HAP Solar UAV: Green and Smart

India has developed the High Altitude Platform Pseudo Satellite (HAPS), becoming the third country in the world to possess the technology after South Korea and the UK. The vehicle can operate at high altitudes of 18 to 20 kilometres and is capable of offering consistent aerial surveillance and monitoring. As it draws energy from the Sun, flexible solar panels are mounted on its wings for the generation of power sufficient enough to not only run the motors and equipment, but to store energy for flight during night time, in high energy density batteries.

The Council for Scientific and Industrial Research (CSIR)'s Bengaluru based National Aerospace Laboratories (NAL) has developed a deep technology innovation called High Altitude Platform (HAP) vehicle. This is a solar powered Unmanned Aerial Vehicle (UAV) having beyond visual line of sight operation capability. It is predicted to be a game changer technology that works as a pseudo satellite, hence HAP with a payload is often referred to as a High-Altitude Pseudo Satellite (HAPS). Payload refers to load carried by a vehicle exclusively necessary for its operation.

HAPs offers extensive applications in several civilian and military operations. These include maritime and land surveillance, disaster response, environmental monitoring, border control applications, intelligent transportation systems, emergency and public safety communications, and restoration of communication network, avoiding the chance of network failures. Support to Search and Rescue (SAR) activities, evidence collection and early warning are other vital areas wherein HAP HAP-based operations can be undertaken.

What is HAP?

A High Altitude Platform (HAP) refers to an unmanned aerial vehicle positioned approximately 20 kilometers above the Earth's surface within the stratosphere, serving as a crucial component of telecommunication or earth observation networks. This specific altitude is strategically selected to ensure it operates beyond regular flight routes and adverse weather conditions.

HAPs possess the remarkable ability to remain airborne for up to 90 days while stationed over a single geographical area. This feature sets them apart from conventional UAVs like the widely known Global Hawk or Predator.

The question arises: why not rely solely on satellites? Often referred to as high altitude pseudo satellites when equipped with payloads, HAPs offer a distinctive advantage over satellites. They blend the prolonged geographic coverage of geostationary satellites with the agility of aircraft for re-tasking and redeployment, a capability satellites lack. This unique combination bridges the gap between traditional aircraft and satellites. Additionally, while balloons have been experimented with over the years, they lack control over their position due to prevailing winds and solar heating, making them less reliable than HAPs.

HAP aircrafts are solar-secondary battery vehicles and fall under the category of High Altitude Long Endurance (HALE) aircraft. However, the existing aircrafts under HALE have an endurance of up to 48 hours and are powered through conventional sources of energy. This is not the case with NAL's HAP prototype as it runs on a non-conventional source of energy - the Sun.

HAPS are a value-addition to the kind of jobs performed by UAVs and satellites, where both have their limitations. Drones and UAVs are operated via batteries and cannot stay in the air for more than a few hours, rendering them not fit for continuous monitoring. Furthermore, they can fly only upto a certain height, usually lower than what HAPS are capable of.

HAPs have surmounted these challenges and demonstrate unparalleled performance in the uppermost layer of the atmosphere, the stratosphere, showcasing remarkable capability. In contrast to geostationary satellites that are expensive and cannot be repositioned, once deployed, HAPS have an added benefit of being easily redeployed over another location and can be re-equipped with a different load.

Collaborations for Making HAPS Market-Ready

The HAPS technology is progressing towards commercial viability, with multiple startups vying to develop similar vehicles and exploring avenues for collaboration. These autonomous vehicles hold promise to offer services at a fraction of the cost compared to conventional satellites.

Currently, the Airbus Zephyr stands as the sole operational HAPS globally, achieving a remarkable 64-day continuous flight in the deserts of Arizona, USA. Across the globe, efforts are underway in countries such as the United States, United Kingdom, Germany, and New Zealand.

The Test Flight

Between January 23 and February 2, 2024, researchers at the CSIR-National Aerospace

Laboratories in Bengaluru carried out a series of flight trials spanning over 10 days for a scaled-down version of the HAPS. The trials took place at the Defence Research and Development Organisation's Aeronautical Test Range (ATR) in Challakere, Karnataka. All essential payloads and flight systems were incorporated into the tests, replicating conditions expected during full-scale operations. Impressively, the prototype outperformed initial expectations.

