

NPo-forskning fra Miljøstyrelsen

Nr. B12 1990

Fluktuationer i grundvandets nitratindhold



Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Om NPo-forskningsprogrammet

NPo-forskningsprogrammet skal tilvejebringe viden om, hvordan kvælstof (N), fosfor (P) og organisk stof (o) omsættes i jord og påvirker søer, vandløb, fjorde, hav og grundvand.

Denne rapport er en af de ca. 50, der udsendes som et resultat af NPo-forskningsprogrammet. Med Miljøstyrelsen som ansvarlig for programmets gennemførelse er der sat ca. 70 NPo-projekter i gang ved 25-30 institutioner.

Op gennem 1970'erne og i 80'ernes begyndelse kom der en stigende erkendelse af, at udledninger af næringsstoffer kunne blye en trusel mod livet i vandløb m.v. – og af at der kunne ske en nitratforening af grundvandet. Den eksisterende viden blev i 1984 samlet af Miljøstyrelsen i den såkaldte NPo-rapport.

Rapporten førte til, at Folketinget i 1985 vedtog de første indgreb for at begrænse forureningen med næringsstoffer – ved at stille krav om, hvordan landbruget skal opbevare og sprede husdyrgødningen.

For at skaffe en større viden om næringsstoffers indvirkning på naturen afsatte Folketinget samtidig 50 mill. kr. til dette forskningsprogram – som løber fra 1985 og frem til udgangen af 1990.

NPo-forskningsprogrammet blev yderligere aktuelt med Folketingets vedtagelse af Vandmiljøplanen i 1987. Her vil NPo-programmets resultater indgå som et vigtigt baggrundsmateriale for vurderingen af Vandmiljøplanens virkninger.

Til at sikre den faglige og økonomiske afvejning af forskningen blev der nedsat en styringsgruppe, som således har haft det øverste ansvar for NPo-programmets gennemførelse. Desuden blev der nedsat tre koordinationsgrupper, som hver har haft det faglige ansvar for deres område: jord og luft, grundvand og overfladevand.

Rapporterne udsendes i serien »NPo-forskning fra Miljøstyrelsen« – som er opdelt i A, B og C publikationer:

- A er rapporter om jord og luft
- B er rapporter om grundvand
- C er rapporter om vandløb, søer og marine områder

Miljøstyrelsen har været sekretariat for arbejdet og har sammen med koordinationsgrupperne stået for redaktionen af denne rapportserie.

4256

NPo-forskning fra Miljøstyrelsen
Nr. B12 1990

Fluktuationer i grundvandets nitratindhold

Lars Jørgen Andersen, Niels Kelstrup
Danmarks Geologiske Undersøgelse

MILJØSTYRELSEN
BIBLIOTEKET
Strandgade 29
1401 København K

Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Indhold

	<u>Sammendrag</u>	5
<u>1.</u>	<u>Indledning</u>	7
<u>2.</u>	<u>Materialer og metoder</u>	8
2.1	Lokaliteter	8
2.2	Baggrundsdata	8
2.2.1	Dybendal	10
2.2.2	Holmegård	10
2.2.3	Staby	14
2.2.4	Sdr. Bork	14
2.2.5	Borris	20
2.3	Metoder	20
2.3.1	Metode for pumpebetingede kontrationskurver	24
2.3.1.1	Forudsætninger	24
2.3.1.2	Tolkningsmetode	25
2.3.2	Separationspumpning	27
2.3.3	Tidsserier	28
<u>3.</u>	<u>Resultater</u>	29
3.1	Testpumpninger	29
3.1.1	Dybendal	29
3.1.2	Holmegård	29
3.1.3	Staby	30
3.1.4	Sdr. Bork	30
3.1.5	Borris	30
3.2	Tidsserier for nitratkoncentrationen	31
3.2.1	Holmegård	31
3.2.2	Borris	35

3 . 3	Markvanding	38
<u>4 .</u>	<u>Tolkning og konklusion</u>	42
4 . 1	Tolkning og diskussion	42
4 . 1 . 1	Dybendal	42
4 . 1 . 2	Holmegård	42
4 . 1 . 3	Staby	44
4 . 1 . 4	Sdr. Bork	45
4 . 1 . 5	Borris	45
4 . 2	Hovedkonklusion	48
<u>5 .</u>	<u>Appendix</u>	49
	<u>Referencer</u>	52
	<u>Figurliste</u>	53

SAMMENDRAG

Sæsonfluktuationer i nitratindholdet i brugsvandet fra en række borer i Vestjylland, Ringkøbing Amt gennem en årrække kunne ikke umiddelbart forklares. Pedersen (1986 og 1987) har anvendt en hydraulisk forklaring, idet han anfører, at overfladenært, nitratholdigt vand kan transporteres i mellemrummet mellem borehullets væg og foringsrøret. Nærværende undersøgelse havde til formål at forklare eller kaste lys over årsagen til de konstaterede fluktuationer.

Et antal borer blev udvalgt, geologi og hydrogeologi blev beskrevet sammen med borerne tekniske udbygning, filterlængde og placering i reservoaret. Nitratzonens udbredelse blev kortlagt, dels på basis af pumpeforsøg og dels ved udførelse af supplerende borer med mulighed for udtagelse af niveaukorrekte vandprøver ned gennem de pågældende reservoirer, i hvilke fluktuationerne er konstateret. Der blev i de udvalgte borer gennemført såkaldte testpumpninger, med konstant pumpning i en periode på 1 á 2 uger under jævnlig udtagning af vandprøver til analyse for nitrat og andre hovedbestanddele. Endvidere blev der gennemført sådanne pumpninger samtidigt på to nærliggende borer med filtre i forskellige niveauer, de såkaldte separationspumpninger. Endelig er der regelmæssigt i perioden 1987-1989 udtaget vandprøver til analyse. De sidstnævnte analyser, skulle give tidsserier over nitratindholdet i hele undersøgelsesperioden, mens testpumpningerne skulle give korttidsændringer under konstant pumpning på borgen.

To lokaliteter Holmegård og Borris er nærmere undersøgt.

Resultaterne af de udførte pumpninger og analyser

viste, at nitratindholdet har været stigende i perioden 1987 - 1990, endog op til 5 gange stigningen i perioden før 1987. Desuden viste det sig, at pumpevandets indhold af nitrat i høj grad var bestemt af pumpetidens længde. I nogle boringer faldt nitratindholdet med pumpetiden, i andre steg det, og i en enkelt forblev nitratindholdet stort set uændret.

Disse resultater gav anledning til, at der opstilledes en principmodel, der kunne benyttes til tolkning af de fremkomne nitratkurver.

Forudsætningerne for, at nitratfluktuationer af nærværende art kan optræde sæsonmæssigt, er: at der pumpes sæsonmæssigt på en boring med partiell filterudbygning i et grundvandsreservoir med en lagdelt vandkvalitet, f.eks. som tilfældet er ved nitratforurening.

15 typer på nitratkurver blev beskrevet, heraf er de 14 vist grafisk på fig. 12. Den opstillede tolkningsmodel er benyttet til at forklare de opnåede koncentrationskurver under testpumpningerne, og der er gennemført kontrol fra de virkelige forhold, i det omfang datagrundlaget har muliggjort dette.

Efter forfatternes opfattelse har modellen kunnet forklare de fundne kurveforløb på tilfredsstillende måde, og hovedkonklusionen af undersøgelsen har været, at de konstaterede "sæsonfluktuationer" er pumpebetingede og fremkaldt ved ændrede strømningsforhold, og derved ændrede blandingsforhold mellem grundvand over og under nitratfronten i boringer med partiell filtersætning i grundvandsforekomster med en nitratzone i en større eller mindre øvre del. Ændringer i input-koncentrationen har modifieret "sæsonfluktuationerne", men ikke udvirket dem.

1. INDLEDNING

I forbindelse med grundvandsmonitering i ind vindingsboringer i Ringkøbing Amtskommune har det vist sig, at der forekommer fluktuationer i nitratkoncentrationen selv i borerne med relativ stor dybde til grundvandet og med filter relativt dybt i reservoaret. Pedersen (1986 og 1987) har anvendt en hydraulisk forklaring, idet han anfører, at overfladenært, nitratholdigt vand kan transporteres i mellemrummet mellem borehullet og foringsrøret, selvom dette kan være efterfyldt med opboret materiale, filtergrus eller filtergrus/lerspærre. Formålet med dette projekt har været at belyse årsagerne til sådanne fluktuationer i grundvandskvaliteten.

2. MATERIALER OG METODER

2.1 Lokaliteter

Dybendal,
Holmegård,
Staby, Sdr. Bork
Borris

Data fra DGU's
borearkiv og
Ringkøbing Amt

18 pejle og prø-
vetagningsfiltre

Undersøgelsen omfatter forholdene ved følgende 5 vandværker, se fig. 1: Dybendal, Holmegård, Staby, Sdr. Bork og Borris. Bortset fra lokaliteten Holmegård, hvor der er artesiske forhold, findes der frie vandspejlsforhold ved lokaliteterne. Alle vandind vindingsboringer indvinder vand fra reservoarer i smeltevandssand med dæk af moræneler varierende fra 0 til 10 m. I en statusrapport (Kølstrup, 1988) findes en mere detailleret beskrivelse af de udvalgte lokaliteter og undersøgelsesresultater.

2.2 Baggrundsdata

For hver lokalitet er ved hjælp af data fra DGU's borearkiv medtaget oplysninger vedrørende geologi, hydrogeologi og boringernes tekniske forhold. Baggrundsdata i form af tidsserier over nitratkoncentrationens fluktuationer er indsamlet fra Ringkøbing amts grundvandsmoniteringsnet. Ved lokaliteterne Dybendal, Staby og Sdr. Bork er der udført undersøgelser i en enkelt boring hvert sted, medens der ved såvel Holmegård som Borris er udført undersøgelser i flere boringer. Ved Holmegård omfatter undersøgelserne en husholdningsboring, en markvandingsboring samt en boring udført i forbindelse med dette projekt, hvorved antallet af observationspunkter her blev tre. På lokaliteten Borris fandtes ligeledes en husholdningsboring og en markvandingsboring. Her suppleredes først med en boring udbygget som en rede med 5 pejlefiltre A-E, og senere med to reder hver med 5-6 nedrammede pejlefiltre placeret tæt ved de to boringer, således at der ved Borris i alt blev 18 observationspunkter. Ved alle 5 vandværker udførtes testpumpninger af

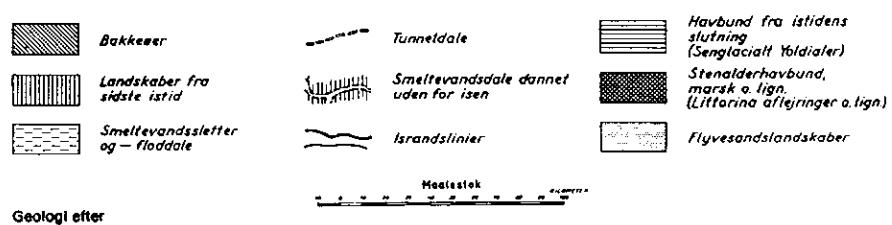
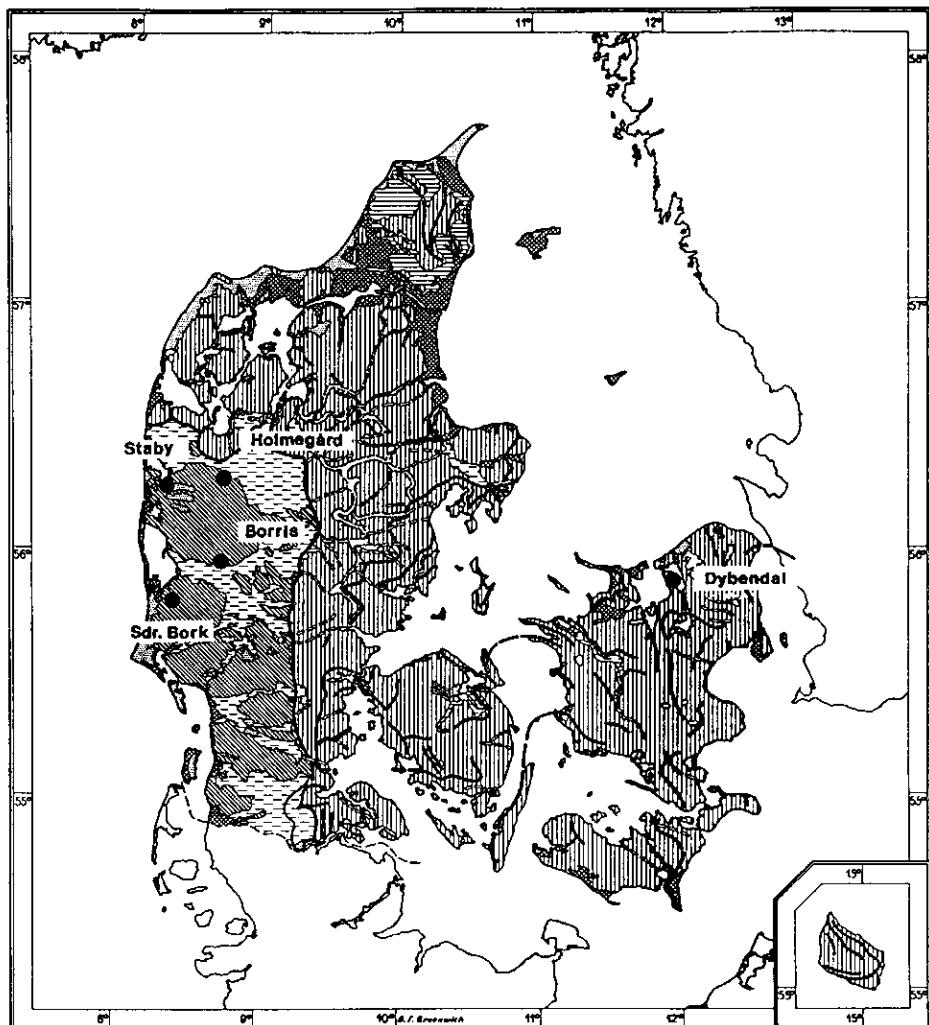


Fig. 1. Lokalitetskort.

Testpumpninger flere døgns varighed med udtagning af vandprøver for at undersøge indvirkningen af kontinuert pumpning på nitratkoncentrationen som funktion af pumpetiden og for at undersøge eventuelle forskelle i forhold til normal, diskontinuert pumpning.

Prøvetagning ved Holmegård og Boris Ved Holmegård og ved Borris fortsattes undersøgelserne med kvartalsmæssig udtagning af vandprøver fra de etablerede filtre til belysning af fluktuationer i nitratindholdet som funktion af dybde, tid og markvanding.

