

504.43.060
B12

NPo-forskning fra Miljøstyrelsen

Nr. B18 1990

Grundvands- moniteringsnet i Danmark



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 een 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 blive en trussel mod livet i vandløb m.v. – og af at der kunne ske en nitratforurening 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 næringsstoffernes 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.

4/100

**NPo-forskning fra Miljøstyrelsen
Nr. B18 1990**

Grundvands- moniteringsnet i Danmark

Gert Andersen

Danmarks Geologiske Undersøgelse

**MILJØSTYRELSEN
BIBLIOTEKET
Strandgade 29
1401 København K**

**Miljøministeriet
Miljøstyrelsen**

	<u>Indhold</u>	
<u>0.</u>	<u>Sammendrag</u>	4
<u>1.</u>	<u>Indledning</u>	4
<u>2.</u>	<u>Materialer og metoder</u>	5
2.1	Konceptet for grundvandsovervågning	5
	2.1.1 Punktmoniterende boringer	6
	2.1.2 Liniemoniterende boringer	6
	2.1.3 Volumenmoniterende boringer	7
2.2	Teoretiske forhold	8
	2.2.1 Grundvandskemiske fronter	8
	2.2.2 Strømningsprocesser	9
	2.2.3 Forureningskilder	13
	2.2.4 Spredningsprocesser	14
	2.2.5 Menneskelige påvirkninger	15
2.3	Design af overvågningsnettet	16
	2.3.1 Oplandet	17
	2.3.2 Prøvetagningsstederne	18
	2.3.3 Analyseprogrammet	31
<u>3.</u>	<u>Observationer</u>	33
3.1	Uforseglede boringer	33
3.2	Utætte samlinger	33
3.3	Differentiering af vandspejl	34
<u>4.</u>	<u>Diskussion og konklusion</u>	39
	<u>Referenceliste</u>	41
	Registreringsblad	44

0. Sammendrag.

Etablerings-
arbejde og
observationer

Rapporten beskriver etableringen af en statslig del af et grundvandsovervågningsnet bestående af 68 overvågningsoplande. Danmarks Geologiske Undersøgelse har etableret denne statslige del ved at etablere 19 overvågningsområder. Overvågningen tager sigte på produktion af tidsserier og der kan derfor ikke præsenteres egentlige overvågningsresultater. Der præsenteres dog visse observationer fra anlægsarbejdet, da disse synes betydningsfulde for grundvandsbeskyttelsen og grundvandsovervågningen. Ligeledes opsummeres visse teoretiske forhold.

Projektdeltagere

Niels Kelstrup ledede projektet i dets første faser, og etableringsarbejdet er resultatet af en større fælles indsats både fra DGU's medarbejdere.

1. Indledning.

Definitioner og
formål

Grundvandsovervågningen defineres som observation og vurdering af tidsmæssige variationer i grundvandsstand og grundvandskvalitet på landsplan (Friis et al., 1985; Andersen, 1987). Den skal varsle om ændringer, fremkaldt af naturlige årsager eller menneskelige aktiviteter (Andersen, 1987) og tjene som grundlag for beslutninger om ændrede indvindings- og grundvandsbeskyttelsesstrategier for en hensigtsmæssig styring af vandressourcernes udnyttelse (Friis et al., 1985).

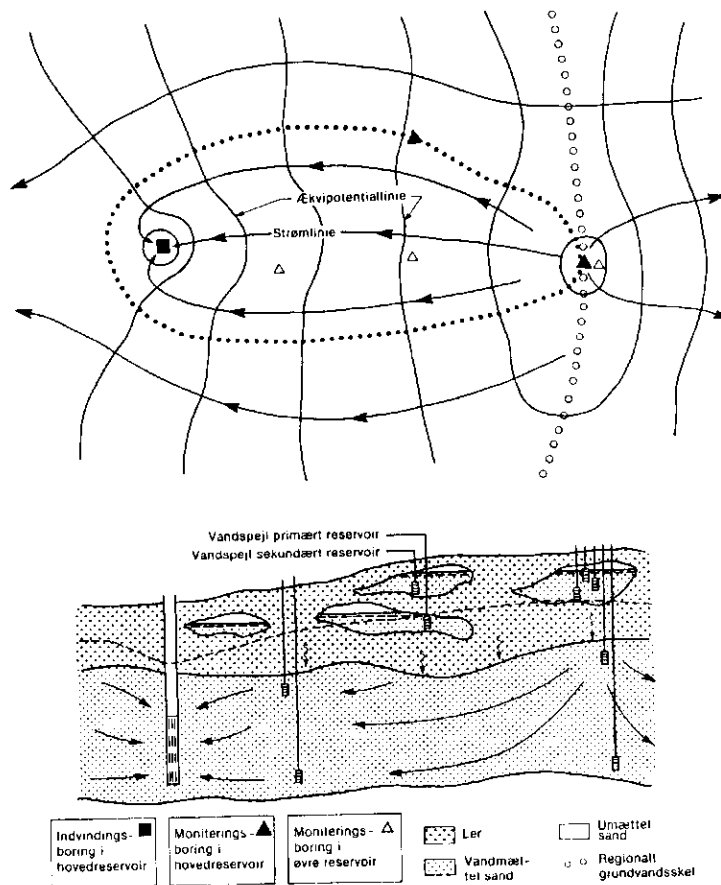
2. Materialer og metoder.

2.1 Konceptet for grundvandsovervågning.

Bred front.

Grundvandet skal overvåges over en regional skala (Andersen, 1987). Til dette formål er der udvalgt et antal større vandforsyninger eller udstrømningsområder. Omkring hver af disse, er der udpeget og defineret et delopland.

Fig. 1. Model for grundvandsovervågning. (Efter Andersen, 1987).



Punkt-, linie- og volumenmonitoring I hvert af de hydrologiske kredsløb måles vandkvaliteten fra et antal boringer der er jævnt fordelt både geografisk og geologisk. Se figur 1. Der er defineret 3 typer overvågningsboringer, h.h.v. punkt-, linie- og volumenmonitorerende boringer.

2.1.1 Punktmonitorerende boringer.

Vandskellet Punktmonitorerende boringer defineres som boringer placeret længst muligt opstrøms, langs vandskellet. Boringerne udføres normalt med korte filtre beregnet for prøvetagning, og henstår uden dagligt vandforbrug. Placeringen længst muligt opstrøms i strømbanen, giver et varsel om effekten af nedsivningen fra arealet umiddelbart oven over, idet strømlinierne dér er nedadrettede.

Fordele og ulemper I modsætning til indvindingsboringer er de punktmonitorerende boringer ikke centrum af en sænkningstragt, hvorved pejlingerne repræsenterer reservoirets aktuelle potentialeforhold. Til gengæld er der ikke et dagligt vandskifte i boringerne således at der kan være en uønsket afsmitning fra materialerne i boringens konstruktion. De korte filtre sikrer at vandprøverne er niveauekorrekte.

Første varsel Flere punktmonitorerende boringer på samme lokalitet, men med filtre i forskellige dybder, giver en retrospektiv (tilbageskuende) overvågning (Andersen, 1987). De øverste korte boringer giver det første varsel om kvaliteten af det yngste grundvand.

2.1.2 Liniemoniterende boringer.

Nedstrøms Definitionen af liniemoniterende boringer svarer til definitionen for punktmonitorerende

Effekten langs en strømlinie	boringer, idet de liniemoniterende boringer dog er placeret længere nedstrøms i oplandet. De overvåger effekten af påvirkningerne langs den strømlinie, der ligger opstrøms for boringen. Er der flere liniemoniterende boringer på samme lokalitet, men med forskellige dybder, fås en retrospektiv overvågning der dog har en mere udvisket karakter end ved punktmoniterende boringer.
Forskel på punkt- og liniemoni-tering	Der kræves et stort antal samtidige, og præcise vandspejlsmålinger for at bestemme vandskellet, da vandspejlet er vandret ved vandskellet og da hældningen nærmer sig asymptotisk mod dette. Det kan derfor, i oplandets øvre del, være svært at afgøre om en boring er liniemoniterende eller punktmoniterende. Endvidere kan grundvandsskellet forskydes hvis afstrømnings- og indvindingsforholdene ændres.
<u>2.1.3</u>	<u>Volumenmoniterende boringer.</u>
Vandforbrug	Volumenmoniterende boringer defineres som boringer, hvorfra der er et dagligt vandforbrug. I grundvandsovervågningen omfatter de volumenmoniterende boringer både den udpegede regionale kildepladsboring og oplandets små lokale vandforsyninger.
Lokale kilder	Ved volumenovervågning fås den mest sikre registrering af eventuelle lokale forureninger. De små vandforsyninger overvåger mindre deloplande, hvor kildepladsboringen overvåger det totale volume af det definerede opland.
Blandingsprøver	Med mindre særlige arrangementer udføres vil de udtagne vandprøver være blandinger af grundvand med forskellige aldre og strømningsforløb. Det daglige vandforbrug sikrer en god vandprøve-

kvalitet mht. afsmitning fra materialerne i boringens konstruktion.

Usikre pejlinger Kvaliteten af pejlinger fra de volumenmoniterende boringer, er bedst ved de boringer, hvor sænkningstragten er mindst. Størrelsen af denne afhænger af samspillet mellem vandforbruget, pumpeydelsen og den hydrauliske virkningsgrad af boring og reservoir.

2.2 Teoretiske forhold.

Lokale data De data der indsamles ved den fremtidige drift af overvågningsnettet, er alle lokale data, som skal tolkes fagligt og statistisk inden der kan genereres regionale udsagn.

