हिमनद और हिमालयी नदियों में हिमनद गलन का योगदान

नरेश कुमार

हिमनदों को अंतिम हिम युग, जब बर्फ लगभग 32% भूमि और 30% महासागरों को आच्छादित करती थी, के अवशेष के रूप में माना जा सकता है। वर्तमान में, हिमनद दुनिया के कुल भूमि क्षेत्र के लगभग 10% पर फैले हुए हैं, जिसमें से अधिकांश अंटार्कटिका, ग्रीनलैंड और कनाडा के आर्कटिक जैसे ध्रुवीय क्षेत्रों में स्थित हैं। पृथ्वी पर, 99% हिमनदीय बर्फ ध्रुवीय क्षेत्रों में विशाल बर्फ की चादरों (जिसे ''महाद्वीपीय ग्लेशियर'' के रूप में भी जाना जाता है) के रूप में फैला हुआ है, कुछ उच्च अक्षांश वाले देशों की पर्वत श्रृंखला में भी हिमनद पाए जाते हैं, ये उन ऊंचे पर्वतों पर पाए जाते हैं जिनका ऊपरी हिस्सा वर्ष भर हिमाच्छादित रहता है। चूंकि हिमनद वर्षा, तापमान और हिम आवरण जैसे जलवायु घटकों से लम्बे समय तक प्रभावित होता है, इसे जलवायु परिवर्तन के सबसे संवेदनशील संकेतकों में से एक माना जाता है।

हिमनद या ग्लेशियर, पृथ्वी की सतह पर विशाल आकार की गतिशील बर्फ राशि को कहते हैं, जो अपने भार के कारण पर्वतीय ढालों पर नीचे की ओर खिसकती रहती है। यह हिम राशि सघन होती है और इसकी उत्पत्ति ऐसे क्षेत्रों में होती है, जहां हिमपात की मात्रा हिम गलन से अधिक होती है और प्रतिवर्ष कुछ मात्रा में हिम अधिशेष के रूप में बच जाता है। यह प्रक्रिया हजारों वर्षों तक चलती रहती है। वर्ष दर वर्ष हिम के एकत्र होने से निचली परतों के ऊपर दबाव पड़ता है और वे सघन हिम के रूप में परिवर्तित हो जाती हैं। यही सघन हिमराशि अपने भार के कारण ढालों पर खिसकती रहती है जिसे हिमनद कहते हैं। कुछ हिमनद फुटबॉल के मैदान जितने छोटे होते हैं, जबकि अन्य सैकड़ों किलोमीटर तक लंबे हो सकते हैं। हिमनदों को अंतिम हिम युग, जब बर्फ लगभग 32% भूमि और 30% महासागरों को आच्छादित करती थी, के अवशेष के रूप में माना जा सकता है। वर्तमान में, हिमनद दुनिया के कुल भूमि क्षेत्र के लगभग 10% पर फैले हुए हैं, जिसमें से अधिकांश अंटार्कटिका, ग्रीनलैंड और कनाडा के आर्कटिक जैसे ध्रुवीय क्षेत्रों में स्थित हैं। पृथ्वी पर, 99% हिमनदीय बर्फ ध्रुवीय क्षेत्रों में विशाल बर्फ की चादरों (जिसे ''महाद्वीपीय ग्लेशियर'' के रूप में भी जाना जाता है) के रूप में फैला हुआ है, कुछ उच्च अक्षांश वाले देशों की पर्वत श्रृंखला में भी हिमनद पाए जाते हैं, ये उन ऊंचे पर्वतों पर पाए जाते हैं जिनका ऊपरी हिस्सा वर्ष भर हिमाच्छादित रहता है। चूंकि हिमनद वर्षा, तापमान और हिम आवरण जैसे जलवायु घटकों से लम्बे समय तक प्रभावित होता है, इसे जलवायु परिवर्तन के सबसे संवेदनशील संकेतकों में से एक माना जाता है।