2.2.1 Dybendal

Hydrogeologi og boredata. Vandværet i Dybendal, fig. 2 og 3, udnytter et frit grundvandsreservoir i smeltevandssand. Reservoiret overlejres af 5 m moræneler, og en umættet zone i smeltevandssand på 20 m og ned grunden 25 m under terræn. Af nærliggende boringer fremgår, at der under reservoiret, 42 m under terræn, findes moræneler. Den mættede zone er således fra 25-42 m under terræn. Boringen er filtersat 32-38 m.u.t. i reservoirets nederste halvdel. Nitratkoncentrationen i pumpevandet var i 1950 50 mg/l.

Moræneler over og under smeltevandssand

Nitrat 50 mg/l

Boredata og hydrogeologi Beliggenheden af lokaliteten Holmegård fremgår af fig. 4, og de geologiske forhold er vist på fig. 5. Det ses, at jordlagene i de udførte boringer i altovervejende grad består af smeltevandssand dog med et 4 m tykt morænelerlag 2 - 8 m.u.t. Boring 74.542 er 41 m dyb, uden at sandlaget er gennemboret. Grundvandsreservoiret, under morænelerlaget er artesisk, idet grundvandsstanden er 7 m.u.t. Ved pumpning vil der dog opstå frie vandspejlsforhold omkring pumpeboringen. Over morænelerlaget kan der temporært

Moræneler over smeltevandssand



500 0 500 1000 m

Dybendal

● Boring

← Grundvandsstrømningsretning

Kortgrundlag: Geodætisk Institut
Udsnit af

Fig. 2. Dybendal.

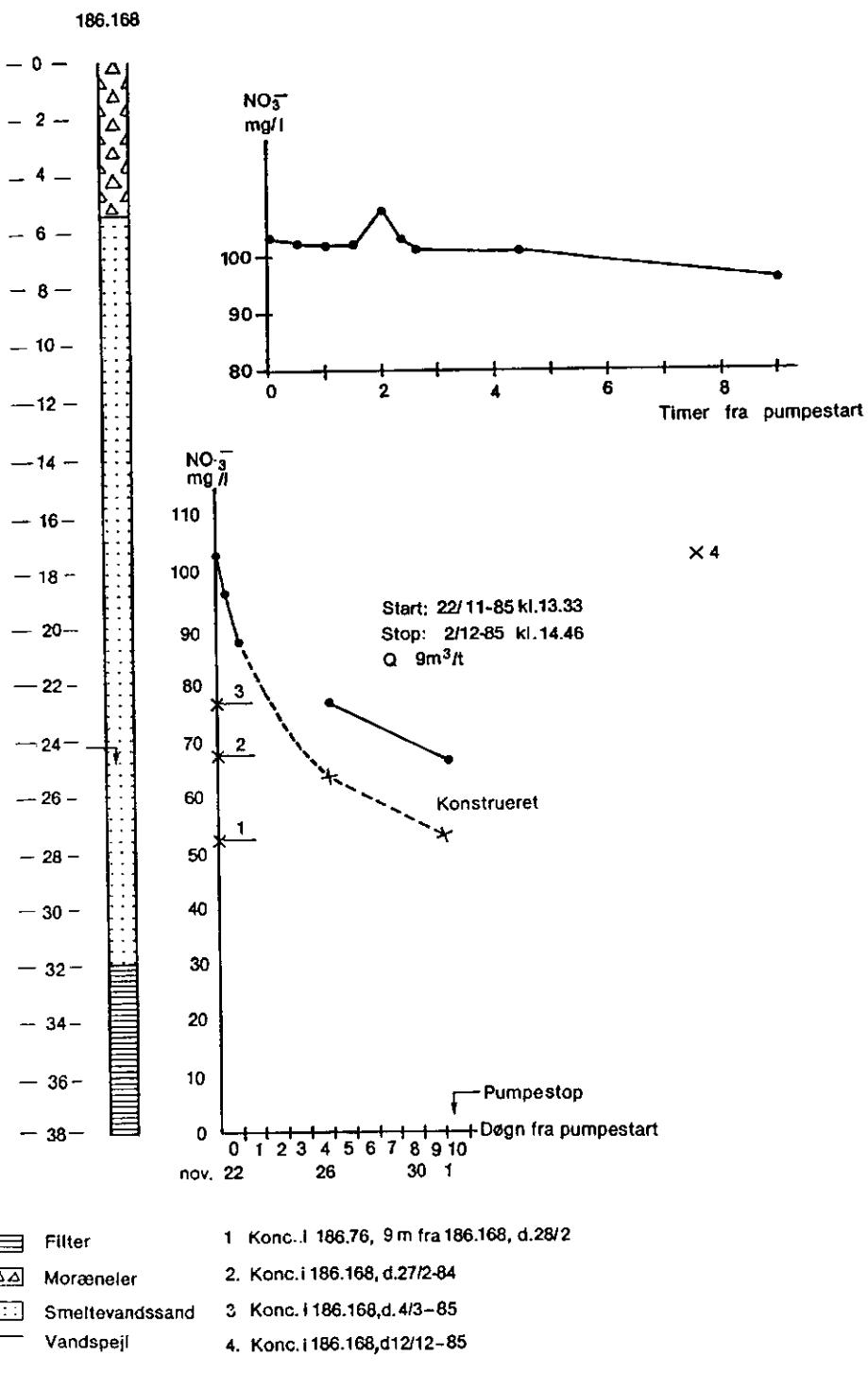


Fig. 3. Boreprofil og testpumpning, Dybendal.

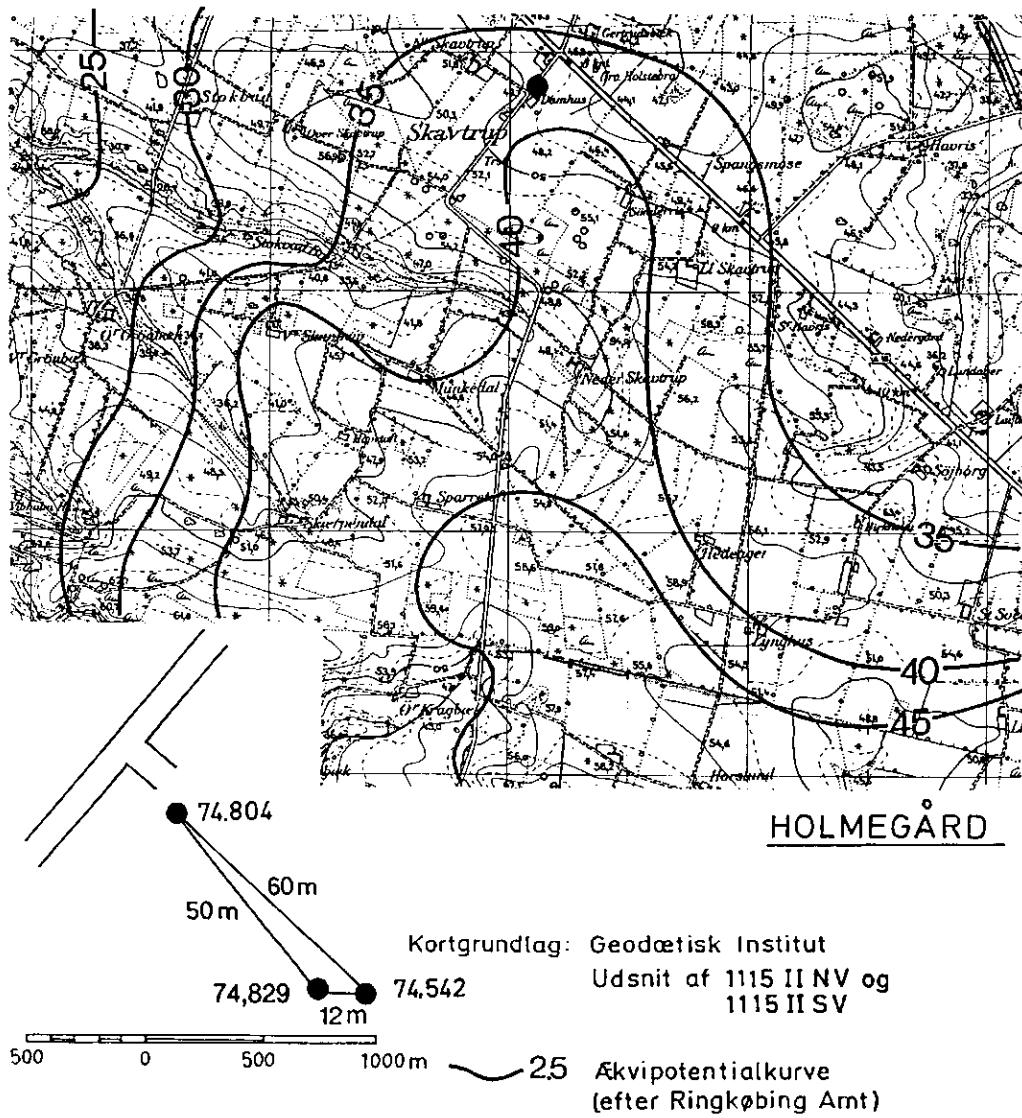


Fig. 4. Holmegård.

Tørbrønd m/
temporært vand opstår mættede forhold. Det har medført, at der i perioder med stor nedsvivning har stået vand i tørbrønden omkring boringen, endog så højt, at der har kunnet løbe vand ned i borerøret. Grundvandets generelle strømningsretning er i nordlig retning, se fig. 4.

Markvandsboringen 74.542 er filtersat 33 - 41 m.u.t., fig. 5, i reservorets nederste fjerdedel.

De to øvrige boringer på lokaliteten, husholdningsboringen 74.804 og observationsboringen 74.829, fig. 5, er filtersat 16 - 20 og 8 - 15 m.u.t., i reservorets øverste halvdel og i nitratzonen.

Nitrat 15-40 mg/l Nitrat 15-40 mg/l Ringkøbing Amt har målt nitratindhold i pumpevandet i perioden 1971 til 1984 med svigende nitratkoncentrationer mellem 15 og 40 mg/l. Fig. 14.

2.2.3 Staby

Hydrogeologi og boredata Vandværket, hvis beliggenhed fremgår af fig. 6, udnytter et reservoir i smeltevandssand. Det geologiske profil ved vandværket, fig. 7, viser smeltevandssand fra terræn til 18 m.u.t., men andre nærliggende boringer viser, at reservorets undergrænse er 22 m.u.t., hvor det underlejres af glimmerler. Reservoiret er frit med grundvandspejl 4 m.u.t. Den generelle strømningsretning er i vestlig retning, fig. 6. Testboringen 72.567 er filtersat 13 - 18 m.u.t., i reservorets næstnederste fjerdedel.

2.2.4 Sdr. Bork

Boredata Beliggenheden af Sdr. Bork vandværk fremgår af fig. 8. Vandværksboringen, fig. 9, har gennem-

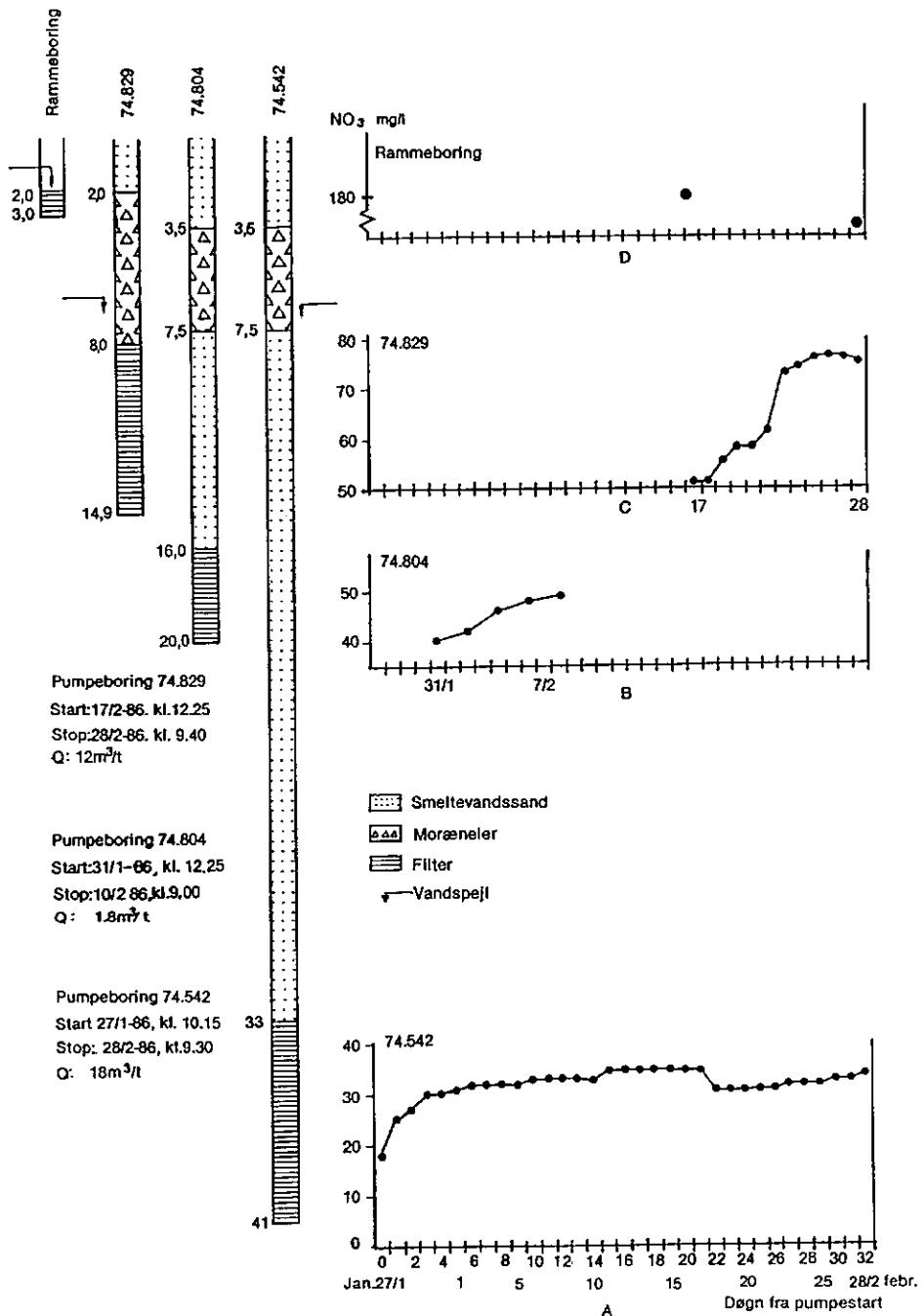


Fig. 5. Boreprofil og testpumpninger, Holmegård.



500 0 500 1000 m

STABY

Kortgrundlag: Geodætisk Institut
Udsnit af 1115 III SV

25 Åkvipotentialskurve
(efter Ringkøbing Amt)

Fig. 6. Staby.

