

# हिमालय के जल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव

नरेश कुमार एवं मनोहर अरोड़ा  
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान रुड़की।

## हिमालय के जल संसाधन

भारत में जल की उपलब्धता वर्षण के समय और इसके स्थानिक वितरण की मात्रा पर काफी हद तक निर्भर करती है। भारत में 90% से अधिक वार्षिक वर्षा, वर्षा के चार महीनों (जून से सितम्बर) की अवधि के दौरान होती है। वर्षा का वितरण बेहद असम है और स्थानिक रूप में इसमें बहुत अधिक भिन्नता है। सामयिक तथा स्थानिक रूप से बहुत अधिक भिन्नता के कारण वर्षा से प्राप्त जल से विभिन्न क्षेत्रों की पानी की वर्ष भर की मांग को पूरा करना आसान नहीं है। भारत की पानी की मांग को पूरा करने में हिमालय से निकलने वाली नदियों का अति महत्वपूर्ण योगदान है। भारत के जल संसाधनों में, हिमालय के जल संसाधन अति महत्वपूर्ण हैं। भारत की 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 उत्तर में गढ़वाल क्षेत्र में पर्वत श्रृंखलाओं के बीच से निकलती हैं।

## सिंधु नदी प्रणाली

सिंधु नदी तिब्बत से निकलकर दक्षिण-पूर्व किनारे से कश्मीर में प्रवेश करती है तथा उसके पश्चात् उत्तर-पश्चिम दिशा में बहती है। कश्मीर की पहाड़ियों को पार करने के पश्चात्, नदी दक्षिण की ओर मुड़ जाती है तथा पाकिस्तान में प्रवेश करती है और उच्च हिमालय के पादगीरी क्षेत्र में बहती है। नदी कराची के पास अरब सागर में मिल जाती है। उद्गम से समुद्र में गिरने तक नदी की लम्बाई 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 हिमालय के पहाड़ों और तलहटी एवं शुष्क मैदानों में पड़ता है तथा पानी की आपूर्ति का महत्वपूर्ण स्रोत है।

## गंगा नदी प्रणाली

गंगा नदी 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 पश्चात् देव प्रयाग में अलकनन्दा और भागीरथी का संगम होता है और यहाँ से यह सम्मिलित जल-धारा गंगा नदी के नाम से आगे प्रवाहित होती है।



गंगा नदी भारत और बांग्लादेश में 2510 कि०मी० की दूरी तय करते हुई, उत्तराखंड में 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 भी करती है। इसके ऊपर बने पुल, बाँध और नदी परियोजनाएँ भारत की बिजली, पानी और कृषि से संबंधित जरूरतों को पूरा करते हैं। गंगा नदी 11 राज्यों अर्थात् उत्तराखण्ड, उत्तर प्रदेश, मध्य प्रदेश, राजस्थान, हरियाणा, हिमाचल प्रदेश, छत्तीसगढ़, झारखण्ड, बिहार, पश्चिम बंगाल और दिल्ली के बहुत बड़े भू-भाग को सिंचित करती है। गंगा नदी घाटी आवाह क्षेत्र के संदर्भ में भारत में सर्वाधिक विशालतम नदी घाटी है जो भारत के कुल भू-भाग के 26 प्रतिशत (8,61,404 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, यहाँ पर बहुत सी उप नदियाँ इसमें मिलती हैं। ल्होत्से दजोंग के पास 640 किलोमीटर तक इसकी चौड़ाई जहाज चलाने योग्य हो जाती है तथा इसके बाद बहुत तेज बहाव के साथ नदी पहले उत्तर दिशा में तथा अंततः एक बड़े घुमाव के साथ उत्तर दिशा में मुड़कर अरुणाचल प्रदेश, भारत में प्रवेश करती है जहाँ इससे दिहंग तथा लोहित नामक उपनदियाँ मिलती हैं, इसके पश्चात नदी को ब्रह्मपुत्र के नाम से जाना जाता है। असम घाटी में 720 किलोमीटर बहने के पश्चात यह बांग्लादेश में प्रवेश करती है तथा अंततः गोलुंडो में गंगा नदी से मिलती है। गोलुंडो से 105 किलोमीटर 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 उपनदियाँ हैं। बांग्लादेश में गंगा से जुड़ने से पहले यह 5.8 लाख वर्ग किलोमीटर क्षेत्र को सिंचित करती है।

