

जलवायु परिवर्तन का गंगा बेसिन एवं जल संसाधनों पर प्रभाव

बिश्वजीत चक्रवर्ती, आत्म प्रकाश, एन0 जी0 पाण्डे

बाढ़ प्रबंधन अध्ययन केन्द्र
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, पटना

सारांश:

आज पूरे भूमण्डल पर उथल पुथल हो रही है। आजकल पूरा विश्व हमारे नीले ग्रह को बचाने के लिए प्रयत्नशील है उसका कारण जलवायु परिवर्तन है। बढ़ती हुई ग्रीन हाउस गैसों के उत्सर्जन में औद्योगीकरण एवं शहरीकरण मुख्य कारण है। भारत एक कृषि प्रधान देश है। इसकी अर्थ व्यवस्था कृषि आधारित है।

वैज्ञानिक विश्लेषण के अध्ययन से यह पता चला है कि पृथ्वी के तापमान बढ़ने से मानसूनी वर्षा में कमी का आँकलन किया गया है। यदि इसी प्रकार तापमान में वृद्धि होती रही कृषि उत्पादकता में कमी एवं बढ़ती हुई जनसंख्या के कारण हमारे देश के सामने खाद्य संकट की भयंकर समस्या होगी। बाढ़, सूखा एवं जल आपूर्ति की मुख्य समस्या होगी जो भूमण्डल को विनाश की ओर ले जाएगी। जो गंगा कभी हमारे समाज को अमृत प्रदान करती थी वह आजकल विष प्रदान करने की ओर अग्रसर हो रही है। इस शोध पत्र में कृषि, जलविद्युत एवं परिस्थितिकी तंत्र पर क्या प्रभाव पड़ेगा इस पर विस्तृत वर्णन किया गया है।

Abstract

Climate change is a change in the average weather conditions over a longer duration of time, limited to a specific region or across the whole earth. At the heart of climate change is the greenhouse effect; in which molecules of various gases trap heat in earth's atmosphere and keep it warm enough to support life. Between 1906 to 2005 average global temperature has increased by 0.74°C. Potential impact of global warming on water resources include enhanced evaporation, changes in precipitation intensity, duration and frequency affecting the average runoff, soil moisture, and the frequency and severity of droughts and floods. Many north Indian rivers such as Ganga, Yamuna have shown a sharp decline in the summer discharge in the recent past, possibly due to shrinking of the Himalayan glaciers that feed them. It was seen that the severity of extreme events such as droughts and floods in different parts of the country increased. Also the available runoff decreased significantly.

For a country like India, which is still largely dependent upon rain-fed agriculture, availability of freshwater is one of the foremost concerns for the future. Most of Indian plains receive about 80% of the rain from the southwest monsoon during the four months, June to September. A normal monsoon with an evenly distributed rainfall throughout the country is a bonanza, while an extreme event of flood or drought over the entire country or a smaller region constitutes a natural hazard. The present paper discusses the effect of climate change on water resources which would influence agricultural productivity, health, ecosystem, hydropower generation.

प्रस्तावना:

मौसम बदलने से हमे सर्दी एवं गर्मी का अहसास होता है। ये सब मौसम बदलाव के कारण होता है। मौसम बदलाव प्रत्येक स्थान पर अलग-अलग होता है यह उन स्थानों की औसतन जलवायु होती है। स्थानीय मौसम में बदलाव वर्षा, सूर्य का प्रकाश, हवा नमी व तापमान के कारण होता है जिसकी समयावधि कुछ समय के लिए होती है। जबकि जलवायु परिवर्तन की अवधि बहुत लम्बी होती है। वर्तमान समय में कुछ बदलाव तेजी से हो रहे हैं। इस बदलाव के कारण मानव एवं प्रकृति में सामंजस्य बैठाने में बड़ी कठिनाइयाँ हो रही हैं। वैज्ञानिकों ने जलवायु परिवर्तन को दो भागों में बाँटा है। एक तो प्राकृतिक

दूसरा मनुष्यों द्वारा वैश्विक प्रवृत्ति के कारण। प्राकृतिक में ज्वालामुखियों का फटना, महाद्वीपों का खिसकना, समुद्री लहरे एवं पृथ्वी का झुकाव आदि। हमारे अस्तित्व के लिए प्रकृति का 16 डिग्री सेल्सियस तापमान आवश्यक है जिसमें मनुष्य, प्राणी, पेड़ पौधे जीवित रहते हैं। सूर्य की किरणों से ऊष्मा वायुमण्डल से गुजरती है और हमारी पृथ्वी से टकराती है फिर वहीं से परावर्तित होकर पुनः लौट जाती है। हमारा वायुमण्डल कई प्रकार की गैसों एवं ग्रीन हाउस गैसों से बना है ये गैसें एक प्राकृतिक आवरण बनाने का काम करती हैं जिससे हमारा वातावरण गर्म रहता है। जब मानवीय क्रिया कलापों से आवरण ज्यादा सघन हो जाता है, भूमण्डलीय तापक्रम बढ़ने लगता है जिसको ऊष्मीकरण कहते हैं। इसके कारण हमारी ग्लेशियर कृषि, जीव जन्तु, जल संसाधन तथा पूरी मानवता प्रभावित हो रही है।

“रेड बुक ऑफ वाइल्ड” में उल्लेख किया गया है कि परिस्थितिकी का एक आधारभूत सिद्धांत है कि यदि प्राणियों के 90 प्रतिशत आवास नष्ट हो जाय तो उनमें रहने वाली 50 प्रतिशत जैव प्रजातियाँ अपने आप विलुप्त हो जाती हैं। भारत एक कृषि प्रधान देश है। यहाँ की अर्थव्यवस्था मुख्यतः कृषि आधारित है। भारतीय कृषि क्षेत्र वर्षा जल पर आधारित है। स्वच्छ जल भविष्य के लिए अति आवश्यक है। दक्षिणी पश्चिमी मानसून जो जून से सितम्बर तक होता है उससे समतल क्षेत्रों में 80 प्रतिशत वर्षा जल प्राप्त होता है।

