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

रेडियोधर्मी रेखांकन तकनीक द्वारा नहरों से जल स्राव के आंकलन के लिये गणितीय प्रतिरुप

दिनेश चन्द्र शर्मा ओमप्रकाश दुबे सुरेन्द्रसिंह छावड़ा
सिंचाई अनुसंधान संस्थान, रूडकी

सारांश

कृषि पैदावार में वृद्धि के लिये जल मुख्य स्रोत होने के कारण जल संसाधनों का देश की प्रगति में विशेष महत्व है। भारत के विभिन्न प्रान्तों एवं अन्य देशों में नहरों के शोध अध्ययनों के परिणाम दर्शाते हैं कि नहर के शीर्ष पर छोड़े गये जल का लगभग 45 प्रतिशत जल रिसाव द्वारा, खेतो पर पहुंचने से पहलें व्यर्थ चला जाता है। प्रारम्भ में इन नहर प्रणालियों से लाभ ही लाभ दृष्टिगोचर हुआ। कालान्तर में कुछ नहर क्षेत्रों में पर्यावरण के कुछ अवयवों पर दुष्प्रभाव भी दृष्टिगोचर होने लगा है। ऐसा माना जा रहा है कि इन दुष्प्रभावों का मुख्य कारक नहरों से होने वाला जल श्राव है। इस शोध पत्र में ऊपरी गंगा नहर पर, शीर्ष, हरिद्वार से रुड़की के बीच किये गये रेडियो धर्मी रेखांकन तकनीक द्वारा जल श्राव के आकलन से सम्बन्धित अध्ययन कर नहर से होने वाले जल श्राव के आंकलन के लिये कम से कम त्रुटि वर्ग के सिद्धान्त पर गणितीय प्रतिरूप का सृजन किया गया है।

1.0 पृष्ठभूमि :

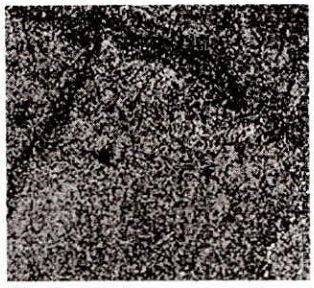
नहरों से होने वाला जल श्राव, नहर के वातावरण के बहुत से अवयवों पर निर्भर करती है। मृदा के भौतिक एवं रासायनिक गुण, मृदा का प्रकार, पारगम्यता गुणांक, संरध्र माध्यम, नहर के आकार, जल का वेग, जल की गहराई, नहर का ढाल, नहर की आयु, जल का तापमान और आसपास का भूजल स्तर, नहरों से होने वाले श्राव को प्रभावित करते हैं।

नहर प्रणालियों से होने वाले जल श्राव के आंकलन के लिये सामान्यतः प्रचलित सूत्रों का प्रयोग किया जाता है। इन सूत्रों द्वारा जल श्राव का आंकलन वास्तविक न हो करके सामान्य अनुमान होता है। जल श्राव के वास्तविक आंकलन के अभाव में नहरों के क्षेत्रों के बहुआयामी विकास में कठिनाइयों का सामना करना पड़ता है। स्थल पर नहरों से जल श्राव आंकलन के लिये सामान्यतः, जल संग्रहण, अन्तः–बाहय जल प्रभाव या श्राव मापक का प्रयोग किया जाता है। व्यवहार में पाया गया है कि इन विधियों के प्रयोग में बहुत सी व्यवहारिक कठिनाइयों का सामना करना पड़ता है, जैसे नहर में जल प्रवाह को रोकना, नहर में जल प्रवाह को नियंत्रित रखना इत्यादि। इन कठिनाइयों को दृष्टिगोचर करते हुए,

सिंचाई अनुसंधान संस्थान, रुड़की में, रेडियो धर्मी रेखांकक के प्रयोग द्वारा नहरों से जल श्राव के ऑकलन के लिए व्यवहारिक तकनीक का विकास किया गया है।

इस शोध पत्र में ऊपरी गंगा नहर पर, शीर्ष, हरिद्वार से रुड़की के बीच किये गये रेडियो धर्मी रेखांकन तकनीक द्वारा जल श्राव के आकलन से सम्बन्धित अध्ययन को वर्णित किया गया है।

