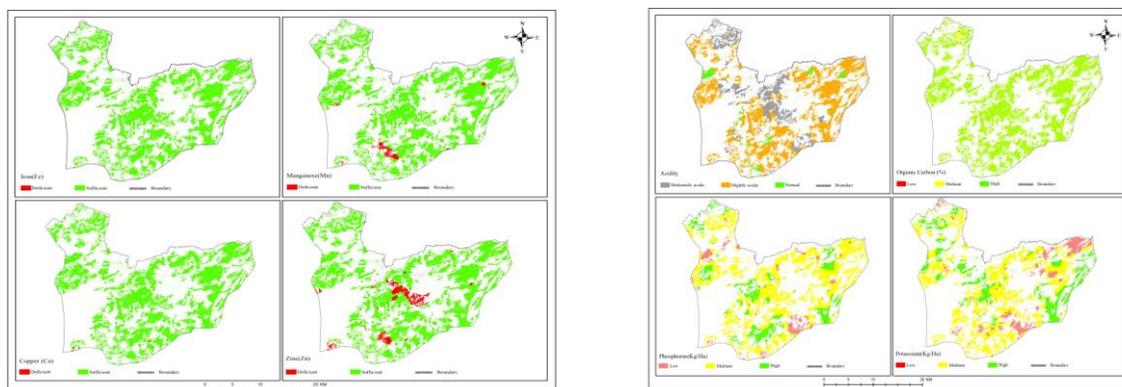
### 4.2.1 साली चावल के लिए उपयुक्त क्षेत्र की पहचान

अध्ययन से यह पाया गया है कि 15683.28 हे. क्षेत्र कुल अध्ययन क्षेत्र के 61.70% को कवर करता है जो उमलिंग ब्लॉक में साली चावल के विस्तार के लिए उपयुक्त है। यह भी पाया गया है कि 38.30% क्षेत्र साली चावल के लिए उपयुक्त नहीं है, मुख्यतः ढलान की गंभीर परिसीमन (यथा, 25 से अधिक ढलान प्रतिशत) के कारण।

अध्ययन से पता चला है कि अध्ययन क्षेत्र साली चावल विस्तार के लिए बहुत अधिक उपयुक्त नहीं है। हांलाकि साली चावल के विस्तार के लिए मध्यम और मामूली उपयुक्त क्षेत्र उपलब्ध है। मध्यम उपयुक्त क्षेत्र 415.20 हे. (कुल उपयुक्त क्षेत्र का 2.69%) और 97.35% (15268.08 हे.) उपयुक्त क्षेत्र साली चावल के लिए मामूली रूप से उपयुक्त है (तालिका 3)।

**तालिका 3: विभिन्न उपयुक्तता के अंतर्गत क्षेत्र**

उपयुक्तता वर्ग	साली चावल		आहू चावल	
	क्षेत्रफल (हे)	%क्षेत्र	क्षेत्रफल (हे)	%क्षेत्र
अत्यंत उपयुक्त (S1)	0.00	0.00	51.89	0.56
सामान्यतः उपयुक्त (S2)	415.20	2.65	1193.84	12.82
मुश्किल से उपयुक्त (S3)	15268.08	97.35	8066.45	86.62
अनुपयुक्त (N)	9736.48	100.00	16107.58	100.00



**चित्र.3** मृदा pH, जैविक कार्बन, फासफोरस और पोटेशियम मानचित्र **चित्र. 4** मृदा लोहा, मैगनीज, तांबा और जस्ता का मानचित्र

अध्ययन क्षेत्र ज्यादातर साली चावल के लिए मामूली रूप से उपयुक्त है क्योंकि यह 25% से अधिक ढलानों पर स्थित है और मृदा निम्न जैविक कार्बन सहित उथली मृदा की गहराई के साथ काफी सूखी है। चावल की खेती के लिए आवश्यक प्रमुख समस्याओं या मुख्य प्रकार के सुधार उपायों के आधार पर मामूली रूप से उपयुक्त और मध्यम रूप से उपयुक्त क्षेत्रों को क्रमशः 11 और 12 उपवर्गों में वर्गीकृत किया गया था।

### 4.2.2 आहू चावल के लिए उपयुक्त क्षेत्र की पहचान

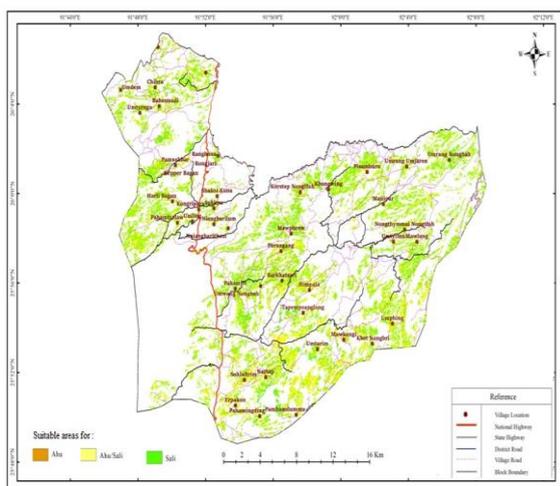
अध्ययन से यह पाया गया है कि 9312.18 हे. क्षेत्र कुल अध्ययन क्षेत्र के 36.63% क्षेत्र को कवर करता है जो उमलिंग ब्लॉक में चावल के विस्तार के लिए उपयुक्त है। यह भी पाया गया है कि 63.37% क्षेत्र आहू चावल के

लिए उपयुक्त नहीं है, मुख्य रूप से ढलान की बहुत गंभीर परिसीमन (यानि 30 से अधिक ढलान प्रतिशत) के कारण।

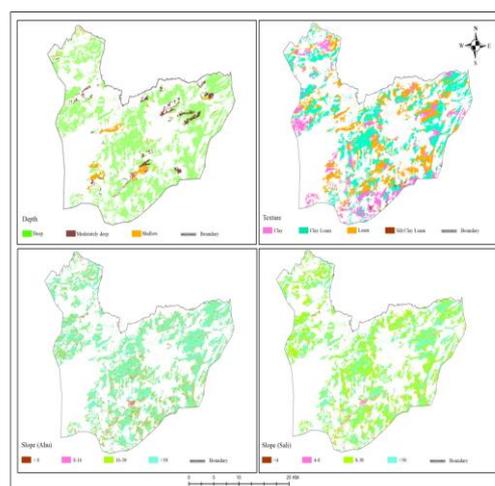
अध्ययन से पता चला है कि आहू चावल के विस्तार के लिए केवल 51.89% क्षेत्र काफी उपयुक्त है। मध्यम रूप से उपयुक्त क्षेत्र 1193.84 हे. (कुल उपयुक्त क्षेत्रों का 12.82%) क्षेत्र को कवर करते हैं और 86.62% (8066.45हे.) क्षेत्र आहू चावल के लिए मामूली रूप से उपयुक्त है। अध्ययन क्षेत्र ज्यादातर आहू चावल के लिए मामूली रूप से उपयुक्त है क्योंकि यह 30% से अधिक ढलानों पर स्थित है और मृदा उथली मृदा की गहराई सहित निम्न जैविक कार्बन के साथ काफी सूखी है। चावल की खेती के लिए आवश्यक प्रमुख समस्याओं या मुख्य प्रकार के सुधार उपायों के आधार पर, मामूली रूप से उपयुक्त और मध्यम रूप से उपयुक्त क्षेत्रों को क्रमशः 13 और 14 उपवर्गों में वर्गीकृत किया गया है।

#### 4.2.3. चावल के लिए उपयुक्त क्षेत्र

चावल के लिए उपयुक्त क्षेत्र की पहचान आहू और साली चावल की उपयुक्तता वर्गों के आधार पर की गई थी। अध्ययन क्षेत्र में चावल के लिए उपयुक्त क्षेत्रों का पता लगाने के लिए आहू और साली चावल के उपयुक्त मानचित्र का उपयोग किया गया था। अध्ययन से यह पाया गया कि 47% क्षेत्र आहू और साली चावल दोनों के लिए उपयुक्त है। साली चावल 45% क्षेत्र में उपयुक्त है, इसके बाद आहू चावल 1333.76 हे. क्षेत्र (8%) को कवर करता है (चित्र 5)। चावल के उपयुक्त क्षेत्रों में मृदा की उर्वरता का मूल्यांकन किया गया और परिणाम तालिका 4 में प्रस्तुत किया गया है।



चित्र.5 अध्ययन क्षेत्र में चावल के विस्तार के लिए उपयुक्त क्षेत्र



चित्र.6 मृदा गहराई, आकार, ढलान (आहू और साली) मानचित्र

तालिका 4: सुझाव वाले चावल प्रकार के अंतर्गत क्षेत्र

चावल (उपयुक्तता वर्ग)	क्षेत्रफल (हे)	%क्षेत्र
आहू (S1)	51.89	0.31
आहू (S2)	85.56	0.50
आहू (S3)	1196.31	7.05
साली (S2)	74.12	0.44
साली (S3)	7581.26	44.68
आहू (S2)/साली (S2)	216.82	1.28
आहू (S2)/साली (S3)	891.46	5.25
आहू (S3)/साली (S2)	118.87	0.70
आहू (S3)/साली (S3)	6751.27	39.79

## 5. निष्कर्ष

अध्ययन से यह देखा गया है कि भू-स्थानिक प्रौद्योगिकी मृदा स्वास्थ्य कार्ड डेटा से मृदा की उर्वरता मानचित्रण और चावल की खेती के विस्तार के लिए उपयुक्त क्षेत्रों की पहचान करने हेतु बहुत उपयोगी उपकरण है। अध्ययन से पता चलता है कि अध्ययन क्षेत्र की मृदा अच्छी तरह से सूखी, गहरी, प्रकृति में अल्प से मध्यम अम्लीय, गैर खारा, कार्बनिक कार्बन सामग्री में मध्यम से उच्च, मध्यम उपलब्ध फोस्फोरस और पोटेशियम और पर्याप्त सूक्ष्म पोषक तत्वों के साथ मृदा की बनावट में मिट्टी दोमट है। चावल के लिए मृदा स्थल उपयुक्तता मूल्यांकन से यह पाया गया है कि 47% क्षेत्र आहू और साली चावल दोनों के लिए उपयुक्त है जबकि 8% और 45% क्षेत्र क्रमशः आहू और साली चावल के लिए उपयुक्त है।

## 6. संदर्भ

1. FAO (1976) A framework for land evaluation. *Soil Bulletin*, Food and Agriculture Organization. United Nations, Rome, Italy, No. 32.
2. FAO (1983) Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. *Soil Bulletin*, Food and Agriculture Organization, United Nations, Rome, Italy, No. 52.
3. FAO (1985) Guidelines: land evaluation for irrigated agriculture. *Soil Bulletin*, Food and Agriculture Organization, United Nations, Rome, Italy, No. 55.
4. FAO (1990) *Manual of Sericulture*, United Nations, Rome, Italy.
5. FAO (2007) A framework for land evaluation. *Soil bulletin*, Food and Agriculture Organization. United Nations. Rome, Italy, No.6
6. <https://ribhoi.gov.in/blocks/umling>
7. Lille sand T.M., Kiefer, R.W. and Chipman, J.W. (2004) *Remote Sensing and Image Interpretation* (5th Edition). John Wiley, New York.
8. Mohite J.D., Sawant, S.A., Kumar, A., Prajapati, M. Pusapati, S.V., Singh, D., & S. Pappula, S.(2018) Operational near real time rice area mapping using multi-temporal sentinel-1 SAR observations. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetric.Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42(4), 433-438.
9. NESAC (2019) Mapping Sali Rice Areas of Meghalaya using Remote Sensing, GIS and ground based observations. Project Report No. NESAC-SR-199-2019. North Eastern Space Applications Centre, Umiam, Meghalaya and Directorate of Agriculture, Shillong, Meghalaya
10. NESAC (2018) Expansion of boro rice in Meghalaya using space technology. Project Report No. NESAC-SR-172-2017. North Eastern Space Applications Centre, Umiam, Meghalaya and Directorate of Agriculture, Shillong, Meghalaya
11. Sys, C. (1985) *Land Evaluation: Part I, II& III.*, State University Ghent Publication, Belgium.
12. Sys, C., Van Ranst, E. & Debaveye, J. (1991) *Land evaluation. Part 1: Principles in land evaluation and crop production calculations.* Agricultural publications 7,1. General Administration of Development Cooperation of Belgium, Brussels.
13. Sys, C., Van Ranst, E. & Debaveye, J. (1993) *Land evaluation. Part 3: Crop requirements.* Agricultural publications 7,3. General Administration of Development Cooperation of Belgium, Brussels.
14. [www.megagriculture.gov.in](http://www.megagriculture.gov.in)
15. [www.megplanning.gov.in](http://www.megplanning.gov.in)
16. Singh, S.K., Srivastava, P.K., Gupta, M., Thakur, J.K., Mukherjee, S. (2014) Appraisal of land use/land cover of mangrove forest ecosystem using support vector machine. *Environmental Earth Science*, 71, 2245–2255
17. Nema, S., Awasthi, M.K., & Nema, R.K. (2018) Spatial Crop Mapping and Accuracy Assessment Using Remote Sensing and GIS in Tawa Command. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 7(5), 3011-3018
18. A. Rahman, A., Roytman, L., Krakauer, N.Y., Nizamuddin, M., & Goldberg. M. (2009) Use of vegetation health data for estimation of Ahu rice yield in Bangladesh. *Sensors*, 9, 2968–2975
19. Yin, Q., Liu, M., Cheng, J., Ke, Y., & Chen, X. (2019) Mapping Paddy Rice Planting Area in Northeastern China Using Spatiotemporal Data Fusion and Phenology-Based Method. *Remote Sens.*, 11, 1699, 2019
20. Qin, Y., Xiao, X., Dong, J., Zhou, Y., Zhu, Z., Zhang, G., Du, G., Jin, C., Kou, W., Wang, J., & X. Li, X. (2015) Mapping paddy rice planting area in cold temperate climate region through analysis of time series landsat 8 (oli), landsat 7 (etm+) and modis imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 105, 220–233
21. Nguyen, D. B., Clauss, K., Cao, S., Naeimi, V., Kuenzer, C., & Wagner, W. (2015). Mapping rice seasonality in the Mekong Delta with multi-year Envisat ASAR WSM data. *Remote Sensing*, 7(12), 15868-15893.

22. Neetu, M. P., Singh, D. K., Joshi, R., & Ray, S. S. (2014). Understanding crop growing pattern in bardhaman district of West Bengal using multi-date RISAT 1 MRS data. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 8.
23. Karydas, C. G., Toukiloglou, P., Minakou, C., & Gitas, I. Z. (2015, June). Development of a rule-based algorithm for rice cultivation mapping using Landsat 8 time series. In *Third International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2015)* (Vol. 9535, pp. 172-180). SPIE.
24. Ozdarici-Ok, A., Ok, A. O., & Schindler, K. (2015). Mapping of agricultural crops from single high-resolution multispectral images—Data-driven smoothing vs. parcel-based smoothing. *Remote Sensing*, 7(5), 5611-5638.
25. Mosleh, M. K., Hassan, Q. K., & Chowdhury, E. H. (2015). Application of remote sensors in mapping rice area and forecasting its production: A review. *Sensors*, 15(1), 769-791.
26. NRSC (2019) Land Use/Land Cover Analysis- Third Cycle. National Remote Sensing Centre, Hyderabad. Tech. Rep. NRSC-RSA-LRUMG-JUN-2019-TR-1320-V1.0
27. NESAC (2021) Mapping of soil fertility in Meghalaya using Geospatial Technology and Soil Health Card. North Eastern Space Applications Centre, Umiam, Meghalaya and Directorate of Agriculture, Shillong, Meghalaya. Proj. Rep. NESAC-SR-259-2021
28. NESAC 2021 Suitable Areas for expansion of paddy In Umling block of Meghalaya. Document No. : NESAC-SR-265-2021
29. Malla, R., Shrestha, S., Khadka, D., & Bam, C. R. (2020). Soil fertility mapping and assessment of the spatial distribution of Sarlahi District, Nepal. *Am. J. Agric. Sci*, 7, 8-16.
30. Bandyopadhyay, S., Ray, P., Padua, S., Ramachandran, S., Jena, R. K., Roy, P. D., ... & Ray, S. K. (2018). Priority Zoning of Available Micronutrients in the Soils of Agro-ecological Sub-regions of North-East India Using Geo-spatial Techniques. *Agricultural research*, 7(2), 200-214.
31. Khadka, D., Lamichhane, S., Amgain, R., Joshi, S., Shree, P., Kamal, S. A. H., & Ghimire, N. H. (2019). Soil fertility assessment and mapping spatial distribution of Agricultural Research Station, Bijayanagar, Jumla, Nepal. *Eurasian Journal of Soil Science*, 8(3), 237-248.
32. Alam, M. A., Subhan, N., Hossain, H., Hossain, M., Reza, H. M., Rahman, M. M., & Ullah, M. O. (2016). Hydroxycinnamic acid derivatives: a potential class of natural compounds for the management of lipid metabolism and obesity. *Nutrition & metabolism*, 13(1), 1-13.
33. Das, P.T., Lakiang, T. and Saikia, B., Shabong, C.S. and Majaw, R. M. (2022). Characterization of Rice Growing Areas of Meghalaya Using Geospatial Technology. 5 (4):508-516.

### लेखक परिचय:



श्रीमती प्रतिभा ठाकुरिया दास, वैज्ञानिक/अभियंता 'एसएफ' ने असम कृषि विश्वविद्यालय, जोरहाट से कृषि (मृदा विज्ञान) में एम.एससी संपन्न किया है। वह 2003 के दौरान एनईसैक में वैज्ञानिक/अभियंता 'एससी' के रूप में शामिल हुईं। वह कृषि, मृदा और रेशम उत्पादन में रिमोट सेंसिंग और जीआईएस के अनुप्रयोग के क्षेत्र में काम कर रही हैं। वह लगभग 50 परियोजनाओं में शामिल रही हैं, जो ज्यादातर मृदा मानचित्रण, मृदा उर्वरता मानचित्रण, भूमि क्षरण, विभिन्न फसलों के लिए मृदा स्थल उपयुक्तता विश्लेषण और रेशमकीट खाद्य पौधों, फसल मानचित्रण और भूमि उपयोग भूमि आवरण मानचित्रण से संबंधित हैं। उनके लगभग 65 शोध पत्र राष्ट्रीय और अंतर्राष्ट्रीय पत्रिकाओं, कार्यशाला/संगोष्ठी की कार्यवाही, शोध बुलेटिन और पुस्तक अध्यायों में प्रकाशित हुए हैं। उन्होंने विभिन्न विश्वविद्यालयों के लगभग 20 एम.एससी छात्रों को उनकी इंटरनशिप पूरी करने के लिए मार्गदर्शन किया है। उन्होंने एनईसैक, एनआईआरडी, आईसीएआर और एनईआर आदि के विभिन्न उपयोगकर्ता विभागों द्वारा आयोजित प्रशिक्षण कार्यक्रम में कई व्याख्यान दिए हैं।

## भारतीय सुदूर संवेदन उपग्रह चित्रों, वनस्पति विश्लेषण एवं वर्गीकरण तकनीकों में क्रमानुगत विकास

शिवम त्रिवेदी, हेब्बार आर. एवं विनोद पी.वी.

वैज्ञानिक, क्षेत्रीय सुदूर संवेदन केंद्र - दक्षिण (बेंगलुरु)

राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केन्द्र (एन.आर.एस.सी.)

### सारांश

वनस्पति हमारे पारिस्थितिक तंत्र का एक अभिन्न अंग है, जिनमें विभिन्न प्रकार के वन, बागान, झाड़ियां, पेड़-पौधे, घास के मैदान, फसल, खर-पतवार आदि शामिल हैं। भारत एक कृषि प्रधान देश है और साथ ही राष्ट्रीय वन आवरण के अंतर्गत देश का एक विशाल क्षेत्र शामिल है। वनस्पतियों का वर्गीकरण और सटीक मानचित्रण प्राकृतिक संसाधनों के प्रबंधन के लिए एक अत्यंत महत्वपूर्ण तकनीकी कार्य है। सूक्ष्म स्तर पर विश्वसनीय सांख्यिकीय डेटाबेस की उपलब्धता संसाधनों के उचित विकास और प्रबंधन के लिए कुशल नीति नियोजन हेतु सबसे महत्वपूर्ण आवश्यकताओं में से एक है। इस लेख में भारतीय उपग्रह सुदूर संवेदन छवियों में पिछले चार-पाँच दशकों में हुए क्रमानुगत विकास के बारे में वर्णन किया गया है। साथ ही वनस्पति विश्लेषण के सन्दर्भ में प्रयुक्त क्रमबद्ध तकनीकों में तदनुसार हुए शोध एवं विकास पर भी प्रकाश डाला गया है। विभिन्न छवि विश्लेषण तकनीकों जैसे हाथ से डिजिटल मानचित्रण, पिक्सेल आधारित और वस्तु आधारित क्लासिफायर, वनस्पति सूचकांक आधारित, उन्नत मशीन लर्निंग और डीप लर्निंग आधारित तकनीकों को वनस्पति संबंधी जानकारी प्राप्त करने के लिए अपनाया गया, जिसकी विवेचना एवं कुछ महत्वपूर्ण तकनीकों का उदाहरण सहित विवरण भी इस लेख में प्रस्तुत किया गया है।

**संकेत शब्द:** उपग्रह सुदूर संवेदन, वनस्पति प्रकार, छवि विश्लेषण, वर्गीकरण, मानचित्रण, कृषि-वानिकी, बागवानी, वनस्पति सूचकांक, कृत्रिम बुद्धिमत्ता

### 1. परिचय

सुदूर संवेदन (रिमोट सेंसिंग) का तात्पर्य किसी वस्तु के सीधे संपर्क में आये बिना उसके बारे में आँकड़े संग्रह करने से है। सुदूर संवेदन उपग्रहों द्वारा करीब 900 किलोमीटर की ऊँचाई से, बिना किसी भौतिक सम्पर्क के पृथ्वी के धरातलीय रूपों व संसाधनों का अध्ययन वैज्ञानिक विधि से किया जाता है। भारत में सुदूर संवेदन संबंधी आँकड़ों का वितरण, वैज्ञानिक अध्ययन एवं निरीक्षण राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केन्द्र, हैदराबाद द्वारा किया जाता है। पृथ्वी का एक समकालीन दृष्टिकोण प्रदान करने की अपनी अनूठी क्षमता के साथ सुदूर संवेदी उपग्रहों के माध्यम से आज देश के अगम्य स्थानों, गहन जंगलों, विशाल मरुस्थलों एवं जल स्रोतों का सर्वेक्षण करने में अभूतपूर्व सहायता मिल रही है, जो भारत जैसे कृषि प्रधान देश के लिए अत्यंत आवश्यक है। वनस्पतियों का वर्गीकरण व मानचित्रण प्राकृतिक संसाधनों के प्रबंधन के लिए महत्वपूर्ण तकनीकी कार्य है क्योंकि वनस्पति सभी प्राणियों को जीवन आधार प्रदान करती है और वैश्विक जलवायु परिवर्तन को प्रभावित करने में आवश्यक भूमिका निभाती है। इस लेख में वनस्पति विश्लेषण के सन्दर्भ में भारतीय उपग्रह सुदूर संवेदन छवियों और वर्गीकरण तकनीकों में क्रमानुगत विकास का उदाहरणों सहित वर्णन किया गया है।

### 2. उपग्रह सुदूर संवेदन द्वारा वनस्पति विश्लेषण

देश का पहला उपग्रह सुदूर-संवेदन आधारित कार्यक्रम दशकों पहले 1970 में नारियल के पेड़ों की जड़ों के सूखने की बीमारी को चिह्नित करने के लिए चलाया गया। सुदूर संवेदन तकनीक से प्राप्त उपग्रह चित्रों में वनस्पति (पत्तों में मौजूद क्लोरोफिल पिगमेंट के कारण) का कृत्रिम रंग प्रतिबिम्ब में लाल रंग का दिखाई देता है। वनस्पति-प्रकार के आधार पर लाल रंग की यह आभा हल्के गुलाबी से लेकर कथई रंग की भी हो सकती है। इस विधि द्वारा विभिन्न वनस्पति प्रकारों (जंगल, झाड़ियां, बागान, घास के मैदान, पेड़, फसल, खर-पतवार आदि)की पहचान की जा सकती है और वनस्पति घनत्व के आधार पर वनों की श्रेणियों का वर्गीकरण किया जा

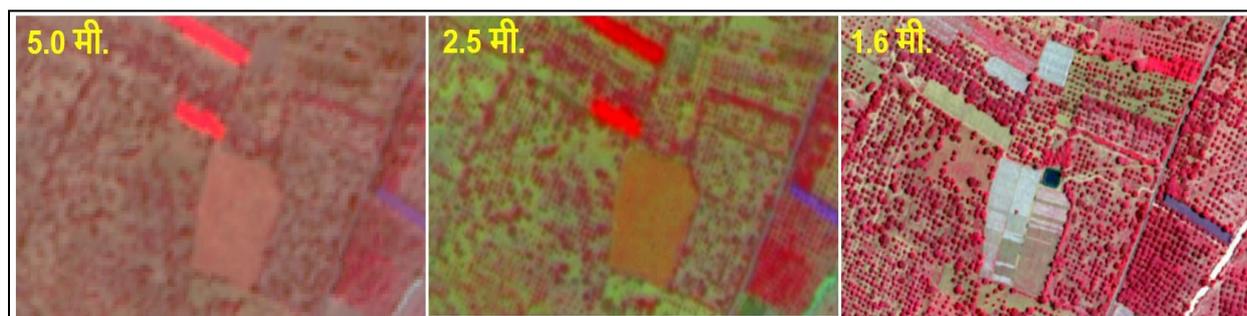
सकता है। वनस्पति जैसे प्राकृतिक संसाधनों के अध्ययन और मानचित्रण के लिए प्रारंभिक दिनों में क्षेत्र सर्वेक्षण, मानचित्र व्याख्या और संपार्श्विक डाटा विश्लेषण जैसे पारंपरिक तरीकों का उपयोग किया गया था। 1980 के दशक के शुरुआती वर्षों तक भारत के पास सिर्फ कुछ ही वन-आवरण मानचित्र थे। वनों की सीमा का स्थानिक आकलन 1972-75 और 1981-83 की समयावधि के लिए किए गए पहले राष्ट्रीय वन आवरण की निगरानी के साथ ही संभव हो पाया। यह कार्य लैंडसैट के एम.एस.एस. डाटा की मदद से राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र (तत्कालीन राष्ट्रीय सुदूर संवेदन एजेंसी) द्वारा किया गया। सुदूर संवेदन तकनीक का प्रयोग करके राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केन्द्र, हैदराबाद द्वारा वन-आवरण मानचित्रण प्रौद्योगिकी सफलतापूर्वक भारतीय वन सर्वेक्षण (फॉरेस्ट सर्वे ऑफ़ इंडिया), देहरादून को अंतरित की गई थी।

प्राकृतिक या अर्ध-प्राकृतिक वनों में पाए जाने वाले वृक्षों के साथ ही, कृषि-भूमि एवं अन्य सभी क्षेत्रों में पाए जाने वाले वृक्षों का अत्यधिक महत्त्व है। वन-क्षेत्र के बाहर के वृक्ष-क्षेत्र को ट्रीज़ आउटसाइड फॉरेस्ट्स (टी.ओ.एफ.) भी कहा जाता है। ये ऐसे क्षेत्र हैं जिन्हें वन या वन-भूमि के अंतर्गत परिभाषित नहीं किया गया है। टी.ओ.एफ. के अंतर्गत मुख्यतः, खेतों में खड़े वृक्ष (एकल या झुण्ड में पाए जाने वाले), खेतों की मेड़ों पर पाए जाने वाले वृक्ष, सड़कों एवं नहरों के दोनों किनारों पर पायी जाने वाले वृक्षों की कतारें, फलों के बागान, शहरी क्षेत्र के पार्कों एवं अन्य क्षेत्रों में पाए जाने वाले वृक्ष शामिल हैं। विशाल ग्रामीण आबादी की प्रमुख आजीविका होने के अलावा, ये वैश्विक जलवायु संतुलन के लिए कार्बन अधिग्रहण एवं अन्य पारिस्थितिक सेवाओं से संबंधित भूमिका भी निभाते हैं। इन संसाधनों का सटीक आकलन, इनके समुचित नियोजन की दिशा में प्रथम निर्णायक कदम है, जिस पर भारतीय परिवेश में व्यापक रूप से अभी अधिक जानकारी उपलब्ध नहीं है। **पिछले दो दशकों में विश्व के कई देशों में भू-स्थानिक तकनीकी उपकरणों और तकनीकों का दावानल प्रबंधन में बहुत प्रभावी ढंग से उपयोग किया गया है। उपग्रह आधारित सुदूर संवेदन और भौगोलिक सूचना प्रणाली (जी.आई.एस.) जैसी अत्याधुनिक तकनीकें दवानल प्रभावित क्षेत्रों में इस गंभीर आपदा की बेहतर रोकथाम और प्रबंधन में अत्यंत प्रभावी रही हैं। इनमें प्रमुख सेवाओं के रूप में दावानल की संभावना से संबंधित पूर्व-चेतावनी, लगभग वास्तविक समय के आधार पर सक्रिय आग की निगरानी और जले हुए क्षेत्रों का सटीक अनुमान शामिल है।**

### 3. सुदूर संवेदन से प्राप्त छवियों की गुणवत्ता में क्रमानुगत विकास

अंतरिक्ष आधारित सुदूर संवेदन में भारत का प्रवेश अपने पहले प्रायोगिक सुदूर संवेदन उपग्रह 'भास्कर' के प्रक्षेपण के साथ 07 जून 1979 को शुरू हुआ, जिसमें पृथ्वी के चित्रण के लिए एक ऑनबोर्ड टीवी कैमरा था। तालिका 1 में **पिछले दशकों** के कुछ प्रमुख भारतीय सुदूर संवेदन उपग्रहों से प्राप्त छवियों के स्थानिक विभेदन में होते हुए विकास एवं संबंधित तत्कालीन अनुप्रयोगों को दर्शाया गया है। उपग्रह चित्रों की इकाई पिक्सेल होती है और जितना छोटा पिक्सेल होगा, चित्र उतना ही अधिक स्थानिक विभेदन वाला और स्पष्ट प्रतीत होगा। आई.आर.एस.-1 श्रृंखला (ए, बी, सी, डी) के सुदूर संवेदन उपग्रहों का उपयोग एक दशक से अधिक समय तक वनस्पति सहित अन्य प्राकृतिक संसाधनों के क्षेत्रीय पैमाने पर मानचित्रण के लिए किया गया था। 1:50,000 पैमाने पर आई.आर.एस. 1ए लिस-॥ सेंसर का उपयोग करके वन के प्रकार के मानचित्रण के लिए एक अध्ययन किया गया। आई.आर.एस. 1 सी लिस-॥ डाटा का उपयोग ज्ञान-आधारित हाइब्रिड वर्गीकरण तकनीकों का उपयोग करते हुए पूर्वी हिमालयी क्षेत्र में एक मध्यम स्तर का वनस्पति आवरण मानचित्र बनाने के लिए किया गया था। आई.आर.एस.-1 श्रृंखला के बाद सेंसर प्रौद्योगिकी में पहला बड़ा सुधार रिसोर्ससैट-1 उपग्रह के प्रक्षेपण के साथ प्राप्त किया गया था, जिसमें तीन वर्णक्रमीय बैंड के साथ लिस-4 बहुस्पेक्ट्रमी/रंगीन कैमरा था।

इसके पश्चात्, नए उपग्रहों द्वारा उच्च (2.5 मी. से 1 मीटर तक) एवं अति-उच्च विभेदन (1 मीटर से बेहतर) वाले उपग्रह चित्र भी उपलब्ध हुए। कर्नाटक के कोलार ज़िले में विभिन्न स्थानिक विभेदनों पर आम के बागानों का उपग्रह चित्र देखने से सहज ही अंदाजा लगता है कि अधिक विभेदन होने पर वनस्पति घटकों की स्पष्टता बढ़ती चली जाती है (चित्र 1)।



चित्र 1: विभिन्न स्थानिक विभेदनों पर आम के बागानों का उपग्रह चित्र (कोलार जिला, कर्नाटक)  
तालिका 1- प्रमुख भारतीय सुदूर संवेदन उपग्रहों से प्राप्त छवियों का क्रमानुगत विकास

वर्ष	उपग्रह	सेंसर	स्थानिक विभेदन	उपयोगिता /अनुप्रयोग
1988	आई.आर.एस.-1ए	लिस-1	72 मी.	निम्न से मध्यम विभेदन चित्र - क्षेत्रीय पैमाने पर मानचित्रण
1991	आई.आर.एस.-1बी	(बहुस्पेक्ट्रमी/रंगीन) लिस-2 (रंगीन)	36 मी.	
1995	आई.आर.एस.-1सी	पैनक्रोमेटिक (श्याम-श्वेत)	5 मी.	
1997	आई.आर.एस.-1डी	लिस-3 (रंगीन) विफ्स (रंगीन)	23.5 मी. 180 मी.	
1994	आई.आर.एस.-पी2	लिस-2 (रंगीन)	36 मी.	निम्न से मध्यम विभेदन चित्र - क्षेत्रीय पैमाने पर मानचित्रण
1996	आई.आर.एस.-पी3	विफ्स (रंगीन) एम.ओ.एस.	180 मी. 1-2 कि.मी.	
1997	आई.आर.एस.-पी4	लिस-3 (रंगीन)	25 मी.	
1998	आई.आर.एस.-पी5	लिस-4 (रंगीन) विफ्स (रंगीन)	10 मी. 125 मी.	
2003	रिसोर्ससैट-1	एविफ्स (रंगीन)	56.0 मी.	मध्यम विभेदन चित्र - स्थानीय /क्षेत्रीय पैमाने के अनुप्रयोग
2011	रिसोर्ससैट-2 एवं	लिस-3 (रंगीन)	23.5 मी.	
2016	रिसोर्ससैट-2ए	लिस-4 (रंगीन)	5.8 मी.	
2005	कार्टोसैट-1	पैन (श्याम-श्वेत)	2.5 मी.	उच्च से अति-उच्च विभेदन चित्र - सूक्ष्म स्तर पर विस्तृत मानचित्रण एवं विश्लेषण
2016-18	कार्टोसैट-2 श्रृंखला	बहुस्पेक्ट्रमी (रंगीन) पैन (श्याम-श्वेत)	1.6 मी. 0.6 मी.	
2019	कार्टोसैट-3	बहुस्पेक्ट्रमी (रंगीन) पैन (श्याम-श्वेत)	1.12 मी. 0.28 मी.	

1998-2010 के दौरान इसरो के राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र एवं भारतीय सुदूर संवेदन संस्थान द्वारा संयुक्त रूप से विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी मंत्रालय के जैव प्रौद्योगिकी विभाग भारत का समेकित वनस्पति-प्रकार मानचित्र (1:50,000 पैमाने पर), रिसोर्ससैट-1 के मध्यम-विभेदन लिस-3 की छवियों एवं सहायक डाटा का उपयोग करके तैयार किया गया। पदानुक्रमित वर्गीकरण योजना से ऑन-स्क्रीन दृश्य व्याख्या तकनीक का उपयोग करके बनाया गया यह वनस्पति-प्रकार का नक्शा भारत के लिए अब तक का सबसे व्यापक मानचित्र है। इसी प्रकार भारत के चुने हुए जैव-विविधता क्षेत्रों का विस्तृत मानचित्रण रिसोर्ससैट-2 के लिस-4 द्वारा वनस्पति-समुदाय के स्तर पर किया गया। कार्टोसैट उपग्रहों के उन्नत ऑनबोर्ड सेंसरों के साथ, उच्च विभेदन कार्टोग्राफिक मानचित्रण क्षमता में एक नया बदलाव आया। उच्च से अति-उच्च विभेदन (2.5 मी. से 0.28 मी.) की उपलब्धता के साथ सूक्ष्म स्तर पर विस्तृत जानकारी प्राप्त करना सुलभ हो गया, जिससे भू-स्थानिक प्रौद्योगिकी में नव-युग का संचार हुआ।

हाल ही में, सुदूर संवेदन के अंतर्गत मानव रहित हवाई वाहन (यूएवी या ड्रोन) जैसे नए प्लेटफॉर्म भी शामिल हुए हैं, जो कुछ सेंटीमीटर के स्थानिक-विभेदन और भू-आधारित अवलोकन के साथ अति-उच्च गुणवत्ता वाले चित्र

भी प्रदान कर सकते हैं (तालिका 2)। लाइट डिटेक्शन एंड रेंजिंग (लिडार) से उत्पन्न 3D पॉइंट क्लाउड डाटा को उपग्रह, हवाई और ड्रोन जैसे मंचों से भी प्राप्त किया जा सकता है। इस प्रकार की आधुनिक एवं उन्नत जानकारी वैज्ञानिकों को मूल्यवान वनस्पति संबंधी जानकारी के साथ उत्पादों को तैयार करने में सक्षम बना रहा है। लिडार डाटा का उपयोग अन्य सुदूर संवेदन आंकड़ों के साथ संयोजित करके वनस्पति का 3D संरचनात्मक लक्षण वर्णन और पेड़ों की ऊंचाई के आकलन के लिए किया जा सकता है। इस प्रकार के आंकड़े एवं जानकारी वृक्षों की प्रजातियों की पहचान, बायोमास अनुमान, उपज मूल्यांकन और जलवायु परिवर्तन संबंधी अध्ययनों के लिए उपयोगी होंगे।

#### तालिका 2- अन्य आधुनिक सुदूर संवेदन मंचों से प्राप्त छवियाँ

वर्ष	सुदूर संवेदन मंच	सेंसर / उपकरण	स्थानिक विभेदन
1976-2022	हवाई चित्र	एनालॉग फोटो (1976) 5-30 से.मी. डिजिटल फोटो (1999) 5-30 से.मी. लार्ज फॉर्मेट डिजिटल कैमरा (2005) 3-5 से.मी. लिडार (2005-06) आरजीबी कैमरा	शहरी एवं वनस्पति मानचित्रण, प्रमुख नदी बेसिन के लिए सुनामी चेतावनी
2009-2019	सूक्ष्मतरंग	रीसैट-2: X बैंड सार (2009) 1 मी. तक रीसैट-1: C बैंड सार (2012) 1-50 से.मी.; रीसैट-2बी & रीसैट-2बीआर: X बैंड सार: 1x0.5 मी. & 0.5x0.3 मी. (2019)	वनस्पति, कृषि, विशेष रूप से खरीफ मौसम में धान की निगरानी; बाढ़ और चक्रवात प्राकृतिक आपदा-प्रबंधन
2018	हाइपरस्पेक्ट्रल	हाइसिस: 2 स्पेक्ट्रोरेडियोमीटर वीएनआईआर (0.4 to 0.95 माइक्रोमीटर, 60 बैंड) और स्विर (0.85 to 2.4 माइक्रोमीटर 256 बैंड) 30 मी.	कृषि, वानिकी, मिट्टी, भू-वैज्ञानिक अध्ययन
2019	क्षेत्र/फील्ड आधारित	मोबाइल मैपिंग सिस्टम (एमएमएस)	वृक्ष प्रजातियों की पहचान, बायोमास अनुमान
2022	ड्रोन	आरजीबी कैमरा 1.5 से.मी. बहुस्पेक्ट्रमी (रंगीन) 50 से.मी. थर्मल 33 से.मी	सूक्ष्म स्तर पर वृक्ष प्रजातियों की पहचान, वृक्षों की गणना

ऑप्टिकल सुदूर संवेदन की सबसे बड़ी चुनौतियों में से एक है- मानसून ऋतु में बादल रहित उपग्रह चित्र (क्लाउड फ्री डाटा) की अनुपलब्धता। वनस्पति के विभिन्न विकास-चरणों में फीनोलॉजिकल अध्ययन करने के लिए बादल रहित उपग्रह चित्र बहुत महत्वपूर्ण होते हैं। इसके लिए सूक्ष्मतरंग (माइक्रोवेव) संवेदकों की आवश्यकता होती है, जो सभी प्रकार के मौसम में डाटा प्रदान कर सकते हैं। विशेष रूप से सिंथेटिक अपर्चर राडार (सार) डाटा वनस्पति अध्ययन के लिए विशेष रूप से महत्वपूर्ण है क्योंकि कई ध्रुवीकरण (पोलराइजेशन) और इंसीडेंस एंगल पर उनकी अनूठी बैकस्केटरिंग विशेषताओं का उपयोग फसल वर्गीकरण के अलावा कई अन्य अनुप्रयोगों के लिए किया जा रहा है। भारत ने सूक्ष्मतरंग सुदूर संवेदन में पर्याप्त प्रगति की है और रीसैट-1, रीसैट-2, रीसैट-2B और रीसैट-2बीआर के साथ कई उपग्रह लॉन्च किए हैं। आधुनिक संवेदकों में सैकड़ों वर्णक्रमीय बैंड वाली हाइपरस्पेक्ट्रल छवियां भी शामिल हैं, जिनका उपयोग विशिष्ट वर्णक्रमीय हस्ताक्षरों को चिह्नित करने के लिए किया जा सकता है और अब वनस्पति अध्ययन के उनका लिए व्यापक रूप से उपयोग होने लगा है। इस कारण वृक्ष प्रजातियों की पहचान, उनके स्वास्थ्य मूल्यांकन आदि जैसे वनस्पति अध्ययनों के लिए हाइपरस्पेक्ट्रल छवियां उपयुक्त हैं। भारत ने एक हाइपरस्पेक्ट्रल सुदूर संवेदन उपग्रह 'हाइसिस' लॉन्च किया है, जिसमें 2 स्पेक्ट्रोरेडियोमीटर हैं (तालिका 3)।

#### 4.0. सुदूर संवेदन द्वारा वनस्पति विश्लेषण और वर्गीकरण की तकनीकों में क्रमानुगत विकास

उपग्रह सुदूर संवेदन छवियों से वनस्पति और अन्य प्राकृतिक संसाधनों की जानकारी प्राप्त करने के लिए विभिन्न वर्गीकरण तकनीकों का विकास किया गया है। वनस्पति के घटकों के रंग, बनावट, टोन, पैटर्न जैसे छवि तत्वों के

वर्णक्रमीय और स्थानिक गुणों के आधार पर डाटा/छवि को वर्गीकृत करने के लिए वर्गीकरण तकनीकों का उपयोग किया जाता है (तालिका 3)। शुरुआत में बहुत साधारण तरीके से हाथ से (मैनुअल) मेज़ पर मानचित्रण किया जाता था, जिसके बाद डिजिटाइज़र बोर्ड एवं कंप्यूटर स्क्रीन पर हाथ से मानचित्रण का चलन आया। इसके पश्चात् डिजिटल (अर्ध-स्वचालित) वर्गीकरण का युग आया।

डिजिटल वर्गीकरण तकनीकों को मोटे तौर पर पर्यवेक्षित (सुपरवाइज़्ड) और अपर्यवेक्षित (अनसुपरवाइज़्ड) श्रेणियों में विभाजित किया जाता है। पर्यवेक्षित तकनीकें वर्गीकरण मॉडल के प्रशिक्षण के लिए इनपुट और संबंधित वर्ग लेबल से युक्त प्रशिक्षण नमूनों का उपयोग करती हैं, जबकि अपर्यवेक्षित तकनीकें इस प्रकार के वर्ग लेबल का उपयोग नहीं करती हैं, बल्कि डाटा में निहित पैटर्न का उपयोग करके उन्हें विभिन्न वर्गों में क्लस्टर या ग्रुप करती हैं। कुछ लोकप्रिय पर्यवेक्षित वर्गीकरण तकनीकें हैं, जैसे मैक्सिमम लाइकलीहुड, नियरेस्ट नेबर, बेशियन, सपोर्ट वेक्टर मशीन (एस.वी.एम.), रैंडम फॉरेस्ट (आर.एफ.) आदि। प्रति पिक्सेल आधारित तकनीकों का उपयोग अलग-अलग पिक्सेल के वर्णक्रमीय गुणों का उपयोग करते हुए निम्न और मध्यम विभेदन के उपग्रह डाटा को वर्गीकृत करने के लिए किया जाता है। ये एल्गोरिदम तेजी से काम करते हैं और वनस्पति, जल संसाधन, इमारतों आदि जैसे विशिष्ट वर्ग कक्षाओं को वर्गीकृत करने के लिए अच्छी तरह से काम करते हैं। पिक्सेल आधारित एल्गोरिदम का प्रमुख दोष यह है कि वर्णक्रमीय समान वर्गों को अलग नहीं कर सकते हैं, जैसे कि आम और नारियल के पेड़ के बीच अंतर करना। इस तरह की तकनीकों की उपयोगिता किसी विशेष क्षेत्र के उपग्रह चित्र/दृश्य तक ही सीमित रहती है और अन्य दृश्यों के लिए आसानी से वर्गीकरण सटीकता से समझौता किए बिना प्रयोग नहीं की जा सकती हैं। इस प्रकार उच्च स्थानिक और वर्णक्रमीय संकल्पों के साथ उपलब्ध उपग्रह छवियों के लिए पारंपरिक पिक्सेल आधारित क्लासिफायर, डाटा विश्लेषण से संबंधित जटिल चुनौतियों के कारण अपर्याप्त हैं। वनस्पति सूचकांक (वेजिटेशन इंडिसेस) का व्यापक रूप से वनस्पति के डिजिटल मानचित्रण / वर्गीकरण और कई अनुप्रयोगों के लिए जानकारी के निष्कर्षण के लिए उपयोग किया जाता है। सबसे लोकप्रिय वनस्पति सूचकांक सामान्यीकृत अंतर वनस्पति सूचकांक (एन.डी.वी.आई.), उन्नत वनस्पति सूचकांक (ई.वी.आई.) आदि हैं।

### तालिका 3: उपग्रह चित्र विश्लेषण और वर्गीकरण की तकनीकों का विकास

क्र.सं.	उपग्रह विश्लेषण तकनीक	चित्र की	तकनीक का विवरण	वर्गीकरण की श्रेणी
1.	लाइट टेबल पर विश्लेषण	पर	नीचे बल्ब लगे कांच की सतह वाली मेज़ पर रखकर ट्रेसिंग कागज पर हाथ से मानचित्रण	मैनुअल मानचित्रण
2.	डिजिटाइज़र बोर्ड		डिजिटाइज़र कलम (पेन) द्वारा दीवार पर लगे डिजिटाइज़र बोर्ड पर हाथ से मानचित्रण	मैनुअल डिजिटलीकरण
3.	ऑन स्क्रीन-दृश्य व्याख्या		कंप्यूटर स्क्रीन पर माउस की मदद से हाथ से डिजिटल मानचित्रण	मैनुअल डिजिटलीकरण
4.	प्रति पिक्सेल आधारित वर्गीकरण		पिक्सेल आधारित पर्यवेक्षित (सुपरवाइज़्ड) / अपर्यवेक्षित (अनसुपरवाइज़्ड) तकनीक	अर्ध-स्वचालित वर्गीकरण
5.	वस्तु-आधारित वर्गीकरण		समान पिक्सेलों का समूह एक वस्तु (ऑब्जेक्ट) के रूप में मल्टीरिज़ॉल्यूशन विभाजन का आधार	अर्ध-स्वचालित वर्गीकरण
6.	कृत्रिम बुद्धिमत्ता / मशीन लर्निंग / डीप लर्निंग		डीप न्यूरल नेटवर्क आधारित सुदूर संवेदन डाटा विश्लेषण, बड़ी मात्रा में प्रशिक्षण डाटा की आवश्यकता, किन्तु अन्य तकनीकों की तुलना में बेहतर प्रदर्शन	अर्ध-स्वचालित/स्वचालित वर्गीकरण
7.	क्लाउड कम्प्यूटिंग प्लेटफॉर्म		बड़े पैमाने पर सुदूर संवेदन आधारित अनुप्रयोग विकास के लिए बिग डेटा एनालिटिक्स; इनपुट के रूप में विश्लेषण के लिए तैयार डाटा का प्रयोग	स्वचालित वर्गीकरण

ये सूचकांक जैव-भौतिक मापदंडों के रूप में भी कार्य करते हैं, जो प्रकाश-संश्लेषण से संबंधित हैं, इसलिए ये 'हरियाली' या वनस्पति के स्वास्थ्य और फसलों में उपज से संबंधित मूल्यवान गतिशील जानकारी प्रदान करते हैं। वनस्पति का बड़े पैमाने पर मानचित्रण करने पर आम तौर पर सटीकता उतनी अधिक नहीं होती जितना कि उच्च-विभेदन उपग्रह चित्रों के साथ स्पष्टता से प्राप्त की जा सकती है, किन्तु अधिक भौगोलिक क्षेत्र का एक साथ अध्ययन नहीं किया जा सकता है। उच्च-विभेदन उपग्रह चित्रों में वनस्पति के विशिष्ट स्वरूपों (पैटर्न) को स्पष्ट तौर पर देखा जा सकता है किन्तु अपेक्षाकृत अधिक विषमता के कारण इनका विश्लेषण जटिल होता है। साथ ही डाटा की मात्रा (वॉल्यूम) में अत्यधिक वृद्धि होती है जिसके कारण अत्याधुनिक डाटा अधिग्रहण और विश्लेषण के लिए उन्नत तकनीकों का उपयोग ज़रूरी है। परंपरागत रूप से प्रयोग किये जाने वाले प्रति पिक्सेल आधारित वर्गीकरण का उपयोग निम्न और उपग्रह छवियों को वर्गीकृत करने के लिए किया जाता रहा है। मध्यम रिज़ॉल्यूशन छवियों से वर्गीकरण के लिए वस्तु-आधारित वर्गीकरण जैसे ऑब्जेक्ट बेस्ड इमेज एनालिसिस (ओ.बी.आई.ए.) तकनीकों का उपयोग भी प्रायः किया जाने लगा है। इस तकनीक में बहु-विभेदन विभाजन (मल्टी रेज़लुशन सेगमेंटेशन) का उपयोग करके छवि को शुरू में खंडित किया जाता है। परीक्षण-और-त्रुटि पद्धति के साथ कई पुनरावृत्तियों के बाद, खंडित छवियों के दृश्य निरीक्षण के आधार पर विभिन्न मापदंडों (पैमाने, आकार और कॉम्पैक्टनेस) को अनुकूलित किया जाता है। उसके बाद, खंडित छवियों को मशीन लर्निंग का उपयोग करके कक्षाओं में वर्गीकृत किया जाता है।

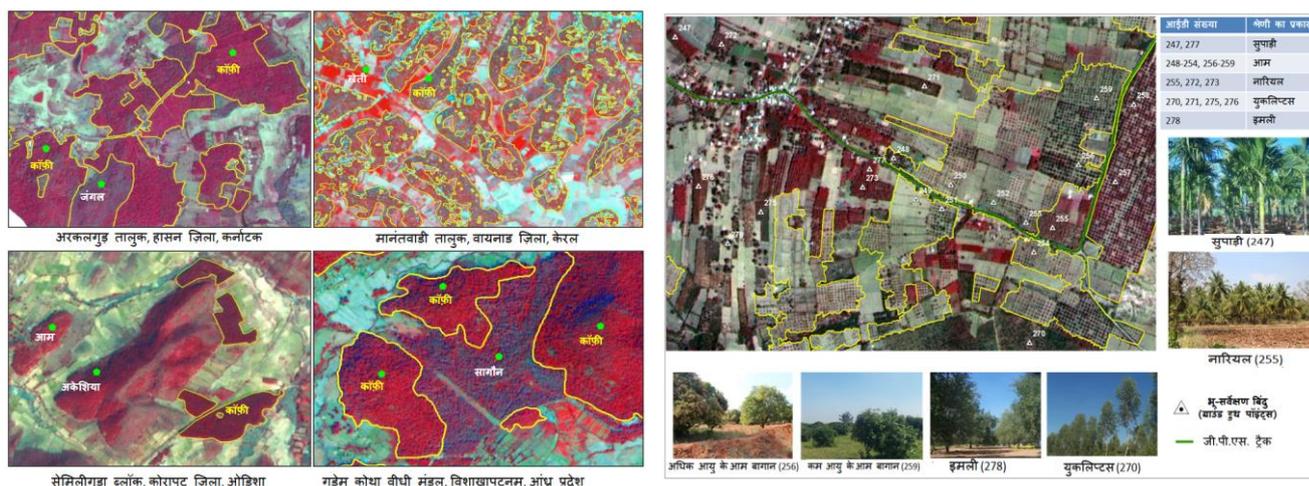
स्थानिक और वर्णक्रमीय विभेदन में होते हुए निरंतर सुधार ने उपग्रह चित्रों को संसाधित करने में कई नई चुनौतियाँ पैदा की हैं। इनमें कुछ प्रमुख चुनौतियाँ हैं - वनस्पति की शैली, आकार, पैमाने और वनस्पति के वितरण में भिन्नता, उच्च अंतरवर्ग समानता और कई वनस्पति वर्गों का आपस में लगभग एक समान होना, जैसे वृक्षारोपण, टी.ओ.एफ. और पेड़ आदि। इन चुनौतियों के लिए डीप लर्निंग आधारित क्लासिफायर जैसे जटिल नॉन-लीनियर मशीन लर्निंग क्लासिफायर के विकास की आवश्यकता पड़ी। हाल ही में, कृत्रिम बुद्धिमत्ता, विशेष रूप से डीप लर्निंग (डी.एल.) आधारित तकनीकों का उपयोग अति-उच्च रिज़ॉल्यूशन वाली छवियों से वर्गीकरण के लिए बहुत प्रभावी ढंग से किया गया है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता (आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस/ ए.आई.) का अर्थ है- एक मशीन में सोचने-समझने और निर्णय लेने की क्षमता का विकास करना। चूँकि मशीनों में यह क्षमता पहले से नहीं होती बल्कि विकसित की जाती है, अतः इसे कृत्रिम बुद्धिमत्ता कहते हैं। मशीन लर्निंग एवं डीप लर्निंग तकनीकें इसी पर ही आधारित हैं। ये ऐसे सॉफ्टवेयर अल्गोरिद्म हैं, जिसमें कम्प्यूटर को समस्या के निदान के कई उदाहरण देकर प्रशिक्षित किया जाता है, ताकि वे कम समय में परिणामों का बेहतर अनुमान लगा सकें। इसके अतिरिक्त क्लाउड कंप्यूटिंग प्लेटफॉर्म का प्रयोग भी बड़े पैमाने पर सुदूर संवेदन आधारित अनुप्रयोगों के विकास के लिए किया जाने लगा है।

### 5.0. वनस्पति विश्लेषण में सुदूर संवेदन अनुप्रयोगों के कुछ प्रमुख उदाहरण

लेख के इस भाग में राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केन्द्र के क्षेत्रीय केंद्र- दक्षिण (बेंगलुरु) द्वारा वनस्पति के अध्ययन से संबंधित विकसित / निष्पादित कुछ नवीनतम तकनीकों का उदाहरण सचित्र प्रस्तुत किया गया है। इनसे यह स्पष्ट होता है कि किस प्रकार वनस्पति का वर्गीकरण एवं मानचित्रण, बढ़ते हुए स्थानिक विभेदन के साथ अलग-अलग उपयुक्त आधुनिक विश्लेषण तकनीकों की मदद से किया जा सकता है। 'जिओ-कप' भू-स्थानिक प्रौद्योगिकी द्वारा कॉफी बागानों के राष्ट्रव्यापी मानचित्रण हेतु इसरो एवं कॉफी बोर्ड (वाणिज्य एवं उद्योग मंत्रालय) के बीच एक सहयोगात्मक परियोजना है। इसके अंतर्गत वृक्षों की छाया के नीचे मौजूद परम्परागत और गैर-परंपरागत कॉफी बागानों का डिजिटल मानचित्रण कार्टोसैट-1 एवं रिसोर्ससैट-2 के लिस-4 संवेदकों के उपग्रह चित्रों के विलय से प्राप्त 2.5 मी. चित्र का उपयोग करके ऑनस्क्रीन दृश्य व्याख्या- द्वारा हाथ से किया गया, जिसकी सीमा-रेखा काफी अच्छी तरह से बनाई जा सकती है (चित्र-2)। इस प्रक्रिया में बहुत अधिक समय लगता है, विशेषकर जब अध्ययन विशाल क्षेत्र में किया जा रहा हो। छवि विश्लेषण में लगने वाले समय और मेहनत की आवश्यकता को कम करने के लिए और साथ ही उच्च-विभेदन उपग्रह चित्रों की विषमता के कारण उन्नत तकनीकों की ज़रूरत के अनुसार अर्ध-स्वचालित / स्वचालित विधियों का विकास एवं निष्पादन किया

गया। चमन (कोऑर्डिनेटेड हॉर्टिकल्चर असेसमेंट एंड मैनेजमेंट यूसिंग जियो-इन्फार्मेटिक्स) एकीकृत बागवानी विकास मिशन के तहत इसरो और महालनोबिस नेशनल क्रॉप फोरकास्ट सेंटर- एम.एन.सी.एफ.सी. (कृषि और किसान कल्याण मंत्रालय) की राष्ट्रव्यापी परियोजना है (चित्र-3)। इसके अंतर्गत फलों के बागानों का वस्तु-आधारित वर्गीकरण तकनीक का प्रयोग करके अर्ध-स्वचालित मानचित्रण किया गया, जिसके बाद उसकी सीमा-रेखाओं को हाथ से कुछ हद तक सुधारने की आवश्यकता पड़ी।

कार्टोसैट-2 उपग्रह से प्राप्त 1.0 मीटर के उच्च-विभेदन उपग्रह चित्रों का प्रयोग करके बंगलुरु शहर के वन-क्षेत्र के बाहर स्थित वृक्ष-क्षेत्र के आकलन के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता पर आधारित एक प्रशिक्षित डीप लर्निंग यू-नेट मॉडल का विकास किया गया। इस कार्यपद्धति को अनुकूलित करके अन्य राज्यों के कुछ जिलों में विभिन्न कृषि-पारिस्थितिकीय परिदृश्यों में सफलतापूर्वक लागू किया गया। साथ ही इस व्यवहार्यता अध्ययन की सफलता के आधार पर क्षेत्रीय केंद्र- दक्षिण को 2021 में राष्ट्रीय स्तर पर कृषि-वानिकी (एग्रोफोरेस्ट्री) के मानचित्रण हेतु पायलट परियोजना का कार्य निष्पादित करने की जिम्मेदारी प्राप्त हुई। यह परियोजना संयुक्त राष्ट्र के 'खाद्य और कृषि संगठन' (फूड एंड एग्रीकल्चर ऑर्गेनाइजेशन) द्वारा प्रायोजित की गई। इसके अंतर्गत 'राष्ट्रीय वर्षा-सिंचित क्षेत्र प्राधिकरण' द्वारा चयनित भारत के 5 राज्यों (कर्नाटक, राजस्थान, उत्तर प्रदेश, हरियाणा एवं असम) में चुने हुए 6 जिलों का पहली बार एकीकृत कृषि-वानिकी मानचित्र तैयार करने का लक्ष्य रखा गया, जिसे संयुक्त रूप से सभी क्षेत्रीय केंद्रों के सक्रिय योगदान द्वारा कृत्रिम बुद्धिमत्ता की इसी तकनीक से कुछ ही महीनों में पूरा कर लिया गया।



चित्र-2: जियो-कप राष्ट्रीय परियोजना के अंतर्गत कॉफी बागानों का हाथ से किया गया मानचित्रण

चित्र-3: चमन राष्ट्रीय परियोजना के अंतर्गत फलों के बागानों का अर्ध-स्वचालित मानचित्रण

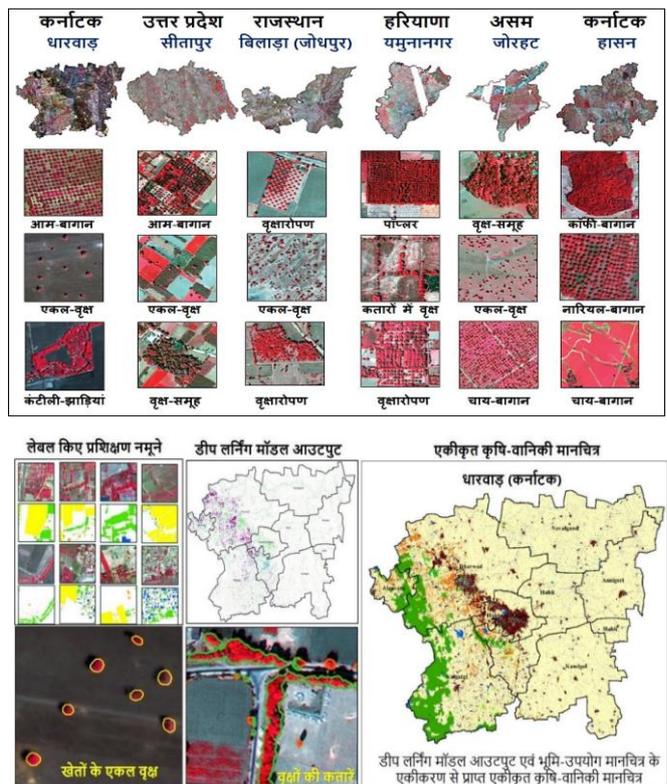
चित्र-4 में इन जिलों के अति-उच्च विभेदन (0.6 मी.) उपग्रह चित्रों द्वारा स्पष्ट रूप से विविधता दर्शाते हुए कृषि-वानिकी के घटक स्पष्ट रूप से देखे जा सकते हैं। चित्र-5 में अति-उच्च विभेदन उपग्रह चित्रों से कृत्रिम बुद्धिमत्ता पर आधारित डीप लर्निंग मॉडल द्वारा धारवाड़ (कर्नाटक) जिले के एकीकृत कृषि-वानिकी मानचित्रण को दर्शाया गया है। इसमें वृक्षों की कतारें और यहाँ तक कि खेतों में खड़े एकल पेड़ भी स्पष्ट रूप से वर्गीकृत किये हुए दिखाई दे रहे हैं।

चित्र-4: अति-उच्च विभेदन उपग्रह चित्रों द्वारा स्पष्ट रूप से विविधता दर्शाते हुए वनस्पति-घटक

चित्र-5: संयुक्त राष्ट्र के 'खाद्य और कृषि संगठन' की कृषि-वानिकी परियोजना के अंतर्गत अति-उच्च विभेदन उपग्रह चित्रों से कृत्रिम बुद्धिमत्ता पर आधारित डीप लर्निंग मॉडल द्वारा मानचित्रण

6. निष्कर्ष: पिछले कुछ दशकों में अंतरिक्ष विज्ञान व प्रौद्योगिकी तथा संबंधित अनुप्रयोगों में निरंतर प्रगति हुई है। सुदूर संवेदन उपग्रहों, विशेष रूप से भारतीय उपग्रहों ने पिछले कई दशकों से भारी मात्रा में कई पेटाबाइट्स डाटा एकत्र किया है, जिनमें अलग-अलग स्थानिक, वर्णक्रमीय, रेडियोमेट्रिक और टेम्पोरल विभेदन उपलब्ध हैं। समय के साथ भारतीय अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी ने परिपक्वता प्राप्त की और सुदूर संवेदन उपग्रहों से प्राप्त छवियों की गुणवत्ता में विकास होता गया। इसी के साथ ही विभिन्न छवि विश्लेषण तकनीकों का भी क्रमानुगत विकास हुआ है, जिससे अब अधिक सटीकता, कम समय एवं अपेक्षाकृत कम मेहनत में बेहतर परिणाम प्राप्त हो रहे हैं। वनस्पति-प्रकार के वितरण से संबंधित जानकारी राष्ट्रीय स्तर पर खाद्य सुरक्षा, वन्य-जीव निवास, स्थायी प्राकृतिक संसाधन प्रबंधन, कृषि-विज्ञान और हॉटस्पॉट क्षेत्रों में जैव-विविधता संरक्षण के लिए योजना बनाने में अत्यंत महत्वपूर्ण होती है। पारंपरिक तरीकों से वनस्पति के अध्ययन में काफी अधिक श्रम, समय और खर्च लगता है। किन्तु आज उच्च से अति-उच्च विभेदन उपग्रह चित्रों और उन्नत वर्गीकरण पद्धतियों की उपलब्धता द्वारा सुदूर संवेदन तकनीक विभिन्न प्रकार के वनस्पति प्रकारों के मानचित्रण, वर्गीकरण एवं आधुनिक प्रबंधन के लिए अत्यंत उपयोगी साबित हुई है। साथ ही अन्य स्रोतों जैसे आईओटी, ड्रोन, लिडार आदि से प्राप्त डाटा का प्रयोग करके राष्ट्रीय स्तर पर कार्बन पृथक्करण, जलवायु परिवर्तन, प्राकृतिक संसाधनों की निगरानी जैसे अध्ययनों के लिए उन्नत विश्लेषण तकनीकों जैसे डीप लर्निंग द्वारा अमूल्य जानकारी का पता लगाया जा सकता है। क्लाउड कंप्यूटिंग और एज कंप्यूटिंग प्लेटफॉर्म के साथ डाटा क्यूब जैसी उन्नत बिग डाटा विश्लेषणात्मक तकनीक फसल उपज पूर्वानुमान, कीट और रोग निगरानी, फसल क्षति मूल्यांकन आदि जैसे क्रियात्मक उत्पादों और सेवाओं को विकसित करने के लिए उपयोगी होगी। साथ ही नए सुदूर संवेदन मंचों की उपलब्धता भी अपेक्षित है। जैसे अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन सामान्य उपग्रहों की तुलना में सुदूर संवेदन के लिए एक मूल्यवान मंच है, जो दिन और वर्ष के अलग-अलग समय और परिवर्तनीय प्रकाश स्थितियों में स्थानों के लिए डाटा एकत्र करने में सक्षम है, इसी प्रकार भारत के समानव अंतरिक्ष अभियान या प्रस्तावित अंतरिक्ष स्टेशन को भी सशक्त सुदूर संवेदन मंच के रूप में प्रयोग किया जा सकता है।

7. आभार: लेखक निदेशक, राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केन्द्र (एन.आर.एस.सी., हैदराबाद) एवं मुख्य-महाप्रबंधक, एन.आर.एस.सी. क्षेत्रीय केंद्र (नई दिल्ली) के प्रति अपना आभार व्यक्त करते हैं, जिन्होंने इन परियोजनाओं के दौरान सदैव उनका मार्गदर्शन किया एवं प्रोत्साहन दिया। वे प्रधान, अनुप्रयोग (क्षेत्रीय सुदूर संवेदन केंद्र – दक्षिण, बेंगलुरु), श्री रविशंकर एच.एम., सेवानिवृत्त वैज्ञानिक, क्षेत्रीय केंद्र-दक्षिण एवं इन परियोजनाओं के टीम के सभी सदस्यों का भी उनके योगदान के लिए धन्यवाद करते हैं।



## 8. सन्दर्भ

हेब्बार आर., रविशंकर एच.एम., शिवम् त्रिवेदी, रामासुब्रमण्यम एस., उदय राज एवं डढवाल वी.के., 2014. 'ऑब्जेक्ट-ओरिएंटेड क्लासिफिकेशन ऑफ़ हाई रेज़लुशन सैटेलाइट डाटा फॉर इन्वेंटरी ऑफ़ हॉर्टिकल्चरल क्रॉप्स', इंटरनेशनल आर्काइव्स ऑफ़ द फोटोग्रामेट्री, रिमोट सेंसिंग एंड स्पेशियल इन्फॉर्मेशन साइंसेज, XL-8.

राय पी.एस. एवं अन्य, 2015. 'न्यू वेजिटेशन टाइप मैप ऑफ़ इंडिया प्रिपेयर्ड यूज़िंग सैटेलाइट रिमोट सेंसिंग: कम्पैरिजन विद ग्लोबल वेजिटेशन मैप्स एंड यूटिलिटीज', इंटरनेशनल जर्नल ऑफ़ एप्लाइड अर्थ ऑब्ज़र्वेशन एंड जिओइंफॉर्मेशन: 39,142-159.

आर आर एस सीदक्षिण-, 2018. चमन परियोजनाप्रायद्विपीय, भारत में आम, सिट्रस और केला बागानों की सूचीरिपोर्ट संख्या : NRSC-RC-RRSCBANG-JUN-2018-TR-1161-V1.0.

आर.आर.एस.सीदक्षिण-, 2022. स्पेशियल इन्वेंटरी ऑफ़ एग्रोफोरेस्ट्री रिसेर्सेज यूज़िंग जिओस्पेशियल टेक्नोलॉजी एंड एआई विद वेरी हाई रेज़लुशन इमेजेस, रिपोर्ट संख्या: NRSC-RRSC-BANG-APR2022-TR-0001999-V1.0

शिवम् त्रिवेदी, 2022. 'उपग्रह सुदूर संवेदन द्वारा विभिन्न वनस्पति प्रकारों का अध्ययन एवं अनुप्रयोग', सीएसआईआर, एन.ए.एल., बेंगलुरु द्वारा आज़ादी का अमृत महोत्सव के उपलक्ष्य में आयोजित 'विज्ञान और प्रौद्योगिकी पर राष्ट्रीय हिंदी वेबिनार' के लेख संग्रह 'विज्ञान कुंज' में प्रकाशित तकनीकी पत्र, पृ.207-212.

<https://www.isro.gov.in/>; <https://www.nrsc.gov.in/>; <https://bhuvan.nrsc.gov.in>

### लेखक परिचय:



हैं।

श्रीमती शिवम् त्रिवेदी राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र के क्षेत्रीय केंद्र-दक्षिण (बेंगलुरु) में वैज्ञानिक हैं। उपग्रह सुदूर संवेदन एवं भू-स्थानिक प्रौद्योगिकी के वनस्पति संबंधित अनुप्रयोगों में करीब दो दशकों का अनुभव प्राप्त है। राष्ट्रीय/अंतर्राष्ट्रीय पत्र-पत्रिकाओं में इनके 45 तकनीकी लेख/पुस्तक अध्याय प्रकाशित हुए हैं। अपने तकनीकी लेखन द्वारा राजभाषा हिंदी के प्रगामी प्रचार-प्रसार में सक्रिय रूप से योगदान भी देती रही



श्री रामचंद्र हेब्बार राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र के क्षेत्रीय केंद्र-दक्षिण (बेंगलुरु) में उप-महाप्रबंधक, वैज्ञानिक एवं राजभाषा कार्यान्वयन समिति के अध्यक्ष हैं। उपग्रह सुदूर संवेदन के कृषि, बागवानी, वानिकी, जल संसाधन व शहरी अनुप्रयोगों सहित प्रौद्योगिकी विकास, आधुनिक वर्गीकरण पद्धतियों और अनुसंधान में करीब तीन दशकों का अनुभव प्राप्त है। राष्ट्रीय/अंतर्राष्ट्रीय पत्र-पत्रिकाओं में इनके 50 तकनीकी लेख प्रकाशित हुए हैं।



प्रकाशित हुए हैं।

श्री विनोद पी.वी. राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र के क्षेत्रीय केंद्र-दक्षिण (बेंगलुरु) में वैज्ञानिक हैं। उन्हें भू-स्थानिक सॉफ्टवेयर अनुप्रयोग विकास में 15 से अधिक वर्षों का अनुभव है तथा मशीन लर्निंग और डीप लर्निंग आधारित सुदूर संवेदन डाटा विश्लेषण और अनुप्रयोगों में विशिष्टता प्राप्त है। स्थान-आधारित प्रणालियों व कृत्रिम बुद्धिमत्ता / मशीन लर्निंग के क्षेत्र में राष्ट्रीय/अंतर्राष्ट्रीय पत्रिकाओं में इनके कई तकनीकी लेख

## सुदूर संवेदन उपग्रह डेटा रिसेप्शन सिस्टम (डैटा अभिग्रहण प्रणाली) की विश्वसनीयता विश्लेषण

श्रीदेवी सी.एच., एन.आर.एस.सी.- एस.आर.क्यू.ए.  
कार्मिक कोड सं. NR01796

### सारांश

भारतीय सुदूर संवेदन उपग्रह कार्यक्रम की किसी भी ग्राउंड स्टेशन (भू-स्टेशन) में, पूरी प्रक्रिया का क्रिटिकल बॉटल नेक यह सुनिश्चित करना है कि अधिग्रहण से कोई पास (पारण) छूट न जाए। एक बार जब कच्चा डेटा प्राप्त हो जाता है और उपलब्ध हो जाता है, तो इसका उपयोग किसी भी समय प्रसंस्करण के लिए किया जा सकता है। अन्य सभी प्रक्रियाओं में, क्योंकि पुनरावृत्तियां संभव हैं, क्षतियों की संभावना थोड़ी कम है। डेटा रिसेप्शन सिस्टम (डैटा अभिग्रहण प्रणाली)(आंकड़ा अभिग्रहण प्रणाली) एक जटिल प्रणाली है और इसकी सिस्टम विश्वसनीयता और सिस्टम उपलब्धता महत्वपूर्ण कारक हैं जिन पर अधिक अवधि के लिए सफल संचालन और उन्नत लॉन्च (प्रमोचन) परिदृश्यों को पूरा करने के लिए विचार किया जाना चाहिए। यह सिस्टम की क्रिटिकलिटी इंडेक्स के आधार पर प्रभावी योजना बनाने में मदद करेगा, अनुकूलित आकस्मिकता और रखरखाव योजना तैयार करने और संयुक्त परियोजनाओं के मामले में सहयोगियों को विश्वास प्रदान करने में मदद करेगा। बहु-मिशन परिचालन परिदृश्य में, मिशन मापदंडों के आधार पर डी.आर.एस. सिस्टम को कॉन्फिगर करना और 2 मिनट के भीतर अगले पास (पारण) के लिए तैयार होना आवश्यक है। समय की महत्वपूर्ण आवश्यकताओं को ध्यान में रखते हुए, कुल स्टेशन संचालन एक स्वचालित वातावरण में किया जाएगा, जिसका लक्ष्य मानव रहित संचालन को शत-प्रतिशत दक्षता के साथ करना है। जिसके लिए सिस्टम की अच्छी विश्वसनीयता और उपलब्धता बहुत जरूरी है। इस पत्र में अंटार्कटिका ग्राउंड स्टेशन की सिस्टम विश्वसनीयता और उपलब्धता और "आइ.एम.जी.ई.ओ.एस." ग्राउंड स्टेशन डी.आर.एस. की एक इकाई पर एक अध्ययन प्रस्तुत किया गया है।

### 1. कार्य की सीमा और उद्देश्य

- डी.आर.एस. श्रृंखला की महत्वपूर्ण इकाई की पहचान करने के लिए और इसकी प्रणाली विश्वसनीयता और उपलब्धता का अनुमान लगाने के लिए एक मॉडल लाने के लिए और क्षेत्र विफलता डेटा के साथ मॉडल को मान्य करने के लिए।
- इस मॉडल को किसी भी उन्नयन या इकाई की नए डिजाइन के मामले में प्रणाली के प्रदर्शन पर प्रभाव को समझने के लिए एक रूपरेखा के रूप में इस्तेमाल किया जा सकता है।
- यह मॉडल उस समयावधि को जानने के लिए उपयोगी होगा, जिसके लिए इकाई आवश्यक विश्वसनीयता के साथ लगातार चालू रह सकती है और बदले में आकस्मिक/निवारक रखरखाव योजना बनाने में मदद कर सकती है।
- यह बताई गई शर्तों के तहत पूरे जीवन चक्र में सिस्टम के सुधार या गिरावट को समझने में मदद करता है, जो भविष्य के विकास के लिए अनुकूलित डिजाइन पर पहुंचने के लिए महत्वपूर्ण इनपुट होगा।

### 2. विश्वसनीयता के आकलन के तरीके

क) एम.टी.बी.एफ. और एम.टी.टी.आर. सीधे डिजाइन से उपलब्ध हैं,

$$\lambda = 1/\text{एम.टी.बी.एफ. घातीय वितरण मानकर}$$

ख) फ्रील्ड विफलता डेटा

दर्ज किए गए डेटा के वितरण का अनुमान लगाना और वितरण के आधार पर उपयुक्त तकनीक का उपयोग करते हुए विश्वसनीयता का निर्धारण करना।

### 3. परिभाषाएं और संक्षिप्त कार्यप्रणाली

#### परिभाषाएं

ग्राउंड स्टेशन पर एंटेना सिस्टम के माध्यम से सैटेलाइट डेटा हासिल किया जाता है जिसमें एंटेना रिफ्लेक्टर, फीड और संबंधित इलेक्ट्रॉनिक्स, सर्वो कंट्रोल यूनिट, डाउन कन्वर्टर, डेमोडुलेटर आदि शामिल होते हैं।

**पूर्व प्रसंस्करण:** यह डेटा को अंतर्ग्रहण करने, डिकोडिंग, डिक्रिप्टिंग, वीडियो डेटा जनरेशन, टाइम स्टैम्पिंग, पास (पारण) योग्यता, लेवल -0 उत्पादों के निर्माण आदि के साथ-साथ ऑर्बिट की ऊंचाई की जानकारी उत्पन्न करने की एक प्रक्रिया है।

**प्रसंस्करण:** उपयोगकर्ता विनिर्देश और उत्पाद योग्यता और संग्रह के आधार पर मानक मूल्यवर्धित उत्पादों में उत्पाद अंतर्ग्रहण, स्तर -0 उत्पादों का प्रसंस्करण।

**प्रचार:** उपयोगकर्ता के अनुरोधों को लेना और उपयोगकर्ता के अनुरोध के अनुसार डेटा प्रोसेसिंग के लिए वर्क ऑर्डर (कार्य आदेश) बनाना और **अनुरोध के अनुसार उपयोगकर्ता को डेटा का प्रसार करना।**

**सिस्टम विश्वसनीयता:** विश्वसनीयता को इस संभावना के रूप में परिभाषित किया जाता है कि कोई उत्पाद, प्रणाली या सेवा एक निर्दिष्ट अवधि के लिए अपने इच्छित कार्य को पर्याप्त रूप से निष्पादित करेगी, या बिना किसी विफलता के निर्धारित वातावरण में काम करेगी।

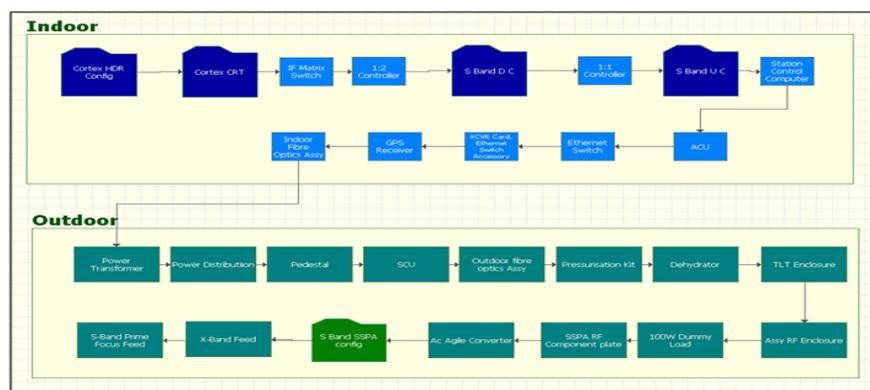
**गुणवत्ता :** गुणवत्ता को इस प्रकार परिभाषित किया जाता है कि, क्या वस्तु अपने इच्छित कार्य को करती है?, यदि हां, तो यह अपने इच्छित कार्य को कितनी अच्छी तरह करती है?

**सिस्टम उपलब्धता :** उपलब्धता उस समय का प्रतिशत है जब सिस्टम चालू होता है। यह वह डिग्री है जिस तक कोई सिस्टम/सबसिस्टम या उपकरण किसी मिशन की शुरुआत में एक निर्दिष्ट परिचालन स्थिति में होता है।

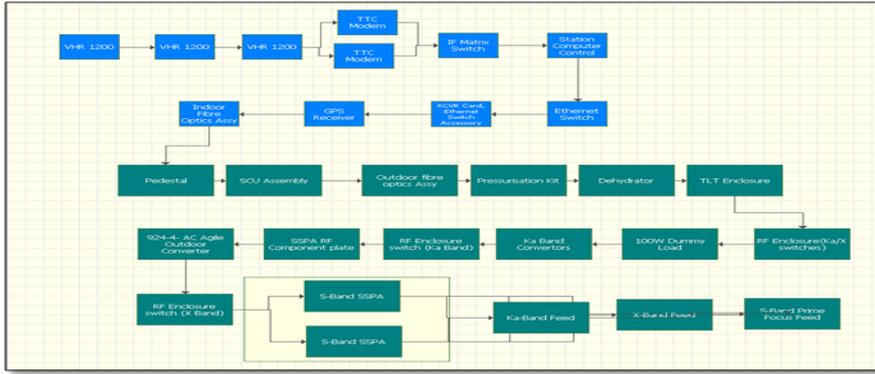
#### कार्यप्रणाली

विश्लेषण के लिए निम्नलिखित दृष्टिकोण का पालन किया जाता है:

- क) डेटा प्राप्त करने की श्रृंखला में विफलता का कारण बनने के लिए प्रासंगिक उप-प्रणालियों की पहचान करना और इन उप-प्रणालियों के विफलता निर्भरता आरेख / विश्वसनीयता ब्लॉक आरेख को एक-दूसरे पर और समग्र प्रणाली पर उनकी विफलता की अन्योन्याश्रयता पर विचार करते हुए उत्पन्न करना। इसे क्रमशः डी.आर.एस.-1 और 2 के लिए चित्र-1 और 2 में दर्शाया गया है:



चित्र-1 : डी.आर.एस.-1 का विश्वसनीयता ब्लॉक आरेख



चित्र-2 : डी.आर.एस.-2 का विश्वसनीयता ब्लॉक आरेख

ख) डिज़ाइन दस्तावेज़ों में उपलब्ध एम.टी.बी.एफ. (MTBF) के आधार पर ए.जी.ई.ओ.एस. डी.आर.एस. (AGEOS DRS) के सबसिस्टम की विश्वसनीयता का विश्लेषण करना

ग) नीचे दिए गए फॉर्मूले का उपयोग करके डिज़ाइन दस्तावेज़ों से एम.टी.बी.एफ. (MTBF) मान के आधार पर प्रत्येक सबसिस्टम की विफलता दर ( $\lambda_i$ ) की गणना करना।

$$\lambda_i = 1/MTBF_i$$

घ) नीचे दिए गए फॉर्मूले का उपयोग करके स्टैंड अलोन मोड में सबसिस्टम की गिरावट को समझने के लिए एक वर्ष की आवधिक वृद्धि के साथ 10 वर्षों के लिए घातीय वितरण मानते हुए प्रत्येक सबसिस्टम की विश्वसनीयता का अनुमान लगाना

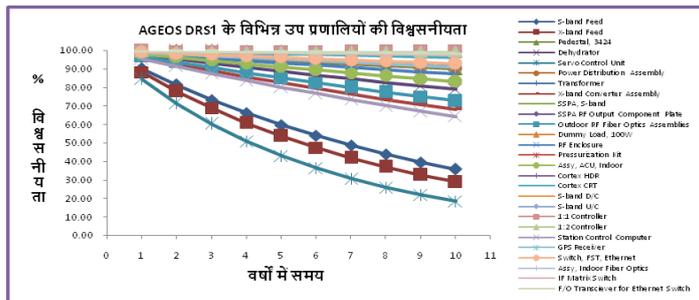
सिस्टम विश्वसनीयता =

ड) 10 वर्षों की अवधि के लिए उप-प्रणालियों के प्रदर्शन/गिरावट के आधार पर महत्वपूर्ण इकाई की पहचान करना।

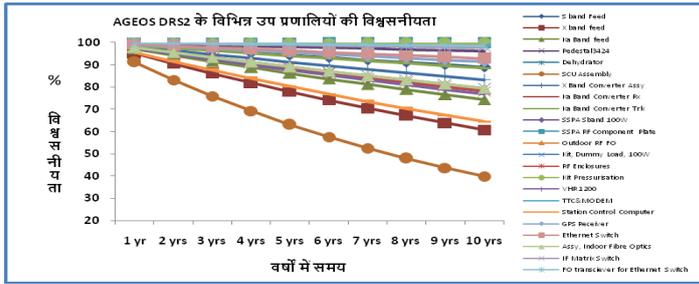
च) क्रिटिकल यूनिट के रिलायबिलिटी ब्लॉक डायग्राम (आर.बी.डी.) मॉडल को सृजित करके आई.एम.जी.ई.ओ.एस. (IMGEOS) श्रृंखला में पहचानी गई महत्वपूर्ण इकाई पर विस्तृत विश्लेषण करना

छ) आवश्यक विश्वसनीयता के लिए महत्वपूर्ण इकाई की विश्वसनीयता और संचालन समय का आकलन

ज) फील्ड विफलता डेटा के आधार पर पहचानी गई महत्वपूर्ण इकाई की व्यावहारिक विश्वसनीयता का निर्धारण और फील्ड डेटा के साथ आर.बी.डी. मॉडल को मान्य करना



ए.जी.ई.ओ.एस. (AGEOS) के डी.आर.एस.1 के विभिन्न उप-प्रणालियों की विश्वसनीयता का अनुमान



ए.जी.ई.ओ.एस. (AGEOS) के डी.आर.एस.2 के विभिन्न उप-प्रणालियों की विश्वसनीयता का अनुमान

झ) यह डी.आर.एस.1 और जी.आर.एस.2 दोनों श्रृंखलाओं में देखा गया था, सर्वो नियंत्रण इकाई में गिरावट अधिक है, इसलिए इसे महत्वपूर्ण इकाइयों में से एक के रूप में पहचाना जाता है। आई.एम.जी.ई.ओ.एस. (IMGEOS) की सर्वो नियंत्रण इकाई का विश्लेषण किया गया। इसके भाग के रूप में सबसे पहले सर्वो नियंत्रण इकाई में उन तत्वों की पहचान की, जो विफलता में योगदान कर सकते हैं। आई.एम.जी.ई.ओ.एस. (IMGEOS) की सर्वो नियंत्रण इकाई का विफलता निर्भरता आरेख / विश्वसनीयता ब्लॉक आरेख (आर.बी.डी.) लाया गया।

ञ) आर.बी.डी. का अर्थ है

- विफलता निर्भरता के आधार पर मॉडल का योजनाबद्ध प्रतिनिधित्व
- सिस्टम के प्रत्येक तत्व को एक ब्लॉक के रूप में दर्शाया गया है
- ब्लॉकों को जोड़कर सिस्टम व्यवहार का प्रतिनिधित्व किया जाता है
- व्यक्तिगत घटकों की विफलताओं को स्वतंत्र माना जाता है
- एक प्रणाली की विश्वसनीयता संरचना (तर्क) दिखाता है
- एक ब्लॉक को "स्विच" के रूप में देखा जा सकता है, जो ब्लॉक के संचालन के दौरान बंद हो जाता है और ब्लॉक के विफल होने पर खुला रहता है।
- सिस्टम शुरू होता है, यदि इनपुट से आरेख के आउटपुट तक "बंद स्विच" का पथ पाया जाता है।

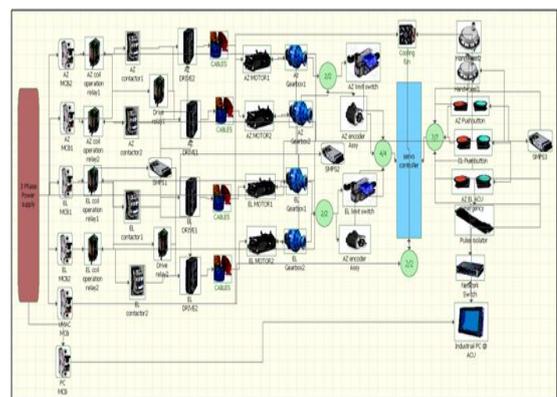
उपयुक्त एम.टी.बी.एफ. मूल्यों के साथ प्रत्येक ब्लॉक को टैग किया और एस.सी.यू. की सिस्टम स्तर की विश्वसनीयता की गणना निम्नानुसार की गई:

**विश्वसनीयता के संदर्भ में**

श्रृंखला तत्व:  $R = R1 * R2 * R3 * \dots * Rn$

समानांतर तत्व :  $R = 1 - \{ (1-R1) * (1-R2) * (1-R3) * \dots * (1-Rn) \}$

ऐंटेना सर्वो कंट्रोल यूनिट सिस्टम का आर.बी.डी.

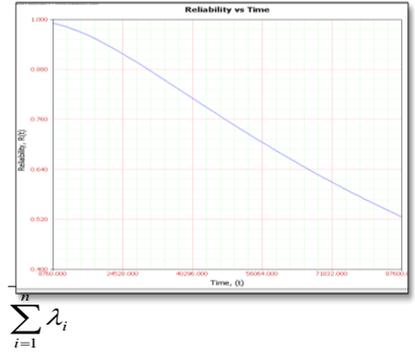


n तत्वों में से k:  $R = R^n + nR^{n-1}Q + \frac{n(n-1)}{2!} R^{n-2}Q^2 + \frac{n(n-1)(n-2)}{3!} R^{n-3}Q^3 \dots + Q^n$

**विफलता दर के संदर्भ में**

श्रृंखला तत्व:  $\lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i$

समानांतर तत्व :  $1/\lambda_s = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} - \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \frac{1}{\lambda_i + \lambda_j} + \sum_{i=1}^{n-2} \sum_{j=i+1}^{n-1} \sum_{k=j+1}^n \frac{1}{\lambda_i + \lambda_j + \lambda_k} - \dots + (-1)^{n+1} \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}$



ट) एक वर्ष के लिए सिस्टम की विश्वसनीयता की गणना 99.11% के रूप में की जाती है और 10 वर्षों की अवधि के लिए घटाकर 52.58 कर दी जाती है।

**4. फ्रील्ड डेटा का उपयोग करके मॉडल का सत्यापन**

एक ऐंटेना के एस.सी.यू के फ्रील्ड विफलता डेटा का उपयोग करके सिस्टम विश्वसनीयता का आकलन करने के लिए 01.01.2020 से 31.08.2022 तक एस.डी.आर.आइ.एस.ए. ब्रेक डाउन लॉग से फ्रील्ड डेटा पर विचार किया जाता है। तीन (3) साल की अवधि के लिए एक ऐंटेना सिस्टम के ब्रेक डाउन लॉग से फ्रील्ड डेटा को फ्रील्ड विफलता डेटा का उपयोग करके सिस्टम की विश्वसनीयता का अनुमान लगाने के लिए माना जाता है।

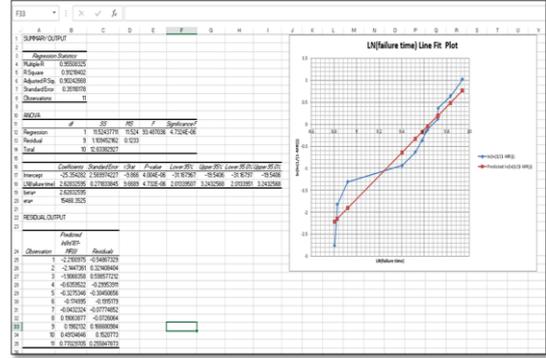
क्र. सं. SI No	विफलता का समय (घंटों में) Time to failure (Hrs)	मिडियन रैंक (एम.आर.) Median Rank (MR)	1/(1-एम.आर.) 1/(1-MR)	(विफलता समय में) ln(failure time)	ln(ln(1/(1-MR)))
1	6672	0.061403509	1.065420561	8.805674944	-2.758770808
2	6840	0.149122807	1.175257732	8.830543011	-1.823327725
3	7488	0.236842105	1.310344828	8.921057018	-1.308258602
4	12144	0.324561404	1.480519481	9.4045905	-0.935491323
5	13656	0.412280702	1.701492537	9.521934264	-0.632041114
6	14472	0.500000000	2.000000000	9.579971027	-0.366512921
7	15216	0.587719298	2.425531915	9.630102785	-0.120980941
8	16632	0.675438596	3.081081081	9.71908383	0.11803237
9	16680	0.763157895	4.222222222	9.721965676	0.364894181
10	18648	0.850877193	6.705882353	9.833494181	0.643423761
11	20736	0.938596491	16.28571429	9.939626599	1.026144924

(एम.आर.) = ((i-0.3)/(N+0.4))\*100  
 i- विफलता का क्रम N- कुल नमूना आकार

एक्सेल में रिग्रेशन का उपयोग करता हुआ आरेख

$$\beta = \text{आकार पैरामीटर} = 2.6283$$

$$\eta = \text{स्केल पैरामीटर} = 15468$$



$$\beta = \text{आकार पैरामीटर} = 2.8807$$

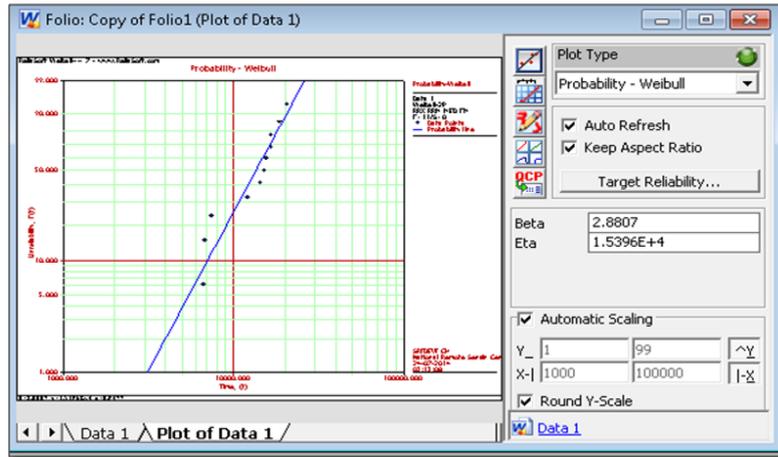
$$\eta = \text{स्केल पैरामीटर} = 15396$$

सिस्टम विश्वसनीयता  $R(t) = e^{-\frac{t}{\eta}}$

$$\beta = \text{आकार पैरामीटर}$$

$$\eta = \text{स्केल पैरामीटर}$$

टी = मिशन समय



फील्ड डेटा का उपयोग करने के लिए प्राप्त विश्वसनीयता = 82.12%

इसी अवधि के लिए आर.बी.डी. मॉडल का उपयोग करके प्राप्त विश्वसनीयता = 86.78%

General | Optimization

**System Calculations**

Std. Probability Calculations  Warranty Time

Conditional Calculations  BX Information

Failure Rate  Mean Time

**Required Input From User**

Required Reliability: 0.9975

**Results**

Time: 5141.4699

Basic Calculations | Confidence Bounds | Parameter Bounds

Show Confidence Bounds

Confidence Level: 0.6

Two-Sided

Upper One-Sided

Both One-Sided

Lower One-Sided

Show Fisher Matrix...

**Results**

Time: 1924.5160

Calculate Close

फील्ड डेटा के साथ 80 दिनों तक निरंतर संचालन  
सैद्धांतिक आंकड़ों के अनुसार 214 निरंतर संचालन दिन

$$\text{सिस्टम उपलब्धता} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

$$\text{एम.टी.बी.एफ.} = \text{कुल समय/विफलताओं की कुल संख्या} = 23400/11 = 2127.272 \text{ घंटे}$$

फील्ड डेटा का उपयोग, मरम्मत के लिए औसत समय (एम.टी.टी.आर.) =

$$\sum_{i=1}^n Ri/n$$

जहां 'री' ith घटना की मरम्मत का समय है

और 'n' घटनाओं की संख्या है

एम.टी.टी.आर. = कुल डाउन टाइम / विफलताओं की कुल संख्या = 44.8/11 = 4.072 घंटे

अतः फील्ड डेटा का उपयोग करते हुए सिस्टम उपलब्धता = 99.80%

एम.टी.टी.आर. डेटा शीट के अनुसार सभी इकाइयों का उपयोग या सैद्धांतिक मरम्मत समय।

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i R P_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}$$

Ri' ith इकाई की मरम्मत का समय है  
'n' इकाइयों की संख्या है  
ith इकाई की विफलता दर है

क्लैश परिदृश्य में, स्टेशन की उपलब्धता उस प्रणाली की उपलब्धता होगी, जिसमें सबसे खराब स्थिति को देखते हुए सिस्टम की उपलब्धता सबसे कम है। गैर-संघर्ष परिदृश्य में, उपलब्ध डी.आर.एस. श्रृंखला समानांतर प्रणाली के रूप में कार्य करती है और इसलिए स्टेशन की उपलब्धता की गणना निम्न सूत्र का उपयोग करके की जा सकती है।

$$A_{parallel} = [1 - [(1 - A1) * (1 - A2) * \dots * (1 - An)]] * 100$$

ए.जी.ई.ओ.एस. (AGEOS) ग्राउंड स्टेशन की स्टेशन उपलब्धता

$$= [1 - [(1 - 0.9190) * (1 - 0.9446)]] * 100$$

$$= 99.55\%$$

ए.जी.ई.ओ.एस. (AGEOS) पर एस-बैंड डेटा रिसेप्शन सिस्टम (डैटा अभिग्रहण प्रणाली)(डैटा अभिग्रहण प्रणाली)की उपलब्धता

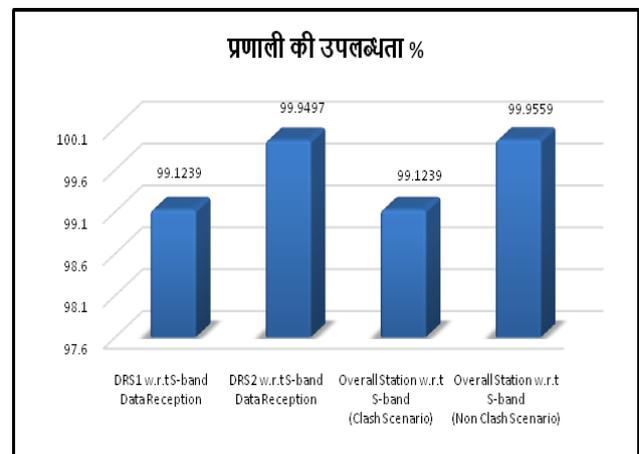
व्यवस्था	उपलब्धता %	डाउनटाइम %
एस-बैंड डेटा रिसेप्शन के सापेक्ष डी.आर.एस.-1 DRS1 w.r.t. S-Band Data Reception	99.1239	0.8771% (3d 4h 47m 50s yearly)
एस-बैंड डेटा रिसेप्शन के सापेक्ष डी.आर.एस. 2 DRS2 w.r.t. S-Band Data Reception	99.9497	0.0503% (4h 24m 33s yearly)
एस-बैंड डेटा रिसेप्शन के संबंध में समग्र स्टेशन (संघर्ष परिदृश्य-सबसे खराब स्थिति)	99.1239	0.8771% (3d 4h 47m 50s yearly)
एस-बैंड डेटा रिसेप्शन के संबंध में समग्र स्टेशन (नॉन क्लैश परिदृश्य)	99.9559	0.0441% (3h 51m 32s yearly)

डी.आर.एस.-1 और 2 की सिस्टम उपलब्धता और एस-बैंड डेटा रिसेप्शन के संबंध में स्टेशन उपलब्धता को नीचे चित्र-5 में प्लॉट और दर्शाया गया है।

चित्र: ए.जी.ई.ओ.एस. (AGEOS) पर एस-बैंड डी.आर.एस.-1 और 2 की सिस्टम उपलब्धता का प्लॉट

### 5. निष्कर्ष

समग्र डेटा रिसेप्शन सिस्टम, ए.जी.ई.ओ.एस. (AGEOS) में टी.टी.सी. श्रृंखला उपलब्धता और आई.एम.जी.ई.एस.ओ. (IMGESO) में एक महत्वपूर्ण इकाई पर एक अध्ययन और विश्वसनीयता मॉडल लाया और इसे मान्य किया। इस मॉडल का उपयोग उस समय का अनुमान लगाने के लिए किया जा सकता है, जब सिस्टम को 3 सिग्मा विश्वसनीयता प्राप्त करने के लिए निरंतर संचालित किया जाता है। आकस्मिकता और निवारक रख-रखाव योजनाओं का उपयोग करने के



लिए और किसी भी अद्यतन के मामले में सिस्टम के प्रदर्शन में सुधार का अनुमान लगाने के लिए भी इस्तेमाल किया जा सकता है। भविष्य के परिदृश्य के लिए डिजाइन में संशोधन किया जा सकता है।

### लेखक परिचय:



श्रीदेवी सी एच, बी.टेक मैकेनिकल इंजीनियरिंग और प्रमाणित विश्वसनीयता पेशेवर हैं। वे वी.एस.एस.सी. में 2005 में नियुक्त हुईं और उन्होंने 3 वर्षों के लिए प्रमोचन यान और उपग्रह के पायरो और ऑर्डनेंस सिस्टम की सिस्टम विश्वसनीयता के क्षेत्र में कार्य किया तदनंतर मार्च 2008 में एन.आर.एस.सी. में कार्यरत हुईं। वर्तमान में एन.आर.एस.सी. में एस.आर. और क्यू.ए. में वैज्ञानिक / अभियंता "एस ई" के रूप में कार्यरत हैं। वे एन.आर.एस.सी. में गुणवत्ता प्रबंधन प्रणाली के कार्यान्वयन और सुव्यवस्थित करने और विभिन्न मिशन ग्राउंड सेगमेंट डेटा रिसेप्शन तत्वों के लिए प्रोजेक्ट मैनेजर, सिस्टम क्यू.ए. में भी कार्यरत हैं।

## सुदूर-संवेदन: अवधारणा एवं इसके अनुप्रयोग

आशीष कुमार शर्मा, वैज्ञानिक अभियंता- एस.डी.

