

जलवायु परिवर्तन और इसके प्रभाव : जल संसाधन अनुकूलन रणनीतियां

एल एन ठकुराल, संजय कुमार, डी एस राठौर, एस के जैन एवं तनवीर अहमद
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की (उत्तराखण्ड)

सारांश : जलवायु परिवर्तन और ग्लोबल वार्मिंग के प्रभाव सर्वव्यापी हैं। यह अनुमान है कि वायुमण्डलीय ट्रेस गैसों की वृद्धि से जलवायु परिवर्तन संभवतः जल चक्र को प्रभावित करेगा और हाइड्रोलॉजिकल आपदाओं जैसे (बाढ़, सूखा) तथा सतह और भूमिगत जल संसाधनों की उपलब्धता पर प्रभाव डालेगा। इस तरह के बदलाव से बड़े पैमाने पर पर्यावरण, सामाजिक और आर्थिक अव्यवस्था की संभावना है तथा भविष्य में जल संसाधन और प्रबंधन के तरीकों पर भी काफी प्रभाव होगा। यह अनुमान है कि विशेष रूप से विकासशील देशों में जलवायु परिवर्तन की वजह से जल तथा खाद्यान्न की कमी का सामना करना होगा तथा साथ ही स्वस्थ जीवन पर भी संकट पड़ सकता है। यह खतरा भारत जैसे विकासशील देशों के लिए और भी गंभीर होने की उम्मीद है जिनकी अर्थव्यवस्था कृषि पर निर्भर है तथा जनसंख्या वृद्धि के कारण जल, खाद्य तथा ऊर्जा संबंधित मांग और अधिक गंभीर होने की उम्मीद है। यह शोध पत्र जलवायु परिवर्तन का विभिन्न जल संसाधनों पर प्रभाव तथा विभिन्न अनुकूलन रणनीतियों को विस्तार से प्रस्तुत करता है जिनसे जलवायु परिवर्तन के नकारात्मक प्रभावों को कम कर भविष्य को और अधिक सुनिश्चित किया जा सके।

Climate change and its impact : Water resources adaptation strategies

L N Thakural, Sanjay Kumar, D S Rathore, S K Jain & Tanveer Ahmed
National Institute of Hydrology, Roorkee (Uttarakhand)

Abstract

The impact of climate change and global warming are widespread. It is expected that climatic change caused by increase in green house gases concentration will possibly alter the global water cycle and would therefore change timing and magnitude of hydrological extremes (flooding, droughts) and availability of surface and groundwater resources. Such changes would raise the possibility of widespread environmental and socio-economic disturbances and have considerable implications for the future water resources planning and management practices. It is predicted that billions of people, particularly those in developing countries would face shortage of water, food and greater risk to health and life as a result of climate change. The impact is expected to be more severe in developing countries like India whose economy is largely dependent on the agriculture and is already under stress due to population increase and associated demands for energy, fresh water and food. The study presents the impacts of climatic changes on various aspects of water resources and various adaptation strategies to cope with its effects as latter are important and vital. Through adaptation societies make themselves better able to cope with the uncertain future and to reduce the negative effects of climate change.

प्रस्तावना

तापमान और अन्य मौसमी परिवर्तन से विश्व की नदियों में प्रवाह तथा उसके वितरण के प्रभावित होने की संभावना है। आईपीसीसी के अनुमान के अनुसार इस परिवर्तन से ऊष्ण कटिबंधीय क्षेत्रों में कम फसल की पैदावार, संवेदनशील रोगों के प्रसार और पौधे और पशु प्रजातियों के विलुप्त होने का खतरा बढ़ा है। भारत जैसे विकासशील देशों में इस खतरे के और

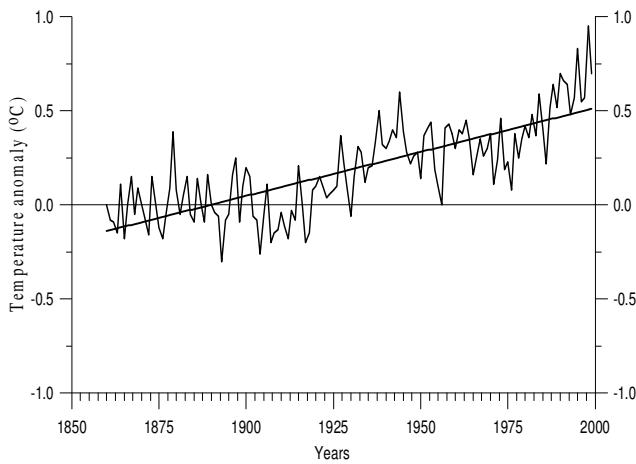
अधिक गंभीर होने की संभावना है, जहां मौजूदा जल की उपलब्धता तथा गुणवत्ता, बढ़ती हुई जनसंख्या, जल के लिए बढ़ती प्रतिस्पर्धा तथा अत्यधिक भूजल दोहन के कारण और भी अधिक असंतुलित होने की संभावना है। विभिन्न अनुकूलन रणनीतियां जलवायु परिवर्तन के प्रभाव से निपटने तथा उसको कम करने के लिए महत्वपूर्ण हैं। यह शोध पत्र

विभिन्न जलवायु परिवर्तन के परिदृश्यों और भारत में जल संसाधनों पर उनके प्रभाव, विशेष रूप से कृषि, जल गुणवत्ता, स्वास्थ्य और अत्यधिक भूजल दोहन आदि पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव को वर्णित करता है। यह शोध पत्र भारत के उत्तर पूर्व क्षेत्र जहां पर समृद्ध जैवविविधता तथा वन हैं, जलवायु परिवर्तन का वहां के जल संसाधनों, पारिस्थितिकी तंत्र तथा अन्य गतिविधियों पर प्रभाव को वर्णित करता है। नीचे दिये गये अनुभाग पहले जलवायु परिवर्तन तथा उसके परिदृश्यों को वर्णित करते हैं और अन्त में इन परिदृश्यों का भारत के उत्तर पूर्व क्षेत्र के जल संसाधनों पर इनके प्रभाव को वर्णित करता है।

