ISSN No. 2583-9594

NATIONAL INSTITUTE OF HYDROLOGY
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान
आपो हि ष्ठा मयोभुवः

जल चेतना

खण्ड 15, अंक 1, जनवरी 2026

तकनीकी पत्रिका

हर बूंद का लेखा-जोखा : भारत के जल संसाधन गणना की कहानी (आमुख कथा)

- सुदूर संवेदन द्वारा मृदा आर्द्रता आंकलन की तकनीकों का विश्लेषण
- सिंधु नदी का जलविज्ञानीय विश्लेषण
- एकीकृत संचयन प्रबंधनः भारत की सतत जल सुरक्षा की आधारशिला
- जल समाचार








wintex




NATIONAL INSTITUTE OF HYDROLOGY
आपो हि ष्ठा मयोभुवः


सरकारी कामकाज में
राजभाषा हिंदी
का
प्रगामी प्रयोग


राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की
हिंदी पखवाड़ा – 2025
के अंतर्गत
काव्य पाठ प्रतियोगिता
दिनांक –22.09.2025


राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की
हिंदी पखवाड़ा – 2025


राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की
हिंदी पखवाड़ा - 2025
राजभाषा प्रश्नोत्तरी प्रतियोगिता (क्विज)


हिंदी पखवाड़ा - 2025
(14 से 29 सितम्बर 2025)

विषय सूची

जल चेतना
खण्ड 15, अंक 1, जनवरी 2026
मूल्य : निशुल्क

संरक्षक की कलम से 3
विशेष अनुरोध 4
सम्पादकीय 5
हर बूंद का लेखा-जोखाः भारत के जल संसाधन गणना की कहानी 6
• डॉ. दीपक सिंह बिष्ट एवं डॉ. सोबन सिंह रावत
सुदूर संवेदन द्वारा मृदा आर्द्रता आंकलन की तकनीकों का विश्लेषण 11
• डॉ. मनीष कुमार नेमा
सिंधु नदी का जलविज्ञानीय विश्लेषण 16
• पी.के. अग्रवाल
मानसून 23
• डॉ. दीपक हरि रानडे
जहरीली होती वायुः कारण और निवारण 24
• सुमित गुप्ता
एकीकृत संचयन प्रबंधनः भारत की सतत जल सुरक्षा की आधारशिला 31
• डॉ. प्रविण रंगराव पाटील
जल स्रोत 38
• गुंजन अग्रवाल
जल संकट से जूझता मानव 39
• गौरीशंकर वैश्व विनम्र
पर्वतीय प्राकृतिक जल स्रोतों का आधारभूत जलविज्ञान 43
• महेन्द्र सिंह, सना रफी, आशुतोष
शहरी परिप्रेक्ष्य में जल की बढ़ती समस्या एवं वैकल्पिक समाधान 47
• पंकज कुमार ठाकुर, भूपेंद्र जोशी एवं नीलम बुनकर
पानी पर दोहे 52
• रमेश मनोहरा
घड़ा सिंचाईः जल प्रबन्धन और संरक्षण 53
• डॉ. भूपेन्द्र सिंह नायक, डॉ. बी.के. राव, डॉ. दुप्दल एवं डॉ. एम. प्रभावती
जल संबंधी आपदाएं एवं बांधों के जीर्णोद्धार की आवश्यकता 55
• कार्तिकेयन मारियप्पन एवं मौर्य सुरेश शिवपाल
बढ़ते लोग घटता पानी 58
• दिलीप कुमार
भारत की नदियों की महत्ता 60
• डॉ. प्रदीप अग्रवाल
जल समाचार 61
• पी.के. अग्रवाल













राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान

(जल संसाधन, नदी विकास और गंगा संरक्षण विभाग, जल शक्ति मंत्रालय, भारत सरकार)

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान की स्थापना जलविज्ञान तथा जल संसाधन विकास के क्षेत्र में आधारभूत, अनुप्रयुक्त एवं सामरिक अनुसंधान को संचालित करने के उद्देश्य से जल संसाधन मंत्रालय के अधीन एक स्वायत्तशासी संगठन के रूप में वर्ष 1978 में की गई थी। यह संस्थान उत्तराखण्ड राज्य के हरिद्वार जनपद के अंतर्गत रूड़की शहर में स्थित है।



अभिदृष्टि (विजन)

भारतवर्ष में जल क्षेत्र में दीर्घकालिक विकास तथा आत्मनिर्भरता सुनिश्चित करने के लिए प्रभावी अनुसंधान एवं विकास उपायों के माध्यम से जलविज्ञानीय शोध को नेतृत्व प्रदान करना।

मिशन

- जलविज्ञानीय अध्ययनों के लिए मितव्ययी तकनीकों, प्रणालियों, सॉफ्टवेयर पैकेज, क्षेत्रीय मापयंत्रण आदि का विकास।
- निदर्शन तकनीकों के माध्यम से परिवर्तनशील जल–भूविज्ञानीय मौसम, सामाजिक–सांस्कृतिक परिस्थितियों के अंतर्गत जल संसाधन उपलब्धता के परिदृश्यों का अध्ययन।
- जल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन के प्रभावों का आंकलन करना तथा न्यूनीकरण और अनुकूलन के लिए उपाय सुझाना।
- जल संसाधन विकास तथा प्रबंधन के लिए भावी प्रौद्योगिकियों के अनुप्रयोग का प्रचार करना।
- आवश्यकता–आधारित जल संबंधी समस्याओं के लिए मितव्ययी अनुसंधान एवं विकास उपाय प्रदान करना।
- विभिन्न भागीदारों को विश्वसनीय परामर्श देना।
- क्षमता विकास तथा जल संसाधन विकास एवं संरक्षण के प्रति जागरूक बनाकर समुदायों को समर्थ बनाना।

अनुसंधान के मुख्य विषय

- भूजल निदर्शन एवं प्रबन्धन।
- जल संसाधन नियोजन एवं प्रबन्धन।
- बाढ़ एवं सूखा भविष्यवाणी तथा प्रबंधन।
- हिम तथा हिमनद गलित प्रवाह आंकलन।
- अमापित बेसिनों में निस्सरण की भविष्यवाणी।
- विशिष्ट क्षेत्रों में जल गुणवत्ता निर्धारण।
- शुष्क, अर्ध–शुष्क तटीय तथा डेल्टाई क्षेत्रों का जलविज्ञान।
- जलाशय/झील अवसादन।
- जल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव।
- जलविज्ञानीय समस्याओं के समाधान हेतु आधुनिक प्रौद्योगिकी का अनुप्रयोग।

अधिक जानकारी के लिए सम्पर्क करें :–

डॉ. वाई. आर. सत्याजी राव, निदेशक

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, जलविज्ञान भवन,
रूड़की – 247 667 (उत्तराखंड)
ई–मेल – yrsrao.nihr@gov.in
दूरभाष : +91 – 1332 – 272106,
फैक्स + 91 – 1332 – 272123
website : www.nihroorkee.gov.in



अनुसंधान एवं विकास कार्य

- छोटे जलग्रहण क्षेत्रों के लिए क्षेत्रीय बाढ़ सूत्र।
- बड़े बाँधों के लिए बाँध भंग बाढ़ विश्लेषण।
- हिमालयी क्षेत्र में अमापित बेसिनों से जल लब्धि।
- सुदूर संवेदन तथा भौगोलिक सूचना तंत्र प्रयोग द्वारा बड़े जलाशयों का अवसादन विश्लेषण।
- बहुउद्देश्यीय तथा बहु–जलाशय तंत्रों का प्रचालन।
- लघु जल विभाजकों से जल उपलब्धता तथा मृदा क्षरण
- महानगरीय शहरों का जलगुणवत्ता विश्लेषण।
- भारतीय मानक ब्यूरो के लिए मानकों का विकास।
- जलविज्ञानीय विश्लेषण के लिए पद्धति।
- हिमालयी हिमनदों का जलविज्ञानीय विश्लेषण।
- नदियों के अन्तर्योजन का जलविज्ञानीय अध्ययन।
- सूखा प्रबन्धन तथा शमन अध्ययन।
- समस्थानिकीय तकनीकों के प्रयोग से झीलों में अवसादन दर का निर्धारण।
- भूजल पुनःपूरण एवं सिंचाई प्रतिगमन प्रवाह।
- रेडियल कलक्टर कूपों का अभिकल्पन।
- जलविज्ञानीय उपकरणों का विकास।
- समुद्र–जल के अवांछित प्रवेश का निर्धारण।

जलविज्ञान तथा जल संसाधन के क्षेत्र में अनुसंधान एवं विकास कार्यों के लिए प्रतिबद्ध

संरक्षक की कलम से ...



प्रिय पाठकों

जैसा कि हम सभी जानते हैं कि जल पृथ्वी पर जीवन का आधार है। मनुष्य, पशु-पक्षी, वनस्पति और संपूर्ण पर्यावरण जल पर ही निर्भर है। कृषि, उद्योग, ऊर्जा उत्पादन, तथा पर्यावरण संतुलन जैसे सभी महत्वपूर्ण कार्यो के लिए जल एक अपरिहार्य तत्व है। अतः जल के इन्हीं सब गुणों के कारण हमारे वेदों शास्त्रों और उपनिषदों में जल को अमृत की संज्ञा दी गई है। जल पृथ्वी पर प्रकृति प्रदत्त एक ऐसी बहुमूल्य संपदा है जिसके बिना हम जीवन की कल्पना भी नहीं कर सकते हैं। भारतीय संस्कृति में जल को देवता माना गया है और विभिन्न अवसरों पर इसकी विधिवत पूजा अर्चना भी की जाती है। प्राचीन काल से ही जल के संरक्षण के लिए प्रयास किए जाते रहे हैं। भारत सरकार भी जल संरक्षण और हर घर जल के अपने अभियान पर विशेष जोर दे रही है। इस प्रयोजन हेतु कई सरकारी योजनाएं चलाई जा रही हैं और इनके सकारात्मक परिणाम सामने आ रहे हैं।

उल्लेखनीय है कि हमारे देश में कृषि क्षेत्र में जल का सबसे अधिक प्रयोग होता है। इतने बड़े देश की घरेलू, कृषि, औद्योगिक एवं अन्य मांगों को पूर्ण करने के लिए आज के समय में जल संसाधनों का अंधाधुंध दोहन हो रहा है। भारत ही नहीं अपितु विश्व के कई देश अत्यधिक जनसंख्या, शहरीकरण एवं औद्योगीकरण के चलते गंभीर जल संकट का सामना कर रहे हैं। यद्यपि हमारे देश में जल प्रचुर मात्रा में उपलब्ध है तथापि इसके समुचित संरक्षण, संचयन एवं प्रबंधन के अभाव में आज हमारे देश के कई क्षेत्रों को जल संकट का सामना करना पड़ रहा है। भूजल स्तर का निरंतर गिरना भविष्य के लिए चिंता का विषय है। आम जनता को विश्व व्यापी जल संकट के बारे में जानकारी देने के लिए हर वर्ष 22 मार्च को विश्व जल दिवस मनाया जाता है इसके अंतर्गत जल से जुड़े विभिन्न पहलुओं से जनमानस को जागरूक किया जाता है और जल की बचत एवं उसके समुचित उपयोग के लिए उन्हें प्रेरित भी किया जाता है।

आज पूरा विश्व भिन्न-भिन्न प्रकार की प्राकृतिक आपदाओं के साथ-साथ जल जैसे सर्वसुलभ और सर्व-सहज माने जाने वाले प्राकृतिक तत्व के संरक्षण की चुनौतियों का भी सामना कर रहा है। जल संसाधनों की उपलब्धता निरंतर घटती जा रही है और जो जल उपलब्ध है उसकी भी गुणवत्ता प्रदूषण के चलते खराब हो रही है। जल गुणवत्ता और संरक्षण का महत्व दिन-प्रतिदिन बढ़ता जा रहा है, और यदि हम इसे गंभीरता से नहीं लेंगे तो आने वाली पीढ़ियों के लिए यह एक चुनौती बन सकती है।

हमारे देश के जल संसाधन पेयजल, कृषि, उद्योग, पशुपालन, मत्स्य पालन और पर्यावरण की आवश्यकताओं को पूर्ण करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। वैज्ञानिकों, अभियंताओं और योजनाकारों के लगातार प्रयासों से जल संसाधनों के उपयोग में काफी सुधार हुआ है, फिर भी जल प्रदूषण एवं जल गुणवत्ता से जुड़ी समस्याओं पर ध्यान देने की आवश्यकता है। वर्षा जल को सुरक्षित रूप से संचित कर भूजल स्रोतों को मजबूत करना हमारी प्राथमिकता होनी चाहिए। वर्षा जल का संरक्षण और भूजल पुनर्भरण हमारी प्रमुख प्राथमिकताओं में होना चाहिए। प्रस्तुत पत्रिका का उद्देश्य तकनीकी शोध संबंधी नई जानकारी को सरल भाषा में आमजन तक पहुंचाकर उन्हें जल के महत्व व उसके संरक्षण के बारे में जागरूक करना है।

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान राजभाषा हिंदी के प्रयोग को बढ़ावा देने के लिए विभिन्न गतिविधियाँ आयोजित करता रहता है। हिंदी पत्रिकाओं का प्रकाशन भी इन्हीं गतिविधियों का एक हिस्सा है। हमारा प्रयास रहता है कि प्रशासनिक कार्यों के साथ-साथ तकनीकी एवं वैज्ञानिक कार्यों में भी हिंदी का अधिकाधिक प्रयोग हो।

मैं, पत्रिका के लिए उपयोगी और ज्ञानवर्धक लेख भेजकर सहयोग देने वाले सभी प्रबुद्ध लेखकों, समीक्षकों, तथा संपादन मंडल एवं सहयोगियों का हार्दिक आभार व्यक्त करता हूं तथा पत्रिका की निरंतर प्रगति और सफलता की मंगल कामना करता हूं।

सत्याजीराव

(डॉ. वाई. आर. सत्याजी राव)

विशेष अनुरोध

प्रिय सुधी पाठकों,



भारतवर्ष में जल केवल एक प्राकृतिक तत्व नहीं, बल्कि हमारी सभ्यता का जीवन-स्रोत है। सिंधु, गंगा, यमुना, नर्मदा, गोदावरी, कावेरी और ब्रह्मपुत्र जैसी नदियाँ न केवल प्राकृतिक संसाधन हैं, बल्कि भारतीय संस्कृति, अर्थव्यवस्था और जीवन-पद्धति की आत्मा भी हैं। इसलिए भारतीय परम्परा में जल को देवतुल्य मानते हुए उसके प्रति कृतज्ञता व्यक्त करने की समृद्ध संस्कृति रही है। वैज्ञानिक दृष्टि से भी जल पृथ्वी के ऊष्मा-संतुलन, वर्षा चक्र, भूजल पुनर्भरण और जलवायु नियंत्रण में केंद्रीय भूमिका निभाता है। अतः भारत जैसे विविध भौगोलिक और सामाजिक संरचना वाले देश में जल का प्रबंधन केवल संसाधन संरक्षण का विषय नहीं, बल्कि विकास, स्वास्थ्य और सुरक्षा का आधार है।

विगत दो-तीन दशकों में यह स्पष्ट रूप से देखा गया है कि जलवायु परिवर्तन तथा तीव्र गति से बढ़ती जनसंख्या ने प्राकृतिक संसाधनों पर अत्यधिक दबाव डाला है। इसके परिणामस्वरूप केवल भारत ही नहीं, बल्कि सम्पूर्ण विश्व आज जल संकट की गंभीर चुनौती का सामना कर रहा है। इस तेजी से गहराते संकट से निपटने तथा इसके स्थायी और प्रभावी समाधान हेतु आम जनमानस में जल के विवेकपूर्ण उपयोग के प्रति जागरूकता फैलाना अत्यंत आवश्यक है। साथ ही, जल संरक्षण से जुड़े इस प्रयास को जन आंदोलन का स्वरूप देना होगा, ताकि इस संकट का सटीक, दीर्घकालिक और व्यावहारिक समाधान सुनिश्चित किया जा सके। जल से संबंधित विभिन्न समस्याओं तथा उनके संभावित समाधानों को जन-जन तक पहुँचाने की उद्देश्यपूर्ण भावना के साथ हमारे संस्थान द्वारा वर्ष 2011 से इस तकनीकी पत्रिका का प्रकाशन प्रारम्भ किया गया था। तब से यह पत्रिका निरंतर छमाही आधार पर नियमित रूप से प्रकाशित की जा रही है।

जब से हमारे संस्थान ने अपनी इस तकनीकी पत्रिका का प्रकाशन प्रारम्भ किया है, तब से इसकी लोकप्रियता निरंतर बढ़ती जा रही है। इसका प्रत्यक्ष उदाहरण यह है कि इस पत्रिका को राजभाषा विभाग द्वारा वर्ष 2016 में 'कीर्ति पुरस्कार' से तत्कालीन माननीय राष्ट्रपति महोदय द्वारा सम्मानित किया जा चुका है। हमारे हजारों पाठकों से प्राप्त सकारात्मक सुझावों एवं प्रतिक्रियाओं के कारण ही राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान अपनी इस तकनीकी पत्रिका का नियमित रूप से प्रकाशन करता आ रहा है। आज यह बताते हुए मुझे अत्यंत हर्ष हो रहा है कि जनवरी 2026 का अंक भी समय पर अपने सुधी पाठकों को उपलब्ध कराया जा रहा है।

हम आपसे विशेष आग्रह करते हैं कि जल, पर्यावरण, कृषि, प्राकृतिक जल संसाधनों के प्रबंधन आदि विषयों से संबंधित तकनीकी ज्ञान एवं उपलब्धियों को केन्द्र बिंदु बनाते हुए अपने लेख भेजने का कष्ट करें। हम उन सभी लेखकों के आभारी होंगे जो अपने लेख निर्धारित शब्द सीमा में तथा एम.एस. वर्ड में टाइप करके हमें भेजने का कष्ट करेंगे। इससे हमें लेख की शीघ्र समीक्षा करने में सुविधा होती है। ध्यान रहे कि लेख तथ्यों पर आधारित, सचित्र तथा संक्षिप्त होना चाहिए। संदर्भ और आरेखों की जिम्मेदारी स्वयं लेखक की होगी।

हमारा यह भी अनुरोध है कि किसी भी सूचना को लिखने का कार्य प्रारम्भ करने से पूर्व यह सुनिश्चित कर लें कि वह आपकी मौलिक रचना है और सरल भाषा में तथ्यों के आधार पर लिखी गई है। किसी भी केस स्टडी पर लेख लिखते समय यह आवश्यक है कि उस स्थान के संबंध में फोटो एवं संदर्भ सहित जानकारी उपलब्ध कराई जाए। पत्रिका में प्रकाशित लेखों के प्रबुद्ध लेखकों को राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान द्वारा निर्धारित दरों के अनुसार मानदेय का भुगतान किए जाने का भी प्रावधान है।

लेख भेजते समय अपना संपर्क सूत्र, ईमेल एड्रेस एवं फोन नं. आदि अवश्य भेजें। कृपया रचना भेजते समय यह भी सुनिश्चित कर लें कि विस्तृत लेख की सामग्री कम से कम पाँच पेज (टाइप की हुई) की अवश्य हो एवं चार-पाँच कविताओं (कम से कम दो पेज) को मिलाकर भी एक रचना के रूप में भेजा जा सकता है। साथ ही अपने लेख से संबंधित कम से कम 5 फोटोग्राफ (हाई रिजोल्यूशन, जे.पी.ई.जी. फॉर्मेट) उसके अनुशीर्षक (कैप्शन) सहित ई-मेल : jalchetna44@gmail.com पर भेजने का कष्ट करें।

सभी लेखकों से विनम्र अनुरोध है कि वे अपने बैंक एकाउंट की जानकारी निम्नानुसार देने का कष्ट करें ताकि मानदेय राशि को सीधे लेखक के एकाउंट में भेजा जा सके।

बैंक एकाउंट विवरण
बैंक का नाम एवं शाखा –
खाता संख्या –
IFSC कोड –
बैंक पासबुक के प्रथम पृष्ठ की फोटो कॉपी –
पैन (PAN) नं.

डॉ. सोबन सिंह रावत,
सम्पादक, जल चेतना
वैज्ञानिक एवं राजभाषा प्रभारी
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान,
रूड़की-247667, जिला-हरिद्वार
(उत्तराखण्ड)
Email : jalchetna44@gmail.com
दूरभाष : 01332-249227

जनवरी 2026

संरक्षक
डॉ. वाई.आर. सत्याजी राव

मुख्य संपादक
डॉ. सुहास खोब्रागडे

परामर्शदाता
डॉ. सुरजीत सिंह
डॉ. मुकेश कुमार शर्मा
डॉ. मनीष कुमार नेमा
डॉ. प्रदीप कुमार

संपादक
डॉ. सोबन सिंह रावत

उप संपादक
डॉ. दीपक सिंह बिष्ट

सह संपादक
पवन कुमार

प्रकाशक
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान,
जलविज्ञान भवन,
रूड़की-247667
उत्तराखंड

मुद्रक
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान,
रूड़की

संपादकीय

तकनीकी पत्रिका ''जल चेतना'' का नवीन अंक अपने प्रबुद्ध पाठकों को सौंपते हुए हमें अत्यन्त प्रसन्नता हो रही है। विगत की तरह इस अंक में भी वैज्ञानिक तथा तकनीकी विषयों से जुड़ी विभिन्न जानकारियों को सरल, सुबोध एवं प्रचलित भाषा में प्रस्तुत करने का प्रयास किया गया है ताकि हर वर्ग का पाठक जल संबंधी शोध एवं विकास कार्यों की नई-नई जानकारियों का लाभ उठा सके। हमें विश्वास है कि यह अंक भी हमारे पाठकों को रोचक, ज्ञानवर्धक एवं उपयोगी लगेगा। सुधी पाठकों की सकारात्मक प्रतिक्रिया और प्रबुद्ध लेखकों के सहयोग से ''जल चेतना'' पत्रिका के प्रकाशन का यह क्रम वर्ष 2011 से निरन्तर जारी है।

प्रस्तुत अंक में हर बूंद का लेखा-जोखा : भारत के जल संसाधन गणना की कहानी, सुदूर संवेदन द्वारा मृदा आर्द्रता आंकलन की तकनीकों का विश्लेषण, सिंधु नदी का जलविज्ञानीय विश्लेषण, शहरी परिप्रेक्ष्य में जल की बढ़ती समस्या एवं वैकल्पिक समाधान, घड़ा सिंचाई : जल प्रबन्धन और संरक्षण इत्यादि रोचक, महत्वपूर्ण एवं उपयोगी तकनीकी लेखों को शामिल किया गया है। जल से जुड़े तकनीकी लेखों के अतिरिक्त कुछ अन्य रोचक विषयों जैसे बढ़ते लोग घटता पानी, जल समाचार, मानसून, जल स्रोत आदि विषयों पर लिखे गए लेखों एवं कविताओं को भी पत्रिका में सम्मिलित किया गया है।

जल समस्त प्राणियों के लिए अपरिहार्य तथा प्रकृति प्रदत्त एक अनमोल द्रव है जिसका अन्य कोई विकल्प नहीं है। आज जल संरक्षण को लेकर समूचा विश्व चिंतित है। यद्यपि प्रकृति ने हमें पर्याप्त मात्रा में जल सुलभ कराया है तथापि आज पूरे विश्व में जल का संकट गहराता जा रहा है। इसके लिए कई कारक उत्तरदायी हैं लेकिन जल का समुचित प्रबंधन न करना सबसे महत्वपूर्ण कारक है। जल से जुड़ी समस्याओं के समाधान के लिए यह आवश्यक है कि जनमानस को जल के विभिन्न पहलुओं की पर्याप्त जानकारी हो। आज जल के अनियंत्रित दोहन के कारण स्वच्छ जल की कुल उपलब्धता धीरे-धीरे घटी है। इसका एक अन्य प्रमुख कारण जल प्रदूषण भी है। आज शहरी क्षेत्रों में जनसंख्या वृद्धि के कारण जल की मांग में अप्रत्याशित वृद्धि हुई है। अतः इस पत्रिका के प्रकाशन का मुख्य उद्देश्य जल से संबंधित महत्वपूर्ण एवं उपयोगी जानकारियों को सामान्य जनमानस तक उनकी बोलचाल की भाषा के माध्यम से पहुंचाना है। जन जागरूकता अभियान तथा प्रचार-प्रसार की दृष्टि से यह पत्रिका निःशुल्क वितरित की जाती है।

संपादक मंडल उन समस्त विद्वत लेखकों का हृदय से आभार व्यक्त करता है जिन्होंने इस पत्रिका के लिए अपने रोचक एवं उपयोगी लेख देकर हमारा उत्साहवर्धन किया है। जल चेतना के इस अंक में जिन स्रोतों से चित्रों का संकलन किया गया है, संपादक मंडल उनका भी हार्दिक आभार व्यक्त करता है।

हमें विश्वास है कि यह पत्रिका पाठकों को अत्यन्त रोचक तथा उपयोगी लगेगी। पत्रिका के आगामी अंकों को और बेहतर बनाने तथा सामग्री व साज-सज्जा में अपेक्षित सुधार लाने के लिए समस्त सुधी पाठकों से उनके महत्वपूर्ण सुझाव आमंत्रित हैं।

जल चेतना

मूल्य : निःशुल्क
शिकायत: 01332-249267, 249227
ई–मेल : jalchetna44@gmail.com

सम्पादकीय : 01332-249220, 249227,
फैक्स : 01332-272123
ई–मेल : jalchetna44@gmail.com
वेब साइट : www.nihroorkee.gov.in

© राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान
पत्रिका में प्रकाशित आलेख एवं रचनाओं में प्रस्तुत तथ्य लेखकों के अपने विचार हैं, संपादक मंडल का उनसे सहमत होना आवश्यक नहीं है।
पत्रिका से सम्बन्धित सभी विवाद रूड़की न्यायालय द्वारा ही निपटाए जायेंगे।



डॉ. दीपक सिंह बिष्ट एवं डॉ. सोबन सिंह रावत

हर बूंद का लेखा-जोखा : भारत के जल संसाधन गणना की कहानी

राष्ट्रीय स्तर पर जल संसाधनों की व्यवस्थित गणना इन चुनौतियों के समाधान हेतु एक महत्वपूर्ण आधार प्रदान करती है। यह प्रक्रिया जल की उपलब्धता, उपयोग, हानि, पुनर्भरण तथा क्षेत्रीय मांग के मध्य संतुलन का वस्तुनिष्ठ एवं वैज्ञानिक मूल्यांकन संभव बनाती है। इसके माध्यम से जल बजट का निर्माण, आपूर्ति तंत्र में विद्यमान अक्षमताओं की पहचान तथा भविष्य की आवश्यकताओं के अनुरूप संरक्षण एवं प्रबंधन रणनीतियों का विकास किया जा सकता है।

भारत जैसे जलवायु-विविधता और उच्च जनसंख्या-घनत्व वाले देश में जल संसाधनों का वैज्ञानिक एवं व्यवस्थित आंकलन प्रभावी जल प्रबंधन की आधारशिला है। जल उपलब्धता, जलापूर्ति, स्थानिक एवं कालिक परिवर्तनशीलता तथा उपयोग पद्धति के संबंध में सटीक एवं अद्यतन जानकारी के अभाव में जल संसाधन प्रबंधन प्रायः अनुमान-आधारित रह जाता है, जिसके परिणामस्वरूप आपूर्ति-असंतुलन, अव्यवस्थित वितरण तथा दीर्घकालिक जल सुरक्षा पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है।

राष्ट्रीय स्तर पर जल संसाधनों की व्यवस्थित गणना इन चुनौतियों के समाधान हेतु एक महत्वपूर्ण आधार प्रदान करती है। यह प्रक्रिया जल की उपलब्धता, उपयोग, हानि, पुनर्भरण तथा क्षेत्रीय मांग के मध्य संतुलन का वस्तुनिष्ठ एवं वैज्ञानिक मूल्यांकन संभव बनाती है। इसके माध्यम से जल बजट के निर्माण, आपूर्ति तंत्र में विद्यमान अक्षमताओं की पहचान तथा भविष्य की आवश्यकताओं के अनुरूप संरक्षण एवं प्रबंधन रणनीतियों का विकास किया जा सकता है।

सटीक एवं विश्वसनीय जल आंकड़े किसी भी प्रभावी जल प्रबंधन प्रणाली की अनिवार्य आधारशिला है। अतः जल गणना केवल एक तकनीकी अभ्यास मात्र नहीं है, वरन् जल सुरक्षा सुनिश्चित करने, साक्ष्य-आधारित नीति-निर्माण तथा सतत विकास लक्ष्यों की प्राप्ति हेतु एक आवश्यक पूर्वापेक्षा है।

1. भारत में जल चुनौती

भारत एक विकासशील देश है, लेकिन देश में जल को लेकर एक गंभीर असंतुलन व्याप्त है। विश्व की लगभग 18% जनसंख्या हमारे देश में निवास करती है, परंतु विश्व के कुल स्वच्छ जल संसाधनों का मात्र 4% ही हमारे देश में उपलब्ध है। इस चुनौती को और भी अधिक जटिल बनाने वाले कुछ महत्वपूर्ण कारक निम्न हैं:-

मानसून की अनिश्चितता-भारत की कृषि और घरेलू जल आपूर्ति मुख्यतः वर्षा पर निर्भर है। लेकिन मानसून ऋतु में होने वाली वर्षा अधिकाशतः अनिश्चित और अनियमित होती है। कभी-कभी वर्षा इतनी न्यूनतम होती है, जिससे सूखे की स्थिति पैदा हो जाती है। इसके विपरीत कभी-कभी यह इतनी अधिक होती है कि जनमानस को विनाशकारी बाढ़ का सामना करना पड़ता है।

जलवायु परिवर्तन- वैश्विक जलवायु परिवर्तन, जल उपलब्धता की इस अनिश्चितता में और अधिक वृद्धि कर रहा है। ग्रीष्म ऋतु में तापमान में वृद्धि के कारण जल के वाष्पीकरण में वृद्धि हो रही है जिसके परिणामस्वरूप देश में बाढ़ और सूखे की घटनाओं की आवृत्ति पहले से अधिक है।

बढ़ती जल की मांग- जैसे-जैसे हमारी जनसंख्या और अर्थव्यवस्था में वृद्धि रही है, घरेलू उपयोगों, कृषि, विद्युत उत्पादन आदि के लिए जल की मांग तीव्रता से बढ़ रही है। इन सभी चुनौतियों का सामना करने के लिए, केवल अनुमान लगाना पर्याप्त नहीं है वरन् हमें जल की उपलब्धता के संबंध में निश्चित जानकारी की आवश्यकता है। जल के श्रेष्ठ प्रबंधन के लिए हमें निश्चित जानकारी होनी चाहिए कि हमारा जल कहाँ है, कितना है, और किस स्थिति में है?

इस विशाल चुनौती का सामना करने के लिए भारत सरकार ने जल संसाधनों की गणना के लिए एक महत्वाकांक्षी योजना प्रारंभ की है। अनुमान से आंकड़ा-समर्थित निश्चितता की ओर बढ़ने की यह योजना बहुत सरल परंतु सुदृढ़ है। इसका लक्ष्य देश के प्रत्येक जल स्रोत जैसेः कुंआ, तालाब, जलाशय, पर्वतीय जल स्रोत (स्प्रिंग) आदि की गणना करने तथा उसका एक सटीक अंकीय मानचित्र तैयार करना है। यह योजना सिर्फ जल संसाधनों की गणना करने के संबंध में नहीं है। वरन् इस योजना का उद्देश्य विश्लेषण द्वारा समग्र जानकारी एकत्र कर उसकी सहायता से भविष्य के लिए योजना तैयार करना भी है।

2. जल संसाधनों की गणनाः भारत का प्रमुख जल-लेखा मिशन

भारत वर्ष द्वारा अपने जल संसाधनों की गणना के प्रयास पूर्व में भी किये गये हैं परन्तु इसके अध्ययन क्षेत्र में विगत कुछ वर्षों में नाटकीय रूप से वृद्धि हुई है। यह एक सामान्य कृषि सर्वेक्षण से विकसित होकर एक व्यापक राष्ट्रीय जल सूची में परिवर्तित हो गया है।

सिंचाई से राष्ट्रीय सूची तक की इस विकास यात्रा के विभिन्न चरण

इस योजना का आरम्भ दशकों पहले हुआ था जिसका मुख्य उद्देश्य कृषि और सिंचाई था। वर्षवार इस योजना की प्रगति के विभिन्न चरणों को निम्न खण्डों में उल्लेखित किया गया है।

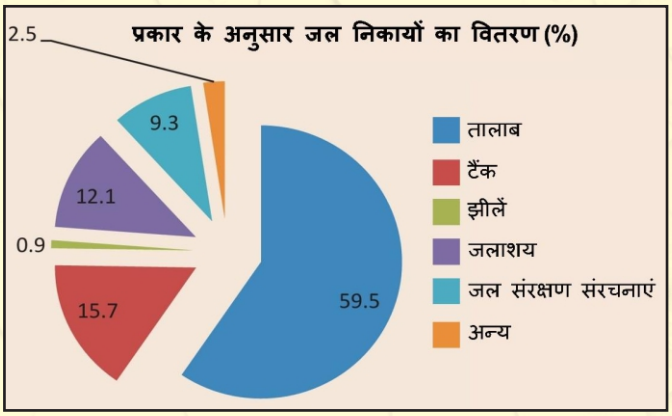
वर्ष 1986-87 में भारत ने अपनी पहली लघु सिंचाई गणना का प्रारंभ किया। इसका मुख्य उद्देश्य छोटे पैमाने की सिंचाई योजनाओं जैसेः किसानों द्वारा उपयोग किए जाने वाले कुओं, नलकूपों और पंप सेटों का रिकॉर्ड तैयार करना था। ये योजनाएँ भारत में कृषि की रीढ़ मानी जाती थीं, परंतु वे अस्त-व्यस्त और वृहत्त पैमाने पर निजी स्वामित्व वाली थीं, जिससे उनका कोई केंद्रीय लेखा उपलब्ध नहीं था। इस मिशन का उद्देश्य देश में उपलब्ध दो करोड़ से अधिक लघु सिंचाई संरचनाओं की गणना करना था।

इस योजना की समाप्ति के पश्चात वर्ष 1993-94, 2000-01, 2005-06, 2013-14 एवं 2017-18 में क्रमशः दूसरी, तीसरी, चौथी, पांचवी, एवं छठी योजना द्वारा जल संसाधनों की गणना का कार्य प्रगतिशील रहा।

वर्ष 2017-18 में हुई छठी गणना इस क्षेत्र में महत्वपूर्ण सिद्ध हुई, क्योंकि यहीं से मिशन के क्षेत्र में वृद्धि प्रारम्भ हुई। प्रारम्भिक दशकों में, ध्यान स्पष्ट रूप उन सभी लघु सिंचाई प्रणालियों पर दिया गया जिनका कृषि योग्य सिंचित क्षेत्र 2,000 हेक्टेयर तक हो।

योजना का विस्तार-हर बूंद की गणना

जल संसाधनों की छठी गणना के साथ, सरकार ने यह महसूस किया कि केवल सिंचाई योजनाओं की गणना ही पर्याप्त नहीं है वरन् एक संपूर्ण जल सुरक्षा योजना के लिए, देश के प्रत्येक जल स्रोत की जानकारी आवश्यक थी।



पहली जल निकाय गणना के अंतर्गत देश भर में गणना किए गए जल निकायों का वितरण

इसने जल निकायों की गणना के एक वृहत्त विस्तार को जन्म दिया।

जल निकायों की गणना प्रथम अध्ययन : 6वीं लघु सिंचाई गणना के साथ समन्वय में, भारत ने अपनी पहली जल निकाय गणना वर्ष 2018-19 में प्रारम्भ की। यह एक ऐतिहासिक कदम था। इसका उद्देश्य देश के प्रत्येक तालाब, झील, टैंक और जलाशय की गणना करना था चाहे वे सिंचाई के लिए उपयोग किए जाते हों या नहीं। इस योजना के कार्यान्वयन से आश्चर्यजनक परिणाम प्राप्त हुए। देश भर में लगभग 24.24 लाख जल निकायों की पहचान और गणना की गई। सबसे महत्वपूर्ण बात यह है कि इस गणना ने पहली बार अतिक्रमण का प्रलेखन किया। इसने उन जल निकायों की पहचान की जिन पर अवैध रूप से निर्माण या कब्जा कर लिया गया था, तथा जो उनके अस्तित्व के लिए एक गंभीर खतरा था।

7वीं जलगणना-नवीनतम योजनाः वर्ष 2023-24 में प्रारम्भ की गई वर्तमान जल गणना अब तक की एक संपूर्ण एवं सबसे व्यापक और महत्वाकांक्षी योजना है। इसने 'जल संसाधन गणना' के विचार को पूर्णतः साकार किया है। इस गणना चक्र में चार प्रमुख घटक हैं, जो भारत के जल परिदृश्य का 360 डिग्री परिदृश्य प्रदान करते हैंः-

(अ) 7वीं लघु सिंचाई गणनाः विगत गणनाओं की निरंतरता, दो करोड़ से अधिक कुओं, पंपों और अन्य संरचनाओं की गणना करना।

(आ) द्वितीय जल निकाय गणनाः पहली जल निकाय गणना के आंकड़ों को अद्यतन करना और समय के साथ परिवर्तनों को संशोधित करना।

(इ) पर्वतीय जल स्त्रोतों (स्प्रिंग) की प्रथम गणनाः यह एक अभूतपूर्व पहल

सारणी 1: छठी लघु सिंचाई गणना के पश्चात योजनाओं की राज्यवार संख्या

श्रेणी	कुआँ	उथला नलकूप	मध्यम नलकूप	गहरा नलकूप	सतही प्रवाह	सतही लिफ्ट
अंडमान और निकोबार द्वीप समूह	2,429	40	0	0	68	3,429
आंध्र प्रदेश	1,71,301	1,98,162	2,37,713	5,25,593	47,590	10,605
अरुणाचल प्रदेश	25	18	2	5	3,374	2
असम	38	1,51,095	369	674	2,083	7,570
बिहार	15,926	1,83,878	4,55,650	35,777	4,545	4,859
चंडीगढ़	0	0	0	30	0	0
छत्तीसगढ़	31,414	27,875	1,56,944	1,17,354	4,245	12,090
गोवा	3,932	71	21	7	1,030	1,072
गुजरात	3,82,286	3,03,245	3,90,256	2,79,040	24,117	17,141
हरियाणा	1,005	20,892	49,495	1,48,073	98	637
हिमाचल प्रदेश	431	5,255	3,600	1,405	21,689	297
जम्मू और कश्मीर	4,725	4,766	318	661	2,541	101
झारखंड	1,60,077	1,611	1,209	520	71,961	17,285
कर्नाटक	1,34,603	1,15,123	6,96,702	3,30,824	75,073	52,890
केरल	52,135	3,146	5,301	1,871	8,269	21,852
मध्य प्रदेश	13,36,682	4,19,460	2,43,781	2,32,720	19,557	33,093
महाराष्ट्र	27,49,088	1,31,100	1,74,194	1,79,583	99,621	2,39,278
मणिपुर	0	0	0	0	774	197
मेघालय	149	803	0	5	4,493	3
मिज़ोरम	34	4	23	0	2,419	0
नागालैंड	12	10	3	10	19,374	46
ओडिशा	2,65,554	42,443	46,550	61,434	30,701	63,899
पुदुचेरी	37	625	1,828	1,341	705	0
पंजाब	0	1,81,189	4,18,938	5,73,630	324	1,408
राजस्थान	8,34,841	21,417	1,40,380	4,78,286	2,674	13,475
सिक्किम	0	0	0	0	1,566	0
तमिलनाडु	15,77,198	89,026	1,10,660	2,93,934	39,711	4,380
तेलंगाना	4,57,784	76,790	6,77,156	3,67,519	62,753	37,866
त्रिपुरा	4	1,009	1,468	266	360	2,166
उत्तराखण्ड	411	44,838	5,003	1,739	37,860	613
उत्तर प्रदेश	85,224	33,33,679	4,18,316	1,06,883	4,425	27,790
पश्चिम बंगाल	11,080	2,27,536	82,266	11,063	17,059	21,937

है। पहली बार, भारतवर्ष अपने लाखों पर्वतीय जल स्त्रोतों (स्प्रिंग) को वैज्ञानिक रूप से सूचीबद्ध कर रहा है, जो विशेष रूप से पर्वतीय क्षेत्रों में पेयजल और आजीविका के लिए महत्वपूर्ण हैं।

(ई) प्रथम वृहत्त और मध्यम सिंचाई परियोजनाओं की गणनाः वर्ष 1986-87 से अब तक की गई गणनाएं केवल लघु जल संसाधन योजनाओं पर केंद्रित थीं। पहली बार, वृहत्त नहर प्रणालियों और बांधों जैसी वृहत्त और मध्यम परियोजनाओं की भी इस एकीकृत संरचना के अन्तर्गत गणना की जा रही है। यह मिशन केवल कृषि योजनाओं की गणना करने वाले एक प्रशासनिक कार्य से विकसित होकर, भारत के जल-पारिस्थितिकी तंत्र के प्रत्येक पहलू को समझने और उसकी सुरक्षा करने वाली एक समग्र राष्ट्रीय जल सूची में परिवर्तित हो गया है।

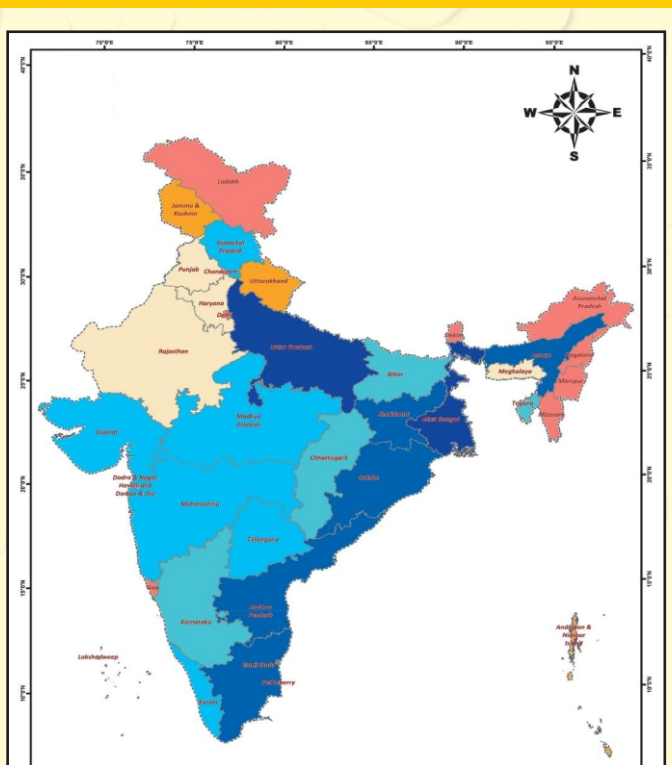
3. जल निकायों की गणना में संलग्न संस्थान

जल संसाधनों की गणना की सफलता केवल तकनीक पर नहीं, वरन् हजारों लोगों के सहयोगात्मक प्रयास पर निर्भर करती है। यह केंद्र सरकार से लेकर राज्यों और स्थानीय ग्राम अधिकारियों तक फैली एक विशाल टीम द्वारा संचालित है। यह सहकारी संघवाद का एक उत्कृष्ट उदाहरण है।

केंद्र से राज्यों तक की संयुक्त भूमिका

जल निकायों की गणना के लिए निर्मित संस्थानों की संगठनात्मक संरचना एक पिरामिड की तरह है, जिसमें स्पष्ट भूमिकाएँ और उत्तरदायित्व सुनिश्चित किये गये हैंः

- केंद्रीय जल शक्ति मंत्रालय और इसके अंतर्गत जल संसाधन, नदी विकास और गंगा संरक्षण विभाग इस पूरे मिशन का नेतृत्व करता है। यह राष्ट्रीय स्तर पर नीति, दिशा-निर्देश और आवश्यक संसाधन प्रदान करता है।
- केन्द्रीय जल शक्ति मंत्रालय के अन्तर्गत, लघु सिंचाई (सांख्यिकी) विंग, इस पूर्ण प्रक्रिया के लिए केंद्रीय समन्वय इकाई के रूप में कार्य करती है। यह प्रश्नावली तैयार करती है, नियमावली



पहली जल निकाय गणना के अंतर्गत गणना किए गए जल निकायों का राज्यवार विवरण

विकसित करती है और पूरे देश में जल निकायों की गणना की प्रगति का प्रबोधन करती है।

केंद्र सरकार के दिशा निर्देशों और संसाधनों की सहायता से राज्य सरकारों और केंद्र शासित प्रदेशों द्वारा आंकड़ा संग्रह का वास्तविक सतही कार्य किया जाता है। प्रत्येक राज्य अपने जल संसाधन विभाग या सांख्यिकी विभाग के स्थानीय अधिकारियों और क्षेत्र के गणना कार्मिकों की सहायता से इस कार्य को पूर्ण कराने का प्रयास करता है। इसका अर्थ है कि केंद्र सरकार रणनीति बनाती है और राज्य सरकारें उसे सतही स्तर पर कार्यान्वित कराती हैं जिससे यह एक संयुक्त प्रयास बन जाता है।

विशेषज्ञों की भूमिका

यह मिशन केवल प्रशासनिक अधिकारियों द्वारा ही प्रचालित नहीं किया जाता है वरन् इसकी सफलता के लिए विभिन्न क्षेत्रों के विशेषज्ञों को भी एक साथ इस कार्य में लगाया जाता है, जिसे 'अभिसरण' निदर्श कहा जाता है। योजना की सफलता में प्रत्येक विशेषज्ञ संस्थान अपनी अनूठी विशेषज्ञता का योगदान करते हैं।

यह अभिसरण निदर्श इस मिशन की सबसे महत्वपूर्ण शक्तियों में से एक है। यह केवल एक सहयोग नहीं है, वरन् इसे प्रभावी शासन का एक श्रेष्ठ उदाहरण माना जाता है। यह एक अनूठा निदर्श है जहाँ वैज्ञानिक, तकनीशियन और प्रशासनिक निकाय के अधिकारी एक ही राष्ट्रीय लक्ष्य के लिए एकजुट होते हैं। यह अंतर-संस्थागत समन्वय का एक सर्वोत्तम उदाहरण है जो दर्शाता है कि जब विशेषज्ञता साझा की जाती है तो राष्ट्रीय महत्व की परियोजनाओं को कैसे सफलतापूर्वक पूर्ण किया जा सकता है। तथापि यह विशाल मानव-शक्ति आधुनिक तकनीक के बिना अपने लक्ष्य को प्राप्त नहीं कर सकती।

4. आधुनिक भारत का पूर्णतया अंकीय गणना तंत्र

7वीं जल संसाधन गणना केवल वृहत्त पैमाने पर ही नहीं वरन् क्रांतिकारी तकनीकी क्षेत्र में भी एक महत्वपूर्ण कदम है। यह भारत के जल संसाधनों की गणना के लिए पूर्णतः अंकीय और कागज रहित दृष्टिकोण द्वारा प्रचालित एक महत्वपूर्ण तकनीकी कदम है।

कागज रहित अंकीय क्रांति

विगत गणनाओं में, गणनाकार

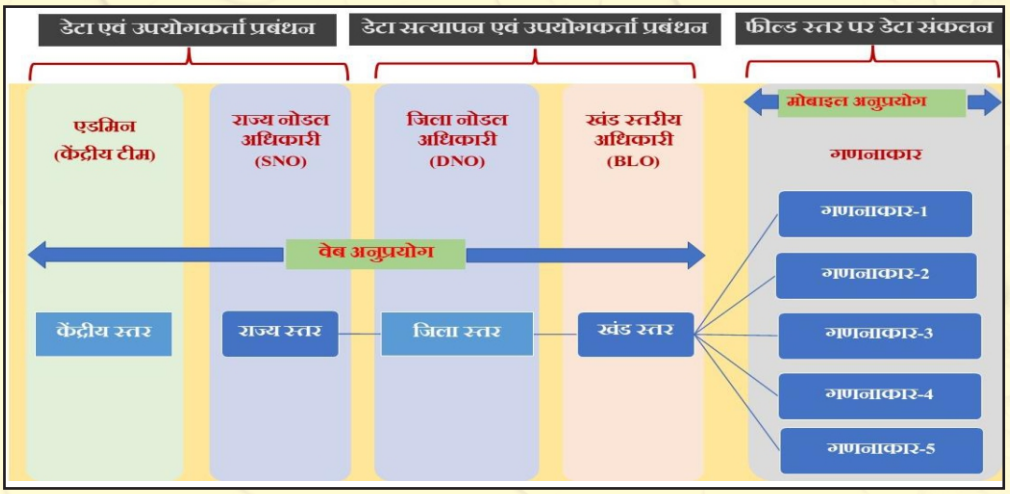
सारणी 2: जल संसाधनों की गणना में सम्मिलित विभिन्न संस्थान एवं उनकी भूमिका

विशेषज्ञ एजेंसी	भूमिका
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की	प्राकृतिक जल स्त्रोतों (स्प्रिंग्स) की गणना के लिए वैज्ञानिक विशेषज्ञता प्रदान करना तथा डिजिटल प्रणाली जैसेः मोबाइल ऐप एवं ऑनलाइन वेब पोर्टल विकसित करना
केन्द्रीय जल आयोग	वृहत्त एवं मध्यम सिंचाई परियोजनाओं पर तकनीकी विशेषता और मार्गदर्शन प्रदान करना।
राष्ट्रीय सूचना विज्ञान केन्द्र	प्राकृतिक जल स्त्रोतों (स्प्रिंग्स) की गणना हेतु डिजिटल प्रणाली जैसेः मोबाइल ऐप, ऑनलाइन वेब पोर्टल, सर्वर, स्टोरेज आदि विकसित करना।
अंतरिक्ष अनुप्रयोग केन्द्र, भारतीय अन्तरिक्ष अनुसंधान	जल निकायों की जनगणना प्रारम्भ होने से पूर्व जल निकायों की पहचान हेतु उपग्रह आँकडे प्रदान करना।

कागज की प्रश्नावली भरते थे। इन आंकड़ों को जिला और राज्य स्तरों पर हस्तचालन द्वारा संकलित किया जाता था और अंत में राष्ट्रीय स्तर पर इसे एकत्र किया जाता था। यह प्रक्रिया धीमी, श्रमसाध्य और मानवीय त्रुटियों की आशंकाओं से परिपूर्ण थी। इस विधि द्वारा कभी-कभी अंतिम प्रतिवेदन प्रकाशित होने में वर्षों लग जाते थे, जिससे आंकड़ा पुराना हो जाता था। जल निकायों की 7वीं गणना ने इस पुरानी जटिल प्रणाली को पूर्णतः समाप्त कर दिया है। यह प्रथम गणना है जो प्रारंभ से अंत तक 100% कागज रहित है। इस अंकीय क्रांति का तात्पर्य है कि परिणाम महीनों में उपलब्ध होंगे, वर्षों में नहीं, जिससे योजनाकारों को नवीनतम जानकारी के आधार पर निर्णय लेने में सहायता मिलेगी। इसके अतिरिक्त अधिकाश प्रश्नों के उत्तर. विकल्प सूची बटन में दिए गए हैं जिससे टाइपिंग के दौरान होने वाली त्रुटियाँ भी दूर हो जाती हैं।

स्मार्ट तकनीक द्वारा सटीक आंकड़े

इस अंकीय परिवर्तन को संभव बनाने वाली प्रमुख नवीनतम तकनीकें



सातवीं जल गणना के अंतर्गत अंकीय आंकड़ा संग्रहण एवं प्रबोधन संरचना

भी अभिकल्पित किया गया है, जिससे दूरदराज के क्षेत्रों में जहां इंटरनेट कनेक्टिविटी खराब हो, वहां भी आंकड़ों को एकत्र किया जा सके।

- **GPS जियो-टैगिंग और तस्वीरें**

GPS जियो टैगिंग के अन्तर्गत ऐप में प्रत्येक जल स्रोत जैसेः कुँआ, तालाब, नहर के लिए उसके अक्षांश और देशांतर को अभिलेखित करना अनिवार्य है। इसके अतिरिक्त, प्रत्येक स्रोत की एक तस्वीर लेना भी आवश्यक है। यह निकायों की एक सूची प्रदान करता है। क्षेत्रीय अधिकारी इस सूची को अपने ऐप में प्राप्त कर सतह पर प्रत्येक जल निकाय का सत्यापन करते हैं। वे यह सत्यापित करते हैं कि क्या यह जल निकाय मौजूद है या यह क्या कोई नया जल निकाय है जो पूर्व सूची में नहीं है। यह तकनीक उपग्रह और मानवीय सत्यापन का एक मिश्रित संयोजन है। यह सुनिश्चित करता है कि कोई भी वृहत्त जल निकाय गणना से छूट न जाए

भारत की जल संसाधन गणना केवल एक शासकीय सर्वेक्षण से कहीं बढ़कर है। यह भारत के इतिहास में एक ऐतिहासिक पहल है। यह एक राष्ट्र की उस प्रतिबद्धता का प्रमाण है जो जल रूपी अपने सबसे मूल्यवान संसाधन को समझने, संरक्षित करने और विवेकपूर्ण तरीके से प्रबंधित करने के लिए प्रतिबद्ध है। यह मिशन भारत की उस यात्रा को दर्शाता है जो अनुमान से निश्चितता की ओर है। यह दर्शाता है कि जब सरकार के विभिन्न विभाग, वैज्ञानिक, विशेषज्ञ और सतही कार्यकर्ता एक सम्मिलित लक्ष्य के लिए एकत्र हो जाते हैं, तो क्या हासिल किया जा सकता है।

निम्न हैः-

- **WRCensus मोबाइल ऐप**

इस तकनीक के अन्तर्गत क्षेत्र के गणनाकार अब कागज के बंडलों के स्थान पर सीधे अपने स्मार्टफोन पर एक विशेष मोबाइल ऐप में आंकड़ा भरते हैं। आंकड़ा जैसे ही दर्ज किया जाता है, वह तुरंत केंद्रीय सर्वर पर अपलोड हो जाता है। इससे विलम्ब की सम्भावना स्वतः ही समाप्त हो जाती है और आंकड़ा नष्ट होने का कोई खतरा भी नहीं रहता है। ऐप को ऑफलाइन कार्य करने के लिए तकनीक दो महत्वपूर्ण कार्य सुनिश्चित करती है। सर्वप्रथम, यह प्रत्येक जल स्रोत के स्थान की सटीक पुष्टि करती है, जिससे एक सटीक अंकीय मानचित्र तैयार होता है। दूसरा, यह काल्पनिक प्रविष्टियों को समाप्त करती है, क्योंकि प्रत्येक प्रविष्टि को एक भौतिक तस्वीर से सत्यापित किया जाता है।

