NOTAT

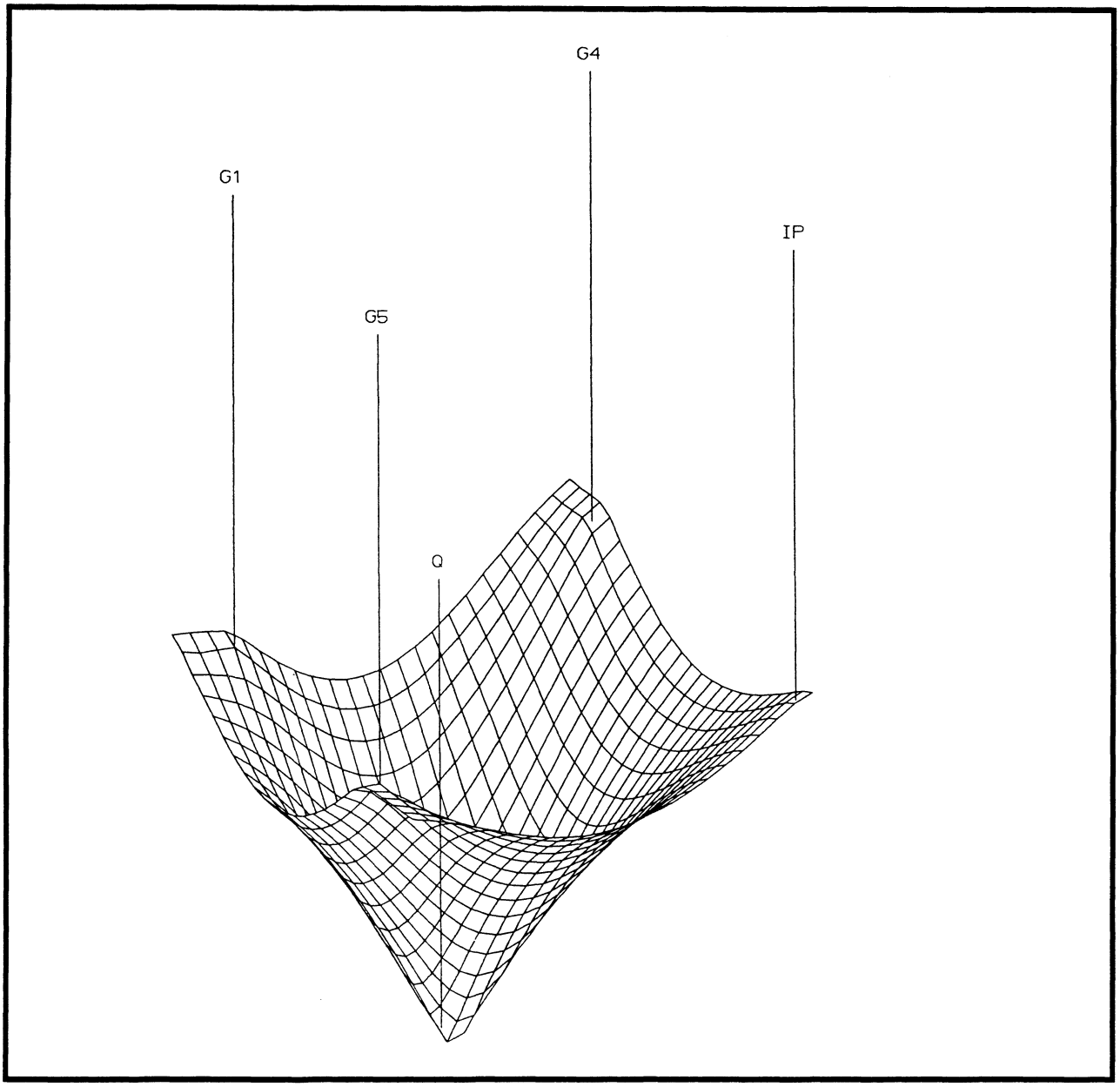
Nr 07
1993

NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

Nils-Otto Kitterød

SEKSJON VANNBALANSE

SIKKERHET VED BRUK AV TRITIERT VANN



HYDROLOGISK AVDELING

NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

TITTEL	NOTAT
Sikkerhet ved bruk av tritiert vann	Nr. 07 1993
	DATO 07.10.93

FORFATTER
Nils-Otto Kitterød

SAMMENDRAG
Norges Landbrukshøgskole (NLH) har studert nitratlekkasje fra 2 store jorder på Haslemoen i Solør mellom Kongsvinger og Elverum (Englund & Haldorsen, 1986). For bl.a. å kvantifisere nitratlekkasjen via grunnvannsreservoaret var det nødvendig å kalibrere en numerisk modell for grunnvanns-strømningen i dette området. I denne forbindelsen er det nødvendig å gjøre kvantitative sporstoff-forsøk, og Hydrologisk avdeling søkte derfor i samarbeid med Isotoplaboratoriet på NLH Statens Strålevern om tillatelse til å benytte tritiert vann (HTO) som sporstoff.

I dette notatet er resultatet fra enkle simuleringer av sporstoff-forsøket dokumentert. Forventet konsentrasjon i grunnvannet nedstrøms for forsøksområdet er også beregnet. Disse simuleringene er basert på foreløpige strømningsmodeller, og beregningene er kun ment å indikere størrelsesorden på forventet konsentrasjon.

Med de beregnede konsentrasjonene vil dette forsøket ikke medføre noen økt helserisiko for befolkningen i området.

ABSTRACT
Preliminary simulations of the expected concentration (in terms of Bq/l) are made to document the element of health risk when utilizing HTO as a tracer in groundwater. The finite difference model (ASM, Kinzelbach and Rauch, 1989) calculates a depth integrated concentration in preset nodes.

EMNEORD /SUBJECT TERMS
sporstoff-forsøk
grunnvann
tritium

ANSVARLIG UNDERSKRIFT

Arne Tollan
Avdelingsdirektør

Kontoradresse: Middelthunsgate 29
Postadresse: Postboks 5091. Maj.
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
Telefax: 22 95 90 00

Bankgiro: 0629.05.75026
Postgiro: 0803 5052055

Arkivert

INNHOLDSFORTEGNELSE

1. Innledning	2
2. Bakgrunn	2
3. Forsøksdesign	2
4. Simuleringer av sporstoff-forsøket	2
5. Spredning av avløpsvannet	3
6. Ekstremsituasjoner	3

Bakgrunn for søknad om tillatelse til bruk av tritiert vann

1. Innledning

Norges vassdrags- og energiverk (NVE), Hydrologisk avdeling, søker i samarbeid med Laboratorium for analytisk kjemi, avd. Isotoplaboratoriet, Norges Landbrukshøgskole, om tillatelse til å benytte tritiert vann i forbindelse med et sporstoff-forsøk i grunnvannet på Haslemoen i Solør. Denne rapporten er utarbeidet i samarbeid mellom NVE og Isotoplaboratoriet. NVE ved Nils-Otto Kitterød har ansvaret for den hydrauliske delen av forsøket, og Isotoplaboratoriet ved Brit Salbu og Helge Lien er ansvarlig for den radiologiske delen.