2.0 ऊपरी गंगा नहर से जल श्राव का आंकलन :



चित्र 1

ऊपरी गंगा नहर, हरिद्वार, में गंगा नदी के दायें किनारे से निकाली गई है (चित्र 1)। यह नहर हरिद्वार में, शीर्ष पर, 298 क्यूसेक प्रवाह के लिये, हरिद्वार, सहारनपुर, मुजफरनगर, मेरठ, बुलन्दषहर, अलीगढ़, ऐटा, इटावा, और कानपुर जिलों के क्षेत्रों की सिंचाई हेतु बनाई गई थी। यह नहर प्रणाली गंगा–यमुना नदी के दोआब, जिस की मृदा सामान्यतः रेतीली, दोमठ तथा कहीं पर कंकर युक्त है, से प्रवाह करती है।

नहर का परिकल्पित आकार ट्रेपोजाईडल है। शीर्ष पर नहर की तली 60 मीटर, चौड़ी तथा गहराई 3.3 मीटर है। जहाँ कहीं नहर के किनारों पर जहां जल श्राव की मात्रा अधिक प्रतीत हुई वहां नहर के समानान्तर 50 से 80 मीटर की दूरी पर दोनों ओर श्राव ग्रहण नालियॉ भी बनाई गई है। नहर, कहीं मृदा के भराव, कहीं खुदान एवं कहीं संतुलित स्थिति में से प्रवाह करती है। इस अध्ययन में नहर से होने वाले जल रिसाव की मात्रा का आंकलन विभिन्न छिन्नकों पर किया गया है (चित्र– 1)।

ऊपरी गंगा नहर से जल श्राव के अध्ययन हेतु ट्रीशियम रेखांकक का प्रयोग किया गया है। भूजल सम्बन्धित अध्ययनों हेतु ट्रीशियम एक आदर्श रेखांकक माना जाता है। इस रेखांकक से मृदु बीटा कण निकलते है। इन कणो की अर्ध आयु 12.6 वर्ष हैं, तथा अधिकतम ऊर्जा 18 कि0 इलैक्ट्रॉन वोल्ट है। इस रेखांकक की निम्न विशेषतायें है :–

ट्रीशियम जल की तरह व्यवहारिक है तथा जल की गति के समान मिट्टी व जल में प्रवाहित होता है। यह स्वास्थ्य की दृष्टि से बहुत कम हानिकारक है साथ ही साथ इसका रख रखाव व प्रयोग सरल है। यह मिट्टी के कणों पर आसानी से जमता नहीं है। यह जल में सरलता से घुल मिल जाता है। अन्य रेडियोधर्मी रेखांककों की तुलना में सस्ता है। पानी में इसकी बहुत कम मात्रा का भी ऑकलन किया जा सकता है। इसकी अर्ध आयु के अधिक के कारण एकत्रित नमूनों को विशलेषण के लिये कई वर्षों तक आसानी से रखा जा सकता है।

3.0 जल श्राव आंकलन के लिए गणितीय प्रतिरूप :

इस अध्ययन में नहर से होने वाले जल श्राव की गति के मापन हेतु एक छिद्रण तनुता विधि प्रयोग में लाई गई है। इस विधि में नहर के दोनों किनारों पर, तट के नीचे, नहर की तली से गहरे,

चित्र 2

छिद्र बना दिये जाते हैं (चित्र–2)। इन छिद्रों में ट्रीशियम रेखांकक डाल दिया जाता है। तदोपरान्त छिद्र में पानी को अच्छी प्रकार से हिला दिया जाता है जिससे कि रेखांकक छिद्र के सम्पूर्ण जल में मिल जाय।

तदोपरान्त समय समय पर छिद्र से पानी के नमूने इकठ्ठे किये जाते है। इन नमूनों में रेडियोधर्मी सांद्रता का आंकलन प्रयोगशाला में विश्लेषण द्वारा किया जाता है। वास्तविक्ता में जब छिद्र के पानी में रेखांकक डाल दिया जाता है तो उसके बाद नहर से जल िश्राव द्वारा जल लगातार छिद्र में आता रहता है। इस कारण छिद्र में से उतनी ही मात्रा में जल श्राव के रूप में निकलता रहता है। इस प्रकार लगातार छिद्र में रेखांकक की सांद्रता कम होती रहती है। रेखांकक की सांधता तथा जल श्राव की गति में सीधा सम्बन्ध पाया गया है।

