



## हिमालयी हिमनदों का उत्तर भारत की महान नदी प्रणालियों में योगदान

हिमनद बर्फ का एक विशाल संग्रह होता है जो अपने ही भार के कारण नीचे की ओर खिसकता रहता है। हिमनद ऐसे स्थानों पर बनते हैं जहां औसत वार्षिक तापमान हिमांक के करीब होता है तथा हिमगलन की तुलना में हिमपात अधिक होता है एवं पिछले वर्ष के बर्फ के पिघलने से पूर्व ही नया हिमपात हो जाता है। यह प्रक्रिया सदियों तक चलती रहती है तथा बर्फ ठोस सतह के रूप में बड़े-बड़े हिमखंडों का रूप ले लेती है। हिमनद उच्च तुंगता वाले क्षेत्रों में पाए जाते हैं

### हिमालय के हिमनद

हिमालय क्षेत्र, जिसका प्रसार एशिया के आठ देशों में है, दुनिया के सबसे बड़े और सबसे शानदार हिमनदों का घर है। दुनिया की सभी प्रमुख नदियों के उद्गम पहाड़ों में हैं और आधे से अधिक मानवता स्वच्छ जल के लिए पहाड़ी क्षेत्रों में जमा पानी पर निर्भर है। यद्यपि नदी बेसिनों का अपेक्षाकृत छोटा सा भाग ही हिम एवं हिमनदों से आच्छादित पहाड़ी क्षेत्रों में स्थित होता है तथापि नदी के प्रवाह में मौसम के अनुसार, ये “पानी के टावर” महत्वपूर्ण योगदान देते हैं। पृथ्वी पर पाये जाने वाले हिमनदों का लगभग 97% भाग ध्रुवीय क्षेत्रों में विशाल हिम पर्वत के रूप में पाया जाता है, मात्र 3 से 5 प्रतिशत ही

ध्रुवीय क्षेत्रों से बाहर पर्वतों पर फैला हुआ है। फिर भी यह मानव सभ्यता के लिये अति महत्वपूर्ण है क्योंकि इनसे उस समय पानी मिलता है जब पानी की आवश्यकता सबसे अधिक होती है। जलवायु परिवर्तन के कारण बढ़ते तापमान से दुनिया भर के हिमनद आयतन और द्रव्यमान में सिकुड़ रहे हैं। वैज्ञानिक प्रमाणों से पता चलता है कि हिमालयी क्षेत्र के अधिकांश हिमनद पीछे हट रहे हैं, जिससे यह चिंता है कि, समय के साथ, हिमनदों का आकार घटेगा तथा क्षेत्र की जल आपूर्ति में हिमनदों का योगदान भी। जलवायु परिवर्तन के कारण उत्पन्न सूखे जैसे जलविज्ञानीय प्रभावों के विरुद्ध हिमनदों के पिघलने से मिला पानी बफर के रूप में कार्य कर सकता है। इस प्रक्रिया को उन स्थानों के

अध्ययन से समझा जा सकता है जहां पर जल आपूर्ति में हिमनदों के पिघलने से प्राप्त जल का योगदान अधिक है। उदाहरण के लिए, 2003 के यूरोपीय सूखे के दौरान, आल्प्स के हिमनदों के पिघले पानी ने डेन्यूब नदी को 100 साल के औसत से लगभग तीन गुना अधिक पानी दिया। हिमनदों की बर्फ के रूप में संग्रहीत पानी, हिमालयी क्षेत्र के लिए जलविज्ञानीय “बीमा” के रूप में काम करता है।

हिमनद बर्फ का एक विशाल संग्रह होता है जो अपने ही भार के कारण नीचे की ओर खिसकता रहता है। हिमनद ऐसे स्थानों पर बनते हैं जहां औसत वार्षिक तापमान हिमांक के करीब होता है तथा हिमगलन की तुलना में हिमपात अधिक होता है एवं पिछले वर्ष के बर्फ के

पिघलने से पूर्व ही नया हिमपात हो जाता है। यह प्रक्रिया सदियों तक चलती रहती है तथा बर्फ ठोस सतह के रूप में बड़े-बड़े हिमखंडों का रूप ले लेती है। हिमनद उच्च तुंगता वाले क्षेत्रों में पाए जाते हैं, जैसे कि आल्प्स, हिमालय तथा ध्रुवीय क्षेत्र आदि। हिमनदों की गहराई सैकड़ों मीटर तथा लंबाई कई किलोमीटर तक हो सकती है, अलास्का में बेरिंग ग्लेशियर 200 किमी लंबा है।

