

देवभूमि की आपदाएँ – कारण, तकनीक और समाधान

कक्षा 9–12 के विद्यार्थियों और शिक्षकों के लिए पठन सामग्री (वीडियो के साथ पढ़ें)।

प्रस्तुति: Ramesh Badoni, Physics & IT Faculty, SCERT Uttarakhand.

1. परिचय: सुंदर पर नाज़ुक हिमालय

उत्तराखंड का अधिकांश भाग पहाड़ी है—ऊँची चोटियाँ, ग्लेशियर, गहरी घाटियाँ और तेज़ बहती नदियाँ। यही भूगोल इसे बादल फटने, भूस्खलन, बाढ़, जंगल की आग और भूकंप के प्रति संवेदनशील भी बनाता है। आपदा को पूरी तरह रोका नहीं जा सकता, पर समय पर चेतावनी और तैयारी से नुकसान बहुत कम किया जा सकता है।

प्रमुख आपदाएँ (नई से पुरानी):

वर्ष	आपदा	क्या हुआ
अगस्त 2025	धराली, उत्तरकाशी	खीर गंगा में अचानक बाढ़ (flash flood); बाज़ार मलबे में दबा
नवंबर 2023	सिलक्यारा Tunnel	41 मज़दूर 17 दिन फँसे, फिर सुरक्षित निकाले गए
जनवरी 2023	जोशीमठ भू-धँसाव	ISRO Satellite ने 12 दिन में लगभग 5.4 cm धँसाव दर्ज किया
7 फ़रवरी 2021	चमोली (ऋषिगंगा)	रौंती चोटी से Rock-ice avalanche; 200+ मृत/लापता
जून 2013	केदारनाथ	भारी वर्षा + चोराबाड़ी झील टूटी; लगभग 6,000 मृत/लापता
हर गर्मी	वनाग्नि (Forest Fire)	चीड़ की सूखी पत्तियाँ, गर्मी और लापरवाही से फैलती आग

भूकंप की दृष्टि से उत्तराखंड Seismic Zone 4 और 5 में आता है। वैज्ञानिक बड़े भूकंप की आशंका जताते हैं, लेकिन किसी भूकंप की सटीक तारीख और समय आज कोई नहीं बता सकता।

रोचक तथ्य: 2021 की आपदा उसी रैणी गाँव के पास आई, जहाँ 1974 में गौरा देवी ने चिपको आंदोलन से पेड़ों को बचाया था।

2. आपदाएँ क्यों आती हैं?

(क) प्राकृतिक कारण — हिमालय एक युवा वलित पर्वत है। भारतीय प्लेट हर साल कुछ सेंटीमीटर उत्तर की ओर खिसककर यूरेशियन प्लेट से टकराती है, जिससे चट्टानों में तनाव (ऊर्जा) जमा होता है और भूकंप आते हैं। कमज़ोर चट्टानें और खड़ी ढलानें भूस्खलन को आसान बनाती हैं। मानसूनी हवाएँ पहाड़ से टकराकर ऊपर उठती हैं, ठंडी होती हैं और घने बादल बनाती हैं—इसे **Orographic Lift** कहते हैं। जब छोटे क्षेत्र में एक घंटे में 100 mm या अधिक वर्षा हो, तो उसे **Cloudburst (बादल फटना)** कहते हैं (IMD परिभाषा)।

(ख) वैश्विक कारण: Climate Change — WMO के अनुसार 2024 में पृथ्वी का औसत तापमान औद्योगिक युग से पहले की तुलना में लगभग 1.55°C अधिक रहा। Physics का **Clausius-Clapeyron संबंध** बताता है कि तापमान 1°C बढ़ने पर हवा लगभग 7% अधिक जलवाष्प रख सकती है, इसलिए बारिश अधिक तीव्र होती है। ICIMOD (2023) के अनुसार हिमालयी ग्लेशियर 2010 के दशक में पिछले दशक से 65% तेज़ी से पिघले; सदी के अंत तक इनकी 30–80% बर्फ़ खत्म हो सकती है। पिघलते ग्लेशियर नई झीलें बनाते हैं, जिनके टूटने से **GLOF (Glacial Lake Outburst Flood)** का खतरा बढ़ता है।

(ग) इंसानी कारण — नदी किनारे अनियोजित निर्माण, बिना भूवैज्ञानिक जाँच के सड़क कटान और सुरंगें, विस्फोट, जंगलों की कटाई और पहाड़ों की वहन क्षमता से अधिक भीड़। ये प्राकृतिक खतरे को बड़ी आपदा में बदल देते हैं।

3. तकनीक से समाधान: Early Warning System

किसी भी Early Warning System (EWS) की चार कड़ियाँ होती हैं: **खतरे की पहचान** → **लगातार निगरानी** → **तुरंत चेतावनी** → **सही प्रतिक्रिया**। एक भी कड़ी कमज़ोर हो तो पूरा सिस्टम विफल हो सकता है।

तकनीक	कैसे काम करती है	उत्तराखंड / भारत का उदाहरण
Doppler Weather Radar	रेडियो तरंगें भेजकर बादलों में बूँदों की मात्रा व गति (Doppler प्रभाव) मापता है; अगले 2–3 घंटे का अनुमान (Nowcasting)	IMD के मुक्तेश्वर व सुरकंडा देवी रडार, Rain gauge व Automatic Weather Station
Satellite (InSAR)	दो समय के रडार चित्रों की तुलना से ज़मीन का मिलीमीटर-स्तर धँसाव	ISRO का जोशीमठ अध्ययन; ISRO-NRSC Landslide Atlas (रुद्रप्रयाग देश में #1, टिहरी #2); FSI का Forest Fire Alert