विस्तार, आकार और व्यवहार के आधार पर हिमनदों का वर्गीकरण

हिमनदों को उनके आकृति विज्ञान, ऊष्मीय विशेषताओं और व्यवहार द्वारा वर्गीकृत किया जाता है। पहाड़ों के शिखरों और ढलानों पर पाए जाने वाले हिमनदों को ''अल्पाइन ग्लेशियर'' कहते हैं। घाटी में स्थित हिमनद को ''घाटी ग्लेशियर या पर्वतीय ग्लेशियर'' कहा जाता है। पर्वत, पर्वत श्रृंखला या ज्वालामुखी के ऊपर बर्फ के बहुत बड़े पिंड को आइस कैप या बर्फ की टोपी कहा जाता है। आइस कैप का क्षेत्रफल 50,000 वर्ग किमी से कम होता है तथा यह स्थलाकृतिक विशेषताओं (यानी, वे पहाड़ों की चोटी पर स्थित होंगी) तक सीमित नहीं होते हैं। 50,000 वर्ग किमी से अधिक की बर्फ को बर्फ की चादर (आइस शीट) या महाद्वीपीय हिमनद कहा जाता है। ये कई

लद्दाख (जम्मू एवं कश्मीर) में खार्दुंग ला के पास स्थित छोटे-छोटे हिमनद

किलोमीटर तक गहरे होते हैं तथा अपने नीचे की स्थलाकृति को छुपा कर रखते हैं। वर्तमान में पृथ्वी पर बर्फ की दो आइस शीट अधिकांश ग्रीनलैंड और अंटार्कटिका में फैली हुई हैं। ये ताजे पानी के बहुत बड़े भंडार हैं, यदि ये पिघल गए, तो वैश्विक समुद्र का स्तर 70 मीटर तक बढ़ जाएगा। बर्फ की चादर या टोपी के जो अंश पानी में फैले हुए होते हैं, उन्हें बर्फ की शेल्फ (आइस शेल्फ) कहा जाता है; वे सीमित ढलान के साथ पतले होते जाते हैं और उनका वेग कम होता जाता है। आइस शीट के तेजी से बढ़ने वाले खंडों को बर्फ की धारा (आइस स्ट्रीम) कहा जाता है। अंटार्कटिका में कई बड़ी आइस शेल्फ हैं। ज्वार भाटा जल हिमनद (टाइडवाटर ग्लेशियर), वे हिमनद हैं जो समुद्र में जाकर समाप्त हो जाते हैं।

ऊष्मीय विशेषताओं द्वारा वर्गीकरण

ऊष्मीय रूप से, शीतोष्ण हिमनद (टेम्परेट ग्लेशियर) पूरे वर्ष सतह से आधार तक पिघलने के बिंदु पर होता है। ध्रुवीय हिमनद (पोलर ग्लेशियर) की बर्फ हमेशा सतह से उसके आधार तक हिमांक बिंदु से नीचे होती है, हालांकि सतह का हिम पैक मौसम के अनुसार पिघल सकता है। उप-ध्रुवीय हिमनद (सब पोलर ग्लेशियर) में हिमनद की सतह की लम्बाई और नीचे की गहराई की स्थिति के अनुसार समशीतोष्ण और ध्रुवीय, दोनों तरह की बर्फ शामिल होती हैं। इसी तरह से, हिमनद की ऊष्मीय विशेषताओं को इसके आधारीय (बेसल) तापमान द्वारा वर्णित किया जाता है। एक ठंडे आधार वाला (कोल्ड बेस्ड) हिमनद बर्फ-जमीन अंतराफलक (इंटरफेस) पर हिमांक से नीचे होता है, और अंतर्निहित अधःस्तर (सब्सट्रेट) पर जमा रहता है। गर्म-आधार वाला हिमनद अंतराफलक पर हिमांक पर या उससे ऊपर होता है, और संपर्क स्थल पर फिसलने में सक्षम होता है। इस विपरीतता को हिमनद की अपने तल को प्रभावी ढंग से काटने (इरोड) की क्षमता को नियंत्रित करने के लिए काफी हद तक जिम्मेदार माना जाता है, क्योंकि फिलसने वाली बर्फ नीचे की सतह की चट्टान से उखाड़ने (प्लकिंग) को बढ़ावा देती है। हिमनद जो आंशिक रूप से शीत-आधार वाले और आंशिक रूप से गर्म आधार वाले होते हैं, उन्हें बहु-ऊष्मीय (पोली-थर्मल) के रूप में जाना जाता है।