सामग्री एवं विधि

जलवायु परिवर्तन पर संयुक्त राष्ट्र फ्रेम वर्क कन्वेंशन (यू एन एफ सी सी सी) ने 'जलवायु परिवर्तन' को परिभाषित किया तथा कहा कि जलवायु परिवर्तन वह परिवर्तन है जो कि मानव की प्रत्यक्ष एवं परोक्ष गतिविधियों द्वारा ग्लोबल वातावरण की संरचना में परिवर्तन, जो कि प्राकृतिक जलवायु परिवर्तनशीलता के अतिरिक्त है। यू एन एफ सी सी ने इस प्रकार प्राकृतिक कारणों से 'जलवायु परिवर्तनशीलता' और मानव गतिविधियों के कारण वायुमंडलीय संरचना में फेरबदल के बीच एक अंतर स्थापित किया।

पिछली सदी में वातावरण में कार्बन डाइऑक्साइड (CO₂) तथा अन्य गैसों का मानव जनित उत्सर्जन, ग्लोबल वार्मिंग का प्रमुख कारण



चित्र 1 — पिछली सदी में विश्व स्तर पर औसतन तापमान की विसंगतियां ग्लोबल औसतन तापमान में वृद्धि (1860 की तुलना में 1900-1930 अवधि के दौरान आईपीसीसी, 2001).

हैं। आई पी सी सी के अनुसार औसतन ग्लोबल सतह वायु के तापमान में 19वीं सदी के बाद से $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ की वृद्धि हुई है। ग्लोबल तापमान में यह वृद्धि मुख्यतः दो अलग-अलग अवधियों (1910-1945 तथा 1976 के बाद से) में हुई। इस दोनों अवधियों में वृद्धि दर लगभग 0.15°C/दशक रही। 20वीं सदी की वार्मिंग को पिछले 1000 वर्षों के दौरान किसी भी अन्य समय की तुलना में बढ़ा हुआ पाया गया है। विश्व स्तर पर 1990 का दशक सबसे गरम दशक तथा 1998 सबसे गरम साल पाये गये। चित्र 1 पिछली सदी में विश्व स्तर पर औसतन तापमान में परिवर्तन को दर्शाता है। यह तापमान परिवर्तन विश्व स्तर पर एक समान नहीं है, तथा विभिन्न क्षेत्रों और निचले वायुमंडल के विभिन्न भागों में अलग-अलग है।

दुनिया के हिमनदों का त्वरित पिघलना मानव जनित ग्लोबल वार्मिंग और जलवायु परिवर्तन के एक संकेत के रूप में देखा जा रहा है। विभिन्न अध्ययन दिखाते हैं कि 20वीं सदी के दौरान ध्रुवीय क्षेत्रों के ग्लेशियर पीछे हटे हैं। यह भी देखा गया है कि विश्व स्तर पर 1960 के बाद से बर्फ कवर 10% कम हुए हैं। यह भी उम्मीद है कि इन ग्लेशियरों का 21वीं सदी के दौरान भी पीछे हटना जारी रहेगा। हाएबेर्ली, एंड बेनिस्टों, (1998) वर्ष के अनुसार यूरोपीय आल्प्स (Alps) में ग्लेशियरों की क्षेत्रीय सीमा, 30-40% कम हुई है। आईपीसीसी के अनुसार भी 21वीं सदी के अंत तक यूरोप के अल्पाइन ग्लेशियर आधे तक गायब हो सकते हैं। द्यूर्गोरोव, (2002) ने बताया है कि मौजूदा ग्लेशियरों के पिघलने की प्रवृत्ति दिखाती है कि ग्लेशियर महाद्वीपीय क्षेत्रों उत्तरी अमेरिका, दक्षिण अमेरिका, मध्य एशिया, उपध्रुवीय क्षेत्रों, में तेजी से पिघलेंगे तथा समुद्र के स्तर को बढ़ाने में सहायक होंगे। ग्लोबल औसतन समुद्र तल 20वीं सदी के दौरान 0.10 मी. से 0.20 मी. के बीच पहुँच गया है। जलवायु परिवर्तन पर राष्ट्रीय कार्य योजना (एनएपीसीसी) ने भी विभिन्न जलवायु चरों में परिवर्तन को सारणी 1 के अनुसार दिखाया है।

अनुमानित जलवायु परिवर्तन परिदृश्य : अलग-अलग ग्रीन हाउस गैस उत्सर्जन परिदृश्यों के तहत, ग्लोबल औसत सतह तापमान का 1990 से 2100 अवधि के दौरान 1.4 से 5.8°C तक बढ़ने का अनुमान है यह वृद्धि कम उत्सर्जन परिदृश्य के तहत 1.4 से 3.0°C तक रहने का अनुमान है। जबकि उच्च उत्सर्जन परिदृश्य में यह वृद्धि 2.5 से 5.8°C तक रहने की उम्मीद है। यह बात विशेष तौर पर ध्यान देने की है कि ग्लोबल तापमान की अंतर वार्षिक (Inter-annual) परिवर्तनशीलता उसकी प्रवृत्ति (Trend) से भी बड़ी है। ग्लोबल जलवायु के सिमुलेशन से पता चलता है कि लगभग सभी भूमि क्षेत्रों में सर्दियों के दौरान तापमान ग्लोबल औसत से अधिक तेजी से बढ़ने की संभावना है। यह संभावना उत्तरी अमेरिका, उत्तरी और मध्य एशिया

