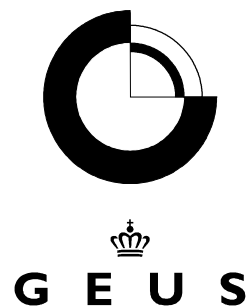


Teknisk anvisning for
Grundvandsovervågningen

Version 4 af 17. august 2004



Indholdsfortegnelse

| | |
|--|-----------|
| FORORD | 5 |
| INDLEDNING | 6 |
| GRUNDTVANDSOVERVÅGNING | 7 |
| <i>Vandmiljøplanens Grundvandsovervågning</i> | 7 |
| <i>Tilsyn knyttet til vandforsyning</i> | 7 |
| VANDMILJØPLANENS OVERVÅGNINGSPROGRAM - NOVANA..... | 8 |
| PRINCIPPER FOR GRUNDTVANDSOVERVÅGNINGEN | 10 |
| INFORMATIONSTYPER..... | 10 |
| OPLANDSANALYSER..... | 10 |
| OVERSIGTSKORT OVER OVERVÅGNINGSOMRÅDERNE..... | 11 |
| KLIMADATA | 13 |
| GRUNDTVANDETS UDVEKSLING MED DE ØVRIGE DELE AF DET HYDROLOGISKE KREDSLØB | 13 |
| ETABLERING | 14 |
| BORINGSUDFØRSEL, UDBYGNING OG FILTERSÆTNING..... | 14 |
| <i>Renpumpning</i> | 14 |
| BORINGSTYPER | 14 |
| <i>Etablering af korte borer</i> | 14 |
| <i>Redoxboringer</i> | 17 |
| BORINGSIDENTIFIKATION..... | 17 |
| <i>Oplysninger om borer</i> | 18 |
| INDTAGS-BEGREBET I JUPITER..... | 18 |
| <i>Definitioner</i> | 18 |
| <i>Relationen mellem indtag og filter</i> | 19 |
| <i>Tidsdimensionen og nummerering af indtag</i> | 20 |
| RENOVERING AF OVERVÅGNINGSOMRÅDER | 20 |
| <i>Utætte borer/"fremmed vand" i indtaget</i> | 21 |
| PRØVETAGNING | 23 |
| FORPUMPNING..... | 23 |
| ON-LINE PRØVETAGNING OG FELTMÅLINGER | 24 |
| PRØVETAGNING I LANDOVERVÅGNINGSOPLANDE | 25 |
| PRØVETAGNINGSTIDSPUNKT | 26 |
| FILTRERING..... | 26 |
| <i>Filtrering i felten</i> | 27 |
| <i>Alkalinitet</i> | 27 |
| <i>A: Vandprøver, der skal filtreres i felten:</i> | 28 |
| <i>B: Vandprøver, der ikke behøver at filtreres i felten:</i> | 28 |
| <i>C: Vandprøver, der ikke må filtreres</i> | 28 |
| <i>Opsummering</i> | 28 |
| MÆRKNING AF GRUNDTVANDSPRØVER..... | 29 |
| PRØVEOPBEVARING..... | 29 |
| KEMISK ANALYSE | 30 |
| HOVEDBESTANDDELE | 30 |
| SPORSTOFFER..... | 30 |
| <i>Uorganiske sporstoffer</i> | 30 |
| <i>Organiske mikroforureninger</i> | 30 |
| <i>Pesticider og nedbrydningsprodukter</i> | 31 |
| LABORATORIEVALG | 31 |
| DETEKTIONSGRÆNSER | 31 |
| ALDERSBESTEMMELSER | 31 |
| OVERSIGTSSKEMA..... | 32 |
| PEJLINGER | 41 |

| | |
|--|-----------|
| <i>On-line stationer (pejestationer med telefonopkobling)</i> | 41 |
| <i>Automatiske stationer (pejestationer med datalogger)</i> | 41 |
| <i>Manuelle pejestationer</i> | 41 |
| <i>Pejlefrekvens</i> | 41 |
| <i>Dataindberetning</i> | 42 |
| <i>Målepunkt</i> | 43 |
| GEOLOGISKE MODELLER OG STRØMNINGSMODELLERING | 44 |
| KRAVSPESIFIKATIONER FOR OPSTILLING AF HYDROLOGISKE MODELLER FOR NOVANA (VD-MODEL) | 44 |
| <i>Opgavens formål</i> | 44 |
| TIDSPLAN OG INDHOLD I VD-MODELLERINGEN | 46 |
| <i>Milepæl 1 Statusrapport - modelstudieplan (januar 2004 – januar 2005)</i> | 46 |
| <i>Milepæl 2. Opstilling af konceptuel model og nettonedbørsberegning (januar 2005- januar 2006)</i> | 47 |
| <i>Milepæl 3. Modelopstilling og nøjagtighedskriterier (januar 2006 - januar 2007)</i> | 49 |
| <i>Milepæl 4. Kalibrering og validering (januar 2007 – januar 2008)</i> | 50 |
| <i>Milepæl 5. Modelsimuleringer og usikkerhedsvurderinger (januar 2008 – januar 2009)</i> | 52 |
| DATA | 54 |
| PARADIGMAOPLYSNINGER | 54 |
| INDBERETNING AF CFC-RESULTATER VIA STANDAT | 54 |
| INDBERETNING AF RETTELSER | 55 |
| STANDAT SERVICE PROGRAMMEL | 55 |
| STANDAT-KODER FOR MODIFICEREDE ANALYSEMETODER. | 55 |
| DATASTRUKTUR | 55 |
| <i>Fagdatacenter</i> | 55 |
| <i>Indlæsning af data</i> | 56 |
| <i>Vurdering af datakvalitet</i> | 56 |
| BORETEKNISKE OPLYSNINGER | 60 |
| <i>Faste informationer</i> | 60 |
| <i>Tolkede informationer</i> | 61 |
| <i>Skabelon til inddatering af boretekniske oplysninger</i> | 61 |
| ANVENDELSE AF DATA | 61 |
| <i>Fejlkilder</i> | 61 |
| <i>Databehandling</i> | 61 |
| <i>Grundvandsklassifikationer</i> | 62 |
| ORDLISTE | 63 |
| LITTERATUR | 64 |

FORORD

Formålet med en teknisk anvisning er at angive entydige anvisninger for gennemførelsen af prøvetagning, analyser, kvalitetssikring og overførsel af data. Den tekniske anvisning er bindende for programmets deltagere.

Målgruppen for denne tekniske anvisning er de personer og institutioner, der skal forestå etablering, prøvetagning, analysering, kvalitetssikring og dataoverførsel. Samtidig tjener anvisningen som dokumentation for de vilkår, hvorunder grundvandsovervågningen er foregået.

Overvågningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller blev med NOVA-programmet i 1998 udbredt inden for alle dele af overvågningsprogrammet. Disse stofparametre havde allerede været overvåget i grundvandet siden overvågningens start i 1989. Der forelå derfor allerede før vedtagelsen af NOVANA en lang række rapporter, referater og andre papirer, som udstak retningslinjer for forskellige dele af den tekniske gennemførelse af grundvandsovervågningen.

En teknisk anvisning vil i sagens natur ikke være statisk, Opsamling af viden og erfaring kan betinge opdateringer og teknologi-udvikling kan ændre praksis. Dertil kommer, at den aktive personkreds, især i amterne, ofte ændrer sig; medarbejdere forlader programmet og andre kommer til. Der er derfor i disse tekniske anvisninger indsat emner, som der refereres til ved litteraturhenvisninger, således at nye medarbejdere lettere kan finde det relevante materiale, uden at anvisningerne svulmer unødigt i omfang og dermed i anvendelighed.

Det er endvidere evident at udarbejdelsen af et komplet sæt af tekniske anvisninger er et omfattende arbejde, der næppe nogensinde kan siges at være fuldstændigt. Nærværende udgave af Teknisk anvisning for Grundvandsovervågningsprogrammet er derfor bygget op omkring en indholdsfortegnelse med en udfyldelse af de punkter, der vurderes at være mest behov for.

Det er endvidere vigtigt at være opmærksom på, at der kan ske ændringer i anvisningerne som følge af udgivelse af nye bekendtgørelser fra Miljøministeriet, udgivelse af nye vejledninger fra Miljøstyrelsen eller som følge af beslutninger truffet i Aftaleudvalget. Derudover vil implementeringen af Vandrammedirektivet og vedtagelsen af Grundvandsdirektivet påvirke overvågningen af vandmiljøet, blandt andet ved at styrke forståelsen af samspillet mellem grundvand og overfladevand.

INDLEDNING.

Nærværende tekniske anvisning sammenfatter anvisninger, retningslinjer og praksis omkring varetagelsen af den nationale grundvandsovervågning. Indsamling af grundvandsprøver og analysering af disse stiller aktørerne over for en lang række af spørgsmål, hvoraf ikke alle kan besvares entydigt. Det færdige produkt er ofte et resultat af en række valg og kompromiser, strækkende sig fra udvælgelsen af borelokaliteten, over valget af boremetode og boringsudbygning til pumpevalg og prøveopsamling. Dertil kommer, at de fysiske forhold, som er tilstede hvor prøven stammer fra, ikke er tilgængelige for direkte inspektion, da det foregår under terræn.

Opbygningen af den danske undergrund varierer meget fra landsdel til landsdel, og er visse steder meget kompleks. Analyseresultaternes anvendelighed beror derfor på en vurdering af prøvens repræsentativitet – såvel tidsligt som rumligt. Denne kan støttes på kontinuerte målinger af simple parametre i det oppumpede vand, men er også et resultat af den erfaring, som prøveindsamlere opbygger omkring forholdene i de enkelte overvågningsområder og den omhu og omtanke, der udvises under prøvetagningen under hensyntagen til aktuelle valg, som er gjort i den aktuelle boring.

Andre forhold i overvågningen som for eksempel den kemiske analyse og dataindberetningen er anderledes håndfaste, og jo større uniformitet, der kan opnås, desto større sammenlignelighed vil der være mellem resultaterne. Ligeledes gælder, at jo mere standardiseret dataindberetningen kan foregå, desto mindre er risikoen for fejl i datamaterialet og desto mindre tid vil den enkelte aktør skulle anvende på håndtering af data og på kvalitetssikring.

GRUNDTVANDSOVERVÅGNING

Vandmiljøplanens Grundvandsovervågning

I offentligt regi gennemføres en overvågning af grundvandets generelle tilstand og udvikling ved at overvåge grundvandsspejlets beliggenhed, den kemiske sammensætning og arealanvendelsen i 70 udvalgte områder fordelt jævnt over hele landet, men fortrinsvis i det åbne land, hvor arealanvendelsen er landbrugsdrift. Programmet indbefatter et samarbejde mellem Overvågningssekretariatet ved Danmarks Miljøundersøgelser, Miljøstyrelsen, Fagdatacenter for grundvand ved GEUS, Københavns og Frederiksberg kommuner, landets amtskommuner, Bornholms Regionskommune og Kommunernes Landsforening. Programmet koordineres af Aftaleudvalget, der er sammensat af repræsentanter for de nævnte administrationer. Programmets formål og omfang er beskrevet på NOVANA's hjemmeside. Derudover overvåges det unge grundvand i 5 landovervågningsoplande, de såkaldte LOOP-områder.

Resultaterne af overvågningen af grundvandet indberettes til Fagdatacenter for Grundvand ved GEUS.

Tilsyn knyttet til vandforsyning.

I medfør af "*Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg, Miljø- og Energiministeriets BEK. nr. 871 af 21. september 2001*" fastsættes der kvalitetskrav til drikkevand og til undersøgelser der blandt andet skal foretages af vandet såvel på indgangssiden som på udgangssiden af vandforsyningsanlægget, samt hvordan der skal føres kontrol med de indvundne vandmængder.

Tilsynet føres af kommunalbestyrelsen i den kommune, hvor anlægges vand forbruges. Kommunalbestyrelsen underretter amtsrådet om resultaterne af tilsynet.

Tilsynet med vandkvaliteten på indgangssiden af vandforsyningsanlægget - i daglig tale kaldet **boringskontrol** (eller råvandskontrol) - udføres på de enkelte indvindingsboringer.

Tilsynet med vandkvaliteten på udgangssiden af vandforsyningsanlægget - i daglig tale kaldet **drikkevandskontrollen** - opdeles i en række af analyseomfang forskellige kontroltyper, nemlig forenklet kontrol, begrænset kontrol, normal kontrol og udvidet kontrol samt kontrol med uorganiske sporstoffer og kontrol med organiske mikroforureninger.

I medfør af BEK. nr. 871 indberettes data til GEUS.

