''जल संसाधन के क्षेत्र में भावी चुनौतियाँ''
विषय पर राष्ट्रीय संगोष्ठी
16-17 दिसम्बर, 2003, रुड़की (उत्तरांचल)

उत्तरांचल के एक पर्वतीय जलागम क्षेत्र का जल-संसाधन नियोजन

अशोक कुमार द्विवेदी **भूपेन्द्र सोनी** **विकास गोयल** **यतवीर सिंह**
राष्ट्रीय जल विज्ञान संस्थान, रुड़की

सारांश

प्रस्तुत शोध-पत्र में हिमालय के टिहरी गढ़वाल जनपद के चंद्रभागा जलागम क्षेत्र के उपलब्ध जल एवं मौसम-विज्ञानीय आंकड़ो का क्रापवाट निदर्श का प्रयोग कर फसलों के लिए जल आवश्यकता तथा सिंचाई जल आवश्यकता की गणना की गई है। इस अध्ययन हेतु जलागम क्षेत्र के तापमान, वर्षा, आर्द्रता, सूर्य-रश्मि अवधि, वायु प्रवाह आदि एकत्र आंकड़ों का प्रयोग किया गया है। जल विज्ञानीय आंकड़ो के विश्लेषण से मई में अधिकतम वाष्पोत्सर्जन दर (E_t) 7.0 मिमी/दिन तथा दिसम्बर माह में न्यूनतम 1.7 मिमी/दिन पाया गया। जलविज्ञानीय अध्ययन द्वारा उक्त जलागम क्षेत्र की सिंचाई योजना का प्रारुप तैयार किया गया, जो उस जलागम क्षेत्र की जलापूर्ति और जल-प्रबंधन योजनाओं के नियोजन और क्रियान्वयन में सहायक सिद्ध होगी।

1. परिचय :

मानव सभ्यता के विकासक्रम में जल का जितना योगदान है, उतना पृथ्वी पर मौजूद शायद ही किसी अन्य प्राकृतिक संसाधन का रहा हो। जल मानव जीवन की एक मूलभूत आवश्यकता है। इसके बगैर जीवन की कल्पना निराधार है। विगत कुछ वर्षों में मानव सभ्यता के क्रमिक विकास तथा जनसंख्या की उत्तरोत्तर वृद्धि के फलस्वरुप जल के सकल घरेलू, औद्योगिक तथा कृषि परक उपयोग में अप्रत्याशित बढ़ोत्तरी ने जल की माँग और आपूर्ति में अंतर को बढ़ा दिया है, जो सबके लिए चिंता का विषय है। यद्यपि, जल संसाधनों के विकासक्रम में विविध जलविद्युत परियोजनाओं द्वारा देश में अब तक कुल मिलाकर लगभग 4000 से अधिक बड़े बांध, 250 बैराजों का निर्माण हो चुका है। परन्तु, खेद की बात है कि देश के शहरीकरण के कारण प्रतिवर्ष 38 लाख एकड़ भूमि का हरित आवरण छिन्न-भिन्न हो रहा है और लगभग 1200 करोड़ टन मृदा नदियों द्वारा बहा कर अधोगामी जलागम क्षेत्रों अथवा समुद्र में ढ़केल दी जाती है। इससे देश की लगभग 5 करोड़ टन खाद्यान्न उत्पादन क्षमता प्रतिवर्ष की दर से प्रभावित हो रही है।

यदि हिमालय के पर्वतीय अंचलों पर दृष्टिपात करें तो यह देखने में आता है कि इस शताब्दी के प्रारंभ में ही अनेंक पर्वतीय अंचल ऐसे पाए गए जो घटती वर्षा तथा सूखते परंपरागत प्राकृतिक जल-स्रोत, वहां की घरेलू तथा कृषि से संबंधित जल की आवश्यकताओं को पूरा करने में असमर्थ थे। प्रतिदिन हमारे द्वारा लगभग 150 लीटर पानी का इस्तेमाल किया जाता है, वहीं दूसरी ओर शुष्क तथा अर्ध-शुष्क,

शीतोष्ण और समशीतोष्ण क्षेत्रों के निवासियों को 30 लीटर/दिन की सामान्य पानी की मात्रा भी उपलब्ध नहीं है। अतः इन अंचलों के निवासियों की दैनिक जल आवश्यकताओं की प्रतिपूर्ति तथा खाद्यान्न उत्पादन में वृद्धि के लिए समेकित जलागम विकास की अवधारणा समीचीन होगी। इस कार्य के लिए क्रमबद्ध वैज्ञानिक अध्ययन द्वारा उनमें प्रयुक्त जलविज्ञानीय प्राचलों की समय एवं स्थल परक मात्रात्मक वितरण के सही आंकलन तथा जल के संरक्षण, प्रबंधन की परंपरागत और आधुनिक तकनीकों में बेहतर सामंजस्य स्थापित कर संभव बनाना होगा।