क्षेत्रीय सुदूर संवेदन केंद्र(मध्य)-नागपुर

[aks11153@rediffmail.com](mailto:aks11153@rediffmail.com)

### 1. भू-स्थानिक आंकड़ा प्राप्ति

क्या हम सामाजिक खुशहाली, स्थायी आर्थिक विकास एवं पर्यावरण रक्षा के बाबत पर्याप्त विकास कर रहे हैं? क्या हमारे पास सही समय एवं सही जगह पर सही सूचना उपलब्ध है जिसके द्वारा हम सही निर्णय ले सकें? इस विकास के लिए जरूरी है भू-स्थानिक आंकड़ों की उपलब्धता, खासकर आज के समय में जब पृथ्वी का दोहन बहुत तेजी से बढ़ा है।

भू-स्थानिक आंकड़े पृथ्वी-निरीक्षण के केंद्र-बिंदु है। पृथ्वी की भौतिक, रासायनिक, जैविक एवं ज्यामितीय गुणों से संबंधित सूचना एकत्रित करना पृथ्वी-निरीक्षण कहलाता है। यह सूचना हमें प्राकृतिक एवं सांस्कृतिक पर्यावरण की स्थिति का आकलन एवं बदलाव की निगरानी रखने में मदद करती है।

अतः मानचित्रण, निगरानी एवं पूर्वानुमान पृथ्वी निरीक्षण से उत्पन्न लाभ है। इसी से हमें भू-स्थानिक आंकड़े मिलते हैं।

भू-स्थानिक आंकड़ों की विविध जरूरतों के कुछ उदाहरण हैं:

1. एक भूमि-प्रशासक के पास संपत्ति की सीमाओं की नवीनतम जानकारी होनी चाहिए। यह सीमाएं अमूमन दिखाई पड़ने वाली भू-भागीय विशेषताओं से मेल खाती है जिनका सर्वेक्षण होना चाहिए।
2. एक सिविल अभियंता को एक राजमार्ग की रचना करनी है। नई सड़क की अनुकूलतम संरक्षण के पता लगाने के लिए एक मानदंड है: काटे एवं भरे आयतनों का संतुलन। अतः उसे जमीन की सतह के आकार की जानकारी चाहिए।
3. एक शहरी नियोजक अनौपचारिक बसावट के क्षेत्रों की पहचान करना चाहता है। इसके लिए भिन्न प्रकार के आवासों एवं उनके विन्यास का निर्धारण आवश्यक है। चिह्नित क्षेत्रों के लिए विकास योजना के आधार पर नगरपालिका अधोसंरचनात्मक सुधार प्रस्तुत कर सकती है। शहरी नियोजक को आगे बढ़ने से पहले इन प्रावधानों के प्रभाव की निगरानी करनी होगी।
4. एक कृषि विज्ञानी को संपूर्ण कृषि उत्पादन के पूर्वानुमान में रुचि है। उसे प्रत्येक फसल के लिए खेतों का आकार एवं जैवद्रव्य आंकड़े पैदावार के अनुमान लगाने के लिए जानकारी चाहिए। मृदा के लक्षणों का निरीक्षण एवं गिरावट की निगरानी पूर्वानुमानों को बेहतर बनाएगी।
5. एक पर्यावरण विश्लेषक अपशिष्ट निपटान स्थलों के प्रदूषकों को लेकर चिंतित है। उसे डंप संरचनाओं का पता लगाना है एवं आयतनों का निर्धारण करना है।
6. एक जलवायु विज्ञानी अल-निनो घटना को समझना चाहेगा। इसके लिए उसे समुद्र सतह तापमान के स्थानिक पैटर्न के, विभिन्न समय पर समुद्री स्तर एवं समुद्री धाराओं पर, सतही वायु के वेग की दिशा, आदि पर आंकड़े चाहिए।

इन उदाहरणों से साफ़ है हमारा पृथ्वी-निरीक्षण वस्तुओं, दृश्यों एवं घटनाओं पर केन्द्रित है जो कि स्थानिक विस्तारों पर एक दूसरे से भिन्न है। इसके अलावा वस्तुओं के विभिन्न आयामों में विभिन्न संपूर्णता के स्तरों में हमारी रुचि है और वह भी अलग-अलग समय पर। इसलिए हम लोग पृथ्वी-निरीक्षण के अलग-अलग तरीके इस्तेमाल में लाते हैं। इन उदाहरणों से एक और भी बात स्पष्ट हो जाती है कि उच्च क्रम की समस्याओं के समाधान के लिए हमें पृथ्वी-निरीक्षण से जितने आंकड़े मिलते हैं उससे ज्यादा आंकड़ों की जरूरत पड़ती है। भू-वैज्ञानिकों, अभियंताओं और जमीन एवं जल के प्रबंधकों के सूचना की जरूरतों को पूरा करने के लिए हमें पृथ्वी संसाधन उपग्रहों पर तैनात उपकरणों की सहायता लेनी पड़ती है।

## 2. सुदूर-संवेदन की परिभाषा

1. उपग्रह सुदूर संवेदन की परिभाषा है: उपग्रह पर तैनात उपकरणों की सहायता से पृथ्वी द्वारा उत्सर्जित या परावर्तित ई.एम. विकिरण का निरीक्षण, मापन एवं उसका भंडारण आगामी विश्लेषण एवं सूचना के निष्कर्षण हेतु। हवाई चित्रण के इस्तेमाल से लेकर सुदूर संवेदन एक बेहद कीमती उपकरण के रूप में पहचाना गया है। इस उपकरण के जरिये हम अपने पर्यावरण को देख सकते हैं एवं पर्यावरण-सम्बन्धी निर्णय ले सकते हैं। पृथ्वी के जैव-क्षेत्र के गतिशील चरित्र के निरीक्षण के लिए सुदूर-संवेदन एक मुख्य साधन है। पिछले कुछ दशकों में सुदूर-संवेदन तकनीक तीन मोर्चों पर विकसित हुई है। वह मोर्चे हैं:

1. प्रमुखतः सैनिक उपयोगों से लेकर विभिन्न पर्यावरण विश्लेषण अनुप्रयोग जो कि भूमि, महासागर एवं वायुमंडल से संबंधित है।
2. अनुरूप फोटो-प्रणालियों से उन संवेदकों तक जो कि विद्युत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के विभिन्न भागों से ली गयी उर्जा को इलेक्ट्रॉनिक संकेतों में बदलते हैं।
3. हवाई जहाजों से लेकर उपग्रहों तक।

यह तो हुई परिभाषा। आइये, अब हम उन क्षेत्रों पर दृष्टि डालेंगे, जिनमें सुदूर संवेदन से प्राप्त भू-स्थानिक आंकड़े उस क्षेत्र विशेष से संबंधित गतिविधियों में एक अहम भूमिका निभाते हैं।

## 3. कृषि

विकसित एवं अविकसित देशों की अर्थव्यवस्था में कृषि एक बहुत अहम भूमिका निभाती है। उपग्रह एवं हवाई प्रतिबिंब बतौर मापन उपकरण फसलों को वर्गीकृत करने, उनके स्वास्थ्य एवं व्यवहार्यता की जांच करने हेतु एवं खेती के तरीकों की निगरानी करने के लिए इस्तेमाल किए जाते हैं सुदूर संवेदन के कृषि अनुप्रयोगों में शामिल है:

1. फसल के प्रकार का वर्गीकरण।
2. फसल स्थिति का मूल्यांकन।
3. फसल पैदावार का आकलन।
4. मृदा विशेषताओं का मापन।
5. मृदा प्रबंधन प्रथाओं का मापन।
6. कृषि प्रथाओं के अनुपालन की निगरानी।

## 7. वानिकी

वन एक महत्वपूर्ण संसाधन है जो कि खाद्य पदार्थ, आश्रय, वन्यजीवन-आवास, ईंधन एवं दैनिक जीवन की आवश्यकताएं जैसे - औषधि सामग्री एवं कागज उपलब्ध कराते हैं। वन पृथ्वी की CO<sub>2</sub> की आपूर्ति एवं विनिमय के बीच संतुलन बनाए रखने में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। वे वायुमंडल, भूमंडल एवं जलमंडल को जोड़ने वाली एक मुख्य कड़ी है। सुदूर-संवेदन के वानिकी अनुप्रयोगों में शामिल हैं:

1. पूर्व-निरीक्षण में सम्मिलित हैं:
  - अ) वन-आवरण का अद्यतन करना।
  - ब) रिक्तिकरण निगरानी
  - स) वनों के जैव-भौतिकीय गुणों का मापन।
2. व्यवसायिक वानिकी:
  - अ) वस्तुसूची एवं मापन अनुप्रयोगों जो कि व्यावसायिक वानिकी संगठनों एवं संसाधन प्रबंधन संस्थाओं के लिए जरूरी हैं।
  - ब) पैदावार सूचना का एकत्रण।
  - स) लकड़ी-आपूर्ति के वस्तुसूची सूचना अद्यतन करना।
3. पर्यावरण निगरानी: पृथ्वी के वनों की मात्रा, स्वास्थ्य एवं विविधता की निगरानी करना।

## 8. भूगर्भशास्त्र

इसमें शामिल है भू-आकृतियों, संरचनाओं एवं उप-सतह का अध्ययन उन भौतिक प्रक्रियाओं को समझने के लिए जो कि पृथ्वी की पपड़ी का निर्माण एवं बदलाव करती हैं। सबसे सामान्य रूप से इसे समाज के जीवन स्तर को सुधारने हेतु खनिज एवं हाइड्रोकार्बन संसाधनों के अन्वेषण एवं शोषण के रूप में समझा जाता है। सुदूर-संवेदन के भूगर्भीय अनुप्रयोगों में शामिल हैं:

1. संरचनात्मक मानचित्रण।
2. खनिज अन्वेषण/हाइड्रोकार्बन अन्वेषण।
3. पर्यावरण भूगर्भशास्त्र।
4. अवसादन मानचित्रण एवं निगरानी।
5. ग्रहों का मानचित्रण।

## 9. जलविज्ञान

जल-विज्ञान पृथ्वी की सतह पर जल के अध्ययन को कहते हैं, चाहे वह जमीन के ऊपर बह रहा हो, बर्फ के रूप में हो या फिर मृदा द्वारा रोका गया हो। जल-विज्ञान अनुप्रयोगों में से हैं:

1. आर्द्र-भूमि मापन एवं मानचित्रण।
2. मृदा की आर्द्रता का अनुमान।
3. बर्फ-जल तुल्य का निर्धारण।
4. बाढ़ मानचित्रण एवं निगरानी।
5. जलनिकासी घाटी का मानचित्रण।
6. सिंचाई का समय निर्धारण।

## 10. समुद्री-हिम

हिम पृथ्वी की सतह के एक ठोस भाग को ढकता है और व्यावसायिक जहाज-रानी एवं मत्स्य-पालन उद्योगों एवं वैश्विक जलवायु परिवर्तन अध्ययन का एक महत्वपूर्ण घटक है। इसके अनुप्रयोगों में शामिल हैं:

1. हिम संकेंद्रण।
2. हिमशैल संसूचन एवं उनकी निगरानी।
3. सतह स्थलाकृति।
4. प्रदूषण निगरानी।

## 11. भूमि आवरण/भूमि उपयोग

हालाँकि इन दोनों शब्दों का इस्तेमाल एक-दूसरे के स्थान पर होता रहता है लेकिन इनके असली अर्थ बिलकुल भिन्न हैं। भूमि आवरण जमीन के सतही-आवरण को, जबकि भूमि उपयोग जमीन के उद्देश्य पर लक्ष्य करता है। जो गुण सुदूर-संवेदन से मापे जाते हैं वह भूमि-आवरण से संबंधित है जिनसे की भूमि-उपयोग अनुमानित करा जाता है। सुदूर-संवेदन के भूमि-आवरण अनुप्रयोगों में शामिल हैं:

1. प्राकृतिक संसाधन प्रबंधन।
2. वन्य-जीव आवास सुरक्षा।
3. शहरी फैलाव।
4. क्षति-संरक्षण। (बवंडर, बाढ़, अग्नि इत्यादि)।
5. संपत्ति-मूल्यांकन एवं कर के लिए कानूनी सीमाओं का निर्धारण।

## 12. मानचित्रण

मानचित्रण भूमि संसाधनों के प्रबंधन की प्रक्रिया का एक अभिन्न घटक है एवं मानचित्रित सूचना सुदूर-संवेदित डाटा के विश्लेषण का एक सामान्य उत्पाद है। सुदूर-संवेदन के मानचित्रण अनुप्रयोगों में से कुछ हैं:

1. धरातल-मापन।

सुदूर-संवेदन धरातल-मापन डाटा को एक सुविधाजनक मीडिया में दक्ष तरीके से चिह्नित एवं प्रदर्शित करने का साधन प्रदान करता है। विभिन्न उपयोगकर्ताओं की जरूरतों को पूरा करने के लिए परिवर्तनीय पैमानों में प्रतिबिंब उपलब्ध हैं। रक्षा अनुप्रयोग धरातल-मापन अनुप्रयोगों के प्रतीक हैं- जैसे यातायात रास्तों की सूचना निकालना, इमारतों एवं सुविधाओं के स्थान, शहरी आधारभूत संरचना एवं सामान्य भूमि का आवरण।

## 2. डिजिटल ऊँचाई मॉडल

सुदूर-संवेदन डाटा से डिजिटल ऊँचाई मॉडल का उत्पादन करना किफायती एवं दक्ष हो सकता है। इन प्रतिरूपों के उत्पादन हेतु विभिन्न सूचक एवं तरीके उपलब्ध हैं, जिनमें से दो मुख्य तरीके हैं:

अ) फोटोग्रामेट्री

ब) राडार इंटरफेरोमेट्री

## 3. आधारभूत विषयगत मानचित्रण/ स्थलाकृतिक मानचित्रण आधारभूत मानचित्र के रूप में, प्रतिबिंब निकाली गयी, धरातल-मापन एवं स्थलाकृतिक विवरणों को अधीनस्थ सूचना प्रदान करती है। बहुस्पेक्ट्रमी प्रतिबिंब अधीनस्थ भूमि-आवरण सूचना प्रदान करने के लिए अति-उत्कृष्ट होती हैं, जैसे कि वन-आवरण।

### 13. महासागर एवं तटीय निगरानी

महासागर न सिर्फ जरूरी खाद्य एवं जैव-भौतिकी संसाधन उपलब्ध कराते हैं अपितु वे एक मुख्य परिवहन मार्ग हैं, मौसम-तंत्र एवं CO<sub>2</sub> भण्डारण के लिए बहुत जरूरी हैं एवं पृथ्वी के जल-विज्ञान सम्बन्धी संतुलन की एक महत्वपूर्ण कड़ी हैं। तटीय रेखाएं महासागर एवं भूमि के बीच पर्यावरण की दृष्टि से संवेदनशील इंटरफेस हैं एवं आर्थिक विकास एवं बदलते हुए भूमि-उपयोग नमूनों से हुए बदलावों के प्रति प्रतिक्रिया व्यक्त करते हैं।

सुदूर-संवेदन के महासागरीय अनुप्रयोगों में शामिल हैं:

#### 1. महासागर स्वरूपों की पहचान

अ) धाराएँ, क्षेत्रीय परिसंचरण स्वरूप

ब) अग्रक्षेत्र, अंदरूनी लहर, बवंडर, उथले जल की बाथीमेट्री

#### 2. तूफान की भविष्यवाणी।

#### 3. मत्स्य भंडार एवं समुद्री स्तनपायी आकलन।

#### 4. तेल रिसाव

अ) तेल रिसाव विस्तार का मानचित्रण एवं इसके विस्तार एवं बहाव की भविष्यवाणी।

ब) आपातकालीन प्रतिक्रिया निर्णयों के लिए सामरिक समर्थन

स) प्राकृतिक तेल रिसाव क्षेत्रों के अन्वेषण के लिए उनकी पहचान

#### 5. जहाजरानी

अ) पथ-प्रदर्शन मार्गाभिगमन

ब) यातायात घनत्व अध्ययन

स) मत्स्य पालन निगरानी

#### 6. अन्तज्वारीय क्षेत्र

अ) ज्वारीय एवं तूफान के प्रभाव

ब) जल/भूमि इंटरफेस का आलेखन

स) तटरेखा विशेषताओं का मानचित्रण

द) तटीय वनस्पति मानचित्रण

#### 14. समापन

सुदूर-संवेदन का इतिहास एक लगातार बढ़ते हुए दृष्टि के दायरे के रूप में देखा जा सकता है, विस्तार एवं समय दोनों के सापेक्ष। (चित्र 1 देखिये) हवाई प्रतिबिंबों की उपलब्धता से पहले परिदृश्य का मानवीय अवलोकन बेहद सीमित था। परिदृश्य का अवलोकन किसी ऊँची पहाड़ी या इमारत से देखे गए इलाकों तक ही सीमित था। हवाई प्रतिबिंबों की उपलब्धता ने हालाँकि पृथ्वी के लगातार बढ़ते हुए भागों को लम्बे समय तक दर्शाया लेकिन इसकी भी अपनी सीमाएं थी। कुछ समय बाद अवरक्त इमल्शन की सामान्य उपलब्धता ने उच्च स्थानों की हवाई प्रतिबिंबों की इजाजत दी और इसके द्वारा एक ढांचे में और भी बड़े इलाकों का निरूपण हो सकता था। इसके और बाद उपग्रह प्रतिबिंबों ने विश्लेषकों को और भी व्यापक दृष्टिकोण अपनाने की इजाजत दी। आखिरकार विभिन्न तिथियों की प्रतिबिंबों के संयोजन से (बादल-आवरण के प्रभाव हटाने के लिए) उन प्रतिबिंबों का संकलन संभव हो सका जो कि महाद्वीपों, गोलार्ध एवं समूची पृथ्वी का निरूपण कर सकें।

ऐसी प्रतिबिंबों ने व्यापक पैमाने के पर्यावरण स्वरूपों और उनके सालों एवं दशकों के बदलाव की सीधी जांच संभव करायी। मुद्दे जो पहले अटकलों की विषय-वस्तु थे उनको अब व्यवस्थित अवलोकन से प्राप्त आकड़ों के प्रकाश में देखा जा सकता था।

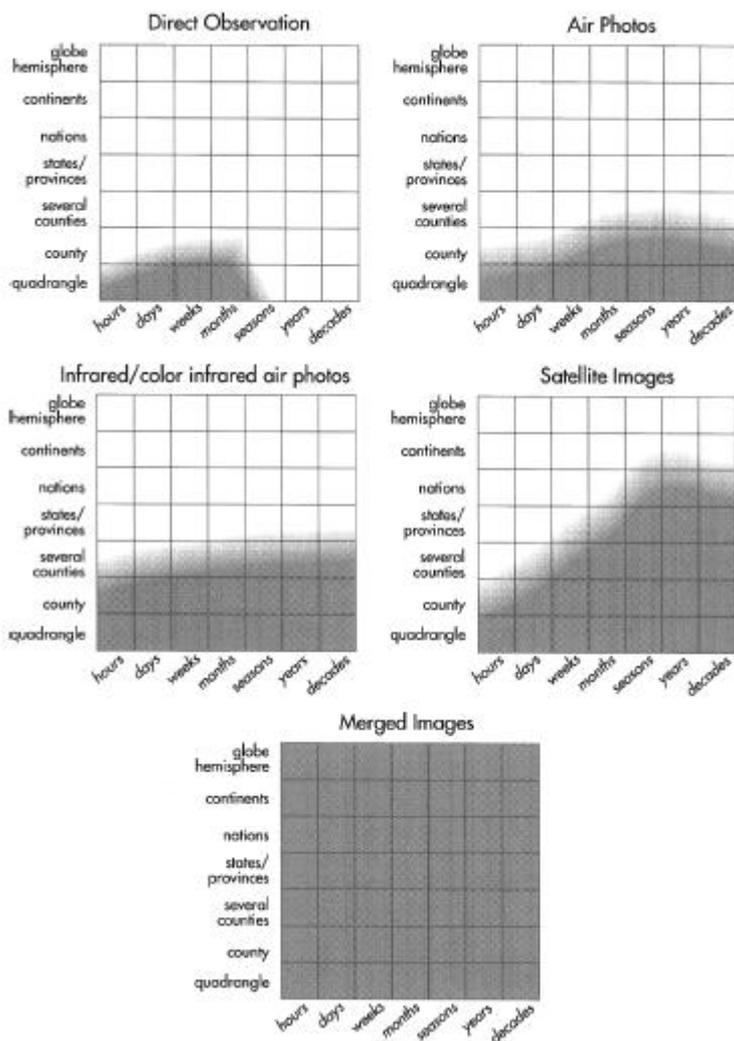
ऐसी क्षमताएं हमें उन बुनियादी प्रक्रियाओं का जो कि पृथ्वी की जलवायु एवं जैवीय स्वरूपों का आधार हैं – की समझ प्राप्त करने के नए अवसर प्रदान करती हैं।

अंतः सुदूर-संवेदन का अपना एक विशिष्ट स्थान है जो कि आगामी वर्षों में और भी निखरेगा।

#### लेखक परिचय:



आशीष कुमार शर्मा आर.आर.एस.सी.(मध्य)-नागपुर में वैज्ञानिक/अभियंता-'एसडी' के पद पर कार्यरत हैं। 'सुदूर संवेदन और भू-सूचनाविज्ञान संबंधी सॉफ्टवेयर विकास' विशिष्ट कार्य क्षेत्र है। इस सन्दर्भ में विभिन्न सॉफ्टवेयरों का उपयोग किया जाता है।



## एक्टिव ऑप्टिक्स : इमेज गुणवत्ता सुधार के लिये सुदूर संवेदी विद्युत प्रकाशीय नीतियों में इसकी अभिकल्पना एवं अनुप्रयोग

जितेन्द्र कुमार, हृदय पटेल एवं आरती सरकार  
वैज्ञानिक/अभियंता-एस.एफ.  
ई.ओ.पी.आई.डी., ई.ओ.एस.डी.आई.जी., सेडा / सैक  
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन

### सारांश

एक मानक विद्युत प्रकाशीय कैमरा सिस्टम, उपयुक्त ऑप्टिक्स की सहायता से लक्ष्य से परावर्तित या उत्सर्जित ऊर्जा को फोकल प्लेन में स्थापित इमेजिंग सेंसर पर फोकस करता है। जहाँ उपयुक्त सेंसर द्वारा इस उर्जा के फलस्वरूप जनित आकड़ों से लक्ष्य-इमेज को व्युत्पन्न किया जाता है। किसी लक्ष्य से परावर्तित या उत्सर्जित ऊर्जा एक ऑप्टिकल वेवफ्रंट के रूप में सेंसर तक पहुँचती है। आदर्शरूप में इस वेवफ्रंट का समतल या गोलाकार होना जरूरी होता है। परन्तु थर्मो-मैकेनिकल स्ट्रेस, प्रमोचन प्रभाव, आंतरिक ऑप्टिकल कमियां तथा वातावरणीय विघ्न इस वेवफ्रंट के आकार को बदलकर उसे एबरेट (विरूपित) कर असमतलीय कर देते हैं, जब यह विरूपित (एबरेटेड) वेवफ्रंट कैमरे के सेंसर पर पहुँचता है, तो यह इमेज गुणवत्ता पर गंभीर प्रभाव डालता है। वहीं यदि इस विरूपित वेवफ्रंट को सेंसर पर पहुँचने से पहले ठीक कर लिया जाये तो इमेज गुणवत्ता में उच्च-स्तरीय सुधार संभव हो सकता है। इन प्रभावों को नियंत्रित करने के उद्देश्य से ही एक्टिव ऑप्टिक्स युक्त विद्युत-प्रकाशीय सिस्टम की अभिकल्पना की गयी।

एक्टिव ऑप्टिक्स एक अत्याधुनिक तकनीकी है, जिसमें डिफॉर्मबल (अपना रूप बदल लेने वाला) मिरर की सहायता से लक्ष्य से आने वाले एबरेटेड वेवफ्रंट को एक नियंत्रित लूप में रखते हुए समतलीय वेवफ्रंट में बदलने का प्रयास किया जाता है। फिर इस सुधार किये हुए समतलीय वेवफ्रंट को कैमरा सेंसर पर फोकस कर उच्च गुणवत्ता की इमेजें प्राप्त की जाती हैं।

### 1. प्रस्तावना

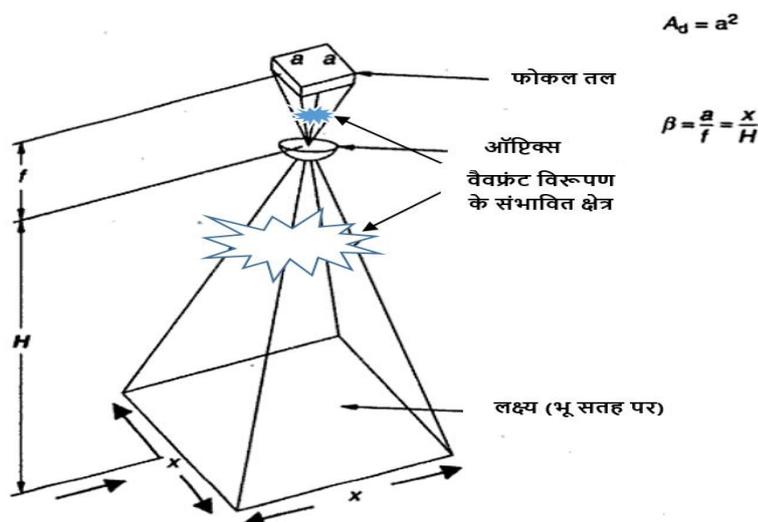
एक्टिव ऑप्टिक्स एक ऐसी तकनीकी है, जिसमें बाहरी तथा आंतरिक बाधाओं को दूर कर, विद्युत-प्रकाशीय सिस्टम की डिफरेंशियल-लिमिटेड परफॉर्मंस को प्राप्त करना संभव हो सकता है। इस प्रकार के सिस्टम में पहले इनकमिंग वेवफ्रंट को मापा जाता है और फिर, इस वेवफ्रंट को सेंसर पर पहुँचने से पहले आवश्यक सुधार कर ठीक कर लिया जाता है। यदि इनकमिंग वेवफ्रंट में किसी प्रकार के दोष नहीं हैं, तो ऑप्टिकल वेवफ्रंट की लाइट पूर्णतः सरल रेखीय एवं समानान्तर होगी। इनकमिंग वेवफ्रंट में त्रुटियां विभिन्न सम्भावित कारणों से हो सकती हैं, जैसे- डिज़ाइन किये हुए ऑप्टिकल सिस्टम में निर्माणाधीन त्रुटियाँ, सूदूर संवेदन हेतु प्रमोचन यान द्वारा कैमरे पर स्थानांतरित अतिरिक्त स्ट्रेस, ऑन-ऑर्बिट थर्मो-मैकेनिकल प्रभाव आदि। इसके अतिरिक्त लक्ष्य को सेंस करने वाली ऊर्जा विभिन्न वातावरणीय सतहों के प्रक्षुब्ध प्रवाह (टर्बुलेंट फ्लो) तथा थर्मल परिवर्तन से गुजरते हुए भी प्रभावित होती है, जिससे मूल वेवफ्रंट त्रुटिपूर्ण हो जाता है। अतः सेंसर पर फोकस होने वाला लक्ष्य-स्पॉट विस्तृत एवं विकृत हो जाता है। इनकमिंग वेवफ्रंट की इन त्रुटियों को मापने के लिये एक वेवफ्रंट सेंसर (जैसे शाक-हार्टमन्न वेवफ्रंट सेंसर) का प्रयोग किया जाता है और फिर एक विरूपित (deformable) मिरर द्वारा वेवफ्रंट की विकृतियों में सुधार किया जाता है। विकृतियों में सुधार के लिये, विरूपित मिरर की परावर्तन सतह के आकार को वेवफ्रंट सेंसर के डाटा के अनुसार नियंत्रित किया जाता है। एडक्टिव-ऑप्टिक्स (एक्टिव-ऑप्टिक्स का व्यापक रूप) आधारित सिस्टम खगोलीय अनुप्रयोगों में अधिकांशतः प्रयोग किये जा रहा है, जिससे कि खगोलीय लक्ष्यों की लगभग विवर्तन सीमित (diffraction limited) प्रतिबिंबें प्राप्त की जा सकें। यद्यपि सुदूर संवेदन में भी इनकमिंग वेवफ्रंट की इन त्रुटियों को सुधार कर उच्च इमेज गुणवत्ता प्राप्त करने में इस तरह के सिस्टम की अपार संभावनायें हैं।

इस अध्ययन द्वारा एक्टिव-ऑप्टिक्स सुधार लूप की तकनीकी रोडमैप को परिभाषित करने का प्रयास है, जिसमें एक सेंसिंग उपकरण और एक्टिव सुधार हेतु आवश्यक घटक शामिल होंगे। इससे तकनीकी विज्ञान मिशन में पृथ्वी जैसे एक्सोप्लैनेट का प्रतिबिंबण और लक्षण वर्णन, पृथ्वी अवलोकन मिशन में भूस्थिर कक्षा से उच्च-रिज़ॉल्यूशन आदि को समर्थित किया जा सकता है।

## 2. एक विद्युत-प्रकाशीय कैमरे की सामान्य कार्यविधि एवं प्रमुख प्राचल

सूर्य से विद्युत-चुम्बकीय विकिरण (ई.एम.आर.) के रूप में निरंतर ऊर्जा उत्सर्जित होती रहती है, जो उष्मा एवं प्रकाश के रूप में पृथ्वी तक पहुँचती है। जब यह ई.एम.आर. पृथ्वी पर किसी लक्ष्य से टकराता है, तो वह लक्ष्य इसके कुछ भाग को अवशोषित कर लेता है और कुछ को परावर्तित कर देता है।

ऑप्टिकल रिमोट सेंसिंग जमीन से लक्ष्यों द्वारा परावर्तित सौर विकिरण का दृश्य, निकट अवरक्त और लघु-अवरक्त स्पेक्ट्रल बैंडों में संवेदन कर लक्ष्यों की इमेज के लिए सिग्नल उत्पन्न करता है। विभिन्न पदार्थ अलग-अलग तरंग दैर्घ्य पर अलग-अलग तरह से सौर विकिरण को परावर्तित और अवशोषित करते हैं। इस प्रकार, दूर-संवेदी इमेजों को उनके वर्णक्रमीय परावर्तन हस्ताक्षरों (signature) द्वारा विभेदित किया जा सकता है। इमेजिंग प्रक्रिया में प्रयुक्त स्पेक्ट्रल बैंड की संख्या के आधार पर, ऑप्टिकल रिमोट सेंसिंग सिस्टम को पैनक्रोमैटिक, मल्टीस्पेक्ट्रल एवं हाइपरस्पेक्ट्रल इमेजिंग सिस्टम में वर्गीकृत किया जाता है। एक विद्युत-प्रकाशीय सिस्टम की इमेजिंग ज्यामितीय को चित्र-1 में बताया गया है।



चित्र-1 : एक विद्युत-प्रकाशीय सिस्टम की इमेजिंग ज्यामितीय

इस सिस्टम के विभिन्न डिजाइन प्राचलों को ध्यान में रखते हुए, फोकल तल में स्थापित सेंसर पर पहुँचने वाली ऊर्जा  $Q_d$  (प्रति यूनिट क्षेत्र में ऊर्जा) को निम्न समीकरण में व्यक्त किया जा सकता है;

$$Q_d = \pi/4 * O_e * \Delta\lambda / (f/no)^2 * L_\lambda * T_{int} \quad \text{जूल/मी}^2$$

जहाँ;  $O_e$ - ऑप्टिकल सिस्टम की दक्षता (वातावरण को समाहित करते हुए  $< 1$ )

$\Delta\lambda$ -मापे जाने वाले सिग्नल का स्पेक्ट्रल बैंडविड्थ (माइक्रो-मी)

$f/no$ -ऑप्टिकल सिस्टम का एफ न. ( $f/D$  अर्थात फोकल लंबाई/व्यास)

$L_\lambda$ -लक्ष्य की ऊर्जा (वाट/मी<sup>2</sup>-स्टे.-माइक्रोमी.)

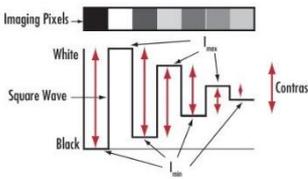
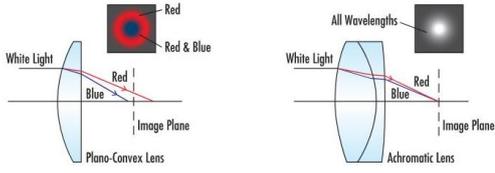
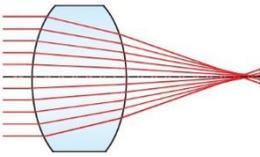
$T_{int}$ -सिस्टम का एकीकरण समय (से.)

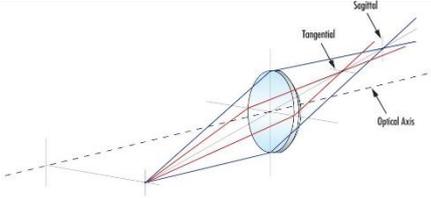
$\beta$ -सिस्टम का तात्कालिक फील्ड ऑफ़ व्यू ( $\beta_2 = Ad/f^2$ )

उपरोक्त प्राचलों के अतिरिक्त, फोकल तल तक पहुँचने वाली ऊर्जा का प्रकाशीय वेवफ्रंट वातावरणीय परिवर्तनों एवं विद्युत-प्रकाशीय सिस्टम की सीमाओं से प्रभावित होता है।

एक विद्युत-प्रकाशीय सिस्टम की डिजाइन में स्थानिक रीजॉल्यूशन, एस.एन.आर., एस.डब्ल्यू.आर. मुख्य प्राचलों का ध्यान रखा जाता है, तो वहीं प्रकाशीय सिस्टम की कुछ सीमायें जैसे डिफरेक्शन, क्रोमेटिक एबरेशन, स्पेरिकल एबरेशन, कोमा, ऐस्टिक, डिस्टोरशन एवं फील्ड कार्वेचर भी हैं। इसको संक्षिप्त रूप में सारणी-1 में परिभाषित किया गया है;

**सारणी-1 : विद्युत-प्रकाशीय सिस्टम की डिजाइन के मुख्य प्राचल एवं उनका महत्व**

क्रम.	डिजाइन प्राचल	व्याख्या	महत्व
1	स्थानिक रीजॉल्यूशन	$X=(a/f)*H$	सतह पर लक्ष्य के लिये न्यूनतम विभेदन क्षमता
2	एस.एन.आर.	$SNR = \frac{\text{सिगनल मान (DN)}}{\text{रव (noise) (DN)}}$	इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम द्वारा सिग्नल को उसके रव (noise) से अलग करने की क्षमता (स्पेक्ट्रल बैंडविड्थ, पिक्सल आकार, एकीकरण समय आदि पर निर्भर)
3	एस.डब्ल्यू.आर. (कंट्रास्ट)		$SWR = \left[ \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} \right] * 100$ लक्ष्य को उसकी पृष्ठभूमि से अलग करके पता करने की क्षमता
4	डिफरेक्शन	$\Phi = 2.44 * \lambda * f / no$	प्रकाश के किसी छिद्र से गुजरने पर वह उच्च तीव्रता और उसके चारों ओर घटती तीव्रता के संकेंद्रित वलय बना लेता है। सिस्टम द्वारा दो ऑब्जेक्टों के इन वलयों के ओवरलैप न होने की सीमा (सैद्धांतिक विभेदन सीमा)
5	क्रोमेटिक एबरेशन (विपथन)		आदर्श गणितीय मॉडल से प्रदर्शन विचलन ऑप्टिकल विपथन कहलाता है। विभिन्न तरंगदैर्घ्य की तरंगें भिन्न-भिन्न जगहों पर केन्द्रित होती हैं
6	स्पेरिकल एबरेशन		लेंस की गोलाई के कारण प्रकाश किरणें अलग-अलग दूरी पर केन्द्रित होती हैं

7	ऐस्टिक	 <p>जब एक लेंस विस्तृत क्षेत्र में प्रदर्शन करता है, तो इन-फील्ड और ओर्थोगोनल फील्ड में प्रकाश किरणें अलग-अलग स्थानों पर फोकस होती हैं</p>
---	--------	---

इसके अतिरिक्त कोमा, डिस्टोरशन, फील्ड कॉर्वेचर आदि भी विद्युत-प्रकाशीय कैमरे के उत्पाद (इमेज गुणवत्ता) पर समुचित प्रभाव डालते हैं।

### 3. एक्टिव ऑप्टिक्स युक्त कैमरे की अवधारणा

एक वांछित आदर्श आकार से प्रकाश के वेवफ्रंट फेज़ का विचलन ही एबरेशन है, जोकि एक विद्युत-प्रकाशीय कैमरे में त्रुटिपूर्ण इमेज के लिए मुख्यतः जिम्मेदार है। इन एबरेशन के कारण ही अधिकतम इमेज गहराई, इमेज तीक्ष्णता और इमेज कंट्रास्ट कम होकर उच्च गुणवत्ता वाले इमेजिंग सिस्टम की प्रदर्शन क्षमता को सीमित कर देते हैं।

ऑप्टिकल एबरेशन को पुनः कॉन्फ़िगर करने योग्य ऑप्टिकल तत्वों जैसे कि विकृत दर्पण, स्थानिक प्रकाश मॉड्युलेटर या अन्य अनुकूली उपकरणों का उपयोग करके ठीक किया जा सकता है। वेवफ्रंट सेंसर या इमेज गुणवत्ता-आधारित तकनीकियों द्वारा आवश्यक सुधार आकलन निर्धारित किया जाता है। वैकल्पिक रूप से, यदि पर्याप्त फेज़ की जानकारी प्राप्त कर ली जाये, तो तो कम्प्यूटेशनल तकनीकों के माध्यम से इमेज गुणवत्ता में सुधार संभव है। एक्टिव-ऑप्टिक्स में ऐसे ही तरीके और प्रणालियां विकसित किये जाते हैं, जो कम्प्यूटेशनल अनुकूली प्रकाशिकी के लाभों का उपयोग करते हैं, और ऑप्टिकल सुसंगतता एबरेशन (विपथन) संवेदन और सुधार के लिए कॉन्फ़िगर किये जाते हैं।

सुदूर संवेदन के लिये प्रयुक्त ऑप्टिकल टेलीस्कोप एक महत्वपूर्ण उपकरण है, लेकिन उसके उत्पादों की इमेज गुणवत्ता उसमें निहित त्रुटियों और वायुमंडलीय विघ्नों द्वारा सीमित हो जाती है। एक्टिव प्रकाशिकी का उपयोग करके उसमें निहित त्रुटियों की सीमाओं तथा अनुकूलित प्रकाशिकी का प्रयोग करके वायुमंडलीय विघ्नों को नियंत्रित कर अंततः प्राथमिक दर्पण की विवर्तन (डिफ़्रैक्शन) सीमा के पास तक की इमेज गुणवत्ता प्राप्त कर ली जाती है।

बेहतर इमेज गुणवत्ता के लिए विशेष रूप से बड़े आकार के प्रकाश-संग्रह शक्ति (धुंधले और अधिक दूर की वस्तुओं का पता लगाने हेतु) और कोणीय विभेदन तथा इमेज तीक्ष्णता महत्वपूर्ण हैं। अंतरिक्ष में उपयोग किए जाने वाले सिस्टम के लिए स्थानिक विभेदन प्राथमिक ऑप्टिक्स के व्यास का व्युत्क्रम समानुपाती होता है। सुदूर स्थित लक्ष्य (प्रभावी रूप से अनंत पर) एक समतलीय वेवफ्रंट सिस्टम द्वारा एक गोलाकार वेवफ्रंट में परिवर्तित हो जाता है, जिससे बनी इमेज में कोणीय विभेदन प्रकाशीय विवर्तन सीमित होता है। व्यावहारिक रूप से वायुमंडलीय और सिस्टम, दोनों त्रुटियां गोलाकार वेवफ्रंट को विकृत कर देती हैं, जिससे इमेज बनाने वाले किरण पथों पर फेज़ त्रुटियां पैदा हो जाती हैं। सिस्टम में यांत्रिक, थर्मल और ऑप्टिकल प्रभावों द्वारा डिफोकसिंग, विकेंद्रीकरण तथा दर्पण विकृतियां उत्पन्न हो जाती हैं।

निष्क्रिय प्रकाशिकी में अवलोकन के दौरान इमेज गुणवत्ता में सुधार के लिए किसी भी अंतर्निहित सुधारात्मक उपकरणों के बिना केवल संभव समायोजन ही किया जा सकता है। हालांकि वायुमंडलीय विकृतियों को तो दूर नहीं किया जा सकता, परन्तु सिस्टम त्रुटियों को कम करने के लिए निम्न यांत्रिक सुधार संभव हैं;

- जैसे की दर्पण लगाने और उसकी चमक में सुधार,
- गुरुत्वाकर्षण से प्रेरित विकृतियों को कम करने के लिए कठोर संरचनाओं और दर्पणों का उपयोग किया जाना,
- तापमान में परिवर्तन के कारण दर्पण विकृतियों से बचने के लिए कम-विस्तार वाला ग्लास का प्रयोग,

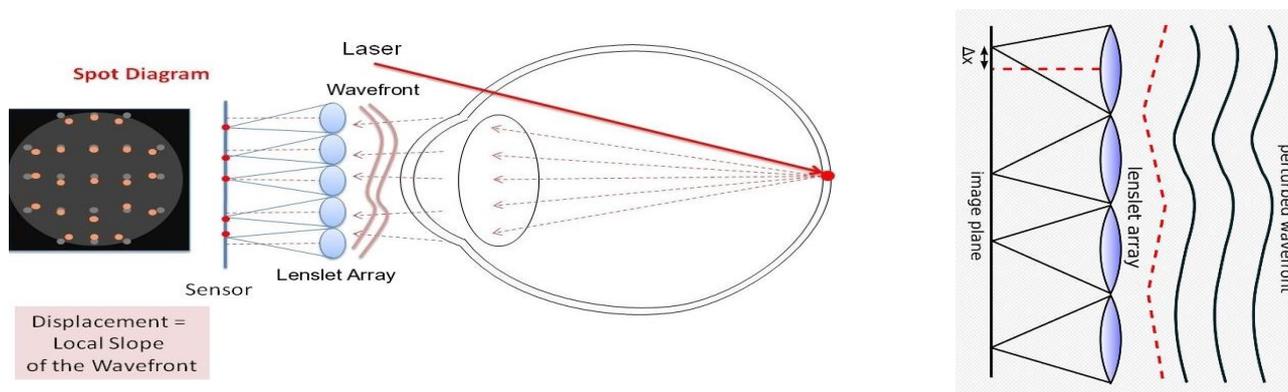
- स्थानीय तापमान के प्रभाव को कम करने के लिए इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों में समुचित थर्मल प्रबंधन इस प्रकार से उचित रूप से डिज़ाइन और विकसित किए गए मध्यम आकार के विद्युत-प्रकाशीय सिस्टम में इमेज गुणवत्ता मुख्य रूप से वायुमंडलीय विकृतियों द्वारा सीमित होती है।

#### 4. एक्टिव ऑप्टिक्स युक्त विद्युत-प्रकाशीय कैमरे के मुख्य अवयव

एक्टिव ऑप्टिक्स प्रकाशीय वेवफ्रंट की विकृतियों को मापकर, उचित नियंत्रण लूप की सहायता से उनको सुधारने के लिए विरूपित दर्पण को अनुदेश देता है। इस विरूपित दर्पण में इलेक्ट्रॉनिक एक्चुएटर लगे होते हैं, जो वेवफ्रंट को नियंत्रित करते हुए वेवफ्रंट को नियत त्रुटियों के अंतर्गत समतल बना देते हैं। इस प्रणाली के मुख्य अवयव हैं-

- वेवफ्रंटसेंसर**

इनकमिंग वेवफ्रंट को मापने के लिये, शाक-हार्टमैन या हार्टमैन-शाक वेवफ्रंट सेंसर एक ऑप्टिकल उपकरण है, जिसमें समान फोकल लम्बाई के लेंसों की एक लेंसलेट होती है। प्रत्येक लेंसलेट एक फोटॉन सेंसर (सीसीडी या सीएमओएस) पर केंद्रित होता है। सेंसर को लेंसलेट के ज्यामितीय फोकल तल पर रखकर समान रूप से प्रकाशित कर लेंसलेट में वेवफ्रंट का एकीकृत ग्रेडिएंट ज्ञात कर लिया जाता है, जोकि सेंट्रोइड के विस्थापन के समानुपाती होता है। फलस्वरूप, विपथन को असतत झुकाव के एक सेट द्वारा अनुमानित किया जा सकता है और पूरे वेवफ्रंट का गणितीय मॉडल प्राप्त कर लिया जाता है। चित्र-2 में इस कार्यविधि को समझाया गया है;



चित्र-2 : शाक-हार्टमैन या हार्टमैन-शाक वेवफ्रंट सेंसर की कार्यविधि

- बीम-स्प्लिटर**

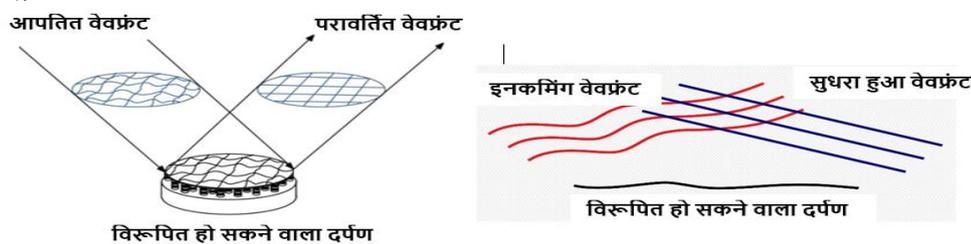
लक्ष्य के वेवफ्रंट को मुख्य इमेजिंग सेंसर पर जाने से पहले उसे सुधारने के लिए उसका एक भाग वेवफ्रंट सेंसर की ओर निर्देशित किया जाता है। वेवफ्रंट में सुधार के बाद, मुख्य इमेजिंग सेंसर इस सुधारे हुए वेवफ्रंट से इमेज आकड़ों को व्युत्पादित करता है।

- विरूपित दर्पण (डिफॉर्मएबल मिरर)**

विकृत दर्पण (डीएम) ऐसे दर्पण होते हैं, जिनकी सतह को विकृत किया जा सके। इसी की सहायता से वेवफ्रंट नियंत्रण और ऑप्टिकल विपथन के सुधार को प्राप्त किया जाता है। डीएम के आकार को उस गति से नियंत्रित किया जा सकता है, जो ऑप्टिकल सिस्टम में मौजूद गतिशील विपथन के सुधार के लिए आवश्यक है। व्यवहार में, डीएम का आकार सुधारी जाने वाली प्रक्रिया की तुलना में बहुत तेजी से बदलाव किया जाना चाहिए, क्योंकि सुधार प्रक्रिया एक स्थिर विपथन के लिए भी कई पुनरावृत्तियों की आवश्यकता हो सकती है। एक डीएम के पास आमतौर पर कई डिग्री की स्वतंत्रता होती है। आमतौर

पर, स्वतंत्रता की ये डिग्रियाँ मैकेनिकल एक्ट्यूएटर्स से जुड़ी होती हैं और मोटे तौर पर यह कहा जा सकता है कि एक एक्ट्यूएटर एक डिग्री की स्वतंत्रता के साथ सुसंगत है।

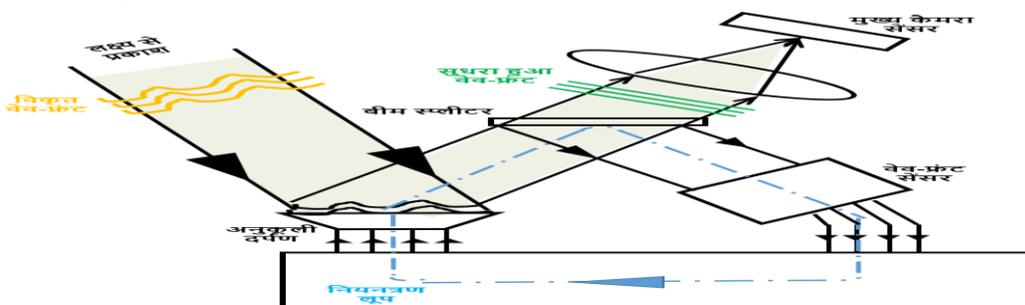
एक्टिव प्रकाशिकी में वेवफ्रंट सेंसर और एक नियंत्रण सिस्टम के समायोजन में विकृत दर्पण का उपयोग किया जाता है। चित्र-3 में एक विरूपित हो सकने वाले दर्पण (डीएम) के सिद्धांत को बताया गया है:



चित्र-3 : एक डीएम का सिद्धांत

#### • नियंत्रण लूप (control system)

नियंत्रण लूप की सहायता से वेवफ्रंट के आधार पर विरूपित दर्पण को नियंत्रित कर वेवफ्रंट में आवश्यक सुधार किये जाते हैं। चित्र-4 में इस कार्यविधि को एक योजनाबद्ध आरेख से समझाया गया है;



चित्र-4 : नियंत्रण लूप की सहायता से वेवफ्रंट का सुधार : कार्यविधि

इस सिस्टम में आने वाले प्रकाश को समेटकर एक अनुकूली या विकृत दर्पण को भेजा जाता है। यदि इस प्रकाश में किसी प्रकार का व्यवधान नहीं है, तो इसका वेवफ्रंट सीधा और समानांतर होगा। अब यह एक बीम स्प्लिटर में परावर्तित होता है, जहां प्रकाश का एक भाग वेवफ्रंट सेंसर से परावर्तित होता है। वेवफ्रंट सेंसर प्रकाश के वेवफ्रंट के विरूपण को मापता है और अनुकूली दर्पण को आवश्यक सुधार संकेत भेजता है। यह अनुकूली दर्पण विभिन्न व्यवधानों के कारण होने वाली वेवफ्रंट की विकृतियों को दूर करने के लिए अपना आकार बदलने में सक्षम होता है। इस प्रकार, एक सुधारे हुए वेवफ्रंट के साथ, प्रकाश कैमरे के सेंसर तक पहुंचता है, जहां एक विवर्तन-सीमित इमेज बनती है।

#### 5. एक्टिव ऑप्टिक्स युक्त कैमरे की सुदूर-संवेदन में उपयोगिता एवं महत्त्व

आज ऑप्टिक्स रिमोट सेंसिंग सिस्टम लक्ष्य खोजने उसकी जानकारी आदि की पहचान करने का सबसे महत्वपूर्ण जरिया बन चुका है। एक विद्युत-प्रकाशीय कैमरे में विभिन्न जटिलताओं को समायोजित करते हुए शून्य-त्रुटि का अनुगत विकसित किया जाता है परन्तु फिर भी सैद्धांतिक सीमाओं की प्रदर्शन क्षमता नहीं प्राप्त होती है, फलस्वरूप इमेज गुणवत्ता से समझौता करना पड़ता है। ऑप्टिकल कैमरे द्वारा सुदूर संवेदन का प्रदर्शन निम्न दो पहलुओं पर निर्भर करता है,

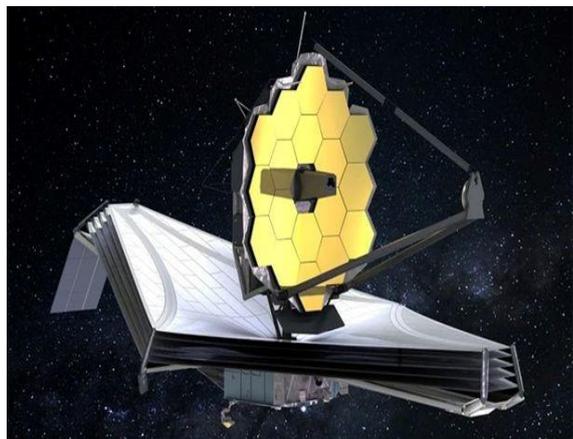
- सिस्टम के डिजाइन, निर्माण और संयोजन,
- सिस्टम ऑपरेशन के दौरान अन्य प्रभावित करने वाले कारक, जैसे वायुमंडलीय विघ्न, थर्मल प्रभाव, शून्य गुरुत्वाकर्षण प्रभाव और, लॉन्च कंपन आदि।

एक्टिव-ऑप्टिक्स युक्त सिस्टम का मूल विचार पहले बिगड़े हुए वेवफ्रंट को मापना है और फिर इसे कैमरे के मुख्य सेंसर तक पहुँचने से पहले ठीक कर लेना है।

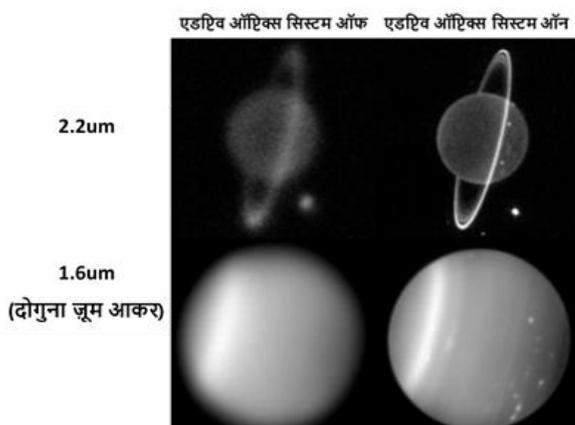
उच्च रिज़ॉल्यूशन और मल्टीपल स्पेक्ट्रम की आवश्यकताओं के लिए ऑप्टिक्स सिस्टम का एपर्चर बड़ा हो जाता है, जिसको दर्पण निर्माण की लागत और लॉन्चिंग परिधि की कमियाँ सीमित कर देती हैं। इन सीमाओं को पार करते हुए खंडित परिनियोजन योग्य प्राथमिक दर्पण में एक बेहतर विकल्प है। लेकिन यह भी सिस्टम की वेवफ्रंट त्रुटियों को बढ़ाता है, जिनको दूर करने के लिए अनुकूली प्रकाशिकी (adaptive optics) प्रौद्योगिकी एकमात्र विकल्प है, जो इन वेवफ्रंट त्रुटियों का पता लगाकर उन्हें ठीक भी कर देता है। यूएस का नेक्स्ट जेनरेशन स्पेस टेलीस्कोप JWST (जेम्स वेब स्पेस टेलीस्कोप) सेगमेंटेड प्राइमरी मिरर ऑप्टिकल सिस्टम का एक विशिष्ट उदाहरण है, जो सुपर लार्ज अपर्चर में बदल कर उच्च विभेदन की इमेजिंग दे रहा है। चित्र-5 : जेम्स वेब स्पेस टेलीस्कोप के बड़े आकार वाले सेगमेंटेड प्राइमरी मिरर को दिखाया गया है।

## 6. एक्टिव ऑप्टिक्स युक्त कैमरे : अतीत से वर्तमान तक

80 के दशक में टेलीस्कोप के निर्माण में प्रकाश-संग्रह शक्ति को बढ़ाने के लिए 4 मीटर व्यास से अधिक के प्राथमिक दर्पणों के साथ योजनाएं विकसित की गईं। जिससे यह स्पष्ट हो गया कि इमेज गुणवत्ता बनाए रखने के पारंपरिक तरीकों को लागत और संरचना वजन सीमाओं के कारण और आगे ले जाना संभव नहीं है। परिणामस्वरूप एक्टिव ऑप्टिक्स की नई तकनीकी मध्यम और बड़े टेलीस्कोपों के लिए विकसित की गई, जिसमें इमेज गुणवत्ता को स्वचालित रूप से अनुकूलित किया जा सके। इनको इन-बिल्ट सुधारात्मक ऑप्टिकल तत्वों द्वारा निरंतर समायोजन के माध्यम से काफी कम अस्थायी आवृत्ति  $\sim 0.05$  हर्ट्ज या उससे कम पर स्वचालित रूप से अनुकूलित कर संचालित किया जा सकता है। पहला पूरी तरह से एक्टिव टेलीस्कोप ईएसओ 3.5 मीटर न्यू टेक्नोलॉजी टेलीस्कोप (एनटीटी), 1989 में प्रचलन में आया। 10 मीटर व्यास के सेगमेंटेड (खंडित) केक (KECK) प्राथमिक दर्पण भी एक्टिव प्रकाशिकी पर ही आधारित है। 1989 में रूसेट और उनके सहयोगियों द्वारा 1.52 मीटर दूरबीन पर प्राप्त पहली विवर्तन सीमित इमेज ने खगोल विज्ञान में एक्टिव ऑप्टिक्स के व्यावहारिक उपयोग का रास्ता खोल दिया। बहुचर्चित जेम्स-वेब-स्पेस-टेलीस्कोप का 6.5 मीटर व्यास का प्राथमिक दर्पण 132 एक्चुएटर द्वारा 10 नैनोमीटर की शुद्धता के साथ दर्पण सुधारने की क्षमता रखता है।



चित्र-5 : जेम्स वेब स्पेस टेलीस्कोप का सेगमेंटेड प्राइमरी मिरर



चित्र-6 में यूरेनस की प्रतिबिंबे अनुकूली प्रकाशिकी के ऑफ और ऑन समायोजन के साथ दिखाई गयी हैं, जिनसे स्पष्ट है कि विभिन्न विघ्नों को दूर करने में अनुकूली प्रकाशिकी की प्रभावशीलता का प्रदर्शन उच्च कोटि का है। 1.6 माइक्रोमीटर की तरंग दैर्घ्य पर हम कम ऊंचाई वाले बादलों से परावर्तित प्रकाश देख रहे हैं जबकि 2.2 माइक्रोमीटर पर उच्च ऊंचाई वाले बादल भी दिख रहे हैं। इस प्रकार के सिस्टम से एसएनआर बहुत बढ़ गया है क्योंकि प्रतिबिंबों में बहुत धुंधले बादलों की संरचना का पता लगाने की क्षमता में काफी वृद्धि हुई है।

चित्र-6 : एडप्टिव ऑप्टिक्स की क्षमता प्रदर्शन का प्रभाव द्वारा इमेज

## 7. चुनौतियाँ एवं निष्कर्ष

अंतरिक्ष-आधारित अनुप्रयोगों की बढ़ती मांग के लिए एक ऑप्टिकल सिस्टम द्वारा उच्च रीजॉल्यूशन प्राप्त करने के लिए एक बड़े व्यास के प्राथमिक दर्पण की आवश्यकता होती है, जिससे मोनोलिथिक (अखंड) प्राप्त करने के लिए उसका द्रव्यमान और आयतन तो बढ़ेगा ही, साथ ही साथ लागत और तकनीकी मुद्दों के अलावा उपलब्ध लॉन्च वाहन फेयरिंग की उपलब्धता भी एक गंभीर चुनौती होगी। इस प्रकार, बड़े प्राथमिक दर्पण व्यास तक पहुंचने के लिए परिनिर्णय योग्य (deployable) खंडित प्राथमिक दर्पण (segmented primary mirror) उपकरण और इसके ऑप्टिकल प्रदर्शन को अनुकूलित करने के लिए एक एक्टिव सुधार लूप (एक्टिव करेक्शन लूप) एक उचित विकल्प होगा। इस तरह की प्रौद्योगिकियों से उच्च मांग वाले अनुप्रयोग जैसे उच्च-कंट्रास्ट इमेजिंग, अधिकतम एस.एन.आर., उच्च स्थानिक विभेदन तथा कम प्रदीप्त लक्ष्य की पहचान आदि में उल्लेखनीय लाभ मिलेंगे।

एक्टिव ऑप्टिक्स का व्यापक रूप अर्थात् अनुकूली प्रकाशिकी प्रणालियाँ अब सभी प्रमुख खगोलीय वेधशालाओं में नियमित रूप से प्रचालन में हैं। जेम्स वेब स्पेस टेलीस्कोप का सेगमेंटेड प्राइमरी मिरर एवं अनुकूली प्रकाशिकी प्रणाली के उपयोग से ही गहन अंतरिक्ष के उच्च-विभेदन, उच्च कंट्रास्ट एवं उच्च एसएनआर की प्रतिबिंबें सभी को चौंका रही हैं।

### आभार:

हम श्रीमती आरती सरकार, समूह निदेशक इ.ओ.एस.डी.आई.जी. एवं श्री एस. एस. सरकार उप निदेशक सेडा के अत्यन्त आभारी हैं, जिन्होंने हमें इस विषय पर कार्य करने का अवसर प्रदान किया। हमें समय-समय पर इनसे प्रेरणा, मार्गदर्शन और प्रोत्साहन मिलता रहा। इसके अतिरिक्त सेडा क्षेत्र में कार्यरत एक्टिव ऑप्टिक्स से जुड़े सदस्यों से प्राप्त अमूल्य जानकारी एवं निरंतर सहयोग ने इस लेख को लिखने में अहम भूमिका निभाई। केंद्र के हिंदी विभाग द्वारा समय-समय पर प्राप्त सुझावों से यह लेख प्रस्तुत हो पाया।

### संदर्भ:

1. Active optics for next generation of space observation Instruments; T. Viard, J. -F. Blanc, C. Devilliers, F. Champandard et al.
2. Active optics in deployable systems for future earth observation and science missions; Canas, Ludovic, Behar-Lafenêtre, Stéphanie, Devilliers, Christophe, Perrona, Laurent, Galtier, Lauriane, et al.
3. Adaptive optics for satellite imaging and space debris ranging; Francis Bennet, C. D'Orgeville, I. Price, F. Rigaut
4. Simulation of Shack-Hartmann Wavefront Sensor for Active Optics Corrections in Spaceborne Imaging Systems by P.Naveen kumar,Arti Sarkar,B.N.Sharma,Jitendra Kumar,D.Dhirhe
5. Optical calibration and first light for the deformable mirror demonstration mission CubeSat (DeMi)
6. New Generation Ground-Based Optical/Infrared Telescopes Alan T. Tokunaga, in Encyclopedia of the Solar System (Third Edition), 2014
7. Optical Remote Sensing of Planetary Space Environment; Fei He, Zhonghua Yao and Yong Wei

**पारिभाषिक शब्दावली:**

1. एक्टिव ऑप्टिक्स
2. एडप्टिव ऑप्टिक्स
3. डिफॉर्मिबल मिरर
4. वेव-फ्रंटसेंसर
5. एबरेशन
6. डिफरेक्शन
7. कंट्रास्ट

**लेखक परिचय:**

जितेन्द्र कुमार ने वर्ष 2002 में आई.ई.टी. (डॉ. बी. आर. अम्बेडकर विश्व विद्यालय कैम्पस) आगरा से इलेक्ट्रॉनिक्स एवं संचार इंजीनियरिंग क्षेत्र में बी.ई. डिग्री प्राप्त की। तत्पश्चात एच.ए.एल. नासिक में अभियंता के रूप में कार्य किया है। वर्ष 2005 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद सेंसर डिवलपमेंट एरिया (सेडा) में कार्य प्रारंभ किया। कुछ वर्षों तक इन्होंने सॉफ्टवेयर विकास प्रभाग में अपनी सेवाएं दीं। वर्तमान ये सेडा के इलेक्ट्रो-ऑप्टिकल पेलोड इंटीग्रेशन प्रभाग, में कार्यरत हैं।

## भूस्थानिक प्रौद्योगिकियों द्वारा मानचित्रण एवं विश्लेषण

प्रशांत प्रकाश अंगरख

वैज्ञानिक - 'एस.ई.'

ऐड्रिन, अंतरिक्ष विभाग, भारत सरकार

### क्या आप जानते हैं - भूस्थानिक प्रौद्योगिकी क्या है ?

यह एक ऐसी प्रौद्योगिकी है जिसके माध्यम से हम पृथ्वी के हर एक कोने का मानचित्रण एवं अध्ययन करने में सफल हुए हैं। हम कह सकते हैं कि यह उन उपकरणों से संबंध रखती है जो हमें भौगोलिक मानचित्रण करने में सहायक होते हैं। जैसा कि हम सभी को ज्ञात है की इन माध्यमों के उत्पत्ति अचानक नहीं हुई है। **19वीं** सदी में इसकी शुरुवात गुब्बारों और कबूतरों की सहायता से (मानचित्रण / नक्शानवीसी(कार्टोग्राफी) की शुरुवात हुई थी। **20वीं** सदी में गुब्बारों और कबूतरों का स्थान विमानों ने ले लिया था। दूसरे विश्व युद्ध एवं शीत युद्ध के चलते छायाचित्र आँकलन और नक्शा बनाना किसी भी देश के लिए अपनी सुरक्षा के हिसाब से सबसे महत्वपूर्ण कार्य बन गया। उपग्रह के माध्यम से हम विभिन्न प्रकार की उपग्रह छवियाँ हासिल करने में सक्षम बन गए थे। संगणक द्वारा उपग्रह से प्राप्त जानकारी के भंडारण में सहायता प्रदान हुई है। अंकीय प्रक्रिया सामग्री, भूस्थानिक प्रणाली और मानचित्रण द्वारा सामाजिक, आर्थिक, पर्यावरण संबन्धी अध्ययन संभव हो पाया है। इन प्रौद्योगिकियों को समूहिक रूप से भौगोलिक सूचना प्रणाली (जी.आई.एस.-Geographic Information System) के नाम से जाना जाने लगा।

इस प्रगतिशील युग में निरंतर विकास कि नींव हर क्षेत्र में रखी जा रही है। इस दौर में विकास कि इन इकाइयों का मानचित्रण एवं विश्लेषण काफी महत्वपूर्ण हैं। किसी भी संगठन को उसके पास उपलब्ध सुविधाओं के उचित प्रबंधन हेतु उन सुविधाओं का मानचित्रण करना एवं समय-समय पर उन सुविधाओं में हुई वृद्धि का अद्यतन करना बेहद जरूरी हो जाता है। यह कार्य करने के लिए कई सारे भूस्थानिक प्रौद्योगिकी के उपकरण आज उपलब्ध हैं। यह उपकरण दो प्रकार के होते हैं – लाइसेंसड सॉफ्टवेर उपकरण या अनुज्ञप्ति उपकरण एवं मुक्त स्रोत सॉफ्टवेर उपकरण।

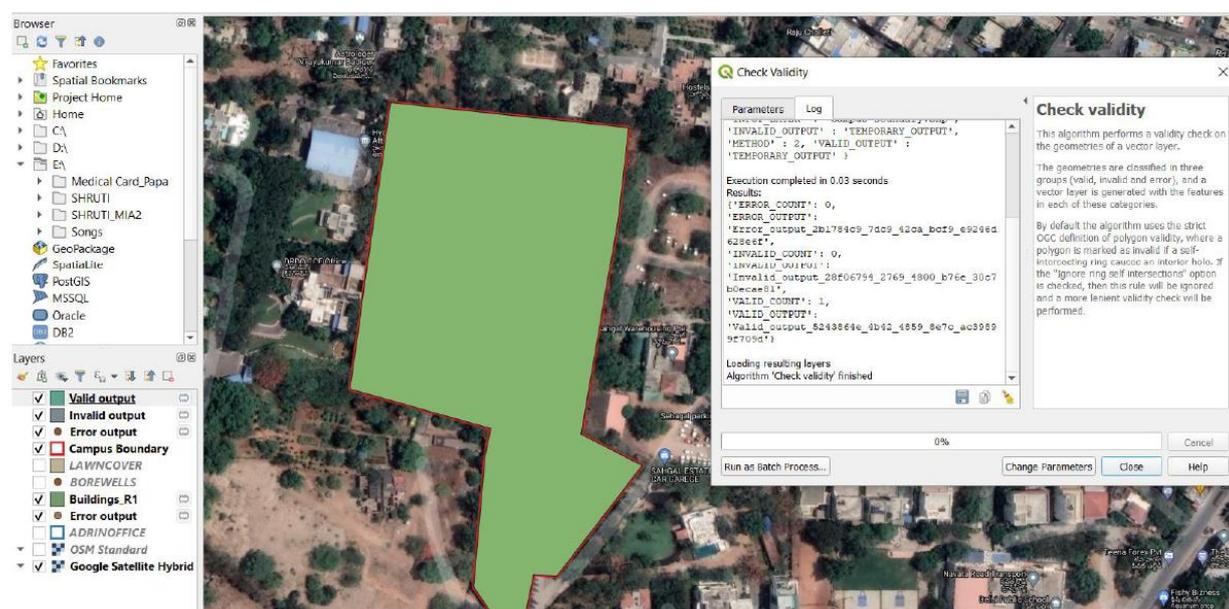
इस लेख में हम बात करेंगे मुक्त स्रोत सॉफ्टवेर – QGIS याने **“क्वांटम जी.आई.एस.”** की- जिसकी सहायता से हम हमारी सृष्टि, पृथ्वी, मानव निर्मित संसाधनों का उचित ढंग से मानचित्रण एवं विश्लेषण कर सकते हैं।

## क्यू.जी.आई.एस. के माध्यम से सुविधा प्रबंधन, जलापूर्ति एवं बोरवेल का मानचित्रण

हैदराबाद शहर के एक आवासीय परिसर को क्यू.जी.आई.एस. द्वारा मानचित्रण करने एवं अध्ययन करने हेतु चुना गया है। क्यू.जी.आई.एस. में ढेर सारे सॉफ्टवेयर उपकरण उपलब्ध हैं जो हमें डिजिटलिकरण करने में समर्थ बनाते हैं। इन सॉफ्टवेयर उपकरणों को क्यू.जी.आई.एस. की भाषा में “प्लगिन(Plugin)” के रूप में जाना जाता है। उनमें से कुछ महत्वपूर्ण सॉफ्टवेयर उपकरणों के बारे में हम अभी जानेंगे।

जैसा के हम सभी जानते हैं कोई भी चित्र बनाने से पहले हमें किसी संदर्भ की ज़रूरत होती है। ठीक उसी प्रकार से डिजिटल मानचित्रण करने के लिए हमें आधार-नक्शे (Base map) की ज़रूरत होती है। हैदराबाद के इस आवासीय परिसर के मानचित्रण के लिए “गूगल सैटेलाइट हाइब्रिड” नामक सॉफ्टवेयर उपकरण की सहायता से आधार नक्शे का उपयोग कर संगणक स्क्रीन पर डिजिटलीकरण किया गया।

### On Screen Digitisation using basemap as Google Satellite Hybrid



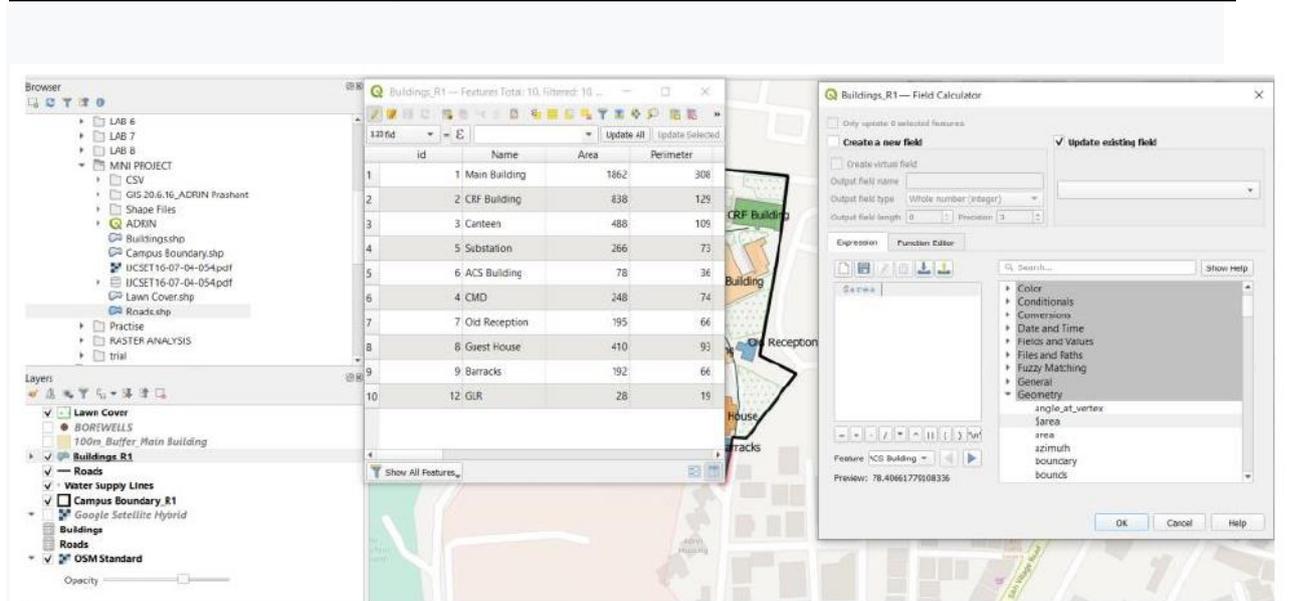
### चित्र -01 गूगल सैटेलाइट हाइब्रिड बेसम्याप का उपयोग कर Onscreen Digitisation

GIS के 2 तरह के आँकड़े मॉडल्स होते हैं जिसे “वेक्टर” और “रोस्टर” आँकड़ा के नाम से जाना जाता है। वेक्टर आँकड़ा बिन्दु, रेखा एवं बहुभुज द्वारा दर्शाया जाता है। किसी भी परिसर के विभिन्न इकाइयों को दर्शाने के लिए वेक्टर आँकड़ा मॉडल काफी उपयोगी सिद्ध हुआ है। इसके विपरीत रोस्टर डाटा पिक्सेल स्तर पर जानकारी जमाकर रखता है जैसे किसी स्थान की समुद्र सतह से ऊँचाई की जानकारी छोटे से छोटे पिक्सेल स्तर पर हम हासिल कर सकते हैं। क्यू.जी.आई.एस. द्वारा सभी

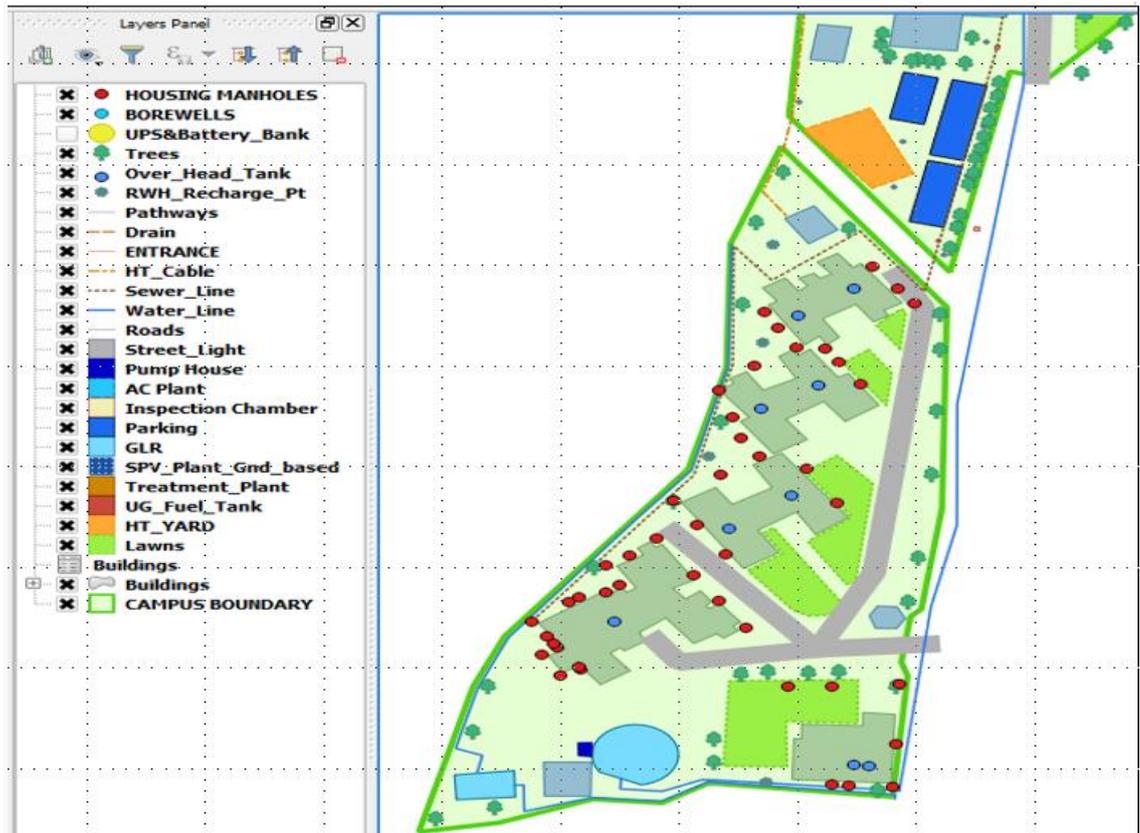
जानकारियों हम को एक दूसरे से जोड़ सकते हैं। स्थानिक (Spatial) और अस्थानिक आंकड़ों को जोड़ना क्यू.जी.आई.एस. जैसे सॉफ्टवेर द्वारा संभव हो पाया है।

हैदराबाद के इस आवासीय परिसर की विभिन्न सुविधाओं को इन जी.आई.एस. परतों (GIS Layers) द्वारा दर्शाया गया है।

परत का नाम	ज्यामिती प्रकार	उपलब्ध विशेष जानकारी
बिल्डिंग	बहुभुज	नाम , आई.डी., निर्माण तिथि ,ऊँचाई , प्लैन्थ क्षेत्रफल , तल क्षेत्रफल
कैम्पस बाउंड्री	बहुभुज	नाम, आई.डी.,क्षेत्र , परिमाण
लवण कवर	बहुभुज	नाम, आई.डी.,क्षेत्र , परिमाण
रोड़	रेखा	नाम, आई.डी., लंबाई, ढलान ,निर्माण की तिथि
जलपूर्ति	रेखा	नाम, आई.डी., लंबाई
बोर वेल	बिन्दु	नाम, आई.डी.,व्यास ,गहराई ,उपज़,



चित्र -2 परिसर के विभिन्न भवनों के क्षेत्र एवं परिमाण – एक क्लिक पर उपलब्ध

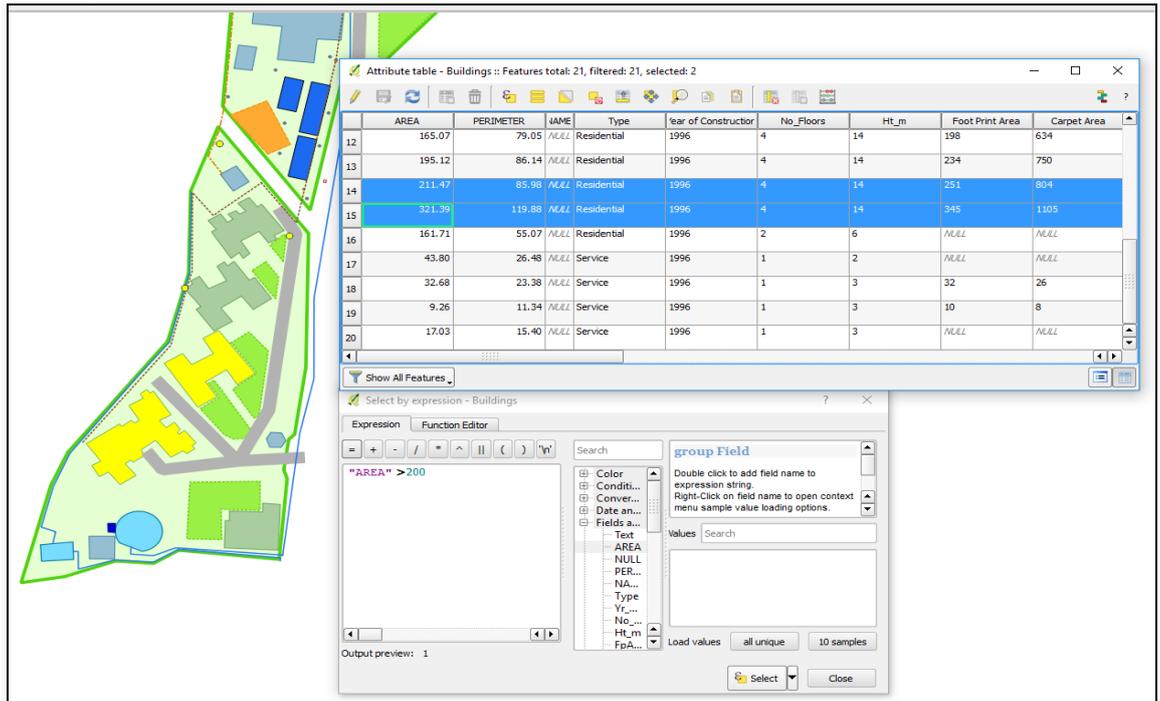


चित्र -03 विभिन्न वेक्टर लेयर्स – आवासीय परिसर हैदराबाद

अभी रुख करते हैं भूस्थानिक सूचना प्रणाली द्वारा प्राप्त आँकड़ों के विश्लेषण करने के तरीकों की ओर!

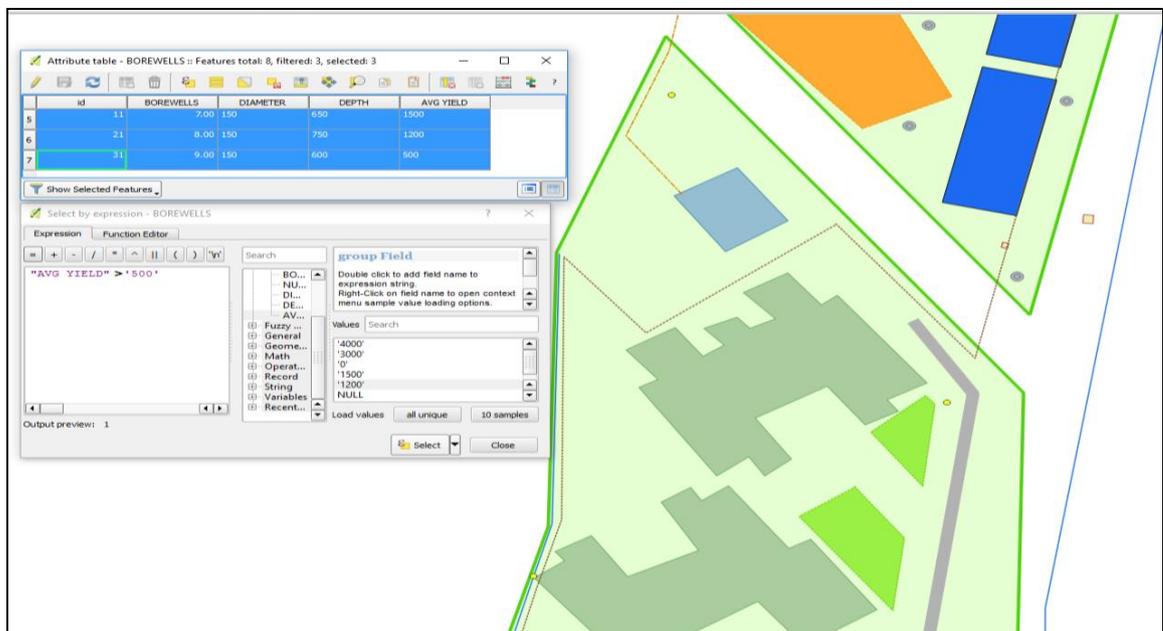
कोई भी आँकड़ा या जानकारी तब तक किसी काम की नहीं कहलाती जब तक हम उसका सही ढंग से अध्ययन और उपयोग नहीं कर पाते। जी.आई.एस. डिजिटलीकरण (GIS Digitisation) के साथ साथ उस आँकड़े का विश्लेषण करने में काफी सफल सिद्ध हुआ है। दो तरह के आँकड़े अक्सर हमें देखने मिलते हैं – जीने कहा जाता है स्थानिक (Spatial) आँकड़ा और अस्थानिक आँकड़ा।

**स्थानिक (Spatial) आँकड़ा :** ऐसी जानकारी या आँकड़ा है जो किसी भौगोलिक क्षेत्र से संबन्धित हो जिसे किसी भी मानचित्र पर किसी भवन का सटीक स्थान दर्शाने के लिए उस स्थान के भौगोलिक निर्देशांक यानी अक्षांश (Latitude) और देशांतर (Longitude) द्वारा दर्शाया जाता है।



चित्र :4 स्थानिक विश्लेषण: ऐसे भवनों को दर्शाया जाए जिनका क्षेत्रफल 200sqm से अधिक हो

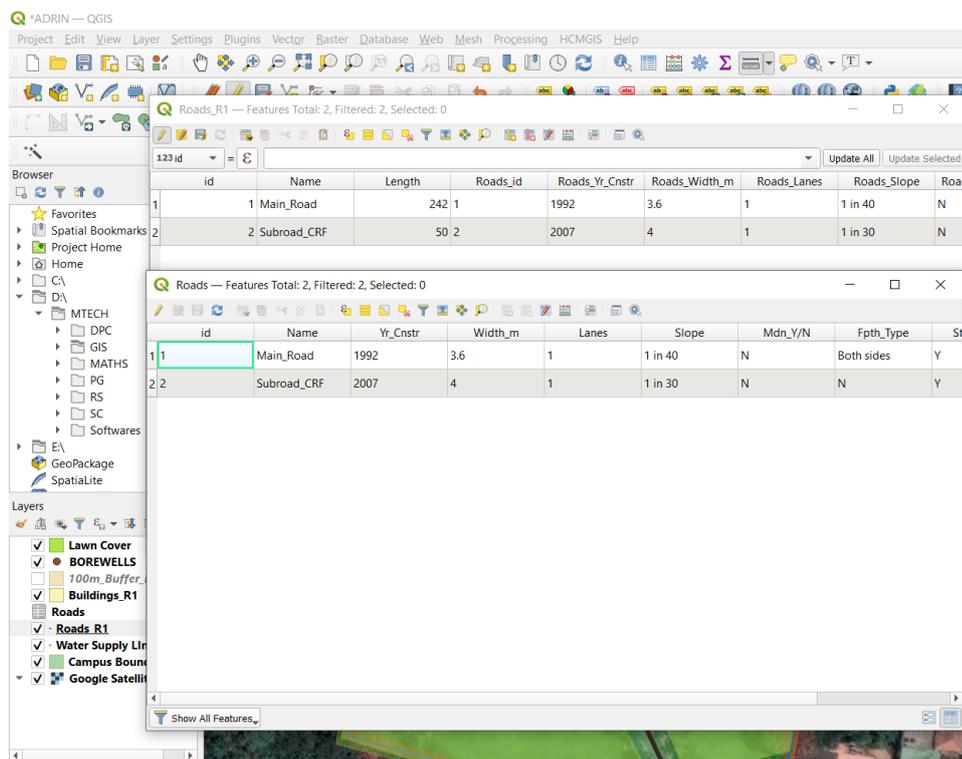
**अस्थानिक (Nonspatial) आँकड़ा:** ऐसी जानकारी या आँकड़ा जो किसी भौगोलिक क्षेत्र से संबन्धित न हो जैसे किसी बोरवेल की पानी निकालने की क्षमता या फिर किसी भवन की निर्माण तिथि, उसमें होने वाली विविध सुविधाएँ , मंज़िलों की संख्या ,ऊँचाई आदि।



चित्र 5: अस्थानिक आँकड़ा विश्लेषण: ऐसे बोरवेल्स को दर्शाया जाए जिनकी क्षमता 500 लिटर प्रति घंटा से ज्यादा है।

अब आप सोच रहें होंगे की स्थानिक और अस्थानिक आँकड़े को जोड़ा कैसे जाए?

जैसा कि हम जानते हैं कि किन्हीं भी दो चीजों को जोड़ने के लिए हमें किसी कड़ी की ज़रूरत होती है। ठीक उसी तरह से **स्थानिक और अस्थानिक आँकड़े** को जोड़ने का कार्य एक "समान विशेषता (common attribute)" करती है जो एक विशिष्ट इकाई होती है। जब भी क्यू.जी.आई.एस. में कोई भी जी.आई.एस. परत तैयार की जाती है तो हर एक इकाई के लिए एक विशिष्ट पहचान आई.डी. आवंटित किया जाता है। इसी आई.डी. के माध्यम से हम **स्थानिक और अस्थानिक आँकड़े** को जोड़ने का कार्य आसानी से कर सकते हैं। **अस्थानिक आँकड़े** को "सी.एस.वी. प्रारूप" में सहेजा जाता है ताकि इस सी.एस.वी. फ़ाइल को हम सीधे क्यू.जी.आई.एस. में आयात कर सकें। जैसे ही हम **सी.एस.वी. फ़ाइल** को आयात करते हैं हम वेक्टर परत के विशिष्ट आई.डी. द्वारा इसे जोड़ने का कार्य कर सकते हैं। हमें विभिन्न स्वरूपों में उपलब्ध आँकड़े को प्रबंधित करना, पुनः प्राप्त करना, अद्यतन करना और एकीकृत करना संभव हो पाया है।



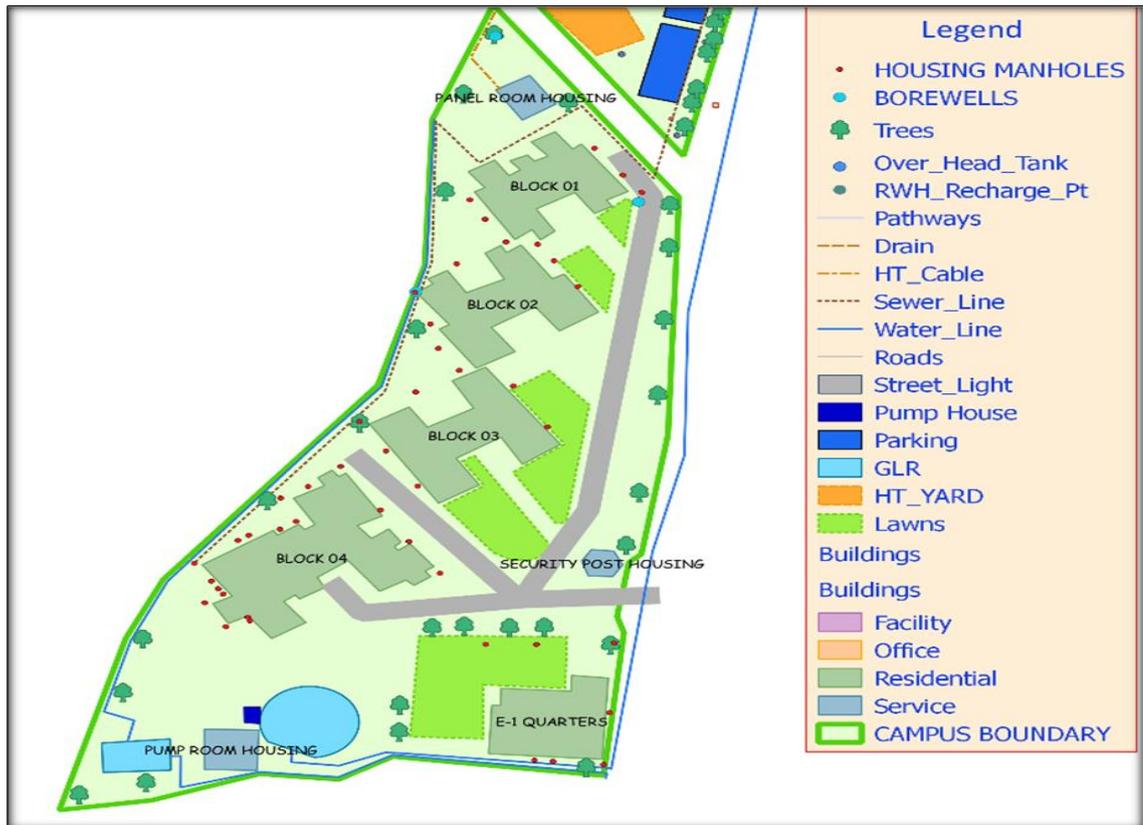
चित्र 6: स्थानिक और अस्थानिक आँकड़े को जोड़ना (विशिष्ट (unique) आई.डी. द्वारा)

1	Text	Type	Yr_Cnstr	No_Floors	Ht_m	FpA_m2	CA_m2	FrHyd_Y/N	SD_Sys_Y/N	FrExtg_Y/N	LPS_Y/N
12	GLR	Service	1992	1	3	21	18	N	N	N	N
13	OLD AC PLA	Service	1992	1	4	154	131	N	N	N	N
14	PANEL ROC	Service	1996	1	3	29	23	N	N	N	N
15	BLOCK 01	Residential	1996	4	14	198	634	N	N	N	N
16	BLOCK 02	Residential	1996	4	14	234	750	N	N	N	N
17	BLOCK 03	Residential	1996	4	14	251	804	N	N	N	N
18	BLOCK 04	Residential	1996	4	14	345	1105	N	N	N	N
19	E-1 QUART	Residential	1996	2	6			N	N	N	N
20	PUMP ROC	Service	1996	1	2			N	N	N	N
21	SECURITY P	Service	1996	1	3			N	N	N	N
22	LABOUR RE	Service	1996	1	3	32	26	N	N	N	N
23	SECURITY P	Service	1996	1	3	10	8	N	N	N	N

चित्र 7 : सी.एस.वी. फ़ाइल में आँकड़ा भंडारण करने का तरीका

**उपयोगिता मानचित्र / यूटिलिटी वेब मैप का निर्माण :**

इतने बड़े भूस्थानिक आँकड़ा प्रणाली का निर्माण तो हमने कर लिया है। अब बात करते हैं इस आँकड़े को हमारे उपयोगकर्ता / जन सामान्य के लिए सही ढंग से प्रस्तुत करने के तरीकों की। क्यू.जी.आई.एस. के “प्रिंट कंपोजर मॉड्यूल” द्वारा हम विभिन्न प्रकार की सुविधाएँ दर्शाने वाले डिजिटल नक्शे बना सकते हैं। केवल एक क्लिक पर उपयोगकर्ता को सम्पूर्ण भूस्थानिक आँकड़ा प्रणाली की जानकारी हासिल हो जाती है।



चित्र -8 उपयोगिता मानचित्र का निर्माण- हैदराबाद शहर का एक आवासीय परिसर

**निष्कर्ष :-**

भूस्थानिक प्रौद्योगिकी एक निरंतर विकसित होने वाली तकनीक है और ऐसे कई अन्य उपकरण विकसित हो चुके हैं जो प्राकृतिक संसाधनों, भूमि और जल प्रबंधन, वनस्पति, परिवहन नेटवर्क, दूरसंचार, भूजल आदि के प्रबंधन के लिए सीधे प्रासंगिक हैं। भूस्थानिक प्रौद्योगिकी के द्वारा हर किस्म कि भूस्थानिक समस्याओं का समाधान, उनका विश्लेषण एवं महत्वपूर्ण निर्णय लेना संभव हो पाया है। उपयोगिता मानचित्र प्रत्येक सुविधा और सेवा के उचित रखरखाव और प्रभावी निगरानी के लिए बहुत सहायक होते हैं। भूस्थानिक प्रौद्योगिकी के माध्यम से विभिन्न स्वरूपों में उपलब्ध आँकड़ों को प्रबंधित करना, पुनः प्राप्त करना, अद्यतन करना और एकीकृत करना काफी आसान हो गया है। भूस्थानिक प्रौद्योगिकी आधारित उपयोगिता प्रबंधन प्रणाली सभी अभियंताओं और उपयोगकर्ताओं को महत्वपूर्ण निर्णय लेने की प्रक्रिया में काफी सहायक सिद्ध होगी।

कुछ देर की खामोशी हैं

फिर शोर आयेगा

रिमोट सेन्सिंग प्रणालियों का जमाना आया है

भूस्थानिक प्रौद्योगिकी का दौर आयेगा

**लेखक परिचय:**

मैंने वर्ष 2009 में मुंबई के वी.जे.टी.आई. कॉलेज से बी.टेक (सिविल इंजीनियरिंग) पूरा किया। 2009 से 2012 तक 'कल्पतरु वापर ट्रांसमिशन' एवं 'अबेनर ग्रुप' से "स्ट्रक्चरल डिजाइन इंजीनियर" के तौर पर कार्य किया। वर्ष 2012 से मैं इसरो के एड्रिन केंद्र में कार्य कर रहा हूँ। 2012 से अब तक मैंने कई हिंदी तकनीकी लेख विभिन्न इसरो केंद्रों में प्रस्तुत किए। हिंदी में तकनीकी लेख लिखने का यह शौक अभी भी जारी है।

## रोटेटेड बाउंडिंग बॉक्स के साथ ऑब्जेक्ट डिटेक्शन

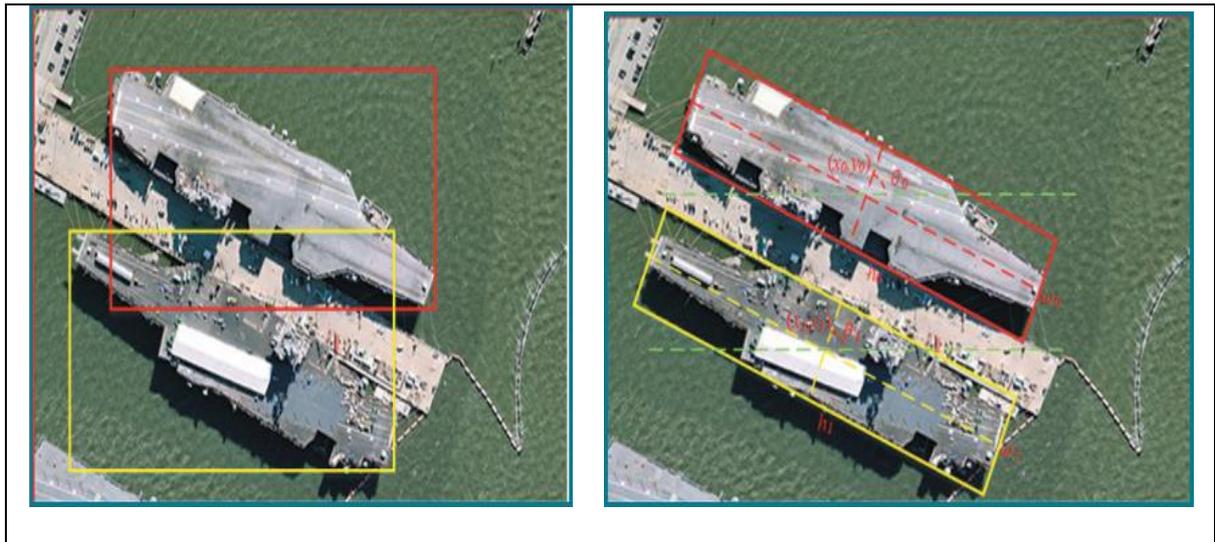
जू वा ऑ रामपाल  
सी.ए.आइ.आर., डी.आर.डी.ओ.

### सारांश

चित्रों में टेड़ी खड़ी वस्तुओं का पता लगाना एक चुनौती पूर्ण कार्य है। उपग्रहों से या विमान द्वारा (रिमोट सेंसिंग) सुदूर संवेदन चित्रों को लक्ष्य के ऊपर से खींचा (कैप्चर) किया जाता है। क्षैतिज बाउंडिंग बॉक्स (हॉरिजेंटल बाउंडिंग बॉक्स) में पृष्ठभूमि के क्षेत्र का प्रतिशत कई बार वस्तु के क्षेत्र के प्रतिशत से ज्यादा हो जाता है। ऐसे में वस्तु के सटीक स्थान का पता लगाने की प्रक्रिया, विशेषकर जब कई वस्तु निकट हों, कठिन हो जाती है। इन समस्याओं का हल करने के लिए रोटेटेड बाउंडिंग बॉक्स का उपयोग करना चाहिए।

मानक पारिभाषिक शब्दावली:

1. बाउंडिंग बॉक्स (Bounding Boxes – Drawing a rectangle around Object of Interest)
2. ऑब्जेक्ट डिटेक्शन (Object Detection – Detecting Objects with ML Model)
3. एम.एल. मॉडल (Machine Learning Model)
4. क्षैतिज बाउंडिंग बॉक्स (एचबीबॉक्स) (Horizontal Bounding Boxes - HBBBox)
5. रोटेटेड बाउंडिंग बॉक्स (आरबीबॉक्स) (Rotated Bounding Boxes - RBBBox)
6. सुदूर संवेदन (Remote sensing)
7. पहलू-अनुपात (Aspect-Ratio)
8. पृष्ठभूमि पिक्सेल (Background Pixel)
9. डिटेक्शन एल्गोरिदम (Detection Algorithms Of ML Model)
10. इंटरसेक्शन-ओवर-यूनियन (IoU – Intersection Over Union)
11. कोण पर घूमा हुआ इंटरसेक्शन-ओवर-यूनियन **ArIOU** (Angle Rotated IOU)
12. डिटेक्टर (An ML Model Detecting Objects)
13. प्रशिक्षण (Training an ML Model)



**परिचय:**

अधिकांश **ऑब्जेक्ट डिटेक्शन** विधियाँ चित्रों में लक्ष्य का पता लगाने के लिए **क्षैतिज बाउंडिंग बॉक्स** (Horizontal Bounding Boxes) का उपयोग करती हैं। एक **क्षैतिज बाउंडिंग बॉक्स (एच.बी.बॉक्स)** चार मापदंडों द्वारा परिचालित एक आयत है। दो मापदंड हैं, केंद्र बिंदु स्थिति  $(x, y)$ , और शेष दो मापदंड हैं, चौड़ाई और ऊँचाई।

**एच.बी.बॉक्स** के द्वारा वस्तुओं का पता लगाने में कुछ कठिनाइयों का सामना करना पड़ता है। जैसे कि **एच.बी.बॉक्स** वस्तुओं का सटीक आकार प्रदान नहीं कर सकता है और सघन वस्तुओं में अंतर करना बहुत कठिन हो जाता है।

**पारंपरिक बाउंडिंग बॉक्स विधि (क्षैतिज बाउंडिंग बॉक्स) की सीमाएं:**

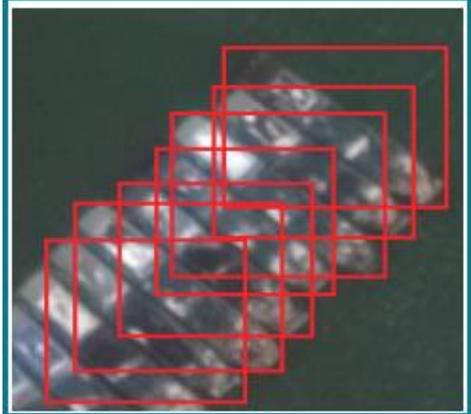
निम्नलिखित तालिका में **क्षैतिज बाउंडिंग बॉक्स (एच.बी.बॉक्स)** की तीन मुख्य सीमाएं और उनके संबंधित उदाहरणों को सूचीबद्ध किया है।

**तालिका - 1:**

<b>क्षैतिज बाउंडिंग बॉक्स (एच.बी.बॉक्स) की सीमाएं</b>	
1.	आकार और पहलू-अनुपात वस्तु के वास्तविक आकार को नहीं दर्शाते हैं।
2.	वस्तु और पृष्ठभूमि पिक्सेल प्रभावी रूप से अलग नहीं होते हैं।
3.	सघन वस्तुओं को अलग करना कठिन होता है।



1



2

जैसा कि उक्त तालिका के चित्र - 1 में दर्शाया गया है, रिमोट सेंसिंग चित्र में एक जहाज घुमाव (रोटेशन) के कारण विभिन्न आकारों और अनुपातों के साथ **एच.बी.बॉक्स** से संरेखित है। परिणामतः, **एच.बी.बॉक्स** की चौड़ाई और ऊँचाई का घुमाए गए लक्ष्य के भौतिक आकार से कोई संबंध नहीं है। यहाँ वस्तु और पृष्ठभूमि (बैक-ग्राउंड) के बीच के अंतर को **एच.बी.बॉक्स** उचित रूप में नहीं दर्शा पा रहा है। उक्त उदाहरण में, **एच.बी.बॉक्स** के अंदर लगभग 60% क्षेत्र पृष्ठभूमि पिक्सेल के अंतर्गत आता है, जिसमें जमीन और पानी का ज्यादा भाग शामिल है।

एक और महत्वपूर्ण सीमा को हम चित्र -2 में देख सकते हैं। यहाँ पर स्थिति और कठिन हो जाती है जब वस्तुओं को सघन रूप से वितरित पाया जाता है, अर्थास यदि जब वस्तुएँ काफी नजदीक खड़ी हों। ऐसी स्थिति में वस्तुओं को **एच.बी.बॉक्स** द्वारा अलग करना कठिन होता है।

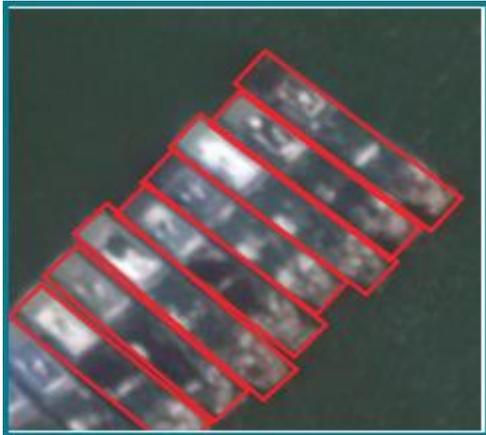
इस लेख में, उपर्युक्त कठिनाइयों को दूर करने के लिए **रोटेटेड बाउंडिंग बॉक्स (Rotated Bounding Boxes)** को परिभाषित किया गया है। **रोटेटेड बाउंडिंग बॉक्स (आर.बी.बॉक्स)** एक आयत है, जिसमें कोण (एंगल) पैरामीटर है, जो इसके अभिविन्यास (ओरिएंटेशन) को परिभाषित करता है।

### **रोटेटेड बाउंडिंग बॉक्स (आर.बी.बॉक्स) के लाभ:**

एक **आर.बी.बॉक्स** को अपने स्थान, आकार और अभिविन्यास को परिभाषित करने के लिए पाँच मापदंडों की आवश्यकता होती है। चार मापदंड जो **एच.बी.बॉक्स** में बताए गए हैं, और पाँचवाँ मापदंड है, कोण (एंगल)। यह वह कोण जिस पर **आर.बी.बॉक्स** घूमा हुआ है। **एच.बी.बॉक्स** की तुलना में, **आर.बी.बॉक्स** लक्ष्य वस्तु की रूपरेखा को अधिक प्रभावी रूप से घेरता है, इसलिए तालिका - 1 में सूचीबद्ध सभी सीमाओं को दूर कर पाता है।

### **तालिका - 2:**

<b>रोटेटेड बाउंडिंग बॉक्स (आर.बी.बॉक्स) के लाभ</b>	
1.	<b>आर.बी.बॉक्स</b> की चौड़ाई और ऊंचाई वस्तु के भौतिक आकार को दर्शाती है।
2.	<b>आर.बी.बॉक्स</b> में <b>एच.बी.बॉक्स</b> की तुलना में कम पृष्ठभूमि पिक्सेल होते हैं, इसलिए लक्ष्य की वस्तु और पृष्ठभूमि के बीच वर्गीकरण करना आसान होता है।
3.	<b>आर.बी.बॉक्स</b> कुशलतापूर्वक सघन वस्तुओं को अलग कर सकता है, जिसमें आस-पास के लक्ष्यों के बीच कोई <b>अतिव्यापी (ओवरलेप्पड)</b> क्षेत्र नहीं है।

**आर.बी.बॉक्स** और **एच.बी.बॉक्स** की विस्तृत तुलना तालिका - 1 और तालिका - 2 के द्वारा दर्शाई गई है। इनमें हम समझ सकते हैं, कि घुमाए गए लक्ष्य (Object) का पता लगाने के लिए **आर.बी.बॉक्स** एक बेहतर विकल्प है।

**रोटेटेड बाउंडिंग बॉक्स (आर.बी.बॉक्स) की गणना:**

दो बक्सों को देखते हुए, एक **डिटेक्शन एल्गोरिदम** के लिए उनकी दूरी का मूल्यांकन करना महत्वपूर्ण है, जिसका उपयोग प्रशिक्षण (एम.एल. मॉडल ट्रेनिंग) के दौरान सकारात्मक नमूनों का चयन करने के लिए किया जाता है। **एच.बी.बॉक्स** के लिए सामान्य उपयोग किया जाने वाला मानदंड **इंटरसेक्शन-ओवर-यूनियन** (आइ.ओ.यू.) है, जिसका उपयोग **आर.बी.बॉक्स** द्वारा भी किया जा सकता है। दो **आर.बी.बॉक्स** A और B के बीच **इंटरसेक्शन-ओवर-यूनियन** निम्नानुसार परिभाषित करता है:

$$IoU(A,B) = \frac{\text{area}(A \cap B)}{\text{area}(A \cup B)}$$

जहाँ  $\cap$  और  $\cup$ , दो **आर.बी.बॉक्स** के बीच बूलियन ऑपरेशन हैं। **आर.बी.बॉक्स** के बीच बूलियन गणना **एच.बी.बॉक्स** की तुलना में अधिक जटिल है क्योंकि दो **आर.बी.बॉक्स** का प्रतिच्छेदन (Intersection) कोई भी बहुभुज (पॉलीगॉन) हो सकता है जिसमें आठ से अधिक भुजाएँ न हों।

**आर.बी.बॉक्स** के लिए एक अन्य मानदंड कोण से संबंधित IoU (ArIoU) है।

$$ArIoU(A,B) = \frac{\text{area}(A^{\wedge} \cap B)}{\text{area}(A^{\wedge} \cup B)} \cos(\theta_A - \theta_B)$$

जहाँ  $\theta_A - \theta_B$  **आर.बी.बॉक्स** के कोण हैं,  $A^{\wedge}$  एक **आर.बी.बॉक्स** है जो **आर.बी.बॉक्स** A के साथ समान पैरामीटर रखता है सिवाय इसके कि कोण पैरामीटर  $\theta_B$  है,  $\theta_A$  नहीं।

**ArIoU** कोण के अंतर को ध्यान में रखता है ताकि **आर.बी.बॉक्स** A और B के बीच का **ArIoU** घट जाए जब उनका कोण अंतर 0 डिग्री से 90 डिग्री में बदल जाए। जब  $(\theta_A - \theta_B)$  180 डिग्री के करीब होता है तो दोनों परिभाषाएं व्यवहार में भिन्न होती हैं। **ArIoU180** वस्तुओं के हेड एवं टेल की दिशा को अनदेखा करता है जब उन्हें भेद करना बहुत मुश्किल होता है।

**IoU** और **ArIoU** का उपयोग अलग-अलग तरीके से किया जाता है। **ArIoU** का उपयोग प्रशिक्षण के लिए किया जाता है, इसलिए यह **डिटेक्टर** को समकोण सीखने के लिए लागू कर सकता है, जबकि **IoU** का उपयोग **गैर-अधिकतम दमन** (नॉन-मेक्सिमम सप्रेसन) के लिए किया जाता है, इसलिए गलत कोण वाले पूर्वानुमानों को प्रभावी ढंग से हटाया जा सकता है।

हम **रोटेटेड बाउंडिंग बॉक्स** को **ऑब्जेक्ट डिटेक्शन** में लागू करते हैं, इसका मतलब है कि **डिटेक्टर** को न केवल स्थानों और आकार को सीखना चाहिए, बल्कि वस्तुओं के कोण को भी।

**निष्कर्ष:**

रोटेशन की पूर्ण जानकारी किसी भी **ऑब्जेक्ट डिटेक्शन** कार्य में बहुत महत्वपूर्ण होती है। मौजूदा **डिटेक्शन एल्गोरिदम** वस्तुओं का पता लगाने के लिए **क्षैतिज बाउंडिंग बॉक्स (हॉरिजेंटल बाउंडिंग बॉक्स)** का उपयोग करते हैं। इस लेख में, हम पारंपरिक बाउंडिंग बॉक्स को **रोटेटेड बाउंडिंग बॉक्स (रोटेटेड बाउंडिंग बॉक्स)** से बदलते हैं और समझते हैं कि, क्यों ये **क्षैतिज बाउंडिंग बॉक्स** की तुलना में ज्यादा प्रभावशाली साबित होते हैं।

**संदर्भ सूची:**

1. लर्निंग अ रोटेशन इनवेरियंट डिटेक्टर विथ रोटेटिंग बाउंडिंग बॉक्स  
Learning a Rotation Invariant Detector with Rotatable Bounding Box  
(<https://arxiv.org/pdf/1711.09405.pdf>)
2. ओरिएंटेड ऑब्जेक्ट डिटेक्शन इन एरियल इमेजेस विथ बॉक्स बाउंडरी – अवेयर वेक्टर्स  
Oriented Object Detection in Aerial Images with Box Boundary-Aware Vectors  
(<https://arxiv.org/pdf/2008.07043.pdf>)
3. <https://developer.nvidia.com/blog/detecting-rotated-objects-using-the-odtk/>
4. <https://keymakr.com/blog/benefits-and-industrial-benefits-of-using-Rotated-bounding-boxes-for-object-detection/>
5. [https://en.wikipedia.org/wiki/Minimum\\_bounding\\_box](https://en.wikipedia.org/wiki/Minimum_bounding_box)

**लेखक परिचय:**

श्री जू. व. अ. रामपाल, डी.आर.डी.ओ., बेंगलूरु के कृत्रिम ज्ञान तथा रोबोटिकी केंद्र में कार्यरत हैं। उन्होंने वर्ष 2016 में बी.एस.सी. (भौतिकी) की उपाधि प्राप्त की। उन्हें संचार तथा नेटवर्किंग, सामिरक संचार, सॉफ्टवेयर विकास आदि क्षेत्र में विशेषज्ञता प्राप्त है।

## मानवयुक्त अंतरिक्ष यान में अंतरिक्ष यात्री के लिए पर्यावरणीय नियंत्रण एवं जीवन उपयोगी प्रणालियां

ऋषभ गर्ग, वैज्ञानिक/अभियंता 'एसडी', नियामक अभिकल्प प्रभाग  
कैलास एस कुहीते, उप प्रभाग प्रधान, भू-भंडारणीय नियामक अभिकल्प प्रभाग  
सुनील एस, प्रभाग प्रधान, नियामक अभिकल्प प्रभाग  
सी.एस.सी./एल.पी.एस.सी., वलियामाला

### सारांश

पिछले कुछ वर्षों में अंतरिक्ष एक बहुत ही रोमांचक विषय बनकर सबके सामने आया है, जिसमें मानव का अंतरिक्ष में सैर करना, अंतरिक्ष में रहना और शोध करना एक चर्चा का विषय बन गया है। जहां एक तरफ कई देश पहले से ही इस तकनीकी में अपनी उपलब्धि इतिहास के पन्नों पर लिख चुके हैं, वहीं भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन ने भी अपने मानवयुक्त मिशन गगनयान की घोषणा की है। जिसके लिए अंतरिक्ष यात्री के चारों ओर आवश्यक पर्यावरण बनाए रखने के लिए पर्यावरणीय नियंत्रण प्रणालियों का अभिकल्पन एक चुनौतीपूर्ण कार्य है। इस लेख में विभिन्न प्रकार की आवश्यक पर्यावरणीय नियंत्रण प्रणालियों, उनके प्रकार एवं विशेष रूप से अलग-अलग प्रमोचन यानों में उपयोग किए गए केबिन दबाव नियंत्रण प्रणाली का अध्ययन किया गया है।

#### 1. प्रस्तावना:

किसी भी मानवीय अंतरिक्ष मिशन में सबसे बड़ी चुनौती होती है - अंतरिक्ष यात्री के लिए प्रमोचन यात्रा के दौरान, अंतरिक्ष की यात्रा एवं वापस सकुशल पृथ्वी पर लाने तक उसको उचित प्रकार की जीवनोपयोगी व्यवस्था प्रदान करना, जो किसी भी व्यक्ति के दैनिक क्रियाकलापों और सकुशल जीवित रहने के लिए अति आवश्यक है। पृथ्वी पर यह वातावरण प्राकृतिक रूप से उपलब्ध है। परंतु, अंतरिक्ष में वातावरण मानव जीवन के लिए अनुकूल नहीं है, इसलिए अंतरिक्ष यात्री के चारों ओर एक कृत्रिम वातावरण बनाए रखना पड़ता है। साथ ही साथ, उसके दैनिक जीवन के क्रियाकलापों और किसी भी अनिश्चितता से बचने के लिए एक प्रणाली की आवश्यकता होती है, जिसे पर्यावरणीय नियंत्रण एवं जीवनोपयोगी प्रणाली (ई.सी.एल.एस.एस.) कहते हैं।

#### 2. पर्यावरणीय नियंत्रण एवं जीवन उपयोगी प्रणाली:

पर्यावरण नियंत्रण जीवन समर्थन प्रणाली (ई.सी.एल.एस.एस.) में निम्नलिखित सक्रिय और निष्क्रिय उप-प्रणालियाँ शामिल हैं:

- 2.1 **केबिन दबाव नियंत्रण प्रणाली (सी.पी.सी.एस.):** यह केबिन के आवश्यक कुल दबाव और ऑक्सीजन आंशिक दबाव को बनाए रखता है।
- 2.2 **केबिन ऊष्णता और आर्द्रता नियंत्रण प्रणाली (टी.एच.सी.एस.):** यह केबिन में तापमान और आर्द्रता को सुनिश्चित रूप से बनाए रखता है।
- 2.3 **फ्लाइट सूट और अंतराफलक (इंटरफेस):** इसमें गैस को पहचानने, प्रारूपक एवं तापमापक यंत्रों का प्रयोग किया जाता है, जो केबिन में आग या धुएं की किसी भी घटना का पता लगाते हैं और चालक दल को सूचित करते हैं। अग्निशामक यंत्रों का उपयोग करते हुए शमन योजना मानव संचालित है।

इसके अलावा प्रमुख ई.सी.एल.एस.एस. प्रणाली निम्न प्रकार है:

- 2.4 वायु पुनरोद्धार प्रणाली (ए.आर.एस.)
  - 2.5 अग्नि जांच और शमन प्रणाली (एफ.डी.एस. और एफ.एस.एस.)
  - 2.6 व्यक्तिगत स्वच्छता और अपशिष्ट प्रबंधन प्रणाली (पी.एच.एम.एस.)
  - 2.7 डेटा अधिग्रहण इकाइयों के साथ ई.सी.एल.एस.एस. नियंत्रक और चालक इकाई
  - 2.8 खाद्य एवं जल प्रबंधन प्रणाली
3. **केबिन दबाव नियंत्रण प्रणाली:** केबिन में मानव के लिए आवश्यक दाब को बनाए रखने के लिए केबिन दबाव नियंत्रण प्रणाली का प्रयोग किया जाता है। अभी तक के मानवयुक्त मिशन में प्रयोग किए गए विभिन्न प्रकार के केबिन दबाव नियंत्रण प्रणाली का संक्षिप्त विवरण इस प्रकार है:
- 3.1 **वोस्तोक (Vostok)/ वोसखोड (Voskhod):** वोस्तोक (Vostok) एक प्रकार का सोवियत संघ द्वारा बनाया गया अंतरिक्ष यान था। इतिहास में पहली मानव अंतरिक्ष उड़ान सोवियत अंतरिक्ष यात्री यूरी गागरिन द्वारा 12 अप्रैल, 1961 को इस अंतरिक्ष यान पर अंजाम दी गयी थी। वोसखोड (Voskhod) वोस्तोक का संशोधित संस्करण है। वोस्तोक और वोसखोड की ई.सी.एल.एस.एस. प्रणालियों का अभिकल्पन अवधारणा में समान है। ऑक्सीजन को रासायनिक रूप से बाध्य स्थिति में संग्रहित किया गया था। इस यान में सूट के वायु-संचार और अंतरिक्ष यात्री के श्वसन के लिए दबावयुक्त ऑक्सीजन के आपातकालीन टैंक प्रदान किए गए थे। केबिन दबाव सूट के माध्यम से किया गया था और अवसाद की स्थिति में, सूट को केबिन से अलग किया जा सकता था। अंतरिक्ष यान को 15 डिग्री से 35 डिग्री सेल्सियस की संचालन सीमा में कार्य करने के लिए डिज़ाइन किया गया था। केबिन का वातावरण समुद्र के स्तर के वातावरण जैसा था। केबिन दबाव प्रणाली को ऑक्सीजन के वांछित स्तर को बनाए रखने के लिए डिज़ाइन किया गया था, जोकि एक पुनर्योजी नियामक इकाई के माध्यम से प्राप्त किया गया था। ऑक्सीजन का उत्पादन एक संवेदन तत्व द्वारा नियंत्रित किया गया था, जो केबिन में ऑक्सीजन के आंशिक दबाव में भिन्नता पर प्रतिक्रिया करता है।
  - 3.2 **मर्क्युरी (Mercury):** मर्क्युरी अमेरिकी अंतरिक्ष एजेंसी का पहला मानवयुक्त अंतरिक्ष यान था। मर्क्युरी का केबिन 1.53 m<sup>3</sup> निवासीय आयतन का एक व्यक्ति का केबिन था, जो 34.5 kPa के दबाव पर 100% ऑक्सीजन से भरा था। ऑक्सीजन को सामान्य ताप पर दो 1.8 kg के निकेल प्लेटेड 4340 कार्बन स्टील के टैंकों में 51.7 MPa दाब पर संग्रहित किया गया था। एक टैंक ने प्राथमिक टैंक के रूप में काम किया और दूसरे को बैकअप के रूप में रखा गया। गैस की बोतलें ग्राउंड फील वॉल्व, आइसोलेशन वाल्व और दाबमापी यंत्रों (पेशर ट्रांसड्यूसर) से लैस थीं। वोस्तोक और वोसखोड के विपरीत, इसमें केबिन और सूट दबाव प्रणालियां दो अलग-अलग प्रणालियां थी। केबिन के दबाव को दबाव नियंत्रण यंत्रों से नियंत्रित किया गया है, प्राथमिक और आपातकालीन दाब नियामकों को क्रमश 6.5 बार और 5.5 बार पर गैस प्रदान करने के लिए निर्धारित किया जाता है। केबिन दबाव दाब नियामक द्वारा प्राप्त किया जाता है, जो केबिन ऑक्सीजन को निचली सीमा पर बनाए रखता है। नियामक एक सुरक्षा सुविधा के साथ कार्यरत है और जब केबिन का दबाव 0.3 बार से कम हो जाता है, तो खुद को सील कर प्रवाह रोक देता है।
  - 3.3 **जैमिनी (Gemini):** यह दो मानवयुक्त अंतरिक्ष यान था, जिसमें दबाव की स्थिति मर्क्युरी के समान थी -100% ऑक्सीजन 34.5 kPa दाब पर। हालांकि, ऑक्सीजन को निम्नतापीय स्थिति में 1 गोलाकार टैंक में 5.86 MPa दाब पर संग्रहित किया गया था। दो अतिरिक्त गैस की बोतलें ऑक्सीजन को 34.5 MPa दाब पर संग्रहित करने के लिए प्रदान की गईं। आपातकालीन स्थिति में इजेक्टबल सीट के नीचे एक और छोटी गैस की बोतल दी गई थी। मर्क्युरी और जैमिनी में चालक दल के सदस्यों ने उड़ान के समय सूट पहना था। जैमिनी में भी केबिन और सूट के लिए अलग-अलग दबाव प्रणालियां थीं।
  - 3.4 **अपोलो मिशन (Apollo Mission):** जैमिनी के बाद अपोलो मिशन को अंजाम दिया गया। पूरे अपोलो अंतरिक्ष यान में दो अलग-अलग जीवनोपयोगी प्रणालियां शामिल थीं- एक कमांड मॉड्यूल पर और दूसरी चंद्र (लूनार) मॉड्यूल पर। अपोलो में मर्क्युरी और जैमिनी की तरह, कमांड मॉड्यूल और लूनार मॉड्यूल दोनों में अलग-अलग सूट और केबिन ई.सी.एल.एस.एस. उप-प्रणालियां थीं। अपोलो

कमांड मॉड्यूल एक दबावयुक्त शंकाआकार कैप्सूल था, जिसमें तीन अंतरिक्ष यात्रियों के रहने योग्य 5.9 m<sup>3</sup> आयतन का स्थान था। कमांड मॉड्यूल ई.सी.एल.एस.एस. केबिन के लगभग 0.25m<sup>3</sup> आयतन में था और 14 दिनों के लिए संचालन करने में सक्षम था। लॉन्च सुरक्षा को प्री-लॉन्च और लॉन्च अवधि के दौरान 60/40 O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> केबिन गैस मिश्रण का उपयोग करके बढ़ाया गया था। हालांकि, सूट सर्किट 100% ऑक्सीजन पर बना रहा। निर्धारित प्रथम अपोलो मिशन से एक महीने से भी कम समय पहले, 27 जनवरी, 1967 को काउंटडाउन के दौरान ऑक्सीजन युक्त केबिन वातावरण में आग लगने के कारण तीन अंतरिक्ष यात्रियों की मौत होने तक, पिछले सभी प्रक्षेपणों पर 100% ऑक्सीजन वातावरण का उपयोग किया गया था।

**3.5 सोयुज मिशन (Soyuz Mission):** सोयुज मिशनों का वैचारिक डिजाइन वोस्तोक/वोसखोड डिजाइन के समान था। सोयुज पूरी तरह से रासायनिक ऑक्सीजन भंडारण पर निर्भर था और उसके पास बैक-अप दबाव वाली ऑक्सीजन की बोतलें नहीं थीं। केबिन दबाव को समुद्र स्तर के वातावरण के समान बनाए रखा गया था। शून्य रिसाव और अवसादन को रोकने के लिए केबिन को अवातरूपी तरह से सील किया गया था।

**3.6 स्काईलैब (Skylab):** स्काईलैब एक तीन-व्यक्ति प्रयोगशाला थी, जिसमें कुल रहने योग्य आयतन 361m<sup>3</sup> था। चालक दल दो-स्तरीय कक्षीय कार्यशाला (ओडब्ल्यूएस) में रहता था और काम करता था, हालांकि अधिकांश ई.सी.एल.एस.एस. उपकरण एयरलॉक मॉड्यूल (ए.एम.) में स्थित थे। स्काईलैब का केबिन दबाव 34.5kPa दाब पर 72% ऑक्सीजन और 28% नाइट्रोजन (आयतन अनुपात) के साथ बनाए रखा गया था। दो मिशनों के बीच स्काईलैब खाली था। वायुमंडल को 13.8 kPa दाब तक अवसादित किया गया था और अंतरिक्ष यात्रियों के अगले समूह के आने तक 3.45 kPa दाब तक क्षय होने दिया गया था। अवसादन ने केबिन से दूषित पदार्थों को हटा दिया और मिशनों के बीच आग लगने की संभावना को कम कर दिया। ऑक्सीजन और नाइट्रोजन, प्रत्येक गैस को 20.7 MPa दाब पर गैसों के रूप में छह बोतलों में संग्रहित किया गया था।

**3.7 ऑर्बिटर (Orbiter):** ऑर्बिटर के लिए, ऑक्सीजन और नाइट्रोजन गैस को 20.7 MPa दाब पर चार से आठ गोलाकार टैंकों में संग्रहित किया गया था। हालांकि, मेटाबोलिक ऑक्सीजन को उर्जा अभिकारक भंडारण एवं वितरण सिस्ट प्रणाली द्वारा प्रदान किया जाता है, जो अति सुपरक्रिटिकल निम्नतापीय भंडारण टैंक का उपयोग करता है।

**3.8 स्पेसलैब (Spacelab):** स्पेसलैब के लिए, नाइट्रोजन गैस को एक गोलाकार टैंक में 20.68 MPa दाब पर गैस के रूप में संग्रहीत किया गया था। इस नाइट्रोजन गैस का प्रयोग रिसाव की आपूर्ति और साइंटिफिक एयरलॉक ऑपरेशन के लिए किया गया था। ऑक्सीजन की आपूर्ति के लिए ऑर्बिटर से 689 kPa दाब पर लाइन थी।

**3.9 एम.आई.आर. अंतरिक्ष स्टेशन (MIR Space Station):** एम.आई.आर. की ऑक्सीजन भंडारण और विनियमन प्रणाली भी अपने पूर्ववर्तियों के समान थी। हालांकि, सोयुज के विपरीत, एम.आई.आर. में एक बैक-अप ऑक्सीजन उत्पादन प्रणाली थी, जो ऑक्सीजन को परक्लोरिट यौगिक के रूप में संग्रहीत करती थी। नाइट्रोजन को दाबित गैस के रूप में संग्रहित किया गया था।

**3.10 ओरियन (Orion):** प्रोजेक्ट ओरियन नासा और लॉकहीड मार्टिन का संयुक्त प्रयास है। इसका रहने योग्य आयतन 8.95 m<sup>3</sup> है। केबिन को 3% प्रतिशत ऑक्सीजन के साथ 101.3 kPa के दबाव में संचालित करने के लिए डिज़ाइन किया गया है। हालांकि, केबिन का संचालन दाब 65.5 kPa माना जाता है। प्रारंभिक डिजाइन चरणों के दौरान, कू अन्वेषण यान की कक्षा में 13 दिनों का समय था। केबिन वातावरण के लिए 32 किग्रा गैसीय नाइट्रोजन गैस को दो बेलनाकार 345 बार सीसा (ग्रेफाइट) संमिश्रित टैंकों (इनकॉनिल 718 की ऊपरी परत वाले) में संग्रहीत किया जाता है। एक पूर्ण पुनः दबाव और नाममात्र कू चयापचय (मेटाबोलिक) खपत के लिए आवश्यक ऑक्सीजन को मुख्य आर.सी.एस. टैंकों में ले जाया जाता है। इसे 4 बेलनाकार 345 बार मिश्रित टैंकों में संग्रहित किया जाता है।

नीचे दी गई तालिका में विभिन्न मानवयुक्त मिशनों के विन्यास की संक्षेप में तुलना की गई है:

क्र. सं.	मिशन	मिशन अवधि	वातावरण रचना
1	मर्क्युरी	34 घंटे	34.5kPa दाब पर 100% ऑक्सीजन
2	जैमिनी	14 दिन	
3	अपोलो	14 दिन	
4	ऑर्बिटर एवं स्पेसलैब	16 दिन	101 kPa दाब पर मिश्रित O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> (आयतन द्वारा 78.3% N <sub>2</sub> और 21.7% O <sub>2</sub> )
5	वोस्तोक	10 दिन	समुद्र स्तर पर; 101 kPa के कुल दबाव पर O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> मिश्रण
6	सोयुज	7 दिन	समुद्र स्तर पर; O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> मिश्रण 101.4±1.5 kPa के कुल दबाव पर, 18-23 kPa दाब के बीच ppO <sub>2</sub> के साथ

**निष्कर्ष:** इस लेख में मानव युक्त अंतरिक्ष मिशन में अंतरिक्ष यात्री के लिए आवश्यक पर्यावरण नियंत्रण एवं जीवन उपयोगी प्रणालियों का अध्ययन किया गया है। उसके बाद अलग अलग प्रमोचन यानों में उपयोग किए गए केबिन दबाव नियंत्रण प्रणाली का विस्तारपूर्वक अध्ययन किया गया है।

#### लेखक परिचय:



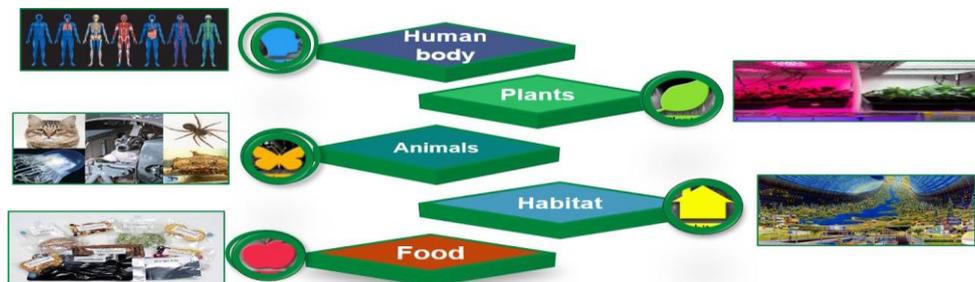
मैं, ऋषभ गर्ग, द्रव नोदन प्रणाली केंद्र, वलियमला के नियामक अभिकल्प प्रभाग/नियंत्रण प्रणाली एवं घटक यूनिट में वैज्ञानिक/अभियंता-एस.डी. के पद पर कार्यरत हूँ। मैंने 11 मई 2017 को उपरोक्त प्रभाग में वैज्ञानिक/अभियंता एस.सी. के पद पर कार्यभार ग्रहण किया। भू-भण्डारणीय द्रव नियंत्रण घटकों का अभिकल्पन एवं निर्माण मेरे कार्यक्षेत्र के अंतर्गत आते हैं।