के उत्तरी क्षेत्रों में ग्लोबल औसत वार्षिक से करीब 40% तक अधिक होने का अनुमान है। इसके विपरीत गर्मियों में दक्षिण पूर्व एशिया में यह वार्षिक ग्लोबल औसत वार्षिक से कम रहने की संभावना है। जबकि दक्षिण अमेरिका में सर्दियों के दौरान वार्षिक ग्लोबल औसत से कम रहने की उम्मीद है। इसी तरह ग्लोबल समुद्र स्तर का भी 1990 से 2100 के दौरान 0.88m से 0.90m तक वृद्धि का अनुमान है जो कि 20वीं सदी के दौरान बढ़े हुए स्तर (0.10-0.20m) से बहुत अधिक है।

अनुमान है कि प्रत्येक डिग्री सेल्सियस वार्षिक ग्लोबल औसत वर्षा 2-4% तक बढ़ा सकती है। लेकिन क्षेत्रीय पैमाने पर यह औसत वर्षा कम या बढ़ सकती है। ग्लोबल जलवायु मॉडलिंग अध्ययन बताते हैं कि अगर वायुमण्डल में CO₂ दोगुनी हो जाये तो वर्षा अनुमानित तौर पर

15% कम या बढ़ सकती है। यह भविष्यवाणी की गई है कि वायुमण्डल में ग्रीन हाउस गैसों की सांद्रता बढ़ने से चरम घटनाओं जैसे कि गर्म दिन, गर्म हवाएं, भारी वर्षा और ठंडे दिन की आवृत्ति, तीव्रता और अवधि में परिवर्तन होगा। सामान्यतया 50° N उत्तर के देशों में वर्षा में वृद्धि की उम्मीद है। इससे जाहिर है कि जलवायु के मापदंडों में परिवर्तन की वजह से वर्षा और तापमान में होने वाले महत्वपूर्ण परिवर्तन किसी बेसिन की हाइड्रोलॉजिकल व्यवस्था (Regime) (जैसे वर्षा-अपवाह, बर्फ और ग्लेशियर अपवाह, वाष्पीकरण आदि) में महत्वपूर्ण बदलाव ला सकते हैं। ऐसी संभावना है कि क्षेत्रीय मौसम में व्यापक रूप से परिवर्तन होगा जिससे दुनिया के कई हिस्सों में बाढ़ तथा सूखे की आवृत्ति और तीव्रता में वृद्धि होने की उम्मीद है।

ग्लोबल सिमुलेशन के आधार पर यह देखा गया है कि ग्लोबल औसतन जल वाष्प सांद्रता और वर्षा के 21वीं सदी के दौरान बढ़ने की संभावना है। 21वीं सदी की दूसरी छमाही तक वर्षा उत्तरी मध्य से उच्च अक्षांश में बढ़ेगी। लेकिन कम अक्षांश के भूमि क्षेत्रों में वर्षा घट या बढ़ सकती है। इसी तरह से अंटार्कटिक में भी वर्षा के बढ़ने की संभावना है। जिन क्षेत्रों में औसत वर्षा के बढ़ने की संभावना है वहाँ पर वर्षा में वार्षिक परिवर्तन के भी बढ़ने की उम्मीद है। यह भी अनुमान है कि 21वीं सदी में उत्तरी गोलार्द्ध में समुद्री बर्फ कम होगी और ग्लेशियरों और बर्फ कवर का पीछे हटना जारी रहेगा। यह भी उम्मीद है कि अंटार्कटिक में बर्फ बढ़ेगी जबकि ग्रीनलैंड में बर्फ की चादर खो जाने की संभावना है।

पूर्वोत्तर राज्यों के लिए जलवायु परिवर्तन परिदृश्य : उत्तर-पूर्वी क्षेत्र के सात राज्य, सिक्किम और उत्तर बंगाल के कुछ हिस्सों को मिलाकर भारत के पूरबी क्षेत्र को दर्शाते हैं। आई एन सी सी ए के अनुसार इस क्षेत्र में वर्ष 2030 तक औसतन वार्षिक तापमान में 5.8+0.8°C से 26.8+0.9°C वृद्धि की संभावना है। 1970 को आधार मानकर तापमान में औसतन वृद्धि 1.8°C से 2.1°C तक है। यह भी अनुमान है कि इस क्षेत्र में औसतन वार्षिक वर्षा कम से कम 940+149 mm से अधिकतम 1330+174.5 mm तक परिवर्तनशील होगी। यह भी संभावना है कि 1970 को आधार मानकर वर्ष 2030 तक वर्षा में 0.3 % से 3% तक वृद्धि होगी। यह भी संभावित है कि वर्षा के दिनों की संख्या में 1-10 दिनों तक कमी होगी तथा वर्षा की तीव्रता इस क्षेत्र में 1-6 मिमी./दिन तक बढ़ सकती है।

उत्तर-पूर्वी क्षेत्र में वर्षा की प्रवृत्ति वर्ष 2030 में जल उपलब्धता में काफी स्थानीय परिवर्तनशीलता दर्शाती है, जो कि वर्षा और वाष्पीकरण के अनुमानित स्वरूप के अनुसार है। उत्तर पूर्व के उत्तरी