वर्षा आधारित क्षेत्रों में कृषि उत्पादन मुख्यतः वर्षा की कुल प्राप्य मात्रा और वितरण पर निर्भर होता है। अतएव, बेहतर फसल उत्पादन हेतु वर्षा की मात्रा और वितरण को आधार मानते हुए स्थानीय स्तर पर विभिन्न प्रकार की युक्तियुक्त वैज्ञानिक योजनाओं पर ध्यान देने की आवश्यकता होती है। भारत में पारंपरिक रुप से खरीफ फसलों का उत्पादन वर्षा-ॠतु (खरीफ़ः जून -सितम्बर) तथा रबी फसलों का उत्पादन मानसून ॠतु की शेष उपलब्ध मृदा-आर्द्रता पर निर्भर होता है। उन क्षेत्रों में जहां वर्षा आधारित कृषि होती है, वहाँ वर्षा के प्रकृति के अनुरुप फ़सलों का चयन करना आवश्यक हो जाता है। वर्षा आधारित क्षेत्रों की फ़सल उत्पादकता को बहुत हद तक सीमित करने का एक अन्य महत्वपूर्ण कारक उस क्षेत्र के अपवाह पर समुचित नियंत्रण का न होना है। अतः फ़सल-जल तथा सिंचाई-जल की आवश्यकता तथा उपयोग की गणनाओं के लिए जल-मौसम-विज्ञानीय प्राचलों का स्थल परक तथा कालिक वितरण एवं मात्रात्मक मूल्यांकन परम आवश्यक है, जिससे जलागम विकास परियोजनाओं को सुदृढ़ आधार मिल सके।

हिमालय परिक्षेत्र की घरेलू एवं सिंचाई जलापूर्ति का मुख्य स्त्रोत वर्षा-जल अथवा झरनों द्वारा उपलब्ध जल है। प्रस्तुत अध्ययन, देश के नवनिर्मित उत्तरांचल राज्य के टिहरी गढवाल जनपद के भागीरथी नदी बेसिन के चंद्रभागा- जलागम क्षेत्र से संबंधित है, जिसको कुछ वर्ष पहले भारत सकार के विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग द्वारा पोषित जल संसाधनों के जलविज्ञानीय अध्ययन के लिए चयनित किया गया और एक योजनाबद्ध वैज्ञानिक रीति से अध्ययन आरम्भ किए गए। चन्द्रभागा जलागम क्षेत्र के उपलब्ध जल-मौसम-विज्ञानीय प्रेक्षित आंकड़ों के उपयोग द्वारा फ़सल जल तथा कृषि जल आवश्यकता की गणना की गयी है तथा उक्त जलागम क्षेत्र की एक सिंचाई योजना का प्रारुप तैय़ार कर प्रस्तुत किया गया है, जो उस जलागम क्षेत्र की सम्यक जलापूर्ति और जल-प्रबंधन योजनाओं के प्रबंधन में सहायक होगा।

2. अध्ययन क्षेत्र :

भगीरथी नदी बेसिन का चन्द्रभागा- जलागम अध्ययन क्षेत्र टिहरी-गढ़वाल जनपद (उत्तरांचल) के जाखनीधार- ब्लाक में 4.34 वर्ग किलोमीटर क्षेत्रफल में फैला हुआ है। इसकी भौगोलिक स्थिति 30°18′-30°19' अक्षांश और 78°35′-78°36′ देशान्तर के बीच है। इस जलागम की समुद्र तल से ऊंचाई लगभग 1150 मीटर से 2350 मीटर के बीच है। यह क्षेत्र कम तापमान वाले ट्रापिकल जलवायु क्षेत्र के अंतर्गत आता है। क्षेत्र की प्रेक्षित वार्षिक वर्षा 1000 मिमी से 1400 मिमी के बीच होती है। औसत वर्षा का मान 1200 मिमी है। कुल वर्षा का लगभग 80-90 प्रतिशत मई से सितम्बर माह के दौरान होती है तथा नदियों का प्रवाह मुख्यतः झरनों के जल-प्रवाह पर निर्भर करता है। जलागम की अधिकतर धाराएं मौसमी प्रकृति की हैं, परन्तु मुख्य धारा बारहमासी है।