2. Bakgrunn

Fra tidlig på 1970 tallet har Norges Landbrukshøgskole (NLH) studert nitratlekkasje fra 2 store jorder på Haslemoen (Englund and Haldorsen, 1986). I 1989 inngikk bl.a. NVE og Universitetet i Oslo et samarbeid med NLH, hvor en av målsetningene var å etablere en strømningsmodell for grunnvannet på Haslemoen (GREGR 1989). Hensikten var bl.a. å studere nitratlekkasjen til Glomma. I den forbindelsen ble det i 1991 gjennomført et sporstoff-forsøk i grunnvannet ved hjelp av vanlig koksalt (NaCl) og Rhodamin-WT. Dette forsøket ble ikke vellykket fordi kun 5% av det injiserte Rhodaminet ble gjenvunnet. En sannsynlig forklaring på det dårlige resultatet er problemer med adsorpsjon av Rhodamin-WT til sedimentmatriks. (Forsøket er rapportert til Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd (NTNF) under programmet "Bedre Bruk av Vannressursene," og rapporten kan fås ved henvendelse til NVE). For å forbedre resultatet fra 1991 ønsker vi nå å benytte et mer ideelt sporstoff, og tritiert vann (HTO) utpeker seg da som en velegnet tracer.

3. Forsøksdesign

Sporstoff-forsøket er tenkt gjennomført i det samme området hvor forsøket ble gjort i 1991, og enkelte av de etablerte brønninstallasjonene vil bli benyttet om igjen (fig.1). Sporstoffet vil bli injisert i en sandspiss som står 5,5 m under grunnvannsspeilet.

Et rør føres ned til sandspissen. En lukket glassbeholder med det tritierte vannet blir sluppet ned gjennom røret og knust i bunnen. Denne fremgangsmåten nyttes for å unngå spill på overflaten.

10m nedstrøms injeksjonsbrønnen vil det bli pumpet kontinuerlig under hele forsøket med en pumperate på ca. 0,5 l/s. Etter planen vil 100% av det injiserte sporstoffet bli gjenvunnet i pumpebrønnen. Det er installert observasjonsbrønner rundt pumpebrønnen hvor trykkendringer i grunnvannet blir registrert både horisontalt og vertikalt (fig.2). Strømningsretningen skal i prinsippet være kjent til enhver tid under hele forsøket. Av utpumpet vannmengde vil det bli tatt vannprøver som sendes til Isotoplaboratoriet for tritiummåling. Resterende vannmengde vil bli ført ca. 50m nedstrøms og reinfiltrert i grunnvannet fra et avgrenset område på markoverflaten.

4. Simuleringer av sporstoff-forsøket

Med hydrauliske parametre beregnet etter forsøket i 1991, og en pumperate på 0,5 l/s er trykkfordeling og strømningslinjer beregnet (fig.3 og 4). Med en injisert sporstoff-mengde tilsvarende 10^9 Becquerel (Bq) vil maks konsentrasjon i utpumpet vann inntreffe etter ca. 6,5 dagers pumping. Maks konsentrasjon vil etter disse beregningene tilsvare ca. 16 000 Bq /l(fig.5).

5. Spredning av avløpsvannet

Ut fra foreløpige strømningsmodeller er spredningen av avløpsvannet simulert. Med "avløpsvann" er det i denne sammenhengen ment utpumpet vann som kan inneholde sporstoff, og som infiltreres i grunnen ca.70m nedstrøms for pumpebrønnen. Den numeriske modellen som er benyttet i disse simuleringene er ASM (Kinzelbach and Rauch, 1989). Denne modellen er basert på "endelig differanse" metoden og beregner en 2-dimensjonal strømning.

Med infiltrering fra overflaten over et areal på ca.10m^2, vil oppholdstiden fra markoverflaten til grunnvannspeilet være fra 5 til 8 timer. Estimert oppholdstid forutsetter tilnærmet full vannmetning i umettet sone. Denne tidsforsinkelsen samt utglatting av konsentrasjonen er neglisjert i disse simuleringene. Forventet oppholdstid i grunnvannet fra sporstoffområdet til Glomma er beregnet til ca. 18 år (fig.6). Usikkerhetsmarginen er anslått til ±5 år. Som indikert i fig.6 vil det være en betydelig vertikal transport nedover i grunnvannet. Eventuelle grunnvannsuttak nedstrøms, som finner sted like under grunnvannsspeilet, vil derfor bli minimalt influert.

Den horisontale spredningen er simulert med en 2-dimensjonal modell. Konsentrasjonene er dybdeintegrert, d.v.s. at det er beregnet en gjennomsnittlig konsentrasjon av sporstoffet i en kolonne fra grunnvannsspeilet og til bunnen av grunnvannsreservoaret. I disse beregningene er spredningskoeffisient langs strømningsretningen (longitudinal dispersivitet) satt til 5m, mens tilsvarende spredningskoeffisient på tvers av strømningsretningen (transversal dispersivitet) er anslått til 0,5m. Den dybdeintegrerte konsentrasjonen er beregnet i 9 nodepunkter i retningen fra sporstoff-området mot Glomma (fig.1). Med injisert sporstoffmengde tilsvarende 10^9 Bq vil max. volum-konsentrasjon i noden hvor injeksjonen foretaes (node 6,8) være ca. 2 Bq/l (fig.7). Denne noden tilsvarer et areal på 500 x 500m^2. Volum-konsentrasjon i node 7,8 og 7,9 er ca. 1 Bq/l. Konsentrasjonen i grunnvannet som renner ut i Glomma er ca. $45 \cdot 10^{-3}$ Bq/l (node 8,12, fig.8). 500m fra Glomma er volum-konsentrasjonen ca. $20 \cdot 10^{-2}$ Bq/l, mens 1000m fra Glomma er tilsvarende konsentrasjon ca. $80 \cdot 10^{-2}$ Bq/l (fig.8). Konsentrasjonene er beregnet med en nedbrytningshastighet på $1{,}56 \cdot 10^{-4}$ pr. dag. Dette tilsvarer halveringstiden for tritium, som er 12,3 år.