स्वच्छ जल के लिए हिमनदों का महत्व

हिमनद बर्फ पृथ्वी पर ताजे पानी का सबसे बड़ा भंडार है। पृथ्वी के स्वच्छ जल का लगभग 75% भाग हिमनदों और हिम के रूप में है। पृथ्वी पर पाये जाने वाले हिमनदों का लगभग 97% भाग ध्रुवीय क्षेत्रों में विशाल हिम पर्त 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 जिस समय पानी की आवश्यकता सबसे अधिक होती 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 तथा हिमनदों से आच्छादित पहाड़ी क्षेत्रों में होता है तथापि नदी के प्रवाह में मौसम के अनुसार, ये "पानी के टावर" अति महत्व पूर्ण योगदान देते हैं। इनसे उस समय पानी मिलता है जब पानी की सबसे अधिक जरूरत होती है तथा पानी के सबसे अधिक महत्वपूर्ण स्रोत 'वर्षा' से पानी नहीं मिल रहा होता है। इनके योगदान से ही पर्वतों से निकलने वाली बारहमासी नदियों में वर्ष भर पानी बहता रहता है।

हिमालय से निकलने वाली नदियों के लिए हिमनदों का महत्व

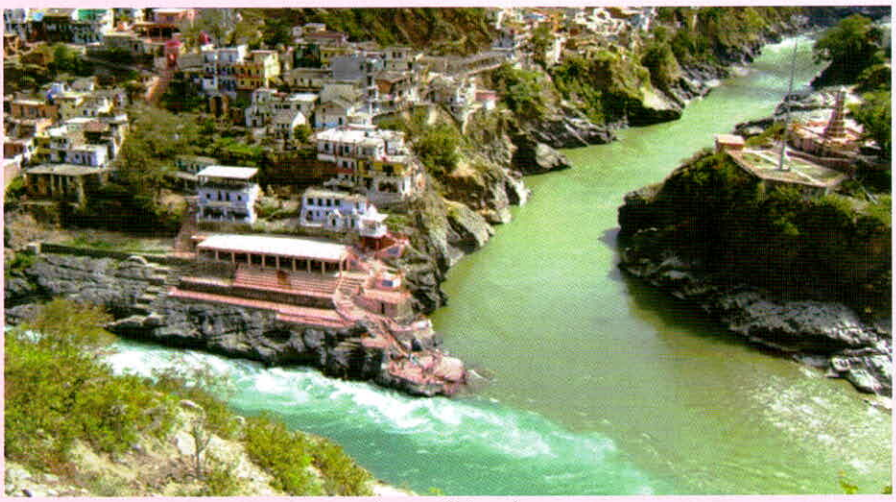
भारत, बांग्लादेश और पाकिस्तान में 70 करोड़ से अधिक लोगों को हिमालय के हिमनदों से निकलने वाली नदियों से पानी मिलता है। दुनिया-भर में 198,000 हिमनद हैं उनमें से 9,000 से अधिक भारत में हैं। भारत में अधिकांश हिमनद सिक्किम, जम्मू और कश्मीर, हिमाचल प्रदेश और उत्तराखंड राज्यों में पाये जाते हैं। अरूणाचल प्रदेश में भी कुछ हिमनद पाए जाते हैं। भारतीय भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण (जी.एस.आई.) के भूवैज्ञानिकों के अनुसार हिमालय में हिमनदों की संख्या 9,575 है। यह अनुमान है कि हिमालय के