Med henblik på dette opsummeres her de teoretiske forhold der skønnes afgørende:

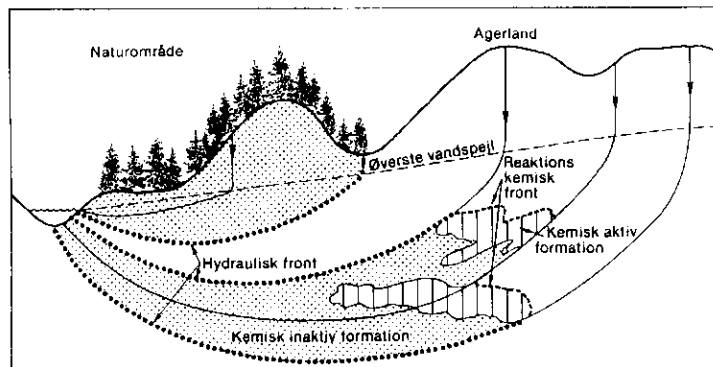
2.2.1

Grundvandskemiske fronter.

Frontdannelse i grundvandet Det er velkendt, at der indenfor det samme reservoir, kan være markante frontdannelser i vandkemien. Disse kan variere selv over ganske få decimeter (Andersen og Kristiansen, 1988). Fronterne kan opdeles i to grupper, (Hansen og Kelstrup, 1986) h.h.v. de hydrauliske- og de reaktionskemisk betingede fronter, se figur 2.

Reaktionskemiske fronter De reaktionskemiske fronter skærer strømlinierne og er knyttet til de formationer, hvor kemiske reaktioner finder sted. Typiske formationer kan være sedimenter med et indhold af f.eks. organiske stoffer og pyrit.

Fig. 2. Reaktions-
kemiske- og hydrau-
liske fronter.
(Efter Andersen og
Kristiansen, 1988)



Hydrauliske
fronter

Hydraulisk-kemiske fronter er stofsprednings-
faner fra arealer, affaldsdepoter og geologiske
formationer, hvor der finder kemiske reaktioner
sted. De hydrauliske fronter er plane med
strømretningerne.

Markvandings-
effekten

Markvandings-effekten (Andersen og Kelstrup,
1988) er en særlig variant af den hydraulisk-
kemiske front. Effekten opstår i forbindelse
med midlertidige ændringer i indvindingsfor-
holdene fra et reservoir med en hydraulisk
frontdannelse. Denne ændres i takt med dannelsen
af det nye strømbillede. Når den midlertidige
indvinding slutter, ændrer strømlinierne ret-
ning, hvorved fronten bevarer sin nye form og
vandrer nedstrøms med den regionale strømning.
(Dog efter en mindre udligning af den hydrau-
liske sænkningstragt.)

2.2.2 Strømningsprocesser.

Darcy's lov

Som beskrevet under afsnit 2.1 bygger grund-
vandsovervågningen især på den rumlige ned-
sivningsmodel (Darcy's lov).

Antal parametre

Beskrivelsen af nedsivningen kræver mindst 2
sammenhørende parametre (Punktets potentiale og
hydrauliske ledningsevne) for hvert punkt i
rummet. Sammen med punktets 3 stedkoordinater

skal der dermed mindst 5 sammenhørende parametre til beskrivelsen af strømretninger og strømhastigheder. Dette giver vanskeligheder i forbindelse med den grafiske beskrivelse, idet der kan vælges mellem 2 typer kort, hhv. isopotentialkort og cirkeldiagramkort. Kortene har hver især deres fordele og ulemper.

Isopotentialkort - Isopotentialkortet, kan kun afbilde 3 sammenhørende parametre. Til gengæld er der, i kraft af en række antagelser, mulighed for at indtegne et område på terrænoverfladen som et (forenklet) symbol for det rumlige overvågningsopland.

Cirkeldiagramkort - Cirkeldiagramkortet kan afbilde alle parametre, og kan derved danne grundlag for en naturtro beskrivelse. Til gengæld er denne beskrivelse kompliceret.

3 antagelser ved isopotentialkort Ved udarbejdelsen af isopotentialkort er der særligt 3 antagelser, der betyder, at kortet kun kan anvendes som vejledende for de regionale forhold:

Ens potentialer langs en vertikal - "Potentialet i de afbildede vandmasser/ressourcer er konstant langs alle vertikaler". Denne antagelse betyder at vertikale strømme ikke må forekomme i det afbildede reservoir.

Ensformig reservoir - "Der skal være en ensformig hydraulisk kontakt mellem alle de boringer hvorefter isopotentiallinierne er konstrueret". Denne antagelse er forudsætningen for, at strømmlinier kan tegnes vinkelret ud fra isopotentiallinierne. Isopotentialkortet er imidlertid et tilstandsdiagram, og hvis ikke disse forudsætninger holder, vil strømmlinierne, hvis der da er tale om strømning, danne spidse vinkler med de konstruerede isopotentiallinier, ligesom strømhastighederne vil variere fra sted til sted. (For nogen reservoirer er det sikret at forudsætningerne er rimelige, ved at der enten

er en god geologisk begrundelse, eller ved at der er udført prøvepumpninger.)

Synkroner pejlinger - "Alle pejlinger skal være synkroner og præcise. Dette kan oftest være vanskeligt at sikre, og det kan være nødvendigt alligevel at benytte asynkroner pejlinger. I lyset af usikkerhederne (fejlene) ved kortets konstruktionen, og de heraf begrænsede anvendelsemuligheder, har dette forhold dog kun ringe betydning.

Anvendelse af kort Pga. usikkerhederne omkring det traditionelle potentialekort, er dette kun anvendt til definition af overvågningslandene. Indenfor overvågningsoplandene, er der en mere varieret hydrogeologi, som, mht. den fremtidige behandling af måleresultaterne, fordrer mere detaljerede og præcise beskrivelser. Dette sker ved anvendelse af cirkeldiagrammer.

Cirkeldiagramkort Da cirkeldiagramkort kan benyttes til afbildning af alle data (parametre) på samme kort, fås det ufortolkede potentialekort, der til enhver tid svarer til de virkelige målinger. (Senere målinger kan uden videre tilføjes). Såfremt der er tilstrækkelige data, giver den samtidige afbildning, mulighed for at vertikale og lokale strømme kan erkendes (se fig. 3 og 4).

Fig. 3. Illustration af lokale og regionale strømme. Modsat rettede og opadrettede strømme, kan ikke beskrives ved isopotentiallinier på geodætiske kort. (Efter Ward, 1975)

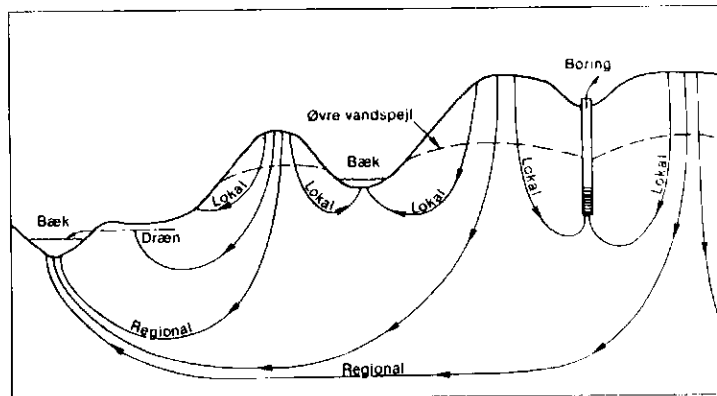
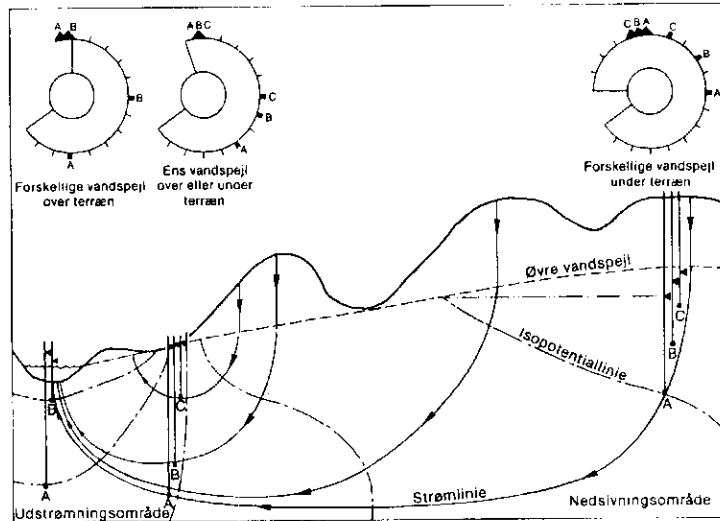


Fig. 4. Cirkeldiagrammer anvendt til beskrivelse af potentialet som funktion af dybden. De vertikale strømkomponenter kan udledes af cirkeldiagrammerne. (Efter Andersen, 1973).