नदी और हिमनद में इतना अंतर है कि नदी में जल ढलान की ओर बहता है और हिमनद में हिम नीचे की ओर खिसकता है। नदी की तुलना में हिमनद की प्रवाहगति बड़ी मंद होती है। लोगों की यहां तक धारणा थी कि हिमनद अपने स्थान पर स्थिर रहता है। हिमनद के बीच का भाग पार्श्वभागों (किनारों)

की अपेक्षा तथा ऊपर का भाग तली की अपेक्षा अधिक गति से आगे बढ़ता है। हिम प्रवाह की गति, हिम की मात्रा और उसके विस्तार का मार्ग ढाल एवं ताप पर निर्भर करता है। बड़े हिमनद, छोटे हिमनदों की अपेक्षा अधिक तीव्र गति से बहते हैं। हिमनदों का मार्ग जितना अधिक ढालूदार होगा उतनी ही अधिक उनकी गति होगी। स्थिति के अनुसार हिमनद कई प्रकार के होते हैं जैसे हिमटोप, महाद्वीपीय हिमनद, पर्वत हिमनद या घाटी हिमनद, गिरिपद हिमनद, तटीय हिमनद आदि।

### हिमनदों से संबंधी कुछ रोचक तथ्य

(स्रोत: नेशनल स्नो एंड आइस डाटा सेंटर)

- वर्तमान में, धरती पर 10% जमीन हिमनदों के बर्फ से ढकी है, जिसमें ग्लेशियर, हिम कैप, ग्रीनलैंड और अंटार्कटिका के बर्फ शीट शामिल हैं।
- आखिरी हिमयुग के समय कुल भूमि क्षेत्र का लगभग 32% भाग हिमनदों के बर्फ से ढका था।
- हिमनद दुनिया के ताजे पानी का लगभग 75% भंडारण करते हैं।
- 17वीं शताब्दी से लेकर 19वीं शताब्दी के अंत तक, दुनिया में "लिटिल आइस ऐज" का दौर था, इस दौरान दुनिया के कई क्षेत्रों में तापमान काफी कम होने से हिमनदों में बढ़ोतरी हुई।
- यदि भूमि की सारी बर्फ पिघलती है, तो दुनिया भर में समुद्र स्तर लगभग 70 मीटर बढ़ जायेगा।
- हिमनद की बर्फ के क्रिस्टल का आकार बेसबॉल के आकार तक हो सकता है।

दुनिया भर में 198,000 हिमनद हैं उनमें से 9,000 से अधिक भारत में हैं। भारत में अधिकांश हिमनद सिक्किम, जम्मू और कश्मीर, हिमाचल प्रदेश और उत्तराखंड राज्यों में पाये जाते हैं। अरुणाचल प्रदेश में भी कुछ हिमनद पाए जाते हैं। हिमालय के हिमनद तथा हिम

एक अनूठे जलाशय के रूप में कार्य करते हैं जिससे लाखों लोगों की जीवन रेखा मानी जाने वाली तीनों प्रमुख नदियों सिंधु, गंगा और ब्रह्मपुत्र में वर्षभर पानी बहता है। भारतीय भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण (जी.एस.आई.) के भूवैज्ञानिकों के अनुसार भारत में हिमनदों की संख्या 9,576 है।

राज्य	हिमनदों की संख्या	क्षेत्रफल (वर्ग कि.मी.)	औसत आकार (वर्ग कि.मी.)	हिमनद %
जम्मू एवं कश्मीर	5262	29163	10.24	61.8
हिमाचल प्रदेश	2735	4516	3.35	8.1
उत्तराखंड	968	2857	3.87	18.1
सिक्किम	449	706	1.50	8.7
अरुणाचल प्रदेश	162	223	1.40	3.2

**दुनिया भर में 198,000 हिमनद हैं उनमें से 9,000 से अधिक भारत में हैं। भारत में अधिकांश हिमनद सिक्किम, जम्मू और कश्मीर, हिमाचल प्रदेश और उत्तराखंड राज्यों में पाये जाते हैं। अरुणाचल प्रदेश में भी कुछ हिमनद पाए जाते हैं। हिमालय के हिमनद तथा हिम एक अनूठे जलाशय के रूप में कार्य करते हैं जिससे लाखों लोगों की जीवन रेखा मानी जाने वाली तीनों प्रमुख नदियों सिंधु, गंगा और ब्रह्मपुत्र में वर्षभर पानी बहता है।**

हिमालय के कुल पहाड़ी क्षेत्र के 17 प्रतिशत पर हिमनद फैले हैं, इसके अतिरिक्त 30-40 प्रतिशत क्षेत्र में मौसमी बर्फ का फैलाव होता है।