सारणी 1 — भारत में जलवायु चरों में परिवर्तन

जलवायु चर सतही तापमान में	जलवायु तथा मौसम की घटनाओं में देखे गये परिवर्तन। राष्ट्रीय स्तर पर, पिछली सदी के दौरान सतही तापमान 0.4 की वृद्धि देखी गई। पश्चिमी तट, मध्य भारत, इंडोरियर प्रायद्वीपीय तथा उत्तर पूर्वी भारत में वार्षिक प्रवृत्ति देखी गई है। उत्तर-पश्चिम तथा दक्षिण भारत में शीतल प्रवृत्ति देखी गई।
वर्षा	राष्ट्रीय स्तर पर मानसून में कोई भी महत्वपूर्ण प्रवृत्ति नहीं देखी गई। पश्चिमी तट, उत्तरी प्रदेश, उत्तर-पश्चिमी तथा दक्षिण भारत के कुछ हिस्सों में मानसून मौसमी वर्षा में बढ़ रही प्रवृत्ति के संकेत (पिछले 100 वर्षों में सामान्य से 10 से 12%) मध्य प्रदेश, उत्तर पूर्वी भारत, गुजरात और केरल के कुछ हिस्सों में मानसून वर्ष कम होने की प्रवृत्ति के संकेत (पिछले 100 वर्षों में सामान्य से 06 से 08%)
चरम मौसमी घटनाएं	बहु-दशकीय अवधि के दौरान सूखे की आवृत्ति में वृद्धि। भयंकर तूफान की घटनाओं में 0.011 प्रति वर्ष की दर से तटीय क्षेत्रों में वृद्धि। पश्चिम बंगाल और गुजरात में चरम घटनाओं में वृद्धि तथा उड़ीसा में चरम घटनाओं का कम होना। वर्ष 1951 से 2000 के दौरान मध्य भारत में वृद्धि।
समुद्र के स्तर में वृद्धि	समुद्र का स्तर 1.06 से 1.75 mm प्रति वर्ष बढ़ा है। ये दरें आईपीसीसी की प्रति वर्ष 1-2 mm ग्लोबल समुद्र स्तर के बढ़ने के अनुमान के मुताबिक है
हिमालयी ग्लेशियरों	हाल के वर्षों के कुछ हिमालयी ग्लेशियरों का पीछे हटना का असर (कम होना) देख गया है, लेकिन यह प्रवृत्ति सभी पर्वत श्रृंखला में एक समान नहीं है

भाग में वर्ष 2030 में (1970 को आधारित मान कर) वर्षा के 12% तक कम होने के आसार हैं। जबकि उत्तर पूर्व के मध्य भाग में वर्ष 2030 में वर्षा में 0.25% तक की वृद्धि होने का अनुमान है। वाष्पीकरण के भी वर्ष 2030 में उत्तर पूर्व के अधिकांश क्षेत्रों में (मिजोरम, त्रिपुरा, मणिपुर और असम को छोड़कर) बढ़ने की संभावना है। इसके परिणामस्वरूप पानी की उपलब्धता में अरुणाचल प्रदेश में 20% तक की कमी होने की उम्मीद है। असम और मणिपुर में जल उपलब्धता में 40% की वृद्धि की संभावना है। इस वजह से यह अनुमान है कि सिंचित चावल की पैदावार में 1970 को आधार मान कर -10% से 5% का परिवर्तन होगा। जबकि वर्षा सिंचित चावल की पैदावार में -35% से 5% का परिवर्तन होगा। यह भी संभावना है कि मक्का की फसल की पैदावार में 40% तक की कमी होगी।

उत्तर पूर्वी राज्यों जैसे असम, नागालैण्ड और अरुणाचल प्रदेश के घने जंगल ज्यादातर हिमालयन जैवविविधता के हिस्से हैं। (आइएनसीसीए) के अनुसार वर्ष 2030 में उत्तर पूर्व क्षेत्र के 73 जंगल ग्रिड में से केवल 8% में ही बदलाव के आसार हैं। इस क्षेत्र में औसतन 23% की वृद्धि में होने की संभावना है। ऐसी भी संभावना है कि मलेरिया का संचरण वर्ष में कम से कम 7-9 महीने तक रहने की उम्मीद है तथा यह संचरण वर्ष में 10 से 12 महीने तक भी रह सकता है।

परिणाम एवं विवेचना

ग्लोबल जलवायु के विश्लेषण में ऐसा अनुमान है कि एशिया क्षेत्र में जलवायु परिवर्तन के कारण अपवाह तथा उसका सामयिक वितरण प्रभावित होगा जिससे जल संसाधनों पर बहुत दबाव बढ़ने का अनुमान है। यह प्रभाव भारतीय उप-महाद्वीप, जहाँ अधिकतम आबादी है, पर अत्यधिक गंभीर होने की संभावना है। जलवायु परिवर्तन का प्रभाव भारत जैसे विकासशील देशों पर जिनकी अर्थव्यवस्था कृषि पर आधारित है, पर गंभीर रूप से महसूस किया जा सकता है। भारत की भौगोलिक स्थिति के कारण देश भर में दो मानसून प्रणाली यानी दक्षिण पश्चिम मानसून तथा पूर्वोत्तर मानसून से प्रभावित होती हैं। भारत में दक्षिण-पश्चिम मानसून महत्वपूर्ण है क्योंकि यह पीने तथा सिंचाई के लिए स्वच्छ जल की उपलब्धता कराता है। जलवायु परिवर्तन का भारतीय उप महाद्वीप क्षेत्र में दक्षिण-पश्चिम मानसून पर, कृषि उत्पादन, जल संसाधनों तथा देश की अर्थव्यवस्था पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ने की संभावना है। लेकिन ग्लोबल हाइड्रोलॉजिकल प्रक्रियाओं पर जलवायु परिवर्तन के प्रभावों के सम्बंध में कई अनिश्चिततायें भी हैं।