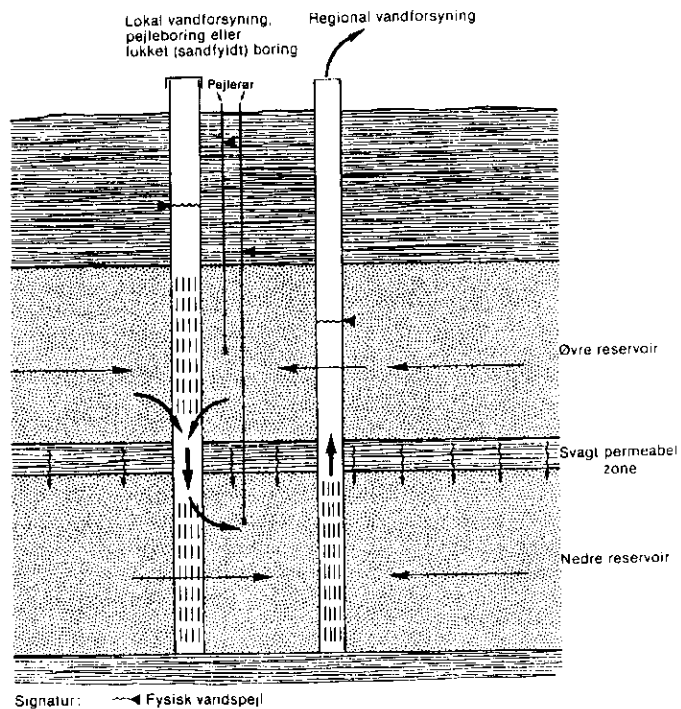
Antropogen hydrogeologi

Nedsivningsmodellen er ikke udtømmende for hydrologien, idet denne også er påvirket af den menneskelige aktivitet. Ud over de ændringer i reservoirernes strøm- og potentialeforhold, der følger af store regionale vandindvindinger (antropogen hydrologi), er der i tidens løb etableret boreriger (antropogen geologi), der kan give anledning til frie lodrette strømme (Antropogen hydrogeologi), se fig. 5. Disse lodrette strømme opstår, i de boreriger med lange eller partielle filtre, hvor potentialet varierer fra top og til bund af filtersystemet, og det målte vandspejl er i de tilfælde et udtryk for en middelværdi af potentialerne i de mest permeable zoner af reservoirets filtersatte del. (Ved cirkeldiagramkort afbildes det filtersatte interval, hvorved der er mulighed for at inddrage dette i analysen og fortolkningen af overvågningen.)

Antropogen hydrogeologi og overvågningen

Effekten af disse vertikale strømme er ikke kendt. Men ved iværksættelsen af grundvandsovervågningen, fås der fremover data, der kan medvirke til at belyse problemet, idet disse er mere niveauekorrekte end de foreliggende råvands-

Fig. 5. Eksempel på antropogen hydrogeologi: Gennembo-
ring af (og evt. filtersætning i) et
lavpermeabelt se-
diment kan give
anledning til fri
strømning mellem 2
reservoarer, og
kan derved give an-
ledning til en
fane af anden
vandkvalitet.
(Efter Everett,
1984)



data fra landets vandværker. Desuden er der indført punkt- og liniemonitering, og der er indført en større prøvetagnings- og analysekvalitet med et bredere analysespektrum. Såfremt der er en betydningsfuld effekt kan denne besværliggøre fortolkningen af de fremtidige overvågningsdata. De ukendte borer, og de kendte- og ukendte opfyldte borer og brønde kan i den forbindelse give særlige problemer.

2.2.3

Forureningskilder.

Definition

En kilde kan defineres som det sted i samfundet, hvor det miljøfremmede stof dannes. I forbindelse med grundvandsovervågningen, er det dog kun den del, der eksponeres til jordoverfladen, der har interesse. Til gengæld vanskeliggøres definitionen af forureningskilder.

Punkt og flade	Når der f.eks. skelnes mellem "punktkilder" og "diffuse kilder", og landbrugets emission af stoffer til markerne defineres som "diffuse kilder" ("flade belastning"). Definitionen er dog ikke helt præcis, idet et dyrket areal både har en udstrækning og en afgrænsning, og dermed hverken kan være et punkt eller et diffust areal.
Arealanvendelse	Anvendelsen af de enkelte arealer kan betragtes som individuelle kilder. F.eks. kan et naturareal betragtes som en relativ kilde, da der derfra kan være en fane af anden vandkemi end fra øvrige omgivende arealer (Brüsch, 1987).
Bymiljø	Definitionen af by, landsby og land, er løs, og det kan være svært at fastlægge hvor mange bygninger, hvor tæt disse skal ligge, og hvilken karakter de skal have, for at udgøre et bymiljø, og/eller der er tale om en diffus kilde. Ved en tilstrækkelig løs definition vil udflyttergårdenes placering mellem markerne medføre at landbrugsområderne kan karakteriseres som "bymiljø".
Dynamik	Forureningskilder opstår, og atter andre nedlægges eller aftager i aktivitet. Dette sker både på kort og langt sigt.
Lokale boringer	Boringerne i de første dele af strømbanen vil registrere alle disse ændringer, og vil være nært knyttet til kildetypen. De registrerer de lokale forhold.

2.2.4

Spredningsprocesser.

Regionale boringer	For boringerne i de nedstrøms dele af strømbanerne, vil effekten af de kortvarige variationer blive udvasket, idet stofspretnings-
--------------------	--

fanerne, ved dispersion og diffusion, kan overløje hinanden. Herved vil betydningen af punktkilder og diffuse kilder blive reduceret således at nedstrøms boringer i strømbanen repræsenterer den "regionale vandkvalitet". Dvs. responsen på samfundets totale emission af stoffer til jordoverfladen. Denne regionale vandkvalitet er et udtryk for en blanding af den ideelle punktformige og den ideelle diffuse forurening, og er behæftet med en stor tidsforskydning.

2.2.5

Menneskelige påvirkninger.

Reduceret ned-sivningsproces

Som beskrevet under afsnit 2.2.2 Strømningsprocesser, kan boringer med lange filtre give anledning til interne strømme i filteret. Sådanne strømme kan ikke alene komplicere den hydrologiske beskrivelse, men kan også medføre at en del af grundvandet vil passere disse "skorstene", og derved undgå de fysiske og kemiske reaktioner der knytter sig til ned-sivningsprocessen.

Lukning er ikke løsningen

En lukning af disse boringer vil ikke med sikkerhed stoppe interne strømme mellem magasinerne, da de gruspakninger, der normalt er etableret uden om filteret, stadig vil give anledning til strømme. (Gruspakningerne er ved nogle boringer ført helt op til terræn, og er af Petersen (1987) betegnet som "Brøndborerskorstene").

"Våde" boringer

Desværre har der ikke tidligere været opmærksomhed omkring etablering af små private vandforsyninger, og man har af økonomiske grunde valgt at kombinere eksisterende brønde med boringer. Herved er der bl.a. etableret "våde boringer", som er boringer udført i bunden af eksisterende

brønde, og hvor boringernes forerør, for at øge boringens kapacitet, er skåret af under brøndens vandspejl. Dette giver en u hensigtsmæssig kortslutning mellem de enkelte reservoirer (Kelstrup et al., 1990).

"Snyde" forerør Der er set eksempler på, at problemer med overfladevand i boringers tørbrønde (pumpehuset) er skjult ved en speciel konstruktion ("snyde fore-rør"): Med en utæt samling er boringens forerør forlænget med et kort rørstykke. Omkring dette er der fyldt jord, således at tørbrøndens bund altid vil være afdrænet til boringen uden at dette kan ses med det blotte øje.

Ukendte og nedlagte boringer En del boringer og brønde er i tidens løb lukket af ejere, som ikke har været opmærksomme på betydningen af materialevalget i forbindelse med opfyldningen. Andre udførte, og evt. senere nedlagte, boringer er ukendte for myndighederne, og det kan derfor konkluderes, at ikke alene har de hidtidige aktiviteter, i det industrialiserede samfund, givet en risiko for, at grundvandet kan forurennes gennem emission af miljøfremmede stoffer til det nedsivende regnvand, men de har også banet vejen for, at dette urensset kan trænge ned i grundvandsmagasinerne gennem uheldige boringskonstruktioner.

2.3 Design af overvågningsnettet.

19 statsligt etablerede oplande Overvågningsnettet består af 68 overvågningsoplande der repræsenterer almindeligt forekommende typer af grundvandsmasiner. Denne rapport omhandler de 19 statsligt etablerede overvågningsområder der er vist fremhævet på figur 6 sammen med de 49 amtsligt etableret

oplande. De statsligt etablerede oplande er beskrevet i 19 separate baggrundsrapporter (Czakó, 1990).

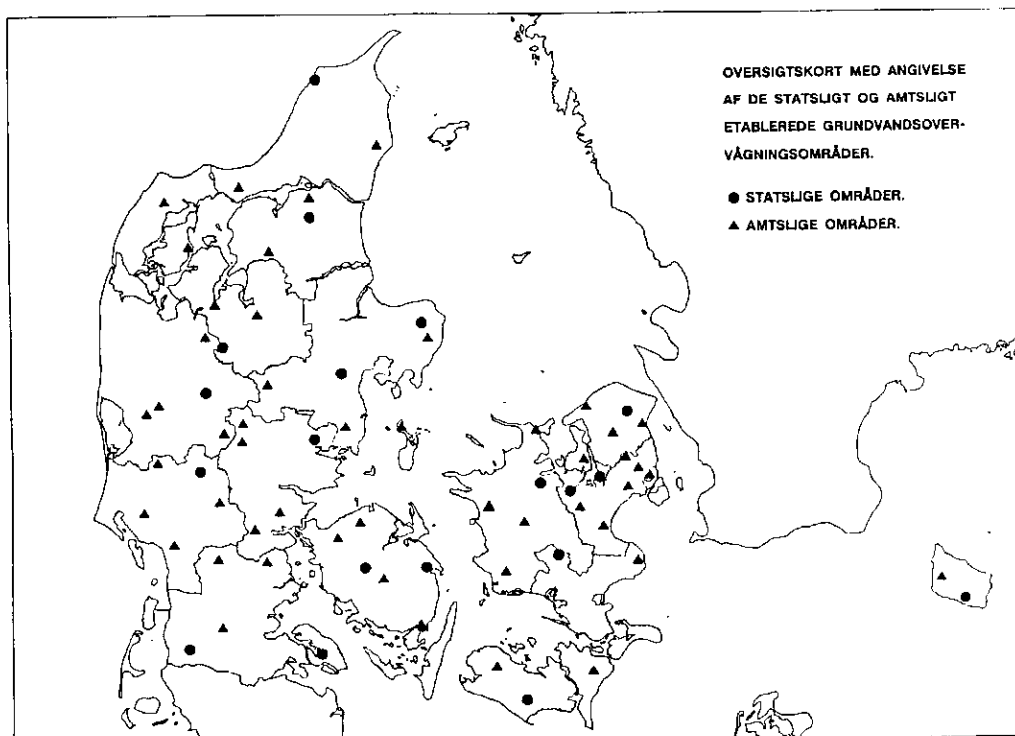


Fig. 6. Placering af overvågningsoplande.

