भारतीय वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान पत्रिका
वर्ष 20 अंक 1 जून 2012 पृ. 91-95

ट्रीटियम टैगिंग तकनीक द्वारा वर्षा से भू-जल पुनः पूरण का आंकलन

एस के वर्मा, भीष्म कुमार एवं मौहर सिंह
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की

सारांश : जल संसाधनों के उचित प्रबंधन में भू-जल में रिचार्ज का आंकलन एक अत्यन्त महत्वपूर्ण पहलू है। सामान्यतः पर्याप्त आंकड़ों की अनुपलब्धता के कारण व्यवहारिक विधियों द्वारा भू-जल में वर्षा जल अथवा/और सिंचाई जल की वजह से रिचार्ज का आंकलन करना कठिन कार्य है। वर्षा जल अथवा सिंचाई जल का भू-जल में रिचार्ज का आंकलन करने के लिए समस्थानिक विधि विशेषतः ट्रीटियम टैगिंग तकनीक भारत के कई क्षेत्रों सहित विभिन्न देशों में सफलतापूर्वक प्रयोग में लाई जा चुकी है। प्रस्तुत प्रपत्र में नर्मदा बेसिन के अन्तर्गत जिला नरसिंहपुर (म.प्र.) के कुछ भागों में वर्षाजल एवं सिंचाई जल के कारण भू-जल में रिचार्ज का आंकलन ट्रीटियम टैगिंग तकनीक द्वारा किया गया है। अध्ययन क्षेत्र में जोते हुए तथा बिना जोते हुए खेतों में परीक्षण किये गये हैं। अध्ययन क्षेत्र में मुख्यतः चार प्रकार की मृदायें जैसे मिट्टी, मिट्टी दुमट, दुमट तथा रेतीली दुमट मिट्टी पायी गई हैं। अध्ययन क्षेत्र की औसत वार्षिक वर्षा 1246 मिमी. है। अध्ययन क्षेत्र में भू-जल में रिचार्ज का प्रतिशत मृदा के प्रकार तथा अन्य भू-जल विज्ञानीय दशाओं के कारण 7.76% से 22.44% तक पाया गया है। प्रस्तुत प्रपत्र में प्रयुक्त की गई समस्थानिक विधि विशेषतः ट्रीटियम टैगिंग तकनीक की कार्य प्रणाली तथा अध्ययन क्षेत्र की विस्तृत जानकारी दी गई है। अध्ययन क्षेत्र में भू-जल में रिचार्ज का आंकलन मुख्यतः वर्ष 1995 में मानसून की अवधि में किया गया।

Assessment of recharge to groundwater due to rain using Tritium tagging technique

S K Verma, Bhishm Kumar & Mohar singh
National Institute of Hydrology, Roorkee

Abstract

Estimation of recharge to groundwater is crucial to better water resource management, particularly in arid and semi-arid regions. In general, it is difficult to estimate recharge to groundwater due to rainfall or irrigation using conventional methods due to nonavailability of adequate data. Nuclear methods, specially tritium tagging technique has been used successfully in different countries including many parts in India. In the present paper, the assessment of recharge to groundwater due to rains has been made using Tritium tagging technique in parts of Narsinghpur district (M.P.) lying in the Narmada basin. In the study area, experiments have been carried out in cultivated as well as in uncultivated fields. In the study area, mainly four types of soils were found, namely clay, clay loam, loam and sandy clay in which clay is predominant. The average annual rainfall of the area is 1246 mm. The percentage of recharge to groundwater varies from 7.67% to 22.44% in the study area with respect to the type of soil and other geo-hydrological conditions. In the present paper the details of the methodology followed and details about the area including the results obtained with regard to the values of recharge to groundwater obtained have been described. The assessment of recharge to groundwater has been made mainly due to the monsoon rains of the year 1995.