पिछले कुछ दशकों से हमारी पृथ्वी के वातावरण के तापमान में लगातार वृद्धि हो रही है। इसका कारण भूमण्डलीय ऊष्मीकरण है। मनुष्य अपने विलासतापूर्ण जीवन जीने के लिए ऐसी गतिविधियाँ कर रहा है जिससे ग्रीन हाउस गैसों की वृद्धि हो रही है अर्थात् भूमण्डलीय ऊष्मीकरण का सबसे जिम्मेदार मनुष्य ही है। समय के अनुसार यदि पृथ्वी का तापक्रम 100–200 वर्ष में 1 डिग्री सेल्सियस या अधिक बढ़ता है तो वह भूमण्डलीय ऊष्मीकरण के अंतर्गत आता है। पृथ्वी के औसतन तापमान में सन् 1906–2005 के बीच 0.74 डिग्री सेल्सियस तक की वृद्धि हो चुकी है (पेरी और अन्य 2007)। एन्वायरमेंटल पैनल ऑफ क्लायमेट चेन्ज (आई0 पी0 सी0 सी0) एसिसमेन्ट रिपोर्ट 2007 के अनुसार अनुमान लगाया गया है कि इस सदी के अन्त तक पृथ्वी का तापमान 1.8–4.0 डिग्री सेल्सियस तक बढ़ सकता है लेकिन यह सब निर्भर करेगा कि कितने समय कितनी मात्रा में ग्रीन हाउस गैसों को उत्सर्जन होगा। मानवीय गतिविधियों से वायुमण्डल में कार्बन डाई आक्साइड, मिथेन, नाइट्रोजन आक्साइड, विषैली गैसों आदि का आवरण की सान्द्रता बढ़ती जा रही है। यही आवरण सूर्य की परावर्तित किरणों को रोक रहा है जिससे हमारे नीले ग्रह का तापमान बढ़ रहा है। अंटार्कटिका और हिमालय से बर्फ पिघल रही है जिसके कारण समुद्र का जल स्तर बढ़ रहा है। ऐसा अनुमान लगाया गया है कि पिछली शताब्दी के प्रति दशक में ऊष्णकटिबंधीय क्षेत्र में 0.2 से 0.3 प्रतिशत वृद्धि हुई है। आजकल मानवीय गतिविधियों से बहुत बड़ी मात्रा में कार्बन डाई आक्साइड वातावरण में छोड़ी जा रही है। जिससे वायुमंडल में इसकी मात्रा बढ़ रही है। कार्बन डाई आक्साइड अवरक्त विकिरण को अवशोषित करता है पृथ्वी के वातावरण में आने वाली ऊर्जा इसी रूप में पृथ्वी के बाहर जाती है। यदि कार्बन डाई आक्साइड की मात्रा अधिक होगी तो पृथ्वी के तापमान में ज्यादा वृद्धि होगी (कीलिंग, सी.डी. और टी.पी. फोक)। भूमि संरक्षण परिषद् कनाडा ने अपने शोध में बताया नाइट्रोजन ऑक्साइड एक और ग्रीन हाउस गैस है लेकिन यह मानव गतिविधियों से कम उत्सर्जित होती है जबकि नाइट्रोजन ऑक्साइड कार्बन डाई आक्साइड के मुकाबले 270 गुणा ऊर्जा शोखती है। मिथेन गैस कार्बन पदार्थ के अवघटन से प्राप्त होती है।

ग्रीन हाउस गैसों की बढ़ोत्तरी से जल वाष्प की सघनता बढ़ जाती है इस सदी में अपक्षेपण की गतिविधियों में बढ़ोत्तरी देखी गयी है। भूमण्डलीय ऊष्मीकरण का प्रभाव हमारे जल संसाधनों पर भी पड़ रहा है जिससे वाष्पीकरण बढ़ोत्तरी विभिन्न स्थानों में अवक्षेपण में बदलाव, बादलों का फटना, कहीं सूखा तो कहीं बाढ़ का आना तथा मृदा में नमी पर प्रभाव देखा जा रहा है। भारतीय जल संसाधनों पर भूमण्डलीय ऊष्मीकरण को प्रभाव को देखने के लिए (गोसिन— 2003) 20 साल के समय को लेकर भारत की 12 बड़ी बेसिन में डिस्टिब्यूट हाइड्रोलॉजीकल मॉडल का उपयोग किया। जिसमें समय जगह तथा मनुष्यों द्वारा बनाए गए संरचना जैसे बाँधों, नहरों आदि को अलग रखा। पानी की उपलब्धता के बारे में प्रारम्भिक अध्ययन किया और पाया कि उपयोगी भूमि के प्रतिरूप में बदलाव नहीं हुआ है। उसी मॉडल को भविष्य के लिए 20 वर्ष के समय के लिए किया और पाया भूमण्डलीय ऊष्मीकरण में बदलाव का प्रभाव भारत के विभिन्न भागों में होगा। कहीं बाढ़ तथा कहीं सूखा की घटनाएँ होगी और वहाँ जल की उपलब्धता घटेगी। मॉडल के लिए उपयोगी नदी का डिस्चार्ज और नमी के नमूने न होने के कारण मॉडल की सत्यता नहीं जानी जा सकती है। गर्मी के मौसम में दक्षिणी भारत की नदियों जैसे गंगा, यमुना नदियों के जल विसर्जन (discharge) में कमी होगी, तथा सम्भावना यह भी है कि ग्लेशियर सिकुड़ जाएंगे।

जलवायु परिवर्तन का जलवैज्ञानिक पैरामीटर पर प्रभाव

बीसवीं सदी से जलवायु परिवर्तन के कारण अनेक प्रकार के प्रभाव देखे जा रहे हैं। जैसे पृथ्वी का तापमान बढ़ना, वर्षा जल में परिवर्तन, वाष्पोत्सर्जन बढ़ना, हिमालय की बर्फ का पिघलना तथा समुद्र के जल स्तर का बढ़ना इत्यादि। वायुमण्डल में कार्बन डाई आक्साइड की मात्रा 280 पीपीएम से बढ़कर लगभग 369 पीपीएम लगभग हो गई है। भूमण्डल पर तापमान में 0.6 सेन्टीग्रेट की वृद्धि हुई है (MANN 1998) के अनुसार तथा समुद्र का जलस्तर भी 10 से.मी. से 20 से.मी. बढ़ गया है। गर्मी से शरद ऋतु के बीच 40-50 वर्ष से अटलांटिका सागर में बर्फ की मोटाई में 40 प्रतिशत की कमी देखी गयी है। (KUNKEL 1999, जलवायु परिवर्तन 2001, Belly 2003, Faucheu 2003 DOMONKOS 2003) के अनुसार। जलवायु परिवर्तन से वायुमण्डल में नमी का अनुपात भी प्रभावित हुआ है। गर्म जलवायु जलीय चक्र को भी प्रभावित करेगी जैसे वर्षा का असमय तथा वाहजल में बदलाव आदि। वायुमण्डल में ज्यादा नमी से वर्षा, व बर्फ पिघलने से बाढ़ आने की ज्यादा सम्भावना होगी। मृदा में ज्यादा या कम नमी से सौर विकरण की बढ़ोत्तरी सूखा आदि की घटनाएं में बढ़ोतरी होगी। (Trenbeth 1999) के अनुसार इसीलिए जलवायु परिवर्तन हमारे नीले ग्रह को विभिन्न घटनाओं से प्रभावित करेगा।

