जलवायु परिवर्तन और इसके प्रभावः जल संसाधन अनुकूलन रणनीतियां

एल.एन.ठकुराल, संजय कुमार, देवेद्र सिहं राठौर, संजय कुमार जैन एवं तनवीर अहमद

राष्ट्रीय जल विज्ञान संस्थान, रूड़की

सारांश

जलवायु परिवर्तन और ग्लोबल वार्मिंग के प्रभाव सर्व व्यापी हैं। यह अनुमान है कि वायुमण्डलीय ट्रेस गैसों की वृद्धि से जल वायु परिवर्तन संभवतः जल चक्र को प्रभावित करेगा और हाडड्रोलॉजिकल 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 खाद्यान 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, खादय तथा उर्जा संबधित मांगें और अधिक गंभीर होने की उम्मीदें है। यह शोध पत्र जलवायु परिवर्तन का विभिन्न जल संसाधनों पर प्रभाव तथा विभिन्न अनुकूलन रणनीतियों को विस्तार से प्रस्तुत करता हैं जिनसे जलवायु परिवर्तन के नकारात्मक प्रभावों को कम कर भविष्य को और अधिक सुनिश्चित किया जा सके।

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 socioeconomic 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.

1.0 परिचय

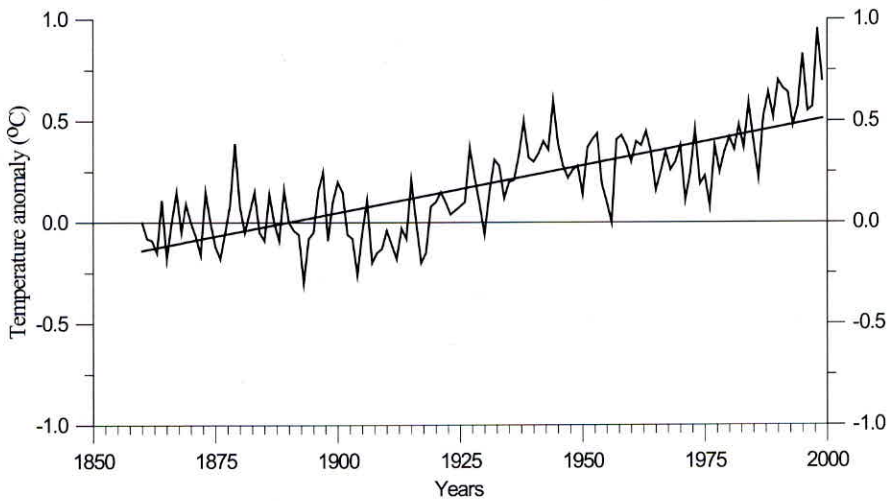
तापमान और अन्य मौसमी परिवर्तन से विश्व की नदियों में प्रवाह तथा उसके वितरण के प्रभावित होने की संभावना है। आईपीसीसी के अनुमान के अनुसार इस परिवर्तन से उष्णकटिबंधीय क्षेत्रों में कम फसल की पैदावार, संवेदनशील रोगों के प्रसार और पौधे और पशु प्रजातियॉ के विलुप्त होने का खतरा बढ़ा है। यह खतरा भारत जैसे विकासशील देशों में और अधिक गंभीर होने की संभावना है, जहॉ मौजूदा जल की उपलब्धता तथा गुणवत्ता, बढ़ती हुई जनसंख्या, जल के लिए बढ़ती प्रतिस्पर्धा तथा भूजल अत्यधिक दोहन के कारण और भी अधिक असुंतलित होने की संभावना हैं। विभिन्न अनुकूलन रणनीतियां जलवायु परिवर्तन के प्रभाव से निपटने तथा उसको कम करने के लिए महत्वपूर्ण है। यह शोध पत्र विभिन्न जलवायु परिवर्तन के परिदृश्यों और भारत में जल संसाधनों पर उनके प्रभाव, विशेष रूप से कृषि, जल गुणवत्ता, स्वास्थ्य और भूजल अत्यधिक दोहन आदि पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव को वर्णित करता है। यह शोध पत्र भारत के उत्तर पूर्व क्षेत्र जहॉ पर समृद्ध जैव

विविधता तथा वन है, जलवायु परिवर्तन का वहॉ 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।

2.0 जलवायु परिवर्तन

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

पिछली सदी में वातावरण में कार्बन डाइआक्साइड (CO_2) तथा अन्य गैसों गेसों का मानव जनित उत्सर्जन, ग्लोबल वार्मिंग का प्रमुख कारण हैं। आई पी सी सी के अनुसार औसतन ग्लोबल सतह वायु के तापमान में 19 वीं सदी के बाद से 0.6 ± 0.2 डिग्री सेल्सियस की वृद्वि हुई है। ग्लोबल तापमान में यह वृद्वि मुख्यता दो अलग–अलग अवधियों (1910-1945 तथा 1976 के बाद से) में हुई। इस दोनो अवधियों में वृद्वि दर लगभग 0.15 °C/ दशक रही। 20 वीं सदी की वार्मिंग को पिछले 1000 वर्षो के दौरान किसी भी अन्य समय की तुलना में बड़ा 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 हैं। यह तापमान परिवर्तन विश्व स्तर पर एक समान नही है, तथा विभिन्न क्षेत्रों और निचले वायुमंडल के विभिन्न भागों में अलग–अलग है।



चित्र –1: पिछली सदी में विश्व स्तर पर औसतन तापमान की विसंगतियां (Temperature anomaly) **ग्लोबल औसतन तापमान में वृद्धि** (1860 **की तुलना में** 1900-1930 **अवधि के दौरान आई पी सी सी,** 2001).