3. जल आवश्यकता का आंकलन :

3.1 क्रापवाट निदर्श :

'क्रापवाट' नामक निदर्श का उपयोग फ़सल-जल तथा सिंचाई-जल आवश्यकता के आंकलन के लिए किया गया है। इसमें जलमौसम-विज्ञानीय प्रेक्षित आंकड़े प्रयुक्त किए गए हैं। यह निदर्श ऐसे निर्णयों हेतु माना-जाना एक ऐसा तंत्र है, जिसको अन्तरराष्ट्रीय खाद्य एवं कृषि संगठन- (FAO) के भूमि एवं जल विकास प्रभाग द्वारा विकसित किया गया है। वाष्पोत्सर्जन एवं फ़सल जल उपयोग अध्ययनों तथा विशिष्ट रुप से सिंचाई- योजनाओं के अभिकल्पन एवं प्रबंधन के लिए यह निदर्श कृषि मौसम विज्ञानियों, कृषि वैज्ञानिकों तथा सिंचाई अभियन्ताओं के लिए बहुत उपयोगी सिद्ध हुआ है। यह निम्नलिखित कार्यों के लिए प्रयुक्त होता है (क्रापवाट, 1998)*

(1) (i) संदर्भ वाष्पोत्सर्जन
    (ii) फ़सल-जल आवश्यकता तथा
    (iii) फसल सिंचाई आवश्यकता की गणनाओं के लिए।
(2) (i) विभिन्न प्रबंध आवश्यकताओं के अंतर्गत सिंचाई, तथा
    (ii) जलापूर्ति स्कीमों के निमित्त, और
(3) (i) वर्षा आधारित खाद्यान्न उत्पादन तथा अनावृष्टि के मूल्यांकन, तथा
    (ii) सिंचाई पद्धतियों की क्षमता के मूल्यांकन आदि के लिए।

सिंचाई कालक्रम सूची का विकास तथा वर्षा आधारित और सिंचाई पद्धतियों का मूल्यांकन प्रायः प्रतिदिन के मृदा-जल-नमी के संतुलन पर निर्भर करती है और इसे बनाने के लिए जलापूर्ति तथा सिंचाई प्रबन्धन के अनेकों विकल्पों का उपयोग किया जाता है। प्रत्येक फसल हेतु आवश्यक जलापूर्ति की गणना प्रस्तावित बोआई, चयनित फसल-क्रम के आधार पर की जाती है। फसल-जल तथा सिंचाई-जल मात्रा की गणना के लिए अंतर्राष्ट्रीय खाद्य एवं कृषि संगठन (एफ.ए.ओ.) द्वारा विकसित पद्धति, जिसका विस्तार से वर्णन एफ.ए.ओ. इर्रिगेशन एण्ड़ ड्रेनेज़ प्रपत्र 'क्राप वाटर रिक्वायर्मेंट', सं. 24 तथा 'इल्ड रिस्पांश टू वाटर' प्रपत्र सं. 33 में दिया गया है, प्रयुक्त की गयी है।

क्रापवाट निदर्श में संशोधित संदर्भ वाष्पोत्सर्जन का आंकलन एफ.ए.ओ. द्वारा सुझायी 'पैनमैन-मोन्टिथ' विधि के प्रयोग द्वारा किया जाता है। ET_{crop} की गणना के लिए फसल संबन्धित जिन आंकड़ो की आवश्यकता पड़ती है, उनमें बोआई का महीना, बोआई का दिन, कटाई की संभावित तिथि, फसल के विभिन्न चरणों के लिए लगने वाला समय, तथा फसल के उन चरणों हेतु फसल गुणक आदि प्रमुख्य हैं। आवश्यक फसल-जल की मात्रा के आंकलन हेतु माहवार वर्षा और वाष्पोत्सर्जन ET_0 की आवश्यकता होती है।