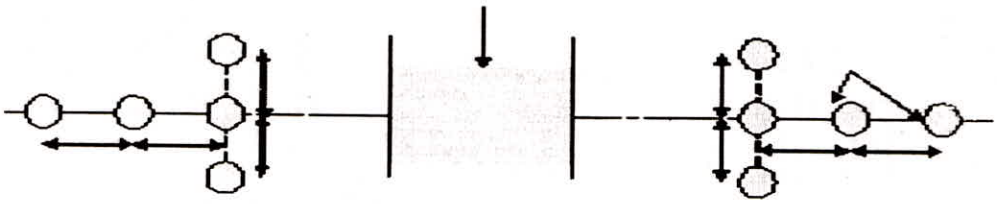
अतः रेखांकक सांधता से जल रिसाव की गति का आंकलन कर लिया जाता है। यह मानते हुये कि जल का श्राव अधिकतर क्षैतिज विभा में हो रहा है, निम्न सूत्र द्वारा जल श्राव की गति का ऑकलन किया जाता है।

$$\text{ग} = \frac{\pi \text{ ब}}{4 \text{ क प}} \text{ लघु}_{\text{न}} \frac{\text{स}_1}{\text{स}_2} \qquad (1)$$

उपरोक्त सूत्र में, ग, जल श्राव गति (मी0/से0), ब, छिद्र का व्यास (मी0), प, प्रारम्भिक और अन्तिम सांधता का अन्तराल (से0), स_1 और स_2 रेडियोधर्मी रेखांकक की प्रारम्भिक और अन्तिम सांधता है। क, एक स्थिरांक है जो कि मृदा में छिद्र बनाने के कारण, मृदा में जल श्राव प्रवाह में हुये प्रभाव को दर्शाता है।

इसका मान ऊपरी गंगानहर के प्रत्येक छिन्नक पर द्वि–छिद्रण तनुता विधि द्वारा निकाला गया है। इस अध्ययन में इसका मान 0. 8 से 1. 2 के मध्य विचरित पाया गया। यह मिट्टी के प्रकार तथा कणों पर निर्भर करता है। जल श्राव की गति का मान ज्ञात हो जाने के उपरान्त नहर की परिमाप, आकार एवं छिद्र की दूरी इत्यादि से उस स्थल पर होने वाले जल श्राव की मात्रा का आंकलन निम्न सूत्र से निकाला गया।

$$\text{ज}_{\text{श्र}} = 2 \text{ ग द अ कोस्पर्शज्या अ} \qquad (2)$$



चित्र 3

उपरोक्त सूत्र में ज$_{श्र}$, जल श्राव की मात्रा (मी0 / 10^6 मी0), ग, जल श्राव की गति (मी0 / से0), द, नहर से मध्य से छिद्र तक की दूरी (मी0), अ, भूजल श्राव की रेखा और उर्ध्वाधर रेखा के बीच का कोण है। इस अध्ययन में ऊपरी गंगा नहर के 2. 2, 7. 8, 12. 9, 19. 7, 24. 15 और 28. 00 कि0मी0 पर रेडियोधर्मी रेखांकक विधि से जल श्राव का आंकलन किया गया है (चित्र–1)। उपरोक्त सभी छिन्नकों पर चित्र–3 के अनुसार नहर के दोनों तरफ नहर की तली से अधिक गहराई तक 10 से0मी0 व्यास वाले लगभग 12 से 16 छिद्र बनाये गये। इसमें छिद्र ल–1 से ल–2 एंव र–1 से र–2 तक रेडियोध र्मी रेखांकक डालने तथा छिद्र नं0 ल व र, क स्थिरांक का मान ज्ञात करने के लिये बनाये गये। बाकी छिद्र भूजल की सतह नापने के लिये बनाये गये।