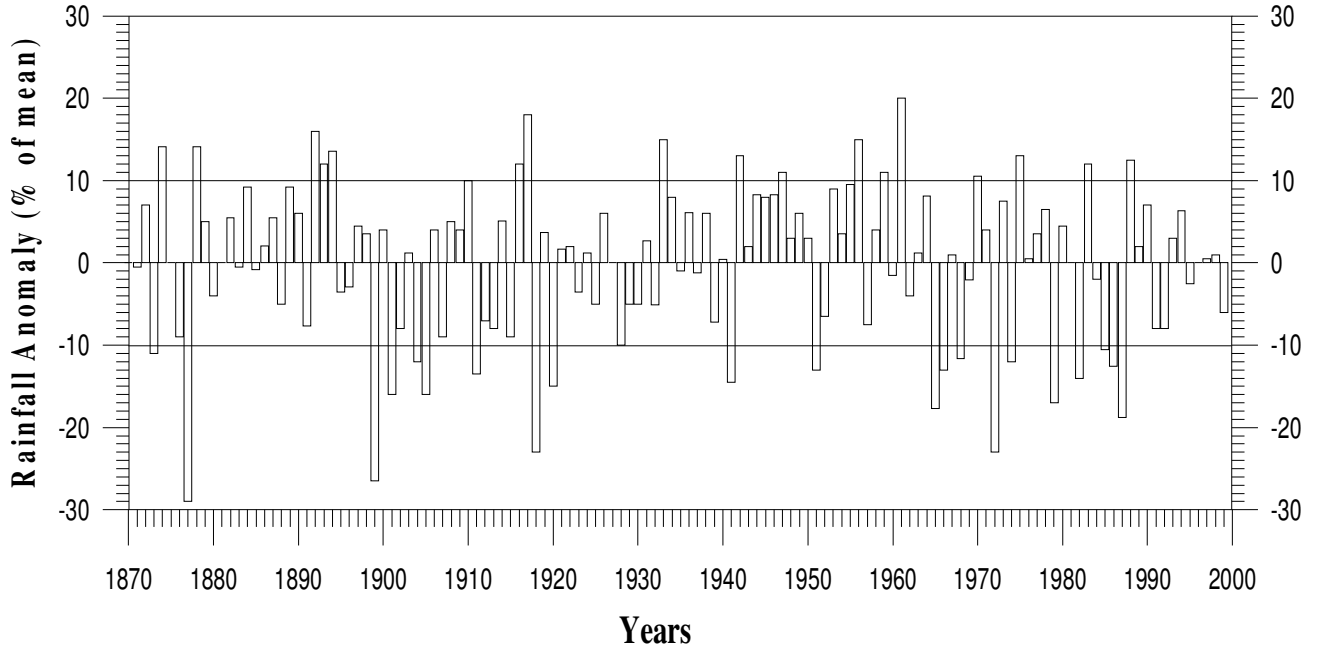
तथापि भारत में वर्षा परिवर्तन के सम्बंध में अध्ययनों से पता चलता है कि भारत की औसतन वार्षिक वर्षा में कोई स्पष्ट घटने या बढ़ने की प्रवृत्ति नहीं दिखाई देती। भारत की वार्षिक वर्षा की प्रवृत्ति

के अध्ययन से पता चलता है कि 5 वार्षिक औसत वर्षा, सामान्य वर्षा के एक स्टैण्डर्ड डेविएशन के बीच घटता-बढ़ता है। चित्र 2 में पूरे भारत के लिए ग्रीष्मकालीन मानसून वर्षा की विसंगतियों को दिखाया गया है। यद्यपि भारत में मानसून वर्षा में (एक लंबी अवधि तथा पूरे भारत के लिए) कोई भी प्रवृत्ति नहीं दिखती है, लेकिन भारत के 306 स्टेशनों की मासिक वर्षा के अध्ययन से पता चलता है कि उत्तर-पश्चिम प्रायद्वीप तथा उत्तर-पूर्व के क्षेत्रों में ग्रीष्मकालीन मानसून वर्षा के बड़े पैमाने पर कम होने की प्रवृत्ति के संकेत मिलते हैं।

लाल, एम, (2001) और एम ओ ई एफ, (2004) द्वारा सूचित किया गया कि भारत में एक सदी से अधिक बड़े पैमाने पर उतार-चढ़ाव वार्षिक या मौसमी वर्षा के कोई व्यवस्थित परिवर्तन नहीं है। हालांकि, हाल के वर्षों के दौरान पश्चिमी तट, उत्तरी आंध्र प्रदेश और उत्तर पश्चिमी भारत की मौसमी बारिश में बढ़ती प्रवृत्ति पायी गयी है। मिर्जा (1998) द्वारा गंगा, ब्रह्मपुत्र और मेघना नदी घाटियों की प्रवृत्ति का विश्लेषण किया गया। उन्होंने पाया कि गंगा बेसिन में सामान्यतः कुल मिलाकर वर्षा स्थिर है। ब्रह्मपुत्र बेसिन के एक उप संभाग में वर्षा की बढ़ती प्रवृत्ति का पता चलता है।

भारतीय उपमहाद्वीप में विभिन्न मौसमों में बारिश के अनुमानित परिदृश्य सारणी 2 में दिए गए हैं। इस सारणी से पता चलता है कि भारतीय उप-महाद्वीप के ऊपर वार्षिक औसत वर्षा में 7 से 10% तक सन् 2080 में वृद्धि होने का अनुमान है। शीतकालीन वर्षा भारतीय उप-महाद्वीप में 5 से 25% तक कम हो सकती है। साथ ही 10 से 15% तक की वृद्धि में औसत ग्रीष्म कालीन मानसून में अनुमानित वर्षा में वृद्धि हो सकती है।