फसल गुणक (K_c) की गणना दस दिवसीय आधार पर की जाती है। फसल वृद्धि के विभिन्न चरणों - प्रारम्भिक चरण, बीच के चरण, विकास तथा अंतिम कटाई चरणों के लिए K_c मानों के लिए FAO (दूरेबो एण्ड प्रुईट, 1977) में दिए संदर्भ मानों का प्रयोग किया गया है। ET_{crop} की गणना के लिए निम्न सूत्र का सहारा लिया गया है।

$$ET_{crop} = K_c * ET_o \tag{1}$$

दस दिवसीय आधार पर फसल वाष्पोत्सर्जन ET_{crop} की गणना के लिए वास्तविक दिनों की संख्या से गुणा करना पड़ता है। यह आमतौर पर 10 की संख्या होती है, परन्तु बोआई और कटाई की प्रथम और अंतिम तिथियों का कोई आवश्यक नहीं कि वे दस दिवसीय आधार के प्रारंभिक और अंतिम तिथियों से सही-सही मेल खा जाय। सिंचाई-जल आवश्यकता के लिए ET_{crop} को प्रभावी वर्षा (P_{eff}) के अंतर द्वारा निम्न सूत्र के अनुसार ज्ञात किया जाता है।

$$IR_{req} = ET_{crop} - P_{eff} \tag{2}$$

4. परिणाम एवं परिचर्चा :

ET_0 की गणना हेतु जिन मौसम जल विज्ञानीय आंकड़ो का प्रयोग किया गया है उनमें (प्रतिदिन/महीना) के अधिकतम तथा न्यूनतम तापमान, वायु आर्द्रता (प्रतिशत), वायु वेग (मी/सेकण्ड), प्रतिदिन की सूर्य-रश्मि अवधि (घंटा) प्रमुख हैं। विश्लेषण द्वारा ET_0 का अधिकतम मान दर 7.0 मिमी/दिन (मई माह में) तथा न्यूनतम मान दर 1.7 मिमी/दिन (दिसम्बर माह में) पाया गया। इस अध्ययन में प्रभावी वर्षा की गणना हेतु यू.एस.डी.ए. द्वारा विकसित एस सी.एस. विधि का प्रयोग किया गया है (तालिका-1)* फसल-जल की आवश्यक मात्रा की गणना दस दिवसीय आधार पर की गयी है।

'चंद्रभागा' जलागम में बोए जाने वाली फसलों को चिन्हित किया गया है तथा फसल-जल तथा सिंचाई-जल का तैयार फसल कैलेण्डर द्वारा दर्शाया गया है।

तालिका 1 : चंद्रभागा जलागम क्षेत्र के मौसम संबंधी आंकड़े

क्रम सं.	महीना	ET(मिमी/प्रतिदिन)	वर्षा (मिमी)	प्रभावी वर्षा (मिमी)
1	जनवरी	1.8	40.7	38.0
2	फ़रवरी	2.5	80.4	70.1
3	मार्च	4.0	58.2	52.8
4	अप्रैल	5.5	14.3	14.0
5	मई	7.0	73.5	64.9
6	जून	6.7	118.2	95.8
7	जुलाई	5.5	225.9	144.3
8	अगस्त	5.0	214.9	141.0
9	सितम्बर	4.3	84.5	73.1
10	अक्टूबर	3.5	60.6	54.7
11	नवम्बर	2.2	2.1	2.0
12	दिसम्बर	1.7	2.8	2.8
	कुल		976	754

तालिका 2 : चंद्रभागा जलागम का फसल कैलेण्डर

क्र. सं.	फसल	फसलों के बोने की तिथि	फसलों की कटाई की तिथि
		रबी की फसलें	
1.	गेहूं	अक्टूबर-नवम्बर	मार्च-अप्रैल
2.	दाल मसूर	अक्टूबर	अप्रैल
3.	सरसों	अक्टूबर-नवम्बर	अप्रैल
		खरीफ़ की फसलें	
4.	धान	मई-जून	अक्टूबर
5.	अरहर दाल	अप्रैल	दिसम्बर
6.	उर्द तथा ग़ैथ दाल	जून	नवम्बर
7.	कोदों	जून	अक्टूबर
8.	झिगोरा	मार्च	अक्टूबर
9.	मक्का	जुलाई	सितम्बर
10.	सोयाबीन	जुलाई	अक्टूबर

क्रापवाट निदर्श का उपयोग कर गणना की गई जिसमें फसल तथा सिंचाई की आवश्यक जल मात्रा क्रमशः 511 मिमी तथा 240 मिमी प्राप्त हुई (तालिका-3)* फसल की आवश्यक जल मात्रा(मिमी) को यदि बोआई क्षेत्रफल से गुणा किया जाये तो फसल उत्पादन हेतु वांछित आवश्यक कुल जल 69 हेक्टेयर-मीटर प्राप्त होता है।

चंद्रभागा जलागम अध्ययन क्षेत्र में कुल जल उपलब्धता (हेक्टेयर-मीटर) तथा विभिन्न फसलों हेतु न्यूनतम क्षेत्रफल की गणना निम्न तालिका 4 में दी गयी है।