दुनिया के हिमनदों के त्वरित पिघलने और diglaciation मानव जनित ग्लोबल वार्मिंग और जलवायु परिवर्तन के एक संकेत के रूप में देखे जा रहे हैं। विभिन्न अध्ययन दिखाते हैं कि 20 वीं सदी के दौरान ध्रुवीय क्षेत्रों के ग्लेशियर पीछे हटे है। यह भी देखा गया हैं कि विश्व स्तर पर 1960 के बाद से बर्फ कवर 10% कम हुए हैं। यह भी उम्मीद है कि इस ग्लेशियरों का 21 वीं 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। आई पी सी सी के अनुसार भी 21 वीं सदी के अंत तक यूरोप के अल्पाइन ग्लेशियर आधे तक गायब हो सकते है। द्यूर्गेरोव, (2002) ने बताया हैं कि मौजूदा ग्लेशियरों के पिघलने की प्रवृत्ति दिखाती है कि ग्लेशियर महाद्विपीय क्षेत्रों, उत्तरी अमेरिका, दक्षिण अमेरिका, मध्य एशिया, उपध्रुवीय क्षेत्रों, में तेजी से पिघलेगें तथा समुद्र के स्तर को बढ़ने में सहायक होगें। ग्लोबल औसतन समुद्र तल 20 वीं सदी के दौरान 0.10 मी से

0.20 मी के बीच पहुँच गया है। जलवायु परिवर्तन पर राष्ट्रीय कार्य योजना (एन ए पी सी सी) ने भी विभिन्न जलवायु चरो में परिवर्तन को तालिका–1 के अनुसार दिखाया है।

2.1 अनुमानित जलवायु परिवर्तन परिद्रश्य

अलग–अलग ग्रीस हाउस गैस उत्सर्जन परिदृश्यों के तहत, ग्लोबल औसत सतह तापमान का 1990 से 2100 अवधि के दौरान 1.4 से 5.8 °C तक बढने का अनुमान हैं यह वृद्वि कम उत्सर्जन परिदृश्य के तहत 1.4 से 3.0 °C तक रहने का अनुमान हैं। जब कि उच्च उत्सर्जन परिद्रश्य में यह वृद्वि 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) परिवर्तन शीलता उसकी प्रवृत्ति (Trend) से भी बडी 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 वार्मिंग से करीब 40% तक अधिक होने का अनुमान है। इस के विपरीत गर्मियों में दक्षिण पूर्व एशिया में यह वार्मिंग ग्लोबल औसत वार्मिंग से कम रहने की संभावना है। जब कि दक्षिण अमेरीका में सर्दियों के दौरान वार्मिंग ग्लोबल औसत से कम रहने की उम्मीद है। इसी तरह ग्लोबल समुद्र स्तर का भी 1990 से 2100 के दौरान 0.88 m से 0.90 m तक वृद्वि का अनुमान है जो कि 20 वीं सदी के दौरान बढ़े हुए स्तर (0.10-0.20 m) से बहुत अधिक हैं।

तलिका 1: भारत में जलवायु चरों में परिवर्तन

जलवायु चर	जलवायु तथा मौसम की घटनाओं में देखे गये परिवर्तन
सतही तापमान	• राष्ट्रीय स्तर पर, पिछली सदी के दौरान सतही तापमान में 0.4 की वृद्धि देखी गई। • पश्चिमी तट, मध्य भारत, इंटीरियर प्रयद्वीय तथा उत्तर पूर्वी भारत में वार्मिंग प्रवृत्ति देखी गई है। • उत्तर–पश्चिम तथा दक्षिण भारत में शीतल प्रवृत्ति देखी गई।
वर्षा	• राष्ट्रीय स्तर पर मानसून में कोई भी महत्त्वपूर्ण प्रवृत्ति नहीं देखी गई। • पश्चिमी तट, उत्तरी आंध्र प्रदेश, उत्तर–पश्चिमी तथा दक्षिण भारत के कुछ हिस्सों में मानसून मौसमी वर्षा में बढ़ रही प्रवृत्ति के संकेत (पिछले 100 वर्षा 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 वर्षा में सामान्य से 06 से 08%)
चरम मौसमी घटनाएँ	• 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 आई पी सी सी की प्रति वर्ष 1&2 mm ग्लोबल समुद्र स्तर के बढने के अनुमान के मुताबिक हैं।
हिमालयी ग्लेशियरों पर असर	हाल के वर्षों में कुछ हिमालय ग्लेशियरों का पीछे हटना (कम होना) देखा गया है, लेकिन यह प्रवृति सभी पर्वत श्रृंखला में एक सामान नहीं है।