### हिमालय से निकलने वाली नदियों का महत्व

हिमालयी से निकालने वाली नदियाँ उत्तरी-पश्चिमी, उत्तरी और पूर्वी भारत में करोड़ों लोगों के लिए जीवन यापन का स्रोत हैं। इन तीनों नदी प्रणालियों में प्रवाह का अधिकांश हिस्सा हिमालय मूल की नदियों और सहायक नदियों में द्वारा प्रदत्त है। गंगा के प्रवाह का कुछ हिस्सा मध्य भारत में विंध्यांचल की पहाड़ियों और दक्षिण बिहार के मैदानों से आता है। भारतीय संदर्भ में,

हिमालय से निकालने 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 तथा ये देश के प्रमुख मैदानों को सींचती 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, 788 और 510 घन किलोमीटर हैं (3 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। देव प्रयाग 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 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 ग्लेशियर के पिघलने से प्राप्त पानी के महत्व का पता चलता है।

### वैश्विक जलवायु के भविष्य के प्रक्षेपण

जलवायु परिवर्तन वैश्विक जल चक्र को तीव्रीकरण की ओर ले जाएगा और घरेलू उपयोग, सिंचाई, पनबिजली, जल परिवहन, सरिता परिस्थितिकी प्रणालियों और जल आधारित मनोरंजन हेतु भू-जल तथा सतही जल, दोनों पर असर डालकर क्षेत्रीय जल संसाधनों पर व्यापक प्रभाव डाल सकता है। वर्षण, इसकी आवृत्ति और कुल राशि में परिवर्तन सीधे-सीधे अपवाह के समय और तीव्रता को प्रभावित करते हैं। जिससे बाढ़ और सूखे के परिमाण प्रभावित होते हैं।

आईपीसीसी की 2001 तथा 2007 की रिपोर्टों के अनुसार जलवायु परिवर्तन के प्रभावों का विकासशील देशों पर विषम नकारात्मक असर 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। आईपीसीसी 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 प्रतिशत तक की गिरावट आ सकती है। आईपीसीसी के अध्ययनों से पता चलता है कि पीने के पानी और स्वच्छता पर प्रभाव के अलावा, पानी की कमी और गर्मी के कारण काफी क्षेत्र में फसल पैदावार कम हो सकती है। आईपीसीसी की चौथी आकलन रिपोर्ट के नवीनतम मूल्यांकन से पता चलता है कि भारत में इन प्रवृत्तियों के जारी रहने या भविष्य में इससे भी बुरे की उम्मीद कर सकते हैं। आईपीसीसी मॉडल परिदृश्यों में दक्षिण एशिया के लिए 2099 तक औसत तापमान के 1.56 से 5.44°C (2.8 से 9.8° फारेनहाइट) तक बढ़ने की उम्मीद है। शुष्क मौसम वर्षा में 6 प्रतिशत से 16 प्रतिशत की कमी तथा बरसाती मौसम की बारिश में 10 से 31 प्रतिशत तक की वृद्धि का अनुमान है। तापमान और वर्षा पैटर्न में ऐसे बदलाव भारत के ताजे पानी के संसाधनों और खाद्य उत्पादन के लिए खराब परिणाम ला सकते हैं। भविष्य की जलवायु के प्रक्षेपण आमतौर पर ग्रीन हाउस गैसों के उत्सर्जन के अलग-अलग परिदृश्य के आधार पर सामान्य परिसंचरण मॉडल का उपयोग कर विकसित किए जाते हैं। अगले दो दशकों के लिए एस०आर०ई०एस० के उत्सर्जन परिदृश्यों की एक रेंज के लिए 0.2 डिग्री सेल्सियस प्रति दशक की तापमान वृद्धि का अनुमान है। यदि सभी एयरोसॉल्ज़ और ग्रीन हाउस गैसों की सांद्रता को वर्ष 2000 के स्तर पर स्थिर रखा जाए तब भी प्रति दशक लगभग 0.1 डिग्री सेल्सियस की तापमान वृद्धि का अनुमान है। विभिन्न ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन परिदृश्यों के अंतर्गत, 1990 से 2100 की