- **उपग्रह आंकड़ों का सतही सत्यापन**

गणना शुरू होने से पूर्व, भारतीय अन्तरिक्ष अनुसंधान संगठन उपग्रह छवियों के उपयोग द्वारा दर्शनीय जल और प्राप्त आंकड़ों की शुद्धता बहुत अधिक हो।

- **वास्तविक समय प्रबोधन**

राज्य, जिले और ब्लॉक स्तर के पर्यवेक्षक एक विशेष वेब पोर्टल पर वास्तविक समयावधि में अपने क्षेत्र से प्राप्त होने वाले आंकड़ों की जाँच कर सकते हैं। यदि आंकड़ों में उन्हें कोई विसंगति या त्रुटि प्राप्त होती है, तो वे तुरंत गणक से संपर्क कर उसे शुद्ध करवा सकते हैं।

यह तकनीक आँकड़ों की गुणवत्ता में अभूतपूर्व सुधार करती है। इस तकनीक में आंकड़ों की त्रुटियों को तुरंत ज्ञात कर सुधारा जाता है, जिससे प्राप्त अंतिम आंकड़ाबेस बहुत अधिक विश्वसनीय और शुद्ध होता है।

- **LGD कोड के माध्यम से शुद्धता**

जल संसाधनों की गणना में स्थानीय शासकीय डायरेक्टरी (LGD) कोड का उपयोग किया जाता है। इसे प्रत्येक गाँव के लिए एक पिन कोड की तरह समझें। यह प्रत्येक प्रगणित जल निकाय को एक विशिष्ट पहचान संख्या भी प्रदान करता है।

इस कोड का उपयोग यह सुनिश्चित करता है कि कुंए या तालाब के आंकड़े हमेशा सही गाँव, ब्लॉक और जिले से सम्बद्ध हों, जिससे आंकड़ों में कोई भ्रम न हो और सभी सरकारी विभागों में एकरूपता बनी रहे। ये सभी तकनीकी नवाचार परस्पर एक ऐसी प्रणाली बनाते हैं जो मानवीय त्रुटियों को कम करती है और काल्पनिक प्रविष्टियों को समाप्त करती है। इससे प्राप्त अंतिम आंकड़ाबेस योजनाकारों के लिए पूर्णतः विश्वसनीय होता है।

5. योजनीकरण, लचीलापन और संरक्षण का महत्व

जल संसाधनों की गणना केवल संख्याओं का संग्रह नहीं है वरन् यह भारत में जल के भविष्य को सुरक्षित करने के लिए एक सदृढ़, सक्षम और प्रभावी तंत्र का निर्माण है। इससे प्राप्त आंकड़ों से वास्तविक दुनिया में गहरे

और दूरगामी प्रभाव प्राप्त होते हैं।

बेहतर योजना के लिए विश्वसनीय आंकड़ाबेस तैयार करना

इस गणना का प्राथमिक लक्ष्य एक व्यापक और विश्वसनीय आंकड़ाबेस तैयार करना है। यह आंकड़ाबेस नीति निर्माताओं, अभियंताओं और योजनाकारों द्वारा बेहतर निर्णय लेने के लिए एक आधिकारिक एवं प्रमाणिक स्रोत के रूप में कार्य करता है।

सिंचाई योजनाः भूजल स्रोतों और सतही जल योजनाओं की उपलब्धता और कार्यकुशलता की श्रेष्ठ जानकारी से सरकार, प्रधानमंत्री कृषि सिंचाई योजना जैसी योजनाओं को श्रेष्ठता के साथ यह सुनिश्चित करते हुए कि हर खेत को जल मिले, लक्षित कर सकती है।

उपयोग दक्षता में कम से कम 20% वृद्धि में सहायक होंगे।

औद्योगिक और पारिस्थितिक आबंटनः यह आंकड़ा सरकारों को कृषि, उद्योग, मत्स्य पालन और घरेलू उपयोग के मध्य जल को अधिक कुशलता और स्थायी रूप से आबंटित करने में सहायता करता है।

जलवायु परिवर्तन के विरूद्ध भारत की सुदृढ़ता

जलवायु की अनिश्चितता के वर्तमान युग में जल निकायों की यह गणना भारत को अधिक लचीला बनाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगी।

बाढ़ और सूखे का प्रबंधनः देश भर के 24 लाख से अधिक जल निकायों में कहाँ की चपेट में हैं। अतिक्रमण का अर्थ सिर्फ कब्जा करना नहीं है वरन् इसका अर्थ यह है कि लोगों ने अवैध रूप से उन तालाबों और झीलों की जमीन पर घर, दुकानें बना ली हैं या कचरा फेंक दिया है, जिससे वे धीरे-धीरे सिकुड़ रहे हैं और उनका अस्तित्व ही खतरे में पड़ गया है।

भूजल का संरक्षणः भारत अपनी जल की आवश्यकताओं को पूर्ण करने के लिए भूजल पर बहुत अधिक निर्भर है। यह गणना देश भर में दो करोड़ से अधिक कुँओं, नलकूपों और अन्य लघु सिंचाई संरचनाओं की जानकारी प्रदान करती है। यह विस्तृत आंकड़ा नियामकों को उन क्षेत्रों की पहचान करने में सहायता करता है जहां भूजल का



जल संसाधन गणना हेतु आयोजित क्षेत्रीय प्रशिक्षण कार्यक्रम

शहरी और ग्रामीण जल बजटः शहरों और गाँवों के लिए जल आपूर्ति की योजना बनाते समय, यह जानना महत्वपूर्ण है कि स्थानीय स्तर पर कौन से जल स्रोत उपलब्ध हैं। ये आंकड़े जल जीवन मिशन और अटल भूजल योजना जैसी योजनाओं के लिए महत्वपूर्ण हैं, जिनका उद्देश्य हर ग्रामीण घर में नल का जल उपलब्ध कराने के साथ-साथ स्रोतों की दीर्घकालिक स्थिरता भी सुनिश्चित करना है। राष्ट्रीय जल मिशन के ये प्रमुख लक्ष्य जल और कितना जल संग्रहीत है, के सम्बन्ध में अधिकारी श्रेष्ठ योजना बना सकते हैं। बाढ़ के दौरान वे यह ज्ञात कर सकते हैं कि अतिरिक्त जल को कहाँ स्थानान्तरित किया जा सकता है। सूखे की स्थिति में, वे सीमित जल के संरक्षण और वितरण के लिए श्रेष्ठ योजना तैयार कर सकते हैं।

जल निकायों की सुरक्षाः यह गणना एक प्रहरी के रूप में भी कार्य करती है। प्रथम जल निकाय गणना में चौंकाने वाला तथ्य सामने आया कि भारत के 1.6% जल निकाय अतिक्रमण अत्यधिक दोहन हो रहा है। इस जानकारी के उपलब्ध होने पर वे जल पुनर्भरण उपायों को लागू कर सकते हैं और यह सुनिश्चित कर सकते हैं कि हम भविष्य के लिए अपने भूमिगत जल भंडारों को समाप्त न करें। संक्षेप में, ये लाभ भारत को जल सम्बन्धी अपने भविष्य को सुरक्षित करने की दिशा में महत्वपूर्ण कदम उठाने में सहायता करते हैं, जिससे यह जलवायु परिवर्तन की चुनौतियों का सामना करने के लिए स्वयं को तैयार कर सकें।

6.0 निष्कर्ष-जल-सुरक्षित भविष्य की ओर भारत के बढ़ते कदम

भारत की जल संसाधन गणना केवल एक शासकीय सर्वेक्षण से कहीं बढ़कर है, यह भारत के इतिहास में एक ऐतिहासिक पहल है। यह एक राष्ट्र की उस प्रतिबद्धता का प्रमाण है जो जल रूपी अपने सबसे मूल्यवान संसाधन को समझने, संरक्षित करने और विवेकपूर्ण तरीके से प्रबंधित करने के लिए प्रतिबद्ध है। यह मिशन भारत की उस यात्रा को दर्शाता है जो अनुमान से निश्चितता की ओर है। यह दर्शाता है कि जब सरकार के विभिन्न विभाग, वैज्ञानिक, विशेषज्ञ और सतही कार्यकर्ता एक सम्मिलित लक्ष्य के लिए एकत्र हो जाते हैं, तो क्या हासिल किया जा सकता है। आधुनिक अंकीय उपकरणों और उपग्रह प्रौद्योगिकी में निवेश करके, भारत आंकड़ों को एक सुदृढ़ राष्ट्रीय संपत्ति में परिवर्तित कर रहा है। यही निश्चितता जलवायु परिवर्तन की अनिश्चितता के विरूद्ध भारत का सबसे बड़ा हथियार है। जलवायु परिवर्तन के कारण मानसून की अनिश्चितता और नदियों के प्रवाह में कमी की स्थिति में यह ज्ञान ही भारत का सबसे बड़ा जलाशय बनेगा। हर बूंद की गणना कर, भारत केवल जल का हिसाब नहीं रख रहा है, वह अपने भविष्य के लिए आशा का एक विशाल भंडार बना रहा है। यह ज्ञान आने वाली पीढ़ियों के लिए एक जल-सुरक्षित राष्ट्र का निर्माण करने की दिशा में एक निर्णायक कदम है।

"जल का सही मूल्य आंकड़ों में नहीं, वरन् उन आंकड़ों की जानकारी में छिपा है क्योंकि जब हम जल संसाधनों की गणना करना सीखते हैं तभी उसे बचाना सीखते हैं।"

स्रोत (आँकड़े): लघु सिंचाई (सांख्यिकी) प्रभाग, जल संसाधन, नदी विकास और गंगा संरक्षण विभाग, जल शक्ति मंत्रालय, भारत सरकार

संपर्क करें:
डॉ. दीपक सिंह बिष्ट एवं
डॉ. सोबन सिंह रावत
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की



डॉ. मनीष कुमार नेमा

सुदूर संवेदन द्वारा मृदा आर्द्रता आंकलन की तकनीकों का विश्लेषण

सुदूर संवेदी तकनीक द्वारा मृदा आर्द्रता का अनुमान लगाने के लिए परावर्तन का उपयोग किया जाता है। यह तकनीक सीधी और सरल है। सुदूर संवेदी तकनीक से प्राप्त आँकड़ों के माध्यम से वनस्पति सूचकांक जैसेः सामान्यीकृत अंतः वनस्पति सूचकांक (NDVI), संवर्धित वनस्पति सूचकांक, आदि जल की उपलब्धता के प्रति अत्यधिक संवेदनशील होते हैं और इनका उपयोग व्यापक रूप से सूखे की स्थिति का पता लगाने के लिए किया जाता है। तापीय सुदूर संवेदी तकनीकों में तापीय जड़त्व विधि का उपयोग करके भू-सतही तापमान (LST) की गणना की जा सकती है।

मृदा आर्द्रता से तात्पर्य मृदा कणों के मध्य विद्यमान जल की मात्रा से है। यह जलविज्ञान की एक अत्यंत महत्वपूर्ण कड़ी है, क्योंकि यह जल चक्र के विभिन्न घटकों वर्षा, वाष्पोत्सर्जन, अपवाह तथा भूजल पुनर्भरण को प्रत्यक्ष एवं अप्रत्यक्ष रूप से प्रभावित करती है। मृदा आर्द्रता को भूमि वायुमंडल अंतःक्रिया का प्रमुख संकेतक माना जाता है। मृदा आर्द्रता के प्रबोधन के लिए स्थल-आधारित, सुदूर संवेदी तथा निदर्श-आधारित विभिन्न उपकरणों और तकनीकों का उपयोग किया जाता है। सुदूर संवेदी तकनीकें वृहत्त क्षेत्र में मृदा आर्द्रता के आंकलन के लिए अत्यंत उपयोगी हैं। प्रस्तुत लेख में सुदूर संवेदी तकनीकों का विस्तृत प्रस्तुतीकरण एवं विश्लेषण किया गया है।

विद्युत-चुंबकीय स्पेक्ट्रम के प्रकाशीय, तापीय और माइक्रोवेव क्षेत्रों का उपयोग करते हुए अंतरिक्ष में स्थापित उपग्रहों की सुदूर संवेदी तकनीक को वृहत्त पैमाने पर मृदा आर्द्रता के प्रबोधन में उत्तरोत्तर अनुप्रयोगित किया जा रहा है। निष्क्रिय और सक्रिय माइक्रोवेव सुदूर सेंसर दोनों ही सभी मौसम की परिस्थितियों में क्षेत्रीय से महाद्वीपीय स्तर पर मृदा आर्द्रता को मापने की सुविधा प्रदान करते हैं। मृदा आर्द्रता की जानकारी देने वाले अंतरिक्ष स्थापित उपग्रहों में प्रमुख रूप से SMAP, Sentinal-1, SMOS, ASCAT, NISAR, आदि प्रमुख हैं।

सुदूर संवेदी तकनीक द्वारा मृदा आर्द्रता का अनुमान लगाने के लिए परावर्तन का उपयोग किया जाता है। यह तकनीक सीधी और सरल है। सुदूर संवेदी तकनीक से प्राप्त आँकड़ों के माध्यम से वनस्पति सूचकांक जैसेः सामान्यीकृत अंतः वनस्पति सूचकांक (NDVI), संवर्धित वनस्पति सूचकांक, आदि जल की उपलब्धता के प्रति अत्यधिक संवेदनशील होते हैं और इनका उपयोग व्यापक रूप से सूखे की स्थिति का पता लगाने के लिए किया जाता है। तापीय सुदूर संवेदी तकनीकों में तापीय जड़त्व विधि का उपयोग करके भू-सतही तापमान (LST) की गणना की जा सकती है। प्रस्तुत लेख में सुदूर संवेदी तकनीक द्वारा मृदा आर्द्रता प्राप्ति की लगभग सभी विधियों का विस्तार से वर्णन किया गया है। यह लेख विभिन्न प्रकार की सुदूर संवेदी तकनीकों का भी समावेश करता है। साथ ही लेख में मृदा आर्द्रता को प्रभावित करने वाले सभी प्रमुख कारकों का संकलन भी प्रस्तुत किया गया है।

मृदा आर्द्रता को प्रभावित करने वाले प्रमुख कारक

आवृत्ति या तरंग दैर्ध्यः आपतित विकिरण की आवृत्ति का पृथ्वी की सतह में प्रवेश की गहराई से सीधा संबंध है। मृदा आर्द्रता के आंकलन के लिए L–Band और C–Band बैंडविथ, सर्वाधिक उपयोग की जाने वाली विद्युत चुंबकीय विकिरण तरंग दैर्ध्य हैं। लंबी तरंग दैर्ध्य (L–Band) मृदा की सतह और/या हल्के वनस्पति आवरण को भेद कर मृदा में गहराई से प्रवेश करती हैं। एल-बैंड सिंथेटिक-एपर्चर रडार (L–Band SAR) सेंसर पत्तियों और छोटी शाखाओं में प्रवेश कर सकता है और अन्य पेड़ घटकों जैसेः तना और शाखाओं के साथ-साथ मृदा की सतह के साथ प्रक्रिया संपादित कर सकता है। विभिन्न सिंथेटिक एपर्चर रडार (SAR), तरंग दैर्ध्य तथा उनकी वनस्पति आवरण में प्रवेश की क्षमता को आगामी चित्र में दर्शाया गया है।

आपतन कोणः आपतन कोण बढ़ने पर मृदा आर्द्रता के लिए माइक्रोवेव सेंसर की संवेदनशीलता कम हो जाती है। वनस्पति एक उच्च आपतन कोण पर अधिक संकेत को ग्रहण करती है और इसे क्षीण करती है। वनस्पति द्वारा प्रकीर्णित ऊर्जा कुल पश्च-प्रकीर्णन (Back scatter) में मृदा के योगदान को कम करती है। इष्टतम मृदा आर्द्रता कम आपतन कोण का उपयोग करके प्राप्त की जा सकती है क्योंकि यह मृदा के गुणों को समझने के लिए अनुकूलित है और वनस्पति और सतह के खुरदरेपन के प्रभाव को कम करती है

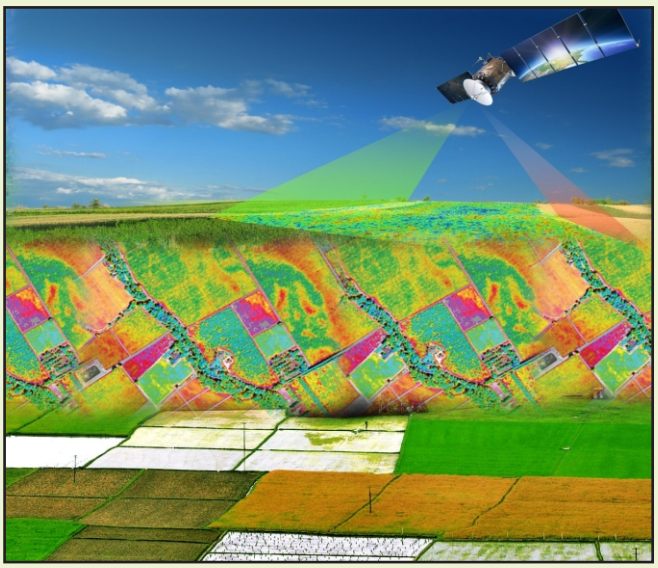
ध्रुवीकरणः सक्रिय और निष्क्रिय माइक्रोवेव तंत्र विभिन्न ध्रुवीकरण विन्यासों का उपयोग करके सतह से



मृदा आर्द्रता मापन

पश्च-प्रकीर्णन और उत्सर्जन प्रक्रिया को माप सकते हैं। सक्रिय सेंसर पश्च-प्रकीर्णन विकिरण को सह-ध्रुवीकृत (HH और VV) और गुणित-ध्रुवीकृत (HV और VH) दोनों ही रूप में माप सकते हैं। दूसरी ओर निष्क्रिय सेंसर लम्बवत् या क्षैतिज ध्रुवीकरण में उत्सर्जित विकिरण को मापते हैं। अधिकांश रडार माइक्रोवेव रेडिएशन को या तो लम्बवत या क्षैतिज ध्रुवित संचार करने के लिए अभिकल्पित किए जाते हैं किन्तु अधिक सूचना प्राप्त करने के लिए विभिन्न ध्रुवीकरण विन्यासों या इनके युग्मों का भी उपयोग किया जाता है। आगामी चित्र द्वारा विभिन्न ध्रुवीकरण विन्यासों को प्रदर्शित किया गया है।

सतह खुरदरापनः किसी भी सतह का खुरदरापन उसकी ज्यामिति की अनियमितताओं की एक पैमाइश होती है। सतह का यही खुरदरापन पश्च-प्रकीर्णन के परिणाम की विभिन्नता को महत्वपूर्ण रूप से प्रभावित करता है। सतह के खुरदरेपन या चिकनेपन का मापन आपतन ऊर्जा की तरंगदैर्ध्य पर निर्भर करता है। अत्यधिक खुरदरी सतह, कुल उत्सर्जक सतह-क्षेत्र को बढ़ाकर पश्च प्रकीर्णन में वृद्धि करती है। सामान्यतः SAR उपग्रहीय छवियों में, जल निकायों का रंग गहरा काला होता है। भूमि और जल के संबंधित गुणों के बीच का यह अंतर SAR उपग्रहीय छवियों द्वारा बाढ़-क्षेत्र के मापन एवं मानचित्रण जैसे अनुप्रयोगों के लिए बहुत लाभकारी सिद्ध होता है।

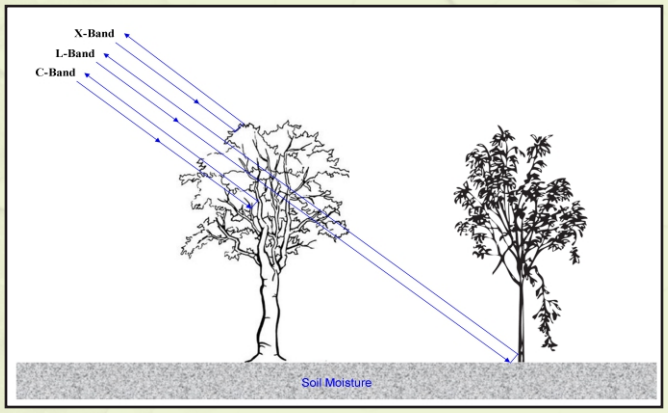


तापीय सुदूर संवेदन द्वारा मृदा आर्द्रता

वानस्पतिक विशेषताएँः माइक्रोवेव सुदूर संवेदन द्वारा मृदा आर्द्रता के आंकलन के अध्ययन में वनस्पति-आवरण सबसे महत्वपूर्ण कारक है। वनस्पति-आवरण के भौतिक और संरचनात्मक गुण ही इस मृदा आर्द्रता की आंकलन प्रक्रिया को सर्वाधिक प्रभावित करते हैं। वनस्पति की मात्रात्मक और गुणात्मक स्थिति का अध्ययन करने के लिए सुदूर संवेदी उपग्रहों की सहायता से बहु-स्पेक्ट्रल मापन के आधार पर विभिन्न वनस्पति-सूचकांक विकसित किए गए हैं। सामान्यीकृत अंतर वनस्पति सूचकांक (NDVI) सर्वाधिक प्रचलित वनस्पति-सूचकांक हैं जिसके मान वनस्पति के गुणों से संबंधित हैं तथा यह मुख्य रूप से पत्तियों में पाए जाने वाले क्लोरोफिल की मात्रा के प्रति संवेदनशील हैं।

निष्क्रिय एवं सक्रिय माइक्रोवेव सुदूर संवेदन

निष्क्रिय माइक्रोवेव सेंसरों की प्रमुख विशेषताओं में व्यापक स्थानिक कवरेज, उच्चकालिक संकल्प, एवं स्थूल स्थानिक संकल्प आदि प्रमुख हैं। उपग्रह आधारित मृदा आर्द्रता का आंकलन निष्क्रिय माइक्रोवेव, सक्रिय माइक्रोवेव और प्रकाशीय सेंसर के माध्यम से किया जा सकता है। यद्धपि, निष्क्रिय माइक्रोवेव के स्थूल स्थानिक संकल्प और प्रकाशीय सेंसरों की कम लंबवत दक्षता के कारण प्राप्त की गई मृदा आर्द्रता की जानकारियां जलविभाजक स्तर पर अनुप्रयोगों के लिए इसकी उपयोगिता को सीमित करती हैं अतः इस प्रकार के आंकड़ों का उपयोग लघु पैमाने के क्षेत्रों जैसेः जल विभाजक प्रबंधन, फसल सिंचाई निर्धारण, कीट-प्रबंधन आदि का निर्धारण करने के स्थान पर वैश्विक-स्तर के अध्ययन के लिए अधिक उपयुक्त है। इसके अंतर्गत कुछ सक्रिय माइक्रोवेव सेंसर जैसे सिंथेटिक एपर्चर रडार (SAR) में माइक्रोवेव रेडियोमीटर जैसेः स्कैनिंग मल्टीचैनल माइक्रोवेव रेडियोमीटर, विशेष सेंसर माइक्रोवेव/इमेजर (SSM/I), उष्णकटिबंधीय वर्षा मापन मिशन, (TRMM), थीमैटिक माइक्रोवेव इमेजर (TMI) शामिल हैं। ये सेंसर पृथ्वी की सतह से प्राकृतिक रूप से उत्सर्जित माइक्रोवेव उत्सर्जन की तीव्रता को मापने के लिए अतिसंवेदनशील सूचकांकों का उपयोग करते हैं। इस तीव्रता को सामान्यतः चमक तापमान के रूप में व्यक्त किया जाता है। यह तीव्रता मृदा आर्द्रता और मृदा के तापमान दोनों



माइक्रोवेव सुदूर संवेदन

पर ही निर्भर करती है।

सक्रिय माइक्रोवेव सेंसर के अपने ऊर्जा-स्रोत होते हैं तथा वे इस ऊर्जा को संचारित करते हैं और पृथ्वी की सतह से परिलक्षित प्रक्रिया को मापते हैं। जिसे अक्सर पश्च-प्रकीर्णन गुणांक के रूप में संदर्भित किया जाता है और इसे डेसीबल की इकाई में व्यक्त किया जाता है। SAR द्वारा उच्च स्थानिक संकल्प पर मृदा आर्द्रता का आंकलन एक सीमित क्षेत्र पर कम दोहरे कवरेज के साथ किया जा सकता है। दूसरी ओर एक वृहत्त क्षेत्र और निरंतर कवरेज के साथ निम्न स्थानिक संकल्प पर मृदा आर्द्रता का आंकलन, एक प्रकीर्णनमापी (scatterometer) द्वारा प्राप्त किया जा सकता है। सिंथेटिक अपर्चर रडार (SAR) सेंसर, सुदूर संवेदी उद्देश्यों के लिए उपयोग किए जाने वाले इमेजिंग सेंसर का उन्नत रूप है। कुछ प्रमुख SAR उपग्रहों में रडारसेट, एनविसैट, टेरासर-एक्स, सेंटिनल-1, SMAP, निसार, आदि शामिल हैं। प्रकीर्णनमापी और तुंगतामापी नॉन-इमेजिंग सेंसर हैं जिनका उपयोग हवा की गति, मृदा आर्द्रता का पता लगाने और ऊंचाई की पैमाइश के लिए किया जाता है। इस प्रकार विगत कुछ वर्षों में सक्रिय माइक्रोवेव सेंसर के सतत विकास से क्षेत्रीय स्तर पर मृदा आर्द्रता के मानचित्रण में काफी सुधार किया गया है। यूरोपीय अंतरिक्ष एजेंसी (ESA) द्वारा निशुल्क उपलब्ध सेंटीनेल-1 जैसे उपग्रहीय आंकड़ों की उपलब्धता से मृदा आर्द्रता के बेहतर प्रबोधन एवं आंकलन की अत्यंत सुगम एवं सरल सुविधा प्राप्त हुई है।

माइक्रोवेव सुदूर संवेदन द्वारा मृदा आर्द्रता आंकलन की तकनीकें

सतह प्रकीर्णक निदर्श

पश्च-प्रकीर्णन गुणांक प्रमुख रूप से मृदा-सतह के भौतिक और विद्युत गुणों तथा रडार के अनुगुणों (तरंग दैर्ध्य, ध्रुवीकरण, घटना कोण आदि) पर निर्भर करता है। यदि मृदा वनस्पति से आच्छादित है तब यह गुणांक वनस्पति और मृदा की परतों से प्राप्त परावर्तित विकिरण की मात्रा पर निर्भर करता है। सक्रिय माइक्रोवेव सेंसर से प्राप्त पश्च-प्रकीर्णन गुणांक से मृदा आर्द्रता को पुनः प्राप्त करने की कोई सरल तकनीक उपलब्ध नहीं है। SAR तंत्र से प्राप्त पश्च-प्रकीर्णन गुणांक एवं मृदा और जल के पारद्युतिक स्थिरांक में व्यापक अंतर के आधार पर भिन्न-भिन्न पश्च-प्रकीर्णन निदर्श विकसित किए गए हैं जो मृदा आर्द्रता का आंकलन करते है।

भौतिक आधारित निदर्श

भौतिक-आधारित निदर्श में मृदा आर्द्रता प्राप्त करने लिये किसी याच्छिक सतह से विद्युत-चुम्बकीय तरंग प्रकीर्णन के सिद्धांत का उपयोग किया जाता है। इस तरह के निदर्श में पश्च-प्रकीर्णन गुणांक को पारद्युतिक स्थिरांक, सतह खुरदरापन और सेंसर के गुणों के लिए अनुकरणक माना जाता है। ये निदर्श स्पर्श रेखा सतह क्षेत्रों के लिए समाकलन समीकरणों के एक विश्लेषणात्मक समाधान पर आधारित होते हैं। समाकलन समीकरण निदर्श अपनी विस्तृत प्रक्रिया स्थितियों के कारण सबसे व्यापक रूप से उपयोग किया जाने वाला भौतिक निदर्श है।

अनुभवजन्य निदर्श

यह निदर्श पश्च-प्रकीर्णन गुणांक पर सतहीय खुरदरेपन और मृदा आर्द्रता के प्रभाव को वर्णित करने के लिए प्रतिगमन विश्लेषण का उपयोग करता है। इस तरह के निदर्श में पश्च-प्रकीर्णन के आंकलन, SAR (C-बैंड लंबवत ध्रुवीकरण) रडार तथा मृदा आर्द्रता के मध्य सांख्यिकीय और अनुभवजन्य संबंध स्थापित करने के लिए अनेकानेक प्रयोग एवं क्षेत्र-अनुप्रयोग द्वारा आंकड़ों को एकत्रित किया जाता है। ये निदर्श विकास के लिए उपयोग किए गए आँकड़ों के अतिरिक्त अन्य आँकड़ों पर लागू नहीं हो सकते हैं। इस निदर्श का उपयोग सतहीय खुरदरेपन, आवृत्ति, घटना कोण और मृदा आर्द्रता सामग्री के कुछ क्षेत्रों तक ही सीमित होता है।

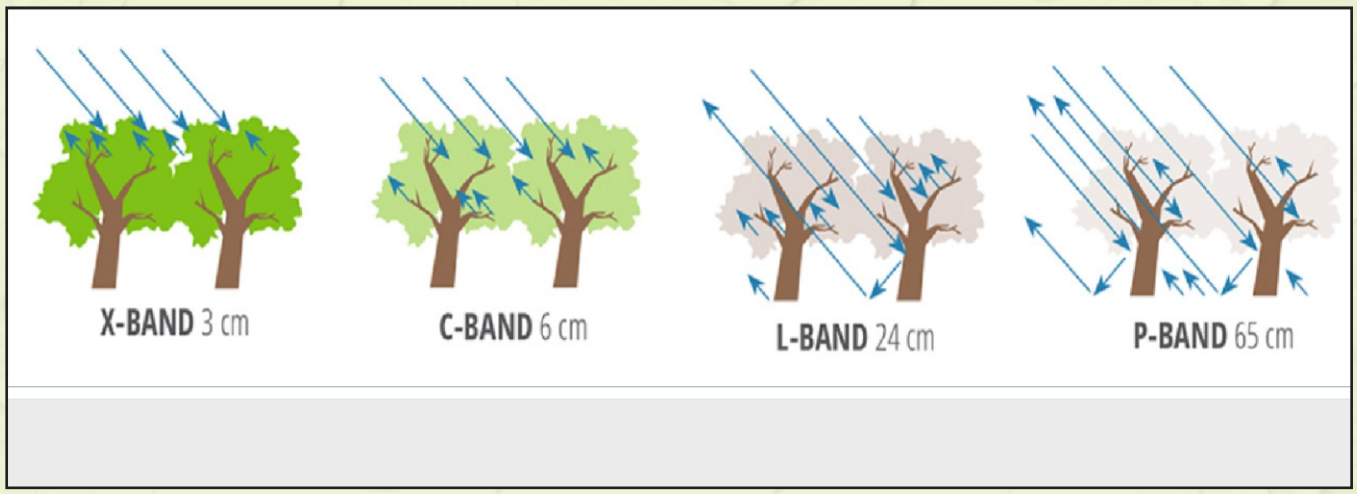
अर्ध-अनुभवजन्य निदर्श

अर्ध-अनुभवजन्य पश्च-प्रकीर्णन निदर्श का विकास अनुभवजन्य पश्च-प्रकीर्णन निदर्श के सुधार के रूप में हुआ है और यह सैद्धांतिक और अनुभवजन्य निदर्श के मध्यवर्ती है। यह निदर्श एक सैद्धांतिक पश्च-प्रकीर्णन निदर्श से एक अनुभवजन्य पश्च-प्रकीर्णन निदर्श प्राप्त करने के लिए आभासी आंकड़ों का उपयोग करता है जो सतह की स्थितियों की एक विस्तृत श्रृंखला के लिए पश्च-प्रकीर्णन प्रतिक्रिया का वर्णन करता है। ऐसे निदर्शों के लाभ यह हैं कि वे अनुभवजन्य निदर्श के समान स्थान विशेष पर निर्भर नहीं होते और सतही खुरदरेपन के बारे में बहुत कम जानकारी उपलब्ध होने या कोई जानकारी उपलब्ध नहीं होने पर भी इन्हें लागू किया जा सकता है। यह निदर्श कृषि एवं बंजर भूमि के लिए उपयुक्त हैं। इस प्रकार के निदर्श, भौतिक निदर्शों की तुलना में सरल एवं कम गणना वाले होते हैं। इनका उपयोग वृहत्त क्षेत्र में मृदा आर्द्रता आंकलन के लिए उपयुक्त होता है।

भारत जैसे कृषि-प्रधान और जल-संवेदनशील देश में भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन के उपग्रह एवं राष्ट्रीय जल सूचना प्रणाली के साथ सुदूर संवेदन आधारित मृदा आर्द्रता आंकलन तकनीकें नीति-निर्माण और जल प्रबंधन में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकती हैं। आने वाले वर्षों में नए अंतरिक्ष मिशनों, उन्नत सेंसरों और शुद्ध विश्लेषण तकनीकों के साथ मृदा आर्द्रता आंकलन एवं प्रबोधन का भविष्य और अधिक सशक्त होने की संभावना है। नए अंतरिक्ष मिशन, बहु-सेंसर आंकड़े, कृत्रिम बुद्धि (AI) आधारित विश्लेषण और उच्च रिजॉल्यूशन उपग्रह मिलकर मृदा आर्द्रता आंकलन को स्थानीय से वैश्विक स्तर तक शुद्ध, निरंतर और उपयोगकर्ता-उन्मुख बनाएंगे। यह न केवल जलविज्ञान और कृषि के लिए, बल्कि सतत जल संसाधन प्रबंधन एवं जलवायु अनुकूलन के लिए भी एक मजबूत आधार प्रदान करेगा।

व्यतिकरणमिति (interferometry) तकनीक

जब SAR उपग्रह एक ही क्षेत्र को अलग-अलग समय या थोड़े अलग कक्षीय स्थान से देखता है, तो प्राप्त सिग्नलों के फेज में अंतर आता है। फेजों का यही अंतर व्यतिकरण के रूप में



विभिन्न ध्रुवीकरण विन्यास

मृदा आर्द्रता या आर्द्रता का शुद्ध प्रबोधन, जलविज्ञान, कृषि, मौसम पूर्वानुमान, बाढ़-सूखा आंकलन तथा जल संसाधन प्रबंधन के लिए अत्यंत आवश्यक है। मृदा आर्द्रता के आंकलन के लिए स्थल-आधारित, सुदूर संवेदी तथा निदर्श-आधारित विभिन्न उपकरणों और तकनीकों का उपयोग किया जाता है। मृदा आर्द्रता आंकलन के लिए कोई एकल तकनीक पर्याप्त नहीं है। इस लेख में मृदा आर्द्रता प्राप्ति के लिए प्रयुक्त अनेक सुदूर संवेदी प्रेक्षण तथा विभिन्न निदर्शन तकनीकों की सूचना को समन्वित किया गया है। SAR, पश्च-प्रकीर्णन आधारित अर्ध-अनुभवजन्य मृदा आर्द्रता निदर्श, जलविज्ञान एवं कृषि अनुप्रयोगों में अत्यंत उपयोगी हैं। ये निदर्श भौतिक यथार्थवाद और व्यावहारिक सरलता के बीच संतुलन प्रदान करते हैं और उपग्रह SAR आंकड़ों से क्षेत्रीय स्तर पर मृदा आर्द्रता प्रबोधन को संभव बनाते हैं। जलविज्ञान एवं जल संसाधन प्रबंधन में यह तकनीक निर्णय-सहायता प्रणाली के रूप में अत्यंत उपयोगी सिद्ध हो रही है।

व्यक्त होता है। फेज के इस अंतर से भूमि-सतह के भौतिक परिवर्तनों की जानकारी प्राप्त होती है। इसे सामान्यतः InSAR कहा जाता है। इस विधि से वृहत्त क्षेत्र का प्रबोधन मिलीमीटर स्तर तक कर सकते हैं। इसका उपयोग दिन-रात एवं सभी मौसमों में किया जा सकता है। कम वनस्पति वाले क्षेत्रों में मृदा आर्द्रता का अध्ययन करने के लिए यह तकनीक उपयोग की जा सकती है।

प्रकाशीय सुदूर संवेदन द्वारा मृदा आर्द्रता आंकलन की तकनीकें

एकल स्पेक्ट्रल विश्लेषण

प्रकाशीय सुदूर संवेदन में पृथ्वी की सतह से परावर्तित सौर विकिरण का उपयोग किया जाता है। एकल स्पेक्ट्रल विश्लेषण वह तकनीक है जिसमें किसी एक स्पेक्ट्रल बैंड की परावर्तनशीलता और मृदा आर्द्रता के बीच संबंध स्थापित कर मृदा आर्द्रता का आंकलन किया जाता है। यह दृष्टिकोण विशेष रूप से बंजर या कम वनस्पति वाली भूमि के लिए उपयोगी है। विशेषकर NIR और SWIR बैंड में मृदा आर्द्रता में वृद्धि से मृदा का परावर्तन घटता है एवं जल के अवशोषण गुणों के कारण आर्द्र मृदा अधिक ऊर्जा अवशोषित करती है। अतः SWIR, जल अवशोषण के प्रति सर्वाधिक संवेदनशील मृदा आर्द्रता आंकलन हेतु सबसे प्रभावी बैंड है।

वनस्पति सूचकांक तकनीक

वनस्पति सूचकांक, प्रकाशीय सुदूर संवेदन की वे तकनीकें हैं जिनमें विभिन्न स्पेक्ट्रल बैंड्स के अनुपात/संयोजन से वनस्पति की अवस्था का आंकलन किया जाता है। चूँकि मृदा आर्द्रता वनस्पति की वृद्धि, स्वास्थ्य एवं जल तनाव को प्रत्यक्ष रूप से प्रभावित करती है, अतः वनस्पति सूचकांकों का उपयोग अप्रत्यक्ष रूप से मृदा आर्द्रता प्राप्ति के लिए किया जाता है। मृदा आर्द्रता में वृद्धि होने पर, पौधों की हरितता एवं आच्छादनता में वृद्धि होती है। मृदा आर्द्रता की कमी से जल तनाव उत्पन्न होता है, जो वनस्पति सूचकांकों में गिरावट के रूप में दिखाई देता है। भिन्न-भिन्न समय पर वनस्पति सूचकांक की तुलना करके, सूखे के प्रभावों को सरलता से निर्धारित किया जा सकता है। NDVI-आधारित सूखा सूचकांक जैसेः वनस्पति स्थिति सूचकांक, सामान्यीकृत अंतर जल सूचकांक (NDWI), सामान्यीकृत बहु-बैंड सूखा सूचकांक (NMDI) और संशोधित लंबवत सूखा सूचकांक (MPDI) का सूखे के प्रबोधन हेतु उपयोग किया गया है।

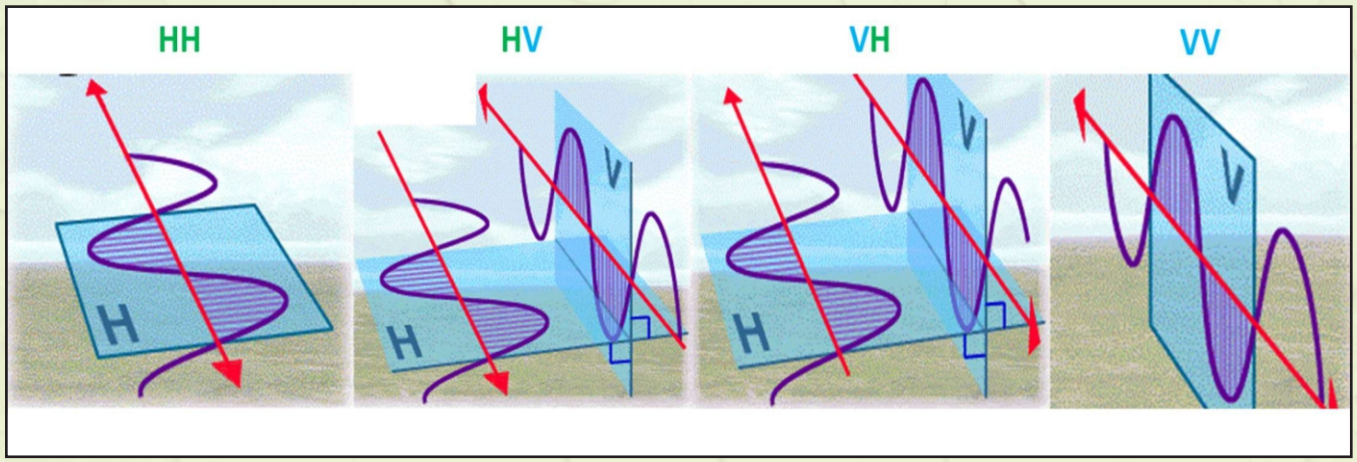
तापीय सुदूर संवेदन द्वारा मृदा आर्द्रता आंकलन की तकनीकें

तापीय जड़ता तकनीक

तापीय सुदूर संवेदन पृथ्वी की सतह से उत्सर्जित ऊष्मा विकिरण के आधार पर भू-सतही तापमान को मापती है। तापीय जड़ता, मृदा का वह गुण है जो यह दर्शाता है कि कोई सतह तापमान परिवर्तन का कितना प्रतिरोध करती है। चूँकि आर्द्र मृदा की तापीय जड़ता, शुष्क मृदा से अधिक होती है, अतः तापीय जड़ता का उपयोग मृदा आर्द्रता आंकलन के लिए किया जाता है। तापीय जड़ता और मृदा आर्द्रता के बीच संबंध को मृदा के तापमान में परिवर्तन या सतह के तापमान के दैनिक आयाम से मात्रात्मक रूप से निर्धारित किया जा सकता है। तापीय जड़ता तकनीक का मूल सिद्धांत है कि शुष्क मृदा, दिन में शीघ्र गर्म और रात में शीघ्र ठंडी होती है जबकि आर्द्र मृदा के दिन-रात के तापमान में अंतर कम होता है। दिन एवं रात में भूमि सतह तापमान का अंतर मृदा आर्द्रता के विलोम आनुपातिक होता है।

तापमान सूचकांक तकनीक

तापमान सूचकांक तकनीक, तापीय सुदूर संवेदन में एक व्यापक रूप से प्रयुक्त दृष्टिकोण है, जिसमें भू-सतही



अंतरिक्ष स्थापित उपग्रहों के सेंसर की विभिन्न SAR तरंग दैर्ध्य की प्रवेश की क्षमता

तापमान और उससे व्युत्पन्न सूचकांकों का उपयोग कर मृदा आर्द्रता की स्थिति का अप्रत्यक्ष आंकलन किया जाता है। यह विधि इस सिद्धांत पर आधारित है कि शुष्क मृदा एवं जल-तनावग्रस्त सतह का तापमान अधिक, जबकि आर्द्र मृदा का तापमान अपेक्षाकृत कम होता है। मृदा आर्द्रता बढ़ने पर वाष्पीकरण एवं वाष्पोत्सर्जन बढ़ता है इसके कारण सतह ठंडी रहती है। मृदा आर्द्रता की कमी से वाष्पीकरण में कमी होगी और अंततः सतही तापमान अधिक होगा। इस प्रकार भूमि सतह तापमान मृदा आर्द्रता के विलोम आनुपातिक होता है। भूमि की सतह पर होने वाली भौतिक और जैविक प्रक्रियाओं के लिए भूमि की सतह का तापमान एक नियंत्रक है। वनस्पति का ना होना एवं तापमान में वृद्धि एक प्रारंभिक संकेतक है कि वनस्पति जल तनाव के अधीन है। इसलिए, मृदा की आर्द्रता के प्रबोधन के लिए भूमि सतह तापमान का उपयोग किया जा सकता है।

प्रकाशीय और तापीय सुदूर संवेदन के सहक्रियात्मक उपयोग द्वारा मृदा आर्द्रता आंकलन की तकनीक

त्रिभुज विधि एक बहुप्रचलित सहक्रियात्मक तकनीक है, जिसमें NDVI और भू-सतही तापमान का एक साथ उपयोग कर मृदा आर्द्रता एवं सतही जल-तनाव का आंकलन किया जाता है। यह तकनीक विशेष रूप से क्षेत्रीय से राष्ट्रीय स्तर पर सूखा एवं मृदा आर्द्रता प्रबोधन के लिए उपयोगी है। इस विधि के अनुसार NDVI, वनस्पति आवरण/घनत्व का प्रतिनिधित्व करता है तथा भू-सतही तापमान, ऊर्जा संतुलन एवं जल-तनाव का संकेतक माना जाता है। समान NDVI स्तर पर, आर्द्र सतह या शुष्क सतह पर अधिक भू-सतही तापमान पाया जायेगा। त्रिभुज विधि में इन दो प्रमुख सूचकांकों का उपयोग करके एक त्रिभुज संरचना बनती है। इस तकनीक में भू-सतही तापमान-NDVI त्रिकोण में, शुष्क तटों के साथ उच्चतम तापमान सतह की मृदा आर्द्रता शून्य होने पर सबसे शुष्क सतह मृदा की स्थिति का प्रतिनिधित्व करता है। जब सतह की मृदा आर्द्रता सर्वाधिक होती है तब सर्वाधिक आर्द्र (संतृप्त) मृदा की स्थिति को न्यूनतम तापमान के माध्यम से आर्द्र तट के साथ परिभाषित किया जाता है।

सारांश

मृदा आर्द्रता या आर्द्रता का शुद्ध प्रबोधन, जलविज्ञान, कृषि, मौसम पूर्वानुमान, बाढ़–सूखा आंकलन तथा जल संसाधन प्रबंधन के लिए अत्यंत आवश्यक है। मृदा आर्द्रता के आंकलन के लिए स्थल-आधारित, सुदूर संवेदी तथा निदर्श-आधारित विभिन्न उपकरणों और तकनीकों का उपयोग किया जाता है। मृदा आर्द्रता आंकलन के लिए कोई एकल तकनीक पर्याप्त नहीं है। इस लेख में मृदा आर्द्रता प्राप्ति के लिए प्रयुक्त अनेक सुदूर संवेदी प्रेक्षण तथा विभिन्न निदर्शन तकनीकों की सूचना को समन्वित किया गया है। SAR, पश्च-प्रकीर्णन आधारित अर्ध-अनुभवजन्य मृदा आर्द्रता निदर्श, जलविज्ञान एवं कृषि अनुप्रयोगों में अत्यंत उपयोगी हैं। ये निदर्श भौतिक यथार्थवाद और व्यावहारिक सरलता के बीच संतुलन प्रदान करते हैं और उपग्रह SAR आंकड़ों से क्षेत्रीय स्तर पर मृदा आर्द्रता प्रबोधन को संभव बनाते हैं। जलविज्ञान एवं जल संसाधन प्रबंधन में यह तकनीक निर्णय-सहायता प्रणाली के रूप में अत्यंत उपयोगी सिद्ध हो रही है। व्यतिकरणमिति तकनीक भूमि-सतह के सूक्ष्म परिवर्तनों के प्रबोधन हेतु एक अत्यंत शक्तिशाली सुदूर संवेदन तकनीक है जिस पर वर्तमान में भी अनुसंधान प्रगति पर है। प्रकाशीय सुदूर संवेदन आधारित एकल स्पेक्ट्रल विश्लेषण तकनीक मृदा आर्द्रता प्राप्ति की एक सरल एवं प्रारंभिक तकनीक है, जो विशेषकर बंजर या कम वनस्पति वाले क्षेत्रों में उपयोगी सिद्ध होती है। हालाँकि इसकी सीमाएँ हैं, फिर भी यह बहु-स्पेक्ट्रल एवं निदर्श-आधारित विधियों के लिए एक महत्वपूर्ण आधार प्रदान करती है। तापीय सुदूर संवेदन आधारित तकनीक मृदा आर्द्रता प्राप्ति हेतु एक प्रभावी, सरल एवं क्षेत्रीय दृष्टिकोण प्रदान करती है। ये तकनीकें विशेष रूप से भू-सतही तापमान, NDVI संयोजन सूखा प्रबोधन, कृषि जल प्रबंधन तथा जलविज्ञानीय अध्ययन में व्यापक रूप से अपनाई जाती हैं।

पारंपरिक स्थल-आधारित मापन सीमित क्षेत्र तक ही प्रभावी होते हैं, जबकि सुदूर संवेदन तकनीकें वृहत्त क्षेत्र में, निरंतर और समयबद्ध मृदा आर्द्रता प्रबोधन की क्षमता प्रदान करती हैं। भारत जैसे कृषि-प्रधान और जल-संवेदनशील देश में भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन के उपग्रह एवं राष्ट्रीय जल सूचना प्रणाली के साथ सुदूर संवेदन आधारित मृदा आर्द्रता आंकलन तकनीकें, नीति-निर्माण और जल प्रबंधन में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकती हैं। आने वाले वर्षों में नए अंतरिक्ष मिशनों, उन्नत सेंसरों और शुद्ध विश्लेषण तकनीकों के साथ मृदा आर्द्रता आंकलन एवं प्रबोधन का भविष्य और अधिक सशक्त होने की संभावना है। नए अंतरिक्ष मिशन, बहु-सेंसर आंकड़े, कृत्रिम बुद्धिमता (AI) आधारित विश्लेषण और उच्च रिजॉल्यूशन उपग्रह मिलकर मृदा आर्द्रता आंकलन को स्थानीय से वैश्विक स्तर तक शुद्ध, निरंतर और उपयोगकर्ता-उन्मुख बनाएंगे। यह न केवल जलविज्ञान और कृषि के लिए, बल्कि सतत जल संसाधन प्रबंधन एवं जलवायु अनुकूलन के लिए भी एक मजबूत आधार प्रदान करेगा।

संपर्क करें:

डॉ. मनीष कुमार नेमा

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान,

रुड़की।



पी.के. अग्रवाल

सिंधु नदी का जलविज्ञानीय विश्लेषण

सिंधु नदी, एशिया की सर्वाधिक महत्वपूर्ण जल-निकासी प्रणालियों में से एक है। यह नदी तिब्बत के कैलाश पर्वत श्रृंखला के निकट से उद्गमित होती है और तत्पश्चात यह हिन्दूकुश, काराकोरम और हिमालय की पर्वतीय श्रृंखलाओं से होकर पश्चिम दिशा में समृद्ध मैदानों से प्रवाहित होते हुए अंततः अरब सागर में समाहित हो जाती है। सिंधु बेसिन में स्थित कश्मीर घाटी अपनी अद्भुत प्राकृतिक सुंदरता और जलाशयों के कारण प्रसिद्ध है। इसी कारण इसे अक्सर ''धरती का स्वर्ग'' कहा जाता है। यहाँ स्थित झीलों और नदियों का अत्यधिक पारिस्थितिक और सामाजिक-आर्थिक महत्व है। कश्मीर घाटी की डल झील, वुलर झील, नागिन झील तथा मानसर झील अपनी मनमोहक प्राकृतिक शोभा के लिए प्रसिद्ध हैं।

जल एक अद्वितीय और अमूल्य संसाधन है जिसका कोई विकल्प नहीं है। यह जीवन के लिए अति आवश्यक है। अतः स्वच्छ जल सर्वाधिक महत्वपूर्ण संसाधन है। पर्याप्त जल-उपलब्धता, सामाजिक, आर्थिक, सांस्कृतिक तथा राजनीतिक विकास एवं प्रगति का आधार बनती है। यह सर्वविदित है कि जल-संकट ने न केवल अतीत में आर्थिक विकास को बाधित किया है, बल्कि ऊर्जा तथा कृषि जैसी परस्पर आश्रित मूल संरचनाओं पर भी इसका गहरा प्रभाव पड़ा है। इसके अतिरिक्त, आज जल की मात्रा और गुणवत्ता दोनों ही गंभीर रूप से प्रभावित हो रही हैं, जिनके कारणों में जनसंख्या वृद्धि, अव्यवस्थित नगरीकरण, सामाजिक-राजनीतिक नीतियाँ तथा जलवायु परिवर्तन आदि प्रमुख हैं। सिंधु नदी बेसिन भी इन प्रभावों से समान रूप से प्रभावित है।

ऐतिहासिक पृष्ठभूमि

सिंधु घाटी सभ्यता, जिसे हड़प्पा सभ्यता भी कहा जाता है, लगभग 4000 ई.पू. से 2500 ई.पू. के प्रारंभिक काल तक सिंधु नदी बेसिन में विकसित हुई थी। हड़प्पा सभ्यता प्राचीन विश्व की सर्वाधिक विकसित नगरीय सभ्यताओं में से एक थी। यह सभ्यता सिन्धु-गंगा बेसिन के जलोढ़ मैदानों में विकसित हुई, जो वर्तमान में पाकिस्तान और उत्तर-पश्चिमी भारत के भू-भाग हैं। मुख्यतः हिमालयी नदियों और मानसूनी नदियों के तट पर स्थित, हड़प्पा और मोहनजोदड़ो के प्राप्त अवशेषों से यह स्पष्ट होता है कि उस समय भी सुविकसित जल निकासी प्रणाली, जलापूर्ति तंत्र, भूमिगत कूप तथा वृहत्त सार्वजनिक भवन उपलब्ध थे जो उस काल में भी उत्कृष्ट अभियांत्रिकी और नगरीय नियोजन का एक श्रेष्ठ उदाहरण हैं। इन बस्तियों की प्रमुख विशेषताओं में प्रभावी अपशिष्ट जल निकासी व्यवस्था, संभवतः सार्वजनिक स्नानागार, और अन्न भंडार सम्मिलित हैं। यहाँ की सिंचाई और जल प्रबंधन प्रणालियाँ अत्यंत विकसित थीं, जिनके कारण यह सभ्यता कई शताब्दियों तक कृषि उत्पादन में अग्रणी रही। सिंधु सभ्यता के पतन का प्रमुख कारण जल मौसमविज्ञानीय चरम स्थितियाँ उदाहरणतः भीषण बाढ़ या सूखा मानी जाती हैं, जिन्होंने कृषि एवं अर्थव्यवस्था को प्रभावित किया।

अतः यह कहा जा सकता है कि इस सभ्यता का उदय और पतन दोनों ही जल संसाधनों से गहराई से सम्बद्ध थे।

सिंधु नदी बेसिन

सिंधु नदी, एशिया की सर्वाधिक महत्वपूर्ण जल-निकासी प्रणालियों में से एक है। यह नदी तिब्बत के कैलाश पर्वत श्रृंखला के निकट से उद्गमित होती है और तत्पश्चात यह हिन्दूकुश, काराकोरम और हिमालय की पर्वतीय श्रृंखलाओं से होकर पश्चिम दिशा में समृद्ध मैदानों से प्रवाहित होते हुए अंततः अरब सागर में समाहित हो जाती है। सिंधु बेसिन में स्थित कश्मीर घाटी अपनी अद्भुत प्राकृतिक सुंदरता और जलाशयों के कारण प्रसिद्ध है। इसी कारण इसे अक्सर ''धरती का स्वर्ग'' कहा जाता है। यहाँ स्थित झीलों और नदियों का अत्यधिक पारिस्थितिक और सामाजिक-आर्थिक महत्व है। कश्मीर घाटी की डल झील, वुलर झील, नागिन झील तथा मानसर झील अपनी मनमोहक प्राकृतिक शोभा के लिए प्रसिद्ध हैं।