I området representert ved node 6,9 vil ikke grunnvannet bli kontaminert i følge vår modell. Dette innebærer at gårdsbruket Lindstad ikke vil bli berørt. Området ved Kulpen (node 7,10) vil i h.h.t. disse beregningene ha en volum-konsentrasjon på under 0,2 Bq/l. Grunnvannet som befinner seg rett under grunnvannsspeilet vil ikke være kontaminert av HTO i dette området fordi det er en strømningskomponent mot dypet (fig.6).

Det er grunn til å påpeke at disse beregningene er basert på foreløpige modeller, og at de beregnede konsentrasjonene kun er ment å indikere hvilken størrelsesorden vi forventer av sporstoffkonsentrasjoner i grunnvannsmagasinet nedstrøms for forsøksfeltet. De beregnede konsentrasjonene er volum-gjennomsnitt. Dette innebærer at i visse deler av grunnvannsreservoaret vil konsentrasjonene være noe høyere, mens de i store deler vil være lavere. Ved et eventuelt grunnvannsuttak for drikkevannsforsyning hvor pumpebrønnen vil ha et filter som gjennomtrenger større deler av reservoaret, vil vannkvaliteten fra en slik brønn være et volum-gjenomsnitt av vannet i brønnens influensområde.

6. Ekstremsituasjoner

To mulige ekstremsituasjoner kan tenkes å oppstå i forbindelse med utførelsen av forsøket;

i) at alt sporstoff ved et uhell spilles på markoverflaten eller
ii) at det oppstår totalt pumpehavari etter at sporstoffet er injisert

I det første tilfellet kan sporstoffet fjernes fra markoverflaten ved at det pumpes opp grunnvann som infiltreres i området hvor sporstoffet ble mistet. I løpet av maks 2 døgn vil alt sporstoff ha nådd grunnvannsspeilet og spredningen vil tilsvare forløpet til avløpsvannet, med den forskjell at konsentrasjonsfronten vil være skarpere. Et totalt pumpehavari etter at sporstoffet er injisert vil føre til den største konsentrasjonsgradienten. Disse to ekstremsituasjonene tilsvarer imidlertid de beregningene som er gjort ovenfor av spredningen av avløpsvann. Utgangspunkt for disse simuleringene var en momentan injeksjon av en sporstoff-mengde tilsvarende 10^9 Bq.

Følgende ekstremsituasjon kan tenkes å oppstå etter at forsøket er utført:

> at det settes ned en pumpebrønn for drikkevannsforsyning i nærheten av injeksjonsområdet umiddelbart etter at forsøket er utført

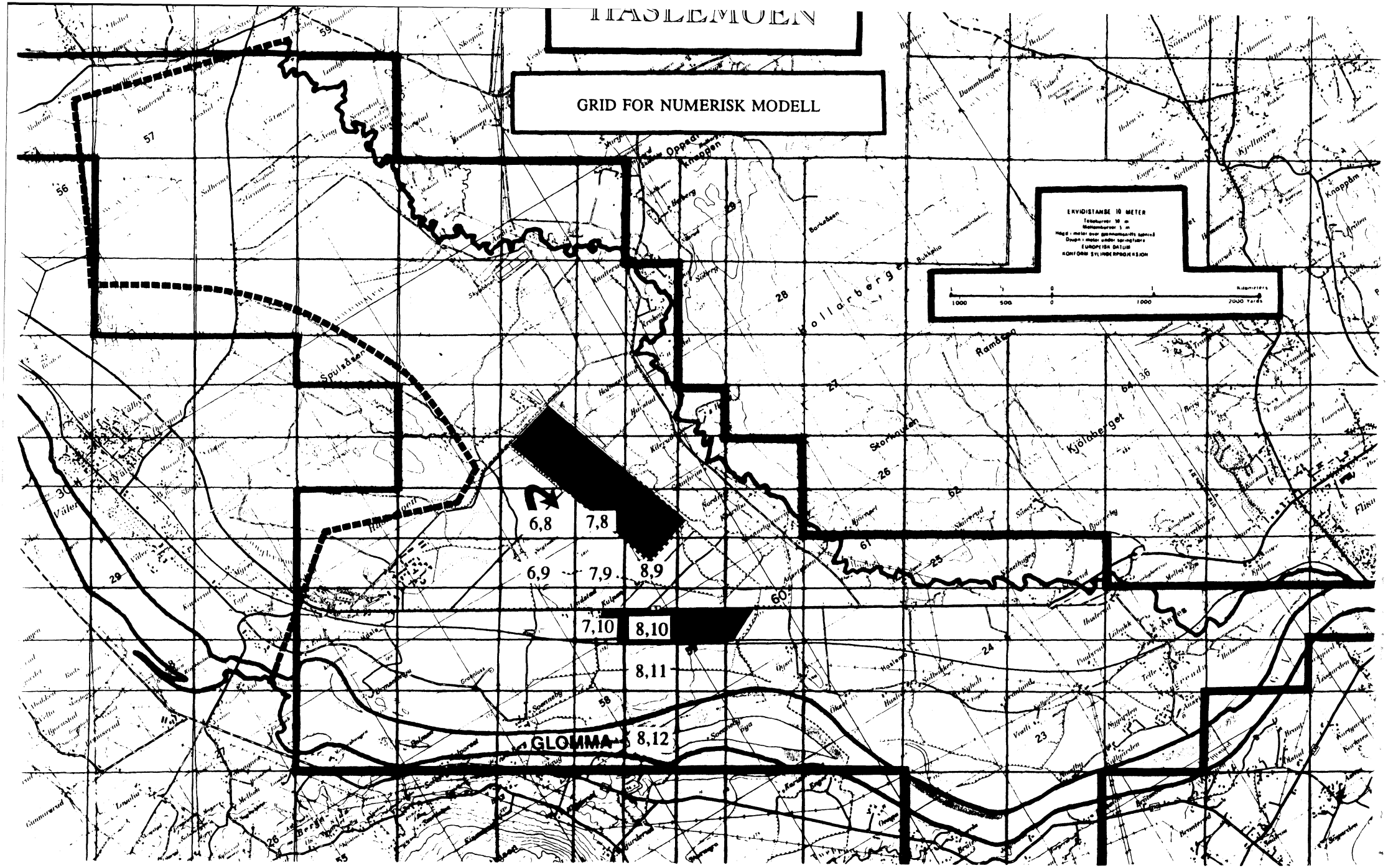
Denne situasjonen tilsvarer konsentrasjonssimuleringene i node 6,8, node 7,8 og node 7,9 (fig.7). Maks konsentrasjon vil i h.h.t. disse beregningene være ca. 2 Bq/l. Dette verste tenkelige tilfellet vil ikke representere noen helserisiko for befolkningen.