भारत में अनेक वैज्ञानिकों ने सतहीय तापमान की वृद्धि की प्रवृत्ति (Jomhsr 1985, Srivastav 1992, Rupek Kumar 1991 Pant 1999 Sergh 2002 के अनुसार) का अध्ययन किया। उन्हें पूरे भारत में वर्षा की सार्थक प्रकृति में कोई बदलाव नहीं दिखा। (Mooly 1984, Thapliyan 1991 Pat1997) (Sergh-2002 Rupa Kumari 1992, Kriplani 1996)। लेकिन कुछ स्थानों पर वर्षा की प्रकृति में बदलाव आया है। दक्षिणी सिन्धु गंगा प्लेन से हिमालय की तराई तक वार्षिक वर्षा 150 से.मी. पूर्व से 50 से.मी. पश्चिम तक का बदलाव देखा गया है। दूसरे शब्द के आशय के सन्दर्भ में भारत के पश्चिमी भाग जैसे पश्चिमी राजस्थान में वार्षिक वर्षा 15 से.मी. या इससे कम हुई। यह माना गया कि वर्षातीय मौसम के प्रारम्भ से अन्त तक बदलाव नहीं देखा गया है।

प्रत्येक वर्ष मानसूनी वर्षा में बदलाव के कारण जलविज्ञान घटनाओं में बहुत बदलाव हुआ। सूखा, बाढ़ जिसके कारण हमारी उत्पादन क्षमता कम हो गयी। जिससे हमारे देश की बड़ी जनसंख्या तथा भारतीय अर्थव्यवस्था प्रभावित हुई। सामान्यतः मानसून के कारण पूरे देश में वर्षा का वितरण लगभग एक समान रहता है तो उसे अयस्कपुंज (BONANZA) कहते हैं जबकि ज्यादा बाढ़ या सूखे की घटना पूरे देश या छोटे क्षेत्र में होती है, उसे प्राकृतिक आपदा या संकट कहते हैं।

जलवायु परिवर्तन के कारण हमारे देश के उपमहाद्वीप में पानी का संकट उत्पन्न हो रहा है। 45 प्रतिशत से ज्यादा वर्षा जल चाहे वह बर्फ के रूप में हो वह समुद्र में जाकर बर्बाद हो जाता है।

जनसंख्या और जल संसाधन

भारत के पास विश्व की कुल भूमि का केवल 2.4 प्रतिशत भाग ही है जबकि विश्व की कुल जनसंख्या का 16.7 प्रतिशत भारत वर्ष में है। यदि भारत की जनसंख्या नियंत्रित नहीं होती है तो प्राकृतिक संसाधनों जैसे जल संसाधनों आदि पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ेगा। भारत में लगभग प्रति व्यक्ति 550 ग्राम अनाज की खपत प्रत्येक दिन है जबकि चीन तथा अमेरिका में लगभग प्रति व्यक्ति खपत 980 तथा 2850 ग्राम प्रतिदिन है। भारत में उत्पादन के हिसाब से 210 मिलियन टन अनाज की खपत प्रति वर्ष होती है। एक अनुमान के हिसाब से 2020 तक भारत की जनसंख्या 1.30 बिलियन हो जाएगी उसके हिसाब से 300 मिलियन टन अनाज का उत्पादन करना एक बड़ी चुनौती होगी। दो-तीन दशक से जलवायु परिवर्तन के कारण मृदा का अपक्षय हो रहा है जिसके कारण अनाज उत्पादक क्षमता बढ़ाने में किसानों को भारी समस्या हो रही है। जिस प्रकार से जनसंख्या में 1951 से 2050 वृद्धि होगी उसके हिसाब से स्वच्छ जल की उपलब्धता कमी होगी। यह स्पष्ट अनुमान लगाया गया है कि जिस प्रकार से हमारी जनसंख्या वृद्धि के कारण पानी की मांग बढ़ रही है उसके अनुपात में जल स्रोतों का पुनर्भरण नहीं हो रहा है। यदि यही क्रम चालू रहा तो हमारे जल स्रोतों में पानी नहीं रहेगा।

हमारे देश को बहुत सी नदियाँ उपहार स्वरूप मिली हैं। तालिका-1 में हमारे देश के जल संसाधनों को दिखाया गया है। भारत की सभी नदियों से साल में लगभग 1969 क्यूविक कि.मी. जल का विसर्जन होता है। बहुत सी नदियों में साल भर जल उपलब्ध रहता है, और कुछ में मानसून के समय ही जल उपलब्ध होता है। वर्षा के मौसम में जब लगातार पानी बरसता है उससे जल ग्रहण क्षेत्र बन जाता है।

तालिका 1. हमारे देश के वार्षिक जल संसाधन

वार्षिक वर्षा	4000	बिलियन क्यू. मी.
उपलब्ध जल	1869	बिलियन क्यू. मी.
उपलब्ध उपयोगी जल	1122	बिलियन क्यू. मी.
सतहीय जल (संचयन)	690	बिलियन क्यू. मी.
भूजल (पुनः पूरकीय)	432	बिलियन क्यू. मी.
उपयोगी जल (सतही जल 63 प्रतिशत, भूजल 37 प्रतिशत)	605	बिलियन क्यू. मी.
सिंचाई	501	बिलियन क्यू. मी.
घरेलू उपयोगी जल	30	बिलियन क्यू. मी.
औद्योगिक, ऊर्जा तथा अन्य के लिए उपयोगी जल	74	बिलियन क्यू. मी.

बर्फ और ग्लेशियर के पिघलने से जो नदियाँ बनी हैं, उसमें साल भर निरन्तर जल प्रवाह रहता है। ये नदियाँ पश्चिमी एवं मध्य हिमालय क्षेत्र के लिए महत्वपूर्ण भूमिका अदा करती हैं। सूखे या कम वर्षा में ये जल आपूर्ति में उपयोगी होती हैं। हैदराबाद स्थित भूभौतिकी अनुसंधान के मुनीर अहमद का कहना है कि ग्लेशियरों के पिघलने का कारण जलवायु परिवर्तन के साथ ब्राउन क्लाउड है। ब्राउन क्लाउड प्रदूषण युक्त वाष्प की मोटी परत होती है इसकी मोटाई 3 कि.मी. तक हो सकती है यह जलवायु परिवर्तन में अहम भूमिका निभाती है। पिछले दशक में हिमालय पर्वत की चोटी 67 प्रतिशत पीछे खिसक गयी है (Ageta 1992, Fushions 2000) आँकड़ों के हिसाब से गंगोत्री ग्लेशियर 28 मी. प्रतिवर्ष के हिसाब से खिसक रहा है।

जवाहर लाल नेहरू विश्वविद्यालय नई दिल्ली के पर्यावरण वैज्ञानिक प्रोफेसर सैय्यद इकबाल हसन का कहना है कि यदि गंगोत्री ग्लेशियर इसी प्रकार पीछे हटते रहे तो 125 वर्ष में गंगा सूख जाएगी। संयुक्त राष्ट्र पर्यावरण कार्यक्रम यानी यू.एन.आई.पी. की रिपोर्ट के अनुसार दुनियाँ की सबसे ऊँची चोटी माउंट एवरेस्ट की तलहटी में भी काले धूल के कण हैं जिसका घनत्व प्रदूषण वाले शहरों की तरह है।