सिंधु नदी की कुल लंबाई लगभग 2,880 किलोमीटर है, जिसमें से 1,114 किलोमीटर का भाग भारत में स्थित है। यह नदी विश्व की सबसे बड़ी अंतर्राष्ट्रीय नदियों में से एक है, जिसका कुल आवाह क्षेत्र 1,165,500 वर्ग किलोमीटर है जो मुख्यतः एशिया के चार देशों पाकिस्तान (692,700 वर्ग किलोमीटर), भारत (321,289 वर्ग किलोमीटर), अफगानिस्तान और चीन में स्थित है। सिन्धु नदी तंत्र की नदियाँ पश्चिम की ओर प्रवाहित होती हुई पाकिस्तान के सिंध प्रांत से होकर अरब सागर में समाहित हो जाती हैं। सिंधु नदी बेसिन पर 30 करोड़ से अधिक

लोगों की आजीविका निर्भर है। जिनमें से 61% पाकिस्तान, 35% भारत, तथा 4% अफगानिस्तान और चीन में रहते हैं। सिंधु नदी बेसिन इन देशों के लिए जल संसाधन का प्रमुख स्रोत है और इसलिए जल-सुरक्षा इस क्षेत्र के सतत विकास की मुख्य चुनौती है। सिंधु नदी की जलवैज्ञानिक प्रक्रियाएँ इसके विभिन्न भू-भागों जैसे हिमाच्छादित पर्वतीय घाटियाँ, मानसूनी मैदान और डेल्टाई तटीय क्षेत्र से जुड़ी हैं जिनमें से प्रत्येक के जल प्रबंधन का अपना विशिष्ट स्वरूप है। सिंधु नदी बेसिन भारत की भौगोलिक सीमाओं में 28° 52' उत्तरी अक्षांश से 37° 20' उत्तरी अक्षांश तथा 72° 35' पूर्व से 79° 50' पूर्व देशांतर के मध्य जम्मू और कश्मीर, हिमाचल प्रदेश, पंजाब, राजस्थान, हरियाणा तथा चंडीगढ़ (संघ राज्य क्षेत्र) में स्थित है। भारत के विभिन्न राज्यों में सिन्धु बेसिन के आवाह क्षेत्र के वितरण को सारणी-1 में दर्शाया गया है।

सारणी-1: भारत के विभिन्न राज्यों में सिन्धु बेसिन के आवाह क्षेत्र का वितरण

राज्य	आवाह क्षेत्र (वर्ग किलोमीटर)
जम्मू और कश्मीर	193,762
हिमाचल प्रदेश	51,358
पंजाब	50,306
राजस्थान	15,814
हरियाणा	9,939
चंडीगढ़	110
कुल	321,289

सिंधु बेसिन की जलवायु

सिंधु बेसिन की जलवायु उष्णकटिबंधीय से लेकर शीतोष्ण और अधिक ऊँचाई वाले क्षेत्रों में शीत मरुस्थलीय प्रकार की है। सिंधु नदी बेसिन के तापमान और जलवायु में अत्यधिक विविधता पाई जाती है। बेसिन में मानसून का प्रभाव बेसिन के निचले भागों में अधिक है, जबकि ऊपरी भाग में जलवायु मुख्यतः पश्चिमी विक्षोभों से प्रभावित होती है। इन विक्षोभों के कारण सर्दियों में भारी हिमपात और वर्षा होती है, जबकि ग्रीष्म ऋतु में तापमान अधिक और आर्द्रता कम रहती है। बेसिन के ऊपरी भागों में शरद ऋतु में भारी हिमपात होने के कारण कड़ाके की सर्दी पड़ती है जबकि बेसिन के निचले भाग में शरद ऋतु में हल्की सर्दी और ग्रीष्म ऋतु में तीव्र गर्मी पड़ती है। उदाहरण के लिए श्रीनगर, जो बेसिन के ऊपरी भाग में कश्मीर घाटी में स्थित है, वहाँ जनवरी में न्यूनतम तापमान -6.7°C तक गिर जाता है, जबकि जुलाई में अधिकतम तापमान 35°C तक पहुँचता है। इसके विपरीत बेसिन के निचले भागों (जम्मू क्षेत्र) के विभिन्न भागों में शरद ऋतु में हल्की सर्दी और ग्रीष्म ऋतु में तीव्र गर्मी पड़ती है। बेसिन के निचले क्षेत्र के विभिन्न भागों में तापमान और वर्षा के वार्षिक आंकड़े नीचे दी गई सारणी -2 में दर्शाए गए हैं।



प्राचीन सिंधु घाटी सभ्यता का एक दृश्य

सारणी -3 में सिन्धु नदी बेसिन के जम्मू भू-भाग में मासिक वर्षा और पैन वाष्पन के औसत मान दर्शाए गए हैं। सारणी से यह स्पष्ट है कि जम्मू क्षेत्र में अगस्त माह में सबसे अधिक और दिसम्बर माह में सबसे कम वर्षा होती है।

जम्मू और कश्मीर में कृषि स्थिति

सिंधु बेसिन के जम्मू और कश्मीर तथा हिमाचल प्रदेश राज्यों में स्थित मुख्यतः ऊपरी भू-भाग में पहाड़ियाँ और संकरी घाटियाँ सम्मिलित हैं। इसके विपरीत, पंजाब, हरियाणा और राजस्थान के क्षेत्र वृहत्त उपजाऊ मैदानों से निर्मित हैं। इस बेसिन में पाई जाने वाली मृदा मुख्यतः उप-पर्वतीय, भूरी पर्वतीय, और जलोढ़ मृदा प्रकार की हैं। जम्मू और कश्मीर राज्य में कुल शुद्ध बोया गया क्षेत्रफल लगभग 0.748 मिलियन हेक्टेयर है, जो लगभग बराबर अनुपात में जम्मू क्षेत्र और कश्मीर क्षेत्र में विभाजित है। यद्यपि, कश्मीर क्षेत्र में एक से अधिक बार बोई गई भूमि बहुत कम है, क्योंकि वहाँ की जलवायु अपेक्षाकृत अधिक ठंडी है। इस कारण जम्मू क्षेत्र में फसल घनत्व कश्मीर की तुलना में कहीं अधिक है। इसके अतिरिक्त जम्मू क्षेत्र में यद्यपि सिंचित क्षेत्र मात्र 25% है, तथापि यह क्षेत्र राज्य के कुल अनाज उत्पादन का लगभग 70% अनाज उत्पादित करता है। सिन्धु नदी बेसिन का कुल 9.6 मिलियन हेक्टेयर कृषि योग्य क्षेत्रफल, देश के कुल कृषि योग्य क्षेत्रफल का लगभग 4.9% है। सिन्धु नदी बेसिन के जम्मू और कश्मीर भू-भागों में फसल क्षेत्र और अनाज उत्पादन का विवरण सारणी- 4 में दर्शाया गया है।

सारणी -2: सिंधु बेसिन के जम्मू क्षेत्र की जलवायु विशेषताएँ

क्र. सं.	स्थान	अधिकतम तापमान °C में	न्यूनतम तापमान °C में	वार्षिक वर्षा (मिमी)
1.	जम्मू	18.7 - 32.7	7.0 - 26.2	1,300
2.	कठुआ	18.5 - 39.4	8.0 - 26.0	1,450
3.	ऊधमपुर	18.0 - 38.0	6.5 - 25.4	1,070
4.	राजौरी	16.5 - 36.0	5.3 - 23.0	1,065
5.	डोडा	16.5 - 37.5	6.0 - 23.2	460
6.	पुंछ	15.3 - 32.0	4.3 - 21.4	951

सारणी-3: सिन्धु नदी बेसिन के जम्मू भू-भाग में मासिक वर्षा एवं वाष्पन

माह	वर्षा (मिमी)	पैन वाष्पन (मिमी)	माह	वर्षा (मिमी)	पैन वाष्पन (मिमी)
जनवरी	35.0	15.4	जुलाई	318.3	135.6
फरवरी	50.7	28.3	अगस्त	497.8	113.1
मार्च	57.8	116.1	सितंबर	135.8	102.6
अप्रैल	34.9	202.8	अक्टूबर	78.1	75.8
मई	12.5	186.0	नवंबर	25.2	44.6
जून	49.0	180.0	दिसंबर	5.2	25.0
	कुल योग (वार्षिक)			1,300.3	1,225.3

सारणी- 4: सिन्धु नदी बेसिन के जम्मू और कश्मीर भू-भागों में फसल क्षेत्र और अनाज उत्पादन

विवरण	जम्मू	कश्मीर	कुल
शुद्ध बोया गया क्षेत्र (मिलियन हेक्टेअर)	0.39	0.34	0.748
एक से अधिक बार बोया गया क्षेत्र (मिलियन हेक्टेअर)	0.29	0.07	0.367
फसल घनत्व (%)	174.4	120.6	149.1
सिंचित क्षेत्र का प्रतिशत (%)	25.6	55.8	41.5
खाद्यान्न उत्पादन (मिलियन टन)	0.77	0.34	1.12
अनुमानित आवश्यकता (मिलियन टन)	0.88	1.09	2.02

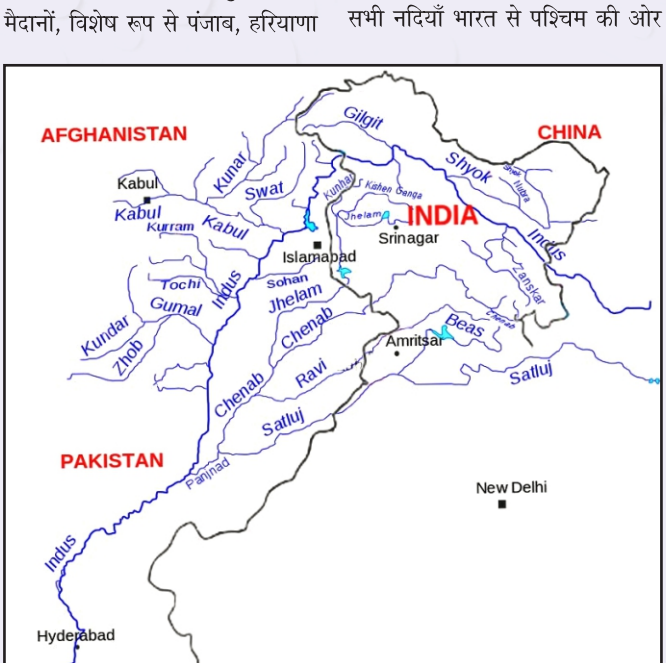
सिंधु नदी बेसिन की सतही जल संभाव्यता

सिंधु नदी तंत्र भारत और पाकिस्तान दोनों देशों के लिए कृषि, ऊर्जा, जलापूर्ति और औद्योगिक विकास का प्रमुख आधार है। सिंधु नदी बेसिन विश्व की सबसे बड़ी सिंचित कृषि प्रणाली है जहाँ नहरों और जलाशयों का विस्तृत तंत्र विकसित किया गया है। बेसिन में माध्य वार्षिक जल प्रवाह दर लगभग 7,900 घन मीटर प्रति सैकेंड तथा बेसिन की नदियों का कुल माध्य वार्षिक जल प्रवाह लगभग 187 घन किलोमीटर आँका गया है, जिसका लगभग 60% भाग हिमगलन से प्राप्त होता है। भारत में सिंधु बेसिन में लगभग 73.3 घन किलोमीटर माध्य वार्षिक सतही जल संभाव्यता का आंकलन किया गया है, जिसमें से लगभग 46.0 घन किलोमीटर सतही जल उपयोगी माना गया है। वहीं, पाकिस्तान में सिंधु नदी देश के कुल सिंचित क्षेत्रफल का लगभग 80% भाग को पोषित करती है। वर्ष 1947 के बाद से बेसिन में जलाशयों की उपयोगी जल संचयन क्षमता में उल्लेखनीय वृद्धि हुई है। प्रथम पंचवर्षीय योजना के दौरान उपलब्ध जल संसाधन परियोजनाओं की कुल उपयोगी जल संचयन क्षमता मात्र 0.01 घन किलोमीटर थी। जो वर्तमान में बढ़कर 16.32 घन किलोमीटर तक पहुँच गई है। निर्माणाधीन परियोजनाओं के पूर्ण होने पर उपयोगी जल संचयन क्षमता में और अधिक वृद्धि संभावित है।

सिंधु बेसिन की जलविद्युत क्षमताः भारत के सिंधु बेसिन में जलविद्युत उत्पादन की कुल क्षमता लगभग 33,832 मेगावाट आंकलित की गयी है, जिसका एक वृहत्त भाग, विशिष्टतः चेनाब नदी बेसिन में, अभी भी अविकसित है। वर्ष 2012 तक, भारत द्वारा लगभग 10,779 मेगावाट जलविद्युत क्षमता विकसित की जा चुकी थी और लगभग 4,581 मेगावाट जलविद्युत क्षमता प्रगति पर है। सिंधु बेसिन में उपलब्ध सर्वाधिक जलविद्युत क्षमता चेनाब और झेलम नदियों में उपलब्ध है, जबकि रावी नदी में सबसे कम जलविद्युत क्षमता की उपलब्धता है।

सिंधु नदी बेसिन की भूजल संभाव्यता

सिंधु नदी बेसिन में, विशिष्टतः जलोढ़ मैदानों में, भूजल की पर्याप्त क्षमता उपलब्ध है, लेकिन अत्यधिक दोहन, घटते जल स्तर और लवणता के कारण यह खतरे में है। सिंधु बेसिन के मैदानों, विशेष रूप से पंजाब, हरियाणा और राजस्थान में, भूजल का अत्यधिक दोहन किया जा रहा है। यह क्षेत्र भारत का सबसे सिंचित और उत्पादक कृषि क्षेत्र है, जहाँ कुएँ और ट्यूबवेल प्रमुख जलस्रोत हैं। पंजाब में लगभग 75% सिंचाई जल भूजल से प्राप्त होता है, जबकि हरियाणा में यह अनुपात लगभग 80% है। यद्यपि, निरंतर दोहन से कई क्षेत्रों में भूजल स्तर और जल गुणवत्ता में गिरावट की समस्या उत्पन्न हो गई है।



सिंधु नदी बेसिन

सिंधु नदी की सहायक नदियाँ

सिंधु नदी की लगभग 27 प्रमुख सहायक नदियाँ हैं जिनकी कुल लंबाई लगभग 5,600 किमी आँकी गई है। सिंधु नदी के ऊपरी भाग में दाएँ तट की प्रमुख सहायक नदियाँ काबुल, स्वात, और कुर्रम हैं। सिन्धु नदी के बाएँ तट की पाँच प्रमुख सहायक नदियों में झेलम, चेनाब, रावी, ब्यास और सतलुज प्रमुख हैं। ये पाँचों नदियाँ मुख्य रूप से पंजाब क्षेत्र में बहती हैं। इन्हीं पाँच नदियों के कारण इस प्रदेश का नाम "पंजाब" पड़ा, जहाँ "पंज" का अर्थ है "पाँच" और "आब" का अर्थ है "नदी", अर्थात् "पाँच नदियों की भूमि"। ये सभी नदियाँ भारत से पश्चिम की ओर बहती हुई पाकिस्तान में प्रवेश करती हैं। भारत और पाकिस्तान के बीच सिंधु नदी और उसकी सहायक नदियों के जल बंटवारे को लेकर हुई सिन्धु जल संधि के अंतर्गत रावी, ब्यास और सतलुज नदियों के जल के उपयोग का अधिकार भारत को और सिंधु, एवं उसकी सहायक नदियों झेलम और चेनाब के जल के उपयोग का अधिकार पाकिस्तान को दिया गया है।

झेलम नदी

झेलम नदी सिंधु नदी तंत्र की एक महत्वपूर्ण सहायक नदी है, जो कश्मीर घाटी की कृषि, जलापूर्ति, और पारिस्थितिकी के लिए अत्यधिक महत्त्वपूर्ण है। झेलम नदी को कश्मीर में वितस्ता के नाम से भी जाना जाता है। यह नदी कश्मीर घाटी के ऊपरी छोर पर स्थित वेरिनाग नामक जल स्रोत से उद्गमित होती है, जो एक ऊँचे पर्वतीय प्रक्षेप के तल पर स्थित पर्वतीय जल स्त्रोत है। झेलम नदी की सहायक नदियाँ लिद्दर, सिंध एवं पोहरू कश्मीर क्षेत्र से ही उद्गमित होती हैं। झेलम नदी अपने उद्गम से लगभग 322 किमी की दूरी तय करने के बाद ट्रिम्मू नामक स्थान पर चेनाब नदी में समाहित होती है। इसके पश्चात झेलम नदी पीर पंजाल पर्वत श्रृंखला को पार करके पाकिस्तान की सीमा में प्रवेश करती है। अपने उद्गम से पाकिस्तान सीमा तक नदी का जलग्रहण क्षेत्र लगभग 34,775 वर्ग किलोमीटर है। इस नदी का जल प्रवाह मुख्यतः हिमपात एवं हिमगलन पर निर्भर है, जिसके कारण इस नदी के मौसमी प्रवाह में भारी उतार-चढ़ाव पाया जाता है। सर्दियों में झेलम नदी में जलस्तर बहुत कम होता है, जबकि गर्मी और मानसून के महीनों में वर्षा और हिमगलन के कारण इसमें जल प्रवाह अत्यधिक बढ़ जाता है।

भारत में झेलम नदी पर निर्मित प्रमुख जल विद्युत परियोजनाओं में उरी-I जलविद्युत परियोजना, उरी-II जलविद्युत परियोजना एवं किशनगंगा जलविद्युत परियोजना प्रमुख हैं। इसके अतिरिक्त झेलम नदी पर निर्मित अन्य परियोजनाओं में निमू बाजगो बांध और ऊपरी सिंध तथा निचली सिंध परियोजनाओं जैसे कई छोटे जलविद्युत संयंत्र भी शामिल हैं।

भारत में झेलम नदी में, विशेष रूप से कश्मीर घाटी में, सिंचाई की प्रचुर क्षमता उपलब्ध है, क्योंकि इसका जल रासायनिक रूप से सिंचाई के लिए उपयुक्त है। जलोढ़ मैदानों और उससे जुड़े क्षेत्रों में सिंचाई की क्षमता अधिक है, लेकिन जल उपलब्धता पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव जैसी चुनौतियाँ भी हैं। नदी के जल का उपयोग नहरों, नलकूपों और लिफ्ट सिंचाई जैसी विभिन्न प्रणालियों के माध्यम से सिंचाई

के लिए किया जाता है, और सिंधु बेसिन, जिसमें झेलम भी शामिल है, में लंबित सिंचाई परियोजनाओं को तेजी से पूर्ण करने के लिए सरकार लगातार प्रयास कर रही है।

सिंधु नदी तंत्र न केवल भौगोलिक दृष्टि से, बल्कि सामाजिक-आर्थिक, पारिस्थितिकीय और रणनीतिक दृष्टि से भी भारत और पाकिस्तान दोनों देशों के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है। सिंधु बेसिन में बाढ़, सूखा, जल प्रदूषण, जल गुणवत्ता और पर्यावरणीय गिरावट तेजी से उभरती चुनौतियाँ हैं बेसिन की दीर्घकालिक स्थिरता सुनिश्चित करने के लिए अविरत जल प्रबंधन, जलवायु अनुकूलन और सीमापार सहयोग अत्यंत आवश्यक है। यदि बेसिन की समस्याओं के समाधान हेतु समय रहते समेकित कदम न उठाए गए, तो यह न केवल पारिस्थितिकीय संतुलन को प्रभावित करेगा, बल्कि मानव स्वास्थ्य और कृषि उत्पादकता पर भी गहरा असर डालेगा। सतत विकास हेतु आवश्यक है कि प्रदूषण नियंत्रण, पारिस्थितिकीय संरक्षण, और सामुदायिक सहभागिता इन तीनों को एकीकृत दृष्टिकोण से अपनाया जाए।

चेनाब नदी

चेनाब नदी, सिंधु नदी तंत्र की पाँच प्रमुख नदियों में से एक है, जिसका अधिकांश भाग भारत में स्थित है, जबकि इसका निम्न भाग, जहाँ यह सिंधु नदी में समाहित होती है, पाकिस्तान में स्थित है। भारत में चेनाब बेसिन का भू-भाग पश्चिमी हिमालय में 30° से 34° उत्तरी अक्षांश तथा 74° से 78° पूर्वी देशांतर के मध्य, मुख्य रूप से दो राज्यों हिमाचल प्रदेश और जम्मू एवं कश्मीर में, जो हिमालय के पश्चिमी छोर का निर्माण करते हैं, में फैला हुआ है। इस बेसिन का ऊपरी भाग जांस्कर और पीर पंजाल पर्वत श्रृंखलाओं के मध्य तथा निचला भाग पीर पंजाल और धौलाधार पर्वत श्रृंखलाओं के मध्य फैला हुआ है। चेनाब नदी का उद्गम चंद्रा और भागा नदियों के संगम से होता है, अतः इसे चंद्रभागा भी कहा जाता है। चंद्रा नदी का उद्गम बारालाचा दर्रे के दक्षिण-पूर्वी भाग में समुद्र तल से लगभग 5,639 मीटर की ऊँचाई पर स्थित हिम क्षेत्र से तथा भागा नदी का उद्गम बारालाचा दर्रे के उत्तर-पश्चिमी ढाल पर लगभग 8,477 मीटर ऊँचाई से होता है। चंद्रा नदी अपने उद्गम से 90 किलोमीटर तथा भागा नदी अपने उद्गम से 105 किलोमीटर के प्रवाह के बाद तांदी नामक स्थान पर परस्पर मिलती हैं। इन दोनों नदियों के संगम के बाद संयुक्त धारा को चंद्रभागा या चेनाब नदी कहा जाता है। अपने उद्गम से अखनूर तक भारतीय भू भाग में इस नदी की कुल लम्बाई 535 किमी है। अखनूर से आगे यह नदी पाकिस्तान में प्रवाहित होती है। चेनाब नदी की सहायक नदियों में तावी, थिरोट, शेडी, सोहल, लिद्दर मरुसुदर, नीरू, पुगल, बगी, बचलेरी और आना प्रमुख हैं।



बगलिहार परियोजना

चेनाब नदी में 11,283 मेगावाट से लेकर 150,000 मेगावाट से अधिक की अपार अनुमानित जलविद्युत क्षमता उपलब्ध है। तथापि इस जल विद्युत क्षमता का बहुत कम उपयोग किया जा सका है। चेनाब नदी पर बने प्रमुख बांधों में बगलिहार बांध, सलाल बांध और दुलहस्ती जल विद्युत परियोजना शामिल हैं। ये सभी परियोजनाएं जम्मू और कश्मीर राज्य में स्थित हैं। अन्य महत्वपूर्ण बांधों में रतले परियोजना, पाकल दुल बांध और किरू परियोजना शामिल हैं, जो चेनाब की एक सहायक नदी पर स्थित है। इसके अतिरिक्त 1,856 मेगावाट की सावलकोट जलविद्युत परियोजना, जिसे 'राष्ट्रीय महत्व' की परियोजना माना जा रहा है, का निर्माण कार्य तेजी से चल रहा है। चेनाब बेसिन में वर्ष 1905 में निर्मित रणबीर नहर एक महत्वपूर्ण सिंचाई परियोजना है। इस नहर का कृषि सिंचाई क्षेत्र लगभग 38,623 हेक्टेयर है, और इसने 67,814 हेक्टेयर तक की सिंचाई क्षमता विकसित की है, जिसमें से 65,458 हेक्टेयर क्षेत्र में वास्तव में सिंचाई की जाती है। वर्तमान में भारत सरकार रणबीर नहर का दोहरीकरण करके जम्मू क्षेत्र में सिंचाई के लिए नदी से 150 घन मीटर अतिरिक्त जल प्राप्त करने की योजना बना रही है।

ब्यास नदी

ब्यास नदी सिंधु नदी प्रणाली की एक महत्वपूर्ण सहायक नदी है। ब्यास नदी का उद्गम कुल्लू जिले में रोहतांग दर्रे के निकट समुद्र तल से लगभग 4,000 मीटर की ऊँचाई पर स्थित ब्यास कुंड से होता है। यह वही स्थान है जहाँ महर्षि व्यास ने तपस्या की थी, और इसी कारण इस नदी का नाम "ब्यास" पड़ा। ब्यास नदी और उसकी घाटियाँ जैव विविधता से समृद्ध हैं। यहाँ देवदार, रॉडोडेंड्रॉन, और शहतूत जैसे वृक्षों की बहुतायत है, और यह क्षेत्र वन्यजीवों के लिए प्राकृतिक आश्रय प्रदान करता है। यद्यपि, हाल के वर्षों में पर्यटन, शहरीकरण और बाँध निर्माण के कारण इस क्षेत्र में पर्यावरणीय दबाव बढ़ा है।

ब्यास नदी की कुल लम्बाई लगभग 470 किलोमीटर है। यह हिमाचल प्रदेश राज्य में मनाली, कुल्लू, सुंदरनगर, मंडी, पंडोह, कांगड़ा जिलों, और पंजाब राज्य के होशियारपुर और फिरोजपुर जिलों से प्रवाहित होती हुई अंततः हरिके के निकट सतलुज नदी में समाहित हो जाती है। ब्यास बेसिन का कुल जलग्रहण क्षेत्रफल लगभग 20,303 वर्ग किलोमीटर है। जो पूर्णतः हिमाचल

प्रदेश के अंतर्गत आता है। ब्यास बेसिन में औसत वार्षिक वर्षा लगभग 1,200 मिमी आँकी गई है। नदी के प्रवाह में प्राप्त जल में मुख्यतः मानसूनी वर्षा और हिमगलन का योगदान होता है। इस नदी में जुलाई से सितंबर माह के मध्य अधिकतम और माह जनवरी से अप्रैल के मध्य न्यूनतम प्रवाह प्राप्त होता है। ब्यास नदी की प्रमुख सहायक नदियाँ पार्वती, सैंज, उहल, बिनवा और बानगंगा हैं।

ब्यास बेसिन में लगभग 4877.70 मेगावाट की अनुमानित जलविद्युत क्षमता उपलब्ध है। इसमें 22 चालू परियोजनाएँ शामिल हैं जिनकी कुल क्षमता 2820.90 मेगावाट है। ब्यास नदी पर मुख्यतः जलविद्युत और सिंचाई के लिए अनेक जल संसाधन परियोजनाएँ मौजूद हैं जिनमें पौंग बाँध, पंडोह बाँध और ब्यास-सतलुज लिंक परियोजना प्रमुख हैं।

रावी नदी

रावी नदी भी सिंधु नदी प्रणाली की एक महत्वपूर्ण सहायक नदी है। यह नदी हिमाचल प्रदेश के चंबा जिले में धौलाधार पर्वत श्रृंखला में स्थित कुंडल नामक हिमनद से उद्गमित होती है और पंजाब के मैदानी क्षेत्रों से प्रवाहित होती हुई अंततः पाकिस्तान में जाकर चेनाब नदी में समाहित हो जाती है। नदी की कुल लंबाई लगभग 720 किलोमीटर है। भारत में यह नदी लगभग 320 किलोमीटर की लम्बाई में बहती है और फिर माधोपुर के पास भारत–पाकिस्तान सीमा को पार कर पाकिस्तान के पंजाब प्रांत में प्रवेश करती है। रावी नदी का ऊपरी भाग संकीर्ण, तीव्र प्रवणता वाली गहरी घाटियों से होकर गुजरता है, जबकि निचले भाग में यह धीरे-धीरे चौड़ी घाटियों और मैदानी क्षेत्रों में बहती है। रावी नदी की सहायक नदियों में सीउल, बुधिल, बजलीखड, उझ एवं बैरा नदी प्रमुख हैं। रावी नदी के तटीय क्षेत्र कई वन्यजीव प्रजातियों और वनस्पतियों का आवास हैं। यद्यपि बढ़ते शहरीकरण, रेत खनन और अवसंरचनात्मक परियोजनाओं के परिणामस्वरूप इसकी पारिस्थितिकी पर दबाव बढ़ा है। केंद्र और राज्य सरकारें संयुक्त रूप से रावी नदी बेसिन में जल गुणवत्ता संरक्षण, अपशिष्ट नियंत्रण और तटीय पुनर्वास के कार्यक्रम चला रही हैं।

भारत में रावी नदी पर बने प्रमुख बांधों में रणजीत सागर (थीन बांध) बहुउद्देशीय परियोजना, चमेरा जलविद्युत परियोजनाएं (चमेरा I, II और III), शाहपुर कंडी बैराज और माधोपुर हेडवर्क्स शामिल हैं। ये परियोजनाएँ विद्युत उत्पादन के साथ- 2 पंजाब तथा जम्मू-कश्मीर राज्यों को सिंचाई के लिए भी जल उपलब्ध कराती हैं।

सतलुज नदी

सतलुज नदी, भारत के पंजाब, हरियाणा और राजस्थान राज्यों के लिए सिंचाई, ऊर्जा और जल आपूर्ति का प्रमुख स्रोत है। सतलुज नदी, सिंधु नदी प्रणाली की सबसे लंबी और महत्त्वपूर्ण सहायक नदी है। वैदिक काल में सतलुज नदी को 'शुतुद्रि' कहा जाता था। यह नदी तिब्बत में कैलाश पर्वत के दक्षिण-पश्चिमी ढालों पर समुद्र तल से लगभग 4,572 मीटर की ऊँचाई पर स्थित राक्षसताल झील के निकट से उद्गमित होती है। सतलुज नदी तिब्बत में लगभग 320 किलोमीटर तक बहती है, जहाँ इसे लंगचेन खंबाब या हाथी का मुख नाम से जाना जाता है। तिब्बत में यह नदी शिगास्ते नगर के निकट स्पीति नदी को ग्रहण करके हिमाचल प्रदेश में शिपकी-ला दर्रे से भारत में प्रवेश करती है। हिमाचल प्रदेश में किन्नौर, शिमला, कुल्लू, मंडी, और बिलासपुर जिलों से प्रवाहित होते हुए अंततः यह पंजाब से होकर बहती है और पाकिस्तान में चेनाब नदी से मिलकर अंततः सिंधु नदी में समाहित हो जाती है। सतलुज नदी की कुल लंबाई लगभग 1,450 किलोमीटर है। जिसमें से लगभग 1,050 किलोमीटर भारत में प्रवाहित होती है। सतलुज नदी की प्रमुख सहायक नदियों में स्पीति, बस्पा, सोहन एवं ब्यास नदी प्रमुख हैं।

सतलुज नदी का प्रवाह मुख्यतः हिमगलन और मानसून वर्षा से पोषित होता है। जुलाई से सितंबर माह में नदी अपने चरम प्रवाह पर होती है। यद्यपि, अत्यधिक बाँध निर्माण के कारण इसकी प्रकृति में परिवर्तन आया है, जिससे परिस्थितिकीय संतुलन प्रभावित हुआ है। सरकार और शोध संस्थान मिलकर पर्यावरणीय प्रवाह को बनाए रखने के उपाय कर रहे हैं, जिससे सतलुज नदी का जैविक और सामाजिक महत्व सुरक्षित रह सके।

सतलुज नदी सिंचाई और जल विद्युत उत्पादन के लिए एक महत्वपूर्ण नदी है। सतलुज नदी पर मुख्य बहुउद्देशीय परियोजना भाखड़ा-नांगल परियोजना है, जो जलविद्युत और सिंचाई दोनों प्रदान करती है। अन्य महत्वपूर्ण जलविद्युत परियोजनाओं में नाथपा झाखरी परियोजना, कोल डैम परियोजना, बस्पा–II परियोजना एवं कर्चम-वांगटू परियोजना प्रमुख हैं। इन परियोजनाओं के कारण सतलुज नदी हिमालयी क्षेत्र की ऊर्जा आपूर्ति की रीढ़ बन गई है। इसके अतिरिक्त हरिके बैराज से निकलने वाली इंदिरा गांधी नहर परियोजना भारत की सबसे लंबी नहर है, जो राजस्थान में स्थित है और थार रेगिस्तान में 19 लाख हेक्टेयर से अधिक भूमि की सिंचाई करके शुष्क और अर्ध-शुष्क क्षेत्रों को कृषि भूमि में परिवर्तित करती है। यह परियोजना हरिके बैराज से निकलती है, जहाँ पंजाब में सतलुज और ब्यास नदियाँ मिलती हैं। यह परियोजना 650 किलोमीटर से अधिक लंबी है और सिंचाई, पेयजल और जलविद्युत उत्पादन के लिए आवश्यक जल उपलब्ध कराती है।



तरबेला बाँध, सिंधु नदी पर पाकिस्तान में निर्मित विश्व का सबसे बड़ा मृदा बांध

सिंधु नदी पर प्रमुख जल संसाधन परियोजनाएं

सिंधु नदी प्रणाली, अपनी नदियों और सहायक नदियों के विशाल नेटवर्क के साथ, दक्षिण एशिया में जल संसाधन का एक महत्वपूर्ण स्रोत है। इस प्रणाली में अनेक प्रमुख बाँध एवं बहुउद्देशीय परियोजनाएँ हैं जो इस भू-भाग में पेयजल, कृषि, औद्योगिक गतिविधियों, एवं जल विद्युत उत्पादन के लिए महत्वपूर्ण हैं। निम्न सारणी-5 में सिंधु नदी और उसकी सहायक नदियों पर स्थित प्रमुख बांधों एवं बहुउद्देशीय जल संसाधन परियोजनाओं का विवरण दिया गया है।

सारणी-5: सिंधु नदी बेसिन में प्रमुख जल संसाधन परियोजनाएं

बाँध/परियोजना का नाम	नदी	उद्देश्य	जिला	राज्य
बगलिहार	चेनाब	जलविद्युत	रामबन	जम्मू एवं कश्मीर
बैरा सिउल	रावी	जलविद्युत	चम्बा	हिमाचल प्रदेश
बस्सी	रावी	जलविद्युत, सिंचाई	मंडी	हिमाचल प्रदेश
भाखड़ा-नांगल	सतलुज	जलविद्युत, सिंचाई	बिलासपुर	हिमाचल प्रदेश
चमेरा-I	रावी	जलविद्युत	चम्बा	हिमाचल प्रदेश
चमेरा-II	रावी	जलविद्युत	चम्बा	हिमाचल प्रदेश
चमेरा-III	रावी	जलविद्युत	चम्बा	हिमाचल प्रदेश
दुलहस्ती	चेनाब	जलविद्युत	किश्तवार	जम्मू एवं कश्मीर
करछम वांगटू	रावी	जलविद्युत	किन्नौर	हिमाचल प्रदेश
किशनगंगा	किशनगंगा	जलविद्युत	बांदीपोर	जम्मू एवं कश्मीर
कोल	सतलुज	जलविद्युत	बिलासपुर	हिमाचल प्रदेश
मलाना-I	रावी	जलविद्युत	कुल्लू	हिमाचल प्रदेश
बस्पा–II	सतलुज	जलविद्युत	किन्नौर	हिमाचल प्रदेश
नाथपा झाखरी	सतलुज	जलविद्युत	किन्नौर	हिमाचल प्रदेश
निमू बाजगू	सिन्धु	जलविद्युत	लेह	जम्मू एवं कश्मीर
पंडोह	ब्यास	जलविद्युत, सिंचाई	मंडी	हिमाचल प्रदेश
पारबती-III	सैनी	जलविद्युत	कुल्लू	हिमाचल प्रदेश
पारबती-II	पारबती	जलविद्युत	कुल्लू	हिमाचल प्रदेश
पौंग	ब्यास	जलविद्युत,	सिंचाई काँगड़ा	हिमाचल प्रदेश
रणजीत सागर	रावी	बाढ़ नियंत्रण, जलविद्युत, सिंचाई	पठानकोट	पंजाब
सलाल	चेनाब	जलविद्युत	रिआसी	जम्मू एवं कश्मीर
सेवा-II	सेवा	जलविद्युत	कठुआ	जम्मू एवं कश्मीर
शाहपुर कंडी	रावी	जलविद्युत, सिंचाई	गुरदासपुर	पंजाब
उरी-I	झेलम	जलविद्युत	बारामुला	जम्मू एवं कश्मीर
उरी-II	झेलम	जलविद्युत	बारामुला	जम्मू एवं कश्मीर
तरबेला	सिन्धु	जलविद्युत, सिंचाई	खैबर पख़्तूनख़्वा	पाकिस्तान
मंगला	झेलम	जलविद्युत, सिंचाई	पंजाब	पाकिस्तान
नीलम-झेलम	झेलम	जलविद्युत, सिंचाई	पाकिस्तान अधिकृत कश्मीर	पाकिस्तान

संदर्भः शरद कुमार जैन, पुष्पेन्द्र कुमार अग्रवाल एवं विजय पी. सिंह (2007), "हाइड्रोलॉजी एंड वॉटर रिर्सोसेज ऑफ इंडिया", स्प्रिंगर प्रकाशन, नेदरलैण्ड

सिंधु नदी तंत्र का आर्थिक और पारिस्थितिकीय महत्व

सिंधु नदी बेसिन का आर्थिक और पर्यावरणीय महत्व बहुत अधिक है, यह पेयजल, कृषि, घरेलू जल आपूर्ति और जल विद्युत उत्पादन के लिए महत्वपूर्ण है, जबकि यह जैव विविधता का एक महत्वपूर्ण भाग भी है। इसका आर्थिक महत्व कृषि, सिंचाई और जलविद्युत ऊर्जा उत्पादन में निहित है, विशिष्टतः पाकिस्तान की 90% कृषि इसी पर निर्भर है, जो गेहूं, चावल, कपास और गन्ना जैसी फसलों को उगाने में मदद करती है। यह सिंचाई के लिए एक महत्वपूर्ण जल स्रोत है और कृषि योग्य भूमि के एक बड़े भाग को सिंचित करता है। यह जलविद्युत उत्पादन के लिए एक महत्वपूर्ण स्रोत है, जिसमें जम्मू और कश्मीर में अनेक जल विद्युत परियोजनाएं शामिल हैं। पर्यावरण की दृष्टि से, बेसिन में विविध प्रकार के पारिस्थितिकी तंत्र पाए जाते हैं, जो पौधों और जानवरों की कई प्रजातियों का निवास स्थल हैं, जिसमें डॉल्फिन जैसी लुप्तप्राय प्रजातियाँ शामिल हैं।

सिंधु नदी बेसिन की विभिन्न समस्याएँ एवं समाधान

सिंधु बेसिन में बाढ़ और सूखा प्रबंधन

सिंधु नदी प्रणाली का जलविज्ञान अत्यंत जटिल है। इस बेसिन में हिमगलन, मानसून वर्षा, और तुंगता में अत्यधिक भिन्नता तीनों मिलकर जल प्रवाह की तीव्रता और वितरण को अत्यधिक प्रभावित करते हैं। इस कारण बेसिन के कुछ भू-भागों में बाढ़ की गंभीर समस्या पाई जाती है, जबकि बेसिन के अन्य क्षेत्र सूखे की समस्या से प्रभावित रहते हैं।

बाढ़: सिंधु नदी और इसकी प्रमुख सहायक नदियों रावी, झेलम, सतलुज, चेनाब और ब्यास में वर्षा ऋतु के दौरान अधिकांशतः बाढ़ का सामना करना पड़ता है। इन नदियों में वर्षा और हिमगलन के परिणामस्वरूप माह जुलाई से सितंबर के मध्य जल प्रवाह अपने चरम पर होता है। कभी-कभी पश्चिमी विक्षोभों के कारण उत्पन्न तीव्र वर्षा माह



सतजुल नदी पर निर्मित भारत का सबसे ऊंचा भाखड़ा नागल बांध

मार्च–अप्रैल में भी अचानक बाढ़ का कारण बनती है। वर्ष 2014 में इस भू-भाग की बाढ़ विशेष रूप से विनाशकारी थी जब कश्मीर घाटी में जलस्तर ने विगत 60 वर्षों का रिकॉर्ड तोड़ दिया था। जिसके कारण कई प्रमुख शहर जैसेः श्रीनगर, पुलवामा, और अनंतनाग पूर्णतः जलमग्न हो गए थे।

सूखाः सिन्धु नदी बेसिन के निम्न भू-भाग, विशेष रूप से राजस्थान, हरियाणा, और दक्षिण-पश्चिम पंजाब क्षेत्र अल्पवृष्टि के कारण अधिकांशतः सूखे की चपेट में आते हैं। सिंधु बेसिन का लगभग 30% क्षेत्र अर्ध-शुष्क से शुष्क जलवायु के अंतर्गत आता है।

भारत में सिंधु बेसिन में बाढ़ और सूखा प्रबंधन हेतु बाढ़ पूर्वानुमान, आपदा प्रतिक्रिया, और दीर्घकालिक नीति निर्माण अति आवश्यक हैं। इन समस्याओं के समाधान एवं उचित प्रबंधन हेतु केंद्र और राज्य सरकारों के विभिन्न प्रमुख संस्थान जैसेः केंद्रीय जल आयोग, भारत मौसम विज्ञान विभाग, राष्ट्रीय आपदा प्रबंधन प्राधिकरण, राज्य सिंचाई और बाढ़ नियंत्रण विभाग संयुक्त रूप से कार्यरत हैं।

सिंधु बेसिन में जल गुणवत्ता और पर्यावरणीय समस्याएं

सिंधु नदी प्रणाली न केवल जल संसाधनों का प्रमुख स्रोत है, बल्कि यह पारिस्थितिकीय संतुलन और सामाजिक-आर्थिक विकास दोनों के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है किन्तु विगत कुछ दशकों में, तीव्र जनसंख्या वृद्धि, औद्योगीकरण, कृषि रासायनिक उपयोग, और शहरी एवं औद्योगिक अपशिष्टों के निर्वहन के कारण सिंधु बेसिन की नदियों की जल गुणवत्ता में अत्यधिक गिरावट आई है। जिसके परिणामस्वरूप होने वाले विभिन्न पारिस्थितिकीय प्रभावों में (i) नदियों में ऑक्सीजन की कमी से मछलियों और जलजीवों की संख्या में कमी (ii) यूट्रोफिकेशन में वृद्धि के कारण झीलों और शांत प्रवाह वाले भागों में शैवाल



2014 में कश्मीर के ग्रामीण क्षेत्रों में बाढ़ का एक दृश्य

वृद्धि (iii) सिंचाई जल के माध्यम से भूजल प्रदूषण में वृद्धि (iv) दूषित जल के सेवन के परिणामस्वरुप मानव स्वास्थ्य पर पड़ने वाली विभिन्न समस्याएं जैसेः गैस्ट्रो-एंटेराइटिस, टायफॉइड, और त्वचा रोगों में वृद्धि की घटनाएँ बढ़ रही हैं।

उपरोक्त जल गुणवत्ता और पर्यावरणीय समस्याओं के समाधान हेतु कुशल प्रबंधन उपायों एवं रणनीतियों जैसेः (i) शहरी क्षेत्रों में सीवेज ट्रीटमेंट प्लांट (STPs) की स्थापना (ii) उद्योगों के लिए अपशिष्ट उपचार मानकों को कड़ाई से लागू करना (iii) कृषि में रासायनिक उर्वरकों और कीटनाशकों का विवेकपूर्ण उपयोग (iv) नदी किनारे वृक्षारोपण (v) प्राकृतिक आर्द्रभूमियों का पुनर्जीवन (vi) पर्यावरणीय प्रवाह सुनिश्चित करना तथा (vii) जन-जागरूकता एवं सामुदायिक भागीदारी को लागू करने की आवश्यकता है। इसके अतिरिक्त यह आवश्यक है कि इन समस्याओं के समाधान हेतु केंद्र एवं राज्य सरकारों द्वारा जल गुणवत्ता प्रबोधन, जल गुणवत्ता संरक्षण जैसे आवश्यक नीतिगत और संस्थागत उपाय क्रियान्वित किये जाएं।

सिंधु जल संधि, 1960

सिंधु जल संधि भारत और पाकिस्तान के मध्य सिन्धु नदी जल के बंटवारे के लिए विश्व के सबसे सफल अंतर्राष्ट्रीय जल समझौतों में से एक मानी जाती है। विश्व बैंक की मध्यस्थता में 19 सितंबर, 1960 को हुई इस अंतर्राष्ट्रीय जल संधि पर भारत के तत्कालीन प्रधानमंत्री माननीय पंडित जवाहरलाल नेहरू और पाकिस्तान के राष्ट्रपति अयूब खान ने हस्ताक्षर किए थे। संधि का उद्देश्य इन नदियों के जल के उपयोग को लेकर दोनों देशों के अधिकारों और उत्तरदायित्व को निर्धारित करना है।

इस संधि के अंतर्गत, सिंधु नदी तंत्र की छः नदियों को दो भागों में विभक्त किया गया है। संधि के अनुसार सिंधु नदी तंत्र की तीन पूर्वी नदियों (ब्यास, रावी और सतलुज) के जल के उपयोग का पूर्णाधिकार भारत को प्रदान किया गया है जबकि तीन पश्चिमी नदियों (सिंधु, झेलम और चेनाब) के जल के 80% भाग के उपयोग का अधिकार पाकिस्तान को दिया गया है। भारत को पश्चिमी नदियों के जल को एक निर्धारित मात्रा में संचित करने तथा जलविद्युत उत्पादन, नौपरिवहन, सिंचाई और घरेलू आवश्यकताओं हेतु उसका सीमित उपयोग करने की अनुमति प्रदान की गई है। संधि में उत्पन्न होने वाले विवादों के समाधान के लिए एक स्थायी सिंधु आयोग की स्थापना की गई है। वर्तमान में भारत सरकार द्वारा आतंकवादी गतिविधियों के कारण इस संधि को निलंबित कर दिया गया है।

निष्कर्ष

सिंधु नदी तंत्र न केवल भौगोलिक दृष्टि से, बल्कि सामाजिक-आर्थिक, पारिस्थितिकीय और रणनीतिक दृष्टि से भी भारत और पाकिस्तान दोनों देशों के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है। सिंधु बेसिन में बाढ़, सूखा, जल प्रदूषण, जल गुणवत्ता और पर्यावरणीय गिरावट तेजी से उभरती चुनौतियाँ हैं। बेसिन की दीर्घकालिक स्थिरता सुनिश्चित करने के लिए अविरत जल प्रबंधन, जलवायु अनुकूलन और सीमापार सहयोग अत्यंत आवश्यक है। यदि बेसिन की समस्याओं के समाधान हेतु समय रहते समेकित कदम न उठाए गए, तो यह न केवल पारिस्थितिकीय संतुलन को प्रभावित करेगा, बल्कि मानव स्वास्थ्य और कृषि उत्पादकता पर भी गहरा असर डालेगा। सतत विकास हेतु आवश्यक है कि प्रदूषण नियंत्रण, पारिस्थितिकीय संरक्षण, और सामुदायिक सहभागिता इन तीनों को एकीकृत दृष्टिकोण से अपनाया जाए।

सपंर्क करें:

पुष्पेन्द्र कुमार अग्रवाल

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की।



मानसून सदा रहा मनमौजी,
करता सब अपनी मनमानी,
तब होता, बड़ा नुकसान,
पौध वृद्धि पर करता प्रहार,
कभी समय पर आता,
कभी करता बहुत देर,
आता यदि समय पर,
देता राहत कृषकों को,
फसल चाहती है वर्षा,
एक तय निश्चित अंतराल,
उचित धूप बारिश संयोजन,
बनता अधिक फसल प्रयोजन,
बारिश है पर अल्हड़,
कभी तरसाती, कभी ठिठराती,
कभी गरजती, बरसे लगातार,
कभी रखती लम्बा अंतराल,
कहीं पूरा प्यार बरसाती,
कहीं खंड खंड बरसती,
कभी देती नहीं राहत,
कहीं सूखा रखे खेत को,
कहीं करे जल भराव,
फसलों में लाये समस्या,
मानसून हर बार नहीं सामान्य,
होता कई बार असामान्य,
अनियमितता इसका कारण,
कहीं भारी या हल्की,
कहीं औसत से कम ज्यादा,
कभी वर्षा या अवर्षा,
कहीं सूर्य प्रकाश तेज या मंद,
कभी सर्दी कभी गर्मी,
यही मानसून का मनमौजीपन,
इसके सभी गुण या अवगुण,
हैं प्रकृति के नियमित गुण,





समय पर आना, समय पर जाना,
औसत वर्षा होना, कहलाता सामान्य,
पर मानसून परिस्थितियाँ होती,
कई बार बड़ी प्रतिकूल,
जल्द आता, जल्द चला जाता,
जल्द आता, देर तक रहता,
अधिक कम बारिश होना,
फसल पकने पर होना,
कृषि क्रियाओं में बाधा पहुंचाना,
ये है असली पहचान,
इनसे होता अधिक नुकसान,
करना उन्नत फसल विविधीकरण
लगाना भिन्न अवधि की फसल,
ग्रीष्मकालीन सस्य क्रियाएं,
अपनाना है एक उपचार,
अटूट सत्य है यह,
खेती भी एक महाभारत,
कई समस्याओं से जूझकर,
होता अधिक फसल उत्पादन,
अब अभिमन्यु की नहीं,
है अर्जुन की आवश्यकता,
जो चक्रव्यूह भेद सके,
कहलाता वही सफल किसान,
अपनाए उन्नत कृषि विज्ञान,
करे हर हाल फसल बचाव,
अपनाकर आधुनिक कृषि ज्ञान।

संपर्क करें:
डॉ. दीपक हरि रानडे
भगवंत राव मंडलोई कृषि
महाविद्यालय, खंडवा-450 001
ईमेलः
dhranade1961@gmail.com,
मो.नं. 9826605965



सुमित गुप्ता

जहरीली होती वायु : कारण और निवारण

वायु हमारे लिए नितांत आवश्यक है। सांस लेते हुए हम ऑक्सीजन लेते हैं, जो प्राणवायु है। हमारा फेफड़ा ऑक्सीजन को ग्रहण कर उसे शुद्ध करके रक्त में समाहित करना है। अन्य शब्दों में, शरीर के ऊतकों को वांछित कार्य करने के लिए ऑक्सीजन की आवश्यकता होती है। मनुष्य के एक बार सांस लेने पर लगभग 500 मिलीलीटर ऑक्सीजन शरीर के अंदर जाती है। हमारे शरीर में करीब 90% ऊर्जा सिर्फ ऑक्सीजन से ही प्राप्त होती है।

मनुष्य हो या पशु-पक्षी प्रत्येक को जन्म से लेकर मृत्यु तक सांस लेने के लिए स्वच्छ वायु की आवश्यकता होती है। वायु के बिना वे दो पल भी जीवित नहीं रह सकते। लेकिन, क्या जिस वायु में हम सांस ले रहे हैं, वह निरापद है या नहीं? प्रदूषित वातावरण में सांस लेने से न केवल स्वास्थ्य बिगड़ता है अपितु असामयिक मौतें भी होती हैं।

आज, देश के सभी छोटे-बड़े शहरों में हद दर्जे का वायु प्रदूषण व्याप्त है। वर्ष 2024 में दिल्ली ने तो प्रदूषण की सारी सीमाएं पार कर दी थीं। नवम्बर माह में यह उच्चतम स्तर 795 पीएम था। अन्य प्रमुख शहरों जैसेः मुंबई, चेन्नई, बैंगलुरू, कोलकाता, हैदराबाद तथा अहमदाबाद में प्रदूषण का उच्चतम स्तर क्रमशः 171, 127, 107, 254, 133 एवं 209 पीएम पाया गया ये बड़े खतरे की घंटी है। चिंता की बात यह है कि विश्व के 100 सर्वाधिक प्रदूषित शहरों में अधिकांश, 39 शहर भारत के हैं। भारत की आबादी का 96% भाग, विश्व स्वास्थ्य संगठन के 5 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर के अनुशंसित स्तर से अधिक सांद्रता 2.5 पीएम में निवास करता है।

क्या है शुद्ध और प्रदूषित वायु?