The Way Forward

CSIR-NAL aims for 90-day HAPS operations, recognising that endurance depends on factors like atmospheric conditions and equipment performance. The institute concentrates on developing crucial components for this objective, including propellers, battery management systems, carbon-composite airframes, flight-control systems, and high-powered electric motors capable of withstanding extreme temperature variations. Future objectives involve achieving continuous 24-hour flight during forthcoming

trials to further validate the aircraft's energy storage and solar battery recharging capabilities. By 2027, India anticipates deploying refined HAPS technology featuring a full-scale airframe tailored for real-world applications. This full-scale model is projected to possess a wingspan of approximately 30 meters and weigh 150 kilograms. Operating at a leisurely speed of 80-100 kilometers per hour, it will be capable of sustaining flight for 90 days at altitudes ranging from 17-20 kilometers, with a payload capacity of 15 kilograms.

The CSIR-NAL's HAP

represents a remarkable engineering feat, defying conventional expectations. Despite boasting a wingspan comparable to a Boeing 737, its weight is merely equivalent to that of a standard motorcycle. This impressive achievement is attributed to the necessity of generating all flight energy and supporting payloads solely through solar photovoltaic cells on its wings during daylight hours, with stored battery power sustaining operations through the night. This demands an exceptionally energy-efficient design, presenting a significant engineering challenge.

Thus far, only the Zephyr aircraft, now under Airbus ownership, has successfully achieved this remarkable feat. Recently, CSIR-NAL conducted a flight test of a subscale HAP, reaching altitudes of up to three kilometers and sustaining flight for nearly eight and a half hours. This milestone instills confidence in India's ability to overcome the challenges associated with operating full-scale aircraft in the stratosphere.

HAPS: Benefits and Challenges

Benefits	Challenges
Low data latency: HAPS networks are optimised to handle large volumes of data with minimal delay, ensuring swift processing and transmission.	Solar power dependency: HAPS rely on solar power to sustain their flight and recharge their batteries, necessitating sufficient sunlight for continuous operation.
High bandwidth: HAPS offer high download speeds, facilitating rapid data transfer and communication.	Battery performance: The batteries powering HAPS must be capable of supporting flight during periods of limited sunlight, such as nighttime, requiring efficient energy storage and management systems.
Launching flexibility: HAPS can be launched and maneuvered with relative ease, providing flexibility in deployment and operation.	Extreme temperatures: Operating in the stratosphere exposes HAPS to temperatures as low as minus 50 degrees Celsius, placing additional strain on power resources and necessitating measures to maintain optimal operating temperatures.
Low cost: HAPS present a cost-effective alternative to traditional satellite systems, with reduced deployment and maintenance expenses.	Unpredictable weather: HAPS face challenges in confronting unpredictable weather conditions at higher elevations, potentially affecting their performance and stability during flight.
Long endurance: HAPS can remain aloft for extended periods, ranging from months to years, thanks to their solar cell-powered battery recharging capacity.	Atmospheric conditions: While the stratosphere offers stability for flight, other atmospheric factors such as winds and turbulence can pose challenges to HAPS operations, requiring advanced control systems for navigation and stability.
Solar-powered operation: HAPS utilise solar cells and batteries to sustain their flight, enabling autonomous operation in the stratos phere without the need for frequent refueling or recharging.	
Satellite-like persistence: HAPS exhibit characteristics akin to satellites, offering persistent coverage and surveillance capabilities over targeted areas without the expense of high-cost rocket launcher.	
Enhanced flexibility: HAPS feature modular payloads and versatile targeting capabilities, allowing for efficient adaptation and redirection of resources as needed.	

Contributed by Media Communication Cell CSIR-NIScPR, New Delhi.