भूगर्भीय जल

भूजल का उपयोग जनसंख्या के हिसाब से शहरी क्षेत्रों में 50 प्रतिशत तथा 80 प्रतिशत ग्रामीण क्षेत्रों में होता है जबकि 50 प्रतिशत सिंचाई के लिए किया जाता है अनुमान लगाया गया है कि भू-जल सिंचाई से 70-80 प्रतिशत खाद्यान उत्पादन होता है। भारत के सकल घरेलू उत्पादन में भूजल का हिस्सा लगभग 9 प्रतिशत है।

भूमिगत जल जिन परतों में रहता है उनको प्रवेश्य तथा अप्रवेश्य स्तर कहते हैं। बालू, ग्रेव, सिल्ट के स्तर को प्रवेश्य जबकि चट्टान, मटियार की परतों को अप्रवेश्य स्तर कहते हैं। रासायनिक उर्वरकों तथा कीटनाशकों का कृषि में उपयोग से भूगर्भीय जल निरन्तर प्रदूषित हो रहा है। भूगर्भीय जल में अधिक मात्रा में पाया जाने वाला आयरन, आर्सेनिक, सेलेनियम अनेक प्रकार की बीमारियों का कारण बन रहा है। भूमण्डलीय ऊष्मीकरण से भूगर्भीय जल स्तर नीचे जा रहा है। यह अनुमान लगाया जा रहा है यदि एक मीटर और नीचे जल को निकालने से 1 प्रतिशत कार्बन डाई गैस की वातावरण में बढ़ोत्तरी हो जाती है।

भारत एक कृषि प्रधान देश है। उसकी अर्थ व्यवस्था कृषि आधारित है इसलिए कृषि के लिए 83 प्रतिशत जल की खपत होती है। दिन प्रतिदिन कृषि के लिए पानी का माँग बढ़ रही है। कृषि के लिए गंगा बेसिन का 90 प्रतिशत उपयोग में लाया जाता है।

मानसून वर्षा से भू-गर्भ जल का पुनःभरण का मुख्य स्रोत है। मानसून जून से सितम्बर तक रहता है उससे हमारे देश को 75 प्रतिशत से ज्यादा जल प्राप्त होता है। कभी-कभी हमारे देश में अचानक 60 प्रतिशत से ज्यादा वर्षा कुछ दिनों में एक क्षेत्र में हो जाती है। वह क्षेत्र अतिवृष्टि हो जाता है जहाँ वर्षा नहीं होती है वह क्षेत्र अनावृष्टि हो जाता है। दोनों ही स्थितियाँ ठीक नहीं है। अतिवृष्टि के कारण बाढ़ आने से जहाँ देश के कुछ भाग पानी में डूब जाते हैं और अनावृष्टि के कारण सूखे की समस्या हो जाती है। जलवायु परिवर्तन का कारण मौनसून वर्षा में बदलाव आ रहा है यह अनुमान लगाया गया है कि कुछ दशकों में जनसंख्या 20 प्रतिशत वृद्धि हुई तो हमें वर्षा जल का संचयन भी बढ़ाना होगा यदि वर्षा जल को

रोकने के लिए बाँध बनाए जाये तो उससे बाढ़ का खतरा कम होगा। जल संचयन से भू-गर्भ जल का स्तर जो आज है उससे जयादा हो जाएगा इससे पर्यावरण की भी रक्षा होगी।

पिछली सदी पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव

मैदानी क्षेत्र में सन् (1875-1958) 100 वर्ष में 0.53 डिग्री सेल्सियस तापमान में वृद्धि को देखा गया है (सिंह 2002 के अनुसार) पश्चिमी सिन्धु गंगा के मैदानीय क्षेत्रों में वर्षा की तीव्रता में वृद्धि देखी गयी है क्योंकि 100 वर्ष के आँकड़ों से सिन्धु गंगा मैदानी पश्चिमी क्षेत्र में 170 वर्ग कि.मी. क्षेत्रफल के अनुसार मध्य एवं पूर्वी क्षेत्रों में 5 मि.मी. तथा 50 मि.मी. वर्षा की कमी देखी गयी है। गंगा मैदानी क्षेत्र में जो नदियाँ हिमालय की श्रृंखला से निकली है उनके बहाव ने अनेक समय में अपना मार्ग बदला है। पुराणिक समय 100 बी0 सी0 के अनुसार बिहार की दुख भरी नदी कोसी ने 1731 से 1963 तक अपना बहाव पश्चिम दिशा की ओर किया है।

गंगा में मिलने वाली नदियाँ जहाँ घाघरा, आदि सोन ने अपना मार्ग 35 से 50 कि.मीटर तक अपना मार्ग बदला है (सिंह 1971)।

भूमण्डीय जलवायु परिवर्तन मॉडल से पता चलता है कि सर्दी में जो वर्षा होती है उसका कारण जलवायु परिवर्तन है जिससे कारण सर्दी में बाढ़ की तीव्रता में वृद्धि देखी जा रही है। जलवायु परिवर्तन के कारण कोसी बेसिन समकालीन वर्षा में कमी देखी गयी है। जलवायु परिवर्तन के कारण अनेक विकासशील देश जैसे भारत की कृषि आधारित अर्थ व्यवस्था में दबाव बढ़ता जा रहा है क्योंकि देश की बढ़ती हुई संख्या के हिसाब में ऊर्जा, स्वच्छ खाद्यान्न की अधिक आवश्यकता का आँकलन किया गया है।