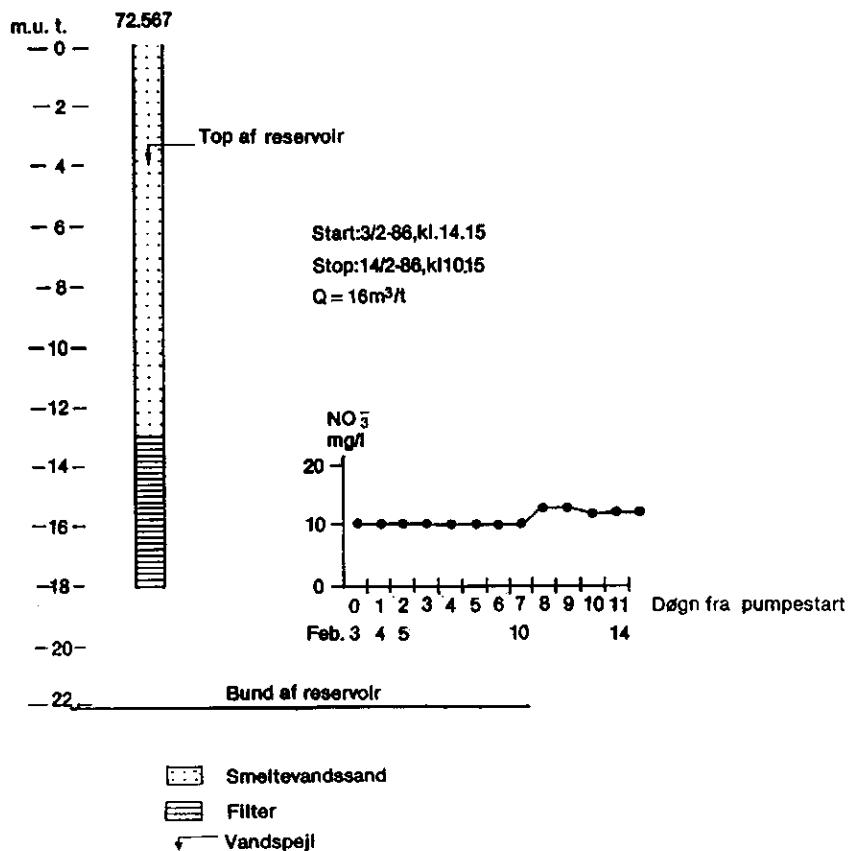
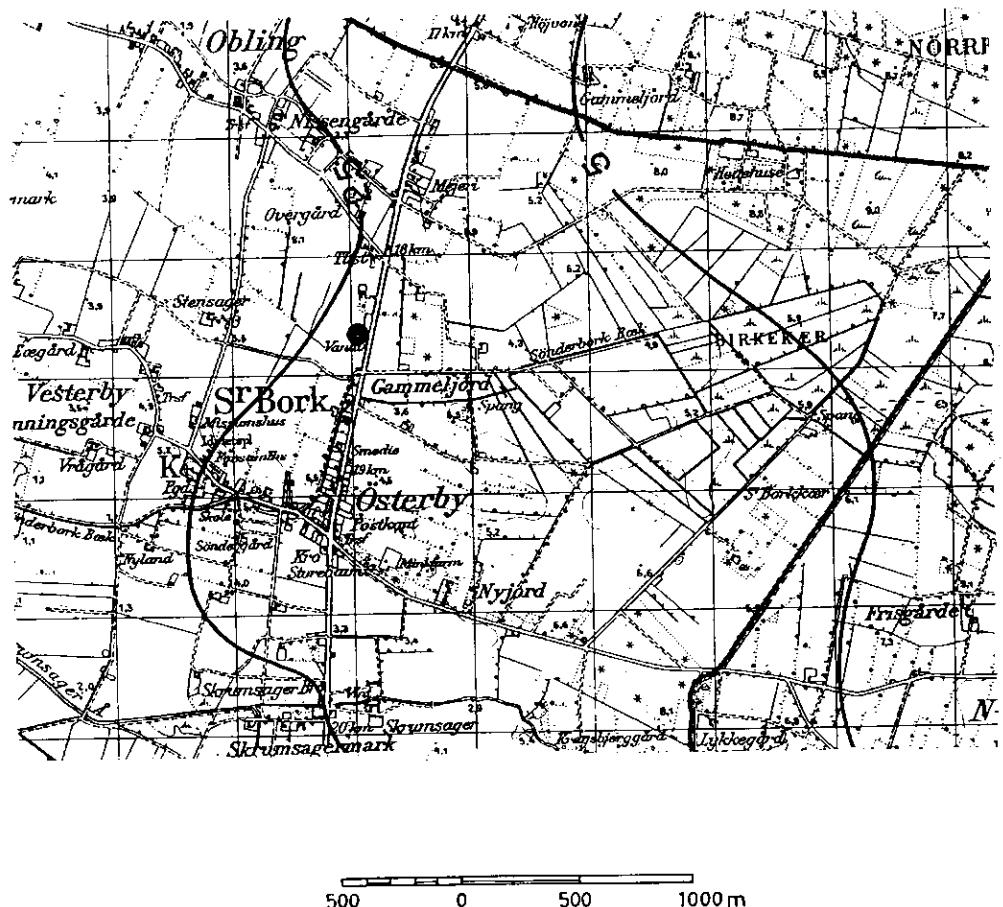


Fig. 7. Boreprofil og testpumpning, Staby.



Sdr. BORK

Kortgrundlag: Geodætisk Institut
Udsnit af 1114 III SV

25 Åkvipotentialkurve
(efter Ringkøbing Amt)

Fig. 8. Sdr. Bork.

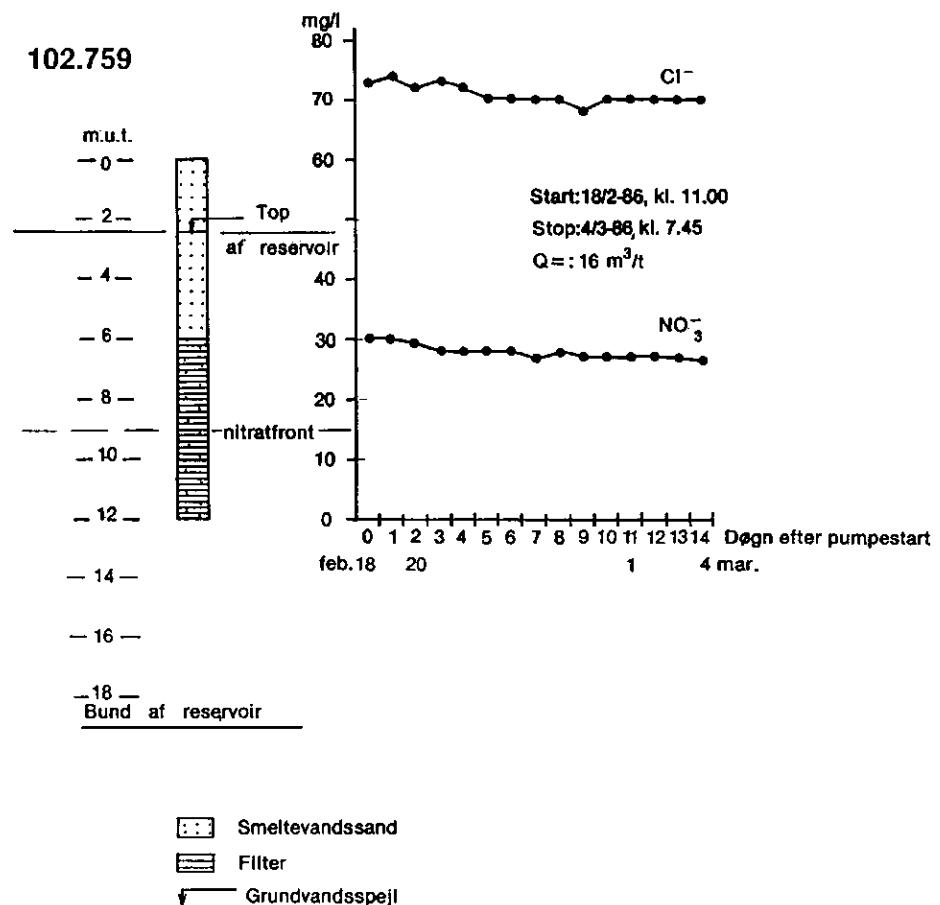


Fig. 9. Boreprofil og testpumpning, Sdr. Bork.

Smeltevandssand boret smeltevandssand fra terræn til 12 m.u.t. Bunden af reservoaret er dog 19 m.u.t. Det frie grundvandsspejl er 2,5 m.u.t. Grundvandsstrømmens retning er i vestlig retning, fig. 8. Boringen er filtersat 6 - 12 m.u.t. midt i reservoaret. Nitratfronten blev lokaliseret i 1986 (Kelstrup og Hansen, 1986) til at være beliggende 9 m.u.t. midt i reservoaret og midt i filterintervallet.

2.2.5 Borris

Hydrogeologi Beliggenheden af lokaliteten Borris fremgår af
Moræneler over fig. 10. De geologiske forhold er vist på fig.
smeltevandssand 11. Grundvandsreservoaret i området udgøres af smeltevandssand og når en dybde af ca. 37 m.u.t. Sandet overlejres af 6 - 10 m moræneler/morænesand. Grundvandsspejlet er 12 m.u.t., og reservoaret er med frit grundvandsspejl. Den generelle strømningsretning for grundvandet er i sydøstlig retning, fig. 10.

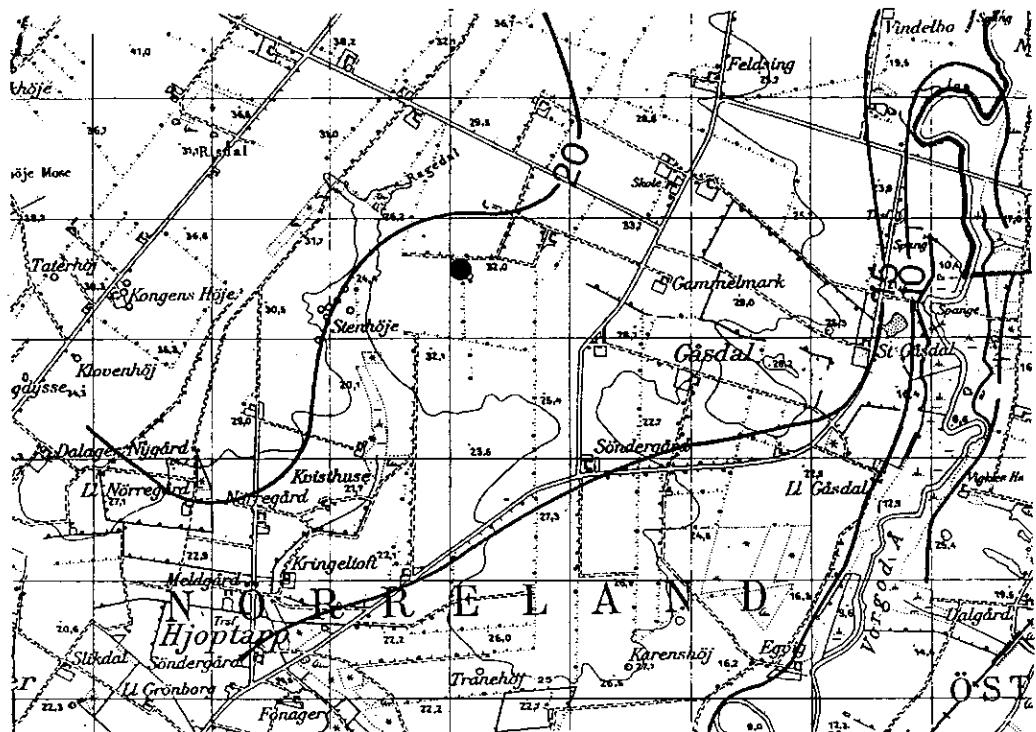
Borettekniske Markvandningsboringen 94.2011 fig. 11 er filtersat
data: 22 - 28 m.u.t, det vil sige lige under reservorets midte. Husholdningsboringen 94.2196 er

filtersat lige over reservorets midte 18 - 22 m.u.t., fig. 11. Rede 1 er udført som en tør-boring, udbygget med 5 pejlefiltre á 1 m's længde, indbyrdes adskilt med lerkuglepakninger.

Rede 2 og 3 er udført som rammeboringer med henholdsvis 6 og 5 filtre á 0,25 m's længde. Filterplacering og tekniske data for de tre reder fremgår af tabel 1 og beliggenheden af fig. 10.

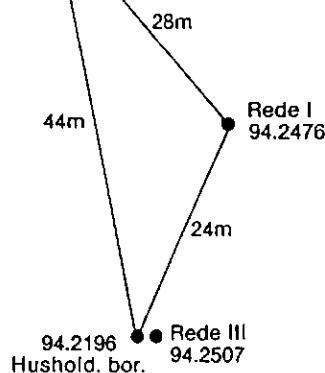
2.3 Metoder

I nærværende undersøgelse er benyttet testpumping med løbende analyse af pumpevandet som funktion af pumpetiden under perioder med kon-



Mark. bor.
94.2011 ● Rede II
94.2506 ●

BORRIS



Kortgrundlag: Geodætisk Institut
Udsnit af 1114 II NV

Ækvipotentialkurve
(efter Ringkøbing Amt)

500 0 500 1000m

Fig. 10. Borris.