ग्रीन और स्मार्ट सौर ऊर्जा संचालित मानवरहित हवाई वाहन

वैज्ञानिक तथा औद्योगिक अनुसंधान परिषद् (CSIR) की बेंगलुरु स्थित नेशनल एयरोस्पेस लेबोरेटरीज (NAL) ने हाई एल्टीट्यूड प्लेटफॉर्म (HAP) वाहन नामक एक गहन प्रौद्योगिकी नवाचार विकसित किया है. यह सौर ऊर्जा संचालित मानवरहित वायुयान (UAV) है, जिसमें दृश्य-रेखा से परे संचालन क्षमता है. इसे एक गेम चेंजर तकनीक कहा जा रहा है, जो छद्म उपग्रह के रूप में काम करती है, इसलिए पेलोड के साथ HAP को अक्सर अधिक ऊंचाई वाले छद्म उपग्रह (HAPS) के रूप में जाना जाता है. उल्लेखनीय है कि पेलोड का तात्पर्य किसी वाहन द्वारा उसके संचालन के लिए विशेष रूप से आवश्यक भार से होता है.

HAP कई नागरिक और सैन्य अभियानों में व्यापक अनुप्रयोग प्रदान करता है. इन नागरिक और सैन्य अभियानों में समुद्री और भूमि निगरानी, आपदा प्रतिक्रिया, पर्यावरण निगरानी, सीमा नियंत्रण अनुप्रयोग, बुद्धिमान परिवहन प्रणाली, आपातकालीन और सार्वजनिक सुरक्षा संचार और नेटवर्क विफलताओं की आशंका से बचने के लिए संचार नेटवर्क की बहाली शामिल है. खोज और बचाव (SAR) गतिविधियों का समर्थन, साक्ष्य संग्रह और प्रारंभिक चेतावनी अन्य महत्वपूर्ण क्षेत्र हैं, जहां एचएपी आधारित कार्य संपन्न किए जा सकते हैं.

HAPS प्रौद्योगिकी रखने वाले चुनिंदा देशों की सूची में दक्षिण कोरिया और यूनाइटेड किंगडम के बाद भारत तीसरे स्थान पर है. यह सौर ऊर्जा संचालित मानवरहित वायुयान (UAV) 18 से 20 किलोमीटर की ऊंचाई पर काम कर सकता है और लगातार हवाई निगरानी करने में भी पूर्णतः सक्षम है. चूंकि यह सौर ऊर्जा से संचालित होता है, इसलिए इसके पंखों पर लचीले सौर पैनल लगाए जाते हैं, ताकि न केवल मोटरों और उपकरणों को चलाने के लिए पर्याप्त बिजली उत्पन्न की जा सके, बल्कि रात में उड़ान के लिए उच्च ऊर्जा घनत्व वाली बैटरियों में ऊर्जा को संग्रहित किया जा सके.

एचएपी क्या है?

हाई एल्टीट्यूड प्लेटफॉर्म (HAP) एक मानव रहित वायुयान को संदर्भित करता है, जो समताप मंडल के भीतर पृथ्वी की सतह से लगभग 20 किलोमीटर ऊपर स्थित होता है और दूरसंचार या पृथ्वी अवलोकन नेटवर्क के महत्वपूर्ण घटक के रूप में कार्य करता है. यह विशिष्ट ऊंचाई रणनीतिक रूप से चुनी गई है, ताकि सुनिश्चित किया जा सके कि यह नियमित उड़ान मार्गों और प्रतिकूल मौसम की स्थिति से हटकर संचालित हो.

HAP में एक भौगोलिक क्षेत्र में तैनात रहते हुए 90 दिनों तक हवा में रहने की उल्लेखनीय क्षमता होती है. यह सुविधा उसे व्यापक रूप से ज्ञात ग्लोबल हॉक या प्रिडेटर जैसे पारंपरिक यूएवी से अलग करती है.

अहम सवाल: केवल उपग्रहों पर ही निर्भर क्यों नहीं रहा जा सकता? पेलोड से सुसज्जित होने पर अक्सर उच्च ऊंचाई वाले छद्म उपग्रहों के रूप में इसे जाना जाता है, जो कि HAP उपग्रहों पर एक विशिष्ट लाभ प्रदान करते हैं. वे भूस्थैतिक उपग्रहों के लंबे समय तक भौगोलिक कवरेज को पुनः प्राप्त और पुनः तैनाती के लिए विमान की चपलता के साथ मिश्रित करते हैं, यह अनोखा संयोजन पारंपरिक विमानों और उपग्रहों के बीच की दूरी को पाटता है.