2.3.1 Oplandet.

En regional boring Det enkelte opland er udpeget ud fra den boring, i den regionale vandforsyning, som har den bedste placering mhp. bestemmelse af boringens oplandsgrænser.

Identificeret ved Selve identifikationen, og definitionen, af oplandet er foretaget ud fra potentialekort. De fejl, der måtte være ved at bruge de 3 dimensionale potentialekort (jævnfør afsnit 2.2.2 Strømningsprocesser), er reduceret ved at optegne oplandene mindre end det kan udledes af

potentialekortet. Dermed er der en stor sandsynlighed for, at alle overvågningens prøvetagningssteder tilhører det samme hydrologiske kredsløb.

2.3.2

Prøvetagningsstederne.

Boringstyper

Som prøvetagningssteder benyttes både eksisterende vandforsyningsboringer, eksisterende pejleboringer og nyetablerede overvågningsboringer specielt er konstrueret til formålet. For at få den størst mulige spredning af prøvetagningssteder i oplandene, er dækningen fra oplandenes eksisterende boringer blevet undersøgt inden placeringen og udførelsen af de nye overvågningsboringer.

Kvalitetskrav.

Ved udpegningen af de eksisterende boringer har det vist sig vanskeligt, at opfylde de oprindelige kvalitetskrav. Bl.a. pga. for små boringsdimensioner, hvilket medfører for snæver plads til montage af prøvetagningsudstyret samt pga. juridiske forhold. Det har derved vist sig, at antallet af eksisterende boringer, har været for få, til at det planlagte antal prøvetagningssteder, har kunnet udføres samtidig med at alle kvalitetskravene er tilgodeset.

Differentieret analyseprogram

Det er derfor valgt at indføre et differentieret analyseprogram, hvor de dyre og omfattende analyser kun udføres på boringer, der kan tilfredsstille de oprindelige kvalitetskrav. Ved de øvrige prøvetagningssteder gennemføres et reduceret analyseprogram. I tilknytning til det differentierede analyseprogram revideres overvågningen løbende ud fra analyseresultaterne.

Fordele

Det differentierede analyseprogram, har iøvrigt den fordel, at der fås resultater fra boringer, hvorigennem der potentielt kan forekomme lækage

(jævnfør afsnit 2.2.5 Menneskelige påvirkninger), og dermed, at der gennem analyser af det vand, der emitteres til reservoirerne, fås oplysninger om, hvilke sporstoffer, der kan forventes længere nedstrøms.

Målsætninger	<u>Eksisterende boringer.</u> Ved prøvetagning i eksisterende boringer, prioriteres det højt, at vandprøver udtages niveaukorrekt, og at parametrene "overfladevand" og "annullusvand" elimineres:
Overfladevand.	Ved at montere topforseglinger på de åbne forerør er det sikret at boringerne ikke er direkte forurenede med overfladevand.
Annullusvand.	Ved at montere særskilte pumper (montejuspumper) under niveauet for annullusvand (dvs. mellem vandforsyningens indtag og øverste filterslids), er det sikret at der ikke fås annullusvand i vandprøverne. Når vandprøverne udtages sker dette under en samtidig indvinding fra vandforsyningen, således at vandprøverne tages direkte fra det indstrømmende reservoirvand.
Niveaukorrekt.	Ved at montere 2 særskilte pumper i boringer med lange filtre, fås vandprøver, der til en vis grad er niveaukorrekte: Den ene med indtag ved bunden af boringen, og den anden med et indtag i niveau mellem vandforsyningens indtagsniveau og den øverste filterslids. Prøvetagningen sker under samtidig indvinding fra vandforsyningen, hvorved der fås niveau-korrekte vandprøve fra bunden af boringen, og en blandingsprøve fra hele boringens filterinterval. Vandprøverne kan således sammenlignes med henblik på at registrere eventuelle kemiske fronter. Sker der med tiden en ændring i analyseresultaterne fra den øverste montejustpumpe, vil dette være indikation for tilgang af en anden vandkvalitet fra oven.

En ændring i analyseresultaterne fra den nederste montejustpumpe vil være analog.

- Vandhaner. I de boringer, hvor pladsen er for snæver, til at der kan monteres montejustpumper, men hvor der til gengæld er en råvandshane, eller en sådan har kunnet monteres, sker prøvetagningen fra denne. Det gælder for disse boringer, at råvandshanen er placeret før hydroforer og eventuelle renseanlæg, og at pumpemetoden ikke påvirker vandkvaliteten. (Ejektorpumper benyttes ikke ved prøvetagningen.)
- Blandingsprøver Benyttelse af en råvandshane, svarer reelt til montage af en prøvetagningspumpe umiddelbart under vandforsyningspumpens indtag, når blot der sørges for at undgå at få annullusvand i prøven. Ved visse eksisterende boringer er samspillet mellem hydroforens, pumpens og boringens kapacitet dog så uhensigtsmæssig, at der stadig er en risiko for at få annullusvand i vandprøverne. Den løbende revision af overvågningen vil vise, hvilke af boringerne der af den grund senere må udgå af overvågningsprogrammet (Se afsnit 2.3.3 Analyseprogrammet).
- Skorstenseffekt. I de tilfælde, hvor der måtte være lækage langs forerøret fra jordoverfladen (brøndborer skorstene), kan de montejustpumper der har indtag umiddelbart under toppen af filteret (og under vandforsyningens indtag), give vandprøver der er helt eller delvist upåvirket af dette.
- Alsidighed Der er etableret alle typer af ovennævnte indtag i overvågningsnettet, således at der er grundlag for at belyse alle de nævnte problemer.

Speciel strøm- ningsgeometri på Bornholm	Ved prøvetagningsstederne på Bornholm sidder vandforsyningernes indtag ved bunden af boringen, hvorved der er en særlig variant af strømningensgeometrien: Montejuspumpen, med indtag ved bunden af boringen, giver vandprøver fra den nedre del af boringen. Montejuspumpen, med indtag ved den øverste del af den fritstående klippevæg, vil altid give vandprøver fra den øvre del af boringen, inclusive eventuelle lækager fra overfladen.
Kvalitetskrav	<p><u>Nye boringer.</u> Nye pejle og prøvetagningsboringer er udført for at tilfredsstille følgende kvalitetskrav:</p> <ul style="list-style-type: none"> Korte filtre Velkendt geologi Skånsom og ren prøvetagning Inerte udbygningsmaterialer
Borehygiejne	Der vil altid være forurenende aktiviteter på borepladsen, som vil kunne smitte af på værktøj og materialer. F.eks. vil udstødningssasser og sod fra borepladsens maskiner, af vinden blive båret hen mod det boregrej, der føres ned i borehullet, ligesom kontaminering kan ske ved brøndborerens skiftevis berøring af boregrej, maskiner og værktøj.
Sporstofmålinger	Forholdet er gældende for de fleste borearbejder, og betyder, at hvis miljøfremmede stoffer påvises i vandprøven fra en boring, kan dette skyldes, at analysenøjagtigheden er bedre end borehygiejnen. Sporstofmålinger kan derfor primært være egnet til at påvise, at miljøfremmede stoffer ikke forefindes i grundvandsreservoirerne. Hvis disse påvises, og der ikke er tale om forhold i forbindelse med prøvetagningen og analysearbejdet, kan dette korreleres til en række forhold som reservoires vandkvalitet,

boringers alder, dagligt vandforbrug, borings-
type, borefirma og borehold.

Stadig udviklings- Sideløbende med anlægsarbejdet er der sket en
proces metode og produktudvikling inden for boreteknik-
ker og prøvetagningsteknikker. Dette har med-
ført, at der er udført en række kombinationer
af boremetoder, materialer, konstruktioner og
pumpetyper. Det i denne sammenhæng ikke relevant
at beskrive dem alle, hvorfor der kun gives en
beskrivelse og vurdering af de enkelte elemen-
ter:

Sandspand. Boremetoder. Snegl og sandspandsboring, der er
den mest benyttede boremetode i overvågningen,
er især benyttet ved lerede og stenede for-
mationer, samt ved dybe boringer. Ved bore-
metoden fås jordprøver, der sikrer en god
beskrivelse af geologien. Afhængig af bore-
holdets håndværksmæssige kunnen, vil der være
risiko for, at der sker sandskydning under
borearbejdet, og dermed at der fjernes mere
sediment end svarende til borerørets volume.
Dette medfører dels, at de udtagne sandprøver
ikke er niveaukorrekte, og dels, at der kan
være lækager langs den færdigudbyggede boring.

Sandskydning Skal sandskydning undgås må der konstant ifyldes
vand for at holde et overtryk i boringen, og
dermed forringes borehygiejnen.

Smøremidler Det har desuden vist sig, at borerørens gevind
nødvendigvis må smøres med smøremidler, for at
disse, uden urimelig slitage, kan skilles ad
efter borearbejdet.

Brug af bore- Når boreværktøjet tømmes skal dette først træk-
værktøj kes op gennem den vandsøjle, der henstår i
borehullet. Derved sker en opblanding af det
naturlige vand i borehullet, og det vil, sammen

med eventuelt ifyldt vand, henstå i gruspakningerne ved afslutningen af borearbejdet. Derved fås en risiko for, at der vil være miljøfremmede stoffer i prøver udtaget fra boringen.