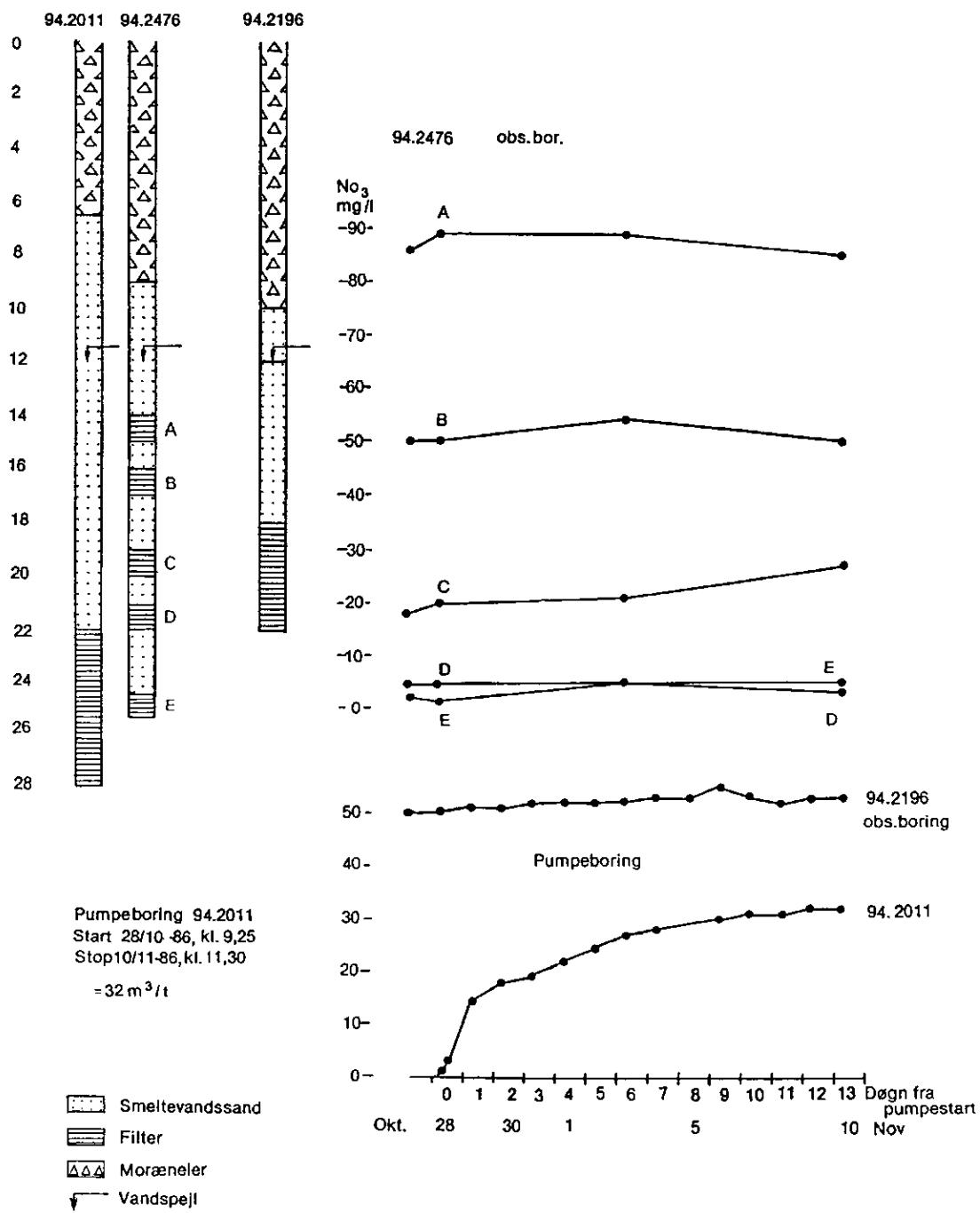


Fig. 11. Boreprofil og testpumpning, markvandningsboring, Borris

REDE I - DGUNR. 94.2476

TEKNISKE DATA - REDE I: 8" tørboring til 25.5 m under terræn, 27 mm PVC filterrør, 27 mm filter med kontraventil, slidslængde 1 m, slidsbredde 0.3 mm, filterrør fært til 30 cm over terræn og monteret med montejus-pumpe.

GEOLOGISK PROFIL: 0 - 0.5 m sand
(DGUNR. 94. 2476) 0.5 - 9.0 m moræneler
9.0 - 25.5 m smeltevandssand

Borings- nummer	Filter nummer	Filter top og bund m.u.t.
94.2476	A	14.00-15.00
94.2476	B	16.00-17.00
94.2476	C	19.00-20.00
94.2476	D	21.20-22.20
94.2476	E	24.25-25.25

REDE II - DGUNR. 94. 2506 OG MARKVANDINGSBORING - DGUNR. 94. 2011

TEKNISKE DATA - REDE II: 3/4" rammeboringer med løs spids, 16 mm PVC filterrør, 16 mm filter med kontraventil, slidslængde 0.27 m, slidsbredde 0.3 mm, filterrør fært til 30 cm over terræn og monteret med montejus-pumpe.

TEKNISKE DATA - MARKVANDINGSBORING: 270 mm tørboring, 200 mm PVC forører, 160 mm PVC filterrør med 0.6 mm slidsbredde.

GEOLOGISK PROFIL: 0 - 0.5 m ingen prøve
(DGUNR. 94. 2011) 0.5 - 6.5 m morænesand
6.5 - 28.0 m smeltevandssand

Borings- nummer	Filter nummer	Total boredybde m.u.t.	Jernrør trukket til m.u.t.	Filter top og bund m.u.t.
94.2506	A	13	11	12.23-12.50
94.2506	B	16	14	14.73-15.00
94.2506	C	18	16	17.23-17.50
94.2506	D	21	19	19.73-20.00
94.2506	E	23	21	22.23-22.50
94.2506	F	26	24	24.53-24.78
94.2011	-	28	-	22.00-28.00

REDE III - DGUNR. 94. 2507 OG HUSHOLDNINGSBORING - DGUNR. 94. 2196

TEKNISKE DATA - REDE III: 3/4" rammeboringer med løs spids, 16 mm PVC filterrør, 16 mm filter med kontraventil, slidslængde 0.27 m, slidsbredde 0.3 mm, filterrør fært til 30 cm over terræn og monteret med montejus-pumpe.

TEKNISKE DATA - HUSHOLDNINGSBORING: 270 mm tørboring, 125 mm PVC forører, 110 mm PVC filterrør med 0.6 mm slidsbredde.

GEOLOGISK PROFIL: 0 - 10.0 m morænesand
(DGUNR. 94. 2196) 10.0 - 22.0 m smeltevandssand

Borings- nummer	Filter nummer	Total boredybde m.u.t.	Jernrør trukket til m.u.t.	Filter top og bund m.u.t.
94.2507	A	18	14.5	14.55-14.82
94.2507	B	18	16	17.23-17.50
94.2507	C	21	19	19.73-20.00
94.2507	D	23	21	22.23-22.50
94.2507	E	26	24	24.73-25.00
94.2196	-	22	-	18.00-22.00

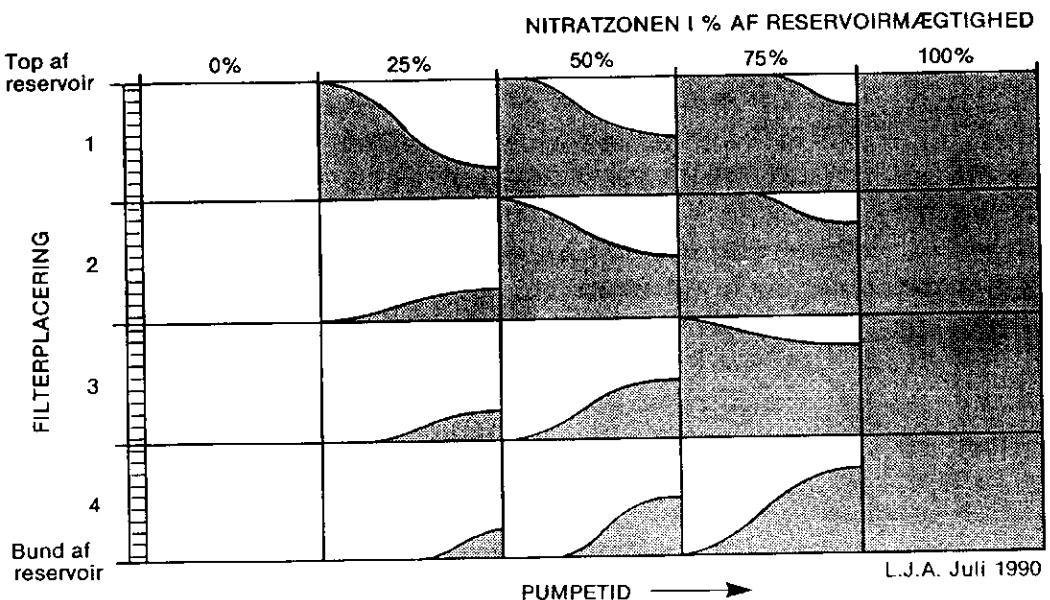
Tabel 1. Boringstekniske data, Rede I, II, III, Borris.

Testpumpning	stant pumpning. Testpumpningens varighed bestemmes af tiden, der medgår, før tilnærmelsesvis stationær kvalitet er opnået.
Separations-pumpning	Endvidere er benyttet synkron pumpning fra to tætliggende boringer med filtre i forskellige niveauer, en form for separationspumpningsteknik.
Tidsserier	Endelig er der benyttet tidsserier over nitratindholdet i grundvand fra moniteringsboringer og indvindingsboringer.
	<u>2.3.1 Model for pumpebetingede koncentrationskurver</u>
	<u>2.3.1.1 Forudsætninger</u>
Nitratkurver	Nitratkonzcentrationen i pumpevandet fra en boring ændres ofte, som funktion af pumpetiden. Formen på en pumpebetinget koncentrationskurve kan give information om nitratforhold og reservoirforhold i grundvandsreservoaret, hvorfra pumpningen foregår.
Partiel filterudbygning og lagdelt nitratindhold	Pumpebetindegde ændringer i pumpevandskvaliteten forekommer ved pumpning på boringer med partiel filterudbygning i et grundvandsreservoir med lagdelt vandkvalitet, f.eks. som tilfældet ofte er ved nitratforurening. Ändringen i vandkvaliteten vil ikke blot vise sig i pumpevandet fra den pågældende boring, men også i nærliggende borer indenfor sækningstragten, uanset om disse pumpes eller ej. Hvis pumpning fra en boring sker periodevis, kan den derfor give anledning til kunstige fluktuationer i grundvandskvaliteten. Sådanne pumpebetindegde ændringer i vandkvaliteten er en følge af, at pumpningen medfører ændring i det naturlige strømningsforløb. Derved vil boringen indfange vand, som i perioder uden pumpning ville passerede forbi boringen.
Periodevis pumpning	
Ændring i strømningsforløb	

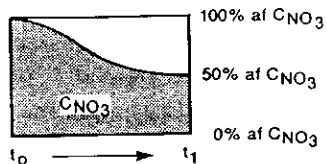
2.3.1.2 Tolkningsmetode

Ved tolkning af kurver over nitratkoncentrationen i pumpevandet som funktion af tiden er følgende model opstillet.

Typer af koncentrationsforløb	På fig. 12 er der afbildet 14 typer af koncentrationsforløb. To situationer viser konstant nitratkoncentration, nemlig: "Ingen nitrat" i hele pumperioden, i tilfældet, hvor reservoaret ikke er forurenset (kolonnen til venstre i figuren), og: "Konstant nitratkoncentration" fra top til bund i reservoaret, (kolonnen yderst til højre). I de tre mellemstillede kolonner er vist 12 koncentrationsforløb i pumpevandet fra en boring ved forskellig nitratzoneandel.
Faldende nitratkoncentration	Som det fremgår af figuren, vil der være situationer med faldende koncentrationsforløb og situationer med stigende. En faldende nitratkoncentration som funktion af pumpetiden angiver, at filteret er placeret helt eller delvis i nitratzonen, og at pumpningen medfører øget tilstrømning af vand med lavere nitratindhold, eller nitratfrit vand.
Stigende nitratkoncentration	En stigende nitratkoncentration med pumpetiden indikerer, at filteret er placeret helt eller delvis uden for (under) nitratzonen, og at pumpningen inddrager nitratholdigt vand i voksende omfang.
Slut- og startkoncentration	Slutkoncentrationens størrelse udsiger noget om gennemsnitskoncentrationen og nitratzonens mægtighed, mens startkoncentrationen og tids punktet for ændring af denne samt ændringsretningen udsiger noget om filterplaceringen i forhold til nitratzonen. På basis af sådanne koncentrationskurver kan der foretages en vurdering
Filterplacering	



SIGNATURFORKLARING:



C_{NO_3} = Gennemsnitskoncentrationen
 af NO_3 i nitratzonens
 t_0 : tidspunkt for pumpestart
 t_1 : tidspunkt for pumpestop

1 - 4 : Alternative filterplaceringer

- 1: Øvre fjerdedel af reservoir
- 2: Næstøvre fjerdedel af reservoir
- 3: Næstnedre fjerdedel af reservoir
- 4: Nederste fjerdedel af reservoir

Fig. 12. Principskitse illustrerende nitratkoncentrationen i pumpevandet som funktion af pumpetid, nitratzoneandel af reservoirmægtighed samt filterplacering.

af nitratforureningens udbredelse og omfang i et grundvandsreservoir.

"Markvandings-effekten"

Da de pumpebetingede ændringer ikke i fuldt omfang er reversible ved stop af pumpningen, kan periodisk pumpning give anledning til fluktuationer, nedstrøms en pumpeboring. Denne pumpeeffekt, som vil være tydeligst ved decideret sæsonpumpning, har forfatterne benævnt "Markvandingseffekten", (Andersen og Kelstrup, 1988), jvf. appendix I. Den spiller en væsentlig rolle i nærværende undersøgelse, da den antages at være hovedårsagen til de sæsonfluktuationer, som optræder i en række indvindingsboringer, bl.a. boringen ved Borris, DGU 94.2196, som nærmere er omtalt nedenfor.

2.3.2 Separationspumpning

Ved fortolkning af kurver over nitratkoncentrationen i pumpevandet i synkront pumpede borer på samme lokalitet er, separationspumpeprincippet benyttet.

Synkron pumpning fra flere niveauer i samme boring eller reser-voir

Separationspumpeteknikken er beskrevet af Andersen m.fl. (Andersen et al. 1989). Den består i synkron pumpning fra flere niveauer i samme boring, eller fra flere tætliggende borer i samme grundvandsreservoir. Separationspumpning vil kunne holde indstrømningsvandet fra indtil flere delafsnit af en borings filter adskilt.

Blanding contra adskillelse

Ved samtidig pumpning fra top og bund i en boring i et reservoir med lagdelt vandkvalitet, vil kvaliteten af vandet fra de to pumper være forskellige og en blanding af indstrømningen h.h.v. fra et øvre interval og et nedre. Ved ændringer i kapacitetsfordelingen på de to pumper vil koncentrationerne ændres.

2.3.3 Tidsserier

De benyttede tidsserier over nitratindhold i de undersøgte boringer, markvandningsboringer, husholdningsboringer samt moniteringsreder er gennemført med varieret interval i projektperioden, 4 - 5 gange årligt. De uregelmæssige prøvetagningstidspunkter har været betinget af, at prøverne har måttet udtages i forbindelse med andre DGU-aktiviteter i området af resourcebesparende grunde.

3. RESULTATER

3.1 Testpumpninger

3.1.1 Dybendal

Før 1985: Dybendal vandværk fig. 2 havde i årene før 1985
Nitrat: 70- nitratindhold på 70 - 80 mg/l i vandet fra
80 mg/l boring 186.168.

Testpumpning: I november 1985 gennemførte DGU en testpumpning
Nitrat 103- på boringen. I starten af pumpningen måltes en
50 mg/l koncentration på 103 mg/l nitrat, se fig. 3.
Efter 10 døgns pumpning var koncentrationen
Efter: faldet til 50 mg/l, uden dog at være helt sta-
Nitrat: 100 mg/l billiseret. 10 dage efter pumpningen var nitrat-
koncentrationen igen steget til 100 mg/l.

3.1.2 Holmegård

Testpumpning: Ved Holmegård blev der foretaget testpumpninger
i 3 borer, markvandingsboringen, husholdnings-
boringen og observationsboringen. Pumpetiderne
var henholdsvis 32, 7 og 11 døgn, se fig. 5.

Markvandingsbor. I markvandingsboringen 74.542 var udgangskon-
Stigende nitrat: centrationen 18 mg/l nitrat, og der konstateredes
18-35 mg/l en stigning på 4 mg/l indenfor den første time og
en stigning indenfor det første døgn på 7 mg/l,
herefter var ændringen mindre. I det 15. døgn
forekom en stigning fra 33 til 35 mg/l, på
hvilket niveau koncentrationen holdt sig til det
22. døgn, hvor den faldt til 31 mg/l. Herefter
steg koncentrationen igen jævnt til 34 mg/l,
hvilket er tæt på et ligevægtsniveau.