## अंतरिक्ष उड़ान में ड्रोसोफिला जीव विज्ञान प्रयोग के लिए हार्डवेयर का अभिकल्पन

डॉ. के. जी. श्रीजालक्ष्मी एवं ए माधवन  
आईआईएसटी, तिरुवनंतपुरम- 695 547

### परिचय:

मानव अंतरिक्ष मिशन की सफलता मुख्य रूप से मिशन चालक दल के स्वास्थ्य और सुरक्षा पर निर्भर है। जैसा कि हम सभी जानते हैं, मानव शरीर का जीव विज्ञान पृथ्वी पर जीवन के लिए बनाया और अनुकूलित किया गया है। अंतरिक्ष में, गुरुत्वाकर्षण बल कम है, जिसके परिणामस्वरूप सूक्ष्म गुरुत्व (माइक्रोग्राविटी) की स्थिति होती है जिसके अंतर्गत 1G स्थितियों के तहत अपने वास्तविक वजन की तुलना में किसी वस्तु (या शरीर) का स्पष्ट वजन काफी कम हो जाता है, जबकि धरती पर स्थानीय त्वरण का अनुभव भी उस छोटे से अनुपात का अनुभव करता है। यह बताया गया है कि जब गुरुत्वाकर्षण बल 2 से 3 जी तक होते हैं तब निम्न पृथ्वी कक्षा (LEO) पर एक अंतरिक्ष यान 10 मील / घंटे से अधिक गति में यात्रा कर सकता है। इसलिए मानव शरीर पर ऐसी उड़ानों के बड़े प्रभाव को मानना तार्किक है। रिपोर्ट की गई आम समस्याओं में हड्डी की हानि, संतुलन विकार, आंखों की दृष्टि की समस्याएं, कैंसर और हृदयवाहिका (कार्डियोवैस्कुलर) रोग शामिल हैं। इनके अलावा, अंतरिक्ष में अलगाव और बंधन के कारण, आम तौर पर सामाजिक जीवन के लिए अनुकूलित मनुष्यों को व्यवहार संबंधी मुद्दों और नींद विकार का भी सामना करना पड़ सकता है<sup>1</sup>। इस प्रकार, सूक्ष्म और आणविक स्तरों पर गुरुत्वाकर्षण की भूमिका को समझना बेहद जरूरी है क्योंकि यह परिवर्तित जैविक प्रक्रियाओं के माध्यम से जीवन के रूप और कार्य को प्रभावित करता है। अंतरिक्ष जीव विज्ञान (स्पेस बायोलॉजी) यह समझने का प्रयास करता है कि कैसे जीवित जीव, जो पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र में विकसित हुए हैं, सूक्ष्म गुरुत्व पर्यावरण के लिए तीव्र और कालानुक्रमिक रूप से दोनों को अनुकूलित करते हैं<sup>2</sup>। अंतरिक्ष जीव विज्ञान के कुछ जटिल क्षेत्रों को चित्र 1 में प्रस्तुत किया गया है।

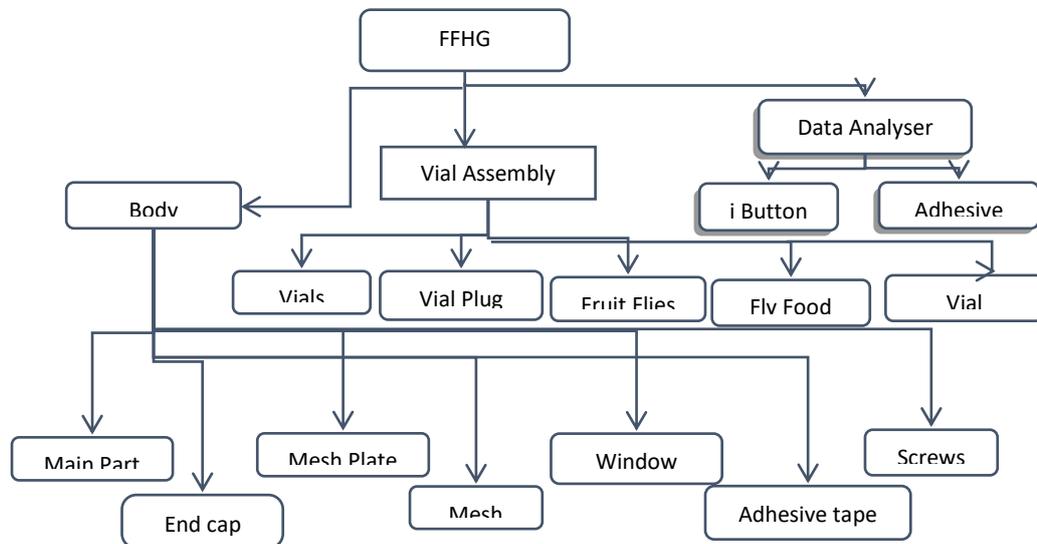


चित्र 1: अंतरिक्ष जीव विज्ञान के कुछ जटिल क्षेत्र (चित्र साभार- NASA & google images)

### अंतरिक्ष जीव विज्ञान के लिए हार्डवेयर आवश्यकताएँ

अंतरिक्ष में जीवन को समझने की जिज्ञासा से प्रेरित अंतरिक्ष जीव विज्ञान प्रयोग, प्रत्येक प्रयोग की कार्यात्मक आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए अनुकूलित हार्डवेयर के संदर्भ में भारी इंजीनियरी सहायता की मांग करते हैं। अंतरिक्ष जीव विज्ञान अनुसंधान के विस्तार में उपयुक्त स्तरों पर परिवर्तित गुरुत्वाकर्षण स्थितियों के लिए शारीरिक प्रतिक्रियाओं को बनाए रखने का उपाय विकसित करना है। स्पष्ट रूप से, ऐसे प्रयोगों के लिए आदर्श रूप में प्रयोगशालाओं की आवश्यकता होती है जो उपयोगी परिणाम प्रदान करने के लिए अंतरिक्ष-उड़ानों की तरह सूक्ष्म गुरुत्व वातावरण सृजित करती हैं। अंतरिक्ष प्रयोगशालाओं में जैविक प्रदाय भार (पे लोड) ले जाने के लिए मजबूत हार्डवेयर आवश्यक है, जो प्रयोग की कार्यात्मक आवश्यकता को पूरा करता है। इस प्रकार, एक जैविक प्रदाय भार के उद्देश्यों को प्रभावी ढंग से पूरा करने के लिए हमेशा प्रयोगात्मक और पर्यावरणीय सहायता प्रदान करनी चाहिए, जो कि जांच के तहत प्रजातियों पर निर्भर है<sup>3,4</sup>। उदाहरण के लिए, चित्र 2 में, अंतरिक्ष में ड्रोसोफिला (*Drosophila*) प्रयोगों के लिए हार्डवेयर डिजाइन लेआउट प्रस्तुत किया गया है।

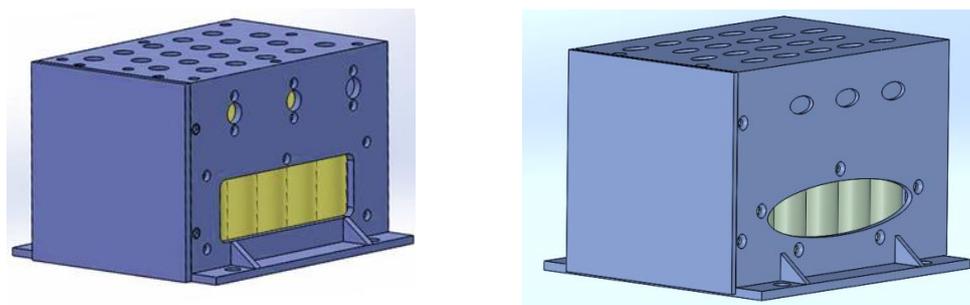
**चित्र 2:** अंतरिक्ष में ड्रोसोफिला (*Drosophila*) प्रयोगों के लिए हार्डवेयर डिजाइन लेआउट  
हार्डवेयर का समग्र विन्यास और विनिर्देश



समग्र विन्यास को प्रयोगों की संख्या, प्रायोगिक आवश्यकता, वायु प्रवाह की आवश्यकता, नियंत्रण के स्तर, न्यूनतम मात्रा और द्रव्यमान तथा प्रदायभार (पे लोड) के लिए उपलब्ध बढ़ते विकल्पों के अनुसार अभिकल्पित (डिजाइन) किया गया था। विधियों और परिणामों पर नीचे चर्चा की गई है। यहां हमने योज्य विनिर्माण (अडिटिव मैनुफैक्चरिंग) रणनीति (स्ट्रैटेजी) के लिए एक डिजाइन का पालन किया।

**i) योज्य विनिर्माण (अडिटिव मैनुफैक्चरिंग) का अभिकल्पन (डीएफएम)**

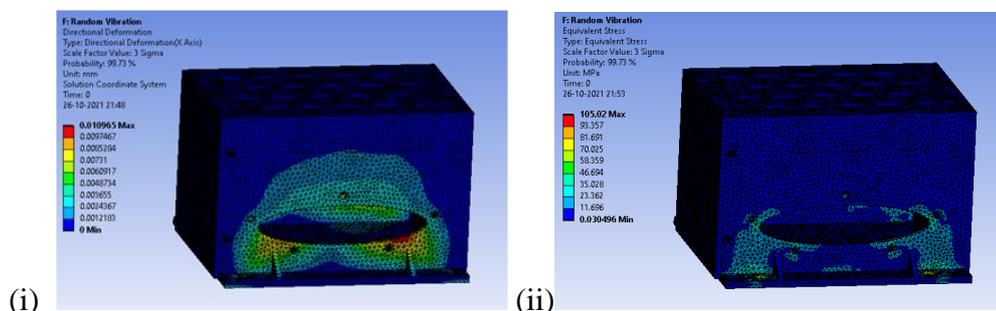
प्रारंभ में, ठोस कार्यों (सॉलिडवर्क्स) का उपयोग करके ज्यामितीय मॉडलिंग की गई थी। प्रयोगात्मक आवश्यकताओं के आधार पर, ढक्कन के साथ कुल 20 बेलनाकार शीशियों को हार्डवेयर संयोजन (असेंबली) के अंदर समायोजित किया जाना था, जिसमें एक मुख्य बॉक्स और एक ढक्कन भी शामिल था। चालक दल के केबिन के किसी भी संदूषण से बचने के लिए दो-स्तरीय नियंत्रण प्रदान किया गया था। हार्डवेयर में शीशियों को बनाए रखने के लिए उचित अवमंदक (डैम्पर्स) भी होंगे और विशेष तापमान आर्द्रता डेटा लॉगर (data logger) पूरे प्रयोग के दौरान हार्डवेयर के अंदर तापमान और आर्द्रता रिकॉर्ड करेगा। प्रत्येक शीशी में दो स्तरों की रोकथाम सुनिश्चित करने के लिए एक सांस लेने वाला ढक्कन और उनके ऊपर एक जाल कवर होगा। चित्र 3 सभी प्रयोगात्मक और प्रतिरूपक (मॉड्यूल) आवश्यकताओं पर विचार करते हुए मॉडल का पूरा संयोजन दर्शाता है। डीएफएम डिजाइन के अंतिम आयाम 191mm x 169mm x 125mm थे और कुल वजन 2.7 किलोग्राम (जैविक नमूने के बिना) था।



**चित्र 3:** मॉडल का पूरा संयोजन (बाएं: डीएम; दाएं: डीएफएम)

## ii) एफ ई एम (FEM) विश्लेषण

एफ ई एम विश्लेषण एच एस एफ सी द्वारा उपलब्ध कराए गए आंकड़ों का उपयोग करते हुए प्रमोचन यान, ऑन-ऑर्बिट स्थितियों और समुद्र में जलावतरण (स्लैशडाउन) के दौरान प्रत्याशित कंपन भार को प्रदान करके किया गया था। सभी लोडिंग परिदृश्यों के लिए, प्रदायभार (पेलोड) के सभी तीन प्रमुख अक्षों पर निर्धारित इनपुट लागू किया गया था। मिशन की आवश्यकता ने प्रदाय भार की पहली आईगेन आवृत्ति को 120 हर्ट्ज से अधिक होना अनिवार्य कर दिया। हमारे विश्लेषण के दौरान, हमने डीएफएएम हार्डवेयर डिजाइन की पहली आईगेन आवृत्ति 893.08 हर्ट्ज देखी, जिसने संकेत दिया कि हार्डवेयर की कठोरता अंतरिक्ष उड़ान के लिए पूरी तरह उपयुक्त है। Ansys सॉफ्टवेयर में क्षणिक संरचनात्मक विश्लेषण में जल लैंडिंग लोड की गणना की गई थी। सामग्री की उपज शक्ति की तुलना में, प्रदायभार पर कार्य करने वाला तनाव नगण्य रूप से छोटा पाया गया। यादृच्छिक कंपन विश्लेषण के दौरान, सामान्य बढ़ती दिशा की ओर अधिकतम तनाव 105 एमपीए (MPa) (चित्र 4) था, जो सामग्री के उपज बिंदु का लगभग 55% है।



चित्र 4: (i) कुल विरूपण और (ii) यादृच्छिक कंपन भार के साथ पे लोड का कुल तनाव

यादृच्छिक कंपन विश्लेषण से प्रदाय भार के लिए चिह्नित अधिकतम तनाव, सामग्री की उपज शक्ति से कम था। इसलिए आगे के प्रोटोटाइप और प्रयोगात्मक सत्यापन के लिए डिजाइन की उपयुक्तता का सुझाव दिया गया। इसके अलावा, इस डिजाइन के लिए सुरक्षा के मार्जिन की गणना 0.096 की गई थी। परिणामों से यह निष्कर्ष निकाला गया कि डिजाइन परिकल्पित अंतरिक्ष यान जीव विज्ञान प्रयोग के लिए सुरक्षित होगा। हम हार्डवेयर के प्रोटोटाइप और प्रायोगिक सत्यापन के साथ आगे बढ़ें।

## iii) प्रोटोटाइप और सत्यापन

1g स्थिति में जैविक प्रयोग के लिए फ्यूज्ड डिपोजिशन मॉडलिंग (FDM) के माध्यम से एक प्रायोगिक प्रोटोटाइप विकसित किया गया था। पॉली लैक्टिक एसिड (PLA) फिलामेंट का उपयोग इसकी जैव-रासायनिकता के कारण किया गया था। प्रोटोटाइप का उपयोग करते हुए, जीव विज्ञान पर प्रयोग किए गए और अनुकूलित किए गए परिणाम यहां प्रस्तुत नहीं किए गए हैं।

## निष्कर्ष

अल्पकालिक LEO मानव अंतरिक्ष उड़ानों पर ड्रोसोफिला प्रयोगों को सक्षम बनाने के लिए हमने एक जैव-संगत हार्डवेयर डिजाइन विकसित किया है। इसका उपयोग इसी तरह के जीव विज्ञान प्रयोगों के संचालन के लिए आंतरिक प्रदाय भार के रूप में भी किया जा सकता है। यहां, हमने योज्य विनिर्माण (एडिटिव मैन्युफैक्चरिंग) के लिए डिजाइन (डीएफएएम) के दर्शन को लागू किया। हार्डवेयर प्रायोगिक नमूने के साथ 20 शीशियों को रख सकता है और इसमें दो स्तरों की रोकथाम, उचित वायु प्रवाह के लिए वेंट और प्रमोचन एवं स्लैश डाउन के दौरान लोड कंपन का सामना करने के लिए अवमंदक प्रदान किए गए। कई पुनरावृत्तियों के बाद, न्यूनतम द्रव्यमान, मात्रा और उचित वायु प्रवाह की स्थिति पर विचार करके, अंतिम डिजाइन को अनुकूलित किया गया

था। जीव विज्ञान के प्रयोगों को इस हार्डवेयर में डिजाइन और संचालित किया गया था और इसलिए अंतरिक्ष यान प्रयोगों के लिए इसकी उपयुक्तता को मान्य घोषित किया गया था। सूक्ष्म गुरुत्व स्थितियों में जीव विज्ञान के प्रयोग अब हमारी प्रयोगशालाओं में चल रहे हैं।

### आभार

लेखक समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र (HSFC), इसरो मुख्यालय, बेंगलूरु को अध्ययन के लिए महत्वपूर्ण इनपुट प्रदान करने और गगनयान उड़ान के लिए प्रदाय भार विकास हेतु निधि प्रदान करने के लिए धन्यवाद देती हैं। जैविक नमूने के विवरण के संबंध में डॉ. रविकुमार होसामनी के साथ हुई चर्चा की अत्यधिक सराहना की जाती है। आईआईएसटी को अभिकलनात्मक (कंप्यूटेशनल) और प्रयोगशाला सुविधाएं प्रदान करने के लिए तथा स्पेसटाइम 4D मुद्रण समाधान (प्रिंटिंग सोल्यूशन) को प्रोटोटाइप के 3D मुद्रण समर्थन के लिए धन्यवाद देती हैं।

### ग्रन्थसूची

1. E. Afshinnekoo *et al.* "Fundamental Biological Features of Spaceflight: Advancing the Field to Enable Deep-Space Exploration", Cell, Volume 183, Issue 5, 2020, Pages 1162-1184, ISSN 0092-8674.
2. Clément, G. (2006). Introduction to Space Biology. In: Clément, G., Slenzka, K. (eds) Fundamentals of Space Biology. THE SPACE TECHNOLOGY LIBRARY, vol 18. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/0-387-37940-1\\_1](https://doi.org/10.1007/0-387-37940-1_1).
3. H. P. Willemsen and E. Langerak. "Hardware for biological microgravity experiments in Soyuz missions." Microgravity Science and Technology 19, no. 5, pp. 75-79, 2007.
4. D. Husson, R. Herranz, A. Villa, C. Díaz, J. Mateos, J. Leshner, M. Pastor, F. J. Medina and R. Marco, "Design and development of hardware for long term cultivation of Drosophila melanogaster in the International Space Station," Drosophila Information service (Special Report), 87, pp. 124-130, 2004
5. Sacco, E., & Moon, S. K. (2019). Additive manufacturing for space : status and promises. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 105(10), 4123-4146. doi:10.1007/s00170-019-03786-z
6. M. Orme, I. Madera, M. Gschweitl, and M. Ferrari, "Topology Optimization for Additive Manufacturing as an Enabler for Light Weight Flight Hardware," Designs, vol. 2, no. 4, p. 51, 2018, doi: 10.3390/designs2040051.
7. <https://standards.nasa.gov/standard/NASA/NASA-STD-6030>

### लेखक परिचय:



डॉ. के. जी. श्रीजालक्ष्मी भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान, तिरुवनंतपुरम में सह आचार्य के पद पर कार्यरत हैं। उन्होंने केरल विश्वविद्यालय से रसायन विज्ञान में डाक्टरेट की उपाधि प्राप्त की। श्री चित्रा तिरुनाल आयुर्विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान, तिरुवनंतपुरम के बीएमटी स्कंध से अपने पोस्ट डॉक्टरल कार्यविधि के पश्चात 2007 में आईआईएसटी में उसके प्रथम दिन से ही अनुप्रयुक्त विज्ञान विभाग में संकाय के रूप में कार्यभार ग्रहण कर लिया था। अब वे रसायन विभाग में कार्यरत हैं तथा उनके अनुसंधान क्षेत्र के अंतर्गत कॉम्बिनेटोरियल केमिस्ट्री फोर मेटेरियल डेवलपमेंट, ड्रग डिस्कवरी, ग्रावितेशनल बायोलॉजी, स्पेस लाईफ साईसेस एंड बायोअस्ट्रोनोट्स शामिल हैं। वर्तमान में उनकी टीम पहले भारतीय समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम के लिए एक जैविक प्रदाय भार का निर्माण कर रही है।

## एल.एम.एफ.बी.आर. के प्राथमिक सोडियम पंप का थर्मल विश्लेषण

अमित कुमार चौहान, एम. राजेंद्रकुमार, के. नटसन  
थर्मल हाइड्रोलिक्स डिवीजन, रिएक्टर डिजाइन एंड टेक्नोलॉजी ग्रुप,  
इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केंद्र, कलपक्कम - 603 102, भारत

### सारांश

तरल धातु द्वारा ठंडे किए गए एक विशिष्ट फास्ट ब्रीडर रिएक्टर में, तरल सोडियम कोर से गर्मी निकालने के लिए शीतलक के रूप में कार्य करता है, जो हमेशा प्राथमिक सोडियम पूल के अंदर होता है। प्राथमिक सोडियम पंपों के कारण कोर में प्राथमिक सोडियम प्रवाह होता है। पंप प्राथमिक सोडियम के गर्म और ठंडे पूल में डूबा हुआ है और जिसके परिणामस्वरूप पंप असेंबली पर अलग-अलग तापमान होता है। रिएक्टर ऑपरेशन के दौरान पंप असेंबली पर तापमान वितरण का अनुमान लगाना आवश्यक है। पंप असेंबली में तापमान वितरण की जांच के लिए सी.एफ.डी. कोड का उपयोग करके एक 2D एक्सी-सममित थर्मल हाइड्रोलिक्स विश्लेषण किया गया है। रिएक्टर की कुल पांच अलग-अलग परिचालन स्थितियों का अनुकरण किया जाता है, अर्थात्, सामान्य संचालन, 20% थर्मल पावर, एस.जी.डी.एच.आर., आइसोथर्मल और ईंधन हैडलिंग की स्थिति। प्रत्येक ऑपरेटिंग स्थिति के लिए, उपयुक्त सोडियम पूल स्तर लिया जाता है। यह देखा गया है कि पंप असेंबली के अंदर तापमान निचले हिस्से से ऊपरी हिस्से तक अक्षीय रूप से और स्टैंडपाइप से रेडियल दिशा में शाफ्ट तक कम हो जाता है। एस.जी.डी.एच.आर. स्थिति के दौरान शाफ्ट का अधिकतम तापमान 524.9 डिग्री सेल्सियस पाया जाता है, जो 27 मीटर की ऊंचाई तक 3 मीटर तक लगभग स्थिर रहता है, सामान्य संचालन और 20% सामान्य थर्मल पावर के लिए, शाफ्ट का अधिकतम तापमान क्रमशः 485 °C और 414 °C पाया जाता है। शाफ्ट में अक्षीय तापमान प्रोफाइल यहां थर्मल तनाव गणना के लिए आगे इस्तेमाल किया जाएगा।

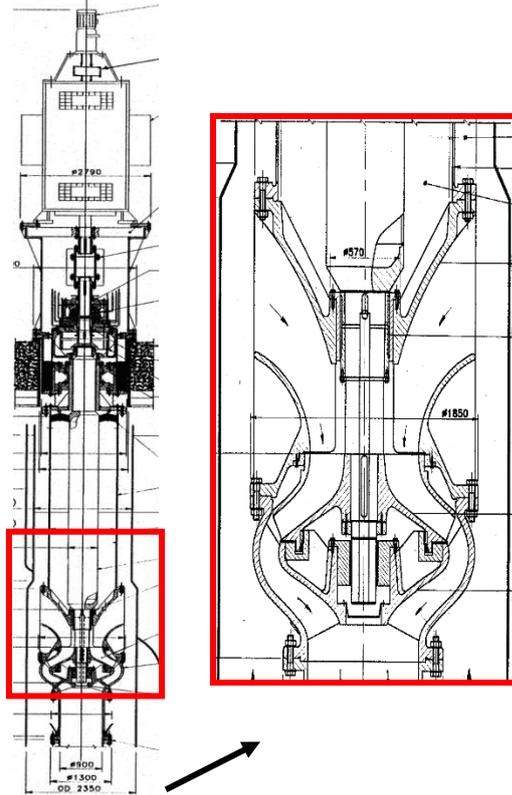
**खोजशब्द:** फास्ट रिएक्टर, प्राथमिक सोडियम पंप, सी.एफ.डी., थर्मल हाइड्रोलिक्स, मिश्रण कारक

### 1. परिचय

तरल धातु द्वारा ठंडा किए गए एक विशिष्ट फास्ट ब्रीडर रिएक्टर का प्राथमिक सोडियम पंप (पी.एस.पी.) आम तौर पर, एक यांत्रिक, केन्द्र प्रसारक और ऊर्ध्वाधर प्रकार का एकल-चरण पंप होता है। यह पंप शीर्ष चूषण के साथ है और 590 आरपीएम की सामान्य गति पर चलता है। प्रत्येक पंप 75 मिलीलीटर के ऊर्जा स्तर के खिलाफ  $4.13 \text{ m}^3 / \text{s}$  की प्रवाह दर की आपूर्ति करता है [1]। हटाने योग्य पंप सेट, एक स्टैंडपाइप के अंदर स्थित है, जो प्राथमिक सर्किट के आंतरिक पोत में स्थित है। एक 11 मीटर लंबा शाफ्ट, जो एक रेडियल हाइड्रोस्टैटिक-बियरिंग द्वारा निर्देशित होता है, जो नीचे होता है, प्रेरित करनेवाला चलाता है। पीएसपी असेंबली का योजनाबद्ध चित्रा 1 में दिखाया गया है। रिएक्टर के ठंडे पूल से तरल सोडियम, कुंडलाकार मार्ग में अक्षीय रूप से ऊपर की ओर बहता है जो पंप-सेट द्वारा बनता है, और स्टैंडपाइप, और फिर प्रलाप करने वाले की आंख में प्रवेश कर जाता है, गाइड-वैन के माध्यम से जो हाइड्रोस्टैटिक- बियरिंग आवरण में प्रदान किया जाता है जो चित्रा 1 में भी दिखाया गया है। तरल सोडियम जो प्रेरित करनेवाला से बाहर बहता है, अक्षीय विसारक के माध्यम से नीचे की ओर बहता है। सोडियम जो हाइड्रोस्टैटिक- बियरिंग तक प्रवाहित होता है, पंप डिस्चार्ज से आपूर्ति की जाती है, एक स्टेनर के माध्यम से जो असर को भी चिकनाई करता है [1]। सुचारू पंप संचालन के लिए 143 घन मीटर प्रति घंटे के रिसाव प्रवाह के लिए बियरिंग के लिए 80 मिमी की एक सामान्य डायमेट्रिक निकासी प्रदान की जाती है। रिएक्टर असेंबली से पंप को हटाने के दौरान पंप सेट से तरल सोडियम की निकासी के लिए, 10 मिमी व्यास के चार नाली छेद, चूषण आवरण पर प्रदान किए जाते हैं। चार छेदों का एक और सेट, जो 80 मिमी व्यास के प्रत्येक हैं, पंप मध्यवर्ती समर्थन स्कर्ट (पंप पोत) पर प्रदान किया जाता है, हाइड्रोस्टैटिक-

बियरिंग प्रवाह के लिए 23077 मिमी की ऊंचाई पर, सक्शन प्रवाह में शामिल होने के लिए पंप पोट से बाहर आने के लिए।

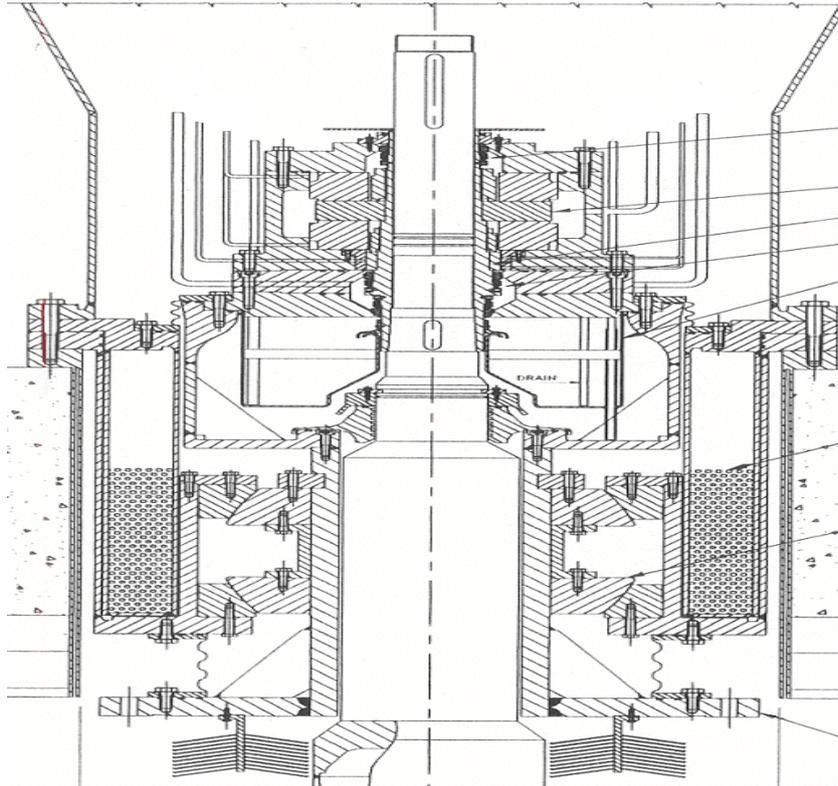
पंप शाफ्ट ठोस निर्माण के लिए, दोनों तरफ वेल्डेड एक खोखले मध्य भाग के साथ समग्र निर्माण का है। पंप सेट को हाइड्रोडायनामिक जर्नल- बियरिंग के साथ भी प्रदान किया जाता है, जो शीर्ष पर शाफ्ट के रेडियल मार्गदर्शन के लिए है, और एक किंग्सबरी-प्रकार झुकाव पैड जोर असर, अक्षीय जोर को अवशोषित करने के लिए जो चित्र 2 में दिखाया गया है। घूर्णन शाफ्ट और पंप के स्थिर भागों के बीच सील, जो रेडियोएक्टिव आर्गन कवर गैस के पलायन को रोकने के लिए और मुख्य पोट में हवा के प्रवेश को रोकने के लिए भी आवश्यक है, एक डबल-मैकेनिकल-सील स्थापित करके हासिल किया गया है जो नीचे और एकल-मैकेनिकल-सील द्वारा घुड़सवार है, जो शीर्ष असर के ऊपर लगाया गया है।



**चित्रा 1: पंप में प्राथमिक सोडियम पंप सेट और प्रवाह के हाइड्रोलिक**

सर्वोप्रीम -76 जो एक स्नेहन तेल है, जोर और जर्नल बियरिंग के माध्यम से परिचालित होता है। यांत्रिक सील के लिए भी तेल शीतलन प्रदान किया जाता है। आयरन शॉट्स को 1200 मिमी की ऊंचाई तक भरा जाता है, जिसका उपयोग पंप शाफ्ट सेट में परिरक्षण प्रदान करने के लिए किया जाता है, जो चित्र 2 में दिखाए गए अनुसार छत स्लैब स्थान के पास स्थित है। पंप शाफ्ट का सेट, जो छत स्लैब क्षेत्र के आसपास के क्षेत्र में है, एक बेलनाकार खोल से घिरा हुआ है। यह खोल छत स्लैब का एक हिस्सा है, और इसे शीर्ष परिरक्षण के शीतलन प्रणाली द्वारा ठंडा किया जाता है।

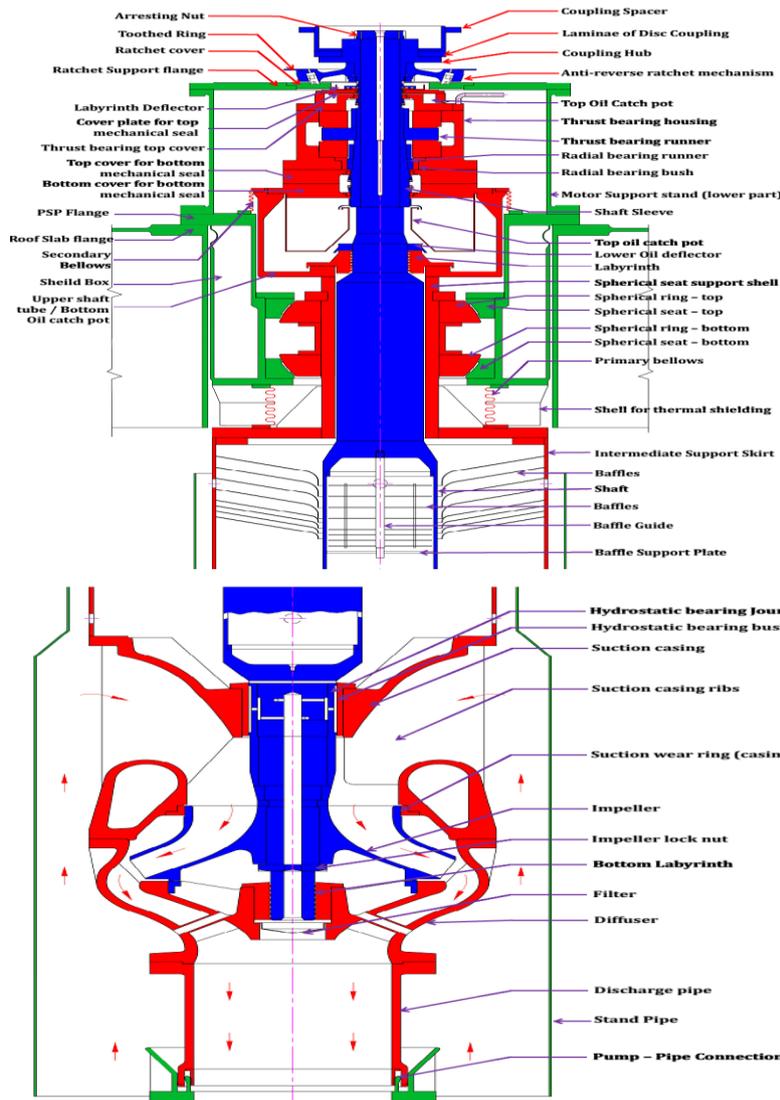
संयंत्र की विभिन्न परिचालन स्थितियों के लिए पंप शाफ्ट के साथ तापमान वितरण का ज्ञान इसके यांत्रिक डिजाइन के लिए आवश्यक है। यह वर्तमान थर्मल हाइड्रोलिक विश्लेषण का आधार है। विश्लेषण सीएफडी वाणिज्यिक कोड ANSYS फ्लुएंट का उपयोग करके किया गया है। पांच परिचालन स्थितियों के लिए पीएसपी शाफ्ट में तापमान वितरण, नामतः (क) सामान्य, (ख) 20% सामान्य शक्ति, (ग) एसजीडीएचआर की शर्तें, (घ) आइसोथर्मल हालत (गर्म पूल तापमान = ठंडे पूल तापमान = 450 °C) और (ई) ईंधन हैंडलिंग हालत, अनुमान लगाया गया है।



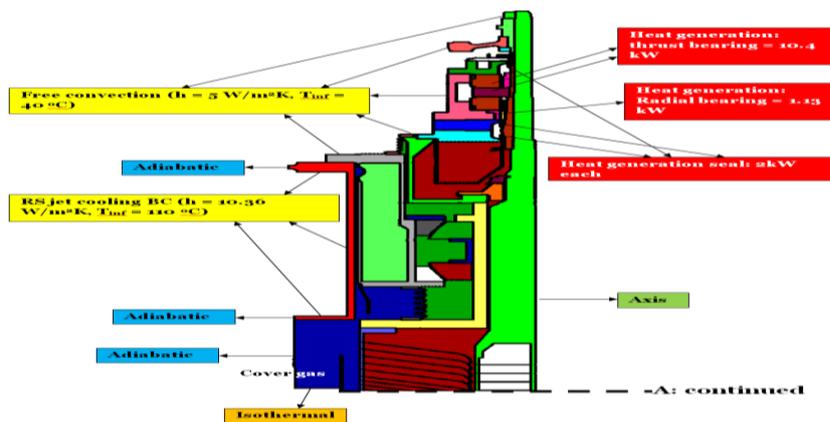
चित्रा 2: गोलाकार सादा बियरिंग और शीर्ष बियरिंग सेट

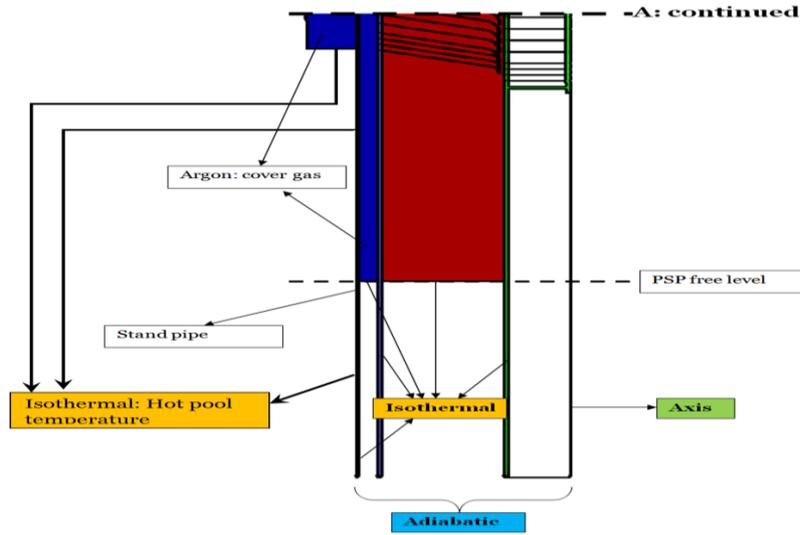
## 2. भौतिक मॉडलिंग और मेशिंग

कम्प्यूटेशनल डोमेन जिसे वर्तमान विश्लेषण के लिए माना गया है, अक्षीय दिशा में पंप सेट की पूरी लंबाई शामिल है, यानी., खोखले शाफ्ट के निचले हिस्से से (एल 23077 मिमी पर) लचीला युग्मन के शीर्ष भाग तक (एल 31164 मिमी पर) (चित्र 1 - 2 देखें)। चित्र 3 पंप के ऊपरी और निचले हिस्से का सामान्य सेट दिखाता है, जो विभिन्न रंगों में दिए गए रोटर और स्टेटर भागों का अलग प्रतिनिधित्व भी दिखाता है। पंप के प्रत्येक भाग का नामकरण भी चित्र 3 में दिखाया गया है। कम्प्यूटेशनल जटिलता को सरल बनाने के लिए, पंप के 2D axi - सममित मॉडल विकसित किया गया है, ANSYS मॉडलिंग सॉफ्टवेयर SPACECLAIM 19.2 का उपयोग कर। यह ध्यान रखना महत्वपूर्ण है कि, आंतरिक पोत और रिएक्टर में स्टैंडपाइप के साथ पंप, सममित नहीं है, क्योंकि यह आंतरिक पोत के माध्यम से ठंडे पूल में प्रवेश करता है। हालांकि, सरलीकरण के लिए, यह माना जाता है कि आंतरिक पोत पंप और स्टैंडपाइप के लिए एक पूर्ण केंद्रित बाड़े बनाता है। आयामी विवरण सामान्य पंप सेट के ड्राइंग [2] से लिया जाता है। चित्र 4 विकसित कम्प्यूटेशनल मॉडल दिखाता है। पंप के अलग-अलग हिस्सों को अलग-अलग रंग में दिखाया गया है। पंप के विभिन्न भागों का सामग्री विवरण तालिका 1 में दिखाया गया है। ANSYS मेशिंग टूल का उपयोग करके 1.0 मिमी के न्यूनतम आकार के साथ एक ठीक जाल उत्पन्न किया गया है। संवहनी छोरों को पकड़ने के लिए पंप में तरल पदार्थ क्षेत्र को महीन जाल के साथ विघटित किया गया है। हालांकि, ठोस मोटाई के पार, अधिकतम 3 से 4 कोशिकाओं पर विचार किया गया है। प्रवाह क्षेत्र में प्रवाह प्रोफाइल को सही ढंग से कब्जा करने के लिए पर्याप्त तत्वों के साथ विघटित किया गया है। दीवार के पास, निकट-दीवार प्रभाव को सटीक रूप से पकड़ने के लिए महीन जाली बनाई गई है। इसके अलावा, दीवार क्षेत्र के पास जाल गुणवत्ता और  $y^+$  का मूल्य ( $\sim 30 - 300$  के बीच माना जाता है) का सम्मान किया गया है। मानक-लॉगरिदमिक दीवार फंक्शन दृष्टिकोण, दीवार के पास, वेग प्रोफाइल को सटीक रूप से पकड़ने के लिए उपयोग किया गया है। जाल गुणवत्ता 1 (1 अच्छी गुणवत्ता और 0 खराब गुणवत्ता होने के कारण) के करीब बनाए रखा गया है। कुल 0.12 मिलियन तत्व उत्पन्न हुए हैं।



चित्र 3: (a) पीएसपी का शीर्ष भाग [2] (नीला रंग रोटर असेंबली का प्रतिनिधित्व करता है)। (b) पीएसपी का निचला भाग [2] (नीला रंग रोटर असेंबली का प्रतिनिधित्व करता है)





चित्र 4: 2D axi - सममित कम्प्यूटेशनल डोमेन का प्रतिनिधित्व किया गया है। इंपोस्ड बाउंड्री कंडीशन्स दिखाई गई हैं

### 3. कम्प्यूटेशनल पद्धति

कम्प्यूटेशनल अध्ययन वाणिज्यिक सीएफडी कोड का उपयोग करके किया गया है जिसे ANSYS फ्लुएंट [4] के रूप में जाना जाता है। यह सिमुलेशन दबाव आधारित स्थिर स्थिति विकल्प का उपयोग करके किया गया है। प्राकृतिक संवहन द्वारा संचालित आर्गन प्रवाह, आदर्श गैस धारणा द्वारा मॉडलिंग किया गया है। सभी ठोस और द्रव संरचनाओं की थर्मल चालकता, टुकड़े के रेखिक रूप में तापमान के कार्य के रूप में माना जाता है। आर्गन की चिपचिपाहट को तापमान के कार्य के रूप में भी माना जाता है। प्रवाह और गर्मी हस्तांतरण को हल करने के लिए, द्रव्यमान, गति और ऊर्जा के संरक्षण समीकरणों को हल किया जाता है। गति, अशांति गतिज ऊर्जा और अशांत अपव्यय का विवेकीकरण पहले स्तर की यूपीविंड योजना का उपयोग करके किया जाता है। दबाव वेग युग्मन सरल एल्गोरिथ्म का उपयोग करके हल किया जाता है। सोडियम प्रवाह पर अशांति के प्रभाव का आकलन करने के लिए उच्च रेनॉल्ड्स संख्या, के - ई  $(k - \epsilon)$ , अशांति मॉडल (turbulence model) का उपयोग किया गया है। प्रेस्टो योजना का उपयोग करके दबाव को हल किया गया है। गति, ऊर्जा, अशांत गतिज ऊर्जा, और अशांत अपव्यय दर को दूसरे क्रम की अपविंड योजना का उपयोग करके विघटित किया जाता है। तरल प्रवाह के लिए शासी समीकरण  $\sim 10^{-6}$  के अभिसरण मानदंडों के साथ हल किए जाते हैं, जैसा कि Eq 1 में दिखाया गया है।

#### गति

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j) = 0 \quad (1)$$

#### ऊर्जा

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j u_i - \tau_{ij}) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + s_i \quad (2)$$

$$s_i = \text{स्रोत}$$

$$\tau_{ij} = 2\mu s_{ij} - \frac{2}{3}\mu \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \delta_{ij} - \rho \overline{u'_i u'_j} \text{ और } s_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$$

**अशांत गतिज ऊर्जा:**

$$\frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \rho u_j k - \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] = -\rho \varepsilon - \frac{2}{3} \left( \mu_t \frac{\partial u_i}{\partial x_i} + \rho k \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \quad (3)$$

**अशांत अपव्यय दर:**

$$\frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \rho u_j \varepsilon - \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] = -c_{\varepsilon 2} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + c_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} \left[ \mu_t P - \frac{2}{3} \left( \mu_t \frac{\partial u_i}{\partial x_i} + \rho k \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \right] \quad (4)$$

$$\mu_t = \frac{C_\mu \rho k^2}{\varepsilon} \text{ और मॉडल स्थिरांक } C_\mu = 0.09, \sigma_k = 1.0, \sigma_\varepsilon = 1.22, C_{\varepsilon 1} = 1.44, C_{\varepsilon 2} = 1.92.$$

ANSYS FLUENT 19.2 [5] सिमुलेशन को पूरा करने के लिए उपयोग किया गया है।

पंप की कुल 5 अलग-अलग ऑपरेटिंग स्थितियों का अनुकरण किया गया है, जो तालिका 2 में दिखाया गया है। चित्र 4 मॉडल में लगाए गए विभिन्न सीमा स्थितियों को दर्शाता है। रिएक्टर कंटेनमेंट के पर्यावरण के संपर्क में आने वाले पंप के ऊपरी हिस्से को  $h = 5 \text{ W/m}^2\text{K}$  और  $T = 40$  डिग्री सेल्सियस के साथ मुक्त संवहन सीमा स्थिति के साथ लगाया गया है। रूफ स्लैब शेल की आंतरिक सतह को जबरन संवहन के साथ लगाया गया है, जो कि ठंडी हवा के प्रवाह के कारण होती है, यानी.,  $h = 50 \text{ W/m}^2\text{K}$  और  $T = 90$  डिग्री सेल्सियस जो नीचे की प्लेट के लिए है और  $h = 10.36 \text{ W/m}^2\text{K}$  और  $T = 110$  डिग्री सेल्सियस ऊर्ध्वाधर खोल के लिए है। छत के स्लैब के खोल और आर्गन कवर गैस क्षेत्र की रेडियल सतह पर एडियाबेटिक सीमा शर्त लगाई गई है जो चित्र 4 में दिखाया गया है। आर्गन कवर गैस की निचली सतह और स्टैंड की बाहरी सतह - पाइप को गर्म पूल सोडियम के संपर्क में लाया गया है और इसलिए इसे आइसोथर्मल सीमा की स्थिति के साथ लगाया गया है। जब पंप आम तौर पर चलने की स्थिति में होता है, तो यांत्रिक मुहरों और तेल बीयरिंगों में गर्मी उत्पन्न होती है। इस गर्मी पीढ़ी [5] वर्तमान विश्लेषण में, वॉल्यूमेट्रिक गर्मी स्रोत के रूप में मॉडलिंग की गई है। यांत्रिक मुहर में उत्पन्न गर्मी रिएक्टर [6] की सामान्य परिस्थितियों में 2 किलोवाट प्रति सील है, और इस गर्मी पीढ़ी का उपयोग सभी मामलों के लिए रूढ़िवादी रूप से किया जाता है। यांत्रिक सील और रेडियल बीयरिंग के लिए प्रदान किए गए तेल शीतलन को आइसोथर्मल सीमा की स्थिति के माध्यम से मॉडलिंग किया गया है, क्योंकि शीतलन तेल की स्थिर स्थिति का मतलब तापमान 50 डिग्री सेल्सियस [6] माना जाता है। पंप के ऊपरी क्षेत्र (ऊपरी ढाल के ऊपर) के पास परिवेश का तापमान लगभग 40 डिग्री सेल्सियस है। आंतरिक दीवारों जो तरल पदार्थ के संपर्क में हैं, को युग्मित दीवारों के रूप में मॉडलिंग किया गया है। आर्गन गैस क्षेत्र में ठोस, प्राकृतिक संवहन गर्मी हस्तांतरण और गैस क्षेत्र में ठोस सतहों के बीच विकिरण गर्मी विनिमय के माध्यम से चालन, मॉडल में विचार किया गया है। विकिरण डीओ (डिस्क्रीट ऑर्डिनेट) विकिरण मॉडल [4] का उपयोग करके मॉडलिंग की जाती है। ठोस सतहों की उत्सर्जन 0.2 के रूप में माना जाता है। सोडियम मुक्त स्तर की ऊंचाई, स्टैंडपाइप में 25.4 मीटर है, सभी परिचालन स्थितियों में। सोडियम के साथ संपर्क में सोडियम स्तर और ठोस सतहों सोडियम तापमान के साथ आइसोथर्मल हालत के साथ लगाया गया है (तालिका 2 देखें)। रिएक्टर की विभिन्न परिचालन स्थिति के दौरान सोडियम का स्तर तालिका 3 में उल्लेख किया गया है [5]। मॉडलिंग और मेशिंग के दौरान सोडियम के इन स्तरों का सम्मान किया जाता है।

**तालिका 1: पीएसपी में विभिन्न भागों की सामग्री विवरण [1, 2, 3, 4 और 6]**

अंश	सामग्री
शाफ्ट	SS 304 LN
मध्यवर्ती समर्थन संरचना	SS 304 LN
थर्मल शील्ड और बफल्स	SS 304 LN
युग्मन हब	EN19 SS
दस्ता आस्तीन	SA193GRB

नीचे का और यांत्रिक सिल	SS 304 LN
शील्ड बॉक्स	SS 304 LN
लेबिरिथ	SS 304 LN
स्टैंड - पाइप	SS 316 LN
तेल पकड़ने वाला बर्तन	SS 304 LN
लेबिरिथ विक्षेपक	SA 516 GR 65
दस्ता बाधक	SS 304 LN
आरएस खोल	CS
तेल सील आवास	SA 516 GR 65
फ्लैज	SS 304 LN

तालिका 2: विभिन्न पंप संचालन की स्थिति

क्र सं.	काम करने की अवस्था	मामले का विवरण
1	सामान्य ऑपरेशन	$T_{\text{cold pool}} = 394^{\circ}\text{C}$ , $T_{\text{hot pool}} = 547^{\circ}\text{C}$
2	20% शक्ति के साथ सामान्य संचालन	$T_{\text{cold pool}} = 394^{\circ}\text{C}$ , $T_{\text{hot pool}} = 517^{\circ}\text{C}$
3	एसजीडीएचआर	$T_{\text{cold pool}} = 525^{\circ}\text{C}$ , $T_{\text{hot pool}} = 525^{\circ}\text{C}$
4	इज़ोटेर्मल ऑपरेशन	$T_{\text{cold pool}} = 450^{\circ}\text{C}$ , $T_{\text{hot pool}} = 450^{\circ}\text{C}$
5	ईंधन से निपटने की स्थिति	$T_{\text{cold pool}} = 200^{\circ}\text{C}$ , $T_{\text{hot pool}} = 200^{\circ}\text{C}$

तालिका 3: सोडियम पूल और पंप मुक्त स्तर [5, 6, 8]

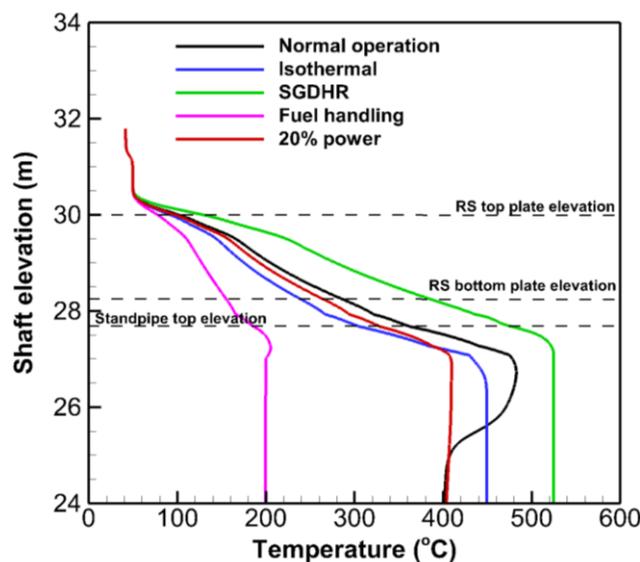
स्थिति	हॉट पूल [m]	हॉट पूल [m]	हॉट पूल [m]
सामान्य पूर्ण शक्ति	27.4	25.9	25.4
20% शक्ति	27.4	27.025	26.9
एसजीडीएचआर	27.4	27.356	27.33
इज़ोटेर्मल (टी = 450 डिग्री सेल्सियस)	27.27	26.89	26.77
ईंधन से निपटने की स्थिति	26.63	26.59	26.57

#### 4. परिणाम और चर्चा

पंप शाफ्ट असेंबली का थर्मल विश्लेषण ANSYS फ्लुएंट का उपयोग करके किया गया है। विभिन्न परिचालन स्थितियों के लिए अनुमानित तापमान वितरण पर निम्नलिखित उप-धाराओं में चर्चा की गई है:

##### 4.1. सामान्य ऑपरेशन (केस # 1)

सामान्य ऑपरेशन के दौरान कोल्ड पूल और हॉट पूल का तापमान, क्रमशः 394 डिग्री सेल्सियस और 547 डिग्री सेल्सियस है। इस स्थिति के दौरान, कोल्ड पूल का स्तर 25.9 मीटर और हॉट पूल का स्तर 27.4 मीटर है। हालांकि, स्टैंडपाइप में पंप मुक्त स्तर, 25.4 मीटर है। शाफ्ट की ऊंचाई के साथ अनुमानित तापमान चित्र 5 में दिखाया गया है। यह देखा जा रहा है कि शाफ्ट का तापमान 24 मीटर की ऊंचाई से 27 मीटर की ऊंचाई तक बढ़ जाता है।

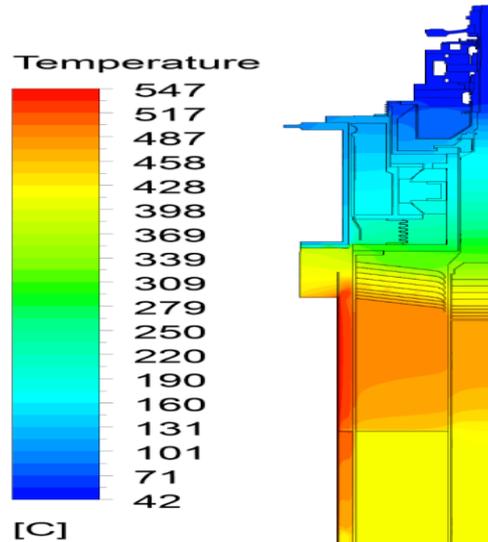


चित्र 5: विभिन्न परिचालन स्थितियों के लिए शाफ्ट के साथ अक्षीय तापमान विकास

हालांकि, शाफ्ट का अक्षीय तापमान छत स्लैब की शीर्ष प्लेट की ऊंचाई तक, ऊंचाई से 27 मीटर से अधिक कम हो रहा है। तापमान ~ 60 डिग्री सेल्सियस तक कम हो जाता है। इस ऊंचाई से परे शाफ्ट के तापमान में थोड़ी वृद्धि देखी जा रही है, जो सीलों में गर्मी पैदा करने के लिए जिम्मेदार है। तापमान समोच्च साजिश चित्र 6 में दिखाया गया है। यह देखा गया है कि, स्टैंडपाइप की बाहरी सतह से शाफ्ट तक, रेडियल दिशा में, और पंप के ऊपरी क्षेत्र में गर्मी का प्रवाह, गर्मी सिंक के रूप में कार्य करता है। थर्मल बफल्स में अधिकतम तापमान में गिरावट देखी गई है, जिस क्षेत्र में, तापमान 480 डिग्री सेल्सियस से अक्षीय दिशा में 310 डिग्री सेल्सियस तक गिरता है।

##### 1.1. 20% सामान्य ऑपरेशन (केस # 2)

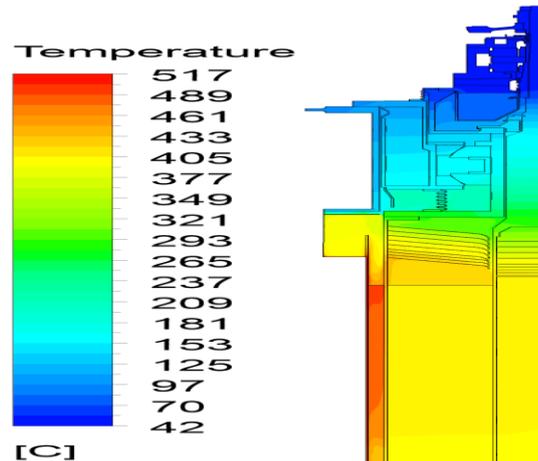
ठंडे पूल और गर्म पूल का तापमान, 20% सामान्य बिजली संचालन के दौरान, क्रमशः 394 डिग्री सेल्सियस और 517 डिग्री सेल्सियस है [6]। इस स्थिति के दौरान, कोल्ड पूल का स्तर 27.025 मीटर और हॉट पूल का स्तर 27.4 मीटर है। हालांकि, स्टैंडपाइप में पीएसपी मुक्त स्तर 26.9 मीटर है। शाफ्ट की ऊंचाई के साथ अनुमानित तापमान चित्र 5 में दिखाया जा रहा है। पिछले मामले के समान, शाफ्ट का तापमान पहले 27 मीटर की ऊंचाई तक बढ़ जाता है। जैसा कि अपेक्षित था, तापमान इससे परे कम हो जाता है, छत स्लैब की शीर्ष प्लेट की ऊंचाई तक, लगभग 60 डिग्री सेल्सियस तक। चित्र 7 20% सामान्य बिजली संचालन के दौरान तापमान समोच्च दिखाता है। अधिकतम तापमान में गिरावट थर्मल बाफल्स में पाई जाती है, 430 डिग्री सेल्सियस से अक्षीय दिशा में 305 डिग्री सेल्सियस तक।



चित्र 6: सामान्य परिचालन स्थिति के दौरान पीएसपी में तापमान समोच्च

#### 4.2. एसजीडीएचआर स्थिति (केस # 3)

श्रेणी 2 एसजीडीएचआर स्थिति (525 डिग्री सेल्सियस) के दौरान पहुंचे ठंडे पूल और गर्म पूल के तापमान का अधिकतम मूल्य विश्लेषण के लिए माना जाता है। इस स्थिति के दौरान, कोल्ड पूल का स्तर 27.34 मीटर और हॉट पूल का स्तर 27.4 मीटर है। हालांकि स्टैंडपाइप में पीएसपी फ्री लेवल 27.32 मीटर है। शाफ्ट की ऊंचाई के साथ अनुमानित तापमान चित्र 5 में दिखाया जा रहा है। जैसा कि गर्म और ठंडे पूल का तापमान, इस मामले में, बराबर है, 27 मीटर की ऊंचाई तक तापमान में मामूली वृद्धि हुई है, जैसा कि चित्र 8 में देखा गया है। जैसा कि अपेक्षित था, शीर्ष ढाल शीतलन प्रणाली और परिवेश के लिए गर्मी के नुकसान के कारण छत के स्लैब की शीर्ष प्लेट की ऊंचाई लगभग 60 डिग्री सेल्सियस तक कम हो जाती है। चित्रा 10 एसजीडीएचआर ऑपरेशन के दौरान तापमान समोच्च दिखाता है। अधिकतम तापमान में गिरावट थर्मल बाफल्स में पाई जाती है, 520 डिग्री सेल्सियस से अक्षीय दिशा में 400 डिग्री सेल्सियस तक।

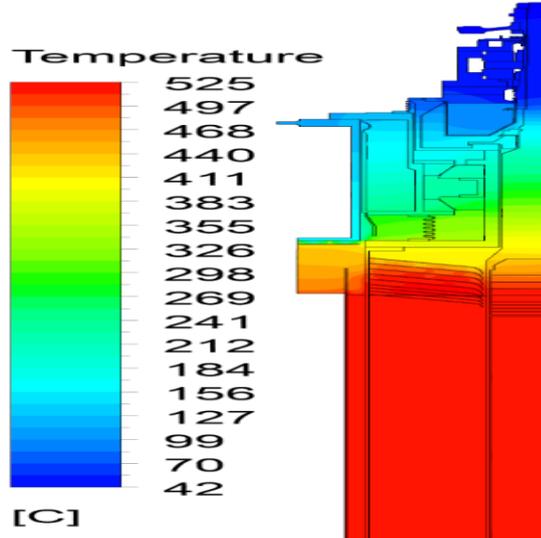


चित्र 7: सामान्य ऑपरेशन की 20% शक्ति के दौरान पीएसपी में तापमान समोच्च

#### 4.3. आइसो-थर्मल ऑपरेशन (केस # 4)

रिएक्टर की आइसोथर्मल ऑपरेटिंग स्थितियों के दौरान, ठंडे पूल और गर्म पूल का तापमान 450 डिग्री सेल्सियस है। इस स्थिति के दौरान, कोल्ड पूल का स्तर 27.6 मीटर और हॉट पूल का स्तर 26.1 मीटर है। हालांकि, स्टैंडपाइप में पीएसपी मुक्त स्तर 25.6 मीटर [6] है। शाफ्ट की ऊंचाई के साथ अनुमानित तापमान चित्र 5 में दिखाया गया है। ऊंचाई के साथ अक्षीय तापमान विकास पहले के परिचालन मामलों के लिए एक समान प्रवृत्ति दिखाता है। छत स्लैब की शीर्ष प्लेट की ऊंचाई पर तापमान ~ 60 डिग्री सेल्सियस तक कम हो

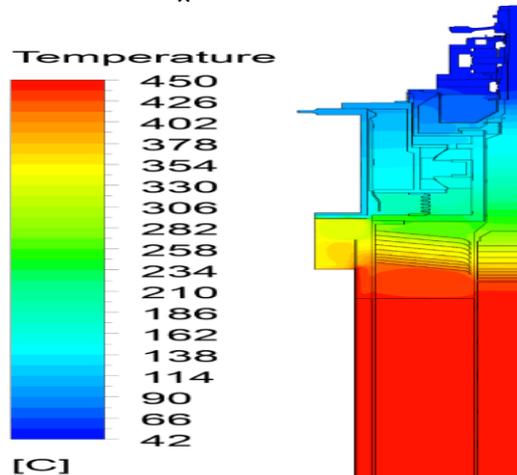
जाता है। चित्र 9 दिखाता है, आइसोथर्मल ऑपरेशन के दौरान तापमान समोच्च। अधिकतम तापमान में गिरावट थर्मल बाफल्स में पाई जाती है, 420 डिग्री सेल्सियस से अक्षीय दिशा में 270 डिग्री सेल्सियस तक।



चित्र 8: एसजीडीएचआर स्थिति के दौरान पीएसपी में तापमान समोच्च

#### 4.4. ईंधन हैंडलिंग ऑपरेशन (केस # 5)

ईंधन से निपटने की स्थिति के दौरान, सोडियम तापमान 200 डिग्री सेल्सियस है। गर्म और ठंडे पूलों में सोडियम का स्तर क्रमशः 26.63 मीटर और 26.59 मीटर [6] है। हालांकि, पंप स्टैंडपाइप में सोडियम का स्तर 26.57 मीटर है। शाफ्ट अक्षीय तापमान के विकास में ऊंचाई के साथ एक समान प्रवृत्ति है। अधिकतम तापमान 200 डिग्री सेल्सियस का सोडियम तापमान है और पंप के शीर्ष भाग पर 60 डिग्री सेल्सियस तक कम हो जाता है जैसा कि चित्र 5 में दिखाया गया है। चित्र 10 से पता चलता है, पंप के तापमान समोच्च साजिश, ईंधन हैंडलिंग हालत के दौरान। पंप में थर्मल बाधक में तापमान ड्रॉप 190 डिग्री सेल्सियस से ~ 155 डिग्री सेल्सियस तक है।

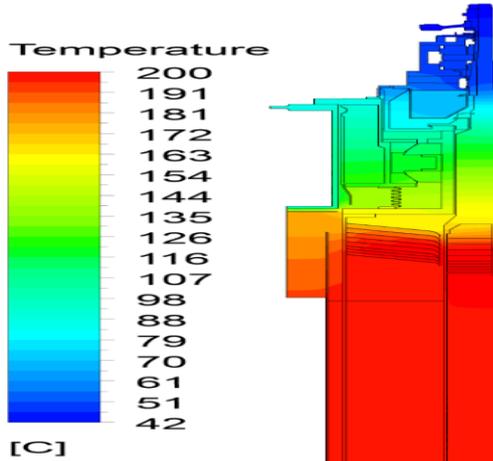


चित्र 9: आईएसओथर्मल ऑपरेशन के दौरान पीएसपी में तापमान समोच्च

#### 5. निष्कर्ष

पंप असेंबली में तापमान वितरण की जांच करने के लिए सीएफडी कोड का उपयोग करके एक 2D अक्षीय थर्मल हाइड्रोलिक विश्लेषण किया गया है। रिएक्टर की कुल पांच अलग-अलग परिचालन स्थितियों का अनुकरण किया जाता है, जैसे सामान्य स्थिति, 20% सामान्य स्थिति, एसजीडीएचआर स्थिति, आइसोथर्मल स्थिति और ईंधन हैंडलिंग की स्थिति। प्रत्येक ऑपरेटिंग स्थिति के लिए, एक उपयुक्त सोडियम पूल स्तर को लगातार माना जाता है। यह देखा गया है कि, पंप असेंबली के अंदर का तापमान पंप के निचले हिस्से से ऊपरी हिस्से तक अक्षीय रूप से कम हो जाता है, और स्टैंडपाइप से रेडियल दिशा में शाफ्ट तक। एसजीडीएचआर स्थिति के दौरान शाफ्ट का एक अधिकतम तापमान 524.9 डिग्री सेल्सियस पाया जाता है, जो 3 मीटर के लिए लगभग

स्थिर रहता है, 27 मी. उंचीपर्यंत मात्र, सामान्य ऑपरेशन और 20% सामान्य ऑपरेशन के लिए, शाफ्ट का अधिकतम तापमान 485 डिग्री सेल्सियस और 414 डिग्री सेल्सियस पाया जाता है, आदरपूर्वक। आइसोथर्मल और ईंधन हैंडलिंग स्थितियों के दौरान अधिकतम शाफ्ट तापमान क्रमशः 449 डिग्री सेल्सियस और 200 डिग्री सेल्सियस पाया जाता है। यह भी देखा गया है कि शाफ्ट का अधिकतम तापमान, परिचालन स्थितियों के बावजूद, 24 मीटर और 27 मीटर की ऊंचाई के बीच, यानी 3 मीटर के लिए प्रबल होता है। शाफ्ट में अक्षीय तापमान प्रोफ़ाइल, यहां भविष्यवाणी की, थर्मल तनाव गणना के लिए आगे इस्तेमाल किया जाएगा।



चित्र 10: आइसोथर्मल ऑपरेशन के दौरान पीएसपी में तापमान समोच्च

## 6. संदर्भ

- [1] C. K. Keshava Kumar and K. V. Sreedharan, 'PSP - Conceptual Design', PFBR/32110/DN/1045/Rev - H, 2002
- [2] General Assembly, Primary Sodium Pump, PFBR/32110/GA/1100/Rev - A
- [3] C. K. Keshava Kumar and K. V. Sreedharan, 'PSP - Design Specification', PFBR/32110/SP/1054/Rev - C, 2003
- [4] ANSYS 19.2 user guide and manual
- [5] Email communication with Shri Aravindan, SPS, 30-06-2021
- [6] Sritharan R., Abhishek Mitra, "Primary Sodium Levels During Various operating conditions", PFBR/31000/DN/1112/R - A, 2015
- [7] K. V. Sreedharan and C. K. Keshava Kumar, *Design of Oil Circuit for Top Bearing and Mechanical Seals*, PFBR/32110/DN/1068/Rev - B, 2003.
- [8] Natesan K, "Plant parameters during part load operation", PFBR/01151/1005/R-B, 2004

**लेखक परिचय:**

मैं, अमित कुमार चौहान, वैज्ञानिक अधिकारी डी के रूप में मई 2015 में डी.ए.ई./आई.जी.सी.ए.आर. में शामिल हुआ और आई.जी.सी.ए.आर., कल्पक्कम में थर्मल हाइड्रोलिक डिवीजन में तैनात हुआ। थर्मल हाइड्रोलिक्स टीम के एक हिस्से के रूप में, मैं पी.एफ.बी.आर. के लिए संयंत्र गतिशीलता अध्ययन करने के लिए जिम्मेदार हूँ। मैं पी.एफ.बी.आर. के घटकों के लिए सी.एफ.डी. अध्ययन भी करता हूँ, इसे चालू करने के अग्रिम चरण की ओर।



डॉ. के. नटेशन, एक मैकेनिकल इंजीनियर हैं और उन्होंने एच.बी.एन.आई., मुंबई से पी.एच.डी. की डिग्री प्राप्त की है। वह इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केंद्र (IGCAR) में थर्मल हाइड्रोलिक्स डिवीजन के प्रमुख के रूप में कार्यरत हैं। वह एच.बी.एन.आई. में पीजी शिक्षक और एम.टेक गाइड भी हैं। IGCAR में पिछले 25 वर्षों में, उन्होंने परमाणु रिएक्टर थर्मल हाइड्रोलिक्स में विशेषज्ञता हासिल की है और FBR थर्मल हाइड्रोलिक्स/सुरक्षा विश्लेषण में महत्वपूर्ण योगदान दिया है। प्रतिष्ठित पत्रिकाओं में 29 सहित उनके 115 से अधिक प्रकाशन हैं।



श्री एम. राजेंद्रकुमार आई.जी.सी.ए.आर., कल्पक्कम में रिएक्टर डिजाइन और प्रौद्योगिकी समूह में थर्मल हाइड्रोलिक्स अनुभाग के प्रमुख हैं और कम्प्यूटेशनल फ्लूड डायनेमिक्स (सी.एफ.डी.) के विशेषज्ञ हैं। अपनी आर एंड डी गतिविधियों के माध्यम से, उन्होंने कई चुनौतिपूर्ण समस्याओं को हल करने में अपनी शानदार क्षमियों का प्रदर्शन किया है। उनके द्वारा किए गए थर्मल हाइड्रोलिक असाइनमेंट पी.एफ.बी.आर., एफ.बी.टी.आर. और भविष्य के एफ.बी.आर. के लिए सीधे प्रासंगिक हैं। सुरक्षा ग्रेड क्षय गर्मी हटाने प्रणाली पर उनका काम पी.एफ.बी.आर. डिजाइन के सुरक्षा मुद्दों को हल करने में महत्वपूर्ण था, अर्थात् प्रवाह उत्क्रमण और क्षय गर्मी हटाने की क्षमता। प्रारंभिक सोडियम

भरने के दौरान सोडियम फ्रीजिंग के जोखिम मूल्यांकन से संबंधित क्षणिक थर्मल हाइड्रोलिक विश्लेषण हीटिंग प्रावधानों को डिजाइन करने और पी.डी.एस.सी. से सुरक्षा मंजूरी प्राप्त करने में सहायक रहा है। एफ.बी.टी.आर. स्टीम जनरेटर से संबंधित उनके उपन्यास सी.एफ.डी. अध्ययन प्राथमिक सोडियम तापमान को बढ़ाने और क्षय गर्मी हटाने की पर्याप्तता स्थापित करने के विकल्प को तय करने में बहुत महत्वपूर्ण थे।

## यांत्रिक अभिकल्पना विकास में प्रघात अनुक्रिया स्पेक्ट्रम विश्लेषण का विवरण

वी.एस.जगदीश /राकेश आर. भावसार  
संरचनात्मक और तापीय विश्लेषण समूह  
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद, इसरो  
दूरभाष :079-26913952/3947

### सारांश

भारत के मानव सहित अंतरिक्षयान, गगनयान और अन्य यानों के अंतर्गत घटकों के यांत्रिक अभिकल्पना के विकास में विभिन्न विश्लेषणों की आवश्यकता है। विभिन्न कोडांतरणों के ऊपर संरचनात्मक, तापीय, ताप-संरचनात्मक विश्लेषणों, प्रघात विश्लेषण और सूक्ष्म-कंपन विश्लेषण इत्यादि का आकलन करना अत्यंत जरूरी है। इस लेख में प्रघात अनुक्रिया विश्लेषण (Shock Response Analysis) से संबंधित विविध प्रकार की प्रक्रियाओं के विवरण और संरचनात्मक विश्लेषण से घटकों का विश्लेषण करने की विधि का अत्यंत विस्तार से विवरण किया गया है। इस संरचनात्मक विश्लेषण में विविध सॉफ्टवेयरों का प्रयोग किया जाता है, जैसे नास्ट्रान (NASTRAN), ओप्टिस्ट्रक्ट (OPTISTRUCT) आदि सॉफ्टवेयरों का संरचनात्मक विश्लेषण के लिए और टेस्टलैब सॉफ्टवेयर कंपन जांच के लिए उपयोग किया जाता है। OCEANSAT-3 परियोजना के SSTM-1 PAYLOAD का प्रघात विश्लेषण और नास्ट्रान (NASTRAN) द्वारा आकलन किए गए परिणामों को प्रस्तुत किए गए हैं।

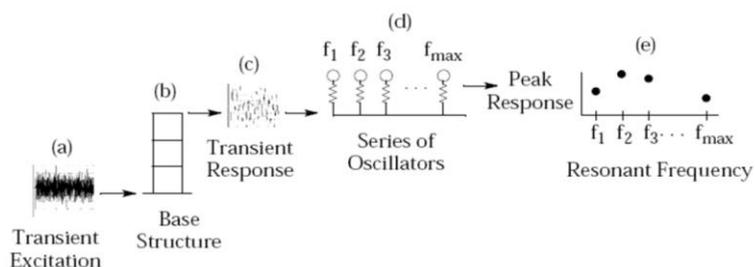
### नीतभार परिचय:

उपग्रह नीतभार (satellite payloads) के प्रक्षेपण के दौरान प्रघात भार का अत्यधिक अनुभव होता है। नीतभार घटकों में इसकी कठोरता उत्पत्ति स्रोत से दूरी के अनुसार 500 – 600 (जी) त्वरण तक रहता है। प्रघात भार विस्फोट के कारण उत्पन्न होता है और सूक्ष्म अवधि के लिए उत्पन्न होता है। इसका विनिर्देश (specification) प्रघात अनुक्रिया स्पेक्ट्रम (SHOCK RESPONSE SPECTRUM) से सूचित किया जाता है।

प्रघात अनुक्रिया स्पेक्ट्रम आवृत्ति प्रक्षेत्र आधारित फंक्शन विस्फोट के कारण उत्पन्न हुए कंपन भार के परिमाण को सूचित करता है। प्रघात अनुक्रिया विश्लेषण (shock response analysis) पद्धति के द्वारा समय अनुक्रिया स्पेक्ट्रम (Time Response Signal) को आवृत्ति अनुक्रिया स्पेक्ट्रम में रूपांतरित किया जाता है। विविध कोडांतरणों का इस एस. आर. एस. के कंपन प्रकंपित्र की अवधि के अनुसार परीक्षण किया जा सकता है। प्रघात अनुक्रिया स्पेक्ट्रम आधार निवेश पर दिये क्षणिक सिग्नल को कंपन सिग्नल में रूपांतरित करता है। (चित्र - 1)

### चित्र-1 नास्ट्रान हेल्प पुस्तिका

विनिर्देश (specification) के अनुसार, प्रघात अनुक्रिया संश्लेषण (SHOCK RESPONSE SYNTHESIS) पद्धति के द्वारा एस. आर. एस. को आवृत्ति प्रक्षेत्र से समय अनुक्रिया स्पेक्ट्रम में रूपांतरित किया जा सकता है। इसके



लिए टेस्टलैब या अन्य कंपन जांच परीक्षण नियंत्रण सॉफ्टवेयर की सहायता ली जाती है। इस संश्लेषण से विविध प्रकार के समय अनुक्रिया स्पेक्ट्रम (time signal) उत्पन्न कर सकते हैं, एवं सिग्नल तुल्य क्षति विभव (equivalent damage potential) का वर्णन कर सकते हैं। इस संश्लेषण के द्वारा कंपन प्रकंपित्र की अवधि के अंतर्गत परीक्षण करने का तरीका मिल सकता है।

## तकनीकी लेख [F-2]

### चित्र-2 तल्य क्षणिका सिग्नल (एम.क्यू.ए.जी. के द्वारा)

समुद्र सतह ताप मॉनिटर (SEA SURFACE TEMPERATURE MONITOR) की यांत्रिक अभिकल्पना में मुख्य उप कोडांतरण (sub-assembly) निम्न तरीके के हैं:

1. आधार संरचना (base structure)
2. क्रमवीक्षण दर्पण यंत्रावली (scan mirror mechanism)
3. लेन्स उप-कोडांतरण (lens sub-assembly)
4. फ्रंट एंड इलेक्ट्रानिक्स (FECE)

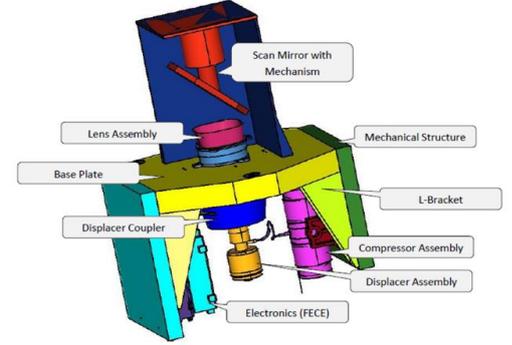
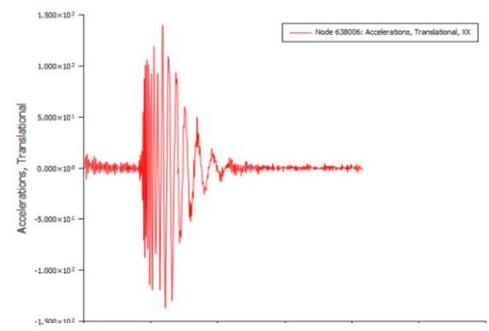


Figure 1: CAD model of SSTM-1

### चित्र-3 एस एस टी एस पेलोड (ओपीएमजी के द्वारा)

उपग्रह नीतभार (satellite payloads) के यांत्रिक पुर्जों द्वारा प्रक्षेपण भार (launch load) को सहन करने के लिए पर्याप्त दृढ़ता (stiffness) का होना जरूरी है। साथ ही, कक्ष में ताप भार के साथ संरचनात्मक दृढ़ता का होना भी जरूरी है। परिमिति अवयव पद्धति के द्वारा संरचनात्मक विश्लेषण से उपयुक्त परिणामों को प्राप्त किया गया है।

### चित्र-4 एस एस टी एस पेलोड परिमिति अवयव निदर्श

परिमिति अवयव निदर्श

इस पत्र में निम्न प्रकार की नामांकन पद्धति का उपयोग किया गया है।

1. X-अक्ष संसूचक स्थिरीकरण लग अभिलंब दिशा
2. Y-अक्ष संसूचक स्थिरीकरण लग तिर्यक दिशा
3. Z-अक्षदर्पण स्थिरीकरण लग अभिलंब दिशा

इस नीतभार के परिमिति अवयव निदर्श (Finite Elements Model) में ~ 4.2 लाख परिमिति अवयव (Finite Elements) और ~5.4 लाख निर्मिति बिंदु (Nodes), ~ 750 एम. पी. सी. (Multi points Constraints) के साथ संरचनात्मक विश्लेषण करके, यांत्रिक अभिकल्पना का परिणाम प्राप्त किया गया है।

एस. एस. टी. एस. नीतभार के द्रव्यराशि 17.34 कि.ग्रा. (संरचनात्मक विश्लेषण के लिए) एल्युमीनियम 6061-T6:

यंग मापक - 7000 कि.ग्रा / मि.मि<sup>2</sup>

घनत्व - 2.7 ग्रा. / घन से.मी.

poission's ratio - 0.33

रैखीय प्रसार गुणांक (  $\alpha$  ) - 23.0E-6 डि.सें.ग्रे.

FR04 – (FECE cards)

यंगमापक - 2500कि.ग्रा. /मि.मि.<sup>2</sup>

घनत्व - 3.8ग्रा. / घन से.मी.

POISSON'S RATIO - 0.24

रैखीयप्रसारगुणांक )  $\alpha$  ) - 40.e-6 / डि.सें.ग्रे.

यांत्रिक अभिकल्पना का परिणाम

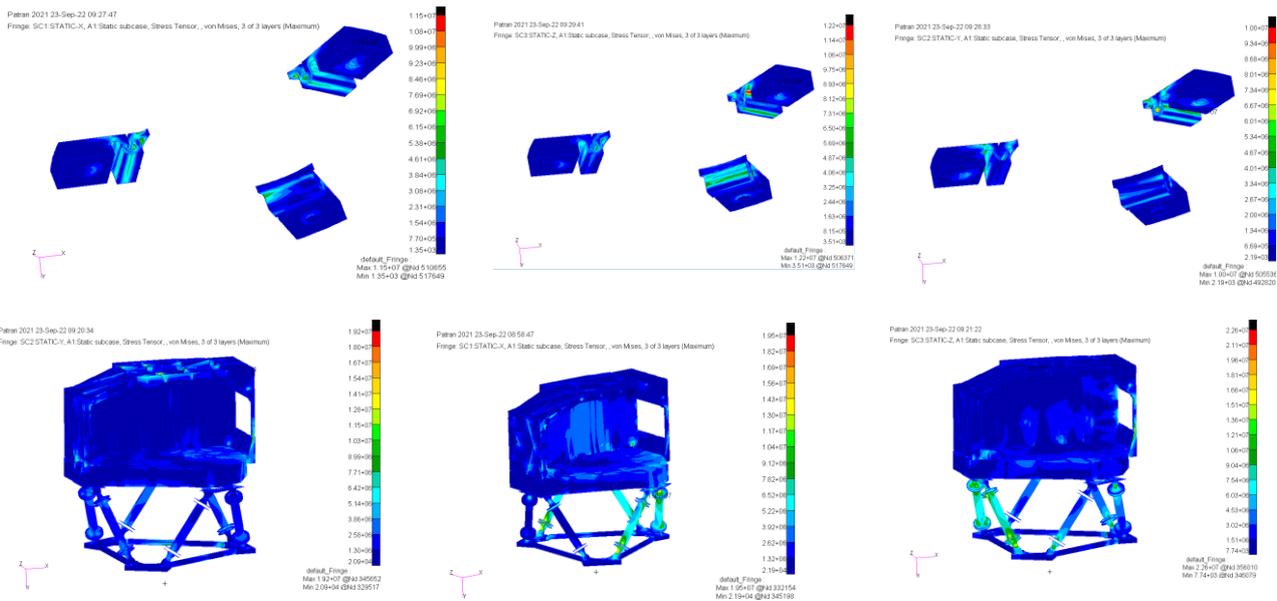
संरचनात्मक विश्लेषण में 10 जी त्वरण भार के लिए, स्थैतिक प्रतिबल का आकलन (static analysis) प्राकृतिक आवृत्ति (Natural Frequency) में किया गया है। इस विश्लेषण के द्वारा निर्धारित उद्देश्य को सफलता



पूर्वक प्राप्त किया गया है। प्राकृतिक आवृत्ति के आकलन से परिमिति अवयव निदर्श के कंपन जाँच परीक्षण से प्राप्त किए परिणामों के अनुरूप परिवर्तन किए बिना प्रघात विश्लेषण में उपयोग करने के लिए आवश्यक है।

**स्थैतिक विश्लेषण : (STATIC ANALYSIS):**

इस विश्लेषण में एस.एस.टी.एम. नीतभार के कोडांतरण को आधार 3 लग के ऊपर 3 निर्धारित स्थानों पर स्थिर किया गया है। प्रत्येक अक्ष में 10 'जी' त्वरण भार के लिए विश्लेषण किया गया है। नीचे तालिका-1 में प्रतिबल का विविध परिणामों के आकड़े निम्न सारणी में दिखाए गए हैं।



**चित्र-5** स्थैतिक विश्लेषण के परिणाम तालिका-1: प्रतिबल (कि.ग्रा./मि.मि.<sup>2</sup>)

(X/Y/Z) - अक्ष	त्वरण (जी)	प्रतिबल ई.ओ.एम के ऊपर (कि.ग्रा./मि.मि. <sup>2</sup> )	प्रतिबल एस ए एस एस के खांच के ऊपर (कि.ग्रा./मि.मि. <sup>2</sup> )
X-axis	10/0/0 g	1.95 (चित्र-5)	1.15
Y-axis	0/10/0 g	1.97	1.0
Z-axis	0/0/10 g	2.26	1.22

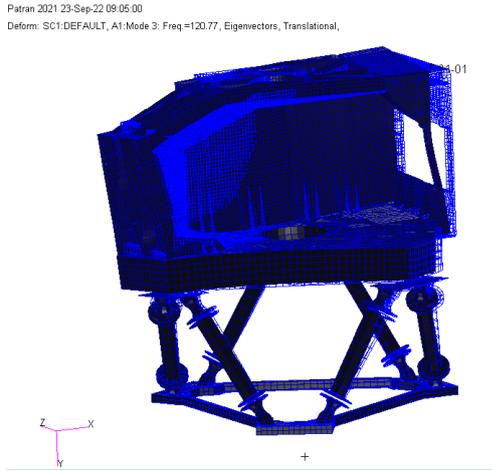
**प्राकृतिक आवृत्ति आकलन /Natural Frequencies Estimate :**

संरचनात्मक विश्लेषण में आवृत्ति आकलन की भूमिका मुख्य है। यहाँ वक्र्रीय कंपन बल, यादृच्छिक कंपन बल, और प्रघात अनुक्रिया स्पेक्ट्रम (SHOCK RESPONSE SPECTRUM) इत्यादि विश्लेषण करने के लिए भी प्राकृतिक आवृत्ति आकलन जरूरी है। (यह प्राकृतिक आवृत्तियाँ नीचे तालिका में दिखाई गई हैं।)

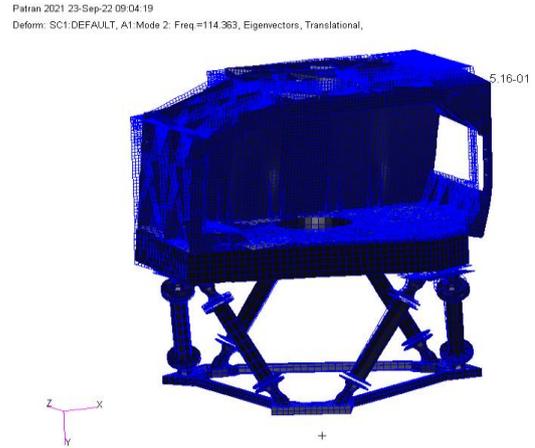
**तालिका-2 प्राकृतिक आवृत्ति**

विधा आकृति क्र.सं./Mode Shape No.	प्राकृतिक आवृत्ति (हर्ट्ज)	विधा आकृति/Mode Shape
1	114.3	ई.ओ.एम. समांतर
2	120	ई.ओ.एम. तिर्यक

चित्र-6 प्राकृतिक आवृत्ति 114 हर्ट्ज



चित्र-7 प्राकृतिक आवृत्ति 120 हर्ट्ज



**अनुक्रिया स्पेक्ट्रम (SHOCK RESPONSE SPECTRUM) विश्लेषण :**

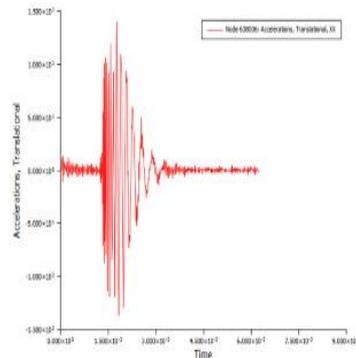
अंतरिक्षयान से उपग्रह के अलग होने के समय, इस विश्लेषण से उपग्रह के विविध मुख्य घटकों पर पड़ने वाले प्रभाव का आकलन किया जाता है। अनुमानित अवमंदन 5% के साथ, इस अभिकल्पना का प्रघात अनुक्रिया स्पेक्ट्रम विश्लेषण प्रत्येक अक्ष के लिए नीचे तालिका के अनुसार किए गए हैं। विश्लेषण करते समय क्षणिका हल समय और गन्यंत्र (computer) के resources के सीमा को ध्यान रखते हुए, एस. ए. एस. एम. और लेन्स कोडांतरणों को तुल्य द्रव्यराशि मॉडल के साथ हल किया गया है। इस विश्लेषण के बाद एस. ए. एस. एम. के आधार पर निर्धारित एस. आर. एस. के लिए प्रघात अनुक्रिया संश्लेषण (SHOCK RESPONSE SYNTHESIS) पद्धति के द्वारा क्षणिका सिग्नल को प्राप्त किया गया है। उपलब्ध क्षणिका सिग्नल के साथ पूर्ण कोडांतरण के लिए क्षणिका विश्लेषण किया गया है। एस. ए. एस. एम. के आधार पर 5000 हर्ट्ज तक क्षणिका सिग्नल को प्राप्त किया गया है। उस सिग्नल से एस. ए. एस. एम. उप-कोडांतरण के क्षणिका विश्लेषण से दर्पण के खांचा के ऊपर उच्चतम प्रतिबल का आकलन किया गया है।

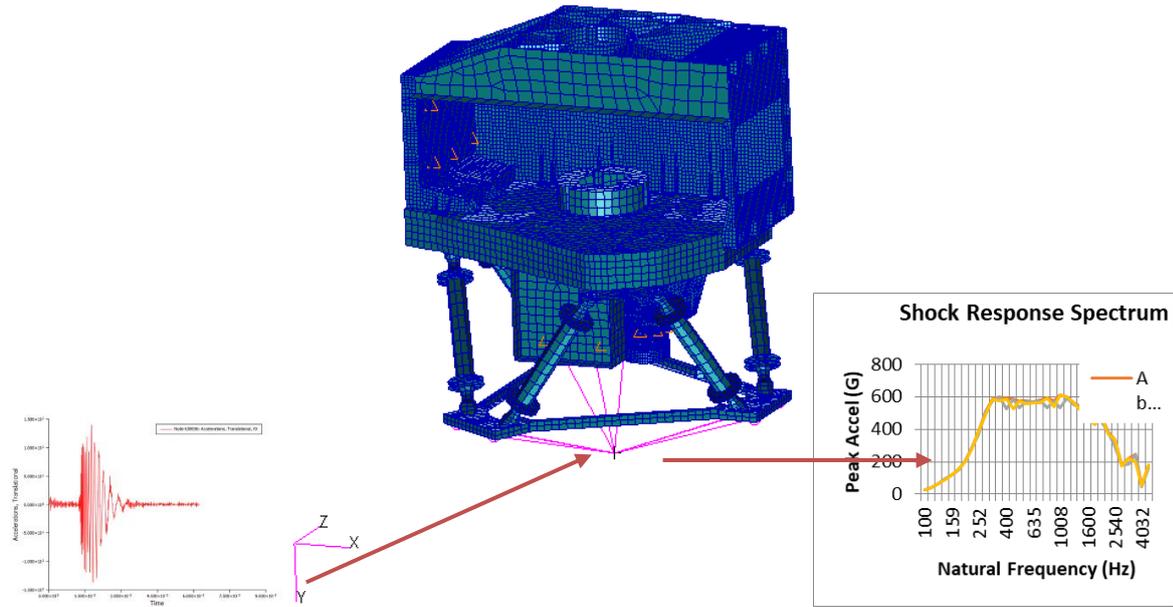
**तालिका-3: प्रघात अनुक्रिया स्पेक्ट्रम**

4.6.12 SSTM Assembly

Table 93  
All three axes

Frequency (Hz)	SRS (g)
100 – 600	15 dB / oct
600 – 5000	600
No. of Pulses	2



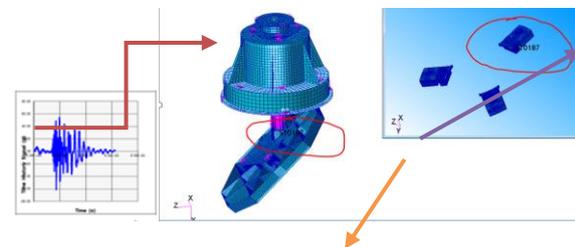


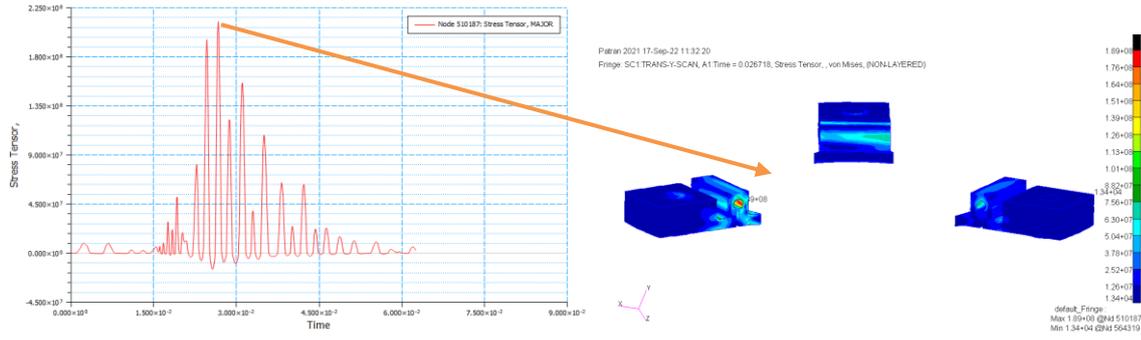
**चित्र-9** प्रघात अनुक्रिया स्पेक्ट्रम के तुल्य क्षणिका सिग्नल परिणाम :

इस विश्लेषण में क्रमवीक्षण दर्पण यंत्रावली के खांचे के ऊपर विविध काल विभाजन (60 मिली. सेकेंड) के लिए प्रतिबल को प्राप्त किया गया है। Y-axis में 600 जी एस. आर. एस. निवेश के लिए एस. ए. एस. एम. के आधार पर 240 जी तुल्य एस. आर. एस. प्राप्त किया गया है। (चित्र-10)

**चित्र-10** प्रघात अनुक्रिया स्पेक्ट्रम के निर्गत परिणाम (एस ए एस एम के आधार पर)

क्षणिका सिग्नल को एस. ए. एस. एम. के आधार पर त्वरण भार के रूप में दिया और इस के साथ विविध काल विभाजन के लिए प्रतिबल प्राप्त करके उच्चतम प्रतिबल को सूचित किया गया है। 240 जी तुल्य एस. आर. एस. के लिए 189 MPa प्रतिबल को 26.7 मिली. सेकेंड समय पर प्राप्त किया गया है।(चित्र-11)





**चित्र-11** दर्पण के खांचा के ऊपर उच्चतम प्रतिबल निष्कर्ष :

इस लेख में संरचनात्मक विश्लेषण के अंदर प्रघात अनुक्रिया विश्लेषण, अग्निक प्रघात (Pyro-shock) के लिए उपयोग किए गए पद्धति का विवरण उदाहरण सहित दिया गया है, जिससे प्रघात भार का निर्धारण कर सकते हैं। इसमें क्षणिका सिग्नल, जो तुल्य क्षति विभव (equivalent damage potential) का वर्णन कर सके, उसे प्राप्त करना आवश्यक है। अग्निक प्रघात के लिए एस. आर. एस. का सीधा उपयोग करने से विपरीत परिणाम प्राप्त होने की संभावना है। कंपन प्रकंपित्र की क्षमता के अनुसार इस क्षणिका सिग्नल को प्राप्त करके तुल्य गतिक मॉडल पर परीक्षण करना चाहिए। गतिक प्रतिबल स्थैतिक प्रतिबल से ज्यादा होने के कारण विकृतिमापी से इस परिणाम को गतिक मॉडल पर स्थापित करना चाहिए। समुद्र सतह ताप मॉनीटर (SEA SURFACE TEMPERATURE MONITOR) की यांत्रिक अभिकल्पना में ओशनसैट-3 मिशन के अंतर्गत संरचनात्मक विश्लेषण करने की पद्धति और परिणाम दिया गया है।

#### आभार :

हम निदेशक, सैक के अत्यंत आभारी हैं, जिन्होंने हमें यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया। हम प्रभाग प्रधान, संरचना प्रणाली प्रभाग (एस.एस.डी) एवं समूह प्रधान, एस.टी.जी, उप-निदेशक और अन्य सहयोगियों के अत्यंत आभारी हैं, जिन्होंने हमें यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया। हम हिंदी अनुभाग के सभी सदस्यों के भी आभारी हैं, जिनकी सहायता से यह लेख पूरा हो सका। हम ओ.पी.एम.जी. के अन्य सहयोगियों के भी आभारी हैं, जिनके द्वारा इस नीतभार की यांत्रिक अभिकल्पना का विकास किया गया है।

#### संदर्भ :

6. पेलोड - पी.डी.आर. - दस्तावेज – ओशनसैट पेलोड
7. सीमित अवयव प्रक्रियाएं, के.जे. बाथे, प्रेंटिस हाल इंडिया, नई दिल्ली 1997।
8. स्पंदन की बुनियादी बातें, एल.मीरोविच, मैक. ग्रा हिल, सिंगापुर, 2001।
9. Nastran / Nx/ Testlab साफ्टवेयर हेल्प
10. कृत्रिम उपग्रहों की संरचनात्मक अभिकल्पना – पुरुषोत्तम गुप्ता

#### लेखक परिचय:



वी. एस. जगदीश

वी.एस.जगदीश 1998 में आइ. आइ. टी. कानपुर से एरोस्पेस इंजीनियरिंग में एम. टेक. की उपाधि प्राप्त किए हैं। सैक- एम. ई. एस. ए. / एस. टी. जी. /एस. एस. डी.में संरचनात्मक विश्लेषण – नास्ट्रान और ओप्टीस्ट्रूक्ट साफ्टवेयर के द्वारा करने का अनुभव है।



राकेश आर भावसार

राकेश आर. भावसार 1995 में आइ. आइ. एस. सी. बेंगलूरु से यांत्रिक इंजीनियरिंग में एम. टेक. की उपाधि प्राप्त किए हैं। सैक- एम. ई. एस. ए. / एस. टी. जी. /एस. एस. डी.प्रभाग के प्रधान के पद पर कार्य कर रहे हैं। उन्हें संरचनात्मक और तापीय विश्लेषण का मूल्यांकन करने का अनुभव है।

## नॉन फंजिबल टोकन

हिमांशु कुमार हरन, वैज्ञानिक 'एफ.'  
कृत्रिम ज्ञान तथा रोबोटिकी केंद्र, बेंगलूरु  
himanshuharan.cair@gov.in

### सारांश

किसी कलाकृति के स्वामित्व को सुरक्षित तथा उसकी वास्तविकता को बरकरार रखने के उद्देश्य से विकसित की गई तकनीक, जिसे नॉन फंजिबल टोकन (NFT) का नाम दिया गया है, इन दिनों सुर्खियों में है। कई लोगों द्वारा अपनी कलाकृतियों को NFT के रूप में परिवर्तित कर ऊँचे दामों में बेचा जा चुका है। आज इस लेख में विस्तार से चर्चा करेंगे NFT की, जानेंगे यह क्या है, कैसे कार्य करता है, NFT का किन क्षेत्रों में इस्तेमाल किया जा सकता है तथा इसके क्या फायदे एवं नुकसान हो सकते हैं।

### प्रस्तावना

मानव सभ्यताओं की विकास यात्रा के दौरान मनुष्य में कलात्मक गुणों का भी उद्भव हुआ है। प्राचीन काल की गुफा चित्रकारी मानव के कलात्मक गुण का महत्वपूर्ण उदाहरण है। समय के साथ ये गुण अलग-अलग क्षेत्रों यथा संगीत, चित्रकला, वास्तुकला आदि में विकसित हुए हैं। वर्तमान में हम "डिजिटल युग" में जी रहे हैं और इसी का नतीजा है कि, कला का भी बहुत हद तक डिजिटलीकरण हो चुका है। संगीत, चित्र, पेंटिंग, वीडियो विभिन्न प्रकार की कलाकृतियों का निर्माण करने तथा उन्हें स्टोर करने में डिजिटल दुनिया महत्वपूर्ण भूमिका निभा रही है।

हालाँकि इसके कुछ नुकसान भी हैं डिजिटल प्रारूप में होने के चलते किसी कृति जैसे संगीत, चित्र आदि की प्रतिलिपियाँ बनाना आसान हो जाता है, जिससे कोई भी कलाकार आर्थिक एवं मानसिक रूप से हतोत्साहित हो सकता है इसके अतिरिक्त अनेक प्रतिलिपि होने के चलते किसी एक रूप की प्रामाणिकता का अंदाज़ा लगा पाना भी मुश्किल होता है।

### NFT क्या है?

NFT का पूरा नाम नॉन फंजिबल टोकन है, यह एक क्रिप्टोग्राफिक टोकन या डेटा का एक पैकेट है, जिसे ब्लॉकचेन तकनीक द्वारा निर्मित किया जाता है। यह क्रिप्टोकॉरेसी की भाँति ब्लॉकचेन तकनीक का एक अन्य अनुप्रयोग है। इस टोकन में मौजूद डेटा किसी संपत्ति (अधिकांशतः डिजिटल संपत्ति जैसे चित्र, ऑडियो, वीडियो आदि) से संबंधित होता है। एक बार बनाए जाने के पश्चात इनका भविष्य में व्यापार किया जा सकता है।

ब्लॉकचेन तकनीक पर आधारित होने के चलते यह अत्यधिक सुरक्षित है अतः एक बार किसी कलाकृति से संबंधित डिजिटल टोकन या NFT निर्मित हो जाने के पश्चात टोकन में मौजूद डेटा को परिवर्तित नहीं किया जा सकता है। इस डेटा में उस कलाकृति के निर्माता या मालिक की भी जानकारी दर्ज होती है, जिसके चलते यह सुविधा किसी कलाकार को उसकी कृति के चोरी होने से सुरक्षित करती है।

किसी कलाकृति के ब्लॉकचेन पर दर्ज होने से लेकर समय-समय पर उसके हस्तांतरण या बिक्री को ऑन-चेन रिकॉर्ड किया जाता है, जिससे उसके उत्पत्ति, बिक्री तथा मूल्य के इतिहास का आसानी से पता लगाया जा सकता है। NFTs का मुख्य उद्देश्य किसी "डिजिटल कलाकृति" के स्वामित्व एवं उसके व्यापार (Trading) को आसान एवं सुरक्षित बनाना है। इनका उपयोग अद्वितीय (Unique) वस्तुओं के स्वामित्व का प्रतिनिधित्व करने के लिए किया जा सकता है।

## फंजिबल टोकन बनाम नॉन फंजिबल टोकन

NFT तकनीक को और अधिक समझने से पहले इसके शाब्दिक अर्थ को समझ लेना आवश्यक है। Fungible शब्द से आशय ऐसी वस्तुओं से होता है, जो अद्वितीय नहीं है अर्थात जिन्हें उनके ही समान दूसरी वस्तु से बदला जा सकता है। उदाहरण के तौर पर 500 रुपये का कोई बैंक नोट Fungible है, क्योंकि उसे 500 के दूसरे बैंक नोट से बदला जा सकता है और ऐसा करने पर वही कीमत प्राप्त होती है, जो पिछले नोट की थी।

Fungible के विपरीत Non-Fungible ऐसी वस्तुएं हैं, जो "अद्वितीय प्रकृति" की हैं, दूसरे शब्दों में इन्हें किसी अन्य वस्तु से प्रतिस्थापित नहीं किया जा सकता। इसके उदाहरणों में ऐसी कोई भी वस्तु हो सकती है, जो अपनी किस्म की केवल एक ही है, उदाहरण के तौर पर कोई विशिष्ट पेंटिंग इत्यादि।

## ब्लॉकचेन तकनीक के बारे में

ऊपर हमने ब्लॉकचेन तकनीक का जिक्र किया, जिस पर यह टोकन व्यवस्था आधारित है, इसकी कार्यप्रणाली तथा किन-किन क्षेत्रों में इसका इस्तेमाल किया जा सकता है इसे हमने एक अन्य लेख में विस्तार से समझाया है, जिसे आप नीचे दी गई लिंक के माध्यम से पढ़ सकते हैं। यहाँ संक्षिप्त में समझते हैं ब्लॉकचेन तकनीक क्या है?