- Dynamit Bortsprængning af store sten vha. dynamit udvikler u hensigtsmæssige mængder af nitrat. Det har dog vist sig muligt i stedet at skære stenene over vha. en wolfram boresko.
- Ramme boringer. Rammeboringer er udført med 2" jernrør med løs jernspids. På basis af udførte gammalogs er der filtersat ud for de mindst lerede niveauer. Filtersætningen er sket ved først at ifylde vand for at hindre sandskydning. Dernæst ned sættes plastfilter med forlængerrør og jernspidsen slås løs med dette under samtidig tilbagetrækning af jernrøret. (Spidsen efterlades) Plastrøret trækkes med jernrøret tilbage, indtil filtersætningsniveauet nås, hvorefter jernrøret trækkes videre indtil nærmeste overliggende lerede eller siltede aflejring. Rammetoden har den fordel, at der ikke er behov for smøremidler. Ifyldning af vand inden filtersætningen reducerer borehygiejnen, men dette kan dog ofte undgås ved at etablere en utæthed ved rammespidsen.
- Ramme og blæse. Sideløbende med etableringen er der udviklet en boretype, der er en kombination af en rammeboring og en luftskylleboring. - Et ø2" jernrør nedrammes åbent (uden spids). Samtidig nedføres en kraftig trykluftslange gennem en adaptor (åbning) til jernrørets bund. Samtidig med nedramningen blæses jordprøver derved op i annullus, mellem jernrør og trykslange, og videre gennem adaptoren til terræn.
- Fordele og ulemper Boremetoden har de fordele, at der fås niveau-korrekte jordprøver, at eventuelle vandførende

zoner kan identificeres, og at tilsætning af fremmed vand undgås, samt at borerørens gevind tættes og samles med teflontape (uden brug af smøremidler). Ulemperne ved boremetoden er, at rammegrejet er placeret umiddelbart over borehullet, med risiko for afsmitning fra smøremidler m.v., at trykluftslangen skal op fra borehullet, hver gang endnu et borerør skal sættes på boringen, med en heraf følgende u hensigtsmæssig afsmitning fra omgivelserne til slangen. Afsmitningen fra omgivelserne skønnes dog ikke problematisk, idet jordprøverne vil skure fremmede stoffer bort fra slangen, når disse blæses op gennem annullus.

- Recirkulering Ved boring under vandspejlet skal oppumpet vand recirkuleres for at undgå sandskydning. Recirkulationen har ikke været anvendt ved etableringen.
- Nedramning af plast Som en særlig variante af rammeteknikken, har det vist sig muligt at trække plastikrør med plastfilter og fast plastspids direkte ned i jorden ved at ramme på en indvendig midlertidig stålstang.
- Teleskopering Teknikken til at nedramme plastrør er kombineret med ramme-blæse teknikken således, at ramme-blæse teknikken er benyttet til at gennembore den øverste moræneler, og teknikken til at nedramme et et plastrør er benyttet til at bore videre nedenunder ramme-blæse rørets munding: En ramme-blæse boring, med ø2" stålrør, blev udført gennem en 6m tykt moræneler. Derefter blev et ø50mm farveløst PEH rør (med fast PEH spids og fast PEH filter) teleskoperet videre indeni stål-røret til 16 mut. PEH rørene, der var delt i længder á 2 m, blev samlet vha. trapezgevind og teflontape.

Metodens fordele og ulemper

Metoden har de fordele, at borehygiejnen er optimeret, dvs ingen ifyldning af fremmed vand, og at antallet af anvendte materialer i boringens konstruktion er reduceret til to (PEH og teflontape), og at boreværktøjet ikke føres frem og tilbage mellem terræn og bund af boring. Metoden skønnes at være den hidtil mest optimale, både mht. hygiejne under borearbejdet og vandprøvetagningen, og mht. risiko for lækager skabt gennem borearbejdet. Der mangler dog, at blive gennemført en række udviklingsarbejder, inden metoden kan siges at være færdigudviklet.

Skylleboringer.

DGU har etableret en enkelt skylleboring i overvågningsnettet. Normalt anvendes denne metode ikke til at etablere overvågningsboringer, idet boreprocessen sker under tilsætning af kemikalier. Boremetoden har været anvendt ved én lokalitet for at gennembore en særlig hård kalk.

El-log boring

Ved en enkelt lokalitet, i det statsligt etablerede overvågningsnet, er der udført el-log boringer. El-log boringen, er en videreudvikling af boring med hul snegl, idet borehovedet er blevet forsynet med en el-log sonde. Nedboringen sker ved, kontinuerligt, at nedbore den hule snegl under en samtidig måling af jordens elektriske ledningsevne. Friktionen mellem sneglens vindinger og den omgivende jord, medfører, at materiale transporteres op til terræn, og at lerede dele af dette, presses ud i sandede horisonter. El-log sonden giver detaljerede geofysiske informationer om den gennemborede lagserie, og filtersætningen kan derved ske i vandførende lag. Filtersætningen sker ved at nedsætte filter og forerør i den hule snegl, og derpå, som ved rammeboringen, slås spidsen ud af borehovedet. Sneglen trækkes derpå tilbage, evt

under baglæns rotation, eller under samtidig nedpumpning af bentonite pasta.

Ellog boringens fordele og ulemper Boremetoden har de fordele, at den er økonomisk, at de geofysiske målinger er niveauekorrekte, og at afsmitningen fra borepladsen er minimal. Den har den ulempe, at der sker en vertikal materialetransport, og dermed, at der efterlades cuttings ud for filtersætningsniveauerne. Disse vil kunne påvirke vandprøverne kemisk (Hinsby et al., 1990).

Grus. Udbygningsmaterialer. Grusmaterialerne i boringernes gruspakninger består af (inert) kvarts-sand. Der er i de fleste boringer anvendt grussorteringer svarende til "Grejs nr 2".

Ler og bentonite. Forseglingerne mellem de enkelte reservoirer er normalt udført med ekspanderende bentonite pellets. I enkelte tilfælde, har der været anvendt en blanding af bentonite pellets og duranit kugler. Dette som et forsøg på at undgå uønskede propdannelser i borerøret. Bentonite produktet har iøvrigt en uheldig ionbyttende effekt (Brüsch, 1988), idet Ca^{++} og Mg^{++} optages under frigivelse af Na^+ og K^+ .

Rør. De fleste rør i de nyudførte boringer er grå PVC rør, der er udludet i vand (ca 20°C) i ca 3 uger. Vandet har været skiftet jævnligt for at fjerne vandopløselige stoffer og dermed reducere afsmitningen. Der er anvendt rør i trykklassen Tn16. Farveløse PEH (poly ethylene) og farveløse PVC rør er blevet indført for at reducere afsmitningen fra farvestoffer. PEH produktet er sideløbende med overvågningsprogrammets etablering, blevet klassificeret som det mest optimale plastmateriale, idet det har de færreste tilsætningsstoffer. Rørenes gevind er

samlet og tætnet med teflontape, hvorved limprodukter undgås. Gevindsamlinger har dog siden vist sig at være problematiske mht. tæthed.

Filtre med vandrette slidser

De fleste filtre i de nyudførte overvågningsboringer, er udført med vandrette slidser med ca 0,3 mm spalter. Filterlængden er 40 cm og rørdimensionen er $\varnothing 40$ mm. Enkelte af de udførte filtre er $\varnothing 16$ mm, og iøvrigt med samme karakteristika som $\varnothing 40$ mm filtre. Filtrene er normalt udført med en kuglekontraventil med henblik på montejustpumpning.

Filtre med lodrette slidser

Samtidig med indførelsen af PEH rør, er der indført filtre med lodrette slidser, idet udenlandske erfaringer har vist, at slidserne trykkes sammen af jordtrykket omkring de største forekommende sandkorn som et effektivt værn mod gennemfald af finsand.

Nedskylning af bentonite

Udbygningsmetoder. Ekspanderende bentonite kan være et problematisk tætningsmiddel hvis de enkelte filtre og forerør ikke er behørigt adskilte. Dette sker normalt med specielt konstruerede stivere. Disse har imidlertid den ulempe, at de kan fange det nedkastede bentonite og derved danne uønskede propper. Dette kan dog undgås ved at skylle bentoniten ned gennem et særskilt rør. Ved skylleprocessen bliver bentonite pillerne våde på overfladen inden de kommer i berøring med boringens og skyllerørets overflader, hvorefter de ikke længere suges eller klistres fast til rør og stivere m.v. Nedskylningsprocessen, gennem det smalle skyllerør, medfører, at bentoniten i løbet af kort tid placeres på rette sted, og dermed at bentoniten ikke når at ekspandere, før end bentoniten er korrekt placeret. Skylleprocessen er foreløbig kun gennemført ved kalkboringer, hvor der ikke er problemer med samtidig tilbagetræk-

ning af borerør. Ved boring i løse sedimenter må forerøret trækkes tilbage i takt med nedskyllningen af bentoniten, hvilket giver praktiske problemer, hver gang det øverste borerør skal fjernes.

Filtersætning i silt

I et enkelt tilfælde har de geologiske formationer været så siltede og ensformige, at det har været nødvendigt at konstruere en gruspakning bestående af en blanding af 2 sandtyper, hhv. 0,0 - 0,315 mm og 0,2 - 0,63 mm. For at bevare blandingen usorteret er denne skyllet ned gennem et smalt rør. Denne gruskastningsmetode har, sammen med anvendelsen af lodrette filterslidser, gjort det muligt at filtersætte prøvetagningsboringer i siltede sedimenter, og iøvrigt uden behov for længerevarende renpumpning.