अनुमान है कि प्रत्येक डिग्री सेल्सियस वार्मिंग ग्लोबल औसत वर्षा 2-4 % तक बढा सकती है। लेकिन क्षेत्रीय पैमाने पर यह औसत वर्षा कम या बढ सकती है। ग्लोबल जलवायु मॉडलिंग अध्ययन बताते है, कि अगर वायुमण्डल में CO_2 दोगुनी हो जाये तो वर्षा अनुमानित तौर पर 15% कम या बढ सकती है। यह भविष्यवाणी की गई है कि वायुमण्डल में ग्रीन हाउस गैसौं की सांद्रता बढने से चरम घटनाऔ जैसे कि गर्म दिन, गर्म हवांए, भारी वर्षा और ठंडे दिन की आवृत्ति, तीव्रता और अवधि में परिवर्तन होगा। समान्यताः 50° N उत्तर के देशों में वर्षा में वृद्वि की उम्मीद है। इससे जाहिर है कि जलवायु के मापदंडो 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 है। ऐसी

संभावना है कि क्षेत्रीय मौसम में व्यापक रूप से परिवर्तन होगा जिससे दुनिया के कई हिस्सो में बाढ़ तथा सूखे की आवृत्ति और तीव्रता में वृद्वि होने की उम्मीद है।

ग्लोबल सिमुलशन के आधार यह देखा गया है कि ग्लोबल औसतन जल वाष्प सांद्रता और वर्षा के *21* वीं सदी के दौरान बढने की संभावना है। *21* वीं सदी की दूसरी छमाही तक वर्षा उत्तरी मध्य से उच्च अंक्षाश *(Northern mid to high latitude)* में बढेगी। लेकिन कम अंक्षाश *(low latitude)* के भूमि क्षेत्रों में वर्षा घट या बढ सकती है। इसी तरह से अंटार्कटिक में भी वर्षा के बढने की संभावना है। जिन क्षेत्रों में औसत वर्षा के बढने की संभावना है वहाँ पर वर्षा में सालाना परिवर्तन के भी बढने की उम्मीद है। यह भी अनुमान है कि *21* वीं सदी में उत्तरी गोलार्ध्द में समुद्री बर्फ कम होगी और ग्लेशियरों और बर्फ कवर का पीछे हटना जारी रहेगा। यह भी उम्मीद है कि अंटार्कटिक में बर्फ बढेगी जब कि ग्रीनलैड में बर्फ की चादर खो जाने की संभावना है।

2.2 पूर्वोत्तर राज्यों के लिए जलवायु परिवर्तन परिद्रश्य

उत्तर–पूर्वी क्षेत्र के सात राज्य, सिक्किम और उत्तर बंगाल के कुछ हिस्सों को मिलाकर भारत के पूरबी क्षेत्र को दर्शाते है। आई एन सी सी ए के अनुसार इस क्षेत्र में वर्ष *2030* तक औसतन वार्षिक तापमान में $5.8+0.8\,^{o}C$ से $26.8+0.9\,^{o}C$ वृद्वि की संभावना है। *1970* को आधार मान कर तापमान में औसतन वृद्वि $1.8\,^{o}C$ से $2.1\,^{o}C$ 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 परिवर्तन शील होगी। यह भी संभावना है कि *1970* को आधार मान कर वर्ष *2030* तक वर्षा में *0.3 %* से *3%* तक वृद्वि होगी। यह भी संभावित है कि वर्षा के दिनों की संख्या मे *1-10* दिनों तक कमी होगी तथा वर्षा की तीव्रता इस क्षेत्र में *1-6* मिमी/दिन तक बढ़ सकती है।