IoT भूस्खलन Sensors	ढलान पर Rain gauge, Soil moisture, Piezometer (पानी का दबाव), Tilt meter (झुकाव); सीमा पार होते ही Siren	सौर ऊर्जा व मोबाइल नेटवर्क से चलने वाले ग्राम-स्तरीय सिस्टम
ग्लेशियल झील निगरानी	जलस्तर, मौसम, बर्फ की गहराई व ज़मीन की हलचल का Data, Satellite लिंक से	NRSC: राज्य में 344 झीलें, NDMA: 13 उच्च जोखिम; वसुंधरा ताल (चमोली) पर पहला GLOF EWS, सितंबर 2026 (Wadia Institute)
Earthquake Early Warning	P-wave (~6–7 km/s) पहले पहुँचती है, विनाशकारी S-wave (~3.5 km/s) बाद में; रेडियो संकेत कुछ सेकंड पहले सूचना देता है	IIT रुड़की का Uttarakhand Bhookamp Alert App (2021)

Physics का सवाल: यदि भूकंप केंद्र शहर से 100 km दूर है, तो S-wave लगभग $100 \div 3.5 \approx 29$ सेकंड में पहुँचेगी, जबकि P-wave लगभग $100 \div 6.5 \approx 15$ सेकंड में। केंद्र के पास लगा Sensor P-wave को लगभग तुरंत पकड़ लेता है और Alert प्रकाश की गति से पहुँचता है, इसलिए शहर को S-wave से लगभग 20–25 सेकंड पहले चेतावनी मिल सकती है (असल समय कुछ सेकंड कम होता है, क्योंकि Data को परखने में समय लगता है)।

चेतावनी हर व्यक्ति तक पहुँचनी चाहिए: NDMA का SACHET सिस्टम, मोबाइल पर Cell Broadcast Alert, गाँव के Siren और सामुदायिक रेडियो। AI और Machine Learning पुराने Data से पूर्वानुमान सुधारते हैं, और Drones राहत-बचाव में मदद करते हैं।

4. प्रकृति आधारित समाधान और हमारी भूमिका

तकनीक तभी पूरी तरह काम करती है जब प्रकृति की रक्षा भी हो। बाँज (Oak) जैसे चौड़ी पत्ती वाले पेड़ मिट्टी को बाँधते और जल स्रोतों को जीवित रखते हैं। नदी तटों पर निर्माण न करना, भूकंप-रोधी Building Code का पालन, और पहाड़ों की वहन क्षमता के अनुसार पर्यटन व विकास ज़रूरी है। वैश्विक स्तर पर Renewable Energy अपनाकर Net Zero की ओर बढ़ना Climate Change को धीमा करने का स्थायी उपाय है।

कौन	क्या कर सकते हैं
विद्यार्थी	Arduino से सस्ता Rain gauge या भूस्खलन Alarm मॉडल बनाएँ; अपने गाँव का आपदा जोखिम मानचित्र बनाएँ; परिवार को आपातकालीन किट व सुरक्षित स्थान के बारे में बताएँ
शिक्षक	नियमित Mock drill, स्कूल सुरक्षा योजना, वर्षा व तापमान रिकॉर्ड करने जैसे Citizen Science प्रोजेक्ट
वैज्ञानिक	स्थानीय भाषा में सरल Alert, सस्ते Sensors, बेहतर पूर्वानुमान मॉडल, और गाँवों के साथ मिलकर जोखिम अध्ययन

याद रखें: भूकंप में झुको, ढको, पकड़ो; भारी बारिश की चेतावनी में नदी-नालों से दूर ऊँचे सुरक्षित स्थान पर जाएँ; अफ़वाह नहीं, सरकारी Alert पर भरोसा करें।

5. अभ्यास प्रश्न

1. Orographic Lift क्या है? यह बादल फटने से कैसे जुड़ा है?
2. Clausius-Clapeyron संबंध के आधार पर समझाइए कि गर्म होती दुनिया में चरम वर्षा क्यों बढ़ती है।
3. Early Warning System की चार कड़ियाँ लिखिए। किसी एक कड़ी के विफल होने का उदाहरण दीजिए।
4. केंद्र से 150 km दूर शहर को लगभग कितने सेकंड की चेतावनी मिल सकती है? (P-wave 6.5 km/s, S-wave 3.5 km/s लें)
5. अपने स्कूल या गाँव के लिए एक सस्ते चेतावनी उपकरण का डिज़ाइन बनाइए।

स्रोत

- [ISRO-NRSC Landslide Atlas — रुद्रप्रयाग व टिहरी \(Drishti IAS\)](#)
- [वसुंधरा ताल GLOF Early Warning System \(GKToday, सितंबर 2026\)](#)
- [धराली flash flood, अगस्त 2025 \(Drishti IAS\)](#)
- [ICIMOD 2023 हिमालयी ग्लेशियर रिपोर्ट \(CNN\)](#)
- [IIT रुड़की भूकंप Early Warning App \(Deccan Herald\)](#)
- अन्य (सामान्य जानकारी, मूल रिपोर्ट से मिलाएँ): WMO State of the Global Climate 2024; ISRO-NRSC जोशीमठ रिपोर्ट 2023; IMD; NDMA