Referanser:

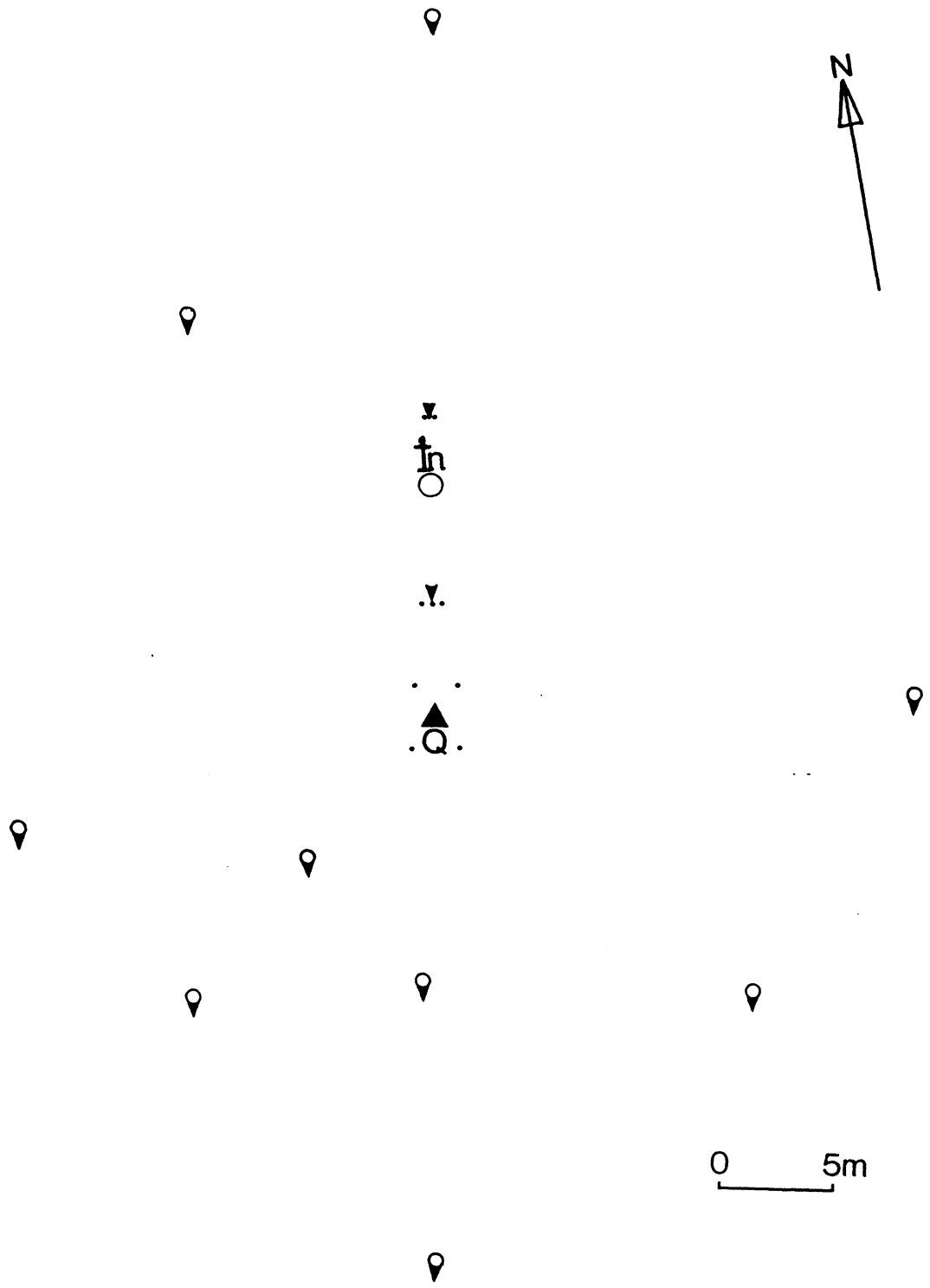
Englund, J-O. and Haldorsen, S. 1986: Profiles of Nitrogen Species in a Sand-Silt Aquifer at Haslemoen, Solør South Norway. *Nordic Hydrology 17, p295-304.*

GREGR 1989: Groundwater Research Group, Annual report 1989, *Norwegian Water Resources and Energy Administration, Oslo.*

Kinzelbach, W. and Rauch, R., 1989: Aquifer Simulation Model "ASM", Documentation. *Kassel - Universität, FRG*