Anvendte pumper

Pumpemetoder. De anvendte pumpemetoder er begrænset til følgende pumpetyper:

Montejuspumper
Membranpumper (Blærepumper)
Dykpumper
Borerørspumper
Sugepumper

Fordele og ulemper

I forhold til kriterierne for oppumpning af vandprøverne, har pumperne hver især deres fordele og ulemper. I evalueringen nedenfor er disse anført, og uddybet, sammen med design kriterierne. (En omtale af disse og andre pumpetyper findes i Kjeldsen, 1989.)

Kriterier

Ved overvågningsnettets planlægning blev pumpevalget truffet på følgende kriterier:

- Minimal opblanding i pumpekammeret ("Opblanding" i tabel 2).

- Minimal gasstripning i pumpekammeret ("Stripning" i tabel 2).
- Ingen annullusvand i vandprøven ("Annullus" i tabel 2).
- Ingen krydskontaminering mellem boringer. Dvs. de installerede pumper skal være så billige at de kan installeres permanent i alle boringer ("Pris" i tabel 2).

Design kriterier	Opblanding	Stripning	Annullus	Pris	Tætte rør	VSP	Renpumpning
Design prioritet	1	2	3	4			
Montejus	Pos	Pos/Neg	Pos	Pos	Pos	Pos/Neg	Pos/neg
Membran	Pos	Pos	Pos/Neg	Pos	Neg	Pos	Pos
Dyk	Pos	Pos/Neg	Pos/Neg	(Neg)	Neg	Neg	Neg
Borerørs	Pos	Pos/Neg	Pos/Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
Suge	Pos	Neg	Pos	Pos/Neg	Neg	Pos	Neg

Tabel 2: Evaluering af anvendte pumpetyper. "Pos" svarer til en positiv egenskab over for designkriteriet.

Montejuspumpen

Ved pumpevalget blev montejuspumpen udpeget som den foretrukne pumpetype, og dykpumpen og borerørspumpen blev valgt som sekundære pumpetyper i forbindelse med overvågning i eksisterende boringer.

Nye pumper på markedet

Siden dette valg, er der kommet en billigere og mindre dykpumpe på markedet, og der er udviklet en membranpumpe (blærepumpe), hvor energioverførelsen, fra pumpen til vandet, sker i bunden af boringen, dvs vha. trykprincippet. Begge pumpetyper er anvendelige, og er introduceret i overvågningsprogrammet. Membranpumpen har vist sig særlig egnet til prøvetagning.

Tilstødende kriterier

Der har siden vist sig behov for også at tage hensyn til muligheden for pumpning ved vandspejlet ("VSP" i tabel 2), til muligheden for renpumpning ("Renpumpning" i tabel 2), og til

mulighed for at kontrollere forlængerrørens tæthed ("Tætte rør" i tabel 2).

- Vandprøver fra vandspejlet
- Pumpning fra vandspejl og renpumpning er vanskelig, idet vandspejlet sænker sig i samme øjeblik pumpningen påbegyndes. Til løsning af denne opgave kræves pumper der tåler tørkøring. Blærepumpen har her den største fordel, da den kan pumpe kontinuerligt ved en vilkårlig lille ydelse. Montejuspumpen kan ved en særlig placering af kontraventilen dog bringes til at yde en passende vandmængde pr. pumpe­slag. Det er dog fælles for alle pumper, at det er vandets tilstrømning til filteret, der er afgørende for flowets størrelse, og dermed for den tid det tager at udtage en tilstrækkelig stor vandprøve. Vandspejlets sæsonmæssige fluktuationer medfører endvidere, at der er perioder, hvor de øverste filtre ikke kan give vand.
- Utætte forerør
- Kontrol af forerørs tæthed. Brugen af monte­juspumpen har afsløret at der er utætheder i en del af de boringer hvor denne er indbygget. Utætheder i andre (eksisterende) boringer har ikke kunnet påvises da der ikke er indbygget kontraventiler i disse.
- Montejuspumpen
- Montejuspumpen kan give anledning til voldsom gasstripping, hvis boringen er dyb og pumpe­kammeret tømmes fuldstændigt for hver pumpe­slag. Stripningen undgås ved skånsom prøve­tagning, dvs. kun ved at aftømme den nederste del af pumpekammert. Ved de dybe boringer kan renpumpning udføres rationelt ved kontinuerlig nedpumpning af luft i pumpekammeret (mammut­pumpning), hvor det til gengæld er umuligt at renpumpe filtre der er placeret i vandspejlet. Montejuspumpen tåler gennemfald af sand og tørkøring.
- Blærepumpe
- Blærepumpen (Misser et al., 1990) tåler gennemfald af sand, er ubetinget skånsom over

- for stripning, tåler tørkøring, og kan også pumpe kontinuerligt ved vandspejlet.
- Dykpumpe - Dykpumper, som vandforsyningspumper, omsætter relativt mange kræfter i pumpekammeret, og der kan dermed være en vis stripning. Kun hvor der er mulighed for regulering af ydelser, kan annullusvand undgås. De dykpumper på markedet, der er beregnet til prøvetagning, er enten lavtydende, eller kan reguleres ned til lave omdrejningsfrekvenser og med tilhørende lave ydelser, og er dermed mere skånsomme over for stripning.
- Borerørspumpe - Borerørspumper er vandforsyningspumper i lighed med dykpumper i eksisterende vandindvindinger. Der kan være en vis afsmitning fra pumpens lejer.
- Sugepumpe - Sugepumpen har fuldstændig plugflow, hvorfor der ikke sker opblanding, men til gengæld drives vandet ved vacuum, som giver en uhenigtsmæssig og voldsom stripning. Der er kun inddraget sugepumper i overvågningen ved de regionale kildepladser, hvor sugepumper er installeret, og hvor prøvetagning ikke kan ske på anden måde.

2.3.3

Analyseprogrammet.

- 5 Analysepakker Som nævnt under afsnittet 2.3.2 Prøvetagningsstederne, er der sket en revision af analyseprogrammet samtidig med etableringen af prøvetagningsstederne. Herunder er der defineret 5 analysepakker (se tabel 3), der skal indgå i en godkendelses- og/eller revisionsproces.
- Revisionsperiode Over en 3 årig periode skal prøvetagningsstederne testes ud fra den mest enkle og billige analysepakke (Analysepakke 1, grundvandets hovedbestanddele). Hvis boringen i løbet af 4 analyser viser en stabil vandkvalitet, og der

iøvrigt ikke er fundet fejlkilder, skal hele analyseprogrammet gennemføres. Frekvensen af disse, og de nærmere kriterier herfor, er anført i arbejdsrapporten "Vurdering af analyseprogrammet for udvalgte boringer i vandmiljøplanens grundvandsovervågning", Miljøstyrelsen nr. 11, (1990).

Tabel 3 : Analyse- **Analyseprogram i grundvandsovervågningsområder**
pakker.

Analysepakke 1	Analysepakke 4
<p>Grundvandets hovedbestanddele omfatter: Lugt og udseende Temperatur pH Konduktivitet Permanganattal Ieddampningsrest Calcium Magnesium Hårdhed, total Natrium Kalium Ammonium Jern (opløst) Mangan Bicarbonat Klorid Sulfat Nitrat Nitrit Total fosfor Fluorid Ilt Aggressiv kuldioxid Svovlbrinte Metan</p>	<p>Organiske mikroforureninger omfatter: 1. Ikke flygtigt organisk carbon (NVOC) 2. Flygtigt organisk carbon (VOC) 3. Adsorberbart organisk halogen (AOX) 4. Flygtigt organisk halogen (VOX) 5. Aromatiske kulbrinter Benzen Toluen Xylener (3 isomere) Naftalen 6. Halogenerede alifatiske kulbrinter Triklormethan Tetraklormethan Trikloræthylen Tetrakloræthylen 1,1,1-Trikloræthan 7. Fenol og alkylfenoler Fenol Cresol o, m, p Xylenol (6 isomere) 8. Klorfenoler 4-klor-2-methylfenol 6-klor-2-methylfenol 4,6-diklor-2-methylfenol 2,4-diklorfenol 2,6-diklorfenol 2,4,6-triklorfenol Tetraklorfenoler (3 isomere) Pentaklorfenol 9. Pesticider Diklorprop Meklorprop MCFA DNOC Dinoseb 10. Anionaktive detergenter</p>
<p>Analysepakke 2 Bakteriologisk undersøgelse omfatter: Coliforme bakterier Termotolerante coliforme bakterier Kimalt 37°C Kimalt 21°C</p>	
<p>Analysepakke 3 Uorganiske sporstoffer omfatter: Aluminium Arsen Barium Bly Bor Bromid Cadmium Jodid Krom, total Cyanid Kobber Kviksølv Molybdæn Nikkel Selen Strontium Tritium Vanadium Zink</p>	<p>Analysepakke 5 Specielle pesticid-forureninger omfatter: Alaklor Aldicarb Atrazin Carbofuran Methylisothiocyantat 1-2-diklorpropan 1-3-diklorpropylen Simazin TCA GC/MS screening analyser andre typer efter anvendelsesmønstre.</p>

3. Observationer.

3.1 Uforseglede boringer.

Oversvømmede tør brønde	Under etableringsarbejdet har DGU konstateret, at en del af de eksisterende boringer ikke er forseglet (beskyttet mod nedtrængende overfladevand). Størstedelen af de fhv. uforseglede boringer, der er blevet inddraget i overvågningen, er blevet forseglet, og DGU har til dato kunnet konstatere oversvømmelse i mindst 2 af tørbrøndene til disse. Dette er sket i forbindelse med meget kraftige regnskyl. I andre tilfælde står der konstant vand i tørbrønden i et niveau over forseglingen.
Åbne borehuller	Der er observeret, at uforseglede boringer er den hyppigst forekommende boringskonstruktion hos private, og det er ikke sjældent, at overfladevandet strømmer ned i boringen, - især i vinterperioden.
"Snyde" forerør	Ved visse boringer er problemet skjult, idet der er etableret såkaldte "snyde forerør". (Se afsnit 2.2.5).