पानी की मात्रा में परिवर्तन : भारत में जल संसाधनों पर मौजूदा दबाव के मुख्य कारण प्रायः बढ़ती आबादी, पानी के लिए बढ़ती प्रतिस्पर्धा, निम्न गुणवत्ता, पर्यावरण के दावे और भूजल हैं। जलवायु परिवर्तन से जल संसाधन पर यह दबाव आगे और भी असंतुलित और विकट हो जायेगा। इस दबाव के परिणामस्वरूप कम वर्षा और तापमान में वृद्धि के अलावा पानी की उपलब्धता, घरेलू, कृषि और उद्योग के क्षेत्रों को प्रभावित करेगी। केवल एक उदारवादी जलवायु परिवर्तन के आधार पर अनुमानित है कि 2025 तक दुनिया के महत्वपूर्ण देशों में पानी की कमी लगभग 34% (1995) से 63% हो सकती है। उदाहरण के लिए, अफ्रीका के बड़े जलागम जैसे नाइजर, चाडडैल और सेनेगल में कुल उपलब्ध पानी में पहले ही 40-60% की कमी है। अध्ययन से ज्ञात हुआ है कि लूनी, कक्ष, सौरा ट, 60 प्रतिशत भाग में पानी की अत्यधिक कमी होगी। माही, पेन्नर, साबरमती व तापी में भी पानी की कमी देखी जायेगी। कावेरी, गंगा, नर्मदा व कृष्णा बेसिन में मौसमी व नियमित पानी की समस्या रहेगी। वहीं गोदावरी, ब्रह्मनी व महानदी में बाढ़ बढ़ने की संभावना है (गोसाई, 2006)।



चित्र 2 — अखिल भारतीय ग्रीष्मकालीन मानसून वर्षा की विसंगतियां (1871-1999), लाल, 2001.

सारणी 2 — भारतीय उपमहाद्वीप में विभिन्न मौसमों में बारिश के अनुमानित परिदृश्य

	परिदृश्य	तापमान में वृद्धि	वर्षा में बदलाव
	वार्षिक	1.0-1.41	2.16-5.97
2020	शीतकालीन	1.08-1.54	(-) 1.95-4.36
	मानसून	0.87-1.17	1.81-5.10
2050	वार्षिक	2.23-2.27	5.36-9.34
	शीतकालीन	2.54-3.18	(-) 9.22-3.82
	मानसून	1.81-2.37	7.18-10.52
2080s	वार्षिक	3.53-5.55	7.48-9.90
	शीतकालीन	1.14-6.31	(-) 24.83-4.50
	मानसून	2.91-4.62	10.10-15.18

पानी की गुणवत्ता में परिवर्तन : वर्षा के बदले प्रतिरूप से संभवतः पानी की गुणवत्ता में परिवर्तन होने की चिंता है। उच्च तापमान से जिन जगहों पर, जहाँ उच्च जल सतह है वहाँ जल की लवण एकाग्रता बढ़ने की संभावनाएं हैं। इसके अन्य कारण गहन सिंचाई एवं तापमान से वर्धित वाष्पीकरण भी है। इसके अलावा बाढ़ जैसी प्राकृतिक

आपदाओं से मृदा से निक्षालित पदार्थ भूजल में मिलने से भूजल प्रभावित होगा। समुद्र का स्तर बढ़ने की वजह से तटीय क्षेत्रों में भूगर्भ जल लवणीय होने से स्वच्छ जल की मात्रा और गुणवत्ता पर बुरा असर पड़ेगा, और वहाँ रहने वाली आबादी को प्रभावित करेगा।

पानी की उपलब्धता में परिवर्तन : जल-चक्र आधिक्यता के परिणाम स्वरूप जल की मात्रा में कमी एवं दूषित होने से उपलब्ध जल के लिए प्रतिस्पर्धा बढ़ गई है। कृषि एवं आंतरिक क्षेत्रों में जल की माँग विशेषकर गर्मी और सूखे के समय में अधिक महत्वपूर्ण रहेगी। भारत एक कृषि प्रधान देश है। अधिकतर जल कृषि के लिए उपयोग में लाया जाता है। बढ़ता हुआ तापमान, कम वर्षा और बढ़ती हुई आबादी ने सिंचाई की आवश्यकताओं को बढ़ा दिया है। वर्षा की अनिश्चितता एवं जल स्रोतों के अधिक दोहन से जल स्रोतों पर संकट के बादल मंडराने लगेंगे।

प्राकृतिक आपदाएं : प्राकृतिक आपदाओं मुख्यतः बाढ़ और सूखे से जहाँ एक ओर मिट्टी का क्षरण और बंजरता बढ़ जाएगी, वहीं दूसरी ओर इससे पानी की उपलब्धता और गुणवत्ता के मुद्दे आगे और विकट रूप लेंगे। IPCC द्वारा अनुमानित है कि जलवायु परिवर्तन से मानव बस्तियों के लिए सबसे व्यापक खतरा बाढ़ एवं भूस्खलन से होने की

संभावना है। UNFCCC ने पूर्व अनुमान लगाया है कि दुनिया के समुद्रीय तट जो बढ़ती भीड़ से पहले ही प्रभावित हो रहे हैं, वहाँ पर भविष्य में अधिक तीव्र तूफान और बाढ़ आने की संभावनाएं हैं। इस बाढ़ से ना केवल जान-माल और आजीविका का नुकसान होगा बल्कि इससे जल संसाधनों पर भी असर पड़ेगा।

जलवायु परिवर्तन के प्रभाव क्षेत्र : खाद्य सुरक्षा एवं औद्योगिक गतिविधियों में जल उपयोग तथा विकास एवं मानव जीवन निर्वाह में जल की एक महत्वपूर्ण भूमिका होती है। जल की उपलब्धता और उसका उपयोग विभिन्न क्षेत्रों जैसे कृषि, उद्योग एवं स्वास्थ्य आदि में प्रतिस्पर्धा का कारण बन सकता है। एक अनुमान के अनुसार एक अरब से अधिक लोगों को सुरक्षित पानी उपलब्ध है। जबकि दो अरब से अधिक लोगों को सुरक्षित जल का अभाव है। जल की मात्रा, गुणवत्ता और अभिगम्यता में परिवर्तन के प्रभाव से कृषि, खाद्य सुरक्षा, स्वास्थ्य तथा अन्य गतिविधियों के कारण मानव आबादी पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ेगा।

