StarRoad: कार्यकारी सारांश

StarRoad पृथ्वी से अंतरिक्ष तक जाने वाले अतिभारी श्रेणी के विद्युतचुंबकीय परिवहन गलियारे की अवधारणा है। विचार सरल है: प्रक्षेपण प्रणोदक को रॉकेट पर ढोने के बजाय, पुनःप्रयोग योग्य शटल को लगभग 2,050 किमी लंबी भूमिगत निर्वात मैग्लेव सुरंग **में** करीब 11 किमी/सेकंड तक त्वरित **किया** जाता है। इसके बाद भारी AstroLiner जड़त्व के सहारे 50–60 सेकंड में वायुमंडल पार करता है और निम्न पृथ्वी कक्षा को मध्यवर्ती पड़ाव बनाए बिना उच्च-ऊर्जा पथों पर पहुँचता है। StarRoad के लिए द्रव्यमान समस्या नहीं, लाभ है।

परियोजना विरल रिकॉर्ड-तोड़ प्रक्षेपणों के लिए नहीं, बल्कि निरंतर माल प्रवाह के लिए है: कक्षीय विद्युत संयंत्र, डेटा केंद्र, अंतर-कक्षीय टग, पोत-निर्माण केंद्र, चंद्र अवसंरचना, क्षुद्रग्रह खनन और बड़े औद्योगिक परिसर।

मुख्य मानदंड

- त्वरक की लंबाई: ~2,050 **किमी**।
- त्वरण सुरंग का अनुप्रस्थ काट: ~17.5 **× 12.5 मी (दीर्घवृत्ताकार)।**
- निर्वात सुरंग की अधिकतम गहराई: 5–8 **किमी।**
- निकास प्रवेश-द्वार: समुद्र **तल** से लगभग 3,400 मी ऊपर।
- निकास वेग: ~11 कि**मी/सेकंड**।
- AstroLiner के आयाम और ज्यामिति: लंबाई **~150 मी; दीर्घवृत्ताकार काट ~10 × 15 मी; अतिध्वनिक वेज आकार।**
- AstroLiner का प्रक्षेपण द्रव्यमान: **~15,000** टन।
- आधारभूत वहन-भार: अधिकतम **~10,000** टन।
- प्रारंभिक संचालन: प्रति **वर्ष 12–24 प्रक्षेपण**।
- परिपक्व संचालन: प्रति **वर्ष 1,000 से अधिक, बाद में** 1,500 से अधिक **प्रक्षेप**ण।
- प्रायोगिक चरण में प्रक्षेपण लागत: $80–**120/किग्रा।**
- परिपक्व चरण की लक्षित लागत: $1–10/किग्रा; **नेटवर्क** बढ़ने पर इससे भी कम हो सकती है।
- अनुमानित पूंजीगत व्यय: लगभग 300 **अरब** डॉलर।

रॉकेट से मूल अंतर यह है कि StarRoad एक 'बड़ा रॉकेट' नहीं, बल्कि अवसंरचना है। रेलमार्ग या विद्युत ग्रिड की तरह इसे बनाना महँगा है, पर इसे बार-बार चलाने और इसकी क्षमता बढ़ाने के लिए बनाया गया है।

StarRoad किन समस्याओं को हल करता है

अंतरिक्ष अर्थव्यवस्था की मुख्य बाधा केवल प्रति किलोग्राम लागत नहीं, **बल्कि परिवहन क्षमता है।** रॉकेट सस्ते हो सकते हैं, फिर भी वे सीमित वहन-भार, जटिल तैयारी और प्रणोदक, प्रक्षेपण स्थलों तथा रसद पर निर्भरता वाले अलग-अलग प्रक्षेपण ही रहते हैं।

StarRoad कई समस्याओं को एक साथ संबोधित करता है:

1. **बड़े पैमाने का माल** प्रवाह — प्रति यात्रा दसियों या सैकड़ों नहीं, बल्कि हजारों टन।
2. **यान पर प्रक्षेपण प्रणोदक नहीं** — त्वरण की ऊर्जा जमीन पर रहती है।
3. **ऊँची कक्षाओं तक सीधी पहुँच — निम्न** पृथ्वी कक्षा में ईंधन भरने, डॉकिंग या खींचने की आवश्यकता नहीं।
4. **अवसंरचना-आधारित निवेश-वसूली —** परियोजना को केवल प्रक्षेपण बाजार पर निर्भर नहीं रहना पड़ता।
5. **तकनीकी यथार्थवाद** — मौजूदा तकनीकी समाधानों पर आधारित।