Husholdningsbor. Husholdningsboringen 74.804 viste i løbet af den
Stigende nitrat: 7 døgns lange pumpeperiode en stigning fra 40 -
40-49 mg/l 49 mg/l, eller en stigning på ca. 1 mg/l pr.
døgn, med tendens til stabilisering.

Pumpeperioden på observationsboringen var 11 døgn. I løbet af denne periode måltes en stigning i nitratkoncentrationen fra 51 mg/l til 75 mg/l. Stigningen fandt især sted de første 7 døgn, med en stabilisering omkring de 75 mg/l.

Observationsbor. stigende nitrat: 51-75 mg/l

Interfererende pumpninger

Det er bemærkelsesværdigt, at pumpningerne på de 3 borer interfererer. Da oppumpningen på husholdningsboringen i den øvre, nitratholdige del af reservoaret ophører, stiger koncentrationen med nogle døgs forsinkelse i markvandningsboringen i 50 m's afstand. Da oppumpningen på observationsboringen, også i den øvre nitrat-holdige del af reservoaret påbegyndes, falder koncentrationen i markvandningsboringen i 12 m's afstand.

3.1.3 Staby

Testpumpning: konstant, der-
efter stigende
nitrat: 10-12 mg/l

Undersøgelerne ved Staby vandværk omfattede en 12 døgn lang testpumpning. Resultaterne herfra er vist på fig. 7. Udgangsniveauet for nitratkoncentrationen var 10 mg/l, og der blev kun konstateret mindre ændringer i pumpeperioden.

3.1.4 Sdr. Bork

Testpumpning: konstant, der-
efter svagt fald-
ende: 30-26 mg/l

Ved begyndelsen af den 15 døgn lange testperiode var nitratkoncentrationen 30 mg/l i boring 102.759, se fig. 9, og ved slutningen 26 mg/l. De første 2 døgn var koncentrationen konstant 30 mg/l. Derefter var nitratindholdet svagt faldende over hele perioden, svarende til 0,3 mg/l pr. døgn.

3.1.5 Borris

Testpumpning:
Nitrat: svagt
stigende: 27-

Ved Borris er der foretaget to testpumpninger. Den første blev foretaget på husholdningssboringen 94.2196 i marts 1986 og var af 15 døgs

31 mg/l varighed. Denne testpumpning viste kun ringe stigning fra 27 mg/l til 31 mg/l, fig.13, fordelt med ca. 1 mg/l pr. døgn i de første 5 døgn. Denne stigning overprægede et sæsonmæssigt fald, se fig. 16.

Testpumpning: Den anden testpumpning blev udført i oktober-november 1986, fig. 11 på markvandningsboringen 94.2011. Under den 14 døgn lange pumpeperiode på markvandningsboringen udtores vandprøver fra husholdningsboringen og de 5 niveauer i rede 1. I markvandningsboringen iagttores en stigning fra 0 mg/l til 33 mg/l nitrat, med den største stigning inden for det første døgn på 14 mg/l, herefter var stigningerne mindre. Nitratkoncentrationen stabiliseredes omkring 33 mg/l. Ved husholdningsboringen 94.2196 iagttores en stigning på 3 mg/l, fig. 13. I de 5 observationsfiltre er reaktionerne forskellige, fig. 11. I det dybeste filter (E) i midten af niveau med pumpeboringens filter ses en svag stigning på 4 mg/l over hele pumpeperioden. Filter C, i samme niveau som husholdningsboringen viser en stigning på 7 mg/l, altså af samme størrelsesorden som i denne. Det øverste filter A (14 - 15 m.u.t.) viser et fald i nitratkoncentrationen på 4 mg/l, medens der i niveauerne B og D ses ingen eller kun ringe ændring i nitratkoncentrationen.

3.2. Tidsserier for nitratkoncentrationen

3.2.1 Holmegård

Nitratvariation: Ringkøbing Amtskommune har fra husholdningsboringen 74.804 i Holmegård en tidsserie over nitratindholdet for perioden 1971-1984, og målingerne er fortsat i nærværende undersøgelse, se fig.14. Da målefrekvensen før 1984 var 1 analyse pr. år kan eventuelle årstidsfluktuationer ikke fremgå af kurven. Derimod kan der konstateres en stig-

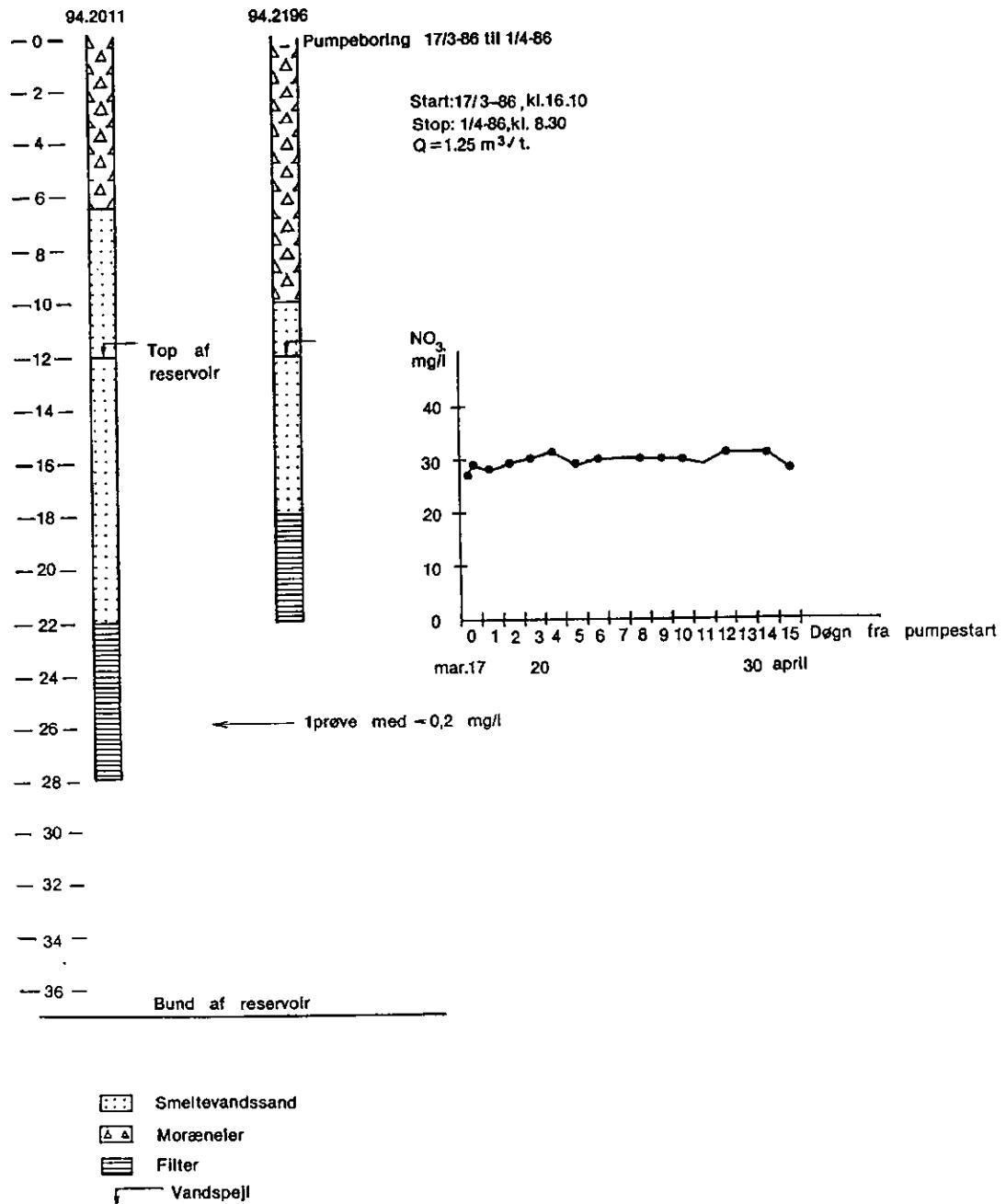


Fig. 13. Testpumpning på husholdningsboringen, Borris.

D.G.U. 1988

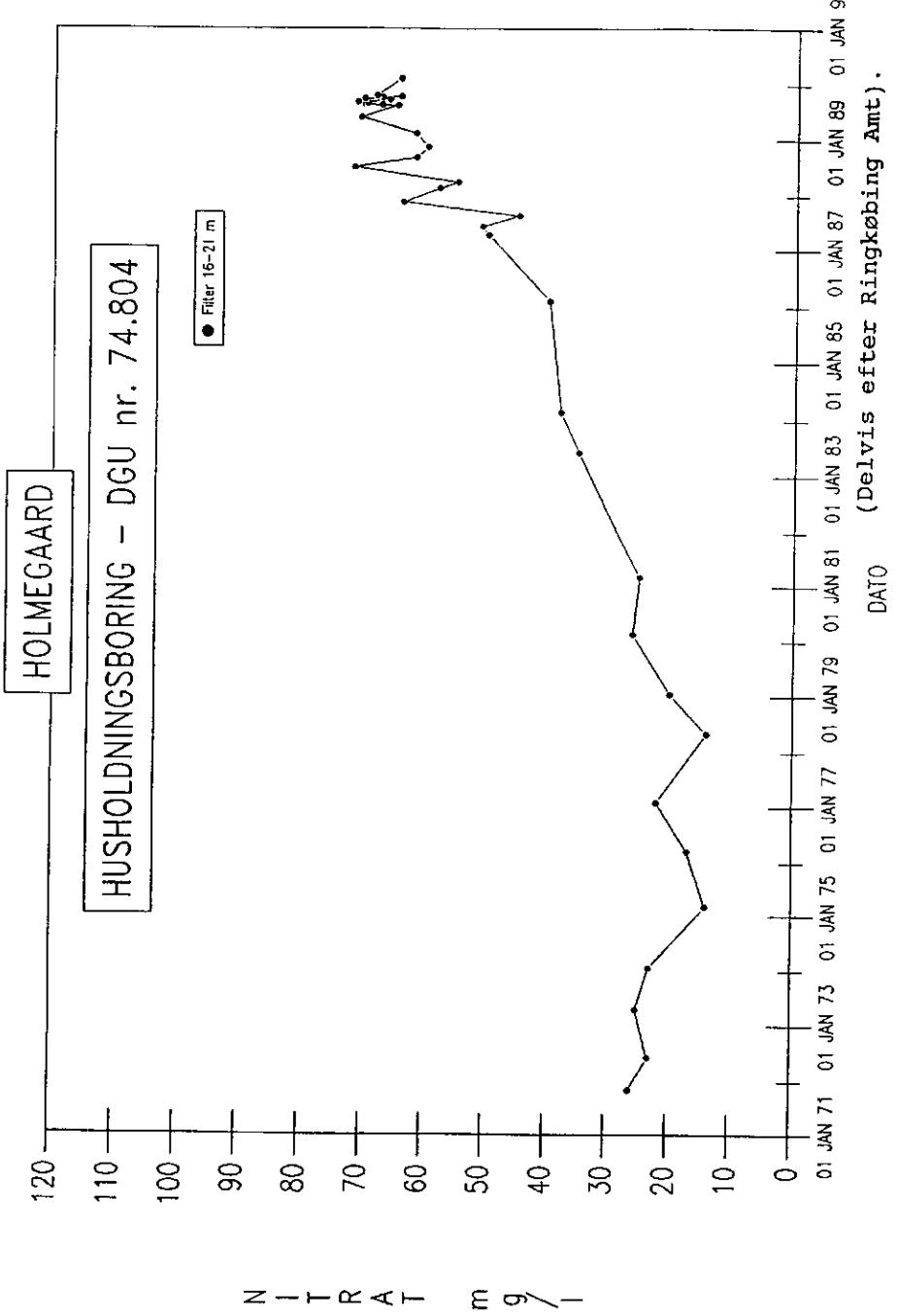


Fig. 14. Tidsserie over nitratindholdet i husholdningsboringen, Holmegård 1971-1990
(Delvis efter Ringkøbing Amt).

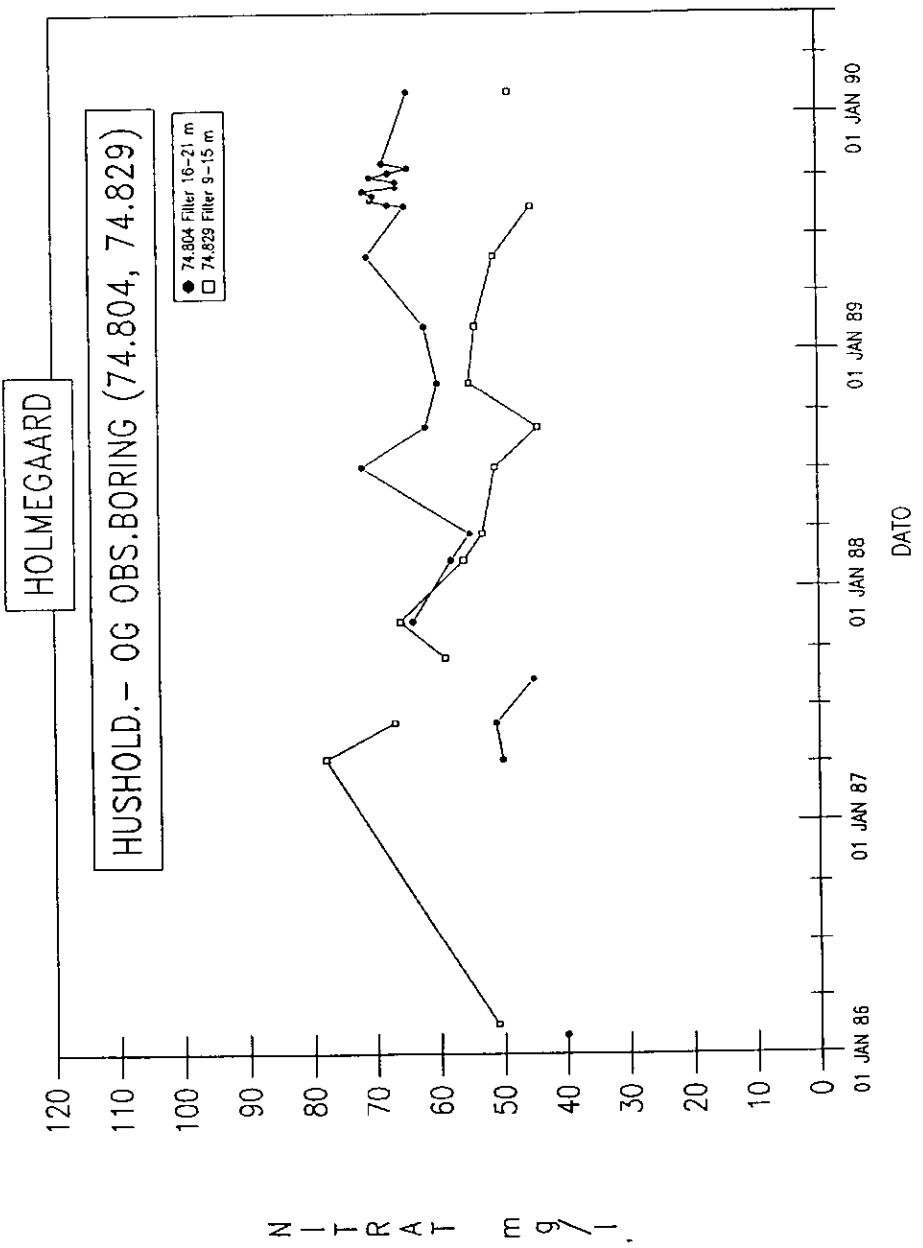


Fig. 15. Tidsserie over nitratindholdet i husholdningsboring og observationsboring,
Holmegård, 1986-1990

ning pr. år på ca. 0,9 mg/l nitrat. DGU's måleprogram er med kvartalsmæssige analyser, fig. 14 og 15.