Tekniske anvisninger for dataindberetningen i henhold til BEK. nr. 871 er fastlagt i "Vejledning om indberetning af drikkevandsdata", Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 4, 2001.

Udgifterne ved prøvetagningen og undersøgelserne afholdes af ejeren af vandforsyningsanlægget.

Der gennemføres herudover målinger af grundvandskvaliteten i forbindelse med depoter og andre punktforureninger

Vandmiljøplanens overvågningsprogram - NOVANA

Organisering

Grundvandsovervågningen i såvel GRUMO (som er et akronym for GrundvandsMonite-ringsOmråde) som LOOP (LandOvervågningsOpland) er en del af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, også kaldet NOVANA, der står for Nationalt Overvågningspro-gram for Vandmiljøet og Naturen). Programmet er organiseret med *Aftaleudvalget* som øverste beslutningsorgan. I Aftaleudvalget, hvor DMU har formandsposten, sidder repræsentanter for amterne, Amtsrådsforeningen og fagdatacentre. *Fagdatacentre* er faglige organisationer, typisk Miljøministerielle sektorforskningsinstitutioner, der besidder faglig ekspertise inden for et specifikt område af overvågningen. De specifikke områder omfatter punktkilder, landovervågningsoplande, grundvand, ferske vande, marine områder, atmosfærisk nedfald samt arter og terrestrisk natur. For hver af disse områder er der nedsat en *styringsgruppe*, hvor et fagdatacenter har formandsposten og sekretæropgaven. Desuden deltager et antal amtsrepræsentanter og repræsentanter fra andre fagdatacentre. I Styringsgruppen for Grundvand deltager desuden Danske Vandværkers Forening som repræsentant for Kommunernes Landsforening. Blandt styringsgruppernes opgaver er afholdelse af fagmøder, hvor alle aspekter af delprogrammet, men dog overvejende faglige, kan diskuteres af aktivt udøvende personale inden for overvågningsområdet, typisk amtsmedarbejdere, fagdatacentermedarbejdere, referencelaboratorier etc. Inden for Grundvandsovervågningen har amtsmedarbejdere dannet to ERFA-grupper, henholdsvis øst og vest for Storebælt, hvor der kan udveksles erfaringer.

Oplysninger om mødepapirer, referater, opgavefordeling, deltagende personer mv. kan ses på NOVANA's hjemmeside.

Indberetninger

Resultaterne af overvågningen indberettes til fagdatacentre til fastsatte terminer. For så vidt angår grundvandsovervågningen indberettes resultaterne elektronisk i STANDAT-format. Samtidig med indberetningen af overvågningsprogrammet indberettes resultaterne af den i amtet udførte Boringskontrol.

Rapporteringer

Resultaterne af overvågningen beskrives, tolkes og vurderes i en række årlige rapporter. For hvert specifikke overvågningstema (grundvand, ferskvand, marine områder etc.) udarbejdes hvert år en *amtsrapport*. For hvert specifikke overvågningstema udarbejdes desuden en årlig *fagdatacenterrapport*, baseret dels på amtsrapporterne og dels på indberettede data, der anvendes af fagdatacentret til at udarbejde landsdækkende analyser og vurderinger. På basis af fagdatacenterrapporterne udarbejder DMU en *sammenfattende rapport* til Folketingets Miljøpolitiske Udvalg.

Som oplæg til de årlige rapporteringer udarbejdes paradigma for hele overvågningsprogrammet, som lægges på NOVANAs hjemmeside. Paradigma for grundvandsovervågningsrapporterne, der er udarbejdet af styringsgruppen for grundvandsovervågningen og godkendt af Aftaleudvalget, er at betragte som en gensidigt bindende aftale. De krav til rapporteringen, som fremgår af paradigma, lægges til grund for den efterfølgende evaluering af rapporter, som udføres i styringsgrupperegime.

Evaluering

På Aftaleudvalgets foranledning gennemfører styringsgrupperne en årlig evaluering af overvågnings forløb. Evalueringen omfatter såvel data som rapportering. Blandt andet evalueres om alle aftalte prøver er indsamlet, om detektionsgrænserne er overholdt og om der kun er anvendt laboratorier godkendt af Miljøstyrelsen. Desuden vurderes om rapporternes indhold går ud over paradigmaets krav, har karakter af såvel datapræsentation som faglig bearbejdning eller alene har karakter af datapræsentation eller er af så generel karakter, at det uden reel informationsværdi

Evalueringen gennemføres efter retningslinjer vedtaget af Aftaleudvalget, se NOVANA's hjemmeside.

Litteratur:

Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg, Miljø- og Energiministeriets BEK. nr. 871 af 21. september 2001"

NOVA 2003. Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 1, 2000.

Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1993-1997, Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 2, 1993.

Rasmussen, P. og Gosk, E., DGU, (1990): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Grundvand i landovervågningsoplandene. Danmarks Geologiske Undersøgelse, Intern Rapport nr. 47, 1990.

Vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg, Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 3, 1990"

Miljøstyrelsen (1989): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. - Miljøprojekt nr. 115, Miljøstyrelsen 1989. 64 s.

Den danske regerings "Handlingsplan mod forurening af det danske vandmiljø med næringsalte". 31 januar 1987.

Finansudvalget (1987): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. - Finansudvalget, Akt nr. 45 af 13. nov. 1987. 5 s.

Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg (1987): Bilagshæfte til Beretning om Vandmiljøhandlingsplanen. Beretning afgivet af miljø- og planlægningsudvalget den 30. april 1987. - Folketinget 1986-87, Blad nr. 1100.

Indenrigsministeriet, 1987: Aktstykke vedrørende bloktilskudskompensation af de amtskommunale merudgifter til overvågning af vandmiljøet. Den 19. oktober 1987.

Miljøstyrelsen 1984: Kvalitetskrav til visse stoffer i drikkevandet. Vejledning nr. 2. Maj 1984

Principper for grundvandsovervågningen

Hovedprincippet for det eksisterende design for grundvandsovervågning er en såkaldt 1. ordens overvågning, som beskrevet af Andersen (1987). Afhængigt af indtagenes placering i forhold til grundvandstrømningen skelnes mellem punktmoniterende indtag, hvori vandbevægelsen overvejende er lodret (f.eks. nær vandskel), linjemoniterende indtag, hvori vandbevægelsen overvejende er vandret og volumenmoniterende indtag, som er placeret i borer, hvorfra der finder vandindvinding sted.

Hovedprincippet for prøvetagningerne er udtrykt i programteksten for NOVA-2003, hvori det hedder, at "Et grundlæggende princip for valget af analysefrekvenser er, at jo nærmere et prøvetagningsindtag er ved terrænoverfladen, jo større variationer kan der forventes over året og jo hyppigere analyser er der behov for. En konsekvens af den allerede gennemførte overvågning af grundvandet er, at den etablerede viden giver mulighed for nedsættelse af analysefrekvensen for en del stoffer." Ved revision af NOVA 2003 til NOVANA har disse principper dannet et generelt grundlag for etableringen af analysefrekvenser.

Litteratur

Andersen, L.J., DGU (1987): *Grundvandsmoniteringsnet af 1. orden i Danmark. ATV-møde om grundvandsmonitering, 5-6 oktober 1987. Vingstedcentret.*

ATV (1987): *Grundvandsmonitering - ATV-møde 5. - 6. okt. 1987. 96p*

Informationstyper

Med baggrund i formålet med grundvandsovervågningen, som denne kommer til udtryk i programteksten til NOVANA omfatter overvågningen mængden af grundvand, grundvandets strømningsbaner og dermed transportveje og den deraf følgende kemiske sammensætning af grundvandet. Derudover gennemføres der også en række andre undersøgelser som beskrevet nedenfor.

Oplandsanalyser

Arealanvendelse

Begrundelsen for at opgøre arealanvendelsen er at finde en sammenhæng mellem denne og dens indvirkningen på grundvandets kvalitet. Fastsættelse af arealanvendelse for det enkelte indtag baseres derfor på arealanvendelsen i det grundvandsdannende opland kombineret med strømningsmodellens angivelse af strømningsbaner. Ændringer i grundvandsspejlets beliggenhed f.eks. som følge af ændret oppumpning eller ændrede nedbørsmængder vil kunne indvirke på indtagets opland.

Man skelner inden for grundvandsovervågningsprogrammet mellem 4 hovedtyper:

- A: bebyggede/befæstede arealer, hvor påvirkningen overvejende stammer fra industri, serviceerhverv, trafik og privatboliger.
- B: landbrugsarealer, hvor påvirkningen overvejende udgøres af gødningsstoffer, organisk stof og sprøjtemidler.

- C: skov- og plantagearealer, hvor påvirkningen overvejende stammer fra sprøjtemidler.
- D: naturarealer, hvor der kun er baggrundspåvirkning (atmosfærisk).

Disse type kan underinddeles yderligere. Kort- og Matrikelstyrelsens 4-cm kort (1:25000) (KMS) indeholder det meste af arealinformationen, men der skal suppleres med en karakteristik af nogle arealtyper.

Den endelige karakteristik af arealanvendelsen er derfor som følger:

| TYPE | BESKRIVELSE | KILDE |
|------|---|----------------|
| A1 | bebyggede og befæstede arealer | KMS-kort |
| A2 | større sammenhængende industriarealer | Rekognoscering |
| B1 | landbrugsarealer i omdrift | Rekognoscering |
| B2 | og med stort dyrehold | Rekognoscering |
| B3 | landbrugsarealer med græs/vedvarende græs | Rekognoscering |
| B4 | braklagt | Rekognoscering |
| C1 | nåleskov | KMS-kort |
| C2 | løvskov | KMS-kort |
| C3 | juletræs- og pyntegrønns plantage | Rekognoscering |
| C4 | frugtplantager og gartnerier | KMS-kort |
| D1 | heder og overdrev m.m. (naturarealer) | KMS-kort |
| D2 | sid bund; enge, søer, vandløb | KMS-kort |

Opdateringen af informationen om arealanvendelsen tænkes udført efter amtets vurdering afhængig af markante ændringer i området.

Arealanvendelsen relateret til indtag, herunder især nye indtag, der ikke er klassificeret tidligere eller omklassificering af tidligere klassificerede indtag, inkluderes i skemaform i den årlige amtsrapport

Arealkarakteristikken noteres på et kortblad over de enkelte GRUMO.

I overvågningsrapporten fra 1991 fra GEUS findes en grov opdeling af overvågningsområdenes arealanvendelse. Samme sted findes oplysninger om kendte depoter og/eller vandindvindingerne inden for områderne.

Oversigtskort over overvågningsområderne

For hvert overvågningsområde udarbejdes og opdateres løbende et kort i fast målestok, som sammenknytter områdeafgrænsning, boringsplacering med tilhørende DGU-nr.,

arealanvendelsen og grundvandspotentialer, samt angivelse af den af GEUS foreslåede monitoringsstype.

Et sådan kort har to hovedformål:

1. at forøge læsbarheden af amsrapporterne.

I rapportteksterne forekommer der ofte spredte angivelser af, at der er fundet den eller den koncentration af dette eller hint stof i en given boring/indtag. Det er derfor ønskværdigt, at referere sådanne oplysninger til et kort, der tillader læseren at gøre sig egne overvejelser om betydningen af oplysningen, såfremt den ikke er angivet af forfatteren.

2. at standardisere målestoksforholdene for de forskellige typer af kort, der er udarbejdet for GRUMO, samt i videst mulig grad at samtegne oplysningerne fra disse forskellige kort, så de kan præsenteres på ét kort.

Det viser sig, at det ikke er hensigtsmæssigt at anvende målestoksforholdet 1:10.000 for samtlige GRUMO, da disse varierer i størrelse fra 0,4 km² til 50 km². Man anmodes derfor at anvende enten målestoksforhold 1:10.000 eller 1:25.000. Målestoksforholdet skal fremgå af kortet.

Områdefægrænsningen fastlægges på baggrund af strømningsmodellen for området. I en del overvågningsområder kan der være tale om flere reservoirer. Det kan således være nødvendigt at fremstille flere forskellige kort.

Potentiale-kurver (pejlekort) viser situationen til et givent tidspunkt, idet de også bl.a. afhænger af oppumpningen inden for området og af nedbørens størrelse. Ved udarbejdelsen af potentialekort bør der ikke foretages større nøjagtighed end datagrundlaget tillader.

Kortlegenden bør indeholde en "oversættelsestabel" mellem DGU-nr., GRUMO-nr. (amt.område.boring.indtag, altså 4 to cifrede tal adskilt af punktummer) og eventuelt anden nummerering anvendt af amtet.

Overvågningstypen angives ved de i rapporten "Grundvand. Overvågning og problemer. DGU serie D, nr. 8, 1991" anvendte symboler, dvs. firkant for volumenmonitorering, trekant for linjemonitorering og cirkel for punktmonitorering. Forekommer der flere indtag i samme boring, angives disse på kortet i en lodret række med det øverste indtag øverst.