ऊर्जा-समर्थित आत्मनिर्भरता

StarRoad में भू-तापीय स्वायत्त ताप-ऊर्जा प्रणाली शामिल है। यह गहरी सुरंग को ठंडा करती है, उसके तापीय वातावरण को स्थिर करती है और साथ ही बिजली उत्पन्न करती है। लगभग 2.5 **गीगावाट** क्षमता वाले चालीस टर्मिनल कुल **लगभग 100** गीगावाट दे सकते हैं। इस बिजली को अवसंरचना दरों पर बेचने से हर वर्ष दसियों **अरब डॉलर की अलग आय बन सकती** है।

दूसरा ऊर्जा चक्र अंतरिक्ष-आधारित सौर विद्युत संयंत्रों से बनता है। एक प्रक्षेपण ~2 गीगावाट श्रेणी का ऐसा संयंत्र पहुँचा **सकता** है, जो उच्च उपलब्धता पर लगभग 17.5 टेरावाट-घंटा **प्रति वर्ष उत्पन्न** करेगा। इससे प्रक्षेपणों के लिए बाजार और ऊर्जा आय का अतिरिक्त स्रोत बनता है।

विकल्पों से तुलना

अवधारणा	मुख्य समस्या	StarRoad क्या बदलता है
रासायनिक रॉकेट / Starship	प्रणोदक की खपत, चरण, पुनःईंधन, सीमित क्षमता और निम्न पृथ्वी कक्षा से आगे महँगी रसद	त्वरण स्थिर प्रणाली देती है; हर यात्रा हजारों टन ऊँची कक्षाओं तक ले जाती है
StarTram Gen2	वायुमंडल में निर्वात नली, लटका हुआ मार्ग, प्लाज़्मा विंडो और अत्यंत विशाल बाहरी संरचना	मुख्य मार्ग भूमिगत है; आसपास की चट्टान निर्वात की रक्षा करती है; निकास ऊँचाई पर बने जमीनी प्रवेश-द्वार से होता है
Launch Loop	सक्रिय गतिशील लूप, लगातार स्थिरीकरण और पूरी संरचना को प्रभावित करने वाला विफलता जोखिम	निष्क्रिय रूप से संरक्षित भूमिगत अवसंरचना; लगातार सक्रिय सहारे के बजाय स्पंदित संचालन
अंतरिक्ष लिफ्ट	टेदर सामग्री की सीमाएँ, असाधारण लंबाई, अंतरिक्ष मलबे और उल्किकणों के प्रति संवेदनशीलता तथा धीमा माल प्रवाह	अतिविशिष्ट सामग्री की जरूरत नहीं; सुरंग, मैग्लेव, ऊर्जा प्रणालियाँ और भारी अभियांत्रिकी उपयोग होती हैं
Skyhook / कक्षीय टेदर	पकड़ बिंदु तक पहुँचने के लिए फिर भी रॉकेट चाहिए; सीमित आवृत्ति और जटिल कक्षीय गतिकी	StarRoad भारी माल का उच्च-ऊर्जा कक्षाओं तक सीधा, बड़े पैमाने का प्रवाह बनाता है
SpinLaunch	अत्यधिक त्वरण भार, छोटा वहन-भार और अनिवार्य ऊपरी रॉकेट चरण	StarRoad अतिभारी वहन-भार और पूरी बनी हुई बड़ी संरचनाओं के लिए है
कक्षीय वलय	संभावित रूप से उच्च क्षमता, पर पहले से परिपक्व अंतरिक्ष उद्योग आवश्यक	StarRoad उस उद्योग को जन्म देने वाली संक्रमणकालीन अवसंरचना बन सकता है

मुख्य लाभ

StarRoad का मुख्य लाभ उसकी विस्तार **योग्य परिवहन क्षमता है।** कक्षीय रिंग को छोड़कर लगभग हर विकल्प, विशेषकर द्रव्यमान प्रवाह में, StarRoad से पीछे है। रॉकेट सस्ते हो जाएँ, तब भी अलग-अलग 'प्रक्षेपणों' से प्रति वर्ष लाखों टन के सतत माल प्रवाह तक पहुँचना उनके लिए कठिन है। StarRoad शुरू से औद्योगिक गलियारे के रूप में बनाया गया है: पहले महँगा, फिर आत्मनिर्भर और परिपक्व अवस्था में अंतरिक्ष अर्थव्यवस्था की नींव।