अवधि में वैश्विक औसत सतह तापमान में 1.4 से 5.8 डिग्री सेल्सियस तक बढ़ने का अनुमान है। कम उत्सर्जन परिदृश्यों में 1.1 से 2.9 डिग्री सेल्सियस तथा उच्च-उत्सर्जन परिदृश्यों में 2.4 से 6.4 डिग्री सेल्सियस के बीच तापमान में वृद्धि का अनुमान है।

### हिमालय के जल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव

दुनिया के अधिकतर हिस्सों में पहाड़ तेजी से बदलती जलवायु के प्रभावों के प्रति अतिसंवेदनशील 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। भारतीय भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण (जीएसआई) के भूवैज्ञानिकों के अनुसार हिमालय में हिमनदों की संख्या 9,575 है। यह अनुमान है कि हिमालय के 33,200 वर्ग किलोमीटर में हिमनदों का प्रसार है और हिमालय की कुल पहाड़ी क्षेत्र के 17 प्रतिशत पर हिमनद फैले हैं, इसके अतिरिक्त 30-40 प्रतिशत क्षेत्र में मौसमी बर्फ का फैलाव होता है। धरती की 50% से अधिक नदियों के स्रोत पहाड़ों पर हैं, जलवायु परिवर्तन के इनके जलविज्ञान पर पड़ने वाले प्रभावों का असर मात्र पहाड़ों पर ही नहीं बल्कि पहाड़ के जल संसाधनों पर निर्भर तराई क्षेत्रों पर भी पड़ने की संभावना रहती है। गरम सतही तापमान के कारण हिमालय क्षेत्र में हिम तथा बर्फ समूह अधिक तेजी से पिघल रहे हैं। हिमालय के हिमनद 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, उनके पीछे हटने और गायब होने से भारत और पड़ोसी देशों में करोड़ों लोगों के पानी की आपूर्ति खतरे में पड़ जाएगी। बसंत और गर्मियों के महीनों में नदियों को मिलने वाले पानी की मात्रा को बर्फ का पिघलना नियंत्रित करता है। 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 तापमान परिवर्तन के साथ तेजी से प्रतिक्रिया करता है। इस कारण बढ़े हुए तापमान के समय, मौसमी अपवाह का अधिकतम शीतकाल या बसन्त ऋतु के प्रारम्भ में आ जायेगा। वर्तमान में मौसमी अपवाह का अधिकतम, ग्रीष्म ऋतु के समय होता है जब निचले क्षेत्रों में जल मांग अधिकतम पर होती है। मौसमी अपवाह के अधिकतम के समय 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। इस प्रभाव में हिमनदों के पीछे खिसकने का प्रभाव भी जुड़ जायेगा, जो कि वैसे तो पर्वतीय क्षेत्रों तक ही सीमित है लेकिन यह उन क्षेत्रों, जो हिम एवं हिमनद गलन पर निर्भर है, के वृहद सिंचाई तंत्रों को तहस नहस करने की क्षमता रखता है। 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।

### भविष्य की राह

जलवायु परिवर्तन तथा संसार में बढ़ती हुई जनसंख्या के कारण पैदा हुए जल संकट से निपटने के लिए यह आवश्यक है कि हम वर्तमान एवं भविष्य के पर्वतीय जल संसाधनों के ज्ञान में वृद्धि करें, विशेष रूप से भारत जैसे विकासशील देश के लिए हिमालय के पर्वतीय क्षेत्रों में इस प्रकार के अध्ययन आवश्यक है। पर्वतीय क्षेत्रों में भविष्य में जल आपूर्ति को सुनिश्चित करने के लिए अधिक संभावनाएं मौजूद हैं। इसके लिए मजबूत आधारभूत संरचना और तकनीकी विकास की आवश्यकता है। विभिन्न क्षेत्रों की पानी की आवश्यकतापूर्ति के लिए पानी को संग्रहीत किया जाना आवश्यक है। सतही जल और भूजल संसाधनों के इष्टतम उपयोग एवं कुशल जल प्रबंधन की आवश्यकता है। इसके साथ-साथ, ऐसे प्रयास करने की आवश्यकता है जिनसे बढ़ते हुए तापमान को रोका जा सके।