En række beskrivende parametre er angivet i kapitlet "Boretekniske oplysninger".

Litteratur:

Brüsch, W., DGU, (1987): Grundvandskemi og arealanvendelse. Miljøministeriets projektundersøgelser 1986, Teknikerrapport nr. 12.

Klimadata

Der er centralt indgået aftale med DMI om klimaoplysninger til brug for overvågningsprogrammet. Oplysningerne er tilgængelige på Internettet i det omfang amtet har ønsket at deltage. Da klimadata anvendes i forbindelse med overvågning af forskellige dele af vandmiljøet (søer, vandløb, kystafsnit) bør det være de samme klimadata og beregninger der anvendes overalt inden for det enkelte amt.

Grundvandets udveksling med de øvrige dele af det hydrologiske kredsløb

Med implementeringen af Vandrammedirektivet og vedtagelsen af Lov om Miljømål m.v. er der opstået behov for at anskue vandmiljøet som en samlet helhed og for at kvantificere vandets kredsløb.

For grundvand er der opstillet tre hovedaspekter, nemlig vandressourcen, grundvandskvaliteten og grundvandets udveksling med det øvrige vandmiljø. For at kunne opstille og senere evaluere effekten af de krævede handlingsplaner er det nødvendigt at skabe overblik og indsigt i vandet som transportmedium. Det er vandet som transportmedium, der bringer en given forurening fra kilden til det sted, hvor forureningen har en uacceptabel effekt. Hvis kystnære havområder ikke opfylder miljømålene og grunden hertil er et for stort indhold af næringsstoffer i grundvandet i oplandet, skal indsatsplanerne målrettes mod den uheldige påvirkning af grundvandet - også selv om forbindende vandløb og søer opfylder de stillede miljømål.

En optimering af indsatsplanerne er ikke mulig uden såvel en korrekt konceptuel model for vandets kredsløb som numeriske modeller for strømning og stoftransport.

ETABLERING

Boringsudførelse, udbygning og filtersætning

Der stilles generelt store krav til boringer, der skal anvendes i grundvandsovervågningsprogrammet, da der måles en lang række uorganiske og organiske sporstoffer i meget lave koncentrationer på vandprøver fra disse boringer. Det er således vigtigt at imødegå risikoen for kontaminering af vandprøverne fra de anvendte materialer til såvel filterafpakning som "isenkram", der anvendes i boringsudbygningen. Ved skylleboringer ses ofte kraftig "afsmitning" fra skyllevandet ved de første prøvetagninger, antageligt pga. for dårlig renpumpning. Overvågningsboringer bør derfor altid udføres som tørboringer (for definitioner se "Håndbog i prøvetagning af jord og grundvand")

En eventuel kontaminering vil vedvare i lang tid, da disse boringer ofte kun anvendes til udtagning af prøver, og derfor ikke gennemskylles af større vandmængder, som tilfældet er med boringer, hvorfra der indvindes drikkevand.

Renpumpning

Pumpning, der udføres på nye boringer straks efter filtersætningen for at rense boringen for suspenderet materiale og evt. urenheder fra borearbejdet.

Boringstyper

Etablering af korte boringer

Formål

Til overvågning af det nyest dannede grundvand skal der i løbet af 2004 etableres korte boringer i de eksisterende GRUMO med fuldt program.

Placering

Boringerne placeres inden for de reviderede GRUMO-oplandsgrænser i grundvandsdannende områder med landbrugsmæssig arealanvendelse.

Hver boring etableres med ét indtag, der placeres så tilpas dybt at det lige netop kan forventes altid at befinde sig under grundvandsspejlet, også i tørre perioder. Dog etableres der ikke indtag dybere end de oxiske og/eller nitratholdige redox-zoner.

Terrænnære lokale aflukkede sandlommer med gammelt grundvand som følge af stagnerende strømning overvåges ikke.

Anvendelse

Boringerne skal kunne anvendes til pejling og til udtagelse af prøver til analyse for hovedbestanddele, uorganiske sporstoffer, pesticider og nedbrydningsprodukter samt til datering ved CFC-metoden. Endvidere skal der i forbindelse med boringernes etablering foretages en registrering af beliggenheden af redox-zoner i sedimenterne i den gennemborede lagpakke. Grundvandsprøvetagning starter i 2005. Prøvetagningsprogram fremgår af programbeskrivelsen.

Boremetoder

Af hensyn til den sedimentologiske og redoxmæssige beskrivelse af den gennemborede lagsøjle, etableres borerne som 6" tørboringer med snegl eller sandspand uden anvendelse af smøremidler, boremudder m.v.

Sediment

Under borearbejdet udføres en beskrivelse af den gennemborede lagsøjles egenfarve ved anvendelse af Munsell Soil Colour Chart. En eventuel coating på kornene registreres for vurdering af redoxmiljøet (I_h) og som supplement bedømmes en vandig opslemning af sedimentet (forhold 1 til 10 rumfang) ved hjælp af Munsell Colour Chart så ofte sedimentets farve skifter og mindst for hver halve meter.

Skifter farverne fra gule, gulbrune, brune og gråbrune nuancer til grå, brungrå, eller sorte indikerer dette, at redoxforholdene i sedimentet er ændret fra oxiderende til reducerende. Indtræffer et sådant skifte udtages 4 prøver til bestemmelse og efterfølgende beregning af reduktionskapacitet (organisk stof, Pyrit, ferro-jern og totaljern). Der udtages henholdsvis to prøver over grænsen for permanent reducerende forhold og 2 prøver under grænsen. Prøverne emballeres i polyethylen-poser og placeres i tætsluttende metaldåser, hvorefter de omgående nedfryses og opbevares nedfrosne indtil analyse.

I områder hvor kun den oxiderede del af lagsøjlen gennembøres vil det være relevant at måle indholdet af NVOC på vandige ekstraktioner fra 4 sedimentprøver fra forskellige dybde fra hver boring til belysning af mængden af nedvasket organisk stof.

Boringsudbygning

Forerør:

Der bør fortrinsvis anvendes ufarvede (hvide) PEH-rør i minimum Ø63 mm og samlet med gevind og tætnet med O-ring eller teflontape på anlægsfladerne.

Filtterrør/pumpe

Etableres borerne med Montejus-pumpe er det vigtigt af hensyn til CFC-analyserne at kammeret (forlægget) placeres højere oppe end filtret, således at kammeret fyldes nedefra.

Boringerne kan også etableres med traditionelle filtre eller med fordel med "Johnson"-filtre (der har op til 70% lysning og som ikke så let stopper til) og dykpumpe eller evt. peristaltisk pumpe eller "Whale-pumpe". Max. indtagslængde 1 meter. Bemærk, at flytbare pumper omhyggeligt skal rengøres når de flyttes fra indtag til indtag.

Stigrør:

Hvide PEH rør, ufarvede PEL-slanger eller VA-godkendte, farvede PEL slanger

Gruskastning:

Gruskastning og afpropning skal ske omhyggeligt under anvendelse af den fornødne tid, helst under tilsyn, og med stadige pejlinger af placeringen af det pågældende medium. Mediet skal være fuldstændig sedimenteret førend næste medium kastes eller nedpumpes.

Afpropning:

Til forhindring af nedsivning af overfladevand etableres der afpropning med ekspanderende bentonit umiddelbart under grundvandsspejlet, lige som der afpropes ved gennemborede lavpermeable lag for at forhindre vand fra hængende grundvandsspejl

i at trænge ned langs forerøret. Under permanent grundvandsspejl bør der anvendes en kraftigt ekspanderende ren bentonittype, som f.eks. Mikolit B, eller CEBO QSE. Disse typer bør også anvendes under umættede eller periodevis mættede forhold og ved terræn, idet det høje smectitindhold sikrer at tætningen bevarer de ønskede egenskaber.

Afslutning ved terræn

Der afsluttes så nedsivning langs borestammen forhindres og boringen beskyttes mod påkørsel eller anden beskadigelse samt uautoriseret adgang. En sådan beskyttelse kan f.eks. være en Århusafslutning, Denne er udformet som et ca. 170 cm langt aluminiumsrør i diameter ca. 140 mm. I toppen er påsvejset en flange, hvorpå et fladt aluminiumslåg med hængelås er monteret. Afslutningen monteres over forerøret med ca. 70 cm. over terræn og 100 cm. under terræn, hvorved boringen er godt beskyttet.

Vandprøvetagning

Da der filtersættes nær grundvandsspejlet vil det kunne være nødvendigt at prøvetagningen foregår langsomt for ikke at trække luft ned til filtret. Montejus-pumper bør derfor etableres med drøvlekontraventiler, så fyldning af kammeret kan foregå kontrolleret. Hvis der anvendes dykpumpe bør der pejles omhyggeligt og pumpen drosles ned så vandspejlet ikke sænkes ned til filtret.

Andet

Af hensyn til pejlinger forsynes borerne med fast målepunkt med indnivelleret kote eller GPS-bestemt kote med præcision bedre end 5 cm,

Etableringsrapport

Boringerne registreres i GEUS's borearkiv i overensstemmelse med gældende praksis. Derudover udarbejdes en etableringsrapport for hvert GRUMO. I rapporten redegøres for de overvejelser der er gjort med hensyn til indtagsplacering såvel geografisk som dybdemæssigt.

Derudover skal rapporten indeholde oplysninger om boringsetablering, materialevalg og andre forhold som efterfølgende kan have betydning for tolkningen af måleresultater fra borerne samt tegninger over boringens udbygning og eventuelle logs, herunder farvelog fra borearbejdet. Oplysningerne indtastes så vidt muligt i regneark.

Huskeliste (assorteret)

Lokalitetsnavn (GRUMO)

DGU nr.

GRUMO nr. (fortløbende)

Etableringsdato

Indtagsnummer

UTM-koordinater

Kote

Vandspejlskote

Geologisk log, incl. geologisk prøvebeskrivelse

Karakterisering af prøver

Boremetode

Diverse logs

Andre fysiske undersøgelser

Lokaliseringsskitse

Placering i GRUMO

Nærliggende vandindvindingsboringer
 Nivelleret målepunkt i forhold til terræn
 Konstruktionstegninger
 Boringens dimensionering incl. materialer, diameter, vægtykkelser, placering af samlinger, etc.
 Forerørsmateriale
 Stigrørsmateriale
 Filterplacering (top og bund i meter under terræn og kote
 Filterbeskrivelse med dimensioner, placering, materialer, slidser, etc.
 Pejleindtag, placering og andet
 Boringens udformning, dvs. gruskastning, pakning, materialer, etc.
 Reservoirbjergart for de enkelte indtag og pejleindtag
 Pumpetype, konstruktion, dimensionering, placering, etc.
 Prøvetagningsaggregat, beskrivelse af konstruktionsprincip, placering og materialer, m.v. eventuelt suppleret med tegninger og fotos.
 Topografisk kort med beliggenhed
 Arealanvendelseskort for potentielt infiltrationsområde og for nærområdet til boringen
 Potentialekort for området (samme målestok som de to foregående)
 Moniteringstype
 Vandspejlstype

Redoxboringer

Redoxboringer kaldes også for multifilterboringer, fordi de er filtersat hen over overgangen fra oxiderende til reducerende forhold i grundvandet med et større antal (15-25) tæt-siddende (max. afstand 50 cm) indtag. Derudover kan boringer være forsynet med pejlemuligheder.

Da filterplaceringen i forhold til grundvandets redoxzoner er kritisk bør der udføres en undersøgelsesboring i umiddelbar nærhed af borestedet for redoxboringen til fastlæggelse af såvel den geologiske som den redoxmæssige lagfølge. Undersøgelsesboringen kan også anvendes til udtagning af sedimentprøver til bestemmelse af de geologiske aflejrings redoxkapacitet.

Efter endt brug bør undersøgelsesboringen afsluttes/sløjfes på en måde så den ikke påvirker strømningsbanerne eller infiltrationen (kortsletter jordoverflade/terrænnært grundvand/dybere grundvand).

Alle redoxboringer skal udføres efter et ensartet koncept fastlagt af og med redoxboringerne udført i Århus Amt, Ribe Amt og Storstrøms Amt.

Boringsidentifikation

Boringer, der indgår i overvågningsprogrammet, identificeres ved deres DGU-nummer, der er sammensat af henholdsvis Atlasbladnummer og Løbenummer, samt eventuelt et Bogstav, der i så tilfælde skal være "stort" (kapitæl). Derudover tildeles boringen et GRUMONummer, sammensat af Amtsnummer, Områdenummer og Boringsnummer, alle to cifrede og adskilt af punktummer; derudover tilføjes indtagsnummer som fjerde led i GRUMONummeret. Indtag nummereres nedefra og op.