शुद्ध वायु, वास्तव में उचित अनुपात में कई गैसों का मिश्रण है, जिसमें लगभग 78% नाइट्रोजन, 21% ऑक्सीजन, 0.3% कार्बन डाई ऑक्साइड और शेष निष्क्रिय गैसें, धूल के कण, जलवाष्प, आदि पायी जाती हैं, जबकि प्रदूषित वायु में अवांछित पदार्थ मिले होते हैं, जिससे वायु संघटकों का अनुपात असंतुलित हो जाता है और वायु सजीव और निर्जीव दोनों पर अपना प्रभाव दिखाती है।

वायु हमारे लिए नितांत आवश्यक है। सांस लेते हुए हम ऑक्सीजन लेते हैं, जो प्राणवायु है। हमारा फेफड़ा ऑक्सीजन को ग्रहण कर उसे शुद्ध करके रक्त में समाहित करना है। अन्य शब्दों में, शरीर के ऊतकों को वांछित कार्य करने के लिए ऑक्सीजन की आवश्यकता होती है। मनुष्य के एक बार सांस लेने पर लगभग 500 मिलीलीटर ऑक्सीजन शरीर के अंदर जाती है। हमारे शरीर में करीब 90% ऊर्जा सिर्फ ऑक्सीजन से ही प्राप्त होती है।

वायु दूषित तब होती है, जब गैसें, धूल, गंदगी, पराग, कालिख, वायरस, आदि वायु में समाहित होते हैं। दूषित वायु, अशुद्ध, अस्वास्थ्यकर और विषाक्त होती है।

विश्व स्वास्थ्य संगठन के अनुसार, जब धूल, गैसें और एलर्जी, घर, कार्यालय, स्कूल जैसे आन्तरिक स्थानों में वायु को दूषित करती हैं, तो इसे आन्तरिक वायु प्रदूषण के रूप में जाना जाता है। आन्तरिक वायु खुले स्थानों की तुलना में 10 गुना अधिक खराब हो सकती है। क्योंकि प्रदूषक बंद स्थानों में फंस गए होते हैं और स्वतंत्र रूप से चल नहीं सकते।

बाहरी वायु जहरीली तब होती है, जब खतरनाक वायु प्रदूषक वायु को बाहर उत्सर्जित करते हैं। यह स्थिति प्राकृतिक घटनाओं जैसे कि जंगल जलाने और ज्वालामुखी विस्फोटों के कारण अथवा मानव गतिविधियों जैसे कचरा जलाने आदि के कारण होती है।

जहरीली वायु से होने वाली मौतें

भारत में 2008 से 2019 के बीच प्रतिदिन 7 से अधिक मौतें वायु प्रदूषण से हुईं। 10 भारतीय शहरों में किए गए अध्ययनों के अनुसार, इन शहरों में प्रतिवर्ष लगभग 33,000 मौतें वायु प्रदूषण के कारण हुईं।

वैज्ञानिकों ने इन शहरों में लगभग 36 लाख मौतों का विश्लेषण किया। अध्ययन में दावा किया गया है कि भारत में प्रदूषण के मामले में सुरक्षित समझे जाने वाला शहर शिमला भी वास्तव में प्रदूषणमुक्त नहीं है।

अन्तर्राष्ट्रीय अध्ययनकर्ता दल में वाराणसी के बनारस हिन्दू विश्वविद्यालय और जीर्ण रोग नियंत्रण केन्द्र नई दिल्ली के शोधकर्ता भी शामिल थे। द लैंसेट प्लैनेटरी हेल्थ जर्नल में प्रकाशित अध्ययन भारत में अल्पकालिक रूप से बढ़ने वाले वायु प्रदूषण और मृत्यु के जोखिम के बीच संबंध का आंकलन करने वाला पहला विश्लेषण है।

कोलकाता में 4678, मुंबई में 5091, पुणे में 1367, शिमला में 59 और वाराणसी में 831 लोगों की जान गईं।

उधर, कॉर्नेल विश्वविद्यालय ने अपने नवीन अनुसंधान में यह दर्शाया है कि भारत में बच्चे घरों के भीतर भी प्रदूषण से सुरक्षित नहीं हैं। देश में प्रति हजार शिशुओं की मौतों में से 27 की जान खाना पकाने के लिए घर में उपयोग होने वाले दूषित ईंधन से हो रही है।

राजधानी एम्सटर्डम में यूरोपीय प्रजनन एवं भ्रूण विज्ञान सोसायटी (ESHRE) की वार्षिक बैठक में प्रस्तुत अध्ययन पर चिंता जताई गई है। अध्ययन रिपोर्ट के अनुसार फ्रोजन भ्रूण स्थानान्तरण (IVF) तकनीक में अंडे की पुनर्प्राप्ति से पहले प्रदूषण के सूक्ष्म कणों के संपर्क में आने से शिशु के जीवित जन्म की संभावना लगभग 38% कम हो जाती है।



वायु प्रदूषण के कारण

दो दिनों (अल्पकालिक एक्सपोजर) के लिए पीएम 2.5 कणों के प्रदूषण में औसतन 10 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर की वृद्धि से मौत का जोखिम 1.4% बढ़ जाता है। वहीं, शोधकर्ताओं ने पाया कि दिल्ली में 2.5 पीएम वायु प्रदूषण में 10 माइक्रोग्राम प्रति घन मीटर की वृद्धि से दैनिक मृत्यु दर में 0.31% की वृद्धि हुई, जबकि बेंगलूरू में इतनी ही बढ़ोतरी पर यह वृद्धि 3.06% पायी गई। इस तरह, कम वायु प्रदूषण वाले शहर जैसे बेंगलूरू, चेन्नई और शिमला में प्रदूषण और मौत का संबंध स्पष्ट देखा गया।

दिल्ली में वायु प्रदूषण के कारण सबसे अधिक 11.5% वार्षिक मौतें दर्ज की गईं इसके अतिरिक्त वायु प्रदूषण से अहमदाबाद में 2495, बेंगलुरू में 2102, चेन्नई में 2870, हैदराबाद में 1597,

अखिल भारतीय आयुर्विज्ञान संस्थान, नई दिल्ली के एडिशनल प्रोफेसर डॉ. हर्षल साल्वे बताते हैं कि पीएम 2.5 और पीएम 10 का उच्च स्तर सांस संबंधी समस्याओं, अस्थमा अटैक और हृदय व रक्त वाहिकाओं से जुड़ी समस्याओं को बढ़ावा दे सकता है। आमतौर पर सर्दी में बच्चों और बुजुर्गों में इन समस्याओं के बढ़ने का अधिक जोखिम रहता है। अब गर्मी में भी 2.5 पीएम का स्तर बढ़ने से स्वास्थ्य सम्बन्धी खतरे बढ़ते जा रहे हैं। ऐसे में यह आवश्यक है कि सरकार पूरे वर्ष के लिए नीति बनाए।

वायु प्रदूषण जनित बीमारियों से विश्व में प्रतिवर्ष औसतन 40 लाख से ज्यादा मौतें होती हैं, लेकिन अब IVF तकनीक से बच्चों के जन्म पर भी इसके दुष्प्रभाव सामने आए हैं। नीदरलैंड्स की

वायु प्रदूषकों के स्तर को 24 घंटे, दो सप्ताह, चार सप्ताह और तीन महीने की चार समयावधि के लिए जांचा गया। अध्ययन में पीएम 10 और पीएम 2.5 का स्तर विश्व स्वास्थ्य संगठन के दिशा-निर्देशों से अधिक पाया गया था।

डॉ. सेबेस्टियन के अनुसार, यह अपनी तरह का पहला अध्ययन है, जिसमें अंडे के विकास में प्रदूषकों के प्रभाव को समझने के लिए फ्रोजन भ्रूण स्थानांतरण (IVF) तकनीक का उपयोग किया गया। अध्ययन से प्राप्त निष्कर्ष के अनुसार वायु प्रदूषण न सिर्फ गर्भावस्था बल्कि अंडों की गुणवत्ता को भी प्रभावित करता है।

अधिक समय तक प्रदूषित वायु में रहने से व्यक्ति का दम घुटने लगता है। अस्थमा के रोगियों की परेशानियां बढ़ जाती हैं। जिन लोगों की रोगप्रतिरोधक क्षमता कमजोर होती है, वे शीघ्र ही इसके सम्पर्क में आकर बीमार पड़ जाते हैं। गर्भवती महिलाएं, नवजात शिशु, बच्चे और बूढ़े शीघ्र प्रभावित हो जाते हैं। उन्हें सांस लेने में परेशानी होने लगती है। इसके अलावा, अन्य कई स्वास्थ्य संबंधी समस्याएं भी उत्पन्न हो जाती हैं।

सांसों पर संकट

देश की राजधानी दिल्ली समेत भारत के प्रमुख शहरों में वायु प्रदूषण के कारण मानव स्वास्थ्य पर संकट खड़ा हो गया है। दिल्ली में तो वायु प्रदूषण नवम्बर 2024 में विश्व स्वास्थ्य संगठन के सुरक्षित स्तर से 50 गुना (750 से अधिक) तक पहुंच गया, जो कि 'घातक' से ज्यादा 'खतरनाक प्लस' श्रेणी में आता है। जिसके बाद राजधानी दिल्ली में मानव स्वास्थ्य पर खतरा देखते हुए वायु प्रदूषण रोकने के लिए 'ग्रेप-4' स्तर के प्रतिबंध लागू करते हुए बच्चों के स्कूल ऑनलाइन कर वर्क फ्रॉम होम के आदेश जारी कर दिए गए थे। 27 नवम्बर 2024 से स्कूल तो खोल दिए गए, पर ग्रेप-4 के प्रतिबंध अभी लागू थे, इनको हटाने के लिए दिल्ली में समीक्षा बैठक रखी गई थी। हालांकि राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र दिल्ली में वायु प्रदूषण के स्तर में थोड़ा सुधार होने के कारण जनवरी 2025 के पहले सप्ताह में ग्रैप-3 की पाबंदियां भी हटा ली गईं। इन इलाकों में ग्रैप-1 और ग्रैप-2 के नियम लागू रहेंगे।

भारत में वायु प्रदूषण कितना चिंताजनक है, इसका अंदाजा इससे लग सकता है कि हर रोज पांच वर्ष से कम उम्र के 464 बच्चों की मौत वायु प्रदूषण से हो रही है। अमेरीका के ''स्वास्थ्य प्रभाव संस्थान'' की रिपोर्ट ''सार्वभौम वायु की स्थिति 2024 में यह दावा किया गया है।

एक अध्ययन के अनुसार भारत में राष्ट्रीय मानक से अधिक वायु प्रदूषण के कारण सभी आयु वर्ग के लोगों में मौत का जोखिम बढ़ गया है। अध्ययन के अनुसार, नवजात शिशुओं में यह जोखिम 86%, पांच वर्ष से कम उम्र के

बच्चों में 100-120% तथा वयस्कों में 13% तक बढ़ा है। साथ ही जिन घरों में अलग रसोईघर नहीं है, वहां नवजात शिशुओं और वयस्कों में मृत्यु का जोखिम काफी अधिक पाया गया है।

मुंबई स्थित अंतर्राष्ट्रीय जनसंख्या विज्ञान संस्थान के शोधकर्ताओं सहित अन्य शोधकर्ताओं के एक समूह ने 700 से अधिक जिलों में सूक्ष्म कण (पीएम 2.5) संबंधी प्रदूषण के स्तर का अध्ययन किया है। विश्लेषण के लिए आंकड़े राष्ट्रीय परिवार एवं स्वास्थ्य सर्वेक्षण (पांचवें दौर) और राष्ट्रीय परिवेशी वायु गुणवत्ता मानक (NAAQS) से लिये गये हैं। जिबोहेल्थ पत्रिका में प्रकाशित अध्ययन रिपोर्ट में लेखकों ने कहा है कि भारत के उन जिलों में जहां राष्ट्रीय परिवेशी वायु गुणवत्ता मानक (NAAQS) पीएम 2.5 के स्तर तक है, वहां नवजात शिशुओं और पांच वर्ष से कम उम्र के बच्चों में मृत्यु का जोखिम क्रमशः लगभग दो गुना और दो गुना से भी अधिक है। 2.5 पीएम से अधिक NAAQS और घरों में वायु प्रदूषण के बीच संबंध का विश्लेषण करते हुए अध्ययन दल ने पाया कि इससे नवजात शिशुओं में मृत्युदर 19% तक, बच्चों में 17% तक और वयस्कों में 13% तक बढ़ गई है। अध्ययन के परिणाम दर्शाते हैं कि पीएम 2.5 जीवन के अलग-अलग चरणों में मृत्यु दर के साथ अधिक मजबूत संबंध प्रदर्शित करता है। विशेष रूप से जब घरेलू वायु प्रदूषण को बाहरी प्रदूषण के साथ जोड़कर देखा जाता है, तो इसका असर बढ़ जाता है। उत्तरी भारतीय उपमहाद्वीप में फैले सिंधु-गंगा के मैदानी क्षेत्र में 2.5 पीएम का स्तर अत्यधिक है। इसके लिए फसल अवशेषों को जलाने और औद्योगिक केन्द्रों तथा विनिर्माण केन्द्रों से निकलने वाले उत्सर्जन सहित कई कारण उत्तरदायी हैं। मैदानी इलाकों के मध्य और निचले क्षेत्रों तथा मध्य भारत के अनेक जिलों में स्वच्छ ईंधन और घरों में अलग रसोईघर का उपयोग बहुत कम है। मध्यप्रदेश, ओड़िशा और अन्य पूर्वोत्तर राज्यों में फसल अवशेष और गोबर के साथ-साथ आसानी से उपलब्ध ईंधन के रूप में जलाने योग्य लकड़ी उपलब्ध है। अध्ययन दल के अनुसार, पिछले अध्ययनों में क्षेत्रीय आंकड़ों पर ध्यान दिया गया था, वहीं प्रस्तुत अध्ययन में शहरों में प्रदूषण के स्तर को जिला-स्तर के मृत्यु अनुमानों के साथ एकीकृत किया गया है। शोधकर्ताओं ने इस बात पर बल दिया है कि जिन क्षेत्रों में स्वच्छ ईधन का उपयोग कम है और घरों में अलग रसोईघर बहुत आम नहीं है वहां वायु प्रदूषण स्तर में अधिक वृद्धि पायी जाती है।

वायु प्रदूषण पर किए गए एक शोध में कहा गया है कि पूर्व, उत्तर और मध्य भारत के शहरों में पीएम 2.5 के लिए आवासीय और परिवहन क्षेत्र मुख्य रूप से उत्तरदायी है। वहीं, पश्चिम भारत के भू-भागों के वायु प्रदूषण में उद्योग और ऊर्जा क्षेत्र का योगदान अधिक है। यह अध्ययन मॉडलिंग अर्थ सिस्टम्स एंड एनवायरनमेंट जर्नल में प्रकाशित किया गया है। दक्षिण भारत के शहरों में पीएम 2.5 प्रदूषण मुख्य रूप से उद्योग और आवासीय क्षेत्रों से आता है। भारतीय उष्णदेशीय मौसमविज्ञान संस्थान और भारतीय प्रोद्योगिकी संस्थान, रूड़की के शोधकर्ताओं ने 2015-16 की शरद ऋतु के दौरान 10 लाख से अधिक आबादी वाले 53 शहरों में वायु प्रदूषण के स्तर का विश्लेषण किया। श्रीनगर (68%), वाराणसी (37%), इलाहाबाद (34%) और कानपुर (33%) में पीएम 2.5 प्रदूषण का प्रमुख कारण आवासीय क्षेत्र से उत्सर्जन था। इसमें खाना पकाना और अलाव के लिए बायोमास का उपयोग शामिल था। वहीं, दिल्ली और गाजियाबाद में पीएम 2.5 के बढ़ते स्तर के लिए परिवहन क्षेत्र सबसे अग्रणी था। उत्तर और पूर्व में मध्य भारत के शहरों की तुलना में स्थानीय प्रदूषण का स्तर अधिक दर्ज किया गया, जिसमें दिल्ली, गाजियाबाद और कोलकाता में सबसे अधिक प्रदूषण पाया गया। पश्चिम और दक्षिण भारत के शहरों में वायु प्रदूषण का स्तर उत्तर और पूर्व भारतीय शहरों की तुलना में अपेक्षाकृत कम था। हालांकि पीएम 2.5 का सबसे अधिक स्थानीय प्रदूषण ग्रेटर मुंबई में देखा गया, जहां औद्योगिक, ऊर्जा और आवासीय क्षेत्रों का योगदान पश्चिम और दक्षिण भारत के शहरों की तुलना में अधिक था।

अखिल भारतीय आयुर्विज्ञान संस्थान, नई दिल्ली के एडिशनल प्रोफेसर डॉ. हर्षल साल्वे बताते हैं कि पीएम 2.5 और पीएम 10 का उच्च स्तर सांस संबंधी समस्याओं, अस्थमा अटैक और हृदय व रक्त वाहिकाओं से जुड़ी समस्याओं को बढ़ावा दे सकता है। आमतौर पर सर्दी में बच्चों और बुजुर्गों में इन समस्याओं के बढ़ने का अधिक जोखिम रहता है। अब गर्मी में भी 2.5 पीएम का स्तर बढ़ने से स्वास्थ्य सम्बन्धी खतरे बढ़ते जा रहे हैं। ऐसे में यह आवश्यक है कि सरकार पूरे वर्ष के लिए नीति बनाए।

मानव स्वास्थ्य पर दुष्प्रभाव

बालों से 30 गुना बारीक पीएम 2.5 कणों का संपर्क प्रदूषित हवा में लंबे समय तक रहने से टाइप 2 मधुमेह का खतरा बढ़ सकता है। मेडिकल जर्नल



औद्योगिक इकाइयों द्वारा वायु प्रदूषण में वृद्धि

लैंसेट के शोध के अनुसार टाइप 2 मधुमेह के 20% मामले पीएम 2.5 प्रदूषकों के लगातार संपर्क से जुड़े हैं। तेल, डीजल, बायोमास व गैसोलीन जलाने से ये प्रदूषक उत्सर्जित होते हैं।

शोध के अनुसार, पीएम 2.5 को किलर प्रदूषक कहा जाता है। यह शहरी क्षेत्रों में वायु प्रदूषण का प्रमुख घटक है। कुछ समय के लिए भी पीएम 2.5 के संपर्क में आने से व्यक्ति का अनिच्छावर्ती नाडी तंत्र सक्रिय हो जाता इससे इंसुलिन प्रतिरोध का खतरा बढ़ता है, जो हृदय की बीमारियों का खतरा भी बढ़ाता है। पीएम 2.5 प्रदूषकों के निस्तर संपर्क में रहने से खून में शुगर के स्तर में वृद्धि होती है। लंबे समय तक (करीब एक साल) इनके संपर्क में रहने से टाइप 2 मधुमेह का खतरा 20% तक बढ़ सकता है।

शोध में बताया गया है कि वायु प्रदूषण और मधुमेह के बीच संबंध निम्न सामाजिक, आर्थिक समूहों के पुरूषों में ज्यादा है। दुनिया में 53.7 करोड़ लोग टाइप 2 मधुमेह से पीड़ित हैं। इनमें से आधे लोग इससे अनजान हैं कि वे इस बीमारी से पीड़ित हैं। भारत में 18 साल से ज्यादा उम्र के करीब 7.7 करोड़ लोग मधुमेह (टाइप 2) से पीड़ित हैं और करीब 2.5 करोड़ को भविष्य में मधुमेह होने का खतरा है।

प्रदूषित वायु के कारण सूर्य के प्रकाश की मात्रा में कमी आ जाती है, जिससे पौधों की प्रकाश संश्लेषण क्रिया प्रभावित होती है।

उत्तर भारत में वायु प्रदूषण के खतरे को लेकर जारी चर्चा के मध्य विश्व में विगत पांच साल में हुए कुल 68 अध्ययनों की समीक्षा के बाद शोधार्थी बेहद चिंताजनक निष्कर्ष पर पहुंचे हैं। महामारी निदर्श के आधार पर अनुमान है कि अस्थमा के कारण विश्व में 1.20 लाख लोगों की अधिक मृत्यु हुई। इनमें बड़ी संख्या वयस्कों की थी। वयस्कों की सबसे ज्यादा मौतें भारत, चीन समेत दक्षिण पूर्व और मध्य पूर्व एशिया व अफ्रीकी देशों में हुई थी।

शोधार्थियों के अनुसार वर्ष 2019 में विश्व में अस्थमा के एक तिहाई मामलों का कारण प्रदूषित वायु में उपलब्ध कणिका तत्व 2.5 (पी.एम. 2.5) के सम्पर्क में लंबे समय तक रहना था। यह अध्ययन वर्ष 2019 से 2023 के बीच 22 देशों में किए गए थे जिसमें भारत और चीन के अलावा दक्षिण एशिया के कई देश शामिल हैं। विशेषज्ञों ने निष्कर्षों के आधार पर आगाह करते हुए कहा है कि नीति निर्माताओं को वायु प्रदूषण के प्रभावों से लड़ने के लिए तत्काल सख्त कानून बनाने की आवश्यकता है।

इन अध्ययनों की समीक्षा में पता चला कि पीएम 2.5 में प्रति 10 माइक्रोग्राम घन मीटर वृद्धि से बढ़ती उम्र के बच्चों और वयस्कों में अस्थमा होने का खतरा 24% बढ़ा है। सांस लेने और सांस फूलने जैसे लक्षणों से जीवन जीने की गुणवत्ता ज्यादा खराब हुई है।

इन अध्ययनों के विश्लेषणों में पीएम 2.5 के बच्चों पर प्रभावों को लेकर शोधार्थियों ने कई अहम बातें कही हैं। वन अर्थ जर्नल में छपे इनके विश्लेषण में बताया गया कि लंबे समय तक पीएम 2.5 का प्रभाव बच्चों व वयस्कों में अस्थमा के खतरे को बढ़ाता है। विश्लेषण में दर्शाये गये ऐसे 30% अस्थमा के मामले इन्हीं से संबंधित हैं। विशेषज्ञों के अनुसार, किसी व्यक्ति के वयस्क होने से पहले ही उसके फेफड़ों और प्रतिरक्षा प्रणाली का विकास हो जाता है। इसी कारण से बच्चे वायु प्रदूषण के प्रति ज्यादा असुरक्षित होते हैं। लगातार इसके प्रभाव में रहने से उनकी सांस की नली में समस्या हो सकती है।

द मैक्स प्लंक रसायन संस्थान के लेखक रूईजिंग नी के अनुसार, अनुमान है कि वर्ष 2019 में विश्व में अस्थमा के एक तिहाई मामलों का मुख्य कारण लंबे समय तक पीएम 2.5 के प्रभाव में रहना था। अस्थमा पीड़ित 6.35 करोड़ लोगों में से 1.14 करोड़ नए थे। शोधार्थियों के अनुसार, पिछले शोधों से पता चला है कि पीएम 2.5 के प्रदूषण से बेहद कम आमदनी वाले देशों की जनसंख्या पर इसका ज्यादा बोझ पड़ा है। लेखकों ने इस विषय पर भी ध्यान दिया कि पीएम 2.5 के कम स्तर के बाद भी उत्तरी अमेरिका व पश्चिमी यूरोप में अस्थमा के मामले बढ़े हैं। द मैक्स प्लंक रसायन संस्थान के निदेशक व सह लेखक याफांग चिंग के अनुसार, वायु प्रदूषण के समाधान के लिए व्यक्तिगत स्तर पर उपाय के रूप में मास्क पहनने से भी अस्थमा के खतरे से बचा जा सकता है।

वायु प्रदूषण वैश्विक स्तर पर शीघ्र मृत्यु का दूसरा प्रमुख जोखिम कारक बन गया है, इसका जोखिम वयस्कों से लिए तंबाकू से होने वाले जोखिम से अधिक होता है और पांच साल से कम उम्र के बच्चों के लिए कुपोषण के बाद यह जोखिम दूसरे स्थान पर है। वायु प्रदूषण के बढ़ते आर्थिक, पर्यावरणीय और अस्तित्व संबंधी प्रभाव के बावजूद इससे निपटने के लिए कोई ठोस नीति नहीं बनाई गई है।

मुख्य प्रदूषक क्या हैं?

वायु में प्राकृतिक रूप से नहीं पाए जाने वाले तत्व या अधिक सांद्रता के साथ या सामान्य से अलग तत्वों को प्रदूषक कहा जाता है। ये प्रदूषक दो प्रकार के हो सकते हैं- प्राथमिक तथा द्वितीयक। प्राथमिक प्रदूषक वे होते हैं जो सीधे एक प्रक्रिया से उत्सर्जित हुए हैं, जैसे ज्वालामुखी विस्फोट से उत्पन्न राख, मोटर गाड़ी से उत्सर्जित कार्बन मोनो ऑक्साइड गैस, कारखानों से निकलने वाली सल्फर डाई ऑक्साइड गैस आदि।

द्वितीयक प्रदूषक सीधे उत्सर्जित नहीं होते वरन् ये प्राथमिक प्रदूषकों की पारस्परिक क्रिया या प्रतिक्रिया द्वारा उत्सर्जित होते हैं, जैसे जमीनी स्तर की ओजोन। इन पारस्परिक क्रियाओं के परिणामस्वरूप कुछ नये प्रदूषक उत्सर्जित हो सकते हैं और प्राकृतिक प्रदूषकों से भी निर्मित हो सकते हैं।

वायु को प्रदूषित करने वाले प्रदूषकों में विद्युत संयंत्रों की चिमनियां, मोटर गाड़ी, हवाई जहाज और समुद्री जहाज, बन्दरगाह, ईंधन, जलाऊ लकड़ी, कंड़े, जंगल की आग, भट्टी, भस्मक, तेलशोधक, औद्योगिक गतिविधियाँ, कृषि क्षेत्र में प्रयुक्त रसायन व कीटनाशक, कृषि के संयंत्र, पेंट, वार्निश, परमाणु हथियार, सैन्य गतिविधियां, विशाक्त गैसें, भूमि से उड़ने वाली धूल, पशुओं के पाचन से उत्सर्जित मीथेन, रेडॉन गैस, औद्योगिक इकाइयां, रसायन उद्योग, कपड़ा उद्योग, शक्कर उद्योग,



कृषि अपशिष्ट जलाने से वायु प्रदूषण

सीमेंट उद्योग, कोयला जलाना, कचरा जलाना, पराली जलाना, सीवर, धूल और धुएं में सूक्ष्म पदार्थ, विषाक्त धातुएं, कृषि प्रक्रिया से उत्सर्जित अमोनिया आदि प्रमुख हैं।

वायु प्रदूषण के कारण

कुछ उद्योग भी वायु प्रदूषण के लिए उत्तरदायी हैं। इनमें कपड़ा उद्योग, रासायनिक उद्योग, तेल शोधक कारखाने, शक्कर उद्योग, स्टील कारखाने आदि शामिल हैं।

दोपहिया और चारपहिया वाहन वायु प्रदूषण का सबसे बड़ा स्रोत हैं। आमतौर पर वाहनों से निकलता धुआं इस बात का संकेत करता है कि इंजन में ईंधन-वायु के अनुपात में बहुत ज्यादा है। कार तथा अन्य वाहनों के निष्कासित धुएं में मुख्यतः कार्बन डाई ऑक्साइड तथा लैड व सल्फर डाई ऑक्साइड होती हैं। इनमें कार्बन डाई आक्साइड सर्वाधिक जहरीली होती है। धुएं में कुछ रसायन जैसे हाइड्रोजन, क्लारोइड, सल्फर डाई ऑक्साइड, विषाक्त एल्डिहाइड रसायन तथा अमोनिया भी पाये जाते हैं। प्लास्टिक के कचरे को जलाने से भी कई प्रकार की जहरीली गैसें वायु को प्रदूषित करती हैं। हवाई जहाजों द्वारा हद दर्जे का प्रदूषण फैलता है। इनसे नाइट्रोजन ऑक्साइड जैसी हानिकारक गैस निकलती है। करीब 12 किलोमीटर की ऊंचाई पर कम तापमान के कारण विमानों की छोड़ी गई कालिख घंटों तक वायु में बनी रहती है, जो ग्रीन हाउस गैसों की तरह वायुमंडल में गर्मी को रोक लेते हैं। कई शोध के अनुसार वायुयानों द्वारा प्रदत्त गैसें कार्बन डाईऑक्साइड की तुलना में 1.7 गुना ज्यादा खतरनाक होती हैं।

हमारा घर भी वायु प्रदूषण फैलाता है। जिन घरों में कोयले का इस्तेमाल होता है, वहां कोयले के जलने पर कार्बन मोनो ऑक्साइड, नाइट्रोजन ऑक्साइड और सूक्ष्म कणिका तत्व सहित बड़ी मात्रा में खतरनाक प्रदूषक उत्सर्जित होते हैं। अधिकांश वायु प्रदूषण जीवाश्म ईंधनों के अधूरे जलने के कारण होता है। इनमें बिजली या परिवहन के लिए ऊर्जा का उत्पादन करने के लिए कोयला, तेल और गैसोलीन शामिल हैं। फसलों के अवशेष, ठूंठी जलाने या पराली जलाने से अत्यधिक प्रदूषण होता है। अक्टूबर-नवम्बर महीने में सर्वाधिक पराली जलाई जाती है।

वायु प्रदूषण का सबसे बड़ा कारण धुआं है। इसके कई स्रोत हैं। जिनमें से वाहनों से निकलने वाला धुआं प्रमुख है। देश में निरंतर दुपहिया, चौपहिया वाहनों की संख्या बढ़ती जा रही है। इन वाहनों से निकलता धुआं वातावरण को जहरीला बनाता है। महानगरों में वाहनों का अत्यधिक जमघट है। सुबह और शाम के वक्त वातावरण धुएं से भर जाता है और सांस लेना भी मुश्किल हो जाता है।

शोध के अनुसार, पीएम 2.5 को किलर प्रदूषक कहा जाता है। यह शहरी क्षेत्रों में वायु प्रदूषण का प्रमुख घटक है। कुछ समय के लिए भी पीएम 2.5 के संपर्क में आने से व्यक्ति का अनिच्छावर्ती नाडी तंत्र सक्रिय हो जाता है। इससे इंसुलिन प्रतिरोध का खतरा बढ़ता है, जो हृदय की बीमारियों का खतरा भी बढ़ाता है। पीएम 2.5 प्रदूषकों के निस्तर संपर्क में रहने से खून में शुगर के स्तर में वृद्धि होती है। लंबे समय तक (करीब एक साल) इनके संपर्क में रहने से टाइप 2 मधुमेह का खतरा 20% तक बढ़ सकता है।

वाहनों से उत्सर्जित होने वाला सफेद धुआं यह बताता है कि वाहन में कूलेंट का स्तर कम हो गया है। किसी भी गाड़ी से उत्सर्जित होने वाले धुएं का रंग काफी हद तक उसके इंजन की स्थिति के बारे में बताता है। गाड़ी से काला, सफेद या नीले रंग का धुआं निकल सकता है।

धूम्रपान का धुआं भी वायु को प्रदूषित करता है। कल्पना कीजिए, एक कमरे में 10 लोग एक साथ धूम्रपान करें तो पूरा कमरा ही धुएं से भर जाएगा। यह न केवल उन लोगों के लिए घातक है, जो धूम्रपान कर रहे हैं, बल्कि उस कमरे में मौजूद अन्य लोग भी अप्रत्यक्ष रूप से उससे प्रभावित होते हैं।

सीमेंट फैक्ट्रियां भी बहुत प्रदूषण फैलाती हैं। सीमेंट उत्पादन के लिए एक खास किस्म की रासायनिक प्रक्रिया अपनाई जाती है। इसमें कार्बन का उत्सर्जन बहुत ज्यादा होता है। इस सेक्टर में हो रही हानिकारक गैसों का उत्सर्जन चूना पत्थर के जलने से होता है। जिसके जलने के लिए भट्टी का तापमान 1400 ^{0}C तक करना पड़ता है।

दीपावली, विजय जुलूस, शादी और अन्य अवसरों पर देशभर में आतिशबाजी की जाती है। इससे अत्यधिक वायु प्रदूषण फैलता है। पटाखे छोड़ने से गंधक, ताँबा, जस्ता और सोडियम जैसे खतरनाक रसायन वायु में फैल जाते हैं। ये रसायन पर्यावरण को भी नुकसान पहुंचाते हैं। पटाखों से निकलने वाला धुआं सीधे फेफड़ों में जाकर उन्हें नुकसान पहुंचाता है।

कोयला आधारित तापीय विद्युत गृह से निकलने वाली फ्लाई एश/कोयले की राख को खत्म करने के तमाम उपाय कारगर सिद्ध नहीं हो रहे हैं। राख का स्टॉक कम होने का नाम ही नहीं ले रहा। यह तालाबों, नदी-नालों और वायु के जरिए मानव के लिए खतरा बन रहा है। अकेले मध्यप्रदेश में 15 तापीय विद्युत ग्रह हैं, जो हर वर्ष औसतन 2.85 करोड़ मीट्रिक टन फ्लाई ऐश उत्सर्जित कर रहे हैं। सरकार का दावा है कि इनमें 62% का पुनः उपयोग किया जा रहा है। अर्थात 38% कोयला राख अभी भी जल, जमीन और जंगल में समाहित हो रही है। वायु के साथ उड़ने और जल के साथ प्रवाहित होने वाली राख पर्यावरण को क्षति पहुंचा रही है।

तापीय विद्युत गृह में कोयला जलाकर विद्युत उत्पादन से राख उत्सर्जित होती है। मध्य प्रदेश सहित देश के विद्यूत गृह विद्युत की 70-75% आवश्यकता पूर्ण करते हैं। राष्ट्रीय स्तर पर कोयला राख के उपयोग में कमी नहीं आ रही है। विशेषज्ञों के अनुसार, एक मेगावाट विद्युत उत्पादन में 1800 से 2000 टन फ्लाई ऐश प्रतिदिन निकलती है। इनमें से 18-20% बालू जैसी मोटी राख और 80% वायु में फैलने योग्य राख रहती है।

देश में वनों की अंधाधुंध कटाई हुई है। विकास के नाम पर लाखों पेड़ काट दिए जाते हैं। इससे भी वायु दूषित हो रही है।

लैंसेट के वर्तमान अध्ययन के अनुसार वर्ष 2000 से 2019 के बीच भारत में पराली जलाने से होने वाले वायु प्रदूषण के कारण पैदा हुई स्वास्थ्य समस्याओं के परिणामस्वरूप कम से कम 25 लाख लोगों की मृत्यु हुई है। अध्ययन में कहा गया है कि इसी अवधि में विश्व भर में कम से कम 3 करोड़ मौतें जंगल या ज्वालामुखी आदि अन्य समस्याओं के कारण हुईं है। इनमें से कम से कम 90% मौतें निम्न और मध्यम आय वाले देशों में हुई हैं।

चिंता की बात

पांचवें वार्षिक अंतर्राष्ट्रीय स्वच्छ वायु दिवस पर वायु प्रदूषण के समाधान के लिए भारी निवेश का आह्वान किया गया। संयुक्त राष्ट्र महासचिव एंटोनियो गुटेरेस ने कहा कि मानव स्वास्थ्य पर इसके प्रभाव के अतिरिक्त प्रदूषण, अर्थव्यवस्थाओं का भी गला घोंट रहा है।

भारत के शहरों में वायु में मौजूद सूक्ष्म कण (पीएम 2.5) की मात्रा बढ़ने से मृत्युदर बढ़ रही है। हर 10 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर वायु में पीएम 2.5 की वृद्धि से मृत्युदर में 8.6% की वृद्धि होती है। देश के 140 करोड़ लोग ऐसे इलाकों में रहते हैं, जहां पीएम 2.5 की सांद्रता विश्व स्वास्थ्य संगठन के

अनुशंसित मानक 5 से अधिक है। यह राष्ट्रीय स्तर के तय मानक 40 से भी अधिक है।

यदि वायु गुणवत्ता इन मानकों को पूर्ण करती है, तो भी प्रदूषण के लंबे सम्पर्क के कारण प्रतिवर्ष लगभग 3 लाख मौतें सम्भावित हैं। वायु प्रदूषण देशभर के लोगों के लिए घातक सिद्ध हो रहा है। लेंसेट प्लैनेटरी स्वास्थ्य जर्नल में प्रकाशित एक अध्ययन के अनुसार, भारत में 2009-2019 के बीच हर साल 15 लाख मौतें वायु प्रदूषण के कारण हुई हैं। यह अध्ययन 657 जिलों में वार्षिक मौतों और प्रदूषण के स्तर से संबंधित आंकडों पर आधारित है।

वायु प्रदूषण रोकने के लिए सरकार ने कानून बना रखा है। वायु प्रदूषण की रोकथाम और नियंत्रण अधिनियम 1981, 16 मई 1981 को लागू हुआ। यह कानून वायु प्रदूषण के नियमन के लिए एक रूपरेखा विकसित करने में महत्वपूर्ण रहा है। यह प्रदूषकों के लिए एक निगरानी प्रणाली की रूपरेखा तैयार करता है।

सरकारी प्रयास

कोयला आधारित तापीय विद्युत गृह से उत्सर्जित होने वाली फ्लाई ऐश के बारे में केन्द्र सरकार 1999 से जनमानस को जाग्रत कर रही है। 2003, 2007, 2009, 2016 में केन्द्र ने इसे राष्ट्रीय समस्या मानकर स्टॉक खत्म करने की रूपरेखा बनाई। लेकिन कुछ राज्यों ने इसका ठीक से पालन नहीं किया। केन्द्र ने कहा कि ईंट के विकल्प के रूप में फ्लाई ऐश का उपयोग तापीय विद्युत ग्रह की 100 किलोमीटर की सीमा में निर्माण कार्य में करें। केन्द्र ने 2016 में यह सीमा बढ़ाकर 300 किलोमीटर कर दी। भूमिगत खदानों में 25% फ्लाई ऐश का उपयोग करने के लिए कहा गया। 300 किलोमीटर की सीमा में सड़क, बांध व भवन निर्माण में उपयोग होने वाली फ्लाई ऐश के परिवहन से संबंधित लागत सम्बन्धित प्लांट को वहन करनी होगी।



निर्माण गतिविधियों द्वारा वायु प्रदूषण

राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र (NCR) दिल्ली में वायु प्रदूषण को नियंत्रित करने के लिए प्रदूषण बढ़ने से पहले ही GRAP (श्रेणीबद्ध प्रतिक्रिया कार्य योजना) लागू कर दिया जाएगा, अर्थात वायु गुणवत्ता खराब या बहुत खराब स्तर पर पहुंचने के संकेत मिलते ही एडवांस में GRAP लागू कर दिया जाएगा, ताकि, प्रदूषण को नियंत्रित किया जा सके। वायु गुणवत्ता प्रबंधन आयोग ने GRAP पर विचार के बाद यह निर्णय लिया। आयोग ने यह बात सुप्रीम कोर्ट में दाखिल की गई रिपोर्ट में कही है। NCR में वायु प्रदूषण को नियंत्रित करने के लिए वैसे तो 2017 से GRAP लागू है। GRAP में वायु गुणवत्ता खराब होने की स्थिति को देखते हुए कुछ आवश्यक उपाय किए जाते हैं। वास्तव में ये उपाय एक तरह से कुछ ऐसे प्रतिबंध होते हैं, जिससे वायु प्रदूषण पर नियंत्रण पाया जाता है। जैसे-जैसे स्थिति बिगड़ती है, नियंत्रण और कड़े हो जाते हैं।

GRAP के मुख्यत चार स्तर खराब, बहुत खराब, गंभीर और अति गंभीर है। जब दिल्ली में वायु गुणवत्ता सूचकांक (AQI) 201 से 300 के बीच होता है, तो उसे खराब माना जाता है और तब GRAP वन के नियंत्रण लागू होते हैं। प्रदूषण फैलाने वाली औद्योगिक इकाइयों, तापीय विद्युत गृह, होटल, रेस्त्रों एवं खुले भोजनालयों में तंदूर में कोयला और लकड़ी जलाने पर रोक लगाई जाती है। निर्माण परियोजनाओं में धूल न उड़े, इसके भी आवश्यक प्रबंध करने के निर्देश जारी होते हैं।

GRAP के मुख्यत चार स्तर खराब, बहुत खराब, गंभीर और अति गंभीर है। जब दिल्ली में वायु गुणवत्ता सूचकांक (AQI) 201 से 300 के बीच होता है, तो उसे खराब माना जाता है और तब GRAP वन के नियंत्रण लागू होते हैं। प्रदूषण फैलाने वाली औद्योगिक इकाइयों, तापीय विद्युत गृह, होटल, रेस्त्रों एवं खुले भोजनालयों में तंदूर में कोयला और लकड़ी जलाने पर रोक लगाई जाती है। निर्माण परियोजनाओं में धूल न उड़े, इसके भी आवश्यक प्रबंध करने के निर्देश जारी होते हैं।

AQR 301 से 400 के बीच बहुत खराब माना जाता है और ऐसी स्थिति में GRAP का दूसरा चरण लागू होता है, जिसमें पार्किंग शुल्क बढ़ाना, CNG व इलेक्ट्रिक बस व मैट्रो की सेवाएं बढ़ाना शामिल हैं। AQI के 401 से 450 रहने को गंभीर माना जाता है और GRAP का तीसरा चरण लागू होता है, जिसमें दिल्ली और आसपास के क्षेत्रों में पेट्रोल की बीएस 3 कारों और डीजल की बीएस 4 कारों पर रोक लग जाती है। निर्माण और तोड़फोड़ पर प्रतिबंध रहता है।

AQI के 450 से ऊपर रहने को अति गंभीर माना जाता है और ऐसा होने पर GRAP का चौथा चरण लागू होता है, जिसमें दिल्ली में ट्रकों के प्रवेश पर रोक लगायी जाती है तथा सिर्फ आवश्यक सामान की आपूर्ति वाले CNG वाहनों को ही प्रवेश मिलता है। दिल्ली में डीजल के हल्के और भारी मालवाहकों पर प्रतिबंध रहता है।

आयोग ने सुप्रीम कोर्ट में एक अक्टूबर 2024 को दाखिल रिपोर्ट में कहा है कि वायु प्रदूषण को प्रभावी ढंग से नियंत्रित करने के लिए GRAP पर विचार हुआ। अब पहले से ही मौसम और वायु गुणवत्ता की स्थिति के सटीक संकेत मिल जाते हैं। ऐसे में स्थिति खराब होने के संकेत मिलते ही GRAP लागू किया जाएगा।

निवारण के उपाय

वायु प्रदूषण की पूर्णतः रोकथाम भले ही संभव न हो, पर उसे नियंत्रित और सीमित अवश्य किया जा सकता है,

जिससे इंसान की सेहत पर जोखिम कम हो सके।

आमतौर पर व्यक्ति अपने ऑफिस, दुकान, प्रतिष्ठान या अन्य कार्यों के लिए कार अथवा दुपहिया वाहन का इस्तेमाल करते हैं। इस कारण सड़कों पर वाहनों की संख्या बेतहाशा बढ़ जाती है, जो धुआं छोड़ते रहते हैं। व्यक्तिगत वाहन के स्थान पर सार्वजनिक वाहन जैसे बस, लोकल ट्रेन, मेट्रो आदि को इन कार्यों हेतु अपनाया जा सकता है। विद्युत वाहनों का प्रचलन अभी नगण्य है। इसे बढ़ाया जा सकता है ताकि वायु प्रदूषण को रोका जा सके।

धूम्रपानमुक्त समाज की स्थापना की दिशा में प्रयास करना चाहिए। अभी केवल सार्वजनिक स्थानों पर धूम्रपान करना वर्जित है, लेकिन इस कानून की परवाह कौन करता है? जब तक व्यक्ति स्वेच्छा से धूम्रपान बंद नहीं करता, तब तक कानून महज एक तमाशा बना रहेगा। लोग अपने घरों में, चोरी छिपे सार्वजनिक स्थानों और एकांत में बीड़ी, सिगरेट आदि पीते हैं। जिससे वायु प्रदूषण में वृद्धि होती है।

CNG से चलने वाले सार्वजनिक वाहन वायु प्रदूषण को रोकने में सहायक होते हैं। यह हवा में सूक्ष्म कणों की संख्या कम करता है। ई-बस जैसी नई तकनीक भी वायु को प्रदूषित होने से रोकती है। कहने का तात्पर्य है कि विद्युत वाहनों जैसे वाहनों का उपयोग सामान्यतः बढ़ाना चाहिए।

साधारण पटाखों की बजाय ग्रीन पटाखे कम प्रदूषण फैलाते हैं। इन पटाखों में सामान्यतः उपयोग होने वाले प्रदूषणकारी रसायन जैसे एल्युमिनियम, बेरियम, पोटेशियम नाइट्रेट और कार्बन को क्रेकर्स में से निकाल दिया जाता है। ग्रीन पटाखों के प्रयोग से हानिकारक प्रदूषक गैसों के उत्सर्जन को 15% से 30% फीसदी तक कम किया जा सकता है।

श्रेणीबद्ध प्रतिक्रिया कार्ययोजना (GRAP)-इस योजना में वाहनों के प्रवेश को प्रतिबंधित करना, निर्माण गतिविधियों को रोकना और प्रदूषण का स्तर अधिक होने पर स्कूलों को बंद करना, वर्क फ्रॉम होम जैसे उपाय शामिल हैं। इसमें अलग-अलग प्रदूषण स्तर पर अलग-अलग प्रयास किए जाते हैं।

राष्ट्रीय स्वच्छ वायु कार्यक्रम (NCAP)- 2019 में शुरू की गई इस योजना का लक्ष्य 2017 के स्तर की तुलना में 2024 तक कणिका तत्व प्रदूषण को 20-30% तक कम करना है।

पराली जलाने के नियम- वैकल्पिक तरीकों के लिए सब्सिडी और नियमों में सख्ती से पराली जलाने को कम करने के प्रयास किये जाने चाहिए।

विद्युत वाहनों को प्रोत्साहन देना - विद्युत वाहन खरीद के लिए प्रोत्साहन और चार्जिंग संरचना के विकास के लिए युद्ध स्तर पर प्रयास किये जाने आवश्यक हैं।

प्रधानमंत्री ई-बस सेवा के अन्तर्गत देश के सौ से अधिक शहरों में विद्युत बसों का संचालन इसी वर्ष से प्रारम्भ में हुआ। 12 राज्यों और केन्द्र शासित प्रदेशों के 77 शहरों की ओर से मिले प्रस्तावों को मंजूरी दी गई है। इन शहरों की ओर से अब तक 5738 बसों की खरीद के प्रस्ताव मिले हैं।

केन्द्रीय शहरी कार्य राज्यमंत्री माननीय श्री तोखन साहू ने दैनिक जागरण को बताया कि प्रधानमंत्री ई-बस सेवा के द्वारा केन्द्र सरकार शहरी क्षेत्रों में परिवहन संरचना को नए दौर में ले जाना चाहती है। इस योजना के अन्तर्गत 10 हजार विद्युत बसों की तैनाती के लिए 20 हजार करोड़ रूपए की केन्द्रीय सहायता दी जाएगी। योजना मार्च 2037 तक चलेगी।

जिन राज्यों के शहरों के लिए ई-बसों को स्वीकृति दी गई है, उनमें उत्तर प्रदेश, मध्य प्रदेश, महाराष्ट्र, गुजरात, हरियाणा, पंजाब, ओडिशा, बिहार, छत्तीसगढ़, राजस्थान, असम शामिल हैं। छत्तीसगढ़ में बिलासपुर, कोरबा, रायपुर, राजस्थान में अजमेर, भीलवाड़ा, उदयपुर, मध्यप्रदेश में इन्दौर, भोपाल, उज्जैन, महाराष्ट्र में उल्हासनगर, अकोला और कोल्हापुर, गुजरात में भावनगर, गांधीनगर, जामनगर, राजकोट और वड़ोदरा में बस डिपो और चार्जिंग संरचना निर्माण को केन्द्र सरकार ने मंजूरी दे दी है।

वायु प्रदूषण को नियंत्रित करने हेतु अधिक वृक्षारोपण किया जाना चाहिए। इसके लिए जनसाधारण में चेतना जागृत करना आवश्यक है। अपने आवास के सामने, औद्योगिक परिसर आदि में वृक्षारोपण करें।

फसलों के अवशेष जलाने से उत्पन्न होने वाले प्रदूषण को रोकने के लिए पराली प्रबंधन अत्यन्त आवश्यक है। यद्यपि पराली जलाने की निगरानी अब सेटेलाइट तकनीक से की जा रही है। यदि कोई किसान पराली जलाते हुए पाया गया, तो उसे आर्थिक दंड का सामना करना पड़ेगा। केन्द्र ने पराली पर आर्थिक दंड दोगुना किया है। सुप्रीम कोर्ट के निर्देश के बाद सरकार ने आर्थिक दंड बढ़ाया है। सुप्रीम कोर्ट ने वायु प्रदूषण को लेकर पर्यावरण संरक्षण अधिनियम के तहत नियम बनाने और उत्तरदायी अधिकारियों की नियुक्ति करने के लिए केन्द्र सरकार को कहा था। अब 2 एकड़ से कम जमीन पर 5000 रूपए का आर्थिक दंड लगेगा। दो से पांच एकड़ तक 10 हजार और इससे अधिक जमीन वालों से 30 हजार रूपए आर्थिक दंड वसूला जाएगा। पराली जलाने के मामले में सुप्रीम कोर्ट ने काफी सख्त रूख अपनाया है। सुप्रीम कोर्ट ने कहा कि प्रदूषणमुक्त वातावरण में रहना नागरिकों का अधिकार है।

केन्द्रीय सड़क परिवहन मंत्री माननीय श्री नितिन गड़करी ने 21 दिसम्बर 2024 को बायो-बिटुमेन (पराली से बना डामर) से बनी देश की पहली सड़क का उद्घाटन किया, जो कि नागपुर के मानसर राष्ट्रीय राजमार्ग-44 का भाग है। इसी प्रकार, देश में बायो वेस्ट से सीएनजी बनाने की 400 परियोजनाएं निर्माण प्रक्रिया में हैं। इनमें 40 परियोजनाएं पूर्ण हो चुकी हैं, जिनमें पराली से सीएनजी बनाई जा रही है। इन परियोजनाओं में कुल 60 लाख टन पराली का उपयोग हुआ है।

उपसंहार

अतः अध्ययन से प्राप्त निष्कर्ष यह है कि वायु प्रदूषण एक बड़ा खतरा बन चुका है। इसे केवल केन्द्र या राज्य सरकारों के भरोसे नहीं छोड़ा जा सकता। हर स्तर पर इसे रोकने के प्रयास करने होंगे। जनसाधारण और उत्तरदायी लोगों को इसे गंभीरता से लेना होगा। मानव स्वस्थ, निरोगी और दीर्घायु रहे, इसके लिए उसका स्वच्छ वायु में सांस लेना आवश्यक है।

यद्यपि वायु प्रदूषण को रोकने के कानून बने हुए हैं, लेकिन उनका सख्ती से पालन होना भी आवश्यक है। कानून का उल्लंघन करने पर कठोर दंड के प्रावधान की भी आवश्यकता है।

संपर्क करें:
सुमित गुप्ता
सुदामानगर, रामटेकरी,
मन्दसौर (म.प्र.)
मो.नं. 9893646346



सड़कों पर यातायात से बढ़ता वायु प्रदूषण

डॉ. प्रविण रंगराव पाटील

एकीकृत संचयन प्रबंधनः भारत की सतत जल सुरक्षा की आधारशिला

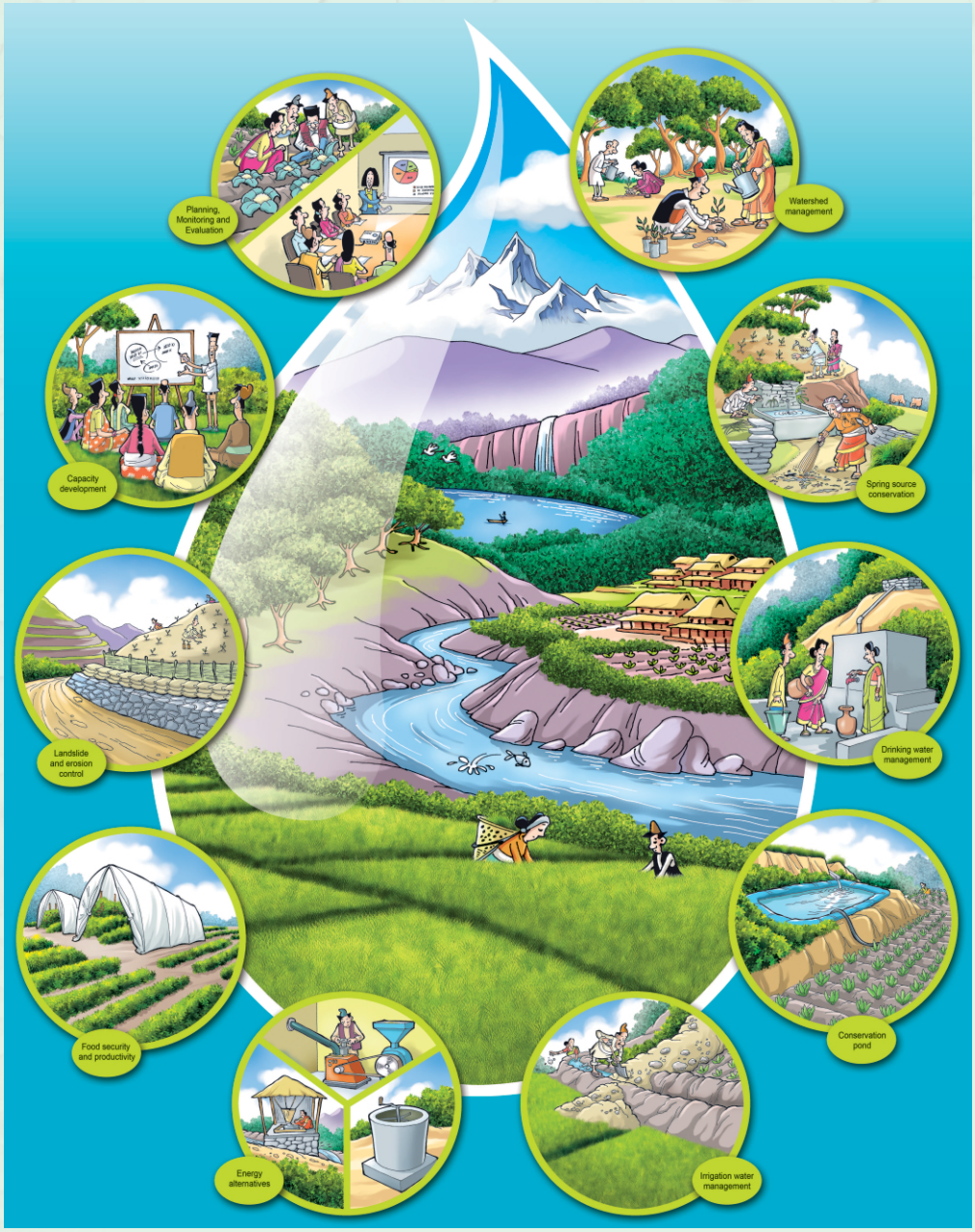


एकीकृत संचयन प्रबंधन वह दृष्टिकोण है जिसमें प्राकृतिक और मानव निर्मित दोनों प्रकार की संचयन प्रणालियों का समन्वित उपयोग कर स्थानिक व कालिक जल असमानताओं को कम किया जाता है, जिससे जल आपूर्ति की विश्वसनीयता, सततता और लचीलापन बढ़ता है। यह पारंपरिक, अवसंरचनात्मक और खंडित निदर्शों से आगे बढ़कर ऐसी समग्र संरचना को अपनाता है जो जल उपलब्धता का अनुकूलन, जलविज्ञान आधारित योजना, सहभागी शासन, स्मार्ट प्रौद्योगिकी और प्रकृति-आधारित समाधानों को साथ संबद्ध है। भारत जैसे जटिल जलविज्ञानीय एवं संस्थागत परिदृश्य वाले देशों के लिए यह वैश्विक अनुभवों को स्थानीय संदर्भ में लागू करने की व्यवहारिक संरचना प्रदान करता है। एकीकृत संचयन प्रबंधन भूमि और जल शासन को समाहित करने हुए संचयन, आपूर्ति, मांग, जल गुणवत्ता, अपशिष्ट जल, बाढ़ जोखिम और पर्यावरणीय सेवाओं का समन्वित प्रबंधन सुनिश्चित करता है। इसमें संचयन को एक ''सेवा'' के रूप में देखा जाता है, जिसका मूल उद्देश्य विभिन्न गुणवत्ता स्तरों पर विश्वसनीय जल उपलब्ध कराना है।

जल प्रबंधन की मुख्य चुनौती जल को उपयुक्त मात्रा, स्थान और समय पर उपलब्ध कराना है। विश्व के अधिकांश क्षेत्रों में जल वितरण मानव आवश्यकताओं के अनुरूप नहीं है, और भौगोलिक व जलवायु सीमाएँ सुरक्षित पेयजल तक पहुँच को सीमित करती हैं। कम वर्षा, असमान वितरण और जलवायु परिवर्तन से पेयजल व सिंचाई संकट बढ़ रहा है। बढ़ती जनसंख्या, शहरीकरण, कृषि व औद्योगिक विस्तार के कारण वैश्विक जल मांग तेजी से बढ़ रही है, जिससे 2030 तक उपलब्ध आपूर्ति और मांग में लगभग 40% का अंतर संभव है। ऐसे में वर्ष भर विश्वसनीय जल उपलब्धता हेतु संचयन अत्यावश्यक है। जल संचयन जलवायु अनुकूलन, आर्थिक स्थिरता और सतत विकास का महत्वपूर्ण आधार है।

एकीकृत संचयन प्रबंधन क्या है..?