3.2.2 Borris

Husholdningsboringen 94.2196 har siden 1982 indgået i Ringkøbing Amtskommunes moniteringsprogram med op til 7 nitrataalyser pr. år, fig. 16.

"Sæsonmæssige" Nitratfluktuation: 15-60 mg/l

Målingerne viser tydelige sæsonfluktuationer med maksimum i oktober - januar på ca. 60 mg/l og minimum omkring 1. juli på ca. 15 - 25 mg/l. Årsamplitudeen bliver således mellem 25 - 45 mg/l.

Husholdningsbor. 1986-1990

DGU har fra efteråret 1986 fortsat disse målinger. I denne periode har svingningerne ændret karakter, idet der forekommer stigning i hele sidste halvår af 1986 fra ca. 25 mg/l til ca. 60 mg/l. Efter et fald på ca. 10 mg/l i 1. kvartal af 1987 holder nitratindholdet sig på dette niveau til og med 2. kvartal 1988, hvor der igen sker en mindre stigning. I 1989 falder nitratindholdet i 1. halvår til omkring 35 mg/l og stiger atter i 3. kvartal til omkring 50 mg/l.

Markvandningsbor.

I markvandningsboringen foreligger der kun et midre antal målinger, fortrinsvis i sommerperioden, fig. 17. Prøver udtaget i vandingsperioden viser forhøjet nitratindhold op til 22 mg/l, mens prøver udtaget uden for vandingsperioden er nitratfrie. Under testpumpningen med kontinuert pumpning i 13 døgn steg nitratindholdet til 33 mg/l i pumpevandet.

Efter udførelsen af de 3 reden er desuden udtaget vandprøver i de 16 pejlefiltre.

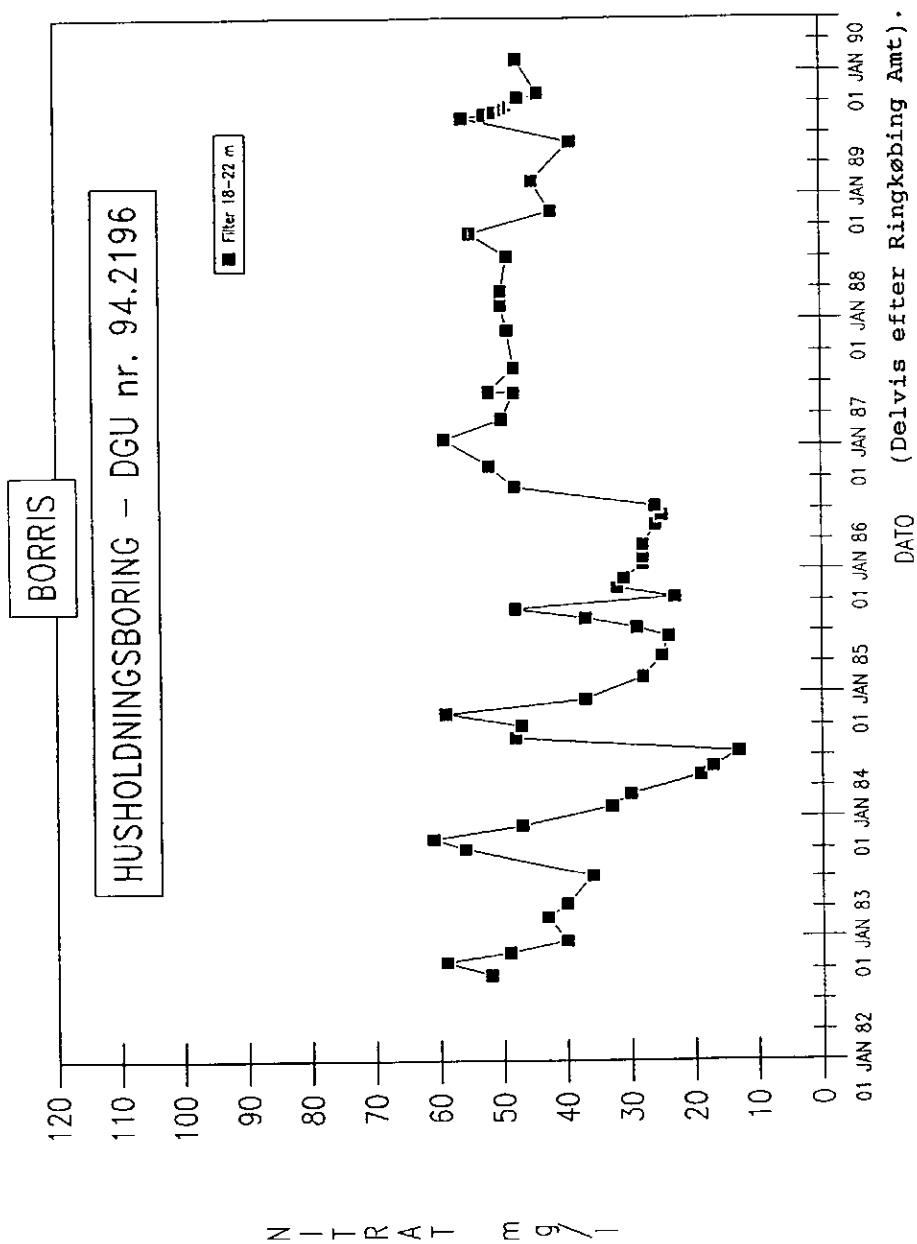


Fig. 16. Tidsserie for nitatindholdet i husholdningsboringen, Borris, 1982-1990.

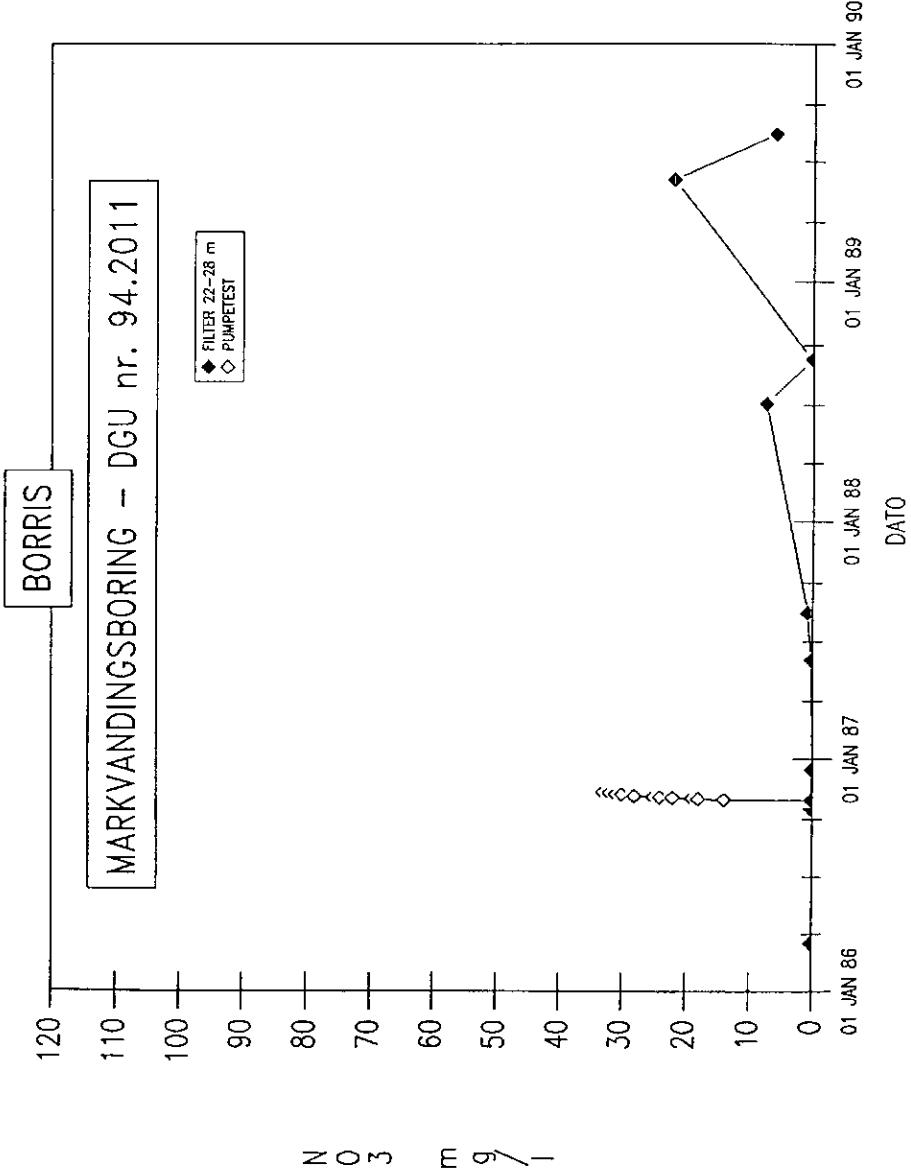


Fig. 17. Nitratindholdet i markvandingsboringen, Borris, 1986–1990.

Nitratindholdet falder med dybden 110-0 mg/l.

Målingerne herfra viser, at nitratindholdet falder retliniet med dybden, fra omkring 110 - 115 mg/l i de øvre filtre til under 5 mg/l i de nedre filtre, fig. 18. Det er endvidere karakteristisk, at der sker store udsving i nitratkoncentrationen i alle filtre, bortset fra det nedre, fig. 20. Højeste koncentration optræder i begyndelsen af 3. kvartal. Udsvingets størrelse ligger på 25 - 50 mg/l nitrat. Stigningsperioden synes at være kortere end faldperioden.

Det er bemærkelsesværdigt, at der i 1987, hvor der ikke blev markvandet, ikke er konstateret nogen stigning i 94.2196 og i 94.2476C, fig. 16 og 19.

3.3. Markvanding

Markvanding

Markvandingen, som har fundet sted i for- og midtsommeren, er geneført hvert år i undersøgelsesperioden bortset fra 1987. De udpumpede vandmængder fremgår af tabel 2.

Tabel 2. Oppumpedé vandmængder fra markvandingsboring 94.2011. Borris 1982 - 1989.

Oppumpedé mængder

År	Oppumpning 94.2011 m ³
1982	15000
1983	24995
1984	14490
1985	12282
1986	13410
	9976+
1987	0
1988	7224
1989	26036

+) DGU's testpumpning fra 28.10.86 - 10.11.86.

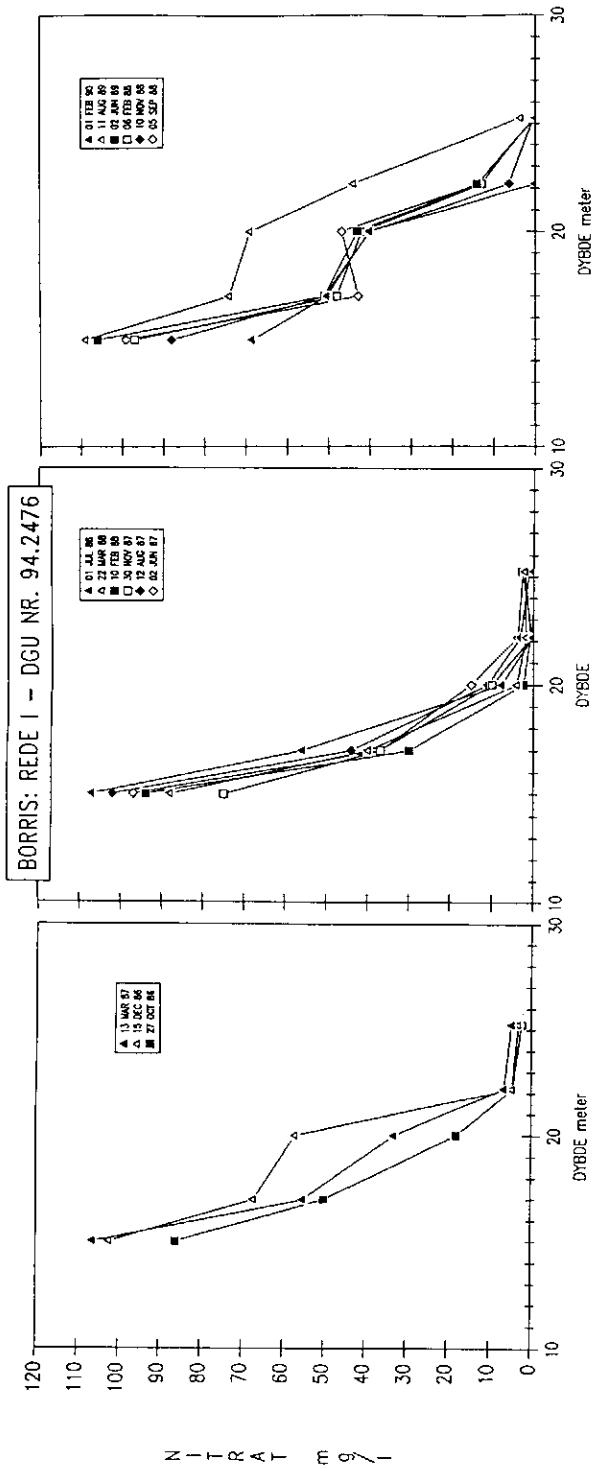


Fig. 18. Nitratkoncentration som funktion af dybde og tid i Rede I, Borris

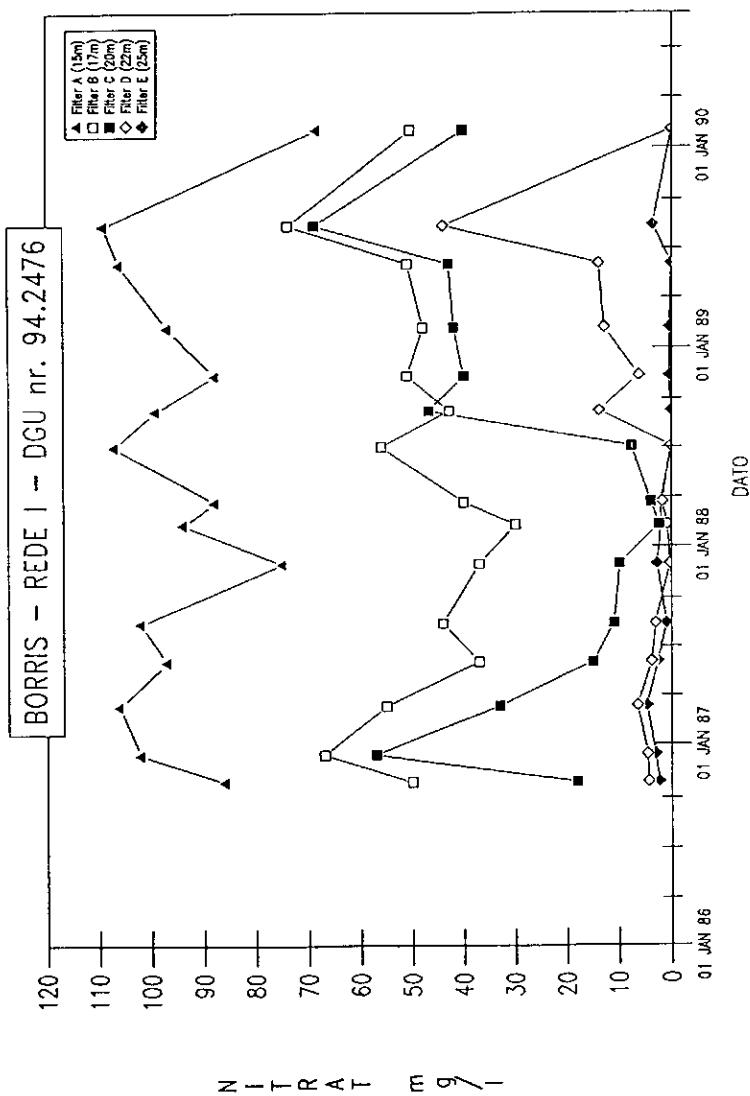


Fig. 19. Nitratindholdet i Røde I, Borris, 1986-1990.