ब्लॉकचेन डेटा को स्टोर करने की एक विकेंद्रीकृत व्यवस्था (Decentralized System) है, जिसमें डेटा को अलग-अलग ब्लॉक में स्टोर किया जाता है तथा प्रत्येक ब्लॉक दूसरे ब्लॉक से एक चेन के माध्यम से जुड़ा होता है। जहाँ किसी सामान्य व्यवस्था में कोई अहम डेटा किसी एक स्थान जैसे दफ्तर, डेटा सेंटर आदि पर मौजूद होता है वहीं ब्लॉकचेन तकनीक में यह डेटा दुनियाँ भर के विभिन्न कंप्यूटरों में स्टोर रहता है, जिसके चलते किसी ब्लॉक में दर्ज सूचना से छेड़-छाड़ करना असंभव होता है।

## कैसे कार्य करती है NFT तकनीक?

NFT को समझने के बाद आइए अब जानते हैं ये किस प्रकार कार्य करता है। इंटरनेट पर अलग-अलग NFT मार्केटप्लेस मौजूद हैं, जहाँ कोई व्यक्ति कला के किसी रूप को डिजिटल टोकन या NFT में बदल सकता है। टोकन बनाने की यह प्रक्रिया "Minting" कहलाती है।

इस प्रक्रिया में एक स्मार्ट अनुबंध (Smart Contract) ब्लॉकचेन पर स्टोर किया जाता है। स्मार्ट अनुबंध ब्लॉकचेन के भीतर मौजूद प्रोग्रामिंग है, जो नेटवर्क को NFT लेन-देन से संबंधित सूचना को संग्रहीत करने में सक्षम बनाता है। एक बार स्टोर हो जाने के बाद जरूरत पड़ने पर इस सूचना को एक्सेस किया जा सकता है। स्मार्ट अनुबंध यह भी सुनिश्चित करता है कि, स्टोर सूचना पारदर्शी होने के साथ-साथ अपरिवर्तनीय भी हो।

## कहाँ खरीदे एवं बेचे जा सकते हैं NFTs?

जैसा कि, हमने ऊपर बताया इंटरनेट में कई ऐसे मार्केटप्लेस उपलब्ध हैं, जहाँ से कोई व्यक्ति NFTs बना सकता है, इन्हीं मंचों के माध्यम से किसी अन्य व्यक्ति द्वारा बनाई गई एवं सूचीबद्ध की गई NFTs को खरीदा भी जा सकता है। इसके अलावा किसी सूचीबद्ध NFTs का सम्पूर्ण बहीखाता भी देखा जा सकता है, जैसे उन्हें कब एवं किसके द्वारा बनाया गया, समय-समय पर उन्हें किन-किन लोगों द्वारा खरीदा गया तथा वर्तमान में वह संपत्ति किस व्यक्ति के स्वामित्व में है। कुछ महत्वपूर्ण NFT मार्केटप्लेस निम्नलिखित हैं।

### ओपेनसी (OpenSea)

वर्तमान में NFTs मार्केटप्लेस में OpenSea सबसे अधिक लोकप्रिय एवं सुविधाजनक है। यहाँ NFTs बनाना (Minting) तथा खरीदना बेहद आसान है। OpenSea के पास अपने प्लेटफॉर्म पर लगभग सभी प्रकार की डिजिटल संपत्तियाँ उपलब्ध हैं। 2017 में शुरू हुए इस प्लेटफॉर्म में अभी तक 80 मिलियन से अधिक NFTs सूचीबद्ध किये जा चुके हैं, जिनकी कुल कीमत तकरीबन 10 बिलियन डॉलर के करीब है।

### एक्सी मार्केटप्लेस (Axie Marketplace)

Axie मार्केटप्लेस "Axie Infinity" नाम के एक वीडियो गेम से संबंधित बाज़ार है, जहाँ इस वीडियो गेम के किरदारों तथा खेल से संबंधित अन्य सामग्री को खरीदा एवं बेचा जाता है। एक्सी इन्फिनिटी एक ब्लॉकचेन-आधारित ऑनलाइन गेम है, जिसमें खिलाड़ी "Axie" (खेल का किरदार) के NFTs खरीदते हैं और फिर उन्हें लड़ाई में एक-दूसरे के खिलाफ इस्तेमाल करते हैं। खिलाड़ी खेल के दौरान SLP टोकन अर्जित करते हैं तथा इन टोकनों के बदले मुद्रा प्राप्त कर सकते हैं।

### रेरिबल Rarible

Rarible एक समुदाय के स्वामित्व वाला NFT बाज़ार है, यह क्रिप्टो स्पेस में सबसे पुराने एवं अग्रणी NFT मार्केटप्लेस में से एक है, जो OpenSea की भाँति विभिन्न प्रकार के NFTs (किताबें, संगीत एल्बम, डिजिटल कला, या फिल्में आदि) का एक वृहत बाज़ार है। हालाँकि OpenSea के विपरीत इस प्लेटफ़ॉर्म में लेन-देन के लिए केवल इनकी स्वयं निर्मित क्रिप्टो करेंसी रिबल (RARI) का ही इस्तेमाल किया जा सकता है।

### निफ्टी गेटवे Nifty Gateway

निफ्टी गेटवे विशिष्ट NFT मार्केटप्लेस में से एक है, निफ्टी वही मार्केटप्लेस है, जहाँ दो सबसे महँगे NFTs बेचे गए हैं। इनमें डिजिटल कलाकार बीपल का "क्रॉसरोड" (वीडियो) और पाक का "द मर्ज" (इमेज) शामिल हैं, जो 2021 में क्रमशः US \$6.6 मिलियन एवं US \$91.8 मिलियन में बेचे गए। यह NFT बाज़ार क्रिप्टो करेंसी एक्सचेंज GEMINI द्वारा संचालित किया जाता है, जो अपने ग्राहकों को क्रिप्टोकरेंसी के अलावा फिएट मुद्रा जैसे USD में भी खरीद-बिक्री करने का विकल्प देता है।

### किन क्षेत्रों में इस्तेमाल किये जा सकते हैं NFTs?

हमने ब्लॉकचेन तकनीक वाले लेख में इस तकनीक के अनुप्रयोगों पर चर्चा की थी उनमें से कई क्षेत्र ऐसे हैं, जिनमें ब्लॉकचेन का क्रियान्वयन करने के लिए NFTs एक सफल माध्यम बन सकता है। NFT का इस्तेमाल कई क्षेत्रों में किया जा सकता है, ताकि कोई कलाकार अपनी कृतियों, कोई व्यक्ति अथवा संगठन अपने दस्तावेजों या विचारों आदि को सुरक्षित रख सके, ऐसे ही कुछ महत्वपूर्ण क्षेत्र निम्नलिखित हैं।

### फैशन एवं वस्त्र उद्योग

NFT का इस्तेमाल फैशन एवं वस्त्र उद्योग में किया जाने लगा है। उदाहरण के तौर पर "[Uniswap socks](#)" एथेरियम ब्लॉकचेन पर आधारित NFTs हैं, जिन्हें सामान्य NFT की तरह ट्रेड किया जा सकता है, इसके अतिरिक्त टोकन धारक अपनी इच्छानुसार कभी भी अपना टोकन रिडीम कर वास्तविक सॉक्स के एक जोड़े को प्राप्त कर सकते हैं।

एक अन्य ब्रांड "RTFKT" जिसे बाद में NIKE द्वारा खरीद लिया गया, ने 2021 में [वर्चुअल स्नीकर्स डिज़ाइन](#) किए, जहाँ बोली लगाने वाले स्नैपचैट के माध्यम से स्नीकर्स को आभासी रूप से पहन कर आजमा सकते थे तथा बाद में उन्हें खरीदने के लिए बोली लगा सकते थे। उच्चतम बोली लगाने वाले को NFT टोकन समेत वास्तविक स्नीकर्स की जोड़ी प्राप्त करने का भी मौका मिला।

इसके अतिरिक्त फैशन एवं वस्त्र उद्योग में उत्पाद की गुणवत्ता एवं उसकी प्रामाणिकता बहुत अहम होती है, NFT की सहायता से प्रामाणिकता का डिजिटल रिकॉर्ड होने के चलते नकली सामान की पहचान हो सकती है तथा विलासिता की वस्तुओं से भी एक डिजिटल टोकन संलग्न कर उनकी वास्तविकता सुनिश्चित की जा सकती है।

### रियल एस्टेट

एन.एफ.टी. का उपयोग रियल एस्टेट लेन-देन अथवा संपत्ति हस्तांतरण को सरल और तेज करने के लिए किया जा सकता है, संपत्तियों के लिए स्मार्ट अनुबंध तैयार किये जा सकते हैं। इसके अतिरिक्त आप, जो संपत्ति खरीद रहे हैं उसके बारे में अपने फोन के माध्यम से सब कुछ जानकारी जुटा सकते हैं जैसे कि, संपत्ति कब बनाई गई थी, पहले इसका स्वामित्व किसके पास था, इसमें क्या-क्या संशोधन किए गए हैं आदि।

### टिकट के स्थान पर NFTs

कुछ विशिष्ट स्थानों एवं कार्यक्रमों आदि में भाग लेने के लिए एक टिकट अथवा पास की आवश्यकता होती है, किन्तु ब्लैक मार्केटिंग तथा नकली टिकट बेचना आदि इस व्यवस्था को नकारात्मक रूप से प्रभावित करते हैं। इसके समाधान के तौर पर आने वाले समय में NFT का उपयोग किया जा सकता है। यह धोखाधड़ी को समाप्त करता है इसके साथ ही कागज के उपयोग को भी कम करता है।

### कलाकृतियों की प्रामाणिकता

NFT का एक अन्य फायदा मूल्यवान कलाकृति की प्रामाणिकता एवं स्वामित्व के रिकॉर्ड को बनाए रखना है। ब्लॉकचेन पर मौजूद होने के चलते इसके स्वामित्व का एक वैध रिकॉर्ड देखा जा सकता है, लिहाजा किसी डिजिटल आर्टवर्क के चोरी होने या इसकी प्रामाणिकता पर सवाल उठने की बहुत कम संभावनाएं होती हैं। इन सब प्रयोगों के अलावा NFTs का उपयोग आपूर्ति श्रृंखला प्रबंधन, गेमिंग आदि क्षेत्रों में भी किया जा सकता है।

### **NFT के फायदे एवं नुकसान**

हर प्रद्योगिकी के सकारात्मक पहलुओं के साथ-साथ नकारात्मक पहलू भी उससे जुड़े हुए होते हैं, जिन्हें अनदेखा नहीं किया जा सकता। NFT तथा ब्लॉकचेन के भी अपने फायदे एवं नुकसान हैं, जिनमें से कुछ महत्वपूर्ण फायदों एवं नुकसानों को हमने यहाँ समझाने की कोशिश की है।

#### NFT के फायदे

✓ NFTs का सबसे अहम फायदा किसी डिजिटल संपत्ति के स्वामित्व का एक विश्वसनीय लेखा-जोखा रखना है, जिसके साथ छेड़-छाड़ संभव नहीं है। हालाँकि किसी कलाकृति का डिजिटल टोकन (NFT) बना लेने से इंटरनेट पर उस कलाकृति के इस्तेमाल को नियंत्रित नहीं किया जा सकता, किन्तु इस टोकन के द्वारा व्यक्ति स्वामित्व के लिहाज से पूर्व की तुलना में अधिक सुरक्षित महसूस अवश्य कर सकता है।

✓ डिजिटल टोकन होने के पश्चात यदि कोई कलाकृति इंटरनेट पर अधिक इस्तेमाल की भी जाती है, तो उससे उसकी लोकप्रियता बढ़ती है, परिणामस्वरूप NFT के मूल्य में भी वृद्धि होती है और यह किसी कलाकार के लिए आर्थिक रूप से अच्छा है। इसके अतिरिक्त ब्लॉकचेन आधारित होने के चलते इसमें "स्मार्ट अनुबंध" बनाए जा सकते हैं, जिससे प्रत्येक बार किसी संपत्ति के बेचे जाने पर बनाने वाले व्यक्ति को एक हिस्सा रॉयल्टी के रूप में प्राप्त होता है।

✓ NFTs के माध्यम से कई महत्वपूर्ण भौतिक दस्तावेजों को उनकी प्रामाणिकता को बरकरार रखते हुए डिजिटल रूप में परिवर्तित किया जा सकता है। इसके अलावा कोई कंपनी, संस्था आदि अपनी संवेदनशील जानकारी को अतिरिक्त सुरक्षा के साथ NFTs के माध्यम से संग्रहीत कर सकते हैं, ताकि भविष्य में किसी प्रकार के डेटा परिवर्तन से बचा जा सके।

#### NFT के नुकसान

✗ NFT व्यवस्था में सबसे बड़ी चुनौती इसका नियमन न होना है, चूँकि वर्तमान में सरकारों का इस पर कोई नियंत्रण नहीं है अतः यह पूरी व्यवस्था किसी सट्टा बाज़ार के समान है, इसमें किसी प्रकार की अनियमितता की

स्थिति में कौन जवाबदेह होगा यह तय नहीं है, यही कारण है कि, सरकार क्रिप्टोकॉइन्स में ट्रेडिंग के संबंध में भी लोगों को समय-समय पर सावधान करती रहती है।

✘ NFTs की पूरी आर्थिक व्यवस्था क्रिप्टोकॉइन्स पर आधारित है तथा इनके मूल्य पर सरकारों का बिल्कुल भी नियंत्रण नहीं है अतः इनकी कीमतों के भविष्य का अंदाजा लगा पाना मुश्किल है। उदाहरण के तौर पर साल 2013 में बिटकॉइन में एक ही दिन में 70% की गिरावट दर्ज की गई। स्वयं NFTs की कीमत एक महत्वपूर्ण समस्या है, इनकी कीमत केवल भावनात्मक तौर पर है अतः निवेश के लिहाज से यह बहुत जोखिम भरे हो सकते हैं।

✘ किसी कलाकृति का NFT होने का मतलब यह बिल्कुल नहीं है कि, NFT धारक व्यक्ति के पास उस कलाकृति का कॉपीराइट भी है, अतः किसी विशिष्ट कलाकृति को खरीदने के दौरान यह सुनिश्चित करना किसी चुनौती से कम नहीं है। ऐसे उदाहरण भी हैं, जब कुछ लोगों ने ऐसी कलाकृतियों के NFT टोकन बनाकर उन्हें सूचीबद्ध किया जिनका कॉपीराइट उनके पास नहीं था।

✘ ब्लॉकचेन आधारित यह तकनीक पर्यावरणीय के लिहाज से भी हानिकारक है। ईथर और बिटकॉइन जैसी ब्लॉकचेन-आधारित क्रिप्टोकॉइन्स के लेन-देन अथवा ब्लॉकचेन में कोई भी रिकॉर्ड दर्ज करने के लिए अत्यधिक कम्प्यूटिंग शक्ति की आवश्यकता होती है, जिसके लिए अत्यधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

### आप कैसे बना सकते हैं NFT?

यदि आप अपनी किसी कलाकृति को एक डिजिटल टोकन या NFT में बदलकर उसे किसी मार्केटप्लेस में सूचीबद्ध करना चाहते हैं तो आपको कुछ महत्वपूर्ण बातों को ध्यान रखना होगा। नीचे हमने अलग-अलग चरणों में NFT बनाने की पूरी प्रक्रिया को समझाया है।

**पहला चरण :** चूंकि NFT मार्केटप्लेस में सभी लेन-देन क्रिप्टोकॉइन्स (मुख्यतः ईथर/ETH) में किये जाते हैं, अतः सबसे पहले आपको आवश्यकता होगी एक क्रिप्टोकॉइन्स वॉलेट की ऐसे कुछ प्रमुख वॉलेट में Metamask, Coinbase, Trust Wallet, Math Wallet आदि शामिल हैं।

**दूसरा चरण :** क्रिप्टोकॉइन्स वॉलेट बन जाने के पश्चात आपको किसी एक NFT मार्केटप्लेस का चुनाव करना होगा, आप ऊपर बताए गए किसी प्लेटफॉर्म को चुन सकते हैं या अपनी इच्छानुसार किसी अन्य प्लेटफॉर्म का चुनाव भी कर सकते हैं।

**अंतिम चरण :** अब अपने डिजिटल वॉलेट को NFT मार्केटप्लेस से कनेक्ट कर अपने किसी डिजिटल आर्टवर्क को NFT के रूप में बदल सकते हैं अथवा प्लेटफॉर्म पर सूचीबद्ध किसी अन्य NFT को खरीद भी सकते हैं।

### भारत में NFT की लोकप्रियता

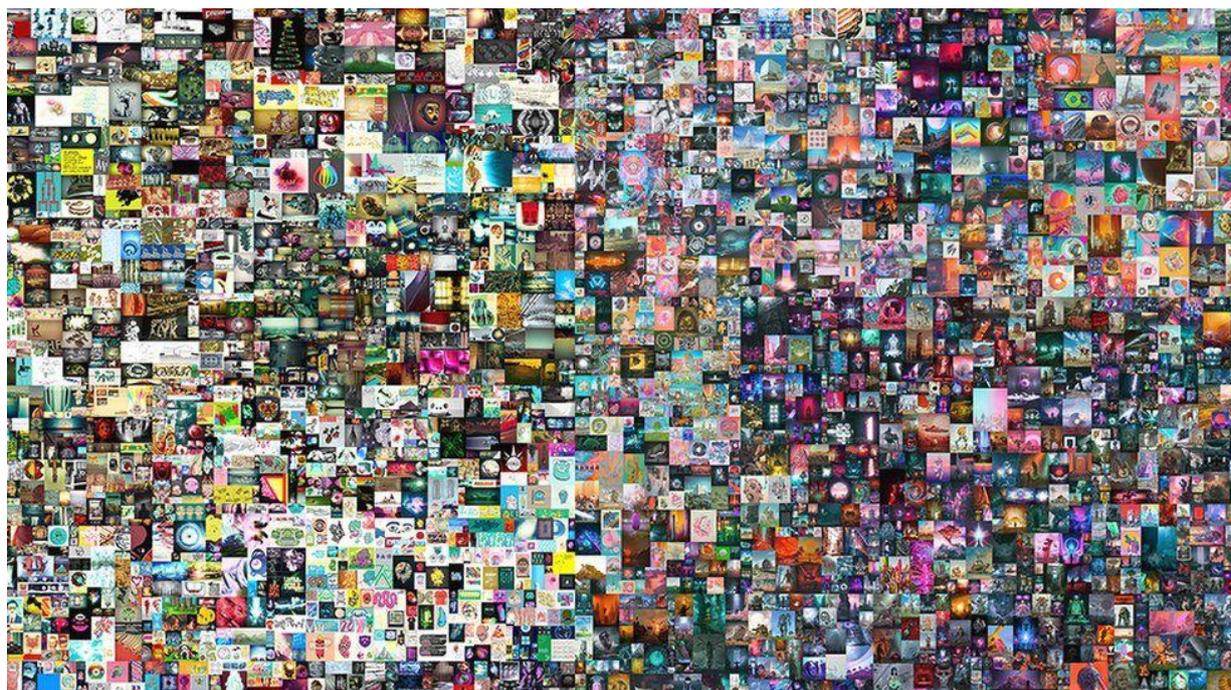
हालाँकि भारत में क्रिप्टोकॉइन्स तथा NFTs को लेकर कोई कानून अभी तक अस्तित्व में नहीं है बावजूद इसके देश में NFT को लेकर लोगों की दिलचस्पी बढ़ती जा रही है। कई फिल्मी सितारों तथा खिलाड़ियों ने अपनी कुछ डिजिटल यादों अथवा संग्रहों के NFTs जारी किये हैं। फिल्मी सितारों में NFTs जारी करने वाले लोगों में अमिताभ बच्चन शीर्ष पर हैं।

नवंबर में, उन्होंने [Beyondlife](#) मार्केटप्लेस में अपने NFT संग्रह को 7.18 करोड़ रुपये में बेचा। इनमें उनके पिता की प्रसिद्ध कविता "मधुशाला" तथा अपने ऑटोग्राफ वाले विंटेज पोस्टर के साथ उनके कुछ अन्य काम शामिल थे। इसके अतिरिक्त सिंगापुर आधारित एक एन.एफ.टी. मार्केटप्लेस ने NFT के रूप में रजनीकांत की "शिवाजी : द बॉस" फिल्म के कुछ संग्रह जारी करने के लिए फिल्म प्रोडक्शन कंपनी एवीएम स्टूडियोज के साथ एक समझौता किया है।

## कुछ महत्वपूर्ण NFT बिक्री

पिछले कुछ समय में NFT की कई उल्लेखनीय बिक्रियां हुई हैं, जिनमें से दो के बारे में हमने ऊपर जाना, इन बिक्रियों के चलते NFTs दुनिया भर में चर्चा का विषय बन गए हैं। आइए नजर डालते हैं कुछ अन्य महत्वपूर्ण NFT बिक्रियों पर।

फरवरी 2021 में, डिजिटल कलाकार बीपल, जिसकी एक कृति का हमने ऊपर जिक्र किया ने “Everyday: The First 5000 Days” नामक NFT को \$69 मिलियन में बेचा। यह 5,000 डिजिटल चित्रों का एक कोलाज है, जिसे 13 वर्षों में पूरा किया गया है। The First 5000 Days बीपल की एकमात्र डिजिटल कला नहीं थी, जो इस साल चर्चा में रही, क्रिस्टीज (NFT बाज़ार) द्वारा आयोजित एक अन्य नीलामी में “Human One” नामक उनकी उत्कृष्ट कृति 28.9 मिलियन डॉलर में बिकी।



चित्र 12: द फर्स्ट 5000 डेज़ : बीपल द्वारा निर्मित 5000 चित्रों का कोलाज

ट्विटर के संस्थापक जैक डॉर्सी ने अपने पहले ट्वीट के NFT को \$2.9 मिलियन से अधिक में बेचा। अपने भाई की उंगली काटने वाले बच्चे के लोकप्रिय वीडियो ‘Charlie Bit My Finger’ को YouTube पर 800 मिलियन से अधिक बार देखा गया था, इस वीडियो का NFT लगभग £500,000 में बेचा गया।

## निष्कर्ष

नॉन-फंजिबल टोकन डेटा की एक यूनिट है, जिसे ब्लॉकचेन पर संग्रहित किया जाता है। डिजिटल कला, संगीत, वीडियो, टिकट, डिजिटल संपत्ति ऐसे कुछ उदाहरण हैं, जिन्हें NFTs के रूप में परिवर्तित किया जा रहा है। ब्लॉकचेन तथा NFT जैसी तकनीक की क्षमता को देखते हुए यह कहा जा सकता है कि, आने वाले समय में ये डिजिटल अर्थव्यवस्था का कल बनकर उभरेंगी।

किन्तु NFT का शुरुआती अवस्था में होना, कानूनी नियंत्रण से बाहर होना तथा इनकी कीमतों के अस्थिर होने को भी अनदेखा नहीं किया जा सकता है। अतः इस तकनीक का पूर्णतः लाभ लेने के लिए इसका नियमन एवं सकारात्मक इस्तेमाल की आवश्यकता है।

**संदर्भ सूची**

- [https://en.wikipedia.org/wiki/Non-fungible\\_token](https://en.wikipedia.org/wiki/Non-fungible_token)
- <https://www.investopedia.com/non-fungible-tokens-nft-5115211>
- <https://www.simplilearn.com/tutorials/blockchain-tutorial/what-is-nft>
- The NFT Handbook: How to Create, Sell and Buy Non-Fungible Tokens
- NFT for Beginners: Practical Guide to Create and Sell Non-Fungible Tokens

**लेखक परिचय:**

श्री हिमांशु कुमार हरन, डी.आर.डी.ओ., बेंगलूरु के कृत्रिम ज्ञान तथा रोबोटिकी केंद्र में वैज्ञानिक 'एफ.' के पद पर कार्यरत हैं। उन्होंने मेसरिक विश्वविद्यालय, चेक रिपब्लिक से वर्ष 2018 में एम.एस. (आइ.सी.टी. सुरक्षा) की उपाधि प्राप्त की। उन्हें सुरक्षा अभियांत्रिकी, कूटलेखन, संचार तथा नेटवर्किंग, सामिरक संचार आदि क्षेत्र में विशेषज्ञता प्राप्त है। उन्हें प्रौद्योगिकी समूह पुरस्कार (2007) एवं लेब साइंटिस्ट ऑफ दी यीयर अवार्ड (2017) से पुरस्कृत किया गया है तथा उन्हें उत्कृष्ट लेख पुरस्कारों सहित अनेक प्रयोगशाला स्तर के पुरस्कारों से पुरस्कृत किया गया है।

## संकर सूक्ष्म परिपथ आधारित परिवर्तक का स्वदेशीकरण

डॉ. कमलजीत सिंह

संकर सूक्ष्म परिपथ समूह  
यू आर राव उपग्रह केंद्र, बेंगलुरु

### सारांश

संकर सूक्ष्म परिपथ आधारित परिवर्तक सामान्य उपयोगिता परिवर्तकों के बनिस्पत विश्वसनीय, पुनरुत्पादक एवं सुघटित संरचना जैसी विशेषता लिए होते हैं। DC-DC परिवर्तक (convertor) विभिन्न तंत्रों उपतंत्रों में प्रमुख घटक होते हैं जो ऊर्जा आवश्यकता एवं नियंत्रण में सहायक होते हैं। गगनयान मिशन के विभिन्न माड्यूल जैसे भू-माड्यूल, अनुकरणीय माड्यूल, योग्यता परीक्षण माड्यूल, परीक्षण वाहन माड्यूल में परिवर्तक की आवश्यकता होती है जोकि संघुटित तथा उच्च कार्य निष्पादन की प्राप्ति करवाने में सक्षम होने के साथ ही साथ सरलता से एकीकृत किए जा सकें। इस आवश्यकता की पूर्ति संकर तकनीक से निर्मित परिवर्तकों द्वारा ही संभव है। संकर परिवर्तक मुख्यतः आयातित किए जाते हैं क्योंकि इसमें प्रयुक्त तकनीक अत्यंत जटिल है एवं इस हेतु वायुरुद्ध सुवाह्य की आवश्यकता होती है। विभिन्न विनिर्देशों निहित संकर परिवर्तक की आवश्यकता गगनयान में अनेक उपतंत्रों के लिए लक्षित है एवं आयात के द्वारा इस आवश्यकता की पूर्ति की जानी थी। समानान्तर में स्वदेशीकृत परिवर्तक के विकास की दिशा में प्रयास किए गए एवं विभिन्न भारतीय उद्योगों से संपर्क किया गया। आयातित परिवर्तक कीमत आधिक्य के अलावा आंतरिक अभिकल्प तथा प्रक्रम की जानकारी भी उपलब्ध नहीं होती है। इन समस्त चुनौतियों से निजात पाने हेतु एवं पूर्णतः आयात प्रतिस्थापन के उद्देश्य से इन परिवर्तकों का विकास भारतीय उद्योगों के साथ मिलकर प्रारंभ किया गया। विभिन्न विनिर्देशों युक्त परिवर्तक जैसे त्रि-निर्गम, द्वैत निर्गम, एकल निर्गम परिवर्तक का सफलतापूर्वक विकास किया गया है। इस लेख में परिवर्तक विकास, आयातित तथा स्वदेशी परिवर्तक का तुलनात्मक अध्ययन, विभिन्न प्रक्रम इत्यादि का वर्णन किया गया है।

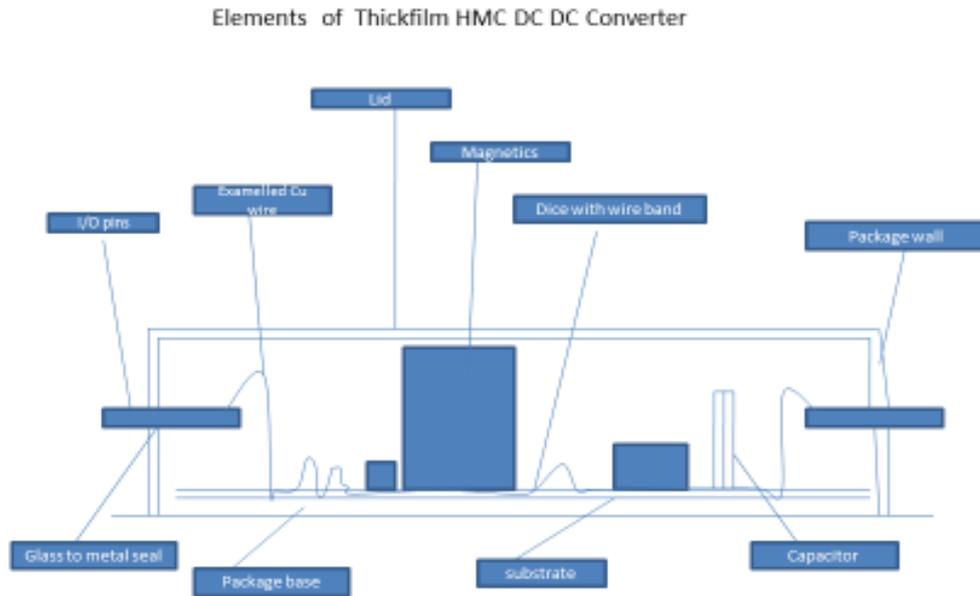
**संकेत शब्द:** - संकर सूक्ष्म परिपथ (एच.एम.सी.), संकर परिवर्तक (हायब्रिड कनवर्टर्स), स्वदेशीकरण, स्थूल तकनीक

### प्रस्तावना :-

उपग्रह के विभिन्न तंत्रों तथा उपतंत्रों में नियंत्रित ऊर्जा की आवश्यकता होती है एवं इसकी पूर्ति हेतु परिवर्तक का उपयोग किया जाता है। परिवर्तक का प्रमुख उद्देश्य नियंत्रित धारा तथा नियंत्रित वोल्टेज, स्रोत से विभिन्न उपतंत्रों को प्रदान करना होता है। चूंकि प्रत्येक तंत्र/उपतंत्र की आवश्यकता भिन्न होती है, अतः परिवर्तक विभिन्न विनिर्देशों के लिए बनाए जाते हैं। सामान्य उपग्रह में 30-40 परिवर्तक उपयोग में लाए जाते हैं, जिनकी क्षमता एवं कार्यविधि भिन्न होती है। सामान्यतः परिवर्तक एस.एम.टी. तकनीक से विकसित किए जाते हैं, जिसमें आकार वृहत् होने के अलावा पुनरुत्पादक की प्राप्ति चुनौतिपूर्ण होती है। इसके बनिस्पत संकर तकनीक से निर्मित परिवर्तक संघुटित, विश्वसनीय, उच्च निष्पादन तथा सरलता से तंत्र में एकीकृत हो जाते हैं। संकर स्वरूप में परिवर्तक का निर्माण चुनौतिपूर्ण होता है क्योंकि संघुटित आकार के कारण ऊर्जा प्रबंधन एवं पदार्थ चयन (प्रक्रम) महत्वपूर्ण होता है। इसके अलावा उच्च धारा प्रवाह, उच्च ऊर्जा क्षय के कारण प्रक्रम चयन एवं सुवाह्य पदार्थ चयन इसके क्रांतिक प्राचाल (क्रिटिकल पैरामीटर्स) होते हैं। स्थूल तकनीक से निर्मित संकर परिवर्तक आकार, भार, निष्पादन, विश्वसनीयता में सामान्यतः उपयोगिता (एस.एम.टी.) तंत्रों से कई गुणा बेहतर होते हैं, अतः गगनयान के अनुकरणीय माड्यूल में इनका उपयोग करने का निर्णय लिया गया।

संकर परिपथ आधारित परिवर्तक मुख्यतः आयातित किए जाते हैं एवं नवीनतम तकनीक से निर्मित संकर परिपथीय परिवर्तक उच्च कार्य निष्पादन प्रदान करते हैं। आयातित संकर परिवर्तक प्राप्ति की समय सीमा

अधिक होने के बनिस्पत आंतरिक संरचना की जानकारी प्राप्ति भी कठिन होती है इन चुनौतियों के निराकरण के उद्देश्य से इन परिवर्तकों का स्वदेशी विकास करने का निर्णय लिया गया। इसके लिए भारतीय उद्योगों को चिन्हित किया गया एवं उन्हें तकनीकी मार्गदर्शन प्रदान किया गया। गगनयान के विभिन्न माड्यूल्स से अनेक परिवर्तकों की आवश्यकता का आंकलन करके इनका विकास एवं समयबद्ध सुपुर्दगी सुनिश्चित की गई है। चित्र-1 में स्थूल फिल्म आधारित परिवर्तक का चित्रण किया गया है।



चित्र-1 स्थूल फिल्म आधारित तकनीक

परिवर्तक विकास की प्रमुख चुनौती प्रक्रम, सुवाह्य तथा अवयव चयन होता है, जिससे आंतरिक ऊर्जा क्षय न्यूनतम किया जाए। सुवाह्य का चयन द्वारा यांत्रिकीय दृढ़ता (रिजिडिटी) तथा वायुरुद्धता (हर्मेटिक) की प्राप्ति सुनिश्चित की गई है। आयातित परिवर्तक के समतुल्य विकास उच्च आवृत्ति पर करना भी अत्यंत चुनौतिपूर्ण लक्ष्य था। चूंकि गगनयान अभियान में 90 से भी अधिक परिवर्तकों की आवश्यकता है अतः आयातित मुद्रा की बचत तथा स्वावलंबन की प्राप्ति इस विकास का प्रमुख उद्देश्य है। इस लेख में विभिन्न प्रकार के परिवर्तक, उनके विनिर्देश, स्वदेशीकरण तथा तुलनात्मक विश्लेषण प्रस्तुत किया गया है।

### संकर सूक्ष्म तकनीक आधारित परिवर्तक एवं मिशन की आवश्यकता

संकर तकनीक स्थूल एवं सूक्ष्म फिल्म आधारित तकनीक है, जिसमें विभिन्न अवयवों (सक्रिय एवं निष्क्रिय) को एकीकृत करके अपेक्षित परिणाम की प्राप्ति की जाती है। चूंकि इसमें अवयव पासे (डाइस) के रूप में संयोजित करते हैं जिससे परिपथ संघुटित होता है। संकर परिपथ के उपयोग से अनेक लाभ प्राप्त होते हैं जैसे: -

- परिशुद्ध प्रतिरोध मान का समाकर्तन (ट्रिमिंग) / विमरण (डिफ्यूज़न) द्वारा प्राप्ति
- कार्ड की संख्या में कमी के परिणामस्वरूप अवयव घनत्व में वृद्धि
- धारिता में लघुकरण के परिणामस्वरूप उच्च आवृत्ति निष्पादन

गगनयान अभियान में परिवर्तकों का अनुप्रयोग विभिन्न तंत्रों तथा उपतंत्रों में परियोजित किया गया है जैसे भू-तंत्र, अनुकरण तंत्र, परीक्षण वाहन इत्यादि। कुल 90 से भी अधिक परिवर्तक का उपयोग तंत्रों में किया जाएगा जोकि त्रि, द्वि एवं एकल निर्गम परिवर्तक संकर परिपथ आधारित होंगे। तालिका-1 में इनकी आवश्यकता का विवरण दिया गया है।

तालिका-1: हार्डवेयर आवश्यकता एवं परिवर्तक प्रकार

हार्डवेयर	परिवर्तक प्रकार	टी.वी. अनुकरणीय माड्यूल	फ्लाइट अनुकरणीय माड्यूल	सी.आइ.एस. अनुकरणीय माड्यूल	डी.जी.ए. अनुकरणीय माड्यूल	कुल
CM-NGCE	M3G-28S-40	4	12	0	1	17
MC	M3G-28S-T-40	8	24	0	0	32
SM-OBC	M3G-28S-T-40	0	24	0	2	26
DGE	ART-28S-T-40	0	0	0	2	2
CIS-MC	M3G-28S-T-40	0	0	8	0	8
CIS-NGC	M3G-28S-40	0	0	4	0	4
CIS-SM-OBC	M3G-28S-T-40	0	0	8	0	8

तालिका-2 कुल परिवर्तकों की आवश्यकता का सारांश दर्शाती है। परिवर्तक की समेकित आवश्यकता को निम्न तालिका में प्रदर्शित किया गया है। विभिन्न विनिर्देशों का मिलान करने पर कुल 97 परिवर्तकों की आवश्यकता विभिन्न तंत्रों/उपतंत्रों हेतु अपेक्षित है।

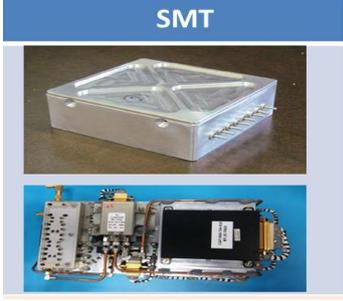
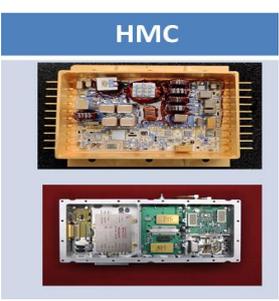
तालिका-2: कुल परिवर्तक की आवश्यकता

प्रकार	आवश्यकता
ART28-T-30	2
M3G-28-T-40	74
M3G-28-S-40	21
कुल	97

### परिवर्तक प्रक्रम

एस.एम.टी. आधारित परावर्तक वजनी होने के अलावा समस्वरण (ट्यूनिंग) की समस्या से ग्रसित होते हैं जिससे उचित निष्पादन की प्राप्ति में कठिनाई होती है। अभी तक 30 वाट के संकर परिवर्तक का योग्यता-परीक्षण (रिलायबिलिटी) करने के पश्चात उपयोग में लाए गए, जिनको चंद्रयान में एकीकृत किया गया था। यह परिवर्तक 250 कि. हर्टज आवृत्ति पर क्रियाशील हैं तथा इनका भार ~240 ग्राम है। गगनयान हेतु 40 वाट संकर परिवर्तक की आवश्यकता है तथा विकसित निर्गम त्रि, द्वि एवं एकल आवृत्ति परिवर्तक 500 हर्टज पर क्रियाशील हैं। एस.एम.टी. एवं संकर तकनीक निर्मित परिवर्तक का अध्ययन तालिका-3 में प्रदर्शित है।

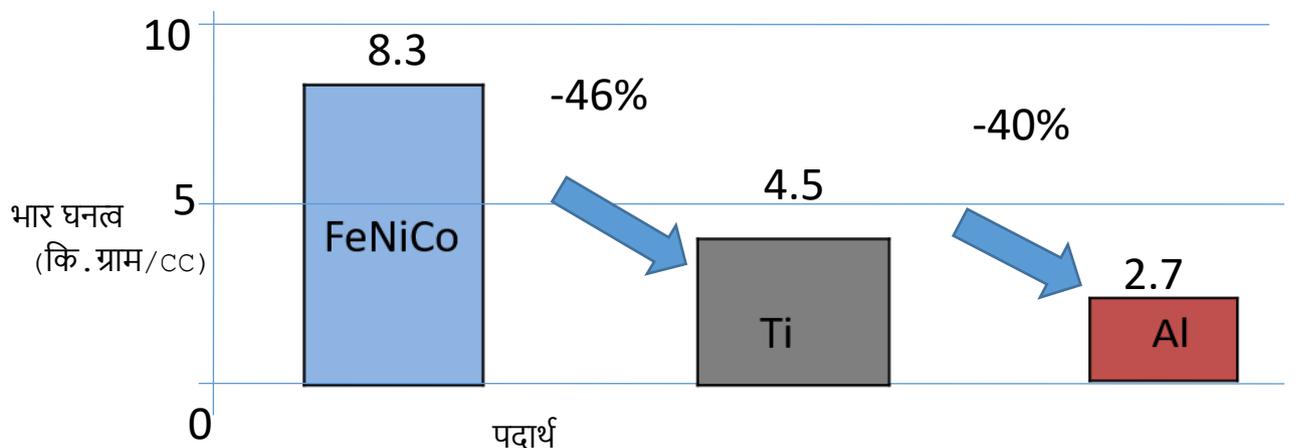
तालिका-3: एस.एम.टी. एवं संकर परिवर्तकों का तुलनात्मक अध्ययन

प्रमुख विनिर्देश	एस.एम.टी.	एच.एम.सी.
चित्रण		
आकार	3"X3.2"X1.2"	2.8"X2.8"X0.6
सुवाह्य प्रकार	Al	Kovar
सुवाह्य ढक्कन	Screw	Hermetic
निवेशी परिसर	14V-40V (3 ranges)	14V-40V (3 ranges)
निर्गम	5V, +/-15V	
स्विचन आकृति	160 कि. हर्टज	250 कि. हर्टज
क्षमता	>60%	
विशेषता	लघुकरण, अत्यधिक भार/वोल्टेज सुरक्षा	लघुकरण, अत्यधिक भार/वोल्टेज सुरक्षा
भार (ग्राम)	255	167

एस.एम.टी. प्रकार के परिवर्तक उपग्रह के डेक पर आरोहित करते हैं जबकि संकर परिवर्तक का कम आकार के कारण तंत्र में ही समायोजन हो जाता है। उच्च ऊर्जा क्षय तथा उच्च धारा प्रवाह के कारण 15 नवीन प्रक्रमों का विकास किया गया जोकि वैद्युतकीय प्रतिरोध के न्यूनकरण एवं उष्मीय चालकता में सुधार के लिए आवश्यक है। क्रांतिक प्रक्रम जैसे कि सोल्डर डाई संबधन, अवस्तर से सुवाह्य संबधन चालकीय फिल्म आसंजन प्रक्रम

विकास का उच्च ऊर्जा क्षय परिपथों के लिए विकसित किया गया है।

सुवाह्य का विकास संकर परिवर्तक निर्माण में महत्वपूर्ण होता है जिससे भार लघुकरण एवं तापीय प्रबंधन की प्राप्ति भी संभव है। पदार्थ जैसे कि मॉलिबडियम का घनत्व अधिक होता है, अतः सी.आर.एस. सुवाह्य का उपयोग किया है। चित्र-2 भार घनत्व का तुलनात्मक अध्ययन दर्शाता है।



चित्र-2 भार घनत्व का तुलनात्मक अध्ययन

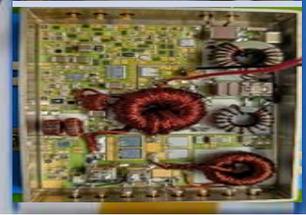
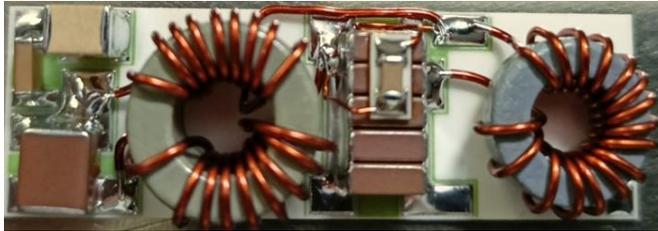
**परिवर्तक प्रक्रम**

विभिन्न प्रक्रम के विकास समूह में किया गया एवं तकनीक का हस्तांतरण उद्योगों को किया गया। इन समस्त प्रक्रमों का सफलतापूर्वक योग्यता परीक्षण किया गया है।

**तालिका-4: परावर्तक में संकर प्रक्रम**

- 10 ओम प्रतिरोध एवं सोल्डरिनीय गोल्ड पेस्ट का चित्रण
- चिप प्रतिरोध का संलग्न
- डाई संलग्न
- सिरैमिक संघानित्र का क्षैतिज आरोहण
- टोरोडल कोड (प्रेरण उपसमुच्चय) की संलग्नता
- सुवाह्य से अवस्तर संलग्नता
- निवेशी निस्पदंक की संलग्नता
- फान-बॉल (wedge-बॉल) विधि द्वारा 1-मिल गोल्ड तार की संलग्नता
- रिबन बंधन (अवस्तर से सुवाह्य पिन)
- वृहत सुवाह्य की वायुरुद्ध सीलिंग

चित्र-3 में विभिन्न परिवर्तक खंडों एवं संलग्न को प्रदर्शित किया गया है जैसे ई.एम.एफ. खंड, नियंत्रक खंड एवं निर्गम खंड। साधारण रूप से परिवर्तक में 200-250 अवयवों को आपस में संलग्नित किया जाता है एवं विभिन्न खंडों के परीक्षण के उपरांत इन्हें सुवाह्य में एकीकृत किया जाता है। ऊर्जा प्रदाय क्षमता को बढ़ाने हेतु विभिन्न पदार्थों जैसे कॉपर-इनेमल तार बंधन, BeO अवस्तर, चौड़ी ऐल्यूमीनियम तार, गोल्ड धात्विकरण इत्यादि का उपयोग किया जाता है।



नियंत्रक खंड

निर्गम खंड

चित्र-3 मुख्य परिवर्तक खंड

**स्वदेशी परिवर्तक का परीक्षण**

40 वाट परिवर्तक जोकि त्रि, द्वि एवं एकल निर्गम चिप होता है को 500 कि.हर्टज आवृति पर विकसित किया गया है। स्वदेशी उद्योगों की मदद से बनाए गए परिवर्तक का परीक्षण किया गया तथा तालिका-5 में तुलनात्मक अध्ययन प्रस्तुत किया गया है।

तालिका-5 तुलनात्मक अध्ययन: स्वदेशी एवं आयातित

क्रम संख्या	प्राचाल	अवस्था	स्वदेशी	आयातित
1	निवेशी वोल्टेज (V)		18-50V	18-50V
2	निवेशी धारा (I)	$I_{out}=0$ P3 लघुकरण	50-200mA, 2-5mA	80mA 2-5mA
3	निर्गम वोल्टेज		+/-15V	+/-15V
4	निर्गम ऊर्जा		40W	40W
5	निर्गम धारा @±15V		133-1330mA	133-1330mA
6	लाइन नियंत्रण ±15V		-20-20mV	-20-20mV
7	स्विचन आवृति		450-550kHz	450-525kHz
8	लोड नियंत्रण		-75-75mV	-75-75mV
9	क्रास नियंत्रण		-2-2%	-2-2%
10	क्षमता		>72%	>79%

विभिन्न परिवर्तक खंड एकीकरण तालिका-6 में चित्रित किया गया है।

तालिका-6 परिवर्तक विशेषता

परिवर्तक	40W त्रि-निर्गम	40W द्वि -निर्गम	40W एकल -निर्गम
चित्रण			
उद्देश्य	स्वदेशी		
आकार	3"X2"X0.5"		
आवृति	450-550kHz		
विशेषता	<ul style="list-style-type: none"> <li>• निस्पंदक, लघुकरण</li> <li>• धारा (इन-रश करेंट)</li> <li>•</li> </ul>		EMI-EMC आगमन UVLO
कीमत (लागत)	< 8.0 लाख		

**निष्कर्ष :-**

स्वदेशीकृत प्रयासों से जटिल परिवर्तकों का विकास स्वावलंबन की दिशा में बढ़ाया गया महत्वपूर्ण कदम है। परिवर्तक की मुख्य विशेषता निम्नांकित है-

- सतत उत्पादन एवं समय (लीड टाइम) का लघुकरण
- देश में अंतरिक्षीय पारिस्थितिकी तंत्र (ईको-सिस्टम) की स्थापना
- आयातित पुनरुत्थापन एवं स्वदेशीकरण द्वारा स्वावलंबन
- नवीन तकनीक एवं वैकल्पिक तकनीकों के विकास द्वारा विभिन्न अनुप्रयुक्तियों में उपयोग

संकर परिपथ आधारित परिवर्तक विदेशी मुद्रा की बचत के अलावा आत्मनिर्भरता की दिशा में किया गया प्रयास है। संकर परिवर्तक लघुकृत, पुनरुत्पादनीय है एवं इस प्रकार की तकनीक एवं उत्पाद का विकास भारतीय उद्योगों को विश्व पटल पर स्थान बनाने में उपयोगी सिद्ध होगा। पूर्णतः स्वदेश में निर्मित परिवर्तक भविष्य में अन्य अंतरिक्ष अनुप्रयोगों में भी अत्यंत उपयोगी रहेगा।

**आभार :-**

लेखक विभिन्न समूहों, भारतीय उद्योगों, निदेशक, उप-निदेशक एवं सहकर्मियों का तहे दिल से आभारी है।

**संदर्भ :-**

1. माधवन माथुर इत्यादि, "अंतरिक्षीय इलेक्ट्रॉनिकी अवयवों का स्वदेशीकरण," JST, पृष्ठ 15-21, जुलाई 1996
- मे कमलजीत सिंह इत्यादि, "औद्योगिक सहयोग द्वारा उपग्रह उपतंत्रों का स्वदेशीकरण," IETE सम्मेलन, 2016
3. कमलजीत सिंह, "RF तंत्र: उत्पादन परिदृश्य एवं चुनौतियां," ESSRI, 2016

**लेखक परिचय :**

**कमलजीत सिंह** ने पीएचडी एवं स्नातकोत्तर (सूक्ष्म तरंग) उपाधि क्रमशः राजस्थान एवं दिल्ली विश्वविद्यालय से प्राप्त की है। सन् 1999 में वैज्ञानिक/इंजीनियर पद पर इसरो उपग्रह केन्द्र बेंगलुरु में कार्य प्रारंभ किया। लगभग 35 हिंदी तकनीक लेख, 35 हिंदी कविताएं, 5 तकनीकी पुस्तकें लिख चुके हैं एवं उनके लेखों एवं पुस्तकों को विभिन्न पुरस्कार प्राप्त हुए हैं। लेख विभिन्न विषयों जैसे कि रेडियो आवृत्ति, संवेदकों, मेम्स, जैव-मैम्स इत्यादि में उनके द्वारा विकसित संरचनाओं पर आधारित हैं। उन्होंने भारतीय उद्योगों के समन्वय से विभिन्न रेडियो आवृत्ति तंत्रों का सफलतापूर्वक उत्पादन करवाया तथा विभिन्न इसरो अभियानों में एकीकृत करके प्रमोचित किया जा चुका है। उनके द्वारा देश में RF परितंत्र की स्थापना से प्रवाह क्षमता एवं उत्पादन में वृद्धि प्राप्त हुई है। वर्तमान में यू.आर.राव उपग्रह केन्द्र में समूह निदेशक, संकर सूक्ष्म परिपथ के पद पर कार्यरत हैं एवं विभिन्न सूक्ष्म परिपथों के विकास में योगदान दे रहे हैं। वर्तमान में आयातित अवयवों के स्वदेशीकरण, अनुकूलित सुबाह्य विकास में उनका समूह कार्यरत है। उनके द्वारा विभिन्न प्रक्रमों का विकास एवं संवेदकों का स्वदेशीकरण से बहुमूल्य विदेशी मुद्रा की बचत एवं स्वनिर्भरता की दिशा में संगठन को अग्रसर किया है।

## अंतरिक्ष कानून का अवलोकन

शौभिक घोष, शिवम शर्मा  
इसरो जड़त्वीय प्रणाली यूनिट, तिरुवनंतपुरम

### सारांश

अंतरिक्ष कानून एक देश के आंतरिक विधान अथवा अंतरराष्ट्रीय समझौतों/एजेंसियों द्वारा अंतरिक्ष गतिविधियों को विनियमित करने के लिए बनाए गए नियमों और विनियमों का एक समूह है। अंतरिक्ष से संबंधित गतिविधियों में वृद्धि, विशेष रूप से मानव अंतरिक्ष मिशनों के आगमन के साथ, अंतरिक्ष कानून के दायरे और इसके अनुप्रयोग को समझना आवश्यक है। इस लेख में अंतरिक्ष कानून और उसके इतिहास का संक्षिप्त विवरण दिया गया है। वर्तमान अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष कानूनों की कुछ कमियों और हमारे देश में राष्ट्रीय अंतरिक्ष कानूनों की आवश्यकता पर चर्चा की गई है।

### 1. प्रस्तावना

सदियों से चल रही मानव सभ्यता के विकास के दौरान, समाज को नियंत्रित करने के लिए कानून रहे हैं। यह कानून ऐसे नियमों का एक समूह है जो कि एक समाज खुद तो संचालित करने हेतु बनाता है। प्रत्येक कानून का अपना क्षेत्राधिकार होता है। एक नगरपालिका कानून शहर की सीमा में लागू होगा, जबकि एक राष्ट्रीय कानून पूरे देश में लागू होगा। बढ़े हुए वैश्वीकरण के कारण, अंतरराष्ट्रीय कानून की आवश्यकता भी उभरी जो कि देशों के बीच संबंधों अथवा, महासागरों तक पर लागू होता है। ये कानून अंतरराष्ट्रीय समझौतों के रूप में मौजूद हैं, जहाँ अधिकांश देश नियमों का पालन करने के लिए सर्वसम्मति से निर्णय लेते हैं।

बीसवीं शताब्दी के पूर्वार्द्ध तक, मनुष्यों ने अंतरिक्ष यात्रा की खोज नहीं की थी, और इस प्रकार अंतरिक्ष के अधिकार क्षेत्र में कानून की कोई आवश्यकता नहीं थी। 1957 में सोवियत संघ द्वारा स्पुतनिक के प्रक्षेपण के साथ, अंतरिक्ष को मानव पहुंच के क्षेत्र में लाया गया। जल्द ही, विश्व के प्रथम मानव ने अंतरिक्ष यात्रा की, चंद्रमा पर मानव ने कदम रखे, कई देशों ने पृथ्वी की परिक्रमा करने वाले उपग्रह प्रमोचित किए गए और सुदूर अंतरिक्ष अन्वेषण के लिए अंतरिक्ष यान भेजे जाने लगे। अंतरिक्ष में इतनी सारी गतिविधियां चल रही हैं, जिससे अंतरिक्ष कानून की आवश्यकता और दायरे को समझना आवश्यक हो जाता है।

जैसे-जैसे समय बीतता है, अंतरिक्ष से संबंधित और अधिक मुद्दे अस्तित्व में आते हैं, जैसे कि अंतरिक्ष मलबा स्पेस डेब्री, अंतरिक्ष पर्यटन आदि। हम अब अंतरिक्ष को मानव कानून के बाहर के क्षेत्र के रूप में नहीं मान सकते हैं। अंतरिक्ष कानून के विधानों के अंतर्गत, हम नियमों को मुख्यतः दो श्रेणियों में विभाजित कर सकते हैं:

#### i. घरेलू अंतरिक्ष कानून

प्रत्येक देश द्वारा अपनी अंतरिक्ष गतिविधियों को संतुलित करने हेतु नियमन-कानून बनाए जाते हैं। ऐसे नियम रॉकेट के प्रमोचन की अनुमति, अंतरिक्ष यान के लिए मानक निर्धारित करने और यहां तक कि बाहरी अंतरिक्ष से लाए गए संसाधनों पर संपत्ति के अधिकार पर स्पष्टता प्रदान करती है।

घरेलू कानून अंतरिक्ष अनुसंधान के असैनिक तथा रक्षा अनुप्रयोगों के बीच अंतर करने का काम भी करती है।

ii. अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष कानून

यह कानून अंतरराष्ट्रीय मंचों पर किए गए समझौतों का समूह है जहां सभी देश संयुक्त रूप से चर्चा करते हैं, और अंतरिक्ष के प्रति अपनी जिम्मेदारियों पर सहमत होते हैं, जैसे कि अंतरिक्ष अनुसंधान में राष्ट्रों की भूमिका, सैन्यीकरण गतिविधियों के लिए अंतरिक्ष पर प्रतिबंध, और चंद्रमा पर राष्ट्रों के अधिकार।

ऐसे कई क्षेत्र हैं जो अंतरिक्ष कानून से संबंधित हैं, जैसे कि अंतरिक्ष अन्वेषण, हथियार, रक्षा, पर्यावरण संरक्षण, सूचना साझाकरण, नई प्रौद्योगिकियां, नैतिकता आदि। कानून के अन्य क्षेत्र, जैसे प्रशासनिक कानून, बौद्धिक संपदा कानून, हथियार नियंत्रण कानून, बीमा कानून, पर्यावरण कानून, आपराधिक कानून और वाणिज्यिक कानून भी अंतरिक्ष कानून के भीतर एकीकृत हैं। कुल मिलाकर, अंतरिक्ष मानव उपस्थिति वाले किसी भी अन्य क्षेत्र की तरह ही जटिल है। मानवीय गतिविधियों के नियमन के लिए हर जगह विस्तृत कानूनों की आवश्यकता होती है।

## 2. इतिहास

इस विषय को समझना शुरू करने के लिए, ऐसे कानूनों के एक संक्षिप्त इतिहास पर चर्चा की जायेगी। इसके बाद अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष कानूनों और उनके कार्यान्वयन में आम सहमति की वर्तमान स्थिति पर चर्चा की जाएगी।

बहुत पहले वर्ष 1919 में ही पैरिस कन्वेंशन में, देशों के बीच इस बात पर सहमति हुयी थी कि हर राष्ट्र के अपने हवाई क्षेत्र पर उसकी संप्रभुता रहेगी। यह एक प्रकार से पहला अंतरराष्ट्रीय कानून था। अंतरिक्ष अनुसंधान के वास्तव में सफल परिणाम देने से पहले ही, ऐसे लोग थे जिन्होंने अंतरिक्ष कानूनों के दायरे में खोज शुरू कर दी थी, जैसे कि चेक न्यायविद व्लादिमीर मैडल (Vladimír Mandl) जिन्होंने अंतरिक्ष यात्रा की समस्याओं का वर्णन करते हुए अंतरिक्ष कानून पर अपनी पुस्तक वर्ष 1932 में प्रकाशित की थी।

वर्ष 1957 में स्पुतनिक के प्रक्षेपण के साथ अंतरिक्ष की दौड़ की शुरुआत हुई, और इसी के साथ संयुक्त राष्ट्र में यू.एस.ए. और यू.एस.एस.आर. के बीच द्विपक्षीय चर्चा ने बाहरी अंतरिक्ष के शांतिपूर्ण उपयोग पर समिति का गठन किया (COPUOS-Committee on peaceful uses of outer space)। इस निकाय की दो उपसमितियाँ थीं, एक तकनीकी और दूसरी कानूनी। कानूनी उप समिति तब से अंतरिक्ष कानून पर अंतरराष्ट्रीय चर्चा के लिए प्राथमिक मंच रही है। चूंकि, अंतरिक्ष किसी भी राष्ट्र के स्वामित्व में नहीं है और सभी को प्रभावित करता है, यह समिति सभी सदस्य देशों की सहमति पर ही अपने निर्णय लेती है।

अंतरराष्ट्रीय मोर्चों पर, अंतरिक्ष कानूनों के लिए संयुक्त राष्ट्र द्वारा पाँच प्रमुख समझौते और सम्मेलन हुए हैं:

## I. आउटर स्पेस ट्रीटी, 1967

यह अंतरिक्ष की खोज और बाहरी अंतरिक्ष के उपयोग के सिद्धांतों को नियंत्रित करने वाली एक संधि थी, जिसे संयुक्त राष्ट्र महासभा में अंतरिक्ष पर पहली प्रमुख अंतरराष्ट्रीय संधि में से एक के रूप में पारित किया गया था। यह संधि अंतरिक्ष में परमाणु, रासायनिक और जैविक हथियारों के उपयोग पर प्रतिबंध लगाती है।

## II. रेस्क्यू एग्रीमेंट, 1968

यह एक समझौता है जहां सभी हस्ताक्षरकर्ता अंतरिक्षयात्रियों की मदद या बचाव के लिए हर संभव कार्रवाई करने के लिए सहमति देते हैं। इसमें ऐसे अंतरिक्षयात्रियों को वापस उनके देश भेजने के प्रावधान हैं। इसके अतिरिक्त, हस्ताक्षरकर्ता किसी भी अंतरिक्ष वस्तु को उसे प्रमोचित करने वाले देश को वापस लौटने में मदद करने के लिए सहमति देते हैं।

## III. लायबिलिटी कन्वेंशन, 1972

हस्ताक्षरकर्ता अंतरिक्ष में भेजी अपनी वस्तुओं के कारण होने वाले किसी भी नुकसान के लिए पूरी जिम्मेदारी लेते हैं और क्षति के दावों के न्यायनिर्णयन के लिए मानक प्रक्रियाओं पर सहमति देते हैं।

## IV. रजिस्ट्रेशन कन्वेंशन, 1975

यह कन्वेंशन संयुक्त राष्ट्र महासचिव को सभी अंतरिक्ष वस्तुओं का एक रजिस्टर बनाए रखने का अधिकार देता है।

## V. मून एग्रीमेंट, 1979

इस समझौते में कहा गया है कि आकाशीय पिंडों, जैसे कि चंद्रमा का उपयोग केवल शांतिपूर्ण उद्देश्यों के लिए किया जा सकता है। इन्हें दूषित नहीं किया जाएगा और संयुक्त राष्ट्र को हमेशा गैर-पृथ्वी पर किसी भी स्टेशन के बारे में अवगत कराया जाएगा। यदि चंद्रमा पर संसाधन खनन संभव हो जाता है, तब उन संसाधनों को प्राप्त करने तथा उपयोग करने को नियंत्रित करने के लिए एक अंतरराष्ट्रीय शासन स्थापित किया जाएगा। संयुक्त राज्य अमेरिका चंद्रमा समझौते का हस्ताक्षरकर्ता नहीं है।

इनके अलावा, अंतरिक्ष कानून के मामले संयुक्त राष्ट्र की अन्य चर्चाओं में भी आते हैं, जैसे कि निरस्त्रीकरण पर संयुक्त राष्ट्र सम्मलेन। इसमें उन अस्त्रों पर नियम बनाये जाते हैं, जो वर्ष 1967 की संधि में पहले से उल्लिखित नहीं हैं।

### 3. भारत में अंतरिक्ष कानून की स्थिति

वर्ष 1962 में अपनी स्थापना के बाद से, भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम ने 33 विभिन्न देशों के लिए 300 से अधिक उपग्रहों का प्रमोचन किया है, जो एक उल्लेखनीय उपलब्धि है। चंद्रमा के साथ-साथ मंगल पर भी मिशन सफलतापूर्वक लागू किए गए हैं। इसरो ने तब से नासा, ई.एस.ए. और अन्य स्पेस एजेंसियों के साथ समझौता ज्ञापन किया है। भारत अंतरिक्ष पर संयुक्त राष्ट्र के पाँचों अंतरिक्ष सम्मेलनों में भी हस्ताक्षरकर्ता रहा है।

स्पुतनिक के प्रक्षेपण के समय, यू.एस.ए. ने अपने घरेलू अंतरिक्ष कानूनों को संहिताबद्ध करने के लिए वर्ष 1958 में नासा अधिनियम पारित किया था। तब से, कई देश अंतरिक्ष को नियंत्रित करने वाले अपने स्वयं के कानून लेकर आए हैं। समय बीतने के साथ, प्रत्येक देश अपने अंतरिक्ष कानूनों को आवश्यकताओं और उपलब्ध प्रौद्योगिकी के अनुसार अद्यतन करता है। भारत में अंतरिक्ष की प्रशासनिक नीतियां अंतरिक्ष विभाग द्वारा शासित होती हैं। भारत में अंतरिक्ष को नियंत्रित करने के लिए एक व्यापक विधायी ढांचा नहीं है। वर्तमान में अंतरिक्ष आयोग इस क्षेत्र में नीतियां बनाता है, और अंतरिक्ष विभाग इसके कार्यान्वयन के लिए जिम्मेदार है।

भारत एक ऐसा राष्ट्र है, जो अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष कानून संधियों का एक हस्ताक्षरकर्ता है और जो अंतरिक्ष क्षेत्र में निजी गतिविधियों को सुविधाजनक बनाने का इरादा रखती है। ऐसे में देश को इस क्षेत्र में विधान बनाने की अत्यंत आवश्यकता है। राष्ट्रीय अंतरिक्ष कानून का अधिनियमन वाणिज्यिक गतिविधियों के विकास के लिए एक कानूनी निश्चितता के रूप में कार्य करता है। पिछले कुछ वर्षों में, भारत में अंतरिक्ष क्षेत्र में विभिन्न कंपनियों को शामिल किया गया है। चूंकि, विस्तृत वाणिज्यिक अंतरिक्ष गतिविधियों को नियंत्रित करने वाला कोई कानून या विनियमन नहीं है, भारतीय अंतरिक्ष उद्योग में वाणिज्यिक कंपनियों के लिए नियामक अनिश्चितता है, जो विकास की गति में बाधा डालती है। अंतरिक्ष और दूरसंचार उद्योग में बढ़ती विदेशी और निजी भागीदारी के साथ, इस क्षेत्र में उत्पन्न होने वाले विवादों के संबंध में भारत और विदेशों के विभिन्न न्यायालयों में कई कानूनी कार्रवाइयां हुई हैं, जैसे एन्ट्रिक्स कॉर्पोरेशन लिमिटेड और देवास मल्टीमीडिया प्राइवेट लिमिटेड के बीच विवाद। अक्टूबर, 2020 में एक सरकारी अधिसूचना से पहले तक, इसरो की सुविधाओं का उपयोग करने वाली भारतीय संस्थाओं के लिए 18% जी.एस.टी. मौजूद था, जबकि विदेशी पंजीकृत कंपनियों को इससे छूट दी गई थी। सावधानीपूर्वक तैयार किए गए कानूनों की उपस्थिति ऐसी विसंगतियों को जल्द से जल्द हल करने में मदद करेगी, और न्यायपालिका के साथ-साथ अंतरिक्ष विभाग पर बोझ कम करेगी।

वर्तमान में भारत में अंतरिक्ष के क्षेत्र में कुछ नियम हैं, जिन्हें समय-समय पर संशोधित किया जाता है:

- i. वर्ष 1997 में एक उपग्रह संचार नीति लागू की गई थी।
- ii. एक रिमोट सेंसिंग डेटा नीति वर्ष 2001 में प्रस्तुत की गई थी।
- iii. राष्ट्रीय दूरसंचार नीति, वर्ष 1994 दूरसंचार के लिए स्पेक्ट्रम आबंटन से संबंधित है।

अंतरिक्ष अर्थव्यवस्था के क्षेत्र की सुविधा के लिए, अंतरिक्ष विभाग ने सुदूर संवेदन, उपग्रह नौवहन, अंतरिक्ष-आधारित संचार, अंतरिक्ष परिवहन, प्रौद्योगिकी अंतरण दिशा-निर्देश और मानवीय अंतरिक्ष यात्रा पर विभिन्न मसौदा नीतियां तैयार की हैं और इसे विभिन्न हितधारकों और आम जनता द्वारा टिप्पणियों के लिए परिचालित किया है। अंतरिक्ष गतिविधि विधेयक का मसौदा वर्ष 2017 में सार्वजनिक किया गया था, लेकिन यह अभी तक एक सक्रिय कानून नहीं बन पाया है। मसौदा कानून वाणिज्यिक अंतरिक्ष गतिविधियों, बौद्धिक संपदा अधिकारों, देनदारियों और दंड से संबंधित है।

## 4. अंतरिक्ष कानून में कमियां

### 4.1. कानून और कार्यान्वयन में कमियां

अंतरिक्ष कानून के कई मुद्दे राष्ट्रों के बीच आम सहमति की कमी के कारण अनसुलझे हैं। अंतरिक्ष अन्वेषण और अनुसंधान के क्षेत्र में उनकी उपस्थिति की कमी के कारण, इन नियमों को बनाने में अक्सर छोटे और अविकसित देशों की उपेक्षा की जाती है। अधिकांश समस्याएं इस तथ्य से उपजी हैं कि अंतरराष्ट्रीय स्तर पर, प्रत्येक संधि या सम्मेलन इसके सदस्यों के समर्थन पर निर्भर करता है। संयुक्त राष्ट्र के कई उपायों, पर्यावरण संधियों, अंटार्कटिक संधियों, महासागर कानूनों को अक्सर कार्यान्वयन में कठिनाइयों का सामना करना पड़ता है क्योंकि कुछ राष्ट्र कानूनों का पालन करने या कभी तो यहां तक कि उन्हें स्वीकार करने से भी इनकार करते हैं। विश्व स्तर पर सरकार की अनुपस्थिति के कारण, अंतरराष्ट्रीय कानूनों को सख्ती से लागू करना अक्सर मुश्किल होता है, खासकर जब एक सैन्य या आर्थिक रूप से शक्तिशाली राष्ट्र चूक करने वाला हो। उदाहरण के लिए, चीन ने परमाणु-सक्षम पार्शियल-ऑर्बिट हाइपरसोनिक मिसाइल का निर्माण किया है, जो अंतरिक्ष में परमाणु हथियारों के उपयोग के नियम के खिलाफ है, परन्तु इस पर कुछ कार्रवाई नहीं की जा रही।

### 4.2. संधियों में कमियां

शीत युद्ध के समय कई अंतरिक्ष कानूनों पर सहमति बनी थी। उस समय यू.एस.ए. और यू.एस.एस.आर. दोनों एक-दूसरे की नीतियों पर संदेह कर रहे थे। इन दोनों देशों के बीच हुई सहमति से बाकी देश भी सहमत हो जाते थे। लेकिन तब से लेकर अब तक अंतरिक्ष नीति में बहुत कम बदलाव हुए हैं। आज के समय में किसी भी प्रस्ताव या संशोधन को पारित कराना मुश्किल है, क्योंकि सभी देश एक साथ सहमत नहीं होते हैं। पहले के बने कानूनों में बहुत सारी कमियां हैं, जिन्हें ठीक नहीं किया जा रहा है। उदाहरण के लिए, आउटर स्पेस ट्रीटी विशेष रूप से अंतरिक्ष में कहीं भी परमाणु हथियार या सामूहिक विनाश के हथियारों को रखने पर रोक लगाती है, यह अंतरिक्ष में अन्य हथियारों के उपयोग पर कोई बाधा नहीं करती। जमीन पर आधारित हथियार जिनका प्रयोग अंतरिक्ष में स्थित वस्तुओं पर किया जाता है, जैसे कि एंटी सैटेलाइट मिसाइल, भी इस कानून के दायरे से बाहर है। कई मुद्दे, जो पहले चिंता का विषय नहीं थे, अब महत्वपूर्ण बन चुके हैं, जैसे कि अंतरिक्ष में बढ़ता कचरा/मलबा। ऐसे मुद्दों से निपटने के लिए नए कानून बनाने पर आम सहमति बनना बेहद मुश्किल हो गया है।

### 4.3. अंतरिक्ष का सैन्यीकरण

यह एक तथ्य है कि कई अंतरिक्ष अनुसंधान अनुप्रयोगों की शुरुआत एक सैन्य उद्देश्य से हुई थी। चाहे वह वर्ष 1942 के जर्मनी के वी-2 रॉकेट हों, जी.पी.एस. तकनीक, सोवियत अंतरिक्ष स्टेशन या नासा का स्पेस शटल हो। वे सैन्य उद्देश्य के लिए बने थे या किसी सैन्य प्रयोग में इस्तेमाल किये गए थे।

स्थलीय लाभ प्रदान करने वाले उपग्रह सैन्य कार्य भी कर सकते हैं। इससे संभावित युद्ध समस्याओं की संभावना अधिक हो जाती है। अंतरिक्ष में बढ़ते वाणिज्यिक संचालन से विभिन्न देशों के बीच अंतरिक्ष की संप्रभुता को

लेकर विवादों की संभावना बढ़ जाती है। यदि ठीक से नहीं संभाला गया, तो अंतरिक्ष राष्ट्रों के बीच युद्ध के एक और मोर्चे का रूप ले सकता है।

## 5. निष्कर्ष

बढ़ते व्यावसायीकरण के साथ, अंतरिक्ष के सैन्य और असैनिक उपयोगों के बीच की रेखाएं कम धुंधली होती जा रही हैं। आज के समय उपग्रहों का उपयोग मौसम के पूर्वानुमान, जलवायु निगरानी, इंटरनेट कनेक्टिविटी और यहाँ तक कि कृषि उपज में वृद्धि तथा मानवाधिकारों के उल्लंघन की निगरानी में भी होता है। पृथ्वी और चंद्रमा के आस-पास की गतिविधियों के आधार पर एक नई अंतरिक्ष अर्थव्यवस्था विकसित करने की हड़बड़ी बताती है कि अंतरिक्ष पर मानवता की आर्थिक निर्भरता केवल बढ़ेगी। यह विकास की गति को बनाए रखने और दुष्परिणामों से बचने के लिए अंतरिक्ष कानून की आवश्यकता बढ़ जाती है। हालांकि, कानून का यह क्षेत्र अभी भी अपनी प्रारंभिक अवस्था में है, यह एक ऐसा क्षेत्र है, जिसमें आधुनिक युग में तेज़ी से परिवर्तन हो रहा है।

मानव अंतरिक्ष यात्रा में उद्यम करने के लिए, भारत में गगनयान, जैसे मिशनों की योजना बनाई जा रही है। यह निश्चित है कि इस क्षेत्र में बने नियमों पर चर्चा आवश्यक होगी इस मिशन से पहले। वर्ष 2019 में भारत ने एंटी सैटेलाइट मिसाइलों का भी सफलतापूर्वक परीक्षण किया था, जिससे अंतरराष्ट्रीय स्तर पर अंतरिक्ष के सैन्यीकरण के साथ-साथ अंतरिक्ष मलबे पर भी चिंताएं उत्पन्न हुई थी। अंतरिक्ष अनुसंधान और अन्वेषण में उच्च महत्वाकांक्षाओं को प्राप्त करने तथा अंतरराष्ट्रीय समझौतों के अनुपालन के लिए इस क्षेत्र में नियमों और विधानों की अति आवश्यकता है। हालांकि, तकनीकी क्षमताओं को विकसित करने के लिए पर्याप्त प्रयास किए गए हैं परंतु अंतरिक्ष कानून पर अपेक्षाकृत कम प्रयास हुए हैं। कानून और विज्ञान के छात्रों के लिए अध्ययन के क्षेत्र के रूप में अंतरिक्ष कानून को बढ़ावा दिया जाना चाहिए। भविष्य में, भारत को अंतरिक्ष क्षेत्र में मजबूत कानूनों की आवश्यकता है और अनुसंधान, शैक्षणिक और राजनयिक संस्थानों में कानूनी विशेषज्ञता की उपस्थिति आवश्यक है। कई देशों में, अंतरिक्ष कानून विश्वविद्यालयों में पाठ्यक्रम तथा अनुसंधान का विषय है। भारत के लिए यह आवश्यक है कि वह विश्व की गति के साथ बने रहे और इस आवश्यक प्रशासनिक और तकनीकी स्तंभ को अंतरिक्ष कार्यक्रम में एकीकृत करने के लिए एक योजना तैयार करें।

## 6. संदर्भ सूची

- [1] <https://www.spacefoundation.org/sections/space-law/>
- [2] <https://spacepolicyonline.com/>
- [3] <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/index.html>
- [4] Michelle L.D. Hanlon, Greg Autry, "Space Law hasn't changed since 1967" (Nov, 2021)
- [5] Shankar Law Associates, "Legal Overview of Space Law in India"  
(<https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=4d90359c-b79e-40c3-8d2c-8c9fdf308484>)
- [6] <https://blog.ipleaders.in/space-laws-us-uk-india/>
- [7] <https://thelawreviews.co.uk/title/the-space-law-review/india>

**लेखक परिचय:**



शौभिक घोष ने आइ.आइ.टी. दिल्ली से भौतिकी अभियांत्रिकी में स्नातक की उपाधि अर्जित की है। वे पिछले चार वर्षों से आइ.आइ.एस.यू के 'कोल्ड ऐटम लैब' में वैज्ञानिक के रूप में कार्यरत हैं। विज्ञान तथा गणित विषयों के साथ वे इतिहास तथा राजनैतिक विज्ञान जैसे विषयों में भी रुचि रखते हैं।

## अंतरिक्ष कानून: भारतीय परिप्रेक्ष्य

के. सुनील, अनूप कुमार गुप्ता  
वैज्ञानिक/अभियंता-एस.ई., पी.एम. आर.ओ., वैज्ञानिक/अभियंता-एस.ई., स्केंड एवं ए.एस.जी.  
सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र शार, श्रीहरिकोटा, भारत  
k.sunil@shar.gov.in, anupkumar.gupta@shar.gov.in

### 1 परिचय:

अंतरिक्ष कानून को अंतरिक्ष से संबंधित गतिविधियों को नियंत्रित करने वाले कानून के निकाय के रूप में वर्णित किया जा सकता है। अंतरिक्ष कानून, सामान्य अंतरराष्ट्रीय कानून की तरह, विभिन्न अंतरराष्ट्रीय समझौतों, संधियों, रीति-रिवाजों और अंतरराष्ट्रीय संगठनों के नियमों व विनियमों को शामिल करता है। संयुक्त राज्य अमेरिका के पास किसी भी देश के अंतरिक्ष अभ्यास के लिए सबसे शक्तिशाली और स्पष्ट सार्वजनिक अंतरिक्ष कानून और प्रशासनिक प्रणाली है।

भारत सरकार द्वारा अंतरिक्ष अनुसंधान के लिए भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम का जन्म 1962 में भारतीय राष्ट्रीय समिति (INCOSPAR) के गठन के साथ हुआ। दूरदर्शी डॉ. विक्रम साराभाई के नेतृत्व में, ऊपरी वायुमंडलीय अनुसंधान के लिए INCOSPAR की स्थापना तिरुवनंतपुरम में थुम्बा भूमध्यरेखीय रॉकेट प्रमोचन स्थान (TERLS) पर की गई थी। 1969 में गठित भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन ने तत्कालीन INCOSPAR का स्थान लिया। विक्रम साराभाई ने राष्ट्र के विकास में अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी की भूमिका और महत्व की पहचान करते हुए, इसरो को विकास के एक प्रतिनिधि के रूप में कार्य करने के लिए आवश्यक दिशा प्रदान की। भारत सरकार ने 1972 में भारतीय अंतरिक्ष आयोग (अंतरिक्ष आयोग) और अंतरिक्ष विभाग (DOS) की स्थापना की। इसरो को सितंबर 1972 में DOS के प्रबंधन के अन्तर्गत लाया। तब इसरो ने राष्ट्र को अंतरिक्ष-आधारित सेवाएँ, इनको स्वतंत्र रूप से प्राप्त करने के लिए प्रौद्योगिकियों का विकास और अंतरिक्ष विज्ञान अनुसंधान और ग्रहों की खोज करने के अपने उद्देश्य को शुरू किया।

1. भारत ने संयुक्त राष्ट्र संधियों पर हस्ताक्षर किए जैसे कि 1967 में हस्ताक्षरित 'बाहरी अंतरिक्ष संधि', जो चंद्रमा और अन्य खगोलीय पिंडों सहित अंतरिक्ष अनुसंधान और उपयोग की गतिविधियों को नियंत्रित करती है।
2. 1968 में हस्ताक्षरित 'बचाव समझौता', जो अंतरिक्ष यात्रियों के बचाव, उनकी सुरक्षित वापसी और अंतरिक्ष वस्तुओं की पुनः प्राप्ति से संबंधित है।
3. 1972 आर्थिक जिम्मेदारी (Liability) समझौता, जो अंतरिक्ष वस्तुओं से होने वाले नुकसान के लिए अंतरराष्ट्रीय दायित्व को संबोधित करता है।
4. पंजीकरण समझौता, 1975 जो बाहरी अंतरिक्ष में वस्तुओं के पंजीकरण पर एक समझौता है।
5. 1979 में हस्ताक्षरित चंद्रमा संधि, चंद्रमा और अन्य खगोलीय दुनिया की गतिविधि को नियंत्रित करती है।

### 2. नियामक ढाँचा:

भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम एक पदानुक्रमित ढाँचे में आयोजित किया गया है। इसमें प्रधानमंत्री का कार्यालय, अंतरिक्ष आयोग और अंतरिक्ष विभाग के माध्यम से सभी कार्यों की देखरेख करता है और कार्यक्रम पर नियंत्रण रखता है। भारत की अंतरिक्ष नीति तैयार करने की जिम्मेदारी अंतरिक्ष आयोग की है, जबकि इस नीति के कार्यान्वयन की जिम्मेदारी अंतरिक्ष विभाग (डी.ओ.एस.) की है।

#### 2.1 सुदूर संवेदन आँकड़ा नीति (आर.एस.डी.पी.) - 2011:

भारत सरकार ने सुदूर संवेदन आँकड़ा नीति (आर.एस.डी.पी.) - 2011 को अपनाया जिसमें विकासात्मक गतिविधियों के समर्थन में सुदूर संवेदन डेटा के अधिग्रहण / प्रसार की अनुमति देने और / या अनुमति देने के तौर-तरीके शामिल हैं। अंतरिक्ष विभाग (डी.ओ.एस.) इस नीति के तहत सभी कार्यों के लिए केन्द्रीय अभिकरण (central agency) है।

## **2.2 उपग्रह संचार (सैटकॉम) नीति**

अंतरिक्ष विभाग ने दूरसंचार विभाग और विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग के साथ साझेदारी में 1997 में उपग्रह संचार नीति (सैटकॉम नीति) तैयार की। सैटकॉम नीति के माध्यम से, सरकार का लक्ष्य भारत में एक मजबूत उपग्रह संचार सेवा उद्योग को विकसित करना था और इस प्रकार, नीति का जोर (क.) भारत में उपग्रह संचार, प्रक्षेपण वाहन और जमीनी उपकरण उद्योग का विकास करना, (ख.) भारतीय राष्ट्रीय उपग्रह प्रणाली (इन्सैट) के माध्यम से निर्मित बुनियादी ढाँचे को अर्थव्यवस्था के एक बड़े हिस्से के लिए उपलब्ध कराना, (ग.) भारत में अंतरिक्ष उद्योग में निजी क्षेत्र द्वारा निवेश को प्रोत्साहित करना और (घ.) उपग्रह संचार क्षेत्र में विदेशी निवेश को आकर्षित करना इत्यादि था। सैटकॉम नीति के ढाँचे ने इन्सैट क्षमता को गैर-सरकारी दलों को पट्टे पर देने को अधिकृत करने के लिए सम्पूर्ण नक्शा भी तैयार किया, जिससे भारतीय दलों को भारतीय उपग्रहों के माध्यम से टेलीवीजन को अपलिक करने, भारतीय प्रशासन को उपग्रह प्रणाली और जाल-तंत्र (नेटवर्क) को सूचित करना, पंजीकृत करने के लिए अधिकृत करने जैसी सेवाएँ प्रदान करना और भारत से विदेशी उपग्रहों के संचालन को अधिकृत करने की अनुमति मिली।

जैसा कि सैटकॉम नीति को लागू करने के तरीके को निर्दिष्ट नहीं किया गया था, वर्ष 2000 में अंतरिक्ष विभाग ने, सैटकॉम नीति के ढाँचे को लागू करने के लिए मानदंड, दिशानिर्देश और प्रक्रियाएँ तैयार की। अंतरिक्ष विभाग द्वारा जारी किए गए मानदंड और दिशानिर्देश इन्सैट जाल-तंत्र (नेटवर्क) के उपयोग और विकास, भारतीय उपग्रहों के लिए तरजीही कार्यवाही, निजी बाजार के खिलाड़ियों द्वारा भारतीय उपग्रहों के उपयोग के लिए क्षमता के आबंटन आदि पर केंद्रित हैं।

## **2.3 इसरो - उद्योग साझेदारी:**

अंतरिक्ष गतिविधियों में भारतीय उद्योग की भागीदारी लगभग पाँच दशकों की है और इसरो सीमित तरीके से लगभग 500 निजी संस्थाओं के साथ काम कर रहा है। निजी संस्थाएँ अंतरिक्ष विभाग के साथ मुख्य रूप से संविदात्मक संबंधों के माध्यम से भारतीय अंतरिक्ष क्षेत्र में लगी हुई हैं।

## **2.4 हाल के सुधार**

पिछले कुछ वर्षों में, भारत सरकार निजी क्षेत्र को भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रमों में भाग लेने के लिए सक्रिय रूप से प्रोत्साहित कर रही है। इसरो अंतरिक्ष क्षेत्र में बहुत अधिक मात्रा में अनुप्रयोग-आधारित कार्य कर रहा है, जिसने इसे अंतरिक्ष अनुसंधान पर ध्यान केंद्रित करने से रोक रखा है। इस प्रकार, वाणिज्यिक अंतरिक्ष क्षेत्र को भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रमों में भाग लेने की अनुमति देकर, इसरो का उद्देश्य मानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम विकसित करने के साथ-साथ अनुसंधान और विकास की गतिविधियों पर विशेष रूप से ध्यान केंद्रित करना है।

अंतरिक्ष विभाग ने एक नया नियामक निकाय स्थापित किया है, जिसका नाम भारतीय राष्ट्रीय अंतरिक्ष संवर्धन और प्राधिकरण केंद्र (IN-SPACE) है, जिसका उद्देश्य निजी कंपनियों को नीतियों और एक अनुकूल नियामक वातावरण को प्रोत्साहित करने के माध्यम से, भारतीय अंतरिक्ष के बुनियादी ढाँचे का उपयोग करने और अंतरिक्ष गतिविधियों में निजी उद्योगों को बढ़ावा देने और मार्गदर्शन करने के लिए एक समान अवसर प्रदान करना है। पहले की भूमिका की तुलना में, निजी कंपनियों के पास अब अपने स्वयं के उपग्रह प्रणाली/रॉकेट

विकसित करने और उन्हें प्रमोचन करने के लिए सशुल्क इसरो की उपग्रह प्रमोचन सुविधा का उपयोग करने का अवसर होगा, जबकि इसरो को केवल रॉकेट और उपग्रहों के घटकों की आपूर्ति करने की।

अंतरिक्ष विभाग के प्रशासनिक नियंत्रण के तहत 6 मार्च, 2019 को स्थापित एक सार्वजनिक क्षेत्र का उद्यम न्यू स्पेस इंडिया लिमिटेड (एनसिल) भी अंतरिक्ष गतिविधियों को 'आपूर्ति संचालित' प्रतिरूप से 'माँग संचालित' प्रतिरूप की ओर उन्मुख करने का प्रयास करेगा, जिससे अंतरिक्ष संपत्तियों का इष्टतम उपयोग सुनिश्चित हो सके। यह उम्मीद की जाती है कि नए सुधार इसरो को अनुसंधान और विकास गतिविधियों, नई प्रौद्योगिकियों, अन्वेषण कार्यक्रमों और मानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रमों पर अधिक ध्यान केंद्रित करने की अनुमति देंगे।

### **3. कानून और अनुच्छेद:**

आज की तारीख में, कोई विशिष्ट अंतरिक्ष कानून नहीं है, इसलिए भारतीय घरेलू कानून के विभिन्न क्षेत्र अंतरिक्ष गतिविधियों को नियंत्रित करते हैं जैसे कि अंतरराष्ट्रीय शांति और सुरक्षा को बढ़ावा देने के लिए भारतीय संविधान का अनुच्छेद 51, संसद को कानून बनाने की शक्ति देने के लिए भारतीय संविधान का अनुच्छेद- 73 है और ऐसे अधिकारों और किसी संधि/समझौते के अधिकार क्षेत्र का प्रयोग करने के आधार पर अनुच्छेद - 245 और अनुच्छेद - 253.

ऊपर चर्चा की गई नीतियाँ विभिन्न वाणिज्यिक अंतरिक्ष गतिविधियों पर नियामक मार्गदर्शन प्रदान करने के लिए बनाई गई थी, ये नीतियाँ एक मजबूत कानूनी ढाँचा प्रदान नहीं करती हैं। इस कमी को दूर करने और अंतरिक्ष अर्थव्यवस्था में निजी क्षेत्र की भागीदारी बढ़ाने के इरादे से, वर्ष 2017 से अंतरिक्ष विभाग 'भारतीय अंतरिक्ष नीति' का मसौदा तैयार कर रहा है। जिसका उद्देश्य भारतीय अंतरिक्ष उद्योग के लिए अनुज्ञप्तिधारी और नियामक ढाँचा प्रदान करना है, नई नीति को अनुज्ञप्तिधारी पर असीमित दायित्व के आरोपण को संबोधित करना चाहिए ताकि सरकार को उसकी अंतरिक्ष वस्तुओं या गतिविधियों के परिणामस्वरूप होने वाली क्षति की स्थिति में क्षतिपूर्ति की जा सके क्योंकि अंतरिक्ष क्षेत्र में रुचि रखने वाली अधिकांश कंपनियाँ अभी शुरुआती दौर पर हैं, जो अपने प्रारंभिक वर्षों में देयता के लिए इस तरह के व्यापक वित्तीय जोखिम को बनाए नहीं रख सकते हैं। इसलिए सरकार को अनुज्ञप्तिधारी की देयता पर एक सीमा प्रदान करने की आवश्यकता होगी।

### **4. निष्कर्ष:**

जैसा कि अंतरिक्ष कानून और विधेयक एक अनिवार्य बीमा (सुरक्षा) की आवश्यकता का प्रस्ताव करता है, सरकार को यह भी जाँचना होगा कि क्या भारतीय बीमा बाजार अंतरिक्ष से संबंधित गतिविधियों से उत्पन्न होने वाले जोखिमों के खिलाफ असीमित देयता को कम करने में सक्षम है। जब तक इन मुद्दों का समाधान नहीं किया जाता है, वे निजी क्षेत्र की भागीदारी को गंभीर रूप से बाधित कर सकते हैं और भारत को वैश्विक अंतरिक्ष उद्योग में एक महत्वपूर्ण खिलाड़ी के रूप में स्थापित करने से रोक सकते हैं।

**लेखक परिचय:**

श्री के. सुनील ने सन् 2009 में यांत्रिक आभियांत्रिकी में स्नातक और सन् 2012 में औद्योगिक आभियांत्रिकी में स्नातकोत्तर की उपाधि प्राप्त की। सन् 2015 में, श्री के. सुनील का चयन इसरो के सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र - शार, श्रीहरिकोटा में हुआ। वर्तमान में आप पी.एम.-रेंज प्रचलन विभाग में कार्यरत हैं। आप रॉकेट के प्रमोचन संबंधी कार्यों के समन्वयन, रेंज प्रचलन विभाग के लिये बजट की योजना बनाना आदि कार्यों से संबंधित हैं। तकनीकी विषयों पर

हिन्दी लेखन में उनकी रुचि है।



श्री अनूप कुमार गुप्ता ने सन् 2003 में यांत्रिक आभियांत्रिकी में स्नातक और सन् 2012 में एम.बी.ए. में स्नातकोत्तर की उपाधि प्राप्त की। सन् 2006 में, श्री अनूप कुमार गुप्ता का चयन इसरो के सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र - शार, श्रीहरिकोटा में हुआ। वर्तमान में आप शार केंद्रीय डिजाइन विभाग एवं एड्वांस्ड सिस्टम्स ग्रुप (SCEND & ASG) में कार्यरत हैं। आप रॉकेट के प्रमोचन, समेकन, परीक्षण, ठोस प्रणोदक के उत्पादन व अन्य सहायक प्रणालियों के लिये आवश्यक विभिन्न प्रकार के संरचनाओं के यांत्रिक व संरचनात्मक डिजाइन एवं विश्लेषण के कार्य से संबंधित हैं। तकनीकी विषयों पर हिन्दी लेखन में उनकी रुचि है। विविध संगोष्ठियों में

तकनीकी विषयों पर लेख प्रस्तुत कर पुरस्कार प्राप्त किये हैं। सन् 2019 में, आपके द्वारा लिखी गई पुस्तक "श्रीहरिकोटा - द्वीप से स्पेस पोर्ट तक" को प्रभात प्रकाशन द्वारा प्रकाशित किया गया और "विक्रम साराभाई हिन्दी मौलिक लेखन योजना" के अंतर्गत आपको सचिव, अंतरिक्ष विभाग द्वारा पुरस्कार और प्रमाण पत्र भी प्रदान किया गया।

## उन्नत पदार्थों के विनिर्माण के लिए स्वच्छ कक्ष की प्रौद्योगिकी का अवलोकन

श्री जितेश धमीजा  
वैज्ञानिक अधिकारी- डी  
तकनीकी सेवाएं प्रभाग, अभियांत्रिकी सेवाएं वर्ग  
भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, मुंबई

### सारांश

समानव अंतरिक्ष अभियान मानव सभ्यता की प्रगति के लिए अत्यंत चुनौतीपूर्ण कार्य है, जिसमें संभावनाएं भी असीम हैं। इस अभियान से जुड़े सभी तत्व अभियांत्रिकी की दृष्टि से बहुत महत्वपूर्ण होते हैं, जिसमें विशेष प्रकार के विभिन्न उन्नत पदार्थों का प्रयोग होता है एवं उनके विनिर्माण के लिए नवीन उच्च प्रौद्योगिकियां प्रयुक्त होती हैं।

उच्च प्रौद्योगिकी अनुप्रयोगों में उपयोग किए जाने वाले पदार्थों को उन्नत पदार्थ कहा जाता है। उच्च तकनीक से इसका अर्थ वह उपकरण या उत्पाद है, जो अपेक्षाकृत जटिल या परिष्कृत सिद्धांतों का उपयोग करके संचालित होता है या कार्य करता है; उदाहरणों में इलेक्ट्रॉनिक उपकरण, कंप्यूटर, फाइबर-ऑप्टिक सिस्टम, अंतरिक्ष यान, विमान एवं सैन्य प्रक्षेपास्त्र सम्मिलित हैं। ये उन्नत पदार्थ कभी-कभी सामान्यतः पारंपरिक पदार्थ ही होते हैं, जिनके गुणों में बदलाव या सुधार किया गया है तथा कभी-कभी यह नवीन रूप से विकसित, उच्च प्रदर्शन वाले पदार्थ होते हैं। अर्थात् इन पदार्थों की अतिरिक्त क्षमता या तो उच्च मूल्यवान विशेष घटकों (जैसे रेशे) या एक परिष्कृत कठिन प्रसंस्करण अनुक्रम के परिणामस्वरूप होता है। इसलिए प्रसंस्करण, विनिर्माण प्रौद्योगिकियां एवं उनकी पूरी प्रक्रिया की अवधि में नियंत्रण, उन्नत पदार्थों की विशिष्टता के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण होता है। 'स्वच्छ कक्ष' एक नियंत्रित क्षेत्र/सुविधा होता है, जहां पर उन्नत पदार्थों के विनिर्माण के लिए उच्च स्तरीय प्रौद्योगिकियों को प्रयुक्त किया जाता है।

अर्ध तापचालक निर्माण, जैव प्रौद्योगिकी, जीव विज्ञान एवं अन्य क्षेत्रों में स्वच्छ कक्ष का व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है। एक स्वच्छ कक्ष को उसकी श्रेणी के अनुरूप कणों (धूल, हवाई जीव, वाष्पीकृत कण आदि) के अत्यंत निम्न स्तर को बनाए रखने के लिए अभिकल्पित किया जाता है। अंतरराष्ट्रीय मानक संख्या 14644 के अनुसार, उदाहरण के लिए एक 10,000 श्रेणी के स्वच्छ कक्ष को 0.5 माइक्रो मीटर एवं अधिक आकार के कणों की संख्या 10,000 प्रति घन फीट तक सीमित करनी होती है। यह कक्ष आइ.एस.ओ. 7 के समरूप होता है। इस प्रकार स्वच्छ कक्ष की अन्य श्रेणियां भी होती हैं।

प्रस्तुत लेख में इसी स्वच्छ कक्ष की प्रौद्योगिकी का अवलोकन किया गया है, जिसमें इस प्रौद्योगिकी के कार्यकारी सिद्धांत, आवश्यकताएँ, प्रमुख तत्व आदि का वर्णन है। स्वच्छ कक्ष प्रौद्योगिकी के कारण नवीन उन्नत पदार्थ एवं उनके विनिर्माण से अनेक संभावनाओं के द्वार खुलते दिखाई देते हैं, जो समानव अंतरिक्ष अभियान की उल्लेखित चुनौतियों का सामना करने में सक्षम हैं।

### 1) संकेत शब्द

अर्ध तापचालक निर्माण, विषाणु संक्रमण, स्वच्छ कक्ष प्रौद्योगिकी, उन्नत पदार्थ प्रौद्योगिकी, 10,000 श्रेणी का स्वच्छ कक्ष, प्रसंस्करण प्रौद्योगिकी, वातानुकूलन नियंत्रित क्षेत्र, हेपा छत्री, कणों की सीमित संख्या, पटलीय प्रवाह।

## 2) प्रस्तावना

मानव सभ्यता के विकासक्रम को नए शिखरों तक पहुंचाने के लिये अंतरिक्ष अभियान हमारी उच्चतम क्षमताओं का मापक है। नवीन उन्नत पदार्थ एवं उनके विनिर्माण में प्रयुक्त प्रौद्योगिकी समानव अंतरिक्ष अभियान में अपनी सशक्त उपयोगिता रखते हैं। उदाहरण के लिए, अंतरिक्ष अभियान की सबसे महत्वपूर्ण कड़ी होती है: यान। एक यान की विशिष्ट विशेषताएं होती हैं, जो अंतरिक्ष जैसे जटिल वातावरण में इसे सार्थक बनाते हैं, जैसे:

- ❖ अंतरिक्ष एवं पृथ्वी की निकटतम कक्षा के यानों को बहुत चरम सीमाओं का तापमान एवं विकिरणों का सामना करना पड़ता है। ऐसे में केबलर पदार्थ रक्षा कवच का कार्य करता है।
- ❖ इसके साथ यान की गति को बढ़ाता हुआ पृथ्वी (या अन्य ग्रह) का गुरुत्वाकर्षण बल, अंतरिक्ष में विचरण करते हुए अन्य संभावित वस्तुएं, सीमित ईंधन के साथ यान का हल्का भार, ऐसी स्थिति में अल्यूमीनियम (हल्का) तथा टाइटेनियम (मज़बूत) यान में सर्वाधिक प्रयोग में लाए जाते हैं।
- ❖ चरम सीमाओं के तापमान में तरल स्नेहक की अक्षमता के कारण सीसा, टेफ्लान, जैसे सूखे स्नेहक का प्रयोग यांत्रिक उपकरणों का घर्षण कम करने में सहायता प्रदान करता है।
- ❖ स्थिर विद्युत पाउडर परत यान की बाहरी सतह को अंतरिक्ष के रूखे वातावरण से बचाता है।

इस प्रकार ऐसी अनेक विशिष्टताओं के बाद जब समानव अंतरिक्ष अभियान की चर्चा होती है, तब चुनौतियां और अधिक बढ़ जाती हैं। इन अभियानों के लिए उन्नत पदार्थों का विकास तथा विनिर्माण नए शोध के माध्यम से निरंतर जारी रहता है।

उपर्युक्त विशेष कार्यों में प्रयुक्त होने वाले उन्नत पदार्थों के विनिर्माण के लिए स्वच्छ कक्ष की प्रौद्योगिकी एवं इसके प्रमुख तत्व (हेपा छत्री) आदि के महत्त्व पर अनेक शोध कार्य हो चुके हैं। उनमें कुछ महत्वपूर्ण शोध कार्यों का उल्लेख यहाँ अपेक्षित है। विभिन्न छत्रियों की प्रभावशीलता जांचने के लिए [1] झांग एवं अन्य (2020) ने प्रायोगिक अध्ययन किया। उन्होंने पाया कि विषाणु/कण निस्पंदन दक्षता सामान्यतः छत्री की न्यूनतम दक्षता सांकेतिक अंक (मर्व) के साथ सहसंबद्ध होती है। [2] कैरी एवं अन्य (2022) ने अपने अध्ययन में यह सिद्ध किया (अशरे एवं ईशरे संस्था द्वारा भी अनुशंसित) कि मर्व 13 छत्री अपेक्षाकृत कम परिचालन मूल्य के साथ भीतरी वायु गुणवत्ता में सुधार के कारण सबसे अच्छा प्रदर्शन करता है। हेपा छत्री संभावित रूप से अधिक लाभदायक होती है, यदि व्यवस्था बढ़े हुए दबाव को समायोजित करने के लिए सशक्त हो। कोविड महामारी की अवधि में [3] पीस एवं अन्य (2021) ने एक बहु-कक्ष वाले भवन में कोविड विषाणु की संकेंद्रण एवं संक्रमण की संभावनाओं पर वायु छानने, वायु परिवर्तन गति तथा बाहरी वायु अंश के प्रभाव की जांच की। उन्होंने पाया कि विषाणु के संकेंद्रण को कम करने के लिए वायु छानना सबसे अच्छी विधि थी।

इस प्रकार कणों की संख्या सीमित कर उन्नत पदार्थों के विनिर्माण के लिए तापमान एवं सापेक्षिक नमी का वातानुकूलन नियंत्रित क्षेत्र, एक उपयुक्त वातावरण प्रदान करता है। जिसका प्रयोग अर्धतापचालक, जैविक, स्मार्ट (बुद्धिमान), नैनो-अभियांत्रिकी एवं अन्य आदि आयामों में किया जाता है।

## 3) मुख्य लेख

उन्नत पदार्थों को 'भविष्य के पदार्थ' भी कहा जाता है। यह पारंपरिक सामग्रियों की तुलना में सदैव बेहतर प्रदर्शन करते हैं। उदाहरण के लिए, ऐसे उत्पाद जो हल्के होते हैं, सेवा तापमान में व्यापक अंतर होते हैं, बहुक्रियाशील होते हैं, या बेहतर जीवन-चक्र प्रदर्शन करते हैं। लेजर, एकीकृत सर्किट, चुंबकीय सूचना भंडारण, प्रदर्शन पटल और फाइबर ऑप्टिक्स के लिए उपयोग की जाने वाली इन उन्नत सामग्रियों में से कुछ के गुणों और अनुप्रयोगों पर यहां चर्चा की गई है।

**क) अर्धतापचालक**

अर्धतापचालक में विद्युत गुण होते हैं, जो विद्युत संवाहक (धातु और उनके मिश्र) और विसंवाहक (सिरेमिक और पॉलिमर) के बीच मध्यवर्ती होते हैं। अर्धचालक के बारे में विचित्र विशेषता यह है कि उनके विद्युत लक्षण अशुद्धता परमाणुओं की सूक्ष्म मिलावट (सांद्रता) की उपस्थिति के प्रति अत्यंत संवेदनशील होते हैं, जिसके लिए सांद्रता को बहुत छोटे स्थानिक क्षेत्रों पर नियंत्रित किया जा सकता है। इन अर्धचालकों ने एकीकृत सर्किटरी के आगमन को संभव बनाया है, जिसने पिछले कुछ दशकों में इलेक्ट्रॉनिक्स और संगणक उद्योगों (और अंततः हमारे जीवन) में पूरी तरह से क्रांति ला दी है।

**ख) जैविक पदार्थ**

ये क्षतिग्रस्त या रोगग्रस्त शरीर के अंगों के प्रतिस्थापन के लिए मानव शरीर में प्रत्यारोपित घटकों में कार्यरत होते हैं। इन पदार्थों की प्रमुख अंतर्निहित आवश्यकताएँ हैं: इन्हें विषाक्त पदार्थों का उत्पादन नहीं करना चाहिए और शरीर के ऊतकों के साथ अनुकूल होना चाहिए (जिससे प्रतिकूल जैविक प्रतिक्रिया न हो)। इनमें से कोई भी सामग्री, जैसे धातु, सिरेमिक, पॉलिमर, कंपोजिट और अर्धचालक - का उपयोग जैविक पदार्थ के रूप में किया जा सकता है। उदाहरण: कूल्हे के प्रतिस्थापन में प्रयुक्त जैविक पदार्थ।

**ग) स्मार्ट पदार्थ**

स्मार्ट (बुद्धिमान/चतुर) पदार्थ विकसित की जा रही नई और अत्याधुनिक पदार्थों का एक समूह है, जिसका हमारी कई तकनीकों पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। इस विशेषण 'स्मार्ट' का तात्पर्य है कि ये पदार्थ अपने पर्यावरण में होने वाले परिवर्तनों को समझने में सक्षम हैं और फिर पूर्व निर्धारित तरीकों में उन परिवर्तनों का उत्तर देते हैं - यह वह लक्षण हैं जो जीवित जीवों में भी पाए जाते हैं। इसके अलावा, यह 'स्मार्ट' अवधारणा जब परिष्कृत प्रणालियों तक विस्तारित होती है तो इसमें स्मार्ट और पारंपरिक सामग्री दोनों सम्मिलित होते हैं।

**घ) नैनो-अभियांत्रिकी पदार्थ**

नैनो-अभियांत्रिकी पदार्थ, आकार और क्वांटम प्रभाव के अद्वितीय गुणों के अनुसार कार्य करते हैं। इनके गुण दो मुख्य कारणों से नैनो स्तर पर भिन्न होते हैं:

सबसे पहले, बड़े रूप में उत्पादित पदार्थों के समान द्रव्यमान की तुलना में नैनो-अभियांत्रिकी पदार्थ का सतह क्षेत्र अपेक्षाकृत बड़ा होता है। यह पदार्थों को रासायनिक रूप से अधिक प्रतिक्रियाशील बना सकता है (कुछ परिस्थितियों में पदार्थ, जो अपने बड़े रूप में निष्क्रिय होते हैं, उनमें नैनो स्तर रूप में उत्पादित होने पर प्रतिक्रियाशीलता होती है) और उनकी शक्ति या विद्युत गुणों को प्रभावित करती है।

दूसरा, क्वांटम प्रभाव नैनो स्तर पर पदार्थ के व्यवहार पर हावी होना शुरू कर देते हैं - विशेष रूप से निचले सिरे पर - पदार्थों के प्रकाशीय, विद्युत और चुंबकीय व्यवहार को प्रभावित करते हैं। नैनो-अभियांत्रिकी पदार्थ का उत्पादन किया जा सकता है: एक आयाम में (उदाहरण के लिए, नैनोवायर, नैनोरोड्स और नैनोट्यूब), दो आयामों में (प्लेट-जैसी आकृतियाँ, जैसे नैनोकोटिंग, नैनोलेयर्स और ग्राफीन) या तीनों आयामों में (उदाहरण के लिए, नैनोकण)।

नैनोस्तर वस्तुओं में हेरफेर करना कठिन होता है क्योंकि वे सीधे आंखों से देखने के लिए बहुत छोटे होते हैं तथा पकड़ने के लिए बहुत छोटे होते हैं और अक्सर क्रमबद्ध संरचनाओं में संयोजन के लिए असंगत सतहें होती हैं। इसलिए जटिल नैनोवास्तुकला के निर्माण के लिए नैनोस्तर अभियांत्रिकी की परिष्कृत तकनीकों की आवश्यकता होती है।

### ड) उन्नत पदार्थों के विनिर्माण के लिए प्रौद्योगिकियां: स्वच्छ कक्ष की प्रौद्योगिकी का अवलोकन

उन्नत पदार्थों के विनिर्माण के लिए नियंत्रित क्षेत्र में उच्च स्तरीय प्रौद्योगिकियों को प्रयुक्त किया जाता है। ऐसी ही एक प्रौद्योगिकी है 'स्वच्छ कक्ष', जिसका यहां उल्लेख किया जा रहा है।

एक स्वच्छ कक्ष की अनेक श्रेणियां होती हैं। स्वच्छ कक्ष को उसकी श्रेणी के अनुरूप कणों (धूल, हवाई जीव, वाष्पीकृत कण आदि) के अत्यंत निम्न स्तर को बनाए रखने के लिए अभिकल्पित किया जाता है। अंतरराष्ट्रीय मानक संख्या 14644 के अनुसार, उदाहरण के लिए एक 10,000 श्रेणी के स्वच्छ कक्ष को 0.5 माइक्रो मीटर एवं अधिक आकार के कणों की संख्या 10,000 प्रति घन फीट तक सीमित करनी होती है। यह कक्ष आइ.एस.ओ. 7 के समरूप होता है। इस प्रकार आइ.एस.ओ. 1 से आइ.एस.ओ. 9 तक स्वच्छ कक्ष की अन्य श्रेणियां भी होती हैं। स्वच्छ कक्ष की कुछ महत्वपूर्ण विशेषताएँ निम्नलिखित हैं।

- ❖ अर्ध तापचालक निर्माण, जैव प्रौद्योगिकी, जीव विज्ञान एवं अन्य क्षेत्रों में स्वच्छ कक्ष का व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है।
- ❖ एक स्वच्छ कक्ष में उसके आयतन के अनुरूप वायु की प्रति घंटे बदली करण लगातार छनी हुई वायु के प्रसारण के साथ किया जाता है।
- ❖ इसीलिए यदि कक्ष में कोई विषाणु/कण का स्रोत होता है, एवं उस स्थान की वायु जब हेपा छत्री से होकर बहती है तब वहां विषाणु संक्रमण अवरोधित हो जाता है।
- ❖ इस प्रकार कुछ ही समय में स्वच्छ कक्ष अपनी मूल स्थिति में पहुँच जाता है, इसे कक्ष की पुनर्प्राप्ति क्षमता भी कहते हैं।

### च) स्वच्छ कक्ष: कार्यकारी सिद्धांत एवं आवश्यकताएँ

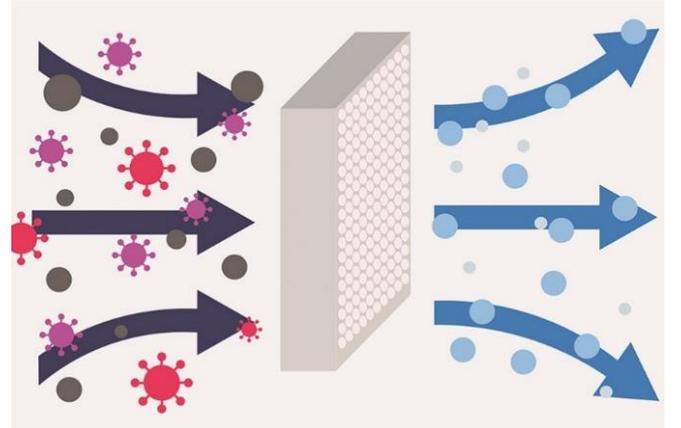
स्वच्छ कक्ष के कुछ कार्यकारी सिद्धांत एवं आवश्यकताएँ निम्नलिखित हैं जिनका विशेष ध्यान रखा जाता है। एक स्वच्छ कक्ष को बनाने में उसमें सम्मिलित उपकरणों, संयंत्रों एवं वस्तुओं की उचित अभिकल्पना, आपूर्ति, स्थापना, परीक्षण एवं प्रवर्तन की गुणवत्ता महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है।

- ❖ आवश्यकतानुसार, लगभग  $22 \pm 1$  डिग्री सेल्सियस का तापमान एवं 50% की सापेक्षिक नमी का वातानुकूलन नियंत्रित क्षेत्र, जिसमें ताप उत्पन्न करने वाले सभी स्रोतों को जोड़ कर संपूर्ण शीतलन भार को सम्मिलित किया जाता है।
- ❖ बाहर से प्रवेश करने वाली वायु के कणों को बाहर करने के लिए छाना जाता है एवं अंदर की हवा को आंतरिक रूप से उत्पन्न कणों एवं दूषित पदार्थों को हटाने के लिए लगातार हेपा छत्री के माध्यम से पुनरावर्तन किया जाता है। हेपा छत्री की कार्यनिष्पत्ति 99.97% (कणों का आकार 0.3 माइक्रोन से अधिक या उसके बराबर) है।

- ❖ कर्मचारी सुरक्षात्मक कपड़े पहन कर स्वच्छ कक्ष में वायु अवरोधक क्षेत्र के माध्यम से प्रवेश करते हैं एवं बाहर निकलते हैं (कभी-कभी एक वायु वर्षा संयंत्र के पड़ाव सहित)।
- ❖ कक्ष के आयतन के अनुरूप वायु का प्रति घंटे में परिवर्तन होता है। इसके साथ ही कक्ष की छत के पूरे क्षेत्रफल का कुछ भाग हेपा छत्री से व्याप्त होता है। इस प्रकार उपर्युक्त कारकों की संख्या के अनुसार वायु संचार के सभी उपकरणों के परिमाण की गणना उनकी मात्रा एवं तकनीकी विनिर्देश सहित की जाती है।
- ❖ जस्ता धातु की ताप रोधी दीवार पट्टियों एवं भूमि पर एपॉक्सी की विशेष परत के द्वारा आंतरिक कणों का उत्पादन सीमित हो जाता है।
- ❖ सामान्य सामग्री, जैसे कागज, पेंसिल एवं प्राकृतिक रेशों से बनी वस्तुओं को प्रायः बाहर रखा जाता है।
- ❖ कण गणना उपकरण का प्रयोग करके कक्ष की श्रेणी का परीक्षण किया जाता है। पवन-वेगमापक उपकरण की सहायता से स्वच्छ कक्ष में पटलीय प्रवाह एवं वायु की गति को मापा जाता है। अधिकतर स्वच्छ कक्षों को अधिक दबाव में रखा जाता है, जिससे बहार की कण-युक्त वायु भीतर स्वच्छ कक्ष में प्रवेश न कर सके।

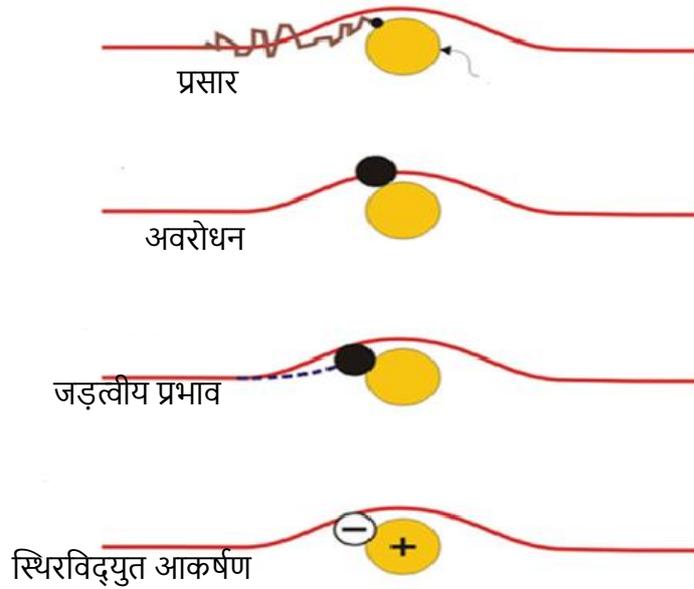
### छ) स्वच्छ कक्ष का प्रमुख तत्व : उच्च दक्षता कणिका वायु (हेपा) छत्री

हेपा छत्री स्वच्छ कक्ष का प्रमुख तत्व है। यह छत्री कांच (सिलिका, एल्यूमिना, कैल्शियम ऑक्साइड, बोरॉन ऑक्साइड, मैग्नीशियम ऑक्साइड आदि) के सूक्ष्म रेशे के पत्रक से बनी होती हैं, जो समग्र सतह क्षेत्र को बढ़ाने के लिए तैयार होते हैं। यह एक अत्यंत सूक्ष्म जाली के माध्यम से वायु को सशक्त रूप से संचार करवा कर कार्य करता है, जिससे पराग (पुष्प-रेणु), धूल के कण एवं तंबाकू के धुएं आदि हानिकारक कण फंस जाते हैं।



हेपा छत्री

इस प्रकार हेपा छत्री की छानने की क्रियाविधि 4 प्रकार की होती हैं, जैसा कि नीचे चित्र में दर्शाया गया है।



यहां एक सूची प्रस्तुत की जा रही है, जिसमें अन्य विभिन्न छत्रियों की भिन्न-भिन्न आकार वाले कणों के विरुद्ध प्रभावशीलता दर्शायी गयी है। अशरे एवं ईशरे आदि संगठनों ने वायु छत्रियों को उच्चतम संभव दक्षता में उन्नत करने की अनुशंसा की है।

न्यूनतम दक्षता सांकेतिक अंक (मर्व)	माइक्रोन में सामान्य कण आकार क्षमता
1-4	3.0 - 10.0 के लिए 20% से कम
5	3.0 - 10.0 के लिए 20% से कम अथवा समान
6	3.0 - 10.0 के लिए 35% से कम अथवा समान
7	3.0 - 10.0 के लिए 50% से कम अथवा समान
8	1.0 - 3.0 के लिए 20% से कम अथवा समान, 3.0 - 10.0 के लिए 70% से कम अथवा समान
9	1.0 - 3.0 के लिए 35% से कम अथवा समान, 3.0 - 10.0 के लिए 75% से कम अथवा समान
10	1.0 - 3.0 के लिए 50% से कम अथवा समान, 3.0 - 10.0 के लिए 80% से कम अथवा समान
11	0.3 - 1.0 के लिए 20% से कम अथवा समान, 1.0 - 3.0 के लिए 65% से कम अथवा समान, 3.0 - 10.0 के लिए 85% से कम अथवा समान
12	0.3 - 1.0 के लिए 35% से कम अथवा समान, 1.0 - 3.0 के लिए 80% से कम अथवा समान, 3.0 - 10.0 के लिए 90% से कम अथवा समान
13	0.3 - 1.0 के लिए 50% से कम अथवा समान, 1.0 - 3.0 के लिए 85% से कम अथवा समान, 3.0 - 10.0 के लिए 90% से कम अथवा समान
14	0.3 - 1.0 के लिए 75% से कम अथवा समान, 1.0 - 3.0 के लिए 90% से कम अथवा समान, 3.0 - 10.0 के लिए 95% से कम अथवा समान

15	0.3 - 1.0 के लिए 85% से कम अथवा समान, 1.0 - 3.0 के लिए 90% से कम अथवा समान, 3.0 - 10.0 के लिए 95% से कम अथवा समान
16	0.3 - 1.0 के लिए 95% से कम अथवा समान, 1.0 - 3.0 के लिए 95% से कम अथवा समान, 3.0 - 10.0 के लिए 95% से कम अथवा समान
17 (हेपा)	0.3 के लिए 99.97%

**ज) वास्तविक 10,000 श्रेणी के स्वच्छ कक्ष की छायाचित्र प्रदर्शनी**



वायु वर्षा संयंत्र



कक्ष द्वार



भूमि पर विशेष एपॉक्सी परत



उच्च दक्षता कणिका वायु (हेपा) छत्री

#### 4) निष्कर्ष

स्वच्छ कक्ष प्रौद्योगिकी के कारण विभिन्न नवीन उन्नत पदार्थों एवं उनका विनिर्माण, प्रसंस्करण संभव हो पाता है। तापमान एवं सापेक्षिक नमी के वातानुकूलन नियंत्रित क्षेत्र में कणों की संख्या सीमित करके उन्नत पदार्थों के उच्च गुणवत्तापूर्वक विनिर्माण की प्रक्रियाएं की जाती हैं। इन पदार्थों की विशिष्टताएं मानव जीवन में अपार संभावनाओं के द्वार खोलती हैं, जिनका उपयोग अंतरिक्ष अभियान, जैसे महत्वपूर्ण उद्देश्य की अनेक कठिनाइयों को दूर करने में अत्यंत सहायक सिद्ध होता है।

## 5) संदर्भ

[1] झांग एवं अन्य: जे. झांग, डी. हंटले, ए. फॉक्स, बी. गेरहार्ट, ए. वेटिन, जे. चर्न, (J. Zhang, D. Huntley, A. Fox, B. Gerhardt, A. Vatine, J. Cherne), आवासीय एच.वी.ए.सी. छत्रिओं के विषाणु निस्पंदन प्रदर्शन का अध्ययन (Study of viral filtration performance of residential HVAC filters), अशरे पत्रिका (ASHRAE J.) 62 (8) (2020) 26–32.

[2] कैरी एवं अन्य: कैरी ए. फॉल्कनर, जॉन ई. कैस्टेलिनी जूनियर, वांगडा ज़ूओ, डेविड एम. लोरेन्जेटी, माइकल डी. सोहन (Cary A. Faulkner, John E. Castellini Jr., Wangda Zuo, David M. Lorenzetti, Michael D. Sohn), कोविड -19 महामारी की अवधि में कार्यालय भवनों के लिए एच.वी.ए.सी. संचालन कार्यनीतियों की जांच (Investigation of HVAC operation strategies for office buildings during COVID-19 pandemic), भवन एवं पर्यावरण पत्रिका (Building and Environment J.) 207 (2022) 108519.

[3] पीस एवं अन्य: एल. एफ. पीस, एन. वांग, टी. आई. साल्सबरी, आर. एम. अंडरहिल, जे. ई. फ्लेहर्टी, ए. व्लाचोकोस्टास, जी. कुलकर्णी, डी. पी. जेम्स (L.F. Pease, N. Wang, T.I. Salsbury, R.M. Underhill, J.E. Flaherty, A. Vlachokostas, G. Kulkarni, D.P. James), केंद्रीय वायु संचार संयंत्र के माध्यम से संभावित एरोसोल संचरण तथा सार्स – सी.ओ.वी. – 2 की संक्रामकता की जांच (Investigation of potential aerosol transmission and infectivity of SARS-CoV-2 through central ventilation systems), भवन एवं पर्यावरण पत्रिका (Building and Environment J.) 197 (2021) 107633.

### लेखक परिचय:



श्री जितेश धमीजा, भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, मुंबई में अभियांत्रिकी सेवाएं वर्ग, तकनीकी सेवाएं प्रभाग में वैज्ञानिक अधिकारी-डी. के रूप में कार्यरत हैं। उनकी मातृ भाषा हिंदी एवं पंजाबी (मुल्लानी) है।

## रक्षा में आत्मनिर्भर भारत और उन्नत प्रणाली प्रयोगशाला का योगदान

मनोज कुमार साहू  
तकनीकी अधिकारी 'बी.'  
उन्नत प्रणाली प्रयोगशाला, हैदराबाद

संयुक्त राज्य अमरीका के पूर्व विदेश मंत्री हेनरी किसिंजर के सन्दर्भ से "एक राष्ट्र के कोई स्थायी मित्र या शत्रु नहीं होते, केवल हित होते हैं"। एक सक्षम देश जो रक्षा के क्षेत्र में आत्मनिर्भर हो वो, अपनी अपनी सीमाओं को शत्रु से सुरक्षित रख सकता है। साथ ही मैं यह भी कहना चाहूँगा की एक देश को दोस्त चुनने का अधिकार है, लेकिन उसे पड़ोसियों के साथ रहना पड़ता है। एशियाई उपमहाद्वीप क्षेत्र में भारतीय प्रभाव, स्थिरता और व्यापार हमारी सैन्य क्षमता पर निर्भर करता है। सैन्य क्षमता रक्षा प्रौद्योगिकी पर निर्भर करती है। रक्षा प्रौद्योगिकी की कमी से किसी भी देश को असहज निर्णय लेने पड़ सकते हैं। तकनीकी रूप से उन्नत देशों से हथियार लेना और मजबूरन सहयोगी बनाना पड़ सकता है। वर्तमान में रूस और यूक्रेन युद्ध इसका जीता जागता उदाहरण है, जहां रूस युद्ध को 2 - 3 सप्ताह में अंत करने की सोच रहा था, वहीं यूक्रेन अमरीका और पश्चिमी देशों से उन्नत हथियार मांग कर युद्ध को एक पक्षीय नहीं होने दे रहा। ऐसा हम सभी जानते हैं कि अमेरिका और रूस विश्व की प्रमुख दो महाशक्ति हैं और रूस भी दुनिया के बहुत से देशों को हथियार निर्यात करता है। रक्षा सहयोग में भारत भी रूस का मुख्य सहयोगी है लेकिन तकनीकी बढ़त और नवीनतम प्रौद्योगिकी ही युद्ध में आपको आगे रख सकती है। इसी निर्भरता को कम करने के लिए माननीय प्रधान मंत्री जी ने आत्म निर्भर भारत अभियान का आरम्भ किया है।



माननीय प्रधान मंत्री श्री नरेंद्र मोदी जी ने भारत की विकास गाथा को परिभाषित करने वाले "आत्मनिर्भर भारत" और "मेक इन इंडिया" के लिए आह्वान और 2024 तक भारत को 5 ट्रिलियन डॉलर अर्थव्यवस्था बनाने का सपना पूरा करने पर बल दिया गया है। यह पूरी कवायद महात्मा गांधी के स्वदेशी आंदोलन को आगे बढ़ाने के मकसद से की जा रही है। अर्थव्यवस्था पर कोरोना महामारी की मार के साथ-साथ पाक और चीन का प्रभाव रक्षा खर्चों को प्रभावित कर सकता था। हालांकि, अर्थव्यवस्था के समक्ष चुनौती के बावजूद रक्षा मंत्रालय ने आत्मनिर्भरता की दिशा में उल्लेखनीय काम किया है। रक्षा क्षेत्र में स्वदेशी उद्योग को बढ़ावा देने के प्रयास किए जा रहे हैं।

उल्लेखनीय है कि देश की विदेशी मुद्रा का एक बड़ा हिस्सा रक्षा उपकरणों की खरीद में खर्च होता है। यदि देश में अधिकाधिक रक्षा उत्पादों के निर्माण पर बल दिया जाए, तो यह देश हित में होगा। यह इसलिए भी आवश्यक है क्योंकि कई बार काफी विदेशी मुद्रा खर्च करने के बावजूद हमारी सेनाओं को आवश्यक रक्षा सामग्री समय पर उपलब्ध नहीं हो पाती है। साथ ही ध्यान देने वाली बात है कि वही खर्च हम देश में करें तो

भारतीय उद्योग और रोजगार सृजित होंगे। वर्तमान सरकार के कार्यकाल में रक्षा सौदों को अंतिम रूप देने काम कहीं और अधिक तत्परता से हो रहा है। आज की आवश्यकता रक्षा सामग्री का आयात नहीं, बल्कि निर्यातक बनना है। 5 -10 सालों में भारत ऐसे शीर्ष 10 देशों में स्थान बनाकर रक्षा उत्पादों में अपना निर्यात बढ़ाये और यह तभी संभव होगा, जब भारत मिसाइलों की भांति में ना सिर्फ विश्व स्तरीय लड़ाकू विमान, टैंक तथा पनडुब्बियों बनाने में महारत हासिल करे, बल्कि छोटे हथियारों के निर्माण में भी दक्ष हो।

भारत के रक्षा क्षेत्र को आत्मनिर्भर बनाने के लिए सरकार ने तीन 'सकारात्मक स्वदेशीकरण सूची' (पॉजिटिव इंडिजिनाइज़ेशन लिस्ट) की अधिसूचना जारी की। इन सूचियों में 310 वस्तुएं शामिल हैं।



केंद्र सरकार ने औद्योगिक लाइसेंसिंग प्रक्रिया का सरलीकरण और लाइसेंस की लंबी वैधता अवधि, भारत में प्रत्यक्ष विदेशी निवेश (एफ.डी.आई.) की नीति के उदारीकरण के तहत 74 प्रतिशत एफ.डी.आई. को ऑटोमेटिक रूट के जरिए अनुमति, जैसे फैसले भी लिए हैं। रक्षा क्षेत्र में आत्मनिर्भरता से जुड़े कुछ अन्य उल्लेखनीय फैसले-

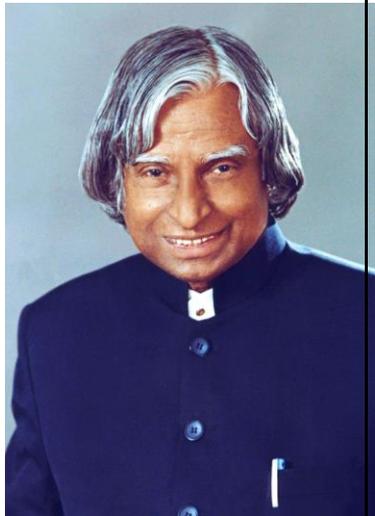
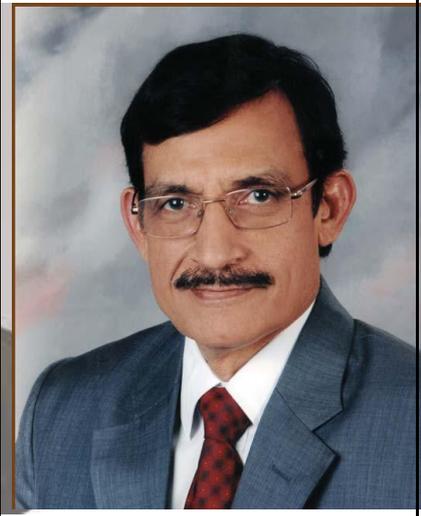
- 'मेक' प्रक्रिया का सरलीकरण
- रक्षा उत्कृष्टता (iDEX) के लिए नवाचारों का शुभारंभ
- स्टार्ट-अप के साथ-साथ सूक्ष्म, लघु और मध्यम उद्योग एम.एस.एम.ई. को शामिल करने वाली योजना
- सार्वजनिक खरीद आदेश 2017 (पब्लिक प्रोक्योरमेंट ऑर्डर 2017) का कार्यान्वयन
- ऑफसेट नीति में सुधार, निवेश को आकर्षित करने और रक्षा निर्माण के लिए प्रौद्योगिकी हस्तांतरण पर जोर।

रक्षा मंत्रालय ने शुरू किया सृजन (SRIJAN): भारतीय उद्योग जगत में स्वदेशीकरण की सुविधा के लिए एक पोर्टल का शुभारंभ भी किया गया है, जिसे सृजन नाम दिया गया है। रक्षा मंत्रालय के पोर्टल सृजन का शुभारंभ अगस्त, 2020 में किया गया था। सृजन 'वन स्टॉप शॉप' ऑनलाइन पोर्टल है। यहां वेंडर्स (कंपनियों) को ऐसे सामानों की जानकारी मिलती है, जिनका स्वदेशीकरण किया जा सकता है। इसके अलावा उत्तर प्रदेश और तमिलनाडु में दो रक्षा औद्योगिक गलियारों की स्थापना भी की गई है। अगस्त 2020 में रक्षा मंत्रालय के आत्मनिर्भर सप्ताह समारोह के दौरान सृजन पोर्टल के शुभारंभ के मौके पर रक्षा मंत्री राजनाथ सिंह ने कहा था, देश को नई ऊंचाइयों पर ले जाने के लिए उद्योग, शिक्षा क्षेत्र, शोध एवं विकास, प्रबंधन, कार्यबल और तकनीक क्षेत्र की एकजुटता को बढ़ावा मिल रहा है। उन्होंने कहा था कि आत्मनिर्भर भारत सप्ताह, आत्मनिर्भरता के नए दौर की शुरुआत है।

The screenshot shows the official website of the Department of Defence Production, Government of India. The page is titled 'OPPORTUNITIES FOR MAKE IN INDIA DEFENCE' and features a navigation menu with options like 'ABOUT US', 'HOW TO PARTICIPATE', 'DASHBOARD', 'DOCUMENTATION', 'ACTIVITIES', 'RELATED LINKS', 'LOGIN', 'CONTACT US', and 'SITEMAP'. A search bar is present with a search button and a 'How to Search' link. The main content area displays 'Third Positive Indigenization List' and a list of items, including '1. DDP notified the DPSUs Third Indigenization list'. A filter section shows 'Filter/Search Results 7665 items' and 'Total Imported Items :- 23618'. The estimated import value for 2022-23 is listed as 35249 million Rs. There are also links for 'Indigenised items from PILs' and 'More details'.