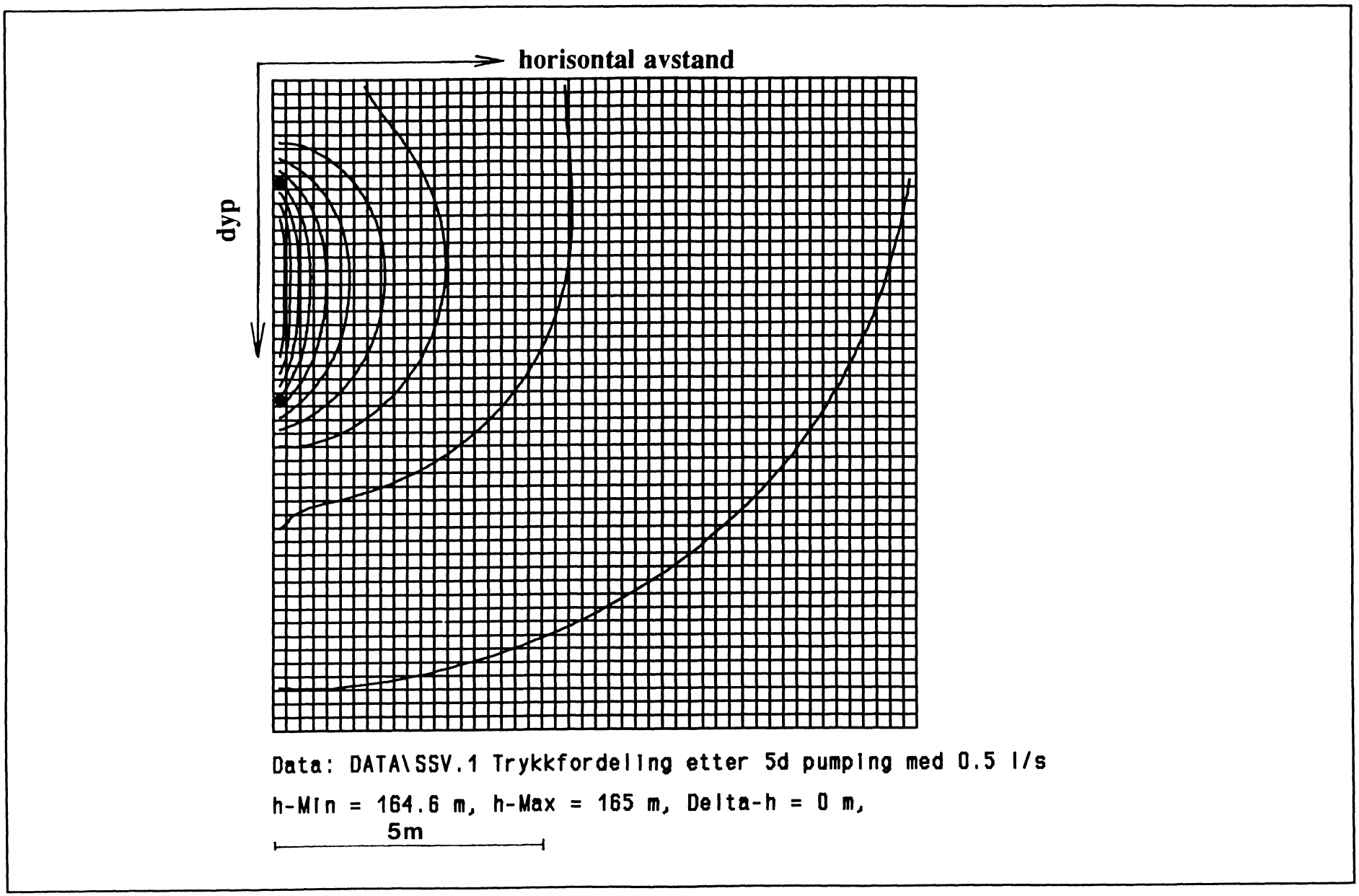


Figur 1. Diskretisering av grunnvannsreservoaret på Haslemoen i Solør. Helfylt bøyd pil viser hvor sporstoff-forsøket er tenkt gjennomført. Feltene hvor det er foretatt konsentrasjonsberegninger er avmerket med sitt node nummer. Node 6,8 er området hvor injeksjonen etter planen skal foretas. De 2 helfylte mørke feltene viser oppdyrket areal. Fra disse jordene finner det sted en svak nitratlekkasje til grunnvannet.

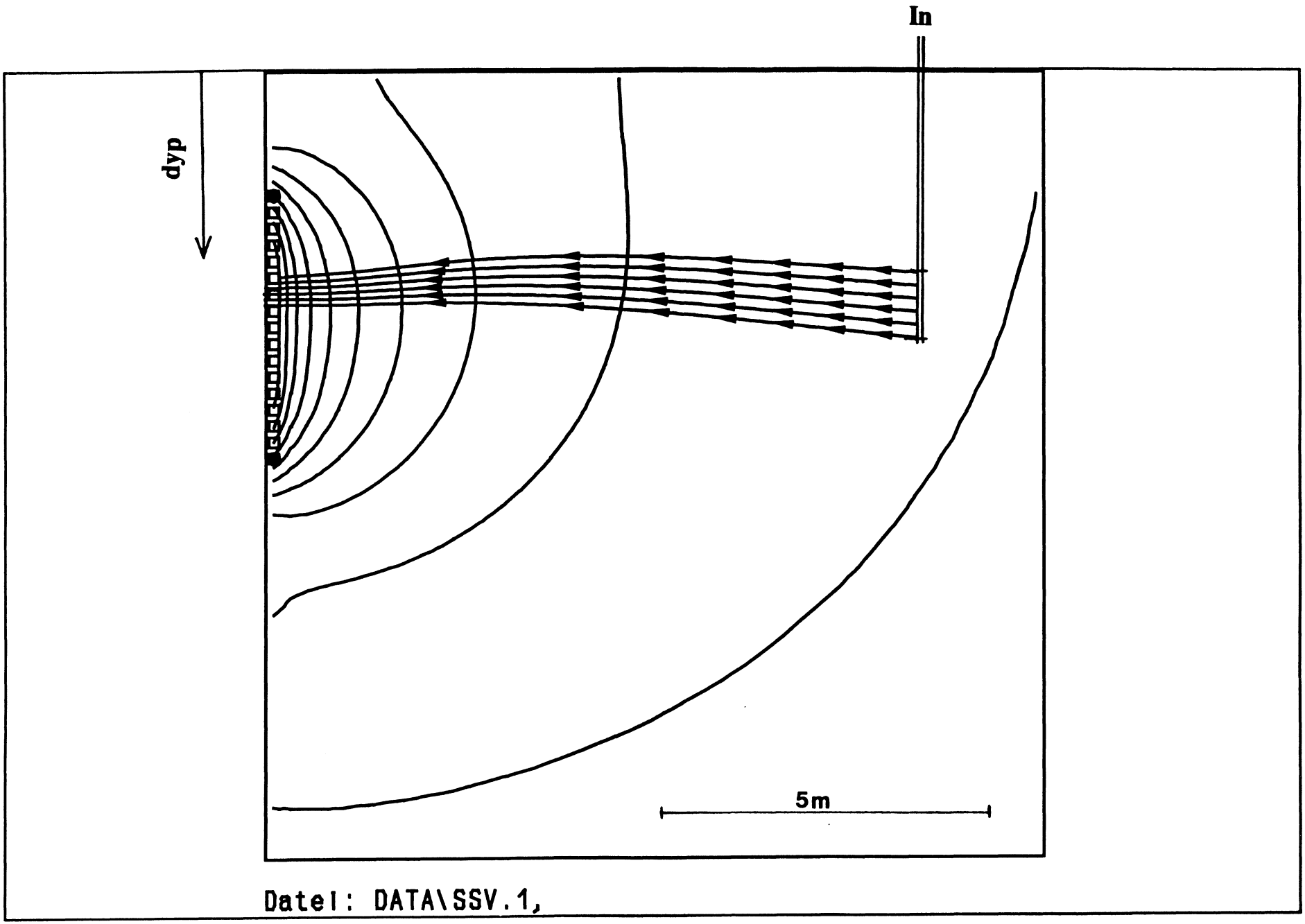


Figur 2. Skisse som viser brønninstallasjonene i forsøksfeltet.