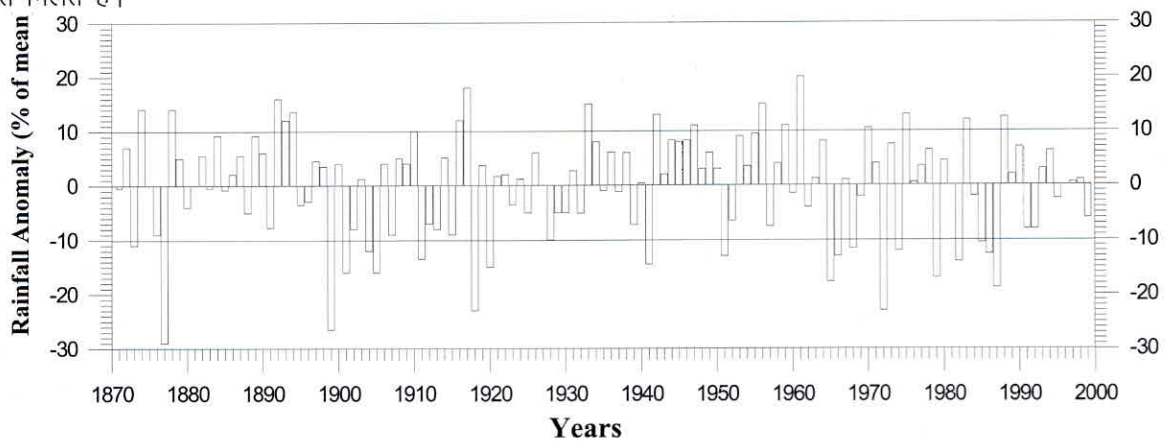
उत्तर–पूर्वी क्षेत्र में वर्षा की प्रवृत्ति वर्ष *2030* में जल उपलब्धता में काफी स्थानीय परिवर्तन शीलता दर्शाती है, जो कि वर्षा और वाष्पीकरण के अनुमानित स्वरूप के अनुसार हैं। उत्तर पूर्व के उत्तरी भाग में वर्ष *2030* में (*1970* को आधारित मान कर) वर्षा के *12%* तक कम होने के आसार हैं। जब की उत्तर पूर्व 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। इस के परिणाम स्वरूप पानी की उपलब्धता में अरूणाचल प्रदेश में *20%* तक की कमी होने की उम्मीद है। असम और मणिपुर में जल उपलब्धता में *40%* की वृद्वि की संभावना है। इस वजह से यह अनुमान है कि सिंचित चावल की पैदावार में *1970* को आधारित मान कर *–10%* से *5%* का परिवर्तन होगा। जब कि वर्षा सिंचित चावल की पैदावार में *–35%* से *5%* का परिवर्तन होगा। यह भी संभावना है कि मक्का की फसल की पैदावार मे *40%* तक की कमी होगी।

उत्तर पूर्व राज्यों जैसे असम, नागालैण्ड और अरूणाचल प्रदेश के घने जंगल ज्यादातर हिमालयन जैव विविधता के हिस्से हैं। *(*आइ एन सी सी ए*)* के अनुसार वर्ष *2030* में उत्तर पूर्व क्षेत्र के *73* जंगल ग्रिड में से केवल *8%* मे ही बदलाव के आसार हैं। इस क्षेत्र में औसतन *23%* की वृद्धि में होने की संभावना हैं। 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।

3.0 जलवायु परिवर्तन का जल संसाधन पर प्रभाव

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 संसाधनो पर बहुत दबाव बढ़ने का अनुमान हैं। यह प्रभाव भारतीय उप–महाद्वीय, जहाँ अधितकम आबादी है, पर अत्यधिक गंभीर होने की संभावना हैं। जलवायु परिवर्तन का प्रभाव भारत जैसे विकासशील देशों पर जिनकी अर्थव्यवस्था कृषि पर आधारित है पर गंभीर रूप से महसूस किया जा सकता हैं। 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 हैं। जलवायु परिवर्तन का भारतीय उप महाद्वीय क्षेत्र में दक्षिण–पश्चिम मानसून पर, कृषि उत्पादन, जल संसाधनों तथा देश की अर्थव्यवस्था पर महत्त्वपूर्ण प्रभाव पड़ने की संभावना है। लेकिन ग्लोबल हाइड्रोलॉजिकल प्रकियाओं पर जलवायु परिवर्तन के प्रभावों के सम्बंध में कई अनिश्चितताएं भी है।

तथापि भारत में वर्षा परिवर्तन के सम्बद्ध में अध्ययनों से पता चलता है कि भारत की औसतन वार्षिक वर्षा में कोई स्पष्ट घटने या बढ़ने की प्रवृत्ति नही 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 हैं। चित्र *2* में पूरे भारत के लिए ग्रीष्माकालीन 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 नही दिखती हैं, लेकिन भारत के *306* स्टेशनों की मासिक वर्षा के अध्ययन से पता चलता है कि उत्तर–पश्चिम प्रायदृवीय तथा उत्तर–पूर्व के क्षेत्रों में ग्रीष्मकालीन मानसून वर्षा के बड़े पैमाने पर कम होने की प्रवृत्ति के संकेत मिलते हैं।



चित्र–2: अखिल भारतीय ग्रीष्मकालीन मानसून वर्षा की विसंगतियां (rainfall anomaly:1871-1999), लाल, 2001.

लाल, एम, *(2001)* और एम ओ ई एफ, *(2004)* द्वारा सूचित किया गया कि भारत मे एक सदी से अधिक बड़े पैमाने पर उतार–चढ़ाव वार्षिक या मौसमी वर्षा के कोई व्यवस्थित परिवर्तन नही है। हालांकि, हाल के वर्षों के दौरान पश्चिमी तट, उत्तरी अंध्रा प्रदेश और उत्तर पश्चिमी भारत की मौसमी बारिश में बढती प्रवृत्ति पायी गयी है। मिर्जा (1998) द्वारा गंगा, ब्रहमपुत्र और मेघना नदी घाटियो के प्रवृत्ति का विश्लेषण किया गया। उन्होने पाया कि गंगा बेसिन मे सामान्यतः कुल मिलाकर वर्षा स्थिर हैं। बह्मपुत्री बेसिन के एक उप संभाग मे वर्षा की बढती प्रवृत्ति का पता चलता है।