Oplysninger om boringer

En række permanente oplysninger registreres for hvert enkelt indtag med henblik på at differentiere tolkningen af de kemiske analyseresultater, herunder

- Boringstype (boremetode og boringsudbygning)
- Filterintervaller
- Reservoirbjergart
- UTM-koordinater

Oplysningerne suppleres med oplysninger om, hvilke materialer, der er anvendt ved boringsudbygningen, herunder hvilke materialer, der er anvendt til afpropning samt forerør/stigrør.

Indtags-begrebet i Jupiter

Indtag er et meget væsentligt begreb, da det i Jupiter bruges til at relatere grundvandsprøver og pejlinger til det dybdeinterval hvor vandet er løbet fra formationen ind i boringen.

Definitioner

En **boring** er et hul - med form som én eller flere cylindre i forlængelse af hinanden - i jorden. I Jupiter registreres diameteren af disse cylindre. Dette er naturligvis ikke en udtømmende definition af en boring, men blot hvad der er relevant i denne sammenhæng.

En **stamme** er et eller flere i længderetningen sammenhængende filtre/forerør. Der kan være sat flere stammer ved siden af hinanden i samme boring.

Et **filter** er en fysisk anordning. Filtret er et rør eller en del af et rør (med en bestemt veldefineret diameter) i hvilket der er slidser. Ind igennem disse kan der strømme vand fra formationen. Filtret dækker et bestemt interval i en boring (bestemt ved top og bund). Der kan sidde flere filtre i en og samme stamme i en boring. Hvis der er registreret flere filtre på samme stamme, er det oftest fordi der imellem dem er et interval uden filter (i stedet et forerør uden slidser), men to filtre kan også sidde direkte i forlængelse af hinanden. At man i denne situation taler om flere filtre skyldes så f.eks. at rørdiameteren eller slidsbredden ændres. I Jupiter har et filter et nummer, hvilket faktisk blot er et linienummer (rækkefølgen filtrene er indtastet på skærbilledet). Er der kun én stamme vil numrene normalt være fortløbende nedefra og op. Nummeret er entydigt for alle filtre i en boring uanset om der er flere stammer. Til filtret kan man knytte en gyldighedsperiode i form af en åbningsdato og en lukningsdato. Denne bruges til at markere at et filter ikke længere er åbent, f.eks. fordi der er sat en pakke der afspærre det, eller fordi boringen er bygget om. Udenom filterrøret er der ofte en gruskastning. Denne registreres i Jupiter som et interval. Dette interval vil ofte svare nøjagtigt til et filterinterval, men det er ikke noget krav.

Et **indtag** er et interval i en boring. Igennem hele dette interval - eller dele deraf - kan der gennem et eller flere filtre strømme vand fra formationen ind i boringen/stammen. Et indtag kan kun bestå af filtre fra én stamme, men der kan godt være defineret mere end ét indtag på én stamme.

Alt vand fra et givet indtag - uanset om det er kommet ind i boringen gennem ét eller flere filtre - blandes principielt sammen i boringen, og der svarer kun ét trykniveau til et givet indtag.

Et indtag har et **indtagsnummer**, og det er dette der bruges til at referere til indtaget i forbindelse med indberetning/inddatering af data. For GRUMO-boringer er indtagsnummeret lig med sidste (fjerde) del af GRUMO-nummeret. For LOOP-boringer er indtagsnummeret lig med 1 bortset et enkelt tilfælde, hvor der er flere (15) indtag til én given boring. For boringskontrol-boringer har GEUS i forbindelse med konverteringen til Jupiter tildelt indtagsnumre til alle indtag. GEUS stiller en liste over disse til rådighed for amterne.

Relationen mellem indtag og filter

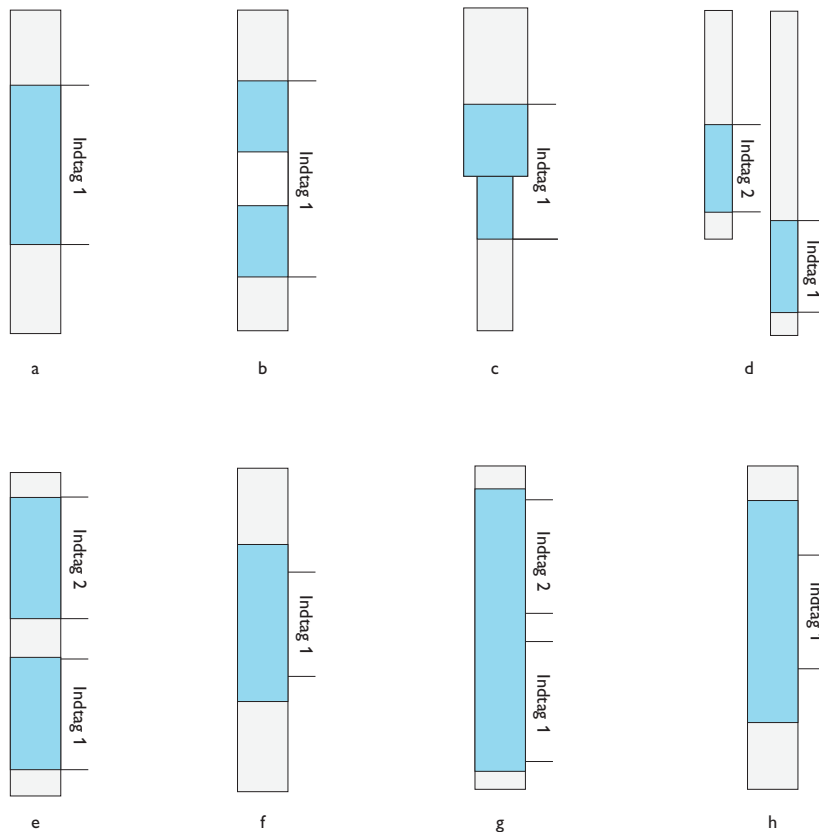


Fig. 1: Sammenhængen mellem stammer, filtre og indtag i boringer. Filterintervaller er blå raster mens indtag er markeret med "pinde" for top og bund af indtag. Fra Grundvandsovervågning 2001, GEUS 2001.

I langt den overvejende del af danske boringer er der en simpel sammenhæng mellem indtag, stamme og filter: Der er én stamme, ét filter og ét indtag (fig. 1- a).

I nogle få procent af boringerne er der ligeledes kun én stamme og ét indtag, men der er alligevel registreret to eller flere filtre fordi situationen er som i fig. 1 - b eller - c.

I en række nyere boringer (f.eks. GRUMO) er der flere stammer med ét filter (og ét indtag) på hver (fig. 1 - d).

I ganske få tilfælde er der to filtre på samme stamme, og boringen er indrettet så man kan adskille vandet fra disse (fig. 1 - e).

Endeligt er situationen i under 1% den, at et indtag kun får vand fra en del af et fysisk filter (resten af filterintervallet er afskærmet af pakkere) (fig. 1 - f). Faktisk kan der godt være tale om to separate indtag i det samme filter (fig. 1 - g).

I alle de viste tilfælde bortset fra de to sidste (fig. 1 – f og g) er det - som det fremgår - således, at et givet filter leverer vand til ét og kun ét indtag, og *hele* filterintervallet hører

vel at mærke til indtaget. Dette medfører, at det ikke er nødvendigt i databasen separat at registrere hvilket dybdeinterval indtaget dækker; det kan man altid finde ud af (og databasen kan fortælle det) hvis man blot ved hvilke filtre der er hører til indtaget. Og ændrer man dybden til f.eks. toppen af et filter, vil databasen automatisk beregne den korrekte dybde til det tilhørende indtag næste gang man har brug for det. Endvidere er man fri for separat at registrere dybder for prøver og pejlinger. Man registrerer blot hvilket indtag de svarer til, og kan så beregne dybderne ud fra dette indtags filterdybder.

For at kunne håndtere situationerne i fig. 1 – f og g har GEUS besluttet (databasemæssigt) at splitte det "problematisk" filter op i flere, hvor så kun f.eks. filter nr. 2 er tilknyttet indtaget (fig. 1 - h).

Det skal nævnes, at man i visse situationer helt midlertidigt installerer pakkere og tager prøver eller pejlinger i et delinterval af et filter. I sådanne situationer oprettes ikke separate indtag. I stedet registreres top- og bunddybde for prøven/pejlingen direkte for denne, og der registreres *ikke* noget indtag. Dette gælder også vandprøver taget i forbindelse med ellog-boringer.

Tidsdimensionen og nummerering af indtag

I en given boring kan både de fysiske filtre og definitionen af hvad der er indtag imidlertid variere gennem tiden. Dette kan skyldes:

1. Der bygges fysisk om på boringen, ved at et filterrørsinterval erstattes af et forerørsinterval eller omvendt.
2. Der indsættes eller fjernes pakkere eller andet udstyr i stammen. Dermed er der ikke længere samme forhold mellem filtre og indtag.

For at tage højde for dette, og stadig opretholde en entydig relation mellem f.eks. vandprøve og dybde, *kunne* man vælge at oprette et nyt indtag (med et nyt nummer) hver gang der sker (selv de mindste) ændringer i filtrene. Er der kun tale om små ændringer vil dette dog kunne virke kunstigt og besværligt.

I Jupiter er der derfor givet mulighed for at registrere en gyldighedsperiode for filteroplysninger. Man kan altså registrere i hvilken tidsperiode et givet filter leverer vand til et givet indtag. Ændres der "en lille smule" på hvor filtret sidder, oprettes et nyt filter, men det tilknyttes det samme indtag som hidtil. Hvis man vil vide præcist hvilket dybdeinterval vandet fra en given vandprøve kommer, er det altså ikke nok at vide hvilket indtag det stammer fra; man skal også vide på hvilket tidspunkt.

Hvornår en given ændring af filtrene i en boring er stor nok til at begrunde et nyt indtagnummer er en skønssag, men tommelfingerreglen er, at det skal give mening at lave f.eks. én sammenhængende tidsserie for en eller anden parameter (vandspejlshøjde, koncentration af et målt stof, el. lign.) for hele den periode indtaget findes, hvis det skal have samme nummer i hele denne periode.

Når en boring etableres nummereres indtagene normalt "nedefra og op", men da man altså jf. ovenstående kan komme ud for at skulle omnummerere indtagene eller oprette nye, kan man ikke være sikker på at denne nummerrækkefølge altid vil eksistere.

Renovering af overvågningsområder

På givne foranledning skal GEUS gøre opmærksom på, at allerede anvendte GRUMO-numre ikke kan genanvendes, da disse allerede markerer et antal prøver og analyser i data-

basen. Ved "renovering" af GRUMO skal der anvendes ny, fortløbende nummerering til nye indtag.

Utætte boringer/"fremmed vand" i indtaget

At boringer kan være utætte er velkendt. Således kan samlingerne mellem rørstykkerne, som boringen er udbygget med, efter en årrække ophøre med at være vandtætte på grund af tæring eller andre materialeforandringer. Dette er et specielt problem i de boringer, der er udbygget med hård PVC, eller som f.eks. har været påkørt.

Forholdet bør tages alvorligt, da de kemiske analyser fra sådanne boringer kan være misvisende, idet vand fra lag over indtaget via utæthederne løber ned til indtaget, således at kemianalyserne vil give udtryk for en vandkvalitet der er mere terrænnær end indtagets position under terrænoverfladen indikerer.

Desværre findes der ingen universel metode til diagnosticering af sådanne læk, men ofte vil en ustabil grundvandskemi være en indikation på sådanne forhold. Desuden kan gennemførelse af en "heat pulse" log, en flow log eller videoinspektion i boringen være til hjælp ved lokalisering af utætheder. Århus Amt har udarbejdet en metode, hvor der anbringes en pakke over indtaget og derpå observeres om der opbygges et vandspejl over indtaget med andet trykniveau. Pakkeren udspiles med vand via en slange til toppen og tømmes igen med trykluft via en slange til bunden af pakkeren.

En anden indikation kan være kraftige okkerudfældninger omkring grundvandsspejlet fra indtrængende vand, der iltes under udfældning af rust.

Man kan også vurdere om vandkvaliteten er stærkt afhængig af det volumen vand, der er fjernet ved forpumpningen.

Ud over utætte rørsamlinger kan der optræde "ikke hjemmehørende" vand i indtaget, som følge af den såkaldte skorstenseffekt, der er en lækage langs forerørets yderside, som bevirker at overfladevand og/eller vand fra et andet reservoir kan sive op eller ned til det overvågede reservoir, med eventuel forurening eller ændring af grundvandskemi til følge. Lækagen skyldes oftest dårlig eller manglende afpropning ved terræn eller ud for lerlag. Endelig kan gamle nærtstående, dårligt opfyldte boringer, gamle dræn, nedhældshuller m.v. virke som skorsten (spøgelsesboringer).