टाईड वाटर ग्लेशियर का एक विहंगम दृश्य

हिमनद बर्फ पृथ्वी पर ताजे पानी का सबसे बड़ा भंडार है। पृथ्वी के स्वच्छ जल का लगभग 75% भाग हिमनदों और हिम के रूप में है। पृथ्वी पर पाये जाने वाले हिमनदों का लगभग 97% भाग ध्रुवीय क्षेत्रों में विशाल हिम पर्त 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 जिस समय पानी की आवश्यकता सबसे अधिक होती 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 तथा हिमनदों से आच्छादित पहाड़ी क्षेत्रों में होता है तथापि नदी के प्रवाह में मौसम के अनुसार, ये "पानी के टावर" अति महत्व पूर्ण योगदान देते हैं। इनसे उस समय पानी मिलता है जब पानी की सबसे अधिक जरूरत होती है तथा पानी के सबसे अधिक महत्वपूर्ण स्रोत 'वर्षा' से पानी नहीं मिल रहा होता है। इनके योगदान से ही पर्वतों से निकलने वाली बारहमासी नदियों में वर्ष भर पानी बहता रहता है।

33,200 वर्ग किलोमीटर में हिमनद फैले हुए जो हैं हिमालय के कुल पहाड़ी क्षेत्र के 17% भाग पर फैले हैं, इसके अतिरिक्त 30-40% क्षेत्र में मौसमी बर्फ का फैलाव होता है। भारत के जल संसाधनों में, हिमालय के जल संसाधन अति महत्वपूर्ण हैं। भारत की तीन प्रमुख नदी प्रणालियों सिंधु, गंगा और ब्रह्मपुत्र का उद्गम हिमालय क्षेत्र में है। सिंधु और ब्रह्मपुत्र मानसरोवर झील के पास की पर्वत श्रृंखलाओं से तथा गंगा उत्तर में गढ़वाल क्षेत्र में पर्वत श्रृंखलाओं के बीच से निकलती हैं। हिमालय से निकलने वाली नदियां उत्तरी-पश्चिमी, उत्तरी और पूर्वी भारत में करोड़ों लोगों के लिए आजीविका का स्रोत हैं। इन तीनों नदी प्रणालियों में प्रवाह का अधिकांश हिस्सा हिमालय मूल की नदियों और सहायक नदियों द्वारा प्रदत्त है। गंगा के प्रवाह का कुछ हिस्सा मध्य भारत में विंध्यांचल की पहाड़ियों और दक्षिण बिहार के मैदानों से भी आता है। भारतीय संदर्भ में, हिमालय से निकलने वाली मुख्य नदी प्रणालियों अर्थात् सिंधु, गंगा और ब्रह्मपुत्र 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 संभावनायें हैं। हमारे देश का कुल वार्षिक प्रवाह 1880 घन किलोमीटर है और इन तीन नदी प्रणालियों यथा सिंधु, गंगा और ब्रह्मपुत्र के वार्षिक औसत प्रवाह क्रमशः 206, 488 और 510 घन किलोमीटर है (तीनो नदियों का कुल प्रवाह 1204 घन किलोमीटर यानी, भारत के कुल वार्षिक प्रवाह का लगभग 64%)।

इन नदियों में हिम और बर्फ के पिघलने से प्राप्त पानी और आधार प्रवाह के कारण उस समय भी पानी प्रवाहित रहता है जब वर्षा नहीं हो रही होती है। इन प्रमुख नदियों में बर्फ और ग्लेशियर के पिघलने से प्राप्त अपवाह का महत्वपूर्ण योगदान होता है। राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की के वैज्ञानिकों के अनुसार, देवप्रयाग में गंगा नदी के कुल अपवाह में बर्फ और हिमनदों के पिघलने से प्राप्त जल का योगदान 28.7% है, शेष 71.3% योगदान वर्षा और आधार प्रवाह के कारण है। चेनाब नदी में अखनूर मापन स्थल पर बर्फ और ग्लेशियर से योगदान 49% है। सतलुज नदी में भाखड़ा नांगल डैम पर नदी के कुल अपवाह में बर्फ और हिमनदों के पिघलने से प्राप्त जल का योगदान 59% है तथा ब्यास नदी में पंडोह बांध पर कुल अपवाह में बर्फ और हिमनदों के पिघलने से प्राप्त जल का योगदान 35% है। हिमालयी क्षेत्र की नदियों में पानी की प्रति इकाई औसत लब्धि, दक्षिण की प्रायद्वीपीय नदियों की तुलना में लगभग दोगुनी है जिससे उच्च पहाड़ी क्षेत्रों में बर्फ और हिमनद के पिघलने से प्राप्त पानी के महत्व का पता चलता है।