### हिमालय नदी प्रणालियां तथा उनमें हिम तथा हिमनदों का योगदान

हिमालय नदी प्रणालियां-तीन प्रमुख नदी प्रणाली सिंधु, गंगा और ब्रह्मपुत्र हिमालय क्षेत्र से निकलती हैं, सिंधु और ब्रह्मपुत्र मानसरोवर झील के पास की पर्वत श्रृंखलाओं से तथा गंगा उत्तराखंड में गढ़वाल क्षेत्र में पर्वत श्रृंखलाओं के बीच से निकलती है।

सिंधु नदी प्रणाली-सिंधु नदी तिब्बत से निकलकर दक्षिण-पूर्व किनारे से कश्मीर में प्रवेश करती है तथा उसके पश्चात उत्तर-पश्चिम दिशा में बहती है। कश्मीर की पहाड़ियों को पार करने के पश्चात, नदी दक्षिण की ओर मुड़ जाती है तथा पाकिस्तान में प्रवेश करती है और उच्च हिमालय के पादगिरी क्षेत्र में बहती है। नदी कराची के पास अरब

सागर में मिल जाती है। उद्गम से समुद्र में गिरने तक नदी की लंबाई 2,880 किलोमीटर है जिसमें से 1,114 किलोमीटर भारतीय क्षेत्र में है। सिंधु नदी उत्तर-पश्चिम भारत के एक बड़े भाग तथा पाकिस्तान के अधिकतर क्षेत्र को सिंचित करती है। सिंधु बेसिन का अधिकतर भाग भारत और पाकिस्तान

में पड़ता है, कुल जलग्रहण क्षेत्र का मात्र 13% तिब्बत और अफगानिस्तान में है। जलग्रहण क्षेत्र का अधिकतर भाग हिमालय के पहाड़ों और तलहटी एवं



सिंधु नदी तिब्बत से निकलकर दक्षिण-पूर्व किनारे से कश्मीर में प्रवेश करती है।

शुष्क मैदानों में पड़ता है तथा पानी की आपूर्ति का महत्वपूर्ण स्रोत है।

### गंगा नदी प्रणाली

गंगा नदी प्रणाली की मुख्य शाखा भागीरथी नदी का उद्गम समुद्र तल से लगभग 4000 मीटर की ऊंचाई पर गढ़वाल हिमालय में गौमुख (गंगोत्री हिमनद के स्नाउट) से होता है। गंगा नदी की दूसरी मुख्य शाखा, अलकनन्दा नदी, सतोपन्त और भगीरथ खड़क नामक हिमनदों से निकलती है। अलकनन्दा नदी घाटी में लगभग 229 किमी तक बहती है जिसके पश्चात देवप्रयाग में अलकनन्दा और भागीरथी का संगम होता है और यहां से यह

सम्मिलित जल-धारा गंगा नदी के नाम से आगे प्रवाहित होती है। गंगा नदी भारत और बांग्लादेश में 2510 कि.मी. की दूरी तय करती हुई, उत्तराखंड में



सिंधु नदी तिब्बत से निकलकर दक्षिण-पूर्व किनारे से कश्मीर में प्रवेश करती है।

## हिमालयी हिमनदों का ...

हिमालय से लेकर बंगाल की खाड़ी के सुंदरवन तक विशाल भू-भाग को सींचती है और कृषि, पर्यटन, साहसिक खेलों तथा उद्योगों के विकास में महत्वपूर्ण योगदान देती है तथा अपने तट पर बसे शहरों की जलापूर्ति करती है। इसके ऊपर बने बांध और नदी परियोजनाएं भारत की बिजली, पानी और कृषि से संबंधित जरूरतों को पूरा करती हैं। गंगा



गंगा नदी प्रणाली की मुख्य शाखा भागीरथी नदी का उद्गम गोमुख (गंगोत्री हिमनद के स्नाउट) से होता है।

नदी 11 राज्यों अर्थात् उत्तराखंड, उत्तर प्रदेश, मध्य प्रदेश, राजस्थान, हरियाणा, हिमाचल प्रदेश, छत्तीसगढ़, झारखंड, बिहार, पश्चिम बंगाल और दिल्ली के बहुत बड़े भूभाग को सींचती है। गंगा नदी घाटी आवाह क्षेत्र के संदर्भ में, भारत में सर्वाधिक विशाल नदी घाटी है जो भारत के कुल भू-भाग के 26% (8,61,404 वर्ग किमी) में फैली है।