जलवायु परिवर्तन के कृषि पर प्रभाव : बढ़ती आबादी, कृषि की अधिकता और वाष्पीकरण में वृद्धि होने से सिंचाई के लिए अधिक पानी की आवश्यकता होगी। भारत के संदर्भ में यह चेतावनी इसलिए भी ज्यादा महत्वपूर्ण है क्योंकि भारत की अर्थव्यवस्था कृषि आधारित है। एक अनुमान के अनुसार सन् 2050 तक शीतकाल का तापमान लगभग 3 से 4 डिग्री सेल्सियस बढ़ सकता है। इससे मानसूनी वर्षा में 10 से 20% तक कमी होने का अनुमान है। वर्षा की मात्रा में परिवर्तन होने से फसलों की उत्पादकता पर भी प्रतिकूल प्रभाव पड़ेगा। अनुमानित है कि फसल की पैदावार के लिए जल निकासी 2600 km³ (2000) से बढ़कर 3200 km³ (2025) हो जायेगा। अध्ययनों के आधार पर कृषि वैज्ञानिकों ने पाया कि प्रत्येक 10°C तापमान बढ़ने पर गेहूँ का उत्पादन 4.5 टन कम हो जाएगा कृषि विभाग के अनुसार गेहूँ की पैदावार का अनुमान 82 मिलियन टन था जो अधिक तापमान की वजह से घटाकर 81 मिलियन टन रह जायेगा। जलवायु परिवर्तन से न केवल फसलों की उत्पादकता ही नहीं प्रभावित होगी, बल्कि उनकी गुणवत्ता पर भी नकारात्मक प्रभाव पड़ेगा। अनाज में पोषक तत्वों और प्रोटीन की कमी पाई जाएगी जिसके कारण संतुलित भोजन लेने पर भी मनुष्य का स्वास्थ्य प्रभावित होगा।

जलवायु परिवर्तन का स्वास्थ्य पर प्रभाव : जलवायु की वजह से कीट व रोगों की मात्रा बढ़ेगी। मलेरियाल मच्छर जैसी महत्वपूर्ण प्रजातियों के विवरण में बदलाव एवं नये क्षेत्रों में इनका प्रसार बढ़ सकता है। एक अध्ययन के अनुसार अगर तापमान में 3.8°C और आपेक्षिक आर्द्रता में 7% की वृद्धि होने से ट्रांसमिशन विनडो अर्थात् जिन महीनों में

मच्छर सक्रिय होते हैं, वह 12 महीनों के लिए 9 राज्यों में खुल जाने की आशंका है (एनएपीसीसी)। इसके साथ ही मलेरियाल मच्छर कई नये राज्यों में और उच्च अक्षांश वाले क्षेत्रों में फैलने की संभावनाएं हैं।

जलवायु परिवर्तन का वनों पर प्रभाव : संभवतया विश्वस्तर पर जलवायु, वनस्पति व उसके स्वरूप का निर्धारक है, और इसका महत्वपूर्ण प्रभाव उसके वितरण, संरचना और जंगलों की पारिस्थितिकी पर पड़ता है। आईपीसीसी की तीसरी आकलन रिपोर्ट से संकेत मिलते हैं कि वन पारिस्थितिकी तंत्र को भावी जलवायु परिवर्तन के गंभीर परिणाम भुगतने होंगे। 1-2°C ग्लोबल वार्मिंग के कारण जाति संरचना, उत्पादकता और जैवविविधता में आये परिवर्तन से अधिकांश पारिस्थितिक तंत्र और परिदृश्य प्रभावित हो सकते हैं। जिसके परिणामस्वरूप वन संसाधनों पर आश्रित रहने वाले लोगों की जीविका पर इसका असर दिखाई पड़ेगा। अध्ययनों के आधार पर कह सकते हैं कि इस सदी के अंत तक ए2 - बी2 अंतर्गत 77% और 68% वन क्षेत्र में परिणामी परिवर्तन होंगे।

मत्स्य पालन पर जलवायु का प्रभाव : जलवायु परिवर्तन या नदी में पानी की कमी से अलवरण जल जैवविविधता में कमी आएगी। जलवायु परिवर्तन का उस क्षेत्र में रहने वाली प्रजातियों पर सबसे दूरगामी प्रभाव पड़ता है। तापमान में कुछ डिग्री सेंटीग्रेड ऊपर-नीचे होने भर से कई प्रजातियाँ के विलुप्तीकरण का खतरा पैदा हो जाता है। इसके साथ ही बहुत-सी प्रजातियों के सब पोलेर क्षेत्रों, ट्रॉपिकल और अर्द्ध संलग्न समुद्रों में विलुप्त होने के अनुमान हैं। जिसके परिणामस्वरूप वन संसाधनों पर आश्रित रहने वाले लोगों की आजीविका पर इसका प्रभाव पड़ेगा।