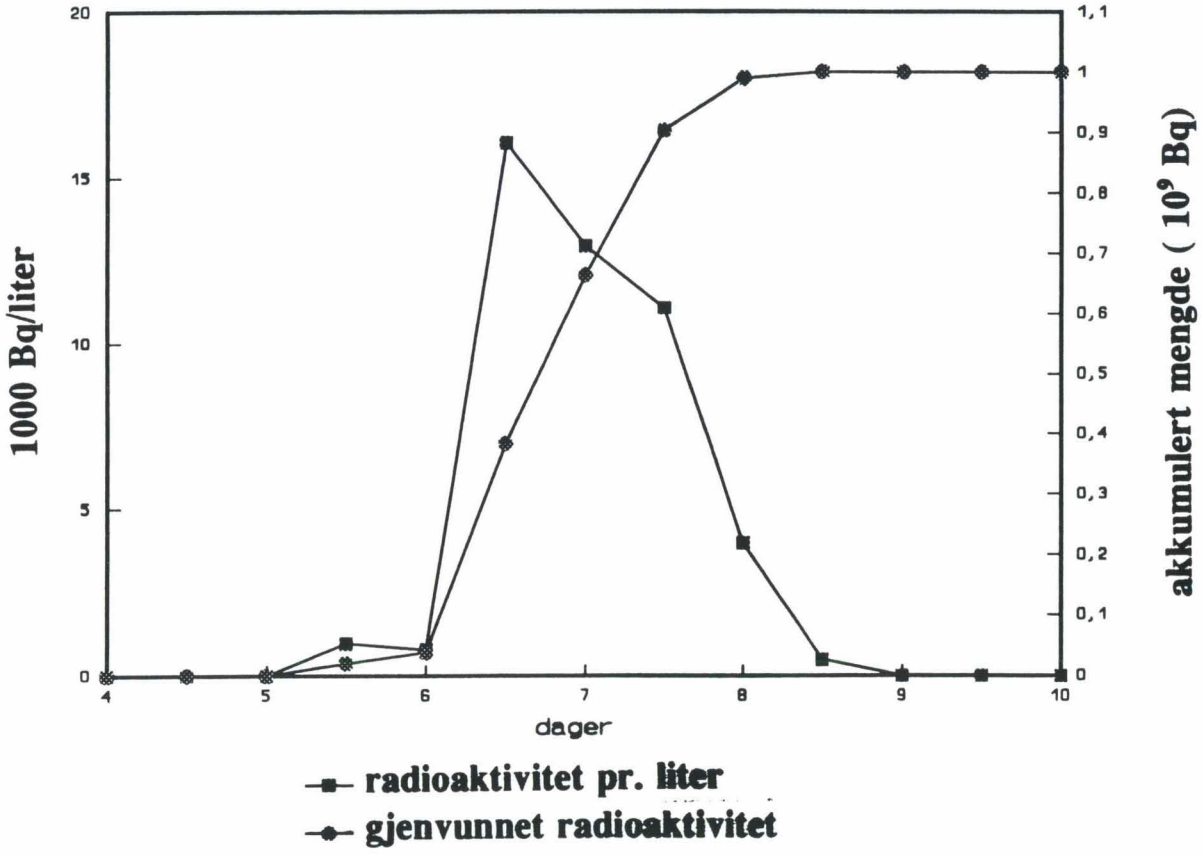
Q - pumpebrønn
In - injeksjonsbrønn
▼ - kontinuerlig observasjon av trykkendringer
▼ - peilebrønner for manuell observasjon av trykkendringer



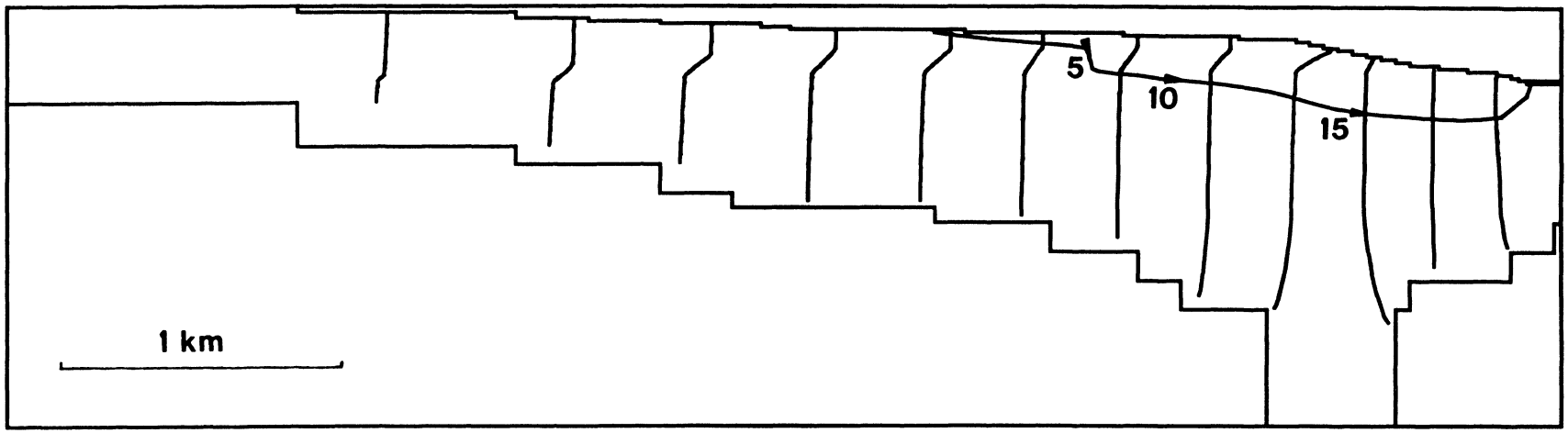
Figur 3. Simulert trykkfordeling mellom injeksjonsbrønn og pumpebrønn.