Endelig bør det ikke glemmes at grundvandsmagasinerne dækklag også kan være "utætte" f.eks. hvis de består af sprækket moræneler. Det er vigtigt også at tage denne mulighed under overvejelse, når årsagerne til indholdet af især miljøfremmede stoffer i vandprøver fra et givent indtag vurderes. I sådanne tilfælde giver analysen naturligvis et retvisende billede af forholdene i magasinet og remierende foranstaltninger er upåkrævede.

Der henvises i øvrigt til arbejdsrapporten "Grundvandsovervågningsboringers egnethed til analyse", fra 2002, se nedenfor.

Litteratur:

Håndbog i prøvetagning af jord og grundvand. Amternes Videncenter for Jordforurening. Teknik og Administration. Nr. 3, 2003.

Århus Amt, Sønderjyllands Amt, Fyns Amt, Roskilde Amt, Frederiksborg Amt, GEUS: Grundvandsovervågningsboringers egnethed til analyse. Arbejdsrapport under Grundvandsovervågningsprogrammet. Maj 2002

Karlby, H og Sørensen, I. (redaktion), 1998: Vandforsyning. Teknisk Forlag. 1998

Thorling, Lærke & Sørensen, Else: Kvalitetssikring under indsamling og håndtering af data. ATV møde 16. april 1998. Grundvandsovervågning.

Århus Amt: Grundvandsboringer. Teknisk rapport, Århus Amt, Miljøkontoret, Okt. 1991.

Miljøstyrelsen (1990): Vurdering af analyseprogrammet for udvalgte boringer i Vandmiljøplanens grundvandsovervågning. - Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 11, 1990. 84 s.

Andersen, L.J., DGU, (1989): Boringer, pumper og prøvetagning. Møde vedr. Grundvandsmonitoring, 14.-15. februar 1989. Vingstedcentret.

Morthorst, J., Czakó, T. og Nisbeth, J. (1989): Grundvandsmonitoring. Indretning og brug af eksisterende boringer, samt udførsel af nye monitoringsboringer. DGU. Feb. 1989. Vingstedcentret 14-15 feb. 1989

Miljøstyrelsen og Danmarks Geologiske Undersøgelse (1988): Monitoringsboringer og vandprøver i grundvandsmonitoringsnet. 2. version. 22 s.

ATV (1985): Grundvandsforurening - Boremetoder - ATV-møde 12. sept. 1985 ca. 100p.

PRØVETAGNING

I det følgende antages det, at boringer og indtag er renpumpede, dvs. har gennemgået en grundigt og langvarigt pumpeperiode som afslutning på selve boringsetableringen, således at den forstyrrelse af de kemiske ligevægte, som boringsetableringen måtte have forvoldt, er elimineret eller minimeret.

Grundvandsprøver til kemisk analyse i delprogrammet for grundvandsovervågning og i delprogrammet for landovervågning udtages hovedsageligt fra traditionelle grundvandsindtag, det vil sige faste, nedborede perforerede rørsektioner, som tillader grundvand fra en veldefineret dybde at flyde ind i røret. Derudover anvendes såkaldte Montejus-pumper.

Forpumpning

Forpumpnings- og prøvetagningsproceduren er særdeles vigtig i forbindelse med udtagningen af veldefinerede grundvandsprøver. Samme procedure skal følges hver gang, og der laves derfor et stamkort på hver boring og indtag, som bl.a. beskriver denne procedure, herunder hvor stort et vandvolumen, der skal fjernes før prøvetagning, samt stabile værdier for pH og ledningsevne.

Forpumpningen har således til hensigt at sikre at der udtages prøver, der er repræsentative for grundvandet i magasinet.

Prøvetagningsproceduren varierer alt efter en række forskellige forhold, men har under alle omstændigheder til hensigt at bevare den endelige vandprøves repræsentativitet. Nogle forhold, som man skal være særlig opmærksom på, er risikoen for tab af gasformige komponenter og risikoen for iltning af vandprøver fra magasiner med reducerende forhold.

Baggrunden og strategien for en forpumpning er beskrevet i Lossepladsprojektets U3-rapport og kun anbefalingerne er medtaget her nedenfor;

- minimér afsænkningen.
- minimér den forpumpede vandmængde.
- mål pH, ledningsevne og redoxpotentiale under forpumpningen og begynd først prøvetagningen, når værdierne er stabiliseret.
- fjern mindst muligt vand fra boringen. I overvågningsboringer med korte indtag vil en forpumpning på 5-10 gange boringens volumen være typisk, mens lange indtag kan nødvendiggøre længere forpumpning. Pumpeindtagets placering og pumpearangementet har ligeledes indflydelse på forpumpningens længde.
- meget lavtydende boringer tømmes 1 - 2 gange, og vandprøven udtages, når der igen er tilstrækkeligt vand.

Ud over at minimere afsænkningen bør man også undgå at udsætte grundvandsmagasinet for trykchok, idet en pludselig/kraftig oppumpning kan medføre, at ler og silt bringes i suspension og følger med grundvandsstrømmen. I boringer med almindelige dykpumper kan denne chokpåvirkning ikke undgås, men ved frekvensregulering af de nye MP-1 pumper kan man sikre sig, at det ikke sker, idet man først når grundvandet er sat i bevægelse, hæver styrefrekvensen til det niveau, der vil give den maximale ydelse.

Disse problemer er udtalte i højtydende boringer/filtre, hvor renpumpning og forpumpning ikke er foretaget i et omfang, der har fjernet let mobiliserbare dele af formationen. Mange overvågningsboringer/filtre er særdeles lavtydende, og det kan være nødvendigt med længerevarende forpumpning, blot for at fjerne det vand, der står i indtaget. Der bør dog mindst fjernes 3-10 gange boringens/indtagets volumen i et så tilpas roligt tempo, at det undgås at tømme boringen og blotlægge filteret. Problemer kan også forekomme ved Montejus-pumper, idet der ved trykafkastning, når Montejus-pumpen skal fyldes igen mellem pumpe-lagene, kan rives formationsmateriale eller belægninger af f.eks. okker eller organisk materiale løs, når dette sker pludseligt. Dette kan løses teknisk set, ved at lade trykafkastningen ske langsomt gennem en drøvleventil.

For at sikre ensartede prøvetagningsbetingelser fra gang til gang måles pH og ledningsevne under fastlæggelse af forpumpningens omfang. Dette kan gøres ved at lede en del af den oppumpede vandmængde igennem en større eller mindre gennemstrømningsbeholder (en gris), der er forsynet med passende måleudstyr, og først når de målte parametre er stabile, er forpumpningen tilstrækkelig og den endelige prøve kan udtages.

Med hensyn til forpumpningens længde henvises til rapport fra Lossepladsprojektet, U3: Grundvandsprøvetagning og feltmåling, april 1989 og Noter fra Horsens Teknikum: Praktisk grundvandsprøvetagning, Kursus nr. 215, udgivet hvert år siden 1992.

De særlige problemer, der knytter sig til lavtydende indtag, er beskrevet i "Teknisk rapport, Århus Amt, Miljøkontoret: Grundvandsboringer, oktober 1991.

Under alle omstændigheder bør erfaringerne omkring den nødvendige tid til forpumpning og de aktuelle værdier for ledningsevne, pH og ilt for det enkelte indtag noteres og anvendes til sammenligning ved næste prøvetagning.

I LOOP, hvor grundvandstilstrømningen til indtagene kan være meget langsom især i leroplandene, vil den mulige fortømning af det enkelte Montejus-filter baseret på erfaringen variere fra 3 gange umiddelbart før prøvetagningen til 1 gang 2 dage før selve prøvetagningen.

On-line prøvetagning og feltmålinger

Der skal anvendes on-line prøvetagningsinstrument (gris), der anvendes til måling af temperatur, pH, ledningsevne, iltindhold i **mg/l** og redoxpotentialer ved alle prøvetagninger.

Formålet med at indføre et on-line prøvetagningsinstrument er bl.a. at sikre retvisende analyser af pH og ilt, samt at kontrollere at forpumpningen er tilfredsstillende, dvs. at det oppumpede vand har en stabil sammensætning svarende til forholdene i magasinet.

En gris består basalt set af en kasse med et antal flow-celler i. Instrumentet er konstrueret, så det vand, der udtages til analyse, ikke passerer flow-cellerne.

Med hensyn til de enkelte parametre er det prøvetagernes erfaring, at temperaturen påvirkes af den opvarmning, som forårsages af pumpen sammen med den vekselvirkning med lufttemperaturen, som foregår omkring slangerne, der i koldt vejr kan give risiko for tilfrysning, og i varmt vejr temperaturer på op til 20° C. Den korrekte temperatur kan kun fås ved at nedsænke et instrument i boringen.

On-line iltmålinger i gris er generelt langt mere pålidelige og reproducérbare end laboratorieanalyser; dog kræves der øvelse ved lavtydende Montejus-pumper. Det er vigtigt, at der etableres omrøring under målingen, da denne er iltforbrugende. Elektroden skal kalibreres

en gang daglig mod 100% iltmættede forhold og detektionsgrænsen er 0,1 mg/l. 0,01 mg/l har været forsøgt, men så er metoden meget følsom for indhold af svovlbrinte, der via nulstrømsfejl kan give fiktive indhold på op til 0,5 mg/l ved en elektrodefølsomhed på 0,01 mg.

On-line pH målinger i felten giver et langt mere retvisende billede af forholdene i grundvandet end laboratoriemålinger, da man i høj grad undgår de uheldige effekter, der opstår ved afgang af kuldioxid fra prøven, som er uundgåelig på grund af *forskellen i partialtrykket af CO₂* i magasin og ved terræn, idet indholdet af CO₂ i den umættede zone er ca. 10 gang større end i atmosfæren. pH-elektroden skal være tryk-robust pga. trykket i flowcellen, og den skal kalibreres én gang om ugen. Forsøg viser, at afgang af kuldioxid fra prøven kan få pH til at stige fra ca. 6 til ca. 8 på kun 3 timer.

Alle elektroder bør kalibreres **ved grundvandstemperatur** 8-10 °C, ikke mindst iltelektroden, da indholdet af opløst ilt er meget temperaturafhængigt. Her skal man være opmærksom på, at der på varme sommerdage kan være meget varmt i den beholder der benyttes til kalibrering.

Der findes on-line udstyr, der er anvendeligt til såvel dykpumper som Montejus-pumpe.

Feltdata skal i lighed med øvrige data være kvalitetssikret ved indberetningen. De indberettede værdier viser at de målte feltparametre i alt for mange tilfælde ikke kvalitetssikres.

Prøvetagning i landovervågningsoplande

Der anvendes fortrinsvis on-line prøvetagning (gris) og on-line filtrering og prøvetagning i LOOP gennemføres da efter samme rutiner som i GRUMO.

Såfremt der ikke kan anvendes on-line prøvetagning (gris) eller on-line filtrering, gennemføres prøvetagning i LOOP efter følgende procedure:

| | |
|--|--|
| <u>Til laboratorieanalyse for:</u> NO ₃ , NH ₄ , Cl, Alkalinitet ^{***} , SO ₄ , K, Na, Ca, Mg, pH, ledningsevne | <u>Anvendes i felten:</u> Trykfiltrering 0,45 µm filter 400 ml prøve* i plastflaske** |
| <u>Til laboratorieanalyse for:</u> PO ₄ og opløst jern | <u>Anvendes i felten:</u> Trykfiltrering 0,45 µm filter 100 ml prøve* i plastflaske, som konserveres med svovlsyre til pH < 2 |
| <u>I felten måles:</u> pH, ledningsevne, ilt, Eh og temperatur | |

* Prøvestørrelsen afhænger af laboratoriet

** Prøven opbevares mørkt og koldt

*** Aciditet måles i stedet for alkalinitet, hvis pH < 4,5.

Såfremt det vurderes, at on-line filtrering ikke kan gennemføres, overføres prøver til analyse af tungmetaller til et Millipore 600 ml Filling System og der anvendes Millipore In-Line Filter-Holder, 47 mm (af ”skruetvingetypen”). Såfremt et forfilter er nødvendigt, anvendes flere fil-

terholdere i serie med polycarbonat membranfiltre med aftagende porestørrelse. Der må ikke anvendes forfiltre af glasvæv el. lign. Prøvetagning må ikke gennemføres under jordfygning.

Litteratur:

Lossepladsprojektet (1989): Grundvandsprøvetagning og feltmåling. Lossepladsprojektet. Udredningsrapport U3. April 1989.