नहर के पानी में प्रयोग प्रारम्भ करने से पूर्व में उपलब्ध रेडियोधर्मिता की सांध्रता का पता लगाने हेतु सर्वप्रथम छिद्र ल व र में से जल का नमूना इकठ्ठा किया गया। तत्पश्चात छिद्र ल$_1$ व ल$_2$, र$_1$ एंव र$_2$ में रेडियोधर्मी रेखांकक डाला गया। छिद्रों में जल की सांध्रता एक समान रखने के लिये जल को छिद्र में अच्छी प्रकार से हिलाया गया। इसके उपरान्त छिद्र ल$_1$ व ल$_2$ एंव र$_1$ व र$_2$मे से प्रारम्भिक नमूना इसकी प्रारम्भिक सांद्रता ज्ञात करने के लिये लिया गया। कमानुसार विभिन्न समय के अन्तराल पर पानी के नमूने लगभग चार पॉच दिन तक इकठ्ठे किये गये।

छिद्र ल$_1$, ल$_2$, र$_1$ एंव र$_2$ में से जल के नमूने एक विशेष प्रकार के दूरस्थ सैम्पलर द्वारा एकत्र किये गये। प्रत्येक छिद्र के लिये अलग अलग सैम्पलरों को प्रयोग में लाया गया। एक बार प्रयोग करने के उपरान्त सैम्पलर को दूसरा नमूना लेने से पूर्व टी पोल, साबुन तथा ई0डी0 टी0ए0 घोल सें अच्छी प्रकार से धोया गया तथा कुछ समय तक चलते जल में छोड़ दिया गया था। ऐसा करने से सैम्पलर विकिरण रहित हो जाता है। सभी रेडियोधर्मी जल के नमूने प्लास्टिक की श्राव अवरोधी शीशियों में भरकर नमूना पेटियों में बन्द कर, संस्थान की समस्थानिक प्रयोगशाला में विश्लेषण हेतु ले जाये गये।

मिट्टी के प्रकार को जानने के लिये भूतल से लगभग 8 से 10 मीटर तक नीचे एक मीटर के अन्तराल या मिट्टी के प्रकार के बदलने पर मिट्टी के नमूने इकट्टे किये जिनका प्रयोगशाला में कणिका परीक्षण द्वारा मिट्टी की प्रकार का पता लगाया गया।

आईसोटोप प्रयोगशाला में आटोमैटिक लिकविड़ सेन्टीलेशन प्रणाली के द्वारा रेडियोधर्मी रेखांकक युक्त जल के प्रत्येक नमूने की डाईजिन नैपथालिन रसायनों के मिश्रण के साथ किया से रेडियोधर्मी

सांद्रता ज्ञात की गई। इस प्रकार प्रत्येक छिद्र के लिये रेखांकक सांध्रता तथा समय में एक ग्राफ खींचा गया व सूत्र1 की सहायता से प्रत्येक स्थल पर जल श्राव की गति ज्ञात की गई।

प्रत्येक छिन्नक स्थल पर जल के श्राव की गति ज्ञात हो जाने पर उस छिन्नक स्थल पर सूत्र (3) द्वारा जल श्राव की मात्रा का आंकलन किया गया। अलग–अलग छिन्नकों स्थलों पर जल श्राव की मात्रा का अनुमान लगाने के उपरान्त कुल जल श्राव की मात्रा प्रति कि0मी0 निम्न सूत्र के द्वारा निकाली गई।

$$\text{ज}_{\text{श्र क}} = \frac{\text{ल प}_{\text{म}} \quad \text{ज}_{\text{श्र}}}{10^6} \qquad (3)$$