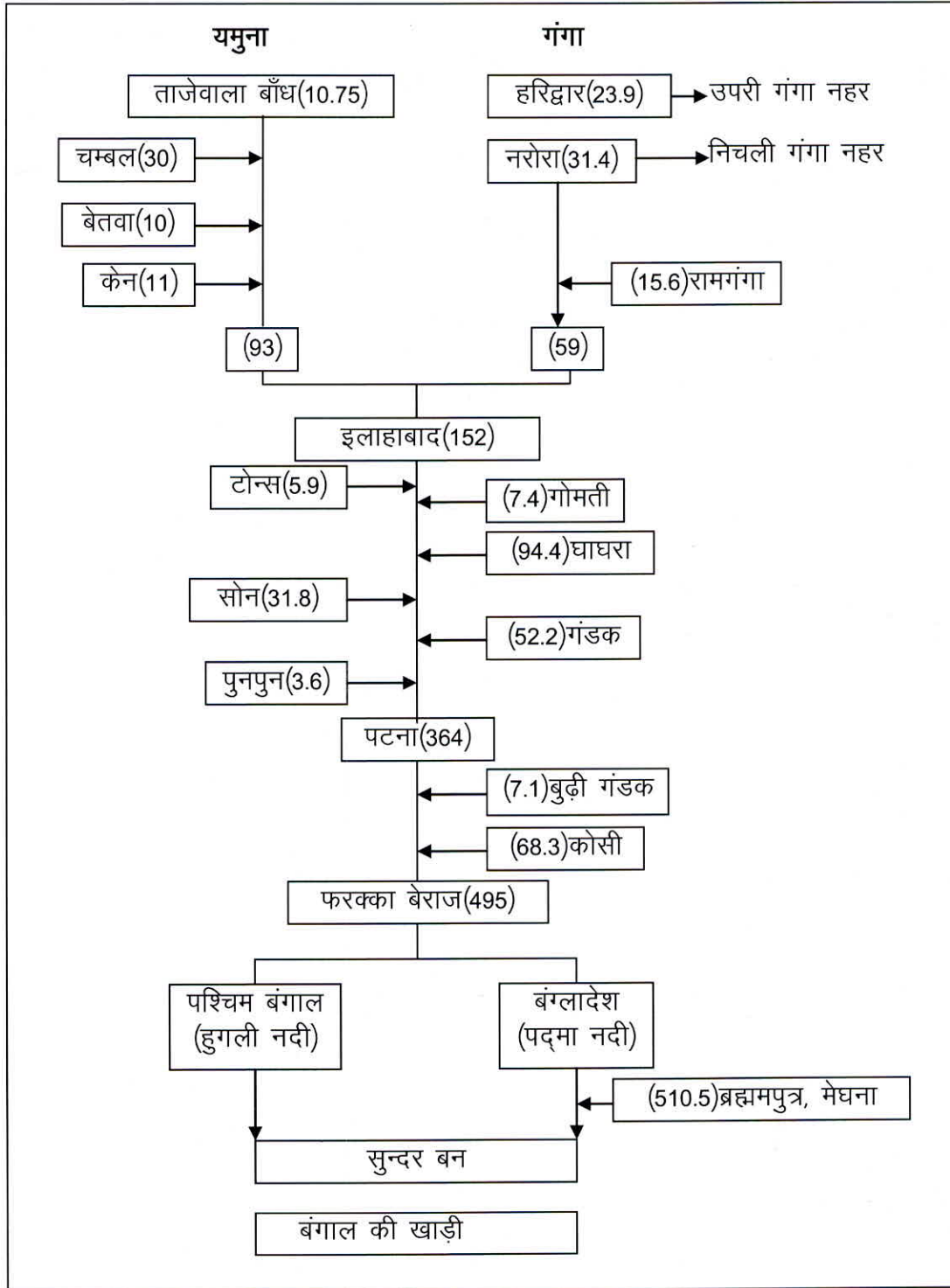
गंगा बेसिन में पानी एवं बदलती हुई परिस्थितियाँ

गंगा बेसिन दुनियाँ का सबसे बड़ा नदी तंत्र है जो चार देश की सहभागी है जैसे, भारत, नेपाल, बंगलादेश और चीन तालिका-2 के अनुसार। गंगा का उद्गम भारत और चीन को सीमा के पास हिमालय के नजदीक गंगोत्री ग्लेशियर से होता है गंगा 2525 कि.मी. का सफर करके बंगाल की खाड़ी में पहुँचती है गंगा से दो नहर निकलती है जो हरिद्वार से निकलती है उसे ऊपरी गंगा केनाल तथा नरोरा से निकलने वाली को निचली गंगा केनाल कहते है। निचली गंगा केनाल उत्तर प्रदेश एवं उत्तराखंड के 10 जिलों के खेती के लिए 9000 वर्ग कि.मी. में पानी उपलब्ध कराती है जिसमें गंगा बहाव कम हो जाता है (जैन 2007) के अनुसार। गंगा और यमुना का संगम इलाहाबाद उत्तर प्रदेश में होता है गंगा को बड़ी सहायक नदी घाघरा, गंडक, बुड़ीगंडक और कोसी है। गंगा और उसकी सहायक नदियों में बहाव 70 प्रतिशत सूखे के समय और 40 प्रतिशत प्रतिवर्ष होता है तथा सहायक नदियों से अवसाद गंगा में होता है (Altord 1992, Mirza 2004) के अनुसार फरक्का बेराज से 4 कि.मी. दक्षिण में गंगा दो भागों में विभाजित हो जाती है। फरक्का से करीब 18 कि.मी. दक्षिण में बंगलादेश में प्रवेश करती है तथा उसकी दूसरी शाखा नालन्दा से बहामपुत्र में मिलती है। दोनों शाखाएँ पश्चिमी बंगाल से गुजर कर बंगाल की खाड़ी में मिलती है।

तालिका 2. गंगा बेसिन का भारत, नेपाल, बंगलादेश और चीन में अपवाह क्षेत्र

देश/राज्य	कुल भौगोलिक क्षेत्रफल (वर्ग कि.मी)	बेसिन का क्षेत्रफल (वर्ग कि.मी)	देश में बेसिन का हिस्सा (प्रतिशत)
भारत	3,329,000	861,400	26
उत्तराखंड और उ.प्र.		294,410	
मध्य प्रदेश		190,385	
बिहार		143,803	
राजस्थान		112,490	
पश्चिम बंगाल		72,618	
हरियाणा		34,271	
हिमाचल प्रदेश		4312	
केन्द्र शासित दिल्ली		1480	
नेपाल	146,000	14,600	100
बंगलादेश	144,000	46,000	32
चीन	9,596,960	40,000	0.04

गंगा नदी एवं उसकी मुख्य सहायक नदियों का रेखा चित्र
(वार्षिक बहाव बिलियन क्यूबिक मीटर में)



गंगा बेसिन में जलवायु परिवर्तन

गंगा बेसिन में जल आपूर्ति का निर्धारण जलवायु परिवर्तन पर निर्भर है। गंगा बेसिन में जल का मुख्य स्रोत मानसून के समय वर्षा और हिमालय से बर्फ के पिघलने पर निर्भर है। दिसम्बर से फरवरी के बीच बेसिन में पानी कम होता जिसके कारण बंगाल की खाड़ी में कम बहाव हो जाता है। इन महीनों में जल की आपूर्ति हिमालय के ग्लेशियर पिघलने से होती है। ग्लेशियर पिघलने से 8 प्रतिशत जल गंगा बेसिन में उपलब्ध होता है।

जलवायु परिवर्तन के कारण गंगा बेसिन में तापमान बढ़ने से ग्लेशियरों को निवर्तन तथा वर्षा में बढ़ोत्तरी से समुद्र के जलस्तर में बढ़ोत्तरी होती है। (भूटियानी और अन्य 2009 के अनुसार) उत्तरी पश्चिमी हिमालय क्षेत्र में 1.4 डिग्री सेल्सियस तापमान में वृद्धि हुई है जबकि भूमण्डल का औसतन तापमान 0.74 डिग्री सेन्टीग्रेट बढ़ा है (पेरी और अन्य-2007 के अनुसार) बढ़ते तापमान के कारण बर्फ की झीलें बन जाएगी एवं ग्लेशियरों का निवर्तन हो जाएगा। तापमान परिवर्तन से गंगा नदी में कभी ज्यादा तथा कभी कम पानी विसर्जन होगा। ग्लेशियर तथा बर्फ से ढके क्षेत्र शुद्ध जल के संचयन क्षेत्र हैं। जलवायु परिवर्तन के कारण उच्च क्षेत्र प्रभावित होंगे जबकि निम्न क्षेत्रों से शुद्ध जल बह जाएगा। (जैन और अन्य 2007) के अनुसार भूमण्डलीय तापक्रम वृद्धि से बाढ़ तथा सूखे की घटनाओं में वृद्धि होगी।