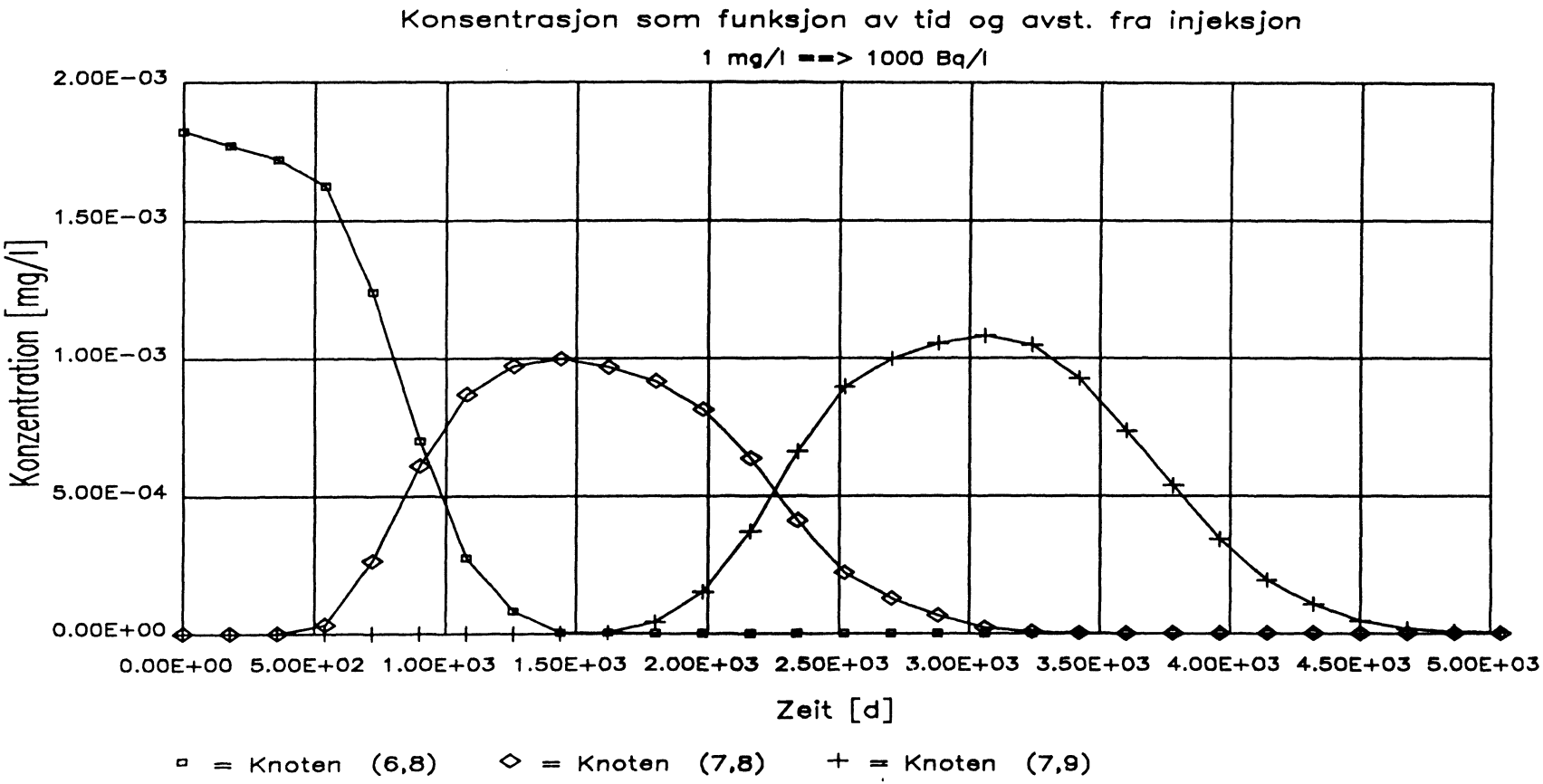
Figur 4. Beregnet oppholdstid mellom injeksjonsbrønn og pumpebrønn. Avstanden mellom hver pil indikerer 1 dags oppholdstid.



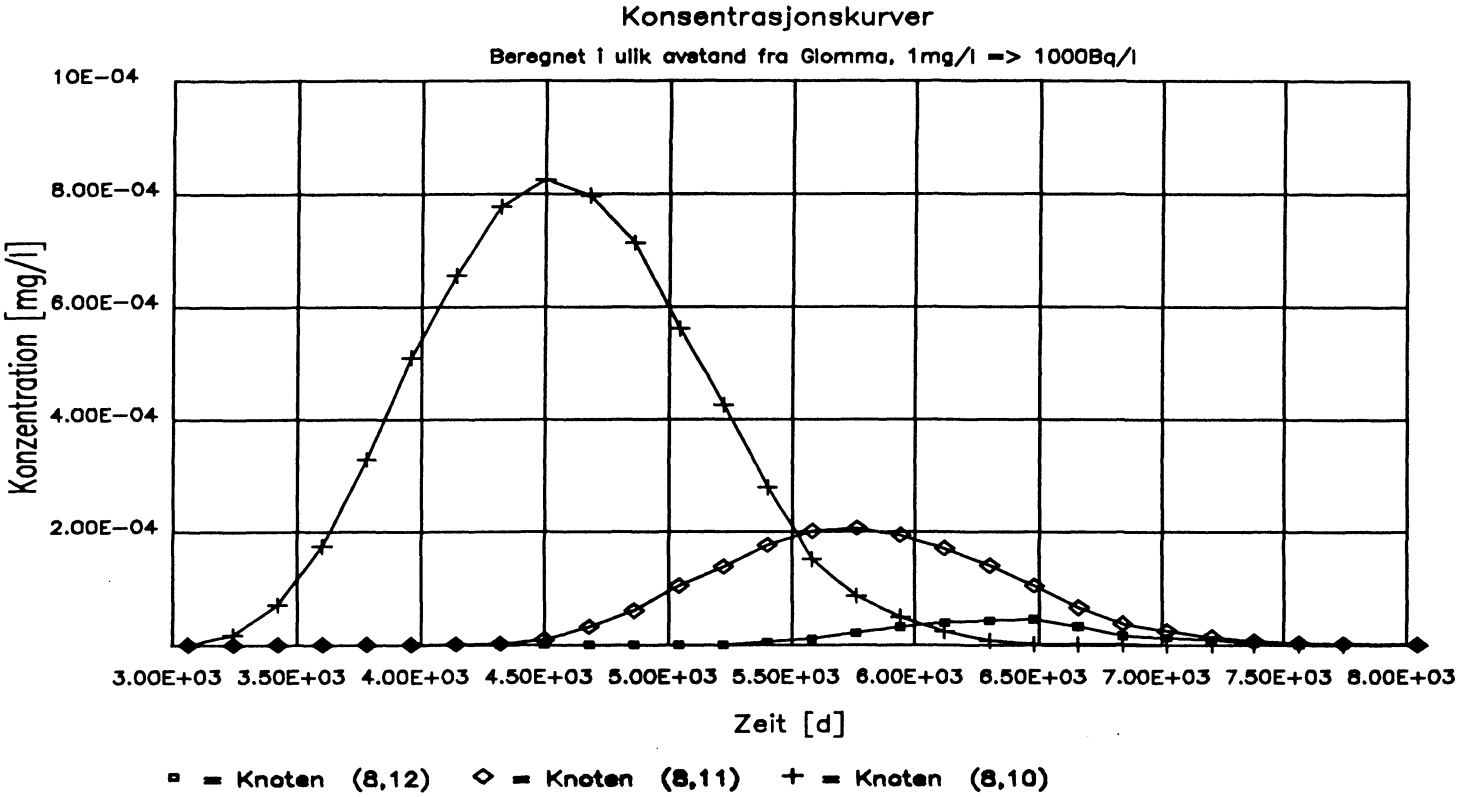
Figur 5. Beregnet konsentrasjon i utpumpet grunnvann, samt totalt gjenvunnet sporstoff-mengde. I disse beregningene er det injisert en sporstoff-mengde tilsvarende 10^9 Bq, og sporstoffet er betraktet som en konservativ tracer.