प्रस्तावना

भू-सतह से मृदा की अनुवर्ती परतों में भू-जल में रिचार्ज अंतःस्यंदन की प्रक्रिया द्वारा नियंत्रित होता है जो कि असंतृप्त मृदा में पानी की गति का अध्ययन करने के लिए आवश्यक मुख्य प्राचलों में से एक हैं। भू-सतह से मृदा में जल के प्रवेश की प्रक्रिया को अन्तःस्यंदन कहते हैं। भू-जल संसाधनों के मूल्यांकन के लिए भू-जल में रिचार्ज का आंकलन आवश्यक है। अधिकतर क्षेत्रों में, भू-जल में रिचार्ज का मुख्य स्रोत अवक्षेपण होता है। परन्तु सिंचित क्षेत्रों में इर्रीगेशन रिटर्न प्रवाह भी भू-जल रिचार्ज में महत्वपूर्ण ढंग से योगदान करता है।

अवक्षेपण तथा सिंचाई जल (जो कि भूजल में डायरेक्ट लम्बवत रिचार्ज का योगदान करते हैं) के रिचार्ज का एक पार्श्विक भाग प्राकृतिक जलीय प्रवणता के कारण अधःस्तल क्षैतिज प्रवाह के माध्यम से होता है। समस्थानिक विधियाँ रिचार्ज के लम्बवत् भाग का आंकलन करने के लिए प्रयोग में लाई जा सकती हैं। भू-जल में रिचार्ज

के लम्बवत् भाग का प्राकृतिक रूप से इन्जेक्टेड पर्यावरणीय समस्थानिकों जैसे ऑक्सीजन-18, ड्यूटेरियम तथा ट्रीटियम के द्वारा आंकलन किया जा सकता है। साथ ही कृत्रिम ट्रीटियम (जिसको चुनिंदा स्थलों पर इन्जेक्ट किया जाता है) भी इस कार्य के लिए प्रयोग में लाया जा सकता है। प्रस्तुत प्रपत्र में, कृत्रिम ट्रीटियम भूजल में रिचार्ज का आंकलन करने के लिए प्रयोग में लाया गया है।