Noter fra Horsens Teknikum: Praktisk grundvandsprøvetagning, Kursus nr. 215, udgives hvert år.

Århus Amt, Miljøkontoret, oktober 1991: Grundvandsboringer, Teknisk rapport.

Bo Elberling, Lærke Thorling og Per Misser. 1997: Det kan være surt at måle pH. Vand og jord, vol 4, nr. 4, aug. 1997, pp150-152.

Prøvetagningstidspunkt

Prøvetagningsfrekvens og årstidsvariation

Med muligheden for at nedsætte prøvetagningsfrekvensen i "stabile" indtag er spørgsmålet om prøvetagningstidspunkt kontra årstidsvariation aktuelt, i hvert fald for terrænnære indtag. Der er dog ikke klarhed over, hvor stor en rolle årstidsvariationen spiller ved bedømmelsen af den samlede variation på det enkelte indtag.

Muligheden for at gennemføre prøvetagning på samme tidspunkt (evt. samme termin) for alle indtag anses fra amtslig side for praktisk u gennemførlig. Det anses dog for nødvendigt af hensyn til sammenligneligheden af resultaterne fra år til år, at det enkelte amt tilstræber, at tage prøver på samme tidspunkt på året for det enkelte indtag. Ved 2 årlige prøvetagninger placeres første prøvetagning fortrinsvis i perioden fra 1. marts til 1. juni og anden prøvetagning i perioden fra 15. august til 15. november

Filtrering

Grundvandsprøver kan ved udtagningen indeholde opslæmmede materiale, som bl.a. kan bestå af formationsmateriale (ler, silt, jern- og aluminiumhydroxider eller calciumcarbonat). Især kan opslæmmede materiale findes i grundvandsprøver fra indtag, hvorfra der ikke jævnlig opumpes vand som f.eks. indtag i boringer med Montejus-pumper.

Ved senere tilsætning af syre i forbindelse med analyseproceduren kan opslæmmede materiale opløses helt eller delvis og medføre fejl på analyseresultatet, specielt ved bestemmelse af stoffer, som udgør en stor del af det opslæmmede materiale, og som normalt kun forekommer opløst i relativt lave koncentrationer.

Det er ikke muligt med fuldstændig sikkerhed at se, om en grundvandsprøve er helt fri for opslæmmede materiale, specielt ikke hvis vandprøven udtages under dårlige belysningsforhold som f.eks. sidst på dagen i efterårs- eller vinterperioden. Ganske små mængder opslæmmede materiale kan i visse tilfælde medføre meget store fejl, hvis bestemmelsen af et stof udføres efter syretilsætning. Dette gælder f.eks. ved bestemmelse af aluminium, som normalt kun forekommer opløst i meget lave koncentrationer, men som kan findes i betydelige mængder i opslæmmede materiale (ler, silt og vandholdige hydroxider).

Vejle Amt gennemførte i 1995 to analyserunder for aluminium og konstaterede store udsving i koncentrationerne for det enkelte indtag. Amtet gennemførte derfor en systematisk undersøgelse af forskellige filterholdere og forskellige porestørrelser. Det fremgik, at filterholdere, hvor top og bund blev skruet sammen ved hjælp af gevind, havde en tilbøjelighed til at beskadige filtret, når filterholderen blev strammet til. Forsøg med Millipore filterholdere (In-Line Filter Holder) af "skruetvingetypen" kombineret med polycarbonat-filtre, gav de mest reproducerbare resultater. Amtet havde også forsøgt med forskellige porestørrelser og fundet meget forskellige koncentrationer. Af hensyn til sammenligneligheden såvel inden for programmet som med andre undersøgelser fastholdes porestørrelsen 0,4 μm .

Opslæmmede calciumcarbonat og magnesiumcarbonat forekommer kun i grundvandsprøver fra magasiner med kalkholdige jordlag. Filtrering af grundvandsprøver fra kalkfrie grundvandsmagasiner, hvor vandet indeholder aggressiv kuldioxid, kan derfor i princippet undlades før bestemmelse af Ca, Mg og HCO_3 , men af hensyn til en ensartet procedure, som kan anvendes under alle forhold, skal alle grundvandsprøver filtreres før bestemmelse af Ca, Mg og HCO_3 .

Filtrering i felten.

Under udtagelse af grundvandsprøver ændres det kemiske miljø, således at visse stoffer kan udfældes. Ved grundvandsprøver er det især trykket og redoxpotentialen, som ændres markant ved udtagningen. Trykændring kan medføre, at der udfældes calcium- og magnesiumcarbonat som følge af tab af CO_2 . Århus Amt har konstateret at pH kan ændres så meget som fra 6 til 8 i løbet af ca. 4 timer som følge heraf. Ændring af redoxpotentialen kan medføre, at der sker iltning og udfældning af opløst ferro-jern og eventuelt mangan. Iltningen af ferro-jern kan ske inden for få minutter.

Det er derfor vigtigt, at filtrering før bestemmelse af stoffer af denne karakter sker on-line i felten (eller umiddelbart efter prøvetagningen). Når filtreringen er udført i felten, kan stoffer som udfældes under transport og lagring af prøverne gen-opløses ved syretilsætning inden udførelse af analysen. Det tilrådes at on-line filtrering i LOOP kun gennemføres med den største forsigtighed, da der er en vis risiko for at boringerne (Montejus-systemet) ikke kan holde til den større trykpåvirkning.

Genopløsning af stoffer ved syretilsætning, kan kun ske ved tilsætning af syre til hele den udtagne prøve af hensyn til koncentrationsforholdene. Sådanne prøver kan derfor ikke anvendes til bestemmelse af koncentrationer af andre stoffer som ændres ved syretilsætningen, f.eks. klorid ved tilsætning af saltsyre eller sulfat ved tilsætning af svovlsyre. Prøver til bestemmelse af opløst jern, mangan o.l. udtages derfor som delprøver, hvor syretilsætningen sker til hele prøven efter filtreringen.

Alkalinitet

Ved bestemmelse af Ca, Mg og HCO_3 i kalkudfældende prøver, er det nødvendigt at udføre titrering af alkalinitet straks efter filtreringen. Er det ikke muligt at titrere alkaliniteten i felten, er alternativet at udtage en ufiltreret delprøve til bestemmelse af Ca, Mg og HCO_3 . En sådan delprøve udtages i en diffusionstæt flaske fyldt til randen og lukkes med en skruekapsel med indvendig konus, som sikrer, at der ikke er luftblærer i flasken efter fyldning. Senest 24 timer efter prøvetagningen filtreres prøven på laboratoriet, og alkaliniteten titreres umiddelbart efter filtreringen, samtidigt udtages en delprøve af det filtrerede vand, som anvendes til bestemmelse af Ca og Mg efter syretilsætning, som forhindrer kalkudfældning efter filtreringen.

A: Vandprøver, der skal filtreres i felten:

Prøver til bestemmelse af NO₃, (NH₃⁺, NH₄⁺), Fe, Mn, Al, Sb, As, Ba, Pb, Cd, Cr, Cu, Hg, KMnO₄-tal (ikke obligatorisk i NOVA 2003), Li, Mo, Ni, NVOC, P, PO₄-P, Si, Se, Sr, Tl, V, Zn.

Endvidere filtreres prøver til bestemmelse af Ca, Mg, og HCO₃ i felten, dog med det alternativ som er beskrevet i foregående afsnit. Filtreringen af prøver til nitratbestemmelse sker for at forebygge interferens fra humusforbindelser og suspenderede stoffer (DS 223).

Ved filtrering af prøver til bestemmelse af Fe, Mn, Al, Ca og HCO₃ kan anvendes membranfiltre med en porestørrelse på 0,45 µm uden specielle krav til materialer. Ved bestemmelse af de øvrige stoffer og specielt sporstoffer, anvendes filtre som er kontrolleret for urenheder, som kan forårsage kontaminering. Der findes sådanne særligt rene filtre af polykarbonat på markedet med en porestørrelse på 0,40 µm. Filtre af denne kvalitet kan også anvendes til de stoffer, hvor der ikke stilles særlige krav til filtermaterialet.

B: Vandprøver, der ikke behøver at filtreres i felten:

Til denne gruppe hører prøver til bestemmelse af K, Na, Cl, SO₄, F, B, Br.

Selvom filtrering af prøver til bestemmelse af disse stoffer ikke er strengt nødvendigt, vil det af praktiske grunde være hensigtsmæssigt at udføre bestemmelserne på prøver som er filtreret af hensyn til nogle af stofferne nævnt under A.

C: Vandprøver, der ikke må filtreres

Til denne gruppe hører stoffer, hvor filtreringen vil medføre fejl på analyseresultatet, enten fordi en del af stoffet kan tabes ved filtreringsprocessen, eller som er særligt udsat for kontaminering. Til gruppen hører prøver til bestemmelse af aggressiv kuldioxid, pH, ilt, ledningsevne, nitrit, metan og svovlbriente, cyanid, iodid og alle organiske mikroforureninger, herunder pesticider.

Opsummering

Det er vigtigt at følge de foreliggende retningslinjer om filtrering, idet det ikke med det blotte øje kan afgøres om en prøve indeholder små mængder suspenderet materiale og fordi det er vigtigt, at alle analyser refererer til ensartede behandlede vandprøver. Filtreringen gennemføres i felten umiddelbart efter prøvetagningen på membranfiltre af polykarbonat med en porestørrelse på 0,4 µm i ikke-kontaminerende filterholdere af polycarbonat eller polypropylen, der lukkes efter ”skruetvingeprocessen”.

Filtrering i felten foretages for, at fjerne opslæmmet materiale fra prøverne, således at det ikke under analysen indgår som en del af grundvandet. Til analyser, hvor der fordres filtrering, skal der filtreres i felten også selv om prøven ser "klar" ud.

Hvis der efter feltfiltreringen (under transport til laboratoriet) sker udfældning/flokkulering i grundvandsprøven, således at den igen bliver uklar, skal der ikke filtreres igen på laboratoriet. I stedet skal der ske en genopløsning af precipitatet.

Litteratur:

Kristiansen, H., (1989): Notat vedrørende suspenderet materiale i grundvand og filtrering af grundvandsprøver fra monitoringsprogrammet. Danmarks Geologiske Undersøgelse. Internt notat.

Mærkning af grundvandsprøver

Prøvens identitet skal fremgå af etiketten, såvel som oplysning om hvorvidt prøven er filteret eller ikke, samt hvilke stoffer (f.eks. syrer), der er tilsat prøven.

Prøveopbevaring

Der henvises til Dansk Standard DS/EN ISO 5667-3, Vandundersøgelse Prøvetagning Del 3: Retningslinjer for konservering og transport af prøver.

Litteratur:

Kristiansen, H. & Nielsen, S., (1989): Standardprocedure ved forbehandling, konservering og feltmålinger på grundvandsprøver til uorganisk kemisk analyse for makro-stoffer. Foreløbig udgave, 2. version. DGU. feb. 1989. p.p. 1-25.

KEMISK ANALYSE

Grundvandets indholdsstoffer kan opdeles i to store grupper, hovedbestanddele, som typisk forekommer i koncentrationer i størrelsesordenen milligram pr. l (mg/l) og sporstoffer, der typisk forekommer i koncentrationer i størrelsesordenen mikrogram/l ($\mu\text{g/l}$).

Hovedbestanddele

Følgende hovedbestanddele indgår i grundvandsovervågningen: ammonium, bikarbonat, calcium, fluorid, fosfor, total, opløst, ilt, jern, kalium, klorid, magnesium, mangan, metan, natrium, nitrat, nitrit, organisk kulstof (NVOC), sulfat, svovlbrinte. Desuden bestemmes indhold af aggressiv kuldioxid, der ikke er et kemisk stof, men en beregningsværdi.

Herudover medregnes tilstandsparametrene ledningsevne, pH, redoxpotentiale og temperatur til hovedbestanddelene.

Analysedetektionsgrænserne fremgår af programbeskrivelsen. Analyserne for hovedbestanddele skal udføres på DANAK-akkrediteret laboratorium

Sporstoffer.

Sporstofferne omfatter en meget lang række af stoffer af såvel naturlig som miljøfremmed oprindelse. Til analyse af sporstoffer skal der anvendes laboratorier, som på baggrund af præstationsprøvnings er udpegede hertil. Udpegning finder sted en gang årligt og kan ses på NOVANAs hjemmeside.

Sporstofferne er så væsensforskellige, at det er hensigtsmæssigt med en yderligere opdeling. Analysedetektionsgrænserne fremgår af programbeskrivelsen.