तालिका-3 चंद्रभागा जलागम में फसल-जल तथा सिंचाई-जल की आवश्यक मात्रा

क्रम सं.	फसल	फसल बोआई की तिथि	आवश्यक फसल-जल (मिमी)	आवश्यक सिंचाई-जल (मिमी)
1	मसूर	20 अक्टूबर	15.60	11.20
2	गेहूं	30 अक्टूबर	25.25	11.56
3	झिंगोरा	30 मार्च	65.47	34.67
4	अरहर दाल	10 अप्रैल	52.00	30.00
5	धान	10 मई	160.00	112.00
6	मक्का	1 जून	54.34	8.73
7	उड़द (उर्द) तथा गैथ दाल	10 जून	42.15	4.60
8	कोदों	10 जून	51.10	10.23
9	सोयाबीन	10 जुलाई	45.10	16.55
	कुल		**511**	**240**

तालिका 4 : चंद्रभागा जलागम में जल उपलब्धता (हेक्टेयर-मीटर)

क्र.सं.	साधन	रबी (नवम्बर-अप्रैल)	खरीफ (मई-अक्टूबर)	कुल
1.	वर्षा	24.26	77.46	101.72
2.	सरिता-प्रवाह	20.83	60.33	.81.16
	कुल	45.09	137.79	

5. निष्कर्ष :

उपरोक्त अध्ययन में हम देखते हैं कि रबी और खरीफ दोनों प्रकार की फसलों के उपयोग हेतु, सरिता प्रवाह से प्राप्त जल की तुलना में वर्षा से प्राप्त जल की मात्रा अधिक थी। अतः वर्षा आधारित चयनित फसल उत्पादन हेतु तात्कालिक वर्षा और संग्रहीत जल विकल्पों पर संयुक्त रुप से ध्यान देने की आवश्यकता होगी। धान उत्पादन के स्थान पर मसूर, गेहूँ, झिंगोरा, अरहर, मक्का, उड़द (उर्द), कोंदो तथा सोयाबीन आदि कम जल खपत वाली परंपरागत फसलों का उत्पादन अपेक्षतया विवेकपूर्ण होगा। भविष्य की पर्वतीय एकीकृत जलागम विकास हेतु में फसल-चक्र निर्धारण तथा मिश्रित फसल उत्पादन आदि के नियोजन में क्रापवाट निदर्श के उपयोग की अच्छी संभावनाएं हैं।

6. सुझाव :

स्वच्छ जल प्राप्ति आज़ की सबसे बड़ी आवश्यकता बन गई है। अतः इसे कम लागत पर कम से कम इतना सुलभ होना चाहिए, जिससे किसी का घरेलू तथा कृषि कार्य प्रभावित न हो। इस लक्ष्य को प्राप्त करना हम सबके लिए एक चुनौती है। इसे प्राप्त करने के अनेकों उपायों में :

(1) वर्षा जल का संचयन तथा संरक्षण,
(2) भू-जल भंडारण में वृद्धि,
(3) वाष्पीकरण और कटावरोधी परियोजनाओं को तेजी से लागू करना,
(4) बेहतर कृषि प्रक्रियाओं को अपनाकर नुकसान को कम करना,
(5) छिड़काव सिंचाई तथा टपक सिंचाई पद्धतियों को अपनाना, तथा
(6) जलागम क्षेत्रों में फसलों का चुनाव जल-उपलब्धि के दृष्टिगत करना।
(7) छोटी-छोटी सरिताओं में सतत बहते जल के कुछ अंश को चेक डैम निर्मित कर रोकना, आदि संभावित हैं।

7. आभार :

यह कार्य भारत सरकार के विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग द्वारा प्रायोजित परियोजना के एक अभिन्न अंग के रुप में पूर्ण किया गया था। लेखकगण इस कार्य में सहायक सभी व्यक्तियों खासकर श्री प्रदीप जोशी, श्री सुरेन्द्र पंवार, श्री सत्य प्रकाश और श्री राकेश रावत आदि के प्रति अपनी कृतज्ञता प्रकट करते हैं।

संदर्भ

(1) क्रापवाट (1998) क्रापवाट फ़ार विन्डोज़ (संस्करणः 4-2)

(2) दूरेनबो, जे एण्ड प्रुइट, डब्लू ओ (1977) क्राप वाटर रिक्वायरमेंट्स, इरिगेशन एवं ड्रेनेज़ पेपर, 24, अंतरराष्ट्रीय खाद्य एवं कृषि संगठन (एफ़ ए ओ), रोम, इटली, 144 पृष्ठ