3.2 Utætte boringer.

Utætte forerør	De fleste nyudførte prøvetagningssteder er udført og udbygget med montejustumper, hvor der umiddelbart over filteret er placeret en indbygget kontraventil, og hvor vandprøven udtages vha. gastryk. Derved er der konstateret utætte forerør ved nogle af boringerne. Endvidere viser pejlinger før og efter brugen af montejustumperne, at grundvand fra andre gennemborede reservoirer med højere potentiale, trænger ind i forerørerne oven over kontraventilerne.
----------------	--

Årsager ikke påvist

Det har ikke været muligt at fastlægge hvorvidt dette skyldes utætte rørsamlinger eller revner i rørene, men Brüscher (1988), har i andre PVC-forede boringer, kunnet korrelere forerørsamlingerne til udslag på en ledningsevnelog, hvilket gør det sandsynligt at utæthederne skyldes utætte rørsamlinger.

3.3 Differentiering af vandspejl.

Udbygning af boring

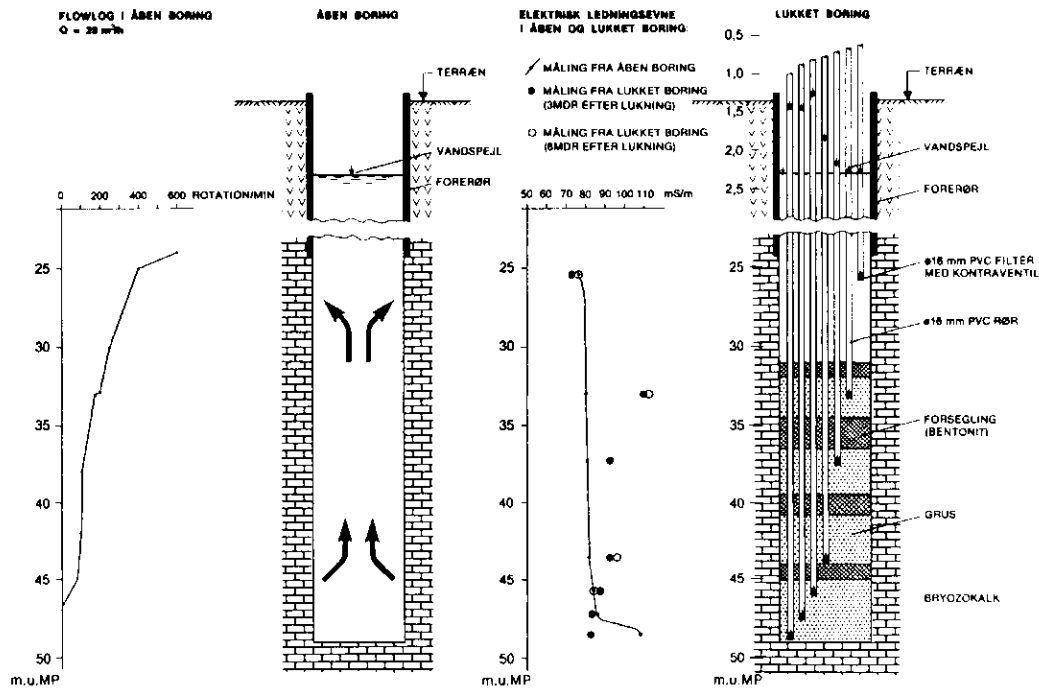
Som et eksempel på de eksisterende boringers betydning, har udbygningen af en boring medført markante ændringer i boringens kemi- og potentialeforhold.

Historie og beskrivelse

Boringen (DGU ark. nr. 147.226) havde 30 meter filter i form af fritstående kalk. (Artesisk kalkreservoir.) Siden etableringen i 1968 har boringen henstået som en pejleboring (dvs. uden vandindvinding). Den er placeret 500 m opstrøms for den nærmeste regionale vandforsyning (Nyborg kommunale værker). Mellem denne pejleboring, og den regionale vandforsyning, findes en opfyldt boring. De 2 nærmeste lokale boringer, der er registreret, findes ca 200 m vinkelret på de formodede strømmlinier. I opstrøms retning er der ca 300 m til nærmeste kendte boring.

Udbygningen

I maj 1989, er den uforede del af boringen udbygget med 7 pejle- og prøvetagningsrør med korte filtre, hver især til forskellige dybder, se figur 7. Borehullet er derpå udfyldt med groft grus omkring filtrene og der imellem forseget med ekspanderende bentonite. Der er dog ikke bentoniteforsegling mellem de 3 nederste filtre, ligesom der ikke er fyldt ud med grus eller bentonite fra den øverste adskillende forsegling og til terræn. Det øverste pejlerør m. filter er monteret i denne øverste og åbne



Figur 7: Udbygningen af en pejleboring DGU ark. nr. 147.226.

del af borehullet, og repræsenterer det reducerede filterinterval, der udgøres af den fritstående kalk mellem boringens oprindelige forerør (ca 24,4 m.u.t.) og oversiden af den øverste forsegling (29,9 m.u.t.). Se tabel 3.

Ledningsevnelog Inden udbygningen af boringen den 18/5 89, er der den 27/9-88, i det uforstyrrede borehul, udført ledningsevnelog. Resultaterne herfra er vist i tabel 3 (*2).

Flowlog Den 27/9-88, er der udført en flowlog. Denne viste, at kalken er opsprækket ved toppen af det uforede interval, og ved en zone umiddelbart over boringens bund.

Oprensning af boringen Dagen inden udbygningen blev boringen rensset op ved sugepumpning på en slange der var ført helt

til bunden. Derved blev små kalkstumper og vandmættede møre træstumper pumpet op.

Filter-interval m.u.t.	Forseg- ling m.u.t.	*1 Potentiale kote i meter			Ledningsevne mS/m			
		19/5 89	28/3 90	Andr.	*2 27/9 88	*3 9/8 89	*3 20/11 89	*4 28/3 90
24,30-24,70	29,9-30,8	3,47	3,69	+0,22	75	72	76	80
31,90-32,20		3,47	3,69	+0,22	80	108	110	115
36,20-36,50	33,5-35,5	3,58	3,80	+0,22	80	90	-	97
42,50-42,80	38,5-39,8	3,87	4,14	+0,27	81	92	93	95
44,70-45,00	43,0-44,0	4,43	4,74	+0,31	84	86	83	95
46,20-46,50	Ingen	4,28	4,52	+0,24	85	83	-	95
47,40-47,70	Ingen	4,41	4,54	+0,13	108	83	-	95

*1: Undersiden af betondækslet er defineret til kote 6,00 m.

*2: Temperaturkorrigerede målinger, in situ, fra den førhen frie strømning. Udført af DGU.

*3: Målinger fra den udbyggede boring. Udført af Fyns Amt, teknisk forvaltning.

*4: Måling fra 2 dage gamle vandprøver. Udført af DGU.

Tabel 3: Resultater fra boring (DGU ark. nr. 147.226) udbygget den 18/5-89.

Udbygning

Efter nedsætning af alle pejlerørene blev grus hhv. bentonite skyllet ned ved recirkulering af boringsvand. For at undgå bentoniteslam i gruspakningerne blev det slamholdige skyllevand pumpet bort inden nedskylning af sandet.

Pejleskriverens resultater

Boringens vandspejl måles kontinuert vha. en pejleskriver. (Installeret af firmaet Kemp & Lauritzen for Nyborg Kommunale Værker.) Fra denne kan det ses, at vandspejlet svinger efter en fast døgnrytme (pga påvirkning fra vandindvindinger), og at udsvingene ligger pænt omkring et jævnt aftagende potentiale (der var ingen

nedbør i perioden). Pejleskabet der har været demonteret under ombygningen, viste, døgnet før, og døgnet efter ombygningen, at vandspejlet hhv. varierede inden for intervallerne 3,58-3,88 m og 3,37-3,66 m.

- Efterfølgende
pejlinger Efter udbygningen er potentialet målt i alle filtre både den 19/5-89 og den 28/3-90 (se tabel 3).
- Det midlede vand Vandspejlet i de 3 øverste filtre har samme niveau som pejleskriveren viste både før og efter ombygningen, mens potentialerne i de øvrige filtre er markant højere. Det viser at det fysiske (midlede) vandspejl, inden ombygningen har været domineret af potentialet i den øverste del af kalken.
- Opadrettet strøm Forskellene på op til ca 1 m vandsøjle i potentialerne i filtrene i den ombyggede boring, viser, at der har været en opadrettet intern strømning før boringen blev udbygget. Denne har antageligvis fundet sted siden etableringen 21 år tidligere. Det må derfor konkluderes at boringer med lange filtre, i sig selv kan påvirke det hydrologiske system.
- Første analyser Fyns Amtskommune har gennemført de første prøvetagninger den 9/8-89 og 20/11-89. Dele af resultaterne herfra er vist i tabel 3 (*3). (Ledningsevnen er fortrinsvis knyttet til opløst klorid og natrium.)
- Variierende strøm De daglige svingninger i potentialet kan tænkes at have givet svingninger i potentialeforskellen fra bund til top af filteret, hvorved den interne strømning kan have varieret dagligt. Dette kan, sammen med saltvands tilskuddet fra boringens bund (se nedenfor), være én af de efterlyste forklaringer (Refsgaard, 1987) på

store svingninger i klorid koncentrationer i vandværkernes råvand.

Saltvand fra bunden

Det jævnt aftagende ledningsevneprofil fra boringens bund mod boringens top, der er målt inden ombygningen, viser at der må have fundet en opadrette strømning sted, således at der har været en tilført saltvand fra boringens bund, som er fortyndet med indstrømmende "ferskvand" undervejs de øverste dele af boringen.