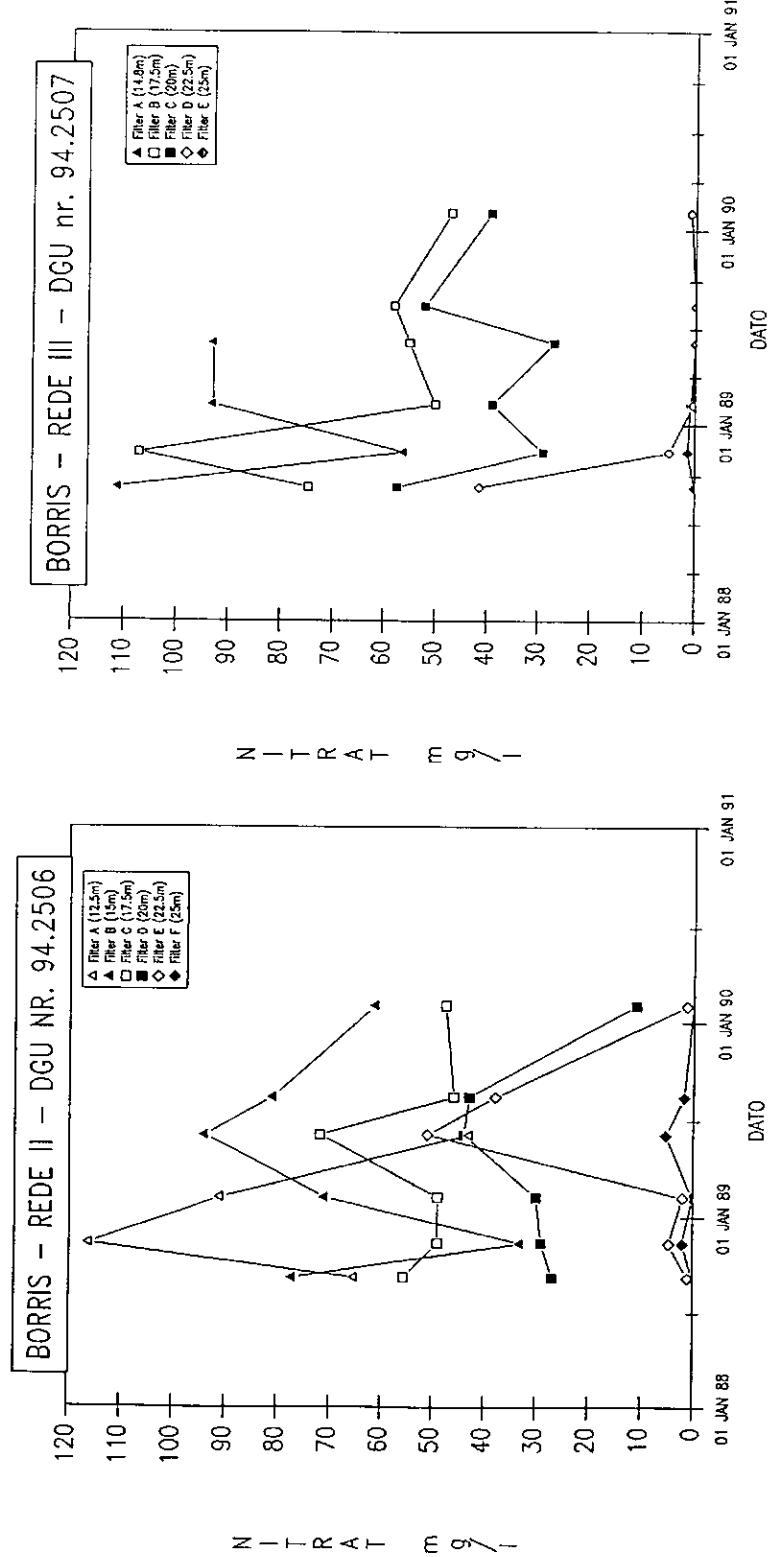


Fig. 20. Nitratindholdet i Reede II og III, Borris, 1989-1990.

4. TOLKNING OG KONKLUSION

4.1. Tolkning og diskussion

Den i afsnit 2.3.1 opstillede tolkningsmodel er benyttet ved tolkningen af resultaterne fra de enkelte lokaliteter.

4.1.1 Dybendal

Testpumpningen ved vandværket viste, at den ændrede pumpestrategi fra korttids- til langtids-pumpning medførte, at nitratkoncentrationen faldt til et niveau lavere end det normale driftsniveau. Faldet i koncentrationen må være en følge af, at langtidspumpningen trækker vand med et lavt eller intet nitratindhold til boring-

Filterinterval i
nitratzonen

en, idet nitratfronten er beliggende under filterniveauet. Ud fra fig. 12 kan en sådan koncentrationskurve forkomme i et reservoir med en nitratzoneandel på 75% og en filterplacering 3, d.v.s. i den tredje fjerdedel af reservoiret regnet oppefra. Ifølge borejournalen fig. 3 og afsnit 2.2.1 er reservoirmægtigheden ca. 18 m, filterlængden 6 m og placeringen i reservoiret fra 8 m under vandspejlet til 4 m over bund, hvilket er i god overensstemmelse med de teoretiske betingelser.

4.1.2 Holmegård

Markvandingsbor.
har filterplace-
ring i og under
nitratzonen

Undersøgelsen ved vandværket viste, at den ændrede pumpestrategi under testpumpningen medførte stigende nitratkoncentration i pumpeboringen og i naboboringer. Den fundne stigning må være en følge af, at de forskellige filterniveauer får øget andel af vand fra overliggende niveauer med større nitratindhold.

Nitratkurven fra markvandningsboringen 74.542, fig. 5, med en startkoncentration på ca 18 mg/l nitrat stigende til ca. 35 mg/l ved pumpningens slutning kan ifølge koncentrationsdiagrammet, fig. 12, tolkes som forekommende i et reservoir med en nitratzoneandel på 75%, en filterplacering i området på grænsen mellem de to nederste fjerdedele af reservoiret.

Ifølge borejournalen, fig. 5, og teksten, afsnit 2.2.2, er reservoirmægtigheden >33.5 m, filterlængden er 8 m, mens placeringen i reservoiret ikke kendes, da underkanten af reservoiret ikke kendes. Blandingsvandskoncentrationen fra toppen af reservoiret er ca. 80 mg nitrat/l, fig. 5, i oboringen 74.829, ca. 50 mg/l i husholdningsboringen, 74.804, og i markvandningsboringen, 74.542, med filter i 33 - 41 m.u.t. er den ca. 35 mg/l ved pumpningens stop, uden at den dog har nået højeste niveau. Det er sandsynligt, at markvandningsboringens nitratindhold ville stige yderligere, hvis pumpningen havde fortsat i længere tid.

Samtidig pumping på 2 boringer influerer på nitratkonzentrationen

En blandingskoncentration i markvandningsboringen på 40 mg/l nitrat ville forudsætte en reservoirmægtighed på ca. 45 m. Det forhold, at der under sidste del af testpumpningen blev pumpet på undersøgelsesboringen 74.829, hvorved vandet i den øvre del af reservoiret blev bortpumpet gennem denne, har medført en lavere slutkoncentration i pumpevandet end tilfældet ville have været uden denne pumpning. Denne dobbeltpumpning virker som en separationspumpning, der ændrer en del af grundvandsstrømmen mellem de to boringers filtre fra at være nedadgående til at blive opadgående. Da nitratkonzentrationen er størst i den øvre del af grundvandet vil det medføre et lavere nitratindhold i vandet fra det nedre boringsfilter. Dette fremgår af nitratkurven for

bor. 74.542 fig. 5, efter 21 døgns pumpning, hvor der sker et fald i nitratkurven i markvandingsboringen 74.542.

Nitratstigningsraten, 1981-1990
5 mg/l/år

Tidsserier over nitrat, fig. 14 viser, at nitratindholdet i husholdningsboringen ved Holmegård har ligget omkring 15 - 25 mg/l nitrat i årene 1971 - 81. I perioden 1981 - 1990 sker der en stigning fra ca. 25 til ca. 65 mg/l, svarende til en stigningsrate på 5 mg/l/år, eller ca. 5 gange større end i perioden før 1981. Den større målehyppighed efter 1987 medfører, at sæsonfluktuationer kan konstateres. Disse viser sig ved høje værdier om sommeren og eftersommeren med udsving på 10 á 15 mg/l nitrat. Tidspunktet og omstændighederne indicerer en årsagssammenhæng mellem markvandingspumpning. Den mindre effekt skyldes at husholdningsboringens filter er placeret i nitratzonen med en relativ høj koncentration. Observationsboringen med filter i den øverste 6 m af reservoaret udviser ikke de samme fluktuationer. Dette må formentlig skyldes, at dens filter er beliggende i reservorets øverste del, og 18 m over top af markvandingsboringens filter. Nitratkoncentrationen har været faldende fra 1987 til 1990. Årsagen hertil kendes ikke.

Sæsonfluktuationer i nitratindholdet efter 1987

Mulig filterplacering:
Midt i reservoaret på begge sider af nitrat-

Den lave nitratkoncentration på ca. 10 mg/l i pumpevandet i hele pumpeperioden tyder på en væsentlig opblanding med vand uden nitrat, idet grundvand forurenset med nitrat normalt vil have højere koncentration. En konstant nitratkurve kan ifølge diagrammet, fig. 12, tolkes som et reservoir med nitrat i hele reservoaret og med en gennemsnitskoncentration som pumpevandets. En sådan svag forurening vil muligvis kunne forekomme, men normalt vil grundvand under land-

fronten

brugsarealer have højere koncentration, hvis hele reservoaret er forurenset. Derfor kan en anden mulighed være tilstede, nemlig en nitratfront placeret midt i filteret, som igen er placeret midt i reservoaret.

Ifølge fig. 7 er filteret placeret noget under midten i den næstnederste fjerdedel af reservoaret, men da det ikke er den geometriske midte, der er afgørende, men den strømningsmængdemæssige, vil denne mulighed alligevel kunne forekomme. Der foreligger ikke oplysninger over nitratkoncentration i vertikal retning i reservoaret. Det forhold, at bunden af reservoaret begrænses af miocænt glimmerler, kan medføre, at der i reservoirbjergarten findes omlejret materiale med nitratreducerende egenskaber.

4.1.4 Sdr. Bork

Filterplacering:
Midt i reservoir
på begge sider
af nitratfronten

Nitratkurven fig 9, med et konstant nitratindhold de første 2 døgs pumpning og derefter med et ganske svagt fald, kan ifølge diagrammet fig. 12 tolkes som et reservoir med en nitratzoneandel på 50 - 75%, og med filteret placeret mellem 2. og 3. fjerdedel af reservoaret. Det ringe fald i koncentrationen angiver, at nitratzoneandelen er lidt under 50% af reservoaret. Da nitratfronten er placeret ca. midt i filteret vil nitratkoncentrationen blive næsten konstant. Det fremgår af boreprofilet fig. 9, at reservoirmægtigheden er 17 m, filterlængden 6 m, filterplacering 6 - 12 m.u.t., og nitratfronten beliggende i 9 m dybde (Kelstrup og Hansen, 1986), hvilket er i overensstemmelse med tolkningsdiagrammet.

4.1.5. Borris

De udførte testpumpninger viste, at nitratkoncentrationen i pumpevandet påvirkes af pumpestra-

Markvandings-pumpning på-virker nitrat-koncentrationen i husholningsbor.

tegien. Det viste sig endvidere, at grundvands-kvaliteten i naboboringerne påvirkes af oppump-ningen ved stigende nitratkoncentration. De udførte testpumpninger på markvandingsboring 94.2011, fig. 11, viste et stigende nitratindhold i pumpevandet, samt et stigende nitratindhold i den nærliggende husholdningsboring. Nitratkoncentrationen i pumpevandet fra markvandings-boringen stabiliserer sig omkring 30 á 35 mg/NO₃⁻/l. Det fremgår af analyseresultaterne dels under testpumpningen, fig. 11, og dels af tids-serierne, fig. 18, 19 og 20, at nitratindholdet falder med dybden fra omkring 115 mg/l øverst i reservoaret til 0 mg/l omkring 22 - 23 m.u.t.

Filterplacering:
under en nitrat-front belig-gende midt i
reservoaret

Nitratkurven fra testpumpningen på markvandings-boringen ved Borris 94.2011 med stigende kon-centration fra 0 mg/l ved start til 33 mg/l ved stop fig. 11, kan ud fra diagrammet fig. 12 fortolkes som hidrørende fra et reservoir med top af filter placeret tæt ved (under) nitratfronten og i 3. fjerdedel af et reservoir med en nitrat-zoneandel på ca. 50%.