एकीकृत संचयन प्रबंधन वह दृष्टिकोण है जिसमें प्राकृतिक और मानव निर्मित दोनों प्रकार की संचयन प्रणालियों का समन्वित उपयोग कर स्थानिक व कालिक जल असमानताओं को कम किया जाता है, जिससे जल आपूर्ति की विश्वसनीयता, सततता और लचीलापन बढ़ता है। यह पारंपरिक, अवसंरचनात्मक और खंडित निदर्शों से आगे बढ़कर ऐसी समग्र संरचना को अपनाता है जो जल उपलब्धता का अनुकूलन, जलविज्ञान आधारित योजना, सहभागी शासन, स्मार्ट प्रौद्योगिकी और प्रकृति-आधारित समाधानों को साथ संबद्ध है। भारत जैसे जटिल जलविज्ञानीय एवं संस्थागत परिदृश्य वाले देशों के लिए यह वैश्विक अनुभवों को स्थानीय संदर्भ में लागू करने की व्यवहारिक संरचना प्रदान करता है। एकीकृत संचयन प्रबंधन भूमि और जल शासन को समाहित करने हुए संचयन, आपूर्ति, मांग, जल गुणवत्ता, अपशिष्ट जल, बाढ़ जोखिम और पर्यावरणीय सेवाओं का समन्वित प्रबंधन सुनिश्चित करता है। इसमें संचयन को एक ''सेवा'' के रूप में देखा जाता है, जिसका मूल उद्देश्य विभिन्न गुणवत्ता स्तरों पर विश्वसनीय जल



एकीकृत जल प्रबंधन

उपलब्ध कराना है। जलवायु परिवर्तन के संदर्भ में यह विशेष रूप से महत्वपूर्ण है, क्योंकि जल संचयन सूखे के दौरान जल उपलब्धता सुनिश्चित करता है और अतिवृष्टि की स्थिति में बाढ़ प्रभावों को कम करता है। बाँधों और जलाशयों पर आधारित पारंपरिक संरचना अकेले 21वीं सदी की जल चुनौतियों के लिए पर्याप्त नहीं हैं, इसलिए प्राकृतिक संचयन, मानव निर्मित अवसंरचना और संकर (हाइब्रिड) समाधानों के बीच संतुलन स्थापित करने वाला समग्र दृष्टिकोण अनिवार्य बन गया है।

एकीकृत संचयन प्रबंधन के व्यापक क्रियान्वयन की चुनौतियाँ

एकीकृत संचयन प्रबंधन के सामने बढ़ती जल मांग, जलवायु परिवर्तन से उत्पन्न परिवर्तनशीलता और अवसंरचना के क्षरण के कारण संचयन क्षमता का विस्तार पीछे रह गया है, जिससे संचयन अंतर लगातार बढ़ रहा है। इसके समाधान हेतु वृहत्त निवेश और जलवायु-लचीले संचयन में वृद्धि आवश्यक है। पुरानी अवसंरचना विशेषकर विकसित देशों में गंभीर चुनौती है, क्योंकि कई संरचनाएँ सेवा-आयु के अंत पर हैं और इनके पुनर्वास हेतु सेवाओं में व्यवधान लाए बिना भारी पूँजी की आवश्यकता होती है। साथ ही, ऐतिहासिक जलवैज्ञानिक प्रतिरूप अब भविष्य के विश्वसनीय संकेतक नहीं हैं, जिससे प्रणालियों को चरम वर्षा, बाढ़ जोखिम और नए प्रदर्शन मानकों के अनुरूप ढालना अपरिहार्य हो गया है। वैज्ञानिक नियोजन में आंकडा-संबंधित कमियाँ भी प्रमुख बाधा हैं। भूजल, आर्द्रभूमि, लघु संचयन संरचनाओं और वास्तविक जल उपयोग पर अपर्याप्त व असंगत आंकड़े निर्णय-निर्माण को प्रभावित करते हैं। इस अंतर को दूर करने के लिए प्रबोधन तंत्रों का सुदृढीकरण, सुदूर-संवेदन एवं जीआईएस का विस्तार और विश्वसनीय आंकडा-साझाकरण तंत्र आवश्यक हैं। संस्थागत विखंडन भी एकीकृत दृष्टिकोण को कमजोर करता है, क्योंकि कई एजेंसियाँ ओवरलैपिंग दायित्वों के साथ सीमित समन्वय में काम करती हैं, जिससे संसाधन-क्षति और सहक्रियात्मक समाधानों का ह्रास होता है। इस हेतु संरचनात्मक सुधार, क्षमता निर्माण और कार्य-संस्कृति में बदलाव आवश्यक हैं। समानता व समावेशन भी महत्वपूर्ण हैं, ताकि संचयन के लाभ वंचित समुदायों, ग्रामीण क्षेत्रों और असुरक्षित जल क्षेत्रों तक पहुँचें। इसके लिए ऐसी नीतियाँ चाहिए जो सामाजिक-भौगोलिक विषमताओं को संबोधित करें, समुदाय-आधारित प्रबंधन को सशक्त बनाएँ और तकनीकी-वित्तीय सहयोग प्रदान करें, जिससे समानता और प्रभावशीलता दोनों सुनिश्चित हो सकें।

जल संचयन के विविध रूप

प्राकृतिक संचयन प्रणालियाँः जल संचयन के रूप विविध प्राकृतिक, अवसंरचनात्मक और संकर प्रणालियों में विभाजित हैं। प्राकृतिक संचयन में हिमनद, मृदा, वनस्पति, आर्द्रभूमियाँ और जलाशय शामिल हैं, जो मौसमी हिमगलन, अवशोषण, वाष्पोत्सर्जन नियंत्रण और जैव-भौतिक प्रक्रियाओं के माध्यम से जल को संचित रखते हैं। इनमें विशेषकर जलाशय वाष्पीकरण से सुरक्षित, उच्च संचयन क्षमता वाले और शुष्क अवधियों में विश्वसनीय आपूर्ति प्रदान करने वाले तंत्र हैं, जो वर्षा की अस्थिरता के विरुद्ध प्राकृतिक बफर का कार्य करते हैं। आर्द्रभूमियाँ जल को रोककर, शुद्धिकरण कर और प्रवाह मध्यम करके पारिस्थितिक तंत्र की स्थिरता बनाए रखती हैं, जबकि वनस्पति और मृदा भूजल पुनर्भरण को

बढ़ाती हैं।

मानव निर्मित अवसंरचनात्मक संचयनः मानव निर्मित अवसंरचनात्मक संचयन के अन्तर्गत आने वाले बाँध और जलाशय सिंचाई, पेयजल, जलविद्युत, बाढ़ नियंत्रण और नौवहन हेतु नियंत्रित जल-संचयन उपलब्ध कराते हैं, जबकि शहरी क्षेत्रों में भूमिगत संचयन टैंक सीमित भूमि के बावजूद लचीले और स्थान-कुशल विकल्प प्रदान करते हैं।

संकर संचयन अवसंरचनाः संकर प्रणालियाँ, विशेष रूप से प्रबंधित जलभृत पुनर्भरण के रूप में प्राकृतिक और निर्मित संरचनाओं को जोड़ती हैं, जिसमें पुनःपूरण संरचनाएँ, प्रसार क्षेत्र, अवशोषण कुंड और इंजेक्शन कुएँ जलभृतों में नियंत्रित पुनर्भरण को सक्षम बनाते हैं। इससे भूजल स्तर में गिरावट धीमी होती है, भूमि धंसाव घटता है, तटीय खारेपन का प्रवेश नियंत्रित होता है तथा प्रवाह के दौरान प्राकृतिक निस्यंदन जल गुणवत्ता सुधारता है। उपचारित अपशिष्ट जल के पुनर्भरण से सूखा-लचीलापन व आर्थिक स्थिरता भी बढ़ती है।

सतही और भूजल संसाधनों का संयुग्मी उपयोगः सतही-भूजल संयुग्मी उपयोग एकीकृत संचयन प्रबंधन का व्यावहारिक स्वरूप है, जिसमें सतही जल, वर्षा के प्रति उत्तरदायी लेकिन वाष्पीकरण हेतु संवेदनशील होता है, जबकि भूजल, कम परिवहन हानियाँ, स्थिर गुणवत्ता और उच्च विश्वसनीयता प्रदान करता है। संयुग्मी प्रबंधन में आर्द्रकाल में सतही जल का प्राथमिक उपयोग कर भूजल को संरक्षित किया जाता है, तथा शुष्क काल में भूजल आपूर्ति से संतुलन बनाए रखा जाता है। इससे भूजल क्षरण, जलभराव, लवणीकरण और पारिस्थितिकीय तनाव कम होते हैं, जबकि आधार प्रवाह संरक्षण, स्वाभाविक जल गुणवत्ता सुधार और आपूर्ति स्थिरता सुनिश्चित होती है। सामाजिक-आर्थिक स्तर पर यह रणनीति कृषि हानि को कम कर जल सुरक्षा बढ़ाती है और पुनर्चक्रित व वर्षा-आधारित विकल्पों को उपयोगी बनाती है। प्रभावी जल प्रबंधन हेतु इन रूपों का संदर्भ-आधारित संयोजन और अनुकूलन आवश्यक है।

स्मार्ट प्रौद्योगिकियाँ और डिजिटल अवसंरचना

स्मार्ट प्रौद्योगिकियाँ और डिजिटल अवसंरचना, जल प्रणाली को प्रतिक्रियाशील से बुद्धिमत्ता स्वरूप में परिवर्तित कर रही हैं। आईओटी सेंसर, कृत्रिम बुद्धिमत्ता और आंकडा विश्लेषण, प्लेटफॉर्म संचयन, उपचार और वितरण तंत्र के उन पद्धति के शुद्ध पूर्वानुमान, उपचार एवं पम्पिंग में ऊर्जा दक्षता, तथा विफलताओं और जोखिमों का पूर्वाभास संभव बनाते हैं। डिजिटल प्रौद्योगिकी, भौतिक जल प्रणाली की आभासी प्रतिकृति तैयार कर परिदृश्य अनुकरण, हस्तक्षेप परीक्षण और चरम परिस्थितियों में लचीलापन आंकलन को सक्षम बनाती है। इसी प्रकार आईओटी-संचालित स्मार्ट सिंचाई, मौसम, मृदा आर्द्रता और फसल जल-आवश्यकताओं को जोड़कर सटीक सिंचाई का निर्धारण करती है, जलाशयों की तरह आर्द्र काल में स्वच्छ जल संग्रहीत कर शुष्क काल में छोड़ती हैं, अतिरिक्त वर्षा को अवशोषित कर बाढ़ जोखिम कम करती हैं और भूजल-पर निर्भर पारिस्थितिकीय तंत्रों को संरक्षित रखती हैं। वन एवं वनस्पति-आच्छादित जलग्रहण क्षेत्र ऊपरी घाटियों में जल संचयन और विनियमन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। वनस्पति बहाव को धीमा कर मृदा अपरदन व प्रदूषण घटाती हैं और भूजल पुनर्भरण बढ़ाती हैं। शहरी परिदृश्य में



अमृत सरोवर योजना के अंतर्गत एक जल संचयन परियोजना

वास्तविक समय प्रबोधन में सक्षम हैं, जहाँ जल स्तर, प्रवाह, दाब और गुणवत्ता से संबंधित आंकड़े स्वतः प्राप्त होते हैं तथा रिसाव, असामान्य खपत और संरचनात्मक विसंगतियों का समयपूर्व पता चलता है। इससे पूर्वानुमान-आधारित रखरखाव, जल हानि में कमी और आपात मरम्मत लागत में बचत संभव होती है। सेंसर आंकड़ों का एकीकृत विश्लेषण, संसाधन प्रबंधकों को शीर्ष मांग के पूर्वानुमान, वितरण दक्षता में सुधार और वास्तविक समय परिचालन अनुकूलन की क्षमता प्रदान करता है, तथा उपयोगी आंकड़े तथा मौसम और उपयोगी पूर्वानुमानों के आधार पर स्वचालित समायोजन वाले एकीकृत प्रबंधन ढाँचे विकसित हो रहे हैं। कृत्रिम बुद्धिमत्ता प्रमेय, उपभोग जिससे कृषि जल उपयोग-दक्षता और उत्पादकता दोनों में वृद्धि होती है।

जल संचयन के प्राकृतिक समाधान

पारिस्थितिकीय सेवाओं की बढ़ती मान्यता ने प्राकृतिक समाधानों को जल संचयन और प्रबंधन के लिए मितव्ययी, सतत और सह-लाभकारी विकल्प के रूप में स्थापित किया है। आर्द्रभूमियाँ इसका उत्कृष्ट उदाहरण हैं। ये जल धारण, प्रदूषक अवशोषण, भूजल पुनर्भरण और जैव विविधता संरक्षण जैसे कार्य एक साथ करती हैं। उपचारात्मक व निर्मित आर्द्रभूमियाँ पारंपरिक अपशिष्ट जल उपचार प्रणालियों के कम-लागत विकल्प के रूप में अपनाई जा रही हैं, जहाँ उप-सतही प्रवाह प्रणालियाँ बिना दुर्गंध के प्रभावी शोधन सुनिश्चित करती हैं। ये प्राकृतिक प्रकृति-आधारित संचयन को हरित अवसंरचना के रूप में शामिल किया जाता है, हरित छतें वर्षा जल को अवशोषित कर धीरे-धीरे छोड़ते हैं, जैवीय प्रतिधारण प्रणालियाँ और अवशोषण कुंड जल को निकासी के बजाय भूमि में संचित होने देते हैं, जबकि पारगम्य सतहें कार्यात्मक उपयोग बनाए रखते हुए पुनर्भरण को संभव बनाती हैं। इन समाधानों से जल मात्रा और गुणवत्ता दोनों में सुधार होता है, नगरीय ऊष्मा द्वीप प्रभाव घटता है और रहने योग्य हरित स्थान बनते हैं।

शहरी जल संचयन रणनीतियाँ

जनसंख्या घनत्व, अपारगम्य सतहों और अवसंरचना जटिलता के कारण शहरों में जल प्रबंधन अधिक चुनौतीपूर्ण होता है, क्योंकि प्राकृतिक

जल चक्र बाधित होते हैं और पेयजल, औद्योगिक उपयोग, स्वच्छता, अग्निशमन और पर्यावरण संरक्षण के बीच प्रतिस्पर्धी मांगें उत्पन्न होती हैं। भूमिगत जल संचयन टैंक सघन शहरी वातावरण में विश्वसनीय आपूर्ति प्रदान करते हैं और सीमित सतही क्षेत्र का अनुकूल उपयोग सुनिश्चित करते हैं। एकीकृत शहरी जल प्रबंधन जल आपूर्ति, अपशिष्ट जल और वर्षा जल को पृथक प्रणालियों की बजाय एक परस्पर जुड़ी इकाई के रूप में देखता है। स्थानीय संचयन के साथ वर्षा जल संचयन, वर्षा जल पुनर्प्राप्ति, पुनर्चक्रित अपशिष्ट जल का पेय और गैर-पेय उपयोग, भूजल पुनर्भरण तथा विकेन्द्रीकृत संग्रह व उपचार प्रणाली आपूर्ति बढ़ाती हैं, जल उत्पादकता में सुधार करती हैं और वृहत्त केंद्रीकृत संरचनाओं पर निर्भरता घटाती हैं। स्मार्ट प्रबंधन प्रणाली आईओटी-सेंसर आधारित प्रबोधन के माध्यम से उपभोग का अनुसरण करती हैं, रिसाव व अक्षमताओं की तुरंत पहचान करती हैं और स्वचालित रूप से टैंकों के पुनर्भरण व मांग आधारित वितरण का प्रबंधन करती हैं। कई वैश्विक शहरों (कोपेनहेगन, मेलबर्न, बर्लिन) ने ऐसी रणनीतियाँ अपनाई हैं। भारत में मॉडल बिल्डिंग बायलॉज 2016 के अनुसार 100 वर्ग मीटर से अधिक क्षेत्र की इमारतों के लिए वर्षा जल संचयन अनिवार्य है। तमिलनाडु, आंध्र प्रदेश, दिल्ली, राजस्थान, त्रिपुरा, चंडीगढ़, बेंगलुरु, मुंबई सहित कई अन्य राज्यों/केंद्र शासित प्रदेशों और शहरों में इसे स्थानीय विधानों द्वारा और अधिक सुदृढ़ किया गया है।

एकीकृत आंकलन के लिए जलवैज्ञानिक निदर्शन उपकरण

एकीकृत जल आंकलन हेतु उन्नत जलविज्ञानीय उपकरण सतही-भूजल प्रक्रियाओं और संचयन हस्तक्षेपों के प्रभाव का वैज्ञानिक मूल्यांकन संभव बनाते हैं। मृदा एवं जल निर्धारण निदर्श (SWAT) भूमि उपयोग, मृदा और प्रवणता आधारित जलविज्ञानीय प्रतिक्रिया इकाइयों पर कार्य करते हुए जल प्रवाह, अवशोषण, रिसाव, वाष्पोत्सर्जन, पार्श्व प्रवाह, अवसाद उत्पादन और मृदा अपरदन जैसी प्रक्रियाओं का अनुकरण करता है तथा मृदा नमी गतिकी, पुनर्भरण दर, जल-संतुलन और स्थानिक जल उपलब्धता के आंकलन में विशेष रूप से उपयोगी है। माइक-शी स्थानिक रूप से वितरित और भौतिक-आधारित निदर्श है, जो असंतृप्त-संतृप्त प्रवाह और वाहिका मार्ग का एकीकृत ढाँचे में अनुकरण करता है। माइक 11 के साथ संयोजन में संचयन हस्तक्षेपों का बाढ़ व्यवस्था और नदी गतिकी पर प्रभाव भी आंका जा सकता है। यह जल-संतुलन लेखांकन, पुनर्भरण और आधार प्रवाह जैसे घटकों का विश्वसनीय प्रतिनिधित्व करता है, यद्यपि विस्तृत आंकड़ा, उच्च संगणन और लाइसेंस लागत इसकी प्रमुख सीमाएँ हैं। HEC–HMS अर्ध-वितरित वर्षा-बहाव निदर्श है, जो अमापित और आंकड़ों के अभाव वाले जलग्रहण क्षेत्रों में प्रभावी सिद्ध हुआ है। WRF जैसे संख्यात्मक मौसम निदर्शों के साथ संयोजन से बाढ़ पूर्वानुमान और आपदा प्रबंधन की गुणवत्ता बढ़ती है। मोडफ्लो, त्रि-आयामी भूजल प्रवाह का अंतर्राष्ट्रीय मानक निदर्श है, जो विशिष्ट उपज लब्धि, भंडारणशीलता और संचयन परिवर्तन जैसे मानकों के निर्धारण में उपयोग होता है तथा भूजल बजट, पुनर्भरण आंकलन और कण अनुगमन के माध्यम से प्रग्रहण क्षेत्र विश्लेषण को सक्षम बनाता है। विस्तृत जलभूवैज्ञानिक आंकड़े और स्थल-विशिष्ट अंशांकन इसकी विश्वसनीयता के लिए आवश्यक माने जाते हैं।

मृदा अपरदन एवं अवसाद आपूर्ति का आंकलन

एकीकृत संचयन प्रबंधन के संदर्भ में जलाशयों में अवसादन, एकत्रीकरण संचयन क्षमता और परिचालन आयु को गंभीर रूप से प्रभावित करता है। इस चुनौती के वैज्ञानिक समाधान हेतु संशोधित सार्वभौमिक मृदा हानि समीकरण को अवसाद परिवहन एवं वितरण निदर्श के साथ संयोजित कर अवसाद प्रबंधन रणनीतियाँ विकसित की जाती हैं। यह संयुक्त निदर्शन, उप-बेसिन स्तर पर अधिक अपरदन-प्रवण क्षेत्रों की पहचान करता है, जिसके आधार पर चेक डैम, गली प्लग आदि मृदा-जल संरक्षण संरचनाओं का रणनीतिक स्थान निर्धारण संभव होता है, जिससे अवसाद अवरोधन और भूजल पुनर्भरण दोनों को बढ़ाया जा सकता है। अवसाद परिवहन एवं वितरण निदर्श, जलाशयों तक वास्तविक अवसाद आपूर्ति का मात्रात्मक अनुमान प्रदान करता है, जो संचयन क्षमता हानि, जलाशय जीवन-चक्र प्रबंधन और दीर्घकालिक परिचालन अनुकूलन के लिए महत्वपूर्ण आधार प्रदान करता है।

सिंचाई जल प्रबंधन और फसल जल उत्पादकता

सिंचाई जल प्रबंधन में सुधार और संचयन दक्षता बढ़ाने के लिए खेत से बेसिन स्तर तक सिंचाई जल मांग और फसल जल उत्पादकता का वैज्ञानिकीकरण आवश्यक है। इस संदर्भ में संयुक्त राष्ट्र (FAO) का एक्वाक्रॉप निदर्श विशेष रूप से उपयोगी है, क्योंकि यह जल उपलब्धता के प्रति फसल उपज की प्रतिक्रिया का व्यवहारिक आंकलन करता है और विभिन्न सिंचाई समय-निर्धारण परिदृश्यों के तुलनात्मक विश्लेषण के माध्यम से एकीकृत संचयन प्रबंधन को तकनीकी आधार प्रदान करता है। एक्वाक्रॉप निदर्श दैनिक जल संतुलन (अवशोषण, सतही प्रवाह, वाष्पीकरण, वाष्पोत्सर्जन, जल रिसाव) का अनुकरण कर संचयन योग्य जल की मात्रा और उसके इष्टतम उपयोग का परिमाणीकरण संभव बनाता है। यह

60 करोड़ भारतीय कर रहे जल संकट का सामना, आगे और बढ़ सकती है मुसीबत



देश में जल संकट से ग्रसित जन मानस

वैज्ञानिक सुदृढ़ता और सरलता के बीच संतुलन रखता है तथा इसके लिए प्रक्रिया-गहन निदर्शों की तुलना में कम अंतर्वेश प्राचलों (जैसे फसल गुणांक, कैनोपी विस्तार, फसल सूचकांक, मृदा की जल-धारण क्षमता) की आवश्यकता होती है। भारत में यह निदर्श धान, गेहूँ, मक्का और दलहनों के लिए विभिन्न वर्षा और सिंचाई स्थितियों में सफलतापूर्वक अंशांकित/मान्यकृत किया जा चुका है। एकीकृत संचयन प्रबंधन में इसका उपयोग सिंचाई जल आवश्यकताओं के आंकलन, संचयन पर दबाव कम करने वाली अल्प-सिंचाई रणनीतियों के परीक्षण, फसल विविधीकरण के जल मांग–संचयन संतुलन पर प्रभाव विश्लेषण तथा जलवायु परिवर्तन के संभावित प्रभावों के अध्ययन में महत्वपूर्ण है।

अतः मृदा अपरदन-अवसाद निदर्शन और फसल जल प्रतिक्रिया निदर्शन का समन्वय एकीकृत संचयन प्रबंधन को वैज्ञानिक रूप से सुदृढ़ बनाता है।

जल संचयन प्रबोधन के लिए सुदूर संवेदन और भौगोलिक सूचना तंत्र का उपयोग

जल संचयन के स्थानिक वितरण, क्षमता, परिवर्तनों और कार्यक्षमता के आंकलन में सुदूर संवेदन और भौगोलिक सूचना तंत्र एक निर्णायक तकनीकी आधार प्रदान करते हैं। उपग्रह-आधारित बहु-कालिक अवलोकन से सतही जल विस्तार की मौसमी गतिशीलता, अवसाद एकत्रीकरण, तालाबों का संकुचन, जलाशय क्षमता में परिवर्तन तथा शहरी–ग्रामीण क्षेत्रों में जल संचयन संरचनाओं की स्थिति का वस्तुनिष्ठ मूल्यांकन संभव होता है। भौगोलिक सूचना तंत्र, इन अवलोकनों को स्थलाकृतिक, जलवैज्ञानिक और भूजल आंकड़ों के साथ एकीकृत कर जल बजट आंकलन, पुनर्भरण योजना और निर्णय-समर्थन प्रणालियों के लिए उपयोगी स्थानिक अंतर्दृष्टि प्रदान करता है।

सतही जल गतिकी के लिए गूगल अर्थ इंजन (GEE): गूगल अर्थ इंजन वैश्विक उपग्रह अभिलेखों, सेंसर-विशिष्ट आंकडा उत्पादों और उच्च प्रक्रमण क्षमता का क्लाउड-आधारित मंच प्रदान करता है। यह जल विस्तार मानचित्रण, जलाशय क्षमता में परिवर्तन, वाष्पीकरण हानियों और मौसमी परिवर्तनशीलता का वास्तविक समय पर विश्लेषण सक्षम बनाता है। जावा और पायथन आधारित लिपियों के माध्यम से स्वचालित आंकडा प्रक्रमण और वृहत्त पैमाने पर जल निकाय प्रबोधन संभव है, जो विशेष रूप से वितरित जल संचयन अवसंरचना के मूल्यांकन के लिए अत्यंत उपयोगी है।

राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र के उपकरणः भारतीय संदर्भ में भारतीय अन्तरिक्ष अनुसंधान संस्थानः राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र द्वारा विकसित भुवन पोर्टल भारतीय और अंतर्राष्ट्रीय पृथ्वी अवलोकन उपग्रह आंकड़ों की भौगोलिक सूचना तंत्र आधारित पहुँच उपलब्ध कराता है। कार्टोसैट-3 जैसे उच्च-रिजॉल्यूशन सेंसर छोटे जल निकायों और सूक्ष्म संचयन संरचनाओं, जैसे चेक-डैम, एमआई टैंक और परकोलेशन टैंक, के शुद्ध सीमांकन को सक्षम बनाते हैं, जिससे वितरित जल संचयन का सूक्ष्म मानचित्रण संभव होता है। राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र द्वारा विकसित शहरी जल निकाय सूचना तंत्र देश भर के शहरी जल निकायों का एक व्यवस्थित आंकड़ाबेस प्रस्तुत करता है, जिसके वर्तमान अभिलेख लगभग 28,761 जल निकायों और 7.13 लाख हेक्टेयर क्षेत्र को आच्छादित करते हैं। यह प्रणाली शहरी जल संचयन क्षमता के वैज्ञानिक आंकलन तथा नगर नियोजन में जल प्रबंधन आधारित निर्णय हेतु आंकडा- आधारित आधार प्रदान करती है। भू-स्थानिक जलविज्ञानीय विश्लेषण यन्त्र, उपग्रह-आधारित भूमि उपयोग/आवरण, अंकीय ऊँचाई निदर्श, मृदा तथा वर्षा आंकड़ों को एकीकृत कर प्राथमिकता- आधारित संरक्षण क्षेत्रों की पहचान, जल उपलब्धता मूल्यांकन और लक्षित जल संचयन संरचनाओं के उपयुक्त स्थलों का निर्धारण संभव बनाता है।

जल धरोहर पोर्टलः समेकित जल निकाय आंकडा बेस, भारत-जल संसाधन सूचना प्रणाली के अंतर्गत नवंबर 2023 से क्रियाशील जल धरोहर पोर्टल, देशभर के जल निकायों का समेकित, जियो-टैग्ड और उपयोगकर्ता-अनुकूल आंकडा बेस उपलब्ध कराता है। यह पोर्टल जल शक्ति अभियान, अटल भूजल योजना, जल निकाय जनगणना, लघु सिंचाई सांख्यिकी और राष्ट्रीय जल सूचना विज्ञान केंद्र जैसे विभिन्न स्रोतों के आंकड़ों को एकीकृत कर एक केंद्रीकृत भंडार निर्मित करता है। इससे आंकड़ों की पुनरावृत्ति समाप्त होती है तथा बेसिन स्तर पर संचयन अवसंरचना का वितरण, अल्प-उपयोगित जल निकायों की पहचान, तथा नवीन पुनर्भरण एवं संरक्षण संरचनाओं की वैज्ञानिक योजना को महत्वपूर्ण समर्थन मिलता है।

भारत में उन्नत प्रबोधन एवं निर्णय सहायता प्रणालियाँ

भारत में भूजल और सतही जल संचयन के वैज्ञानिक मूल्यांकन और साक्ष्य-आधारित प्रबंधन हेतु उन्नत प्रबोधन एवं निर्णय सहायता प्रणालियाँ विकसित की गई हैं। इस संदर्भ में केंद्रीय भूजल बोर्ड द्वारा निर्मित भारत-भूजल संसाधन आंकलन तंत्र एक वेब-आधारित मानकीकृत प्लेटफॉर्म है, जिसके माध्यम से देशभर में वार्षिक भूजल संसाधन आंकलन को एकरूपक, पारदर्शी और तुलनीय बनाया गया है। यह प्रणाली निष्कर्षण योग्य भूजल संसाधन (क), वार्षिक दोहन (ख), भूजल दोहन की अवस्था (ख/क × 100) तथा ब्लॉक/ताल्लुक स्तर पर सुरक्षित, अर्ध-संकटग्रस्त, संकटग्रस्त, अतिदोहित और लवणीय जैसी श्रेणियों का वर्गीकरण उपलब्ध कराती है, जिससे निर्णय-निर्माताओं के लिए जोखिम-आधारित जल प्रबंधन और नियामक हस्तक्षेप अधिक लक्षित और प्रभावी हो जाते हैं।

भूजल प्रबोधन को अधिक विश्वसनीय और वास्तविक समय आधारित बनाने के लिए प्रबोधन तंत्र के विस्तार पर विशेष ध्यान दिया गया है। केंद्रीय भूजल बोर्ड मार्च–मई, अगस्त, नवंबर और जनवरी में वर्ष में चार बार लगभग 25,000 राष्ट्रीय जलालेख तंत्र स्थलों पर जल स्तर का नियमित प्रबोधन

एकीकृत संचयन प्रबंधन 21वीं सदी की जटिल जल चुनौतियों का समाधान करने हेतु आवश्यक और दूरदर्शी रूपरेखा है। यह प्राकृतिक प्रणालियों, निर्मित अवसंरचना और हाइब्रिड विकल्पों को सहभागी शासन, स्मार्ट तकनीकों और साक्ष्य- आधारित योजना के साथ जोड़कर ऐसे लचीले तंत्रों को सक्षम बनाता है जो मानव आवश्यकताओं के साथ पारिस्थितिकी तंत्रों की रक्षा भी सुनिश्चित करें। जलवायु परिवर्तन, जनसंख्या वृद्धि और आर्थिक विस्तार के बीच बढ़ते संचयन अंतर को दूर करने के लिए खंडित और अल्पकालिक दृष्टिकोणों से आगे बढ़कर वास्तविक एकीकरण की आवश्यकता है, ऐसा एकीकरण जो पूरे जल चक्र को समाहित करे, विभिन्न प्रशासनिक स्तरों व उपयोगकर्ता समूहों में समन्वय स्थापित करे, और बदलती जलवैज्ञानिक तथा सामाजिक-आर्थिक परिस्थितियों के अनुरूप स्वयं को ढाल सके।

करता है, जिनमें खुले कुँएं और उद्देश्य-निर्मित पीजोमीटर शामिल हैं। अंकीय जल स्तर रिकॉर्डर और टेलीमेट्री प्रणालियों की स्थापना के बाद ये प्रबोधन अब स्वचालित, उच्च आवृत्ति वाले और वास्तविक समय आंकड़ों पर आधारित होते जा रहे हैं। राष्ट्रीय जलविज्ञान परियोजना (NHP) के अंतर्गत 5,574 पीजोमीटरों में से 4,447 का निर्माण तथा 16,281 अंकीय जल स्तर रिकॉर्डरों में से 8,734 की स्थापना पूर्ण हो चुकी है, जिससे भूजल स्तर का वास्तविक समय प्रबोधन, प्रवृत्ति विश्लेषण और निदर्शन-आधारित पूर्वानुमान को मजबूत आधार मिलता है। ये सुदृढ़ आंकड़े, अवसंरचना भूजल दोहन, पुनर्भरण और संचयन क्षमता के यथार्थ आंकलन के साथ अनुकूली जल प्रशासन के लिए आवश्यक सूचना-आधार तैयार करते हैं।

एकीकृत संचयन प्रबंधन के परिप्रेक्ष्य में संयुग्मी उपयोग योजना अर्थात सतही और भूजल का नियोजित संयोग एक व्यावहारिक और तकनीकी रूप से प्रमाणित उपाय के रूप में उभरा है। केंद्रीय भूजल बोर्ड द्वारा कर्नाटक की घाटप्रभा सिंचाई परियोजना सहित छह नहर सिंचित क्षेत्रों में किए गए पायलट अध्ययनों से स्पष्ट हुआ है कि संयुग्मी उपयोग न केवल सिंचाई की विश्वसनीयता और प्रणालीगत लचीलापन बढ़ाता है, बल्कि कृषि उत्पादकता को भी प्रोत्साहित करता है और जल संसाधनों के सतत उपयोग को सक्षम बनाता है। इस दृष्टिकोण के प्रभावी क्रियान्वयन के लिए उच्च-रिजॉल्यूशन के स्थानिक एवं जलविज्ञानीय मानचित्रण, इन-ग्रेस एवं मोडफ्लो आधारित भूजल आंकलन, स्पष्ट जलाधिकार एवं न्यायसंगत आबंटन ढाँचा, संस्थागत समन्वय तथा उपलब्धता-मांग के अनुरूप अनुकूली आबंटन सुनिश्चित करने वाली प्रबोधन एवं निर्णय सहायता प्रणालियाँ अनिवार्य मानी गई हैं।

भारत में प्रबंधित जलभृत पुनर्भरण का क्रियान्वयन

प्रबंधित जलभृत पुनर्भरण, एकीकृत संचयन की दिशा में एक महत्त्वपूर्ण संकर अवसंरचना है, जिसका उद्देश्य भूजल भंडारों में नियंत्रित रूप से जल प्रविष्ट कराना है, जिससे भविष्य में जल की पुनर्प्राप्ति, सूखा-लचीलापन और पर्यावरणीय लाभ सुनिश्चित हो सकें। गुजरात में प्रबंधित जलभृत पुनर्भरण तकनीकों ने उल्लेखनीय सफलता दर्ज की है। सौराष्ट्र क्षेत्र में चेक डैमों ने मानसूनी अपवाह के अवशोषण में परिवर्तन कर भूजल संचयन बढ़ाया, जिससे गैर-मानसूनी काल में भी कृषि संभव हुई, जबकि कच्छ में पुनःपूरण कूपों के माध्यम से ऊर्जा-कुशल तकनीकों से संलग्न जलभृतों में जल प्रविष्ट कराया जाता है। परकोलेशन टैंक सतही-भूजल अंतःक्रिया को बढ़ाते हैं और उप-सतही डाइक्स अंतरालिक नालों में प्रवाह रोककर पुनर्भरण को अधिकतम करते हैं। राजस्थान के जल-संकटग्रस्त जिलों जैसे जैसलमेर, जोधपुर और सीकर में केंद्रीय भूजल बोर्ड ने जलभृत पुनर्जीवन परियोजनाएँ चलाई हैं, जिनमें मृदा बाँध, चेक डैम, एनीकट और पुनःपूरण शाफ्ट युक्त तालाब निर्मित किए गए, जिससे स्थानीय भूजल उपलब्धता और जल-सुरक्षा में सुधार हुआ। राष्ट्रीय स्तर पर, भूजल के कृत्रिम पुनर्भरण हेतु केंद्रीय भूजल बोर्ड एवं राज्यों के परामर्श से तैयार किया गया मास्टर प्लान-2020 एक समग्र ढाँचा है, जिसमें भू-भागानुसार उपयुक्त पुनर्भरण संरचनाओं की रूपरेखा और 1.42 करोड़ संरचनाओं द्वारा 185 अरब घन मीटर मानसूनी जल के उपयोग का लक्ष्य निर्धारित है। इसी क्रम में मिशन अमृत सरोवर के अंतर्गत प्रत्येक जिले में 75 जल निकायों को निर्माण एवं पुनर्जीवन प्रदान कर दीर्घकालिक भूजल पुनर्भरण को बढ़ावा दिया गया है। राज्य-स्तर पर भी विशिष्ट नवाचार अपनाए गए हैं, जैसे तमिलनाडु का कुडिमरमथु, महाराष्ट्र का जलयुक्त शिवार, तेलंगाना का मिशन काकतीय, पश्चिम बंगाल का जल धरो जल भरो, बिहार की जल जीवन हरियाली, आंध्र प्रदेश की नीरु-चेट्टु, राजस्थान का मुख्यमंत्री जल स्वावलंबन अभियान तथा गुजरात की सुजलाम सुफलाम योजना, जिन्होंने स्थानीय भूजल प्रबंधन एवं पुनर्भरण को सुदृढ़ किया है।



अटल भूजल योजना के अंतर्गत भूजल प्रबंधन

समुदाय-प्रेरित एकीकृत प्रबंधन पहलें

अटल भूजल योजना भारत की सबसे व्यापक शासकीय एवं समुदाय-आधारित भूजल संचयन प्रबंधन पहल है, जिसे सात जल-संकटग्रस्त राज्यों की 8,203 ग्राम पंचायतों में लगभग रू. 6,000 करोड़ के परिव्यय के साथ लागू किया गया है। यह योजना ग्राम-स्तरीय जल सुरक्षा योजनाओं, जल उपयोगकर्ता संघों और अटल जल प्रबंधन सूचना प्रणाली के माध्यम से स्थानीय जलवैज्ञानिक आंकलन और बहु-स्तरीय प्रबोधन को एकीकृत करती है। जल शक्ति मंत्रालय की ''जल शक्ति अभियान-कैच द रेन'' पहल, वर्षा जल संग्रहण पर केंद्रित है, जिसके अंतर्गत 28,277 जल संरक्षण कार्य प्रगति पर हैं तथा 639 जिलों में वैज्ञानिक योजना आधारित कार्ययोजनाएँ विकसित की गई हैं। इसी क्रम में ''जल संचय जन भागीदारी'' पहल समुदाय, कॉर्पोरेट सामाजिक उत्तरदायित्व और लागत-साझेदारी पर आधारित ''सम्पूर्ण सरकार-सम्पूर्ण समाज'' निदर्श के माध्यम से लगभग 27.6 लाख जल पुनर्भरण संरचनाओं के निर्माण द्वारा दीर्घकालिक जल सुरक्षा और जल तनाव के विरुद्ध लचीलापन मजबूत कर रही है।

जल संचयन के आर्थिक आयाम जल संचयन अवसंरचना में प्रारंभिक पूँजी निवेश अधिक होता है, पर इसके आर्थिक लाभ दीर्घकालिक और

बहु-क्षेत्रीय होते हैं। इसलिए लागत-लाभ विश्लेषण में प्रत्यक्ष वित्तीय प्रतिफलों के साथ सामाजिक, आर्थिक और पर्यावरणीय मूल्यों को भी शामिल करना आवश्यक है। प्रत्यक्ष आर्थिक लाभों में सूखा जोखिम में कमी, बाढ़ नियंत्रण से क्षति का न्यूनीकरण, जलविद्युत उत्पादन द्वारा नवीकरणीय ऊर्जा और ग्रिड स्थिरता, तथा सतत जल आपूर्ति से कृषि उत्पादन व औद्योगिक निरंतरता सुनिश्चित होना शामिल है। सामाजिक-आर्थिक स्तर पर विश्वसनीय जल आपूर्ति समय की बचत, शिक्षा व कार्य में भागीदारी, स्वच्छ पेयजल से जलजनित रोगों में कमी और स्वास्थ्य व्यय में कमी जैसे लाभ प्रदान करती है, जिससे वंचित समुदायों के लिए समानता-संबंधी लाभ भी बढ़ते हैं। पर्यावरणीय स्तर पर आर्द्रभूमि संरक्षण, पारिस्थितिकी तंत्र सेवाओं का संवर्द्धन, कार्बन अवशोषण, यूट्रोफिकेशन में कमी तथा पर्यावरणीय प्रवाहों के संरक्षण से जलीय पारिस्थितिकी और मत्स्य संसाधनों की रक्षा होती है। भले ही इन पर्यावरणीय सेवाओं का मौद्रिक मूल्यांकन जटिल है, पर इनमें निहित पारिस्थितिक महत्व अत्यंत महत्वपूर्ण है। स्थायी आर्थिक व्यवहार्यता हेतु उपयुक्त वित्तपोषण और शासन तंत्र आवश्यक है।

भविष्य की दिशा

उन्नत सेंसर, कृत्रिम बुद्धिमत्ता, ब्लॉकचेन-आधारित जल लेनदेन अनुसरण तथा प्रणाली अनुकूलन हेतु अंकीय ट्विन जैसी उभरती प्रौद्योगिकियाँ जल प्रबंधन की दक्षता, पूर्वानुमान क्षमता और त्वरित प्रतिक्रिया को सुदृढ़ करेंगी। साथ ही, सौर-आधारित पम्पन, जल उपचार और विलवणीकरण प्रणालियों सहित नवीकरणीय ऊर्जा के एकीकरण कार्बन पद चिह्न और परिचालन लागत का घटाते हुए दीर्घकालिक स्थिरता को बढ़ावा देगा। प्रकृति-आधारित समाधान लागत-प्रभावी होने के साथ जलवायु शमन और जैव विविधता संरक्षण जैसे सह-लाभ प्रदान करते हैं। प्राकृतिक और मानव निर्मित अवसंरचना का संकर संयोजन बहु-उद्देश्यीय प्रदर्शन में बेहतर परिणाम देगा, जिसमें आर्द्रभूमियों को प्राकृतिक जलाशयों के रूप में जल बैंकिंग और गुणवत्ता सुधार हेतु अधिक व्यापक रूप से अपनाया जा सकता है। जल के पुनः उपयोग और परिपत्र अर्थव्यवस्था के सिद्धांत, जल-अभाव की पृष्ठभूमि में मुख्यधारा बनेंगे, और उन्नत उपचार तकनीकें, अपशिष्ट जल के सुरक्षित एवं बहु-क्षेत्रीय पुनः उपयोग को सक्षम बनाएंगी। पुनर्चक्रित जल को प्रबंधित जलभृत पुनर्भरण में सम्मिलित करना संचयन क्षमता, प्राकृतिक फिल्ट्रेशन और सूखा-प्रतिरोधक भंडार को बढ़ाएगा। सबसे महत्वपूर्ण परिवर्तन जल संचयन को पृथक संरचनाओं के समूह के बजाय एकीकृत सेवा के रूप में देखने में निहित है, जो मात्र संचयन आयतन से आगे बढ़कर जल आपूर्ति की विश्वसनीयता, गुणवत्ता और समयबद्धता पर केंद्रित है। ऐसे निर्णय-ढाँचे, जो आर्थिक दक्षता, पर्यावरणीय स्थिरता, सामाजिक समानता और जलवायु लचीलेपन जैसे मानदंडों पर विभिन्न संचयन विकल्पों का मूल्यांकन करते हैं, अधिक समावेशी, लचीली और दूरदर्शी जल योजना का मार्ग प्रशस्त करेंगे।



नदी जोड़ो परियोजना सतही एवं भूजल का एकीकृत प्रबंधन

निष्कर्ष

एकीकृत संचयन प्रबंधन 21वीं सदी की जटिल जल चुनौतियों का समाधान करने हेतु आवश्यक और दूरदर्शी रूपरेखा है। यह प्राकृतिक प्रणालियों, निर्मित अवसंरचना और हाइब्रिड विकल्पों को सहभागी शासन, स्मार्ट तकनीकों और साक्ष्य-आधारित योजना के साथ जोड़कर ऐसे लचीले तंत्रों को सक्षम बनाता है जो मानव आवश्यकताओं के साथ पारिस्थितिकी तंत्रों की रक्षा भी सुनिश्चित करें। जलवायु परिवर्तन, जनसंख्या वृद्धि और आर्थिक विस्तार के बीच बढ़ते संचयन अंतर को दूर करने के लिए खंडित और अल्पकालिक दृष्टिकोणों से आगे बढ़कर वास्तविक एकीकरण की आवश्यकता है, ऐसा एकीकरण जो पूरे जल चक्र को समाहित करे, विभिन्न प्रशासनिक स्तरों व उपयोगकर्ता समूहों में समन्वय स्थापित करे, और बदलती जलवैज्ञानिक तथा सामाजिक-आर्थिक परिस्थितियों के अनुरूप स्वयं को ढाल सके। भारतीय संदर्भ में उन्नत निदर्शन उपकरण (SWAT, माइक शी, मोडफ्लो, HEC-HMS, उपग्रह आधारित सुदूर संवेदी GEE, भुवन) और समुदाय-आधारित शासन (अटल भूजल योजना, जल शक्ति अभियान, जल संचय जन भागीदारी) का संयोजन एक व्यवहारिक कार्यान्वयन मार्ग प्रस्तुत करता है, जिसे वास्तविक समय प्रबोधन, निर्णय-सहयोग प्रणालियाँ और सहभागी संस्थागत ढाँचे और सुदृढ़ बनाते हैं। आगे का मार्ग पारंपरिक अभियांत्रिकी को नवोन्मेषी प्रौद्योगिकी, निर्मित अवसंरचना को पारिस्थितिकी तंत्र सेवाओं, तथा केंद्रीकृत को विकेंद्रीकृत प्रणालियों के साथ संतुलित करने और निर्णय-निर्माण में समुदायों को केंद्र में रखने में निहित है। आर्थिक विश्लेषण स्पष्ट करते हैं कि एकीकृत संचयन में निवेश से सूखा व बाढ़ जोखिम में कमी, उत्पादकता वृद्धि, स्वास्थ्य लाभ, पर्यावरणीय संरक्षण और प्रणालीगत लचीलापन सहित बहुआयामी प्रतिफल प्राप्त होते हैं। जलवायु परिवर्तन और बढ़ती मांगों की पृष्ठभूमि में, आई.एस.एम. भारत के लिए सतत, न्यायसंगत और लचीले जल भविष्य का न केवल वैचारिक, बल्कि व्यावहारिक समाधान-पथ प्रस्तुत करता है।

अंततः, जल सुरक्षा की शुरुआत संचयन से होती है और संचयन की दीर्घकालिक सफलता वास्तविक एकीकरण से सुनिश्चित होती है।

संपर्क करें:

डॉ. प्रविण रंगराव पाटील

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की



जल स्रोत

स्रोत सब सूखे पड़े हैं।
हो रही बरसात कम है।
आंख सबकी आज नम है।
राहतें मिलती कहां से।
पेड़ काटे हैं यहां से।
स्पर्श से मिट्टी बिखरती।
धूप दिन दूनी निकलती।
नैन नभ में ही गड़े हैं।
स्रोत सब सूखे पड़े हैं.....

जीव सब मरने लगे हैं।
जब से वन कटने लगे हैं।
है बड़ी गंभीर दुविधा।
जानलेवा हाय सुविधा।
ये तरक्की नोचती है।
शूल उर में घोंपती है।
क्यों भला सीढ़ी चढ़े हैं।
स्रोत सब सूखे पड़े हैं....

आपदा गंभीर है ये।
खौफ की तस्वीर है ये।
नष्ट होती देख फसलें।
हाथ बैठे जीव मसले।
क्षेत्र में सूखा पड़ा है।
भूमि कण रूखा पड़ा है।
हर समस्या से लड़े हैं।
स्रोत सब सूखे पड़े हैं.....

नदी

नदिया ये तो अब वीरानी लगती है।
परियों जैसी कोई कहानी लगती है।

नहीं सुनाई पड़ते अब दादुर के राग।
व्यालो ने जोड़ो पै ठानी लगती है।

उमसाता आषाढ़ तपा के जेठ गया।
जलती देह को हवा सुहानी लगती है।

पतझड़ में भी खिल उठते थे फूल कभी।
गुम सावन में रात की रानी लगती है।

नहीं काँव-काँव अब करते पेड़ों पर कौए।
कोयल की भी रूखी बानी लगती है।

सूना वट अतिथि की जोहता वाट रहा।
बुलबुल पिक को राह अजानी लगती है।

झील

सरसराहट से हवा की कांपती है झील कोई।
तैरती उन मछलियों को ढापती है झील कोई।

पर्वतों की ओट ले, वो कसमसाती ही रही।
ताप घटता या कि बढ़ता कुलमुलाती ही रही।
हां घिरी तटबंध से हैं झील की ये मस्तियां।
पाँव स्त्री के बंधी ज्यों रूढ़ियों की बेड़ियां।
गोद से कितने ही प्राणी पालती है झील कोई।
सरसराहट से हवा की कांपती है झील कोई ....

मध्य जल के भी रही प्यासी सदा ही झील है।
झील की गहराइयों में प्यास से प्यासी तलहटी।
है उपेक्षित प्रेम से ये और है कुछ अटपटी।
पौष का महीना लगा है और सिहरन हो रही।
झील के उस नीर में अति आज ठिठुरन हो रही।
धूप के कतरों को उस पल ताकती है झील कोई।
सरसराहट से हवा की कांपती है झील कोई ....

आ गया महीना बैसाखी सूखती ही जा रही।
धूप ये तल से ज्यों जल को सोखती ही जा रही।
पीर कह सकती नहीं है, घुट रही है इस कदर,
बंध को वो तोड़कर भी जा नहीं सकती उधर।
हो रही धूमिल ये धीरे, सालती है झील कोई।
सरसराहट से हवा की कांपती है झील कोई ....