Saltvanddrænet standset

At det nederste filter giver ferskvand efter udbygningen, tages som udtryk for, at der ikke længere afdrænes saltvand fra kalken under boringen. Den høje værdi for den elektriske ledningsevne ved boringens bund inden ombygningen, kan også være knyttet til aflejret slam, men der er dog størst sandsynlighed for, at den forhøjede værdi skyldes opløste salte i formationsvandet, da forskellene i potentialerne, i den udbyggede boring, viser, at lommer af stillestående vand næppe har kunnet forekomme før ombygningen.

Fremmed fane synlig efter udbygningen

Det er særlig bemærkelsesværdigt, at der efter udbygningen kan måles forhøjede ledningsevneværdier i det næstøverste filter. Dette kan skyldes en opstrøms boring med langt filter og tilhørende intern opadrettet strømning af saltvand, idet saltvandsfanen fra denne kan passere den udbyggede boring i niveauet for det næstøverste filter. Før udbygningen har saltvandsfanen fra den opstrøms beliggende boring været presset udenom den ombyggede boring pga. vandtilskuddet fra den interne strømning.

4. Diskussion og konklusion.

Fronternes bevægelse overvåges	Grundvandsovervågningen er designet således, at der ved niveau korrekt prøvetagning, i punkt- og liniemoniterende boringer, fås informationer om både vertikale, og horisontale, bevægelser af de kemiske fronter i grundvandet. Ved også, at introducere volumenovervågning, fås en overvågning af den integrerede effekt, på vandforsyningerne, fra de naturlige påvirkninger, og fra påvirkningerne fra det industrialiserede samfund.
Statistisk fordeling	Overvågningsoplandene, er både fordelt geografisk, og efter forskellige typer af grundvandsmagasiner, således, at overvågningen, giver et landsdækkende billede, af grundvandets tilstand.
Flere stoffer og større præcision.	Det landsdækkende billede, vil ikke alene dække de almindeligt forekommende analyseparametre, men vil, som noget nyt, også omfatte en lang række af industrielt fremstillede stoffer. Endvidere er analyse præcisionen, og prøvetagningsmetodikken, valgt således, at der fås de bedst mulige analyser for disse stoffer. Dette forventes at bringe ny viden om grundvandets kvalitet, og vil med tiden give tidsserier, der vil være anvendelige til prognoser.
Kortsluttede reservoirer	Det har vist sig, at boringer med lange filtre kan give anledning til kortslutninger mellem grundvandsmagasinerne. I nedsivningsområder, vil dette medføre nedadrettede strømninger der kan påvirke grundvandsressourcerne med overfladevand, og eventuelle forurenende stoffer. I udstrømningsområder, vil dette medføre opadrettede strømninger, og vil derfor påvirke grundvandsressourcerne med vand fra dybet. Det dybe vand indeholder ofte salte i generende mængder.

Overfladevand ledes gennem boringer ned til drikkevandet	I en del tilfælde, er det desuden observeret, at overfladevand, løber direkte ned i eksisterende vandforsyningsboringer. Typisk sker dette, enten ved boringer, der er udført i bunden af eksisterende brønde, og hvor borerøret er skåret over under vandoverfladen i brønden, eller ved boringer, hvor overfladevand trænger op gennem bunden af pumpehuset, og videre ned gennem borehullet. Der er endvidere boringer, hvor den tekniske indretning, er således, at disse forhold er skjult for det blotte øje, og der er boringer, der formodentlig ikke kan re-staureres, eller lukkes effektivt, med den teknologi, der idag er tilgængelig.
Ikke registrerede boringer	Det er observeret, at en del boringer, ikke er registreret i DGU's boredataarkiv. Da der antageligvis er flere end dem, som DGU har observeret og registreret under etableringsarbejdet, og da en del af disse kan give anledning til afdræning af overfladevand til grundvandet, kan den manglende viden, om deres antal, placering og indretning, påvirke resultatet af overvågningen.
Styrket indsats omkring eksisterende boringer.	Det anbefales, at iværksætte undersøgelser over effekten af påvirkningerne fra eksisterende boringer, og, såfremt denne er betydningsfuld, også at iværksætte udviklingsprojekter mht. re-staurering, eller effektiv lukning, af forureningsaktive boringer. Med henblik herpå anbefales desuden en styrket indsats for at registrere samtlige udførte boringer, og at kortlægge, og beskrive, dårligt indrettede boringer.
Styrket indsats omkring nye boringer	Det anbefales, at øge kontrollen med fremtidige borearbejder. Særligt ved forureningsundersøgelser, hvor boringer kan medvirke til en yderligere spredning af forureningen.

Referenceliste.

Andersen, L.J. (1973): Cyclogram technique for geological mapping of borehole data. Copenhagen, Geological Survey of Denmark, III Series, no. 41, 25 p.

Andersen, L.J. (1987): Grundvandsmoniteringsnet af 1. orden i Danmark. Danmarks Geologiske Undersøgelse, Hydrogeologisk afdeling. ATV møde i Vingsted den 5. - 6. oktober 1987.

Andersen, L.J. og N. Kelstrup (1988): "Markvandingseffekten". Forklaringen på sæsonfluktuationerne i nitratindholdet i vandboringer. Vandteknik årg. 56, 77-81.

Andersen, L.J. og H. Kristiansen (1988): Nitrate in Groundwater and Surface Water Related to Land Use in the Karup Basin, Denmark. Geological Survey of Denmark. Environmental Geologi, Vol. 5, No 4, 207-212.

Kjeldsen, P. (1989): Grundvandsprøvetagning og feltmåling, (Appendix 2). Lossepladsprojektet, udredningsrapport U3.

Brüsch, W. (1987): Grundvandskemi og arealanvendelse. - Grundvandskemi under hede, granplantage, løvskov og landbrug på tørre, sandede jorder. Skov- og naturstyrelsen, teknikerrapport nr 12, 1986.

Brüsch, W. (1988): Nitragrumix. Undersøgelse af nitratreduktion ved blanding af jern- og nitratholdigt grundvand. Kraghede vandværk. DGU's interne rapportserie nr. 8, 1988.

Czakó, T. (1990): Grundvandsmoniteringsområde GRUMO. Baggrundsrapport. DGU's interne rapportserie nr 12 til 30.

Everett, L.G. (1984): Groundwater Monitoring. Genium Publishing Corporation.

Hansen, B. og N. Kelstrup (1986): Arealanvendelse og geologi - nitrat i grundvand. Miljøstyrelsen, miljøprojekt nr. 73.

Hinsby, K. og P. Kjeldsen, K. Sørensen (1990): Interkalibrering af ellogs. (Under afrapportering.) Lossepladssekretariatet.

Friis, P., Hvam, S., Hübertz, J., Kelstrup, N., Kirkegaard, E., Kristiansen, H., Mjelby, S. og L. Øhrgaard (1985): Grundvandsmonitering, analyse og oplæg til program. Vandplandataudvalget, teknisk arbejdsgruppe.

Kelstrup, N., F.L. Nielsen, K. Overgård, E. Rasmussen og A. Villumsen (1990): Nitrat og fosfat i grundvand/drikkevand fra områder i Danmark. NPO projekt nr. 2.12.

Miljøstyrelsen (1990): Vurdering af analyseprogrammet for udvalgte boringer i vandmiljøplanens grundvandsovervågning. Arbejdsrapport nr. 11.

Misser, P. og I. Sørensen, M. Wium (1990): Grundvandsboringer. Århus Amtskommune. 2. udg. (Under rapportering).

Pedersen, J.B. (1987): Fladebelastning af grundvandet: datagrundlag, omfang og konsekvenser. Vand & Miljø nr. 4, 1987.

Refsgaard, J.C. (1987): Anvendelse af modeller ved monitoring. ATV-møde 5. - 6. oktober i Vingsted, 1987.

Ward, R. C. (1975): Principles of Hydrology. McGraw-Hill Book Company (UK) Limited.

Registreringsblad

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K.

Serietitel, nr.: NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, B18

Udgivelsesår: 1990

Titel:
Grundvandsmoniteringsnet i Danmark

Undertitel:

Forfatter(e):
Andersen, Gert

Udførende institution(er):
Danmarks Geologiske Undersøgelse

Resumé:
Rapporten beskriver etablering og drift af et grundvandsovervågningsnet i Danmark. Ved denne grundvandsovervågning bliver flere stoffer analyseret end normalt, og det forventes, at der derved fremkommer ny viden om grundvandet, som vil være nyttig for beskyttelsen af drikkevandet.
I forbindelse med etablering af overvågningsnettet er det observeret, at en del boringer direkte leder urent overfladevand ned til grundvandet, og at lodrette strømme kan forekomme i boringer, selv uden oppumpning af vand.

Emneord:
grundvand; monitering; boringer

ISBN: 87-503-8800-2

ISSN:

Pris: 55,- (inkl. 22 % moms)

Format: AS5

Sideantal: 44 s.

Md./år for redaktionens afslutning: november 1990

Oplag: 450

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 moræner
- *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

De med * mærkede titler er ikke trykt på udgivelsesdagen for denne rapport, men forventes trykt i løbet af 1990.

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

Grundvands- moniteringsnet i Danmark

Rapporten beskriver etablering og drift af et grundvandsovervågningsnet i Danmark. Ved denne grundvandsovervågning bliver flere stoffer analyseret end normalt, og det forventes, at der derved fremkommer ny viden om grundvandet, som vil være nyttig for beskyttelsen af drikkevandet.

I forbindelse med etablering af overvågningsnettet er det observeret, at en del boringer direkte leder urent overfladevand ned til grundvandet, og at lodrette strømme kan forekomme i boringer, selv uden oppumpning af vand.



Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

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

Pris kr. 55.- inkl. 22% moms

ISBN nr. 87-503-8800-2