जहॉ कि, $\text{ज}_{\text{श्रक}}$ कुल जल श्राव (क्यूमेक/कि0मी0), $\text{प}_{\text{म}}$, वैटिड पैरिमीटर (मी0),ल रीच की लम्बाई (मी0), $\text{ज}_{\text{श्र}}$ जल श्राव की दर (क्यूमेक/10^6 मी0^2)। नहर के शीर्ष से धनौरी (चित्र–1) तक गंगा नहर कई अल्पिकाएँ को जल पोषित करती है। अतः शीर्ष पर जल प्रवाह 264.5 क्यूमेक से घट कर धनौरी डिस्चार्ज मापन सिल पर 226.9 क्यूमेक रह जाता है। धनौरी से देवबन्द ब्रान्च के उदगम स्थल तक ऊपरी गंगा नहर, सन्तुलित खुदान, आंशिक भराव एवं खुदान में प्रवाह करती है। इन सभी स्थितियों को ध्यान में रखते हुये क्षेत्रीय प्रयोग किये गये तथा तदोपरान्त औसत जल श्राव का मान ज्ञात किया गया। धनौरी से देवबन्द तक कुल श्राव की मात्रा 0.17 घ0मी0/सै0प्रति कि0मी0 आंकलित की गई।

उपरोक्त गणना की भांति नहर के समान डिस्चार्ज के विभिन्न छिन्नकों पर जल श्राव की दर के आंकड़ों से कुल जल श्राव की मात्रा 0.14 घ0मी0/सै0प्रति कि0मी0 निकाली गई (तालिका–1)। प्रत्येक रीच की गणना द्वारा कुल श्राव की मात्रा लगभग 22.40 घ0मी0/सै0 आती है जो कि नहर के शीर्ष पर छोड़े गये 264.5 घ0मी0/सै0 जल प्रवाह का 8. 47 प्रतिशत है। नहर के जल प्रवाह के एकत्र आंकड़ों के आधार पर, नहर से होने वाले जल श्राव के आंकलन के लिये कम से कम त्रुटि वर्ग के सिद्धान्त पर निम्न गणितीय प्रारुप का सृजन किया गया।

तालिका 1 : ऊपरी गंगा नहर के श्राव आंकड़े

क्रम सं0	नहर की कि0 मी0 प्रयोगस्थल (कि0मी0)	जल रिसाव की		मृदा की प्रकार वैटिड पैरामीटर (मी0)
		गति (10^{-7}मी0/से0)	मात्रा क्यूमेक/10^6 मी^{2}	
1	2. 2	9. 78	1. 98	70. 36
2	7. 8	7. 72	1. 92	71. 20
3	12. 9	7. 65	1. 93	70. 49
4	19. 7	11. 45	2. 77	70. 43
5	24. 1	8. 53	2. 40	68. 80
6	28. 8	8.17	2. 02	72. 30

$$ज_{श्रक} = 0.04578\ ज_{न}^{0.223} \quad (4)$$

उपरोक्त प्रारुप मे $ज_{श्रक}$ कुल जल श्राव की मात्रा क्यूमेक/कि0मी0, $ज_{न}$ नहर में शीर्ष पर छोड़ा गया जल क्यूमेक है। उपरोक्त प्रारुप के अनुसार यदि नहर के शीर्ष पर 264 .5 क्यूमेक जल छोड़ा जाये तो लगभग 0.159 क्यूमेक प्रति कि0मी0 जल श्राव होगा। इस अध्ययन में ऊपरी गंगा नहर पर किये गये क्षेत्रीय प्रयोगों के आधार पर पाया गया कि कुल जल श्राव की मात्रा 22. 40 क्यूमेक आती है। यह मात्रा शीर्ष पर छोड़े गये 264 .5 क्यूमेक जल प्रवाह का लगभग 8. 47 प्रतिशत है। यहॉ यह बताना उचित होगा कि पंजाब प्रान्त की भाखड़ा नहर प्रणाली से कुल जल श्राव के आंकलन हेतु निम्न गणितीय प्रतिरुप का प्रयोग किया गया था।