"Sæsonfluktua-tion" i nitrat-indholdet op til 50 mg/l

Af boreprofilet fig. 11 og teksten afsnit 2.2.5 fremgår, at reservoirtykkelsen er 25 m (12 - 37 m.u.t.), filterlængden er 6 m (22 - 28 m.u.t.). Af fig. 18 fremgår, at nitratfronten er beliggen-de 22 - 23 m under terræn eller midt i reser-voiret svarende til top af filter.

Tidsserier over nitrat, fig. 16 udviser store sæsonfluktuationer i nitratindholdet for perioden 1982 til 1986 og i mindre grad i 1989 og 1990. Forskellen mellem maksimal og minimal nitratkoncentration er op til 50 mg/l. Testpumpningen viser, at der med det herskende forhold er muligt at ændre nitratkoncentrationen i boringer i nærheden af en boring, der pumpes. Ved pumpning på markvandingsboringen trækkes vand fra højere

"Markvandings-
effekten"

niveauer til dybere; da nitratkoncentrationen er højst øverst i reservoiret, vil dette resultere i en stigning i nitratindholdet i alle filtre over nitratfronten. I den nærmeste del af sænkningstragten vil det ske relativt hurtigt. Efter stop af pumpningen vil den nedtrukne "nitratkegle" i udfladet form bevæge sig i grundvandets strømningsretning og give anledning til temporær stigning i nitratindholdet i husholdningsboringen. Denne forklaring på sæsonfluktuationer i nitratindholdet i grundvandet benævnes "Markvandingseffekten", og er nærmere beskrevet af Andersen og Kelstrup (Andersen og Kelstrup, 1988). Sæsonfluktuationerne på figurerne 16, 18, 19 og 20 tolkes som pumpebetingedede, fremkaldt ved oppumpning af vand til markvanding, bl.a. fordi de optræder i alle år med markvanding, og udebliver i år uden. Dette fremgår af tabel 2, hvor den manglende markvanding i 1987 medfører, at nitratkoncentrationen forbliver konstant. Da DGU gennemførte testpumpningen i oktober-november 1986 resulterede denne pumpning ligeledes i stigende nitratindhold i husholdningsboringen. Reservoirforhold og boringsgeometri som beskrevet ovenfor, støtter denne antagelse.

Stigende nitrat-
indhold efter
1987

Tidsserier af nitratindholdet i husholdningsboringen ved Borris viser uover de ovenfor nævnte sæsonsvingninger, en stigning i grundvandets nitratkoncentration i intervallet 19 - 22 m.u.t., hvorfra husholdningsboringen får vand.

Mindre sæson-
amplitude efter
1987

Mens nitratindholdet før 1987, før markvandingsperioder, lå omkring 10 - 30 mg/l, ligger husholdningsboringens nitratindhold efter 1987 på omkring 50 mg/l. Efter perioder med markvanding sker der fortsat en stigning i nitratindholdet, men denne bliver mindre som følge af den højere udgangskoncentration. På fig. 18 er afbildet kurver over nitratindholdet som funktion af dybden i rede I for de enkelte prøvetidspunkter.

Det fremgår heraf, at der generelt er en voksende nitratkoncentration i alle dybder over 23 m, som funktion af tiden og tidspunkterne for de største afvigelser: 15 dec. 1986, og 11. aug. 1989, er efter markvanding.

4.2 Hovedkonklusion

Hovedkonklusionen af nærværende undersøgelse er, at de forekommende "sæsonfluktuationer" i nitratindholdet i vandet fra de undersøgte husholdningsboringer er pumpebetingede, fremkaldt af oppumpning af vand til markvanding. ~~Ændringer i~~ input-koncentrationen har i nogle tilfælde modificeret "sæsonfluktuationerne", men ikke fjernet dem. Sådanne "sæsonfluktuationer" vil forekomme, ved sæsonpumpning fra et grundvandsreservoir med lagdelt vandkvalitet, f.eks. nitrat, ved pumpning fra en partiet filtersat boring. En model for koncentrationsforløbet, som funktion af pumpetiden, filterplacering og nitratzoneandel, er opstillet og verificeret i det omfang, det foreliggende datamateriale tillod det.

Undersøgelsen har vist, at moniteringsboringer, beliggende i nærheden af og nedstrøms vandind vindingsboringer, kan udvise særdeles store fluktuationer i vandkvaliteten, uden at det kan tages som et udtryk for en ændring i tilførsel af forurening til reservoaret. De største variationer fremkommer ved periodevis pumpning.

5. APPENDIX I

Markvandingseffekten jvf. fig. A1.

Definition: Ved markvandingseffekten forstås fluktuationer i pumpevandskvaliteten i en observations- eller indvindingsboring beliggende nedstrøms en boring, som pumpes periodisk, f.eks. en markvandningsboring.

Forklaring til fig. A1:

Fluktuationer i nitratkoncentrationen i vandet i de to boringer og "nitrattragts" varierende udbredelse i et reservoir med frit grundvands-spejl er illustreret på fig. A1 i 8 situationer, 0 - 7 før, under og efter en pumpeperiode på markvandningsboringen.

Situation 0:

Før pumpningen starter, er markvandningsboringen fri for nitrat, og der er kun nitrat i den øverste del af observationsboringens filter.

Situation 1:

Pumpningen starter fra markvandningsboringen, og en "nitrattragt" opbygges inden for dens sænkningstragt.

Situation 2:

Pumpningen er standset, og sænkningstragten retablerer, mens "nitrattragten" fortsat eksisterer, om end i reduceret form. Nitratindholdet er henholdsvis faldende og uændret i markvandningsboring og observationsboring.

Situation 3 til 7:

Nitrattragts bevægelser sig i grundvandets naturlige strømningsretning hen imod observationsboringen og passerer denne. Nitratkoncentrationen vil stige og nå maksimum og derefter igen falde og nå baggrundskoncentration, når

"nitrattragten" har passeret. Amplitudens størrelse og periodens længde afhænger, ud over størrelsen af nitratkoncentrationen i nitratkeglen og sækningstragtens form, af snittets placering ved passage af observationsboringen. Snit gennem toppunktet i "nitrattragten" giver den største amplitude og længste periode, mens passager i den perifere del af nitrattagten vil give mindre amplituder og kortere perioder.

Med en placering af markvandningsboringens filter i nitratzonen vil "nitrattragten" blive til en "nitratfri" tragt med den spidse ende opad. Passagen af en nedstrøms beliggende boring vil i så fald medføre en faldende nitratkoncentration i stedet for en stigende, men iøvrigt med samme mønster som beskrevet ovenfor.

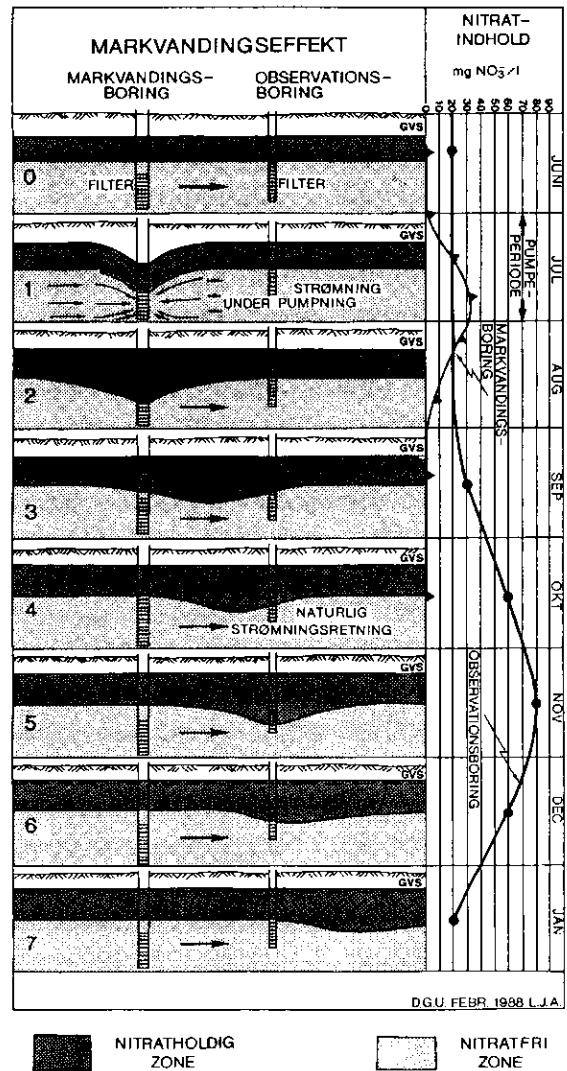


Fig. A1. Principskitse illustrerende sæsonfluktuationer i nitratindholdet i et frit grundvandsreservoir med en nitratholdig zone i en observationsboring eller indvindingsboring fremkaldt af sæsonmæssig pumpning på en opstrøms beliggende markvandningsboring. (Efter Andersen & Kelstrup, 1988).

REFERENCER

Andersen, L.J. og N. Kelstrup (1988): "Markvandingseffekten". Forklaring på sæsonfluktuationerne i nitratindholdet i vandboringer. Vandteknik nr. 2, april 1988.

Andersen, L.J., R. Jakobsen, F.L. Nielsen og B. Nilsson (1989): Separationspumpnings- og Separationsinjektionstest, (SPT) og (SIT) i forbindelse med grundvandsforurening i ATV-komiteen vedrørende grundvand, Vintermøde, Vingsted 1989.

Kelstrup N. (1988): Nitratfluktuationer statusrapport over feltundersøgelser. DGU intern rapport nr. 21 1988.

Kelstrup, N. og B. Hansen i arealanvendelse og geologi - nitrat i grundvand. Miljøprojekt nr. 73. Miljøstyrelsen, København 1986.

Petersen, J.B., 1986: Fluktuationer i grundvands nitratindhold - Processer eller hydraulik? En undersøgelse af moniteringsdata fra Ringkøbing Amtskommune, 1986. (Intern rapport, Terraqua).

Petersen, J.B., 1987: Fladebelastninger af grundvandet: Datagrundlag, omfang og konsekvenser. Vand & Miljø nr. 4, København, 1987.

FIGURLISTE

- Fig. 1. Oversigtskort. Danmarks kort med beliggenhed af lokaliteter.
- Fig. 2. Dybendal.
- Fig. 3. Boreprofil og testpumpning.
- Fig. 4. Holmegård.
- Fig. 5. Boreprofil og testpumpninger.
- Fig. 6. Staby.
- Fig. 7. Boreprofil og testpumpninger.
- Fig. 8. Sdr. Bork.
- Fig. 9. Boreprofil og testpumpninger.
- Fig. 10. Borris.
- Fig. 11. Boreprofil og testpumpninger.
- Fig. 12. Principskitse illustrerende nitratkoncentrationen i pumpevandet som funktion af pumpetid, nitratzoneandel af reservoirmægtighed samt filterplacering.
- Fig. 13. Testpumpning på husholdningsboringen, Borris.
- Fig. 14. Tidsserie af nitratindholdet i husholdningsboringen, Holmegård, 1971 - 1990.
- Fig. 15. Tidsserier af nitratindholdet for husholdningsboringen, Holmegård 1986 - 1990.
- Fig. 16. Tidsserier for nitratindholdet i husholdningsboringen, Borris 1982 - 1990.
- Fig. 17. Nitratindholdet i markvandningsboringen i Borris, 1986 - 1989.
- Fig. 18. Nitratkoncentration som funktion af dybde og tid i Rede I, Borris.
- Fig. 19. Nitratindhold i Rede I. Borris.
- Fig. 20. Nitratindhold i Rede II og III. Borris.
- Appendix I: Markvandingseffekten.

Registreringsblad

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K.

Serietitel, nr.: NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, B12

Udgivelsesår: 1990

Titel:

Fluktuationer i grundvandets nitratindhold

Undertitel:

Forfatter(e):

Andersen, Lars Jørgen; Kelstrup, Niels

Udførende institution(er):

Danmarks Geologiske Undersøgelse

Resumè:

Periodevis pumpning fra et reservoir, der er lagdelt m.h.t. nitrat, kan medføre store fluktuationer i nitratindholdet i nærliggende borer. Sådanne fluktuationer bliver sæsonmæssige ved sæsonmæssig pumpning, som f. eks. markvanding. De ville ikke forekomme, hvis der ikke blev pumpet. Pumpefremkaldte fluktuationer i vandkvaliteten kan gøre moniteringsboringer uegnede til overvågning af grundvandskvaliteten.

Emneord:

borer; vanding; grundvand; monitering;
nitrogen CAS 7727-37-9

ISBN: 87-503-8858-4

ISSN:

Pris: 65,- (inkl. 22 % moms)

Format: AS5

Sideantal: 56 s.

Md./år for redaktionens afslutning: november 1990

Oplag: 500

Andre oplysninger:

Rapport fra koordinationsgruppe B for grundvand

Tryk: Luna-Tryk ApS, København

NPo-forskning fra Miljøstyrelsen

Rapporter fra koordinationsgruppe B for grundvand

- Nr. B 1 : Kemisk nitratreduktion med jern(II)forbindelser
- Nr. B 2 : Nitratreduktion i moræneler
- Nr. B 3 : Nitratreduktion og organisk stof i grundvandsmagasiner
- Nr. B 4 : Nitrat og fosfat i grundvand/drikkevand fra områder i Danmark
- Nr. B 5 : Transport og omsætning af N og P i Rabis Bæks opland
- Nr. B 6 : Transport og omsætning af N og P i Langvad Å's opland. I
- Nr. B 7 : Transport og omsætning af N og P i Langvad Å's opland. II
- Nr. B 8 : Nitratreduktionsprocesser i Rabis hedesletteaquifer
- Nr. B 9 : Afstrømning og transport til Rabis og Syv Bæk
- Nr. B10 : Geokemiske processer i et grundvandsmagasin
- Nr. B11 : Grundvandsbelastning fra to landbrug på sandjord
- Nr. B12 : Fluktuationer i grundvandets nitratindhold
- Nr. B13 : Flow and Transport Modelling – Rabis Field Site
- Nr. B14 : Drainage Flow Modelling – Syv Field Site
- Nr. B15 : Regional model for næringsalttransport og -omsætning
- Nr. B16 : Kortlægning af potentialet for nitratreduktion
- Nr. B17 : Klimastationer i NPo-værkstedsområder
- Nr. B18 : Grundvandsmoniteringsnet i Danmark
- Nr. B19 : Field Investigations of Preferential Flow Behaviour

Nr. B8 er tidligere annonceret med titlen:
Processes of nitrate reduction in a sandy aquifer

Fluktuationer i grundvandets nitratindhold

Periodevis pumpning fra et reservoir, der er lagdelt m.h.t. nitrat, kan medføre store fluktuationer i nitratindholdet i nærliggende borer. Sådanne fluktuationer bliver sæsonmæssige ved sæsonmæssig pumpning, som f. eks. markvanding. De ville ikke forekomme, hvis der ikke blev pumpet. Pumpefremkaldte fluktuationer i vandkvaliteten kan gøre moniteringsboringer uegnede til overvågning af grundvandskvaliteten.



Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Strandgade 29, 1401 København K, tlf. 31 57 83 10

Pris kr. 65.- inkl. 22% moms

ISBN nr. 87-503-8858-4