संपर्क करें:
गुंजन अग्रवाल
260, अशोका एनक्लेव मेन
सेक्टर 35, फरीदाबाद (हरियाणा)
मो. 9911770367



गौरीशंकर वैश्व विनम्र

जल संकट से जूझता मानव

प्रतिकूल मौसम के कारण भारत के लगभग 33 करोड़ लोग अर्थात देश की लगभग एक-चौथाई जनसंख्या गंभीर सूखे से प्रभावित है। भारत के लगभग 50% क्षेत्र सूखे की स्थिति का सामना कर रहे हैं। वर्ष 2018 में नीति आयोग द्वारा जारी समग्र जल प्रबंधन सूचकांक रिपोर्ट के अनुसार देश के 21 प्रमुख शहर (दिल्ली, चेन्नई, बेंगलुरु, हैदराबाद) और इन शहरों में निवासरत लगभग 10 करोड़ लोग जल संकट की भीषण समस्या से जूझ रहे हैं। एक अनुमान के अनुसार वर्ष 2030 तक देश की 40% जनसंख्या को पेय जल उपलब्ध नहीं होगा और वर्ष 2050 तक जल संकट के कारण देश की जीडीपी में 6% की हानि होगी।

आज भारत ही नहीं, सम्पूर्ण विश्व जल संकट की पीड़ा से त्रस्त है। भारत सहित अनेक विकासशील देशों में आज शुद्ध पेय जल बहुत ही कम मात्रा में उपलब्ध है और मानव मंगल ग्रह पर जल की खोज में लगा हुआ है। दुनिया के क्षेत्रफल का लगभग 71% भाग जलयुक्त है, परन्तु शुद्ध पेयजल मात्र 3% ही है, शेष भाग समुद्रों का खारा जल है। इसमें भी मात्र 1% जल ही वास्तव में हम उपयोग कर पाते हैं। सामान्यतः स्वच्छ जल का 52% झीलों और तालाबों में, 38% मृदा, 8 प्रतिशत वाष्प, 1% नदियों और 1% वनस्पतियों में निहित है। आर्थिक विकास, औद्योगिकीकरण और जनसंख्या विस्फोट से जल प्रदूषण और जल की मांग बढ़ने के कारण जलचक्र बिगड़ता जा रहा है।

भूमण्डल के प्रमुख तत्त्वों में जल एक प्रमुख तत्व है। ऋग्वेद के 10 वें मण्डल 'जलसूक्त' के श्लोक 4 में जल की महिमा व्यक्त की गई है-

शं नो देवीरभिष्टय आपो भवन्तु पीतये।
शं योरभि स्रवन्तु नः।।

अर्थात जल अभिलषित वस्तुओं के स्वामी हैं, वे ही रोग निवारण, आरोग्य करने में समर्थ हैं, वे ही प्राणी मात्र को बसाने वाले हैं। मैं उनसे औषधि की प्रार्थना करता हूँ।

जल की महत्ता के संदर्भ में कविवर रहीम की निम्नलिखित पंक्तियाँ दृष्टव्य हैं-

"रहिमन पानी राखिए. बिन पानी सब सून।
पानी गए न ऊबरे, मोती मानुस चून।"

वास्तव में, पृथ्वी पर जल की उपलब्धता के कारण ही प्राणियों का अस्तित्व और पदार्थों में उपयोगिता के गुण विद्यमान हैं, कहा भी जाता है- जल ही जीवन है। जल के बिना न तो मनुष्य का जीवन सम्भव है और न ही वह किसी कार्य को संचालित कर सकता है।

जल संकट चिन्ताजनक

एक क्षेत्र विशेष के अन्तर्गत जल उपयोग की माँगों को पूर्ण करने हेतु उपलब्ध संसाधनों की कमी को ही जल संकट कहते हैं। विश्व के सभी महाद्वीपों में रहने वाले लगभग 3 बिलियन से अधिक लोग प्रत्येक वर्ष में कम से कम 30 दिन जल संकट का सामना करते हैं। लगभग 1.5 बिलियन से अधिक लोगों के पास स्वच्छ पेय जल की उपलब्धता नहीं होती है, जबकि जल मानव के लिए अत्यधिक उपयोगी है।

वैश्विक परिदृश्य में जल संकट

जल संसाधनों की बढ़ती माँग, जलवायु परिवर्तन और तीव्र गति से बढ़ती जनसंख्या के कारण जल की उपलब्धता में निरन्तर कमी देखी जा रही है। एक अनुमान के अनुसार एशिया का मध्य-पूर्व क्षेत्र, उत्तरी अफ्रीका के अधिकांश क्षेत्र, पाकिस्तान, तुर्की, अफगानिस्तान और स्पेन आदि देशों में वर्ष 2040 तक अत्यधिक जल संकट की स्थिति उत्पन्न होने की सम्भावना है। इसके साथ ही भारत, चीन, दक्षिण अफ्रीका, अमेरिका और आस्ट्रेलिया सहित कई अन्य देशों को भी उच्च जल संकट का सामना करना पड़ सकता है। अंतर्राष्ट्रीय संस्था 'वाटर एड' की एक रिपोर्ट के अनुसार वर्ष 2030 तक दुनिया



जल संकट का खतरा

जल संकट

के 21 शहरों में 'डे जीरो' (नलों से पानी बंद होने का गंभीर खतरा मंडराना) जैसी स्थिति बन जाएगी और वर्ष 2040 तक भारत समेत 33 देश जल के लिए तरसने लगेंगे। वर्ष 2050 तक दुनिया के 200 शहर स्वयं को 'डे जीरो 'वाली स्थिति में पाएंगे।

भारत में जल संकट की स्थिति

प्रतिकूल मौसम के कारण भारत के लगभग 33 करोड़ लोग अर्थात देश की लगभग एक-चौथाई जनसंख्या गंभीर सूखे से प्रभावित है। भारत के लगभग 50% क्षेत्र सूखे की स्थिति का सामना कर रहे हैं। वर्ष 2018 में नीति आयोग द्वारा जारी समग्र जल प्रबंधन सूचकांक रिपोर्ट के अनुसार देश के 21 प्रमुख शहर (दिल्ली, चेन्नई, बेंगलुरु, हैदराबाद) और इन शहरों में निवासरत लगभग 10 करोड़ लोग जल संकट की भीषण समस्या से जूझ रहे हैं। एक अनुमान के अनुसार वर्ष 2030 तक देश की 40% जनसंख्या को पेय जल उपलब्ध नहीं होगा और वर्ष 2050 तक जल संकट के कारण देश की जीडीपी में 6% की हानि होगी।

नीति आयोग की रिपोर्ट

नीति आयोग ने कहा है कि अभी 70 करोड़ भारतीय गंभीर जल संकट का सामना कर रहे हैं और दो लाख लोग स्वच्छ जल के अभाव में अपने प्राण गँवा देते हैं। नीति आयोग के अनुसार, देश में जल की कमी नहीं है, वरन् जल के नियोजन की कमी है। राज्यों के बीच जल विवाद सुलझाना, जल की बचत करना, और श्रेष्ठतर जल-प्रबंधन कुछ ऐसे उपाय हैं, जिनसे पेयजल समस्या के निदान के साथ कृषि से आय भी बढ़ सकती है।

भारत के ग्रामीण क्षेत्रों में स्वच्छ पेयजल की स्थिति अत्यंत गंभीर है। सरकार द्वारा दिए गए आँकड़ों के अनुसार ग्रामीण भारत के 16.78 करोड़ घरों में से केवल 2.69 करोड़ (16%) घरों तक पाइप से जल की पहुँच उपलब्ध है। इसके अतिरिक्त 22% ग्रामीण परिवारों को जल लाने के लिए लगभग 1 किलोमीटर दूर तक पैदल चलना पड़ता है। गाँवों में 15% परिवार बिना ढके कुँओं पर निर्भर हैं, तो अन्य लोग दूसरे अपरिष्कृत पेयजल संसाधनों जैसे-नदी, झरने, तालाबों आदि पर निर्भर हैं।

वर्तमान में उत्तर प्रदेश, बिहार, पश्चिम बंगाल, छत्तीसगढ़ और ओडिशा जैसे कुछ राज्यों में जलापूर्ति की स्थिति गंभीर है। वहाँ पाइपलाइन से आपूर्ति 8% से भी कम है। वर्तमान में सिक्किम भारत का एक मात्र राज्य है, जहाँ 99% घरों में नलों से जलापूर्ति की जाती है।

भारत में जल संकट के प्रमुख कारण

पृथ्वी पर जल के अनेक जलस्रोत हैं, जैसेः वर्षा, नदियाँ, झील, पोखर, झरने, भूमिगत स्रोत इत्यादि। विगत कुछ वर्षों में सिंचाई एवं अन्य कार्यों के लिए भूमिगत जल के अत्यधिक प्रयोग के कारण भूमिगत जल के स्तर में गिरावट आई है। सभी स्रोतों से प्राप्त जल मनुष्य के लिए उपयोगी नहीं होता। औद्योगिकीकरण और बढ़ते शहरीकरण के कारण नदियों का जल प्रदूषित होता जा रहा है तथा जल-स्रोत नष्ट होते जा रहे हैं। अधिकांश शहरों और लगभग 30,000 गाँवों के भूजल में फ्लोराइड, नाइट्रेट, आर्सेनिक, कीटनाशक आदि हानिकारक तत्व पाए गए। इस दृष्टि से जल की गुणवत्ता चुनौतीपूर्ण है। इन्हीं कारणों से जनमानस के लिए पेयजल की समस्या उत्पन्न हो गई है। भारत में यद्यपि जल पर्याप्त मात्रा में उपलब्ध है तथापि इसका उपयुक्त प्रबन्धन न होने के कारण जनमानस को जल संकट का सामना करना पड़ता है।

जल संकट के अनेक कारण हैं, जिनमें कुछ प्रमुख कारण निम्न हैंः-

वर्षा में कमी-भारत के मुख्यतः दक्षिण और उत्तर-पश्चिमी भागों की भौगोलिक स्थिति ऐसी है, जहाँ वर्षा कम होती है। चेन्नई तट पर दक्षिण-पश्चिम मानसून से वर्षा नहीं हो पाती है।

मानसून की अनियमितता- मानसून की अनियमितता और अस्थिरता भी भारत में जल संकट का प्रमुख कारण है। गत वर्षों में अल-निनो के प्रभाव के कारण वर्षा कम हुई, जिसके कारण जल संकट की स्थिति पैदा हो गई है।

फसल-उत्पादन में अधिक जल का उपभोग- भारतीय कृषि पारिस्थितिकी ऐसी फसलों के अनुकूल है, जिनके उत्पादन में अधिक मात्रा में जल की आवश्यकता होती है, जैसे चावल, गन्ना, गेहूँ, जूट, कपास इत्यादि। इन फसलों वाले क्षेत्रों में जल संकट की समस्या विशेष रूप से चिन्तनीय है।

जल के पुनः उपयोग की आवश्यकता- भारतीय नगरों में जल संसाधन के पुनः उपयोग के गंभीर



दिल्ली में पेयजल संकट

राष्ट्रीय ग्रामीण पेयजल कार्यक्रम (NRDWP) के अन्तर्गत सुरक्षित जल सदैव और सभी परिस्थितियों में उपलब्ध होना चाहिए। इस योजना का उद्देश्य, प्रत्येक ग्रामीण व्यक्ति को 2025 तक, 75 लीटर स्वच्छ जल प्रति व्यक्ति प्रतिदिन उनके घरेलू परिसर के भीतर या परिसर से 50 मीटर तक की दूरी तक उपलब्ध करना आवश्यक है। वर्ष 2018 में शुरू हुई 'स्वजल योजना' के माध्यम से ग्रामीण क्षेत्रों में पाइपलाइन से जल आपूर्ति बढ़ाकर, लोगों को सुरक्षित पेयजल की सुलभ उपलब्धता कराई जा रही है। इस योजना को 28 राज्यों के उन 117 जिलों तक विस्तारित किया गया है, जिसमें राष्ट्रीय औसत के 44% की तुलना में केवल 25% पाइप युक्त जलापूर्ति वाले आवास हैं।

प्रयास नहीं किए जाते हैं, जिससे घरों से निष्कासित जल का पुनः प्रयोग नहीं हो पाता है और वह सीधे नाले या नदी में प्रवाहित कर दिया जाता है, जो व्यर्थ चला जाता है।

जल संरक्षण के प्रति जागरूकता का अभाव

जल संरक्षण के सम्बंध में जागरूकता का अभाव भी भारत में जल संकट का प्रमुख कारण है। गाँवों और नगरों में जल का दुरुपयोग बढ़ता जा रहा है। लोग घर की धुलाई, गाड़ी की धुलाई, नल की टोंटी को बिना काम के खुला छोड़ देना, वाशिंग मशीन, आर. ओ. में जल का अत्यधिक दुरुपयोग करते हैं। घरों में बोरिंग से प्राप्त जल को टंकी भर जाने के बाद भी देर तक बहने देना, बगीचे की सिंचाई एवं सड़कों की धुलाई में भी जनमानस द्वारा जल का अनावश्यक दुरूप्रयोग प्रतिबंधित करना आवश्यक है।

भूमिगत जल का अत्यधिक दोहन

भूजल पर लगातार बढ़ती निर्भरता और इसका निरन्तर दोहन भूजल स्तर को कम कर रहा है जिसका पेयजल आपूर्ति की गुणवत्ता पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ रहा है। जल-स्रोतों के सूखने, भूजल स्तर में तेजी से कमी, सूखे की पुनरावृत्ति आदि समस्याओं से भी जल संकट की समस्या में वृद्धि हुई है।

भारत में कानून के अंतर्गत भूमिजल दोहन के लिए सबमर्सिबल मोटर लगाने में प्रतिबंधों का कड़ाई से पालन नहीं हो रहा है, जिससे प्रत्येक भवन निर्माता पहले अपना सबमर्सिबल लगवा रहा है, जिससे भूमिगत जल-दोहन अत्यधिक बढ़ गया है और भूजल स्तर निरन्तर गिर रहा है। फलतः जल संकट में वृद्धि हो रही है।

भूजल पुनःपूरण के समुचित उपायों का अभाव

साफ और स्वच्छ जल का प्रदूषित होना भी जल संकट में वृद्धि कर रहा है। क्योंकि जल संरक्षण, जल के समुचित प्रयोग, जल के पुनः प्रयोग और भूजल-पुनःपूरण पर यथोचित ध्यान नहीं दिया जा रहा है।

भारत में जल प्रबंधन प्रणाली सुरक्षित रखने के उपाय

हमारे देश की जनसंख्या को सुरक्षित और स्वच्छ पेयजल उपलब्ध कराने में उपयुक्त तकनीक तथा नवाचार महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकते हैं। इस समाधान में यदि परम्परागत ज्ञान प्रणाली की अंतदृष्टि समाहित हो, तो देश के विभिन्न क्षेत्रों में पेयजल आपूर्ति का लक्ष्य प्राप्त किया जा सकता है।

क्रियान्वयन योग्य सुझाव आवश्यक

वर्षा जल संचयन को प्रोत्साहित किए जाने की आवश्यकता है। वर्षा जल-संरक्षण के अन्तर्गत वैज्ञानिक विधियों या संरचनाओं को सम्मिलित किया जाता है, जिसमें तालाब, चेकडैम, गेबियन संरचना, स्टाप डैम, सोख्ता गड्डा, अधोभूमि अवरोधक, रोक बांध, रिचार्ज शाफ्ट, अस्थायी बांध, गली प्लग (नाली अवरोधक) आते हैं।

छत पर प्राप्त वर्षा जल का भूमि, जलाशयों में पुनर्भरण जिन संरचनाओं द्वारा होता है, उनमें बंद या बेकार पड़े कुएं, नलकूप (हैण्डपम्प), पुनर्भरण गड्डा, पुनर्भरण खाई आदि सम्मिलित हैं। जहाँ जल की आपूर्ति बाधित होती है, सतही संसाधन का अभाव है या संसाधन पर्याप्त नहीं है वहाँ छत पर प्राप्त वर्षा जल का संचयन, जल समस्या का समुचित समाधान है।



जल संकट का समाधान बूँद-बूँद सिंचाई

सूखे अनुपयोगी कुँए का उपयोग पुनर्भरण संरचना के रूप में किया जा सकता है। पुनर्भरित किए जा रहे वर्षा जल को एक पाइप के माध्यम से कुँए के तल या उसके जल स्तर तक ले जाया जाता है।

भूजल स्तर में निरन्तर हो रही गिरावट को ध्यान में रखते हुए समुद्र में अनावश्यक बह जाने वाले वर्षा जल का भी संचयन तथा भूजल संसाधन में वृद्धि के लिए वर्षा जल का पुनर्भरण आवश्यक है।

भारत में कुल उपलब्ध जल में से लगभग तीन-चौथाई जल का उपयोग सिंचाई के लिए होता है। सिंचाई में उपयोग और क्षेत्र की आवश्यकता के अनुसार वर्षा आधारित कृषि, प्राकृतिक कृषि तथा सूखारोधी बीजों का चलन जैसे-जैसे बढ़ता जाएगा, पेयजल समेत शेष प्रकार के उपयोग के लिए जल की सहज उपलब्धता सुनिश्चित होती जाएगी। खेतों में सिंचाई के लिए 'बूंद-बूंद सिंचाई तथा फव्वारा पद्धति का प्रयोग किया जाना चाहिए।

पेयजल से लेकर प्रत्येक कार्य के लिए जितनी आवश्यकता हो उतने ही जल की निकासी तथा प्रयोग सुनिश्चित किया जाए। घरों में होने वाले विभिन्न कार्यों में जल की बर्बादी को कड़ाई से रोका जाए। गंदे जल के पुनर्प्रयोग तथा अनुकूलतम प्रबन्धन एवं श्रेष्ठ आवंटन प्रक्रिया पर गंभीरता से विचार किया जाना चाहिए।

नवीनीकरण और पुर्नस्थापन (RRR) के लिए व्यक्तिगत, सामूहिक और संस्थानिक प्रयासों को प्रोत्साहित करना चाहिए। ग्रामीण समुदाय अपने प्राकृतिक जल संसाधनों का प्रबन्धन करने हेतु जल-संचयन की अपनी प्राचीन परम्पराओं को अपनाने के लिए संगठित होकर अपनी दीर्घकालिक जल प्रबन्धन समस्याओं का समाधान पा सकते हैं।

नदियों में अपशिष्ट, शव, प्लास्टिक तथा प्रत्येक प्रकार की गंदगी डालना प्रतिबंधित किया जाना नितान्त आवश्यक है। औद्योगिक इकाइयों द्वारा जनित रासायनिक कचरे को पूर्णतः प्रतिबंधित किया जाए, भले ही फैक्ट्री बंद या स्थानांतरित करनी पड़े। नदियों की नियमित सफाई की जाए, जिससे उसमें उत्पन्न शैवाल की निकासी की जा

सके।

पुराने जलाशयों और कुँओं की खुदाई कराकर गहरा किया जाए तथा नए जलाशयों को भी उचित स्थानों पर निर्मित किया जाए, जिससे वर्षा-जल एकत्र हो सके।

वृक्षों की अंधाधुंध कटाई पर अंकुश लगाकर तथा वृक्षारोपण करके हरियाली क्षेत्र में वृद्धि की जानी चाहिए। वर्षा कराने में सहायक सघन वृक्षारोपण का अभियान चलाया जाना चाहिए।

भारत में जल संकट के समाधान हेतु किए जा रहे प्रयास

राष्ट्रीय ग्रामीण पेयजल कार्यक्रम (NRDWP) के अन्तर्गत सुरक्षित जल सदैव और सभी परिस्थितियों में उपलब्ध होना चाहिए। इस योजना का उद्देश्य, प्रत्येक ग्रामीण व्यक्ति को 2025 तक, 75 लीटर स्वच्छ जल प्रति व्यक्ति प्रतिदिन उनके घरेलू परिसर के भीतर या परिसर से 50 मीटर तक की दूरी तक उपलब्ध करना आवश्यक है। वर्ष 2018 में शुरू हुई 'स्वजल योजना' के माध्यम से ग्रामीण क्षेत्रों में पाइपलाइन से जल आपूर्ति बढ़ाकर, लोगों को सुरक्षित पेयजल की सुलभ उपलब्धता कराई जा रही है। इस योजना को 28 राज्यों के उन 117 जिलों तक विस्तारित किया गया है, जिसमें राष्ट्रीय औसत के 44% की तुलना में केवल 25% पाइपयुक्त जलापूर्ति वाले आवास हैं। सरकार जल उपचार तकनीकों को अधिक सस्ती और पर्यावरण अनुकूल बनाने के लिए प्रयासरत है। इस संदर्भ में राष्ट्रीय जल गुणवत्ता अभियान (22 मार्च, 2017), जल शक्ति अभियान (जुलाई, 2019), जल जीवन मिशन (अगस्त 2019) अटल भूजल योजना (दिसंबर, 2019) आदि योजनाएं भी चलायी जा रही हैं, जिनका उद्देश्य भारत की जल व्यवस्था सुव्यवस्थित करना, जल संचयन एवं संरक्षण में तीव्रता लाना तथा प्रत्येक व्यक्ति को पर्याप्त एवं स्वच्छ पेयजल उपलब्ध कराना है।



जल संकट के समाधान हेतु अमृत सरोवर योजना



वर्षा जल संग्रहण

जल संकट के समाधान हेतु अन्तर्राष्ट्रीय प्रयास

जल संकट के अन्तर्राष्ट्रीय प्रयास के रूप में राष्ट्रसंघ की विश्व जल विकास रिपोर्ट 2017 द्वारा अपशिष्ट जल प्रबंधन हेतु रणनीति सुझाई गई है, इसके अन्तर्गत अपशिष्ट जल प्रवाह को न्यूनतम करने, अपशिष्ट जल उपचार प्रणालियों की कम लागत वाली विकेन्द्रीकृत प्रणाली अपनाने, जल की उपलब्धता बढ़ाने एवं जल की कमी को पूर्ण करने तथा अपशिष्ट जल से जैव ईंधन, बायोगैस, ऊष्मा और विद्युत उत्पादन के रूप में ऊर्जा पुनः प्राप्ति करने की बात कही गई है। वर्तमान में यह रणनीति, सतत विकास पर्यावरण नीति और अन्तर्राष्ट्रीय विकास का मार्गदर्शक सिद्धांत बन गयी है।

अतः सतत विकास लक्ष्य के अन्तर्गत वर्ष 2030 तक सभी लोगों के लिए स्वच्छ जल की उपलब्धता और स्थायी प्रबन्धन करना निर्धारित किया गया है। इस लक्ष्य की प्राप्ति हेतु जल संरक्षण सम्बंधी राष्ट्रीय तथा अन्तर्राष्ट्रीय नीतियाँ, कार्यक्रम तथा योजना बनाई गई हैं तथा उनका संचालन किया जा रहा है।

निष्कर्ष

मनुष्य ने अपने स्वार्थ के लिए प्रकृति का सन्तुलन बिगाड़ा है और अपने लिए भी खतरे की स्थिति उत्पन्न कर ली है। अब प्रकृति का श्रेष्ठतम प्राणी होने के नाते उसका कर्तव्य बनता है कि जल संकट की समस्या के समाधान के लिए जल-संरक्षण पर बल दे। जल मनुष्य ही नहीं, पृथ्वी के हर प्राणी के लिए आवश्यक है, इसलिए जल को जीवन की संज्ञा दी गई है।

यदि जल की समुचित मात्रा पृथ्वी पर न हो, तो तापमान में वृद्धि के कारण भी प्राणियों का जीना कठिन हो जाएगा। को जीवन की संज्ञा दी गई है।

जल संकट के लिए वास्तव में स्वयं मनुष्य उत्तरदायी है, इसलिए अपने अस्तित्व की ही नहीं, अपितु पृथ्वी की रक्षा के लिए भी उसे इस जल संकट का समाधान शीघ्र ही करना होगा और इस समस्या के समाधान के लिए उसे जल-संरक्षण के महत्व को स्वीकार करते हुए इसके लिए आवश्यक कार्यों को सम्पन्न करना होगा, तभी मानव सहित सभी जीवों को स्वच्छ जल उपलब्ध हो पाएगा और उनका अस्तित्व सुरक्षित रह पाएगा।

संपर्क करें:
गौरीशंकर वैश्व विनम्र
117, आदिलनगर, विकासनगर
लखनऊ-226022
मो. 09956087585



महेन्द्र सिंह, सना रफी एवं आशुतोष सिंह

पर्वतीय प्राकृतिक जल स्रोतों का आधारभूत जलविज्ञान

नौले-धारे पर्वतीय क्षेत्र के महत्वपूर्ण प्राकृतिक जल स्रोत हैं या यूँ कहें कि पर्वतीय क्षेत्रों की जीवन रेखा हैं। आज कई नौले-धारे सूख कर मृतप्राय हो गए हैं और जो जीवित हैं उनके अस्तित्व पर गम्भीर संकट मंडरा रहा है। इन जल स्रोतों का तीव्रता से गिरता जल स्राव चीख़-चीख़ कर हमें आवाज दे रहा है कि मुझे बचा लो, मुझे बचा लो। अब समय आ गया है इन सूखते नौले-धारों को बचाने का, यदि अब भी हम नहीं जागे तो ये नौले-धारे हमेशा के लिए समाप्त हो जाऐंगे।

जल एक महत्वपूर्ण आधारभूत प्राकृतिक संसाधन है जिसके बिना पृथ्वी पर जीवन की कल्पना करना व्यर्थ है। हम यह भी जानते हैं कि वर्तमान समय तक पृथ्वी ही एकमात्र ऐसा ज्ञात खगोलीय पिण्ड है जिसमें जल की उपलब्धता है। प्रकृति ने हमें अनेक प्राकृतिक संसाधन जैसे खनिज पदार्थ, प्राण वायु प्रदान करने वाले हरे-भरे जंगल तथा जीवन को पोषित करने वाली नदियाँ प्रदान की हैं। इन्हीं प्राकृतिक संसाधनों के समान पर्वतीय क्षेत्रों में प्रकृति ने प्राकृतिक जल स्रोत (Natural Spring) अर्थात् नौले-धारे प्रदान किए हैं जो सदियों से पर्वतीय क्षेत्र के निवासियों की विभिन्न जल आवश्यकताओं की आपूर्ति करते आ रहे हैं। अल्मोड़ा मध्य हिमालय की पर्वत श्रृंखला में बसा हुआ एक सुन्दर प्राचीन नगर है जो अपने समृद्ध नौले-धारों के लिए जाना जाता है। ऐसा कहा जाता है कि कभी यहां 360 से अधिक नौले-धारे थे जो सम्पूर्ण नगर की जलापूर्ति करते थे। किन्तु वर्तमान समय में, इस पर्वतीय नगर के नौले-धारे तेजी से बढ़ती हुई आबादी की पेयजल आपूर्ति करने में सक्षम नही हैं, यद्यपि ग्रीष्म ऋतु में जल स्रोतों में जल की कम उपलब्धता, विद्युत चालित पेयजल योजनाओं में यांत्रिक त्रुटियों के उत्पन्न हो जाने अथवा विद्युत व्यवस्था में गतिरोध पैदा हो जाने या अन्य कारण से पैदा होने वाले पेयजल संकट के दौरान नागरिकों को राहत प्रदान करने में नौले-धारे आज भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। आज जब जलवायु परिवर्तन तथा अदूरदर्शीय मानवीय क्रियाकलापों के कारण पर्वतीय क्षेत्रों की जीवन रेखा माने जाने वाले नौले-धारे विभिन्न प्रकार की समस्याओं का सामना कर रहे हैं तब यह अति आवश्यक हो गया है कि नौले-धारों से जुड़े विभिन्न पहलुओं की चर्चा की जाए।

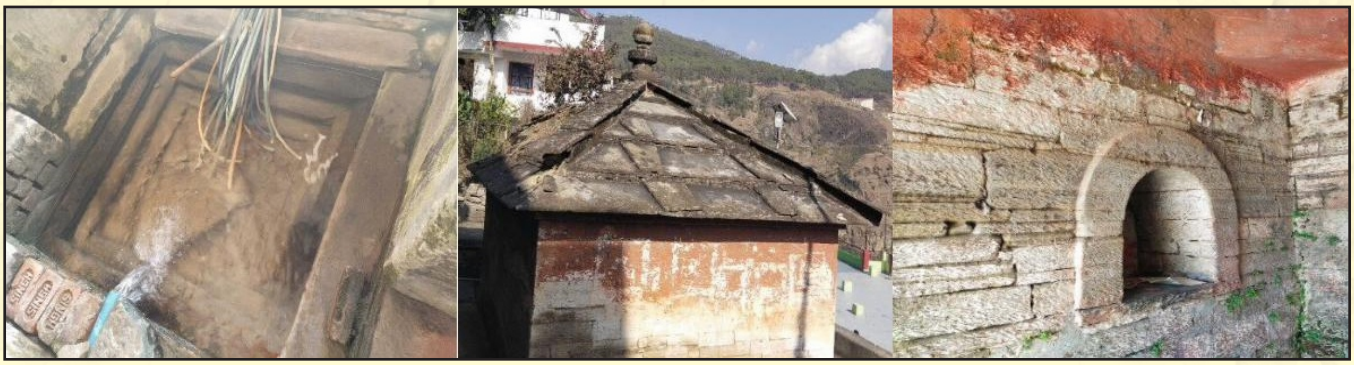
नौले-धारों की संरचना एवं परम्परागत तकनीकें

नौले-धारे पर्वतीय क्षेत्रों के प्रमुख प्राकृतिक जल स्रोत हैं। यहां यह उल्लेखनीय है कि नौले एवं धारे में एक सामान्य अन्तर होता है। जहां नौले में जल एक कुण्डनुमा आकार की संरचना में एकत्रित होता है वहीं धारे में जल एक ऊँचाई से धार के रूप में नीचे गिरता है। इस प्रकार स्पष्ट है कि नौले व धारे की संरचना भिन्न होती है। नौले की आन्तरिक बनावट सामान्यतः सीढ़ीनुमा होती है और ये सीढ़ियां चौकोर होती हैं। नौले का तली वाला भाग संकीर्ण तथा सतह वाला भाग चौड़ा होता है अर्थात् नौले के सतह से तली की ओर जाने पर नौले के चौकोर सीढ़ियों की चौड़ाई कम होती जाती है। परम्परागत नौले-धारे की बाह्य बनावट लगभग समान होती है जो एक पहाड़ी घर के समान होता है जिसकी छत (roof) केवल मिट्टी एवं पत्थर की बनी होती है और छत की प्रवणता मध्यम से तीव्र होती है। सामान्यतः नौले-धारों के दीवारों के आन्तरिक भाग में जल के बर्तन रखने के लिए एक स्थान बनाया जाता है जिसे स्थानीय भाषा में 'जौ' कहा जाता है। यहां यह भी उल्लेखनीय है कि हमारे पूर्वजों को नौले-धारे की निर्माण तकनीक तथा निर्माण सामग्री (जिसमें केवल मिट्टी व पत्थर का उपयोग किया जाता है) की बहुत वैज्ञानिक जानकारी थी किन्तु इस वैज्ञानिक ज्ञान के उचित

पीढ़ीगत हस्तांरण के अभाव में नौले-धारों के निर्माण की परम्परागत तकनीक लगभग समाप्त हो गयी है जिस कारण वर्तमान समय में किसी नए नौले-धारे का निर्माण देखने को नहीं मिलता है और यहां तक कि यदि कभी किसी नौले-धारे से जल के रिसाव की समस्या होती है तो उसके उपचार के लिए भी परम्परागत तकनीक को जानने वाले लोग भी उपलब्ध नहीं हैं। यह भी देखने में आया है कि नौले-धारों के साथ छेड़छाड़ करने पर या उसकी आन्तरिक संरचना में कोई हस्तक्षेप करने पर (जैसे अवैज्ञानिक तरीके से सौन्दर्यीकरण कार्य, कंक्रीटीकरण आदि) यह बहुत तेजी से अपना स्वरूप सदावाहिनी से गैर-सदावाहिनी में बदल रहे हैं।

अल्मोड़ा नगर के नौले-धारों की ऐतिहासिक पृष्ठभूमि

प्राचीन समय से ही अल्मोड़ा नगर नौले-धारों की दृष्टि से एक समृद्ध नगर के रूप में जाना जाता है। ऐसा कहा जाता है कि कभी इस नगर में 360 नौले-धारे विद्यमान थे। आज भी कई मुहल्लों का नाम इन्हीं नौलों-धारों के नाम पर है जैसे-रानीधारा, ढुंगाधारा, धारानौला आदि। वर्तमान समय में, इस नगर क्षेत्र में मात्र 43 नौले-धारे उपलब्ध हैं जिसमें से 23 तेलीफाट तथा शेष 20 सेलीफाट क्षेत्र में स्थित हैं। इस पर्वतीय नगर की स्थापना से लेकर वर्ष 1884 तक नगर की पेयजल व्यवस्था का संपूर्ण दायित्व इन्हीं स्थानीय नौलों-धारों पर था। इस पर्वतीय नगर के जल संसाधन के इतिहास में इस अवधि अर्थात् वर्ष 1884 से पूर्व के समय को नौला-धारा का युग कहा जा सकता है। समय के साथ जनसंख्या में वृद्धि एवं 1850 के बाद अलग-अलग समय में सूखे की समस्या के कारण नगर में पेयजल का संकट अनुभव किया जाने लगा। वर्ष 1884 के सूखे के कारण यहां भयंकर जल संकट देखा गया। अतः नगर के लिए नई पेयजल योजना बनाने की आवश्यकता महसूस की गयी। परिणामस्वरूप, वर्ष 1884 में प्रथम पेयजल गुरूत्व योजना को प्रारम्भ किया गया जिसका नाम बलढौटी पेयजल योजना रखा गया। इसी के साथ नगर के जल संसाधन उपयोग के इतिहास में पेयजल गुरूत्व योजना का युग प्रारम्भ हो गया।



प्राकृतिक स्रोत की (अ) आन्तरिक जल भण्डारण की सीढ़ीनुमा संरचना, (ब) बाह्य बनावट (छत) एवं (व) आन्तरिक भाग में बना हुआ 'जौ'

नौले-धारों में जल की उपलब्धता

जब हम नौले-धारे में जल देखते हैं तो सर्वप्रथम हमारे मन में एक जिज्ञासा का जन्म होता है कि कहां से आता है नौले-धारों में जल? इस प्रश्न के पीछे नौले-धारों का रोचक भूजल विज्ञान है। नौले-धारे भूजल का ही एक रूप है अर्थात् नौले-धारों में जो जल आता है वह भूमिगत जल भण्डारों से पोषित होता है। प्रत्येक वर्ष ग्रीष्मकालीन तथा शीतकालीन वर्षा से इन नौले-धारों के भूजल भण्डार का प्राकृतिक रूप से पुनर्भरण होता है। वर्षा के समय, वर्षा का जल धरातल की ऊपरी सतह से धीरे-धीरे रिस कर आन्तरिक चट्टानों में संचित होता जाता है और इन जल से भरी चट्टानों को संतृप्त चट्टान कहते हैं। इन संतृप्त चट्टानों को जलभृत व भूजल भण्डार भी कहते हैं। संतृप्त चट्टानों की ऊपरी सीमा को भूमिगत जलतल कहते हैं। जहां पर भूमिगत जलतल धरातल को स्पर्श करता है वहां पर हमें प्राकृतिक जल स्रोत देखने को मिलता है। भूमिगत जलतल में कालिक परिवर्तन होता रहता है जो वर्षाऋतु में उच्चतम तथा ग्रीष्मऋतु में निम्नतम स्तर पर रहता है। यही कारण है कि भिन्न-भिन्न ऋतुओं में नौले-धारों के जल स्राव में अन्तर देखने को मिलता है।

नौले-धारों के जल स्राव में कमी एवं उनका सूखना

जैसा कि पूर्व में बताया गया है कि किसी समय पर्वतीय नगर अल्मोड़ा में 360 नौले-धारे विद्यमान थे। बैरन के अनुसार इस नगर क्षेत्र में वर्ष 1842 में 100 नौले-धारे उपलब्ध थे। इसके बाद वर्ष 1995 में प्रफुल्ल चन्द्र पंत जी ने इस नगर क्षेत्र के नौले-धारों के अध्ययन के लिए एक क्षेत्रीय सर्वेक्षण किया। इस सर्वेक्षण में उन्होंने 100 नौले-धारे पाए जिसमें से 69 जीवित तथा 31 सूखे/मृत थे। पुनः सन 2019 में इस क्षेत्र के नौले-धारों के अध्ययन के लिए लेखक के नेतृत्व में एक क्षेत्रीय सर्वेक्षण किया गया जिसमें मात्र 43 नौले-धारे जीवित तथा शेष 57 मृत पाए गए। इस प्रकार स्पष्ट है कि वर्ष 1842 से लेकर 2019 तक कुल 57 नौले-धारे मृत हो चुके हैं। इसी प्रकार की स्थिति लगभग सम्पूर्ण उत्तराखण्ड तथा भारतीय हिमालय क्षेत्र में देखने को मिल रही है जो भविष्य के लिए एक गम्भीर जल संकट है।

सामान्य शब्दों में कहा जाए तो विगत कुछ दशकों में जहां एक ओर बड़ी संख्या में नौले-धारे सूख कर मृत हुए हैं तो वहीं दूसरी ओर जीवित नौले-धारों के जल स्राव में गम्भीर गिरावट हुई है। इस समस्या के प्रमुख कारण नौले-धारे के पुनर्भरण क्षेत्र का अतिक्रमण एवं कंक्रीटीकरण, वन क्षेत्र का विनाश, वैश्विक जलवायु परिवर्तन, अदूरदर्शीय मानवीय क्रियाकलाप आदि हैं। विगत कुछ दशकों में, जलवायु परिवर्तन के कारण वर्षा की प्रवृति, प्रकृति एवं प्रतिरूप में बहुत अधिक परिवर्तन देखने को मिला है जैसे कम समय में अधिक वर्षा का होना, वर्षा के दिनों में कमी, वर्षा के समय में परिवर्तन आदि। वर्षा की प्रकृति में बदलाव के कारण वर्षा का अधिकांश भाग कम समय में ही प्राप्त हो जाता है जिसका अधिकांश भाग सतही प्रवाह के रूप में बह कर पुनर्भरण क्षेत्र से बाहर चला जाता है एवं बहुत कम जल भूमिगत जल भण्डार में संचित हो पाता है। फलस्वरूप, नौले-धारों को भू-जल भण्डार से जल की आपूर्ति कम हो गयी है या खत्म हो गयी है। यही कारण है कि पर्वतीय नौले-धारे या तो गम्भीर जल स्राव कमी की समस्या से जूझ रहे हैं या सूख कर मृत हो रहे हैं।

नौले-धारे एवं संस्कृति

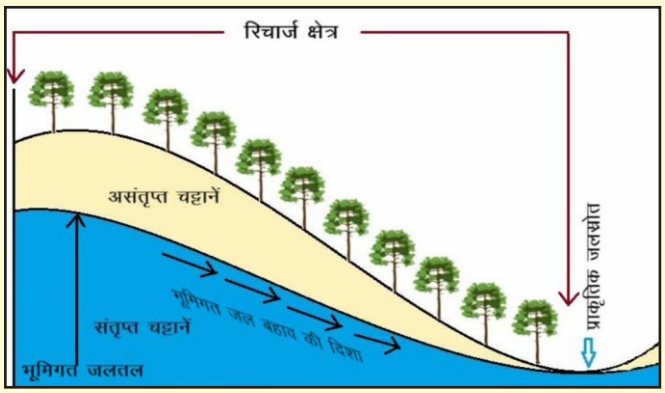
उत्तराखण्ड के पर्वतीय क्षेत्रों में नौले-धारे एवं स्थानीय संस्कृति बहुत घनिष्ट रूप से परस्पर सम्बद्ध हैं। पहाड़ी क्षेत्रों में नौले-धारे का एक व्यक्ति के साथ संबंध उसके जन्म से लेकर देहावसान तक बना रहता है। स्थानीय संस्कृति में जो स्थान या महत्व पूजा स्थल का होता है वहीं स्थान नौले-धारों का भी है अर्थात् नौले-धारों का स्थान पूजा स्थल के बराबर ही है। इसी कारण,

नौले-धारों पर जल चप्पल/जूता बाहर उतार कर ही भरा जाता है। विभिन्न त्यौहारों एवं मांगलिक कार्यक्रमों पर नौले-धारे की साफ सफाई के साथ पूजा की जाती है। उदाहरण के लिए, लड़के की शादी के बाद जब बहू पहली बार घर में आती है तो वह नौले-धारे पर पूजा अर्चना करती है और गगरी में जलभर कर लाती है। इससे पता चलता है कि हमारे नौले-धारे किस प्रकार घनिष्ट रूप से परस्पर जुड़े हुए हैं। यहां यह भी उल्लेखनीय है कि वर्तमान समय में नौले-धारे तेजी से सूख कर मृत प्राय हो रहे हैं और इनके साथ स्थानीय संस्कृति भी धीरे-धीरे समाप्त हो रही है। अतः इन पर्वतीय नौले-धारों के पुनर्जीवन का प्रयास स्थानीय संस्कृति के संरक्षण के लिए भी महत्वपूर्ण साबित होगा।

मृतप्राय नौले-धारों के पुनर्जीवन के लिए आवश्यक तकनीकें

नौले-धारे पर्वतीय क्षेत्र के महत्वपूर्ण प्राकृतिक जल स्रोत हैं या यूँ कहें कि पर्वतीय क्षेत्रों की जीवन रेखा हैं। आज कई नौले-धारे सूख कर मृतप्राय हो गए हैं और जो जीवित हैं उनके अस्तित्व पर गम्भीर संकट मंडरा रहा है। इन जल स्रोतों का तीव्रता से गिरता जल स्राव चीख़-चीख़ कर हमें आवाज दे रहा है कि मुझे बचा लो, मुझे बचा लो। अब समय आ गया है इन सूखते नौले-धारों को बचाने का, यदि अब भी हम नहीं जागे तो ये नौले-धारे हमेशा के लिए समाप्त हो जाऐंगे। इसलिए आज इन नौले-धारों के पुनर्जीवन की रणनीति तथा उसके क्रियान्वयन पर सार्थक चर्चा करना आवश्यक हो गया है। हम सभी इस बात को जानते हैं कि पृथ्वी पर प्राकृतिक रूप से उपलब्ध स्वच्छ जल का मुख्य स्रोत वर्षा है तथा इसी वर्षा से प्रतिवर्ष सभी जल स्रोत पुनःपूरित होते हैं। किन्तु वर्तमान समय में वैश्विक जलवायु परिवर्तन एवं अदूरदर्शीय मानवीय क्रियाकलापों के कारण वर्षा की प्रकृति व पृवृत्ति में वृहत्त परिवर्तन हुआ है जिसके कारण कतिपय समस्याऐं देखने को मिल रहीं हैं उनमें से एक है वर्षा जल द्वारा भूमिगत जल भण्डार के पुनःपूरण में कमी और परिणामतः नौले-धारों का सूखना। अतः इन नौले-धारों को पुनर्जीवित करने के लिए वर्षा जल को भूमिगत जल भण्डार में संचित करना होगा। इसके लिए सर्वप्रथम इनके पुनर्भरण क्षेत्र की भौगोलिक सूचना तंत्र की सहायता से पहचान व उनका सीमांकन करना होगा। अब मन में प्रश्न उठता है कि पुनर्भरण क्षेत्र क्या है? और इसके सीमांकन से क्या आशय है? इसलिए नौले-धारों को पुनर्जीवित करने के लिए इन यक्ष प्रश्नों के उत्तर को अच्छी तरह से समझ लेना अत्यन्त आवश्यक है। प्राकृतिक जल स्रोतों के उत्पत्ति बिन्दु अर्थात् नौले-धारों का ऊपरी भू-क्षेत्र जो प्रत्येक वर्ष ग्रीष्मकालीन तथा शीतकालीन वर्षा के दौरान भूमिगत जल भण्डार का पुनर्भरण करता है और प्राकृतिक स्रोतों को वर्षभर सतत् जल प्रदान करता है, पुनर्भरण क्षेत्र कहलाता है। पर्वतीय क्षेत्रों में मृत तथा मौसमी नौले-धारों के पुर्नजीवन के लिए उनके पुनर्भरण क्षेत्र की पहचान व सीमांकन करना बहुत आवश्यक है। भौगोलिक सूचना तंत्र तकनीक की सहायता से किसी भी नौले-धारे के पुनर्भरण क्षेत्र की पहचान तथा सीमांकन आसानी से किया जा सकता है। तत्पश्चात उस पुनर्भरण क्षेत्र का मानचित्र तथा सूक्ष्म-नियोजन मानचित्र तैयार करना होगा। सूक्ष्म-नियोजन मानचित्र एक मार्गदर्शक मानचित्र होता है जिसमें पुनर्भरण क्षेत्र में प्रस्तावित पुनर्जनन उपचार कार्यों का विस्तृत विवरण होता है जो सतही स्तर पर सावधानीपूर्वक और क्रमबद्ध क्रियान्वयन प्रक्रिया में शामिल होते हैं। अब प्रश्न यह है कि सूक्ष्म नियोजन मानचित्र को कैसे तैयार किया जाए? सूक्ष्म नियोजन मानचित्र केन्द्रीय भूजल बोर्ड अथवा स्थानीय संस्थान/प्रशासन द्वारा विकसित मानकों का उपयोग कर भौगोलिक सूचना तंत्र तकनीक की सहायता से तैयार किया जा सकता है। तत्पश्चात, सूक्ष्म नियोजन मानचित्र को आधार बनाकर विभिन्न प्रकार के पुनर्भरण उपचार कार्यों को निर्धारित लक्ष्य की प्राप्ति हेतु क्रियान्वित किया जाता है।

अब बात आती है नौले-धारों के पुनर्जनन उपचार कार्यों की। नौला-धारा या स्रोत पुनर्जनन उपचार से आशय उन व्यवहारिक व वैज्ञानिक क्रियाकलापों से हैं जिसमें भूमिगत जल तल को बढ़ाने के लिए वर्षा जल को विभिन्न विधियों से पुनःपूरण क्षेत्र में एकत्रित कर भूमिगत जल भण्डार में संचित करना तथा नौले-धारे को पुनर्जीवित करना सम्मिलित है। नौले-धारों के पुनर्जनन उपचार कार्यों को मुख्यतः दो भागों (i) यांत्रिक उपचार एवं (ii) जैविक उपचार में विभाजित किया जा सकता है। यांत्रिक उपचार के अन्तर्गत विभिन्न पुनःपूरण संरचनाओं जैसे जलसोख्ता रंध्र, जलसोख्ता गर्त, जैविक बांध, खाल, चैक डैम आदि का निर्माण उपयुक्त स्थानों पर सूक्ष्म नियोजन मानचित्र के अनुसार करना होगा तथा जैविक उपचार के अन्तर्गत बंजर तथा वन भूमि में क्रमशः पौधा एवं घास रोपण का कार्य वनाग्नि से सुरक्षा के साथ करना होगा। नौला-धारा पुनर्जनन के समस्त कार्यों में स्थानीय जन भागीदारी को प्राथमिकता के साथ सुनिश्चित करना चाहिए। स्रोत पुनर्जनन का कार्य कठिन अवश्य है किन्तु असंभव नहीं है। यदि हम इस कार्य को पूर्ण उत्तरदायित्व तथा स्वामित्व की भावना से करते हैं तो हमारा यह प्रयास अवश्य सफल होगा और हमारे नौले-धारे पुनर्जीवित होंगे।



प्राकृतिक जल स्रोत के रिचार्ज क्षेत्र, भूजल भंडार तथा रिसाव जलस्रोत के उत्पत्ति बिंदु का संकल्पनात्मक पार्श्वचित्र

स्रोत पुनर्जनन सूक्ष्म-योजनाओं का क्रियान्वयन

स्रोत पुनर्जनन सूक्ष्म-योजनाओं को क्रियान्वित करने के लिए सर्वप्रथम सूखे, मौसमी या जलस्राव में तेजी से गिरावट दर्ज करने वाले नौले-धारों का चिन्हीकरण किया जाता है। तत्पश्चात चिन्हित किए गए नौले-धारों को पुनर्जीवित करने के लिए सूक्ष्म-नियोजन मानचित्र की सहायता से रिचार्ज क्षेत्र में वैज्ञानिक तरीके से उपचार पद्धतियों को क्रियान्वित किया जाता है। रिचार्ज क्षेत्र में पुनर्जनन उपचार कार्यों को क्रियान्वित करते समय इस बात का विशेष ध्यान दिया जाना चाहिए कि कौन सी पुनःपूरण संरचना का निर्माण किस स्थान तथा कितने आयाम पर किया जाना है? जिससे वर्षा जल को कृत्रिम पुनःपूरण संरचनाओं की सहायता से संरक्षित कर नौला-धारा पुनर्जनन के समेकित लक्ष्य की प्राप्ति की जा सके। स्रोत पुनर्जनन सूक्ष्म-योजनाओं को क्रियान्वित करने में तकनीकी ज्ञान के बाद दूसरी समस्या वित्त की आती है कि मानव संसाधन की व्यवस्था कैसे की जाए? इस सम्बन्ध में दो पहलूओं पर विचार किया जा सकता है। प्रथम, नौला-धारा पुनर्जनन के लिए सामुदायिक श्रमदान तथा द्वितीय, सरकार पोषित मनरेगा कार्यक्रम से पुनःपूरण क्षेत्र में पुनःपूरण संरचनाओं का निर्माण तथा संरक्षण में वृक्षारोपण का कार्य किया सकता है।

उत्तराखण्ड राज्य में विगत कुछ वर्षों से नौले-धारों के लगातार सूखने या उनके जलस्राव में कमी होने के कारण दूरस्थ ग्रामीण एवं नगरीय क्षेत्रों में जल



नदी पुनर्जनन के यांत्रिक एव जैविक उपचारः (अ) जलसोख्ता रंध्र, ब) जलसोख्ता गर्त, (स) जैविक डैम, (द) छोटे तालाब (खाल), (य) चैक डैम तथा (र) पौधारोपण

संकट तेजी से बढ़ता जा रहा है जिसके परिणामस्वरूप कतिपय सामाजिक-आर्थिक समस्याऐं सामने आ रही हैं जैसेः पेयजल की कमी, कृषि क्षेत्र का बंजर होना, जल के लिए लोगों के मध्य मतभेद आदि। इसलिए, प्रदेश में बढ़ते जल संकट के समाधान के लिए राज्य सरकार द्वारा स्प्रिंग एवं नदी पुनर्जीवन प्राधिकरण (SARRA) का गठन किया गया है जिसका मुख्य कार्य प्रदेश के वर्षा पोषित जल संसाधनों का आंकलन, नियोजन, वित्त पोषण, क्रियान्वयन, मल्यांकन, अनुश्रवण तथा क्षमता विकास करना है। राज्य में जल स्रोतों के प्रभावी संरक्षण तथा पुनर्जीवन कार्य को सतही स्तर पर क्रियान्वित करने के लिए SARRA को तीन स्तर पर विभाजित किया गया है उदाहरणार्थ राज्य स्तर पर ''राज्य स्तरीय कार्यकारी समिति'', जिला स्तर पर ''जिला स्तरीय कार्यकारी समिति'' तथा ग्राम पंचायत स्तर पर ''धारा-नौला संरक्षण समिति''।

नौले-धारे पुनर्जनन कार्यो का प्रबोधन

नौले-धारे को पुनर्जीवित करने के लिए पुनःपूरण क्षेत्र में किए गए उपचार कार्यों का निरन्तर प्रबोधन बहुत आवश्यक है। नौला-धारा पुनर्जनन के लिए किए जाने वाले उपचार कार्यों को दो भागों में विभाजित किया जाता है इसलिए दोनों ही उपचार कार्यों के प्रबोधन की आवश्यकता का संक्षिप्त में वर्णन आवश्यक है। सर्वप्रथम बात करते हैं यांत्रिक उपचारों के प्रबोधन की, कृत्रिम पुनःपूरण संरचनाओं के निर्माण करने के पश्चात हितधारकों को यह देखना चाहिए कि निर्मित पुनःपूरण संरचनाओं में वर्षा जल का संरक्षण हो रहा है या नहीं। प्रत्येक वर्ष, वर्षा के पश्चात पुनःपूरण संरचनाओं की तली में गाद जमा हो जाती है जो एकत्रित जल के अंतस्यंदन को रोकती है। अतः संबंधित संस्थान को प्रतिवर्ष वर्षा ऋतु से पूर्व इन पुनःपूरण संरचनाओं की तली में एकत्र गाद को हटाने की कार्यवाही करनी चाहिए जिससे अधिक से अधिक भूजल पुनःपूरित हो सके। जैविक उपचारों के अन्तर्गत बंजर तथा वन भूमि में क्रमशः पौधा तथा घास रोपण का कार्य किया जाता है इसलिए हितधारकों को रोपित पौधे तथा घास की समय-समय पर देख-रेख, वनाग्नि से सुरक्षा तथा पालतू व जंगली जानवरों से रक्षा करनी चाहिए। स्रोत पुनर्जनन की दीर्घकालिक सफलता के लिए निरन्तर प्रबोधन हितधारकों की सक्रिय भागीदारी से ही सम्भव हो सकता है।

स्रोत पुनर्जनन कार्यो के परिणामों का अध्ययन

नौला-धारा पुनर्जनन हेतु किए गए उपचार कार्यों के परिणामों का अध्ययन करना यह समझने के लिए आवश्यक है कि अपेक्षित उद्देश्य प्राप्त हुए हैं या नहीं। नदी पुनर्जनन कार्यों के परिणामों को जानने के लिए जल स्रोत के जलस्राव आँकड़ों के पुनर्जनन कार्यों को क्रियान्वित करने से पूर्व तथा पश्चात प्रतिदिन या प्रतिमाह निरन्तर प्रबोधन, मापन तथा संकलन करना आवश्यक है। इससे आसानी से पुनर्जनन कार्यों के परिणामों का अध्ययन भलीभांति किया जा सकेगा। स्रोत पुनर्जनन कार्यों के परिणामों का अध्ययन करना इसलिए भी महत्वपूर्ण है कि जिन पुनःपूरण विधियों का उपयोग किया जा रहा है, वह कितने उपयुक्त और प्रभावी हैं ? स्रोत पुनर्जनन हेतु किए गए यांत्रिक एवं जैविक उपचार कार्य जहां एक ओर भूमिगत जल भण्डार में वृद्धि करते हैं वहीं दूसरी ओर वर्षा के जल को ऊपरी जलागम या पुनःपूरण क्षेत्र में एकत्रित कर बाढ़ जैसी भयानक प्राकृतिक आपदा की आवृत्ति तथा तीव्रता को कम करते हैं। इसलिए, यह भी अध्ययन किया जाना आवश्यक है कि जलागम के पुनःपूरण क्षेत्र में निर्मित पुनःपूरण संरचनाओं की कुल जल धारण क्षमता कितनी है? प्रतिवर्ष कुल कितना वर्षा जल का संरक्षण उन संरचनाओं की सहायता से किया गया तथा अन्ततः संरक्षित वर्षा जल का स्रोत पुनर्जनन पर क्या प्रभाव पड़ा।

स्रोत पुनर्जनन कार्यों के परिणामों के अध्ययन का तकनीकी पहलू के अतिरिक्त एक सामाजिक-आर्थिक पहलू भी है। जिस क्षेत्र में स्रोत पुनर्जनन कार्य किया जा रहा हो वहां पुनर्जनन कार्य की सामुदायिक जागरूकता तथा भागीदारी कितनी है इस बात का अध्ययन भी बहुत आवश्यक है क्योंकि सामुदायिक जागरूकता तथा भागीदारी के बिना दीर्घकालिक सफलता प्राप्त नहीं की जा सकती है। स्रोत पुनर्जनन वाले क्षेत्रों का गहन अध्ययन कर स्रोत पुनर्जनन के कुछ साक्ष्यों को पहचानने की कोशिश करनी चाहिए जैसे (i) पुनःपूरण क्षेत्रों के प्राकृतिक जल स्रोतों में वर्षभर पर्याप्त मात्रा में जल उपलब्ध होने लगा हो तथा क्षेत्र अब वॉटर टैंकर से मुक्त हो गया हो; (ii) संबंधित क्षेत्र के कृषि क्षेत्र में परिवर्तन आया हो अर्थात् जिन फसलों की बुआई पूर्व में रोक दी गई थी अब पुनः उनकी बुआई की जाने लगी हो; (iii) मृदा आर्द्रता में वृद्धि के कारण प्राकृतिक वनावरण में वृद्धि हुई हो। यह सभी साक्ष्य जल स्त्रोत पुनर्जनन के सकारात्मक परिणामों को प्रदर्शित करते हैं जो यह बताते हैं कि स्रोत पुनर्जनन का कार्य प्रभावी रूप से क्रियान्वित किया जा रहा है तथा समान समस्या वाले अन्य स्थानों पर भी इस प्रकार की कार्ययोजना क्रियान्वित की जा सकती है।

संपर्क करें:

महेन्द्र सिंह, सना रफी एवं

आशुतोष सिंह

हेमवती नंदन बहुगुणा गढ़वाल केन्द्रीय विश्वविद्यालय,

स्वामी राम तीर्थ परिसर,

टिहरी।



पंकज कुमार ठाकुर, भूपेंद्र जोशी एवं नीलम बुनकर

शहरी परिप्रेक्ष्य में जल की बढ़ती समस्या एवं वैकल्पिक समाधान

महानगरों में जल की बढ़ती समस्या एक चुनौती है एवं इसके समाधान के लिए बहुआयामी दृष्टिकोण की आवश्यकता है। इस संकट के समाधान के लिए नागरिकों को जल के उपयोग के बारे में जागरूक करना और शिक्षित करना एक बुनियादी रणनीति है। जल के उपयोग के लिए जल संसाधनों के प्रबंधन हेतु एक सचेत और सतत–दृष्टिकोण की आवश्यकता होती है। इसमें जल की सीमित उपलब्धता को महत्व देना, बर्बादी को कम करना और जल की कमी के प्रभावों को कम करने के लिए उपभोग प्रथाओं को अनुकूलित करना शामिल है।

सम्पूर्ण विश्व में शहरीकरण की तेज रफ्तार देखी जा रही है। विगत कुछ दशकों में शहरों में रहने वाली वैश्विक आबादी 0.8 बिलियन (29.6%) से बढ़कर 4.4 बिलियन (56.2%) हो गई है और 2050 तक लगभग 6.7 बिलियन (68.4%) तक पहुंचने का अनुमान है। यह अनियोजित शहरीकरण, अनियंत्रित जनसंख्या वृद्धि और सामाजिक-आर्थिक विकास अगले तीन दशकों में शहरी, औद्योगिक और घरेलू जल की मांग में 50-80% की वृद्धि करेगा। इसके साथ ही, जलवायु परिवर्तन आने वाले दशकों में जल के स्थानिक-कालिक वितरण पर प्रतिकूल प्रभाव डालेगा। सामान्य तौर पर, जल की आपूर्ति खासकर शहरी क्षेत्रों में भविष्य में सबसे बड़ी चुनौतियों में से एक होने जा रही है।

वर्ष 2016 में, विश्व में 933 मिलियन (32.5%) शहरी आबादी, जल की कमी वाले क्षेत्रों में निवास कर रही थी। जिसमें से 573 मिलियन (20%) और 359 मिलियन (12.5%) लोग क्रमशः मौसमी एवं वार्षिक जल अभाव का सामना कर रहे थे। दुनिया के 30 मेगासिटी (जनसंख्या > 10 मिलियन) और 526 बड़े शहरों (जनसंख्या > 1 मिलियन) में से क्रमशः 9 (30%) और 193 (36.7%) जल की कमी वाले क्षेत्रों में स्थित थे। अनुमान है कि 2050 तक विश्व के लगभग आधे बड़े शहर (292) जल की कमी वाले क्षेत्रों में स्थित होंगे। और, उस समय तक 10 नए मेगासिटी, जल अभाव वाले क्षेत्रों में शामिल हो जाएँगे। भारत और चीन ऐसे देश हैं जिनमें सबसे अधिक क्रमशः 222 मिलियन तथा 159 मिलियन शहरी आबादी जल की कमी का सामना कर रही है। जल की कमी वाले क्षेत्रों में भारत की जनसंख्या का अन्य देशों की तुलना में बहुत अधिक तीव्रता से बढ़ने का अनुमान है, जो 2050 तक 222 मिलियन से बढ़कर लगभग 550 मिलियन हो जाने की संभावना है।