इसके अतिरिक्त, जबकि गुब्बारों का प्रयोग वर्षों से किया जा रहा है, प्रचलित हवाओं और सौर ताप के कारण उनमें अपनी स्थिति पर नियंत्रण नहीं होता है, जिससे वे HAP की तुलना में कम विश्वसनीय हो जाते हैं.

सौर-माध्यमिक बैटरी वाहन HAP विमान हाई एल्टीट्यूड लॉन्ग एंड्योरेंस HALE विमान की श्रेणी में आते हैं. हालांकि, HALE के तहत मौजूदा विमानों की क्षमता 48 घंटे तक है और ये ऊर्जा के पारंपरिक स्रोतों से संचालित होते हैं. NAL के HAP प्रोटोटाइप के मामले में ऐसा नहीं है, क्योंकि यह ऊर्जा के गैर-पारंपरिक स्रोत- सूर्य पर चलता है.

HAPS UAV और उपग्रहों द्वारा किए जाने वाले कार्यों के लिए एक मूल्यवर्धन है, जहां दोनों की अपनी-अपनी सीमाएं हैं. ड्रोन और UAV बैटरी से संचालित होते हैं, इसलिए कुछ घंटों से अधिक समय तक हवा में नहीं रह सकते हैं. ऐसे में वे निरंतर निगरानी के लिए उपयुक्त नहीं होते हैं. इसके अलावा, वे केवल एक निश्चित ऊंचाई तक ही उड़ सकते हैं, जो आमतौर पर HAPS की क्षमता से कम होती है.

HAPs ने इन चुनौतियों पर विजय हासिल की है और उल्लेखनीय क्षमता का प्रदर्शन करते हुए वायुमंडल की सबसे ऊपरी परत, यानी समताप मंडल में अद्वितीय प्रदर्शन किया है. जियोस्टेशनरी उपग्रहों के विपरीत, जो महंगे हैं और जिन्हें एक बार तैनात किया जा सकता है, उन्हें दोबारा स्थापित नहीं किया जा सकता है. HAPS के पास आसानी से किसी अन्य स्थान पर फिर से तैनात होने का एक अतिरिक्त लाभ है और इसे एक अलग भार के साथ फिर से साज-सज्जित किया जा सकता है.

HAPS को बाजार के लिए तैयार बनाने के लिए सहयोग

HAPS तकनीक व्यावसायिक व्यवहार्यता की दिशा में तेजी से अग्रसर है. स्वाभाविक तौर पर ऐसे में कई स्टार्टअप समान वाहन विकसित करने और सहयोग के रास्ते तलाशने की होड़ में हैं. ये स्थायित्व वाहन पारंपरिक उपग्रहों की तुलना में लागत के एक अंश पर सेवाएं प्रदान करने का वादा करते हैं.

अभी एयरबस जेफायर फिलहाल स्तर पर एकमात्र परिचालन HAPS के रूप में खड़ा है, जिसने अमरीका के एरिजोना के रेगिस्तान में 64 दिन की उल्लेखनीय उड़ान हासिल की है. दुनियाभर में संयुक्त राज्य अमरीका, यूनाइटेड किंगडम, जर्मनी और न्यूजीलैंड जैसे देशों में भी इस दिशा में प्रयास जारी हैं.

परीक्षण उड़ान

23 जनवरी और 2 फरवरी, 2024 के बीच बेंगलूरु में CSIR-नेशनल एयरोस्पेस प्रयोगशालाओं के शोधकर्ताओं ने HAPS के एक छोटे संस्करण के लिए 10 दिन तक चलने वाले उड़ान परीक्षणों की एक शृंखला को अंजाम दिया है. ये परीक्षण कर्नाटक के चैलकेरे में रखा अनुसंधान और विकास संगठन के एयरोनॉटिकल टेस्ट रेंज (ATR) में हुए. सभी आवश्यक पेलोड और उड़ान प्रणालियों को पूर्ण पैमाने के संचालन के दौरान अपेक्षित स्थितियों की नकल करते हुए परीक्षणों में शामिल किया गया था. खास बात यह रही कि प्रभावशाली ढंग से प्रोटोटाइप ने प्रारंभिक अपेक्षाओं से कहीं बेहतर प्रदर्शन किया.