## अग्नि के स्तंभ

आज़ादी के अमृत महोत्सव पर्व पर हम सभी अपने महान स्वतंत्रता सेनानियों, महानायकों और क्रांतिवीरों को याद कर रहे हैं, जिन्होंने देश की स्वतंत्रता के लिए सर्वोच्च बलिदान दिया। आज देश विकास के रथ पर सवार है जहाँ हम आत्मनिर्भर बन रहे हैं। इन्हीं कड़ियों को जोड़ते हुए मैं यहाँ डी.आर.डी.ओ. के प्रमुख वैज्ञानिक और अग्नि मिसाइल के शिल्पी कार, मिसाइलमैन डॉ. ए.पी.जे. अब्दुल कालम, श्री आर.एन. अग्रवाल और डॉ. अविनाश चन्दर का विशेष उल्लेख करना चाहता हूँ। जिनके अथक प्रयास से आज भारत ने रक्षा के क्षेत्र में अपनी लम्बी दूरी की मिसाइल क्षमता में आत्मनिर्भरता और एक महाशक्ति के रूप अपने को स्थापित किया है।

		
डॉ. ए.पी.जे. अब्दुल कलाम	श्री आर.एन. अग्रवाल	डॉ. अविनाश चन्दर

'मिसाइल मैन' कहे जाने वाले डॉ. अब्दुल कलाम साहब (डॉक्टर अबुल पाकिर जैनुल्लाब्दीन अब्दुल कलाम) ने उम्र भर देश की सेवा की। अपने ज्ञान के माध्यम से उन्होंने देश को कई मिसाइल दी और देश को शक्तिशाली बनाया। उन्होंने भारत को सुरक्षित बनाने की दृष्टि से पृथ्वी, अग्नि जैसी मिसाइलें दीं। ज्ञान विज्ञान के क्षेत्र में विख्यात रहे कलाम साहब देश को शक्तिशाली एवं आत्म निर्भर बनाना चाहते थे। इन्होंने देश के युवाओं का समय-समय पर मार्गदर्शन दिया। डॉ. ए.पी.जे. अब्दुल कलाम को बच्चों से बहुत अधिक स्नेह था। वे हमेशा

अपने देश के युवाओं को अच्छी सीख देते रहे, उनका कहना था युवा चाहें तो पूरा देश बदल सकते हैं। डॉ. ए.पी.जे. कलाम को भारतीय प्रक्षेपास्त्र में पितामह के रूप जाना जाता है। उन्होंने अपने उद्घोष एवं अपनी किताबों के ज़रिये युवाओं का मार्गदर्शन किया है।

### भारत अग्नि मिसाइल कार्यक्रम के जनक - श्री राम नारायण अग्रवाल

श्री राम नारायण अग्रवाल मिसाइल वैज्ञानिक और भारत के एयरोस्पेस इंजीनियर हैं, जिन्हें भारत की सतह से सतह पर मार करने वाली "अग्नि श्रृंखला के मिसाइलों के कार्यक्रम के जनक" नाम से जाना जाता है। 1982 में डॉ. कलाम के, डी.आर.डी.एल., के निदेशक के रूप में शामिल होने से पहले भी श्री आर.एन. अग्रवाल उन मिसाइलों के लिए प्रौद्योगिकी विकास पर काम कर रहे थे, जिनका बाद में अग्नि मिसाइलों में इस्तेमाल किया गया था। डी.आर.डी.ओ., अग्नि मिसाइल परियोजना प्रमुख श्री आर.एन. अग्रवाल 31 जुलाई 2005 को अग्नि परियोजना के कार्यक्रम निदेशक के रूप में काम करने के 22 वर्षों के बाद सेवानिवृत्त हुए। उन्हें वर्ष 2004 में लंबी दूरी की "मिसाइल प्रणालियों के विकास और स्थापना के लिए" डी.आर.डी.ओ. के लाइफटाइम अचीवमेंट पुरस्कार से सम्मानित किया गया। उन्हें भारत के मिसाइल क्षेत्र में 'अग्नि' अग्रवाल कहा जाता था। वह इस सबसे महत्वाकांक्षी मिसाइल परियोजना में पहले दिन से ही शामिल रहे हैं, जिसे हर बार एक नए विकास की घोषणा होने पर अंतरराष्ट्रीय आकर्षण मिलता है। जुलाई 1983 में जब भूतकालीन प्रधानमंत्री श्रीमती इंदिरा गांधी ने आई.जी.एम.डी.पी. की शुरुआत की तो श्री अग्रवाल को अग्नि के लिए परियोजना निदेशक नियुक्त किया गया। छह साल के भीतर अग्नि-प्रौद्योगिकी प्रदर्शनकारी परियोजना की टीम अपनी पहली उड़ान के लिए मिसाइल के साथ तैयार हो गई थी। लेकिन उड़ान को दो बार स्थगित करना पड़ा - पहले 20 अप्रैल, 1989 को और फिर 1 मई, 1989 को। आखिरकार 22 मई, 1989 को उड़ीसा के बालासोर के पास चांदीपुर में अंतरिम परीक्षण रेंज से आसमान को चीरती हुई इस मिसाइल का सफल परिक्षण किया गया। देश इस मध्यवर्ती दूरी की बैलिस्टिक मिसाइल (आई.आर.बी.एम.) के प्रक्षेपण के लिए तत्पर था। डॉ कलाम ने खुद अपनी आत्मकथा "विंग्स ऑफ फायर" अग्नि मिसाइल के विकास का श्रेय श्री राम नारायण अग्रवाल को दिया है।

प्रमुख सम्मान: इंडियन नेशनल एकेडमी ऑफ इंजीनियरिंग एंड एयरोनॉटिकल सोसाइटी ऑफ इंडिया में फेलो मेंबरशिप पुरस्कार, वर्ष 1990 में पद्मश्री, वर्ष 2000 में पद्म भूषण, एयरो सोसायटी ऑफ इंडिया से डॉ बीरिन रॉय स्पेस साइंस अवार्ड (1990), साइंटिस्ट ऑफ द इयर अवार्ड (1993), डी.आर.डी.ओ. प्रौद्योगिकी नेतृत्व पुरस्कार (1998), चंद्रशेखर सरस्वती नेशनल एमिनेंस अवार्ड फॉर साइंस (2000), लाइफ टाइम अचीवमेंट अवार्ड (2004)।

### डॉक्टर अविनाश चन्दर

राष्ट्रीय प्रतिरक्षा को सुदृढ़ बनाने के लिए आपके द्वारा किये गए बहुमूल्य योगदान को मान्यता प्रदान करते हुए भारत सरकार ने आपको पद्म श्री से सम्मानित किया। डॉ अविनाश चंदर बैलिस्टिक मिसाइल सिस्टम की अग्नि श्रृंखला के मुख्य वास्तुकार थे। आप ने लम्बी दूरी की बैलिस्टिक मिसाइलों के लिए आवश्यक कार्यनीतियों की संकल्पना प्रस्तुत की तथा उसे विकसित किया एवं भारत को पांच उन्नत राष्ट्रों की विशिष्ट श्रेणी में लाने के लिए राष्ट्रीय गौरव "5000+ किमी रेंज की अग्नि -5 सामरिक आयुध प्रणाली" को सफलतापूर्वक विकसित करने के कार्यक्रम को नेतृत्व किया तथा सशस्त्र बलों को अत्याधुनिक, निर्णायक रणनीतिक आयुध प्रणालीयां उपलब्ध कराने के लिए अग्नि श्रृंखला की मिसाइल प्रणालियों अग्नि ए 1, ए 2, ए 3, ए 4 और ए 5 के अभिकल्पन तथा विकास की प्रक्रिया को अपना नेतृत्व प्रदान किया है। अत्यधिक प्रतिबंधात्मक अंतरराष्ट्रीय नियंत्रण व्यवस्थाओं में अग्नि रेंज की मिसाइलों का विकास आपके प्रौद्योगिकीय पूर्वानुमान, योजना और अथक प्रयासों से ही संभव हुआ। उन्होंने अग्नि मिसाइलों के विभिन्न वर्गों के उत्पादन के लिए बुनियादी ढांचे, उद्योग आधार, उत्पादन लाइन और एकीकरण सुविधाओं का निर्माण किया। आपके नेतृत्व में डी.आर.डी.ओ. ने ठोस नोदन, कम्पोजिट राकेट मोटर, पुनः प्रवेशी कार्बन सम्मिश्र, ऊष्मा परिरक्षक, उन्नत उच्च परिशुद्धतायुक्त, मार्गदर्शन प्रणाली, प्लेक्स नोजल नियंत्रण प्रणाली, उच्च क्षमता वाले वास्तविक काल अभिकलन तकनीक जैसे, व्यापक अनुसन्धान कार्यों का निष्पादन किया तथा अत्याधिक महत्त्वपूर्ण प्रौद्योगिकियों को स्वदेश में विकसित किया। इनरर्शियल

नेविगेशन और मार्गदर्शन प्रणालियों में उनके अनुसंधान ने लंबी दूरी की मिसाइल प्रणालियों के लिए महत्वपूर्ण योगदान दिया है। आपने मिसाइल काम्प्लेक्स प्रयोगशालाओं के लिए प्रौद्योगिकीय कार्य योजना निर्धारित की है तथा उन्नत नौसंचालन प्रणालियों, ऑनबोर्ड कम्प्यूटरों, सर्वो वाल्वों तथा टोही उपकरणों के क्षेत्र में अनुसंधान तथा विकास कार्य का नेतृत्व किया है। 31 जुलाई, 2005 को ए.एस.एल. के निदेशक के रूप में श्री आर.एन. अग्रवाल की सेवानिवृत्ति के बाद श्री अविनाश चंद्र को ए.एस.एल. का निदेशक नियुक्त किया गया। डॉ अविनाश चंद्र 01 -06 -2013 से 31 -01 -2015 रक्षा मंत्री के वैज्ञानिक सलाहकार और डी.आर.डी.ओ. प्रमुख रहे। आइ.आइ.टी. दिल्ली के छात्र रहे श्री अविनाश चंद्र को सम्मान स्वरूप निम्नलिखित पुरस्कार प्राप्त हुए:

सम्मान: पद्म श्री, डी आर डी ओ वैज्ञानिक अवार्ड 1989, एस्ट्रोनॉटिकल सोसाइटी ऑफ़ इंडिया 1997, अग्नि सेल्फ -रिलायंस अवार्ड 1999, डॉ बिरेन रॉय स्पेस साइंस अवार्ड 2000, फेलो - इंडियन नेशनल अकाडेमी ऑफ़ इंजीनियरिंग, आर्यभट अवार्ड और एमिनेंट इंजीनियर अवार्ड 2016 आदि।

### उन्नत प्रणाली प्रयोगशाला का आत्मनिर्भर भारत के लिए योगदान

एडवांस्ड सिस्टम्स लेबोरेटरी (एएसएल), हैदराबाद, जो डी.आर.डी.ओ. की एक इकाई है। उन्नत प्रणाली प्रयोगशाला तकनीकी रूप से सबसे उन्नत प्रयोगशालाओं में से एक है। यह प्रयोगशाला मिसाइल क्लस्टर की प्रमुख प्रयोगशाला में से है। मुख्य रूप से लम्बी दूरी की सामरिक मिसाइल का विकास एवं निर्माण किया जाता है। इसके लिए उच्च तकनीक वाली प्रणोदन प्रणाली, उन्नत कम्पोजिट प्रणाली एवं उच्च तकनीकी वाले एविऑनिक्स प्रणालियों का डिज़ाइन एवं विकास किया गया है। अग्नि मिसाइल का मुख्य उद्देश्य वायुमंडल में पुनः प्रवेश और मिसाइल नियंत्रण तथा मार्गदर्शन प्रणाली (कंट्रोल एंड गाइडेंस) को प्रमाणित करना है। इसमें स्ट्रैप डाउन इनर्शियल गाइडेंस प्रणाली (स्ट्रैप डाउन इनर्शियल गाइडेंस) हैं, मुखर मार्गदर्शन के साथ, जो विश्व में अपनी तरह का प्रथम प्रयास है। यह मिसाइल अपने पुनः प्रवेश चरण में अपने वारहेड को अत्यधिक तापमान और वायुमंडलीय घर्षण से बचाने के लिए कार्बन कम्पोजिट संरचना का उपयोग करती है। अग्नि - 1 के प्रायोगिक परीक्षणों ने लम्बी दूरी की तकनीकों को प्रमाणित किया। अग्नि की सारी प्रणालियाँ स्वदेश निर्मित हैं। अग्नि प्रणाली स्ट्रैप डाउन इनर्शियल गाइडेंस तथा जी.पी.एस. से सुसज्जित है। पूरी तरह प्रमाणित पुनः प्रवेश तकनीकी सभी अग्नि प्रणालियों में हैं। ये अत्यंत आधुनिक कम भार वाले कम्पोजिट पदार्थों से संरचित पुनः प्रवेश वाहन हैं।

अग्नि - 5 का प्रयोग बेहद आसान है। इसे सड़क के मोबाइल लांचर द्वारा देश के किसी भी कोने से प्रक्षेपित किया जा सकता है। यही नहीं अग्नि - 5 की प्रक्षेपण प्रणाली में कैनिस्टर तकनीकी का प्रयोग किया गया है। इस वजह से इस मिसाइल को कहीं भी बड़ी आसानी से ले जाया जा सकता है। इस मिसाइल के विकास से भारत की गिनती उन चुनिंदा देशों में होगी जिनके पास आइ.सी.बी.एम. है। भारत से पहले कुछ पांच देश ही हैं, जिनके पास यह मिसाइल तकनीक है। वे हैं अमरीका, रूस, फ्रांस, इंग्लैंड और चीन। यह मिसाइल भारतीय सेनाओं को सौंप दी जाएगी।

जून 2011 में डॉ. वी.जी. सेकरन ने ए.एस.एल. के निदेशक और बाद में डी.जी. (एम.एस.एस.) सितंबर 2013 में नियुक्त किया गया था। अग्नि मिसाइल शृंखला के विकास में डॉ टेसी थॉमस, डॉ. आर.के. गुप्ता, डॉ. के. जयरामन, तत्कालीन निदेशक डॉ. एम. राम मनोहर बाबू, श्री जी. रामागुरु, श्री पी.वी.जी. ब्रह्मानंदम का उल्लेखनीय योगदान रहा है। वर्तमान निदेशक डॉ. एम. राम मनोहर बाबू, गुणवत्ता आश्वासन एवं परीक्षण अवसंरचना में विशेषज्ञ हैं और उनके मार्गदर्शन से इसी वर्ष अग्नि -5 का नाईट टेस्ट और अग्नि 1 प्राइम (न्यू जेनरेशन अग्नि मिसाइल) का सफल परीक्षण हुआ। साथ ही उन्नत मोटर मार्क -2 का सफल परीक्षण हुआ। जो देश को रक्षा क्षेत्र में आत्मनिर्भरता और नई स्वदेशी प्रणाली से विश्व के अग्रणी देशों में भारत की स्थिति सुनिश्चित करता है। इसके लिए उन्नत प्रणाली प्रयोगशाला की सभी परियोजना निदेशक, तकनीकी निदेशक, वैज्ञानिक, तकनीकी अधिकारी और कर्मचारियों की भूमिका भी सराहनीय है।

**निष्कर्ष:** भविष्य के युद्ध को प्रौद्योगिकी द्वारा आकार दिया जाएगा तथा तकनीक में श्रेष्ठता भविष्य की लड़ाइयों के परिणाम को निर्धारित करेगी। एडवांस्ड सिस्टम्स लेबोरेटरी (ए.एस.एल.), हैदराबाद, डी.आर.डी.ओ. की एक इकाई है, जो सबसे उन्नत प्रयोगशालाओं में से एक है। उच्च तकनीक वाली प्रणोदन प्रणाली, उन्नत कम्पोजिट प्रणाली एवं उच्च तकनीक वाली एविऑनिक्स प्रणालियों का डिज़ाइन एवं विकास किया गया है। अग्नि मिसाइल का मुख्य उद्देश्य वायुमंडल में पुनः प्रवेश और मिसाइल नियंत्रण तथा मार्गदर्शन प्रणाली (कंट्रोल एंड गाइडेंस) को प्रमाणित करना है। तकनीक आत्मनिर्भरता (सेल्फ रिलायंस) जैसे की रक्षा प्रौद्योगिकियों का देश में ही विकास आवश्यक है। जिससे हमें उन्नत राष्ट्रों के आगे हाथ नहीं फैलाने पड़ेंगे। हम अपनी विदेश नीति निर्धारित कर सकेंगे और प्रौद्योगिकी इंकार (टेक्नोलॉजी डिनायल) के खिलाफ़ प्रतिरक्षा स्थापित कर सकेंगे। हिंद महासागर में प्रभुत्व स्थापित करना, सुरक्षित जहाज मार्गों को सुनिश्चित करना ये सब संभव है और डी.आर.डी.ओ. देश की रक्षा तकनीक आत्मनिर्भरता की ओर दृढ़ता से बढ़ रहा है। चीन और पाकिस्तान के नापाक इरादों को विफल कर रहा है। हमारे मिसाइल मैनेजर्स डॉ. ए.पी.जे. अब्दुल कलाम ने कहा है “जब तक भारत दुनिया के सामने खड़ा नहीं होता, कोई भी हमारा सम्मान नहीं करेगा। इस दुनिया में, डर का कोई स्थान नहीं है। केवल बल ही बल का सम्मान करता है।

### स्रोत :

1. [www.drdo.gov.in](http://www.drdo.gov.in)
2. [www.wikipeida.org](http://www.wikipeida.org)
3. अखिल भारतीय वैज्ञानिक और तकनीकी राजभाषा संगोष्ठी 2017, डी आर डी ओ प्रयोगशालाएं, हैदराबाद
4. डी आर डी ओ समाचार जून 2013 एवं अगस्त 2013

### लेखक परिचय:



मनोज कुमार साहू, तकनीकी अधिकारी 'बी' उन्नत प्रणाली प्रयोगशाला, हैदराबाद ने 2007 में वरिष्ठ तकनीकी सहायक 'बी' पद ग्रहण किया। तब से लेकर अब तक 20 से अधिक लेख राष्ट्रीय और अंतर्राष्ट्रीय संगोष्ठी में प्रस्तुत किये हैं। हिंदी में विशेष रूचि रही और विगत वर्षों से कार्यालय गृह प्रत्रिका और हिंदी प्रचार के लिए हमेशा योगदान दिया है। आपने ने जीव विज्ञान और पुस्तकालय सूचना विज्ञान में प्रथम श्रेणी से स्नातकोत्तर की है साथ ही यू जी सी नेट योग्यता प्राप्त की हुई है। लाइब्रेरी ऑटोमेशन और नेटवर्किंग में पोस्ट ग्रेजुएट डिप्लोमा हैदराबाद यूनिवर्सिटी से किया है। वर्तमान में अग्नि - 5 मिसाइल परियोजना टीम में कार्यरत हैं।

## वर्तमान में बढ़ती अंतरिक्ष गतिविधियों एवं उनके व्यावसायीकरण के लिए उपलब्ध अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष कानून तथा उनके निहितार्थ

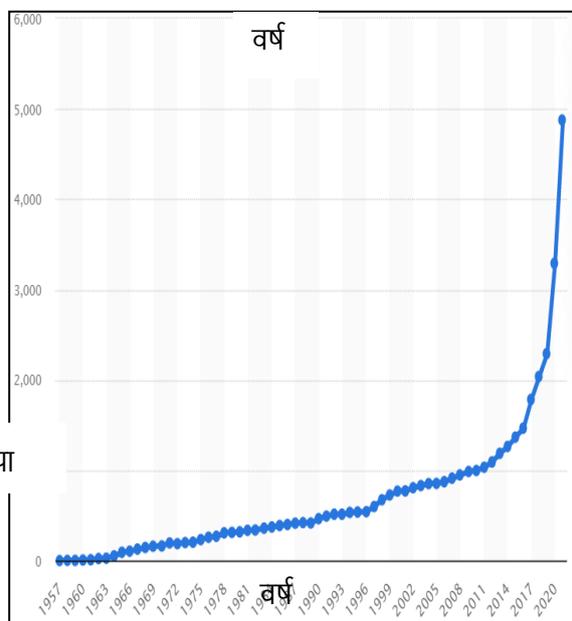
विक्रम सिंह मिर्धा, अप्पन्ना जी., अक्षय पाठक

वैज्ञानिक/अभियान्ता- एस.डी., समूह प्रमुख-एस.आर., वैज्ञानिक/अभियान्ता- एस.डी.  
एस.डी.एस.सी., शार

स्टीफन हॉकिंग के अनुसार-“मानव जाति का दीर्घकालिक भविष्य अंतरिक्ष में है तथा मानव जाति का लंबे समय तक जीवित रहने का एकमात्र रास्ता अंतरिक्ष में जाना है, सिर्फ पृथ्वी ग्रह तक सीमित रहना नहीं।” उपग्रह उद्योग एसोसिएशन के एक अनुमान के अनुसार, वैश्विक अंतरिक्ष उद्योग 2004 में 85 खरब रुपये से बढ़कर 2022 में अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी में लगभग 10,000 कंपनियों का संयुक्त योग 3300 खरब रुपये से अधिक हो गया है। ये आंकड़े उपग्रहों एवं गैर-उपग्रह पहलू दोनों को अंतरिक्ष उद्योग में सम्मिलित करके हैं। बाह्य अंतरिक्ष गतिविधियों के साथ व्यावसायीकरण के आंकड़े का घातीय दर से बढ़ना अपेक्षित है। अधिक से अधिक राष्ट्र एवं निजी उपक्रम न सिर्फ आकर्षक अंतरिक्ष व्यापार अपितु अंतरिक्ष संसाधनों के लिए भी उत्सुक हैं। अधिक निजी भागीदारी द्वारा संचालित अंतरिक्ष गतिविधियों में प्रतिस्पर्धा के कारण सीमित प्राकृतिक संसाधनों का दोहन होना स्वाभाविक है। एक प्रश्न जो अनिवार्य रूप से उठता है कि क्या बाह्य अंतरिक्ष पर वर्तमान अंतरराष्ट्रीय कानून, राष्ट्रों के संप्रभुत्व एवं उनके निजी उपक्रमों की अंतरिक्ष गतिविधियों के आर्थिक हितों में प्रतिस्पर्धा से उत्पन्न होने वाली समस्याओं से निपटने के लिए सक्षम है ?

### प्रस्तावना

अंतरिक्ष अन्वेषण एक राष्ट्र-प्रधान गतिविधि के रूप में शुरू हुआ, लेकिन व्यावसायीकरण के कारण यह दृश्य परिवर्तित हो गया है। बाह्य अंतरिक्ष की भौतिक विशेषताओं के कारण अंतरिक्ष गतिविधियां स्वाभाविक रूप से अंतरराष्ट्रीय प्रकृति की होती हैं। जब उपग्रहों को कक्षा में स्थापित किया जाता है तो कोई अंतरराष्ट्रीय सीमा नहीं होती है। चंद्रमा एवं अन्य खगोलीय पिंडों सहित बाह्य अंतरिक्ष की खोज एवं उपयोग पर पूरी मानव जाति का अधिकार है, इसीलिए बाह्य अंतरिक्ष मामले सिर्फ राष्ट्रीय विनियोग एवं संप्रभुता के दावों के अधीन नहीं है।



अधिक से अधिक राष्ट्र एवं निजी उपक्रम आकर्षक अंतरिक्ष व्यापार के लिए उत्सुक हैं। आर्थिक प्रोत्साहन द्वारा संचालित अंतरिक्ष गतिविधियों में अधिक निजी भागीदारी एवं उनमें प्रतिस्पर्धा के फलस्वरूप प्राकृतिक संसाधनों का अत्यधिक दोहन होना स्वाभाविक है। इस स्थिति में यह प्रश्न उठता है कि क्या वर्तमान कानूनी संरचना राष्ट्र आधारित गतिविधियों से निजी उपक्रमों के वर्चस्व वाली गतिविधियों में आने वाले परिवर्तनों के लिए सक्षम है या नहीं ?

बाह्य अंतरिक्ष के शांतिपूर्ण उपयोग की समिति (सी.ओ.पी.यू.ओ.एस.) ही अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष कानून के विकास का मंच है। इस समिति ने अंतरिक्ष से संबंधित गतिविधियों पर पांच अंतरराष्ट्रीय संधियों एवं पांच सिद्धांतों को पारित किया है। संयुक्त राष्ट्र बाह्य अंतरिक्ष मामलों का कार्यालय इन सभी संधियों एवं सिद्धांतों से संबंधित सभी मामलों का ध्यान रखता है।

**संधियां:**

ये संधियां समान्यतया संयुक्त राष्ट्र की अंतरिक्ष संधियां कहलाती हैं, जो कि निम्नलिखित हैं:

- बाह्य अंतरिक्ष संधि (1965): "चंद्रमा एवं अन्य खगोलीय पिंडों सहित बाह्य अंतरिक्ष की खोज एवं उपयोग में राष्ट्रों की गतिविधियों को नियंत्रित करने वाले सिद्धांतों पर संधि"। यह संधि हस्ताक्षरकर्ता राष्ट्रों (2019 में 108 राष्ट्र) के लिए अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष कानून की नींव है। संधि अंतरिक्ष अन्वेषण एवं संचालन के लिए सिद्धांत प्रस्तुत करती है:
  - अंतरिक्ष गतिविधियां सभी राष्ट्रों के लाभ के लिए हैं, कोई भी देश किसी भी कक्षा एवं उससे आगे की शोध के लिए स्वतंत्र है।
  - अंतरिक्ष में संप्रभुता का कोई दावा नहीं है, कोई भी राष्ट्र अंतरिक्ष, चंद्रमा या किसी अन्य खगोलीय पिंड का स्वामित्व प्राप्त नहीं कर सकता है।
  - सामूहिक विनाश के शस्त्र किसी कक्षा में या उसके बाहर निषिद्ध हैं, एवं चंद्रमा, ग्रहों एवं अन्य खगोलीय पिंडों का उपयोग केवल शांतिपूर्ण उद्देश्यों के लिए किया जा सकता है।
  - किसी भी राष्ट्र का कोई भी अंतरिक्ष यात्री "मानव जाति का दूत" होता है एवं हस्ताक्षरकर्ता राष्ट्रों को आवश्यकता पड़ने पर अंतरिक्ष यात्रियों को हर संभव सहायता प्रदान करनी चाहिए, चाहे उसमें किसी विदेशी देश या समुद्र में आपातकालीन लैंडिंग ही सम्मिलित क्यों न हो।
  - हस्ताक्षरकर्ता राष्ट्र निजी वाणिज्यिक प्रयासों सहित अपनी अंतरिक्ष गतिविधियों के लिए उत्तरदायी हैं तथा उन्हें प्राधिकरण एवं निरंतर पर्यवेक्षण प्रदान करना चाहिए।
  - राष्ट्र अपने अंतरिक्ष पिंडों के कारण हुई हानि के लिए उत्तरदायी हैं एवं उन्हें अंतरिक्ष एवं आकाशीय पिंडों को दूषित करने से बचना चाहिए।
- अंतरिक्ष यात्रियों के बचाव पर समझौता, अंतरिक्ष यात्रियों की वापसी एवं बाह्य अंतरिक्ष में स्थापित की गई वस्तुओं की वापसी (अंतरिक्ष यात्री बचाव समझौता 1968)
- अंतरिक्ष वस्तुओं के कारण होने वाली हानि के लिए अंतरराष्ट्रीय दायित्व पर कन्वेंशन (दायित्व कन्वेंशन 1972)
- बाह्य अंतरिक्ष में शुरू की गई वस्तुओं के पंजीकरण पर कन्वेंशन (पंजीकरण कन्वेंशन 1975)
- चंद्रमा एवं अन्य खगोलीय पिंडों पर राष्ट्रों की गतिविधियों को नियंत्रित करने वाला समझौता (चंद्रमा समझौता 1979)

**अन्तरिक्ष के पांच सिद्धांत:**

- "कानूनी सिद्धांतों की घोषणा": बाह्य अंतरिक्ष के अन्वेषण एवं उपयोग में राष्ट्रों की गतिविधियों को नियंत्रित करने वाले कानूनी सिद्धांतों की घोषणा (1963)
- "प्रसारण सिद्धांत": अंतरराष्ट्रीय प्रत्यक्ष टेलीविजन प्रसारण के लिए कृत्रिम पृथ्वी उपग्रहों के राष्ट्रों द्वारा उपयोग को नियंत्रित करने वाले सिद्धांत (1982)
- "सुदूर संवेदन सिद्धांत": बाह्य स्पेस से पृथ्वी के सुदूर संवेदन (रिमोट सेंसिंग) से संबंधित सिद्धांत (1986)
- "परमाणु ऊर्जा स्रोत सिद्धांत": बाह्य अंतरिक्ष में परमाणु ऊर्जा स्रोतों के उपयोग के लिए प्रासंगिक सिद्धांत (1992)
- "लाभ घोषणा सिद्धांत": लाभ के लिए एवं सभी राष्ट्रों के हित में बाह्य अंतरिक्ष की खोज एवं उपयोग में अंतरराष्ट्रीय सहयोग पर घोषणा (विकासशील देशों की जरूरतों को विशेष रूप से ध्यान में रखते हुए 1996)

परंतु ये सभी सिद्धांत सीमित होने के साथ-साथ गैर-बाध्यकारी हैं।

बाह्य अंतरिक्ष संधि (1965) को अंतरिक्ष का "संविधान" माना जाता है क्योंकि यह कुछ महत्वपूर्ण सिद्धांतों को निर्धारित करती है जिन्हें प्रथागत अंतरराष्ट्रीय कानून के रूप में माना जाता है। हालाँकि, ये पाँच अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष संधियाँ ऐसे समय में तैयार की गई थीं, जब अंतरिक्ष गतिविधियाँ पूर्ण रूप से राष्ट्रों के द्वारा प्रबंधित थीं।

अंतरिक्ष गतिविधियों के व्यावसायीकरण की प्रतिस्पर्धा से निपटने के लिए क्या वर्तमान अंतरराष्ट्रीय कानूनी संरचना पर्याप्त है? इसलिए, इस लेख का उद्देश्य कई अंतरिक्ष गतिविधियों एवं कानूनी मुद्दों एवं उनके निहितार्थों की जांच करना है जो बाह्य अंतरिक्ष में व्यावसायीकरण से उत्पन्न हो सकते हैं। यद्यपि हर संभव विषय की जांच

करना इस लेख की सीमा से बाहर होगा, लेकिन यह लेख कुछ महत्वपूर्ण विषयों की जांच करेगा, जैसे- कक्षीय स्थितियों, रेडियो आवृत्तियों का आवंटन, सुदूर संवेदन (रिमोट सेंसिंग), अंतरिक्ष खनन तथा बाह्य अंतरिक्ष का सैन्यीकरण एवं शस्त्रीकरण।

### कक्षीय स्थितियों एवं रेडियो आवृत्तियों का आवंटन एवं नियंत्रण:

हमारे दैनिक जीवन में उपग्रहों का उपयोग लगभग अपरिहार्य हो गया है। उनका उपयोग बैंकिंग, ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम, मौसम संबंधी सेवाओं, उपग्रह प्रसारण, उपग्रह संचार, बचाव सेवाओं एवं कई अन्य सेवाओं में होता है। यद्यपि, इस प्रकार के अनुप्रयोगों के लिए, उपग्रहों को अंतरिक्ष में प्रक्षेपित करना होगा एवं उन्हें संबंधित कक्षाओं में रखना होगा। वैश्विक दूरसंचार के लिए उपग्रहों का महत्व संयुक्त राष्ट्र के संकल्प 1721 (डी) में देखा गया है, जो सर्वसम्मति से घोषणा करता है कि उपग्रह दूरसंचार सेवाओं को वैश्विक एवं गैर-भेदभावपूर्ण आधार पर उपलब्ध कराया जाना चाहिए। उपग्रह दूरसंचार संचालित करने के लिए रेडियो आवृत्तियों की आवश्यकता होती है। यद्यपि, दोनों रेडियो आवृत्तियां एवं भूस्थिर कक्षा-स्थिति सीमित प्राकृतिक संसाधन हैं एवं इसे अंतरराष्ट्रीय दूरसंचार संघ (आईटीयू) के कानून में स्पष्ट रूप से मान्यता प्राप्त है। सदस्य राष्ट्रों को यह ध्यान रखना होगा कि रेडियो आवृत्तियां एवं भूस्थिर- कक्षा सहित कोई भी विशेष कक्षा, सीमित प्राकृतिक संसाधन हैं एवं सभी देशों तक इन संसाधनों का समान पहुंच होना अनिवार्य है, विशेष रूप से विकासशील देशों की विशेष जरूरतों एवं कुछ देशों की भौगोलिक स्थिति को विशेष ध्यान में रखना चाहिए। विकसित देशों एवं विशेष रूप से विकासशील देश जैसे की चीन एवं भारत, जहाँ बड़ी जनसंख्या के कारण तात्कालिक उपग्रह-आधारित संचार की मांग में वृद्धि देखी गयी है। आईटीयू रेडियो विनियम (आईटीयू आरआर) के किसी भी संशोधन से जुड़ी कठिनाइयों के कारण, रेडियो फ्रीक्वेंसी की आवंटन योजनाओं के संबंध में कुछ राष्ट्रों की न्यायसंगत पहुंच प्रभावित हुई है।

आईटीयू दो आधारों पर रेडियो फ्रीक्वेंसी एवं कक्षीय स्थितियाँ आवंटित करता था, पहले आओ- पहले पाओ के आधार पर एवं प्राथमिकता आवृत्ति योजना के आधार पर। रेडियो फ्रीक्वेंसी एवं संबद्ध कक्षाओं के लिए आईटीयू में आवेदन सिर्फ राष्ट्रों द्वारा ही किए जा सकते हैं, परंतु अंतरिक्ष गतिविधियों के व्यावसायीकरण एवं अधिक कक्षीय स्थितियों एवं रेडियो आवृत्तियों की आगामी आवश्यकता के चलते निजी क्षेत्र स्वाभाविक रूप से ऐसे आवेदन करने के लिए अपने राष्ट्रों पर दबाव बनाएंगे। अधिक आवृत्तियों एवं कक्षीय पदों के लिए निजी संस्थान अपने राष्ट्रों को पहले पंजीकरण करने के लिए प्रेरित करेगा वो भी बिना ये सोचे की, उपग्रह कब प्रक्षेपित करेंगे। इसे अंतरिक्ष में "गोल्ड- रश" कहा जाता है। संबंधित राष्ट्रों की ओर से आवृत्तियों एवं कक्षीय स्थितियों का तुरंत उपयोग करने की कोई बाध्यता नहीं है तथा उनके पास एक उपग्रह को कक्षा में स्थापित करने के लिए सात साल तक का समय होता है। वास्तव में, कुछ राष्ट्रों ने अपने स्लॉट पर कब्जा रखने के लिए उपग्रहों को लीज पर भी दिया है। "कागजी उपग्रहों" का पंजीकरण वास्तविक एवं व्यापक है, एवं उनका उपयोग गैर-भेदभावपूर्ण अंतरिक्ष उपयोग के सिद्धांत का उल्लंघन करता है। गोल्ड रश एवं कागजी उपग्रहों से कई नवीन अंतरिक्ष-तकनीकी समृद्ध देश प्रभावित हैं, विशेष रूप से चीन एवं भारत। समय बीतने के साथ यह मुद्दा और भी गंभीर होने की संभावना है क्योंकि अंतरराष्ट्रीय समुदाय के ऑर्बिटल स्लॉट्स के सीमित प्राकृतिक संसाधनों के समाप्त होने की संभावना है। मामले को बिगड़ने से रोकने के लिए आईटीयू ने कुछ उपाय अपनाये हैं। एक प्राथमिक उपाय है जो यह सुनिश्चित करता है कि निकट भविष्य में आवश्यकता पड़ने पर विकासशील एवं गैर-अंतरिक्ष क्षमता वाले राष्ट्रों के पास आवृत्तियों एवं कक्षीय स्थितियों में उनका उचित हिस्सा होगा। दूसरा उपाय वित्तीय उचित परिश्रम है, जिसके अंतर्गत आवेदन करने वाले राष्ट्रों को अपने आवेदनों को संसाधित करने के लिए आईटीयू को फाइलिंग शुल्क का भुगतान करना पड़ता है। तीसरा उपाय प्रशासनिक उचित परिश्रम है जो राष्ट्रों को उपग्रह नेटवर्क स्थापित करने के अपने उद्देश्य की गंभीरता का प्रमाण प्रदान करना आवश्यक करता है। आईटीयू आर.आर. सात साल की अवधि के भीतर इसे उपयोग में लाने में विफल होने पर आईटीयू को आवृत्ति पंजीकरण को रद्द करने की भी अनुमति देता है। एक अन्य विचाराधीन संभावित उपाय उस अवधि को छोटा करना है जिसके भीतर एक राष्ट्र को रेडियो फ्रीक्वेंसी को उपयोग में लाना है। राष्ट्रों के आवृत्तियों एवं कक्षीय स्लॉट का उपयोग शुरू करने के बाद भी उनका कब्जा जारी रहता है जिसके लिए कोई समय सीमा नहीं है। इसके अलावा, आईटीयू के पास कोई भी प्रभावी प्रवर्तन शक्ति नहीं है। आईटीयू के भीतर अनिवार्य अंतरराष्ट्रीय विवाद समाधान तंत्र की कमी इस स्थिति को और भी जटिल बनाती है। इस प्रकार, सैद्धांतिक रूप से, अंतरिक्ष गतिविधियों के व्यावसायीकरण के बढ़ने के साथ आवृत्तियों एवं स्लॉट्स के कमी की संभावना बनी हुई है।

**सुदूर संवेदन (रिमोट सेंसिंग):**

सुदूर संवेदन किसी वस्तु या घटना के बारे में वस्तु के साथ भौतिक संपर्क किए बिना जानकारी का अधिग्रहण है, जब पृथ्वी की सतह लक्ष्य वस्तु बन जाती है तो इसे पृथ्वी के सुदूर संवेदन के रूप में जाना जाता है। सुदूर संवेदन का उपयोग प्राकृतिक संसाधन प्रबंधन, प्राकृतिक आपदा प्रबंधन, भूमि उपयोग में सुधार एवं पर्यावरण की सुरक्षा के लिए किया जा सकता है। 1986 के संयुक्त राष्ट्र संकल्प के सिद्धांत प्रथम में उल्लेखित लक्ष्य, जिसमें बाह्य अंतरिक्ष से पृथ्वी के रिमोट सेंसिंग से संबंधित सिद्धांत सम्मिलित हैं (सुदूर संवेदन सिद्धांत 1986), यद्यपि, यह सिद्धांत आंशिक हैं। सुदूर संवेदन वैज्ञानिक, औद्योगिक, नागरिक, सैन्य एवं व्यक्तिगत उपयोगकर्ताओं को उच्च-रिजाल्यूशन छवियाँ प्रदान करता है, जिसमें रक्षा, परिवहन योजना, प्राकृतिक संसाधन मूल्यांकन, कृषि, आपदा राहत एवं मौसम संबंधी सेवाएं सम्मिलित हैं। रिमोट सेंसिंग एवं परिभाषित सिद्धांत प्रथम के बीच एक महत्वपूर्ण अंतर यह है कि परिभाषा में सर्वेक्षण या सैन्य जासूसी सम्मिलित नहीं है।

सुदूर संवेदन पर पारंपरिक बहस तीन अधिकारों पर केंद्रित रहती है जो कि निम्नलिखित है

- सेंसिंग राष्ट्रों का उपग्रहों को प्रक्षेपित करने का अधिकार एवं सेंसिंग का अधिकार;
- सेंसिंग राष्ट्रों का डेटा एवं छवियों को वितरित एवं संकलित करने का अधिकार
- सेंसड राष्ट्रों का सेंसड छवियां प्राप्त करने का अधिकार

पहले अधिकार के संबंध में, संघर्ष निहित है- सेंसड देश, जो तर्क देते हैं कि उनकी पूर्व सहमति आवश्यक है, एवं सेंसिंग देश, जो कि बाह्य अंतरिक्ष की खोज एवं उपयोग की स्वतंत्रता में विश्वास करते हैं। पूर्व सहमति तर्क अपने क्षेत्र एवं उसके प्राकृतिक संसाधनों पर देश की संप्रभुता के सिद्धांत पर आधारित है। बाह्य अंतरिक्ष से पृथ्वी के सुदूर संवेदन से संबंधित संयुक्त राष्ट्र के सिद्धांतों के प्रथम सिद्धांत के पारित होने (रिमोट सेंसिंग सिद्धांत 1986) पर सेंसिंग एवं सेंसड देशों के बीच एक समझौता हुआ जिससे सेंसड देशों ने उनके क्षेत्र के प्राथमिक एवं संसाधित डेटा के बदले में पूर्व सहमति की अपनी मांग को छोड़ दिया। यह बहस का विषय है कि क्या सेंसिंग राज्य बाह्य अंतरिक्ष संधि 1967 के अनुच्छेद प्रथम में निहित बाह्य अंतरिक्ष की खोज एवं उपयोग की स्वतंत्रता पर संदर्भ देने के लिए सही थे?

दूसरा अधिकार दो पक्ष के बीच बहस के आस-पास घूमता है। पहले पक्ष के अनुसार सेंसिंग देशों का संवेदन की स्वतंत्रता एवं उसके बाद संवेदन के उत्पादों का वितरण करने पर पूर्ण अधिकार है। दूसरे पक्ष ने सेंसड देशों के प्राकृतिक संसाधनों की संप्रभुता पर जोर दिया। पहले दृष्टिकोण की वकालत संयुक्त राज्य अमेरिका एवं उसके कुछ पश्चिमी सहयोगियों ने की थी, जबकि दूसरे की वकालत यूएसएसआर, फ्रांस एवं विकासशील देशों ने की थी। तीसरा अधिकार सेंसड देशों के अधिकार पर केंद्रित है, क्योंकि उनके क्षेत्रों का संवेदन किया जाता है, इसलिए राष्ट्र संप्रभुता के सिद्धांत के विस्तार के कारण वे उत्पादित डेटा एवं छवियों के हकदार हैं।

सुदूर संवेदन का कार्य सर्वेक्षण करना है एवं ऐसा कार्य परंपरागत रूप से राष्ट्र के पास था। कुछ राष्ट्र अपनी सर्वेक्षण आवश्यकताओं के लिए सुदूर संवेदन के व्यावसायीकरण का सहयोग लेते हैं, सामान्य रूप से उपग्रहों एवं विशेष रूप से सुदूर संवेदन उपग्रहों में दोहरे उपयोग की प्रकृति होती है। आधिकारिक तौर पर नागरिक एवं वाणिज्यिक उपग्रह, दूसरों के लिए अज्ञात हैं, परंतु उनका सैन्य उद्देश्यों के लिए भी उपयोग किया जा सकता है, जैसे कि खुफिया जानकारी एकत्र करने या अन्य देशों की जासूसी करने हेतु। रिमोट सेंसिंग के व्यावसायीकरण को प्रोत्साहित करके राष्ट्र डेटा एवं चित्र एकत्र कर सकते हैं एवं स्रोत के रूप में नागरिक-उपग्रहों का हवाला दे सकते हैं। जबकि वाणिज्यिक संस्थाएं राष्ट्रीय सेवा प्रदान करने के बदले में निश्चित रूप से कुछ न कुछ जरूर चाहेंगे। इसमें वे उनके द्वारा एकत्र किए गए डेटा एवं उनके द्वारा उत्पादित छवियों के लिए सुरक्षा चाहेंगे। दूसरे शब्दों में, उनके कार्यों पर बौद्धिक संपदा अधिकार (आईपीआर) चाहेंगे परंतु सुदूर संवेदन डेटा एवं छवियों पर आईपीआर सुरक्षा प्रदान करना अंतरराष्ट्रीय कानूनी समस्याओं को आमंत्रण दे सकता है। आईपीआर का अनुदान आम तौर पर क्षेत्रीय सीमा में होता है। परंतु सुदूर संवेदन डेटा पर आईपीआर सुरक्षा प्रदान करना रिमोट सेंसिंग सिद्धांतों 1986 में निहित सिद्धांतों का उल्लंघन है। विशेष रूप से, इसके द्वितीय सिद्धांत में कहा गया है कि रिमोट सेंसिंग गतिविधियों को सभी देशों के लाभ एवं हितों के लिए उपयोग किया जाएगा, उनके आर्थिक, सामाजिक, वैज्ञानिक एवं तकनीकी विकास के स्तर में निरपेक्षता तथा विकासशील देशों की जरूरतों को ध्यान रखा जाएगा तथा द्वितीय सिद्धांत में कहा गया है कि इस प्रकार की गतिविधियां संयुक्त राष्ट्र के चार्टर, 1967 की बाह्य अंतरिक्ष संधि एवं अंतरराष्ट्रीय दूरसंचार संधि के प्रासंगिक उपकरणों एवं अंतरराष्ट्रीय कानून के

अनुसार की जाएंगी। इनमें से कोई भी उपकरण देशों को स्पष्ट रूप से रिमोट सेंसिंग डेटा एवं छवियों पर आईपीआर सुरक्षा प्रदान करने की अनुमति नहीं देता है।

राष्ट्रीय हितों के आधार पर रिमोट सेंसिंग डेटा के संग्रह एवं वितरण पर प्रतिबंध लगाने का कोई भी एकपक्षीय निर्णय सुदूर संवेदन सिद्धांतों 1986 का उल्लंघन है। इसके अलावा, सुदूर संवेदन उपग्रहों के दोहरे उपयोगी स्वभाव के कारण, वे वास्तविक युद्ध में या फिर शत्रुता की आशंका होने मात्र से ही एंटी-सैटेलाइट (एएसएटी) हथियारों का पहला लक्ष्य बन सकते हैं। सुदूर संवेदन सिद्धांत, 1986 आंशिक, सीमित एवं गैर-बाध्यकारी है, इसलिए सुदूर संवेदन से जुड़े खतरों के बावजूद भी अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष समुदाय इस विषय में स्वयं को लाचार पाता है।

### अंतरिक्ष खनन:

बाह्य अंतरिक्ष संधि के अनुच्छेद प्रथम एवं द्वितीय विशेष रूप से अंतरिक्ष खनन के लिए प्रासंगिक हैं जिसमें चंद्रमा एवं अन्य खगोलीय पिंड सम्मिलित हैं। जबकि चंद्रमा समझौते के अस्तित्व में आने के बाद से ही चंद्रमा पर गतिविधियां लगभग बंद हो गई हैं, विज्ञान में प्रगति ने हाल ही में प्रदर्शित किया है कि चंद्रमा एवं अन्य खगोलीय पिंडों सहित बाह्य अंतरिक्ष में मानव जाति के सोच से भी अधिक प्राकृतिक संसाधन हैं। यह बात कई अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी समृद्ध देशों को आकर्षित कर रही है।

बाह्य अंतरिक्ष संधि का प्रथम अनुच्छेद इस मुद्दे पर पूर्ण रूप से स्पष्ट नहीं है। वैज्ञानिक अन्वेषण एवं बाह्य अंतरिक्ष के उपयोग पर बोलते हुए, बाह्य अंतरिक्ष संधि राष्ट्र या निजी क्षेत्र द्वारा गतिविधियों को अलग किए बिना अंतरिक्ष में राष्ट्रीय गतिविधियों (अन्वेषण एवं उपयोग के साथ-साथ वैज्ञानिक जांच के लिए) के लिए राष्ट्र पर एक अंतरराष्ट्रीय जिम्मेदारी देती है। इस बात को विशेष रूप से निजी पहल, निवेश तथा हितों के लिए मून एग्रीमेंट, अनुच्छेद 6.2 एवं 11 में भी विस्तृत रूप में स्पष्ट किया गया है। बाह्य अंतरिक्ष संधि को स्पष्ट करने के प्रयासों के बाद भी चंद्रमा समझौते ने बहुत कम समर्थन प्राप्त किया है, जिसमें संयुक्त राज्य अमेरिका, रूस, चीन एवं अन्य प्रमुख अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी समृद्ध देश इसके हस्ताक्षरकर्ता नहीं हैं।

बाह्य अंतरिक्ष संधि का द्वितीय अनुच्छेद "चंद्रमा एवं अन्य खगोलीय पिंडों सहित बाह्य अंतरिक्ष को संदर्भित करता है। संप्रभुता के दावे, उपयोग या अधिग्रहण के माध्यम से, या किसी अन्य माध्यम से राष्ट्रीय विनियोग के अधीन नहीं है। "उपयोग या अधिग्रहण " एवं "संप्रभुता" जैसे शब्दों के प्रयोग के कारण ये अनुच्छेद भूमि के विनियोग की बात करते प्रतीत होते हैं। भूमि एवं संसाधनों के बीच का अंतर यह है कि उपयोग या अधिग्रहण के बावजूद भूमि वहीं रहेगी, परंतु संसाधन समाप्त हो जाएंगे। साथ ही, द्वितीय अनुच्छेद यह भी स्पष्ट नहीं करता है कि कोई निजी प्रतिष्ठान विनियोग का दावा कर सकता है या नहीं? यू.एस.एस.आर. ने निजी प्रतिष्ठानों के राष्ट्रीय प्राधिकरण पर जोर दिया एवं इनकी अंतरिक्ष गतिविधियों की निरंतर निगरानी का समर्थन किया जबकि भूमि या संसाधनों के "विनियोग" के मुद्दे की अनदेखी कर दी।

अंतरिक्ष संसाधनों में अपार अवसर जानने के बाद, संयुक्त राज्य अमेरिका ने "यू.एस. स्पेस रिसोर्स एक्सप्लोरेशन एंड यूटिलाइजेशन एक्ट 2015" पारित किया है, जो स्वामित्व को स्थानांतरित करने की कानूनी क्षमता के साथ बाह्य अंतरिक्ष में खनन किए गए संसाधनों का स्वामित्व निजी संस्थाओं को देता है। यह अधिनियम प्रतिस्पर्धात्मक अंतरिक्ष अन्वेषण जैसे क्षुद्रग्रह खनन, चंद्रमा एवं मंगल आवास जैसी परियोजनाओं को बढ़ावा देता है। यू.एस.एस.आर. ने शुरू में निजी गतिविधियों के लिए बाह्य अंतरिक्ष को खोलने की संयुक्त राज्य अमेरिका की स्थिति का विरोध किया था, लेकिन अंततः बाह्य अंतरिक्ष के अन्वेषण एवं उपयोग में निजी संस्थाओं की संभावित भागीदारी को स्वीकार किया परंतु इस शर्त पर कि ऐसी संस्थाओं को राष्ट्रों के द्वारा ही अधिकृत किया जाना चाहिए, राष्ट्र ही उनकी निगरानी रखेंगे तथा राष्ट्र ही उनके लिए जिम्मेदार होंगे। जापान एयरोस्पेस एक्सप्लोरेशन एजेंसी के हायाबुसा-1 एवं हायाबुसा-2 ने पहले से ही क्षुद्रग्रहों से प्रतिरूप प्राप्त करके अपनी क्षमता प्रमाणित कर दी है।

मून एग्रीमेंट सभी अंतरिक्ष लाभों के समान बंटवारे के लिए एक विचार प्रदान करता है, लेकिन वास्तव में ऐसे कितने अंतरिक्ष तकनीक संपन्न देश हैं जो अपने लाभों को साझा करने के लिए तैयार हैं? यह तर्कपूर्ण है कि इस न्यायसंगत बंटवारे के विचार ने ही चंद्रमा समझौते की व्यापक स्वीकृति को रोका है। वर्तमान में भारत समेत सिर्फ 18 देशों ने ही इस समझौते को अपनाया है जबकि संयुक्त राज्य अमेरिका, रूस, चीन ने इसमें रुचि नहीं दिखाई है।

### अंतरिक्ष का सैन्यीकरण एवं शस्त्रीकरण:

यद्यपि बाह्य अंतरिक्ष संधियों का अनुच्छेद IV अंतरिक्ष के सैन्यीकरण एवं शस्त्रीकरण की रोकथाम से संबंधित है परंतु संयुक्त राज्य अमेरिका ने "यूनाइटेड स्टेट्स स्पेस फोर्स" (यूएसएसएफ) का गठन किया जो अंतरिक्ष का सैन्यीकरण एवं शस्त्रीकरण करता है। साथ ही, नाटो द्वारा अंतरिक्ष को पांचवें परिचालन क्षेत्र (भूमि, जल, वायु एवं साइबर स्पेस के साथ) के रूप में घोषित करने से अंतरिक्ष संसाधनों को एक शस्त्र के रूप में उपयोग करने की होड़ छिड़ गई है। बाह्य अंतरिक्ष में लगभग कुछ भी शस्त्र के रूप में उपयोग किया जा सकता है क्योंकि महत्वपूर्ण उपग्रहों या अन्य अंतरिक्ष उपकरणों को नष्ट करने के लिए एक छोटा टुकड़ा (या अंतरिक्ष मलबे का एक यादृच्छिक अंश) ही काफी है। संयुक्त राज्य अमेरिका का तर्क है कि अंतरिक्ष हथियारों को परिभाषित करने में असमर्थता ही किसी संधि के लिए मुख्य बाधा है। बाह्य अंतरिक्ष के सैन्यीकरण एवं शस्त्रीकरण के बीच अंतर निम्नलिखित है:

#### 1. बाह्य अंतरिक्ष का सैन्यीकरण:

सबसे पहले संचार उपग्रहों को लॉन्च किए जाने के बाद से अंतरिक्ष का सैन्यीकरण अप्रत्यक्ष रूप से हो गया है। आज, दुनिया भर की सेनाएं ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम के साथ नियंत्रण, संचार, निगरानी, पूर्व चेतावनी एवं नेविगेशन के लिए उपग्रहों पर निर्भर हैं। इसलिए, बाह्य अंतरिक्ष के "शांतिपूर्ण उपयोग" में सैन्य उपयोग भी सम्मिलित हैं, यहां तक कि वे भी जो कदापि शांतिपूर्ण नहीं हैं - जैसे कि सीधे बमबारी के लिए उपग्रहों का उपयोग करना।

#### 2. बाह्य अंतरिक्ष का शस्त्रीकरण:

अंतरिक्ष शस्त्रीकरण को आमतौर पर अंतरिक्ष-आधारित एंटी-सैटेलाइट मिसाइलों, परमाणु शस्त्र एवं बैलिस्टिक मिसाइलों या उपकरणों के संदर्भ में समझा जाता है जो उपग्रह संकेतों के साथ हस्तक्षेप कर सकते हैं। कई विशेषज्ञों का तर्क है कि अंतरिक्ष-आधारित संपत्तियों पर हमला करने के लिए डिजाइन या उपयोग की जाने वाली धरती-आधारित प्रणालियाँ भी अंतरिक्ष शस्त्र हैं (ग्राउंड एएसएटी मिसाइल, लेजर बीम शस्त्र), यद्यपि यह तकनीकी रूप से "बाह्य अंतरिक्ष के शस्त्रीकरण" का हिस्सा नहीं हैं क्योंकि उन्हें धरती पर रखा गया है। कुछ का यह भी तर्क है कि हाइपरसोनिक मिसाइल, अंतर महाद्वीपीय बैलिस्टिक या परमाणु मिसाइल जैसे अपने लक्ष्य तक पहुंचने के लिए अंतरिक्ष में पृथ्वी की निचली कक्षा में यात्रा करने वाले शस्त्र भी अंतरिक्ष का शस्त्रीकरण करते हैं।

सुदूर संवेदन (रिमोट सेंसिंग) भी एक अप्रत्यक्ष समस्या है क्योंकि यह राष्ट्रीय सुरक्षा चिंताओं को पैदा करता है, जैसा कि यू.एस. कायल-बिंगमैन समझौता में देखा गया है, जब इज़राइल ने रिमोट सेंसिंग उपग्रहों को मार गिराने के लिए एएसएटी हथियारों का उपयोग करने की धमकी दी तब जाकर इज़राइल के अनुरोध पर, संयुक्त राज्य अमेरिका ने उपग्रह संचालकों को इज़राइल के क्षेत्र की बहुत उच्च-रिज़ॉल्यूशन उपग्रह तस्वीरें एकत्र करने या वितरित करने की रोक लगा दी।

इतने सारे कानूनों के बाद भी, जनवरी 2007 में, चीन ने अपने पुराने मौसम उपग्रहों के खिलाफ एक एंटी-सैटेलाइट शस्त्र का परीक्षण किया। संयुक्त राज्य अमेरिका ने परीक्षण की निंदा करते हुए दोहरे उपयोग की क्षमताओं के साथ कई अंतरिक्ष एवं मिसाइल रक्षा परियोजनाओं को आगे बढ़ाया। इसके अलावा, फरवरी 2008 में, संयुक्त राज्य अमेरिका ने अपने स्वयं के असफल उपग्रहों को मार गिराया, जिनमें आधा टन हाइड्रोजन रॉकेट ईंधन था। 27 मार्च 2019 को, भारत ने एक कोड नाम के ऑपरेशन मिशन शक्ति के दौरान एक एंटी-सैटेलाइट-वेपन (ASAT) का परीक्षण किया। इस परीक्षण ने भारत को संयुक्त राज्य अमेरिका (1985), रूस (1980) एवं चीन के बाद ASAT शस्त्र का सफलतापूर्वक परीक्षण करने वाला चौथा देश बना दिया।

### निष्कर्ष

अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष संधियाँ ऐसे समय में तैयार की गई थीं, जब अंतरिक्ष गतिविधियाँ पूर्ण प्रकार से राष्ट्रों के द्वारा प्रबंधित थीं परंतु वर्तमान में अंतरिक्ष गतिविधियों के व्यावसायीकरण की प्रतिस्पर्धा से निपटने के लिए अंतरराष्ट्रीय कानूनी संरचना पर्याप्त नहीं है क्योंकि यह अंतरिक्ष के निजी उपक्रम द्वारा उपयोग के बारे में कोई स्पष्ट कानून नहीं बताता तथा अंतरिक्ष में अनेक विवादित मुद्दों, जैसे रिमोट सेंसिंग, आवृत्ति एवं कक्षा आवंटन, अंतरिक्ष खनन, अंतरिक्ष सैन्यीकरण आदि पर ठोस रूप से कोई स्पष्टता एवं बाध्यता नहीं लगाता है। अंतरिक्ष

का व्यावसायीकरण अनिवार्य रूप से शीघ्र ही हो जाएगा, इसके चलते अंतरराष्ट्रीय समुदायों एवं अंतरिक्ष कंपनियों के बीच जटिल कानूनी मुद्दों का उदय अपरिहार्य है। अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष संधियाँ को नवीनतम अंतरिक्ष प्रौद्योगिकियों, उपग्रहों, मोबाइल संचार एवं इंटरनेट के व्यापक उपयोग की तीव्र एवं अपरिहार्य गतिशीलता को देखते हुए अधिक विकसित करने की आवश्यकता है। यदि इसी प्रकार से अंतरिक्ष का व्यावसायीकरण बिना सहकारिता के बढ़ता गया तो भविष्य में अंतरिक्ष मुद्दों को लेकर भी युद्ध हो सकता है। इसलिए अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष कानून को सुविधाजनक, सक्षम एवं बाध्य बनाना होगा जिससे कि भविष्य में अंतरिक्ष कानून के मूल सिद्धांतों का पालन करने एवं निजी अंतरिक्ष वाणिज्यिक उद्योग का समर्थन करने के बीच संतुलन बनाया जा सके।

### संदर्भ

- [1] अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष कानून: संयुक्त राष्ट्र उपकरण, एस.टी./अंतरिक्ष/61/रेव.2, बाह्य अंतरिक्ष मामलों के लिए संयुक्त राष्ट्र कार्यालय (2017)
- [2] राम एस. जाखू, बाह्य अंतरिक्ष में वैश्विक जनहित से संबंधित कानूनी मुद्दे, 32 जे. स्पेस एल. 31, 49
- [3] चंद्रमा एवं अन्य आकाशीय पिंडों सहित बाह्य अंतरिक्ष की खोज एवं उपयोग में राज्यों की गतिविधियों को नियंत्रित करने वाले सिद्धांतों पर संधि लेख I-II, 27 जनवरी, (1967)
- [4] रिकी जे. ली, बाह्य अंतरिक्ष में खनिजों के वाणिज्यिक खनन का कानून एवं विनियमन (2012)
- [5] अंतरराष्ट्रीय दूरसंचार संघ का संविधान अनुच्छेद 44.2, 9.1
- [6] आईटीयू आरआर, सुप्रा नोट 22, परिशिष्ट। 30, 30ए, 30बी एवं अनुच्छेद 11.44, 13.6 एवं 56
- [7] राम एस. जाखू, संचार उपग्रह आवृत्ति आवंटन के लिए नियामक प्रक्रिया, उपग्रह अनुप्रयोगों की पुस्तिका, खंड 1, 2013
- [8] बाह्य अंतरिक्ष से पृथ्वी के सुदूर संवेदन से संबंधित संयुक्त राष्ट्र के सिद्धांतों का सिद्धांत, 1986, Res. 41/65, संयुक्त राष्ट्र दस्तावेज़ ए/आरईएस/41/65
- [9] राम एस जाखू, सैटेलाइट इमेजरी के अधिग्रहण एवं प्रसार को नियंत्रित करने वाला अंतरराष्ट्रीय कानून, 29:1 जे. स्पेस एल. 65, 73, 2003

### लेखक परिचय:



विक्रम सिंह मिर्धा वैज्ञानिक/इंजीनियर-एस.सी. के रूप में तंत्र-विश्वसनीयता प्रभाग में कार्यरत हैं जो कि द्रव-रॉकेट स्टेज तथा धरती भंडारणीय प्रणोदक सिस्टम की गुणवत्ता गतिविधियों से संबंधित दायित्वों का निर्वाहन करते हैं।



श्री. अप्पन्नाजी., वैज्ञानिक/अभियंता - एस.जी.समूहप्रमुख के रूप में तंत्र-विश्वसनीयता विभाग में कार्यरत हैं जो की धरती भंडारणीय प्रणोदक एवं उसके रॉकेट स्टेज, क्रायो प्रणोदक एवं उसके रॉकेट स्टेज, गैस, ए/सी एवं प्रमोचन मंच क्षेत्र के सुरक्षा सिस्टम की गुणवत्ता गतिविधियों के प्रबंधक है।



श्री. अक्षय पाठक वैज्ञानिक/अभियान्ता-एस.डी. रूप में तंत्र-विश्वसनीयता विभाग में कार्यरत हैं जो की द्रव्य-रॉकेट स्टेज तथा गैस सिस्टम की गुणवत्ता गतिविधियों का निर्वाहन करते हैं।

## यांत्रिकी परीक्षण द्वारा ए.एल.- पि.यू.आर.सैंडविच पैनल की विशेषता

पाटिल प्रतीक गोपाल, वैज्ञानिक/अभियंता - एस.डी., व्ही.ए.एल.एफ.

एम. लोकेश बाबू, वैज्ञानिक/अभियंता - एस.डी., जी.एल.सी.आर.डी.

आर. राम कुमार, वैज्ञानिक/अभियंता - एस.जी., जी.एल.सी.आर.डी.

पि. ए. सरवना पेरुमल, उप महाप्रबंधक, व्ही.ए.एल.एफ.

एस.डी.इस.सी.-शार

### सारांश

एल्युमिनियम (ए.एल.) फेसिंग (1.2 मिमी मोटाई) दोनों तरफ और पॉलीयूरीथेन (पि.यू.आर.) फ़ोम (30 मिमी मोटाई) ढांचामूल सामग्री के साथ संयोजित रूप में कम्पोजिट पैनल प्रक्षेपण मंच पर व्हाइट रूम के निर्माण की सामग्री के रूप में परिकल्पित है। वर्तमान कार्य प्रयोगात्मक रूप से ए.एल.- पि.यू.आर. सैंडविच पैनल की अखंडता की जांच ए.एस.टी.एम. मानकों के अनुसार यांत्रिकी परीक्षणों के अधीन करता है। यांत्रिकी परीक्षण इसके फ्लैटवाइज तन्यता, संपीडन, मूल कतरनी और आनमनी सार्मथकों की प्राप्ति के लिए किए जाते हैं।

**सूचक शब्द:** कम्पोजिट पैनल, अखंडता, यांत्रिकी परीक्षण

#### I. प्रस्तावना

गगनयान मिशन के हिस्से के रूप में, कर्मी दल इकाई में प्रवेश करने से पहले कर्मी दल की अंतिम जांच के लिए प्रक्षेपण मंच पर व्हाइट रूम की परिकल्पना की गई है। व्हाइट रूम का प्रयोग कर्मी दल इकाई की हैच खोलने पर इकाई के अंदर स्वच्छ वातावरण बनाए रखने के लिए किया जाता है। व्हाइट रूम का निर्माण कम्पोजिट पैनल को एक यूनिट के रूप में इकट्ठा करके किया गया है ताकि प्रक्षेपण मंच पर पहले से मौजूद मंच पर इस कमरे के कारण आनेवाला अतिरिक्त भार कम हो। यह सैंडविच पैनल पॉलीयूरीथेन पि.यू.आर. फ़ोममूलसामग्री (30 मिमी मोटाई) से बना है, जो एल्यूमीनियम ए.एल. -6061 (1.2 मिमी मोटाई) के साथ दोनों तरफ सैंडविच है। सैंडविच पैनल की कुल मोटाई 32.4 मिमी है।

प्रक्षेपण मंच पर प्लेटफॉर्म के किनारे पर स्थापित किए जा रहे व्हाइट रूम के वजन को कम करने के लिए कार्बन फाइबर प्रबलित प्लास्टिक (सी.एफ.आर.पी.) फेसिंग प्रत्येक 1.25 मिमी के साथ एल्यूमीनियम मधुकोश मूल (10 मिमी मोटाई) मिश्रित कम्पोजिट पैनल का सामग्री के रूप में अध्ययन किया गया है। हालांकि सीएफआरपी मिश्रित सामग्री में उच्च तन्यता/कतरनी गुण होते हैं और बहुत हल्के वजन होते हैं, लेकिन इंटरफेस निर्माण में कठिनाई, कार्बन फाइबर सतह पर धूल जमा होने और बहुत महंगा होने के कारण इसकी अनुशंसा नहीं की जाती है। वहीं दूसरी ओर ए.एल. - पी.यू.आर. कम्पोजिट पैनल हल्का वजन, इंटरफेस उत्पन्न करने में आसान और सी.एफ.आर.पी. सामग्री की तुलना में 3 गुना सस्ता है। इसलिए, ए.एल. - पि.यू.आर.सैंडविच पैनल के गुणों को निर्धारित करने और इसकी अखंडता को सत्यापित करने के लिए यह अध्ययन किया गया है।

#### II. यांत्रिकी परीक्षण

सैंडविच पैनल के डिजाइन और गुणवत्ता नियंत्रण दोनों में यांत्रिकी परीक्षण एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इनमें बेंडिंग मोमेंट और आधार प्रतिक्रिया के बीच संबंध, संपर्क बर्ताव के साथ-साथ मूल की दबाव और कतरनी ताकत जैसे बुनियादी भौतिक गुणों को निर्धारित करने के लिए परीक्षण शामिल हैं। यह महत्वपूर्ण है कि सैंडविच पैनल के घटक एक अभिन्न संरचना बनाते हैं जैसे कि उनके बीच का बंधन विश्वसनीय हो और आवश्यक बलों को स्थानांतरित कर सके। सैंडविच पैनल सामग्री के विशिष्ट परीक्षण परिणाम मूल सामग्री और मूल सामग्री-फेसिंग के बीच के बंधन पर निर्भर करते हैं।

- मूल कतरनी परीक्षण, ए.एस.टी.एम. सी-273 के अनुसार मूल की कतरनी क्षमता और कतरनी मापांक का पता लगाने के लिए
- ए.एस.टी.एम. सी-297 के अनुसार फ्लैटवाइज तन्यता क्षमता परीक्षण, मूल और फेसिंग के बीच के बंधन की फ्लैटवाइज तन्यता क्षमता का पता लगाने के लिए
- ए.एस.टी.एम. सी-393 के अनुसार चौथाई बल प्रभाव बिंदु के साथ चार-बिंदु बैंड परीक्षण, आनमनी सामर्थ्य, मूल कतरनी ताकत और कतरनी मापांक, फेसिंग तन्यता और संपीडन क्षमता का पता लगाने के लिए
- सैंडविच मूल की संपीडन ताकत और संपीडन मापांक खोजने के लिए ए.एस.टी.एम. सी-365 के अनुसार फ्लैटवाइज संपीडन परीक्षण

पैनल परीक्षण के दौरान अपेक्षित धातु-फेसिंग वाले सैंडविच पैनलों के प्रासंगिक विफलता मोड इस प्रकार हैं:

- फेसिंग की तन्यता विफलता
- फेसिंग पर झुर्रियां पड़ना (संपीडन के कारण)
- मूल की अपरूपण विफलता या पैनल के मूल और फेसिंग के बीच आसंजन
- एक आधार पर फेसिंग और मूल की कुचल विफलता

यूनिवर्सल टेस्टिंग मशीन (यू.टी.एम.) का उपयोग यांत्रिकी परीक्षण करने के लिए किया जाता है जिसमें 0.5 से 2 मिमी/मिनट की लोडिंग दर की आवश्यकता होती है और इसकी अधिकतम क्षमता 10 के. एन. होती है। इसके अलावा, परीक्षण उपकरण ए.एस.टी.एम. के अनुसार परीक्षण के उपयुक्त मानक का चयन करके परीक्षण से संबंधित बल-विस्थापन (एफ-एस) वक्र (या) प्रतिबल-विकृति ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) वक्र और पैरामीट्रिक मान प्रदान करता है।

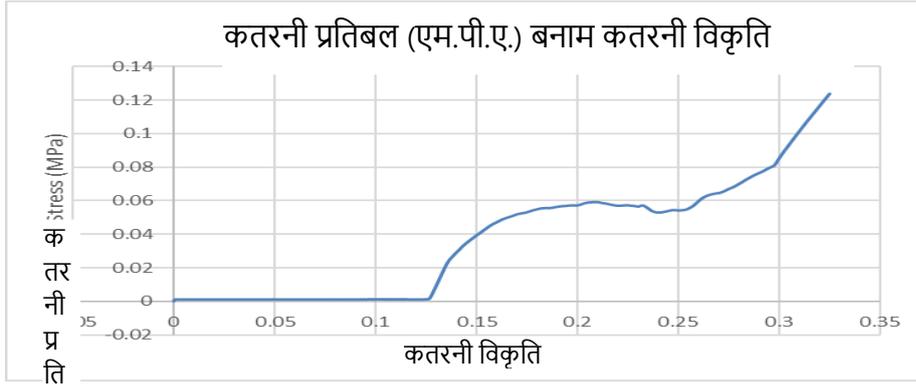
### 1. मूल कतरनी परीक्षण:-

मानक ए.एस.टी.एम. सी-273 का उपयोग मूल सामग्री की मूल कतरनी ताकत और कतरनी मापांक निर्धारित करने के लिए किया जाता है। लंबाई - 360 मिमी, चौड़ाई - 60 मिमी और मोटाई - 32.4 मिमी का एक सैंडविच पैनल नमूना तैयार किया गया है और नमूने को 80:20 के अनुपात में मिश्रित अरलडाइट ए.डब्ल्यू.106 और हार्डनर एच.वि. 953यू यौगिकों के साथ एडेप्टर से जोड़ा जाता है, जिसे पकड़कर और उस पर 8 घंटे से अधिक समय तक क्लैपिंग बल लागू कर उपयुक्त बनाया गया है।

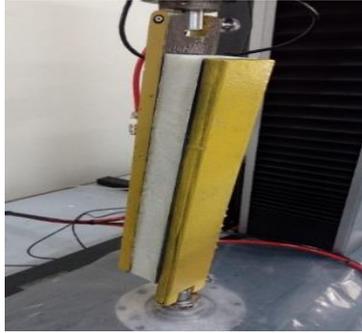
बंधुआ नमूना, जब परीक्षण के लिए यू.टी.एम. के साथ इकट्ठा किया जाता है, पैनल के कतरनी समतल के अनुरूप एक अभिविन्यास होना चाहिए। भार कार्रवाई की रेखा को मूल के तिरछे विपरीत कोनों से गुजरना चाहिए जैसा कि चित्र -1 में दिखाया गया है। परीक्षण 5एन.के प्री-लोड और 2 मिमी/मिनट की क्रॉस हेड यात्रा गति के साथ किया जाता है। तेजी से लोड में कमी का पता लगाने के साथ परीक्षण बंद कर दिया जाता है। यह एक विफलता की स्थिति है जो मूल और फेसिंग के बीच इंटरफेस बॉन्ड पर हुई है जैसा कि रेखा चित्र संख्या 2 में दिखाया गया है। परिणाम क्रमशः तालिका -1 और ग्राफ -1 में दिखाए गए हैं।

**तालिका-1:** मूल कतरनी परीक्षण के परिणाम

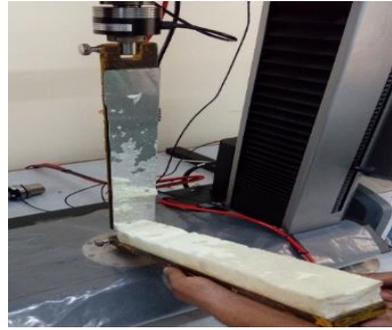
नमूना संख्या	कतरनी तनाव (एम.पी.ए.)	अधिकतम भार (एन.)	कतरनी मापांक (एम.पी.ए.)
1	0.0987	2130	1.58
2	0.1250	2700	1.57



ग्राफ 1: कतरनी प्रतिबल (एम.पी.ए.) बनाम कतरनी विकृति



चित्र-1: परीक्षण व्यवस्था

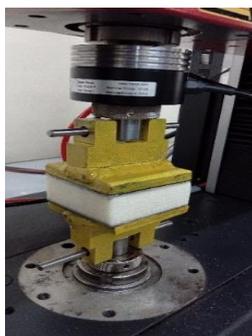


चित्र-2: प्राप्त विफलता

## 2. फ्लैटवाइज तन्यता क्षमता परीक्षण:-

यह परीक्षण विधि मूल, मूल-फेसिंग बंधन और इकट्टे सैंडविच पैनल की फ्लैटवाइज तन्यता क्षमता निर्धारित करती है। इस परीक्षण विधि में सैंडविच पैनल निर्माण को सैंडविच समतल के लंबरूप अक्षीय तन्यता बल के अधीन किया जाता है। बल को सैंडविच में मोटे लोडिंग ब्लॉकों के माध्यम से प्रेषित किया जाता है, जो सैंडविच फेसिंग से बंधे होते हैं। सैंडविच पैनल निर्माण की आंतरिक विफलता एकमात्र स्वीकार्य प्रणाली है। लोडिंग ब्लॉक से सैंडविच बंधन की विफलता स्वीकार्य विफलता प्रणाली नहीं है।

लंबाई-65 मिमी, चौड़ाई-65 मिमी और मोटाई-32.4 मिमी का एक नमूना ए.एस.टी.एम. सी-297 के अनुसार फ्लैटवाइज तन्यता क्षमता के परीक्षण के लिए तैयार किया जाता है। एडेप्टर को 80:20 अनुपात में मिश्रित अरलडाइट ए.डब्ल्यू.106 और हार्डनर एच.वि. 953 यू. यौगिकों का उपयोग करके नमूने के साथ जोड़ा जाता है, जिस पर 8 घंटे से अधिक समय तक क्लैम्पिंग बल लागू करके उसे उपयुक्त बनाया गया है। बंधुआ नमूनों को यू.टी.एम. में इकट्टा किया जाता है जैसा कि चित्र -3 में दिखाया गया है। परीक्षण 5एन.की प्रीलोड स्थिति के साथ शुरू किया गया है।



चित्र-3: परीक्षण सेटअप



चित्र-4: प्राप्त विफलता

यू.टी.एम.में पैनेल नमूने का परीक्षण करते समय परीक्षण 0.5 मिमी/मिनट की क्रॉस हेड यात्रा गति के साथ आयोजित किया जाता है। तेजी से लोड में कमी का पता लगाने के साथ परीक्षण बंद कर दिया जाता है। यह एक विफलता की स्थिति है जो मूल परत के भीतर हुई है। परिणाम क्रमशः तालिका -2 और ग्राफ -2 में दिखाए गए हैं।

### तालिका -2: फ्लैटवाइज तन्यता शक्ति परीक्षण के परिणाम

नमूना संख्या	फ्लैटवाइज तन्यता क्षमता (एम.पी.ए.)	अधिकतम भार (एन.)
1	0.141	597
2	0.16	677
3	0.20	846

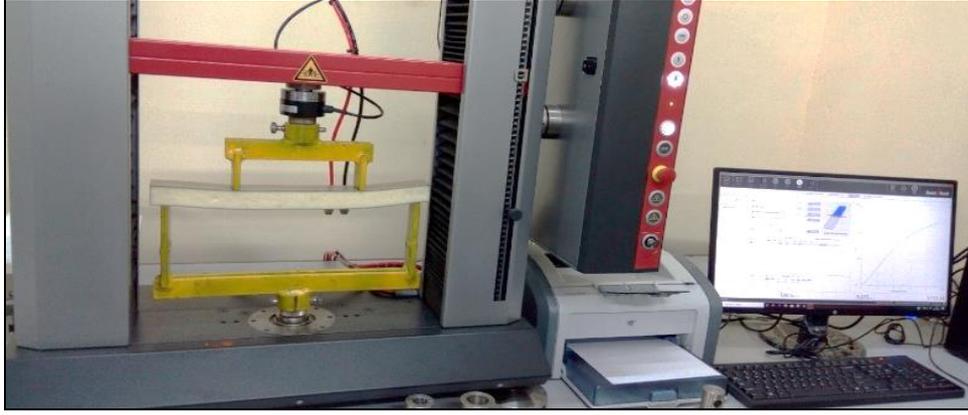


ग्राफ -2: प्रतिबल (एम.पी.ए.) बनाम विकृति

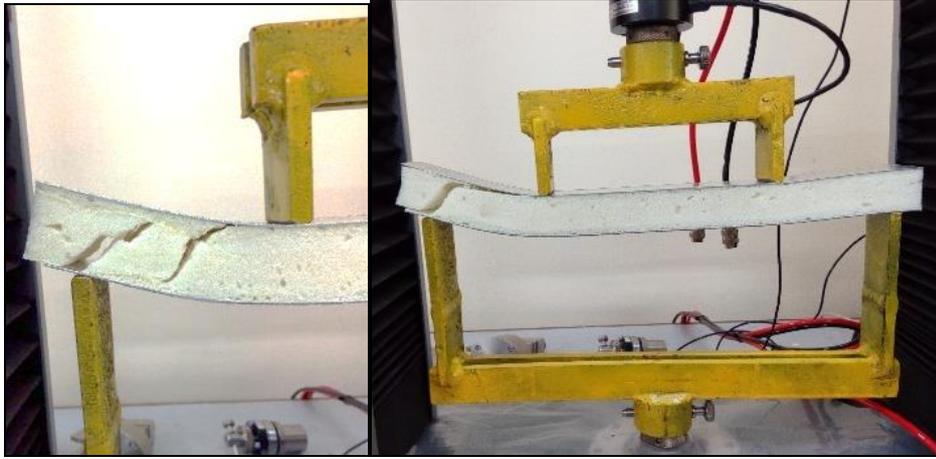
### 3. चार बिंदु बैंड परीक्षण:-

कतरनी क्षमता और कतरनी मापांक को मापने के लिए कई परीक्षण विधियों में से, कठोर प्लास्टिक फोम मूल पैनेलों के लिए अनुशंसित विधि चार-बिंदु बैंड परीक्षण है। इसमें पैनेल की एक छोटी पट्टी को पतली धातु के चेहरे के साथ लोड करना है। ए.एस.टी.एम. सी-393 मानक के अनुसार नमूने की आयाम स्पैन लंबाई - 360 मिमी (एल - 400 मिमी), चौड़ाई - 45 मिमी, मोटाई - 32.4 मिमी है।

एडेप्टर को इस तरह से कॉन्फ़िगर किया गया है कि आधार दोनों सिरों से 20-25 मिमी पर दिया जाना चाहिए और लोडिंग आधार बिंदुओं से एल/4 पर दी जानी चाहिए, जहां 'एल' नमूने की अवधि की लंबाई है। लोडिंग मंच में धार के किनारे नहीं होने चाहिए, क्योंकि यह लोड करते समय सामग्री पर स्थानीय क्रशिंग को प्रेरित कर सकते हैं। इसके साथ ही झुकने के दौरान लाइन संपर्क से भी बचना चाहिए। संपर्क सतह पर सपाट सतह और गोल किनारे देकर इसका ध्यान रखा जाता है। एडेप्टर यू.टी.एम.के ऊपर और नीचे इंटरफेस पर टिका हुआ है और परीक्षण सेटअप चित्र -5 में दिखाया गया है।



चित्र 5: चार बिंदु बेंड परीक्षण सेटअप

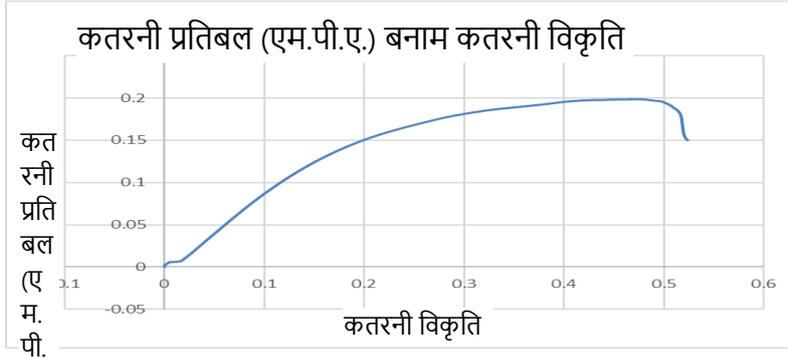


चित्र -6: प्राप्त विफलता

यू.टी.एम. में पैनल नमूने का परीक्षण करते समय परीक्षण 0.5मिमी/मिनट की क्रॉस हेड यात्रा गति के साथ आयोजित किया जाता है। देखी गई विफलता मूल और आवरण परत के इंटरफेस बॉन्ड के बीच है, जो कि मूल तक फैलती है जैसा कि चित्र -6 में दिखाया गया है। परीक्षण के परिणाम क्रमशः तालिका -3 और ग्राफ -3 में दिखाए गए हैं।

तालिका-3: फोर पॉइंट बेंड परीक्षण परिणाम

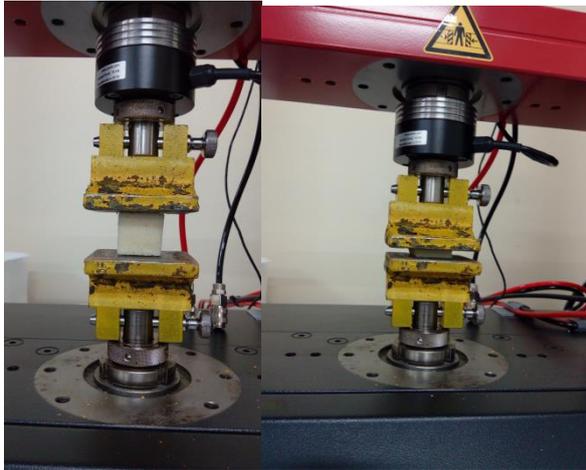
नमूना संख्या	अधिकतम भार (एन.)	मूल कतरनी तनाव (एम.पी.ए.)	आवरण परत आनमनी तनाव (एम.पी.ए.)
1	558	0.20	14.89
2	401	0.14	10.70
3	419	0.15	11.18
4	427	0.15	11.41



**ग्राफ -3:** कतरनी प्रतिबल (एम.पी.ए.) बनाम कतरनी विकृति

#### 4. फ्लैटवाइज संपीडन परीक्षण:-

यह परीक्षण ए.एस.टी.एम. सी-365 के अनुसार सैंडविच मूल की संपीडन ताकत और संपीडन मापांक निर्धारित करने के लिए किया जाता है। इन गुणों को एक लंबरूप दिशा में निर्धारित किया जाता है, क्योंकि मूल को एक संरचनात्मक सैंडविच निर्माण में रखा जाएगा। 27 मिमी x 27 मिमी चौकोर क्रॉस-सेक्शन और 26 मिमी की मूल मोटाई के नमूने (केवल मूल) तैयार किए जाते हैं। नमूना एक उचित संपीडन परीक्षण मशीन की दो समानांतर कठोर लोडिंग प्लेटों के बीच रखा गया है और भार वृद्धि की जाती है जैसा कि चित्र -7 में दिखाया गया है।



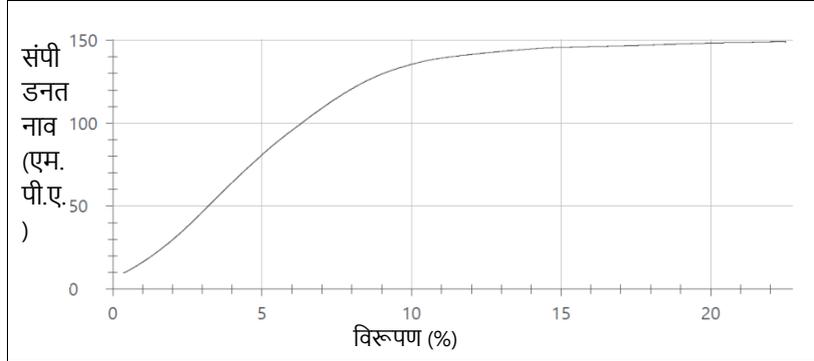
**चित्र-7:** फ्लैटवाइज संपीडन परीक्षण सेटअप

यू.टी.एम. में पैनेल नमूने का परीक्षण करते समय क्रॉस हेड यात्रा की गति 0.5 मिमी/मिनट है। परीक्षण के परिणाम तालिका -4 और ग्राफ -4 में दिखाए गए हैं।

**तालिका -4:** फ्लैटवाइज संपीडन परीक्षण के परिणाम

नमूना संख्या	बल @ 2% विरूपण (एन.)	फ्लैटवाइज संपीडन ताकत @ 2% विरूपण (एम.पी.ए.)	फ्लैटवाइज संपीडन मापांक (एम.पी.ए.)
1	41.1 इ.एक्स.	0.0563	2.90
2	29.5 इ.एक्स.	0.0405	2.18
3	43.9 इ.वाई.	0.0562	2.91
4	23.2 इ.ज़ेड.	0.0318	1.48

जहां 'इ.एक्स.' फोम वृद्धि के समानांतर दिशा में परीक्षण किया गया नमूना है और 'इ.वाई.' और 'इ.ज़ेड.' फोम वृद्धि के लंबवत दिशा में परीक्षण किए गए नमूने हैं।



**ग्राफ -4:**संपीडन तनाव (एम.पी.ए.) बनाम विस्फुलन (%)

### III. निष्कर्ष

1. ए.एस.टी.एम. मानकों के अनुसार संबंधित परीक्षण प्रक्रियाओं के साथ कम्पोजिट पैनलों पर किए गए यांत्रिकी परीक्षण सैंडविच पैनल के गुणों को प्राप्त करते हैं जैसा कि तालिका -5 में दिखाया गया है।

**तालिका -5:** कम्पोजिट पैनल के गुण

गुण	औसत मूल्य (एम.पी.ए.)
कतरनी क्षमता	0.112
अधिकतम कतरनी क्षमता	0.16
कतरनी मापांक	1.575
फ्लैटवाइज तन्यता क्षमता	0.167
फेसिंग बेंडिंग तनाव	12.1
मूल फ्लैटवाइज संपीडन मापांक और तनाव	2.54 और 0.048

2. हवा भार और उपकरण भार के कारण व्हाइट रूम पर प्रेरित तनाव का विश्लेषण किया जाता है और इसे यांत्रिकी परीक्षण द्वारा निर्धारित ताकत की तुलना में सुरक्षित पाया गया है।
3. यह देखा गया है कि मूल सामग्री के घनत्व में वृद्धि, सरंधता में कमी और अरल्लाइट हार्डनर मिश्रण के बेहतर बंधन के लिए एल्युमीनियम की आंतरिक परत पर उचित घर्षण वजन में न्यूनतम वृद्धि के साथ सैंडविच पैनल के यांत्रिकी गुणों को बढ़ाने में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।

### संदर्भ:

- (1) ए.एस.टी.एम.सी273/सी273एम-11 – सैंडविच मूल सामग्री के कतरनी गुणों के लिए मानक परीक्षण विधि
- (2) ए.एस.टी.एम.सी297/सी297एम - 15 – सैंडविच निर्माण की फ्लैटवाइज तन्यता क्षमता के लिए मानक परीक्षण विधि
- (3) ए.एस.टी.एम.सी393/सी393एम – बीम फ्लेक्सर द्वारा सैंडविच निर्माण के मूल कतरनी गुणों के लिए मानक परीक्षण विधि

- (4) ए.एस.टी.एम. सी365/सी365एम - 11ए - सैंडविच मूल के फ्लैटवाइज संपीडन गुणों के लिए मानक परीक्षण विधि
- (5) गोंकालो एस्कुसा, फैबियो कूज़, एट अल., ए.पी.एफ.आई.एस.2017-संरचनाओं में एफ.आर.पी.पर 6वां एशिया-प्रशांत सम्मेलन, सिंगापुर, 19-21 जुलाई 2017 द्वारा पॉलीयूरेथेन फोम का कतरनी व्यवहार
- (6) विट विटकिविज़, आंद्रेज़ ज़िलिंस्की, सामग्री विज्ञान विभाग, डांस्क, पोलैंड द्वारा पॉलीयूरेथेन (पी.यू.) हल्के फोम के गुण
- (7) जे.एम. डेविस, स्ट्रक्चरल इंजीनियरिंग के प्राध्यापक, मैनचेस्टर विश्वविद्यालय, यू.के. की ओर से प्रकाशित हल्के वजन का सैंडविच निर्माण

### लेखक परिचय:



श्री पाटिल प्रतीक गोपाल, वैज्ञानिक/अभियंता-एस.डी., एस.डी.एस.सी.शार में वी.ए.एल.एफ. में पी.एस.2 और जी.एस.2 चरण तैयारी (पी.जी.पी.) में गतिविधियों के समन्वय और निष्पादन के लिए कार्यकारी अभियंता के रूप में कार्यरत है। पाटिल प्रतीक गोपाल ने कॉलेज ऑफ इंजीनियरिंग, पुणे में मैकेनिकल इंजीनियरिंग से बी.टेक पूरा किया है। वह 2018 में इसरो के शार केंद्र में शामिल हुए।



श्री एम लोकेश बाबू वैज्ञानिक/अभियंता - एस.डी., उप परियोजना प्रबंधक के रूप में एस.डी.एस.सी.शार में गगनयान परियोजना के लिए लॉन्च कॉम्प्लेक्स और रिकवरी गतिविधियों के समन्वय और निष्पादन हेतु कार्यरत हैं। एम. लोकेश बाबू ने मैकेनिकल इंजीनियरिंग में अन्ना विश्वविद्यालय, चेन्नई से बी.टेक पूरा किया है। वह 2014 में इसरो के शार में शामिल हुए।



श्री आर. रामकुमार, वैज्ञानिक/अभियंता - एस.जी. प्रभाग प्रमुख, गगनयान लॉन्च कॉम्प्लेक्स और रिकवरी डिवीजन (जी.एल.सी.आर.डी.), एस.डी.एस.सी., शार के रूप में कार्यरत हैं। यह प्रभाग मुख्य रूप से शार में गगनयान परियोजना से संबंधित सभी गतिविधियों के लिए जिम्मेदार है। उन्हें 2009 में इसरो यंग साइंटिस्ट मेरिट अवार्ड मिला। आर. रामकुमार ने द्रव यांत्रिकी में आईआईटी, मद्रास से एम.टेक पूरा किया है। वह 2000 में शार, इसरो में शामिल हुए। वह एस.बी.एस.पी./वी.ए.एल.एफ. में पी.एस.2 और जी.एस.2 चरणों की तैयारी संबंधी गतिविधियों के प्रबंधक थे।



श्री पी.ए.सरवना पेरुमल, वैज्ञानिक/इंजीनियर-एस.जी., उपमहाप्रबंधक, स्ट्रैप-ऑन और बूस्टर स्टेजेस प्रिपरेशन (एस.बी.एस.पी.) सुविधाएं, एस.डी.एस.सी.शार के रूप में कार्यरत हैं। पी.ए.सरवना पेरुमल ने मैनुफैक्चरिंग टेक्नोलॉजीज में बिट्स पिलानी से एम.टेक पूरा किया है। वह 1998 में शार में इसरो में शामिल हुए। वह PS2, GS2, L40 और L110 चरणों की तैयारी गतिविधियों को देख रहे हैं। वह गगनयान परियोजना के लिए पी.ए.टी.टीम और कू मॉड्यूल रिकवरी टीम के मुख्य सदस्य हैं।

## गगनयान के विभिन्न मॉड्यूल के लिए लिंक बजट विश्लेषण

हर्ष दशोरा, जितेन्द्र कुमार, ममता डी.

प्रणाली अभियांत्रिकी-नियंत्रण और संचार समूह

यू.आर. राव उपग्रह केंद्र, इसरो, बेंगलूरु

### प्रस्तावना:

गगनयान इसरो की एक महत्वाकांक्षी परियोजना है जिसका मुख्य उद्देश्य मानव के रहने योग्य अंतरिक्ष कैप्सूल विकसित करना है जो पृथ्वी की निचली कक्षा (LEO) में परिक्रमा करके पृथ्वी पर पूर्व निर्धारित गंतव्य पर सुरक्षित लौट सके। स्पेस कैप्सूल को ऑर्बिटल मॉड्यूल (OM) भी कहा जाता है जो कि क्रू मॉड्यूल (Crew Module) और सर्विस मॉड्यूल (Service Module) के संयोजन से निर्मित होता है। भू-स्टेशन के साथ ऑर्बिटल मॉड्यूल का संचार विभिन्न तंत्रों, जैसे IDRSS के माध्यम से और सीधे लिंक के माध्यम से पर्याप्त अतिरिक्तता (Redundancy) के साथ स्थापित किया जाता है।

इस लेख में गगनयान परियोजना की विभिन्न संचार प्रणालियों का विस्तृत विवरण दिया गया है और संचार प्रणाली को प्रभावित करने वाले प्रमुख कारकों पर चर्चा की गई है तथा बाद में ट्रांसपोंडर संचार क्षमता को प्रभावित करने वाले कारकों का विश्लेषण किया गया है और अंत में अपलिंक और डाउनलिंक पथ में गगनयान मिशन का लिंक विश्लेषण किया गया है।

### 1. परिचय:

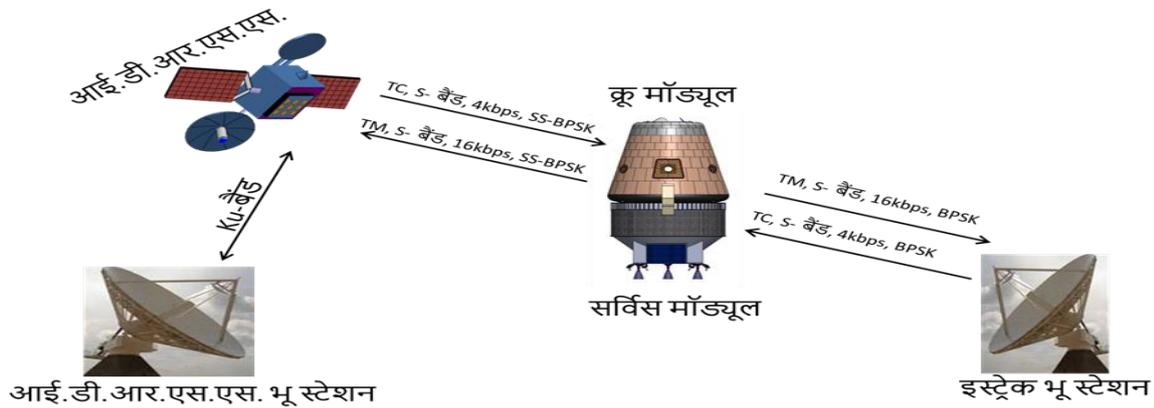
गगनयान मिशन का मुख्य उद्देश्य तीन सदस्यों वाले चालक दल के साथ एक मानव निवास योग्य अंतरिक्ष कैप्सूल को पृथ्वी की निचली कक्षा (LEO) में भेजना और सुरक्षित रूप से पृथ्वी पर वापस लाना है। पूरे मिशन को पांच चरणों में वर्गीकृत किया जा सकता है, क्रमशः आरोहण (Ascent), कक्षा में संचालन (On-orbit operation) का प्रदर्शन, डी-बूस्टिंग (De-boosting), अवरोहण (Descent) और पृथ्वी की सतह पर पुनः प्रवेश। मिशन काल के प्रत्येक चरण में, संचार प्रणाली बहुत महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है और संचार प्रणाली से जुड़ी चुनौतियों को समझने की आवश्यकता होती है और इसे उचित रूप से डिजाइन किया जाना चाहिए [1]।

संचार प्रणाली की मुख्य आवश्यकताओं का सारांश नीचे दिया गया है-

- कक्षा चरण (Orbit phase) के दौरान टेली-कमांड (TC) और टेली-मेट्री (TM) के लिए 90% संचार व्याप्ति।
- आरोहण के दौरान टेलीमेट्री का सहारा (क्रू मॉड्यूल फेयरिंग सेपरेशन से पहले) और इंस्ट्रुमेंटेशन के लिए अवरोहण चरण डेटा डाउनलिंक
- मिशन के प्रत्येक चरण के दौरान कक्षा निर्धारण के लिए दो तरफा डॉपलर
- प्रारंभिक कक्षा निर्धारण (Preliminary orbit determination) के लिए लॉन्च पैड, आरोहण और इंजेक्शन चरण के दौरान उपग्रह पोजीशनिंग सिस्टम (SPS) का सहारा।

### 2. मिशन के विभिन्न मॉड्यूल:

ऑर्बिटल मॉड्यूल(OM) में आरएफ संचार प्रणालियों को TT&C संचार लिंक स्थापित करने के लिए विन्यासित (Configure) किया गया है और मिशन के सभी चरणों के दौरान उपग्रह पोजीशनिंग सिस्टम (SPS) का उपयोग करके कक्षीय मॉड्यूल (OM) को स्थिति वेक्टर (State vector) प्रदान किया जाता है [1]।



चित्र 1: गगनयान मिशन की संचार कड़ी/लिंक (Communication link)

आरएफ सिस्टम के विन्यास को चित्र-1 में दर्शाया गया है। ऑर्बिटल मॉड्यूल(OM) के आरएफ सिस्टम में निम्नांकित सिस्टम शामिल हैं-

- (क) S-बैंड स्प्रेड स्पेक्ट्रम टीसी रिसीवर और S-बैंड स्प्रेड स्पेक्ट्रम टीएम ट्रांसमीटर, जो IDRSS उपग्रह के माध्यम से 90% कवरेज प्रदान करता है।
- (ख) S-बैंड टीटीसी ट्रांसमीटर और S-बैंड सुसंगत टीटीसी रिसीवर, जो ग्राउंड स्टेशन की दृश्यता के दौरान टीएम, टीसी और दो-तरफा डॉपलर का सहारा प्रदान करते हैं।
- (ग) सैटेलाइट पोजिशनिंग सिस्टम, जो मिशन के सभी चरणों के दौरान स्थिति वैक्टर (State vector) प्रदान करता है।
- (घ) संबद्ध अक्रिय (Passive) और एन्टेना तंत्र।

### 3. संचार चैनल को प्रभावित करने वाले कारक:

दिए गए संचार चैनल में विभिन्न प्रकार की संचार प्रणालियों के चयन के लिए निम्नलिखित कारक जिम्मेदार हैं [2]-

- (क) **दूरी:** ऑर्बिटल मॉड्यूल की भू स्टेशन से दूरी बढ़ने के साथ संचार चैनल की पथ हानि निम्नांकित सूत्र (1) के अनुसार बढ़ जाती है-

$$\text{पथ हानि} = \left(\frac{4\pi r}{\lambda}\right)^2$$

------(1)

- (ख) **संचालन की आवृत्ति:** जैसे जैसे आवृत्ति बढ़ती है, संचार चैनल में हानि भी, समीकरण (1) के अनुसार बढ़ती है।

- (ग) **संदेश की प्रकृति/ गोपनीयता:** संदेश की कोडिंग (Coding) भी संचार चैनल की दक्षता को प्रभावित करती है।

- (घ) **लागत:** संचार तंत्र को ज्यादा से ज्यादा दक्ष बनाने के लिए ट्रांसमीटर और रिसीवर की क्षमता को बढ़ाना होता है परंतु इसके साथ साथ सम्पूर्ण संचार तंत्र की लागत भी बढ़ जाती है।

### 4. ट्रांसपोंडर के प्रदर्शन को प्रभावित करने वाले कारक:

ऑन बोर्ड ट्रांसपोंडर सिस्टम में ट्रांसमीटर, रिसीवर और संबंधित एन्टेना सिस्टम की एक जोड़ी होती है। ट्रांसपोंडर का समग्र प्रदर्शन मुख्य रूप से निम्नलिखित कारकों पर निर्भर करता है[2-3]-

- (क) **सिस्टम रव प्रदर्शन (System Noise Performance):** सिग्नल जो कुछ रव स्तर से काफी ऊपर है, केवल वही सिग्नल एक रिसीवर सिस्टम द्वारा प्राप्त किया जा सकता है; इस रव स्तर को रव तल (Noise Floor) कहा जाता है। रव तल (Noise floor) को एक सिस्टम के भीतर सभी रव स्रोतों और अवांछित संकेतों के योग से निर्मित सिग्नल के माप के रूप में परिभाषित किया जा सकता है। रव के स्तर को कम करने और एक रिसीवर

की संवेदनशीलता में सुधार करने के लिए, रिसीवर का मुख्य तत्व, जिसे अनुकूलित करने की आवश्यकता है, वह फ्रंट एंड आरएफ एम्पलीफायर है। इसलिए रिसीवर के सामने के छोर (Front end) पर एक निम्न रव एम्पलीफायर (Low Noise Amplifier) का उपयोग सुनिश्चित करता है ताकि इसका प्रदर्शन अधिकतम हो सके। माइक्रोवेव आवृत्तियों पर, एलएनए (LNA) पूरे रिसीवर के प्रदर्शन को निर्धारित करने में मुख्य कारक है।

एक प्रणाली में रव (Noise) विभिन्न प्रकार के स्रोतों से शामिल हो सकता है और यह तत्वों की संख्या और गुणवत्ता पर निर्भर है। पहला कारक रिसीवर के लिए न्यूनतम समकक्ष इनपुट रव (Minimum equivalent input noise) है। इसकी गणना निम्न सूत्र द्वारा की जा सकती है-

$$P_n = kTB \quad \text{-----}(2)$$

इस सूत्र का उपयोग करके यह निर्धारित करना संभव है कि कमरे के तापमान (290K) पर एक रिसीवर के लिए न्यूनतम समतुल्य इनपुट रव -174 dBm / Hz है। तब रिसीवर के लिए रव तल की गणना करना संभव है [4]-

$$\text{रव तल (dBm)} = -174 + \text{नॉइज़ फिगर} + \log_{10}(\text{बैंड चौड़ाई}) \quad \text{-----}(3)$$

एक रिसीवर की संवेदनशीलता उसके नॉइज़ फिगर (Noise figure), न्यूनतम आवश्यक S/N अनुपात (मॉड्यूलेशन का पता लगाने के लिए) और सिस्टम के थर्मल रव (Thermal Noise) पर आधारित होती है। न्यूनतम इनपुट सिग्नल का समीकरण नीचे दिया गया है-

$$S = NF + n_o + \frac{S}{N} \quad \text{-----}(4)$$

जहां S आवश्यक न्यूनतम इनपुट सिग्नल (dBm) है, NF रिसीवर का नॉइज़ फिगर (Noise figure) है, S/N आवश्यक आउटपुट सिग्नल-रव अनुपात है (आमतौर पर स्वीकार्य बिट त्रुटि दर के आधार पर), और  $n_o$  रिसीवर की थर्मल रव पावर (dBm) है [5]।

नॉइज़ फिगर इस बात का माप है कि एक उपकरण (जैसे- एम्पलीफायर) सिग्नल-रव अनुपात को कितना क्षतिग्रस्त (Degrade) करता है। एक रिसीवर के रव कारक (Noise factor) (रेखिक रूप में, न कि dB रूप में) को समीकरण (5) के रूप में परिभाषित किया जाता है, जो कि इनपुट SNR और आउटपुट SNR का अनुपात होता है[6]।

$$F = \frac{S_{in}/N_{in}}{S_{out}/N_{out}} = \frac{N_{out}}{G \cdot N_{in}} \quad \text{-----}(5)$$

एक रिसीवर के नॉइज़ फिगर की गणना करने के लिए, निम्न सूत्र का उपयोग किया जाता है जहां लाइन में हानिकारक तत्व मौजूद होते हैं-

$$F = 1 + (L - 1) \frac{T}{T_0} \quad \text{-----}(6)$$

और यदि दो या दो से अधिक चरणों को संयोजित (cascade) किया जाता है तो रव कारक (Noise factor) की गणना नीचे दिए गए समीकरण (7) से जा सकती है-

$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \frac{F_4 - 1}{G_1 G_2 G_3} + \dots \quad \text{-----}(7)$$

किसी भी रिसीवर का नॉइज़ फिगर रिसीवर श्रृंखला के प्रत्येक चरण में उत्पन्न होने वाले फ्रंट एंड लॉस (Front end loss), एलएनए लब्धि (LNA Gain) और थर्मल रव (Thermal noise) पर निर्भर होता है।

किसी रिसेवर की संवेदनशीलता (Sensitivity) को निम्नांकित समीकरण से निरूपित किया जाता है-

$$\text{संवेदनशीलता} = (\text{नॉइज़ पावर}) \times (\text{एस एन आर}) \times (\text{नॉइज़ फिगर})$$

----- (8)

किसी भी वायरलेस संचार प्रणाली के लिए, कमरे के तापमान पर रिसेवर की संवेदनशीलता को इस प्रकार से लिखा जा सकता है [7]-

$$\text{संवेदनशीलता (dB)} = -174 + 10\log_{10} (\text{बैंड चौड़ाई}) (\text{Hz}) + \text{एस एन आर (dB)} + \text{नॉइज़ फिगर (dB)}$$

----- (9)

रिसेवर संवेदनशीलता को प्रभावित करने वाले प्रमुख कारक हैं-

- सिस्टम नॉइज़ फिगर
- इनपुट नॉइज़ पावर
- फ्रंट एंड लॉस
- एलएनए लब्धि
- रिसेवर बैंड चौड़ाई

### (ख) ट्रांसमीटर ईआईआरपी (EIRP)

रिसेवर के रूप में प्राप्त पावर फ्रिस ट्रांसमिशन फॉर्मूला द्वारा दी जाती है-

$$P_R = \frac{P_T G_T G_R (\lambda)^2}{(4\pi R)^2}$$

----- (10)

जहां-

- $P_R$  प्राप्त पावर है
- $P_T$  प्रेषित पावर है
- $G_T$  ट्रांसमिशन एन्टेना लब्धि है  
( $P_T G_T$  को EIRP कहते हैं।)
- $G_R$  रिसेवर एन्टेना लब्धि है
- $\lambda$  सिग्नल की तरंगदैर्घ्य है
- $R$  ट्रांसमीटर और रिसेवर के बीच की दूरी है

$P_T G_T$  को प्रभावी आइसोट्रोपिक विकिरित पावर (Effective Isotropic Radiated Power) या EIRP कहा जाता है। ईआईआरपी ट्रांसमीटर द्वारा उत्सर्जित पावर और एक निश्चित दिशा में उस शक्ति को निर्देशित करने के लिए एन्टेना की क्षमता के संयोजन का माप है। ईआईआरपी को निम्नांकित समीकरण से लिखा जा सकता है-

$$EIRP = P_s + G \text{ dBW}$$

----- (11)

$$P_R = EIRP + G_R - 10\log\left(\frac{4\pi r}{\lambda}\right)^2$$

----- (12)

लिंक बजट में हानि के लिए पथ हानि प्रमुख योगदानकर्ता है जो कि सिग्नलों के फैलने के कारण आती है-

$$\text{पथ हानि} = \left(\frac{4\pi r}{\lambda}\right)^2$$

----- (13)

वायुमंडलीय गैसों द्वारा ऊर्जा के अवशोषण के कारण वायुमंडलीय हानियाँ होती हैं।

### (ग) रिसेवर प्रणाली का जी/टी अनुपात (G/T Ratio of receiver system)

उपग्रह संचार प्रणाली का प्रदर्शन उपग्रह रिसेवर के एन्टेना लाभ और रव तापमान (Noise Temperature) पर निर्भर करता है। गणितीय रूप से, उपग्रह रिसेवर का सिस्टम रव तापमान  $T_{sys}$ , समीकरण (14) द्वारा दिया जाता है [3]-

$$T_{sys} = \frac{T_a}{L} + \left(1 - \frac{1}{L}\right) * 290 + T_{Rx}$$

-----(14)

जहां,  $T_a$  उपग्रह एन्टेना तापमान 290K के पृथ्वी के चमक तापमान के बराबर है,  $L$  इनपुट केबल हानि कारक है और  $T_{Rx}$  समतुल्य रव तापमान है।  $G/T$  शब्द को फिगर ऑफ़ मेरिट (Figure of Merit) के रूप में जाना जाता है जो इंगित करता है कि अपलिंक प्रदर्शन कितना विश्वसनीय है। बेहतर प्रदर्शन के लिए उच्च  $G/T$  वांछित है [4]।

## 5. लिंक बजट गणना

ट्रांसपोंडर प्रणाली के समग्र प्रदर्शन को प्रभावित करने वाले सभी मापदंडों का अध्ययन करने के बाद, लिंक बजट की गणना निम्न तालिका के अनुसार की जा सकती है।

तालिका-1: गगनयान प्रणाली के लिए लिंक बजट गणना [1]

प्रचालक	भू स्टेशन-IDRSS- गगनयान G1 लिंक	गगनयान G1- IDRSS- भू स्टेशन लिंक	सीधा अपलिंक टीटीसी लिंक	सीधा डाउनलिंक टीटीसी लिंक
ईआईआरपी (dBW)	51.5	12.8	54	-10.3
आवृत्ति (MHz)	2100.38	2277	2103.699	2284.56
पथ हानि (dB)	-191.76	-192.5	-165.3	165.9
ऑनबोर्ड हानि (dB)	-3.2	-3.2	-6.3	-6.3
उपस्थित CNR (dB)	14.3	14.4	28.2	14.6
वांछित CNR (dB)	10.8	10.8	10.8	10.8
मार्जिन (dB)	3.5	3.6	17.4	3.8

उपरोक्त तालिका में दिखाया गया है कि प्रत्येक प्रकार के लिंक में कम से कम 3 डीबी का लिंक मार्जिन होता है, जिसका अर्थ है कि यदि किसी भी स्थिति में रेडियो पावर आधी भी हो जाती है, तब भी ट्रांसमीटर एवं रिसीवर के मध्य लिंक बना रहेगा। लिंक मार्जिन के साथ, संचार के प्रत्येक मोड में ट्रिपल रिडंडेंसी (Tripple redundancy) शामिल है, इसलिए सभी परिस्थितियों में मानव जीवन की सुरक्षा सुनिश्चित की गयी है।

## 6. निष्कर्ष

इस लेख का उद्देश्य पृथ्वी की सतह से गगनयान ऑर्बिटल मॉड्यूल (OM) के बीच संचार को प्रभावित करने वाले विभिन्न मापदंडों पर चर्चा करना है। यहां गगनयान मिशन के विभिन्न मॉड्यूल के बारे में चर्चा की गयी है और बाद में संचार उपकरणों और उनकी कनेक्टिविटी के बारे में बताया गया है। ट्रांसपोंडर के लिंक बजट को प्रभावित करने वाले समस्त कारकों पर चर्चा करने से पहले, संचार चैनल (Communication channel) को प्रभावित करने वाले सभी मापदंडों पर चर्चा की गयी है। फिर महत्वपूर्ण मापदंडों, जैसे ईआईआरपी, नॉइज़ फिगर, संवेदनशीलता,  $G/T$  अनुपात आदि पर विस्तार से चर्चा की गयी है। इस लेख में गगनयान प्रणाली में संचार के विभिन्न माध्यमों के लिए लिंक बजट विश्लेषण का सारांश विस्तृत किया गया है और पर्याप्त लिंक मार्जिन प्रदर्शित किया गया है।

## 7. संदर्भ:

- [1] "Preliminary design review document on Gaganyaan" U R Rao Satellite Centre, Nov 2021.
- [2] Harsh Dashora, Jitendra Kumar, et.al. "System level simulation of c-band transponder and optimized link margin" 4th IEEE International Conference (RTEICT-2019), Bangalore.
- [3] Timothy Pratt et al., "Satellite Communications" Copyright© 2003, ISBN: 9814-12-684-5.
- [4] H.T. Friis, "Noise Figure of Radio Receivers", Proceedings of the I.R.E. July, 1944.

- [5] Haykin, S. and Moher, M. (2012). An Introduction to Analog and Digital Communications. Hoboken: Wiley Textbooks.
- [6] Dennis Roddy, "Satellite Communications", 3rd edition, McGraw Hill, USA, 2001, ISBN: 0-07-120240-4.
- [7] KamaljeetSingh, et.al. "Link Margin for Wireless Radio Communication Link", ICTACT Journal of Communications-2017, pp 1574-1581.

## लेखक परिचय:



नाम:	हर्ष दशोरा
Name:	Harsh Dashora
पदनाम:	वैज्ञानिक/अभियन्ता-एस.ई.
संस्थान:	यू आर राव उपग्रह केंद्र, इसरो, बेंगलूर
अनुभव (वर्ष) :	विगत 12 वर्षों से विभिन्न प्रकार के उपग्रहों के संचार तंत्र पर कार्य कर रहे हैं।
शैक्षणिक योग्यताएं:	
1.	BE (Electronics and Communication)
2.	MBA (Total Quality Management)
3.	MS (अध्ययनरत)
सम्मान/उपलब्धियां:	
1.	9 हिंदी तकनीकी लेख प्रकाशित हुए हैं।
2.	19 तकनीकी लेख विभिन्न राष्ट्रीय एवं अंतरराष्ट्रीय सम्मेलनों में प्रकाशित किये गए हैं।
3.	IETE एवं ASI संस्था के आजीवन सदस्य हैं।

## समानव अंतरिक्ष उड़ान अभियान हेतु कर्मीदल बचाव प्रणाली की निम्न ऊँचाई बचाव मोटर का विकास, स्थैतिक परीक्षण एवं योग्यता प्राप्ति

अक्षिता अरोरा

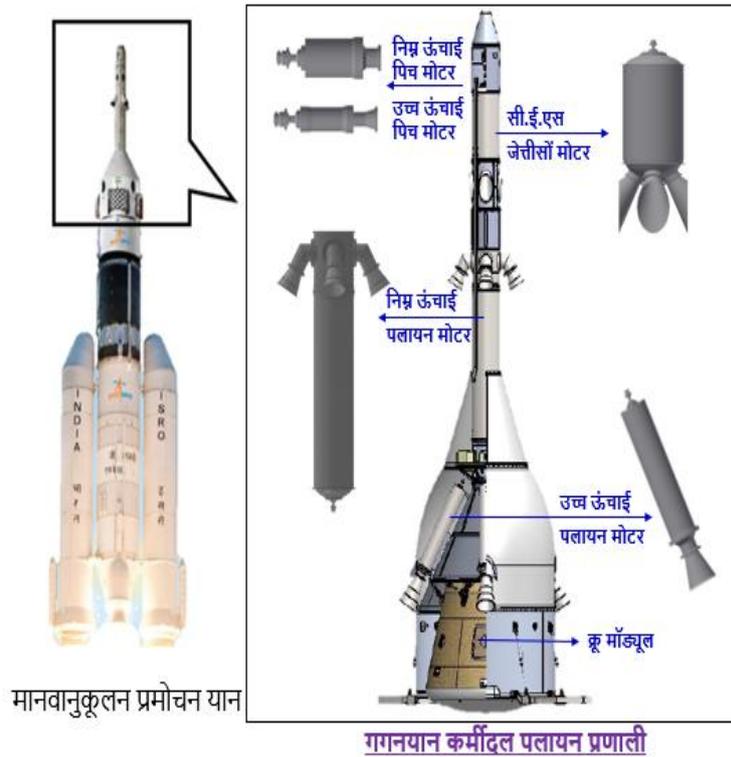
वैज्ञानिक, रोहिणी परीक्षापी रॉकेट एवं विशेष प्रयोजन मोटर प्रभाग  
विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र, तिरुवनंतपुरम- 695022

### परिचय:

भारतीय मानव अंतरिक्ष अभियान नामक 'गगनयान अभियान' भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन द्वारा आरंभित एक अभियान है जिसका उद्देश्य दो मनुष्यों को पृथ्वी की निचली कक्षा में पहुँचाना और विभिन्न प्रयोगों के पश्चात मनुष्यों को वापस पृथ्वी पर सुनिश्चित स्थान पर लाना है। मानव अंतरिक्ष उड़ान के लिए आवश्यक महत्वपूर्ण प्रौद्योगिकियों को विकसित करने के लिए और सक्षम मानवयुक्त अंतरिक्ष उड़ानें शुरू करने की दिशा में यह पहला कदम है। गगनयान अभियान प्रक्षेपण मंच पर अथवा प्रमोचन यान उड़ान के प्रारंभिक चरण के दौरान आपातकालीन स्थिति में कर्मीदल की सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए 'कर्मीदल बचाव प्रणाली' (Crew Escape System: CES, सी.ई.एस.) का उपयोग करता है। सी.ई.एस. मानवानुकूलन प्रमोचन यान में सबसे महत्वपूर्ण उप-प्रणालियों में से एक है जो अल्पतम समय के भीतर, कू मॉड्यूल (Crew module: CM, सी.एम.) को अधिकतम 11 जी. के त्वरण पर खींचकर प्रमोचन यान से दूर करने के लिए पाँच ठोस प्रणोदन मोटरों का उपयोग करके सी.एम. को पैराशूट द्वारा एक पूर्वनिर्धारित स्थान पर पहुँचाता है। ठोस मोटरों के अलावा, सी.ई.एस. में मंदन प्रणाली, संरचनात्मक घटक, पृथक्करण प्रणाली, तापीय बचाव तंत्र आदि सम्मिलित हैं। बचाव प्रणाली में नियुक्त 5 विभिन्न ठोस प्रणोदन मोटर निम्नलिखित हैं:-

1. उच्च ऊँचाई बचाव मोटर (High altitude Escape Motor: HEM, एच.ई.एम.)
2. निम्न ऊँचाई बचाव मोटर ( Low altitude Escape Motor: LEM, एल.ई.एम.)
3. सी.ई.एस जेत्तीसों मोटर (CES Jettison Motor: CJM, सी.जे.एम.)
4. निम्न ऊँचाई पिच मोटर (Low altitude Pitch Motor: LPM, एल.पी.एम.)
5. उच्च ऊँचाई पिच मोटर (High altitude Pitch Motor: HPM, एच.पी.एम.)