गंगा बेसिन में जनसंख्या दबाव

गंगा बेसिन जनसंख्या के हिसाब से 500 मिलियन जनसंख्या का, भरण पोषण करती है जिसमें 23 मिलियन नेपाल का, 440 मिलियन भारत का और 41 मिलियन बंगलादेश का भाग है। (PUN – 2004) अनुमान लगाया गया है कि सन् 2025 तक बेसिन की कुल जनसंख्या 720 मिलियन हो जाएगी जिसमें नेपाल, भारत और बंगलादेश की जनसंख्या क्रमशः 37,634 और 49 मिलियन होगी। (PUN – 2004) के अनुसार बेसिन में जनसंख्या घनत्व 500 व्यक्ति प्रति वर्ग कि० मी० के अनुसार बिहार, पश्चिमी बंगाल और बंगलादेश में जबकि ऊपरी नेपाल, और चीन में 2 व्यक्ति प्रति वर्ग कि.मी. है।

गंगा बेसिन में प्रचुर मात्रा में स्वच्छ जल उपलब्ध है लेकिन बढ़ती हुई जनसंख्या के कारण जल स्रोत प्रभावित हो रहे हैं। तालिका-3 भारत में गंगा बेसिन उपलब्ध जल 1000-1700 क्यूविक मीटर प्रतिवर्ष प्रतिव्यक्ति है फिर भी जल संसाधनों पर काफी दबाव है। यह अनुमान लगाया गया है कि सन् 2025 तक पानी संकट हो जाएगा क्योंकि जिस अनुपात में पम्पों से जल निकाला जा रहा है उस अनुपात में भंडारण नहीं हो रहा है।

तालिका 3. गंगा बेसिन के देशों में उपलब्ध जल तथा अनुमानित प्रतिव्यक्ति स्वच्छ जल

देश	गंगा बेसिन में उपलब्ध स्वच्छ जल (बी.एम.सी)			2001 में गंगा बेसिन की जनसंख्या (मिलियन)	2001 में उपलब्ध स्वच्छ जल प्रति व्यक्ति प्रतिवर्ष क्यूविक मीटर	2025 में गंगा बेसिन की जनसंख्या (मिलियन)	2025 में जल की आवश्यकता प्रति व्यक्ति प्रतिवर्ष क्यूविक मीटर
	स्तहीय जल	भूजल	कुल				
नेपाल	217	13	230	23	10,000	37	8,649
भारत	500	171	671	440	1,525	634	1060
बंगलादेश	197	21	218	41	5,892	49	4,449

जल और परिस्थितिकी पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव

इस नीले ग्रह पर मानवीय सभ्यता का अस्तित्व सभी जीवधारी, पेड़, पौधे, जलचक्र के कारण है जो कि परिस्थितिकी तंत्र के अन्दर आते हैं। गंगा नदी बेसिन में जल आपूर्ति, जल की गुणवत्ता तथा जैवविविधता परिस्थितिकी तंत्र के लिए बहुत

महत्वपूर्ण है। पारिस्थितिकी के लिए गंगा बेसिन का ऊर्ध्वप्रवाह का क्रियाकलाप अनुप्रवाह क्षेत्र की उत्पादकता तथा मानवीय स्वास्थ्य के लिए लाभकारी है। गंगा बेसिन में उच्च स्थानों पर झीले, लगातार मौसमीय जल का प्रवाह, भूजल स्तरों का पुनः भरण, जैविक विविधताओं को बनाए रखता है। गंगा नदी के पारिस्थितिकीय का स्वच्छ होना मानवीय एवं आर्थिक विकास के लिए महत्वपूर्ण है। गंगा की पारिस्थितिकी इस प्रकार की है कि उसके मैदानी क्षेत्र में हिरन, जंगली सूअर, जंगली बिल्लियाँ, गीदड़, लोमड़ी आदि अनेक प्रकार की प्रजातियाँ बड़ी संख्या में पाई जाती हैं। गंगा में 375 मत्स्य प्रजातियाँ तथा सार्क प्रमुख जो आज विलुप्ती की कगार पर है सुन्दर वन डेल्टा विश्व प्रसिद्ध वनस्पतियों तथा बंगाल टाईगर का निवास स्थान है।

जलवायु परिवर्तन तथा पर्यावरण बदलाव के कारण गंगा बेसिन की पारिस्थितिकी पर गंभीर प्रभाव देखे जा रहे हैं। जैसे झीलों, जलधाराओं, की जलगुणवत्ता प्रभावित हो रही है जिसके कारण जल में आक्सीजन की मात्रा कम हो रही है। उसका प्रभाव जलीय प्रजातियों पर देखा गया है। सुन्दर वन डेल्टा का आकार बढ़ता जा रहा है। उसका कारण सुन्दरवन डेल्टा का ढाल बहुत कम है। जिससे जहाँ गंगा का बहाव बहुत कम होता है जिससे उसके बहाव के साथ आई मिट्टी मुहाने पर जमा हो जाती है तथा बंगलादेश के दक्षिणी पश्चिमी भाग में पानी में खारीपन बढ़ रहा है।

कृषि पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव

हमारी पृथ्वी पर मात्र 2 प्रतिशत भूमि पर ही खाद्य पदार्थ उत्पन्न होते हैं अर्थात् मिट्टी भी जल के समान अत्यन्त महत्वपूर्ण संसाधन है। नये-नये रासायनिक कीटनाशकों, तथा रासायनिक उर्वरकों के उपयोगों से मिट्टी की उर्वरता कम हो रही है। कृषि वैज्ञानिक डाक्टर जी0सी0 मित्र का कहना है कि जलवायु परिवर्तन के कारण आने वाले वर्षों में मौसम चक्र में आने वाला बदलाव और तेज होगा।

जलवायु परिवर्तन के कारण गंगा बेसिन में असमय वर्षा, बाढ़ तथा भूजल पुनः भरण न होने कारण कृषि एवं खाद्य उत्पादकता प्रभावित हो रही है। गंगा बेसिन का लगभग 90 प्रतिशत जल खेती में उपयोग में लाया जाता है। (एफ0ए0ओ0 2000 के अनुसार) हिमालय क्षेत्र में प्राकृतिक संचयन क्षेत्र तथा सतहीय जल अपवाह गंगा बेसिन के कृषि क्षेत्र को प्रभावित कर रही है। जिसके कारण बाढ़, सूखा तथा समुद्र का जल स्तर बढ़ रहा है। तापमान बढ़ने से वाष्पीकरण तथा बर्धन काल बढ़ने से पानी की माँग बढ़ रही है। गेहूँ की उत्पादन क्षमता में कमी लेकिन चावल और सोयाबीन की उत्पादकता में बढ़ोत्तरी देखी जा रही है। तथा कार्बन डाई आक्साईड का स्तर बढ़ रहा है। डा0 सीमा उपाध्याय पर्यावरणविद् के अनुसार कैस्टर वीन यानी अरंडी जिसका वैज्ञानिक नाम रिसेनस ओम्यूनिस है, नामक यह पौधा भूमण्डल ऊष्मीकरण को कम करने में महत्वपूर्ण भूमिका अदा कर सकता है। कई शोध और अध्ययन से यह ज्ञात हुआ है कि कैस्टर वीन जिन स्थानों पर उगता है जिन स्थानों पर मिट्टी की गुणवत्ता में सुधार हुआ है तथा मिट्टी में पोषक तत्वों में वृद्धि हुई है। कैस्टर वीन के पौधे लगाने से नाइट्रोजन बढ़ाने वाले बैक्टीरियों को बढ़ाता है तथा विषैली धातु, सल्फेट, कीटनाशक, कच्चे तेल, अनेक प्रकार के हाइड्रोकार्बन जैसे प्रदूषण कारी तत्वों को हटाया जा सकता है। इससे कई प्रकार के हानिरहित कीटनाशक भी बनाए जा सकते हैं।