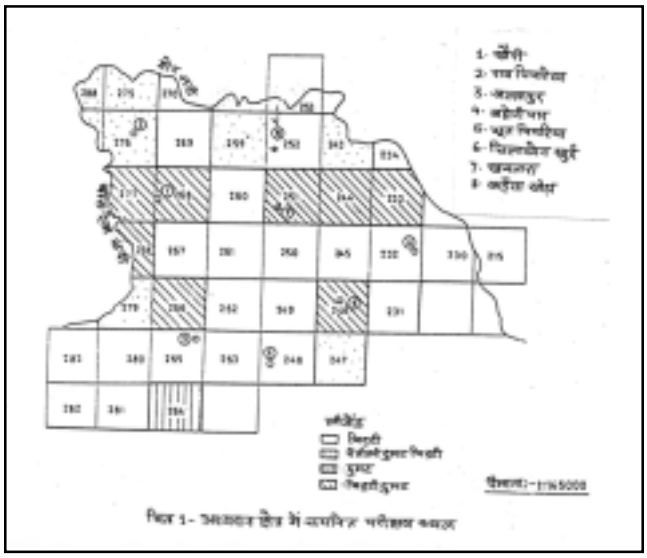
अध्ययन क्षेत्र

अध्ययन क्षेत्र नर्मदा नदी बेसिन में स्थित बरगी डैम से निकली नहर के बांयी तरफ के किनारे का कमाण्ड एरिया है। यह दो-आब का क्षेत्र पूरब में शेर नदी पश्चिम में बारू रेवा तथा दक्षिण में बरगी नहर के बांये किनारे के बीच स्थित है। इस क्षेत्र का लेटीट्यूड 22°50'N से 23°1'N तथा लोंगीट्यूड 79°8'E से 79°23'E है। इसका क्षेत्रफल लगभग 250 किमी.^{2} है। यह क्षेत्र मध य प्रदेश के नरसिंहपुर जिले के पूरब में स्थित तथा स्टेट हाइवे 22 जो कि जबलपुर से होशंगाबाद जाता है और इसके बीचों-बीच गुजरता है तथा मुख्य ब्रोडगेज रेलवे लाइन जो कि हावड़ा से मुम्बई जाती है, भी इस क्षेत्र से गुजरती है। सतही मृदा एवं सुलभता को ध्यान में रखते हुए आठ स्थलों को अध्ययन हेतु चुना गया (चित्र 1)। दूसरी अन्य जानकारी हेतु इन स्थलों को सारणी 1 में दर्शाया गया है।

अध्ययन क्षेत्र की ऊँचाई समुद्र तल से 313 मी. से 380 मी. के बीच है। भौगोलिक स्थिति के हिसाब से नदियों के पास के इलाके को छोड़कर शेष क्षेत्रफल समतल है। यहाँ केवल चार प्रकार की मृदा पायी गयी हैं जैसे - मिट्टी, दुमट मिट्टी, रेतीली दुमट मिट्टी तथा दुमट। जिसमें मिट्टी एवं मिट्टी दुमट की अधिकता है। क्षेत्र में औसत वार्षिक वर्षा 1246 मिमी. है। सामान्यतः अध्ययन क्षेत्र का तापमान 20° से 45° तक रहता है।

सारणी 1 — परीक्षण स्थल की सारणी एवं अन्य विवरण

क्र. सं.	परीक्षण स्थल का नाम	जोता हुआ/ बिना जोता हुआ	ट्रीटियम इन्जेक्शन की तिथि	सैम्पलिंग की तिथि
1.	खैरी	जोता हुआ	28.06.95	10.10.95
2.	राम पिपरिया	जोता हुआ	29.06.95	09.10.95
3.	जल्लापुर	जोता हुआ	29.06.95	11.10.95
4.	भूत पिपरिया	बिना जोता हुआ	30.06.95	11.10.95
5.	बहोरीपार	जोता हुआ	30.06.95	12.10.95
6.	चिलाचोन खुर्द	जोता हुआ	30.06.95	12.10.95
7.	खमतरा	जोता हुआ	2.07.95	08.10.95



चित्र 1 — अध्ययन क्षेत्र में चयनित परीक्षण स्थल

कार्यविधि

क्षेत्र परीक्षणः सतही मृदा तथा स्थल की सुलभता को ध्यान में रखते हुए परीक्षण के लिए स्थलों का चुनाव किया गया। मानसून से पहले ट्रीटियम इन्जैक्शन 8 स्थलों पर किये गए चित्र 1। प्रत्येक परीक्षण स्थल पर ट्रीटियम इन्जैक्शन के दो सैट लगाए गए। प्रत्येक सैट में जमीन में पाँच छेद किये गये। प्रत्येक सैट में एक छेद केन्द्र पर तथा अन्य चार छेद 10 सेमी. की व्यास के वृत्त पर किए गए। 70 सेमी. गहरे छेद बनाने के लिए सबसे पहले ड्राइव रॉड (12 मिमी. व्यास) जमीन में हथौड़े से ठोकी गई। इसके बाद ड्राइव रॉड जमीन से बाहर निकाल ली गई तथा छेदों में स्टैनलैस स्टील पाइप (इन्जैक्शन पाइप) डाला गया। इस इन्जैक्शन पाइप के द्वारा प्लास्टिक सिरिंज की सहायता से 2 मिली. ट्रीटियम (विशिष्ट एक्टिविटी-40 माइक्रोक्यूरी/ली.) प्रत्येक छेद में डाला गया। ट्रीटियम इन्जैक्शन करने के बाद प्रत्येक छेद को पूरी तरह से मृदा से भर दिया गया। प्रत्येक परीक्षण स्थल पर कुछ लोहे की कीलें इन्जैक्शन के सैटों की लाइन पर हथौड़े से ठोकी गईं तथा जमीन में छोड़ दी गईं, जिन्होंने प्रत्येक परीक्षण स्थल के लिए मार्कर का काम किया। परीक्षण स्थल किसानों द्वारा सामान्य उपयोग के लिए छोड़ दिए गए। सैम्पलिंग मानसून के तुरन्त बाद अक्तूबर 1995 के दौरान की गई। मृदा सैम्पल एक हैण्ड ऑगर (व्यास-2 इंच) की सहायता से (10 सेमी. सेक्सन) लिए गए। मृदा सैम्पल भू-सतह से लगभग 150/200 सेमी. गहराई तक लिए गए। मृदा सैम्पल सावधानीपूर्वक एकत्रित किए गए तथा ठीक से बंद पालीथीन बैग में