भारतीय उपमहाद्वीप में विभिन्न मौसमो में बारिश के अनुमानित परिद्रश्य तालिका–2 मे दिए गए है। इस तालिका से पता चलता है कि भारतीय उप–महाद्वीप के उपर वार्षिक औसत वर्षा मे 7 से 10% तक सन् *2080* वृद्धि होने का अनुमान है। शीतकालीन वर्षा भारतीय उप–महाद्वीप मे 5 से 25% तक कम हो सकती है। साथ ही 10 से 15% तक की वृद्धि मे औसत ग्रीष्म कालीन मानसून मे अनुमानित वर्षा मे वृद्धि हो सकती है।

तलिका 2: भारतीय उपमहाद्वीप में विभिन्न मौसमो में बारिश के अनुमानित परिद्रश्य

परिदृश्य		तापमान में वृद्धि	वर्षा में बदलाव
2020	वार्षिक	1.0–1.41	2.16–5.97
	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
2080*s*	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

3.1 पानी की मात्रा मे परिवर्तन

भारत मे जल संसाधनो पर मौजूदा दबाव के मुख्य कारण प्रायः बढती आबादी, पानी के लिए बढता प्रतिस्पर्धा, निम्न गुणवत्ता, पर्यायवरण के दावे और भूजल है। जलवायु परिवर्तन से जल संसाधन पर यह दबाव आगे और भी असंतुलित और विकट हो जायेगा। इस दबाव के परिणामस्वरूप कम वर्षा और तापमान मे वृद्धि के अलावा पानी की उपलब्ता, घरेलू, कृषि और उद्योग के क्षेत्रो को प्रभावित करगी। केवल एक उदारवादी जलवायु परिवर्तन के आधार पर अनुमानित है कि 2025 तक दुनिया के महत्वपूर्ण देशो मे पानी की कमी लगभग 34% (1995) से 63% हो सकती है। उदाहरण के लिए, अफ्रिका के बड़े जलागम जैसे नाइजर, चाडझील और सेनेमल मे कुल उपलब्ध पानी मे पहले ही 40–60% की कमी है। अध्ययन से पाया गया है। कि लूनी, कक्ष, सौराष्ट, 60 प्रतिशत भाग में पानी की अत्यधिक कमी होगी। माही, पेन्नर, साबरमती, व तापी में भी पानी कमी देखी जायेगी। कावेरी, गंगा, नर्मदा व कृष्णा बेसिन में मौसमी व नियमित पानी की समस्या रहेगी। वहीं गोदावरी, ब्रहमनी व महानदी में बाढ़ बढने की संभावना है (गोसाई, 2006)।

3.2 पानी की गुणवत्ता में परिवर्तन

वर्षा के बदले प्रतिरूप से संभवतः पानी की गुणवत्ता में परिवर्तन होने की चितांए है। उच्च तापमान से जिन जगहो पर, जहाँ उच्ची जल सतह है वहाँ जल की लवण एकाग्रता बढ़ने की संभावनाए है। इसके अन्य कारण गहन सिचांई एवं तापमान से वर्धित वाष्पीकरण भी है। इसके अलावा बाढ़ जैसी प्राकृतिक आपदाओ से मृदा से leach waste भूजल में मिलने से भूजल प्रभावित होगा। समुद्र का स्तर बढ़ने की वजह से तटीय क्षेत्रों में भूर्गभ जल लवंणीय होने से स्वच्छ जल की मात्रा और गुणवत्ता पर बुरा असर पडेगा, और वहाँ रहने वाली आबादी को प्रभावित करेगा।

3.3 पानी की उपलब्धता में परिवर्तन

जलचक्र आधिक्यता के परिणाम स्वरूप जल की मात्रा में कमी एवं दूषित होने से उपलब्ध जल के लिए प्रतिस्पर्धा बढ़ गई है। कृषि एवं आंतरिक क्षेत्रो में जल की माँग विशेषकर गर्मी और सूखे के समय में अधिक महत्वपूर्व 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 सिचांई की आवश्यकतायो को बढ़ा दिया है। वर्षा की अनिश्चयता एवं जल स्रोतो के अधिक दोहन से जल स्रोतो पर संकट के बादल मंडराने लगेगे।

3.4 प्राकृतिक आपदाए

प्राकृतिक आपदाओ मुख्यता बाढ़ और सूखे से जहाँ एक और मिटटी का क्षरण और बंजरता बढ़ जाएगी, वहीं दूसरी ओर इससे पानी की उपलब्धता और गुणवत्ता के मुददे आगे और विकट रूप लेगे। IPCC द्वारा अनुमानित है, कि जलवायु परिवर्तन से मानव बस्तियो 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 भीड से पहले ही प्रभावित हो रहे है, वहाँ पर भविष्य में अधिक तीव्र तुफान और बाढ़ आने की संभावनाए है। इस बाढ़ से ना केवल जानमाल और आजीविका का नुकसान होगा ब्लकि इससे जल संसाधनों पर भी असर पडेगा।