यद्यपि, शहरी जल की समस्या का सामान्यतः अभियांत्रिकी और प्रौद्योगिकी तकनीकों के द्वारा उचित समाधान निकाला जा सकता है। उदाहरण के लिए, जलाशयों का निर्माण एवं उपयोग आमतौर पर अतिरिक्त वर्षा को संग्रहीत करने तथा शुष्क मौसम के दौरान शहरों को निर्बाध जल की आपूर्ति प्रदान करने के लिए किया जा सकता है। जल की कमी से निपटने के लिए तटीय क्षेत्रों में विलवणीकरण (Desalination) संयंत्र तेजी से लोकप्रिय हो रहे हैं। जिन शहरों में स्थानीय जल संसाधन जल की मांग को पूर्ण करने के लिए सक्षम नहीं हैं, उन शहरों के लिए अंतः बेसिन जल स्थानान्तरण जैसे अत्याधुनिक अभियांत्रिकी उपायों की शुरुआत की जा रही है। यद्यपि, जल संरक्षण, वितरण और भंडारण संरचनाओं में निवेश एक

महंगा विकल्प है, इसके लिए पर्याप्त मानव संसाधन, सामग्री और ऊर्जा संसाधनों की आवश्यकता होती है जो अध्ययन क्षेत्र की स्थलाकृति, भौगोलिक दशा एवं पर्यावरणीय स्थिति पर निर्भर करती है। इसलिए, जल की कमी की व्यापक समझ और निवास योग्य शहरी भविष्य के लिए टिकाऊ तरीके से वर्तमान और भविष्य के जल संकट के संभावित समाधानों के अनुसंधान की तत्काल आवश्यकता है।

जल संरक्षण और प्रबंधन उपायों की गंभीरता से शुरुआत और उन पर अमल किया जाना आवश्यक है। जल संरक्षण को एक बहुआयामी दृष्टिकोण के रूप में माना जाना चाहिए, जो भौतिक से लेकर अमूर्त मूल्यों जैसे विश्वास और भावनाओं से जोड़ता है। जल वितरण के बुनियादी ढांचे में सुधार और जल के पाइपलाइन नेटवर्क को रिसाव-रहित और मजबूत बनाकर से काफी हद तक जल वितरण दक्षता में वृद्धि की जा सकती है। शहरी निवास एवं उद्योगों के लिए नई जल बचत तकनीकों को विकसित करने की आवश्यकता है, उदाहरण के लिए पुराने भवनों में केवल पुनः संयोजन (Retrofitting) उपाय को अपनाने से काफी-हद तक जल उपयोग दक्षता में सुधार करने में मदद मिल सकती है। जल बचत के बहुत सारे उपाय हैं जैसेः जल-बचत नल, शौचालय के जल-बचत फ्लशिंग उपकरण, जल-बचत शावर आदि, जिन्हें जल संरक्षण के लिए अपनाया जा सकता है। हालांकि ये प्रयास बहुत छोटे हैं लेकिन शहरी जल संसाधनों पर बढ़ते दबाव को कम करने में ये महत्वपूर्ण भूमिका प्रदान कर सकते हैं।

विशेष रूप से, तटीय क्षेत्रों में खारे जल का विलवणीकरण जल की कमी से निपटने की एक नई उम्मीद के रूप में उभर सकता है। हालाँकि, अकेले विलवणीकरण से तटीय क्षेत्रों में जल की कमी की समस्या के समाधान का आश्वासन नहीं नहीं दिया जा सकता है, लेकिन अगर इसे विचारपूर्वक एवं समझदारी से अपनाया जावे तो यह एक निश्चित स्तर तक जल की कमी से निपटने की क्षमता रखता है। विलवणीकृत जल (Desalinated Water) औद्योगिक उपयोग के लिए जल का एक उत्कृष्ट स्रोत है क्योंकि यह उन सभी रासायनिक विशेषताओं से पूर्ण होता है जिनकी एक उद्योग को आवश्यकता होती है। और उद्योग अपनी आवश्यकतानुसार विलवणीकरण की लागत वहन कर सकते हैं। सिंचाई के लिए विलवणीकृत जल का प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष उपयोग प्रचलन में नहीं है, लेकिन भविष्य में विज्ञान और प्रौद्योगिकी के अनुप्रयोग द्वारा सिंचाई प्रयोजनों के लिए भी विलवणीकृत जल के उपयोग की बहुत संभावना है। वर्तमान परिपेक्ष्य में, विलवणीकरण एक महंगा विकल्प है और इसका पर्यावरण पर भी प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है। लेकिन, विलवणीकरण तकनीक में संयुक्त राष्ट्र सतत विकास लक्ष्य-6 (UN-SD G–6) 'सभी के लिए स्वच्छ जल और स्वच्छता' लक्ष्य को प्राप्त करने में महत्वपूर्ण योगदान प्रदान करने की क्षमता है।

वर्षा जल संचयन (RWH) वर्तमान समय में इस समस्या का सबसे व्यवहार्य समाधान है। यद्यपि, वर्षा जल संचयन संभवतः जल आपूर्ति की आवश्यकताओं को पूर्ण करने के लिए विश्व में उपयोग की जाने वाली सबसे प्राचीन पद्धति है। और, जल की बढ़ती मांग और जल की कमी की वर्तमान समस्या के समाधान के लिए कई देश पर्यावरण, जलवायु और सामाजिक बदलावों को ध्यान में रखते हुए नवीन प्रौद्योगिकी हस्तक्षेप और कार्यान्वयन के साथ ऐसी पद्धतियों में पुनः निवेश कर रहे हैं। शहरों में, वर्षा जल संचयन तकनीक के प्रयोग में इमारतों की छतों, आंगनों और अन्य अभेद्य भवन सतहों से वर्षा जल का संग्रहण, भंडारण और उनका सूक्ष्म उपचार शामिल है। एकत्रित वर्षा जल के सामुदायिक उपयोग अलग-अलग हैं, कुछ लोग इसका उपयोग शौचालय की फ्लशिंग, कपड़े धोने, बगीचे की सिंचाई, एवं छत और फर्श इत्यादि की सफाई के लिए करते हैं। वैश्विक स्तर पर, ये उपयोग कुल घरेलू जल खपत का लगभग 80-90% है और इसे समग्र दृष्टिकोण के रूप में वर्षा जल संचयन तकनीक को अपनाकर पूर्ण किया जा सकता है। परिणामस्वरूप, वर्षा जल संचयन प्रणाली की स्थापना से शहरों की जल पर आत्मनिर्भरता बढ़ती है और केंद्रीकृत जल अवसंरचनाओं पर निर्भरता काफी हद तक कम हो सकती है।



देश में बढ़ती जल समस्या

बढ़ती वैश्विक जल समस्या और शहरों में तीव्रता से बढ़ती जनसंख्या इस बात को लेकर चिंता पैदा कर रही है कि हम जल का प्रबंधन कैसे करें। बढ़ता शहरीकरण, अपशिष्ट जल के उपचार के लिए चिंता का अधिक महत्वपूर्ण विषय बनता जा रहा है। लोग इस बात को लेकर अधिक जागरूक हो रहे हैं कि सीवेज प्रदूषण नदियों, झीलों और कई अन्य जल निकायों को कैसे प्रभावित करता है। परिणामस्वरूप, विश्व बैंक और सरकारी संस्थान अपशिष्ट जल और उपचार पर गंभीरता से ध्यान दे रहे हैं। बड़े शहरों (दस लाख या अधिक जनसंख्या वाला शहर) में उत्पन्न अपशिष्ट जल लगभग 1500-3500 हेक्टेयर भूमि की सिंचाई के लिए पर्याप्त होता है। इसी तरह, उपचारित अपशिष्ट जल के कई उपयोग हैं। इस प्रकार, विकसित हो रहे बड़े शहरों की प्यास लंबे समय तक सतत तरीके से बुझाने के लिए "बंद लूप शहरी अपशिष्ट जल प्रबंधन प्रणाली" की आवश्यकता है।

महानगरों में जल की बढ़ती समस्या एक चुनौती है एवं इसके समाधान के लिए बहुआयामी दृष्टिकोण की आवश्यकता है। इस संकट के समाधान के लिए नागरिकों को जल के

बढ़ती वैश्विक जल समस्या और शहरों में तीव्रता से बढ़ती जनसंख्या इस बात को लेकर चिंता पैदा कर रही है कि हम जल का प्रबंधन कैसे करें। बढ़ता शहरीकरण, अपशिष्ट जल के उपचार के लिए चिंता का अधिक महत्वपूर्ण विषय बनता जा रहा है। लोग इस बात को लेकर अधिक जागरूक हो रहे हैं कि सीवेज प्रदूषण नदियों, झीलों और कई अन्य जल निकायों को कैसे प्रभावित करता है। परिणामस्वरूप, विश्व बैंक और सरकारी संस्थान अपशिष्ट जल और उपचार पर गंभीरता से ध्यान दे रहे हैं।

उपयोग के बारे में जागरूक करना और शिक्षित करना एक बुनियादी रणनीति है। जल के उपयोग के लिए जल संसाधनों के प्रबंधन हेतु एक सचेत और सतत-दृष्टिकोण की आवश्यकता होती है। इसमें जल की सीमित उपलब्धता को महत्व देना, बर्बादी को कम करना और जल की कमी के प्रभावों को कम करने के लिए उपभोग प्रथाओं को अनुकूलित करना शामिल है। यह संस्कृति व्यक्तिगत कार्यों से परे है। इसमें सामूहिक प्रयास शामिल हैं जो घरों, समुदायों और संस्थानों को जोड़ते हैं। जागरूकता को बढ़ावा देकर, नवीन तकनीकों को लागू करके, प्रभावी नीतियों को अपनाकर और उत्तरदायी उपभोग की संस्कृति को बढ़ावा देकर, मेगासिटीज एक सतत और लचीले शहरी भविष्य की ओर मार्ग प्रशस्त कर सकते हैं। जैसे-जैसे हम इस मार्ग पर आगे बढ़ते हैं, हम मानव समाजों और उन महत्वपूर्ण पारिस्थितिकी प्रणालियों के बीच सामंजस्यपूर्ण सह-अस्तित्व की नींव रखते हैं जिन पर वे निर्भर हैं।

इस प्रकार, बड़े शहरों की बढ़ती आबादी एक विश्वसनीय जल आपूर्ति बनाए रखने के लिए एक कठिन चुनौती पेश करती है। यद्यपि, अभिनव रणनीतियों, व्यापक बुनियादी ढाँचे के विकास और स्थायी प्रथाओं के लिए सामूहिक प्रतिबद्धता के साथ, हम इन चुनौतियों से निपट सकते हैं। बड़े शहरों में पर्याप्त जल आपूर्ति सुनिश्चित करने के लिए एक समग्र दृष्टिकोण की आवश्यकता होती है जो संसाधन प्रबंधन, प्रौद्योगिकी, नीति सुधार और नागरिक भागीदारी को एकीकृत करता है। ये कदम उठाकर, हम न केवल अपनी शहरी आबादी के लिए जल सुरक्षित कर सकते हैं, बल्कि आने वाली पीढ़ियों के लिए लचीले, रहने योग्य और संपन्न मेगासिटी भी बना सकते हैं। चुनौतियाँ पहले ही हमारे दरवाजे पर दस्तक दे चुकी हैं, इससे पहले कि वे समस्याएं गंभीर हो जाएँ, उनके समाधान हेतु शीघ्रतिशीघ्र कार्रवाई करने की जरूरत है। यहाँ कुछ समाधान दिए गए हैं जो हमने बड़े शहरों में जल संसाधनों के स्थायी भविष्य के लिए प्रस्तावित किए गये हैं।



श्रेष्ठ बागवानी तकनीकें

1. जल अवसंरचना में सुधारः स्थिरता का मार्ग

मेगासिटीज का तेजी से विस्तार मौजूदा जल संसाधनों पर भारी दबाव डालता है। बिगड़ते बुनियादी ढांचे, अकुशल जल वितरण प्रणाली और रिसाव के कारण होने वाली जल की हानि, सामूहिक रूप से अपर्याप्त जल आपूर्ति के लिए उत्तरदायी है। हम जल वितरण के बुनियादी ढांचे में सुधार करके, शहरों में जल की कमी की समस्या को दूर कर सकते हैं, बर्बादी को कम कर सकते हैं और सभी निवासियों के लिए जल की समान पहुँच सुनिश्चित कर सकते हैं। जल वितरण के बुनियादी ढांचे को बेहतर बनाने के लिए निम्नलिखित उपाय लागू किए जा सकते हैं:

(i) रिसाव का पता लगाना और मरम्मत

सेंसर और आँकड़ा विश्लेषण जैसी नवीनतम एवं उन्नत तकनीकें जल वितरण तंत्र में रिसाव की तुरंत पहचान करने में मदद कर सकती हैं। जिसके पश्चात, समय पर मरम्मत कर जल की हानि को रोका जा सकता है और इस प्रकार शहरी जल आपूर्ति का उचित नियोजन किया जा सकता है।

(ii) स्मार्ट मीटरिंग और प्रबोधन

स्मार्ट मीटर लगाने से जल की खपत को वास्तविक समय में ही बेहतर तरीके से समझा जा सकता है एवं इस समझ का उपयोग जल के आवश्यकतानुरूप वितरण एवं प्रबोधन में किया जा सकता है।

(iii) मांग प्रबन्धन

मांग आधारित जल आपूर्ति प्रणालियों के क्रियान्वयन से यह सुनिश्चित होता है कि वास्तविक आवश्यकताओं के अनुसार जल की आपूर्ति की जाए, जिसके फलस्वरूप अतिरिक्त जल खपत में कमी आती है।

2. स्मार्ट जल बचत की आधुनिक तकनीकें

नवाचार के इस युग में, आधुनिक स्मार्ट जल बचत तकनीकें आशा की किरण बनकर उभरी हैं, जो शहरी आबादी की जरूरतों को पूरा करते हुए जल संरक्षण के लिए व्यावहारिक समाधान पेश करती हैं। यद्यपि, आधुनिक युग में स्मार्ट जल बचत तकनीकों को विकसित करने की अपार संभावनाएँ और असीमित गुंजाइश है, उनमें से कुछ पहले से ही प्रचलन में हैं:

(i) नल एरेटर

छोटे एयर वेंट से सुसज्जित साधारण नल एरेटर, दबाव से समझौता किए बिना प्रवाह को कम करने के लिए हवा को जल के साथ मिलाता है। यह छोटा सा जोड़ बार-बार नल चालू करने पर जल की अपेक्षित बचत कर सकता है।

(ii) केवल पूर्ण भार

वॉशिंग मशीन और डिशवॉशर को तभी चलाएं जब वे पूर्ण क्षमता से भरे हों। इससे चक्रों की संख्या कम हो जाती है और जल की दक्षता अधिकतम हो जाती है।

(iii) कुशल बागवानी पद्धतियाँ

वाष्पीकरण को कम करने के लिए दिन के ठंडे समय में पौधों को जल दें। मल्चिंग से मिट्टी की नमी बरकरार रखने में मदद मिल सकती है, जिससे बार-बार जल देने की आवश्यकता कम हो जाती है।

(iv) दोहरे फ्लश वाले शौचालय

यदि शौचालय में दोहरी फ्लश प्रणाली नहीं है, तो प्रति फ्लश उपयोग होने वाले जल की मात्रा को कम करने के लिए टैंक में जल से भरी बोतल रखने पर विचार करें।

(v) व्यवहार परिवर्तन के लिए मोबाइल ऐप्स

उपयोगकर्ता के अनुकूल मोबाइल अनुप्रयोग वास्तविक समय में जल की खपत के आंकड़े और कुशल उपयोग के लिए सुझाव प्रदान करते हैं। वे नागरिकों को अपने जल के उपयोग के बारे में सोच-समझकर निर्णय लेने में सक्षम बनाते हैं।

3. जल का विलवणीकरण

जल की बढ़ती कमी के दौर में, बढ़ती वैश्विक जल मांग को पूरा करने की खोज ने अभिनव समाधानों को जन्म दिया है, जहाँ अलवणीकरण (Desalination) विशेष रूप से तटीय क्षेत्रों में एक आशाजनक समाधान के रूप में उभर रहा है। अलवणीकरण प्रक्रिया, जिसमें

समुद्री जल को मीठे जल में परिवर्तित करना शामिल है, जल की कमी से जूझ रहे क्षेत्रों के लिए एक संभावित जीवन रेखा खींच सकती है।

विलवणीकरण प्रक्रिया

विलवणीकरण समुद्री जल अर्थात खारे जल से नमक और अन्य अशुद्धियों को दूर करने की प्रक्रिया है, जिसमें लवणीय जल को सिंचाई, घरेलू और औद्योगिक उपयोग के साथ-साथ मानव उपभोग के लिए भी उन्नत उपचार द्वारा उपयुक्त बनाया जाता है। हालांकि इसकी कई विधियाँ मौजूद हैं, किन्तु, दो प्राथमिक तकनीकें थर्मल विलवणीकरण एवं रिवर्स ऑस्मोसिस अन्य तकनीकों की तुलना में अधिक लोकप्रिय हैं।

(i) तापीय विलवणीकरण

तापीय विलवणीकरण एक समय-परीक्षित (time-tested) प्रक्रिया है जो खारे जल को स्वच्छ, पीने योग्य जल में बदलने के लिए गर्मी और चरण परिवर्तन (phase change) के सिद्धांतों का उपयोग करती है। इस पद्धति ने ऐतिहासिक रूप से जल की कमी को दूर करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है, खासकर उन क्षेत्रों में जहां स्वच्छ जल के अन्य स्रोत सीमित हैं। तापीय विलवणीकरण तंत्र की समझ इसकी आंतरिक क्रियाविधि से अभिगत करने के साथ-साथ स्थायी जल मांग को पूर्ण करने में भी एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है।

(ii) रिवर्स ऑस्मोसिस (आरओ) विलवणीकरण

रिवर्स ऑस्मोसिस (आरओ) विलवणीकरण आधुनिक इंजीनियरिंग कौशल का एक श्रेष्ठ उदाहरण है, जिससे जल की कमी से निपटने के तरीके में क्रांति आयी है। यह अभिनव प्रक्रिया समुद्री जल से लवण और अशुद्धियों को अलग करने के लिए चयनात्मक पारगमन के सिद्धांत का उपयोग करती है, जिससे प्राप्त विलवणीकृत जल स्वच्छ जल का स्रोत बनता है जो बढ़ती आबादी की मांगों को पूर्ण करने मे काफी सीमा तक सक्षम है।

4. वर्षा जल संचयन (z) प्रणाली

वर्षा जल संचयन एक स्थायी तकनीक है जिसमें सिंचाई, घरेलू उपयोग, बागवानी और भूजल पुनर्भरण जैसे विभिन्न उद्देश्यों के लिए वर्षा जल को संचयित एवं संग्रहीत करना और उसका उचित उपयोग करना शामिल है। बड़े शहरों में, जहाँ बढ़ता शहरीकरण और जनसंख्या वृद्धि जल संसाधनों पर दबाव डालती है, वर्षा जल संचयन उपयुक्त समाधान एवं लाभ प्रदान कर सकता है और जल की कमी की समस्याओं के लिए एक अद्भुत समाधान के रूप में सामने आ सकता है। प्रस्तुत आरेख यह दर्शाता है कि किस प्रकार वर्षा जल संचयन बड़े शहरों में लाभकारी हो सकता है:

(i) जल आपूर्ति पर दबाव कम होगा

बड़े शहरों को अक्सर अपनी बड़ी आबादी की जल की मांग को पूरा करने में चुनौतियों का सामना करना पड़ता है। वर्षा जल संचयन करके, नदियों और भूजल जैसे पारंपरिक जल स्रोतों की मांग को कम किया जा सकता है, जिससे मौजूदा जल आपूर्ति प्रणालियों पर दबाव कम हो सकता है।

(ii) शहरी बाढ़ का शमन

शहरीकरण के कारण अक्सर सतही अपवाह में वृद्धि होती है क्योंकि पक्की सतह जल को भूजल में प्रवेश करने से रोकती है। इससे आमतौर पर भारी बारिश के दौरान बाढ़ आ जाती है। छत पर वर्षा जल संग्रहण प्रणाली वर्षा जल को छत पर ही रोक सकती हैं, एकत्रित, संग्रहीत एवं संरक्षित कर सकती हैं, जिससे अपवाह की मात्रा कम हो जाती है और बाढ़ का खतरा भी कम हो जाता है।

(iii) भूजल पुनर्भरण

जैसे-जैसे शहरी क्षेत्रों का विस्तार होता है, प्राकृतिक क्षेत्र (open land) जो कभी वर्षा जल को अवशोषित करते थे, उनका स्थान अभेद्य सतह ले लेती हैं। इससे भूजल का पुनर्भरण कम हो जाता है, जिससे भूजल का ह्रास होता है। वर्षा जल संचयन भूजल की कमी को पूर्ण करने में सहायता कर सकता है, क्योंकि इससे वर्षा जल नदियों और फिर समुद्र में समाहित होने के स्थान पर पृथ्वी के भूगर्भ में समाहित हो जाता है।

वर्षा जल संचयन एक स्थायी तकनीक है जिसमें सिंचाई, घरेलू उपयोग, बागवानी और भूजल पुनर्भरण जैसे विभिन्न उद्देश्यों के लिए वर्षा जल को संचयित एवं संग्रहीत करना और उसका उचित उपयोग करना शामिल है। बड़े शहरों में, जहाँ बढ़ता शहरीकरण और जनसंख्या वृद्धि जल संसाधनों पर दबाव डालती है, वर्षा जल संचयन उपयुक्त समाधान एवं लाभ प्रदान कर सकता है और जल की कमी की समस्याओं के लिए एक अद्भुत समाधान के रूप में सामने आ सकता है।



वर्षा जल संचयन

(iv) असमय जल आपूर्ति

वर्षा जल का उपचार करके उसे पीने योग्य तो नहीं, पर शौचालयों को साफ करने, पौधों को जल देने, कपड़े धोने और सफाई करने जैसे कामों में उपयोग किया जा सकता है। इससे उन कामों के लिए शुद्ध जल की मांग कम हो जाती है, जिनमें वास्तव में इसकी जरूरत नहीं होती, जिससे शहर के जल संसाधनों का संरक्षण होता है।

(v) सूखे से निपटने की क्षमता

वर्षा जल संचयन सूखे की स्थिति मे एक वैकल्पिक जल स्रोत प्रदान करता है जबकि पारंपरिक स्रोत दुर्लभ हो सकते हैं। RWH शहरों की परंपरागत जल स्त्रोतों पर निर्भरता को कम करता है साथ ही जल की विश्वसनीय आपूर्ति भी सुनिश्चित करता है।

(vi) स्थानीय लाभ

वर्षा जल संचयन, जल संरक्षण और प्रबंधन के लिए विकेंद्रीकृत दृष्टिकोण को प्रोत्साहित करता है। व्यक्तिगत इमारतें, RWH सिस्टम स्थापित कर सकती हैं, जिससे केंद्रीकृत जल अवसंरचना पर बोझ कम होता है और आत्मनिर्भर मेगा-शहरों को प्रोत्साहन मिलता है।

(vii) हरित अवसंरचना

RWH सिस्टम को हरित छतों, पारगम्य फुटपाथों और अन्य टिकाऊ शहरी अभिकल्पन के रूप में एकीकृत किया जा सकता है। ये प्रथाएँ शहरों की समग्र स्थिरता और सौंदर्य में भी योगदान दे सकती हैं।

(viii) विनियमन और नीति समर्थन

स्थानीय सरकारें इन प्रणालियों को लागू करने के लिए नियम, प्रोत्साहन और सब्सिडी शुरू करके वर्षा जल संचयन को बढ़ावा देने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकती हैं। वे भवन

संहिता (building code) में ही RWH इकाई को शामिल कर सकते हैं।

(ix) विचारणीय चुनौतियाँ

यद्यपि वर्षा जल संचयन के अनेक लाभ हैं, लेकिन बड़े शहरों में इसके सफल क्रियान्वयन के लिए प्रारंभिक अवसंरचना लागत, समय पर मरम्मत और रख-रखाव, जल गुणवत्ता संबंधी समस्याएं, तथा यह सुनिश्चित करना कि संग्रहीत जल रोगवाहकों के लिए प्रजनन स्थल न बन जाए, जैसी चुनौतियों का समाधान करना आवश्यक हो सकता है।

5. अपशिष्ट जल का पुनर्चक्रण और पुनः उपयोग

अपशिष्ट जल में पुनर्चक्रण एवं पुनःउपयोग की काफी गुंजाइश होती है। उन्नत उपचार प्रक्रियाओं के माध्यम से, अपशिष्ट जल को एक उपयुक्त स्तर तक शुद्ध किया जा सकता है जिसे फसलों की सिंचाई, औद्योगिक प्रक्रियाओं और यहां तक कि भूजल की कमी को पूर्ण करने सहित अन्य गैर-पेय उपयोगों की एक विस्तृत श्रृंखला के लिए उपयोग किया जा सकता है। अपशिष्ट जल का उपचार और पुनः उपयोग करके, मानव समुदाय स्वच्छ जल के स्रोतों पर अपनी निर्भरता को काफी हद तक कम कर सकता हैं, इस प्रकार जल अभाव की समस्या का हम काफी सीमा तक निदान कर सकते हैं।

6. उत्तरदायी जल उपभोग की संस्कृति

उत्तरदायी जल उपभोग की संस्कृति विकसित करने के लिए जल के महत्व को समझने, महत्व देने और उसका उपयोग करने के तरीके को बदलना शामिल है। यह सांस्कृतिक बदलाव बड़े शहरों के लिए जल अभाव की चुनौतियों पर काबू पाने और दीर्घकालिक स्थिरता को बढ़ावा देने के लिए मौलिक है। ऐसी संस्कृति कुछ निम्न प्रकार विकसित की जा सकती हैः

(i) शिक्षा और जागरूकता

जल संरक्षण और प्रबंधन के महत्व के बारे में जागरूकता बढ़ाना पहला महत्वपूर्ण कदम है। सार्वजनिक शिक्षा अभियान, कार्यशालाएँ और स्कूल कार्यक्रम नागरिकों को जल की कमी, इसके कारणों और समाधान सुझाने के लिए उठाए जाने वाले प्रमुख कदमों मे से एक हैं।

(ii) व्यवहार परिवर्तन

रोजमर्रा के व्यवहार में छोटे-छोटे और प्रभावी बदलावों को प्रोत्साहित करने से सामूहिक रूप से जल की विशेष बचत हो सकती है। जैसे कि रिसाव को यथाशीघ्र ठीक करना, जल की बचत करने वाले आधुनिक स्मार्ट उपकरणों का उपयोग करना और दांत साफ करते समय नल बंद करना जैसे सरल उपाय जल की मांग में उल्लेखनीय कमी ला सकते हैं।

(iii) एकीकृत जल प्रबंधन

उत्तरदायी जल उपभोग की संस्कृति समुदायों को समग्र जल प्रबंधन रणनीतियों को उपयोग मे लाने के लिए प्रोत्साहित करती है, जैसे वर्षा जल संचयन, अपशिष्ट जल का पुनर्चक्रण और इसे विभिन्न गैर-पेय उपयोगों के लिए उपयोग करना।

(iv) नवीन प्रौद्योगिकियां

उत्तरदायी जल उपभोग की संस्कृति को विकसित करने में प्रौद्योगिकी एक महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकती है। स्मार्ट मीटर, जल वितरण नेटवर्क में IoT-आधारित रिसाव का पता लगाने वाली प्रणाली, और उपयोगकर्ता के अनुकूल मोबाइल अनुप्रयोग जो जल उपयोग की जानकारी प्रदान करते हैं, व्यक्तियों को उनके जल उपभोग के प्रबोधन, नियंत्रण और उसके विरुद्ध न्यायिक कार्रवाई करने में सक्षम बनाते हैं।

(v) सामुदायिक व्यस्तता

जल संरक्षण और प्रबंधन से संबंधित निर्णय लेने की प्रक्रिया में नागरिकों को शामिल करने से स्वामित्व और जवाबदेही की भावना बढ़ती है। सहभागितापूर्ण दृष्टिकोण यह सुनिश्चित करता है कि समाधान समुदाय की आवश्यकताओं और प्राथमिकताओं के अनुरूप हों।



शहरी बाढ़ का एक दृश्य

निष्कर्ष

बड़े शहरों में जल की कमी की बढ़ती चुनौती बहुआयामी समाधानों की मांग करती है। उत्तरदायी जल उपभोग की संस्कृति से प्रेरित एक शिक्षित और जागरूक चर्चा द्वारा तकनीकी नवाचारों, स्मार्ट उपकरणों, जल जागरूकता नीतियों और सामूहिक कार्रवाई को शामिल करके, बड़े-बड़े शहरी जल संकट पर विजय प्राप्त की जा सकती हैं। बेहतर जल अवसंरचना और IoT-सक्षम स्मार्ट जल बचत उपकरण, जागरूक नागरिक समाज को जल संरक्षण के लिए प्रोत्साहन देते हैं। वर्षा जल संचयन में न केवल भूजल की कमी को पूर्ण करने की क्षमता है, बल्कि इसके द्वारा बड़े शहरों के शहरी बाढ़ संकट को भी हल किया जा सकता है, जो कि बड़े शहरों की अनुपयुक्त जल निकासी प्रणाली के कारण प्रत्येक वर्षा-ऋतु में समाचारों की सुर्खियों में रहता है। विभिन्न गैर-पेय उपयोगों के लिए उपचारित अपशिष्ट जल का पुनर्चक्रण और पुनः उपयोग अनुसंधान और नवाचार के एक नए मुद्दे के रूप में उभर सकता है क्योंकि यह विभिन्न गैर-पेय उपयोगों के लिए बेहतर विकल्प है। हालाँकि, वर्तमान परिदृश्य में विलवणीकरण उतना व्यवहार्य समाधान नहीं है, लेकिन इसमें (विशेष रूप से) तटीय क्षेत्रों में जल की कमी की समस्या से निपटने की अपार संभावनाएँ हैं। यह समस्या दिन प्रतिदिन तेजी से बढ़ रही है और जिस तरह से इसने अपनी गति पकड़ी है, उससे पृथ्वी पर विशिष्टतः बड़े शहरों में, जल का भविष्य खतरे में है। लेकिन अगर गंभीरता से अपनाया जाए तो आधुनिक विज्ञान और प्रौद्योगिकी इस संकट से निपटने में सक्षम हैं। यह प्रयास केवल जल के बारे में नहीं है। यह हमारे शहरों, हमारे पारिस्थितिकी तंत्र और आने वाली पीढ़ियों के भविष्य को सुरक्षित करने के बारे में है। बड़े शहरों में जल सुरक्षा एवं संरक्षण की यह यात्रा मानवीय अनुकूलनशीलता, सरलता और धरती पर जीवन के सबसे मूल्यवान तत्व, अर्थात जल के संरक्षण और प्रबंधन के लिए एकजुट प्रयास की शक्ति का प्रमाण है।

संपर्क करें:
पंकज कुमार ठाकुर, भूपेंद्र जोशी एवं नीलम बुनकर
भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, रुड़की।
मो. नं. 8085611415
ईमेलः pankaj_kt@wr.iitr.ac.in



पानी पर दोहे

नदी सारी सूख गई, दिखती है अब रेत।
तरसे पानी वास्ते, आदमी और खेत।।
पानी अगर रहे नहीं, चले नहीं संसार।
बढ़ रही है देख यहां, पानी की दरकार।।
पानी बचाकर रखिए, रखिए ये विश्वास।
संकट होगा न कभी, बुझे सभी की प्यास।।
सूखा जब-जब भी पड़ा, जल का हुआ अकाल।
ऐसे में करती खड़े, देखो कई सवाल।।
पानी को बेकार में, नहीं बहायें आज।
तरसोगे एक दिन यहां, कर इसका अंदाज।।
जब पानी भी भीड़ में, आए न तेरे हाथ।
तब छोड़ेगी प्यास भी, रमेश तेरा साथ।।
पानी बचाकर राखिये, होंगे आप निहाल।
जन-जन के मन में रहे, रमेश यही ख्याल।।
पानी था जब खूब तो, ढोला था बेकार।
सूखे में मिलता नहीं, करते अब इंतजार।।
पानी रहे खूब सदा, करें यही इंतजाम।
बांध-बांधकर रोकिये, दो सबको पैगाम।।
बहा न पानी व्यर्थ ही, पानी है अनमोल।
आवे जब संकट यहाँ, तब जानोगे मोल।।
संकट पानी का पड़ा, तब देता है ध्यान।
आवे ना संकट कभी, रख पहले से ज्ञान।।
पानी बिन सूना लगे, पानी है आधार।
इसके बिना जीवन भी, लगे हमें बेकार।।
प्यासे होंठ तृप्त रहें, तब आवे मुस्कान।
पानी अगर मिले नहीं, निकले रमेश जान।।
बचत पानी की कीजिए, कब समझेंगे लोग।
जितनी जरूरत यदि है, करें आप उपयोग।।
हरेक जन की है यही, पानी तो जागीर।
कंठ सदैव गीला रहे, माने है तासीर।।
पानी बिन पड़ता यहां, सूखा ही श्रीमान।
तब छीने है वो सभी, होंठों की मुस्कान।।
पानी अब कैसे बचे, करें मंत्र यह याद।
हरजन यदि ये ठान ले, करेंगे न बरबाद।।
पानी था जब खूब ही, जान सके न मोल।
अब कर रहे आप सभी, पानी हेतु किकोल।।
ताल, पोखर, कुँआ, नदी, छोड़ा सबने साथ।
पानी ने ही कर दिया, हम सभी को अनाथ।।
सच कहते हैं जल बना, जीवन का आधार।
बिन इसके चलता नहीं, कोई कारोबार।।
बचाकर रखें धन तभी, जब आवे संताप।
जल भी है धन आपका, रखें बचाकर आप।

पर्यावरण

पर्यावरण बिगड़ गया, काटे पेड़ हजार।
हरे-भरे सदैव रहे, कर मानव तू प्यार।।
थका मुसाफिर बैठता, आकर इसकी छाँव।
सुख चैन मिलता उसको, राहत पाते पाँव।।
हरा-भरा जंगल रहे, रख सदैव ये आस।
इससे खिलता है सदा, गुलशन में मधुमास।।
पेड़ हमारे मीत हैं, करिये इनसे प्यार।
नफरत ये करते नहीं, ना बनते दीवार।।
पर्यावरण दूषित है, दूषित है परिवेश।
और नहीं दूषित करें, रमेश अपना देश।।
घने पेड़ जितने रहें, छाँव मिले भरपूर।
पथिकों की पल में करें, थकान सारी दूर।।
पेड़ों से करिये नहीं, छेड़छाड़ भी आप।
ऐसा ना हो ये कभी, दे दें कोई श्राप।।
जंगल काटें आप ना, रखें हरे भरपूर।
बरसेगा पानी यहां, होगा संकट दूर।।
जंगल होंगे जब घने, देंगे जी जलधार।
इसे बचाए आप रखें, होंगे सच्चे यार।।
वन देते सबको यहां, औषधि खूब अपार।
आओ उगाओ मिलकर, पौधे आप हजार।।

पेड़ों का अब जाल

काटोगे यदि आप तो, पेड़ हरे श्रीमान।
बन जाएगी ये धरा, एक दिन रेगिस्तान।।
पेड़ बचाने का करें, कारगर ही प्रयास।।
तब रमेश वे आपके, बने रहेंगे खास।।
पर्यावरण बचा रहे, करें ऐसा उपाय।
यही धर्म सबसे बड़ा, सबको ही समझाए।।
समस्या पर्यावरण की, बने नहीं विकराल।
हर जगह बिछा दीजिये, पेड़ों का अब जाल।।
अपने आंगन में लगा, आप सभी एक पेड़।
होगी सुशोभित इससे, आँगन की हर मेड़।।
पेड़ों को तू मानकर, चल सदा मेहमान।
आवभगत इनकी करिये, देकर के सम्मान।।
प्रीत करो तुम पेड़ से, दगा न देगा यार।
यह करेगा हरदम ही, सबका ही उपकार।।
ठीक रहे पर्यावरण, पेड़ लगावे आप।
फिर मिलेगी साफ हवा, मिटे सभी संताप।।
हरे-भरे जंगल रहें, रहें आप खुशहाल।
धरती भी श्रृंगार करे, रहती मालामाल।।
पेड़ अधिक रमेश लगा, होगी वर्षा खूब।
हरी-भरी धरती रहे, कोमल-कोमल दूब।।
पेड़ों से करती सदा, ये धरती श्रृंगार।
हरियाली को देखकर, मानव करता प्यार।।



संपर्क करें:
रमेश मनोहरा,
शीतला माता गली,
जावरा (म.प्र.) 457 225
जिला रतलाम
मो. 9479662215, 7999890997



डॉ. भूपेन्द्र सिंह नायक, डॉ. बी.के. राव,
डॉ. रवि दुप्दल एवं डॉ. एम. प्रभावती

घड़ा सिंचाई : जल प्रबन्धन और संरक्षण

घड़े की सिंचाई जल संरक्षण की एक कम लागत वाली कुशल विधि है, इसलिए इसे अर्ध शुष्क और शुष्क क्षेत्रों के किसानों द्वारा व्यापक रूप से अपनाया जा सकता है। यह आर्द्र क्षेत्रों में भी प्रभावी है जहाँ सिंचाई के लिए जल की कमी है। जल की कमी वाले क्षेत्रों के गरीब किसानों को इस तकनीक के बेहतर प्रदर्शन के लिए तकनीकी पहलुओं पर सरकारी एजेंसियों के विशेषज्ञों द्वारा निःशुल्क मार्गदर्शन और प्रशिक्षण प्रदान किया जाना चाहिए।

जल उन अनमोल प्राकृतिक संसाधनों में से एक है जो पृथ्वी पर समस्त जीवों के अस्तित्व और उत्तरजीविता के लिए अत्यन्त आवश्यक है। जल की कमी अब वैश्विक चिंता का विषय है और यह संभवतः निकट भविष्य में सबसे बड़ी चुनौती बन सकती है क्योंकि इसकी बढ़ती मांग के साथ-साथ अत्यधिक उपयोग और निरंतर प्रदूषण के कारण इसकी आपूर्ति कम होती जा रही है। इस अनमोल संसाधन का विवेकपूर्ण तरीके से उपयोग, प्रबंधन और संरक्षण किया जाना चाहिए ताकि यह लंबे समय तक उपलब्ध रह सके। अब समय आ गया है कि बेहतर प्रबंधन और सिंचाई तकनीकों के माध्यम से जल के संरक्षण और कुशल उपयोग के बारे में सोचा जाए ताकि उपलब्ध जल संसाधनों की प्रति इकाई मात्रा में कृषि उत्पादन को अधिकतम किया जा सके। सिंचाई उद्देश्यों के लिए उपयोग किया जाने वाला जल कृषि उत्पादन को अधिकतम करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है और इसे उपयोग के दौरान न्यूनतम हानि के साथ प्रभावी ढंग से उपयोग किया जाना चाहिए। इस संदर्भ में जल की कमी वाले क्षेत्रों में जल के कुशल उपयोग, प्रबंधन और संरक्षण के लिए घड़ा सिंचाई तकनीक एक बेहतर विकल्प हो सकता है। जहां जल अत्यधिक खारा भी हो, उन क्षेत्रों में भी घड़ा सिंचाई का उपयोग करके पौधों को बिना किसी तनाव के घड़ों के आसपास उगाया जा सकता है। इसके अतिरिक्त यह तकनीक सरल, सस्ती है और इसमें जल की बड़ी बचत की संभावना है।

घड़े की सिंचाई क्या है?

घड़े की सिंचाई एक प्राचीन विधि है जिसमें पौधों और पेड़ों तक जल पहुंचाने के लिए मिट्टी के बर्तनों (मटका) का उपयोग किया जाता है। इसका आविष्कार हजारों वर्ष पहले उत्तरी अफ्रीका के किसानों ने किया था। शुष्क भूमि वाले क्षेत्रों और जहाँ जल की कमी है, वहाँ घड़े की सिंचाई फसल उत्पादन को बेहतर बनाने में मदद कर सकती है। यह उन जगहों पर फसल और पेड़ उगाने में भी मदद कर सकती है जहाँ उपलब्ध जल या मृदा नमक से प्रभावित है।

घड़े की सिंचाई कैसे काम करती है?

अकाचित घड़ों को मिट्टी में गाड़कर जल से भर दिया जाता है। घड़े की दीवार के सूक्ष्म छिद्रों से जल धीरे-धीरे बाहर निकलता है और घड़े के चारों ओर की मिट्टी को गीला कर देता

घड़े की सिंचाई एक प्राचीन विधि है जिसमें पौधों और पेड़ों तक जल पहुंचाने के लिए मिट्टी के बर्तनों (मटका) का उपयोग किया जाता है। इसका आविष्कार हजारों वर्ष पहले उत्तरी अफ्रीका के किसानों ने किया था। शुष्क भूमि वाले क्षेत्रों और जहाँ जल की कमी है, वहाँ घड़े की सिंचाई फसल उत्पादन को बेहतर बनाने में मदद कर सकती है। यह उन जगहों पर फसल और पेड़ उगाने में भी मदद कर सकती है जहाँ उपलब्ध जल या मृदा नमक से प्रभावित है।

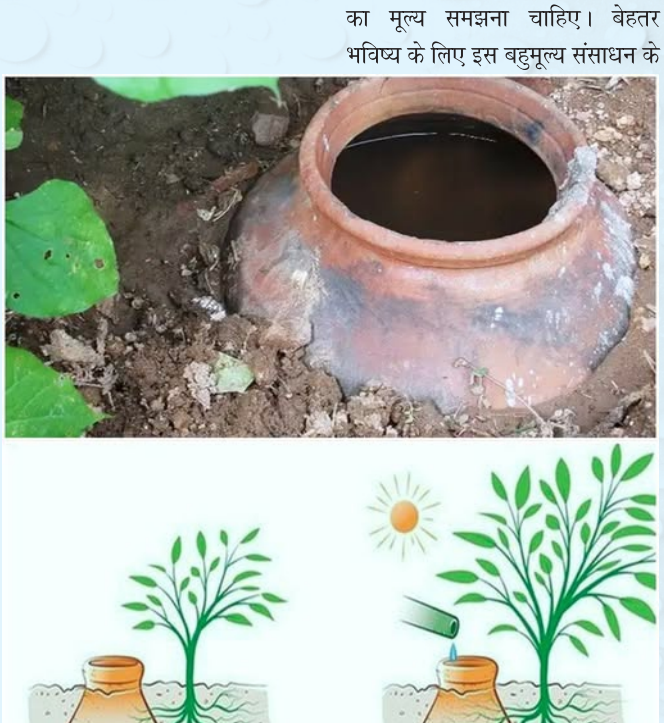
है। फिर घड़े के चारों ओर बीज बोने और पौधे लगाने के लिए अनुकूल वातावरण बनाया जाता है। जैसे-जैसे पौधा जल का उपयोग करता है, घड़े से और जल रिसता है। इस तरह, घड़ा पौधे को जरूरत पड़ने पर बिल्कुल सही मात्रा में जल देता है। किसान नियमित रूप से घड़ों की जाँच करता है, उसमें जल भरता है और वाष्पीकरण को रोकने के लिए उसे ढक्कन से ढक देता है।

घड़े की सिंचाई विधि की कुछ बुनियादी बातें

- घड़े छिद्रयुक्त और अकाचित, टेराकोटा से निर्मित होने चाहिए।
- घड़ों का आयतन 7 से 10 लीटर होनी चाहिए, लेकिन यह फसल के प्रकार और जल की आवश्यकता के आधार पर अलग-अलग हो सकता है।
- एक घड़े के चारों ओर एक सब्जी की फसल के चार पौधे उगाए जा सकते हैं, लेकिन अगर फसल की जल की आवश्यकता कम है, तो इसकी संख्या बढ़ाई जा सकती है।
- आर्द्र क्षेत्र के ओवरलैप से बचने के लिए घड़ों को 1 से 2 मीटर की दूरी पर रखा जाना चाहिए।
- घड़ों को इस तरह से गाड़ा जाना चाहिए कि उनका मुंह जमीन के बराबर हो।
- घड़ों को रखने के लिए खोदे गए गड्ढों को पौधों की बेहतर वृद्धि के लिए 1:1 अनुपात में मिट्टी और खाद के मिश्रण से भरना चाहिए।
- मिट्टी और खाद के मिश्रण को समायोजित करने के लिए गड्ढे की गहराई घड़े की ऊंचाई से 20 सेमी ज्यादा होनी चाहिए।

घड़े से सिंचाई के क्या लाभ हैं?

- यह सभी पारंपरिक तरीकों में से सिंचाई के सबसे सस्ते तरीकों में से एक है।
- उपयोग किए जाने वाले घड़े बहुत कम लागत वाले, पर्यावरण के अनुकूल और स्थानीय रूप से मिट्टी से बनाए जाते हैं।
- इसे स्थापित करना, चलाना और बनाए रखना बहुत आसान है।
- यह बायो-डिग्रेडेबल है और इससे पर्यावरण प्रदूषण नहीं होता है।
- यह खरपतवार नियंत्रण में प्रभावी है। इसका उपयोग कम हवा के तापमान वाली ठंडी जलवायु में किया जा सकता है।
- यह बहुत गर्म, शुष्क परिस्थितियों में भी बीज के अंकुरण और स्थापना में सुधार करने में मदद करता है।
- घड़ों में जल भरने और अन्य कार्य संचालन करने के लिए कम श्रम की आवश्यकता होती है।
- यह मिट्टी की संरचना के लिए बेहतर है क्योंकि पानी सीधे मिट्टी पर नहीं डाला जाता है और इससे मिट्टी का कटाव नहीं होता है।
- बीज की शय्या ढीली रहती है और उसमें भरपूर हवा का संचार हो पाता है, जिससे मिट्टी अधिक छिद्रपूर्ण रहती है और फसल की वृद्धि के लिए अनुकूल रहती है।
- मिट्टी सुधारक जैसे खाद, कम्पोस्ट या रासायनिक उर्वरक आसानी से डाले जा सकते हैं।
- लवणता की समस्या वाले क्षेत्रों में फसल उगाने के लिए किसान घड़े की सिंचाई का उपयोग कर सकते हैं।
- यह बूंद/फुहार जैसी अन्य उच्च तकनीक सिंचाई प्रणालियों की तुलना में सस्ती और अधिक विश्वसनीय है।
- यह तकनीक सिंचाई के अन्य तरीकों की तुलना में 90% तक जल बचाती है।



घड़ा सिंचाई तकनीक

- यह स्थानीय कारीगरों के लिए अधिक रोजगार के अवसर प्रदान कर सकती है, जो अपनी आजीविका के लिए केवल घड़े बनाने और बेचने पर निर्भर हैं।

तकनीक का दायरा

घड़े की सिंचाई जल संरक्षण की एक कम लागत वाली कुशल विधि है, इसलिए इसे अर्ध शुष्क और शुष्क क्षेत्रों के किसानों द्वारा व्यापक रूप से अपनाया जा सकता है। यह आर्द्र क्षेत्रों में भी प्रभावी है जहाँ सिंचाई के लिए जल की कमी है। जल की कमी वाले क्षेत्रों के गरीब किसानों को इस तकनीक के बेहतर प्रदर्शन के लिए तकनीकी पहलुओं पर सरकारी एजेंसियों के विशेषज्ञों द्वारा निःशुल्क मार्गदर्शन और प्रशिक्षण प्रदान किया जाना चाहिए।

निष्कर्ष

जल एक बहुमूल्य और वर्तमान में यह अधिक चुनौतीपूर्ण प्राकृतिक संसाधन है। सभी को जल की हर बूंद का मूल्य समझना चाहिए। बेहतर भविष्य के लिए इस बहुमूल्य संसाधन के संरक्षण के लिए सभी प्रयास किए जाने चाहिए। घड़े की सिंचाई की कुशल जल संरक्षण तकनीक को अपनाकर, हम शुष्क और जल की कमी वाले क्षेत्रों में खेती के लिए सिंचाई के अन्तर्गत अधिक क्षेत्र लाकर भविष्य के लिए बेहतर कृषि विकास और खाद्य स्थिरता के बारे में विचार कर सकते हैं।

संपर्क करें:
डॉ. भूपेन्द्र सिंह नायक,
डॉ. बी.के. राव, डॉ. रवि दुप्दल
और डॉ. एम. प्रभावती
भारतीय मृदा एवं जल संरक्षण
संस्थान अनुसंधान केंद्र,
बेल्लारी-583 104, कर्नाटक
मो. 8123121465, 9437590452

कार्तिकेयन मारियप्पन एवं मौर्य सुरेश शिवपाल



जल संबंधी आपदाएं एवं बांधों के जीर्णोद्धार की आवश्यकता

सत्तर का दशक बांध निर्माण का एक स्वर्णिम युग था जिस अवधि के दौरान विश्व में प्रतिवर्ष औसतन एक हज़ार बड़े बांधों का निर्माण हो रहा था। विश्व बैंक के एक अनुमान के अनुसार वर्ष 1,900 के आसपास निर्मित वृहत्त बांध 50 वर्ष से अधिक पुराने हैं और अपनी आयु पूर्ण कर चुके हैं। जलवायु परिवर्तन के इस दौर में इन बांधों से बहुत अधिक खतरा है। निर्माण के समय अभियन्ता जो भी कठिनतम परिस्थितियाँ सोच सकता है, उसको झेलने में बांध सक्षम होता है किन्तु जब प्राकृतिक आपदाएँ उसकी कल्पना शक्ति से अधिक भीषण और बारंबार होने लगती हैं तो बांधों की विफलता का खतरा बढ़ जाता है और उनके कमजोर होने का अंदेशा भी बढ़ जाता है।

जलवायु परिवर्तन के वर्तमान समय में किसी प्राचीन जीर्ण-शीर्ण बांध का जीर्णोद्धार कार्य महज उसे मूल रूप में लाने तक ही सीमित नहीं है वरन् समय-समय पर इस क्षेत्र में सुरक्षा मानकों में किए गए परिवर्तनों का अनुपालन सुनिश्चित करना भी एक अनिवार्य चुनौती है। जलवायु परिवर्तन के कारण हिमनदगलन से प्राप्त होने वाली बाढ़, तीव्र वर्षा, भूस्खलन, हिमनद से जल प्रवाह जैसी आपदाओं की आवृत्ति और उनकी भीषणता बढ़ती जा रही है। अतिरिक्त जल प्रवाह की दृष्टि से नदी के प्रतिप्रवाह में निर्मित बांधों की श्रृंखला, नदी के अनुप्रवाह में स्थित बांधों के लिए खतरा बन सकती है।

सत्तर का दशक बांध निर्माण का एक स्वर्णिम युग था जिस अवधि के दौरान विश्व में प्रतिवर्ष औसतन एक हज़ार बड़े बांधों का निर्माण हो रहा था। विश्व बैंक के एक अनुमान के अनुसार वर्ष 1,900 के आसपास निर्मित वृहत्त बांध 50 वर्ष से अधिक पुराने हैं और अपनी आयु पूर्ण कर चुके हैं। जलवायु परिवर्तन के इस दौर में इन बांधों से बहुत अधिक खतरा है। निर्माण के समय अभियन्ता जो भी कठिनतम परिस्थितियाँ सोच सकता है, उसको झेलने में बांध सक्षम होता है किन्तु जब प्राकृतिक आपदाएँ उसकी कल्पना शक्ति से अधिक भीषण और बारंबार होने लगती हैं तो बांधों की विफलता का खतरा बढ़ जाता है और उनके कमजोर होने का अंदेशा भी बढ़ जाता है।

हाल ही में लीबिया में जो बांध विफल हुए, वे अनुमानित थे और उन्हें बचाया जा सकता था। अतिवर्षा की वजह से जो 30 एम.सी.एम जल अचानक एकत्रित हुआ, उसे बांध न रोक सका और ढह गया। 2023 में लीबिया में हुई बांध ढहने की त्रासदी विश्व के सभी उम्रदराज बांधों के लिए एक चेतावनी है जिनका तुरंत संज्ञान लेना आवश्यक है। उत्तरी सिक्किम में 2023 में हुई हिमनद त्रासदी ने हिमालय की जलविद्युत क्षमता की सुरक्षा पर एक प्रश्न चिन्ह लगा दिया है। वैश्विक तापमान से हिमनद पिघल रहे हैं और हिमनद ताल बनते जा रहे हैं। इन्हीं बढ़ते हिमनद तालों के कारण हिमनद झील विस्फोट बाढ़ (GLOF) की आशंका बढ़ रही है जिससे नदी के अनुप्रवाह में निर्मित बांधों को खतरा हो गया है।

प्रस्तुत लेख, प्रतिकूल जलवायु के कारण होने वाले बांधों की विफलता का एक विषय विशेष अध्ययन है। इसमें नदी पर श्रृंखलाबद्ध बांधों के निर्माण से होने वाले दुष्प्रभाव और उसके पूर्ण जीर्णोद्धार की आवश्यकता पर प्रकाश डाला गया है। भविष्य की संभावित आपदाओं को समय रहते जानना और प्रभावित जनता को उसके लिए सचेत करना अत्यंत आवश्यक है।



सिक्किम में वर्ष 2023 हिमनद त्रासदी

बांध की नींव और संरचना का जीर्णोद्धार

गुजरते वक्त के साथ बांध के प्रतिप्रवाह में निर्मित सरोवर में बादल फटने, हिमनद गलन और अत्यधिक वर्षा की आशंका के कारण सरोवर के जलस्तर में वृद्धि के प्रबोधन की आवश्यकता होती है जिससे बांधों का जीर्णोद्धार किया जा सके। इसमें बांध के अनुप्रवाह में बसे लोगों को आपदा के समय सुरक्षित स्थान पर स्थानान्तरित करने का प्रबंधन और बाढ़ के जल की शीघ्र निकासी हेतु निस्सरण क्षमता बढ़ाना आदि शामिल हैं। यहाँ हम बांध की नींव और संरचना के जीर्णोद्धार की चर्चा करेंगे।