देवप्रयाग में गंगा नदी

हिमनद तथा जलवायु परिवर्तन

हिमनद जलवायु परिवर्तन के प्रति अति संवेदनशील होते हैं। हिमनद की बर्फ की आयु हजारों साल तक की हो सकती है, जिससे यह जलवायु अनुसंधान के लिए महत्वपूर्ण है। दीर्घकालीक जलवायु आंकड़ों के अध्ययन के लिए, वैज्ञानिक हिमनदों और बर्फ की चादरों से बर्फ के टुकड़ों (आइस कोर) को निकालकर उन पर अध्ययन करते हैं। ये आइस कोर वैज्ञानिकों को पूर्वकालिक जलवायु के बारे में साल-दर-साल की जानकारी प्रदान करती हैं। वैज्ञानिक आइस कोर के विभिन्न घटकों का विश्लेषण करते हैं, विशेष रूप से बर्फ में फंसे हुए हवा के बुलबुलों का, जो वायुमंडलीय संरचना, तापमान भिन्नता और वनस्पति के प्रकारों के बारे में जानकारी प्रदान करते हैं। हिमनद हजारों साल पहले से इन छोटे हवा के बुलबुलों में वायुमंडल के अंश को संरिक्षत रखते हैं। इनके अध्ययन से अतीत के युगों का पुनर्निर्माण किया जा सकता है, तथा पता लगाया जा सकता है कि कैसे और क्यों जलवायु में बदलाव आया और भविष्य में किस प्रकार के बदलाव आने की संभावना है।

भूमंडलीय ऊष्मीकरण (ग्लोबल वॉर्मिंग) के कारण पृथ्वी की सतह और महासागर के औसत तापमान में 20वीं शताब्दी से वृद्धि हो रही है।

हिमनद जलवायु परिवर्तन के प्रति अति संवेदनशील होते हैं

जलवायु परिवर्तन पर अंतर-सरकारी पैनल (आई.पी.सी.सी.) के अनुसार पृथ्वी की सतह के निकट विश्व के औसत तापमान में 2005 तक के 100 वर्षों के दौरान $0.74 \pm 0.18\,^{0}C$ की वृद्धि हुई है। आई.पी.सी.सी. द्वारा दिये गये जलवायु परिवर्तन के प्रक्षेपण (प्रोजेक्शन) इंगित करते हैं कि धरातल का औसत ग्लोबल तापमान 21वीं शताब्दी के दौरान और अधिक बढ़ सकता है। गरम सतही तापमान के कारण हिमालय क्षेत्र में हिमनद तथा बर्फ समूह अधिक तेजी से पिंघलेंगे। हिमालय के हिमनदों, जिन्हें प्रायः एशिया के ''पानी टॉवर'' कहा जाता है तथा जो महाद्वीप की महान नदियों, सिंधु, गंगा और ब्रह्मपुत्र सहित कई नदियों को पोषित करते हैं, के पीछे हटने और समाप्त होने से भारत और पड़ोसी देशों में करोड़ों लोगों की पानी की आपूर्ति खतरे में पड़ जाएगी। जिन नदियों को बसंत और गर्मियों के महीनों में हिम तथा हिमनद पिघलने से पानी मिलता है, उनसे मिलने वाले पानी की मात्रा को बर्फ का पिघलना नियंत्रित करता है। तापमान एवं वर्षण (वर्षा एवं हिम) अपवाह के साथ-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 होता है क्योंकि यह तापमान परिवर्तन के साथ तेजी से प्रतिक्रिया करता है। इस कारण बढ़े हुए तापमान के कारण, मौसमी अपवाह का अधिकतम शीतकाल या बसन्त ऋतु के प्रारम्भ में ही आ जायेगा। वर्तमान में मौसमी अपवाह का अधिकतम, ग्रीष्म ऋतु एवं पतझड़ में उस समय होता है जब निचले क्षेत्रों में जल मांग अधिकतम होती है। मौसमी अपवाह के अधिकतम के समय में परिवर्तन के कारण, ऐसे स्थानों पर जहां पर भण्डारण की पर्याप्त क्षमताएं नहीं हैं वहां शीतकाल के अपवाह का अधिकतर भाग सीधे महासागरों में चला जायेगा। इसमें हिमनदों के पीछे खिसकने के प्रभाव के जुड़ जाने से उन क्षेत्रों के सिंचाई तंत्रों पर, जो हिम एवं हिमनद गलन पर निर्भर हैं, प्रतिकूल प्रभाव पड़ेगा। 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।