$$ज_{श्र} = 0.\ 0133\ ल\ ज_{न}^{0\ 5652} \quad (5)$$

उपरोक्त सूत्र में, $ज_{श्र}$ कुल जल श्राव की मात्रा क्यूसेक में, ल नहर की लम्बाई 1000 फीट में, $ज_{न}$ नहर के शीर्ष पर छोड़ा गया डिस्चार्ज क्यूसेक में है। इस सूत्र के द्वारा गंगा नहर के शीर्ष पर 264.5 क्यूमेक जल प्रवाह के लिये लगभग 34.65 क्यूमेक अर्थात लगभग 13.10 प्रतिशत जल श्राव होगा। उपरोक्त सूत्र का सृजन भाखड़ा नहर प्रणाली के 18 वर्ष चलने के उपरान्त आंकड़ों के आधार पर किया गया था जबकि ऊपरी गंगा नहर लगभग 150 से अधिक वर्षों स`चल रही है। सम्भवतः यह नहर प्रणाली सतही जल एवं भूजल के बीच तारतम्य स्थिर हो गया है। अतः ऊपरी गंगा नहर के शीर्ष पर छोड़े गये जल प्रवाह का 9.62 प्रतिशत जल श्राव तर्कसंगत प्रतीत होता है।

सृजित गणितीय प्रारुप एवं ऊपरी गंगा नहर के विभिन्न स्थलों पर किये गये प्रयोगों के परिणामों में लगभग 1.15 प्रतिशत का अन्तर आता है। आशा की जाती है कि यदि जल श्राव की मात्रा प्रत्येक कि0मी0 पर आंकलित करने के उपरान्त गणितीय प्रारुप का सृजन किया जाता तो उपरोक्त अन्तर का प्रतिशत कुछ कम होता, परन्तु किसी नहर के प्रत्येक कि0मी0 रीच में जल श्राव की मात्रा का स्थल प्रयोगों आंकलन करना एक कठिन कार्य है। अतः स्थल प्रयोगों के परिणामों एवं सांख्यकीय विश्लेषण में अन्तर आना स्वाभाविक है। 1.15 प्रतिशत का अन्तर व्यवहारिक सीमा के अर्न्तगत माना जा सकता है।

ऊपरी गंगा नहर के विभिन्न स्थलों पर रेडियोधर्मी रेखांकक का प्रयोग करते समय परमाणु ऊर्जा नियामक परिषद, मुम्बई के सुरक्षा के नियमों के अनुसार परमाणु सुरक्षा अधिकारी की उपस्थिति में सभी प्रकार के सुरक्षा उपायों का पालन किया गया है।

4.0 संदर्भ :

(1) हाल्वे ई0 आदि, 1987, बोरहोल डाइलूशन तकनीक – ए क्रिटिकल रिव्यू, आइसोटोप इन हाइड्रोलोजी। प्रोसीडिंग आफ सिम्पोजियम। आई0ए0ई0ए0 वियेना

(2) गैसपर ई0 और वोन्सकू,1972, रेडियोएक्टिव ट्रेसर इन हाईड्रोलोजी। एल्जेवियर पब्लिसिंग कं0 न्यूयार्क, पेज, 77 से 129 तक

(3) कृष्णामूर्ति, के0 एवं राव एस0 एम0,1969, थ्योरी एन्ड एक्सपेरिमेन्ट इन कैनाल सीपेज इस्टीमेशन युजिंग रेडियो आइसोंटोप। जनरल आफ हाईड्रोलोजी, नार्थ होलैन्ड पब्लिसिंग क0

(4) लैम्ब, टी0 डब्लू और विटमेन, 1979, स्वायल मिकेनिक्स, जोन विले एन्ड सन्स, पेज 252

(5) इण्टरनेशनल कमीशन आन इरीगेशन एन्ड ड्रेनेज, 1957, थर्ड काग्रेस आन इरीगेशन एण्ड ड्रेनेज, ट्रान्सेक्शनस, वाल्यूम – II

(6) चावला, ए0 एस0, जैन, डी0 के0 और छाबडा, एस0 एस0, 1983, इस्टीमेशन आफ सीपेज लोसेज बाई रेडियो ट्रेसर एण्ड सीपेज मीटर मेथडस। 29वी जोनल मीटिंग, सी0 बी0 आई0 एण्ड पी0, कृष्णराजसागर

(7) भार्गव, ए0 एन0, सिंह पी0 आर, और छावड़ा एस0 एस0 1989, यूज आफ सिंगिल वेल डाईलूशन टैकनिक फॉर इस्टीमेशन आफ सीपेज लासेस फ्राम कैनालस। इन्टरनेशनल ग्राउन्डवाटर वर्कशाप, एन जी आर आई, हैदराबाद।