भविष्य की राह

यह जानते और मानते हुए कि सहनशक्ति वायुमंडलीय स्थितियों और उपकरण प्रदर्शन जैसे कारकों पर निर्भर करती है, CSIR-NAL का लक्ष्य 90-दिवसीय HAPS संचालन का है. यही वजह है कि इस उद्देश्य को हासिल करने के लिए CSIR-NAL महत्वपूर्ण घटकों को विकसित करने पर अपना ध्यान केंद्रित कर रहा है. इसमें प्रोपेलर, बैटरी प्रबंधन प्रणाली, कार्बन-मिश्रित एयरफ्रेम, उड़ान-नियंत्रण प्रणाली और अत्यधिक तापमान भिन्नता का सामना करने में सक्षम उच्च शक्ति वाले इलेक्ट्रिक मोटर शामिल हैं. भविष्य के उद्देश्यों में विमान की ऊर्जा भंडारण और सौर बैटरी रिचार्जिंग क्षमता को और अधिक मान्य करने और प्रभावी बनाने के लिए आगामी परीक्षणों के दौरान निरंतर 24 घंटे की उड़ान हासिल करना शामिल है. वर्ष 2027 तक भारत वास्तविक दुनिया के अनुप्रयोगों के लिए सैचार पूर्ण पैमाने के एयरफ्रेम की विरोधाभास वाली परिष्कृत HAPS तकनीक को तैनात करने की उम्मीद करता है. इस पूर्ण-स्तरीय मॉडल के पंखों का फैलाव लगभग 30 मीटर और वजन 150 किलोग्राम होने का अनुमान है. 80-100 किलोमीटर प्रति घंटे की धीमी गति से संचालित होने वाला यह वायुयान 15 किलोग्राम की पेलोड क्षमता के साथ 17-20 किलोमीटर की ऊंचाई पर 90 दिन तक उड़ान भरने में सक्षम होगा.

CSIR-NAL की HAP

CSIR-NAL का HAP पारंपरिक उम्मीदों को धता बताते हुए एक उल्लेखनीय इंजीनियरिंग उपलब्धि का प्रतीकात्मक है. खास बात यह है कि बोइंग-737 के बराबर पंखों का फैलाव होने के बावजूद इसका वजन एक मानक मोटरसाइकिल के समान है. इस प्रभावशाली उपलब्धि का श्रेय सभी उड़ान ऊर्जा उत्पन्न करने और दिन के उजाले के दौरान इसके पंखों पर सौर फोटोवोल्टिक सेल के जरिये पूरी तरह से पेलोड का समर्थन करने की जरूरत को दिया जाता है, जिससे संग्रहीत बैटरी शक्ति रात में संचालन को बनाए रखती है. यह एक असाधारण ऊर्जा-कुशल डिजाइन की मांग करता है और साथ ही एक महत्वपूर्ण इंजीनियरिंग चुनौती भी पेश करता है.

अब तक, केवल जेफायर विमान, जो अब एयरबस के स्वामित्व में है, ने सफलतापूर्वक यह उल्लेखनीय उपलब्धि हासिल की है. हाल ही में CSIR-NAL ने एक सार्वजनिक HAP का उड़ान परीक्षण किया, जो तीन किलोमीटर तक की ऊंचाई तक पहुंच गया और लगभग साढ़े आठ घंटे तक उड़ान भरने में सफल रहा. स्वाभाविक रूप से यह मील का पत्थर समताप मंडल में पूर्ण पैमाने के विमानों के संचालन से जुड़ी चुनौतियों से निपटने की भारत की क्षमता में भरपूर विश्वास उत्पन्न करता है.