Oplysninger om navngivning, egenskaber m.v. kan findes på NOVANAs hjemmeside under ”datablade”

Uorganiske sporstoffer

Følgende uorganiske sporstoffer indgår i grundvandsovervågningen: aluminium, antimon, arsen, barium, bor, bly, cadmium, kobolt, iodid, kobber, krom, nikkel, selen og zink. Derudover gennemføres der screeningsanalyse for beryllium. De forekommer alle naturligt, men kan derudover tilføres grundvandet ved forurening eller ved sænkning af grundvandspejlet.

Organiske mikroforureninger

De organiske mikroforureninger, som indgår i analyseprogrammet til NOVANA kan hensigtsmæssigt opdeles i en række kemisk forskellige grupper (bindestreger er anvendt fonetisk):

| | |
|----------------------------|--|
| Aromatiske kulbrinter : | benzen, naphthalen, toluen, xylener (ortho-xylen, meta-xylen og para-xylen). |
| Blødgørere (phthalater): | di-butyl-phthalat (DBP), DEHP og DNP |
| Detergenter (sæbestoffer): | an-ioniske (sumparameter) og LAS |
| Chlorfenoler: | 2,4-di-chlor-phenol, 2,6-di-chlor-phenol og penta-chlor-phenol |

| | |
|------------------------------------|---|
| Chlorerede, alifatiske kulbrinter: | tetra-chlor-ethylen (-ethen), tetra-chlor-methan, tri-chlor-ethylen (-ethen), tri-chlor-methan (chloroform), 1-1-1-tri-chlor-ethan, 1,2-ethylen-di-bromid, vinyl-chlorid. |
| Phenolforbindelser: | nonyl-phenol, nonylphenol-ethoxylater (mono- og di-ethoxylater) og phenol |
| Ætere: | metyl-tertiær-butyl-ether (MTBE) |

Pesticider og nedbrydningsprodukter

Da analyseprogrammet for pesticider og nedbrydningsprodukter heraf udgør den mest omfattende enkeltgruppe inden for de organiske mikroforureninger er denne gruppe skilt ud for sig selv. Analyseprogrammet omfatter 34 stoffer.

Laboratorievalg

Analyse for sporstoffer må for så vidt angår NOVANA kun udføres på laboratorier godkendt hertil af Miljøstyrelsen.

Detektionsgrænser

Detektionsgrænser for enkeltstoffer fremgår af det til enhver tid gældende overvågningsprogram. For visse stoffer kan der i en overgangsperiode anvendes midlertidige, højere detektionsgrænser indtil der foreligger godkendelse af laboratorier til en lavere detektionsgrænse. De midlertidige, højere detektionsgrænser vil fremgå af skrivelser fra Aftaleudvalget.

Aldersbestemmelser

CFC-dateringsmetoden er beskrevet i bladet "Geologisk Nyt, nr. 2. 1997". Normalt udtager GEUS selv prøverne til CFC-datering og meget gerne samtidig med at amtet selv tager øvrige vandprøver. CFC-gasser fra punktkildeforureninger i bynære områder kan skabe vanskeligheder. Det er af afgørende vigtighed, at der er foretaget omhyggelig og tilstrækkelig forpumpning, inden der udtages prøver til CFC-datering.

Oversigtsskema

Hovedbestanddele

| Generelle standarder→ | | DS 2214, ISO 5667-11:1993, DS/EN 25667-2:1994 DS/EN ISO 5667-2:1994 | | DS/EN ISO 5667-3:1996 | | | |
|------------------------|-------------------|---|---|---|---|---|---|
| Stof | Program- (mer) | Specielle problemer vedr. pumpe- type og prøvetagningsudstyr | Filtrering | Forbehandling, kon- servering og maxi- mumtid mellem prø- vetagning og analyse | Prøve beholder | Analysemetoder | Resultat angives som |
| Aciditet | (LO) | | | | | DS 235:1978 | mmol/l OH ⁻ |
| Alkalinitet | (LO) | | JA/nej (se afsnit om alkalinitet) | Nedkøling 2-5°C, 24 t | P | DS 253:1977 ISO 9963-1, og -2 (1994 E) | meq/l |
| Aggressiv kuldioxid | Gr | Pumper, der anvender sugepincip må ikke anvendes | Nej | calciumcarbonat til- sættes umiddelbart efter prøvetagning | Glasflaske med skrå- sleben glasprop og smal hals | DS 236:1977) | mg/l (agg.) CO ₂ |
| Ammonium | Gr, LO | Sugepumper og pumper, der medfører en iltning af det oppumpede vand, må ikke anvendes | JA | Mørkt og koldt (2-5°C) 6t. Ved forsurening med svovlsyre til pH<2 24 t. | P | DS 224:1975) ISO7150 ISO 11732:1997 E (FIA) | mg (eller µl)/l NH ₄ ⁺ |
| Bikarbonat* | Gr, (LO) | | JA | Ingen konservering | G, P | DS 235 (ISO 9963-1 og -2 (1994 E) ISO 9963-2) | mg/l HCO ₃ ⁻ |
| Calcium* | Gr, LO | | JA | Ingen konservering. 24 t | G, P | DS 238:1985 (ISO 6058) | mg/l Ca ⁺ |
| Chlorid | Gr, LO | | Kan filtreres | Ingen konservering | P | DS 239:1984 ISO 10304-1 | mg/ Cl ⁻ |
| Fluorid | Gr | | Kan filtreres | Ingen konservering | P | DS 218:1975 DS/EN/ISO 10304-1:1992 E | mg/l F ⁻ |
| Ilt | Gr | Pumper, der anvender sugepincip må ikke anvendes | Nej | Feltanalyse | Feltanalyse udføres on- line | DS 2206:1990 ISO 5814:1990(E) | mg/l O ₂ |
| Inddamp- ningsrest | Gr | | JA | | | DS 204:1980 | mg/l |
| Jern, total, opløst | Gr, LO | Pumper, der medfører en iltning af det oppumpede vand må ikke anvendes | JA. Filtrering skal ske on-line | Efter filtrering forsuring til pH < 2 | P | DS 219:1975 | mg/l Fe |
| Kalium | Gr, LO | | Kan filtreres | Ingen konservering | P | DS 258:1985 | mg/l K ⁺ |

| | | | | | | | |
|--|----------|--|---------------------------------|---|---|--|-----------------------------------|
| ! Kaliumper- manganattal | | | JA | Ingen konservering | G, P | DS 275 | mg/l |
| Konduktivitet Ledningsevne | Gr, LO | | Nej | Feltanalyse | Feltanalyse udføres on- line (LO: laboratorium) | DS 288:1974 DS/EN 27888:1994 | milliS/m |
| Kvælstof, (total) | (LO) | | JA | Ingen konservering. 24 t. | P | DS 221. ISO 10304-1 DS/EN/ISO 13395 (FIA) | mg/l N |
| Magnesium* | Gr, LO | | JA | Ingen konservering | G, P | DS 238:1985 | mg/l Mg ⁺⁺ |
| Mangan | Gr, LO | Pumper, der medfører en iltning af det oppumpede vand må ikke anvendes | JA. Filtrering skal ske on-line | Efter filtrering tilsætning af syre til pH < 2 | P | DS 220:1975 DS 264:1982 | mg/l Mn ⁺⁺ |
| Methan | Gr | Pumper, der anvender sugesprincip må ikke anvendes | Nej | Ingen konservering | Glasflaske med skråløben glasprop og smal hals, glasflaske med kapsel med gummimembran eller evakuerede glas med gummiprop (blodprøveglass) | Der findes ingen gældende standardmetode | mg/l CH ₄ |
| Natrium | Gr, LO | | Kan filtreres | Ingen konservering | P | DS 258:1985 | mg/l Na ⁺ |
| Nitrat (incl. nitrit) | Gr, LO | | JA | Ingen konservering. 24 t. | P | DS 223:1975. ISO 10304-1 DS/EN/ISO 13395 (FIA) | mg/l NO ₃ ⁻ |
| Nitrit | Gr, LO | | Nej | Ingen konservering. 24 t | P | DS 222:1975 DS/EN 26777:1993 ISO 10304-1 DS/EN/ISO 13395:1996 E (FIA) | mg/l NO ₂ ⁻ |
| NVOC Ikke flygtigt organisk kulstof | Gr, (LO) | Oliesmurte pumper må ikke anvendes | JA | Ved mørk og kølig opbevaring 8 t. Ved tilsætning af fosforsyre til pH < 2 24t | Specialrengjorte glasflasker | DS/EN 1484:1997 SM 5310 C | mg/l C |
| Ortho-fosfat, opløst | LO | | JA | (Syretilsætning), 24t. | P | DS 291:1985 ISO 10304-1 EN 1189:1996 | mg/l PO ₄ |
| pH | Gr, LO | Pumper, der anvender sugesprincip må ikke anvendes | Nej | Feltanalyse. Er transport er uundgåelig (LO) skal pH måles senest 6 timer efter prøvetagning. | Feltanalyse udføres on-line | DS 287:1978 | - |
| Total fosfor, opløst | Gr, (LO) | | JA | Ingen konservering, 24t | P | DS 292:1985 EN 1189:1996 | mg/l P |

| | | | | | | | |
|------------------|--------|--|---------------|---|---|--|------------------------------------|
| Silicium-dioxid. | Gr | | JA | Forsuring med svovlsyre til pH<2, opbevares koldt og mørkt, 24 t. | | Der findes ingen gældende standardmetode | mg/l SiO ₂ |
| Sulfat | Gr, LO | | Kan filtreres | Ingen konservering | P | Standard Methods 426C ISO 10304-1 | mg/l SO ₄ ²⁻ |
| Svovlbrinte | Gr | Pumper, der anvender sugepincip må ikke anvendes | Nej | Feltanalyse | | DS 278:1976 eller feltanalyse. ** | mg/l H ₂ S |

! : indgår ikke i programmet mere, men er medtaget for at kunne vurdere det allerede eksisterende datamateriale.

* Calcium, magnesium og bikarbonat undersøges i samme prøveflaskefiltrat;

** Reference: Thorling, L. m. fl., Århus Amt, Natur og Miljø, 1993: Statusrapport 1992; Vandmiljø – overvågning af grundvandet

Prøveflasker: G: Glas; P: Polypropylen (PP) eller polyethylen (PE) - plastflasker; T: Teflon (PTFE) - polytetrafluorethylen.;

Filtertyper Der anvendes udelukkende membranfiltre af polycarbonat med porevidde 0.45 µm. Der kan eventuelt anvendes forfiltre af samme materiale, men med større porevidde, monteret i separat filterholder. Filterholdere skal være af ”skruetvinge”typen, da filterholdere hvor top og bund skues sammen ved hjælp af indvendigt gevind kan ødelægge filteret.

Syretilsætning: Den tilsatte syre skal være af maksimal renhed. Ved syretilsætning bør der medtages blank prøve. Af hensyn til arbejdsmiljøet kan syren tilsættes de rengjorte prøveflasker på laboratoriet forud for prøveindsamlingen.