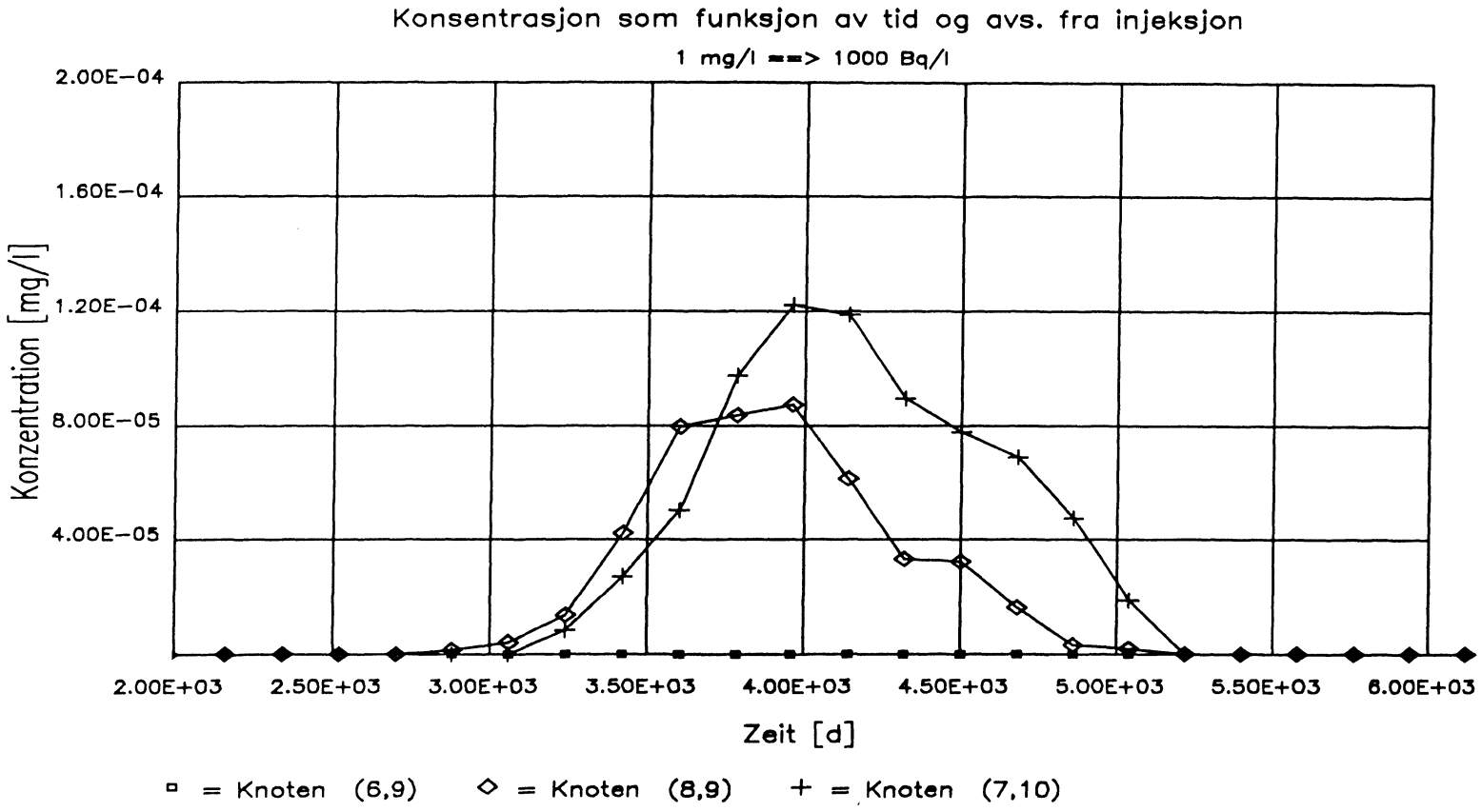
Figur 6. Simulert tverrsnitt av grunnvannsmagasinet på Haslemoen. Avstanden mellom hver pil indikerer en oppholdstid på 5 år. Estimert oppholdstid er ca. 18 år fra injeksjonsområdet til Glomma. Horisontal : vertikal målestokk = 1 : 10.



Figur 7. Beregnet volum-konsentrasjon i området hvor injeksjonen etter planen skal foretas (node 6,8 som tilsvarer et felt på 500m X 500m, se fig.1). Forventet volumgjennomsnitt i dette området vil umiddelbart etter injeksjonen være ca. 2 Bq/l. Områdene representert ved nodene 7,8 og 7,9 vil få maks. volumgjennomsnitt på ca. 1 Bq/l.



Figur 8. Beregnet konsentrasjon i grunnvannet fra en momentan injeksjon av en sporstoff-mengde tilsvarende 10^9 Bq. Lokalisering av nodepunktene hvor konsentrasjonen er beregnet er vist i fig.1. I node 8,12 beregnes konsentrasjonen på grunnvannet som strømmer ut i Glomma, node 8,11 tilsvarer området fra 0-500m fra Glomma, mens node 8,10 er området 500-1000m fra Glomma.



Figur 9. Området representert ved node 6,9 (fig.1) vil ikke bli influert av sporstoffet. I området representert ved node 8,9 og 7,10 vil volum-gjennomsnittet være under 0,5 Bq/l.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energiverk (NVE)
Adresse: Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo

I 1993 ER FØLGENDE NOTATER UTGITT:

Nr	1	Tove I. Aksnes og Trine-Lise Varkold: Veileder for utgivelser i NVE`s serier. (71 s.)
"	2	Håkon Egeland, Christian H. Johansen, Jon Sagen, Inge H. Vognild: Kraftutveksling med utlandet - NVEs rolle. (25 s.)
"	3	Svanhild Mosebakken: Status 1.1.93 og videre plan for IT-området. (17 s.)
"	4	Torfinn Jonassen, Reidun Kvernum: Prosess for økt bruk av energistyringssystem i boliger. Sluttrapport. (17 s.)
"	5	Dag Bachke (red.): Vassdragstilsynet. Årsoversikt 1992. (42 s.)
"	6	IKKE OFFENTLIG
"	7	Nils-Otto Kitterød: Sikkerhet ved bruk av tritiert vann. (14 s.)