हिमनद जलवायु परिवर्तन के प्रति अति संवेदनशील होते हैं। हिमनद की बर्फ की आयु हजारों साल तक की हो सकती है, जिससे यह जलवायु अनुसंधान के लिए महत्वपूर्ण है। दीर्घकालीक जलवायु आंकड़ों के अध्ययन के लिए, वैज्ञानिक हिमनदों और बर्फ की चादरों से बर्फ के टुकड़ों (आइस कोर) को निकालकर उन पर अध्ययन करते हैं। ये आइस कोर वैज्ञानिकों को पूर्वकालिक जलवायु के बारे में साल–दर–साल की जानकारी प्रदान करती हैं। वैज्ञानिक आइस कोर के विभिन्न घटकों का विश्लेषण करते हैं, विशेष रूप से बर्फ में फंसे हुए हवा के बुलबुलों का, जो वायुमंडलीय संरचना, तापमान भिन्नता और वनस्पति के प्रकारों के बारे में जानकारी प्रदान करते हैं। हिमनद हजारों साल पहले से इन छोटे हवा के बुलबुलों में वायुमंडल के अंश को संरक्षित रखते हैं। इनके अध्ययन से अतीत के युगों का पुनर्निर्माण किया जा सकता है, तथा पता लगाया जा सकता है कि कैसे और क्यों जलवायु में बदलाव आया और भविष्य में किस प्रकार के बदलाव आने की संभावना है।

भविष्य की राह

आई.पी.सी.सी. की 2001 तथा 2007 की रिपोर्टों के अनुसार जलवायु परिवर्तन के प्रभावों का विकासशील देशों पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ेगा। जनसंख्या वृद्धि, मौजूदा गरीबी और कृषि तथा पर्यावरण पर भारी निर्भरता जैसी समस्याओं का सामना कर रहे इन देशों को जलवायु परिवर्तन के कारण और अधिक समस्याओं का सामना करना पड़ेगा। आई.पी.सी.सी. विश्लेषण के अनुसार भारत को वर्ष 2025 तक प्रति व्यक्ति वार्षिक जल उपलब्धता में कमी झेलनी पड़ सकती है और सदी के मध्य तक कुल जल उपलब्धता में 37% तक की गिरावट आ सकती है। ऐसी स्थिति में हिमनदों से उद्गम वाली हिमालयी नदियों का महत्व बहुत अधिक बढ़ जाएगा, क्योंकि इनमें मौसमी वर्षा के साथ-साथ शुष्क मौसम में हिमगलन से प्राप्त जल एक विश्वसनीय जल संसाधन है। इन नदियों में हिम और बर्फ के पिघलने से प्राप्त पानी और आधार प्रवाह के कारण उस समय भी पानी प्रवाहित रहता है जब वर्षा नहीं हो रही होती है। इन नदी प्रणालियों में भविष्य के मीठे पानी के स्रोत के रूप में असीम संभावनायें हैं तथा ये भविष्य में जल आपूर्ति को सुनिश्चित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकती हैं।

संपर्क करें:
नरेश कुमार (पूर्व-वैज्ञानिक)
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान रूड़की।
मो. 9639623386