पैक किए गए, जिससे कि वातावरण की नमी का आदान-प्रदान न हो। ठीक से पैक किए गये मृदा नमूने विश्लेषण के लिए प्रयोगशाला में ले जाए गए।

प्रयोगशाला परीक्षण : जून-जुलाई 1995 के दौरान एकत्रित किए गए मृदा नमूनों का कण आकार विश्लेषण संस्थान की मृदा एवं भू-जल प्रयोगशाला में छलनी तथा अवसादन विधि द्वारा किया गया। कण आकार विश्लेषण के परिणाम सारणी 2 में दिए गए हैं।

इसके बाद मानसून काल के बाद अक्तूबर 1995 में एकत्रित किए गए मृदा नमूनों का जलांश आर्द्र वजन के आधार पर भारात्मक विधि द्वारा निकाला गया। प्रत्येक मृदा नमूने का बल्क घनत्व नमूने के आर्द्र वजन को नमूने के आयतन से भाग देकर निर्धारित किया गया। प्रत्येक मृदा नमूने का आयतनी जलांश आर्द्र वजन के आधार पर निर्धारित किए गए जलांश को मृदा सैम्पल के बल्क घनत्व द्वारा गुणा करके निर्धारित किया गया। प्रत्येक स्थल पर आयतनी जलांश का गहराई के साथ परिवर्तन चित्र (2) से चित्र (9) में दर्शाया गया है।

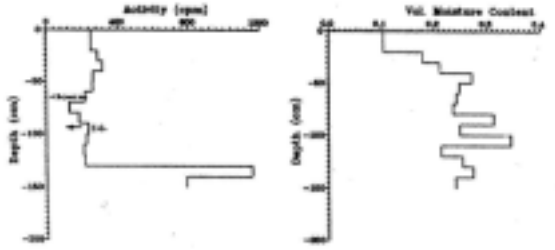
प्रत्येक मृदा नमूने के आयतनी जलांश के निर्धारण के बाद प्रत्येक मृदा नमूने का निम्न दबाव के अन्तर्गत आसवन किया गया जिससे जल के साथ एकत्रित होने वाली वाष्पशील अशुद्धियों को रोका जा सके। आसवन द्वारा प्रत्येक मृदा नमूने से जल निकालकर शीशियों में एकत्रित किया गया। इस प्रकार एकत्रित किए गये प्रत्येक जल नमूने में शुद्ध ट्रीटियम काउण्ट प्रति मिनट संस्थान की नाभिकीय जलविज्ञान प्रयोगशाला में उपस्थित नॉरमल लिक्विड सिन्टीलेशन काउण्टर की सहायता से मापे गए। प्रत्येक स्थल पर शुद्ध ट्रीटियम काउण्ट प्रति मिनट का गहराई के साथ परिवर्तन चित्र (2) से चित्र (9) में दर्शाया गया है।