पन बिजली पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव

अनियमित वर्षा, ग्लेशियरों तीव्रता से पिघलने से पानी की उपलब्धता में परिवर्तन के कारण पन बिजली घरों पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ रहा है। जंगलों के कटाई एवं खनिजों के जमीन से निकालने के कारण भूस्खलन बढ़ रहा है तथा उससे बाँधों में जल संचयन क्षमता कम हो रही है जिससे पन बिजली घरों से कम बिजली उत्पादित हो रही है। ग्लेशियर और बर्फ पिघलने से टर्मिनल हिमोद से पहले ग्लेशियर की झीलें बन रही हैं। हिमोद बाँध प्रायः कमजोर, अस्थिर होते हैं जिनमें अचानक दरार पड़ जाती है। (जैन 2001 के अनुसार) बर्फ की झीलों के अचानक फटने से उँचाई पर स्थित हिमोद बाँधों से नीचे की ओर पानी का प्रवाह बहुत ही तीव्र होता है जिससे बाढ़, आ जाती है जिसके कारण बहुत बड़ी तबाही होती है तथा पारिस्थितिकी प्रभावित होती है हिमालय पर्वत पर 206 इस प्रकार की खतरनाक झीलें हैं जो नई पन बिजली परियोजनाओं को प्रभावित कर रही हैं।

स्वास्थ्य पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव

जलवायु परिवर्तन के कारण गंगा बेसिन के जल संसाधन प्रभावित हो रहे हैं आजकल गंगा इतनी प्रदूषित हो गयी है उसके जल से अनेक प्रकार की बीमारियाँ बढ़ रही हैं। बाढ़ के कारण लोगों का सम्पत्ति एवं जान माल का बहुत नुकसान होता है तथा लोगों के एक स्थान से दूसरे स्थान पर विस्थापित होना पड़ता है।

जलवायु परिवर्तन के लिए उठाए गए कदम

जलवायु परिवर्तन को रोकने के लिए संयुक्त राष्ट्र संघ के महासचिव का कहना है कि सभी धर्मों को एक साथ मिलकर काम करना होगा विकास बिना विनाश के होना चाहिए किसी भी देश की अर्थव्यवस्था सुचारु रूप से चलाने के लिए हमें अपनी मानसिकता, सही सोच के रूपान्तरण से ही प्राप्त हो सकती है उसके लिए हमें अनेक कदम उठाने चाहिए जैसे जल का संरक्षण, जल क्षति को रोकना, जल का समान रूप से वितरण करना, खराब पानी का उपयोग करना, सीवेज पानी का उपचार करके पुनः उपयोग में लाना, ग्रीन हाउस गैसों का कम उत्सर्जन करके ग्लेशियरों को बचाना ताकि परिस्थितिकी तथा जैव विविधता प्रभावित न हो। इस नीले ग्रह को हरा भरा करना होगा। जलवायु परिवर्तन के अनुकूल नई किस्मों की फसलों को बढ़ा देना होगा।

चर्चा और निष्कर्ष

वर्ष 131 सन् (1871-2001) वर्षा जल के आँकड़ों के विश्लेषण से यह पता चला कि पूरे भारत में मानसून वर्षा के बदलाव से भूमण्डलीय ऊष्मीकरण का प्रभाव नहीं देखा गया है। (KRIPALANI-2003) के अनुसार। इसलिए इस समय जल परियोजनाओं को कार्यान्वित करने वाले को तथा जल विकास एजेन्सियों को समझना मुश्किल है कि जलवायु परिवर्तन का इस प्रकार की परियोजनाओं पर क्या प्रभाव होगा। जलवायु परिवर्तन का हमारे जल संसाधनों पर प्रतिकूल प्रभाव देखा जा रहा है। इसके लिए और गहन अध्ययन की आवश्यकता है। फसल एवं उपयोगी भूमि के प्रतिरूप में बदलाव, जल स्रोतों का शोषण तथा गंगा बेसिन में 25 वर्ष में 60 प्रतिशत जल के बहाव में कमी, जल में 50 प्रतिशत उपलब्धता में कमी, भू जल स्तर का नीचे जाना ये सही मानवीय क्रिया कलापों का परिणाम है।

जलवायु परिवर्तन का दीर्घ प्रभाव, उसके लिए अनुकूलित रणनीति तथा जल संसाधनों को बचाने के लिए लोगों की भागीदारी को संक्षेप में तालिका के रूप में नीचे दिखाया गया है।

क्रम सं०	जलवायु परिवर्तन का प्रभाव	अनुकूलन रणनीतियाँ	लोगों की भागीदारी
1.	सूखे में बढ़ोत्तरी	पानी को बर्बादी से बचाए	आवश्यकता के अनुसार पानी और पावर का उपयोग करें।
2.	अधिक वर्षा, बाढ़ तथा कम वर्षा दिनों में	पानी का उपयोग आवश्यकता के अनुसार करे और हिमजल के संचयन में सुधार करे।	ग्रीन हाउस गैसों का उत्सर्जन कम करना जैसे कार्बन डाई आक्साइड मथेन आदि। गैर पारम्परिक उर्जा को उपयोग करना जैसे सौर उर्जा तथा पवन उर्जा आदि
3.	शुद्ध जल को उपलब्ध में कमी	नगर निगम के अशुद्ध जल को पुनः चक्रण करने उपयोग में लाए।	जीवाश्मी ईंधन का कम उपयोग करे जैसे (कोल, पेट्रोलियम उत्पादक) आदि
4.	ग्लेशियरों का निवर्तन और वर्षा क्षेत्रों का कम होना	वर्षा जल का संचयन करे कृत्रिम विधि से भूजल का पुनर्भरण करे।	व्यक्तिगत वाहनों को जगह सार्वजनिक यातायात के वाहनों का उपयोग करे।
5.	समुद्र के जल स्तरों बढ़ोत्तरी वर्षा तथा शुद्ध जलसंसाधों का खारीपन में बढ़ोत्तरी।	सिंचाई पद्धति के गुणवत्ता में सुधार करना तथा सूखे क्षेत्रों में इस प्रकार की फसलों को लगाना जिनमें कम पानी की आवश्यकता होती है।	शीतता प्रदान करने वालों उपकरणों एवं यन्त्रों का एक सीमा तक ही उपयोग करे।