4.0 जलवायु परिवर्तन के प्रभाव क्षेत्र

खाद्य सुरक्षा एवं औदयोगिक गतिविधियो में जल उपयोग तथा विकास एवं मानव जीवन निर्वाह में जल की एक महत्वपूर्ण भूमिका है। जल की उपलब्धता और उसका उपयोग विभिन्न क्षेत्रो जैसे कृषि, उद्योग एवं स्वास्थ्य आदि में प्रतिस्पर्धा का कारण बन सकता है। एक अनुमान के अनुसार एक अरब से अधिक लोगो को सुरक्षित पानी उपलब्ध है। जबकि दो अरब

से अधिक लोगो को सुरक्षित जल का अभाव है। जल की मात्रा, गुणवत्ता और अभिगम्यता में परिवर्तन के प्रभाव से कृषि, खाद्य सुरक्षा, स्वास्थ्य, तथा अन्य गतिविधियो के कारण मानव आबादी पर महत्वपूर्व प्रभाव पडेगा।

4.1 जलवायु परिवर्तन के कृषि पर प्रभाव

बढ़ती आबादी, कृषि की अधिकता और वाष्पीकरण में वृद्वि होने से सिचांई के लिए अधिक पानी की आवश्यकता होगी। भारत के संदर्भ में यह चेतावनी इसलिए भी ज्यादा महत्वपूर्व है क्योकि भारत की अर्थव्यवस्था कृषि आधारित है। एक अनुमान के अनुसार सन् 2050 तक शीतकाल का तापमान लगभग 3 से 4 डिग्री बढ़ सकता है। इससे मानसूनी वर्षा में 10 से 20 प्रतिशत तक कमी होने का अनुमान है। वर्षा की मात्रा में परिवर्तन होने से फसलो की उत्पादकता पर भी प्रतिकुल प्रभाव पडेगा। अनुमानित है कि फसल की पैदावर के लिए water withdrawl 2600 km^3 (2000) से बढ़ कर 3200 km^3 (2025) हो जायेगा। अध्ययनो के आधार पर कृषि वैज्ञानिको ने पाया कि प्रत्येक 10^0 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 फसलो की उत्पादता ही नही प्रभावित होगी, ब्लकि उनकी गुणवत्ता पर भी नकारात्मक प्रभाव पडेगा। अनाज में पोशक तत्वो और प्रोटीन की कमी पाई जाएगी जिसके कारण संतुलित भोजन लेने पर भी मनुष्य का स्वास्थ्य प्रभावित होगा।

4.2 जलवायु परिवर्तन का स्वास्थ पर प्रभाव

जलवायु की वजह से कीट व रोगो की मात्रा बढ़ेगी। मलेरियल मच्छर जैसी महत्वपूर्व प्रजातियो के विवरण में बदलाव एवं नये क्षेत्रो में इनका प्रसार बढ़ सकता है। एक अध्ययन के अनुसार अगर तापमान मे। 3.8 डिग्री और आपेक्षिक आर्द्रता में 7% की वृद्वि होने से ट्रांसमिशन विनडो अर्थात जिन महीनो में मच्छर सक्रिय होते है, वह 12 महीनो के लिए 9 राज्यो में खुल जाने की आंशका है (ए न ए पी सी सी)। इसके साथ ही मलेरियल मच्छर कई नये राज्यो में और उच्च अक्षांश वाले क्षेत्रो में फैलने की संभावनाए है।

4.3 जलवायु परिवर्तन का वनों पर प्रभाव

संभवतया विश्वस्तर पर जलवायु, वनस्पति व उसके स्वरूप का निर्धारक है, और इसका महत्त्वपूर्ण प्रभाव उसके वितरण, संरचना और जंगलो की परिस्थितिकी पर पड़ता है। आई पी सी सी की तीसरी आकलन रिपोर्ट से संकेत मिलते है कि वन परिस्थितिकी तंत्र को भावी जलवायु परिवर्तन के गंभीर परिणाम भुगतने होंगे। 1–2 डिग्री सेटिग्रेड ग्लोबल वार्मिग के कारण जाति संरचना, उत्पादकता और जैव विधिता में आयें परिवर्तन से अधिकांश पारिस्थितिक तत्रं और पारिदृश्य प्रभावित हो सकतें है। जिसके परिणाम स्वरूप वन संसधानो पर आश्रित रहने वाले लोगो की जीविका पर इसका असर दिखाई पडेगा। अध्ययनो से सकते है कि इस सदी के अंत तक ऐ2 & बी2 अंतर्गत 77% और 68% प्रतिशत वन क्षेत्र में परिणामी परिवर्तन होगे।