कर्मीदल बचाव प्रणाली में दो प्रकार की बचाव मोटरों का प्रयोग होता है: एक निम्न ऊँचाई बचाव मोटर (एल.ई.एम.) तथा चार उच्च ऊँचाई बचाव मोटर (एच.ई.एम.)। इनकी अभिकल्पना इस तरह से की गयी है कि यदि किसी विस्फोट या अवांछनीय घटना (जो चालक दल की सुरक्षा को प्रक्षेपण मंच पर या प्रथम चरण के उड़ान के दौरान प्रभावित करे) के दौरान, कू मॉड्यूल प्रमोचन यान से सफलतापूर्वक दूर हो सके। प्रक्षेपण मंच विफलन की स्थिति में एल.ई.एम. और एच.ई.एम. का समक्षणिक प्रज्वलन किया जाता है ताकि अभियान की त्वरण आवश्यकता 3.52 जी. पार्श्व और 14.14 जी. अक्ष प्राप्त हो सके। एक बार जब प्रमोचन यान मैक संख्या 2 की मुक्त धारा की स्थिति प्राप्त कर लेता है, तो एच.ई.एम. को प्रज्वलित किया जाएगा, जबकि एल.ई.एम. बचाव प्रणाली के शीर्ष पर बना रहेगा।

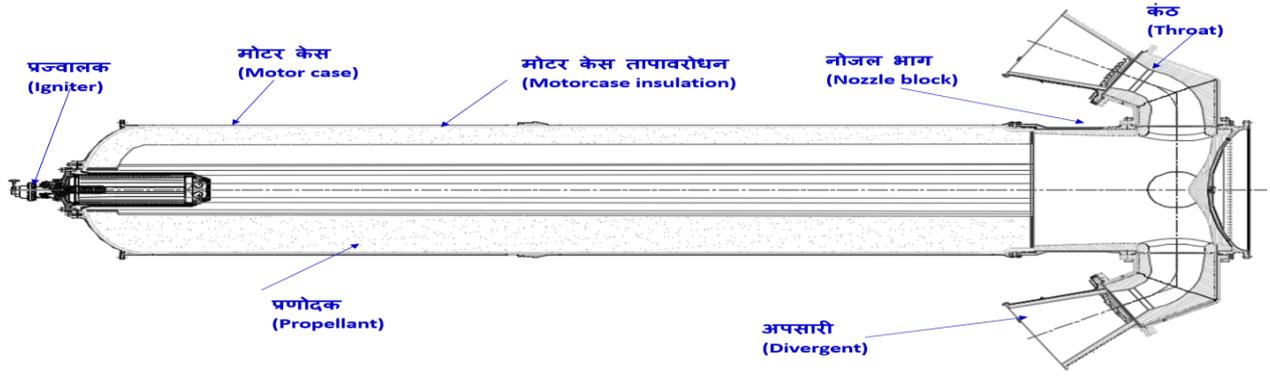


चित्र 1: मानवानुकूलन प्रमोचन यान में उपयोगी कर्मिदल बचाव प्रणाली

आवश्यक दूरी प्राप्त करने के लिए व त्वरित प्रमोचन वाहन से दूर जाने के लिए सकारात्मक अक्षनति सुनिश्चित करने के लिए पिच मोटरों को बचाव मोटरों के साथ प्रज्वलित किया जाता है। सी.ई.एस जेत्तीसों मोटर (सी.जे.एम.) का उपयोग सी.ई.एस. को सुरक्षित दूरी हासिल करने के बाद कू मॉड्यूल (सी.एम.) से अलग करने के लिए किया जाता है। एक सामान्य अभियान में, सी.जे.एम. व पिच मोटरों का उपयोग दूसरे चरण के उचित फलन को सुनिश्चित करने के बाद कर्मिदल बचाव प्रणाली का प्रमोचन यान से पृथक्करण के लिए किया जाता है। इस लेख में निम्न ऊँचाई बचाव मोटर (एल.ई.एम.) के विन्यास, अभिकल्पना, विकास, परीक्षण एवं प्रमाणीकरण पर वर्णन किया गया है।

### 1. निम्न ऊँचाई बचाव मोटर (एल.ई.एम.) विशिष्टताएँ/आवश्यकताएँ

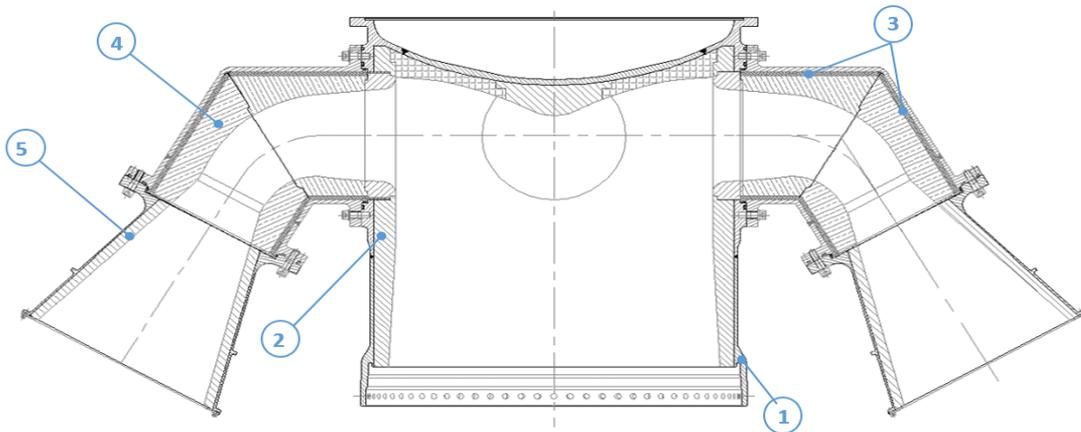
यदि उड़ान नाममात्र प्रक्षेप वक्र से परिवर्तित हो जाए या प्रक्षेपण के दौरान कोई आकस्मिक घटना हो, तो कू मॉड्यूल को प्रमोचन यान से दूर ले जाने के लिए एल.ई.एम. को एच.ई.एम. के साथ प्रज्वलित किया जाता है। कू मॉड्यूल को रेचन पिच्छक के टकराव से बचाने के लिए, एल.ई.एम. के नोजल के लिए आवश्यक है कि वह रॉकेट मोटर के आंतरिक प्रवाह के विपरीत दिशा पर स्थित हो, जो इसे सामान्य नोजल से अलग विन्यास देती है। इसके लिए एक "प्रति-प्रवाह बहुभागी नोजल मोटर" (Reverse flow multiple nozzle motor) अपेक्षित है। प्रति-प्रवाह नोजल का तात्पर्य नोजल क्षेत्र में निकास गैस प्रवाह की दिशा का उलटना है। एल.ई.एम. का चतुर्भुज आकार है जिसमें प्रत्येक नोजल 90 डिग्री की दूरी पर है जो कि चित्र 2 में प्रदर्शित है। एल.ई.एम. 7.6 सेकण्ड की अवधि में 875 kN (नाममात्र) का अधिकतम शून्यक प्रणोद (vacuum thrust) उत्पन्न करेगा।



चित्र 2: निम्न ऊँचाई बचाव मोटर (एल.ई.एम.) संरचना

## 2. निम्न ऊँचाई बचाव मोटर (एल.ई.एम.) विन्यास

एल.ई.एम. मोटर का निर्माण 15CDV6 नामक इस्पात मिश्र धातु के हार्डवेयर, रोकैसिन (ROCASIN) तापावरोधन, पेडसेम - 85 एम. (PEDCEM-85M) प्रणोदक तथा अग्निजन प्रज्वालक से किया जाएगा। एल.ई.एम. नोजल भाग प्रज्वलन के दौरान गर्म गैसों के भंडार के रूप में कार्य करने के लिए और गैस प्रवाह को इस पर लगे चार नोजलों की ओर विक्षेपित करने के लिए बनाया गया है। चारों नोजल को नोजल भाग से जोड़ने के लिए नोजल भाग पर चार गोलाकार विवर दिए गए हैं। मोटर केस तापावरोधन की रचना अनुमानित ऊष्मा प्रवाह और अपावरण समय को ध्यान में रखते हुए की गयी है। कर्मीदल बचाव प्रणाली की सभी मोटर एक नया प्रणोदक (PEDCEM-85(M)) अपनाती है जो कि 70 ksc के औसत दबाव पर 18.5 mm/s का ज्वलन दर प्रदान करता है।



संख्या	भूमिका	पदार्थ
1	हार्डवेयर	15CDV6
2	नोजल भाग अस्तर	कार्बन फेनोलिक (CP)
3	कंठ बैक-अप अस्तर	सिलिका फेनोलिक (SP)
4	कंठ व अभिसारी अस्तर	4डी कार्बन-कार्बन (4D – CC)
5	अपसारी अस्तर	कार्बन फेनोलिक (CP)

चित्र 3: एल.ई.एम. नोजल की उप प्रणालियाँ

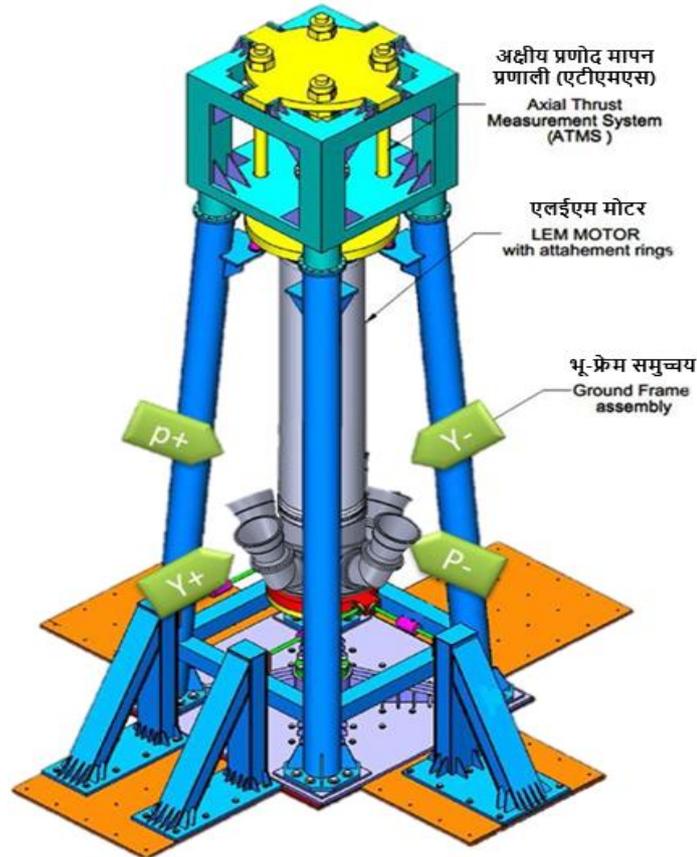
एल.ई.एम. नोजल हार्डवेयर को गर्म गैसों के प्रवाह से बचाने के लिए विभिन्न अपक्षरक स्तरों का प्रयोग करता है जो कि चित्र 3 में दिखाए गए हैं। कंठ स्तर का निर्माण 4डी. कार्बन-कार्बन (4D CC) से किया गया है व अन्य स्थानों में कार्बन फेनोलिक (carbon phenolic) को आंतरिक तापीय बचाव तंत्र के रूप में चुना जाता है

जबकि सिलिका फेनोलिक (silica phenolic) को कंठ संपोषी स्तर के रूप में 15CDV6 इस्पात हार्डवेयर के साथ चुना जाता है।

एल.ई.एम. के लिए प्रस्तावित ज्वलन प्रणाली अग्रिजन प्रकार की है, जिसे हेड एंड माउंटेड सेफ आर्म (HMSA, एच.एम.एस.ए.) द्वारा शुरू किया जाता है। यह एच.टी.पी.बी. (HTPB) आधारित द्रुत ज्वलन प्रणोदक पेडप्रो 2421 (PEDPRO 2421) को अपनी मुख्य ऊर्जावान सामग्री के रूप में उपयोग करता है।

### 3. एल.ई.एम. योग्यताप्राप्ति

निम्न ऊँचाई बचाव मोटर की योग्यताप्राप्ति के लिए स्थैतिक परीक्षणों की आवश्यकता है। स्थैतिक परीक्षण का मुख्य उद्देश्य मोटर के प्रक्षेपिकीय, उप-प्रणालियों, प्रज्वलन प्रणाली व नोजल अपक्षरक स्तरों के निष्पादन का मूल्यांकन करना तथा अभिकल्पना के उपांत का पुष्टिकरण हैं। इसके अलावा, स्थैतिक परीक्षण से प्रणोद असरिखन का मूल्यांकन करना भी संभव है। एल.ई.एम. का स्थैतिक परीक्षण छह घटक प्रणोद माप परीक्षण स्टैंड पर किया जाता है। भूमि पर रेचन गैस के टकराव व मोटर पर गैसों का वापस विक्षेप होने से बचाने के लिए एल.ई.एम. के परीक्षण को ऊर्ध्वाधर विधा (ऊर्ध्व मुखी नोजल) में करने की आवश्यकता है।



चित्र 4: छह घटक परीक्षण स्टैंड के साथ एकत्रित एल.ई.एम. मोटर

छह घटक परीक्षण स्टैंड (चित्र 4) पर एल.ई.एम. के सभी तीन बल लांबिक दिशाओं में और उनके आघूर्ण लांबिक समतलों में मापे जाएँगे। परीक्षण स्टैंड दोलन और रव को अंतिम डेटा से हटा दिया जाएगा। परीक्षण के दौरान मोटर व प्रज्वालक का दाब, मोटर विकृति, ताप, ऊष्मा अभिवाह, ध्वनिकी, कंपन व विस्थापन का माप लिया जाएगा। परीक्षण से पहले और बाद में कंठ और निकास के व्यास, मोटर - टेस्ट स्टैंड कुसरिखण व प्राकृतिक आवृत्ति तथा मोटर के कुल वजन का माप लिया जाएगा। एफ.एम.-200 (FM-200) नामक शमन माध्यम के द्वारा मोटरांतरिक ज्वाला को (ज्वलन काल के अंत में) बुझाया जाता है।



चित्र 5 एल.ई.एम. मोटर स्थैतिक परीक्षण के दौरान, श्रीहरिकोटा

एल.ई.एम. का पहला स्थैतिक परीक्षण 10 अगस्त 2022 को छह घटक परीक्षण सुविधा का उपयोग करते हुए श्रीहरिकोटा, शार में सफलतापूर्वक किया गया था (चित्र 5)। परीक्षण में मोटर प्रदर्शन मापदंडों और परीक्षण स्टैंड मापदंडों के अभिलेखन के लिए लगभग 170 यंत्रावली चैनलों का उपयोग किया गया था। इसे गगनयान कार्यक्रम में एल.ई.एम. की योग्यता स्थापित करने के लिए आवश्यक 3 स्थिर परीक्षणों में से एक माना जाएगा। मोटर की पुनरावृत्ति और सुसंगता अनुवर्ती परीक्षणों में सिद्ध की जाएगी।

#### 4. उपसंहार

सी.ई.एस. की पाँच ठोस प्रणोदन मोटर, गगनयान की कर्मिदल बचाव प्रणाली की मुख्य उप-प्रणालियाँ हैं। इस लेख में निम्न ऊँचाई बचाव मोटर (एल.ई.एम.) की अभिकल्पना और विन्यास विवरण प्रस्तुत किए गए हैं। एल.ई.एम. के वास्तविक उपयोग से पूर्व संरचना को सुनिश्चित करने के लिए स्थैतिक परीक्षणों की आवश्यकता है। सभी सी.ई.एस. मोटरों के सफलतापूर्वक स्थैतिक परीक्षण, जाँच वाहन उड़ान (Test Vehicle Flight) व मानवरहित उड़ानों के बाद ही भारतीय समानव अंतरिक्ष अभियान को कार्यान्वित किया जा सकता है।

**5. सन्दर्भ**

- [1] Static Test plan of Low Altitude Escape Motor GY-LEM/ST-01; VSSC/SMG/RSMD/19/2022, R0, Issue1
- [2] Configuring crew Escape system for human spaceflight mission; C.K.Rakesh, C.S.Harish, Dr S. Unnikrishnan Nair: Vikram Sarabhai Space Centre, Thiruvananthapuram, VSSC-MS: 11-248
- [3] Human Presence in solar System- Future Directions; Dr S. Unnikrishnan Nair: Vikram Sarabhai Space Centre, Thiruvananthapuram, VSSC-MS: 11-311

**लेखक परिचय:**

मेरा नाम अक्षिता अरोड़ा है। मैं हरियाणा में स्थित करनाल नामक शहर से हूँ। मैंने इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ स्पेस साइंस एंड टेक्नोलॉजी (आई.आई.एस.टी.) से अंतरिक्ष इंजीनियरिंग में स्नातक किया है। मुझे वैज्ञानिक/इंजीनियर के रूप में विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (वी.एस.एस.सी., इसरो) में एक वर्ष का अनुभव प्राप्त है। मुझे अंतरिक्ष विज्ञान, खगोल विज्ञान और कला में रुचि है।

## दुनिया भर में समानव अंतरिक्ष यान के कक्षीय मॉड्यूल के विन्यास का तुलनात्मक अध्ययन

आरती गुप्ता<sup>[1]</sup>, उद्दीपना कलिता<sup>[1]</sup>, अरस कुमार<sup>[2]</sup>, गौरीशंकर सी के<sup>[3]</sup>, सुनील अलियास बलवंतराव<sup>[4]</sup>  
<sup>[1]</sup> इंजीनियर, <sup>[2]</sup> डीपीडी- विद्युत प्रणाली, <sup>[3]</sup> सहयोगी परियोजना निदेशक – एस.एम, <sup>[4]</sup> सहयोगी  
 परियोजना निदेशक- ओ एम वैमानिकी,  
 समानव अंतरिक्ष उड़ान समूह, यू.आर. राव उपग्रह केंद्र, बेंगलूरु-560017, भारत

### सारांश

समानव अंतरिक्ष यान एक अंतरिक्ष यान में सवार चालक दल या यात्रियों को बाहरी अंतरिक्ष में ले जाने के लिए एक उड़ान है। समानव अंतरिक्ष यान की यात्रा 12 अप्रैल 1961 को सोवियत संघ के वोस्तोक कार्यक्रम के एक भाग के रूप में यूरी गगारिन (अंतरिक्ष के पहले व्यक्ति) के साथ शुरू हुई थी। इसके साथ ही मानव ने अमेरिका के अपोलो कार्यक्रम के तहत 1968-1972 के बीच नौ बार चंद्रमा की यात्रा की है और अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन(आई.एस.एस) पर लगभग 22 वर्षों तक अंतरिक्ष में लगातार उपस्थिति दर्ज कराई है। अब तक, सार्वजनिक या वाणिज्यिक समानव अंतरिक्ष यान के साथ अंतरिक्ष में मनुष्यों को भेजना केवल तीन देशों के अंतरिक्ष कार्यक्रमों तक सीमित रहा है: संयुक्त राज्य अमेरिका, रूस और 21वीं सदी में उनका साथ देने वाला चीन। चौथा, अनुसरण करने के लिए तैयार भारत का समानव अंतरिक्ष यान कार्यक्रम- गगनयान है।

समानव अंतरिक्ष यान के लिए मौलिक आवश्यकताएं मानव अनुकूल प्रमोचन यान, स्पेस कैप्सूल (या कक्षीय मॉड्यूल) और लॉन्च एस्केप सिस्टम हैं। उपर्युक्त आवश्यकताओं का अभिकल्प और नामकरण विभिन्न समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम के साथ भिन्न हो सकता है लेकिन बुनियादी आवश्यकताएं समान रहती हैं। प्रक्षेपण यान अंतरिक्ष यान को सम्मिलन कक्षा में ले जाता है। कक्षीय मॉड्यूल से जुड़े लॉन्च एस्केप सिस्टम को आपात स्थिति में चालक दल मॉड्यूल को प्रक्षेपण यान से अलग करना पड़ता है और चालक दल मॉड्यूल को सुरक्षित स्थान पर ले जाना पड़ता है। कक्षीय मॉड्यूल पूरे मिशन के दौरान चालक दल को जीवित रहने के लिए आवास और आवश्यक संसाधन प्रदान करता है।

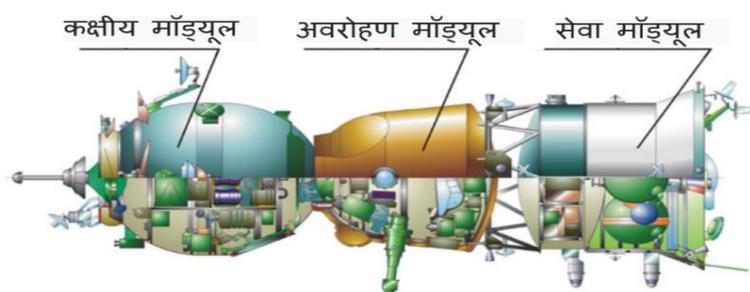
इस लेख में, हमने दुनिया भर के विभिन्न मानवयुक्त अंतरिक्ष कार्यक्रमों (सोयुज अंतरिक्ष यान-रूस, शेनझोउ-चीन, अपोलो मिशन -यूएसए, चालक दल ड्रैगन-स्पेसएक्स) में उपयोग किए जाने वाले कक्षीय मॉड्यूल (स्पेस कैप्सूल) के विन्यास का अध्ययन किया है और फिर गगनयान के लिए नियोजित कक्षीय मॉड्यूल का विस्तृत विन्यास प्रदान किया है।

**मुख्य शब्द** : विन्यास, गगनयान, कक्षीय मॉड्यूल (ओ.एम), पर्यावरण नियंत्रण और जीवन समर्थन प्रणाली (ई.सी.एल.एस.एस), चालक दल मॉड्यूल (सी.एम), सेवा मॉड्यूल (एस.एम), पुनः प्रवेश, पुनः प्राप्ति, अवरोही चरण आदि।

### 1. सोयुज अंतरिक्ष यान- रूस

सोयुज रूसी अंतरिक्ष यान की एक श्रृंखला है जो 1960 से सेवा में है और सबसे लंबे समय तक कार्यरत, सबसे अनुकूलनीय और सबसे सफल समानव अंतरिक्ष यान अभिकल्प रहा है। इसके विभिन्न प्रकार जैसे सोयुज-टीएमए,

सोयुज-टीएमए-एम, सोयुज-एमएस आदि है। सोयुज के इन सभी प्रकार में तीन भाग निम्नलिखित हैं:-



चित्र 1: सोयुज - अंतरिक्षयान के मॉड्यूल

**कक्षीय मॉड्यूल (प्रथम भाग):** एक गोलाकार मॉड्यूल जो मुक्त उड़ान के दौरान कक्षा में चालक दल को आवास प्रदान करता है। डॉकिंग तंत्र का उपयोग

अंतरिक्ष स्टेशन के साथ डॉक करने के लिए किया जाता है और हैच स्टेशन में प्रवेश की सुविधा देता है। मिलन स्थल एंटेना का उपयोग स्वचालित डॉकिंग सिस्टम- एक रडार आधारित प्रणाली- द्वारा किया जाता है।

**अवरोहण मॉड्यूल ( मध्य भाग):** इस मॉड्यूल में चालक दल प्रक्षेपण, पुनः प्रवेश और अवतरण के लिए बैठता है। सोयुज के सभी आवश्यक नियंत्रण और प्रदर्शन प्रणाली यहां स्थित हैं। मॉड्यूल में जीवन समर्थन आपूर्ति (जिसमें कार्बन डाइऑक्साइड हटाने और ऑक्सीजन टैंक शामिल हैं) और अवरोही चरण के दौरान उपयोग की जाने वाली बैटरी, साथ ही प्राथमिक और माध्यमिक पैराशूट और अवतरण रॉकेट भी शामिल हैं। मॉड्यूल पर स्थित प्रणोदक का उपयोग पैराशूट की प्रविस्तारण तक अवरोहण के दौरान अंतरिक्ष यान के अभिविन्यास और अभिवृत्ति को नियंत्रित करने के लिए किया जाता है। इसमें मिशन के अवरोही चरण के दौरान वाहन को चलाने के लिए नौसंचालन और नियंत्रण प्रणाली भी है। यह एकमात्र मॉड्यूल है जो चालक दल के साथ पृथ्वी पर लौटता है।

**सेवा मॉड्यूल (पिछला भाग):** इसे उपकरण/नोदक मॉड्यूल भी कहा जाता है। इस मॉड्यूल में तीन कक्ष हैं: इंटरमीडिएट, उपकरण और नोदक। इंटरमीडिएट कक्ष वह जगह है जहां मॉड्यूल अवरोहण मॉड्यूल से जुड़ता है। इसमें अभिवृत्ति नियंत्रण इंजन, संवेदक, सूर्य संवेदक, सौर पैनल संयोजक बंद, उष्मीय संवेदक, एंटेना, मुख्य नोदन, संचार एंटेना, ईंधन टैंक, ऑक्सीजन टैंक आदि शामिल हैं।

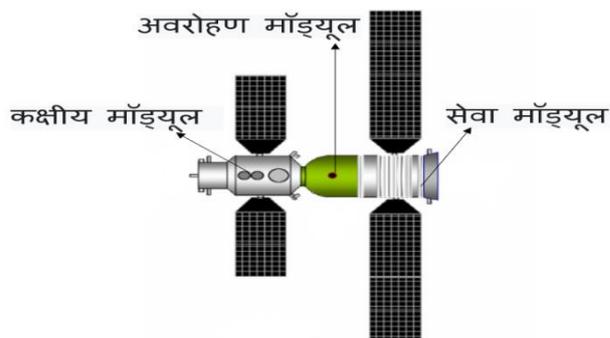
सोयुज का प्राथमिक मार्गदर्शन, नौसंचालन, नियंत्रण और कंप्यूटर सिस्टम उपकरण कक्ष में हैं, जो उड्डयानिकी उपकरण को ठंडा करने के लिए है।

नोदक डिब्बे में प्राथमिक उष्मीय नियंत्रण प्रणाली और सोयुज तापविकिरक कर्म, नोदक प्रणाली, बैटरी, सौर पैनल, तापविकिरक कर्म और सोयुज लॉन्च रॉकेट के लिए संरचनात्मक कनेक्शन इस डिब्बे में स्थित हैं। मुख्य नोदक प्रणाली और प्रतिक्रिया नियंत्रण प्रणाली, अंतरिक्ष में रहते हुए अभिवृत्ति परिवर्तन के लिए उपयोग की जाती है। नोदक मॉड्यूल अंतिम डी-ऑर्बिट अभिविन्यास के बाद अवरोहण मॉड्यूल से अलग हो जाता है और पुनः प्रवेश करने पर वायुमंडल में जल जाता है।

## II. शेनझोउ-चीन

शेनझोउ अपने चालक दल के अंतरिक्ष यान का समर्थन करने के लिए चीनी अंतरिक्ष यान है। इसका अभिकल्प रूसी सोयुज अंतरिक्ष यान जैसा दिखता है लेकिन आकार में बड़ा है। सोयुज की तरह, इसमें सामने एक कक्षीय मॉड्यूल, बीच में एक पुनः प्रवेश मॉड्यूल और पीछे सेवा मॉड्यूल शामिल है।

**कक्षीय मॉड्यूल(ओएम):** इस मॉड्यूल में चालक दल-सेवित या चालक दल द्वारा संचालित उपकरण, प्रयोग और कक्ष में निवास के लिए जगह है। सोयुज अंतरिक्ष यान के विपरीत, यह अपने स्वयं के नोदक प्रणाली, सौर पैनल और नियंत्रण प्रणालियों से सुसज्जित है जो ओएम को एक स्वायत्त उड़ान की अनुमति देता है और बाद के अंतरिक्ष यान के साथ फिर से डॉकिंग के लिए ओएम को कक्षा में छोड़ना संभव है।



चित्र 2: शेनझोउ - अंतरिक्षयान के मॉड्यूल

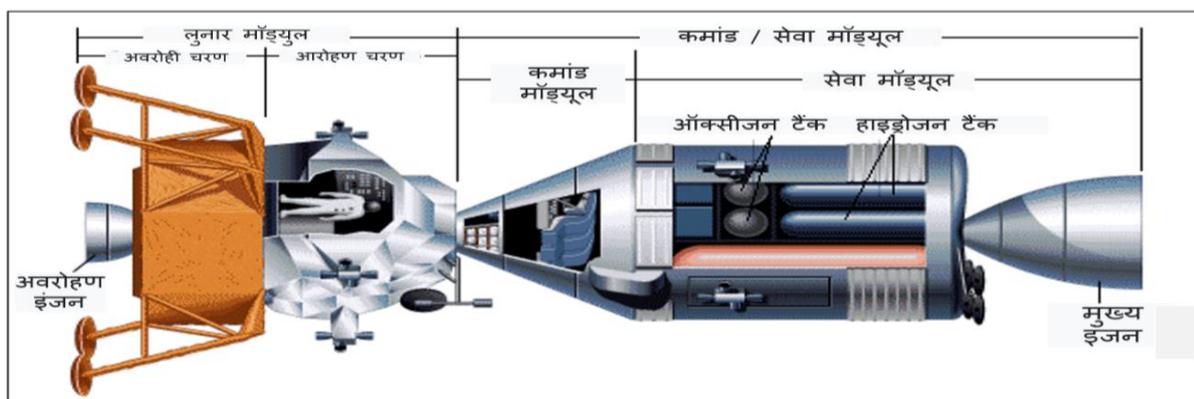
**पुनः प्रवेश मॉड्यूल:** सोयुज की तरह, यह अंतरिक्ष यान का एकमात्र हिस्सा है जो पृथ्वी पर लौटता है। यह सोयुज अवरोहण मॉड्यूल के समान है जिसमें चालक दल के लिए बैठने की जगह है।

**सेवा मॉड्यूल:** इस मॉड्यूल में दो जोड़े सौर पैनल, कक्षा में अंतरिक्ष यान के लिए दृष्टिकोण, नियंत्रण और नोदक के साथ विद्युत शक्ति प्रदान करने के लिए वैमानिकी, विद्युत और पर्यावरण नियंत्रण प्रणाली और अन्य उपकरण रखे गए थे।

### III. अपोलो मिशन -यू.एस.ए

अपोलो अंतरिक्ष (जिसका उपयोग अमेरिका द्वारा चंद्र मिशन के लिए किया गया था। के दो प्रमुख घटक थे- अपोलो कमांड एवं सर्विस मॉड्यूल (सी.एस.एम) और दूसरा अपोलो लूनर मॉड्यूल।

सीएसएम ने एक मदरशिप के रूप में काम किया, जो तीन अंतरिक्ष यात्रियों के चालक दल और चंद्र कक्षा के लिए चंद्र मॉड्यूल को ले जाता है और अंतरिक्ष यात्रियों को वापस पृथ्वी पर लाता है।



चित्र 3: अपोलो – अंतरिक्षयान के मॉड्यूल

कमांड सर्विस मॉड्यूल में दो अलग-अलग इकाइयां शामिल थीं- कमांड मॉड्यूल (सीएम), जिसमें चालक दल, अंतरिक्ष यान संचालन प्रणाली और पुनः प्रवेश के उपकरण थे। इसकी योजना इस तरह से बनाई गई थी कि एक आदमी पूरे मिशन को इसमें खर्च करेगा और अन्य दो चंद्र मॉड्यूल का उपयोग करके चंद्र अवतरण के दौरान इसे छोड़ देंगे।

सेवा मॉड्यूल (एस.एम) में अधिकांश उपभोग्य सामग्रियों (ऑक्सीजन, पानी, हीलियम, ईंधन कोशिकाओं, ईंधन) और मुख्य नोदक प्रणाली थी। एसएम के आंतरिक संरचना को एक केंद्रीय सिलेंडर के चारों ओर छह खंडों में विभाजित किया गया था, जिसमें तीन ईंधन कोशिकाएं, दो क्रायोजेनिक ऑक्सीजन और दो क्रायोजेनिक हाइड्रोजन टैंक, मुख्य नोदक इंजन के लिए चार टैंक, विद्युत शक्ति प्रणाली तापविकिरण कर्म सिलेंडर के शीर्ष

पर थे और पर्यावरण नियंत्रण रेडिएटर पैनल नीचे के चारों ओर फैले हुए थे। अभिवृत्ति नियंत्रण के लिए चार 450 न्यूटन प्रतिक्रिया नियंत्रण प्रणोदक थे।

कमांड मॉड्यूल एकमात्र मॉड्यूल था जो चालक दल के साथ पृथ्वी पर लौटा था और पृथ्वी के वायुमंडल में पुनः प्रवेश करने से पहले सेवा मॉड्यूल को अलग किया गया था।

#### IV. चालक दल ड्रैगन- स्पेसएक्स (यू.एस.ए)

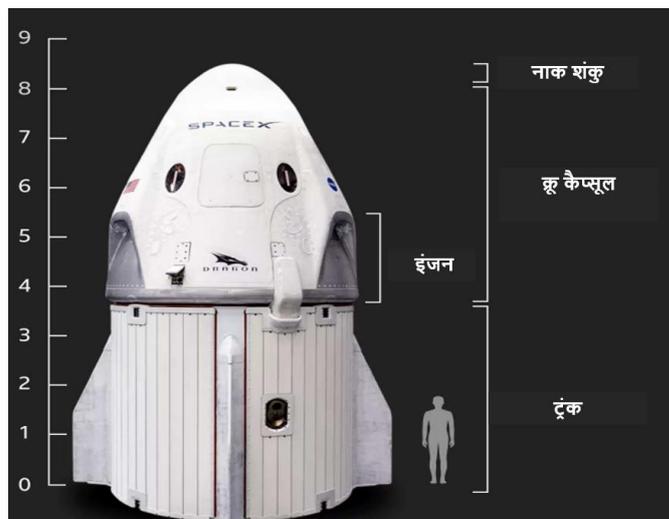
चालक दल ड्रैगन अंतरिक्ष यात्रियों को अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन तक ले जाने के लिए नासा के वाणिज्यिक कक्षीय परिवहन सेवा (सी.ओ.टी.एस) कार्यक्रम के तहत स्पेसएक्स द्वारा विकसित किया जा रहा एक मुक्त-उड़ान, पुनः प्रयोज्य कक्षीय मॉड्यूल है। इसका कैप्सूल अभिकल्प अपोलो के कमांड मॉड्यूल से प्रेरित है और इसमें निम्नलिखित तीन खंड हैं:

**चालक दल कैप्सूल:** यह तीन टचस्क्रीन डिस्प्ले के साथ अधिकतम सात अंतरिक्ष यात्रियों को ले जाने के लिए एक दबाव वाला डिब्बा है जो चालक दल को अंतरिक्ष यान की निगरानी और नियंत्रण करने की सुविधा देता है। यह ड्रेको प्रणोदक से लैस है जो ऑर्बिट के दौरान ड्रैगन को प्रयुक्ति करने की सुविधा देता है और इसमें 8 सुपर ड्रेको प्रणोदक हैं जो अंतरिक्ष यान के लॉन्च एस्केप सिस्टम को शक्ति प्रदान करते हैं।

**ट्रंक:** यह एक बिना दबाव वाला कक्ष है जिसमें सौर पैनल, गर्मी हटाने वाले तापविकिरण कर्म, कार्गो के लिए

जगह और आपातकालीन मिशन को बंद करने के दौरान स्थिरता प्रदान करने के लिए पंख होते हैं। ट्रंक पृथ्वी के वायुमंडल में पुनः प्रवेश करने से पहले अलग हो जाता है।

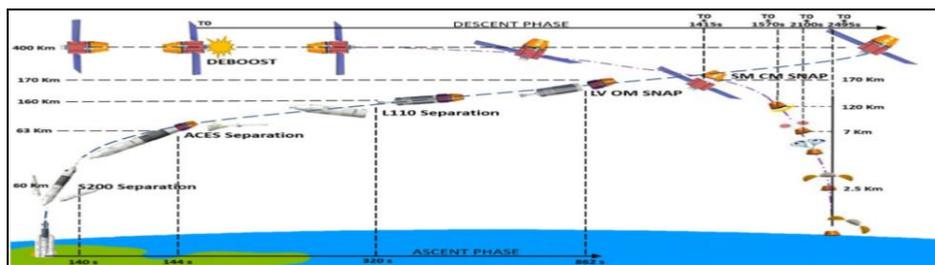
**नाक शंकु:** यह डॉकिंग हैच को कवर करता है जिसका उपयोग अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन के साथ कैप्सूल को डॉक करने के लिए किया जाता है।



चित्र 4: कू ड्रैगन - अंतरिक्षयान के मॉड्यूल

#### V. गगनयान - भारत

**मिशन उद्देश्य:** गगनयान परियोजना भारत की पहली समानव अंतरिक्ष उड़ान परियोजना है और इसका मुख्य उद्देश्य चालक दल के दो सदस्यों को पृथ्वी की निचली कक्षा (एल.ई.ओ) (लगभग 400 किमी) तक ले जाने के लिए एक मानव रहने योग्य अंतरिक्ष कैप्सूल विकसित करना है, जो कुछ कक्षाओं की अवधि से लेकर अधिकतम 3 दिनों तक ले जाए और पृथ्वी पर एक पूर्व निर्धारित गंतव्य पर सुरक्षित रूप से लौटए। गगनयान समानव मिशन के लिए, मानव अनुकूल जीएसएलवी एमके III की पहचान चालक दल मॉड्यूल (सी.एम) और सेवा मॉड्यूल (एस.एम) से युक्त कक्षीय मॉड्यूल (ओ.एम) को ले जाने के लिए प्रक्षेपण यान के रूप में की गई है। मिशन में कई चरण जैसे आरोही चरण, कक्षीय चरण, डी-बूस्ट चरण और अवरोही चरण शामिल हैं।

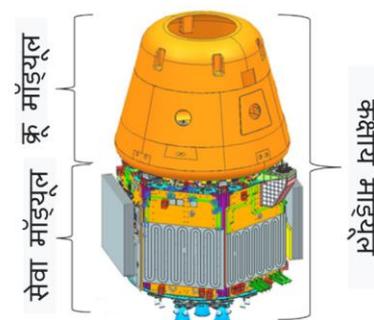


चित्र 5: गगनयान मिशन के चरण

मानव रेटेड जीएसएलवी-एम.के।।। वाहन चढ़ाई चरण में चालक दल एस्केप सिस्टम (सी.ई.एस) के साथ कक्षीय मॉड्यूल लेगा और कक्षीय मॉड्यूल को 170 किमी की चुनी हुई कक्षा में रखेगा।

कक्षीय मॉड्यूल (ओ.एम) के अंतः क्षेपण के बाद, ओएम दीर्घ-वृत्ताकार (170 x 395 किमी) से 395 किमी की गोलाकार कक्षा तक ओएम की कक्षा के परिचालन सहित सौर पैनल प्रविस्तारण, एंटीना प्रविस्तारण, कक्षीय संचालन करेगा।

पूर्व-परिभाषित कक्षाओं के पूरा होने के बाद, डी-बूस्ट अनुक्रम शुरू किया जाएगा, जिसमें पुनः अभिविन्यास, डी-बूस्ट प्रज्वलन, पुनः प्रवेश, पृथ्वी की सतह से 165 किमी ऊपर सीएम-एसएम पृथक्करण का अनुक्रम और पृथ्वी की सतह से 120 किमी ऊपर से सीएम का पुनः प्रवेश शामिल है। पृथ्वी के वायुमंडल में सीएम के पुनः प्रवेश से पहले डी-बूस्टिंग प्रचलन एसएम के द्वि-नोदक प्रणोदक द्वारा किए जाएंगे। वायुमंडल में तेज प्रवेश करने के लिए एसएम में प्रणोदक प्रज्वलित करके एसएम के उड़ान पथ कोण को बदल दिया जाएगा। सीएम-एसएम पृथक्करण के बाद, एसएम को पुनः प्रवेश के दौरान वायुमंडल में स्वतः जल जाएगा। वायुमंडल में तेज प्रवेश करने के लिए एसएम में प्रणोदक प्रज्वलित करके एसएम के उड़ान पथ कोण को बदल दिया जाएगा।



चित्र 6: गगनयान-कक्षीय मॉड्यूल

चालक दल मॉड्यूल एक आवश्यक अभिविन्यास प्राप्त करने के लिए प्रक्षेपवक्र जारी रखेगा, फिर शीर्ष कवच पृथक्करण के बाद 7 किमी पर पैराशूट की प्रविस्तारण सहित बाकी अनुक्रमण आदेश कमांड होंगे। पैराशूट प्रविस्तारण के बाद, सीएम प्रक्षेपवक्र को जारी रखेंगे और जब यह समुद्र पर प्रभाव डालता है, तो पैराशूट निर्मुक्त आदेश जारी किया जाएगा ताकि सीएम को साथ न खींच जाए। पुनः प्राप्ति को सक्षम करने के लिए, समुद्र में उतरने के पश्चात (पोस्ट टचडाउन) प्रणाली शुरू किया जाएगा और अवतरण स्थान को अंकित करने के लिए डाई जारी की जाएगी।

### कक्षीय मॉड्यूल:

कक्षीय मॉड्यूल में चालक दल मॉड्यूल (सीएम) और सेवा मॉड्यूल (एसएम) शामिल हैं। सीएम चालक दल के रहने की जगह होगी और एसएम कक्षा में रहते हुए सीएम को आवश्यक सहायता प्रदान करेगा। चालक दल मॉड्यूल (सीएम) एकमात्र मॉड्यूल है जो चालक दल के साथ पृथ्वी पर लौटेगा।

### चालक दल मॉड्यूल (सी.एम):

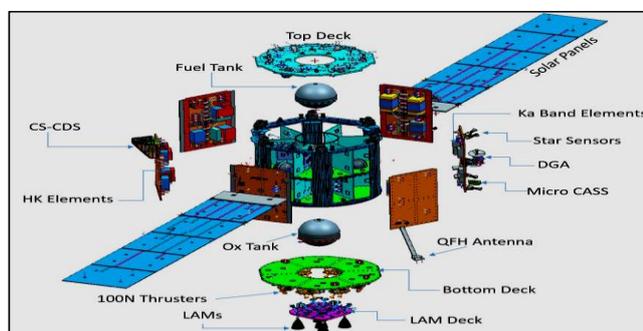
सीएम संरचना एक द्वि-दिवार संरचना है जिसमें आंतरिक दबाव वाले संरचना चालक दल के केबिन का निर्माण करती है जो मिशन के सभी चरणों के दौरान रहने योग्य डिब्बे के रूप में कार्य करेगा। इसमें सीएम-एसएम पृथक्करण के बाद चालक दल मॉड्यूल के पुनः अभिविन्यास के लिए नोदक प्रणाली (बारह 100 न्यूटन द्वि-नोदक प्रतिक्रिया नियंत्रण प्रणोदक), बंद लूप मार्गदर्शन के लिए नियंत्रण प्रणाली, मंदन और पृथक्करण प्रणाली, वैमानिकी, चालक दल संचार प्रणाली, पर्यावरण नियंत्रण और जीवन समर्थन प्रणाली (ई.सी.एल.एस.एस), पुनः प्रवेश और पुनः प्राप्ति प्रणाली (जिसमें प्राथमिक (छोटे व्यास का) और द्वितीय (बड़े व्यास का) पैराशूट शामिल हैं) जैसे अन्य उप-प्रणालियां भी हैं। सीएम को पृथ्वी के वायुमंडल में पुनः प्रवेश करने की गर्मी से बचने के लिए उष्मा संरक्षण प्रणाली (टी.पी.एस) के साथ ढका गया है।



चित्र 7: गगनयान-कू मॉड्यूल

### सेवा मॉड्यूल (एस.एम):

सेवा मॉड्यूल में कक्षीय और डी-बूस्ट संबंधित संचालन के लिए आवश्यक प्रणालियां हैं। सेवा मॉड्यूल चालक दल मॉड्यूल से तब तक जुड़ा रहता है जब तक कि यह पृथ्वी से लगभग 170 किमी ऊपर सीएम से अलग नहीं किया जाता।



चित्र 8: गगनयान-सेवा मॉड्यूल

इसलिए सीएम-एसएम पृथक्करण के बाद एसएम के पास सीएम के लिए आवश्यक संसाधन नहीं होंगे। एसएम में उड़ान व्यवस्था के ऊपरी चरणों के दौरान चालक दल पलायन का भी प्रावधान होगा। इसमें सौर पैनल, नोदक प्रणाली, पर्यावरण नियंत्रण और जीवन समर्थन प्रणाली (ई.सी.एल.एस.एस) तत्त्व, प्रक्षेपण और कक्षीय चरण के दौरान आवश्यक संबंधित वैमानिकी घटकों जैसे सहायक प्रणालियां और पैकेज हैं। एसएम नोदक प्रणाली (पांच 440 न्यूटन एल.ए.एम इंजन) दीर्घ-वृत्ताकार (170 x 395 किमी) से 395 किमी की गोलाकार कक्षा तक ओएम की कक्षा के प्रारंभिक परिचालन में सहायता करती है जो पूरी अवधि के लिए 395 किमी कक्षा में ओएम को 3-अक्ष स्थिरीकरण प्रदान करेगी। कक्षीय प्रवास पूरा होने के बाद, पुनः प्रवेश के लिए एसएम में मौजूद 100 न्यूटन प्रतिक्रिया नियंत्रण प्रणोदक का उपयोग करके डी-बूस्ट किया जाएगा।

### सीएम और एसएम का संपर्क:

सीएम और एसएम को कनेक्ट-डिस्कनेक्ट सिस्टम नामक प्रवर्तक द्वारा संलग्न किया जाएगा। सीएम और एसएम के बीच आवश्यक संपर्क नाभीय सीएम-एसएम कनेक्ट डिस्कनेक्ट सिस्टम (सी.एस-सी.डी.एस) के माध्यम से प्रदान किया जाएगा। सीएस-सीडीएस यू1 और यू2 क्रमशः सीएम और एसएम से जुड़े हुए हैं। अग्रिक प्रचलन ऑपरेशन के परिणामस्वरूप सीएम और एसएम को अलग किया जाएगा।

### कक्षीय मॉड्यूल उप-प्रणालियां:

**1. विद्युत शक्ति प्रणालियां:** गगनयान के लिए विद्युत शक्ति प्रणालियों की भूमिका मिशन के सभी चरणों के तहत कक्षीय मॉड्यूल को निरंतर बिजली की आपूर्ति सुनिश्चित करना है।

इसमें सूर्य के प्रकाश के संपर्क के दौरान प्राथमिक विद्युत उत्तपन करने के लिए एसएम में दो परिनियोजन योग्य सौर पैनल और क्रमशः एसएम और सीएम तीन-तीन लिथियम-आयन बैटरी शामिल हैं। ये बैटरियां सूर्य की ग्रहण अवधि के दौरान बिजली की आवश्यकता को पूरा करेंगी, और अवरोही चरण और पोस्ट टच डाउन (समुद्र में उतरने के पश्चात) चरण की विद्युत आवश्यकताओं को भी पूरा करती हैं।

**2. प्रणोदन प्रणाली:** सीएम और एसएम दोनों की अपनी नोदक प्रणाली है। सीएम-एसएम पृथक्करण के बाद इसके पुनः अभिविन्यास के लिए सीएम में 100 न्यूटन द्वि-प्रणोदक (एम.एम.एच और एम.ओ.एन 3) प्रणोदक (मुख्य के रूप में छह और अतिरिक्त प्रणोदक के रूप में अन्य छह) की कुल बारह संख्या है। एसएम में, कक्षा परिचालन के लिए 440 न्यूटन के पांच तरल एपोजी मोटर (एल.ए.एम) इंजन हैं। एसएम में मौजूद प्रतिक्रिया नियंत्रण प्रणाली में 100 न्यूटन प्रणोदक की 16 संख्या है जिसे चार ब्लॉकों में वर्गीकृत किया गया है जिसका उपयोग डी-बूस्ट उद्देश्य के लिए किया जाएगा। ऑक्सीडाइज़र और ईंधन के रूप में क्रमशः मोन -3 (नाइट्रोजन का मिश्रित ऑक्साइड) और एमएमएच (मोनो-मिथाइल हाइड्राज़ीन) के साथ एकीकृत द्वि-प्रणोदक प्रणोदन प्रणाली का उपयोग किया जाना है।

**3. पर्यावरण नियंत्रण और जीवन समर्थन प्रणाली (ईसीएलएसएस):** यह प्रणालियों का एक समूह है जो अंतरिक्ष मिशन के दौरान चालक दल को मानव रहने योग्य वातावरण (पृथ्वी के समान) प्रदान करेगा। इसमें स्वतंत्र और अतिव्यापी कार्य प्रदान करने वाली निम्नलिखित उप-प्रणालियां शामिल हैं।

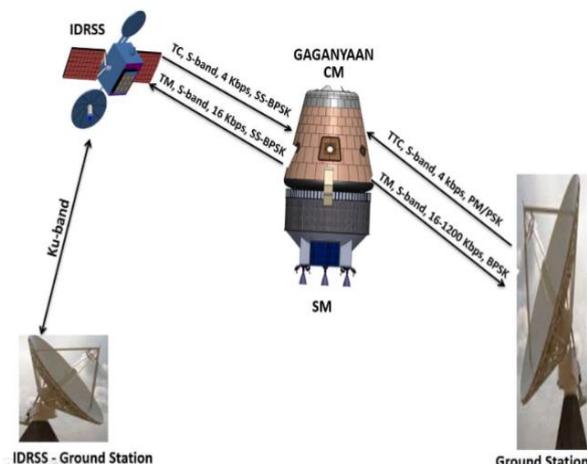
- क) केबिन प्रेशर कंट्रोल सिस्टम (सी.पी.सी.एस) का कार्य चालक दल मॉड्यूल के अंदर ऑक्सीजन के केबिन दबाव और केबिन आंशिक दबाव को नियंत्रित करना और बनाए रखना है।
- ख) उष्मीय और आर्द्रता नियंत्रण प्रणाली (टी.एच.सी.एस) का कार्य चालक दल मॉड्यूल के अंदर पर्यावरण के तापमान और आर्द्रता के स्तर को बनाए रखना और नियंत्रित करना है।
- ग) वायु पुनरोद्धार प्रणाली (ए.आर.एस) का कार्य केबिन से कार्बन डाइऑक्साइड को हटाना है।
- घ) अग्नि संसूचन प्रणाली के साथ पर्यावरण निगरानी प्रणाली का कार्य चालक दल मॉड्यूल के अंदर ऑक्सीजन, कार्बन डाइऑक्साइड, कुल दबाव, तापमान, आर्द्रता, ट्रेस गैसों आदि का आंशिक दबाव प्राप्त करना है और यह मॉड्यूल में आग का भी पता लगाएगा।

**4. ऑन-बोर्ड कंप्यूटर (ओ.बी.सी):** इसमें मिशन कंप्यूटर (एम.सी), नौसंचार, निर्देशन और नियंत्रण (एन.जी.सी) सीएम में स्थित और एसएम में मौजूद सेवा मॉड्यूल ऑनबोर्ड कंप्यूटर (एसएम-ओबीसी) शामिल हैं। एमसी आधारबैंड, दूरादेश और दूरमिति के लिए संपर्क प्रदान करता है और यह इससे जुड़े सभी प्रणाली के लिए दोष का पता लगाता है, अलग करता है और पुनः विन्यासित करता है। सीएम एनजीसी कक्षा परिचालन, कक्षा अभिवृत्ति के रख-रखाव, अभिविन्यास और डी-बूस्ट चरण के लिए पुनः अभिविन्यास के लिए एसएम-ओबीसी के माध्यम से एसएम के प्रणोदक को आदेश करता है। एसएम-ओबीसी एसएम के प्रणोदक के लिए संपर्क प्रदान करता है, उष्मीय नियंत्रण प्रणाली के लिए संवेदक अधिग्रहण और उसके आदेश का भी प्रबंधन करता है और सेवा मॉड्यूल के लिए दूरमिति प्राप्त करता है।

**5. नौसंचार प्रणाली और संवेदक:** इसमें लेजर आधारित जड़त्वीय नेविगेशन (एल.आई.एन.एस), उपग्रह स्थिति निर्धारण प्रणाली (एस.पी.एस), तारा संवेदक, तुंगतामापी (बारो-अल्टीमीटर), सूर्य संवेदक और चुम्बकमापी शामिल हैं। यह सभी एक साथ प्रणाली अवस्था सदिश जैसे दर, दृष्टिकोण, स्थिति, वेग, त्वरण और एनजीसी और अनुक्रमण कार्य के लिए उपयोग किए जाने वाले अन्य मापदंडों को प्रदान करती है।

**6.संचार और अनुवर्तन प्रणाली:** ओएम में संचार प्रणालियों को चालक दल के साथ बातचीत करने के लिए ऑडियो और वीडियो संपर्क के साथ मिशन के सभी चरणों के दौरान दूरादेश और दूरमिति (टीटी&सी) संचार संपर्क स्थापित करने के लिए विन्यासित किया गया है।

**7.आंकड़ा प्रबंधन और संचय प्रणाली:** यह सभी प्रकार के दूरमिति, नीतभार और चालक दल वीडियो/ ऑडियो आंकड़ा अधिग्रहण, भंडारण का समर्थन करने और श्रवण और वीडियो संचार संपर्क प्रदान करने के लिए बनाया जाता है। समुद्र में उतरने के पश्चात संग्रहीत आंकड़े जो उड़ान के स्वास्थ्य को परिभाषित करता है, आगे की जांच के लिए पुनर्प्राप्त किया जाएगा।



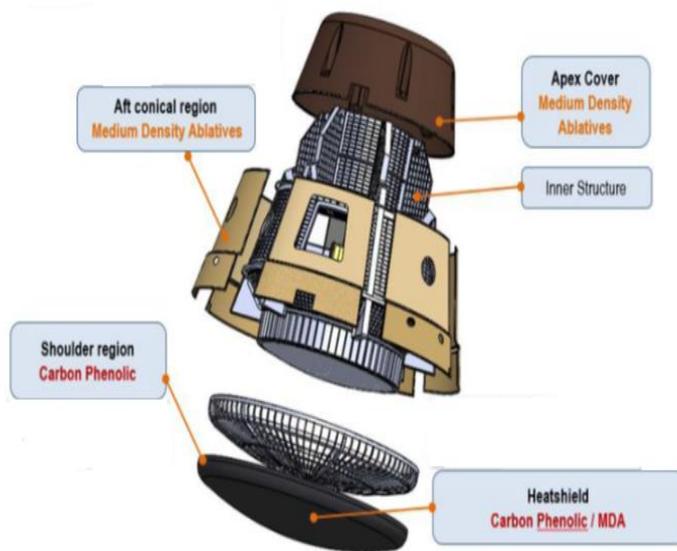
चित्र 9: गगनयान के संचार और ट्रैकिंग प्रणाली

**8.केबिन उप-प्रणाली:** वीडियो प्रतिबिंबन प्रणाली, श्रवण प्रणाली, कंसोल और सिस्टम प्रदर्शन प्रणाली को केबिन उप-प्रणाली के रूप में जोड़ा जाता है जो मिशन के दौरान जानकारी प्रदर्शित करने के लिए चालक दल को एक संपर्क प्रदान करता है और यह आवश्यकता पड़ने पर मानवीय आदेश भी देगा। यह ऑन-बोर्ड और ग्राउंड के साथ चालक दल को वीडियो संचार संपर्क भी प्रदान करेगा।

### 9.उष्मीय सुरक्षा प्रणाली (टी.पी.एस):

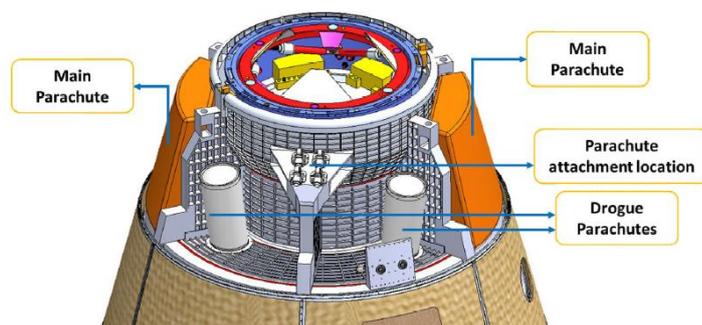
वायुमंडलीय पुनः प्रवेश में चालक दल मॉड्यूल को जीवित रहने के लिए गर्मी परिरक्षण प्रदान करना होगा। शंकाकार क्षेत्र के साथ-साथ सीएम के एपेक्स कवर में मध्यम घनत्व अपक्षरक है और पिछले भाग उष्मा-कवच में टीपीएस के रूप में कार्बन फेनोलिक है। उपर्युक्त ओएम के उप-प्रणालियों के अतिरिक्त, गगनयान की कुछ अन्य महत्वपूर्ण प्रणालियां:

**a. मंदन प्रणाली:** यह चालक दल मॉड्यूल(सीएम) के सुरक्षित अवरोहण और वसूली के लिए अभिकल्प किया गया है। मॉड्यूल की प्रारंभिक मंदन एरो-ब्रेकिंग से प्रभावित होती है। हाइपरसोनिक से सबसोनिक गति तक एरो ब्रेकिंग चरण के बाद, मॉड्यूल की आगे की मंदन पैराशूट के माध्यम से प्राप्त की जाएगी। पैराशूट को दो प्राथमिक और द्वितीय पैराशूट के साथ अतिरिक्त साधन के रूप में विन्यासित किया गया है। ड्रॉग पैराशूट कैप्सूल को 250 मीटर/सेकंड से 50 मीटर/सेकंड तक धीमा कर देते हैं। दो पैराशूट रिलीज़र इकाइयाँ (पीआरयू) ड्रॉग पैराशूट जारी करती हैं, जो बदले में मुख्य पैराशूट तैनात करेगी। दो मुख्य पैराशूट एक साथ वेग को 8 मीटर/सेकंड के अंतिम वांछित मूल्य तक लाएंगे।



चित्र 10: गगनयान के कू मॉड्यूल पर थर्मल प्रोटेक्शन सिस्टम

**b. पुनः प्राप्ति प्रणाली:** यह समुद्र में टचडाउन के बाद सीएम को अनुकूल स्थिर स्थिति में उन्मुख करने की आवश्यकता को पूरा करेगा। इसमें मुख्य प्लवन खोलने के बाद छोटी प्लवन खोलना शामिल है। इसके बाद अनुक्रम के अनुसार रंजक (समुद्र चिह्नक प्रणाली) जारी की जाएगी। नाविक अभिग्राही और यू.एच.एफ बीकन को टचडाउन के बाद सीएम के स्थान के मार्गदर्शन के लिए संचालित किया जाएगा।



चित्र 11: गगनयान के क्रू मॉड्यूल पर मंदन प्रणाली

**c. चालक दल हस्तक्षेप प्रणाली:** यह मुख्य प्रणाली का विफलता में चालक दल सुरक्षा सुनिश्चित करने का लिए निष्पादन की अंतिम श्रृंखला के रूप में चालक दल की सुरक्षा में जोड़ता है। इसमें कुछ महत्वपूर्ण प्रचलन जैसे निरस्त दीक्षा, सक्षम प्रणोदक ज्वलन, अवरोही चरण अग्रिक प्रचलन, अवरोही चरण आदि शामिल हैं जिन्हें चालक दल द्वारा शुरू किया जा सकता है।

### गगनयान-कक्षीय मॉड्यूल के भविष्य का दायरा:

गगनयान के साथ भारत के समानव अंतरिक्ष यान की स्थापना के रूप में, भारत ने अंतरिक्ष में आगे बढ़ने और कई मिशनों को पूरा करने की योजना बनाई है जो वर्तमान तकनीक में सुधार की मांग करते हैं। इस पेपर में, हमने कक्षीय मॉड्यूल में कुछ भविष्य के संवर्द्धन सूचीबद्ध किए हैं जिन्हें भारत के समानव अंतरिक्ष यान के भविष्य के मिशनों में योजनाबद्ध किया जा सकता है।

#### 1. हरित नोदक

यह अंतरिक्ष यान में उपयोग किए जाने वाले पारंपरिक खतरनाक और विषाक्त नोदकों का एक पर्यावरण के अनुकूल विकल्प है। इसरो ने 2018 में ईंधन के रूप में ग्रीन प्रोपेलेंट- सॉलिड प्रोपेलेंट ग्लाइसिडाइल एजाइड पॉलिमर (जीएपी) और ऑक्सीडाइजर के रूप में अमोनियम डी-नाइट्रामाइड विकसित किया। इसे गगनयान के मानवयुक्त मिशन में कार्यान्वित करने का प्रस्ताव है।

#### 2. डॉकिंग प्रणाली

भारत का अपना अंतरिक्ष स्टेशन बनाने की इसरो की योजना के साथ, अंतरिक्ष स्टेशन के साथ डॉक करने के लिए भविष्य के मानव मिशन में एक डॉकिंग प्रणाली की योजना बनाई और विकसित की जा सकती है।

#### 3. वैमानिकी आकार और विद्युत-शक्ति की आवश्यकता में अनुकूलन:

जैसा कि भारत भी लंबी अवधि के अंतरिक्ष यान की योजना बना रहा है, निश्चित रूप से वैमानिकी आवश्यकताओं में वृद्धि होगी, इस मामले में इसरो समानव मिशनों की सभी सुरक्षा विशेषताओं के साथ परिचालन आवश्यकताओं को पूरा करते हुए हार्डवेयर प्रणाली और विद्युत समाधान के आकार को अनुकूलित करने की योजना बना रहा है।

#### 4. कक्षीय मॉड्यूल की पुनः प्रयोज्यता:

पुनः प्रयोज्य अंतरिक्ष यान/कक्षीय मॉड्यूल अंतरिक्ष तक पहुंच की लागत को कम करेगा और मूल्यवान संसाधनों को पुनश्चक्रण करके पर्यावरणीय लागत को कम करेगा। अंतरिक्ष मिशनों के लिए कम समय में अगली उड़ान के लिए तैयार होना आवश्यक है और मिशन भी नियमित रूप से हो सकते हैं।

#### निष्कर्ष:

इस पेपर में हमने दुनिया भर के समानव अंतरिक्ष उड़ानों में उपयोग किए जाने वाले विभिन्न कक्षीय मॉड्यूल और भारत के गगनयान मिशन के नियोजित कक्षीय मॉड्यूल का तुलनात्मक अध्ययन किया है। हमने विश्लेषण किया है कि मूल विन्यास एक मॉड्यूल में चालक दल के लिए रहने योग्य वातावरण प्रदान करना है और दूसरे मॉड्यूल में सभी उपभोग्य सामग्रियों (नोदक प्रणाली, सौर पैनल आदि) और पृथ्वी में पुनः प्रवेश करने से पहले चालक दल मॉड्यूल को अन्य मॉड्यूल से अलग करना है। यह बुनियादी विन्यास सभी मिशनों में समान रहता है, हालांकि आकार, बिजली उत्पादन आदि विभिन्न मिशन में भिन्न हो सकते हैं। तुलनात्मक अध्ययन नीचे सारणीबद्ध किया गया है-

तालिका 1: कक्षीय मॉड्यूल की तुलना

अंतरिक्ष यान	अपोलो-11	सोयुज टीएमए-एम	शेनझोउ	चालक दल ड्रैगन	गगनयान
मूल	संयुक्त राज्य अमेरिका	रूस	चीन	स्पेसएक्स (संयुक्त राज्य अमेरिका)	भारत
प्रक्षेपण प्रणाली	सैटर्न वी	सोयूज-एफजी	चांग झेंग 2 एफ	फाल्कन 9	एचआरएलवी (जीएसएलवी एमके III)
श्रेणी	चंद्र	निचली कक्षा (एलईओ)	निचली कक्षा (एलईओ)	निचली कक्षा (एलईओ)	निचली कक्षा (एलईओ)
चालक दल की संख्या	3	3	3	4	2
लंबाई (मीटर)	11	7.48	9.25	8.1	5.6
व्यास(मीटर)	3.91	2.72	2.80	3.7	3.1
उत्पादन द्रव्यमान (किग्रा)	28801	7150	7,840	12055	7600
विद्युत शक्ति स्रोत	ईंधन कोशिकाओं	सौर पैनल	सौर पैनल	सौर पैनल	सौर पैनल

#### संदर्भ:

1. Preliminary Design Document of Mission Elements June
2. System Requirements Document for Orbital Module Software and Interfaces for G1 Mission
3. Gaganyaan Service Module-G1 Mechanical Integration Preliminary Design Review August 2022
4. ECLSS Control System Design Requirements, Document No GY-HSFC-LSS-CTRLR-SP-051-19

5. Gaganyaan -Preliminary Design Review (Version 3) Document No: ISRO-URSC-GAGANYAAN-DR-0148

**लेखक परिचय:**



आरती गुप्ता ने मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय से इलेक्ट्रॉनिक्स और संचार में बी.टेक किया है और एच.एस.एफ.सी. में शामिल हो गए हैं। वर्तमान में वह यू.आर.एस.सी. बेंगलूर में तैनात हैं और समानव अंतरिक्ष उड़ान परियोजना में काम कर रही हैं।



उद्दीपना कलिता ने एमिटी विश्वविद्यालय, नोएडा से इलेक्ट्रॉनिक्स और संचार में बी.टेक किया है और आईपीआरसी, महेंद्रगिरी में शामिल हो गए जहां उन्होंने स्काडा सॉफ्टवेयर के विकास में काम किया। वर्तमान में वह यू.आर.एस.सी. बेंगलूर में तैनात हैं और समानव अंतरिक्ष उड़ान प्रोजेक्ट में काम कर रही हैं।

## मानव अंतरिक्ष मिशन के लिए क्रू एस्केप सिस्टम में प्रयुक्त ठोस प्रणोदक रॉकेट मोटर्स के विकिरण चित्रण (रेडियोग्राफी) में चुनौतियां

जतेंद्र निरंकारी, वैज्ञानिक/ अभियंता, एनडीटी-एस एवं आई, एसएमपीसी-ईकाई-1  
श्रीनिवास राव बत्तुला, प्रबंधक, एनडीटी-एस एवं आई, एसएमपीसी  
पी वी एस कुर्मनाथ, उप महा प्रबंधक, आई एवं टी, एसएमपीसी  
एस.डी.एस.सी.-शार

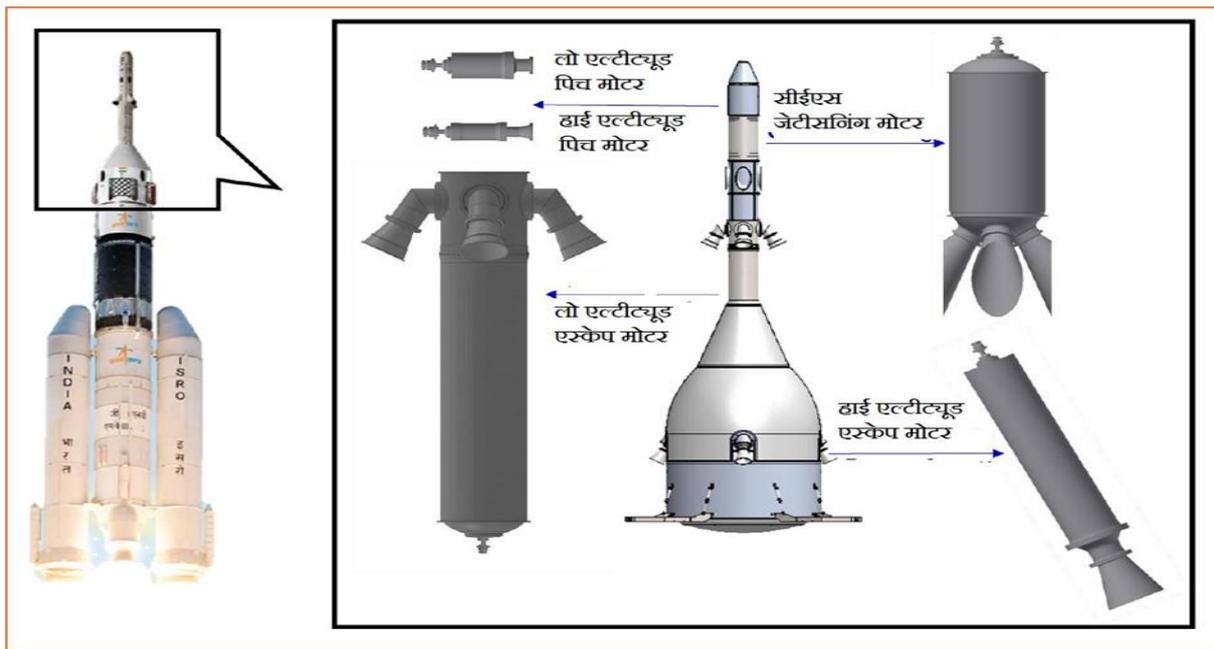
### 1. प्रस्तावना

अविनाशी परीक्षण, जैसा कि नाम से ही स्पष्ट है, जांच करने की एक विधि है जिसमें सामग्री की उपयोगिता को प्रभावित किए बिना सामग्री/माध्यम की अखंडता का अवलोकन किया जाता है। अविनाशी परीक्षण आश्वासन देता है कि जांच की जा रही सामग्री/माध्यम में कोई हानिकारक विषमता उपस्थित है नहीं, जिससे तनाव से जुड़े पर्यावरण के प्रभाव, तापमान, कंपन आदि की उपस्थिति के तहत इसका उपयोग करने में आत्मविश्वास मिलता है। अविनाशी परीक्षण की तकनीकों में किए गए लगातार सुधारों ने न केवल दोषों का पता लगाने में बल्कि अन्य भौतिक लक्षण वर्णन अनुप्रयोगों में भी इसकी क्षमता को बढ़ाया है। अविनाशी परीक्षण पद्धति का चयन एक जटिल कार्य है और कई कारकों पर निर्भर करता है, जिसमें निर्माण प्रक्रिया का अच्छा ज्ञान और विभिन्न प्रकार की विषमता जो कि उपस्थित हो सकती हैं, उसका विशेष ज्ञान ही अविनाशी परीक्षण पद्धति का चयन करने से पहले प्राथमिक रूप से अति आवश्यक होता है। क्रू एस्केप सिस्टम (सीईएस में 4 विभिन्न प्रकार के विशिष्ट ठोस मोटर होते हैं – जिनको निम्नलिखित नामों से जाना जाता है –

1. लो एल्टीट्यूड एस्केप मोटर (एलईएम)
2. हाई एल्टीट्यूड एस्केप मोटर (एचईएम)
3. सीईएस जेटीसनिंग मोटर (सीजेएम) और
4. पिच कंट्रोल मोटर (पीसीएम)।

क्रू एस्केप सिस्टम में लो एल्टीट्यूड एस्केप मोटर (एलईएम) और हाई एल्टीट्यूड एस्केप मोटर (एचईएम) होते हैं, जो कि इस प्रकार से प्रज्वलित किए जाते हैं जिससे कि यदि उड़ान के प्रारंभिक चरण के दौरान कोई अवांछनीय घटना होती है, जो प्रमोचन मंच पर मिशन की सुरक्षा को प्रभावित कर सकती है, तो उस स्थिति में क्रू मॉड्यूल को प्रमोचन वाहन से दूर खींच लिया जा सके। पैड एबॉर्ट की स्थिति के दौरान, एलईएम और एचईएम को एक साथ फायर कर दिया जायेगा ताकि मिशन की आवश्यकता के अनुरूप 4 जी पार्श्व और 12 जी अक्षीय त्वरण प्राप्त हो सके।

सीईएस जेटीसनिंग मोटर (सीजेएम) का उपयोग सुरक्षित दूरी प्राप्त करने के बाद सीईएस को क्रू मॉड्यूल से अलग करने के लिए किया जाता है। एक सामान्य मिशन में, सीजेएम का उपयोग दूसरे चरण (S200 पृथक्करण के लगभग 5 सेकेंड के बाद) के उचित कामकाज को सुनिश्चित करने के बाद प्रमोचन वाहन से सीईएस को हटाने के लिए किया जाता है।



चित्र 6- कू एस्केप सिस्टम में प्रयुक्त ठोस प्रणोदक रॉकेट मोटर्स

आवश्यक रेंज प्राप्त करने के लिए त्वरित प्रमोचन वाहन से दूर जाने के लिए सकारात्मक पिचिंग सुनिश्चित करने हेतु पिच मोटर्स को एस्केप मोटर्स के साथ निकाल दिया जाता है। माक-संख्या 2 तक, एलपीएम को प्रज्वलित कर दिया जाएगा और उससे ज्यादा होने पर एचपीएम से सीईएस की आवश्यक पिचिंग प्राप्त करने के लिए उपयोग किया जाएगा। एक सामान्य मिशन में, सीईएस को प्रमोचन वाहन से अलग करने के लिए (सीजेएम) के साथ पिच मोटर्स को प्रज्वलित कर दिया जाएगा।

## 2. विकिरण चित्रण का उद्देश्य

प्रणोदक में उपस्थित दोषों का पता लगाने के विकिरण चित्रण विधि का प्रयोग किया जाता है, जिससे कि रिक्तियां (वोइड्स), दरारें, प्रणोदक में विदेशी सामग्री का समावेश, प्रणोदक/ तापीय रोधन / मोटर आवरण अंतरापृष्ठ पर अलगाव आदि दोषों का पता लगाया जा सके। प्रणोदक में उपरोक्त दोषों का पता लगाने के लिए अविनाशी परीक्षण में विकिरण चित्रण सबसे उपयुक्त तरीका है। विकिरण चित्रण के लिए रेखिक त्वरक मशीन (LINAC) का उपयोग किया जाता है 300 मिमी व्यास से ऊपर के बड़े रॉकेट मोटर्स का निरीक्षण उच्च ऊर्जा विकिरण चित्रण तकनीक द्वारा किया जाता है। इन विशेष प्रयोजन मोटर्स की विकिरण चित्रण के लिए दो प्रकार की तकनीकों का उपयोग किया जाता है जिसमें पहला 1. सामान्य शॉट्स - दोहरी दीवार प्रवेश तकनीक - प्रणोदक ग्रेन में रिक्तियां, दरारें, विदेशी सामग्री समावेशन जैसे दोष का पता लगाने के लिए 2. स्पर्शरिखा शॉट्स-प्रणोदक/ तापीय रोधन / मोटर आवरण अंतरापृष्ठ पर अलगाव, यदि कोई हो, उसका पता लगाने के लिए। एक ठोस रॉकेट मोटर के निरीक्षण के लिए अनुदैर्घ्य और परिधि गत दिशाओं में कई रेडियोग्राफिक उद्भासन (एक्सपोजर) की आवश्यकता होती है। उद्भासन की संख्या का आकलन दरार का पता लगाने की संभावना मानदंड और विभिन्न क्षेत्रों में दोषों की गंभीरता के आधार पर निर्धारित किया जाता है। महत्वपूर्ण मिशन आवश्यकताओं को ध्यान में रखते हुए विशेष प्रयोजन मोटर्स के दोषों का पता लगाने और मूल्यांकन के लिए कठोर विकिरण चित्रण परीक्षण योजना अपनाई जाती है।

## 3. विकिरण चित्रण योजना

विकिरण चित्रण योजना, विकिरण चित्रण व्याप्ति के लिए आवश्यक शॉट्स की संख्या और परीक्षण की जाने

वाली वस्तु की ओर बीम के उन्मुखीकरण की व्याख्या करती है। विकिरण चित्रण योजना की तैयारी मुख्य रूप से वस्तु की ज्यामिति, परीक्षण का उद्देश्य और महत्वपूर्ण उपयोग को ध्यान में रख कर की जाती है और शॉट्स की संख्या को वस्तु के आकार के संबंध में परिभाषित किया जाता है। एक बेलनाकार आकार की रॉकेट मोटर के लिए शॉट्स परिधि और अनुदैर्घ्य, दोनों दिशाओं में आच्छादन करने के उद्देश्य को केन्द्रित करके किया जाता है। चूंकि विशेष प्रयोजन मोटर्स जटिल प्रसंस्करण स्थितियों से गुजरती हैं जिसके कारण विभिन्न दोष, दरारें, रिक्तियां, अलगाव आदि के रूप में हो सकते हैं, जो ठोस प्रणोदक रॉकेट मोटर्स के प्रक्षेपक और संरचनात्मक प्रदर्शन को प्रभावित करते हैं। मिशन में महत्वपूर्णता के कारण विशेष प्रयोजन मोटर्स की अंकन योजना 100% स्कैनिंग को प्राप्त करने के हिसाब से करनी चाहिए। ग्रेन के शॉट्स को इस तरह से कवर किया जाता है कि मोटर के प्रत्येक पाली और घाटी को पूरी तरह से कवर किया जा सके और बहु-फिल्म तकनीकों का उपयोग करके उपयुक्त वैषम्य प्राप्त होना चाहिए। यह लेख एचईएम के विकिरण चित्रण परीक्षण के लिए योजना और प्रक्रिया तैयार करने में अपनाए गए दर्शन का वर्णन करता है।

#### 4. ठोस प्रणोदक रॉकेट मोटर्स दोष की विकिरण चित्रण तकनीक द्वारा विश्लेषण

भरे हुए ढीले राल में सरंध्रता, रिक्तियां, दरार, प्रणोदक/अंत अवरोध/तापीय रोधन के बीच अलगाव, अवरोध में सरंध्रता, तापीय रोधन में रिक्तियां, प्रणोदक ट्रिमिंग आदि ठोस प्रणोदक रॉकेट मोटरों में देखे जाने वाले सामान्य दोष हैं।

**विकिरण चित्र (रेडियोग्राफ) में रिक्तियां** सघन धब्बों के रूप में दिखाई देती हैं। रेडियोग्राफिक फिल्म में यदि काले धब्बे दिखाई देते हैं, तो यह इंगित करता है कि उस प्रत्येक काले धब्बे के अनुरूप अरीय (रेडियल) स्थान पर प्रभावी वेब सामान्य वेब से कम होता है। यह एक पंक्ति में एक रिक्ति या रिक्तियों की संख्या की उपस्थिति के कारण हो सकता है। गहरे धब्बों की तीव्रता का आकलन करना नग्न आंखों से संभव नहीं है। गहरे धब्बों के घनत्व की तुलना सामान्य क्षेत्र के घनत्व के साथ की जानी चाहिए। फिल्म सघनता मापी (डेंसिटोमीटर) का उपयोग विभिन्न क्षेत्र के घनत्व की तुलना करने के लिए किया जाता है। मूल फिल्म घनत्व फिल्म के प्रकार, एक्सपोजर समय, विकास की स्थिति आदि के आधार पर भिन्न होता है।

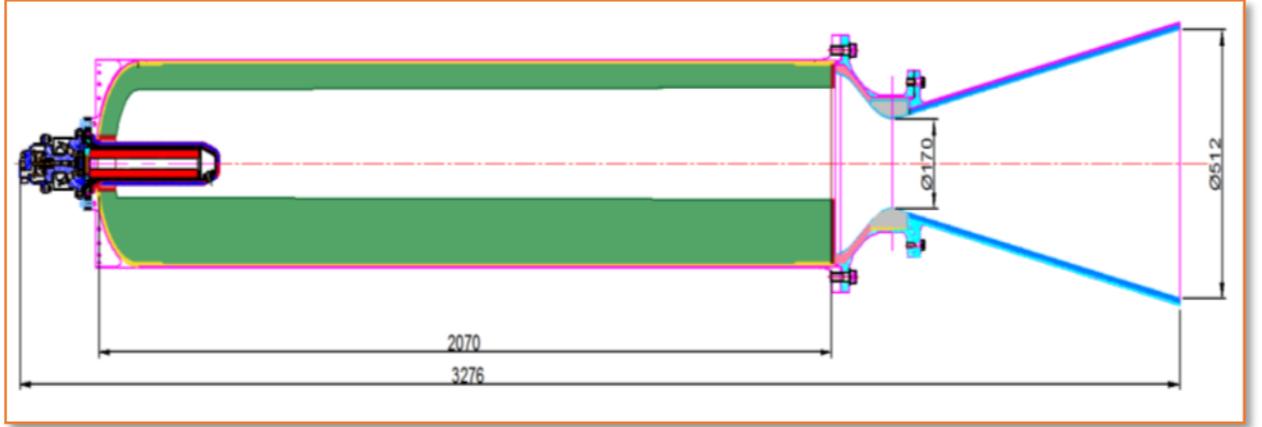
**ढीले प्लैप में प्रणोदक का फंसना** रॉकेट में एक और बड़ा दोष है ठोस प्रणोदक के जलने के दौरान उच्च तापमान के स्थानांतरण को रोकने के लिए रॉकेट मोटर केस को रबड़ से इन्सुलेट किया जाता है। मोटर आवरण में प्रठोसन के दौरान प्रणोदक के संकोचन को समायोजित करने के लिए ढीले प्लैप प्रदान किए जाते हैं। परिष्करण कार्य (फिनिशिंग ऑपरेशन) में ये स्थान हैं जिन्हें राल से भर दिया जाता है। ढीले प्लैप गैप के ठीक से नहीं भरने के कारण ढीले प्लैप और निश्चित तापीय रोधन के बीच रिक्तियां दिखाई दे सकती हैं।

किसी भी ठोस प्रणोदक रॉकेट में प्रणोदक और तापीय रोधन के बीच पृथक्करण स्वीकार्य नहीं है। मोटर प्रणोदक और तापीय रोधन के बीच अलगाव को महत्वपूर्ण माना जाता है और गुंबद के हिस्से में पृथक्करण को बेलनाकार क्षेत्र की तुलना में अधिक गंभीर तौर पर देखा जाता है। पृथक्करण की परिशुद्धता मोटर के आस-पास लिए गए स्पर्शरेखा एक्सपोजर की संख्या पर निर्भर करती है। आम तौर पर, खराब मोटर की लंबी अवधि तक भंडारण की स्थिति के कारण अलगाव होता तापीय रोधन और प्रणोदक के बीच किसी भी अलगाव का मूल्यांकन स्पर्शरेखा विकिरण चित्रण तकनीक का प्रयोग करके किया जा सकता है।

#### 5. हाई एल्टीट्यूड एस्केप मोटर (एचईएम) का विशेष विवरण

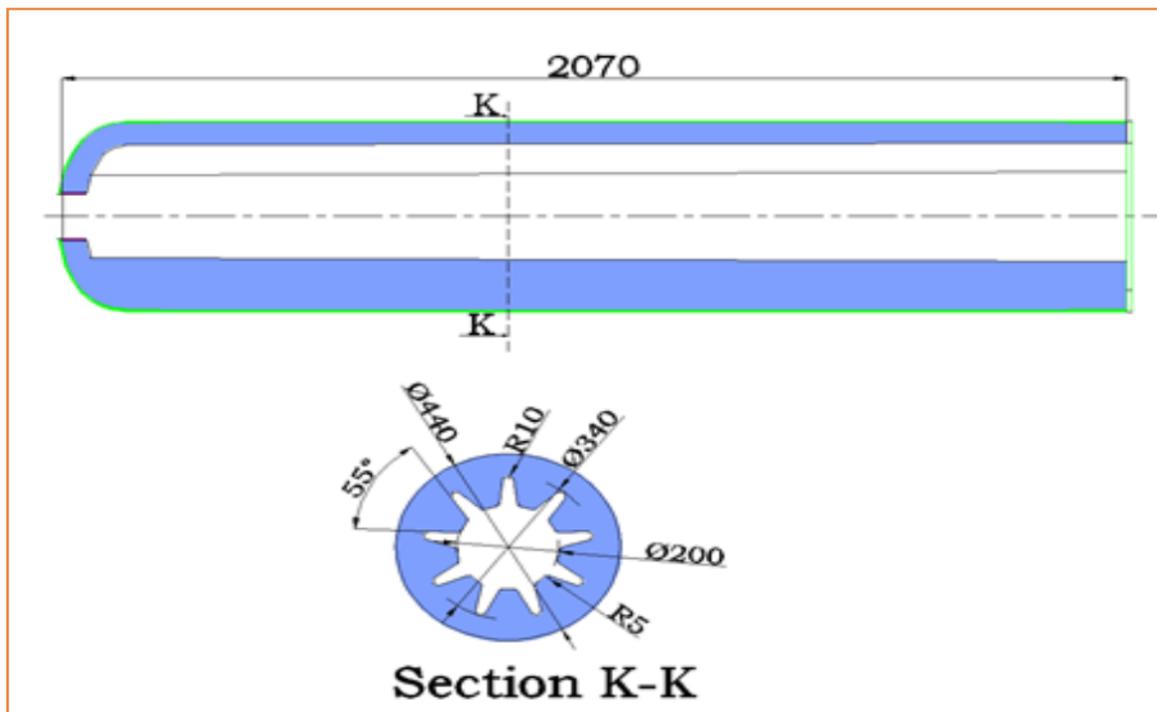
क्रू मॉड्यूल के चारों ओर सीएम श्राउड के अंदर चार एचईएम मोटर्स को इकट्ठा किया गया है। मोटर के आगे और पीछे के सिरे लंबे समय तक सीएम श्राउड सपोर्ट से जुड़े होते हैं। प्रणोद अंतरण (थ्रस्ट ट्रांसफर) पीछे के सिरे के माध्यम से होता है और आगे का सिरा एक लचीला जोड़ है जो मोटर फायरिंग के दौरान

विस्तार की अनुमति देता है। एचईएम एक पारंपरिक सीधे नोजल के साथ बनाया गया है जो बाहरी एनवलप के बाहर प्रक्षेपण के रूप में होता है। हाई एल्टीट्यूड एस्केप का उपयोग उड़ान के 0- 150 किमी की ऊंचाई में 4s के एक्शन टाइम के लिए 190kN का अधिकतम निर्वात प्रणोद (वैक्यूम थ्रस्ट) देने के लिए किया जाता है। हाई एल्टीट्यूड एस्केप मोटर की संरचना को चित्र 2 में और प्रणोदक ग्रेन की संरचना को चित्र 3 में दर्शाया गया है।



चित्र 2-हाई एल्टीट्यूड एस्केप मोटर की संरचना

सामान्य डिजाइन विशेषताएं	
कुल लंबाई (मिमी)	3198
मोटर केस बाहरी व्यास(मिमी)	395.4
नोजल प्रकार	पारंपरिक सीडी नोजल-
कैट एंगल (डिग्री)	0°
कुल द्रव्यमान (किलो)	512
आयतनमितीय लोडिंग अंश	0.61
मोटर केस सामग्री	15CDV6
प्रणोदक कोड	PEDCEM
तापीय रोधन रबड़	ROCASIN

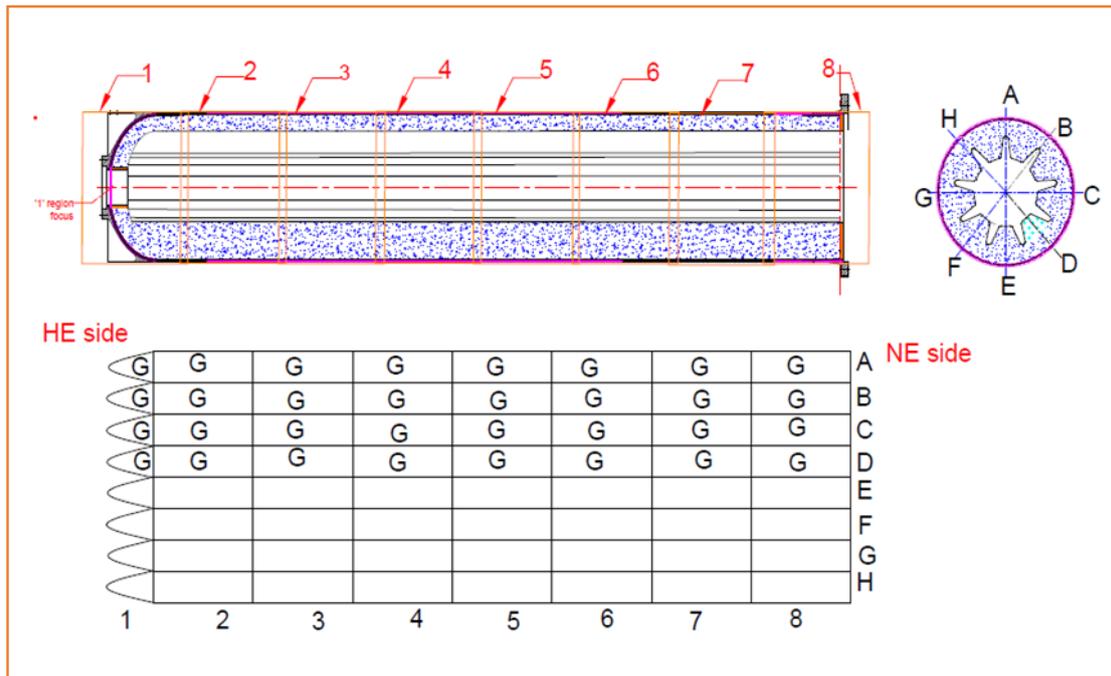


चित्र 3 - हाई एल्टीट्यूड एस्केप मोटर की प्रणोदक ग्रेन संरचना

#### 6. हाई एल्टीट्यूड एस्केप मोटर (एचईएम) का विकिरण चित्रण परीक्षण

क्यू एस्केप सिस्टम में हाई एल्टीट्यूड एस्केप मोटर (एचईएम) होता है जिसका आकार और निर्माण क्यू मॉड्यूल को प्रमोचन वाहन से विषम परिस्थिति में दूर करने के लिए किया जाता है। मोटर का आवरण बेलनाकार होता है जिसे 15CDV6 सामग्री के साथ बनाया गया है। खंड की कुल लंबाई लगभग 3200 मिमी और व्यास लगभग 400 मिमी होता है। तापीय सुरक्षा के लिए आवरण/केस में रोकसिन रोधन का प्रयोग किया जाता है और बहु लोब स्टार ग्रेन संरूपण प्रणोदक के साथ ढलाई किया जाता है।

विशिष्ट प्रयोजन प्रणोदक ग्रेन के लिए विकिरण चित्रण परीक्षण अंकन योजना को चित्र 4 में दिखाया गया है। ग्रेन को कई परिधीय खंडों में दक्षिणावर्त दिशा में ग्रेन के सिर से देखने पर **A** से **G** तक की रेखाओं के अंकन (**A, B, C, ...** आदि) में विभाजित किया गया है। **A** लाइन की शुरुआत ग्रेन की किसी भी घाटी को चिह्नित करके की गई है। इसी प्रकार से ग्रेन को कई अनुदैर्घ्य खंडों में बांटा गया (1, 2, 3 .... आदि)। प्रत्येक अनुदैर्घ्य खंड में प्रणोदक का पूर्ण कवरेज करने के लिए एक से अधिक एक्सपोजर लिए जाते हैं। स्पर्शरेखा शॉट्स को **T**, प्रणोदक शॉट्स को **P** और निषेध शॉट्स अंकन के द्वारा चिह्नित किए जाते हैं। प्रणोदक और निषेध शॉट्स के लिए विन्यास (लेआउट), चित्र 4 में दिखाया गया है। रेखा **A** और **B** के मध्य में स्पर्शरेखा रेखा **AB** के रूप में निर्दिष्ट है।



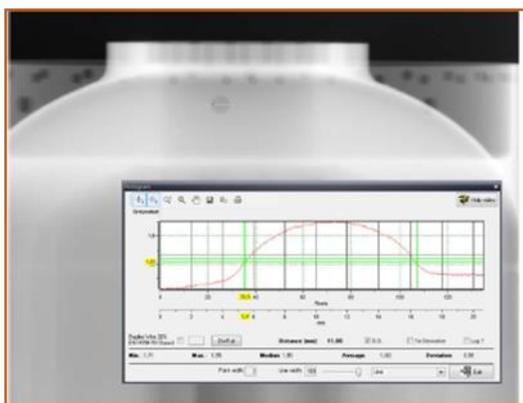
चित्र 4- हाई एल्टीट्यूड एस्केप मोटर की विकिरण चित्रण परीक्षण अंकन योजना

हाई एल्टीट्यूड एस्केप मोटर में ग्रेन की विकिरण चित्रण के लिए 9 MeV एक्स-रे मशीन पर्याप्त है। इसका मुख्य कारण प्रयोजन मोटर्स के प्रणोदक की मोटाई का कम होना है। प्रणोदक शॉट्स के लिए एक्सपोजर की गणना मानक सूत्र से की जाती है। सभी एक्सपोजर के लिए एक्स-रे मशीन से फिल्म दूरी (एफएफडी/एसएफडी) 5.9 मीटर का उपयोग इस तरह किया जाता है कि विकिरण चित्रण प्रक्रिया से उत्पन्न हुई ज्यामितीय अनशार्पनेस (यूजी) स्वीकार्य सीमा के भीतर रहे। विकिरण चित्रण से पहले, प्रणोदक ग्रेन के पोर्ट क्षेत्र में किसी भी प्रकार की असामान्यता दृश्य अवलोकन करके की जाती है। रुचि के क्षेत्र के बाहर कैसेट पर उचित लीड अंक पहचान के लिये रखे जाते हैं। मोटर के खंडों के सिरों को सीसा (लीड) तीर द्वारा प्रत्येक रेडियोग्राफ में ग्रेन के सिरे की ओर इशारा करते हुए दर्शाया जाता है। 0.5 / 0.75 सीसा (लीड) गहन स्क्रीन और फास्ट फिल्म के संयोजनों का उपयोग करके विकिरण चित्रण प्रक्रिया को किया जाता है। विकिरण चित्रण के लिए आवश्यक एक्स-रे ऊर्जा और तीव्रता का चयन संबंधित विकिरण चित्र में कवर किए जाने वाले क्षेत्रों की मोटाई को ध्यान में रख कर किया जाता है। विकिरण चित्र की संवेदनशीलता को सुनिश्चित करने के लिए, स्टेप होल टाइप **IQI** का उपयोग किया जाता है। प्रत्येक चरण में व्यास के साथ केंद्र क्षेत्र में मोटाई के बराबर एक छेद होता है। विशेष प्रयोजन मोटर की वांछित संवेदनशीलता टाइप 1-2T का स्टेप होल होता है जिसका अर्थ 1 प्रतिशत या उससे छोटा दोष देखने में किया जाता है।

## 7. विकिरण चित्र की व्याख्या

ठोस प्रणोदक रॉकेट दोषों का पता लगाने के लिए विकिरण चित्र की व्याख्या उच्च तीव्रता प्रकाशक में रख कर की जाती है। दोष के विस्तार को खोजने के लिए या अधिक जानकारी प्राप्त करने के लिए अतिरिक्त शॉट्स लिया जाता है। प्रकाशिक (ऑप्टिकल) घनत्व को फिल्म सघनता मापी का उपयोग करके मापा जाता

है और फिल्म घनत्व की स्वीकृत सीमा 2.0 से 3.0 तक है।



**चित्र 5-हाई एल्टीट्यूड एस्केप मोटर के रेडियोग्राफ़ की व्याख्या**

दोषों का मानचित्रण अतिरिक्त शॉट्स के द्वारा दोषों के स्थान को खंडों में उचित दिशा में घुमाकर किया जाता है। दोषों के मूल्यांकन के लिए त्रिभुज तकनीक का उपयोग किया जाता है। चूंकि हाई एल्टीट्यूड एस्केप मोटर (एचईएम) का आकार 1000 मिमी से कम है, इसलिए रेडियल आयाम को स्पर्शरिखा शॉट्स लेकर पता लगाया जा सकता है। इस विधि में ग्रेन शॉट में दिखाई देने वाले वोइड्स को थोड़ा थोड़ा घुमाया जाता है जिससे कि वोइड्स अंत में स्पर्शरिखा शॉट्स में आ जाए। स्पर्शरिखा शॉट लेने से, वोइड्स और तापीय रोधन तथा रिक्तियों के वितरण के बीच न्यूनतम दूरी को मापा जा सकता है। प्रणोदक के किसी विशेष क्षेत्र के सूक्ष्म विवरणों को प्रकट करने के लिए धीमी गति से महीन दाने वाली फिल्म का उपयोग किया जाता है। दोषों के किसी भी विस्तार को उस क्षेत्र में आवश्यक स्पर्शरिखा शॉट्स लेकर प्लॉट किया जा सकता है।

हाई एल्टीट्यूड एस्केप मोटर में विकिरण चित्रण प्रक्रिया के दौरान निम्नलिखित दोष पाए गए:

क्र. सं.	दोषों का विवरण
1	रेसिन से भरा हुआ वोइड जो कि लगभग 10 मिमी लंबाई में और 1 मिमी की चौड़ाई के आकार का था
2	बोंडेड लूज फ्लैप जो कि लंबाई में 70 मिमी से 95 मिमी के आकार में देखा गया
3	रेसिन से भरा हुआ लूज फ्लैप जिसका आकार 6 मिमी लंबाई में और 2 मिमी चौड़ाई में विकिरण चित्र की सहायता से देखा गया
4	ठोस प्रणोदक के सतह पर गुहीका (केविटी) जो कि 5 मिमी की गोलाकार आकृति में पाया गया

ठोस प्रणोदक, हाई एल्टीट्यूड एस्केप मोटर के प्रदर्शन को एवं इन दोषों के प्रभाव को ध्यान में रखते हुए इन दोषों को अधिक गंभीर नहीं माना गया और परिक्षण के दौरान इस विशिष्ट मोटर का प्रदर्शन आकलन के अनुसार ही देखा गया।

### 8. निष्कर्ष

मानव अंतरिक्ष अनुप्रयोग के लिए विशेष प्रयोजन ठोस मोटर्स के निरीक्षण के लिए विकिरण चित्रण सबसे अच्छा अविनाशी परीक्षण उपकरण है। उपयुक्त और सटीक विकिरण चित्रण तकनीक का चुनाव और प्रभावी दोष का पता लगाने के लिए अनुकूलित शूट स्केच तैयार करना अति आवश्यक होता है। उच्च विश्वसनीयता की आवश्यकता को ध्यान में रख कर ही परीक्षण की योजना और मोटर के अधिकतम कवरेज को प्राप्त करने की दिशा में प्रक्रिया निर्धारित की जाती है। प्रक्षेपण यान अनुप्रयोग, अनुसंधान और विकास के क्षेत्र में चुनौतीपूर्ण और बढ़ती मांगों को पूरा करने के लिए विकिरण चित्रण आधुनिक प्रतिबिंबन (इमेजिंग) तकनीकों और विकिरण के नए स्रोतों के साथ निरंतर सुधार किए जा रहे हैं। अंकीय प्रतिबिंबन प्रणाली (डिजिटल इमेजिंग सिस्टम) और ऑब्जेक्ट मैनिपुलेटर्स में स्वचालित यंत्र को लागू करके महत्वपूर्ण मिशनों के विशेष प्रयोजन मोटर्स के 100% विकिरण चित्रण कवरेज के लिए अवधि को कम किया जा रहा है।

### संदर्भ

1. Baldev Raj and B. Venkatraman, Practical radiography, Narosa publishing house, New Delhi .
2. Khan IA, Satishkumar PS, Lakshmi VM. Analyzing the occurrence of voids in Solid Propellant Grains. HEMCE 2007 proceedings (2007).
3. Paul E Mix (2010) introduction to non-destructive testing, A John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.
4. SDSC-SHAR internal documents.