संदर्भ:

- अगेता, वाई. एंड कडोता, टी., ऐन ग्लेशियल, 1992, 16, 89-94।
- भूटीयानी, मि. आर., वी. एस. केला, एंड एन.जे. पँवार। 2009। क्लाइमेट चेंज एंड दी परिसेप्टेसन वैरियेशन इन दी नार्थ वैस्टर्न हिमालय: 1866-2006। इंटरनेशनल जेरनल ऑफ क्लीमेटोलोजी।
- एफएओ 2000. एकूस्टाट डेटाबेस, <http://www.fao.org/NR/WATER/AQUASTAT/main/index.stm>.
- फुशिमी, एच., (एडस डोमोटो, ऐ. अट एल.), तसुकीजी-शोकान पुब क. लि., जापान एंड दी वर्ल्ड क्लाइमेट यूनियन, गलांड, स्विटजरलैण्ड, 2000, पीपी. 42-45।
- गोसिन, ए.के. एंड संध्या रॉय, क्लाइमेट चेंज एंड इंडिया, वूलनरएबिलिटी एससमेंट एंड एडापटेशन (इडीएस शुक्ला, पी.आर. एट एल.), यूनिवर्सिटीज प्रेस, हैदराबाद, 2003, पीपी.159-192।
- आइपीसीसी, स्पेशल रिपोर्ट ऑफ आइपीसीसी वर्किंग ग्रुप।। (एडस वैस्टर्न, आर.टी. एट एल.), इंटरगवर्नमेंटल पैनल ऑन क्लाइमेट चेंज, कैम्ब्रिज यूनिवर्सिटीज प्रेस, कैम्ब्रिज, यूके., 1998, पी. 517।
- जैन एस.के., पी.के. अग्रवाल, एंड वी.पी. सिंह 2007। हायड्रोलोजी एंड वाटर रिसोर्सिस ऑफ इंडिया। वाटर साइंस एंड टेक्नोलॉजी लाइब्रेरी। दी नीदरलैण्डस: स्प्रिंगर।
- जैन सी.के. 2001। ए हाइड्रो-कमिकल स्टडी ऑफ ए माउंटेनस वाटरशेड: दी गंगा, इंडिया,। वाटर रिसर्च 36(5): 1262-1274।
- कृपलानी, आर. एच. इनामदार, एस. आर. एंड सोनटाक्की, एन. ए., इंटर. जे. क्लाइमेटोल., 1996, 80, 1077-1098।
- कृपलानी, आर. एच. कुलकर्णी, ए., सबाडे, एस.एस. एंड खांडेकर, एम. एल., नाट. हजार्डस, 2003, 29, 189-206।
- कुनकील, के. इ. पीलकी, आर.ए. एंड चेंगनॉन, एस. ए., बुल. एम. मेटेरोल। सोक., 1999, 80, 1077-1098।
- मान, एम. इ. एट एल., नेचर, 1998, 392, 779-787।
- मिर्जा, एम. क्यू. 2002. ग्लोबल वार्मिंग एंड चेंजिस इन पोर्टबीबीलिटी ऑफ अक्यूरेनस ऑफ फलडस इन बांग्लादेश एंड एम्पलीकेशन। ग्लोबल एनवायरमेंटल चेंज 12: 127-138।
- मिर्जा, एम. क्यू. 2007. क्लाइमेट चेंज, अडापटेशन एंड एडपटिव गवर्नंस इन (दी) वाटर सेक्टर इन साउथ एशिया। प्रजेक्टिड एट दी 2007 एमस्टरडैम कानफरेन्स ऑन ह्यूमन डाइमेंशनस ऑफ ग्लोबल एनवायरमेंटल चेंज, मेय इन एमस्टरडैम।
- मूनली, डी.ए. एंड पर्थसारथी, बी., क्लाइमेटिक चेंज, 1984, 6, 287-301।
- पंत जी. बी. एंड रूपा कुमार, के., क्लाइमेटस ऑफ साउथ एशिया, जॉन वैली एंड सन्स, चीचेस्टर, 1997, 320 पी।
- पंत जी. बी. एंड रूपा कुमार, के., एंड क्लाइमेटस ऑफ साउथ एशिया, जॉन वैली, यूके., 1997, पी. 320।
- पंत जी. बी. एंड रूपा कुमार, के., एंड बोरगौनकर, एच.पी., दी हिमालयन एनवायरमेंट (एडीस दश, एस. के. एंड बहादुर, जे.), नीव एंड इंटरनेशनल (पी) लि. नीव दिल्ली, 1999, पीपी. 172-184।
- प्रेय, एम. एल. ओ.जी. कनजनी, जे.पी. पालूटिकोफ, सी.ई. हैनसन, एंड पी.जे. वैन डर लिंडन, एंड. 2007। क्लाइमेट चेंज 2007: इमपैक्टस, अडापटेशन एंड वूलनरएबिलिटी; कानर्टीब्यूशन ऑफ वर्किंग ग्रुप।। टू दी फॉथ एससमेंट रिपोर्ट ऑफ दी इंटरगवर्नमेंटल पैनल ऑन क्लाइमेट चेंज क्मबरीज, क्मबरीज यूनिवर्सिटी प्रेस।
- पुन, एस.बी. 2004। ओवरवीव: कानफलिटस ओवर दी गंगा? इन डिस्पुटस ओवर दी गंगा: ए लुक एट पोटेन्टल वाटर-रिलेटिड कानफलिटस इन साउथ एशिया।, एड. सुबाबा, बी. एंड के. प्रधान, 2-21. काठमांडू, नेपाल: पेनास इंस्टीट्यूट साउथ एशिया।
- रूपाकुमार, के. कृष्ण कुमार, के. एंड पंत, जी.बी., जयोफेस। रेस. लेट. , 1994, 21, 677-680।
- रूपाकुमार, के. पंत, जी.बी. पर्थसारथी, बी. एंड सोनटेक्की, एन. ए., इंटर. जे. क्लाइमेटोल., 1992, 12, 257-268।
- सिंह आर. एल. इंडिया: ए रीजनल जियोग्राफीकल सोसाइटी ऑफ इंडिया, वाराणसी, 1971, पी. 992।
- श्रीवास्तव, एच. एन., दीवान, बी. एन., दीक्षित, एस. के., रॉय, जी. एस. पी., सिंह, एस. एस. एंड रॉय, के. आर., मौसम, 1992, 43, 7-20।
- थपलियाल, वी. एंड कुलश्रेष्ठ, एस. एम. मौसम, 1991, 42, 333-338।
- तरीनबर्थ, के. इ., नैट. एम्प्लीकेशन इनवायर्न. चेंज, 1999, 5, 2-15।