सारणी 2 — अध्ययन क्षेत्र में कण आकार विश्लेषण

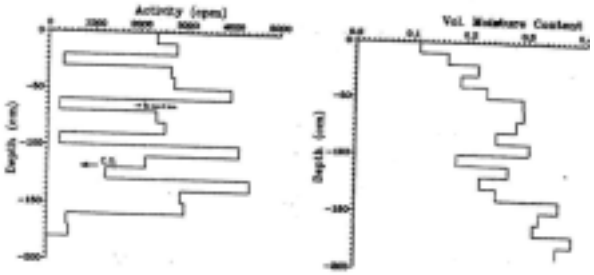
क्रमांक	स्थल का नाम	%बजरी > 2.0mm	%बालू 2mm-0.075mm	%सिल्ट 0.075mm-0.002mm	%मिट्टी < 0.002mm
1.	खैरी	2.60	5.65	42.25	49.50
2.	राम पिपरिया	8.60	17.90	30.00	43.50
3.	जल्लापुर	2.0	7.05	36.25	54.00
4.	बहोरीपार	0.10	6.65	39.50	53.75
5.	भूत पिपरिया	2.20	17.55	29.75	50.00
6.	चिलाचोन खुर्द	0.50	27.00	15.50	57.00
7.	खमतरा	4.20	8.00	13.30	74.50
8.	कड़ैया खेड़ा	5.30	6.50	12.20	76.00

भू-जल में रिचार्ज का निर्धारण

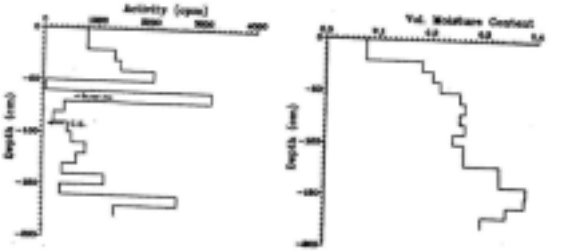
प्रत्येक परीक्षण स्थल के लिए निर्धारित शुद्ध ट्रीटियम काउण्ट प्रति मिनट (शुद्ध ट्रीटियम काउण्ट रेट) गहराई अन्तराल के विरूद्ध हिस्टोग्राम के रूप में प्लाट किए गए। जिससे इन्जेक्ट किए गये ट्रीटियम की मूल तथा शिफ्टेड पीक की स्थिति ज्ञात हुई। प्रत्येक



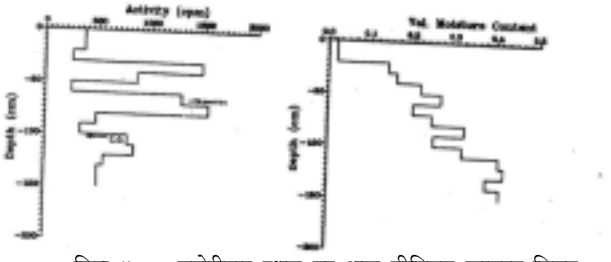
चित्र 2 — खैरी स्थल पर शुद्ध ट्रीटियम काउण्ट प्रति मिनट तथा आयतनी जलांश



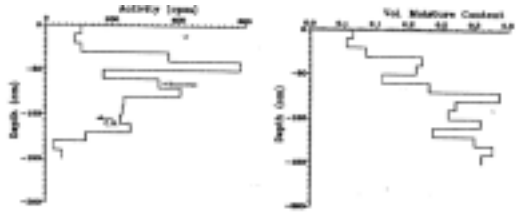
चित्र 3 — राम पिपरिया स्थल पर शुद्ध ट्रीटियम काउण्ट प्रति मिनट तथा आयतनी जलांश



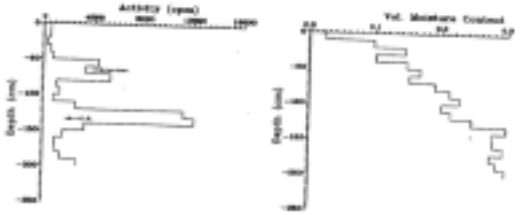
चित्र 4 — जल्लापुर स्थल पर शुद्ध ट्रीटियम काउण्ट/मिनट तथा आयतनी जलांश