### ब्रह्मपुत्र नदी प्रणाली

दुनिया की ताकतवर नदियों में से

एक ब्रह्मपुत्र नदी का उद्गम तिब्बत के दक्षिण में मानसरोवर के निकट चेमायुंग दुंग नामक हिमनद से हुआ है। इसकी कुल लंबाई लगभग 2900 किलोमीटर है। यह दक्षिण तिब्बत में सांपो नाम से 1700 किलोमीटर का सफर तय करती है, यहां पर बहुत सी उप नदियां इसमें मिलती हैं। ल्होत्से द्जोंग के पास 640 किलोमीटर तक इसकी चौड़ाई जहाज



दुनिया की ताकतवर नदियों में से एक ब्रह्मपुत्र नदी का उद्गम तिब्बत के दक्षिण में मानसरोवर के निकट चेमायुंग दुंग नामक हिमनद से हुआ है।

नीचे यह मेघना से मिलती है। संगम से दक्षिण में एक व्यापक मुहाना बनाती है तथा बंगाल की खाड़ी में जाकर समुद्र में मिलती है। सुवनश्री, तिस्ता, तोर्सा, लोहित, बराक आदि ब्रह्मपुत्र की उपनदियां हैं। बांग्लादेश में गंगा से जुड़ने से पहले यह 5.8 लाख वर्ग किलोमीटर क्षेत्र को सिंचित करती है।

हिमालय से निकलने वाली नदियां उत्तरी-पश्चिमी, उत्तरी और पूर्वी भारत के करोड़ों लोगों की आजीविका का स्रोत है। हिमालय की तीनों प्रमुख नदी प्रणालियों की कुल जल संसाधन क्षमता को नीचे तालिका 1 में दर्शाया गया है।

तालिका 1: हिमालय की तीनों प्रमुख नदी प्रणालियों की कुल जल संसाधन क्षमता (स्रोत: केन्द्रीय जल आयोग)

बेसिन	कुल जल संसाधन क्षमता (BCM)
सिंधु	45.53
गंगा (फरक्का पर)	509.52
ब्रह्मपुत्र	527.28
बराक तथा अन्य	86.67

### हिमालयी नदी प्रणालियों में हिम तथा हिमनदों के योगदान का महत्व

भारतीय संदर्भ में, हिमालय से निकलने वाली मुख्य नदी प्रणालियों अर्थात्, सिंधु, गंगा और ब्रह्मपुत्र के लिए हिम तथा हिमनदों के महत्व को इस बात से समझा जा सकता है कि भारत की सभी नदी प्रणालियों के कुल वार्षिक प्रवाह का 60% से अधिक योगदान इन तीनों नदी प्रणालियों से मिलता है। इन

नदियों में हिमनद और हिम के पिघलने से प्राप्त अपवाह का महत्वपूर्ण योगदान होता है। राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की द्वारा किए गए शोध से पता चलता है कि देव प्रयाग में गंगा नदी के कुल अपवाह में हिमनद और हिम के पिघलने से प्राप्त जल का योगदान 28.7%, शेष 71.3% योगदान वर्षा और आधार प्रवाह के कारण है। चिनाव नदी में अखनूर मापन स्थल पर हिमनद और हिम से योगदान 49% है। सतलुज नदी

**भारतीय संदर्भ में, हिमालय से निकलने वाली मुख्य नदी प्रणालियों अर्थात्, सिंधु, गंगा और ब्रह्मपुत्र के लिए हिम तथा हिमनदों के महत्व को इस बात से समझा जा सकता है कि भारत की सभी नदी प्रणालियों के कुल वार्षिक प्रवाह का 60% से अधिक योगदान इन तीनों नदी प्रणालियों से मिलता है। इन नदी प्रणालियों में भविष्य के मीठे पानी के स्रोत के रूप में असीम संभावनाएँ हैं।**

में भाखड़ा नांगल डैम पर नदी के कुल अपवाह में हिमनद और हिम के पिघलने से प्राप्त जल का योगदान 59% है तथा ब्यास नदी में पंडोह बांध पर कुल अपवाह में हिमनद और हिम के पिघलने से प्राप्त जल का योगदान 35% है। ये आंकड़े हिमालय के जल संसाधनों के लिए हिम तथा हिमनदों के महत्व को दर्शाते हैं तथा इन्हीं कारणों से हिमालयी नदियों में पानी की प्रति इकाई औसत लब्धि, दक्षिण की प्रायद्वीपीय नदियों की तुलना में लगभग दोगुनी है।