4.4 मत्स्य पालन पर जलवायु का प्रभाव

जलवायु परिवर्तन या नदी में पानी को कमी से अलवरण जल जैव विविधता मे कमी आएगी। जलवायु परिवर्तन का सबसे दूरगामी प्रभाव पड़ता है उस क्षेत्र मे रहने वाली प्रजातियों पर। तापमान में कुछ डिग्री सेंटीग्रेट ऊपर–नीचे होने भर से कई प्रजातियाँ के विलुप्तीकरण का खतरा पैदा हो जाता है। इसके साथ ही बहुत सी प्रजातियों के सब पोलर क्षेत्रो, ट्रोपिकल और अर्द्ध संलग्न समुद्रो मे विलुप्त होने के अनुमान है। जिससे परिणाम स्वरूप वन संसाधनो पर आश्रित रहने वाले लोगो की आजीविका पर इसके पडेगा।

5.0 जलवायु परिवर्तन अनुकुलन रणनीतियाँ

जलवायु परिवर्तनशील के प्रभावो को कम करने एवं सामना करने के लिए अनुकूलन की आवश्यकता है (IPCC)। जलवायु परिवर्तन अनुकूलन की आवश्यकता सामाजिक स्तर से लेकर राष्ट्रीय एवं अर्न्तराष्ट्रीय स्तर तक आवश्यक है। इसके मुकाबले के लिए स्थानीय रणनीतियाँ सरकारी तथा स्थानीय संस्थानो का सहयोग अनुकूलन के लिए महत्वपूर्ण है। साथ ही

स्थानीय पारिस्थितियों का ज्ञान भी अनुकूलन रणनीतियो 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 करने हुई अनुकूलन योजनाओ की आवश्यकता है। साथ की अतीत में मौसम के स्वरूप की जानकारी तथा जीविका के विविध साधनो की जानकारी समाज के लिए वर्तमान एवं भविष्य में जलवायु परिवर्तनशीलता को मुकाबला करने के लिए अनिवार्य है। इससे पारिस्थितिक तत्रं को बदलना जलवायु के अनुसार सहवर्ती किया जा सकेगा। इस प्रकार से मानव कल्याण हेतु परिस्थितिक तत्रं की क्षमता बढ़ेगी। सारणी–3 के अनुसार विभिन्न कार्य क्षेत्र अनुकूलन विकल्प विकासशील देशो के लिए दी गई है। गौसेन आदि, (2006) द्वारा अनुकूलन के लिए जल का पुन प्रयोग, जल विषणन, माँग प्रबंधन, एकीकृत सूचना तंत्र, एकीकृत जल संसाधन विकास, जल संरक्षण व दक्षता संवर्धन व मूल्य निर्धारण आदि की संस्तुति की है।

सारणी –3:– विकासशील देशों में विभिन्न क्षेत्रो के लिए अनुकूलन के विकल्प

प्रभावित क्षेत्र	रिएक्टिव अनुकूलन	अग्रिम अनुकूलन
जल संसाधन	• भूजल संसाधनों का संरक्षण • मौजूदा जल आपूर्ति प्रणाली के प्रबंधन एवं रखरखाव में सुधार • जल ग्रहण क्षेत्रो का संरक्षण • बेहतर जल आपूर्ति • भूजल एवं वर्षा संचयन एवं अलवनीयकरण	• पुनर्जवीनीकरण जल के बेहतर उपयोग हेतू। • जलग्रहण क्षेत्रो का संरक्षण • जल प्रबंधन की प्रणाली में सुधार • सिचांई नीतियो एवं जल नीतियो में सुधार • बाढ़ नियंत्रण एवं सूखा निगरानी व पूर्व सूचना तंत्र
कृशि एवं खाद्य सुरक्षा	• कटाव नियंत्रण • सिचांई हेतु बाँध निर्माण • नवीन फसलो का चलन • मृदा उर्वरता का रखरखाव • रोपण और कटाई के समय के परिवर्तन • मृदा एवं जल के संरक्षण और प्रबंधन पर शैक्षिक और आवटरीच कार्यक्रम	• प्रतिरोध फसलो का विकास • अनुसंधान एवं विकास • मृदा–जल प्रबंधन • खाद्य एवं वृक्षारोपण फसलो का विविधीकरण • नीतिगत उपाय, कर–प्रोत्साहन/सब्सिडी • पूर्व चेतावनी प्रणाली का विकास
मानव स्वास्थ	• लोक स्वास्थ प्रबंधन में सुधार • बेहतर आवास और रहने की स्थिति • बेहतर आपातकालीन प्रतिक्रिया	• पर्यावरण की गुणवत्ता में सुधार • शहरी और आवास डिजाइन में परिवर्तन • बेहतर पूर्व प्रणाली का विकास • बेहतर रोग एवं वेक्टर निगरानी
स्थनीय पारिस्थिकी तत्रं	• वनो की कटाई वनीकरण की प्रबंधन प्रणाली में सुधार • कृषि वानिकी को बढावा • राष्ट्रीय वन आग प्रबंधन में सुधार • जंगलो में कार्बन भंडारण में सुधार	• पार्क, संरक्षित क्षेत्रो और जैव विविधिता के गलियारो का विकास • प्रतिरोधी प्रजातियाँ की पहचान /विकास • उपजाति की निगरानी • बीज बैंक का रखरखाव एवं विकास
तटीय क्षेत्र और समुद्री पारिस्थितिकी तत्रं	• आर्थिक बुनियादी ढ़ाचे में सुधार • तटीय और समुद्री पारिस्थितिकी प्रणालियो की सुरक्षा हेतु सार्वजनिक जागरूकता • कोरल रीफ, मैंग्रोव, समुद्री घास एवं तटीय वनस्पति का संरक्षण • समुद्री दीवरो और तटो का सुदृढ़ीकरण	• बेहतर तटीय योजना और क्षेत्रीकरण • एकीकृत तटीय क्षेत्र प्रबंधन • तट और तटीय पारिस्थितिक यंत्र की निगरानी • तटीय सुरक्षा के लिए कानून का विकास