चित्र 5 — बहोरीपार स्थल पर शुद्ध ट्रीटियम काउण्ट/मिनट तथा आयतनी जलांश

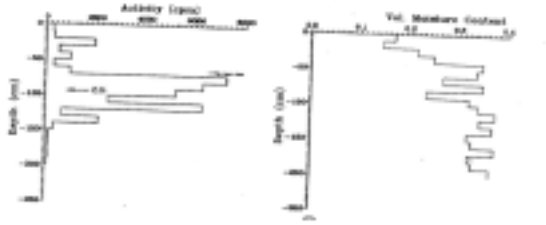


चित्र 6 — भूत पिपरिया स्थल पर शुद्ध ट्रीटियम काउण्ट/मिनट तथा आयतनी जलांश



चित्र 7 — चिलाचोन खुर्द स्थल पर शुद्ध ट्रीटियम काउण्ट/मिनट तथा आयतनी जलांश

चित्र 8 — खमतरा स्थल पर शुद्ध ट्रीटियम काउण्ट/मिनट तथा आयतनी जलांश



चित्र 9 — कड़ैया खेड़ा स्थल पर शुद्ध ट्रीटियम काउण्ट/मिनट तथा आयतनी जलांश

परीक्षण स्थल पर इन्जेक्ट किए गए ट्रीटियम तथा आयतनी जलांश का गहराई के साथ परिवर्तन चित्र (2) से (9) तक में दर्शाया गया है। शिफ्टेड ट्रीटियम पीक की स्थिति जानने के बाद पीक का गुरूत्वीय केन्द्र निकाला गया तथा इन्जेक्शन की मूल गहराई (70 सेमी.) से ट्रीटियम-पीक के शिफ्ट तक का आंकलन किया गया।

प्रत्येक परीक्षण स्थल के लिए भू-जल में रिचार्ज का आंकलन ट्रीटियम की पीक शिफ्ट तथा पीक शिफ्ट क्षेत्र में औसत आयतनी जलांश (मृदा के नमूने एकत्र करते समय) को गुणा करके किया गया (सारणी 3)। विभिन्न परीक्षण स्थलों पर वर्ष 1995 की मानसून वर्षा के कारण भूजल में रिचार्ज का प्रतिशत भी सारणी 3 में दर्शाया गया है।

परिणाम तथा विवेचना

विभिन्न परीक्षण स्थलों जैसे खैरी, राम पिपरिया, जल्लापुर, बहोरीपार, भूत पिपरिया, चिलाचोन खुर्द, खमतरा तथा कड़ैया खेड़ा पर वर्ष 1995 की मानसून वर्षा के कारण भू-जल में रिचार्ज का प्रतिशत क्रमशः 7.67, 22.44, 7.96, 10.08, 11.5, 17.3, 13.8 तथा 10.37% पाया गया है। खैरी, जल्लापुर, बहोरीपार, भूत पिपरिया तथा कड़ैया खेड़ा स्थलों पर भू-जल में रिचार्ज का प्रतिशत अपेक्षाकृत कम (क्रमशः 7.67, 7.96, 10.8, 11.05 तथा 10.37%) पाया गया। परन्तु मृदा में सिल्ट, मिट्टी तथा बजरी के प्रतिशत को ध्यान में रखते हुए, भू-जल में रिचार्ज प्रतिशत की मात्रा उचित जान पड़ती है। साथ ही भूत पिपरिया तथा कड़ैया खेड़ा स्थल बिना जोते हुए क्षेत्र से सम्बन्धित हैं तथा इन स्थलों पर अपेक्षाकृत कम रिचार्ज होना चाहिए। लेकिन मृदा में सिल्ट तथा मिट्टी का कम प्रतिशत तथा बजरी की अधिक प्रतिशत के कारण खैरी, जल्लापुर तथा बहोरीपार स्थलों की तुलना में, भू-जल में रिचार्ज का प्रतिशत इन स्थलों पर उचित जान पड़ता है।