### लेखक परिचय:



जतेन्द्र निरंकारी ने वर्ष 2014 में अलीगढ़ मुस्लिम विश्विद्यालय से मेकेनिकल इंजीनियरिंग में बी टेक और वर्ष 2016 में मशीन डिजाइन में एम टेक डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2017 में सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र, श्रीहरिकोटा के ठोस प्रणोदक अंतरिक्ष अभिवर्धक संयंत्र से कार्य प्रारंभ किया। वर्तमान में आप एनडीटी-एस एवं आई, एसएमपीसी-ईकाई-1, एसडीएससी शार में कार्य कर रहे हैं।

## गगनयान के लिए मंच आपातकालीन निकास प्रणाली

जितेंद्र कुमार कुमावत, सुशील कुमार नायक, आर. राम कुमार, अनिल कुमार सी.  
वैज्ञानिक/अभियंता –एस.सी., वैज्ञानिक/अभियंता –एस.एफ., वैज्ञानिक/अभियंता –एस.जी.,  
वैज्ञानिक/अभियंता –एस.जी.  
एस.डी.एस.सी. शार, श्रीहरिकोटा

[jitendra\\_kumawat@shar.gov.in](mailto:jitendra_kumawat@shar.gov.in), [sknayak@shar.gov.in](mailto:sknayak@shar.gov.in), [ramkumar.r@shar.gov.in](mailto:ramkumar.r@shar.gov.in),  
[anilkumar.c@shar.gov.in](mailto:anilkumar.c@shar.gov.in)

### सारांश

समानव अंतरिक्ष उड़ान के दौरान आपात स्थिति में अंतरिक्षयात्रियों और सहायक कर्मचारियों की त्वरित निकासी हमेशा एक महत्वपूर्ण चुनौती रही है। प्रस्तुत लेख गगनयान मिशन के लिए द्वितीय प्रमोचन मंच (एस.एल.पी.) के नाभिय टॉवर (यू.टी.) में नियोजित आपातकालीन बचाव प्रणाली से संबंधित है। गगनयान के लिए स्लाइड वायर रोप बास्केट प्रणाली/जिप लाइन प्रणाली को आपातकालीन बचाव प्रणाली (ई.ई.एस.) के रूप में चुना गया है। जिपलाइन प्रणाली को गगनयान कर्मिदल (क्रू) और सहायक कर्मचारी (क्लोजआउट कर्मिदल) के लिए आसन्न खतरे की स्थिति में प्रमोचन मंच (लॉन्च पैड) पर प्रमोचन यान से एक तेज और सुरक्षित निकास प्रदान करने के लिए निर्मित किया गया है। यूटी के 42.9 मीटर स्तर से 450 मीटर दूर कर्मिदल-आपातकालीन-सुरक्षा-भवन (सी.ई.एस.बी.) क्षेत्र तक दिया गया है। प्रणाली को इस तरह से निर्मित किया गया है कि कर्मिदल और सहायक कर्मचारी को 30-40 सेकंड के अंदर सुरक्षित क्षेत्र में ले जाया जा सकता है, जबकि 32 टन के भीतर यू.टी. पर भार रखते हुए किसी भी दिशा से 12 मीटर/सेकंड तक हवाएं चल सकती हैं।

**मुख्य शब्द:** नाभिय टॉवर (अम्बिलिकल टावर), जिपलाइन प्रणाली, कैटेनरी, ब्रेकिंग

### 1. प्रस्तावना

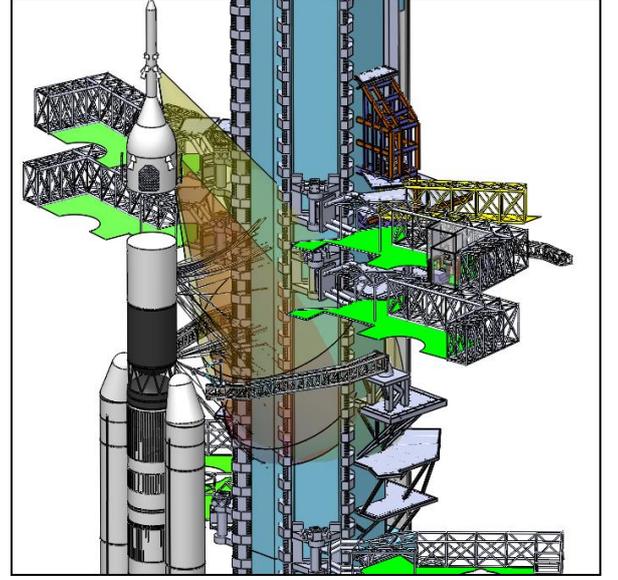
गगनयान तत्वज्ञान के अनुसार, कर्मिदल (कर्मिदल मॉड्यूल) में सीटों पर बैठने के लिए टी-2.5 घंटे पर प्रक्षेपण मंच पर प्रवेश करेगा। कर्मिदल के प्रवेश समय के दौरान, प्रक्षेपण वाहन हानिकारक प्रणोदक (पृथ्वी भंडारण योग्य और क्रायो प्रणोदक) से भरा होता है। ये प्रणोदक प्रकृति में अत्यधिक विषैले होते हैं और प्रक्षेपण मंच पर आग लगने की संभावना भी बढ़ाते हैं। ऐसी कोई भी अवांछनीय घटना में कर्मिदल और सहायक कर्मचारी की जान को खतरा हो सकता है। ऐसी स्थिति में, समय की कमी और स्थिति की गंभीरता के कारण कर्मिदल सामान्य प्रवेश पथ का उपयोग करके प्रमोचन मंच से प्रस्थान नहीं कर सकते। इसलिए, एक ऐसी प्रणाली की आवश्यकता होती है, जो कर्मिदल और सहायक कर्मचारियों को ऐसी गंभीर स्थिति से जल्द से जल्द बचने में मदद कर सके। मंच पर आपातकालीन बचाव प्रणाली ऐसी ही एक प्रणाली है।

आपात स्थिति में कर्मिदल की सुरक्षा के लिए दो प्रकार की प्रणालियां प्रस्तावित हैं:

1. कर्मिदल एबॉर्ट सिस्टम (कर्मिदल निरस्त प्रणाली)
2. मंच आपातकालीन बचाव प्रणाली

कर्मिदल एबॉर्ट सिस्टम (सी.ई.एस.) प्रमोचक रॉकेट का एक हिस्सा है। यह मूल रूप से मुक्तलिफ़ (डाइवर्जेंट) नोजल के साथ ठोस मोटर्स का एक समूह होता है जो कर्मिदल मॉड्यूल से जुड़ा होता है। यह विभिन्न प्रमोचन चरणों (पूर्वप्रक्षेपण, उत्थान आदि) के लिए बचाव माध्यम के रूप में कार्य करता है। जब कभी प्रमोचक रॉकेट में कोई समस्या उत्पन्न होती है, जो संभवतः कर्मिदल के लिए जोखिम पैदा कर सकती है। सी.ई.एस. का उपयोग आपातकालीन स्थिति होने पर पूर्वप्रक्षेपण चरण में भी किया जा सकता है, लेकिन इसके कुछ नुकसान भी होते हैं जैसे कि:

1. यदि कर्मिदल मॉड्यूल में कर्मिदल द्वारा अपनी सीटों पर बैठने से पहले कोई आपात स्थिति उत्पन्न होती है, तो इसका उपयोग बचाव के लिए नहीं किया जा सकता है।
2. अगर कर्मिदल मॉड्यूल (जैसे अपोलो-1) के अंदर आग लग जाती है तो यह कर्मिदल को सुरक्षा प्रदान नहीं कर सकता है।



चित्र 1: प्रक्षेपण मंच पर सी.ई.एस. प्रज्वलन

3. निकास जेट एस.सी.वी.आर.पी. और प्रमोचक रॉकेट को नुकसान पहुंचा सकता है।
4. कर्मिदल के अलावा, सहायक कर्मचारियों (क्लोजआउट कर्मिदल) हैं जो प्रक्षेपण से पहले अंतिम तैयारी में कर्मिदल की सहायता करते हैं, सी.ई.एस. इन कर्मियों के लिए बचाव माध्यम के रूप में काम नहीं कर सकता है। इसलिए एक मंच आपातकालीन बचाव प्रणाली की आवश्यकता है, जो आपात स्थिति में सहायक कर्मचारियों के साथ-साथ मुख्य कर्मिदल की मदद कर सके। गगनयान मिशन के लिए विभिन्न प्रकार की आपातकालीन बचाव प्रणालियों का अध्ययन किया गया है, जैसे कि रोलर कोस्टर प्रणाली, एस्केप च्यूट प्रणाली, स्लाइड वायर बास्केट प्रणाली आदि। इन बचाव प्रणालियों में से स्लाइड वायर बास्केट प्रणाली का चयन किया गया है। इसे जिप लाइन प्रणाली के नाम से भी जाना जाता है।

जिपलाइन एक तार की रस्सी है, जो ऊंचाई के अंतर वाले दो दूर के विभिन्न बिंदुओं के बीच जुड़ी होती है। रस्सियों के साथ गति गुरुत्वाकर्षण बल के कारण होती है। जिपलाइन में, सवारों को बले प्रणाली की मदद से रस्सियों से संपर्क में लाया जाता है और वे जिपलाइन के साथ गुरुत्वाकर्षण के कारण एक स्थान से दूसरे स्थान तक यात्रा करते हैं। जिप लाइनों का उपयोग दुनिया भर में मनोरंजन सवारी के रूप में किया जाता है।

उच्च गति के साथ कम यात्रा समय जिपलाइन अवधारणा को एक आदर्श आपातकालीन बचाव प्रणाली बनाता है। मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए दुनिया भर में विभिन्न अंतरिक्ष एजेंसियों द्वारा जिपलाइन प्रणाली के व्युत्पन्न (डेरिवेटिव) का उपयोग आपातकालीन बचाव प्रणाली के रूप में किया जा रहा है। यह पहली बार अपोलो मिशन के दौरान उपयोग में लाया गया था, जिसे नासा द्वारा अंतरिक्ष शटल उड़ानों के दौरान भी रखा गया था। वर्तमान में, इसका उपयोग स्पेसएक्स द्वारा (कर्मिदल) कू ड्रैगन प्रोग्राम के लिए भी किया जा रहा है। बोइंग ने भी स्टारलाइनर मानव अंतरिक्ष मिशन के लिए अपने प्रक्षेपण मंच पर जिपलाइन प्रणाली स्थापित की है।

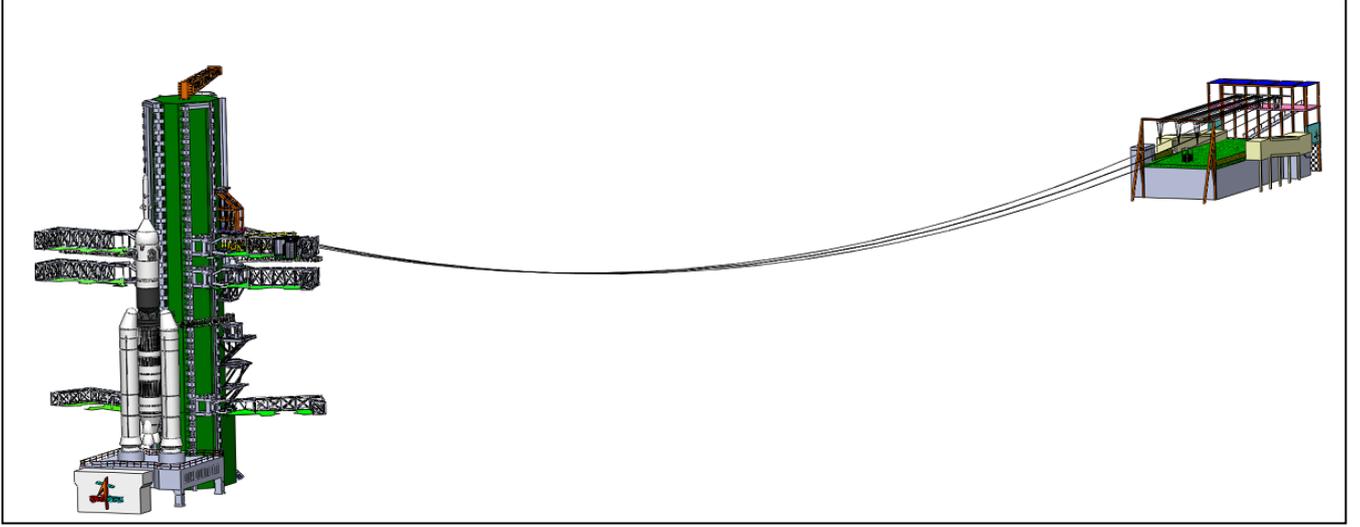
गगनयान मिशन के लिए, आपात स्थिति में कर्मिदल के निकास के लिए स्लाइडिंग बास्केट का उपयोग करने की योजना है। इसके अनुसार, कर्मिदल उन बास्केटों पर चढ़ता है जो तार की रस्सियों से जुड़ी होती हैं और छोड़ने के बाद गुरुत्वाकर्षण के कारण चलती हैं। कर्मिदल को कम से कम समय में सुरक्षित स्थान पर ले जाया जाता है। चूंकि, यह प्रणाली प्रक्षेपण मंच के पीछे की तरफ है, अतः प्रक्षेपण मंच निकास करने वाले कर्मिदल के लिए एक बचाव ढाल की तरह काम करता है।

आपात स्थिति में, कर्मिदल और सहायक कर्मचारी नाभिय (अम्बिलिकल) टॉवर (यू.टी.) से 450 मीटर दूर सुरक्षित जगह तक यात्रा करेंगे। 450 मीटर दूर उतरने के बाद, वे या तो सुरक्षा बंकर (सी.ई.एस.बी.) में रहेंगे या गगनयान के यात्री निवास लौटने के लिए बख्तरबंद वाहन में सवार होंगे।

## 2. प्रणाली विन्यास

गगनयान के लिए, कुल 3 जिपलाइन प्रणालियों का विन्यास किया गया है। प्रत्येक जिपलाइन में कर्मियों को ले जाने के लिए एक तार की रस्सी के साथ एक बास्केट होती है। एक बास्केट का उपयोग करके कुल 3 कर्मियों

को ले जाया जा सकता है। इसलिए, आपात स्थिति में जिपलाइन प्रणाली का उपयोग करते हुए कुल 9 कर्मियों को बचाया जा सकता है। चित्र -2 में जिपलाइन प्रणाली को दर्शाया गया है।



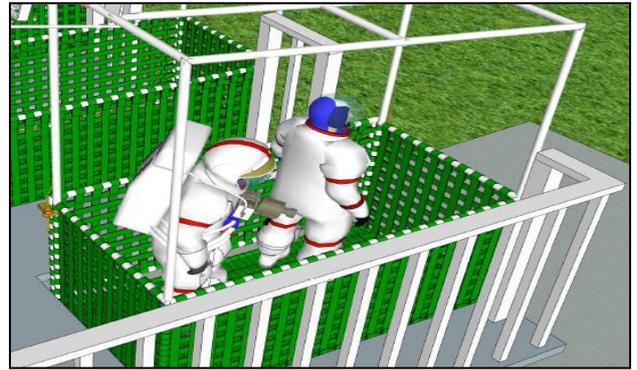
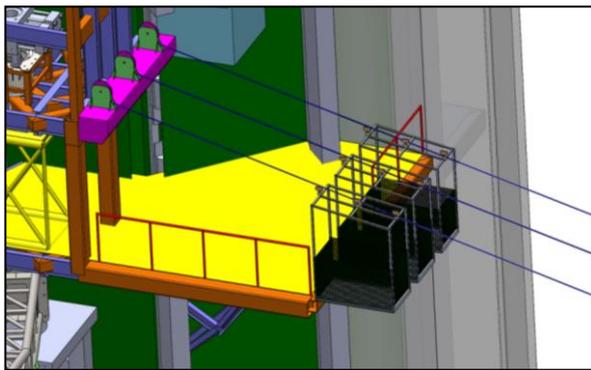
चित्र 2: जिपलाइन प्रणाली का समग्र विन्यास

गगनयान के लिए जिपलाइन प्रणाली में निम्नलिखित उप-प्रणालियां हैं शामिल:

1. टेक-ऑफ प्लेटफार्म (उड़ान मंच)
2. बास्केट प्रणाली
3. तार रस्सियाँ
4. ब्रेकिंग सिस्टम (मंदन प्रणाली)
5. लैंडिंग प्लेटफार्म (अवतरण मंच)

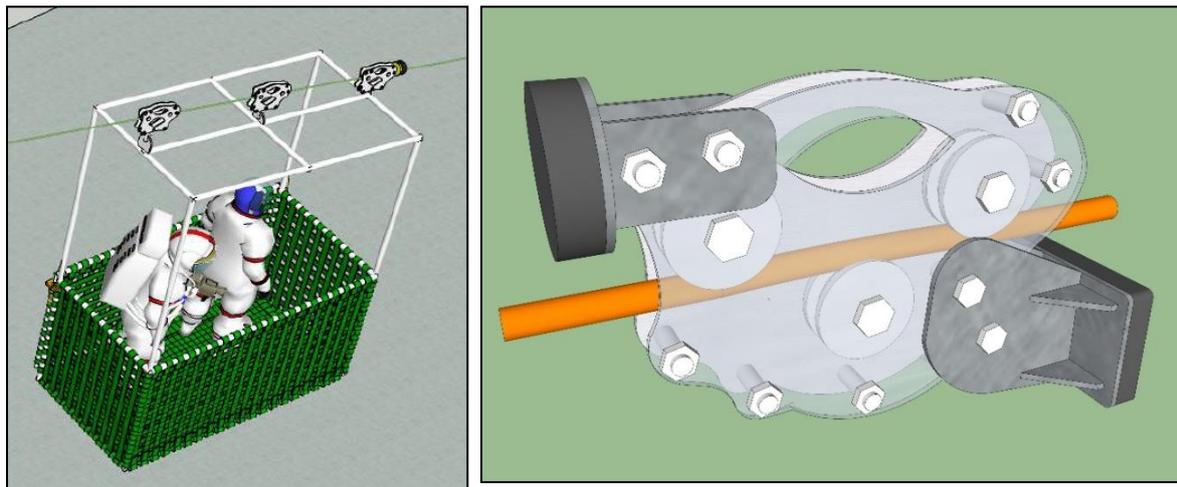
### 2.1 टेक-ऑफ प्लेटफार्म (उड़ान मंच)

उड़ान मंच नाभिय टॉवर का एक हिस्सा है। यह मंच बास्केटों तक पहुंच प्रदान करता है। उड़ान मंच यूटी में 42.9 मीटर स्तर पर स्थित है। उड़ान मंच पर तार रस्सियां यूटी के 46.75 मीटर स्तर से जुड़ी हुई हैं। कर्मिंदल और सहायक कर्मचारियों के लिए इस स्तर पर सभी 3 बास्केट उपलब्ध हैं। इस स्तर पर बास्केट मुक्ति क्रियाविधि को भी रखा गया है, जिसका उपयोग कर्मिंदल द्वारा बास्केट में चढ़ने के बाद किया जाता है।



### 2.2 बास्केट प्रणाली

यूटी मंच पर कुल 3 बास्केट उपलब्ध हैं। प्रत्येक बास्केट को 3 कर्मियों (कुल 300 किग्रा) को ले जाने के लिए निर्मित किया गया है। सभी संबंधित प्रणालियों को ध्यान में रखते हुए प्रत्येक बास्केट का कुल वजन 200 किग्रा तक सीमित किया गया है। प्रत्येक बास्केट की विमाये 2 मी X 1 मी X 2.7 मी की है। बास्केट को 3 ट्रॉलियों का उपयोग करके तार की रस्सी से जोड़ा जाता है। गगनयान के लिए केवल 2 बास्केट का उपयोग किया जाएगा, जबकि 1 बास्केट को अतिरिक्त रूप में रखा जाएगा।



### 2.3 तार रस्सियाँ

प्रत्येक बास्केट को सहारा देने के लिए 20 मिमी व्यास के स्टील तार की रस्सियों का उपयोग किया जाता है। प्रत्येक बास्केट को 3 टॉलियों के साथ 1 तार की रस्सी से जोड़ा जाता है। प्रत्येक तार की रस्सी के लिए सुरक्षा गुणक (फैक्टर ऑफ़ सेफ्टी) 6 रखा गया है। प्रत्येक रस्सी निश्चित आकार बनाए रखने के लिए पूर्व-तनावपूर्ण होती है। हर दो रस्सी में टेक-ऑफ़ पर 1.5 मीटर और अवतरण स्थल पर 3.5 मीटर की दूरी होती है। अवतरण मंच पर रस्सियों को 10 मीटर ऊँचाई पर जोड़ा गया है।

### 2.4 ब्रेकिंग प्रणाली (मंदन प्रणाली)

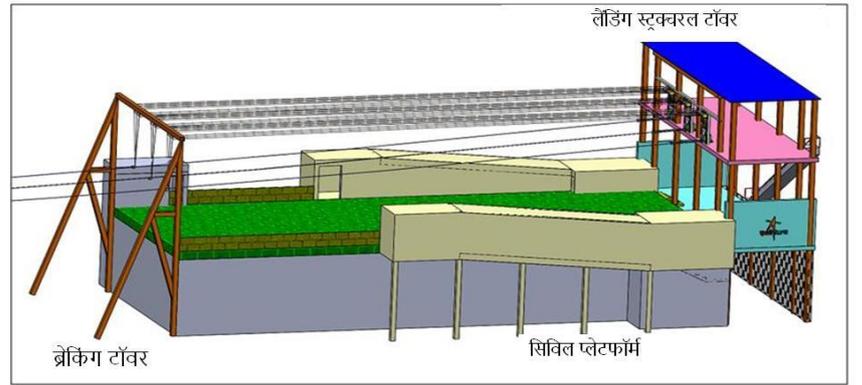
जैसे ही बास्केट तार की रस्सी पर यात्रा करती हैं, वे गुरुत्वाकर्षण त्वरण के दौरान गति प्राप्त करती हैं। अवतरण क्षेत्र (लैंडिंग ज़ोन) में बास्केटों को सुचारु मंदन प्रदान करने के लिए एक ब्रेकिंग प्रणाली की आवश्यकता है ताकि कर्मिंदल और सहायक कर्मचारी सुरक्षित रूप से बास्केट से बाहर निकल सकें और सी.ई.एस.बी. में जा सकें। गगनयान जिपलाइन प्रणाली के लिए, विभिन्न ब्रेकिंग प्रणाली का अध्ययन किया गया है और अत्यधिक विश्वसनीय चुंबकीय ब्रेक प्रणाली को चुना गया है। ये चुंबकीय ब्रेक, ए.डी. धारा (करंट) सिद्धांत के आधार पर काम करते हैं और सवारों को सुचारु रूप से मंदन प्रदान करते हैं। ब्रेकिंग प्रणाली में अतिरेकता के लिए आपातकालीन विराम उपकरण के रूप में हाइड्रोलिक बफर के साथ स्प्रिंग्स का एक सेट भी प्रदान किया गया है। ब्रेकिंग प्रणाली को अवतरण मंच पर लगाया गया है। प्रत्येक बास्केट के लिए 6 चुंबकीय ब्रेक दिए गये हैं।



### 2.5 लैंडिंग प्लेटफार्म (अवतरण मंच)

अवतरण मंच वह जगह है जहां बास्केट उड़ान मंच (टेक-ऑफ़ प्लेटफार्म) से निकलने के बाद रुकती हैं। इसमें 3 प्रमुख भाग होते हैं: मंदन टॉवर (ब्रेकिंग टॉवर), लैंडिंग संरचनात्मक टॉवर और अवतरण टॉवर (सिविल टॉवर)। अवतरण संरचनात्मक टॉवर 12 मीटर ऊंचा टावर होता है, जहां पर रस्सियों को 10 मीटर ऊंचाई पर जोड़ा गया है। ब्रेक अवतरण संरचनात्मक टॉवर से जुड़े हैं, जहां से ब्रेकिंग लाइनें ब्रेकिंग टॉवर से जुड़ी हैं। अवतरण मंच 14

मीटर चौड़ा और 35 मीटर लंबा और 6 मीटर ऊंचा है। अवतरण मंच की शुरुआत में बास्केटों की ब्रेकिंग शुरू होती है। अवतरण मंच से नजदीकी कर्मिंदल आपातकालीन सुरक्षा भवन (सी.ई.एस.बी.) तक पहुंचने के लिए रैंप प्रदान की गई है।



### 3. डिजाइन गणना

यू.टी. टावर पर भार (लोड) मापने के लिए, जिपलाइन के तार की रस्सी में तनाव की गणना की जाती है। जिपलाइन तार रस्सी को पूर्वनिर्धारित विन्यास में बनाए रखने के लिए निर्माण के दौरान पूर्व-तनावपूर्ण किया जाता है। बास्केट-भार, हवा और तापमान के प्रभाव के कारण समर्थन छोर पर भार की गणना की जाती है। इन भारों की गणना करने के लिए, जिपलाइन तार को कैटेनरी वक्र माना गया है। दिए गए सीमा (स्पैन) (डब्ल्यू), ऊंचाई (एच) और रस्सी की लंबाई (एस) के लिए कैटेनरी का समीकरण निम्नलिखित समीकरण द्वारा दिया जाता है।

$$y = a * \cosh\left(\frac{x}{a}\right) - a;$$

जहां, a कैटेनरी स्थिरांक है।

किसी भी बिंदु पर तार की रस्सी की ढलान इस प्रकार दिया जाता है:

$$\tan\theta = \frac{dy}{dx} = \sinh\left(\frac{x}{a}\right)$$

अब दिए गए दो बिंदुओं  $(x_1, y_1)$  और  $(x_2, y_2)$  के लिए, यह निम्नानुसार दिया गया है:

$$y_1 = a * \cosh\left(\frac{x_1}{a}\right) - a;$$

$$y_2 = a * \cosh\left(\frac{x_2}{a}\right) - a$$

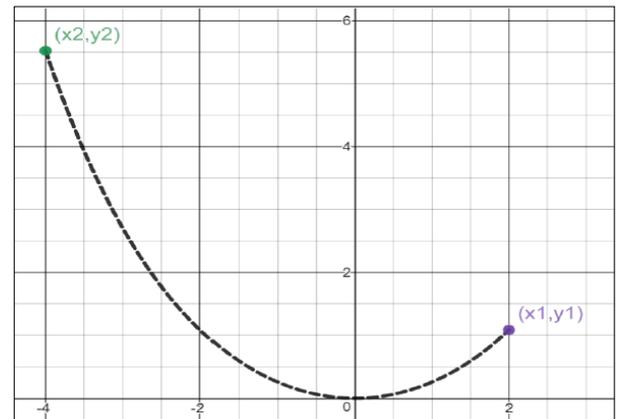
$$y_2 - y_1 = H$$

$$x_2 - x_1 = W$$

$$S = \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} = \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{1 + \left(\sinh\frac{x}{a}\right)^2}$$

$$S = a * \sinh\left(\frac{x_1}{a}\right) - a * \sinh\left(\frac{x_2}{a}\right)$$

$x_1$  और  $x_2$  के मानों को प्रतिस्थापित करने पर समीकरण निम्नानुसार प्राप्त होता है:

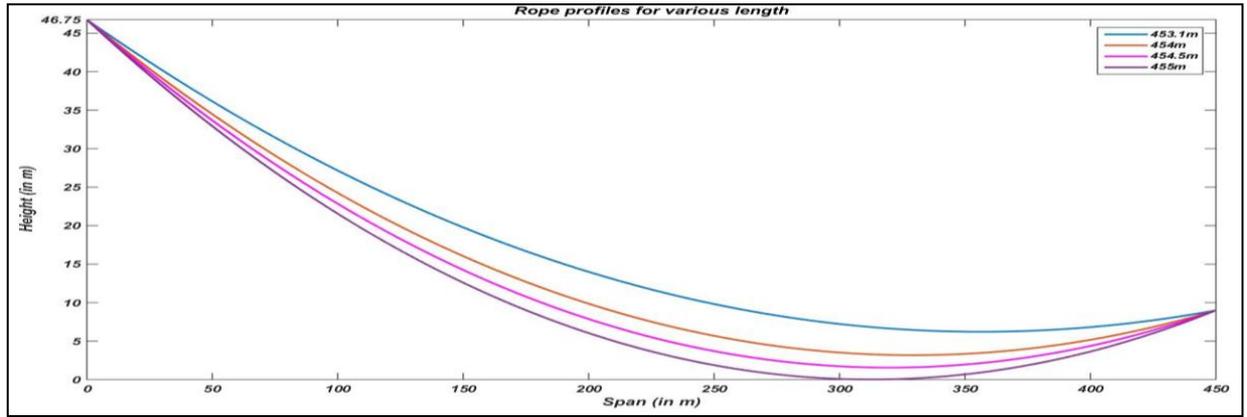


$$s = a \sinh \left( \ln \left( \frac{H^2 - s^2 + \sqrt{(s^2 - H^2)^2 - 4a^2(H^2 - s^2)}}{2a(H+s)} \right) + \frac{W}{a} \right) - a \sinh \left( \ln \left( \frac{H^2 - s^2 + \sqrt{(s^2 - H^2)^2 - 4a^2(H^2 - s^2)}}{2a(H+s)} \right) \right)$$

उपर्युक्त अरैखिक समीकरण को  $a$  के मान के लिए संख्यात्मक विधियों का उपयोग करके हल किया जा सकता है, जिससे तनाव की गणना की जा सकती है।

$$T = a * w$$

जहाँ,  $w$  रस्सी की प्रति इकाई लंबाई का भार है। तनावों की गणना के लिए भार (डब्ल्यू) में हवा के बल को भी समायोजित किया जा सकता है। हवा का बल =  $C_f * P_a * A$  जहाँ  $P_a$  हवा के कारण गतिशील दाब है और  $C_f$  बल गुणांक है।



चित्र 3: विभिन्न रस्सी लंबाई के लिए ज़िपलाइन तार की रूपरेखा

कैटेनरी वक्र (ज़िपलाइन) के प्रक्षेपवक्र का आलेखन करने के लिए, कैटेनरी समीकरण हल किया जाता है। वर्तमान मामले के लिए, जहाँ दूरी (डब्ल्यू) 450 मीटर है और ऊंचाई अंतर (एच) 36.75 मीटर है, विभिन्न रस्सी लंबाइयों के लिए कैटेनरी-रूपरेखा की गणना की जाती है। अम्बिलिकल टावरों पर बल के आधार पर, उपयुक्त कैटेनरी रूपरेखा का चयन किया गया है।

बास्केट ( $W$ ) के गतिमान द्रव्यमान के कारण तनाव की गणना बल संतुलन को लागू करके की जाती है जैसा कि नीचे दिए गए समीकरणों में दिखाया गया है।

$$T_1 \cos \alpha = T_2 \cos \beta$$

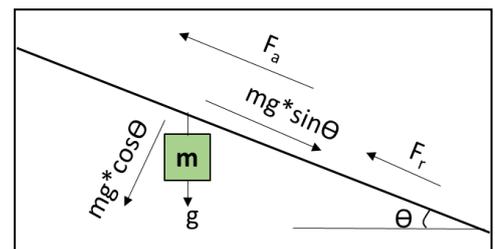
$$T_1 \sin \alpha + T_2 \sin \beta = W$$

तापमान के प्रभाव का अनुमान रस्सी के ऊष्मीय विस्तार और संकुचन पर विचार करके और नई कैटेनरी लंबाई की गणना करके लगाया गया है।

$\Delta L = \alpha * L * \Delta T$  जहाँ  $\alpha$  तार की रस्सी का ऊष्मीय प्रसार गुणांक है।

#### 4. वेग और यात्रा समय का अनुमान

जब बास्केट ज़िपलाइन तार पर चलती है, तो उसके वेग और यात्रा समय की गणना करने के लिए बल संतुलन का उपयोग किया गया है। गति के दौरान बास्केट पर कार्य करने वाले प्रमुख बल गुरुत्वाकर्षण, वायु प्रतिरोध, बास्केट पुली और तार रस्सी के बीच घर्षण प्रतिरोध और अतिरिक्त बाहरी प्रतिरोध है। तार की रस्सी पर बल लगाने के लिए ट्रॉली के अंदर रोलर पहियों (व्हील)



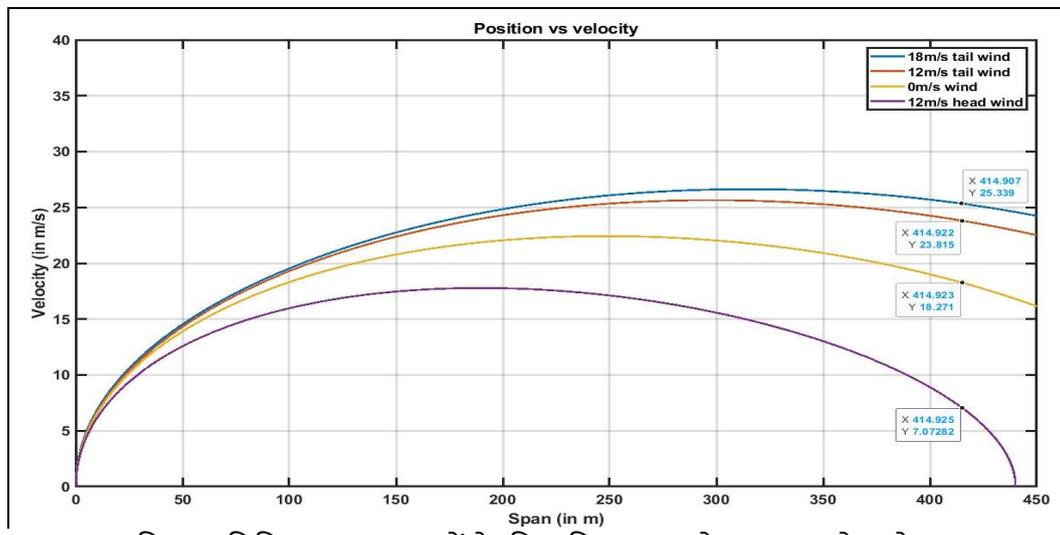
से अतिरिक्त बाहरी प्रतिरोध बनाया जा सकता है। ट्रॉली में एक फिसलन (स्लाइडिंग) रोलर व्हील प्रावधान रखकर आवश्यकता के दौरान बास्केट को धीमा करने के लिए अतिरिक्त प्रतिरोध का उपयोग किया जाता है।

बास्केट के लिए बल संतुलन से दूसरे क्रम का अंतर-समीकरण प्राप्त होता है। कोण ( $\theta$ ) को कैटेनरी समीकरण का उपयोग करके निर्धारित किया जाता है।  $\mu$  बास्केट ट्रॉली और तार रस्सी के बीच घर्षण गुणांक है।  $C_d$  बास्केट का वायु प्रतिरोध गुणांक है।

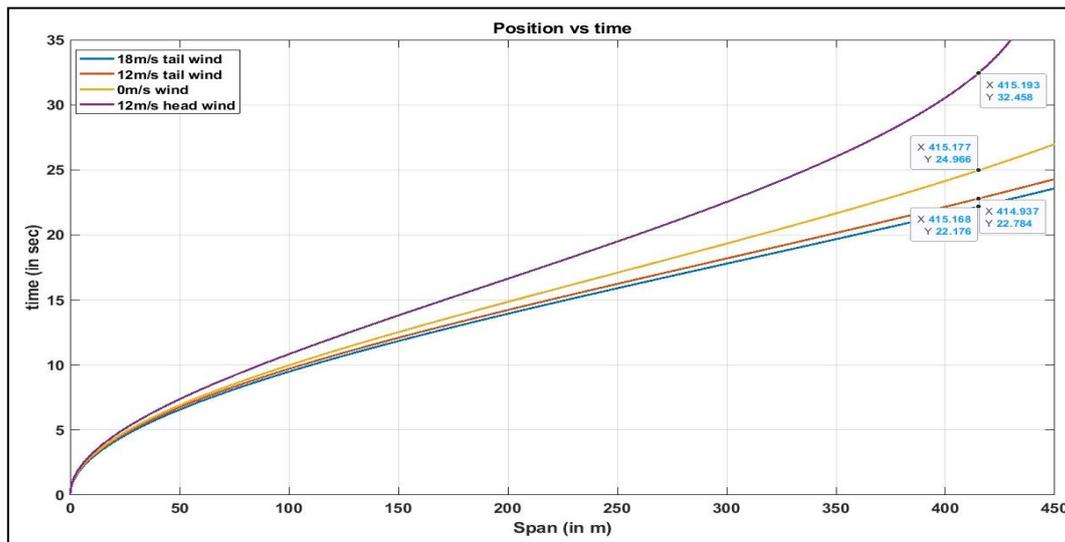
$$m \frac{d^2x}{dt^2} = mg * \sin\theta - \mu mg * \cos(\theta) \pm C_d * \frac{1}{2} \rho \left( \frac{dx}{dt} - v_w \right)^2 * S * \cos\theta - F$$

यहां एफ. बास्केट को धीमा करने के लिए तार की रस्सी के विरुद्ध मध्य रोलर को घुमाकर बनाया गया अतिरिक्त प्रतिरोध है। दिए गए समीकरणों को ओ.डी.ई.-45 सॉल्वरों का उपयोग करके हल किया गया है और विभिन्न वायु गति के लिए यात्रा समय के साथ-साथ बास्केट के वेग की गणना की गयी है।

बास्केट के 500 किलोग्राम वजन (3 व्यक्तियों के वजन के साथ) तथा विभिन्न वायु गति के परिदृश्यों यानी अनुकूल हवा आदि को ध्यान में रखते हुए, बास्केट वेग और बास्केट यात्रा के समय की गणना की गई है।



चित्र 4: विभिन्न पवन मामलों के लिए ज़िपलाइन के साथ बास्केट वेग



चित्र 5: विभिन्न पवन मामलों के लिए बास्केट यात्रा का समय

### 5. जिपलाइन पर हवा का गतिशील प्रभाव

चूंकि, जिपलाइन सिस्टम एक तार की रस्सी है, जो एक लचीली बॉडी है। इसलिए, इसमें हवा से प्रेरित कंपन हो सकते हैं, जो विराम तार रस्सियों में विस्थापन पैदा कर सकते हैं। ऐसी कई विधियां हैं, जो संभावित रूप से छोटे या बड़े आयाम कंपन पैदा कर सकती हैं। इनमें से कुछ कंपन जैसे, गैलूप, भंवर शेडिंग आदि अधिक महत्वपूर्ण हैं।

भंवर शेडिंग, पवन प्रेरित कंपन का सबसे आम प्रकार है। यह अपेक्षाकृत कम हवा की गति पर सीमित आयाम प्रकार का कंपन है। जब हवा केबल अक्ष के लंबवत होती है, तब केबल के दो किनारों से भंवरों के कारण भंवर शेडिंग होती है। भंवर शेडिंग की गणना स्ट्रॉहल संख्या से की जाती है।

$St = n(d/v)$ ; जहां  $St$  स्ट्रॉहल संख्या है,  $n$  भंवर बहाव की आवृत्ति है,  $d$  रस्सी का व्यास है और  $v$  हवा का वेग है। जब भंवर शेडिंग आवृत्ति, तार की प्राकृतिक आवृत्ति के साथ मेल खाती है, तो भंवर शेडिंग होती है। तनाव  $T$  और  $m$  द्रव्यमान प्रति इकाई लंबाई वाली केबल की प्राकृतिक आवृत्ति निम्नलिखित समीकरण द्वारा दी गई है:

$$k\text{th मोड के लिए केबल आवृत्ति: } f_k = \frac{k}{2L} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

भंवर शेडिंग के लिए आयाम निम्नलिखित समीकरण द्वारा दिया जाता है:

$$\frac{y_0}{D} = 0.008 \left( \frac{C_L}{m\zeta/\rho D^2} \right) X \left( \frac{U_{VS}}{nD} \right)^2$$

जहाँ,  $C_L$  दोलनशील पवन गुणांक है।  $\zeta$  केबल का अवमंदन अनुपात है।  $U_{VS}$  चरम दोलन पर हवा का वेग है।  $m$  केबल का इकाई लंबाई का द्रव्यमान है और  $\rho$  हवा का घनत्व है। इनके साथ, भंवर अवक्रम आयाम की गणना की जाती है। गगनयान जिपलाइन के लिये ये कंपन आयाम रचना सीमा के भीतर ही हैं।

### 6. निष्कर्ष

गगनयान के लिए मंच आपातकालीन निकास प्रणाली को आपात स्थिति के दौरान सुरक्षित और तेज निकास के लिए एक उत्कृष्ट साधन के रूप में निर्मित (डिज़ाइन) किया गया है। गगनयान जिपलाइन प्रणाली कुल 9 कर्मियों के लिए एक विश्वसनीय आपातकालीन बचाव माध्यम प्रदान करती है। प्रणाली का उपयोग प्रमोचन निरस्त (लॉन्च होल्ड) के मामले में कर्मिंदल और सहायक कर्मचारियों के बचाव के लिये किया जा सकता है। आशा करते हैं कि इस प्रणाली के उपयोग की आवश्यकता कभी ना हो।

### 8. संदर्भ

1. एससीआर रिपोर्ट गगनयान लॉन्च कॉम्प्लेक्स और सुविधाएं; दस्तावेज़ संख्या: ISRO-SHAR-R-TR-035-2019
2. केली मालोनी द्वारा लॉन्च पैड एस्केप सिस्टम डिज़ाइन (मानव अंतरिक्ष उड़ान)
3. ग्लेन बी जेफकोट, एमिल एस स्टीफन द्वारा स्पेस शटल स्लाइडवायर आपातकालीन निकास प्रणाली
4. "अंतरिक्ष बचाव- मानवयुक्त अंतरिक्ष यान की सुरक्षा सुनिश्चित करना", शैलर डेविड द्वारा, ई-बुक
5. "अंतरिक्ष संचालन के लिए सुरक्षा डिज़ाइन"; फिरोज ए. अल्लाहदी, इसाबेल रोंगियर और पॉल डी. वाइल्ड, जर्नल एंड बुक्स, साइंस डायरेक्ट।
6. नासा फैक्ट्स, केएससी रिलीज नंबर 72-90, जून 1990।

**लेखक परिचय:**

जितेंद्र कुमार कुमावत, एस.डी.एस.सी. शार के गगनयान प्रक्षेपण परिसर और पुनःप्राप्ति विभाजन में कार्यरत वैज्ञानिक/अभियंता-एस.डी. हैं। वे वर्तमान में कर्मिदल प्रवेश निकास प्रणाली, प्रमोचन मंच संशोधन और तापीय और आर्द्रता नियंत्रण प्रणाली की डिजाइन में कार्यरत हैं।



सुशील कुमार नायक, एस.डी.एस.सी. शार के गगनयान प्रक्षेपण परिसर और पुनःप्राप्ति विभाजन में परियोजना प्रबंधक के रूप में कार्यरत हैं। वे मुख्य रूप से कर्मिदल प्रवेश निकास प्रणाली और प्रमोचन मंच संशोधन पर कार्य कर रहे हैं।



आर. रामकुमार, एस.डी.एस.सी. शार के गगनयान प्रक्षेपण परिसर और पुनःप्राप्ति विभाजन के संभाग प्रमुख हैं। वे गगनयान प्रक्षेपण परिसर के उप परियोजना निदेशक भी हैं। वे मुख्य रूप से एस.डी.एस.सी. शार में समग्र गगनयान गतिविधियों का दायित्व संभाल रहे हैं।



सी. अनिल कुमार, एस.डी.एस.सी. शार के द्वितीय प्रमोचन पैड (लॉन्च पैड) के उप महाप्रबंधक हैं। वे गगनयान प्रक्षेपण परिसर और तापीय एवं आर्द्रता नियंत्रण प्रणाली में उप परियोजना निदेशक के रूप में भी कार्यरत हैं।

## दीर्घकालिक अंतरिक्ष मिशन के लिए मानव मनोविज्ञान: संक्षिप्त विवरण

आन्सी ऑस्टिन

पुस्तकालय सहायक – बी, पुस्तकालय एवं सूचना सेवाएं  
भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान, तिरुवनंतपुरम्  
ancyaustin@iist.ac.in

### सारांश

अंतरिक्ष यात्रा, वैश्विक रुचि का विषय, हमेशा एक आकर्षक विषय रहा है, क्योंकि इसकी संभावना अनंत है। उन्नत प्रौद्योगिकियों के विकास ने उन उद्देश्यों को प्राप्त करना संभव बना दिया है जिन्हें पहले सपने माना जाता था और मानव प्रजातियां उन विस्तृत सीमाओं को पार कर सकती हैं। अंतरिक्ष यात्रियों को जिन खतरों का सामना करना पड़ सकता है, वे न्यूनतम नहीं हैं और शारीरिक और मानसिक स्वास्थ्य पर उनके प्रभाव महत्वपूर्ण हो सकते हैं। विशेष रूप से, भावनात्मक विकृति के लक्षण, संज्ञानात्मक शिथिलता, नींद-जागने में व्यवधान, दृश्य घटनाएं और शरीर के वजन में महत्वपूर्ण परिवर्तन, साथ ही रूपात्मक मस्तिष्क परिवर्तन, अंतरिक्ष मिशनों के दौरान सबसे अधिक बार होने वाली घटनाओं में से कुछ हैं। इस प्रकार इस लेख का उद्देश्य वर्तमान में उपलब्ध साहित्य के साक्ष्य को संक्षेप में प्रस्तुत करना था, तथा उन कारकों का एक सिंहावलोकन प्रस्तुत करना जो अंतरिक्ष यात्रियों के मनोवैज्ञानिक कल्याण और मानसिक स्वास्थ्य को खराब कर सकते हैं और जिस पर वैज्ञानिक समुदाय के अधिक ध्यान आकर्षित किया जा सकता है।

**मुख्य शब्द-** अंतरिक्ष अभियान, अंतरिक्ष यात्रा, मानसिक स्वास्थ्य, मानसिक कल्याण।

#### 1. परिचय

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) द्वारा 2007 में भारतीय समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम की शुरुआत निम्न भू कक्षा में कर्मीदल युक्त कक्षीय अंतरिक्ष यान का प्रमोचन करने के लिए आवश्यक प्रौद्योगिकी विकसित करने हेतु की गई थी। गगनयान एक भारतीय कर्मीदल युक्त कक्षीय अंतरिक्ष यान है जो भारतीय समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम का प्रारंभिक अंतरिक्ष यान है। समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम के साथ, कई चुनौतियां आती हैं। उनमें से एक महत्वपूर्ण पहलू है अंतरिक्ष अभियानों से जुड़े मानव का मनोविज्ञान।

भविष्य के अंतरिक्ष खोजकर्ताओं द्वारा सामना की जाने वाली सबसे कठिन चुनौतियों में से कुछ मनोवैज्ञानिक हो सकती हैं - क्योंकि किसी से पहले अंतरिक्ष में कहीं अधिक दूर जाने से बहुत बड़ा खतरा होता है और एकरसता भी होती है। एक सफल समानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन के लिए प्रतिकूल और चुनौतीपूर्ण परिस्थितियों के दौरान कर्मीदल पर मनोवैज्ञानिक प्रभाव एक कारक है जिस पर अध्ययन किया जाना है।

उदाहरण के लिए: लंबे समय तक छोटे समूह के साथ एक बंद स्थान में रहने के तनाव से संज्ञानात्मक गिरावट, अवसाद और पारस्परिक संघर्ष हो सकता है। ये समस्याएं, हालांकि मामूली हैं, एक प्रयोगात्मक अंतरिक्ष यान या पहले से ही खतरे से भरे किसी अन्य वातावरण में आपदा का कारण बन सकती हैं।

#### 2. अंतरिक्ष यात्रा को प्रभावित करने वाले कुछ मनोवैज्ञानिक कारक

##### 3.1 पर्यावरणीय कारक

कर्मीदल के मनोविज्ञान पर कार्य वातावरण का सीधा प्रभाव पड़ता है। एकांत और परिरोध अंतरिक्ष उड़ान और ध्रुवीय स्टेशनों सहित वातावरण में रहने और काम करने वाले कर्मीदल के प्रदर्शन में एक चुनौती है।

यह पहचाना गया है कि जिन लक्षणों को अधिकांश अन्य वातावरणों में मामूली माना जा सकता है, स्वास्थ्य और कल्याण के लिए उनका महत्व विशेष रूप से एकांत और परिरोध की स्थिति से बढ़ जाता है।

पिछली अंतरिक्ष उड़ानों और अंतरिक्ष सिमुलेटर और ध्रुवीय अनुसंधान स्टेशनों में किए गए अध्ययनों की वास्तविक रिपोर्ट में यह प्रलेखन किया है कि मानव मनोविज्ञान को प्रभावित करने वाले पर्यावरणीय कारकों के कारण अवसाद, अनिद्रा, चिड़चिड़ापन / क्रोध, चिंता, थकान और संज्ञानात्मक प्रदर्शन में कमी के लक्षणों की व्यापकता और गंभीरता में वृद्धि हुई है।

पालिंकस और उनके सहयोगियों (2001) के एक अध्ययन में बताया गया है कि पुरुषों और महिलाओं की एक टीम के 5.2% जिन्होंने अंटार्कटिक में चार साल की अवधि में एक ऑस्ट्रेल सर्दी बिताई, उनमें डी.एस.एम.-IV विकार के मानदंड पाए गए। मनोदशा और समायोजन विकार सभी विकारों के 31.6% के कारण है, इसके बाद नींद से संबंधित विकार (21%), पदार्थ-संबंधी विकार (10.5%) और व्यक्तित्व विकार (7.9%)। गौरतलब है कि अंटार्कटिक में तैनाती से पहले इनमें से प्रत्येक व्यक्ति की सफल मानसिक और मनोवैज्ञानिक जांच की गई थी। बड़ा



प्रतिशत अंटार्कटिक विंटरओवर कर्मी भी तनाव के लक्षणों का अनुभव करते हैं, हालांकि ये लक्षण एक मनोरोग विकार के लिए डी.एस.एम. मानदंडों को पूरा करने में विफल हो सकते हैं। उदाहरण के लिए, 1989 में, मैकमुर्डो के साक्षात्कार में शीतकालीन कर्मीदल के 64.1% ने नींद के साथ कुछ समस्या की सूचना दी; 62.1% ने उदास महसूस करने की सूचना दी; 47.6% ने सामान्य से अधिक चिड़चिड़ेपन की सूचना दी; और 51.5% ने एकाग्रता या स्मृति में कठिनाई की सूचना दी (पालिंकस, 1992)। अधिकांश स्थितियां अत्यधिक पर्यावरणीय कारकों के द्वारा पाई जाती हैं जिससे मनोविज्ञान पर प्रभाव पड़ता है।

हालांकि, अन्य अध्ययनों में या तो इन लक्षणों का कोई सबूत नहीं मिला है या सुझाव दिया है कि वे कर्मीदल के स्वास्थ्य और कल्याण के लिए या मिशन की सफलता के लिए थोड़ा खतरा पैदा करते हैं (लियोन और उनके साथियों ने, 1989)। इस तरह के अध्ययन तीन संभावनाओं में से एक का सुझाव देते हैं:

- क) एकांत और परिरुद्ध चरम वातावरण अन्य वातावरणों की तुलना में अधिक तनावपूर्ण नहीं हैं (सुएडफेल्ड और स्टील, 2000);
- ख) अत्यधिक प्रेरित, स्व-चयनित व्यक्ति जो इस तरह के दीर्घकालिक मिशनों के लिए स्वेच्छा से आगे आते हैं, वे लंबे समय तक ऐसे वातावरण में उच्च स्तर के प्रदर्शन बनाए रखने में सक्षम हैं (पालिंकस और उनके साथियों ने, 1995); या
- ग) कुछ अत्यधिक प्रेरित व्यक्ति बस दूसरों की तुलना में बेहतर करते हैं (पालिंकस और उनके साथियों ने, 2000)

कर्मीदल के मनोवैज्ञानिक पहलुओं को प्रभावित करने वाले पर्यावरणीय कारकों को ध्यान में रखते हुए अंतरिक्ष उड़ान प्रणालियों का अभिकल्पन किया जा सकता है।

### 3.2 व्यवहार कारक

दीर्घकालिक मिशनों के दौरान मानव व्यवहार और प्रदर्शन में अनुसंधान का संबंध व्यक्तिगत कर्मीदल और भू समर्थन कर्मियों से; व्यक्तियों के समूह (जिनमें विशिष्ट मिशनों के उड़ान दल और भू समर्थन टीम शामिल हैं) से; और संगठन (जो इन व्यक्तियों की भर्ती, प्रशिक्षण और समर्थन करते हैं) से है। व्यक्तिगत प्रदर्शन का निर्धारण, परंपरागत रूप से कार्य उत्पादकता (क्षमता), भावनात्मक स्वास्थ्य और कल्याण (स्थिरता) और अन्य

कर्मिंदल के सदस्यों (संगतता) के साथ सामाजिक परस्परक्रिया की गुणवत्ता और मात्रा जैसे उपायों का उपयोग करके किया गया है। ग्रुप प्रदर्शन का निर्धारण परंपरागत रूप से सहयोग और संघर्ष के उपायों का उपयोग करके किया गया है। व्यवहार संबंधी कारकों के अध्ययन से अंतरिक्ष मिशन के दौरान पारस्परिक मुद्दों और चुनौतियों के द्वारा कर्मिंदल के सदस्यों से निपटने में मदद मिलती है।

जिनके साथ अक्सर बातचीत है उनसे अधिक आसान है दूर के व्यक्तियों के प्रति क्रोध और चिंता व्यक्त करना। एक सीमित समूह से जुड़े तनाव को बाहरी लोगों को दिया जाना चाहिए जो उनकी गतिविधियों की निगरानी कर रहे हैं। इस तरह के विस्थापन को रूसी और अमेरिकी अंतरिक्ष मिशन (कूपर, 1976; लेबेदेव, 1988), अंटार्कटिक (पल्लिकस, 1992) और पिछले ग्राउंड-आधारित सिमुलेशन अध्ययन (कानस और उनके साथियों ने, 1996; सैंडल और उनके साथियों ने 1995) के दौरान सूचित किया गया है। भू नियंत्रित कार्मिकों द्वारा रखी गई अत्यधिक, अनुचित या अस्पष्ट मांगों के प्रति अंतरिक्ष यात्री की शत्रुता से अतीत में क्रोध और संघर्ष हुई है। (बरो, 1998; लेबेदेव, 1988)

चूंकि भू नियंत्रित कार्मिक शारीरिक रूप से कर्मिंदल से दूर हैं, इसलिए वे कर्मिंदल की आक्रामकता और चिड़चिड़ापन के कारक के रूप में काम कर सकते हैं। बाहरी अधिकारियों और व्यक्तियों के प्रति क्रोध और शत्रुता भी अंतरिक्ष यात्री कर्मिंदल को एकजुट करने का काम कर सकती है, जिससे सहयोग बढ़ सकता है और प्रदर्शन में वृद्धि हो सकती है।

### 3.3 तनाव

अंतरिक्ष में लंबी अवधि में रहने के कारण संज्ञानात्मक और मनोवैज्ञानिक प्रभाव, एकांतता, थकान एवं सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण पर विशेष रूप से ध्यान केंद्रित करते हुए जांच की जा सकती है।

संज्ञान पर पहली जांच में मस्तिष्क के विभिन्न क्षेत्र कितनी अच्छी तरह काम कर रहे हैं, इसका मूल्यांकन करने के लिए कई मानक संज्ञानात्मक परीक्षण किए जाते हैं। नासा के अधिकारियों ने कहा है कि परीक्षणों से प्राप्त डेटा का उपयोग एक उपकरण विकसित करने के लिए किया जाएगा जो एक मिशन के दौरान वास्तविक काल में अंतरिक्ष यात्री की संज्ञानात्मक क्षमताओं के बारे में प्रतिक्रिया दे सकता है। इसी तरह, रिएक्शन सेल्फ-टेस्ट पांच मिनट का मूल्यांकन है जो अंतरिक्ष यात्रियों को उनके शरीर पर होने वाली थकान के प्रभावों को ट्रैक करता है - उदाहरण के लिए, नींद और आवेग में वृद्धि और प्रतिक्रिया समय में कमी। एक न्यूरोमैपिंग जांच लंबी अवधि में इन परिवर्तनों को दिखाएगी। उड़ान से पहले अंतरिक्ष यात्रियों के दिमाग की एमआरआई छवियां ली गई थीं और भू तल पर पहुँचने के बाद अधिक स्कैन किए जाएंगे। इससे यह निर्धारित करने में मदद मिलेगी कि कैसे उनका दिमाग संवेदी, मोटर और संज्ञानात्मक परीक्षणों को संभालता है। यह मोटर नियंत्रण और प्रत्यक्षीकरण जैसी क्षमताओं को मापने के लिए इन-फ्लाइट परीक्षणों का भी उपयोग करता है।

नींद या उसकी कमी से संज्ञानात्मक क्षमताएं भी बहुत प्रभावित होती हैं। अंतरिक्ष यात्री कलाई बैंड के माध्यम से अपनी नींद की गतिविधि को स्वचालित रूप से रिकॉर्ड करते हैं, और मॉडल उनके शरीर की सर्कैडियन लय की गणना करने के लिए प्रकाश से संबंधित जानकारी और डेटा का उपयोग करते हैं।

गहरी अंतरिक्ष उड़ान से संबंधित एक और मुद्दा भी है। दूरियां इतनी अधिक हैं कि पृथ्वी और मंगल के बीच संचार में 24 मिनट की देरी हो सकती है। इस समय के अंतराल के कारण, एक पृथ्वी-बद्ध चिकित्सक कर्मिंदल के ज़रूरतमंद सदस्य को चिकित्सा प्रदान नहीं कर सकता है। इसलिए, इस मुद्दे को दूर करने के लिए वैज्ञानिकों का कहना है कि अवसाद या पारस्परिक संघर्ष (जो बढ़ती अंतरिक्ष यात्रा के दौरान प्रकट होने वाली दो सबसे संभावित समस्याएं हैं) से निपटने वाले अंतरिक्ष यात्रियों की सहायता करने के लिए कंप्यूटर प्रोग्राम का विकास किया जा रहा है। कार्यक्रम अंतरिक्ष यात्रियों को एक अंतः क्षेप के माध्यम से मार्गदर्शन करता है जिसे समस्या-समाधान उपचार के रूप में जाना जाता है। इस अंतः क्षेप में, कंप्यूटर या चिकित्सक क्लाइंट से समस्याओं की एक सूची पर विचार-मंथन करने के लिए कहता है, और फिर उन्हें अकर्मण्यता और

चिड़चिड़ापन के संदर्भ में रैंक करता है। इन अंकों का उपयोग करते हुए, ग्राहक एक रणनीति के साथ समस्या का चयन करता है जिसे वो निपटाता है। बाद में, क्लाइंट समाधान की सफलता का मूल्यांकन करता है और यदि आवश्यक हो, तो अन्य संभावित सुधार के बारे में सोचता है। इस व्यवहारिक दृष्टिकोण का समर्थन करने के लिए, कंप्यूटर अंतरिक्ष यात्रियों को परिस्थितियों से संबंधित उनकी व्याख्याओं का मूल्यांकन करने के लिए भी प्रेरित करेगा, खासकर पारस्परिक संघर्ष के मामले में। कंप्यूटर कार्यक्रम एक अंतरिक्ष यात्री को यह विचार करने के लिए प्रेरित करेगा कि एक सहयोगी ने व्यक्तिगत नापसंद के कारण नहीं बल्कि नींद की कमी के कारण अप्रिय रूप से कार्य किया है।

### 3.4 नेतृत्व

अल्पकालिक अंतरिक्ष उड़ानों के दौरान, एक मिशन कमांडर होता है जिनकी प्राधिकार की रेखाएँ स्पष्ट होती हैं और गतिविधियाँ कार्य-उन्मुख होती हैं। दीर्घकालिक मिशनों में, हालांकि, असंरचित समय की अवधि और एकांतता एवं परिरोध का तनाव सहायक-उन्मुख नेतृत्व की मांग करता है। आदर्श कमांडर में कार्य-उन्मुख और सहायक-उन्मुख नेतृत्व लक्षण दोनों होने चाहिए। 135 दिवसीय मीर सिम्युलेटर अध्ययन में, कर्मीदल के सामंजस्य का संबंध नेताओं के कार्य-उन्मुख, सहायक विशेषताओं और उनके सहायक, अभिव्यंजक गुणों के बारे में उच्च कर्मीदल के मूल्यांकन के साथ जोड़ा गया था। हालांकि, मिशन कमांडर अपने साथी कर्मीदल के सदस्यों के प्रति सामाजिक या भावनात्मक समर्थन प्रदान करने में असमर्थ या अनिच्छुक हो सकता है। यह या तो उनके पास सहायक नेतृत्व का प्रयोग करने की क्षमता नहीं है या ऐसी नेतृत्व शैली परिस्थिति के लिए अनुपयुक्त होगी। जब इस तरह के सहायक नेतृत्व का प्रयोग कर्मीदल के किसी अन्य सदस्य द्वारा अनौपचारिक रूप से किया जाता है, तो प्राधिकरण की रेखाएं बदल सकती हैं, और मिशन कमांडर को अपनी स्थिति के स्तर का अनुभव हो सकता है।

दीर्घकालिक अंतरिक्ष अभियानों के दौरान कर्मीदल के बीच भावनात्मक समर्थन और संतुलन बनाए रखने के लिए सफल नेतृत्व सक्षम होना चाहिए। निकोलस और पेनवेल (1995) द्वारा चार अलग-अलग प्रकार के समूहों (वायु कर्मीदल, ध्रुवीय अनुसंधान स्टेशन, पनडुब्बी और समुद्र के नीचे आवास और पर्वतारोहण अभियान) के अध्ययन की समीक्षा ने कई अलग-अलग नेतृत्व शैलियों और लक्षणों की पहचान की जो दीर्घकालिक अंतरिक्ष मिशनों से संबंधित हो सकते हैं। ये लक्षण चार विशिष्ट डोमेन में आते हैं: व्यक्तिगत लक्षण, कार्य प्रबंधन शैली, पारस्परिक शैली और ग्रुप रखरखाव शैली। उनकी समीक्षा में पाया गया कि दीर्घकालिक मिशन के सफल नेता उपलब्धि-उन्मुख हैं; मिशन के परिणाम में उनकी व्यक्तिगत और एक पेशेवर हिस्सेदारी है; वे आत्मविश्वास, क्षमता और अनुभव प्रदर्शित करते हैं; और वे एक सकारात्मक, आशावादी दृष्टिकोण बनाए रखते हैं। नेता आवश्यक और उचित होने पर अधीनस्थों की सलाह या निर्णय मांगता है, जिम्मेदारी सौंपता है लेकिन काम में हस्तक्षेप नहीं करता है, एक लचीली नेतृत्व शैली का प्रयोग करता है (उदाहरण के लिए, संकट में कमान लेता है, अधीनस्थों को अन्य समय में नेतृत्व करने की अनुमति देता है), अधीनस्थों के साथ दैनिक कार्य में भाग लेता है, अनुशासन पर जोर देता है, आम तौर पर लोकतांत्रिक नेतृत्व शैली को अपनाता है, और अधीनस्थों की योजनाओं और अधीनस्थों की भूमिकाओं और जिम्मेदारियों के बारे में स्पष्ट रूप से संप्रेषण करता है।

नेता अधीनस्थों की व्यक्तिगत समस्याओं और कल्याण के प्रति संवेदनशील होता है, अधीनस्थों के साथ लगातार व्यक्तिगत संपर्क बनाए रखता है, अधीनस्थों पर गर्व होता है और अधीनस्थों को मान्यता देता है और प्रशंसा करता है। अंत में, नेता गुटीय प्रतिद्वंद्वता को कम करने और ग्रुप सद्भाव को बनाए रखने के लिए काम करता है, निर्णय लेने में गुटनिरपेक्ष और निष्पक्ष होता है और उपग्रुप संघर्षों को हल करने के लिए काम करता है।

### 3.5 एकरसता

दीर्घकालिक अंतरिक्ष उड़ानों के संदर्भ में, ऊब को केवल एक समस्या के रूप में नहीं माना जाना चाहिए और इसे पूरी तरह से दूर करने के लिए रणनीतियां अपनानी चाहिए। इसे सृजनात्मकता को जगाने के लिए एक संज्ञानात्मक अवसर के रूप में माना जाना चाहिए। 'प्रभावी कंप्यूटिंग' कंप्यूटर विज्ञान, मनोविज्ञान, संज्ञानात्मक विज्ञान और अभिकल्पन में व्याप्त एक अंतरविषयी अनुसंधान क्षेत्र है। यह मानव भावनात्मक प्रतिक्रियाओं को समझने, अनुकूलित करने, व्यक्त करने और उत्तेजित करने की क्षमता के साथ नई प्रणालियों और उपकरणों के निर्माण की खोज करता है। प्रतिक्रिया वास्तुकला और वातावरण में किए गए वर्तमान कार्य ने भावना-संवेदी कृत्रिम बुद्धि प्रणाली को एकीकृत करने और "प्रभावी कंप्यूटिंग वातावरण" से ज्ञात अंतरिक्ष आवास अभिकल्पन में एक नई दिशा देने की ओर संकेत किया है।

अंतरिक्ष में अंतरिक्ष यात्रियों के मानसिक स्वास्थ्य के लिए खेल और गेमप्ले का महत्व, विशेष रूप से एकरसता और ऊब के संदर्भ में प्रासंगिक है। नासा के जॉनसन स्पेस सेंटर के वांतरिक्ष मनोविज्ञान के प्रमुख श्री गैरी बेवन के अनुसार, "शतरंज या स्क्रैबल जैसे खेल एक अंतरिक्ष मिशन के दौरान मानसिक कल्याण को बनाए रखने में महत्वपूर्ण साधन के रूप में कार्य करते हैं। ये काम की गंभीरता और एकरसता से अलग होने की क्षमता प्रदान करते हैं।

### 3.6 कक्षीय और पश्च अंतरिक्ष उड़ान

कक्षीय और पश्च अंतरिक्ष उड़ान से जुड़ी कई मनोवैज्ञानिक और शारीरिक समस्याएं हैं। कक्षा में नींद की समस्या प्रमुख है। अंतरिक्ष उड़ान प्रथाओं में, कक्षा में अंतरिक्ष यात्रियों की नींद की समस्याओं को अधिक महत्वपूर्ण माना जाता है क्योंकि यह मानव निष्पादन क्षमताओं को मध्यम और दीर्घकालिक अंतरिक्ष यान में बनाए रखने के लिए महत्वपूर्ण कारकों में से एक है।

कई जांचों से पता चला है कि नींद की कमी मानव के शारीरिक और मानसिक स्वास्थ्य को प्रभावित करेगी और निष्पादन में गिरावट होगी। निष्पादन हानि के अलावा, नींद की कमी के कारण होने वाली अन्य नकारात्मक मनोवैज्ञानिक और शारीरिक स्वास्थ्य समस्याओं ने भी शोधकर्ताओं को आकर्षित किया है। 2009 में, नासा ने बताया कि 36 घंटे की नींद की कमी ने ऊर्जा स्तर, उत्तेजना की स्थिति, प्रेरणा और एकाग्रता सहित प्रतिभागियों की भावनात्मक स्थिति को खराब कर दिया। 2010 में, वैन डेर हेल्म और उनके साथियों द्वारा पाया गया कि 30 घंटे की नींद की कमी के परिणामस्वरूप प्रतिभागी दो प्रकार के चेहरे के भाव, क्रोध और आनंद की सही पहचान करने में असमर्थ थे। दीर्घकालिक अंतरिक्ष यान में कर्मिंदल की सामाजिक संबंध से जुड़ी समस्याओं का यह एक महत्वपूर्ण कारण हो सकता है। 2014 में, मिकेल और उनके साथियों ने रिपोर्ट की कि एक रात की नींद की कमी से शांत अवस्था में कोर्टिसोल का स्तर पर बुरा प्रभाव होता है और आगे जब प्रतिभागी सामाजिक तनाव में आ जाते हैं तब यह और बढ़ेगी जिससे लंबे समय में स्वास्थ्य पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ सकता है। निरंतर निष्पादन कार्य परीक्षण से पता चला कि नींद की कमी के साथ 72 घंटे के परिरोद्ध और एकांतता के परिणामस्वरूप दृश्य सतर्कता में महत्वपूर्ण कमी आई है। एफएमआरआई ने दिखाया कि, पूर्व-प्रयोग की तुलना में, स्वयंसेवकों के थैलेमिक ग्रे मैटर की मात्रा काफी कम हो गई थी, लेकिन हिप्पोकैम्पस और ब्रेन ग्रे मैटर की मात्रा प्रयोग के बाद नहीं बदली। यह दर्शाता है कि दृश्य सतर्कता में कमी का संबंध थैलेमस<sup>(1)</sup> में ग्रे मैटर की मात्रा में कमी से है। स्टेट-ट्रेट एंग्जाइटी इन्वेंटरी का चीनी संस्करण, सेल्फ-रेटिंग डिप्रेशन स्केल प्रश्नावली, पॉजिटिव एंड नेगेटिव इफेक्ट स्केल और मूड बदलाव पर मूड स्टेट्स केल (POMS) का एक संक्षिप्त प्रोफाइल का प्रयोग हमारे अध्ययन में किया गया था। हमने पाया कि व्यक्तिगत भावनाओं पर 72 घंटे की एकांतता का कोई स्पष्ट प्रभाव नहीं पड़ा। लेकिन प्रयोग के पश्च चरण में 72 घंटे की नींद की कमी से स्वयंसेवकों

के चिंता स्कोर और भावनात्मक भ्रम के पीओएमएस स्कोर पर काफी वृद्धि हुई है, जबकि अवसाद के स्कोर में काफी बदलाव नहीं आया। विशेष रूप से, जिन स्वयंसेवकों में 72 घंटे की एकांतता और नींद की कमी है उनकी नकारात्मक मूड स्कोर में कोई महत्वपूर्ण बदलाव नहीं आया, जबकि सकारात्मक मूड स्कोर में काफी कमी आई<sup>(2)</sup>।

आश्चर्यजनक रूप से, कुछ अध्ययनों से पता चलता है कि अंतरिक्ष यात्रा वास्तव में एक अंतरिक्ष यात्री की मानसिक कल्याण के लिए अच्छी हो सकती है। अंतरिक्ष मिशन सैल्यूटोजेनेसिस के लिए एक उदाहरण प्रदान करते हैं, यह एक ऐसी प्रक्रिया है, जिसमें कठोर और तनावपूर्ण वातावरण का अनुकूलन करने से लोगों पर सकारात्मक प्रभाव पड़ता है। इस तरह की समान घटना कुछ व्यक्तियों के साथ समान रूप से निवास न करने योग्य वातावरण में होती है, जैसे ध्रुवीय स्टेशनों पर शोधकर्ता या पनडुब्बियों में यात्रा करने वाले लोग। शोधकर्ताओं ने कठोर वातावरण के अनुकूल होने से पहले और बाद में अपने विषय सामग्री (व्यक्ति) के तनाव के स्तर को मापा और यह पाया कि अनुकूलन का अनुभव वास्तव में उनके तनाव के स्तर को कम किया है।

## निष्कर्ष

लंबी अवधि की अंतरिक्ष उड़ान ने अपने साथ काम करने वाले कर्मियों के मनोवैज्ञानिक, शारीरिक, मनोसामाजिक और पर्यावरणीय-इंटरफ़ेस से संबंधित कई चुनौतियों के बारे में सूचना दी है। दीर्घकालिक भावी अंतरिक्ष मिशनों को प्रभावित करने वाले मनोसामाजिक मुद्दों को समझने और प्रतिक्रिया करने की हमारी क्षमता को अंतरिक्ष मनोविज्ञान से जुड़े अधिक अध्ययन और मिशन की सफलता पर इसके प्रभाव से बढ़ाया जा सकता है। अंतरिक्ष में उपाख्यानत्मक साक्ष्य द्वारा सुझाई गई जानकारी और भू-आधारित एनालॉग्स में अध्ययन द्वारा पुष्टि की गई जानकारी के बावजूद, अतिरिक्त शोध की स्पष्ट आवश्यकता है, विशेष रूप से व्यवस्थित प्रेक्षण और प्रायोगिक अध्ययन जो इन-फ्लाइट के साथ-साथ जमीन पर भी किए जाते हैं। फिर भी, यहां तक कि इस सरसरी समीक्षा से पता चलता है कि कई मनोसामाजिक मुद्दे सर्वोपरि हो जाएंगे क्योंकि मनुष्य लंबे समय तक पृथ्वी से दूर जाना शुरू कर देगा। उनके प्रयासों की सफलता इस बात पर है कि हम वैज्ञानिक बेहतर समझ और उचित प्रतिक्रियाओं का एक सेट विकसित करें और मनोवैज्ञानिक मुद्दों का समर्थन करें जिससे अंततः एक सफल समानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन प्राप्त हो जाए।

## आभार

मैं दीर्घकालिक अंतरिक्ष मिशन के लिए मानव मनोविज्ञान: संक्षिप्त विवरण शीर्षक लेख लिखने में प्राप्त सहायता और समर्थन के लिए श्रीमती सिमी आसफ़, सहायक निदेशक (रा.भा.), श्री अभय जैन, वरिष्ठ परियोजना सहायक, हिंदी अनुभाग, श्रीमती श्रीजा जे.जे, तकनीकी अधिकारी- सी और श्रीमती महिमा एस, तकनीकी अधिकारी- सी, सॉफ्टवेयर सहायता ग्रुप की आभारी हूँ।

## संदर्भ

8. <http://web.mit.edu/16.459/www/Kanas.pdf> dt: 14.10.2022
9. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8696290/> dt: 14.10.2022
10. <https://www.apa.org/monitor/julaug04/mental> dt: 14.10.2022
11. [https://www.researchgate.net/publication/247293717\\_Psychological\\_and\\_Human\\_Factors\\_in\\_Long\\_Duration\\_Spaceflight\\_\(behavioural\)](https://www.researchgate.net/publication/247293717_Psychological_and_Human_Factors_in_Long_Duration_Spaceflight_(behavioural)) dt: 14.10.2022 14.10.2022
12. <https://web.mit.edu/16.459/www/Palinkas.pdf> dt: 14.10.2022
13. <https://nap.nationalacademies.org/read/6282/chapter/14#196>dt: 14.10.2022
14. <http://www.thespacereview.com/article/3553/1>

15. <https://www.space.com/29772-astronauts-one-year-mission-health-experiments.html> dt: 14.10.2022
16. <https://www.apa.org/monitor/julaug04/mental> dt: 14.10.2022
17. <http://web.mit.edu/16.459/www/Kanas.pdf> dt: 14.10.2022
18. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2468896722000611> dt: 14.10.2022
19. <https://mmrjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40779-018-0165-6> dt: 14.10.2022
20. <https://cmsw.mit.edu/angles/2019/headspace-how-space-travel-affects-astronaut-mental-health/> dt: 14.10.2022
21. <https://web.mit.edu/16.459/www/Palinkas.pdf> dt: 14.10.2022
  - (1) Liu C, Kong XZ, Liu X, Zhou R, Wu B. Long-term total sleep deprivation reduces thalamic gray matter volume in healthy men. *Neuroreport*. 2014;25(5):320–3.
  - (2) Wu B, Liu XY, Jing XL, Qin HB, Huang WF, Bai YQ. Effects of 72h sleep deprivation under narrow and isolated environment on emotion, cognition and performance. In: 19th IAA Humans in Space Symposium. 2013., Liu XY, Jing XL, Qin HB, Wang J, Liu F, Wu B. Effect of 72 hours' sleep deprivation under isolation and confinement on emotion, cognition and research on countermeasures. In: 19th IAA Humans in Space Symposium. 2013., Liu Q, Liu F, Zhou RL, Wu B. Effects of 72 h sleep deprivation under social isolation environment on individual emotion [article in Chinese]. *Space Med Med Eng*. 2014;27(5):362–6.

### लेखक परिचय:



आन्सी ऑस्टिन भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान में पुस्तकालय सहायक 'बी' के रूप में कार्यरत है। वे वेफ्रंट डेस्क का प्रभारी है और प्रयोक्ता प्रबंधन – एसएस सुदूर अभिगम, अंतरिक्ष ज्ञान, बीजेएमएस पोर्टल एवं कोहा में पुस्तक अनुदान में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है।

## अंतरिक्ष पर्यावास डिजाइन में भौतिक श्रमदक्षता (श्रमदक्षता (एर्गोनॉमिक्स))

एस एस रविशंकर\*, सौरभ कुमार\*, जयंत धाओया\*, कुमार के\*  
समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन, बंगलुरु

### सारांश

पर्यावास बाहरी अंतरिक्ष में रहने की सबसे बुनियादी इकाई है, जो रहने के लिए आवास और काम करने वाली प्रयोगशाला दोनों के रूप में कार्य करती है। अंतरिक्ष आवास के लिए मानव केंद्रित डिजाइन दृष्टिकोण सर्वोपरि है। शून्य गुरुत्वाकर्षण गुरुत्वाकर्षण 'g' में, किसी भी वस्तु या मानव का संवेग समान रहता है, जबकि गुरुत्वाकर्षण की अनुपस्थिति, पैरों पर लग रहे अभिलम्ब (Normal) बलों को कम कर देती है जो बदले में चलने और कार्य करने के लिए आवश्यक घर्षण बलों को खत्म कर देता है। माइक्रोग्रैविटी वातावरण मानव शरीर में परिवर्तन भी लाता है, शरीर तटस्थ मुद्रा में आने की वजह से मांसपेशियों को आराम की स्थिति में ला देता है और रीढ़ की हड्डी को लम्बा कर देता है। इस लेख में एंथ्रोपोमेट्री, रेंज ऑफ़ मोशन, पहुंच क्षमता और मानव शक्ति पर शून्य गुरुत्वाकर्षण गुरुत्वाकर्षण 'g' प्रभावों के संबंध में कुछ पहलुओं पर चर्चा की गई है। इन भौतिक मानव कारक इनपुट का उपयोग निम्नलिखित के डिजाइन में किया जाता है: छत की ऊंचाई, हैच आकार, सीढ़ी, रैंप, वर्कस्टेशन और रहने वाले कार्टर। फिर इस डिजाइन को वांछित आबादी के लिए मानव इन-लूप सिमुलेशन के साथ मान्य किया जाता है।

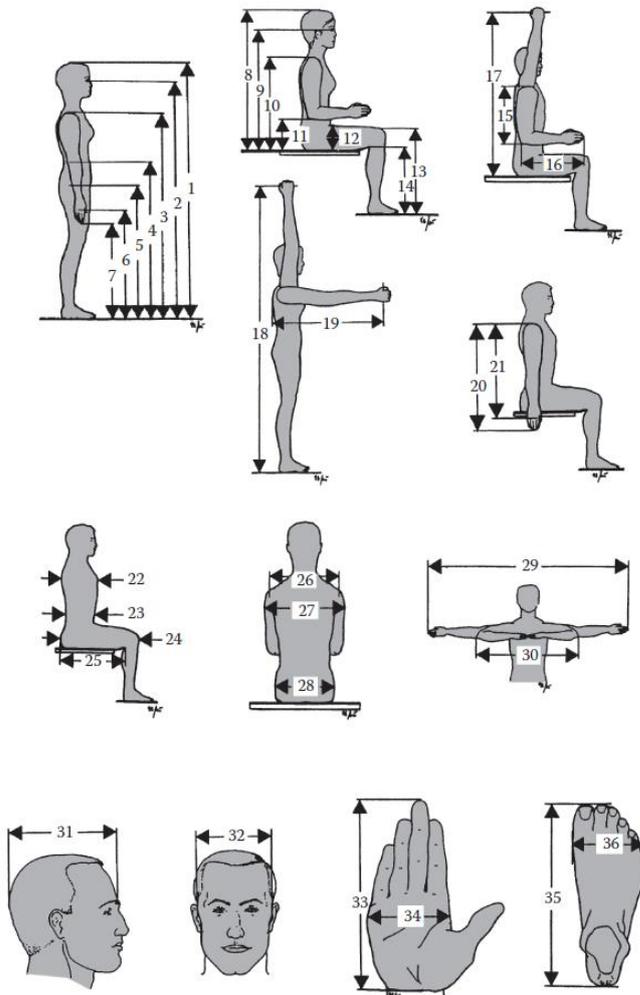
### परिचय

21वीं सदी में ये संभव है कि मनुष्य एक से अधिक खगोलीय पिंडों पर घर बनाने वाली पहली जीवित प्रजाति बन सकता है। दुनिया भर में विभिन्न अंतरिक्ष एजेंसियाँ और निजी कंपनियाँ समानव अंतरिक्ष उड़ान, चंद्रमा और मंगल पर बसने की क्षमता विकसित कर रही हैं। अंतरिक्ष में निर्वात, विकिरण, अत्याधिक तापमान के चक्र, सूक्ष्म उल्कापिंड, कक्षीय मलबे और आकाशीय धूल की चरम पर्यावरणीय स्थितियों जैसी विविध चुनौतियाँ मौजूद हैं। ऐसे दुर्गम वातावरण में, मानव जीवन को बनाए रखने के लिए पृथ्वी जैसा वातावरण होना आवश्यक है, और ऐसे वातावरण को बनाने के लिए अंतरिक्ष पर्यावास विकसित किए जाते हैं। ये पर्यावास आवास, प्रयोगशालाओं, मरम्मत और रखरखाव सुविधाओं के रूप में कार्य करते हैं।

विभिन्न पर्यावरणीय चुनौतियों से बचने के लिए अंतरिक्ष आवास के डिजाइन के अलावा, 'डिजाइन में मानव कारकों (ह्यूमन फैक्टर्स)' पर विचार करना भी बहुत महत्वपूर्ण है और मानव कारकों का एक ऐसा पहलू भौतिक श्रमदक्षता (श्रमदक्षता (एर्गोनॉमिक्स)) है। इनमें भौतिक आकार, पहुंच, रेंज ऑफ़ मोशन और कू की ताकत और इसके अलावा बाहरी कारकों का प्रभाव जैसे उच्च-गुरुत्वाकर्षण 'g' वातावरण, दबाव और कू एंथ्रोपोमेट्री और ताकत पर मिशन के दौरान डीकंडीशनिंग का प्रभाव शामिल है। जब हम अपने दैनिक जीवन के कुछ साधारण पहलुओं पर गौर करते हैं तो आवासों के डिजाइन के लिए मानवशास्त्रीय विचारों को देखने की आवश्यकता साफ-साफ समझ में आती है। हमारे घर में रहने के कक्ष में एक दरवाज़ों की चौखटों को अक्सर सबसे लंबे व्यक्ति को भी समायोजित करने के अनुसार बनाए जाते हैं, लेकिन दरवाजे के हैंडल को सबसे छोटे व्यक्ति के उपयोग अनुसार सुलभ बनाया जाता है। इसी तरह, सार्वजनिक परिवहन सेवाओं की बसों में ऐसी सीटें होती हैं जो आबादी के एक बड़े हिस्से को समायोजित कर सके। आजकल, कार चालक की सीट कई प्रकार की एडजस्टेबिलिटी के साथ आती है, जैसे कि सीट की ऊंचाई, पेडल दूरी, स्टीयरिंग व्हील आदि जिससे की दुनिया के सभी लोगों की हर संभव जरूरतों को पूरा किया जा सके और साथ ही चालक को अधिक आरामदायक और सुरक्षित यात्रा कर सके। इस तरह, जहां कहीं भी मनुष्य शामिल है, भौतिक

श्रमदक्षता (एर्गोनॉमिक्स) विभिन्न विचारों में सर्वोपरि है। हम भौतिक श्रमदक्षता (श्रमदक्षता (एर्गोनॉमिक्स)) के दृष्टिकोण से कुछ डिजाइन दर्शन पर आगे चर्चा करेंगे।

डिजाइन में एंथ्रोपमेट्री:



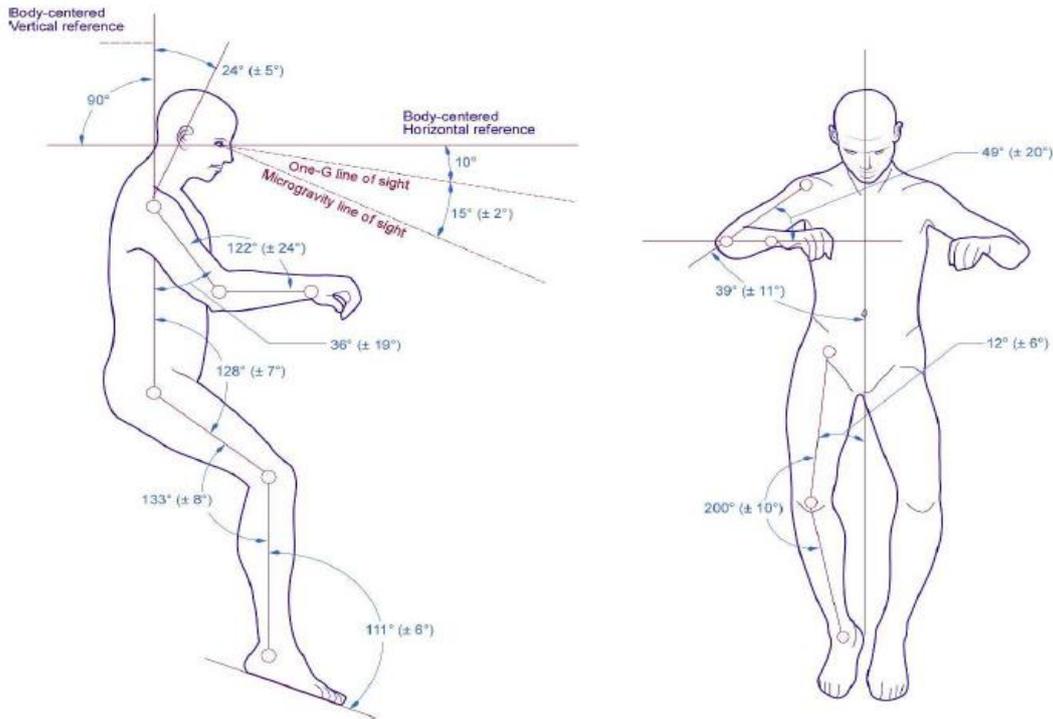
चित्र 1 सामान्य रूप से मापे गए शरीर के आयाम

मॉडलिंग का उपयोग विभिन्न कार्यों को करने के लिए और सबसे खराब स्थिति की पहचान करने के लिए किया जाता है। इसका उपयोग एक महत्वपूर्ण आयाम, शून्य गुरुत्वाकर्षण 'g' पर्यावरण के प्रभाव (रीढ़ की लंबाई में वृद्धि) के लेखांकन के लिए भी किया जाता है। कपड़ों और दबाव का प्रभाव भी डिजाइन में आवास को निर्धारित करने के लिए महत्वपूर्ण हैं। ह्यूमन इन-द-लूप (एच.आइ.टी.एल) परीक्षण के साथ आसन, सूट प्रभाव और अन्य मानव इंटरफ़ेस कारकों की मान्यताओं को मान्य किया जाता है।

सबसे पहले, प्रत्याशित क्रू की संख्या की भौतिक सीमा दिखाने के लिए एक संपूर्ण डेटा सेट उत्पन्न करना आवश्यक है और उचित सुनियोजितता (एकोमोडेशन) सुनिश्चित करने के लिए डिजाइन के दौरान महत्वपूर्ण शारीरिक माप शामिल करते हैं, जिसका अर्थ है कि डेटा में शरीर की लंबाई और परिधि शामिल होनी चाहिए और यह केवल शरीर के कद और वजन तक सीमित नहीं होना चाहिए। चित्र 1 आमतौर पर मापे जाने वाले शरीर के कुछ हिस्सों को दिखाता है। उदाहरण के लिए, कुछ व्यक्तियों का कद समान हो सकता है, लेकिन कुछ के धड़ लंबे और पैर छोटे हो सकते हैं जबकि अन्य के छोटे धड़ और लंबे पैर हो सकते हैं।

एक इंसान की जगह बनाने का प्रमुख पहलू यह है कि इसे इस तरह से डिजाइन किया जाए कि लम्बे कद के लोगों के लिए क्लीयरेंस का प्रावधान हो और छोटे कद के लोगों को समायोजित करने के लिए उनकी पहुंच का ध्यान रखा जाए।

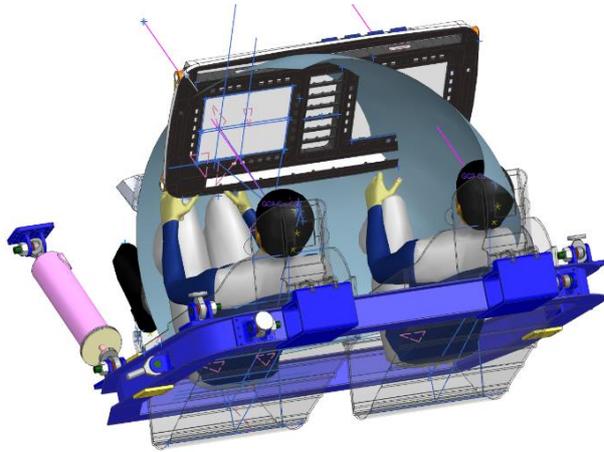
डिजाइन के प्रारंभिक चरणों में, कंप्यूटर एडेड डिजाइन (सी.ए.डी.)



चित्र 2: शून्य गुरुत्वाकर्षण 'g' में तटस्थ शारीरिक मुद्रा

कपड़ों और दबाव का प्रभाव कू के आकार को महत्वपूर्ण रूप से प्रभावित कर सकते हैं। दबावयुक्त सूट कू द्वारा ली गई जगह में वृद्धि करेगा, और इन विचारों को हैच डिजाइन और वर्कस्टेशन डिजाइन - सीट, कंसोल, स्विच, बटन और कुंडी डिजाइन के लिए लिया जाना चाहिए। चित्र 2 में दिखाया गया तटस्थ शरीर मुद्रा शून्य गुरुत्वाकर्षण 'g' में आराम की स्थिति में प्राप्त की जाती है। शून्य गुरुत्वाकर्षण 'g' में, एक गुरुत्वाकर्षण 'g' की पूरी तरह से खड़ी मुद्रा आरामदायक नहीं है और एक गुरुत्वाकर्षण 'g' मुद्रा बनाए रखने से शरीर की मांसपेशियों में तनाव पैदा होगा क्योंकि मांसपेशियों को स्थिर करने वाले बलों (स्टेबिलाइज़िंग फोर्सिज़) की आपूर्ति करनी होगी जो आमतौर पर गुरुत्वाकर्षण द्वारा प्रदान की जाती हैं। शून्य गुरुत्वाकर्षण 'g' में झुकने से थकान हो सकती है और तटस्थ मुद्रा के कोणों को समायोजित करने की आवश्यकता होती है। जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है, पैर की स्थिति को ढलान से समायोजित करने की आवश्यकता होती है और साथ ही काम करने की सतह को हाथ की ऊंचाई तक ऊंचा करने की आवश्यकता होती है।

## 1. डिजाइन में गतिविधि की रेंज और पहुंच का उपयोग (डिजाइन में रेंज ऑफ मोशन और रीच एन्वलोप का उपयोग):



चित्र 3 : लेफ्ट साइड क्रू के दाहिने हाथ का रीचैबिलिटी क्षेत्र।

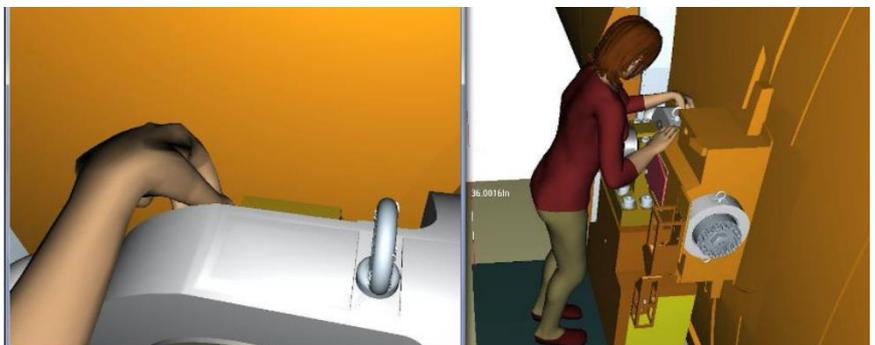
जमीन पर का सामान्य रेंज ऑफ मोशन का उपयोग अंतरिक्ष आवास के लिए भी किया जा सकता है। सबसे कम कार्यात्मक पहुंच वाले व्यक्ति का उपयोग शरीर की निकटतम सीमा को परिभाषित करने के लिए किया जाना चाहिए।

कभी-कभी यह संभव होता है कि हाथ किसी वस्तु तक पहुंच जाए लेकिन कोहनी को हिलाने के लिए कोई जगह ना हो और इसलिए पहुंच क्षमता के लिए इन बातों पर भी ध्यान देने की आवश्यकता है। चित्र 4 कार्य की पहुंच और पहुंच क्षमता का आकलन करने के लिए डिजिटल मानव मॉडल के उपयोग को दर्शाता है। शून्य गुरुत्वाकर्षण 'g' में क्रू को स्थिर करने में रेस्ट्रेट (restraint) एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है, और रेस्ट्रेट शून्य गुरुत्वाकर्षण 'g' वातावरण में किसी भी कार्य की कार्यात्मक पहुंच को निर्धारित करता है, फूट रेस्ट्रेट (foot restraint) सबसे अधिक इस्तेमाल किया जाने वाला रेस्ट्रेट है, जो काम करने के लिए पर्याप्त मात्रा में स्वतंत्रता प्रदान करता है लेकिन उच्च बलों के उपयोग पर प्रतिबंध मौजूद हैं। और इसे कमर रेस्ट्रेट (waist restraint) लगाकर हल किया जा सकता है।

## 2. डिजाइन में शक्ति के डेटा का प्रयोग:

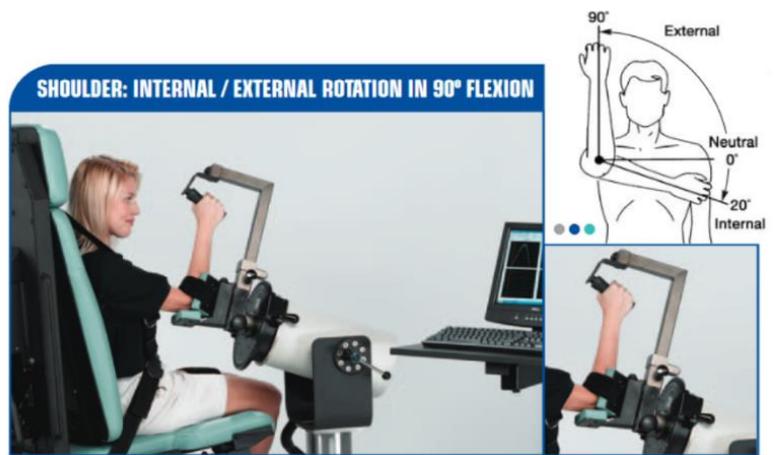
मानव शक्ति, व्यक्ति की किसी भी वस्तु/उपकरण पर बल उत्पन्न करने और बल लगाने की क्षमता को संदर्भित करती है। मांसपेशियों की वास्तविक ताकत को वास्तव में अधिकतम भार के अधीन करके मापना संभव नहीं है क्योंकि यह मांसपेशियों में अत्याधिक खिंचाव पैदा कर सकता है, इसलिए आमतौर पर 'अधिकतम स्वैच्छिक संकुचन' (एम.वी.सी.)

शब्द का उपयोग किया जाता है इसलिए, उपयोग किए गए सभी शक्ति डेटा, व्यक्ति की प्रेरणा और प्रदर्शन करने की उनकी इच्छा पर निर्भर करते हैं। मानव शक्ति निर्धारक यंत्र (ह्यूमन स्ट्रेंथ असेसमेंट



चित्र 4 : डिजिटल मानव मॉडल (डी.एच.एम.) में पहुंच क्षमता की जाँच।

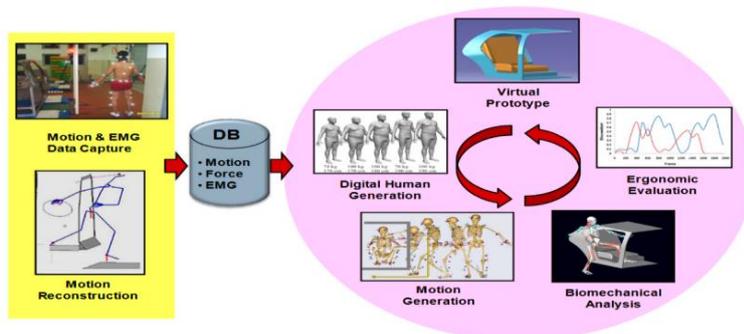
मशीन) जैसा कि चित्र 5 में दिखाया गया है, विभिन्न कार्यों के लिए एम.वी.सी. विषयों को मापता है। डेटा को जनसंख्या की अधिकतम या न्यूनतम ताकत के रूप में पेश किया जाता है, जो सबसे कमजोर और सबसे मजबूत सदस्य की अधिकतम ताकत होती है। इसलिए, न्यूनतम शक्ति डेटा का उपयोग डिज़ाइन सीमाओं में किया जाता है - तंत्र, संचालन जिससे सबसे कमजोर सदस्य भी इसे संचालित करने में सक्षम होता है। इसके अलावा, संरचनात्मक सीमाओं के लिए, अधिकतम ताकत का उपयोग इस तरह किया जाता है कि सबसे मजबूत बल भी इसे गलती से भी न तोड़ पाए।



चित्र 5: एक विषय ह्यूमन स्ट्रेथ असेसमेंट मशीन पर शोल्डर इंटरनल / एक्सटर्नल रोटेशन करता हुआ।

गुरुत्वाकर्षण की अनुपस्थिति का अर्थ है भार के कारण घर्षण बल की अनुपस्थिति जो कार्य करने की क्षमता को प्रभावित करती है, जिसके लिए उच्च प्रयास की आवश्यकता होती है। जवाबी प्रतिक्रियाशील बलों के लिए पर्याप्त रेस्ट्रेट (restraint) प्रदान करने की आवश्यकता है। कुछ ज्यादा मेहनत लगने वाले कार्य जैसे एक गुरुत्वाकर्षण 'g' (1 'g') में किसी वस्तु को उठाना शून्य गुरुत्वाकर्षण 'g' (0 'g') वातावरण से बहुत आसान हो सकता है। लंबे समय वाले मिशन मांसपेशियों को डिकंडीशन कर देते हैं जो कि उसकी ताकत को कम करती है, और इस कमी को ध्यान में रखा जाना चाहिए। दबावयुक्त सूट किसी व्यक्ति की ताकत को महत्वपूर्ण रूप से प्रभावित करता है, इसलिए सभी ई.वी.ए. और बाकी सूट के साथ की गई गतिविधियों को इस कम ताकत को ध्यान में रख के करना चाहिए।

### 3. पाश-में-मानव अनुकार(ह्यूमन-इन-लूप सिमुलेशन):



चित्र 6: एचआईटीएल परीक्षण और वर्चुअल प्रोटोटाइपिंग का वर्णन करता फ्लोचार्ट

और एच.आइ.टी.एल. परीक्षण का उपयोग करके डिज़ाइन को पुनरावृत्त रूप से सत्यापित किया जा सकता है।

पारंपरिक डिज़ाइन प्रक्रिया में, भौतिक प्रोटोटाइप बनाए जाते हैं और पूरी आबादी का प्रतिनिधित्व करने वाले मानव विषयों को इसमें परीक्षण करने की आवश्यकता होती है। यह समय और धन दोनों में

महंगा है। इसलिए, परीक्षण प्रक्रिया को कम करने के लिए, आभासी प्रोटोटाइप और कंप्यूटर सिमुलेशन (अनुकार) का उपयोग किया जाता है। चित्र 6 आभासी प्रयोगों के साथ ह्यूमन इन-द-लूप परीक्षण को दर्शाता है। प्रारंभिक डिजाइन में एक ढाँचा प्रोटोटाइप बनाया जाता है, जिसमें व्यक्ति आवश्यक कार्य करता है। इन कार्यों से गति, बल और इलेक्ट्रोमोग्राफी डेटा (इ.एम.जी. - मांसपेशी सक्रियण) निकाले जाते हैं। वस्तुनिष्ठ परिणामों को मान्य करने के लिए प्रश्रावली के रूप में मानवीय विषयों से व्यक्तिपरक कार्यभार असुविधा के स्तर एकत्र किए जाते हैं। इन डेटा को वर्चुअल मॉडल में फीड किया जाता है, जहां क्रू आबादी उत्पन्न होती है और इस जानकारी को मोशन डेटा और इ.एम.जी. डेटा के साथ बायोमैकेनिकल विश्लेषण में फीड किया जाता है। बायोमैकेनिकल विश्लेषण के परिणाम वस्तुनिष्ठ कार्यभार/असुविधा स्तरों का मूल्यांकन कर सकते हैं। इस जानकारी के साथ, डिज़ाइन को डिजिटल रूप से संशोधित किया जा सकता है।



चित्र 7:सूट के साथ और सूट के बिना कार्यों का माकअप मूल्यांकन

## निष्कर्ष

हमने भौतिक श्रमदक्षता (एर्गोनॉमिक्स) और उचित सुनियोजितता की दृष्टि से अंतरिक्ष पर्यावास के डिजाइन के विभिन्न पहलुओं पर चर्चा की है। मानव कारकों को ध्यान में रखते हुए आवास के लिए प्रारंभिक डिजाइन शुरू करना आवश्यक है ताकि उन्हें कार्य करने और रहने योग्य एक स्वस्थ वातावरण प्रदान किया जा सके। इन पहलुओं को ध्यान में रख कर डिजाइन करने से पृथ्वी की निचली कक्षा से लेकर अन्य खगोलीय पिंडों तक मानव अन्वेषण को बढ़ाया जा सकेगा।

## सन्दर्भ:

- [1] "Human Integration Design Processes (HIDP), NASA/TP-2014-218556", Johnson Space Center, NASA, Texas, USA, September 2014
- [2] "Human Integration Design Handbook (HIDH) Rev 1, NASA/TP-2014-218556", National Aeronautics and Space Administration (NASA), USA, June, 2014
- [3] Karl H.E. Kroemer, "Fitting the Human: Introduction to Ergonomics /Human Factors Engineering, Seventh Edition", CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017
- [4] H. Charles Dischinger, Jr. "Digital Human Modeling", National Aeronautics and Space Administration (NASA), USA
- [5] Kriss J. Kennedy, Stephen D. Capps, "Designing Space Habitation", DOI:

10.1061/40479(204)6, February 2000

[6] Nam-Chul Choi and Sang Hun Lee, "Discomfort Evaluation of Truck Ingress/Egress Motions Based on Biomechanical Analysis", Sensors 2015

### लेखक परिचय:



**एस.एस. रविशंकर, वैज्ञानिक .अभियंता-एस.सी/** ने वर्ष 2020 में भारतीय अंतरिक्ष एवं प्रौद्योगिकी संस्थान, तिरुवनंतपुरम से वांतरिक्ष अभियांत्रिकी में बी.टके की उपाधि प्राप्त की। वर्ष 2021 में समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, इसरो बेंगलूरु में भर्ती हुए। वर्तमान में ये मानव अनुकूल अभियांत्रिकी (Human Factors Engineering) के क्षेत्र में कार्यरत हैं।



**सौरभ कुमार, वैज्ञानिक/अभियंता-एस.सी.** ने बी.टके की उपाधि प्राप्त की है। वर्ष 2021 में ये इसरो में भर्ती हुए। वर्तमान में, समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, बेंगलूरु में मानव अनुकूल अभियांत्रिकी इकाई में कार्यरत हैं। इनके कार्य की प्रकृति में, उल्कापातों तथा कक्षीय मलबे हेतु कवच का विकास, मानव अनुकूल अभियांत्रिकी प्रयोगशाला की स्थापना के कार्य किया शामिल हैं।



**जयंता धाओया, वैज्ञानिक/अभियंता-एस.ई.** ने वांतरिक्ष अभियांत्रिकी विषय में एम.टेक. की उपाधि प्राप्त की है। इन्होंने वर्ष 2009 में विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र, तिरुवनंतपुरम, इसरो में प्रवेश पाया। वर्तमान में समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, बेंगलूरु में परियोजना प्रबंधक के पद पर गगनयान परियोजना (पुनःप्रवेश मिशन) इकाई में कार्यरत हैं।



**के. कुमार, वैज्ञानिक/अभियंता-जी.** ने वांतरिक्ष अभियांत्रिकी में स्नातकोत्तर की उपाधि प्राप्त की है। इसरो में 1990 में प्रवेश पाया। वर्तमान में, समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, बेंगलूरु में मानव अनुकूल अभियांत्रिकी इकाई (Human Factors Engineering Entity-HFEE) में उप निदेशक का कार्यभार संभाले हुए हैं। इस इकाई में, समानव अंतरिक्ष उड़ान हेतु मिशन एवं शारीरिक मानकों का विकास कार्य किया जाता है।

## अंतरिक्ष औषधि एवं स्वास्थ्य निगरानी

कुलदीप शाक्य

तकनीशियन-डी., कूट संख्या-SH16254

सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र शार, इसरो

एस.एम.पी.सी.यूनिट-1 /वर्कशॉप, श्रीहरिकोटा, आंध्रप्रदेश-524124.

### सारांश

(अंतरिक्षयान द्वारा जब कोई अंतरिक्ष यात्री अंतरिक्ष में जाता है, तब उसके शरीर पर वहाँ के मौसम और पाए जाने वाले वायुमण्डलीय बदलाव के कारण विभिन्न प्रकार की समस्याएँ एवं बीमारियों का भी सामना करना पड़ता है। इन समस्याओं एवं बीमारियों से निजात पाने के लिये अंतरिक्ष एजेंसियों के वैज्ञानिकों के द्वारा विभिन्न प्रकार के शोध करके इनको जड़ से खत्म करने का रास्ता खोजा और आगे भी प्रयास जारी हैं। अंतरिक्ष में भेजे जाने वाले अंतरिक्ष यात्री के स्वास्थ्य की जानकारी हेतु पहले पूरे शरीर का चेक-अप किया जाता है और यदि कोई समस्या या किसी भी प्रकार की बीमारी पायी जाती है तो कुछ समय तक उसको निरीक्षण में रखा जाता है फिर ठीक होने के बाद अंतरिक्ष में भेजा जाता है। अंतरिक्षयान से अंतरिक्ष में जाते समय भी समस्या हो सकती हैं तो उस समय क्या करना चाहिये? और क्या नहीं करना चाहिये? इनसे निपटने के लिये पहले से ही आवश्यक औषधियाँ उपलब्ध करवा दी जाती हैं। अंतरिक्ष में पहुँच जाने के बाद भी समस्याएँ हो सकती हैं, इनसे कैसे निपटा जा सकता है? पहले से ही कुछ औषधियाँ भण्डारित करके रख दी जाती हैं। औषधियों के उपयोग करने का सही तरीका पहले ही समझा दिया जाता है। अंतरिक्षयान से पृथ्वी पर वापस आने पर भी समस्याएँ या बीमारियाँ उत्पन्न हो सकती हैं। इस प्रकार आसानी से समझा जा सकता है कि अंतरिक्ष यात्रा के बाद हमारे शरीर पर क्या-क्या प्रभाव होते हैं? और इनसे कैसे निपटा जाये ये सभी प्रक्रियाएँ स्वास्थ्य निगरानी के तहत ही सम्पन्न की जाती हैं। इन सभी प्रक्रियाओं को हम आगे विस्तार से समझेंगे।)

अंतरिक्ष चिकित्सा, बाह्य अंतरिक्ष में अंतरिक्ष यात्रियों पर औषधि का अभ्यास है जबकि अंतरिक्ष यात्री स्वच्छता उन खतरों के जोखिम की रोकथाम यानि नियंत्रण के लिए विज्ञान और प्रौद्योगिकी का अनुप्रयोग है जो अंतरिक्ष यात्री के बीमार होने का कारण बन सकते हैं। ये दोनों विज्ञान और प्रौद्योगिकी यह सुनिश्चित करने के लिए मिलकर काम करते हैं कि अंतरिक्ष यात्री सुरक्षित वातावरण में काम करें। इनका मुख्य उद्देश्य यह पता लगाना है कि लोग अंतरिक्ष में चरम स्थितियों में कितनी अच्छी तरह और कितने समय तक जीवित रह सकते हैं, और अपनी यात्रा से लौटने के बाद वे कम से कम कितने समय में पृथ्वी के पर्यावरण के अनुकूल हो सकते हैं। संभावित अंधापन और हड्डी के नुकसान जैसे चिकित्सा परिणाम मानव अंतरिक्ष उड़ान से जुड़े हुए हैं।

### अंतरिक्ष- यात्री के लिये स्वास्थ्य निगरानी प्रणाली

अंतरिक्ष में एक महीने से अधिक समय बिताने वाले अंतरिक्ष यात्रियों को कुछ मानसिक और शारीरिक समस्याओं का सामना करना पड़ सकता है, जो लंबे समय तक चलने वाले अंतरिक्ष मिशन की योजनाओं के लिए झटका है। वास्तविक समय में अंतरिक्ष यात्री की मानसिक और शारीरिक स्थिति की निगरानी और निरीक्षण करने के लिए सूचना और मानस-प्रत्यक्षीकरण (आधार) के लिए केंद्रीय स्थान बनाना चुनौती है।

इस प्रकार की प्रणाली का उद्देश्य अंतरिक्ष यात्री के शरीर या स्पेससूट से जुड़े सेंसर से एकत्र किए गए डेटा का विश्लेषण करके वास्तविक समय में अंतरिक्ष यात्री की मानसिक और शारीरिक स्थिति की निगरानी और निरीक्षण करना है और इसे पृथ्वी पर जानकारी और मानस-प्रत्यक्षीकरण के लिए केंद्रीय स्थान पर भेजना है।

**सबसे पहले**, एक तापमान सेंसर किट बनाकर, और इस सेंसर को स्पेससूट के अंदर लगाकर हम अंतरिक्ष यात्री के लिए तापमान को माप सकते हैं और स्पेससूट के बाहर एक और किट संलग्न करके हम आसपास के वातावरण के लिए तापमान और सापेक्ष आर्द्रता को माप सकते हैं।

**दूसरे**, एक ई.ई.जी. सर्किट को डिजाइन करके, जिसे सिर की सतह के साथ स्पेससूट से जोड़ा जा सकता है, हम मस्तिष्क की विद्युत गतिविधि को माप सकते हैं, और इस डेटा को विश्लेषण करने के लिए भेज सकते हैं ताकि हम अंतरिक्ष यात्री की मानसिक स्थिति और यह भी जान सकें कि वह कैसे महसूस करता है।

**तीसरा**, एक ई.सी.जी. सर्किट को डिजाइन करके, जिसे शरीर की सतह के साथ स्पेससूट से जोड़ा जा सकता है। हम हृदय की विद्युत गतिविधि को माप सकते हैं, और इस डेटा को विश्लेषण के लिए भेज सकते हैं ताकि हम अंतरिक्ष यात्री की शारीरिक स्थिति और दिल की धड़कन की दर को जान सकें। इसके अलावा, हम यह जानने के लिए ई.सी.जी. सिग्नल का विश्लेषण कर सकते हैं कि क्या अंतरिक्ष यात्री को कोई हृदय रोग है, या यदि विशिष्ट क्षेत्रों में हृदय की मांसपेशियाँ क्षतिग्रस्त हो गई हैं।

अंत में, माइक्रोकंट्रोलर को स्पेससूट से जोड़कर हम सेंसर (तापमान, ई.ई.जी., और ई.सी.जी. सेंसर) से सिग्नल प्राप्त कर सकते हैं और इन संकेतों का विश्लेषण करने और उनकी कल्पना करने के लिए इन संकेतों को आधार (कंप्यूटर) पर भेज सकते हैं।

## अंतरिक्ष में जाने पर हमारे शरीर पर होने वाले प्रभावों का विवरण

### मानव शरीर पर अंतरिक्ष यान का प्रभाव

अंतरिक्ष एजेंसियों द्वारा वित्त पोषित शोधकर्ताओं ने पाया कि मंगल ग्रह की यात्रा सहित बाहरी अंतरिक्ष में लंबी यात्रा, अंतरिक्ष यात्रियों के जठरांत्र संबंधी ऊतकों को काफी नुकसान पहुँचा सकती है। अध्ययन पहले के काम का समर्थन करते हैं कि ऐसी यात्राएँ अंतरिक्ष यात्रियों के दिमाग को काफी नुकसान पहुँचा सकती हैं, और उन्हें समय से पहले बूढ़ा कर सकती हैं।

### अंतरिक्ष उड़ान के दौरान हृदय की समस्या

अंतरिक्ष यात्रियों के बीच हृदय गति की गड़बड़ी देखी गई है। इन में से अधिकांश हृदय रोग से संबंधित हैं, लेकिन यह स्पष्ट नहीं है कि यह पहले से मौजूद स्थितियों या अंतरिक्ष उड़ान के प्रभावों के कारण था। यह आशा की जाती है कि कोरोनरी रोग के लिए उन्नत जाँच ने इस जोखिम को बहुत कम कर दिया है। अन्य हृदय ताल की समस्याएँ, जैसे कि आलिंद फिब्रिलेशन, समय के साथ विकसित हो सकती हैं, जिससे चालक दल के दिल की लय की आवधिक जाँच की आवश्यकता होती है। इन हृदय जोखिमों से परे कुछ चिंताएं मौजूद हैं कि सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण के लंबे समय तक संपर्क दिल की लय में गड़बड़ी हो सकती है। हालाँकि यह आज तक नहीं देखा गया है, किंतु इस पर आगे की निगरानी करना बहुत जरूरी है।

### स्पेसफ्लाइट में विसंपीडन बीमारी

अंतरिक्ष में, अंतरिक्ष यात्री स्पेसवॉक, या अतिरिक्त-वाहन गतिविधियों (ई.वी.ए.) के लिए एक स्पेस सूट का उपयोग करते हैं। स्पेस सूट आम तौर पर कुल दबाव पर 100% ऑक्सीजन के साथ फुलाए जाते हैं जो सामान्य वायु मंडलीय दबाव के एक तिहाई से भी कम होता है। नाइट्रोजन जैसे निष्क्रिय वायु मंडलीय घटकों को खत्म करने से अंतरिक्ष यात्री आराम से सांस ले सकता है, लेकिन आवश्यक कार्य को पूरा करने के लिए अपने हाथों और पैरों का उपयोग करने की गतिशीलता भी रखता है, जो उच्च दबाव वाले सूट में अधिक कठिन होता है।

### विसंपीडन बीमारी

विसंपीडन बीमारी ऊतकों और रक्त में नाइट्रोजन के बुलबुले की उपस्थिति के परिणामस्वरूप शरीर के ऊतकों में होने वाली समस्या बीमारी है। यह परिवेश के दबाव में तेजी से कमी के कारण होता है, जिससे घुलित नाइट्रोजन शरीर के भीतर गैस के बुलबुले के रूप में घुल से बाहर आ जाता है। अंतरिक्ष में शरीर के ऊतकों में

नाइट्रोजन को बाहर निकालने के लिए तकनीक का उपयोग करके डी.सी.एस. के जोखिम को काफी कम किया जाता है। डी.सी.एस. अपर्याप्त या बाधितपूर्व-ऑक्सीकरण समय, या अंतरिक्ष यात्री के जल योजन के स्तर, शारीरिक कंडीशनिंग, पूर्व चोटों और उम्र सहित अन्य कारकों के परिणामस्वरूप हो सकता है। डी.सी.एस. के अन्य जोखिमों में ई.एम.यू. में अपर्याप्त नाइट्रोजन शुद्धिकरण, एक ज़ोरदार या अत्यधिक लंबे समय तक ई.वी.ए., या सूट के दबाव का नुकसान शामिल है। अंतरिक्ष यान के बिना दबाव में कमी होने पर गैर-ई.वी.ए. चालक दल के सदस्य भी डी.सी.एस. के जोखिम में हो सकते हैं।

शरीर के रिक्त स्थान और परिवेशी वायुमंडलीय दबाव के बीच दबाव में अंतर के परिणामस्वरूप शरीर में हवा से भरे स्थानों के ऊतकों की चोट को बरोट्रामा कहते हैं। हवा से भरे स्थानों में मध्य कान, परानासल साइनस, फेफड़े और जठरांत्र संबंधी मार्ग शामिल हैं। किसी को पहले से मौजूद ऊपरी श्वसन संक्रमण, नाक की एलर्जी, बार-बार बदलते दबाव, निर्जलीकरण, या खराब इकलाइजिंग तकनीक की संभावना होगी।

एयर फिल स्पेस में ऋणात्मक दबाव एक ईवा के बाद दमन के दौरान बढ़े हुए बैरोमीटर के दबाव के परिणामस्वरूप या कम केबिन दबाव की योजनाबद्ध सुधार के बाद कान में कमी और दांत या जबड़े में दर्द की भी समस्याएँ हो सकती हैं।

### बढ़ता संक्रमण का खतरा

एक अंतरिक्ष शटल प्रयोग में पाया गया कि साल्मोनेला टाइफिम्यूरियम, एक जीवाणु जो खाद्य विषाक्तता का कारण बन सकता है, अंतरिक्ष में खेती करने पर अधिक विषैला हो गया। 2013 को, अंतरिक्ष एजेंसियों के वैज्ञानिकों ने बताया कि, अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन पर अंतरिक्ष उड़ान के दौरान, रोगाणुओं को अंतरिक्ष के वातावरण में "पृथ्वी पर नहीं देखे जाने" के तरीकों से अनुकूलित किया जाता है। हाल ही में, 2017 में, बैक्टीरिया एंटीबायोटिक औषधियों के प्रति अधिक प्रतिरोधी पाए गए और अंतरिक्ष की लगभग भारहीनता में पनपने के लिए बाह्य अंतरिक्ष के निर्वात में जीवित रहने के लिए सूक्ष्म जीवों को देखा गया है। 2018 में शोधकर्ताओं ने बताया कि अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन (आई.एस.एस.) पर पांच एंटरोबैक्टर बुगांडेंसिस जीवाणु उपभेदों की उपस्थिति का पता लगाने के बाद, जो मनुष्यों के लिए कोई रोगजनक नहीं है। आई.एस.एस. पर सूक्ष्म जीवों की सावधानीपूर्वक निगरानी की जानी चाहिए ताकि चिकित्सकीय रूप से स्वस्थ वातावरण सुनिश्चित किया जा सके।

### अंतरिक्ष उड़ान के दौरान थकान और नींद की कमी

मानव अंतरिक्ष यान को अक्सर अंतरिक्ष यात्री दल को बिना आराम के लंबी अवधि तक सहने की आवश्यकता होती है। अध्ययनों से पता चला है कि नींद की कमी से थकान हो सकती है जो महत्वपूर्ण कार्यों को करते समय त्रुटियों की ओर ले जाती है। इसके अलावा, जो व्यक्ति अक्सर थके हुए होते हैं वे अपनी हानि की सीमा निर्धारित नहीं कर सकते हैं। नींद की कमी, नींद में बदलाव और काम के अधिभार के कारण थकान प्रदर्शन त्रुटियों का कारण बन सकती है जो अंतरिक्ष उड़ान प्रतिभागियों को मिशन के उद्देश्यों के साथ-साथ उन लोगों के स्वास्थ्य और सुरक्षा से समझौता करने के जोखिम में डालती है।

पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण को छोड़ने और वापस लौटने से अंतरिक्ष की बीमारी, चक्कर आना और अंतरिक्ष यात्रियों में संतुलन की हानि होती है। यह अध्ययन करके कि परिवर्तन मानव शरीर में संतुलन को कैसे प्रभावित कर सकते हैं – जिसमें इंद्रियां, मस्तिष्क, आंतरिक कान और रक्तचाप शामिल हैं। अंतरिक्ष एजेंसियाँ उन उपचारों को विकसित करने की उम्मीद करती हैं, जिनका उपयोग संतुलन विकारों को ठीक करने के लिए पृथ्वी और अंतरिक्ष में किया जा सकता है। तब तक, अंतरिक्ष एजेंसियों के अंतरिक्ष यात्रियों को मिडोड्राइन (एक "एंटी-डिज़ी" गोली जो अस्थायी रूप से रक्तचाप को बढ़ाती है) नामक औषधि पर भरोसा करना चाहिए या प्रोमेथाज़िन को उन कार्यों को पूरा करने में मदद करनी चाहिए जो उन्हें सुरक्षित रूप से घर लौटने के लिए करने की आवश्यकता होती है।

## अस्थि घनत्व का नुकसान

स्पेस फ्लाइट ऑस्टियोपीनिया मानव स्पेस फ्लाइट से जुड़ी हड्डी का नुकसान है। कैल्शियम का चयापचय माइक्रोग्रैविटी में सीमित है और इससे कैल्शियम हड्डियों से बाहर निकल जाएगा। अंतरिक्ष में 3-4 महीने की यात्रा के बाद, खोई हुई हड्डियों के घनत्व को वापस पाने में लगभग 2-3 साल लग सकते हैं। अंतरिक्ष यात्रियों को तेजी से ठीक होने में मदद करने के लिए नई तकनीकों का विकास किया जा रहा है।

निम्नलिखित क्षेत्रों में अनुसंधान नई हड्डी के विकास की प्रक्रिया में सहायता करने की क्षमता रखता है:

1. आहार और व्यायाम परिवर्तन ऑस्टियोपोरोसिस को कम कर सकते हैं।
2. कंपन थेरेपी हड्डी के विकास को प्रोत्साहित कर सकती है।
3. हड्डी के विकास और गठन के लिए जिम्मेदार प्रोटीन का अधिक उत्पादन करने के लिए दवा शरीर को ट्रिगर कर सकती है।

## माँसपेशियों की हानि

अंतरिक्ष में, पैरों, पीठ, रीढ़ और हृदय की माँसपेशियाँ कमजोर हो जाती हैं और बर्बाद हो जाती हैं क्योंकि गुरुत्वाकर्षण को दूर करने के लिए उनकी अब आवश्यकता नहीं होती है, जैसे शारीरिक गतिविधि कम होने के कारण लोग उम्र के साथ माँसपेशियों को खो देते हैं। अंतरिक्ष यात्री माँसपेशियों के निर्माण और शरीर के द्रव्यमान को बनाए रखने के लिए निम्नलिखित क्षेत्रों में अनुसंधान पर भरोसा करते हैं:

1. प्रतिरोध प्रशिक्षण दिनचर्या करने में दिन में कम से कम दो घंटे खर्च किए जाएं तो व्यायाम माँसपेशियों का निर्माण कर सकता है।
2. हार्मोन की खुराक (एचजीएच) शरीर के प्राकृतिक विकास संकेतों में टैप करने का एक तरीका हो सकता है।
3. दवा शरीर को माँसपेशियों के विकास प्रोटीन के उत्पादन में ट्रिगर कर सकती है।
4. स्नायुशोष या अपक्षय को रोकने के लिए एक विधि के रूप में न्यूरो मस्कुलर विद्युत उत्तेजना।

## दृश्यहानि

लंबे अंतरिक्ष उड़ान मिशन के बाद, अंतरिक्ष यात्रियों को गंभीर दृष्टि समस्याओं का अनुभव हो सकता है। इस तरह की दृष्टि की समस्याएँ भविष्य में लम्बे समय तक चलने वाले अंतरिक्ष उड़ान मिशनों के लिए एक प्रमुख चिंता का विषय हो सकती हैं, जिसमें मंगल पर मानव मिशन भी शामिल है।

## मानसिक क्षमताओं का नुकसान और अल्जाइमर रोग का खतरा

अल्जाइमर रोग, मानव शरीर पर अंतरिक्ष उड़ान का प्रभाव, और ब्रह्मांडीय किरणों से स्वास्थ्य को खतरा हो सकता है। एक अध्ययन में बताया गया कि मानव अंतरिक्ष यान अंतरिक्ष यात्रियों के मस्तिष्क को नुकसान पहुँचा सकता है और अल्जाइमर रोग को भी बढ़ावा दे सकता है।

वैज्ञानिकों ने बताया कि एम.आर.आई. अध्ययनों के आधार पर अंतरिक्ष में यात्रा करने वाले अंतरिक्ष यात्रियों में मस्तिष्क की स्थिति और संरचना में महत्वपूर्ण परिवर्तन पाए गए हैं। अंतरिक्षयात्री जिन्होंने लंबी अंतरिक्ष यात्राएँ की, उनके मस्तिष्क में अधिक परिवर्तन पाये गये।

## ऑर्थोस्टेटिक असहिष्णुता

"पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव के तहत, रक्त और शरीर के अन्य तरल पदार्थ निचले शरीर की ओर खिंच जाते हैं। जब अंतरिक्ष की खोज के दौरान गुरुत्वाकर्षण को हटा दिया जाता है या कम कर दिया जाता है, तो रक्त ऊपरी शरीर में इकट्ठा हो जाता है, जिसके परिणामस्वरूप चेहरे की सूजन और अन्य अवांछित साइडइफेक्ट होते हैं। पृथ्वी पर लौटने पर, रक्त निचले छोरों में फिर से जमा होना शुरू हो जाता है, जिसके परिणामस्वरूप ऑर्थोस्टेटिक हाइपोटेंशन होता है।"

## अंतरिक्ष में प्रयोग की जाने वाली मुख्य औषधियों का विवरण

एक **मेलाटोनिन रिसेप्टर एगोनिस्ट**, एक अपेक्षाकृत नई औषधि है जिसे मेलाटोनिन अणु और मेलाटोनिन रिसेप्टर्स के आकार को शुरुआती बिंदुओं के रूप में उपयोग करके डिज़ाइन किया गया है। यह अपने कुछ गुणों को इसके तीन गुना अधिक उन्मूलन के आधे जीवन से भी प्राप्त कर सकता है। रामेल्टियोन पर दिया जाने वाला यह तर्क गलत है कि यह मेलाटोनिन से अधिक प्रभावी नहीं है और खर्चीला है। यह स्पष्ट नहीं है कि क्या रामेल्टिन अपने रिसेप्टर्स को मेलाटोनिन से बंधे होने की तुलना में अलग तरह से व्यवहार करने का कारण बनता है, और रामेल्टिन में इन रिसेप्टर्स के लिए काफी अधिक आत्मीयता हो सकती है। रामेल्टियोन की प्रभावशीलता पर बेहतर जानकारी जल्द ही उपलब्ध होनी चाहिए, और इसकी प्रभावकारिता के सवालों के बावजूद, साइड इफेक्ट की सामान्य कमी रामेल्टियोन को बहुत कम नींद की औषधियों में से एक बनाती है जो संभवतः अंतरिक्ष यात्रियों द्वारा सुरक्षित रूप से उपयोग की जा सकती है।

**ज़ोलपिडेम** और **ज़ोपिक्लोन** शामक-कृत्रिम निद्रावस्था वाले हैं, जिन्हें उनके व्यापारिक नाम "**एंबियन**" और "**लुनेस्टा**" से बेहतर जाना जाता है। ये बेहद लोकप्रिय स्लीप-एड्स हैं, जो बड़े हिस्से में उनकी प्रभावशीलता और बेंजोडायजेपाइन और बार्बिटुरेट्स की तुलना में काफी कम साइड-इफेक्ट के कारण हैं। हालाँकि अन्य औषधियाँ नींद को प्रेरित करने में अधिक प्रभावी हो सकती हैं। **ज़ोलपिडेम** और **ज़ोपिक्लोन** में अनिवार्य रूप से साइडइफेक्ट्स की कमी होती है। जो अंतरिक्ष यात्रियों के लिए अन्य अनिद्रा औषधियों को अयोग्य घोषित करते हैं, जिनके लिए आसानी से और जल्दी जागने में सक्षम होना सर्वोपरि हो सकता है। अंतरिक्ष यात्री जो स्पष्ट रूप से नहीं सोच पाते हैं, घबरा जाते हैं, और जब अचानक आपात स्थिति आती है तो वे विचलित हो जाते हैं। वे सेकंडों में मौत की उदासीनता के लिए अपनी घबराहट व्यक्त कर सकते हैं। **ज़ोलपिडेम**, **ज़ोपिक्लोन**, और इस तरह की दवाएँ लेने वाले ज्यादातर लोगों में दिन में नींद आने की संभावना काफी कम होती है।

**मोडफिनिल** एक औषधि है जो नार्कोलेप्सी और अन्य विकारों के लिए निर्धारित है जिसमें अत्यधिक दिन की थकावट शामिल है। इसे विभिन्न सैन्य स्थितियों में और अंतरिक्ष यात्रियों के लिए थकान को दूर करने की क्षमता के लिए बनाया गया है। यह स्पष्ट नहीं है कि क्या अंतरिक्ष यात्री कभी-कभी औषधि का उपयोग करते हैं क्योंकि वे नींद से वंचित हैं – इसका उपयोग केवल स्पेसवॉक और अन्य उच्च जोखिम वाली स्थितियों में किया जा सकता है।

**डेक्सड्राइन** एक **एम्फैटेमिन** औषधि है जो एक पंक्ति में लंबी और कई सॉर्टियां उड़ाने वाले लड़ाकू पायलटों के लिए स्वर्ण-मानक हुआ करता था। आज मोडफिनिल का उपयोग बड़े पैमाने पर डेक्सड्राइन के स्थान पर किया जाता है। पायलट जितनी देर तक जागता रहता है, उसका स्वास्थ्य धीरे-धीरे खराब होता जाता है। एक अध्ययन में, हेलीकॉप्टर पायलट जिन्हें हर तीन घंटे में दो सौ मिलीग्राम मोडफिनिल दिया गया था, वे अपने उड़ान-सिम्युलेटर के प्रदर्शन में काफी सुधार करने में सक्षम थे। हालाँकि, अध्ययन में बताया गया है कि बिना साइडइफेक्ट के प्रदर्शन बढ़ाने में मोडफिनिल डेक्साम्फेटामाइन जितना प्रभावकारी नहीं था।

## अंतरिक्ष उड़ान के दौरान चिकित्सा उपचार

अल्ट्रासाउंड और स्पेस आई.एस.एस. पर और निकट भविष्य में मिशन के लिए अल्ट्रा साउंड मुख्य इमेजिंग उपकरण है। एक्स-रे और सी.टी.स्कैन में विकिरण शामिल होता है जो अंतरिक्ष के वातावरण में अस्वीकार्य है। हालाँकि एम.आर.आई. छवियों को बनाने के लिए चुंबकीय युक्ति का उपयोग करता है, वर्तमान में एक व्यवहार्य

विकल्प के रूप में विचार करने के लिए यह एक अच्छा विकल्प है। अल्ट्रासाउंड, छवियों को बनाने के लिए ध्वनि तरंगों का उपयोग करता है, जो विभिन्न प्रकार के ऊतकों और अंगों की इमेजिंग प्रदान करता है। वर्तमान में इसका उपयोग नेत्रगोलक और ऑप्टिक तंत्रिका को देखने के लिए किया जा रहा है, ताकि उन परिवर्तनों के कारणों को निर्धारित करने में मदद मिल सके जिन्हें अंतरिक्ष एजेंसियों ने ज्यादातर लंबी अवधि तक अंतरिक्ष में रहने वाले अंतरिक्ष यात्रियों में देखा गया है। मस्कुलोस्केलेटल समस्याओं के संबंध में अल्ट्रासाउंड के उपयोग की सीमा को भी आगे बढ़ाया जा रहा है क्योंकि ये कुछ सबसे आम और सबसे संभावित समस्याएँ हैं। अंतरिक्ष मिशन पर अल्ट्रासाउंड का उपयोग करने के लिए महत्वपूर्ण चुनौतियों से निपटने हेतु अंतरिक्ष यात्रियों को उपकरण का उपयोग करने के लिए प्रशिक्षण दिया जा रहा है। अधिकांश अल्ट्रासाउंड व्याख्या वास्तविक समय में की जाती है लेकिन अंतरिक्ष यात्रियों को वास्तव में अल्ट्रासाउंड को समझने या इसकी व्याख्या करने के लिए प्रशिक्षित करना अव्यावहारिक है। मिशन को नियंत्रण और चिकित्सा कर्मियों हेतु पढ़ने और व्याख्या करने के लिए भेजा गया। तत्काल चिकित्सा स्थितियों के लिए संचरण समय में बहुत अधिक समय लगने के कारण भविष्य के अन्वेषण वर्ग के मिशनों को स्वायत्त होने की आवश्यकता होगी। स्वायत्त होने या एम.आर.आई. जैसे अन्य उपकरणों का उपयोग करने की क्षमता पर वर्तमान में शोध किया जा रहा है।

### **\*\* एक अंतरिक्ष यात्री की सुविधा के लिये उपयोग किया जाने वाला उपकरण\*\***

**फोल्डेबल वॉकर:** अंतरिक्ष एजेंसियों द्वारा विमान और अंतरिक्ष यान के लिए विकसित एक हल्की धातु सामग्री से निर्मित, फोल्डेबल, पोर्टेबल और प्रबंधन में आसान वॉकर बनाया गया है।

**व्यक्तिगत अलर्ट सिस्टम:** ये आपात कालीन चेतावनी उपकरण हैं जिन्हें ऐसे व्यक्ति पहन सकते हैं जिन्हें आपात कालीन चिकित्सा या सुरक्षा सहायता की आवश्यकता हो सकती है। जब एक बटन दबाया जाता है, तो डिवाइस मदद के लिए किसी दूरस्थ स्थान पर सिग्नल भेजता है।

**कैट और एम.आर.आई. स्कैन:** इन उपकरणों का उपयोग अस्पतालों द्वारा मानव शरीर के अंदर देखने के लिए किया जाता है। पृथ्वी से चंद्रमा की बेहतर तस्वीरें लेने का एक तरीका खोजने के बाद अंतरिक्ष एजेंसियों द्वारा प्रदान की गई तकनीक के बिना उनका विकास संभव नहीं हो पाता।

**न्यूरोमस्क्युलर इलेक्ट्रिक स्टिम्यूलेशन (एन.एम.ई.एस.):** उपचार का एक रूप मूल रूप से अंतरिक्ष में पेशी शोष या अपक्षय से निपटने के लिए विकसित किया गया है जिसे अंतरिक्ष के बाहर अनुप्रयोगों के लिए सही पाया गया है। एन.एम.ई.एस. का अंतरिक्ष चिकित्सा के बाहर उपयोग किए जाने का एक प्रमुख उदाहरण लकवाग्रस्त व्यक्तियों के लिए माँसपेशी उत्तेजक उपकरण है। लकवाग्रस्त व्यक्तियों में माँसपेशियों की समस्या को रोकने के लिए इन उपकरणों का उपयोग प्रतिदिन आधे घंटे तक किया जा सकता है। यह माँसपेशियों को विद्युत उत्तेजना प्रदान करता है जो प्रति सप्ताह तीन मील जॉगिंग के बराबर है। लकवाग्रस्त व्यक्तियों के अलावा, खेल चिकित्सा में भी इसके अनुप्रयोग हैं, जहाँ इसका उपयोग एथलीटों पर उच्च-तीव्रता वाले एवं जीवन शैली के संभावित नुकसान को प्रबंधित करने या रोकने के लिए किया जाता है।