6.0 निष्कर्ष

भारतीय उपमहाद्वीप के लिए जलवायु परिवर्तन के प्ररिदृश्यो व उनके भविष्य के प्रक्षेपणो का संक्षिप्त वर्णन किया गया है। जल ससांधनो पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव एव विभिन्न अनुकूलन तकनीको पर चर्चा की गई है। यह पाया गया है कि सम्भवता जलवायु परिवर्तन जल ससांधनो की उपलब्धता एवं परिणामस्वरूप कृषि, स्वास्थ्य एवं जैविय विविधता पर प्रभाव डालते हैं। यह पाया गया है कि यदि विभिन्न देश अपने यहॉ उत्सर्जन को कम करने के लिए तत्पर एवं त्वरिता कार्यवाही करते है तो जलवायु परिवर्तन मे कुछ डिग्री का अन्तर आ सकता है। अतः हमे मौसम सम्बन्धी चरम घटनाओं जैसे बाढ़ सूखा, चक्रवात एव अन्य मौसम विज्ञानीय आपदाओं से निपटने की योजानों में सुधार की आवश्यकता है जलवायु परिवर्तन की मात्रा की अनिश्चयता के बावजूद यह सम्भव है कि क्षेत्रीय या बेसिन पैमाने पर जल ससांधनो पर प्रभाव को रोकने या कम करने के लिए उपयुक्त कार्य किये जाए।

संदर्भ

1. द्यूर्गेरोव, एम. बी. (2002), ग्लैसियर मास बैलेन्स एंड रेगीम: डाटा ऑफ मेयसुरेमेंट्स एंड एनालिसिस, ओक्कासीओनल पेपर 55, इन्स्टार, यूनिवरसिटि ऑफ कॉलोरैडो, बौल्डर, 268 पीपी.
2. हाएबेर्ली, डब्लू एंड बेनिस्टों, एम. (1998) क्लाइमेट चेंज एंड इट्स इम्पाक्ट्स ऑन ग्लैसियरस एंड पेरमफ़रोस्ट इन द अल्प्स, अम्बिओ., 27, 258-265.
3. आइ एन सी सी ए (2010), क्लाइमेट चेंज एंड इंडियन: ए 4*4 अससेस्समेंट, ए सेकटोरल एंड रीजनल एनालिसिस फॉर 2030.
4. इंटर-गोवेरमेंटल फनेल ऑन क्लाइमेट चेंज (आई पी सी सी) रिपोर्ट (2001ए), क्लाइमेट चेंज –द साईंटिफ़िक बेसिस, (eds.) हौघ्तोन, जे. टी., डींग, यी., ग्रीग्ग्स, डी. जे. नोगुएर, एम., वन डेर लिंडेन, पी. जे., डाई, अक्स., मसकेल, के., अँड जॉनसन, सी. ए.
5. इंटर-गोवेरमेंटल पैनल ऑन क्लाइमेट चेंज (आई पी सी सी) रिपोर्ट (2001ए), क्लाइमेट चेंज-. इमप्क्त्स, एडाप्टेशन अँड वुलनेरबिलिटी, (eds.) म्क्कर्थी, जे. जे., कंजीयनी, ओ. अफ. लियरी, अन. ए., डी. जे., अँड व्हाइट, के. एस.
6. लाल, एम. (2001), क्लीमटिक चेंज- इंप्लिकटीओनस फॉर इंडिया'स वॉटर रिसौर्सेस, जर्नल ऑफ इंडियन वॉटर रिसौर्सेस सोसाइटी, 21, 101-119.
7. मिनिस्टरी ऑफ एनवायरनमेंट अँड फॉरेस्ट (एम ओ ई एफ) (2004) इंडिया'स इनिश्यल नेशनल कम्युनिकेशन टु द यूनाइटेड नेशन्स फ्रमेवोर्क कोन्वेंतिओन ऑन क्लाइमेट चेंज, एक्कुतिवे सुममारी, न्यू दिल्ली.
8. नेशनल एक्शन प्लान ऑन क्लाइमेट चेंज अँड (एन ए पी सी सी), जी ओ आई,
9. गोसाईं, ए. के., संध्या रावद, वसुरे (2006)। क्लाइमेट चेंज इम्पाक्ट्स अससेस्समेंट ऑन हय्ड्रोलोगी ऑफ इंडियन रिवर बेसिन, करेंट साइन्स वॉल्यूम 90 (3), 346-353