हिमनदों पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव

दुनिया के अधिकतर हिस्सों में हिमनद बदलती जलवायु के प्रभावों के प्रति अति संवेदनशील होते हैं और जलवायु परिवर्तन के स्थानों का जल्दी पता लगाने तथा जलवायु परिवर्तन के जलीय चक्र, पारिस्थितिक तंत्र और सामाजिक प्रणाली पर पड़ने वाले प्रभावों के अध्ययन के लिए अवसर प्रदान करते हैं। आई.पी.सी.सी. की छठी आकलन रिपोर्ट के अनुसार, यदि वैश्विक तापमान स्थिर रहता है तो भी हिमनदों के द्रव्यमान कम होने का क्रम कम से कम आने वाले कई दशकों तक जारी रहेगा। ऊँचे पर्वतीय एशिया में 21वीं सदी की शुरुआत से बर्फ का आवरण कम हो रहा है और 1970 के बाद से हिमनद कम हो रहे हैं, वे पीछे हट रहे हैं तथा द्रव्यमान खो रहे हैं। तापमान एवं वर्षण (वर्षा एवं हिम) अपवाह के साथ जल चक्र को व्यापक रूप से निर्धारित करते हैं। इन घटकों में बदलाव पर्वतीय क्षेत्रों से ताजे पानी की आपूर्ति को प्रभावित करेगा एवं निचले क्षेत्रों की जल उपलब्धता को जटिल बनायेगा। हिम आवरण विशेषरूप से संवेदनशील है क्योंकि यह



दुनियाभर में हिमनद कम हो रहे हैं, वे पीछे हट रहे हैं तथा द्रव्यमान खो रहे हैं।

तापमान परिवर्तन के साथ तेजी से प्रतिक्रिया करता है। इस कारण बढ़े हुए तापमान के समय, मौसमी अपवाह का अधिकतम वर्तमान की अपेक्षा जल्दी आ जायेगा। वर्तमान में अपवाह का अधिकतम, ग्रीष्म ऋतु एवं पतझड़ में उस समय होता है जब निचले क्षेत्रों में जल मांग अधिकतम होती है। तापमान परिवर्तन के कारण मौसमी अपवाह का अधिकतम वर्तमान की अपेक्षा जल्दी आने पर ऐसे स्थानों पर जहाँ पर भण्डारण की पर्याप्त क्षमताएं नहीं हैं, अपवाह का अधिकतर भाग सीधे महासागरों में चला जायेगा। इस प्रभाव में यदि हिमनदों के पीछे खिसकने का प्रभाव भी जुड़ जायेगा, जो कि वैसे तो पर्वतीय क्षेत्रों तक ही सीमित है, तो उन क्षेत्रों में जहाँ पर जल आपूर्ति हिम एवं हिमनद गलन द्वारा प्राप्त जल पर निर्भर

है, वहाँ के सिंचाई तंत्र एवं अन्य जल आपूर्ति बहुत अधिक प्रभावित होगी। जलवायु परिवर्तन के कारण जल उपलब्धता पर उस समय प्रभाव पड़ रहा है जब औद्योगिकीकरण, शहरीकरण एवं बढ़ती जनसंख्या के कारण जल उपलब्धता पर पहले से ही दबाव है। इसका प्रभाव अर्ध शुष्क एवं मानसून वाले क्षेत्रों, विशेष रूप से उन क्षेत्रों, जिनकी जल आपूर्ति अभी तक हिमालय पर्वत पर निर्भर है, पर सबसे अधिक पड़ेगा। जलवायु परिवर्तन के कारण बदलती हुई परिस्थितियों में यह आवश्यक है कि हिमालय से निकलने वाली मुख्य नदी प्रणालियों के विशेष महत्व को ध्यान में रखते हुए इस प्रकार योजनाएं बनाई जाएं कि इनके जल संसाधनों का इष्टतम उपयोग किया जा सके।

हिमालय से निकलने वाली नदी प्रणालियों में हिम तथा हिमनद के पिघलने से प्राप्त जल के रूप में भविष्य के लिए मीठे पानी के स्रोत के रूप में असीम संभावनाएँ हैं। क्योंकि इनसे उस समय पानी मिलता है जबकि पानी की आवश्यकता सबसे अधिक होती है। भविष्य में जल आपूर्ति को सुनिश्चित

करने के लिए मजबूत आधारभूत संरचना और तकनीकी विकास की आवश्यकता है। विभिन्न क्षेत्रों की पानी की आवश्यकता पूर्ति के लिए पानी को संग्रहीत किया जाना आवश्यक है तथा विभिन्न नदियों को जोड़कर ऐसा नदी तंत्र स्थापित करने की आवश्यकता है जिससे बदलती हुई परिस्थितियों के अनुरूप सतही जल और भूजल संसाधनों का इष्टतम उपयोग किया जा सके।

संपर्क करें:

**डॉ. मनोहर अरोड़ा**  
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान,  
रुड़की।