सारणी 3 — विभिन्न परीक्षण स्थलों पर पीक शिफ्ट, औसत आयतनी जलांश, रिचार्ज, वर्षा, सिंचाई, % रिचार्ज

स्थल का नाम	पीक शिफ्ट (सेमी.)	औसत आयतनी जलांश	रिचार्ज (सेमी.)	वर्षा (सेमी.)	सिंचाई (सेमी.)	रिचार्ज %	सिल्ट+मिट्टी %	बजरी %
खैरी	22.99	0.274	6.30	82.09	0.0	7.67	91.75	2.6
राम पिपरिया	50.66	0.297	15.03	67.00	0.0	22.44	73.50	8.6
जल्लापुर	20.59	0.259	5.33	67.00	0.0	7.96	90.25	2.7
बहोरीपार	33.75	0.241	8.13	75.00	0.0	10.80	93.25	0.1
भूत पिपरिया	34.24	0.243	8.33	75.00	0.0	11.05	79.75	2.2
चिलाचोन खुर्द	61.00	0.214	13.05	75.00	0.0	17.30	72.50	0.5
खमतरा	43.88	0.237	10.40	75.00	0.0	13.80	87.80	4.2
कड़ैया खेड़ा	26.08	0.300	7.81	75.00	0.0	10.37	88.20	5.3

संदर्भ

1. Bhandari N, Gupta S K, Sharma P, Premsagar Ayachit V & Desai B I, Hydrogeological investigation in Sabarmati and Mahi basins and Coastal Saurastha using radioisotope and chemical tracers. *Tech Rep., HILTECH,* Roorkee, India (1986).
2. Chaturvedi R S, A note on the investigation of groundwater resources in western districts of Uttar Pradesh, *Annual Re port, UPIRI, Roorkee,* (1973) 86-122.
3. Datta P S, Mukherjee P, Chandrasekaran H & Variability in groundwater recharge through the unsaturated zone. *Bull of Radiation Protection*, **13** (1) (1990).
4. Mookerjee P, New concept of profile moisture and depth of injection in tritium tagging technique for evaluation of ground water recharge as a component of the water balance equation, *Bull of Radiation Protection*, **13** (1) (1990) 147-150.
5. Munnich K O, Moisture movement measured by isotope tag ging. In : *Guide book on nuclear techniques in hydrology,* IAEA, Vienna, (1968a) 112-117.
6. Munnich K O, Use of nuclear techniques for the determina tion of groundwater recharge rates. In : *Guide book on nuclear techniques in hydrology,* IAEA, Vienna, (1968b) 191-197.
7. Singh B P & Kumar B, Is it correct to assume that soil mois ture movement in unsaturated strata is a piston flow. *Abs. Vol., Intl. Conf. on Hyd & Water Resour., Dec. 20-22, New Delhi, India*. (1993).
8. Verma S K & Kumar B, Study of recharge to groundwater due to monsoon rains using Tritium Tagging Technique in parts of district Narsingpur (M.P.), technical report, TR/BR-154, National Institute of Hydrology, Roorkee, India (1996).
9. Hydrological study of district Hardwar and Saharanpur, Inerim Report, A collaborative study with National Institute of Hy drology, Roorkee, U.P.G.W.D. TM no. 1 Hyd (R-1) Roorkee (2000).
10. Zimmerman U, Ehhalt D & Munnich K O, Soil water move ment and evapotranspiration ; changes in the isotope compo sition of water, isotopes in hydrology, Proc. Symp. Vienna, (1967a) 567.
11. Zimmerman U, Munnich K O & Roether W, Downward movement of soil moisture traced by means of hydrogen isotoper, American Geophysical Union, Geophysical mono graph no. 11 (1967b) 28.