जलवायु परिवर्तन अनुकूलन रणनीतियाँ : जलवायु परिवर्तनशीलता के प्रभावों को कम करने एवं सामना करने के लिए अनुकूलन की आवश्यकता है (IPCC)। जलवायु परिवर्तन अनुकूलन की आवश्यकता सामाजिक स्तर से लेकर राष्ट्रीय एवं अन्तर्राष्ट्रीय स्तर तक आवश्यक है। इसके मुकाबले के लिए स्थानीय रणनीतियाँ सरकारी तथा स्थानीय संस्थानों का सहयोग अनुकूलन के लिए महत्वपूर्ण है। साथ ही स्थानीय परिस्थितियों का ज्ञान भी अनुकूलन रणनीतियों में सहायक होता है। इसलिए समाज को वर्तमान और भविष्य जलवायु परिवर्तन के प्रभाव को कम करने के लिए वैज्ञानिक व परम्परागत ज्ञान का समन्वय करती हुई अनुकूलन योजनाओं की आवश्यकता है। साथ ही अतीत में मौसम के स्वरूप की जानकारी तथा जीविका के विविध साधनों की जानकारी समाज के लिए वर्तमान एवं भविष्य में जलवायु परिवर्तनशीलता का मुकाबला करने के लिए अनिवार्य है। इससे पारिस्थितिक तंत्र को

बदलना जलवायु के अनुसार सहवर्ती किया जा सकेगा। इस प्रकार से मानव कल्याण हेतु पारिस्थितिक तंत्र की क्षमता बढ़ेगी। सारणी 3 के अनुसार विभिन्न कार्य क्षेत्र अनुकूलन विकल्प विकासशील देशों के लिए दी गई है। गौसेन आदि, (2006) द्वारा अनुकूलन के लिए जल का पुनः प्रयोग, जल विपणन, माँग प्रबंधन, एकीकृत सूचना तंत्र, एकीकृत जल संसाधन विकास, जल संरक्षण व दक्षता संवर्धन व मूल्य निर्धारण आदि की संस्तुति की है।

निष्कर्ष

भारतीय उपमहाद्वीप के लिए जलवायु परिवर्तन के परिदृश्यों व उनके भविष्य के प्रक्षेपणों का संक्षिप्त वर्णन किया गया है। जल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव एवं विभिन्न अनुकूलन तकनीकों पर चर्चा की गई है। यह पाया गया है कि सम्भवता जलवायु परिवर्तन जल संसाधनों की उपलब्धता एवं परिणामस्वरूप कृषि, स्वास्थ्य एवं जैविक विविधता पर प्रभाव डालते हैं।

यह पाया गया है कि यदि विभिन्न देश अपने यहां उत्सर्जन को कम करने के लिए तत्पर एवं त्वरित कार्यवाही करते हैं तो जलवायु परिवर्तन में कुछ डिग्री का अन्तर आ सकता है। अतः हमें मौसम सम्बन्धी चरम घटनाओं जैसे बाढ़, सूखा, चक्रवात एवं अन्य मौसम विज्ञानीय आपदाओं से निपटने की योजनाओं में सुधार की आवश्यकता है। जलवायु परिवर्तन की मात्रा की अनिश्चितता के बावजूद यह सम्भव है कि क्षेत्रीय या बेसिन पैमाने पर जल संसाधनों पर प्रभाव को रोकने या कम करने के लिए उपयुक्त कार्य किये जाएं।

संदर्भ

1. द्यर्गेरोव एम बी, ग्लेशियर मास बैलेन्स एंड रेजीम : डाटा ऑफ मीजरमेंट एंड एनालिसिस, ओक्कासीओनल पेपर 55, इन्स्टार, यूनीवर्सिटी ऑफ कॉलोरेडो, बोल्डर, (2002) 268.
2. हाएबेर्ली डब्ल्यू एवं बेनिस्टों एम, क्लाइमेट चेंज एंड इट्स इम्पेक्ट्स ऑन ग्लैसियरस एंड पेरमफ्रॉस्ट इन द अल्प्स, अम्बिओ. **27**(1998)258-265.
3. आइएनसीसीए, क्लाइमेट चेंज एंड इंडियन : ए 4x4 अससेसमेंट, ए सेक्टरल एंड रीजनल एनालिसिस फॉर, (2010, 2030)
4. डींग जे टी, ग्रीग्स यी, नोगुएर डी जे, लिंडेन एम वन डेर, मसकेलपी जे डार्ई एवं जॉनसन अक्स के, सी ए इंटर-गवर्नमेंटल फनेल ऑन क्लाइमेट चेंज (आईपीसीसी) रिपोर्ट, क्लाइमेट चेंज द साइंटिफिक बेसिस, (eds.) हौध्टोन, (2001ए)
5. मक्कथी जे जे, कंजीयनी ओ अफ लियरी, अन ए डी जे एवं व्हाइट के एस, इंटर-गवर्नमेंटल पैनल ऑन क्लाइमेट चेंज (आईपीसीसी) रिपोर्ट, क्लाइमेट चेंज- इमपैक्ट्स, एडाप्टेशन एण्ड वुलनेरबिलिटी, (मके.) (2001ए)
6. लाल एम, क्लाइमेटिक चेंज- इंप्लिकटीओनस फॉर इंडिया' स वॉटर रिसोर्सेस, *जर्नल ऑफ इंडियन वॉटर रिसोर्सेस सोसाइटी*, **21** (2001) 101-119.
7. एक्षकुतिवे सुममारी मिनिस्टरी ऑफ एनवायरॉनमेंट एण्ड फॉरेस्ट (एम ओ ई एफ) इंडिया इनिशियल नेशनल कम्युनिकेशन टू द यूनाइटेड नेशन्स फ्रमेवर्क कोन्वेंतिओन ऑन क्लाइमेट चेंज, न्यू दिल्ली. (2004)
8. नेशनल एक्शन प्लान ऑन क्लाइमेट चेंज एण्ड (एनएपीसीसी), जी ओ आई.
9. गोसाई ए के एवं संध्या रावद वसुरे, क्लाइमेट चेंज इम्पेक्ट्स अससेसमेंट ऑन हाइड्रोलॉजी ऑफ इंडियन रिवर बेसिन, *करेंट साइन्स*, वॉल्यूम **90**, **3** (2006) 346-353.