HAPS: लाभ और चुनौतियां

लाभ	चुनौतियां
कम डेटा विलंबता: HAPS नेटवर्क को न्यूनतम विलंब के साथ बड़ी मात्रा में डेटा को संभालने के लिए अनुकूलित किया गया है. इससे तेज प्रसंस्करण और ट्रांसमिशन सुनिश्चित होता है.	सौर ऊर्जा पर निर्भरता: HAPS अपनी उड़ान को बनाए रखने और अपनी बैटरियों को रिचार्ज करने के लिए सौर ऊर्जा पर निर्भर है. इससे निरंतर संचालन के लिए पर्याप्त सूर्य के प्रकाश की आवश्यकता होती है.
उच्च बैंडविड्थ: HAPS उच्च डाउनलोड गति प्रदान करता है, जिससे तेजी से डेटा स्थानांतरण और संचार की सुविधा मिलती है.	बैटरी क्षमता: HAPS को कायम रखने वाली बैटरियां सीमित सूर्य के प्रकाश की अवधि, जैसे रात में उड़ान का समर्थन करने में सक्षम होनी चाहिए, जिसके लिए कुशल ऊर्जा भंडारण और प्रबंधन प्रणालियों की आवश्यकता होती है.
लॉन्चिंग लचीलापन: HAPS को अपेक्षाकृत आसानी से लॉन्च और संचालित किया जा सकता है, जिससे तैनाती और संचालन में लचीलापन मिलता है.	अत्यधिक तापमान: समताप मंडल में काम करने से HAPS का तापमान शून्य से 50 डिग्री सेल्सियस नीचे चला जाता है, जिससे बिजली संसाधनों पर अतिरिक्त दबाव पड़ता है और इसमें ऑपरेटिंग तापमान बनाए रखने के उपायों की आवश्यकता होती है.
कम खर्च: HAPS कम तैनाती और रखरखाव खर्च के साथ पारंपरिक उपग्रह प्रणालियों का एक किफायती विकल्प प्रस्तुत करता है.	अप्रत्याशित मौसम: HAPS को अधिक ऊंचाई पर अप्रत्याशित मौसम की स्थिति का सामना करने में चुनौतियों का सामना करना पड़ता है, जो संभावित रूप से उड़ान के दौरान उसके प्रदर्शन और स्थिरता को प्रभावित करता है.
लंबी सक्रियता: HAPS अपनी सौर सेल-संचालित बैटरी रिचार्जिंग क्षमता के कारण महीनों से लेकर वर्षों तक विस्तारित अवधि तक सक्रिय रह सकता है.	वायुमंडलीय परिस्थितियां: जबकि समताप मंडल उड़ान के लिए स्थिरता प्रदान करता है, हवाएं और अशांति जैसे अन्य वायुमंडलीय कारक HAPS संचालन के लिए चुनौतियां उत्पन्न कर सकते हैं, जिसके लिए नेविगेशन और स्थिरता के लिए उन्नत नियंत्रण प्रणालियों की आवश्यकता होती है.
सौर-संचालित संचालन: HAPS अपनी उड़ान को बरकरार रखने के लिए सौर कोशिकाओं और बैटरियों का इस्तेमाल करता है. इससे बार-बार ईंधन भरने या रिचार्जिंग की जरूरत के बिना समताप मंडल में स्थायित्व संचालन सक्षम होता है.	
उपग्रह जैसी दृढ़ता: HAPS उपग्रहों के समान विरोधाभासों को प्रदर्शित करता है, जो उच्च लागत वाले रॉकेट लॉन्च के खर्च के बिना लक्षित क्षेत्रों पर लगातार कवरेज और निगरानी क्षमता प्रदान करता है.	
उन्नत लचीलापन: HAPS में मॉड्यूलर पेलोड और बहुमुखी लक्ष्यीकरण क्षमताएं हैं, जो जरूरत के अनुसार संसाधनों के कुशल अनुकूलन और पुनर्निर्देशन की अनुमति देती हैं.	

स्रोत: साइंस मीडिया संचार सेल, CSIR-NIScPR, नई दिल्ली