**आर्थोपेडिक मूल्यांकन उपकरण:** अंतरिक्ष एजेंसियों ने मुद्रा, चाल और संतुलन की गड़बड़ी का मूल्यांकन करने के साथ ही विकिरण-मुक्त तरीके से कंपन का उपयोग करके हड्डी के लचीलेपन को मापने लिए ये उपकरण विकसित किए गए थे।

**डायबिटिक फुट मैपिंग:** इस तकनीक को नासा के क्लीवलैंड, ओहियो के केंद्र में विकसित किया गया था ताकि पैरों में मधुमेह के प्रभावों की निगरानी में मदद मिल सके।

**फोम कुशनिंग:** लिफ्टऑफ़ के दौरान अंतरिक्ष यात्रियों को कुशन करने के लिए उपयोग किए जाने वाले विशेष फोम का उपयोग कई नर्सिंग होम और अस्पतालों में तकिए और गद्दे में अल्सर को रोकने, दबाव को दूर करने और रात में बेहतर नींद प्रदान करने में किया जाता है।

**सर्जिकल रूप से प्रत्यारोपण योग्य हृदय पेसमेकर :** ये उपकरण अंतरिक्ष एजेंसियों द्वारा उपग्रहों के उपयोग के लिए विकसित प्रौद्योगिकियों पर निर्भर करते हैं। वे पेसमेकर की गतिविधि के बारे में जानकारी का संचार करते हैं, जैसे कि बैटरियों को बदलने से पहले कितना समय बचा है।

**इम्प्लांटेबल हार्ट डिफाइब्रिलेटर :** यह उपकरण लगातार हृदय गतिविधि की निगरानी करता है और दिल की धड़कन की नियमितता को बहाल करने के लिए बिजली का झटका दे सकता है।

**ई.एम.एस. संचार:** पृथ्वी और अंतरिक्ष के बीच टेलीमेट्री को संप्रेषित करने के लिए इस्तेमाल की जाने वाली तकनीक को अंतरिक्ष एजेंसियों द्वारा जमीन से अंतरिक्ष में अंतरिक्ष यात्रियों के स्वास्थ्य की निगरानी के लिए विकसित किया गया था। इसी तकनीक का उपयोग एम्बुलेंस सूचना भेजने के लिए करती हैं – जैसे ई.के.जी. रीडिंग – परिवहन में रोगियों से लेकर अस्पतालों तक। यह तेजी से और बेहतर उपचार की अनुमति देता है।

**भारहीनता चिकित्सा:** अंतरिक्ष की भारहीनता पृथ्वी पर सीमित गतिशीलता वाले कुछ व्यक्तियों को यहाँ तक कि सामान्य रूप से व्हीलचेयर तक सीमित रहने वाले लोगों को-आसानी से चलने की स्वतंत्रता की अनुमति दे सकती है।

“ हिंदुस्तान की शान है , हिंदी  
हर हिंदुस्तानी की पहचान है ,हिंदी ।  
एकता की अनुपम परम्परा है, हिंदी  
हर दिल का अरमान है ,हिंदी ।।”

### लेखक परिचय:



मेरा नाम कुलदीप शाक्य है। मेरा जन्म उत्तर प्रदेश राज्य के फर्रुखाबाद जिले में हुआ है। फर्रुखाबाद शहर हमारे भारत देश की पवित्र गंगा नदी के किनारे बसा हुआ है। मेरा पालन-पोषण यहीं पर हुआ है। मेरे दादा जी एवं पर दादा जी स्वतंत्रता सेनानी थे। गंगा के किनारे बसे इस शहर की संस्कृति एवं खूबसूरती की गोद में रहकर एवं खेलकर मेरा बचपन व्यतीत हुआ है। मैंने अपनी प्रारंभिक शिक्षा यहीं पर रहकर प्राप्त की है। 2014 में मैंने आइ.टी.आइ. प्रथम श्रेणी में उत्तीर्ण किया है। इसके बाद 2016 में सी.टी.आइ. या अनुदेशक की परीक्षा प्रथम श्रेणी में केंद्रीय प्रशिक्षण संस्थान, कानपुर से उत्तीर्ण किया है। सी.टी.आइ. मेरी उच्चतम शिक्षा है। मैं सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र शार, श्रीहरिकोटा में गत 4 वर्षों से कार्यरत हूँ।

## मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन में शारीरिक और मनोवैज्ञानिक चुनौतियां

संभव जैन

वैज्ञानिक/इंजीनियर- 'एस सी'

एच.एस.एफ.सी., इसरो

### 1. समानव अंतरिक्ष मिशन का महत्व



चित्र 1. इसरो द्वारा विकसित किया जा रहा कर्मादल मॉड्यूल का प्रोटोटाइप

अंतरिक्ष यात्रा का एक प्रमुख लक्ष्य ग्रहों की खोज और जीवन की खोज करना, पृथ्वी से दूर रहने योग्य दुनिया की खोज करना, अन्य ग्रहों पर वर्तमान या पिछले संभाव्य जीवन की खोज करना; नई प्रौद्योगिकियों का विकास करना; बच्चों को विज्ञान, प्रौद्योगिकी, इंजीनियरिंग और गणित में करियर बनाने और अध्ययन करने के लिए प्रेरित करना, आदि है।

समानव अंतरिक्ष उड़ान के लिए दिए गए अन्य उद्देश्यों में राष्ट्रीय सुरक्षा, वैज्ञानिक खोज और अन्य ग्रहों को खोजकर मानव जाति को बचाने के लिए अन्य ग्रहों पर मानव उपनिवेश स्थापित करना शामिल है। भारत में इसरो द्वारा समानव अंतरिक्ष मिशन के क्षेत्र में कई वर्षों के अनुसंधान और विकास के बाद, बेंगलुरु में समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र नामक एक समर्पित केंद्र का गठन किया गया है।

समानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन के विकास के दौरान कई चुनौतियों का सामना करना पड़ता है जैसे अंतरिक्षयात्रियों की सुरक्षित वापसी, अंतरिक्ष में भोजन, मानव अनुकूल प्रमोचक वाहन इत्यादि। यह लेख समानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन के दौरान अंतरिक्षयात्रियों के सामने आने वाली चुनौतियों पर प्रकाश डालता है।

### 2. समानव अंतरिक्ष कार्यक्रम के दौरान मानव स्वास्थ्य से संबंधित मुद्दे

अंतरिक्ष उड़ान के दौरान मनुष्यों द्वारा अनुभव की जाने वाली कई पर्यावरणीय परिस्थितियां उन परिस्थितियों से बहुत भिन्न होती हैं जिनमें मानव विकसित हुआ था; हालांकि, अंतरिक्षयान या अंतरिक्ष पोशाक द्वारा पेश की जाने वाली तकनीक लोगों को सबसे कठिन परिस्थितियों से बचाने में सक्षम है। साँस लेने योग्य हवा और पीने योग्य पानी की तत्काल जरूरतों को एक जीवन समर्थन प्रणाली, उपकरणों का ऐसा समूह जो मनुष्य को बाहरी

अंतरिक्ष में जीवित रहने में सहायक होता है, द्वारा संबोधित किया जाता है। जीवन रक्षण प्रणाली (लाइफ सपोर्ट सिस्टम) हवा, पानी और भोजन की आपूर्ति करती है। इसे स्वीकार्य सीमा के भीतर तापमान और दबाव भी बनाए रखना होता है और शरीर के अपशिष्ट उत्पादों से निपटना होता है। विकिरण और सूक्ष्म उल्कापिंडों जैसे हानिकारक बाहरी प्रभावों से बचाव भी आवश्यक है।

इन अन्वेषणों में अंतरिक्ष यात्रियों को तीन गंभीर और संबंधित चुनौतियों का सामना करना पड़ता है :

1. शरीर के घटकों के वजन में कमी के कारण शरीर पर और उसके भीतर शारीरिक शक्तियों में परिवर्तन; पर्यावरण में विकिरण के स्तर और प्रकार में परिवर्तन।
2. बचने की संभावना के बिना, लंबे समय तक चलने वाली इस तरह की यात्रा में कारावास की भाँति मनोसामाजिक परिवर्तन।

## 2.1 शारीरिक परिवर्तन

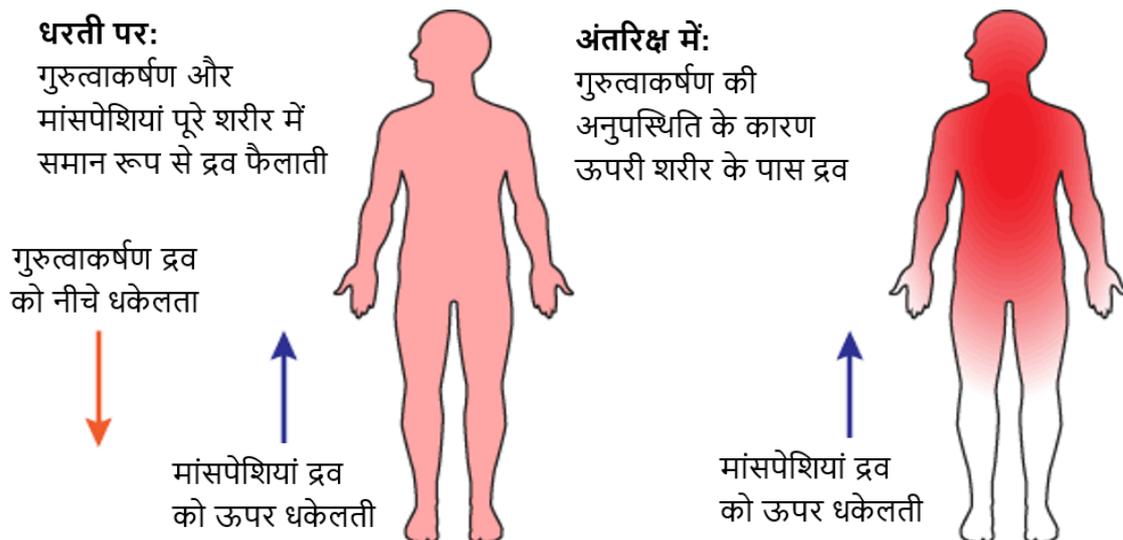
कुछ खतरों को कम करना मुश्किल है, जैसे भारहीनता, जिसे सूक्ष्म-गुरुत्व (माइक्रोग्रैविटी) वातावरण के रूप में भी परिभाषित किया गया है। इस प्रकार के वातावरण में रहने से शरीर तीन महत्वपूर्ण तरीकों से प्रभावित होता है:

1. स्वांतरग्रहण का नुकसान
2. द्रव वितरण में परिवर्तन
3. माँसपेशी कंकाली सिस्टम का बिगड़ना

प्रस्थान और पुनः जाँच स्पेस के दौरान यात्री कई बार सामान्य गुरुत्वाकर्षण का अनुभव कर सकते हैं। एक अप्रशिक्षित व्यक्ति आमतौर पर लगभग 3g का सामना कर सकता है, लेकिन 4g से 6g पर क्षणिक अंधता हो सकती है। ऊर्ध्वाधर दिशा में g-बल रीढ़ की हड्डी के लंबवत बल की तुलना में सहन करना अधिक कठिन होता है क्योंकि रक्त मस्तिष्क और आँखों से बहता है। पहले व्यक्ति को दृष्टि की अस्थायी हानि का अनुभव होता है और फिर उच्चतर g -बलों में चेतना खो जाती है। g -बल प्रशिक्षण और एक g -सूट जो सिर में अधिक रक्त रखने के लिए शरीर को संकुचित करता है, प्रभाव को कम कर सकता है। अधिकांश अंतरिक्षयान g -बलों को आरामदायक सीमा के भीतर रखने के लिए डिज़ाइन किए गए हैं।

### 2.1.1 द्रव वितरण में परिवर्तन

अंतरिक्ष में, अंतरिक्षयात्री द्रव की मात्रा खो देते हैं – 22 प्रतिशत तक की रक्त की मात्रा खो सकते हैं क्योंकि इसमें पंप करने के लिए कम रक्त होता है, जिससे हृदय संकुचित हो जाएगा। एक कमजोर दिल के परिणामस्वरूप कम रक्तचाप होता है और यह "ऑर्थोस्टैटिक टॉलरेंस"को खराब कर सकता है, जो गुरुत्वाकर्षण तनाव के दौरान हाइपोटेंशन को रोकने की क्षमता की एक प्रक्रिया है। "पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव में, रक्त और शरीर के अन्य तरल पदार्थ निचले हिस्से की ओर खिंच जाते हैं। जब अंतरिक्ष की खोज के दौरान गुरुत्वाकर्षण को हटा दिया जाता है या कम कर दिया जाता है, तो रक्त ऊपरी शरीर में इकट्ठा हो जाता है, जिसके परिणामस्वरूप चेहरे की सूजन और अन्य अवांछित साइड इफेक्ट होते हैं। पृथ्वी पर लौटने पर, रक्त निचले हिस्सों में फिर से जमा होना शुरू हो जाता है, जिसके परिणामस्वरूप ऑर्थोस्टैटिक हाइपोटेंशन होता है।



चित्र 2. द्रव प्रणाली पर गुरुत्वाकर्षण का प्रभाव

### 2.1.2 निर्वात का प्रभाव

मानव शरीर क्रिया विज्ञान पृथ्वी के वातावरण में रहने के लिए अनुकूलित है, और जिस हवा में हम साँस लेते हैं उसमें एक निश्चित मात्रा में ऑक्सीजन की आवश्यकता होती है। यदि शरीर को पर्याप्त ऑक्सीजन नहीं मिलता है, तो अंतरिक्षयात्री के बेहोश होने और हाइपोक्सिया से मरने का खतरा होता है। रिक्त स्थान में, फेफड़ों में गैस का आदान-प्रदान सामान्य रूप से जारी रहता है, लेकिन इसके परिणामस्वरूप रक्तप्रवाह से ऑक्सीजन सहित सभी गैसों निकल जाती हैं। 9 से 12 सेकंड के बाद, ऑक्सीजन रहित रक्त मस्तिष्क में पहुँच जाता है, और इसके परिणामस्वरूप चेतना का नुकसान होता है।

निर्वात में, चालन या संवहन द्वारा शरीर से ऊष्मा निकालने का कोई माध्यम नहीं होता है। विकिरण द्वारा गर्मी का नुकसान किसी व्यक्ति के 310 केल्विन तापमान से बाहरी अंतरिक्ष के 3 केल्विन में होता है। यह एक धीमी प्रक्रिया है, विशेष रूप से एक कपड़े पहने व्यक्ति में, इसलिए तुरंत जमने का कोई खतरा नहीं होता। निर्वात में त्वचा की नमी का तेजी से वाष्पीकरणीय शीतलन, विशेष रूप से मुँह में ठंड पैदा कर सकता है, लेकिन यह एक महत्वपूर्ण खतरा नहीं है।

प्रत्यक्ष, अनफ़िल्टर्ड सूर्य के प्रकाश के तीव्र विकिरण के संपर्क में आने से स्थानीय तापन होगा, हालांकि यह संभवतः शरीर की चालकता और रक्त परिसंचरण द्वारा अच्छी तरह से वितरित किया जाएगा, जबकि अन्य सौर विकिरण, विशेष रूप से पराबैंगनी किरणों, गंभीर सनबर्न का कारण बन सकती हैं।

### 2.1.3 विकिरण का प्रभाव

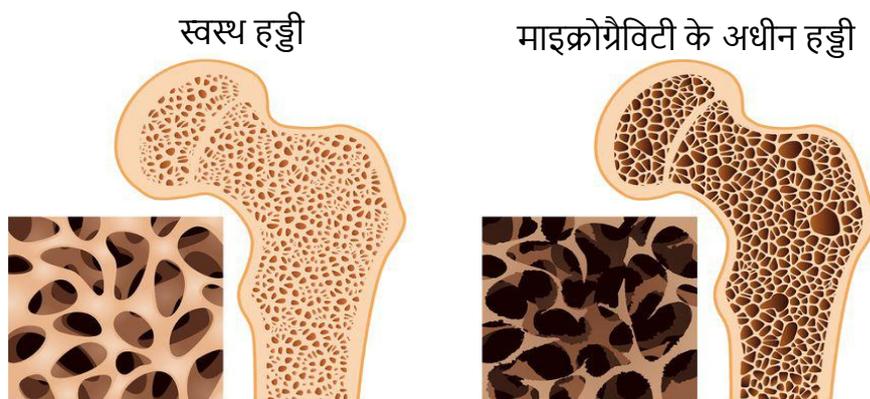
पृथ्वी के वायुमंडल और चुंबकमण्डल की सुरक्षा के बिना अंतरिक्षयात्री उच्च स्तर के विकिरण के संपर्क में आते हैं। विकिरण के उच्च स्तर लिम्फोसाइटों को नुकसान पहुँचाते हैं, प्रतिरक्षा प्रणाली को बनाए रखने में भारी रूप से शामिल कोशिकाएं; यह क्षति अंतरिक्षयात्रियों द्वारा अनुभव की गई कम प्रतिरक्षा में योगदान करती है। विकिरण को हाल ही में अंतरिक्ष यात्रियों में मोतियाबिंद की उच्च घटनाओं से भी जोड़ा गया है। पृथ्वी की निचली कक्षा की सुरक्षा के बाहर, मन्दाकिनीय ब्रह्मांडीय किरणें मानव अंतरिक्ष उड़ान के लिए और चुनौतियां पेश करती हैं, क्योंकि ब्रह्मांडीय किरणों से स्वास्थ्य को खतरा एक दशक या उससे अधिक समय में कैंसर की संभावना को

काफी बढ़ा देता है। नासा द्वारा समर्थित एक अध्ययन में बताया गया है कि विकिरण अंतरिक्ष यात्रियों के मस्तिष्क को नुकसान पहुँचा सकता है और भूलने की बीमारी के रोग की शुरुआत को तेज कर सकता है।

विकिरण जीवित ऊतक में प्रवेश कर सकता है और अस्थि मज्जा स्टेम कोशिकाओं को अल्पकालिक और दीर्घकालिक नुकसान पहुँचा सकता है जो रक्त और प्रतिरक्षा प्रणाली बनाते हैं। विशेष रूप से, यह लिम्फोसाइटों में 'गुणसूत्र विपथन' का कारण बनता है। चूंकि ये कोशिकाएँ प्रतिरक्षा प्रणाली के लिए केंद्र हैं, इसलिए कोई भी क्षति प्रतिरक्षा प्रणाली को कमजोर करती है, जिसका अर्थ है कि नए जोखिमों के प्रति संवेदनशीलता में वृद्धि के अलावा, शरीर में पहले से मौजूद वायरस - जो सामान्य रूप से दबा दिए जाते हैं - सक्रिय हो जाते हैं। अंतरिक्ष में, टी-कोशिकाएँ (लिम्फोसाइट का एक रूप) ठीक से प्रजनन करने में कम सक्षम होती हैं, और टी-कोशिकाएँ जो पुनरुत्पादन करती हैं वे संक्रमण से लड़ने में कम सक्षम होती हैं। समय के साथ इम्यूनोडेफिशिएंसी के परिणामस्वरूप चालक दल के सदस्यों में संक्रमण का तेजी से प्रसार होता है, विशेष रूप से अंतरिक्ष उड़ान प्रणालियों के सीमित क्षेत्रों में।

### 2.1.4 हड्डियों और मांसपेशियों पर प्रभाव

लंबे समय तक भारहीनता के एक प्रमुख प्रभाव में हड्डी और मांसपेशियों का नुकसान शामिल है। गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव के बिना, कंकाल की मांसपेशियों को अब आसन बनाए रखने की आवश्यकता नहीं होती है और भारहीन वातावरण में घूमने के लिए उपयोग किए जाने वाले मांसपेशी समूह स्थलीय गति में आवश्यक से भिन्न होते हैं। एक भारहीन वातावरण में, खड़े होने के लिए उपयोग की जाने वाली पीठ की मांसपेशियों या पैर की मांसपेशियों पर अंतरिक्षयात्री लगभग कोई भार नहीं डालते हैं। वे मांसपेशियों फिर कमजोर होने लगती हैं और अंततः छोटी हो जाती हैं। नतीजतन, कुछ मांसपेशियों तेजी से सूखने (संकुचित होने) लगती हैं, और नियमित व्यायाम के बिना अंतरिक्षयात्री केवल 5 से 11 दिनों में अपनी मांसपेशियों का 20 प्रतिशत तक खो सकते हैं। मांसपेशियों में प्रमुख मांसपेशी फाइबर के प्रकार भी बदल जाते हैं। मुद्रा को बनाए रखने के लिए उपयोग किए जाने वाले धीमी-चिकोटी सहनशक्ति फाइबर (slow twitch endurance fibres) को तेजी से अनुबंधित फाइबर द्वारा प्रतिस्थापित किया जाता है जो किसी भी भारी श्रम के लिए अपर्याप्त होते हैं। व्यायाम, हार्मोन और दवा की खुराक पर अनुसंधान में प्रगति से मांसपेशियों और शरीर के द्रव्यमान को बनाए रखने में मदद मिल सकती है।



चित्र 3. हड्डी पर अंतरिक्ष पर्यावरण का प्रभाव

अंतरिक्ष में हड्डियों का मेटाबॉलिज्म भी बदलता है। आम तौर पर, हड्डी यांत्रिक तनाव की दिशा में रखी जाती है। हालांकि, एक माइक्रोग्रैविटी वातावरण में, बहुत कम यांत्रिक तनाव होता है। इसके परिणामस्वरूप प्रति माह लगभग 1.5 प्रतिशत हड्डी के ऊतकों का नुकसान होता है, विशेष रूप से निचली कशेरुकाओं (vertebrae),

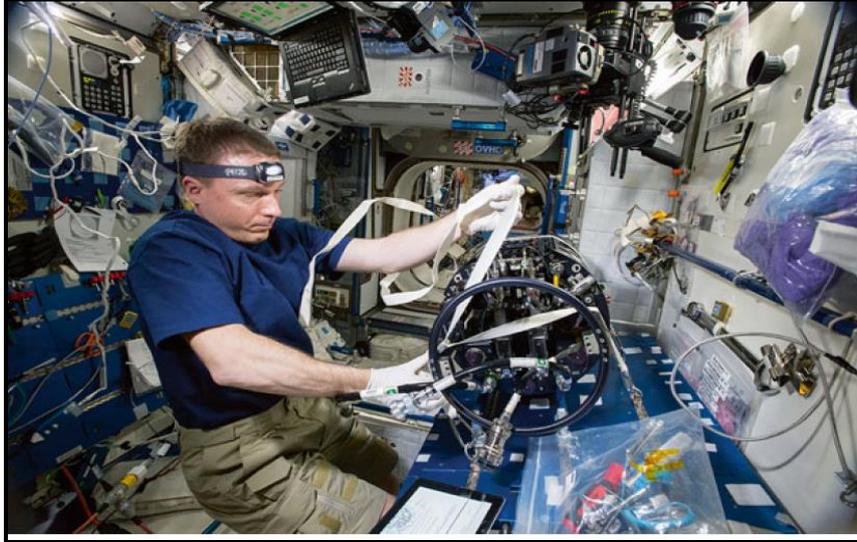
कूल्हे और फीमर से। माइक्रोग्रैविटी और हड्डियों पर कम भार के कारण, हड्डी का नुकसान प्रति दशक 3 प्रतिशत कॉर्टिकल हड्डी के नुकसान से तेजी से बढ़कर प्रति माह शरीर का लगभग 1 प्रतिशत हो जाता है। हड्डियों के घनत्व में तेजी से बदलाव नाटकीय रूप से होता है, जिससे हड्डियां कमजोर हो जाती हैं और इसके परिणामस्वरूप ऑस्टियोपोरोसिस जैसे लक्षण दिखाई देते हैं। पृथ्वी पर, हड्डियों को लगातार एक संतुलित प्रणाली के माध्यम से बहाया और पुनर्जीवित किया जा रहा है जिसमें ऑस्टियोब्लास्ट और ऑस्टियोक्लास्ट का संकेत शामिल है। ये प्रणालियों युग्मित होती हैं, ताकि जब भी हड्डी टूट जाए, तो नवगठित परतें अपना स्थान ले लें। अंतरिक्ष में, हालांकि, माइक्रोग्रैविटी के कारण ऑस्टियोक्लास्ट गतिविधि में वृद्धि हुई है। यह एक समस्या है क्योंकि ऑस्टियोक्लास्ट हड्डियों को खनिजों में तोड़ देते हैं जो शरीर द्वारा पुनः अवशोषित हो जाते हैं। अस्थिकोशिका प्रसु अस्थिभंजक के साथ लगातार सक्रिय नहीं होते हैं, जिससे हड्डी लगातार क्षीण हो जाती है और कोई रिकवरी नहीं होती है। अस्थिभंजक गतिविधि में यह वृद्धि विशेष रूप से श्रोणि क्षेत्र में देखी गई है क्योंकि यह वह क्षेत्र है जो मौजूद गुरुत्वाकर्षण के साथ सबसे बड़ा भार वहन करता है। एक अध्ययन से पता चला है कि केवल सोलह दिनों के माइक्रोग्रैविटी के संपर्क में, स्वस्थ चूहों में ऑस्टियोक्लास्ट की उपस्थिति में 197 प्रतिशत की वृद्धि हुई। खोई हुई हड्डी से रक्त में कैल्शियम के बढ़े हुए स्तर के परिणामस्वरूप कोमल ऊतकों का खतरनाक हड्डी बन जाना होता है और संभावित किडनी स्टोन का निर्माण होता है। यह अभी भी अज्ञात है कि हड्डी पूरी तरह से ठीक हो जाती है या नहीं। ऑस्टियोपोरोसिस से पीड़ित लोगों के विपरीत, अंतरिक्षयात्री अंततः अपने अस्थि घनत्व को पुनः प्राप्त कर लेते हैं। अंतरिक्षयात्री तेजी से ठीक हो जाते हैं। आहार, व्यायाम और दवा पर शोध में नई हड्डी के बढ़ने की प्रक्रिया में सहायता करने की क्षमता हो सकती है।

इन प्रतिकूल शारीरिक प्रभावों में से कुछ को रोकने के लिए, आई.एस.एस. दो ट्रेडमिल (COLBERT सहित), और aRED (उन्नत प्रतिरोधक व्यायाम उपकरण) से लैस है, जो विभिन्न भारोत्तोलन अभ्यासों को सक्षम बनाता है जो मांसपेशियों को जोड़ते हैं लेकिन हड्डियों के घनत्व के लिए कुछ नहीं करते हैं, और एक स्थिर साइकिल; प्रत्येक अंतरिक्षयात्री प्रतिदिन कम से कम दो घंटे उपकरण पर व्यायाम करने में व्यतीत करता है। अंतरिक्षयात्री खुद को ट्रेडमिल से जोड़ने के लिए बंजी कॉर्ड का उपयोग करते हैं। लंबे समय तक भारहीनता के अधीन अंतरिक्षयात्री टांगों की हड्डियों को संकुचित करने और ऑस्टियोपीनिया को कम करने के लिए कमरबंद और कफ के बीच लोचदार बैंड के साथ पैट पहनते हैं।

## 2.2 मनोवैज्ञानिक परिवर्तन

मानवयुक्त मिशन से संबंधित अनेक मनोवैज्ञानिक तनाव हैं। कुछ मनोवैज्ञानिक तनावों में निम्न शामिल हैं:

1. अलगाव और बंधन
2. जीवन के लिए खतरा
3. एकरसता बनाम उच्च कार्यभार की अवधि
4. समय प्रभाव
5. व्यक्तित्व और कर्मीदल-सदस्य-चयन के मुद्दे
6. बहुत अधिक खाली समय
7. बढ़ी हुई स्वायत्तता
8. मशीनों और स्थानीय संसाधनों पर निर्भरता



चित्र 4. अंतरिक्ष में जटिल और तनावपूर्ण परिस्थितियों में काम कर रहे अंतरिक्षयात्री (सौजन्य: नासा)

अंतरिक्ष मिशन में व्यक्तित्व के मुद्दे भी महत्वपूर्ण होते हैं। लेकिन लंबी अवधि के अंतरिक्ष मिशन पर एक व्यक्ति के लिए जो सही है वह अल्पकालिक मिशन में अलग हो सकता है। हमें उन्हें लंबी अवधि के अंतरिक्षयात्रियों के रूप में चुनने की आवश्यकता है जो न केवल अकेले काम करने में सहज हैं और लंबे समय तक एक परियोजना पर केंद्रित हैं, बल्कि सामाजिक कार्यक्रमों और सभाओं में साथी यात्रियों के साथ बातचीत करने में भी सक्षम हैं। अंतरिक्षयान में एक परिक्रमा अस्थिसुषिरता सीधे केंद्रीय तंत्रिका तंत्र को प्रभावित कर सकती है क्योंकि यह अन्य अंग प्रणालियों को भी प्रभावित करती है, विशेष रूप से मस्तिष्क, और इससे प्रदर्शन की समस्याएं और अंतरिक्षयात्रियों में मनोवैज्ञानिक परिवर्तन भी हो सकते हैं। इनमें से कुछ मनोविश्लेषणात्मक तनावों में शामिल हैं, जो निम्नवत् है:

1. नींद की कमी और नींद के पैटर्न में बदलाव
2. सर्कैडियन लय में व्यवधान
3. समय के अर्थ में हानि
4. बढ़ी हुई श्रवण और दृश्य अवधारणात्मक संवेदनशीलता
5. स्थानिक अभिविन्यास में गड़बड़ी
6. ध्यान चूक जाना
7. भ्रम
8. स्मृति समस्याएं
9. साइकोमोटर समस्याएं

### 3 इन चुनौतियों से निपटने के तरीके

अंतरिक्ष में मनुष्यों की शारीरिक और मनोवैज्ञानिक चुनौतियों को कम करने के लिए अंतरिक्ष चिकित्सा और ज्योतिषीय अनुसंधान भारत और दुनिया भर में प्रमुखता प्राप्त कर रहा है। मुख्य उद्देश्य यह पता लगाना है कि लोग अंतरिक्ष में चरम स्थितियों में कितनी अच्छी तरह और कितने समय तक जीवित रह सकते हैं, और अपनी यात्रा से लौटने के बाद वे कितनी तेजी से पृथ्वी के पर्यावरण के अनुकूल हो सकते हैं। फार्माकोलॉजिकल के अवशोषण, वितरण और चयापचय-उपयोग का अध्ययन आवश्यक है क्योंकि यह सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण वातावरण में काफी भिन्न होता है और जिसका नैदानिक विश्लेषण मुख्य रूप से कम है।

अंतरिक्ष चिकित्सा अनुसंधान से केवल अंतरिक्षयात्री ही लाभान्वित नहीं होते हैं, कई चिकित्सा उत्पाद विकसित किए गए हैं जो अंतरिक्ष उपोत्पाद (स्पिन-ऑफ) हैं, जो अंतरिक्ष कार्यक्रम से उत्पन्न होने वाले चिकित्सा के क्षेत्र के लिए व्यावहारिक अनुप्रयोग हैं। इन उपोत्पाद को कभी-कभी "एक्सोमेडिसिन" कहा जाता है। इन उपोत्पाद का सबसे अच्छा और सबसे भरोसेमंद उदाहरण है एम.टी.आर. का 2-3 मिनट में खाना पककर तैयार होना।

अंतरिक्ष उड़ान में जीवन समर्थन प्रणाली अंतरिक्षयान पर कर्मिंदल के लिए आवश्यक सभी सहायता सुनिश्चित करती है। भोजन की गुणवत्ता और विविधता कर्मिंदल के रवैये और समग्र प्रदर्शन को प्रभावित करती है। पोषण संबंधी चिंताओं में पर्याप्त कैलोरी सेवन, पोषण घनत्व, भोजन का स्वाद, विविध मेनू और पसंदीदा खाद्य पदार्थों में सांस्कृतिक विविधताएं शामिल हैं। यह महत्वपूर्ण है कि खाद्य आपूर्ति पर्याप्त, सुरक्षित और विश्वसनीय हो और यह पूरे मिशन के दौरान बनी रहे।

#### 4. निष्कर्ष

मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन के दौरान अंतरिक्ष यात्रियों को कई स्वास्थ्य संबंधी चुनौतियों का सामना करना पड़ता है जैसे हानिकारक विकिरण, सूक्ष्म-गुरुत्व, निर्वात, आदि। मिशन के दौरान और बाद में अंतरिक्षयात्रियों की उत्तरजीविता सुनिश्चित करने के लिए मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन विकसित करते समय इन बातों पर ध्यान केंद्रित करने की आवश्यकता है। चुनौतियों से निपटने से न केवल अंतरिक्ष कार्यक्रम बल्कि पूरी मानवता की प्रगति सुनिश्चित होगी।

#### 5. संदर्भ

1. व्हाइट, रोनाल्ड जे., और मौरिस एवरनर. "अंतरिक्ष में मनुष्य।" प्रकृति 409.6823 (2001): 1115-1118
2. कनास, निक. "अंतरिक्ष में मनुष्य." न्यूयॉर्क (2015)
3. ग्रिम, डेनिएला, एट अल. "मनुष्यों में हड्डी पर माइक्रोग्रैविटी का प्रभाव" हड्डी 87 (2016): 44-56
4. क्लेमेंट, गिल्स. अंतरिक्ष चिकित्सा की मूल बातें। वॉल्यूम. 23. स्पिंगर साइंस एंड बिजनेस मीडिया, 2011

#### लेखक परिचय:



संभव जैन, समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, इसरो, बेंगलुरु में वैज्ञानिक/इंजीनियर-'एस.सी.' के रूप में कार्यरत हैं। उन्होंने इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ स्पेस साइंस एंड टेक्नोलॉजी, त्रिवेंद्रम से एयरोस्पेस इंजीनियरिंग में बी.टेक. किया है। उन्हें समानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन से संबंधित शोध में गहरी दिलचस्पी है।

## शाकाहारी मांस विकल्प: सामग्री, उत्पाद, तकनीकी और प्रगति

देव कुमार यादव, कन्नन विग्रेष, डी. डी. वाडीकर, ए. डी. सेमवाल

अनाज विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग

रक्षा खाद्य अनुसंधान प्रयोगशाला, मैसूर- 570011

देव.डीएफ़आरएल@जीओवी.इन (dev.dfrl@drdo.in)

### प्रस्तावना:

लगातार बढ़ती मानव आबादी और खाने के तरीकों ने वैश्विक मांस की खपत को बढ़ा दिया है। मांस उत्पादन से संबंधित प्रमुख पर्यावरणीय चुनौतियों में भूमि और जल संसाधनों का अत्यधिक उपयोग, पशु बीमारियों का उच्च जोखिम, स्थलीय और जलीय जैव विविधता पर हानिकारक प्रभाव, ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन और अन्य पर्यावरणीय मुद्दे शामिल हैं। इसके अलावा, पशु-आधारित मांस के सेवन से जूनोसिस, पशु चिकित्सा एंटीबायोटिक दवाओं के संपर्क में आने और कोलोरेक्टल कैंसर और हृदय रोग जैसे घातक विकारों का खतरा बढ़ जाता है। पशु आहार में उल्लेखनीय बदलाव के परिणामस्वरूप मानव उपयोग के लिए स्थायी सुपाच्य भोजन की खोज में खाद्य संस्कृति में बदलाव आया है। सकारात्मक स्वास्थ्य चिंताओं, पर्यावरणीय स्थिरता और पशु कल्याण के कारण, ऐसे मुद्दों ने मनुष्यों का ध्यान पशु-आधारित मांस से पौधे-आधारित मांस की ओर आकर्षित किया है। पौधे आधारित आहार ने मोटापे में कमी, विटामिन, सूक्ष्म और मैक्रो तत्वों, रक्तचाप और कोलेस्ट्रॉल नियंत्रण, और पशु में योगदान करने के लिए सकारात्मक मनोवैज्ञानिक प्रभाव जैसे पोषक तत्वों की उच्च मात्रा की उपस्थिति सहित कई लाभों का प्रदर्शन किया है। कल्याणकारी संगठन। सभ्यताओं में विभिन्न व्यंजनों में मांस का व्यापक प्रसार बाजार की मांग को बढ़ाता है। दशकों से, कई पौधे-आधारित प्रोटीनों को पारंपरिक भोजन बनाने के लिए नियोजित किया गया है जो मांस की नकल करता है लेकिन इसमें मांस नहीं होता है। वनस्पति प्रोटीन, जो सूक्ष्म शैवाल, अनाज, सब्जियां, बीज, फलियां, और तेल/वसा से प्राप्त किया जा सकता है, मांस को मानव उपभोग के लिए उपयुक्त बनाते हैं। एक आदर्श मांस एनालॉग प्रोटीन के साथ सभी पोषक तत्वों के साथ टिकाऊ, किफायती और सुलभ भोजन होना चाहिए। शब्द "मांस एनालॉग" उन खाद्य उत्पादों को दर्शाता है, जो विशेष रूप से लाल मांस से नहीं बने होते हैं; मांस के एनालॉग को मांस के विकल्प, नकली मांस, अशुद्ध मांस या सिंथेटिक मांस के रूप में भी जाना जाता है। विभिन्न प्रोटीन प्रकार, जैसे, सोया प्रोटीन, गेहूं का ग्लूटेन, और बीन आटा, नट, मांस के विकल्प के उत्कृष्ट स्रोत माने जाते हैं, जो मांस के समान स्वाद और बनावट प्रदान करते हैं। इसी तरह, दशकों पहले, 20 वीं शताब्दी में पोषण परिवर्तन से पहले पशुधन को एक प्रमुख प्रोटीन स्रोत माना जाता था। विश्व स्तर पर, प्राकृतिक संसाधनों से प्रोटीन की अपर्याप्त आपूर्ति है। पशु प्रोटीन की कमी से निपटने के लिए, मांस के एनालॉग्स को एक वैकल्पिक स्रोत माना जाता है। इसलिए, पौधों, कीड़ों और सूक्ष्म शैवाल को एक संभावित नवीन स्रोत के रूप में माना जाता है। विभिन्न प्रकार के मांस एनालॉग्स के उत्पादन की मौलिक भूमिका में पशुधन के पर्यावरणीय प्रभाव को कम करना है।

### 1. मांस एनालॉग्स की सामग्री

मांस के विकल्प स्थापित करने के लिए उपयोग किए जाने वाले प्रमुख घटक सोया प्रोटीन, माइको प्रोटीन, अनाज प्रोटीन, सब्जियां और दालें हैं। पौधे प्रोटीन मांस के विकल्प का एक महत्वपूर्ण हिस्सा हैं, लेकिन जल्द ही बैक्टीरिया और मशरूम संभावित उपन्यास पूरक होंगे क्योंकि वे तेजी से बढ़ते हैं और उपभोक्ताओं के बीच पसंद किए जाते हैं।

#### तालिका 4: मांस के एनालॉग के लिए उपयुक्त प्रमुख मांसाहारी प्रोटीन स्रोत

प्रोटीन का प्रकार	स्रोत
β- कॉग्लिसिनिन	सोयाबीन
ग्लिसरीन, विसिलिन	फलियां
लेग्युमिन, एल्बुमिन, ग्लोब्युलिन, ग्लूटेलिन	तिलहन
ग्लूटेन ग्लियाडिन्स, ग्लूटेनिन्स	गेहूं, जौ, राई
माइकोप्रोटीन	फुसैरियम वेनेनाटम

### 1.1. सोया प्रोटीन

सोया को जबरदस्त पोषण और कार्यात्मक सहायता के लिए जाना जाता है। इसमें आनुपातिक पोषक तत्व होने के कारण इसे रेड मीट के विकल्प के रूप में माना जाता है और इसका व्यापक रूप से हृदय रोगों वाले व्यक्तियों के लिए उपयोग किया जाता है। प्रोटीन डाइजेस्टिबिलिटी करेक्टेड अमीनो एसिड स्कोर स्केल पर, सोया प्रोटीन को 1.0 के स्कोर के साथ पशु प्रोटीन के समान नामित किया गया था, जो अधिकतम संभव स्कोर था। सोया प्रोटीन कम रक्त कोलेस्ट्रॉल और कम कोरोनरी हृदय रोग का समर्थन करते हैं। नतीजतन, बनावट वाले वनस्पति प्रोटीन वसा रहित सोया आटे से प्राप्त किया जाता है, जिसमें से घुलनशील कार्बोहाइड्रेट को अलग किया जाता है, फिर छान कर, कटाई करते बाहर निकाला जाता है। यह मांस की मांसपेशियों की नकल करने के लिए माना जाता है, इस प्रकार अन्य सोया लेआउट के लिए एक अलग खाने की बनावट प्रदान करता है क्योंकि यह चबाने और रेशेदार विशेषताओं से परिपूर्ण होता है। बनावट वाले वनस्पति प्रोटीन का उपयोग विभिन्न प्रकार के मांस-मुक्त सुविधा उत्पादों जैसे बीन बर्गर और पैटी में भी किया जाता है, ताकि पोषण मूल्य को कम किए बिना लागत को कम किया जा सके।

### 1.2. फलियां प्रोटीन

पौधों का फलियां परिवार दुनिया भर में प्राथमिक फसल उत्पादन का 27% हिस्सा है और केवल अनाज घास के बाद दूसरे स्थान पर है। प्रोटीन फलियां आधारित आहार का मुख्य घटक है। कई और प्रजातियों में, बीज प्रोटीन सामग्री कुल सूखे वजन के 20% से 30% तक भिन्न होती है। यह स्थापित किया गया है कि छोले, मसूर, ल्यूपिन और अन्य प्रकार की फलियों जैसे कई स्रोतों से फलियों की जांच जेल गठन इमल्सीफिकेशन और फोम स्थिरीकरण जैसी विशेषताओं पर की जाती है, उनमें से मटर प्रोटीन मांस एनालॉग के लिए सबसे अनुकूल था। पहले के शोधकर्ताओं ने मटर प्रोटीन आइसोलेट्स (90% प्रोटीन) से ग्लूटेन (80% प्रोटीन) और उच्च नमी वाले स्टार्च के संयोजन में प्रभावी रूप से मांस एनालॉग तैयार किया है, जिसमें रेशेदार बनावट होती है, जो मुर्गे और मछली के मांस के समान होती है। फली अनाज मानव पोषण में एक आवश्यक भूमिका निभाता है। दुनिया के कई क्षेत्रों में, विशेष रूप से विकासशील देशों में फलियों से मिलने वाले प्रोटीन को गरीब आदमी का मांस माना जाता है। फली आधारित मांस में विशेष रूप से गुणवत्ता, बनावट और अन्य कार्यात्मक गुणों में जबरदस्त वृद्धि हुई है; मुख्य कारण आर्थिक मूल्य हो सकते हैं।

### 1.3. अनाज प्रोटीन

अनाज खाद्य फसलों में एक आवश्यक स्थान रखते हैं, और अनाज से प्राप्त उत्पादों का खाद्य प्रसंस्करण उद्योग में खास महत्व है। अनाज प्रोटीन का उपयोग बीज, आटा या फ्लेक्स के रूप में किया जाता है। गेहूं प्रोटीन मूल रूप से ग्लूटेन से तैयार किया जाता है, जिसे मांस की बनावट की तरह दिखने के लिए इलाज और निकाला जाता है। गेहूं के ग्लूटेन वाले खाद्य उत्पाद बनावट वाले वनस्पति प्रोटीन सामग्री प्रदान करते हैं, जिन्हें मांस विस्तारक और मांस एनालॉग उत्पादों के रूप में लागू किया जा सकता है। इन-ग्राउंड मीट पैटीज़ ग्लूटेन को एक एक्सटेंडर के रूप में इस्तेमाल किया जा सकता है और पुनर्व्यवस्थित वस्तुओं को उत्पन्न करने के लिए ट्रिमिंग के लिए बाइंड चंक्स का उपयोग किया जा सकता है। ग्लूटेन जिसे हाइड्रेटेड किया जाता है, उसे निकाला जा सकता है और टेक्सचर दिया जा सकता है और कई प्रकार के मांस के विकल्प का उत्पादन करने के लिए फाइबर में परिवर्तित किया जा सकता है।

### 1.4. माइकोप्रोटीन

माइकोप्रोटीन कोलेस्ट्रॉल से मुक्त होते हैं, एक अच्छे फैटी एसिड प्रोफाइल के साथ थोड़ी संतृप्त वसा, और अन्य शाकाहारी प्रोटीन स्रोतों के बराबर फाइबर सामग्री होती है। मायकोप्रोटीन अपनी रेशेदार प्रकृति के कारण रक्त कोलेस्ट्रॉल के स्तर को काफी कम कर सकता है। फिलामेंटस फंगस के मायसेलिया को मांस के विकल्प के लिए अत्यधिक पसंद किया जाता है क्योंकि मायसेलिया की रेशेदार बनावट अंतिम उत्पाद के समान होती है। ऐसे उत्पादों की तैयारी के लिए जो माइकोप्रोटीन से मिलते-जुलते हैं, अंडे के एल्ब्यूमिन से प्राप्त बाइंडिंग एजेंट को फंगल बायोमास के साथ मिलाया जाता है और अंतिम उत्पाद के आधार पर फ्लेवरिंग एजेंटों और बाकी घटकों के साथ मिलाया जाता है। हीटिंग प्रक्रिया प्रोटीन बाइंडर्स को जेल बनाती है, जो हाइड्रोजन के साथ चिपक जाती है। प्राप्त उत्पाद में मांस उत्पादों के समान बनावट की विशेषताएं थीं।

### 1.5. नवीन स्रोत

सल्फर युक्त अमीनो एसिड की उच्च सामग्री के कारण ऐमैरैथ और क्विनोआ अनाज जैसे स्यूडोसेरियल

अनाज और फलियां के बीज के समान ही अच्छे होते हैं। अन्य सब्जियों की फसलें जैसे आलू, फूलगोभी, बैंगन और कटहल सूखे वजन के आधार पर प्रोटीन से भरपूर होते हैं। ये दिलकश व्यंजनों को मांस का एक अच्छा विकल्प बनाते हैं, जो अंततः मानव आहार संबंधी आदतों को प्रभावित करते हैं।

### 1.6. रंग एजेंट

मांस के विकल्पों की गुणवत्ता रंग और रंग की विविधताओं पर काफी निर्भर करती है। इस प्रकार, मीट एडिटिव्स में रंग भरने वाले एजेंटों को एक आवश्यक इकाई माना जाता है। जीरा, कैरोटीन और टर्मिन पिगमेंट को हीट-स्टेबल कलरिंग एजेंट माना जाता है और उपभोक्ताओं के बीच पसंद किया जाता है। रंग तैयार करने के आधार पर विभिन्न संयोजनों में हीट-लैबाइल कलरेंट्स और कम करने वाली शर्करा का उपयोग किया जाता है, जो अंतिम उत्पाद जैसा दिखता है। इसके अलावा, कम चीनी सामग्री को ब्राउनिंग मध्यस्थ के रूप में जोड़ा जा सकता है; बाद में, वे माइलर्ड-प्रकार की प्रतिक्रिया में अमीन प्रोटीन समूहों का मुकाबला कर सकते हैं, जो मांस के भूरे होने के साथ समानता दिखाता है। मुख्य रूप से पौधे आधारित मांस में, रंगाई एजेंटों को एक्सट्रूजन प्रक्रिया से पहले रंग समाधान के रूप में लागू किया जाता है। सामग्री से युक्त प्रोटीन के साथ रंगों को मिलाने का दूसरा तरीका एक्सट्रूडर में प्रवेश करता है या एक्सट्रूडर बैरल में इंजेक्ट किया जाता है। इसके अलावा, रंग एजेंटों के साथ, रंग प्रतिधारण एड्स जैसे कि माल्टोडेक्सट्रिन और हाइड्रेटेड एलिनेट का उपयोग रंगे संरचित मांस एनालॉग से रंग प्रवास को रोकने या नियंत्रित करने के लिए किया जाता है।

### 1.7. स्वाद और अन्य सामग्री

एक औसत उपभोक्ता के लिए मांस के एनालॉग को स्वीकार करने के लिए अच्छा स्वाद महत्वपूर्ण मानदंड हैं। लोहे के बर्तनों के साथ दिलकश मसाला, मांस और दिलकश सुगंध, उनके अग्रदूत वर्तमान में मांस के एनालॉग्स में स्वादिष्ट बनाने वाले एजेंटों के रूप में उपयोग किए जाते हैं। अमीनो एसिड युक्त मांस के स्वाद को बढ़ाने में चीनी और सल्फर एक आवश्यक भूमिका निभाते हैं। इसके अलावा, मोनोसोडियम ग्लूटामेट या हाइड्रोलाइज्ड वनस्पति प्रोटीन के स्थान पर मशरूम के सांद्रण का उपयोग स्वाद बनाने और स्वाद बढ़ाने वाले के रूप में भी किया जा सकता है। सोडियम, कैल्शियम, पोटेशियम और मैग्नीशियम ने मांस के एनालॉग्स की कार्यात्मक क्षमता में सुधार किया जब पौधों के प्रोटीन के साथ संयोजन में लागू किया गया।

## 2. पशु मांस के अन्य विकल्प

### 2.1. सोया मांस-

सोया मांस या बनावट वनस्पति प्रोटीन मुख्य रूप से एशियाई देशों में सोयाबीन से उत्पन्न होता है। उत्पादन विधि कुछ श्रमसाध्य है; हालांकि, अंतिम उत्पाद में एक रेशेदार स्थिरता होती है, जो मांस के समान होती है। विभिन्न मसालों के साथ, विभिन्न प्रकार के स्वाद प्राप्त किए जा सकते हैं। सोया मांस प्रोटीन में 50 प्रतिशत से अधिक प्रोटीन सामग्री के साथ बेहद समृद्ध है, लेकिन प्रोटीन सामग्री तब गिरती है, जब बनावट वाले वनस्पति प्रोटीन को फिर से बहाल किया जाता है। बनावट वाले वनस्पति प्रोटीन का उत्पादन वसायुक्त सोया प्रोटीन के गर्म एक्सट्रूजन का उपयोग करके किया जाता है, जिसके परिणामस्वरूप विस्तारित उच्च प्रोटीन नगेट्स, स्ट्रिप्स, अनाज और अन्य आकार होते हैं। विकृत प्रोटीन मांस के समान बनावट वाले वनस्पति प्रोटीन बनावट देते हैं। रेशेदार, अघुलनशील, झरझरा बनावट वाला वनस्पति प्रोटीन पानी या अन्य तरल पदार्थों को अपने वजन के गुणक में सोख सकता है। बनावटी वनस्पति प्रोटीन का सीधे सेवन किया जा सकता है या मांस एनालॉग में मांस विस्तारक के रूप में जोड़ा जा सकता है। मीट एक्सटेंडर और मीट एनालॉग्स के बीच असमानता एक्सट्रूडर द्वारा टेक्सचराइजेशन के लिए कच्चे माल पर निर्भरता है। यदि इसे अकेले पकाया जाता है, तो मांस के विस्तारक दिखने या बनावट में मांस के समान नहीं होते हैं। इस प्रकार के बनावट वाले उत्पादों को समग्र कार्यात्मक गुणों में सुधार के लिए आगे की प्रक्रिया के लिए मांस के साथ मिलाया जाता है। दूसरी ओर, मांस के एनालॉग्स दिखने, रंग, स्वाद और बनावट में मांस के समान होते हैं जब हाइड्रेटेड और पकाया जाता है।

### 2.2. टोफू-

टोफू एक पारंपरिक एशियाई खाद्य पदार्थ है और सोया प्रोटीन से बने मांस के प्रतिस्थापन का आधार है। मांस के विकल्प में, सोयाबीन को व्यापक रूप से मान्यता प्राप्त माना जाता है; वे एक उत्कृष्ट प्रोटीन, कैल्शियम और लौह स्रोत का उत्पादन करते हैं। टोफू एक पौधा आधारित मांस विकल्प है और

उपभोक्ताओं के बीच जबरदस्त पोषण और स्वास्थ्य के साथ बीन दही के रूप में भी जाना जाता है। कोलेस्ट्रॉल और आहार फाइबर की अनुपस्थिति और कम ऊर्जा मूल्यों के कारण, टोफू का अद्वितीय पोषण मूल्य होता है। टोफू में डायटेटिक फाइबर, कोलेस्ट्रॉल और कम ऊर्जा मूल्य के कारण विशिष्ट पोषण मानक हैं। खनिजों और विटामिनों की उच्च सामग्री के कारण टोफू के शारीरिक मूल्य अविश्वसनीय हैं।

### 2.3. टेम्पेह-

टेम्पेह एक इंडोनेशियाई-आधारित मांस विकल्प है, जो किण्वित सोयाबीन केक और पके हुए सोयाबीन से निर्मित होता है, जैसे, चावल और बाजरा, राइजोपस के साथ खाया जाता है। टेम्पेह व्यावसायिक रूप से विभिन्न रूपों में उपलब्ध है जैसे स्ट्रिप, केक और कुकरी संदर्भ; इसे टोफू माना जाता है क्योंकि इसमें पूरे सोयाबीन शामिल होते हैं, इसमें एक मोटी, "मांसयुक्त" स्थिरता होती है। किण्वित सोयाबीन केक, या 'टेम्पेह' प्रोटीन का एक उत्कृष्ट कम लागत वाला स्रोत है, जिसमें औसतन 19.5% प्रोटीन होता है। इसके अलावा, एंजाइमी प्रोटीज प्रक्रिया के साथ, किण्वन के दौरान मोल्ड का उत्पादन होता है, टेम्पेह में घुलनशील प्रोटीन सामग्री अचानक बढ़ जाती है, जिससे यह गैर-किण्वित सोयाबीन की तुलना में अधिक उपभोग योग्य हो जाता है। टेम्पेह में उच्च प्रोटीन, फाइबर और अतिरिक्त पोषक तत्वों सहित पोषण संबंधी लाभों के आवश्यक गुण हैं। यह किण्वन प्रक्रिया के उप-उत्पाद, विटामिन बी 12 को कवर करने से भी लाभान्वित होता है।

### 2.4. गेहूं लस / सीतान-

सीतान एक प्रकार का शाकाहारी मांस एनालॉग है, जिसे गेहूं के मांस या गेहूं के लस के रूप में जाना जाता है। गेहूं के आटे की निरंतर धुलाई प्रक्रिया के माध्यम से सीतान प्राप्त किया जाता है, जब तक कि चबाने वाला द्रव्यमान, या प्रोटीनयुक्त ग्लूटेन नहीं बनता है। सीतान ग्लूटेन के प्रति संवेदनशीलता के बिना आबादी के लिए एक उत्कृष्ट विकल्प के साथ चबाने वाला और स्वादिष्ट मांस विकल्प है, हालांकि ग्लूटेन के प्रति संवेदनशीलता दिखाने वाले व्यक्तियों ने उत्पाद से परहेज किया है। शाकाहारी बर्गर, सॉसेज और नगेट्स जैसे सीतान-आधारित मांस के विकल्प सबसे सस्ते माने जाते हैं, और इसका मुख्य कारण यह है कि यह साधारण कच्चे माल से उत्पन्न होता है। सीतान उत्पादों का रख-रखाव आसान है, और इसे कई तरीकों से अनुभवी और तैयार किया जा सकता है। इसके अलावा, दुनिया भर में, गेहूं की फसल अधिकांश देशों के लिए सहज है। इसलिए, दुनिया भर में सीतान का संभावित उत्पादन संभव है। सीतान की संगति असाधारण रूप से चबाने वाले रेशों के समान है, जो मांस की एकरूपता स्थापित करते हैं।

### 2.5. ल्यूपिन रेशा-

शाकाहारी मांस उत्पादन के लिए मीठे ल्यूपिन का प्रयोग कई प्रकार से किया जाता है। विभिन्न आकार, रंग और स्वाद के साथ कई प्रकार के रेशों का उत्पादन किया जाता है। मांसहीन रेशे मांस के एक बड़े हिस्से की जगह लेते हैं; प्राथमिक उद्देश्य संकर उत्पादों और मांस के विकल्पों को विकसित करना है। हाल ही में अन्य ल्यूपिन-आधारित मांस विकल्प विकसित किए गए हैं, लेकिन इन उत्पादों ने अभी तक प्रासंगिक बाजार तक पहुंच नहीं बनाई है।

### 2.6. सूफू-

सूफू एक किण्वित सोयाबीन दही है और एक बहुत ही स्वादिष्ट, हल्का मलाईदार पनीर-प्रकार का उत्पाद है, जिसे पनीर की तरह ही इस्तेमाल किया जा सकता है। मोल्ड-किण्वित सूफू सबसे लोकप्रिय उत्पाद है। परंपरागत रूप से, पश्चिमी दुनिया में, सूफू को चीनी या बीन केक या किण्वित के रूप में जाना जाता है। टोफू मोल्ड की क्रिया से सूफू सोयाबीन और दही का संयुक्त उत्पाद है। प्राथमिक खपत चीनी से आती है। सूफू के निर्माण में तीन प्रमुख चरण शामिल हैं - तैयारी, मोल्डिंग और ब्राइनिंग।

### 2.7. चावल आधारित उत्पाद (रिसोफू)-

रिसोफू चावल पर आधारित बर्गर और सॉसेज है जो बहामा राइस बर्गर नामक एक अमेरिकी कंपनी द्वारा निर्मित है। रिसोफू इतालवी शब्द रिसो से लिया गया है, जिसका अर्थ है चावल और टोफू, जिसका अर्थ है चावल टोफू। कंपनी ने थाईलैंड के शान क्षेत्र से प्रेरणा लेकर उत्पाद विकसित किया, जहां चावल आधारित टोफू बनाया जाता है। जितना संभव हो उतने पोषक तत्व प्राप्त करने के लिए रिसोफू सफेद, भूरे और जंगली चावल को मिलाता है।

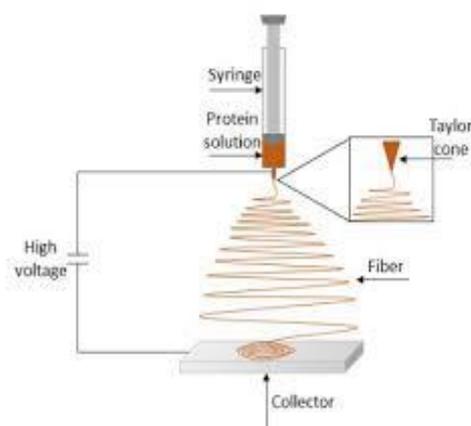
## 3. तकनीकी सहायता और उनकी दक्षता-

मांस के एनालॉग का उत्पादन करने के लिए मुख्य आवश्यकता उचित बनावट प्रोफाइलिंग है, जो उसे

मांसाहार जैसा दिखता है। उत्पाद की नवीनता विभिन्न संघटक रचनाओं पर निर्भर करती है, जो एक्सट्रूजन स्थितियों के साथ तालमेल में काम करती हैं। टेक्सचरल प्रोफाइलिंग के लिए कई विधियों का उपयोग किया जाता है; कताई तकनीक, एक्सट्रूजन कुकिंग के तहत सबसे आम हैं, उच्च और निम्न-नमी सामग्री, और प्रवाह-प्रेरित संरचना का उपयोग करके एक्सट्रूडेट को खींचकर कतरनी सेल और क्यूएट सेल का उपयोग करके नवीनतम कतरनी तकनीक।

### 3.1. कताई तकनीक-

यह पतले रेशों का उत्पादन करने वाली एक जटिल तकनीक है, जिसमें नकली मांस का उत्पादन करने के लिए उच्च गति पर केंद्रित उच्च पादप प्रोटीन काता जाता है। यह एक संवेदनशील और महंगी प्रक्रिया है, जिसमें एसिड/क्षारीय सॉल्वेंट्स और पानी की उच्च सामग्री शामिल होती है, जिससे भारी अपशिष्ट उत्पन्न होता है। यह तकनीक कपड़े के रेशों की कताई उत्पादन से मिलती जुलती है। इलेक्ट्रो-स्पिन एक किफायती प्रक्रिया है, जहां घुलनशीलता, चिपचिपाहट, चालकता और अन्य घटकों के अनुसार अन्य पॉलिमर के साथ प्रोटीन का मिश्रित समाधान तैयार किया जाता है। एक बार जब सभी स्थितियों का मिलान हो जाता है, तो बहुलक समाधान एक टेलर शंकु बनाता है, जो विद्युत रूप से महीन धागा/फाइब्रिल उत्पन्न करने के लिए घूमता है, जो सूखने पर उलझे हुए पॉलिमर के रूप में एकत्र किया जा सकता है।



संलग्न नोक- यह काता प्रक्रिया पॉलिमर के साथ संयोजन में ग्लूटेन (गेहूं प्रोटीन) या ज़ीन (मक्का प्रोटीन) के साथ कई खाद्य-ग्रेड अभिकर्मकों (तेज़, रंग, स्टेबलाइज़र, और सुगंधित यौगिकों) का उपयोग करके बनावट वाले मांस एनालॉग के उत्पादन में उपयोगी है। इसके फायदे में सस्ती लागत, तंतुओं के व्यास की एकरूपता और स्केलेबल उत्पादन शामिल हैं। हालांकि, इलेक्ट्रो-स्पिन प्लांट प्रोटीन के कई मापदंडों को नियंत्रित करना मुश्किल है।

### 3.2. एक्सट्रूजन तकनीक-

यह तकनीक एक बहुभिन्ररूपी जटिल थर्मो-मैकेनिकल प्रक्रिया है, जिसमें एक गर्म बैरल में चिपचिपे योगों के साथ निरंतर मंथन, कतरनी और हीटिंग शामिल है। आमतौर पर, वांछित चिपचिपाहट के साथ फॉर्मूलेशन बनाने के लिए एक या ट्विन-स्कू एक्सट्रूडर का उपयोग किया जाता है। गर्म बैरल में पके हुए द्रव्यमान को तुरंत ठंडा किया जाता है, ताकि नोजल से फैले फाइबर/स्ट्रैंड को ठोस बनाया जा सके। मांस एनालॉग पर एक अच्छा बनावट पैटर्न प्राप्त करने के लिए, एक्सट्रूडेट सामग्री की चिपचिपाहट वांछित तापमान, नमी और दबाव पर बनी रहती है। इस तकनीक का उपयोग आजकल इसकी मजबूती और लागत प्रभावी प्रक्रिया के लिए किया जाता है।



फूड चंक की अनूठी आकृति, बनावट और कार्यात्मक संपत्ति को फीड फॉर्मूलेशन, कूलिंग ड्राई डिजाइन और एक्सट्रूडर की परिचालन स्थितियों द्वारा नियंत्रित किया जा सकता है। एक्सट्रूजन तकनीकों को मांस एनालॉग का एक टुकड़ा बनाने के लिए एक्सट्रूजन यूनिट में पानी के इनपुट के आधार पर उच्च नमी प्रक्रिया या कम नमी प्रक्रिया के रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है।

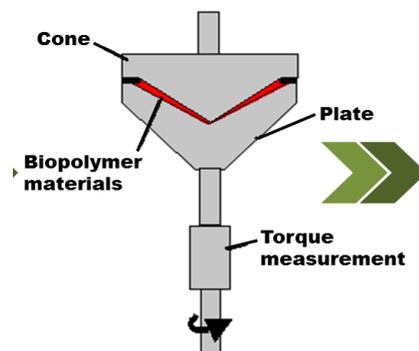
प्रक्रियाओं को तीन चरणों में संक्षेपित किया जा सकता है:

- एक्सट्रूडर के बाहर सामग्री की प्री-कंडीशनिंग,
- एक्सट्रूडर बैरल के अंदर मिश्रण/खाना बनाना, और

(c) साँचे में शीतलन।

**3.3. शीयर सेल और कूपट सेल तकनीक-**

यह प्रवाह प्रेरित संरचना की अवधारणा पर आधारित एक नई तकनीक है। प्रक्रिया या तो एक कतरनी सेल, एक शंकाकार उपकरण, या एक कूपट सेल, एक बेलनाकार आकार के उपकरण दोनों में एक सेंकेंद्रित रियोमीटर अवधारणा के आधार पर की जाती है। शीयर सेल डिवाइस में, निचला शंकु घूमता है, जबकि शीर्ष शंकु स्थिर रहता है। प्रसंस्करण तापमान को स्टीमर या हीटिंग बाथ का उपयोग करके नियंत्रित किया जाता है। सरल अपरूपण प्रवाह और आटे पर गर्मी, अच्छी तरह से परिभाषित रेशेदार संरचनाएं उत्पन्न करती हैं, जो ठंडा होने पर स्थिर होती हैं और बाद में विकृत नहीं होती हैं। आमतौर पर एक्सट्रूजन प्रक्रिया में देखी जाने वाली संरचनात्मक अनुरूपता को खोए बिना, ऊंचे तापमान पर मांस के एनालॉग्स तैयार करने के लिए कूपट सेल डिवाइस का सफलतापूर्वक उपयोग किया गया था। इसके अलावा, आवश्यक फाइबर लंबाई और मोटाई के अनुसार सिलेंडर के आकार को बढ़ाकर कूपट सेल डिजाइन को अनुकूलित किया जा सकता है। बाजार में, अपरिष्कृत और परिष्कृत दोनों तरह के खाने के लिए तैयार खाद्य उत्पाद भाप में पकाने या तलने के लिए उपलब्ध हैं। हालांकि, प्रसंस्करण समय, तापमान और कतरनी दर जैसे कारक कतरनी प्रेरित संरचना को बदल सकते हैं। यह एक लागत प्रभावी तकनीक है जो आकार में बड़े और नरम बनावट वाले रेशेदार मांस एनालॉग्स का उत्पादन करती है।

**3.4. फ्रीज स्ट्रक्चरिंग तकनीक-**

रेशेदार मांस एनालॉग गठन एक पौधे-आधारित प्रोटीन इमल्शन को फ्रीज करके प्राप्त किया जाता है, इसके बाद बर्फ के क्रिस्टल का निर्माण होता है, जो एक संरेखित और अद्वितीय झरझरा के साथ-साथ एक दूसरे से जुड़े रेशेदार माइक्रोस्ट्रक्चर को उत्पन्न करता है। यद्यपि यह एक वनस्पति प्रोटीन स्रोत से विकसित किया गया है, इसकी सूक्ष्म रेशेदार संरचना जानवरों के मांस की मांसपेशियों के समान होती है, जो एक दूसरे को एक परतदार शीट की तरह ओवरलैप करती है। इस तकनीक के दौरान, प्रोटीन टेक्सचराइजेशन निम्नलिखित चरणों द्वारा प्राप्त किया जाता है:

- बर्फ के क्रिस्टल का उत्पादन करने के लिए प्रोटीन समाधान फैलाव जमे हुए है, जो शीतलन सतह के लंबवत संरेखित होते हैं।
- बर्फ के क्रिस्टल के निर्माण से समानांतर क्षेत्रों का निर्माण, संरेखित प्रोटीन अणुओं को फंसाना।
- इस प्रक्रिया में नमी और प्रोटीन सामग्री के बीच सूत्रीकरण अनुपात अपरिवर्तित रहता है, जिससे एक लम्बी रेशेदार संरचना उत्पन्न होती है।
- फ्रीज-ड्रायिंग द्वारा पानी/नमी को हटा दिया जाता है, जिसके परिणामस्वरूप कठोर रेशेदार प्रोटीन का सूखा द्रव्यमान होता है।
- रेशेदार प्रोटीन के जेल नेटवर्क को वसा, स्टेबलाइजर्स, रंग और स्वाद के एका समाधान का उपयोग करके पुनर्जलीकरण किया जा सकता है।

मटर प्रोटीन के प्रोटीन अणुओं के बीच बनने वाला अंतिम उत्पाद गेहूं के प्रोटीन की तुलना में कठोर होता है। दोनों पौधों के प्रोटीन का मिश्रण आवश्यक वसंतता प्रदान करता है। इस प्रकार, सही लोच और कठोरता के साथ एक संतोषजनक मांस एनालॉग का उत्पादन होता है। मुख्य दोष एक निश्चित समय पर ठंड की स्थिति की निगरानी और अनुकूलन करना है।

### 3.5. 3डी फूड प्रिंटर-

इस खाद्य प्रौद्योगिकी में बीफ में पाए जाने वाले मांस मैट्रिक्स की नकल करने के लिए खाद्य फॉर्मूलेशन और बनावट की डिजिटल मॉडलिंग शामिल है। नए लॉन्च किए गए स्टार्ट-अप मीट, नोवा मीट, एलेफ फार्मर्स को फिर से परिभाषित करने का लक्ष्य 3 डी-प्रिंटेड प्लांट-बेस्ड मांस का उत्पादन करना है, जिसमें असली मसल टिश्यू और मीट जैसा स्वाद जैसी बनावट वाली समानताएं हैं। प्रोटीन कॉन्स्ट्रेट/आइसोलेट पेस्ट उस कार्ट्रिज में भरा जाता है, जो मांसपेशियों के ऊतकों की एक संरचनात्मक परत बनाता है। शाकाहारी स्टेक वर्तमान में बाज़ार में उपलब्ध नहीं हैं, लेकिन छोटे पैमाने पर संवेदी अध्ययन इज़राइल, जर्मनी और स्विटजरलैंड में किए जाते हैं। टिकाऊ और पौष्टिक ऑल्ट-मांस खाद्य फॉर्मूलेशन के बड़े पैमाने पर अपनाने ने उपभोक्ताओं के नैतिक विचारों से प्रेरित उच्च अंत वाले रेस्तरां में सफलतापूर्वक एक जगह बनाई है। 3डी मीट प्रिंटर की मुख्य चुनौती स्केलेबिलिटी प्रक्रिया, उत्पादन की लागत, रखरखाव सेवाएं, स्थानिक संरचना की जटिलता, और नियामक ढांचे जैसे एलर्जी, मिलावट, लेबलिंग और पाक रचनात्मकता है। 3डी खाद्य प्रौद्योगिकी की व्यावसायिक रणनीति श्रम और सामग्री आपूर्ति, उपभोक्ता मांग, लागत प्रतिस्पर्धा और सरकारी नीति की उपलब्धता पर आधारित है।



### 4. पौधों की प्रोटीन प्रोफाइलिंग बनाम पशु-आधारित आहार-

अन्य पोषक तत्वों के बीच प्रोटीन की उपस्थिति के बिना मानव आहार अधूरा है। यह ध्यान रखना महत्वपूर्ण है कि पशु प्रोटीन और पादप प्रोटीन दोनों सकारात्मक रूप से मानव स्वास्थ्य को प्रभावित कर रहे हैं। मांस प्रोटीन और गैर-मांस प्रोटीन के बीच कुछ अंतर हैं, जो मांस की बनावट की नकल करने के लिए प्रमुख कारक हैं। कैलोरी और प्रोटीन सेवन के मामले में पशु प्रोटीन आहार में उच्च मात्रा में गुणवत्ता वाले प्रोटीन प्रदान करते हैं। पशु प्रोटीन संतृप्त वसा, विटामिन बी 12 और एल.डी.एल. कोलेस्ट्रॉल से भरपूर होता है, जो प्रोटीन संश्लेषण और तेजी से मांसपेशियों की मरम्मत और विकास में मदद करता है। मांस और समुद्री भोजन में हीम-आयरन अद्वितीय है, जो हीमोग्लोबिन का एक हिस्सा है, पौधों में पाए जाने वाले गैर-हीम लोहे के विपरीत मानव पाचन तंत्र द्वारा कुशलतापूर्वक अवशोषित किया जाता है। लेकिन यह आहार फाइबर और विटामिन जैसे नियासिन, थायमिन, बी 5, बी 6, बी 7, ए, और के में कम है। तुलनात्मक रूप से, पौधे प्रोटीन पर्यावरण के अनुकूल और कम कैलोरी स्वस्थ आहार विकल्प हैं लेकिन आवश्यक अमीनो एसिड की पूरी प्रोफाइल की कमी है। क्विनोआ और एक प्रकार के अनाज को छोड़कर फाइटोकेमिकल्स की उपस्थिति पौधे प्रोटीन को बढ़त देती है क्योंकि इनमें विटामिन और मिनरल की मात्रा अधिक होती है। सभी आवश्यक अमीनो एसिड (ई.ए.ए.) की पर्याप्त मात्रा के साथ संयुक्त होने पर पादप प्रोटीन को एक सुपरफूड माना जाता है, संभावित फाइटोकेमिकल्स, जिन्हें कई आहार लाभों से जोड़ा गया है, जैसे उच्च ऊर्जा स्तर, भावनात्मक कल्याण और बेहतर हृदय स्वास्थ्य। इसके अलावा, पौधे आधारित प्रोटीन खाद्य पदार्थ इन पुरानी बीमारियों और कुल मृत्यु दर के कम जोखिम से जुड़े हैं।

### प्रयोगशाला में किए गये शोध प्रयास-

प्रयोगशाला में लागत-प्रभावी संभावित प्रोटीन स्रोत की जांच के लिए एक सर्वेक्षण किया गया जो, ऐच्छिक गुण प्रदान कर सकता है। 'गेहूँ-लस' एक ऐसा प्रोटीन स्रोत था, जिसका पारंपरिक भारतीय परिवारों द्वारा वर्षों से सेवन किया जा रहा है परन्तु एलर्जी और निम्न प्रोटीन गुणवत्ता के कारण इसकी खपत के प्रति उपभोक्ताओं का नकारात्मक रुझान पाया गया। प्रोटीन की गुणवत्ता को प्रोटीन डाइजेस्टिबिलिटी करेक्टेड एमिनो एसिड स्कोर (पीडीसीएएस) नामक पैमाने के रूप में व्यक्त किया जाता है। प्रोटीन स्रोत का पीडीसीएएस मुख्य रूप से प्रोटीन की पाचनशीलता और आवश्यक अमीनो एसिड प्रोफाइल पर निर्भर करता है। उच्च प्रोलाइन और ग्लूटामेट मात्रा के कारण 'गेहूँ-लस' घुमावदार एवं टेढ़ीमेढ़ी संरचना का होता है और आँत में इसके पाचन को रोकता है। यह पाया गया कि गेहूँ में लाइसिन और कुछ अन्य आवश्यक अमीनो एसिड बहुत कम मात्रा में पाये जाते हैं जिससे इनका पी.डी.सी.ए.एस. मान कम होता है। फिर भी, 'गेहूँ-लस' हमेशा अपनी 'लचीली प्रकृति' और कार्यात्मक गुणों के कारण मांस समरूपों हेतु वरदान रहा है। 'गेहूँ-लस' जिसे 'वाइटल व्हीट ग्लूटेन' भी कहते हैं, उन लागत प्रभावी 'प्रोटीन सांद्रण' में से एक है जो बाजार में उपलब्ध और वांछित संवेदी गुण प्रदान कर सकता है। इसलिए गेहूँ लस के महत्वपूर्ण भौतिक-रासायनिक गुणों का मूल्यांकन किया गया जो निम्नवत है-

तालिका-2 'गेहूँ-लस' के महत्वपूर्ण भौतिक-रासायनिक गुण

मापदण्ड	मान (%)	रंग-वर्ण		विटामिन	
नमी	6.76	एल*	86.99	बी <sub>1</sub>	3.55
प्रोटीन	75.30	ए*	0.92	बी <sub>2</sub>	9.35
वसा	0.65	बी*	0.31	बी <sub>6</sub>	1.26
कार्बोहाइड्रेट	15.65	सी*	14.22	डी	0.038
खनिज लवण	0.653	एच	86.24	ई	0.057
खाद्य रेशे	0.98	ब्राउनिंग इंडेक्स	2.35	के	0.193

अमीनो एसिड प्रोफाइल के लिए भी 'गेहूँ-लस' मूल्यांकन किया गया और यह देखा गया कि थ्रेओनाइन और लाइसिन अमीनो एसिड क्रमशः सबसे अधिक और सबसे कम मात्रा में पाए गए। खनिज प्रोफाइल के संदर्भ में, पोटेशियम और मैगनीज उच्चतम और निम्नतम उपलब्ध खनिज थे। संतुलित प्रोटीन गुणवत्ता के कारण अनाजों एवं दालों का संयोजन मानव जाति के लिए हमेशा से बहुत महत्वपूर्ण रहा है। अनाज मेथियोनीन के अच्छे स्रोत हैं, लेकिन लाइसिन के नहीं हैं, जो दालों में पर्याप्त मात्रा में पाया जाता है। इसलिए वर्तमान अध्ययन में आवश्यक अमीनो एसिड प्रोफाइल को संतुलित करने के लिए एक उच्च प्रोटीन दलहन स्रोत को शामिल किया गया। बाजार में विभिन्न दलहनों का उपयोग विशेष रूप से आइसोलेट्स के रूप में किया गया है, जिससे उत्पाद की लागत में वृद्धि हुई है। वसा रहित सोया आटा सोयाबीन तेल बनाने वाले उद्योग का एक उप-उत्पाद है जिसमें लगभग 55% प्रोटीन होती है।

तालिका-3 'वसा रहित सोयाबीन पाउडर' के महत्वपूर्ण भौतिक-रासायनिक गुण

मापदण्ड	मान (%)	रंग-वर्ण		विटामिन	
नमी	9.19	एल*	86.44	बी <sub>1</sub>	13.75
प्रोटीन	55.13	ए*	1.53	बी <sub>2</sub>	6.38
वसा	1.63	बी*	0.31	बी <sub>6</sub>	3.66
कार्बोहाइड्रेट	22.70	सी*	18.66	डी	0.049
खनिज लवण	6.8	एच	86.28	ई	0.742
खाद्य रेशे	4.56	ब्राउनिंग इंडेक्स	3.40	के	0.519

घटकों और प्रक्रिया मापदंडों का अनुकूलन करने के लिए एवं प्रक्रिया व्यवहारों को समझने के लिए हमने प्रयोगशाला में कुछ प्रारंभिक अध्ययन किए। सर्वश्रेष्ठ घटक संगठन के लिए वसा रहित सोयाबीन आटा, नमक, मोनोसोडियम ग्लूटामेट, और पोषण खमीर की भौतिक बनावट और रंग पर क्या प्रभाव पड़ेगा, इसका अध्ययन किया गया। स्वीकार्य रेंज एवं पैटर्न जानने के लिए एक वरीयता परीक्षण (1-5 के पैमाने पर) भी किया गया। आटा गूंथने का समय, पकाने का समय और पाक तापमान जैसे प्रक्रिया अनुकूलन मापदंडों का भी अध्ययन किया जा रहा है। इसके अतिरिक्त दो शेल्फ-स्टेबल रेडी-टू-ईट मीट एनालाग-आधारित तरीयुक्त सब्जीयों विकसित की गईं ताकि मांस के उच्च बनावट और ऑर्गेनोलेप्टिक समानता के साथ भारतीय स्वाद को मैच किया जा सके। स्थिरीकरण के बाद मांस समरूपों की नमी में अल्प कमी (1.46% तक) थी लेकिन ग्रेवी की नमी बढ़ गई (1.99% तक) जो मांस समरूपों से ग्रेवी में नमी के प्रवास का संकेत देती है। स्थिरीकरण के बाद करी के रंग निर्देशांक जैसे L\*, b\*, c\*, और h बढ़ते हुए पाए गए जबकि a\* ने नगण्य भिन्नता दिखाई थी। सभी विकसित खाद्य पदार्थ उच्च प्रोटीनयुक्त एवं ताक स्थिर थे जो सभी सैन्य बलों हेतु अति आवश्यक गुणों में से एक हैं।

### पादप-आधारित 'मांस- समरूप' की वैज्ञानिक उपयोगिता

पादप-आधारित 'मांस- समरूप' पदार्थों की विभिन्न वैज्ञानिक उपयोगिताएँ हैं, जो निम्नलिखित हैं-

- 1- **खाद्य विज्ञान के अध्ययन में:** पादप आधारित 'मांस- समरूप' वैज्ञानिकों को मांस के गुणों का अध्ययन करने का एक तरीका प्रदान करते हैं, साथ ही इस पहलू भी प्रकाश डालते हैं, की यह अन्य

सामग्रियों के साथ कैसे प्रतिक्रिया करता है। इससे शोधकर्ताओं को खाद्य प्रसंस्करण के पीछे के विज्ञान को बेहतर ढंग से समझने, पौष्टिक और लंबी ताक अवधी वाले खाद्य पदार्थों के उत्पादन हेतु नई रूपरेखा बनाने में मदद मिलती है।

- 2- **नए खाद्य उत्पादों का विकास:** पादप आधारित 'मांस-समरूप' नवीन खाद्य उत्पादों को बनाने का एक तरीका प्रदान करते हैं, जो पशु-आधारित उत्पादों की तुलना में अधिक स्थिर और नैतिक होते हैं। खाद्य उत्पादन के पर्यावरणीय प्रभाव को कम करते हुए वैज्ञानिक मांस के समान स्वाद, बनावट और पोषण प्रोफाइल वाले उत्पादों को बनाने के लिए पौधे-आधारित अवयवों का उपयोग कर रहे हैं।
- 3- **समग्र विकास को बढ़ावा देना:** पादप आधारित 'मांस-समरूपों' के उत्पादन से पर्यावरणीय प्रभाव को कम करने में मदद मिल सकती है। उदाहरण- 'पशु-आधारित' मांस के उत्पादन की तुलना में पौधे-आधारित 'मांस-समरूप' उत्पादन करने में बहुत कम भूमि, पानी और ऊर्जा की आवश्यकता होती है।
- 4- **पशु कल्याण में सहायक:** पादप आधारित 'मांस-समरूप' पशु उत्पादों की मांग को कम करने में मदद कर सकते हैं, जो भोजन के लिए पाले गए जानवरों की संख्या को कम करके पशु कल्याण में मदद कर सकते हैं।
- 5- **स्वस्थ खाने की आदतों को प्रोत्साहित करना:** पशु-आधारित मांस की तुलना में पादप आधारित 'मांस-समरूप' में अक्सर संतृप्त वसा और कैलोरी कम होती है, जो स्वस्थ खाने की आदतों को प्रोत्साहित करने और पुरानी बीमारियों के खतरे को कम करने में सहायक है।

**पादप आधारित 'मांस-समरूपों' के वर्तमान अनुप्रयोग** पशु-आधारित मांस उत्पादों के विकल्प के रूप में पादप-आधारित मांस के समरूपों का तेजी से उपयोग किया जा रहा है, क्योंकि वे पशुमांस के समान स्वाद, बनावट और पोषण प्रोफाइल प्रदान करते हैं। इनके कुछ वर्तमान अनुप्रयोग इस प्रकार हैं-

1. **खुदरा बिक्री:** पादप-आधारित मांस समरूप अब बर्गर, सॉसेज, नगेट्स और अन्य उत्पादों के रूप में सुपरमार्केट और किराने की दुकानों में व्यापक रूप से उपलब्ध हैं। कुछ लोकप्रिय ब्रांडों में बियॉन्ड मीट, इम्पॉसिबल फूड्स और गार्डेन का नाम शामिल हैं।
2. **रेस्टोरेंट:** बर्गर किंग, डंकिन डोनट्स और के.एफ.सी. समेत कई फास्ट-फूड श्रृंखलाओं ने अपने मेनू में पादप आधारित मांस विकल्पों को शामिल करना शुरू कर दिया है। यह उत्पाद उन ग्राहकों की जरूरतों को पूरा करने की सुविधा देता है, जो या शाकाहारी भोजन करते हैं या फिर स्वस्थ विकल्पों की तलाश में हैं।
3. **खाद्य सेवा:** स्कूलों, अस्पतालों और जेलों सहित खाद्य सेवा उद्योग में पौधों पर आधारित मांस समरूपों का भी उपयोग किया जा रहा है। यह खाद्य सेवा प्रदाताओं को आहार प्रतिबंधों और वरीयताओं को पूरा करने के लिए अन्य विकल्पों की एक विस्तृत श्रृंखला प्रस्तुत करने की अनुमति देता है।
4. **घरेलू पाकशाला:** उपभोक्ताओं द्वारा मीटबॉल, लसग्रा से लेकर टैकोस और चिली तक कई तरह के व्यंजन बनाने के लिए प्लांट-बेस्ड मीट एनालॉग्स का इस्तेमाल तेजी से किया जा रहा है। यह हमें नए व्यंजनों के साथ प्रयोग करने और पौधों पर आधारित विकल्पों को अपने आहार में शामिल करने की उच्च स्वतंत्रता प्रदान करता है। इनका उपयोग सैक्स और सुविधाजनक खाद्य पदार्थों में भी किया जा रहा है, जैसे प्रोटीन बार और जेर्की। ये उत्पाद प्रोटीन बढ़ाने का सुविधाजनक और आसान तरीका प्रदान करते हैं। अंतोगत्वा इन उत्पादों के अनुप्रयोगों की एक विस्तृत श्रृंखला है और यह तेजी से लोकप्रिय हो रहे हैं क्योंकि लोग अधिक समय के लिए टिकाऊ और बेहतर नैतिक विकल्पों की तलाश में हैं।

हमारी प्रयोगशाला '**रक्षा अनुसंधान खाद्य अनुसंधान प्रयोगशाला**' मैसूर ने भी विभिन्न वनस्पति प्रोटीन से ताकस्थिर वनस्पति मांस विकल्प का विकास किया है। ये उत्पाद सुविधाजनक एवं पोषण से भरपूर हैं। इनका प्रसंस्करण प्रयोगशाला में इस प्रकार से किया गया है कि इनकी संरचनात्मक एवं संगठनात्मक क्रियाशीलता सुरक्षित रहे। और यही कारण है कि उपभोक्ता इन विकसित किए गए पदार्थों को संवेदी मूल्यों पर उच्च मान प्रदान करते हैं। ये खाद्य पदार्थ देखने में, स्पर्श में स्वाद, में सुगंध, और स्वाद में पशु मांस की तरह ही लगते हैं और शाकाहारी उपभोक्ताओं के लिए जो पादप स्रोतों से उत्पन्न खाद्य पदार्थों से इन गुणों की अपेक्षा रखते हैं, के लिए उत्तम विकल्प हैं। यह खाद्य पदार्थ बिना किसी रासायनिक परीरक्षकों के सामान्य भंडारण पर 1 वर्ष से

अधिक की अवधि तक सुरक्षित एवं संरक्षित रहते हैं और इनमें किसी भी प्रकार की खराबी नहीं होती है। इस विषय पर विस्तृत चर्चा प्रस्तुतीकरण के दौरान दी जाएगी।

### लेखक परिचय:



श्री देव कुमार यादव (1984) ने इलाहाबाद विश्वविद्यालय, इलाहाबाद से परास्नातक विज्ञान (खाद्य प्रौद्योगिकी) की डिग्री 2008 में प्राप्त की है। भारथियार विश्वविद्यालय, कोयंबतूर से एम. फिल के पश्चात पीएचडी (खाद्य विज्ञान) कर रहे हैं। आप सन 2009 से डी.आर.डी.ओ.-रक्षा खाद्य अनुसंधान प्रयोगशाला, मैसूर में 'अनाज विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग' में कार्यरत हैं और वर्तमान में वैज्ञानिक 'ई' के पद पर आसीन हैं। वैज्ञानिक के रूप में उन्होंने 50 से भी अधिक शोध पत्रों को राष्ट्रीय और अंतर्राष्ट्रीय ख्याति प्राप्त प्लेटफार्मों/पत्रिकाओं में प्रकाशित और प्रस्तुत किया है। वह विभिन्न प्रतिष्ठित पुरस्कार प्राप्त किए हैं जैसे-

- डी.आर.डी.ओ. द्वारा वर्ष का सर्वश्रेष्ठ प्रयोगशाला वैज्ञानिक,
- प्रौद्योगिकी समूह पुरस्कार (2017, 2018 2021),
- राष्ट्रीय स्तर पर ए.एफ.एस.टी.आई. द्वारा 'कम लागत प्रौद्योगिकी पुरस्कार'
- और राष्ट्रीय स्तर पर ए.सी.सी.टी.आई. द्वारा 'ल्यूसिड हाइड्रोकोलाइड पुरस्कार'

उनके अनुसंधान क्षेत्रों में सेवा विशिष्ट अनुप्रयोगों के लिए एवं विशिष्ट खाद्य अनुप्रयोगों के लिए स्टार्च का संशोधन, माइक्रोवेव आधारित कीटाणुशोधन प्रक्रिया का विकास, अनाज, दालों और बाजरा पर आधारित तत्काल और खाने के लिए तैयार खाद्य पदार्थ, तिल के बीज से पशु दूध समरूप उत्पादों का विकास, राशन भंडारण प्रणाली का डिजाइन और विकास शामिल है।

## अंतरिक्ष भोजन का विकास: अतीत से वर्तमान तक

सुश्री बिन्दिया साहू, श्रीमती के शहाना  
दिल्ली भू केंद्र - अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद

### सारांश

मानव ने पिछले दशकों में कई अंतरिक्ष मिशन पूरे किए हैं और इसकी सफलता कई कारकों पर निर्भर करती है, जिसमें प्रमुख कारक के रूप में अंतरिक्ष यात्री का स्वास्थ्य भी शामिल है। स्वास्थ्य और पोषण भोजन से प्राप्त जीवन के दो महत्वपूर्ण घटक हैं जो अंतरिक्ष यात्रियों सहित उनके लंबे समय तक मानवयुक्त मिशन के दौरान किसी के शरीर को जीवित, पोषित और ऊर्जावान रखने में मदद करते हैं। अनुसंधान और प्रौद्योगिकी में प्रगति के साथ, अंतरिक्ष मेनू में विभिन्न प्रकार के व्यंजन शामिल करना संभव हो गया, जिनमें से अधिकांश पृथ्वी पर खाए जाने वाले व्यंजनों के समान थे। यह समीक्षा मिशन बुध से वर्तमान अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन तक अंतरिक्ष भोजन के विकास पर प्रकाश डालती है। इसके अलावा, यह संभावित अंतरिक्ष भोजन के रूप में अंतरिक्ष भोजन के प्रकारों, इसकी पैकेजिंग के विचारों और सृजन से उपभोग पर भी प्रकाश डालता है और ध्यान केंद्रित करता है।

**शब्द संकेत :** पुनर्जलीकरण- Rehydration, विकिरणित-Irradiated, विनिर्देश- specification, प्रौद्योगिकी-Technology, पोषक तत्व –Nutrients, डी.एफ.आर.एल –Defence Food Research Laboratory (DFRL)

### 1. प्रस्तावना

अंतरिक्ष भोजन एक प्रकार का खाद्य उत्पाद है जिसे अंतरिक्ष यात्रियों द्वारा बाहरी अंतरिक्ष में मिशन के दौरान उपभोग के लिए बनाया और संसाधित किया जाता है। अंतरिक्ष में काम करने वाले व्यक्तियों के लिए संतुलित पोषण प्रदान करने के लिए भोजन की विशिष्ट आवश्यकताएँ हैं, जबकि चालक दल के अंतरिक्ष यान के मशीनरी से भरे भारहीन वातावरण में स्टोर करना, तैयार करना और उपभोग करना आसान और सुरक्षित है। लंबे समय तक शेल्व जीवन सुनिश्चित करने के लिए अधिकांश अंतरिक्ष भोजन फ्रीज-ड्राय होता है। अंतरिक्ष यात्री अंतरिक्ष में विभिन्न प्रकार के खाद्य पदार्थों और पेय पदार्थों का सेवन करते हैं। 1963 में अंतरिक्ष विज्ञान बोर्ड की द मैन इन स्पेस कमेटी का प्रारंभिक विचार अंतरिक्ष यात्रियों को एक फार्मूला आहार प्रदान करना था जो सभी आवश्यक विटामिन और पोषक तत्वों की आपूर्ति करेगा। एक ट्यूब से निकाले गए सेब की चटनी से लेकर झींगा कॉकटेल और ताजी सब्जियों तक, अंतरिक्ष भोजन ने एक लंबा सफर तय किया है।

अंतरिक्ष भोजन का आविष्कार सबसे पहले कब हुआ था ? पहला अंतरिक्ष भोजन 1961 में प्राप्त हुआ, सोवियत अंतरिक्ष यात्री यूरी गागरिन (चित्रित) पृथ्वी की परिक्रमा करने वाले पहले मानव बने। वह अंतरिक्ष में भोजन करने वाले पहले व्यक्ति भी थे। गागरिन के क्रंब-मुक्त भोजन में शुद्ध मांस के दो भाग थे, जो टूथपेस्ट-ट्यूब जैसे कंटेनरों में बड़े करीने से संग्रहीत थे। इसे खाने के लिए भोजन को सीधे अपने मुँह में निचोड़ना पड़ता था।



चित्र 1: यूरी गागरिन & टूथपेस्ट-ट्यूब भोजन

प्रारंभिक बुध अंतरिक्ष यात्री फ्रीज-सूखे भोजन को पाउडर के रूप में और काटने के आकार के क्यूब्स में ले गए, जिसे उन्हें फिर से हाइड्रेट करने और खाने की कोशिश करने में मज़ा नहीं आया। आखिरकार, ट्यूबों को हटा दिया गया और मेनू में अधिक सामान्य खाद्य पदार्थ शामिल होने लगे जिनका मनुष्य आनंद लेते हैं। 1960 के

दशक के मध्य में जेमिनी प्रोजेक्ट के लिए, बेहतर फ्रीज-सुखाने के तरीकों ने झींगा कॉकटेल, टोस्ट, चिकन और सब्जियों तथा हलवा जैसी विलासिता की अनुमति दी।

अपोलो मिशन के लिए खाद्य विकल्पों की विविधता का विस्तार जारी रहा। गर्म पानी की नई उपलब्धता ने फ्रीज-सूखे खाद्य पदार्थों को पुनर्जलीकरण करना आसान बना दिया, और अधिक स्वादिष्ट परिणाम उत्पन्न किया। "चम्मच-कटोरे" ने अधिक सामान्य खाने की प्रथाओं की अनुमति दी। भोजन को विशेष प्लास्टिक जिप-क्लोजर कंटेनरों में रखा जा सकता था, और इसकी नमी ने इसे एक चम्मच से चिपकाने की अनुमति दी।

आज का अमेरिकी अंतरिक्ष भोजन लगभग विशेष रूप से सेना के भोजन, खाने के लिए तैयार (एम.आर.ई.) किट, या कमरे के तापमान टूना पाउच के लिए उपयोग की जाने वाली पैकेजिंग का उपयोग करता है जिसे आप किराने की दुकान में खरीद सकते हैं। निर्जलित खाद्य पदार्थ अभी भी उपयोग किए जाते हैं, जैसे कि ऐसे खाद्य पदार्थ जो थर्मोस्टेबलाइज्ड या विकिरणित होते हैं और जिन्हें पैकेज के ठीक बाहर परोसा जा सकता है - बस गर्म करें और खाएं। दर्जनों संभावित मेनू आइटम मैश किए हुए आलू और ग्रेवी से लेकर नारियल क्रीम पाई तक हैं। आज, जो कुछ भी कमरे के तापमान पर रखा जा सकता है, उसे अंतरिक्षयान में खाया जा सकता है, जिसमें पास्ता, फल और घर से अन्य लोकप्रिय खाद्य पदार्थ शामिल हैं।



चित्र 2: पैकेज खाद्य पदार्थ

## 1. अंतरराष्ट्रीय विविधता

प्रत्येक देश जो अंतरिक्ष में यात्रा करता है, वह भोजन साथ लाता है जिसका उसके नागरिक आनंद लेते हैं। रूसी खाद्य पदार्थों को यू.एस. खाद्य पदार्थों की तरह ही संरक्षित किया जाता है, लेकिन अलग-अलग तरह से पैक किया जाता है, कई डिब्बे में। रूसी अंतरिक्ष कार्यक्रम में लगभग 100 अलग-अलग खाद्य पदार्थ हैं - कुछ निश्चित सांस्कृतिक अंतरों के साथ। अमेरिका में, हम नाश्ते के लिए अंडे और बेकन खा सकते हैं, जबकि रूसी पारंपरिक रूप से नाश्ते के लिए मछली उत्पादों को पसंद करते हैं, जैसे मसालेदार या मसालेदार परच। अन्य लोकप्रिय रूसी अंतरिक्ष खाद्य पदार्थों में विभिन्न प्रकार के सूप, सब्जियों के साथ भेड़ का बच्चा, स्टर्जन, बोर्श, गौलाश, दही और नट्स शामिल हैं। जब चीन ने पहली बार 2003 में कक्षा में प्रवेश किया, तो यांग लिवेई युक्सियांग पोर्क, कुंग पाओ चिकन, चावल और चीनी हर्बल चाय लेकर आए। जापान अपने अंतरिक्ष यात्रियों के लिए सुशी, रेमन, योकन और चावल को उम के साथ भेजता है।

## 2. अंतरिक्ष भोजन का वर्गीकरण

- पेय पदार्थ (बेशक निर्जलित)
- ताजा खाद्य पदार्थ (दो दिन की शेल्फ लाइफ वाला भोजन)
- विकिरणित मांस (इसे खराब होने से बचाने के लिए)[1]
- इंटरमीडिएट नमी (खाद्य पदार्थ जो ताजे खाद्य पदार्थों की तरह जल्दी खराब नहीं होते)
- प्राकृतिक रूप (कुकीज़, ग्रेनोला बार, आदि)
- पुनर्जलीकरण योग्य खाद्य पदार्थ (भोजन जिसे पानी के साथ पुनर्गठित किया जा सकता है)
- थर्मोस्टेबलाइज्ड (संभावित खराब करने वाले एजेंटों को मारने के लिए गर्मी से तैयार)

## 3. अंतरिक्ष में भारतीय भोजन: इसरो गगनयान मिशन

डीआरडीओ के तहत मैसूर स्थित लैब डिफेंस फूड रिसर्च लेबोरेटरी ने गगनयान मिशन के लिए पैकेज्ड फूड तैयार किया है। न्यूज एजेंसी के मुताबिक अंतरिक्ष यात्रियों को फूड हीटर भी मुहैया कराए जाएंगे।



चित्र 3: डिफेंस फूड रिसर्च लेबोरेटरी - पैकेज खाद्य पदार्थ

खाद्य प्रयोगशाला ने निर्जलित और प्रसंस्कृत खाद्य पदार्थों की लगभग 70 किस्में विकसित की हैं, जिनमें सूक्ष्म जीवाणु और मैक्रो बैक्टीरियल पोषक तत्वों को शून्य करने के लिए सख्त प्रक्रियाएँ हैं। पैकेजिंग में विशेष ध्यान रखा जायेगा कि खाद्य पदार्थ सीमित वजन का हो और साथ ही पोषक तत्वों कि दृष्टि से बेहतर हो। बचे हुए भोजन, तरल वितरण प्रणाली, खाद्य पुनर्जलीकरण प्रणाली और हीटर आदि के लिए अपशिष्ट निपटान प्रणाली विकास में है, हालाँकि गगनयान पर नियोजित खाद्य उत्पादों की विविधता को अगस्त 2020 तक प्रचारित किया जाना था जो कोरोना की वजह से टल गया। डी.एफ.आर.एल के मार्च 2021 तक लांच होने की उम्मीद थी जो अब कोरोना के कारण 2024 में लांच होगा। इसका आर.टी.ई (Ready to Eat) अंतरिक्ष भोजन गगनयान के लिए प्रारंभिक 7 दिनों के बैच के लिए पर्याप्त खाद्य पदार्थ उपलब्ध कराएगा।

30 व्यंजनों के इस मेनू में कुछ व्यंजनों में प्रिय चिकन बिरयानी, चिकन कोरमा, शाही पनीर, दाल-चावल, आलू परांठा, संरक्षित चपाती, दाल मखनी, खिचड़ी और यहाँ तक कि सॉस में बीन्स भी शामिल हैं। मेनू में आम का अचार भी शामिल है।

मीठा पसंद करने वाले अंतरिक्ष यात्रियों के लिए, उन्होंने मूँग दाल का हलवा, सूजी का हलवा, सूखे खुबानी, साथ ही साथ कई तरह के फ्लेवर्ड एनर्जी बार भी बनाए हैं। किट में शून्य गुरुत्वाकर्षण के साथ-साथ खाद्य वार्मर और अपशिष्ट-निरोधक बैग में तरल पदार्थ पीने के लिए विशेष स्ट्रॉ भी शामिल होंगे। लेकिन इस दावत को इसके पोषण मूल्य की अवहेलना करके विकसित नहीं किया गया है। डी. एफ.आर.एल के वैज्ञानिकों में से एक ने एक बयान में कहा, "हमने पोषक तत्वों की पर्याप्तता और पौष्टिकता पर ध्यान केंद्रित किया है। शून्य-गुरुत्वाकर्षण वातावरण में कम विखंडन समान रूप से महत्वपूर्ण है। अंतरिक्ष यात्री एक दिन में तीन बार भोजन करेंगे, जिसमें 2,500 कैलोरी तक का आहार शामिल होगा।

एक अन्य वैज्ञानिक ने कहा, "अमेरिकी अंतरिक्ष यात्री अपने स्वाद के अनुरूप भोजन ले जाते हैं। हम भारतीय यह कहना पसंद करते हैं कि 'इसका स्वाद बिल्कुल घर के खाने जैसा होता है जिसे हमारे अंतरिक्ष यात्री ले जाएंगे।'

#### 4. भारत में अंतरिक्ष खाद्य प्रौद्योगिकी

अंतरिक्ष भोजन विकसित करने वाले वैज्ञानिक ज्यादातर 40-45 वर्ष के आयु वर्ग के हैं, जिन्होंने खाद्य प्रौद्योगिकी, सूक्ष्म जीव विज्ञान और जैव प्रौद्योगिकी में विशेषज्ञता हासिल की है।

**गगनयान मिशन के लिए डी.एफ.आर.एल द्वारा विकसित की जा रही प्रौद्योगिकियों** में अपशिष्ट निपटान प्रणाली (बचे हुए भोजन), तरल वितरण प्रणाली, खाद्य पुनर्जलीकरण प्रणाली और खाद्य हीटर शामिल हैं। फिलहाल सात दिनों के लिए स्पेस फूड को पर्याप्त बनाने की योजना है। गगनयान मिशन के निश्चित तिथि और जाने वाले संभावित अंतरिक्ष यात्रियों की संख्या अभी तक ज्ञात नहीं है।

प्रयोगशाला को इसरो से लगातार अंतरिक्ष भोजन विकसित करते समय बनाए जाने वाले मानकों के बारे में जानकारी मिल रही है। इसरो अपनी ओर से भारत के पहले और एकमात्र अंतरिक्ष यात्री विंग कमांडर राकेश शर्मा (सेवानिवृत्त) से परामर्श कर रहा है।

डी.एफ.आर.एल. को शुरू में 1984 में राकेश शर्मा के मिशन के दौरान अंतरिक्ष भोजन विकसित करने का अनुभव मिला। इसने तब आर.टी.ई. मैंगो बार और फ्रीज ड्राय (पुनर्गठन के लिए तैयार) अनानास/आम का रस पाउडर प्रदान किया था। अंतरिक्ष मिशन के लिए उपयुक्त, ये आर.टी.ई. उत्पाद हमेशा ताजा, हल्के वजन वाले होते हैं और तुरंत पुनः हाइड्रेट हो जाते हैं।

### प्रचुर चुनौतियाँ

बहुत सख्त गुणवत्ता मानकों को पूरा करने वाले अंतरिक्ष भोजन को विकसित करने में कई चुनौतियाँ हैं। वैज्ञानिकों को पोषण संबंधी पर्याप्तता सुनिश्चित करनी होगी जो अंतरिक्ष मिशन के लिए भोजन विकसित करते समय मैक्रो और सूक्ष्म पोषक तत्वों की आवश्यकता को पूरा करती हो। "हल्के वजन, कम मात्रा, त्वरित तैयारी, उपभोग में आसान, कम विखंडन, उच्च स्वीकार्यता, स्वास्थ्य, स्थिरता, विविधता, गैस्ट्रो-आंत्र संगतता, न्यूनतम अवशेष और उपयुक्त पैकेजिंग जैसे गुणवत्ता मानदंडों को पूरा करते समय कार्य कठिन हो जाता है।

उपयुक्त तरल वितरण प्रणाली का डिजाइन, सिस्टम का पुनर्गठन और पुनर्जलीकरण, खाद्य हीटर और खाद्य अपशिष्ट निरोधक बैग जैसे सभी कार्य बड़ी चुनौतियों से जुड़े हुए हैं। इन्हीं चुनौतियों पर वैज्ञानिक कार्य कर रहे हैं।

## 5. अंतरिक्ष खाद्य पैकेजिंग तथ्य

नासा के पास अद्वितीय खाद्य पैकेजिंग विधियाँ और सामग्री हैं जो विस्तारित शेल्फ जीवन और सुरक्षा माइक्रोग्रैविटी वातावरण में अंतरिक्ष खाद्य पदार्थों की सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए आवश्यक हैं।

सभी अंतरिक्ष खाद्य पदार्थ परिवेश में संग्रहित किए जाते हैं तथा भंडारण की स्थिति को और सुरक्षित रूप से बनाए रखना चाहिए ताकि उनका शेल्फ जीवन नौ महीने से पाँच साल तक का हो।

- शटल खाद्य पदार्थों की आवश्यकता - नौ माह का न्यूनतम शेल्फ जीवन।
- अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन (आई.एस.एस.) में खाद्य पदार्थों के लिए एक वर्ष का शेल्फ जीवन की यात्रा हेतु आवश्यक माना गया है। सभी पुनर्जलीकरण योग्य और छोटे आकार के खाद्य पदार्थ जो ISS के लिए जरूरी हैं, एल्युमिनियम फॉयल से ढके हुए और वैक्यूम सील बंद होते हैं जो शेल्फ जीवन में वृद्धि करते हैं।
- लम्बे मिशन के लिए प्लेनेटरी आउटपोस्ट के भोजन को पाँच साल के शेल्फ जीवन की आवश्यकता होती है।

### पैकेजिंग पुनर्जलीकरण और छोटे बाईट के भोजन के लिए

शटल और ISS के लिए उपयोग किए जाने वाले कई खाद्य पदार्थ फ्रीज में सुखाये जाते हैं और पुनर्जलीकरण योग्य कंटेनर में पैक किये जाते हैं।

यह पैकेज शटल और इंटरनेशनल स्पेस स्टेशन के लिए उपयोग किया जाता है, ये पैकेज नायलॉन / एथिलीन / विनाइल अल्कोहल/पॉलीथीन/रैखिक की टाई परत कम घनत्व वाले पोलिथाईलीन से बना होता है।

### छोटे कौर (Bites) योग्य भोजन पैकेट टॉप और साइड दृश्य पुनर्जलीकरण योग्य भोजन पैकेट



चित्र 4: (ए)छोटे कौर (Bites) योग्य भोजन पैकेट(बायें) & (बी)टॉप और साइड दृश्य पुनर्जलीकरण योग्य भोजन पैकेट (दायें)

सील करने से पहले पैकेज को तीन बार नाइट्रोजन में फ्लश किया जाता है।

### सेटम अडैटर विथ फॉयल लैमिनेट सील

सेटम एक सुई की प्रविष्टि प्रदान करता है जिसके द्वारा पुनर्जलीकरण के दौरान पैकेज में पानी इंजेक्ट किया जाता है। सुई के निकलने के बाद सेटम सील हो जाती है।

### पैकेजिंग पेय पदार्थ

- शुष्क पेय पाउडर पैकेज में डाला जाता है।
- पैकेज को नाइट्रोजन के साथ तीन बार फ्लश किया जाता है।
- सेटम डाला जाता है और पेय पैकेज सील कर दिया जाता है।



चित्र 5: सेटम(बायें) फॉयल लैमिनेट पेय पैकेज (दायें)

### अन्य पैकेजिंग सामग्री

वाणिज्यिक पाउच का उपयोग थर्मोस्टेबलाइज्ड और विकिरणित भोजन के लिए किया जाता है, जिसमें यू.एस. के समान विनिर्देशों का पालन किया जाता है।

### 6. अंतरिक्ष भोजन: सृजन से उपभोग तक

- अंतरिक्ष भोजन बनाना- एक बार एक वस्तु विकसित हो जाने के बाद, स्वाद का आकलन करने के लिए संवेदी प्रयोगशाला में स्वाद का परीक्षण किया जाता है।
- परीक्षण अंतरिक्ष भोजन- आई.एस.एस. चालक दल के सदस्य खाद्य पदार्थों का स्वाद लेते हैं या उनका नमूना लेते हैं और उन्हें इस आधार पर रेट करते हैं कि वे उन्हें कितना पसंद करते हैं।
- पैकेजिंग अंतरिक्ष भोजन- अधिकतम शेल्फ जीवन सुनिश्चित करने के लिए अधिकांश खाद्य और पेय पदार्थ निर्जलित होते हैं और अलग-अलग से पैक किए जाते हैं।
- अंतरिक्ष भोजन वितरित करना- वाणिज्यिक दल भी अंतरिक्ष स्टेशन पर कार्गो पहुँचाने में मदद करते हैं।
- अंतरिक्ष में भोजन करना- एक बार जब अंतरिक्ष यात्री भोजन के लिए तैयार हो जाते हैं, तो वे आवश्यक मात्रा में पानी डालकर भोजन को पुनः हाइड्रेट करते हैं। सूटकेस जैसा खाना गरम करने वाले मशीन भोजन के लिए उपयोग किया जाता है जिसे गर्म करने की आवश्यकता होती है।
- अंतरिक्ष भोजन उपोत्पाद- खाद्य पदार्थों को पकाया जाता है, जल्दी से जमे हुए और फिर धीरे-धीरे एक निर्वात कक्ष में गर्म किया जाता है ताकि हिमीकरण प्रक्रिया द्वारा गठित बर्फ के क्रिस्टल को हटाया जा सके।

### 7. निष्कर्ष:-

मानव जाति के इतिहास में, खोजकर्ता यह देखने के लिए रवाना हुए थे कि क्षितिज के ऊपर क्या था, और सचमुच लाखों लोग भोजन और पोषण विफलताओं के कारण वापस नहीं आ पाए, यह एक कठोर वास्तविकता बनी हुई है। यदि हम आने वाले दशकों में मनुष्यों को चंद्रमा और मंगल पर भेजने जा रहे हैं, तो यह सुनिश्चित

करने के लिए कि खाद्य प्रणाली अंतरिक्ष वाहनों की बाधाओं के भीतर फिट बैठती है और अंतरिक्ष यात्रियों की रक्षा करती है, अभी काम पूरा करने की आवश्यकता है। हमें यह सुनिश्चित करना चाहिए कि अंतरिक्ष अन्वेषण में अगली विशाल छलांग अच्छी तरह से पोषित हो। गगनयान मिशन के लिए डी.एफ.आर.एल द्वारा विकसित किये जा रहे अंतरिक्ष भोजन के लिए मानक बनाए जा रहे हैं। उपयुक्त तरल वितरण प्रणाली का डिजाइन, सिस्टम का पुनर्गठन और पुनर्जलीकरण, खाद्य हीटर और खाद्य अपशिष्ट निरोधक बैग सभी कार्य बड़ी चुनौतियों से जुड़े हुए हैं। इन्हीं चुनौतियों पर वैज्ञानिक कार्य कर रहे हैं।

### 8. संदर्भ :-

1. Jiahui Jiang Min Zhang. (2019) Current processing and packing technology for space foods: a review, pages 3573-3588 ,<https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1700348>
2. Grace L Douglas, Sara R Zwart, Scott M Smith , Space Food for Thought: Challenges and Considerations for Food and Nutrition on Exploration Missions; The Journal of Nutrition, Volume 150, Issue 9, September 2020, Pages 2242-2244, <https://doi.org/10.1093/jn/nxaa188>
3. Charu Gupta and Sneha Gupta (2010), "Food for Space"; International Journal of Biological Technology (2010) 1(1):121-123.
4. Space Food Packaging Facts; <https://www.eriesd.org> lib
5. <https://discoverspace.org>
6. <https://spacecenter.org>
7. <https://www.onmanorama.com>

### 9. आभार :-

हिंदी तकनीकी संगोष्ठी 2022 में यह हमारा पहला लेख है। इसमें अपने लेख प्रस्तुत करने का अवसर प्रदान करने हेतु संगोष्ठी आयोजन समिति, अंतरिक्ष विभाग/इसरो मुख्यालय बेंगलूरु को हार्दिक धन्यवाद!

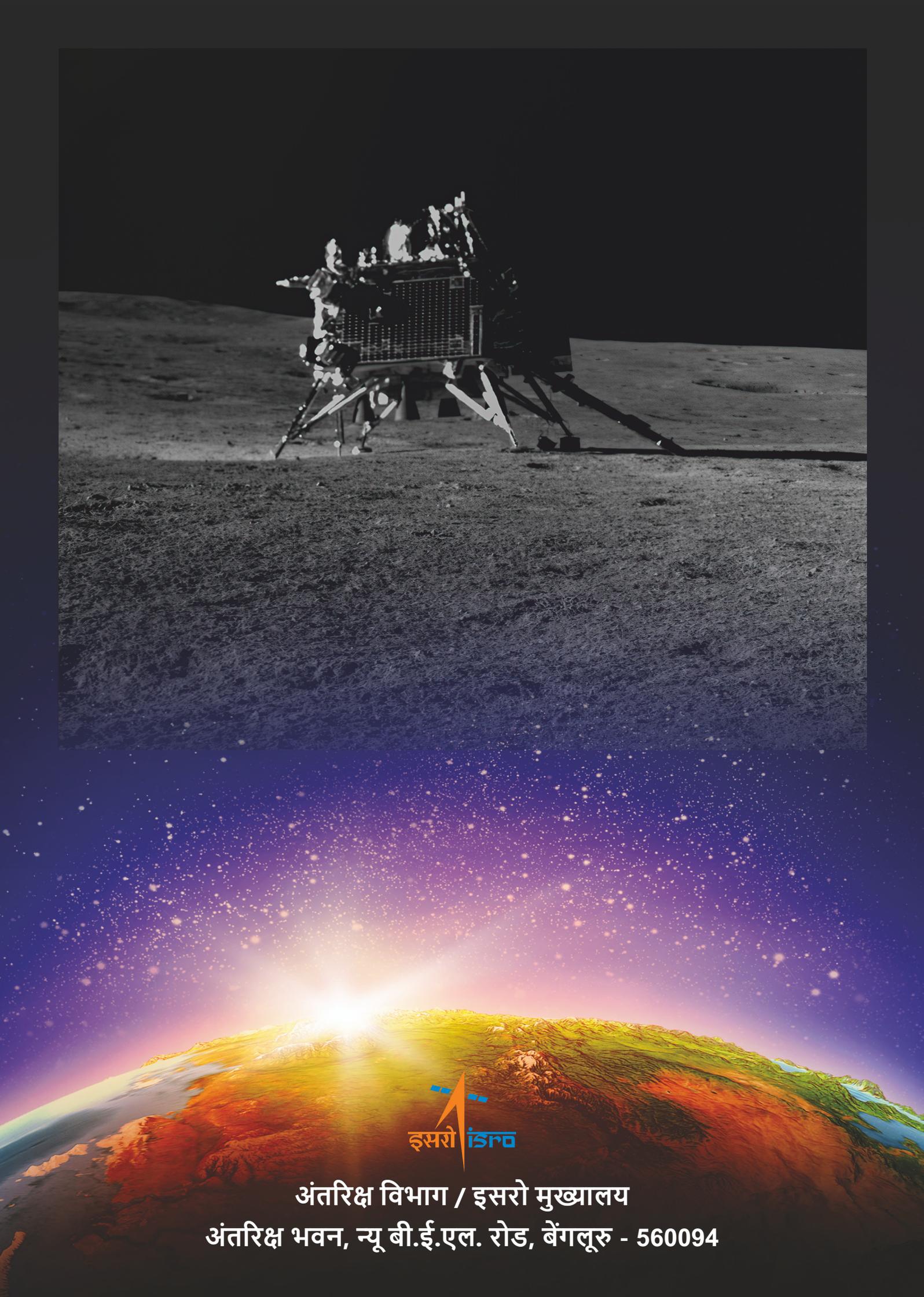
### लेखक परिचय:



बिन्दिया साहू ने वर्ष 2004 में पटना विश्वविद्यालय से इलेक्ट्रॉनिकी एवं संचार इंजीनियरिंग में बी.ई. डिग्री प्राप्त की। सैम्संग में अभियंता के रूप में कार्य किया है। वर्ष 2006 में इस्ट्रेक बेंगलूरु में कार्य आरंभ किया। 2007 से दिल्ली भू केंद्र प्रभाग, में कार्यरत हैं। वर्ष 2018 में इंदिरा गाँधी दिल्ली तकनीकी यूनिवर्सिटी ऑफ़ वीमेन, कश्मीरी गेट, दिल्ली से इलेक्ट्रॉनिकी एवं संचार इंजीनियरिंग में एम.टेक. डिग्री प्राप्त की।



श्रीमती के. शहाना ने 1990 में इसरो उपग्रह केंद्र, बेंगलूरु में कार्य आरंभ किया। वर्ष 2007 में एम. टेक. डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2001 से दिल्ली भू केंद्र प्रभाग, में कार्यरत हैं। वर्तमान में दिल्ली भू केंद्र प्रभाग, की प्रधान हैं।



अंतरिक्ष विभाग / इसरो मुख्यालय  
अंतरिक्ष भवन, न्यू बी.ई.एल. रोड, बेंगलूरु - 560094