बांध की नींव के जीर्णोद्धार के लिए विभिन्न कारण और जीर्णोद्धार के उपाय

बांध की नींव की विफलता निम्नलिखित कारणों से हो सकती है (i) बार-बार आने वाली बाढ़ से बचाव की कार्रवाई के कारण नींव की मज़बूती में कमी आना (ii) कटाव और धंसाव (iii) धीरे-धीरे पाइपिंग विफलता (iv) ग्राउट परदे का पुराना होना और नालियों का खराब प्रदर्शन।

(i) **बांध की नींव की मज़बूती में कमी आनाः** बांध की नींव में उत्पन्न तनाव के कारण विकृति उत्पन्न होती है, जैसे जोड़ों का खुलना और दरारों का फैलना। द्रवीय प्रवणता में वृद्धि से तनाव बढ़ता है जिसके परिणामस्वरूप बाँध की नींव को नुकसान होता है। अधिकतम निस्सरण के दौरान नींव की मज़बूती की हानि से बांध की समग्र स्थिरता कम हो जाती है। बांध के प्रतिप्रवाह में ग्राउटिंग या अभेद्य एप्रेन स्थापित करके मौजूदा नींव को मजबूती प्रदान करने के लिए उसका जीर्णोद्धार किया जाता है।

(ii) **कटाव एवं धंसावः** अनियंत्रित रिसाव और इसके दबाव में वृद्धि होने पर जीर्णोद्धार कार्य द्वारा तत्काल नियंत्रण करने की आवश्यकता होती है। रिसाव और दबाव बढ़ने से नींव में क्षरण होता है। दबाव को कम करने के लिए जल निकासी की स्थिति में सुधार करके उसका उचित प्रकार से जीर्णोद्धार किया जाना चाहिए।

(iii) **पाइपिंग विफलताः** जल स्तर में अचानक वृद्धि से मृदा के बांध की नींव में धीरे-धीरे पाइपिंग विकसित हो सकती है। जल का प्रवाह बढ़ने से अंततः जल का बहाव तीव्र हो जाता है और इस तरह नींव के नीचे ढीली मृदा में ओपनिंग हो सकती है। जिससे बांध का सेटलमेंट हो सकता है, परिणामतः बांध विफल हो सकता है।

(iv) **पुराने ग्राउट परदों और नालियों का खराब प्रदर्शनः** खराब रखरखाव, भौतिक या रासायनिक प्रभावों के कारण बांध के घटक समय के साथ खराब होने लगते हैं, जिससे असामान्य पीजोमेट्रिक दबाव के साथ रिसाव में वृद्धि होती है। ग्राउट परदे और जल निकासी प्रणाली का पुनर्निर्माण करके इसका जीर्णोद्धार किया जा सकता है।

बांध संरचना के जीर्णोद्धार के लिए कारण और निवारण

बांधों की संरचना के जीर्णोद्धार की आवश्यकता को उत्पन्न करने वाले विभिन्न परिदृश्यों का वर्णन नीचे किया गया है।

(i) **ओवर-टॉपिंग की समस्याः** यदि अभिकल्पन में बाढ़ या निस्सरण का अनुमान कम लगाया गया है या यदि स्पिलवे अपर्याप्त क्षमता का है, तो जल बांध से ऊपर जा सकता है।

(ii) **बांध की प्रवणता की सतह का क्षरणः** ऊपरी सतह के पास विकसित होने वाली अतिरिक्त लहरें ऊपरी सतह से मृदा या पत्थर को बाहर निकालने का प्रयास करती हैं। इन हवा और लहरों की बार-बार की गतिविधियों के कारण से सतह की मज़बूती में कमी आ जाती है, जिसके कारण ऊपरी प्रवणता के खिसकने का कारण भी बन सकता है। स्पिलवे के माध्यम से छोड़े जाने वाले अतिरिक्त जल के कारण मृदा के बांध की अनुप्रवाह सतह का क्षरण हो सकता है। इसकी क्षमता बढ़ाने के लिए स्पिलवे का जीर्णोद्धार आवश्यक है। टेल वाटर के जल स्तर में वृद्धि के कारण अनुप्रवाह सतह संतृप्त होकर खिसक भी सकती है। यह प्रक्रिया तब तक जारी रह सकती है जब तक कि बांध का शेष भाग क्षैतिज जल के दबाव को झेलने के लिए बहुत पतला न हो जाए, जिसके कारण बांध अचानक से विफल हो सकता है।

(iii) **अनियंत्रित और संकेंद्रित रिसावः** जल प्रवाह में अचानक वृद्धि के कारण अनियंत्रित रिसाव हो सकता है। बांध के मुख्य भाग या इसकी नींव के माध्यम से अनियंत्रित या संकेंद्रित रिसाव से पाइपिंग या ढलान की समस्या आ

स्पिलवे के माध्यम से छोड़े जाने वाले अतिरिक्त जल के कारण मृदा के बांध की अनुप्रवाह सतह का क्षरण हो सकता है। इसकी क्षमता बढ़ाने के लिए स्पिलवे का जीर्णोद्धार आवश्यक है। टेल वाटर के जल स्तर में वृद्धि के कारण अनुप्रवाह सतह संतृप्त होकर खिसक भी सकती है। यह प्रक्रिया तब तक जारी रह सकती है जब तक कि बांध का शेष भाग क्षैतिज जल के दबाव को झेलने के लिए बहुत पतला न हो जाए, जिसके कारण बांध अचानक से विफल हो सकता है।



उत्तराखंड बाढ़ आपदा 2013

सकती है और बाद में बांध विफल हो सकता है। एक तिहाई से अधिक मृदा से निर्मित बाँध इन्हीं कारणों से विफल हो चुके हैं।

(iv) **अत्यधिक छिद्र दबावः** इससे मृदा का अपरूपण बल कम हो सकता है और बांध विफल हो सकता है।

श्रृंखलाबद्ध तरीके से बांधों की विफलता का विषय विशेष अध्ययन और जीर्णोद्धार की आवश्यकता

इस खंड में, जलवायु के परिवर्तन के कारण विफल हुए बांधों की श्रृंखला का उल्लेख किया गया है।

(i) भारी बारिश और हिमनद विस्फोट से उत्तराखंड बाढ़ आपदा (2013)

जून 2013 में, उत्तराखंड क्षेत्र में भारी वर्षा हुई, जो सामान्य मानसून के दौरान बेंचमार्क से लगभग 375% अधिक थी। इससे चोराबाड़ी हिमनद पिघल गया और मंदाकनी नदी में विस्फोट हुआ जिससे गोबिंद घाट के पास भारी बाढ़ आ गई। बाढ़ अपने साथ भारी मात्रा में गाद और चट्टानें लेकर आई और रास्ते में आने वाली हर चीज को नष्ट कर दिया। बांध के गेट टूट गए और 4,00,000 मीटर^3 जल पहले से ही बाढ़ से भरी मंदाकिनी नदी में प्रवाहित हो गया, जिससे तीर्थनगरी केदारनाथ डूब गया और अनुप्रवाह में कम से कम दो जल विद्युत परियोजनाओं को गंभीर नुकसान पहुंचा। निवासियों और पर्यटकों सहित लगभग 5,000 लोगों की जान चली गई।

(ii) हिमस्खलन और चट्टानों के खिसकने से चमोली में बाढ़ आपदा (2021)

7 फरवरी 2021 को, बड़े पैमाने पर चट्टानों के खिसकने से उत्तराखंड के चमोली जिले में तपोवन परियोजना के जलाशय में एकत्र जल को 300 किमी/घंटा की रफ्तार से धकेल दिया। नदी मलबे, धूल और चट्टान के साथ बांध की ओर प्रवाहित बाढ़ के कारण सुरंग की 120 मीटर लंबाई कीचड़ और मलबे से भर गई। इसने निर्माणाधीन तपोवन विष्णुगड जलविद्युत परियोजना (520 मेगावाट), ऋषि गंगा जलविद्युत परियोजना (13.2 मेगावाट) को नष्ट कर दिया और विष्णुप्रयाग जलविद्युत परियोजना और विष्णुगड जलविद्युत परियोजना को व्यापक क्षति पहुंचाई। इस आपदा का परिणाम सबसे बुरा था क्योंकि सैकड़ों लोगों की मौत हो गई और 1,500 करोड़ रुपये की जलविद्युत परियोजनाएँ भी नष्ट हो गईं। बाढ़ से 13 गांवों के लगभग 2,500 लोग प्रभावित हुए। अचानक आई बाढ़ के कारण क्षतिग्रस्त तपोवन जलविद्युत परियोजना को निम्न चित्र में दर्शाया गया है।

(iii) मूसलाधार बारिश से लीबिया बांध की विफलता (2023)

हाल ही में लीबिया के डर्ना तट पर भूमध्य सागर से आए डैनियल तूफ़ान के कारण 10-11 सितंबर, 2023 को श्रृंखला में दो मिट्टी से बने सत्तर के दशक के बांध (अर्थात, डर्ना बांध (ऊंचाई 75 मीटर) और अबू मंसूर बांध (ऊंचाई 45 मीटर) विफल हो गए। इस आपदा में लगभग 11,300 मौतें हुईं, दस हजार लोग लापता हुए और 34000 लोग विस्थापित हुए। प्रतिप्रवाह से स्थापित डर्ना बांध की जल भंडारण क्षमता 22.5 एम.सी.एम. और अनुप्रवाह में स्थित मंसूर बांध की जल भंडारण क्षमता 1.5 एम.सी.एम. थी। प्रतिप्रवाह बांध के ढहने से अनुमानतः 30 एम.सी.एम. जल प्रवाहित हुआ, जिससे नदी के अनुप्रवाह में बाढ़ आ गई। मूसलाधार वर्षा से एकत्र जल बांध की धारण क्षमता से अधिक था। डर्ना बांध दो घाटियों के संगम पर स्थित है, जो शुरू में ढह गया। प्रतिप्रवाह बांध से निकला हुआ जल समुद्र की ओर 12 किमी. दूर चला गया और मंसूर बांध पर हावी हो गया, जो पहले से ही अपने जलाशय में बढ़ते जल स्तर के कारण तनाव में था।



चमोली में बाढ़ आपदा से तपोवन विष्णुगड जलविद्युत परियोजना की हानि

(iv) हिमनद झील विस्फोट बाढ़ से तीस्ता-III बांध की विफलता (2023)

उत्तरी सिक्किम में दक्षिण ल्होनक झील से जनित हिमनद झील विस्फोट बाढ़ से भारी तबाही हुई और 1,200 मेगावाट की तीस्ता III जल विद्युत परियोजना नष्ट हो गई, जिसके परिणामस्वरूप 4 अक्टूबर, 2023 को अनुप्रवाह में 40 लोगों की जान चली गई, 76 लापता हो गए और बुनियादी संरचना को व्यापक क्षति हुई। डिक्चु में 37 किमी. अनुप्रवाह की ओर तीस्ता-III (510 मेगावाट) परियोजना को भी भारी क्षति हुई। इस तबाही ने नाजुक हिमालय पर्वत में जलविद्युत परियोजनाओं के विकास को लेकर चिंताएं बढ़ा दी हैं।

4. निष्कर्ष

अवसंरचनात्मक विकास की योजना बनाते समय पर्यावरण पर उसके दीर्घकालिक प्रभाव और प्रकृति में बढ़ते बाढ़ के स्वरूप पर कुछ विषय विशेष अध्ययनों द्वारा प्रकाश डाला गया है। 100 वर्ष पुराने बांधों पर प्राकृतिक अतिरेकों के कारण उनकी क्षमता और सामर्थ्य पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ रहा है और उनके जीर्णोद्धार हेतु शीघ्र प्रयास करना आवश्यक है। देश की बढ़ती ऊर्जा मांग के लिए हिमालय की जलविद्युत क्षमता अपार है, इसमें कोई शक नहीं किन्तु उत्तरी सिक्किम में हाल ही के दिनों में हुई हिमनद बाढ़ की भीषण तबाही ने इस क्षेत्र में निर्माणाधीन और विचाराधीन जल विद्युत परियोजनाओं पर सुरक्षा पर एक प्रश्नचिन्ह लगा दिया है।

अतः पुराने बांधों का हर साल अन्वेषण और जांच कर उनके भौतिक स्वास्थ्य और क्षमता का आंकलन करना बहुत आवश्यक है। आने वाले किसी भी खतरे और तबाही के लिए यथा समय चेतावनी तंत्र विकसित करना सरकार की उच्च प्राथमिकता है।

संपर्क करें:

कार्तिकेयन मारियप्पन एवं

मौर्य सुरेश शिवपाल,

केंद्रीय मृदा एवं सामग्री अनुसंधानशाला,

नई दिल्ली - 110 016

मो- 9716139694

ईमेलः

maurya_suresh@yahoo.co.in

karthikeyan.m.07041987@gmail.com



दिलीप कुमार

बढ़ते लोग घटता पानी

मैगसेसे पुरस्कार से सम्मानित एवं जल पुरूष कहे जाने वाले राजस्थान के राजेन्द्र सिंह के बताये तरीकों का अनुसरण करके जल संकट दूर किया जा सकता है। हमेशा जल की कमी से जूझने वाले राजस्थान के गांवों में राजेन्द्र सिंह की क्रान्तिकारी जल संरक्षण की तकनीकों से कुछ विशिष्ट इलाकों में पूरे वर्ष जल की उपलब्धता सुनिश्चित हुई है। राजस्थान, गुजरात एवं विदर्भ में प्राकृतिक तौर से जल की उपलब्धता कम है, मगर जल संकट वहां पर विकट नहीं है। इसके उलट वही राज्य जल की कमी से जूझ रहे हैं जहां पर जनसंख्या विस्फोट की समस्या है। क्योंकि वहां पर जल का अनियंत्रित दोहन हो रहा है।

विगत दो विश्व युद्ध चाहे जिन कारणों से लड़े गये हों, मगर अगला विश्व युद्ध जल के लिये ही लड़ा जायेगा। कुछ वर्ष पूर्व भारत के भूतपूर्व प्रधानमंत्री माननीय श्री अटल बिहारी वाजपेयी द्वारा की गयी यह टिप्पणी एक गम्भीर खतरे की तरफ संकेत करती है। वास्तव में इस युद्ध का प्रारम्भ हो चुका है। मध्य प्रदेश राज्य के इंदौर शहर में पेयजल को लेकर उत्पन्न जलविवाद में तेरह लोग मारे गये। आंध्र प्रदेश के एक जिले में ग्राम पंचायत द्वारा कपड़े धोने एवं पशुओं को नहलाने के लिए सप्ताह में सिर्फ एक दिन ही जल का उपयोग करने का आदेश पारित किया गया। राजस्थान में कुंओं पर दरवाजे बनाकर उनमें ताला लगा दिया जाना एवं कुंओं के निकट सशस्त्र बंदूकधारियों का पहरा देना जैसी उपरोक्त घटनायें निःसंदेह किसी बड़े खतरे का संकेत देती हैं। कश्मीर को लेकर भारत पाकिस्तान के विवाद तो सर्वविदित हैं हीं, मगर सिन्धु नदी के जल बंटवारे को लेकर भारत-पाकिस्तान में कम जल विवाद नहीं है। भारत-नेपाल, भारत-बांग्लादेश को लेकर भी कभी-कभी विवाद सुनने में आता है। ये तो देशों के बीच के जल विवाद की बात हुई। भारत के तमाम राज्यों के मध्य भी परस्पर जल विवाद की खबरें प्रायः सामने आती रहती हैं।

हमारे जल स्रोतों पर निरन्तर जल दबाव बढ़ता जा रहा है। जल संकट पैदा क्यों हुआ? यह भी जानना दिलचस्प होगा। पृथ्वी के दो तिहाई भाग पर जल है, फिर भी जल के लिए त्राहि-त्राहि मची हुई है। पृथ्वी पर मौजूद अधिकांश जल खारा है। खारा जल पीने एवं नहाने हेतु उपयुक्त नहीं होता। यहां तक कि फसलों के लिये भी खारा जल उपयुक्त नहीं माना जाता है। पेयजल का उपयोग नदियों, जलाशयों इत्यादि से किया जाता है। इन जल स्रोतों पर दबाव साफ महसूस किया जा रहा है। जल की कमी के लिये हमारी तथाकथित आधुनिक कृषि प्रणाली ही उत्तरदायी है। अधिक उत्पादन के लिये जो फसलें उगाई जाती हैं। उनमें पारम्परिक कृषि के मुकाबले जल की खपत कई गुणा अधिक होती है। इस तरह बढ़ती आबादी के लिये एक तरफ हमारे जल स्रोतों से ज्यादा जल निकासी की जा रही है, वहीं दूसरी ओर हमारे जल स्रोत दिन-प्रतिदिन कम होते जा रहे हैं। जल स्रोतों को नुकसान पहुंचाने वाले सर्वाधिक महत्वपूर्ण कारक बढ़ता औद्योगीकरण एवं शहरीकरण है।

उपरोक्त दोनों कारक सभ्य समाज के लिये बहुत ही आवश्यक माने जाते हैं, परन्तु यहीं से मनुष्य की प्रकृति के प्रति असभ्यता शुरू होती है। कूड़ा-कचरा, मल-मूत्र, घरेलू एवं औद्योगिक अपशिष्ट से हमारे जल स्रोत दिन-प्रतिदिन, तिल-तिल सूखते एवं मरते जा रहे हैं। नदियां गंदली होकर एवं सिकुड़ कर नाला बनती जा रही हैं। प्रकृति का जल चक्र असंतुलित होता जा रहा है। जब जल स्रोतों पर हमारे अत्याचार सीमा से अधिक हो जाते हैं, तो प्रकृति भी हमें दण्ड देती है। कहीं सूखे की मार तो कहीं पर बाढ़ की विभीषिका भी हमें झेलनी पड़ती है। सुनामी जैसी प्राकृतिक आपदायें, मनुष्य द्वारा जल स्रोतों के अतिक्रमण के कारण ही दृष्टिगोचर

होती हैं। यह बात वैज्ञानिकों ने सिद्ध भी कर दी है। किवदन्ती है कि अपने पुरखों के उद्धार के लिये भागीरथ पृथ्वी पर गंगा को लाये थे, आज उसी देश में राष्टीय नदी घोषित हो जाने के बावजूद गंगा का अस्तित्व दिन-प्रतिदिन क्षीण होता जा रहा है। हम अपने पाप धोने के नाम पर नदियों पर जो दबाव बढ़ा रहे हैं, आने वाली पीढ़ियों को उसके भयंकर परिणाम भुगतने पड़ेंगे। घटते हुये जल के परिप्रेक्ष्य में किसी जीववैज्ञानिक की यह टिप्पणी बहुत ही महत्वपूर्ण है कि ''हम इस ग्रह पर हरे पौधों के मेहमान हैं। हमें हरे पौधों के मूल (यानी पेड़-पौधों) पर आश्रित न होते हुये उनके द्वारा दिये गये ब्याज (उत्पादन) पर ही निर्भर रहना चाहिये।'' जल संरक्षण का प्रारम्भ वृक्षारोपण से होगा। क्योंकि पेड़-पौधे अपनी जड़ों से जल को बांधे रहते हैं, जिससे जल की उपलब्धता बनाये रखने में सहायता मिलती है। एक अन्य तरीका वर्षा जल संरक्षण का भी है। यदि वर्षा ऋतु में जल संरक्षण पर ध्यान दिया जाये तो पूरे वर्ष उपभोग हेतु पर्याप्त मात्रा में जल उपलब्ध रहेगा। सिर्फ जल बचाने के लिये संरक्षण ही पर्याप्त नहीं है, यदि हम जरा भी ध्यान दें एवं अपनी जीवन शैली में बदलाव लायें तो घटते जल की समस्या को काफी सीमा तक दूर किया जा सकता है।

मैगसेसे पुरस्कार से सम्मानित एवं जल पुरूष कहे जाने वाले राजस्थान के राजेन्द्र सिंह के बताये तरीकों का अनुसरण करके जल संकट दूर किया जा सकता है। हमेशा जल की कमी से जूझने वाले राजस्थान के गांवों में राजेन्द्र सिंह की क्रान्तिकारी जल संरक्षण की तकनीकों से कुछ विशिष्ट इलाकों में पूरे वर्ष जल की उपलब्धता सुनिश्चित हुई है। राजस्थान, गुजरात एवं विदर्भ में प्राकृतिक तौर से जल की उपलब्धता कम है, मगर जल संकट वहां पर भी विकट नहीं हैं। इसके उलट वही राज्य जल की कमी से जूझ रहे हैं जहां पर जनसंख्या विस्फोट की समस्या है। क्योंकि वहां पर जल का अनियंत्रित दोहन हो रहा है। भारत के सभी राज्य पंजाब जैसे खुशकिस्मत नहीं है। शायद पंजाब की पांच नदियां ही पंजाब की समृद्धि का कारण हैं। मगर वहां भी तथाकथित आधुनिक कृषि की तकनीकों के कारण जल संकट की आहट सुनाई पड़ रही है। नदियां हमारे देश की जीवन रेखा मानी जाती हैं। कहने को तो हमारे देश में नदियों की पूजा की जाती है एवं उन्हें मोक्षदायिनी कहा जाता है, मगर वास्तव में नदियां हमारे अपशिष्ट प्रबंधन का मार्ग बन गयी हैं। विगत वर्ष कुंभ के आयोजन में इतनी गंदगी का बोलबाला था कि हरिद्वार में साधु-सन्तों ने गंगा-स्नान करने से इंकार कर दिया। बढ़ती आबादी की विद्युत एवं सिंचाई सम्बन्धी आवश्यकताओं की पूर्ति हेतु अनेक वृहत्त बांध बनाने पड़ते हैं जिससे प्रकृति का संतुलन चक्र असंतुलित हो रहा है, जिससे मनुष्य के अतिरिक्त अन्य प्राकृतिक जीव-जन्तुओं के लिए जल उपलब्धता में कमी आ जाती है। विडम्बना तो देखिये कि हमारे देश में हर हाथ तक मोबाइल पहुंचाने का लक्ष्य तो बड़ी तेजी से पूर्ण हो जाता है, मगर प्रति व्यक्ति जल की उपलब्धता दिन-प्रति-दिन घटती जा रही है। देश के अनेक मोहल्लों में राशन की दुकानों की भांति ही जल भी टैंकरों से बिकता हुआ नजर आ जाता है। ये जल उनके लिये खासा मंहगा है, जो अपने लिये दो जून की रोटी तक जुटा नहीं पाते। हालांकि पैसों के बल पर अमीर वर्ग को तो जल सुलभ ही उपलब्धता है, मगर जीवन की प्राथमिक आवश्यकता जल को बाजार की मांग एवं आपूर्ति के नियम से नहीं आंका जा सकता है। यहां यह जानना आवश्यक होगा कि सिर्फ जल संरक्षण से ही बात नहीं बनेगी वरन् जल संकट पर भी ध्यान देना होगा। यदि दिन-प्रति-दिन जनसंख्या वृद्धि होती रही तो उपलब्ध जल उसी अनुपात में घटता जायेगा। इसीलिये जल को एक अक्षय प्राकृतिक निधि के तौर पर न देखकर उसे सीमित संसाधन के तौर पर देखना चाहिये। जिस तरह आज पेट्रोलियम पदार्थों को लेकर नीति-निर्माता भविष्य की नीतियां तय कर रहे हैं, ठीक उसी प्रकार जल की उपलब्धता को ध्यान में रखकर भविष्य में जल के विकास की नीतियां तय करने की आवश्यकता है।

अपशिष्ट उपचार संयंत्र इस दिशा में महानगरों में विशिष्ट भूमिका अवश्य निभा रहे हैं, जो कि अपशिष्ट जल को पुनः पीने योग्य बना देते हैं मगर इनकी संख्या भी सीमित है। इनमें वृद्धि किये जाने की आवश्यकता है। सरकारों को जल के लिए दीर्घकालिक नीतियां बनानी पड़ेगी। उपलब्ध जल संसाधन के अनुसार क्रमिक विकास करना चाहिए। ''जल ही जीवन है'' इस सच्चाई को यथार्थ के धरातल पर देखने की अत्यधिक आवश्यकता है। अनेक वैज्ञानिक अनुसंधानों के बाद भी प्राणवायु (आक्सीजन) एवं जल का विकल्प नहीं खोजा जा सकता है।

अपशिष्ट उपचार संयंत्र इस दिशा में महानगरों में विशिष्ट भूमिका अवश्य निभा रहे हैं, जो कि अपशिष्ट जल को पुनः पीने योग्य बना देते हैं मगर इनकी संख्या भी सीमित है। इनमें वृद्धि किये जाने की आवश्यकता है। सरकारों को जल के लिए दीर्घकालिक नीतियां बनानी पड़ेगी। उपलब्ध जल संसाधन के अनुसार क्रमिक विकास करना चाहिए। ''जल ही जीवन है'' इस सच्चाई को यथार्थ के धरातल पर देखने की अत्यधिक आवश्यकता है। अनेक वैज्ञानिक अनुसंधानों के बाद भी प्राणवायु (आक्सीजन) एवं जल का विकल्प नहीं खोजा जा सकता है। क्यों वैकल्पिक स्रोत तलाशें। ''जितनी लम्बी चादर, उतना पांव फैलायें'' की पुरानी अवधारणा समाचीन होगी।

''जल जितना उपलब्ध, उतनी ही हो आबादी''। हम अपनी आने वाली पीढ़ियों के लिये भले ही धन सम्पदा न छोड़ सकें, लेकिन जल तो छोड़ ही जायें, क्योंकि यदि भावी पीढ़ियाँ जीवित रहेंगी तो ही धन-सम्पदा का उपभोग कर सकेंगी। जब जल नहीं होगा तो फिर ....? फिर हमसे जल मांगने तो पितृ-पक्ष में हमारे पूर्वज भी आते हैं, वे तो हमसे सगर्व जल लेते हैं, आखिर छोड़ गये थे ना। सोचिये यदि हम पितृ-पक्ष में अपनी संतानों से पूर्वज बनकर जल मांगने गये और उन्होंने जवाब दिया .... जल छोड़ गये थे क्या? तो हमारी पीढ़ी खुद शर्म से पानी-पानी हो जायेगी। बाजारवाद के इस युग में ज्यादा से ज्यादा हासिल कर लेना ही लोगों का लक्ष्य रह गया है। महात्मा गांधी ने प्राकृतिक संसाधनों पर आसन्न खतरे को भांपते हुये ही कहा था कि ''प्रकृति सबकी आवश्यकताएं पूर्ण कर सकती है, लालच किसी का नहीं तब भी लोग नहीं चेत रहे हैं। रहीमदास ने अपने दोहों से बहुत पहले ही आगाह किया था कि:-

''रहिमन पानी राखिये, बिन पानी सब सून।
पानी गये न ऊबरे, मोती, मानुष, चून''। ।

लोग इसे उद्धृत तो करते हैं, मगर आज इस पर अमल करने का समय आ गया है। सरकार के भरोसे मत बैठिये, जल संकट से निपटने की खुद पहल करिये। याद रखिये बिनोवा भावे ने कहा था कि ''जो चीज जितनी अ-सरकारी होती है, वो चीज उतनी ही असर-कारी होती है। पहल करें ..... सफलता जरूर मिलेगी।

संपर्क करें:
दिलीप कुमार
मालती कुंज कालोनी,
आनन्द बाग, बलरामपुर
उत्तर प्रदेश-271 201
मो. 9956919354

डॉ. प्रदीप अग्रवाल





भारत की नदियों की महत्ता

भारत की नदियां कल-कल बहती हैं,
अपनी एक अनोखी कहानी कहती हैं,
ये धर्म, अर्थ और संस्कारों को सुदृढ़ बनाती हैं,
अपने गुणों और महत्ता से जनमानस का आदर पाती हैं,

नदियां बहती हैं गीतों जैसी, गूंजे हैं इनकी वाणी,
सबके जीवन की डोर हैं ये, अमर हैं इनकी कहानी,
भारत भूमि धन्य बनी है, इनकी फैली आभाओं से,
हर कोना सींचा है इसने, अपनी निर्मल धाराओं से,

गंगा की गाथा कहूं, या फिर हो यमुना की बात,
इनके बिना अधूरी है, भारत की सौगात,
सिंधु, सरस्वती, गोदावरी, नर्मदा की रेखा,
जीवनदायिनी बन चली, बनावट की लेखा,

कभी पर्वतों से निकली हैं, कभी मैदानों से बहती हैं,
सूखे दिलों में जीवन भरने की अपनी कला ये कहती हैं,
खेतों को हरियाली दी, और गांवों को दी पहचान,
इन नदियों ने इतिहास रचा सदा, और बढ़ाया भारत का मान,

गंगा मां की गोद है पावन, सुंदर और विशाल,
हर जन को देती अमृत, करती कष्ट निहाल,
यमुना के तट पर बसी है, कृष्ण की प्रेम कहानी,
वृंदावन की गलियों में, बहती है स्नेह की रवानी,

नर्मदा की धाराओं में, गूंजे तपस्वियों की धुन,
गीत सरीखी लहरें इनकी, सुंदर धुन को सुन,
गोदावरी है दक्षिण की गंगा मां कहलाती,
उसके जल से हुई भूमि धन्य,
जनमानस की प्यास बुझाती,

ब्रह्मपुत्र सा जोश कहां, उफनती ही है शक्ति भारी,
असम की धरती कहती है, यह मात्र जल नहीं, बनती है इससे फुलवारी,
कावेरी के स्नेह से सजी, तमिल भूमि है पूरी,
लहरों में जिसके बसती है, सुंदर संस्कृति की धूरी,

नदियां नहीं हैं केवल जल, ये तो हैं मां के समान,
इनकी रक्षा करना है, और बचाना है इनका मान,
कटते पेड़, गिरता जलस्तर, करते इनका क्षय,
अगर न संभले हम अभी, तो होगा कल अंधाय,

जल ही जीवन केवल नारा नहीं, बनाओ इसे लक्ष्य महान,
नदी बचाओ जीवन संवारो, हो यही जन अभियान,
बांध, प्रदूषण, अवैध खनन को, रोकना है जरूरी,
वरना यह धरा हो जाएगी एक दिन, बिन जल के अधूरी,

हर नदी की है अलग कहानी, हर लहर की एक अलग है बात,
इनके बिन अधूरा है, भारत का स्वर्णिम इतिहास,
कितने युद्ध हैं देखे इसने, है कितनों का किया तर्पण,
हर धर्म के पहरेदारों ने, इनकी स्वच्छता के लिए किया अपना जीवन अर्पण,

तो आओ करें संकल्प आज, नदियों को दें उनका मान,
इनकी रक्षा, इनकी पूजा, इनकी शीतलता हो हमारा कर्म प्रधान,
जहां नदियां मुस्कुराएंगी, वहां जीवन भी महकेगा,
भारत का भविष्य भी फिर, नव स्फूर्ति से चहकेगा।

संपर्क करें:
डॉ. प्रदीप अग्रवाल
भारतीय लेखापरीक्षा और लेखा विभाग
कार्यालय महानिदेशक
पूर्वोत्तर रेलवे, गोरखपुर 273 012



केंद्रीय जल शक्ति मंत्री द्वारा 'जल शक्ति हैकाथॉन 2025' एवं भारत-WIN पोर्टल का शुभारंभ

भारत सरकार के 'जल विजन @2047' के लक्ष्यों के अनुरूप जल क्षेत्र में तकनीकी नवाचारों को बढ़ावा देने, जल संसाधन प्रबंधन को सुदृढ़ करने तथा जल-संबंधी चुनौतियों के समाधान हेतु एक व्यापक मंच प्रदान करने के उद्देश्य से माननीय केंद्रीय जल शक्ति मंत्री श्री सी. आर. पाटिल द्वारा दिनांक 09 दिसम्बर, 2025 को नई दिल्ली स्थित श्रम शक्ति भवन में ''जल शक्ति हैकाथॉन-2025'' एवं भारत–WIN पोर्टल का शुभारंभ किया गया। यह पहल भारत के माननीय प्रधानमंत्री श्री नरेंद्र मोदी की दृष्टि और उनके 'जल विजन @2047' पर दिए गए विशेष संबल के अनुरूप है, जिसका उद्देश्य भारत के जल क्षेत्र में वैज्ञानिक और तकनीकी समाधानों को सुदृढ़ करना है। जल के क्षेत्र में की गयी यह पहल देश में जल प्रबंधन, संरक्षण एवं नवाचार को प्रोत्साहित करने हेतु एक महत्वपूर्ण कदम है। यह पहल जल क्षेत्र में राष्ट्रीय एवं अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर सहयोग को बढ़ावा देगी तथा 2027 और 2047 तक के जल-सुरक्षा लक्ष्यों को प्राप्त करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगी। कार्यक्रम के लिए परियोजना कार्यान्वयन संस्थान के रूप में राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की को चयनित किया गया है।

हैकाथॉन का उद्देश्य जल क्षेत्र से संबंधित वास्तविक समस्याओं के लिए नवोन्मेषी, व्यावहारिक एवं किफायती समाधानों को प्रोत्साहित करना है। यह पोर्टल एक राष्ट्रीय अभियान के रूप में कार्य करेगा, जिसमें विद्यार्थी, युवा नवप्रवर्तक, वैज्ञानिक, स्टार्ट-अप्स, उद्योग, शैक्षणिक संस्थान तथा विभिन्न हितधारक भाग ले सकेंगे। अध्ययन के क्षेत्रों में जल संसाधन योजना एवं प्रबंधन, अपशिष्ट जल उपचार एवं पुनः जल उपयोग दक्षता, स्मार्ट जल प्रौद्यौगिकी (IoT आधारित समाधान), जलवायु परिवर्तन एवं जल-प्रभाव, बाढ़ एवं नदी बेसिन प्रबंधन एवं वर्षा जल संचयन प्रमुख हैं। योजना के अंतर्गत चयनित प्रस्तावों को अनुदान सहायता प्रदान की जाएगी।

यह पोर्टल देशव्यापी जल नवाचार नेटवर्क को एकीकृत करने वाला डिजिटल प्लेटफॉर्म है जो स्टार्ट-अप्स, सूक्ष्म, लघु और मध्यम उद्यमों (MSMEs), नवाचारकों, अनुसंधान संस्थान, उद्योग एवं नवाचारकर्ताओं के लिए एक सहयोगी मंच उपलब्ध कराता है। पोर्टल के माध्यम से जल प्रबंधन से संबंधित प्रौद्योगिकियों, समाधान, शोध गतिविधियों तथा नवाचारों का केंद्रीकृत आदान-प्रदान सुनिश्चित किया जाएगा। इस पहल का उद्देश्य जल क्षेत्र में नवाचार को लोकतांत्रिक, सहभागी एवं पारदर्शी बनाना है।

भारत सरकार द्वारा जल के क्षेत्र में की गयी यह पहल जल शासन को सुदृढ़ बनाने तथा उद्यमशीलता, स्टार्ट-अप पारिस्थितिकी तंत्र और वैज्ञानिक अनुसंधान को एकीकृत करने की दिशा में एक बड़ा कदम है। यह कार्यक्रम सरकार के समन्वित दृष्टिकोण तथा जनभागीदारी पर आधारित है। इससे देश में जल-संबंधी चुनौतियों के समाधान हेतु विस्तार योग्य, व्यवहारिक एवं वैज्ञानिक रूप से प्रमाणित तकनीकों के विकास को बढ़ावा मिलेगा।

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की में हिंदी पखवाड़ा-2025 का आयोजन

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान में, सरकारी कामकाज में राजभाषा हिंदी के प्रयोग एवं प्रचार-प्रसार को बढ़ावा देने के उद्देश्य से दिनांक 14 सितंबर, 2025 से 29 सितंबर, 2025 तक 'हिंदी पखवाड़ा' का आयोजन किया गया। इस अवधि के दौरान हिंदी सुलेख, काव्य-पाठ, वाद-विवाद, हिंदी टंकण, राजभाषा प्रश्नोत्तरी (क्विज), नोटिंग/ड्राफ्टिंग एवं सामान्य हिंदी ज्ञान प्रतियोगिता का आयोजन किया गया। इसके अतिरिक्त संस्थान की वार्षिक हिंदी पत्रिका 'प्रवाहिनी' में सर्वश्रेष्ठ लेखों को भी प्रकाशित किया गया। हिंदी पखवाड़ा का मुख्य समारोह 14 अक्टूबर, 2025 को आयोजित किया गया, जिसके मुख्य अतिथि प्रो. आर. प्रदीप कुमार, निदेशक, सी.एस.आई.आर.-सी.बी.आर.आई., रुड़की (उत्तराखंड) थे। इस अवसर पर संस्थान के निदेशक डॉ. वाई. आर. एस. राव ने अपने संबोधन में हिंदी के प्रचार-प्रसार को सरल एवं सहज भाषा में बढ़ावा देने का आग्रह किया। इस अवसर पर मुख्य अतिथि दवारा उक्त प्रतियोगिताओं में बेहतर प्रदर्शन करने वाले प्रतिभागियों को नकद पुरस्कार एवं प्रशस्ति पत्र प्रदान किये गए। इसके साथ-साथ 'सरकारी कामकाज (टिप्पण/आलेखन) मूल रूप से हिंदी में करने' संबंधी प्रोत्साहन योजना के अंतर्गत 09 पदाधिकारियों को नकद पुरस्कार प्रदान किए गए। संस्थान के तकनीकी प्रकोष्ठ तथा क्षेत्रीय केंद्र जम्मू को वर्ष 2024-25 के दौरान हिंदी में उत्कृष्ट कार्य करने के लिए 'राजभाषा चल शील्ड' प्रदान की गई। इस अवसर पर मुख्य अतिथि दवारा संस्थान की वार्षिक हिंदी पत्रिका ''प्रवाहिनी'' का विमोचन भी किया गया।

नौवें विश्व जल सम्मलेन का आयोजन

ऊर्जा एवं पर्यावरण फाउंडेशन नई दिल्ली, भारत द्वारा 1-2 जुलाई 2025 को दिल्ली में नौवें विश्व जल सम्मलेन-2025 का आयोजन किया गया, जिसका उद्देश्य जल सुरक्षा, सतत



"जल शक्ति हैकाथॉन–2025'' पोर्टल का शुभारंभ

विकास और नवीन जल प्रबंधन समाधानों पर वैश्विक स्तर पर संवाद को बढ़ावा देना था। सम्मेलन में नीति-निर्माताओं, जल विशेषज्ञों, वैज्ञानिकों, उद्योग प्रतिनिधियों तथा विभिन्न संस्थानों के प्रतिनिधियों ने भाग लेकर जल की उपलब्धता, गुणवत्ता, उन्नत तकनीकों, शहरी एवं ग्रामीण जल प्रबंधन तथा जल-संबंधित खतरों से निपटने जैसी प्रमुख चुनौतियों पर विचार-विमर्श किया। इस अवसर पर जल संसाधनों के संरक्षण, वैज्ञानिक नवाचारों के उपयोग, नई नीतियों के विकास तथा वैश्विक सहयोग को सुदृढ़ करने पर विशेष बल दिया गया, जिससे 'अविरत जल समाधान' की दिशा में ठोस रणनीतियाँ एवं भविष्य की कार्ययोजनाएँ सामने आईं।

नौवें विश्व जल सम्मलेन-2025 के प्रमुख निष्कर्षों से यह स्पष्ट हुआ कि जल सुरक्षा को आर्थिक विकास, वित्तीय निवेश तथा तकनीकी नवाचारों के साथ समेकित कर ही सतत समाधान प्राप्त किए जा सकते हैं, जिससे जल की उपलब्धता और उसके प्रभावी प्रबंधन दोनों में सुधार सुनिश्चित हो सके। सम्मेलन ने जल सुरक्षा और सतत विकास के मध्य विद्यमान सहक्रियाओं पर विशेष बल दिया, जिसके अंतर्गत वित्त तथा प्रौद्योगिकी के एकीकृत उपयोग से उद्योगों एवं समुदायों के लिए स्थायी जल समाधान विकसित करने की आवश्यकता रेखांकित की गई।

विश्व जल सम्मलेन के मुख्य एजेंडा में नवाचार आधारित जल समाधान, सार्वजनिक-निजी भागीदारी, नीति निर्माण में सामुदायिक सहभागिता तथा जल और आर्थिक समृद्धि के मध्य संतुलन स्थापित करने को प्राथमिकता दी गई। सम्मेलन ने यह भी रेखांकित किया कि जल प्रबंधन की जटिल चुनौतियों से प्रभावी ढंग से निपटने हेतु बहु-आयामी दृष्टिकोण अपनाना अनिवार्य है, जिसके लिए अवसंरचना सुदृढ़ीकरण, जल संरक्षण, स्थानीय समुदायों की सक्रिय भागीदारी तथा सार्वजनिक जागरूकता को सशक्त रूप से सम्मिलित किया जाना चाहिए।



हिंदी पखवाड़ा 2025 के समापन समारोह में पुरस्कार प्राप्त करते हुए प्रतिभागीगण

जल जीवन मिशन के तहत 15 करोड़ से अधिक परिवारों को नल जल कनेक्शन

भारत सरकार की स्वच्छ पेयजल प्रदान करने की अपनी प्रतिबद्धता दोहराते हुए लोकसभा के प्रश्नकाल के दौरान अतिरिक्त सवालों के उत्तर में माननीय जल शक्ति मंत्री श्री सी.आर. पाटिल ने जल जीवन मिशन (JJM) योजना के अन्तर्गत 15 करोड़ से अधिक परिवारों को नल जल कनेक्शन उपलब्ध कराए जाने तथा भविष्य में केन्द्र सरकार द्वारा 40 लाख अतिरिक्त परिवारों तक नल जल सेवाएँ पहुँचाने के लिए कठोर प्रयास किये जाने की जानकारी प्रदान की।

वर्ष 2019 में माननीय प्रधानमंत्री श्री नरेंद्र मोदी द्वारा प्रारम्भ की गयी जल जीवन मिशन परियोजना का उद्देश्य ग्रामीण भारत के सभी घरों को वर्ष 2024 तक व्यक्तिगत घरेलू नल कनेक्शन के माध्यम से सुरक्षित और पर्याप्त पेयजल उपलब्ध कराना है। जल जीवन मिशन समुदाय आधारित जल प्रबंधन दृष्टिकोण पर आधारित है और ग्रामीण क्षेत्रों में स्वच्छ पेयजल की उपलब्धता और जनस्वास्थ्य में उल्लेखनीय सुधार किया है। इसके अलावा उन्होंने बताया कि इस योजना की रूपरेखा का मुख्य जोर सतत और उच्च-गुणवत्ता वाली जल सेवा प्रदान करने, स्वच्छ पेयजल उपलब्ध कराने के लिए समुदाय-प्रबंधित प्रणाली की स्थापना और रखरखाव, तथा भविष्य में स्वच्छ पेयजल की बढ़ती मांग को पूर्ण करने हेतु आवश्यक अवसंरचना के निर्माण पर है।

माननीय जल शक्ति मंत्री ने स्पष्ट किया कि हिमालयी और उत्तर-पूर्वी क्षेत्रों वाले राज्यों में कठिन भौगोलिक परिस्थितियों और अत्यधिक परिवहन लागत के कारण केंद्र सरकार कुल व्यय का 90% इन राज्यों को वित्तीय सहायता के रूप में प्रदान करती है। यह अतिरिक्त सहायता इन राज्यों को प्रत्येक नागरिक तक पेयजल की आपूर्ति तीव्र करने और आपूर्ति श्रृंखला को अंतिम चरण के



ऊर्जा एवं पर्यावरण फाउंडेशन नई दिल्ली, द्वारा नवें विश्व जल सम्मलेन-2025 का आयोजन

इस मिशन के प्रमुख घटक के रूप में व्यापक सूचना, शिक्षा और संचार (IEC) गतिविधियाँ लागू किये जाने के प्रावधान किये गये हैं। इस कार्यक्रम में जल स्रोतों की स्रोत स्थिरता (Source Sustainability) को अनिवार्य तत्व के रूप में शामिल किया गया है, जिसमें ग्रे जल प्रबंधन के माध्यम से पुनर्भरण और पुनः उपयोग, जल संरक्षण तथा वर्षा जल संचयन जैसी गतिविधियाँ सम्मिलित हैं।

माननीय जल शक्ति मंत्री द्वारा प्रदत्त जानकारी के अनुसार प्रधानमंत्री माननीय श्री नरेंद्र मोदी की इस पहल ने उपयोगकर्ताओं तक पहुंचाने में सक्षम बनाती है। अन्य राज्यों के लिए (जो हिमालयी और उत्तर-पूर्वी क्षेत्र में नहीं हैं) वित्तीय सहायता का ढांचा उनकी जनसांख्यिकी और भौगोलिक स्थितियों के अनुसार भिन्न होगा। उन्होंने स्पष्ट किया कि जल जीवन मिशन का लक्ष्य जल के लिए एक जन आंदोलन खड़ा करना है, जिससे हर नागरिक को प्राथमिकता प्रदान की जा सके।

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की में हिंदी कार्यशाला का आयोजन

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की में दिनांक 24 दिसंबर, 2025 को ''सरकारी कामकाज में राजभाषा हिंदी



राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की में हिंदी कार्यशाला का आयोजन

का प्रगामी प्रयोग'' विषय पर एक दिवसीय हिंदी कार्यशाला का आयोजन किया गया। इस कार्यशाला में संस्थान के 21 पदाधिकारियों ने प्रतिभागिता की। कार्यशाला का उद्घाटन करते हुए संस्थान के कार्यकारी निदेशक डॉ. ए. आर. सैंथिल कुमार ने सभी प्रतिभागियों से अनुरोध किया कि वे अपने सरकारी कामकाज में राजभाषा हिंदी का अधिक से अधिक प्रयोग करें। कार्यशाला में अतिथि वक्ता के रूप में श्री पूरन चंद्र विश्वकर्मा, पूर्व संयुक्त निदेशक, संचार मंत्रालय, भारत सरकार ने राजभाषा हिंदी के भिन्न-भिन्न पहलुओं एवं प्रावधानों पर सारगर्भित व्याख्यान दिया जिसका सभी प्रतिभागियों ने पूर्ण लाभ उठाया।

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की द्वारा राजभाषा कार्यान्वयन समिति की तिमाही बैठकों का आयोजन

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की में दिनांक 30 सितंबर, 2025 तथा 31 दिसंबर, 2025 को डॉ. वाई. आर.एस.राव, निदेशक राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान की अध्यक्षता में संस्थान की राजभाषा कार्यान्वयन समिति की क्रमशः 95वीं तथा 96वीं त्रैमासिक बैठकों का आयोजन किया गया। इन बैठकों में संस्थान के विभिन्न प्रभागों के प्रभागाध्यक्षों तथा अनुभागों के प्रभारी अधिकारियों ने प्रतिभाग किया। इन बैठकों में विगत बैठक में लिए गए निर्णयों पर की गई कार्रवाई की समीक्षा के साथ-साथ विगत बैठकों के पश्चात किए गए हिंदी कार्यों पर चर्चा की गई तथा क्रमशः दिसंबर-2025 एवं मार्च-2026 तिमाहियों के दौरान किए जाने वाले हिंदी कार्यों के लक्ष्य निर्धारित किए गए।



राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान के 48वें स्थापना दिवस का आयोजन

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान के 48वें स्थापना दिवस का आयोजन

जल संसाधन, नदी विकास एवं गंगा संरक्षण विभाग, जल शक्ति मंत्रालय, भारत सरकार के अधीन राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की ने अपना 48वां स्थापना दिवस, 16 दिसम्बर, 2025 को हर्षोल्लास के साथ मनाया। संस्थान की स्थापना 16 दिसंबर 1978 को एक स्वायत्त संस्था के रूप में की गई थी, जिसे वर्ष 1987 में भारत सरकार द्वारा विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संगठन का दर्जा प्रदान किया गया था। स्थापना दिवस के अवसर पर उद्घाटन समारोह, विचार-मंथन सत्र, प्रेरक वार्ताएं तथा सांस्कृतिक कार्यक्रम आयोजित किए गए। उद्घाटन सत्र में संस्थान द्वारा अब तक किए गए महत्वपूर्ण शोध कार्यों पर आधारित एक लघु फिल्म का प्रदर्शन किया गया। इस अवसर पर संस्थान के वैज्ञानिकों द्वारा विकसित 'NIH-धारा' जलविज्ञान अभिकल्पन एवं उन्नत वर्षा विश्लेषण सॉफ्टवेयर का विमोचन भी किया गया।

कार्यक्रम के मुख्य अतिथि स्वामी राम हिमालयन विश्वविद्यालय के कुलपति एवं उत्तराखंड विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी परिषद के पूर्व महानिदेशक डॉ० राजेंद्र डोभाल ने अपने संबोधन में कहा कि देश में संस्थागत विखंडन की स्थिति यह है कि कई संस्थान विविध विषयों और अनेक एजेंडों पर कार्यरत हैं, जबकि राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान एकमात्र ऐसा संस्थान है, जो पूरी तरह एक ही एजेंडा, अर्थात जल, पर केंद्रित होकर कार्य करता है। उन्होंने कहा कि देश की जल समस्याओं के समाधान में राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान के वैज्ञानिकों की भूमिका अत्यंत महत्वपूर्ण है।

डॉ. डोभाल ने जल और मानव स्वास्थ्य के गहरे संबंध पर प्रकाश डालते हुए कहा कि अधिकांश बीमारियां जलजनित होती हैं, इसलिए स्वच्छ एवं सुरक्षित पेयजल की उपलब्धता सुनिश्चित करने के लिए नवीन तकनीकों का विकास आवश्यक है। उन्होंने जलवायु परिवर्तन के कारण वर्षा पद्धति में हो रहे परिवर्तनों तथा तेजी से पिघलते हिमनदों के जलवैज्ञानिक तंत्र पर पड़ने वाले प्रभावों पर विस्तृत शोध करने का आह्वान भी किया।

कार्यक्रम की अध्यक्षता करते हुए संस्थान के निदेशक डॉ. वाई. आर. एस. राव ने राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान परिवार के सभी सदस्यों को 48वें स्थापना दिवस की शुभकामनाएं दीं। उन्होंने संस्थान से सेवानिवृत्त वैज्ञानिकों एवं कर्मचारियों का आभार व्यक्त करते हुए कहा कि उनके सतत प्रयासों के कारण ही आज संस्थान राष्ट्रीय और अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर अपनी सशक्त पहचान स्थापित कर सका है। डॉ. राव ने कहा कि संस्थान के वैज्ञानिक पूर्ण निष्ठा से कार्य करते हुए जल शक्ति मंत्रालय द्वारा सौंपे गए दायित्वों का सफलतापूर्वक निर्वहन कर रहे हैं।

इस अवसर पर संस्थान के वरिष्ठ वैज्ञानिक डॉ. सुहास खोब्रागडे ने मंत्रालय द्वारा संस्थान को सौंपी गई महत्वपूर्ण जिम्मेदारी जल शक्ति हैकयॉन के बारे में जानकारी दी। उन्होंने बताया कि इस पहल के माध्यम से आम नागरिक भी अपने नवाचारों द्वारा देश की जल समस्याओं के समाधान में योगदान दे सकते हैं।

कार्यक्रम में संस्थान के पूर्व निदेशक डॉ. शरद कुमार जैन, डॉ. जयवीर त्यागी, डॉ. सुधीर कुमार एवं डॉ. मनमोहन कुमार गोयल ने भी अपने विचार एवं अनुभव साझा किए। नगर के वरिष्ठ हृदय रोग विशेषज्ञ डॉ. राजीव बजाज ने हृदय स्वास्थ्य से जुड़ी महत्वपूर्ण जानकारियां दीं। वहीं, आईटीसी लिमिटेड, हरिद्वार के मानव संसाधन प्रमुख अल्ताफ हुसैन ने मानव व्यवहार और कार्य वातावरण विषय पर एक प्रेरक व्याख्यान दिया।

सायंकालीन सत्र में संस्थान के वैज्ञानिकों, कर्मचारियों तथा कौशिक पब्लिक स्कूल, इमलीखेड़ा के विद्यार्थियों द्वारा रंगारंग सांस्कृतिक कार्यक्रम प्रस्तुत किए गए। कार्यक्रम समिति के संयोजक डॉ. ए.आर. सेंथिल कुमार थे, जबकि मंच संचालन द्रोण खुराना एवं ऋचा पांडेय ने किया। इस अवसर पर संस्थान के रुड़की मुख्यालय एवं इसके सात क्षेत्रीय केंद्रों पर कार्यरत वैज्ञानिकों, कर्मचारियों एवं परियोजना कर्मचारियों की उपस्थिति पायी गई।

संपर्क करें:

पी.के. अग्रवाल

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की।

जल चेतना (जनवरी 2026)

समीक्षक



डॉ. सोबन सिंह रावत
वैज्ञानिक 'एफ'



डॉ. मनीष कुमार नेमा
वैज्ञानिक 'ई'



डॉ. सुमंत कुमार
वैज्ञानिक 'ई'



डॉ. गोपाल कृष्ण
वैज्ञानिक 'ई'



डॉ. अश्विनी रानडे
वैज्ञानिक 'ई'



डॉ. संतोष एम. पिंगले
वैज्ञानिक 'डी'



डॉ. प्रविण रंगराव पाटील
वैज्ञानिक 'सी'



डॉ. दीपक सिंह बिष्ट
वैज्ञानिक 'सी'



डॉ. सुशींद्र कुमार गुप्ता
वैज्ञानिक 'सी'



डॉ. सुकांत जैन
वैज्ञानिक 'सी'



डॉ. अमित पाण्डेय
वैज्ञानिक 'बी'



डॉ. शैलेन्द्र कुमार कुमरे
वैज्ञानिक 'बी'



श्री रूचिर पाटीदार
वैज्ञानिक 'बी'



श्री जतिन मल्होत्रा
वैज्ञानिक 'बी'



सुश्री पूनम राणा
वैज्ञानिक 'बी'

समीक्षा एवं सम्पादन सहयोग



श्री पुष्पेन्द्र कुमार अग्रवाल
वैज्ञानिक 'बी' (सेवानिवृत्त)



श्री प्रदीप कुमार उनियाल
वरिष्ठ अनुवाद अधिकारी (सेवानिवृत्त)

टंकण सहयोग



श्री हंसराज
टंकण सहायक






राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की
हिंदी पखवाड़ा - 2025
के अंतर्गत
श्रुतलेख प्रतियोगिता
दिनांक 18.09.2025


डॉ. अनुपमा शर्मा
डॉ सुरजीत सिंह
डॉ. ममता जोशी


राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की
हिंदी पखवाड़ा - 2025
(14 से 29 सितंबर 2025)
मुख्य समारोह
दिनांक - 14.10.2025




सरकारी कामका
राजभाषा हिंदी
का
प्रगामी प्रयोग



पंजीयन संख्या : UTTHIN/2012/46793



अभिकल्पित एवं मुद्रित : पैरामाउण्ट ऑफसैट प्रिंटर्स, रूड़की