Program(mer): Gr = Grundvandsovervågning, LO = Landovervågningens grundvandsdel

Uorganiske sporstoffer

| Generelle standarder→ | | DS 2214, ISO 5667-11 DS/EN ISO 5667-3 | | DS/EN ISO 5667-3 | | |
|-----------------------|---------------|---|--|---|--|--|
| Stof | Program-(mer) | Specielle problemer vedr. pumpe type og prøvetagningsudstyr | Filtrering | Forbehandling og konservering | Prøvebeholder | Analysemetoder. For GRUMO og LOOP gælder, at de godkendte laboratorier skal anvende den eller de metoder, som godkendelsen bygger på |
| Aluminium | Gr, LOOP | Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes | JA, on-line | Forsuring til pH < 2 | P, T. Alle typer rengjort efter specielle anvisninger. Låg og flaske ufarvet | Der findes ingen gældende standard. AAS med Grafitovn eller ICP-MS |
| Antimon | Gr | | JA, on-line | | | |
| Arsen | Gr, LO | Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes | JA, on-line | Forsuring med saltsyre til pH < 2 | PE, T eller borosilikatflasker. Alle typer rengjort efter specielle anvisninger. Låg og flaske ufarvet | AAS med Grafitovn eller hydridteknik (ISO 11969:1997) |
| Barium | Gr, LO | Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes | JA, on-line | Forsuring (ikke svovlsyre) til pH < 2 | P, T. Alle typer rengjort efter specielle anvisninger. Låg og flaske ufarvet | Der findes ingen gældende standard. AAS med Grafitovn eller ICP-MS |
| Beryllium | Screening | | | | | |
| Bly | Gr, LO | Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes | JA, on-line | Forsuring (ikke svovlsyre) til pH < 2 | P, T. Alle typer rengjort efter specielle anvisninger. Låg og flaske ufarvet | Der findes ingen gældende standard. AAS med Grafitovn eller ICP-MS evt. efter destruktion og prøven |
| Bor | | | Kan filtreres. Udstyr af plast skal anvendes | Ingen eller forsuring | P, T. Specialrengjort. | Der findes ingen gældende standard. DIN 38 405, teil 17 eller AAS med grafitovn eller ICP. Det bør sikres, at laboratorievandet, der anvendes til reagensfremstilling og kalibreringsopløsninger har et lavt indhold af bor. |
| Bromid | Gr | | Kan filtreres | Ingen konservering. Prøven opbevares mørkt og køligt, 2-5° | G, P | Ionkromatografi med konduktometrisk eller elektrokemisk detektion ISO 10304-1 |
| Cadmium | Gr, LO | Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes | JA, on-line | Forsuring (ikke svovlsyre) til pH < 2 | P, T. Alle typer rengjort efter specielle anvisninger. Låg og flaske ufarvet | AAS med grafitovn evt. efter destruktion af prøven (DS/EN ISO 5961:1994(E)) eller ICP-MS. |
| Krom, total | Gr, LO | Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes | JA, on-line | Tilsætning af salpetersyre forsuring til pH < 2 | P, T. Alle typer rengjort efter specielle anvisninger. Låg og flaske ufarvet | AAS med grafitovn (EN 1233:1996) eller ICP-MS |
| Kobolt | Gr | Sugepumpe bør undgås | JA, on-line | Tilsætning af salpetersyre forsuring til pH < 2 | P | DS/EN ISO 11885:1998 |
| Cyanid (total) | Gr | | Nej | Tilsætning af stærk base, tin(II)chlorid og zink-cadmiumsulfatopløsning | Glasflaske i brunt glas med lukket slibprop | Standard Methods 14:1975, 413 B & D eller 16:1985, 412E |

| | | | | | | |
|-----------|--------|---|---------------|--|--|--|
| Iodid | Gr | | Nej | Ingen konservering. Analysen foretages hurtigst muligt efter prøvetagningen. Opbevares mørkt og køligt, 2-5°, 24 t | G. Prøven opbevares udelukket fra lys. | Der findes ingen dansk standart. Standard Met-hods 414 B. Interferens fra højt kloridindhold og stærkt farvet vand (DS/EN ISO 10304-3:1997(E)) |
| Kobber | Gr, LO | Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes | JA, on-line | Forsuring til pH < 2 | P, T. Alle typer rengjort efter specielle anvisninger. Låg og flaske ufarvet | Der findes ingen gældende standart. AAS med grafitovn eller ICP-MS |
| Kviksølv | Gr | | JA, on-line | Forsuring til pH < 2 + kalium-dichromat til 0,05% | G, T | (DS/EN 1483:1997(E)) |
| Lithium | Gr | | Kan filtreres | | | |
| Molybdæn | Gr | Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes | JA, on-line | Forsuring til pH < 2 | P, T. Alle typer rengjort efter specielle anvisninger. Låg og flaske ufarvet | Der findes ingen gældende standart. AAS med grafitovn eller ICP-MS |
| Nikkel | Gr, LO | Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes | JA, on-line | Forsuring til pH < 2 | P, T. Alle typer rengjort efter specielle anvisninger. Låg og flaske ufarvet | Der findes ingen gældende standart. AAS med grafitovn eller ICP-MS |
| Selen | Gr, LO | | JA, on-line | Tilsætning af salpetersyre til pH < 2 | | ISO 9965:1993(E) |
| Strontium | Gr | Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes | Kan filtreres | Forsuring til pH < 2 | P, T. Alle typer rengjort efter specielle anvisninger. Låg og flaske ufarvet | Der findes ingen gældende standart. AAS med flamme grafitovn eller ICP |
| Sølv | Gr | | JA, on-line | Forsuring til pH < 2 | | |
| Thallium | Gr | | JA, on-line | | | |
| Tin | Gr | | JA, on-line | Forsuring med eddikesyre til pH < 2 | | |
| Vanadium | Gr | Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes | JA, on-line | Forsuring til pH < 2 | P, T. Alle typer rengjort efter specielle anvisninger. Låg og flaske ufarvet | Der findes ingen gældende standart. AAS med grafitovn eller ICP-MS |
| Zink | Gr, LO | Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes | JA, on-line | Forsuring til pH < 2 | P, T. Alle typer rengjort efter specielle anvisninger. Låg og flaske ufarvet | Der findes ingen gældende standart. AAS med grafitovn eller ICP-MS |

Prøveflasker: G: Glas; P: Polypropylen (PP) eller polyethylen (PE) - plastflasker; T: Teflon (PTFE) – polytetrafluorethylen.

Filtertype: Der anvendes udelukkende specielt rengjorte membranfiltre af polykarbonat med porevidde 0,45 µm. Der kan evt. anvendes forfiltre af samme materiale, men med større porevidde, monteret i separat filterholder. Ved filtrering anvendes plasthandsker, som kasseres efter hver prøvetagning. Membranfiltret skal håndteres med rengjort plastpincet. Filterholdere skal være af "skruetvinge"-typen, da filterholdere hvor top og bund skues sammen ved hjælp af indvendigt gevind kan ødelægge filteret.

Syretilsætning: Den tilsatte syre skal være af maksimal renhed. Ved syretilsætning bør der medtages blank prøve

Program(mer): Gr=Grundvandsovervågning, LO= Landovervågningens grundvandsdel

Organiske mikroforureninger

| Generelle standarder→ | | DS 2214, ISO 5667-11 DS/EN ISO 5667-3 | | DS/EN ISO 5667-3 | | |
|---|---------------------------|--|-------------------------|---|---|---|
| Stof | Program- (mer) | Specielle problemer vedr. pumpetype og prøve- tagningsudstyr | Filtre- ring | Forbehandling og konservering | Prøvebeholder | Analysemetode. For GRUMO gælder, at de godkendte laboratorier skal anvende den eller de metoder, som godkendelsen bygger på. |
| An-ioniske overfla- deaktive stoffer | Gr, LO | | Nej | Tilsætning af syre til pH < 2. Analyseres hurtigst muligt efter prøvetagningen, 24t. Prøven opbevares mørkt og køligt, evt. dybfrossen | P. Specialrengjort med metanol ISO 7875-1 | DS 237. Modifikation med større kuvetter DS/EN 903 |
| Lineære alkylben- zensulfonater | Gr | | Nej | | | Der findes ingen gældende standard. |
| ! VOC Flygtigt organisk kulstof | | Pumper, der anvender suge- princippet, og oliesmurte pumper må ikke anvendes | Nej | Ingen konservering. Prøven opbevares mørkt og køligt i lufttæt helt fyldt flaske. Analysen udføres hurtigst muligt | Specialrengjorte glasflasker | Der findes ingen gældende standard. Af- blæsning af flygtige komponenter med inert gas. Oxidation og IR bestemmelse af den dannede CO ₂ |
| ! AOX Adsorberbart organisk halogen | | Oliesmurte pumper må ikke anvendes | Nej | Prøven opbevares mørkt og køligt i lufttæt helt fyldt flaske | Specialrengjorte glasflasker | Der findes ingen gældende standard. Ad- sorption på aktivt kul og afbrænding. Coulometrisk bestemmelse af de dannede hydrogenhalogenider |
| ! VOX Flygtigt organisk halogen | | Pumper, der anvender suge- princippet, og oliesmurte pumper må ikke anvendes | Nej | Ingen konservering. Prøven opbevares mørkt og køligt i lufttæt helt fyldt flaske. Analysen udføres hurtigst muligt | Specialrengjorte glasflasker | Der findes ingen gældende standard. Af- blæsning af flygtige komponenter med inert gas. Coulometrisk bestemmelse af de dannede hydrogenhalogenider |
| FLYGTIGE AROMATER Benzen, Toluen, Xylen; Naphthalen | Gr, LO | Pumper, der anvender suge- princippet, og oliesmurte pumper må ikke anvendes | Nej | Ingen konservering. Prøven opbevares mørkt og køligt i lufttæt helt fyldt flaske. Analysen udføres hurtigst muligt | Specialrengjorte glasflasker | Der findes ingen gældende standard. Prø- verne ekstraheres med n-pentan, analyse med GC-FID eller on-line koncentrering ved GC-MS |
| CHLOREREDE ALIFA- TISKE KULBRINTER Trichlormethan Tetrachlormethan Trichlorethylen Tetrachlorethylen 1,1,1-Trichlorethan Ethylendibromid Vinylchlorid | Gr | Pumper, der anvender suge- princippet, og oliesmurte pumper må ikke anvendes | Nej | Ingen konservering. | Specialrengjorte glasflasker | Der findes ingen gældende standard. Prø- verne ekstraheres med n-pentan, analyse med GC-ECD, head-space teknik eller on- line koncentrering ved GC-MS (ISO 10301:1997(E)) |

| | | | | | | |
|---|--------|------------------------------------|-----|---|--|---|
| PHENOL OG ALKYL— PHENOLER Phenol !Kresol !Xylenol | Gr, LO | Oliesmurte pumper må ikke anvendes | Nej | Tilsætning af syre til pH < 2. Prøven opbevares mørkt og køligt | Specialrengjorte glasflasker | Der findes ingen gældende standard. Ekstraktion og derivatisering. Analyse ved GC eller HPLC |
| CHLORPHENOLER 2,4-dichlorphenol 2,6-dichlorphenol Pentachlorphenol | Gr, LO | | Nej | Tilsætning af syre til pH < 2. Prøven opbevares mørkt og køligt | Specialrengjorte glasflasker | Der findes ingen gældende standard. Ekstraktion og derivatisering. Analyse ved GC-ECD eller HPLC |
| ÆTERE MTBE | Gr | | Nej | Analyse påbegyndes inden 24 timer | Specialrengjorte glasflasker Prøvebeholderne fyldes fra bunden med overløb af mindst 2 flaskevoluminer inden omhyggelig lukning | Der findes ingen gældende standard. |
| NONYLPHENOL Mono- og diethoxylater | Gr, LO | | Nej | | | Der findes ingen gældende standard. |
| PHTHALATER Dibutylphthalat DBP, DEHP,DNP | Gr, LO | | Nej | | | DS 42 475 ISO/DIS 18856: 2002 |
| PESTICIDER Aminomethylphosphorsyre (AMPA) Atrazin Bentazon 4 CPP 2,4-D 2,6 DCP Desaminodikemetribuzin Desethylatrazin Desethyldeisopropylatrazin Desethylterbutylazin Desisopropylatrazin Dichlobenil 2,6-Dichlobenzamid (BAM) 2,6-Dichlobenzosyre Dichlorprop Diketometribuzin Dinoseb | Gr, LO | | Nej | Tilsætning af syre til pH < 2. Prøven opbevares mørkt og køligt | Specialrengjorte glasflasker | Der findes ingen gældende standard. Ekstraktion og opkoncentrering. Analyse ved GC-ECD eller HPLC |

| | | | | | | |
|-----------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Diuron | | | | | | |
| DNOC | | | | | | |
| Glyphosat | | | | | | |
| Hexazinon | | | | | | |
| Hydroxyatrazin | | | | | | |
| Hydroxysimazin | | | | | | |
| Hydroxyterbuthylacin | | | | | | |
| Isoproturon | | | | | | |
| MCPA | | | | | | |
| Mechlorprop | | | | | | |
| Metamitron | | | | | | |
| Metribuzin | | | | | | |
| 4-Nitrophenol | | | | | | |
| Pendimethalin | | | | | | |
| Simazin | | | | | | |
| Terbuthylazin | | | | | | |
| Trichloreddikesyre (TCA) | | | | | | |

Prøveflasker: P: Polypropylen (PP) eller polyethylen (PE) - plastflasker; .

Syretilsætning: Den tilsatte syre skal være af maksimal renhed. Ved syretilsætning bør der medtages blank prøve

Program(mer): Gr=Grundvandsovervågning, LO= Landovervågningens grundvandsdel

Litteratur:

Andersen, L.J., (1966): Tritium-indholdet i grundvandet og dets betydning ved geohydrologiske undersøgelser. Meddelelser fra Danmarks Geologiske Forening, bind 16, hæfte 2.

Vandkvalitetsinstituttet (1986): Kompendium over metoder til vandanalyser. Erfaringer fra interkalibreringer. Udført af Miljøstyrelsens referencelaboratorium. Sag nr. 41.797/908. 123 s.

Miljøstyrelsen (1987): Analyseprogram for det statslige grundvandsovervågningsnet - organiske mikroforureninger - Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 14/1987. 42p, 1 bilag.

Kristiansen, H., (1988): Behov for forbehandling og konservering af grundvandsprøver til uorganisk kemisk analyse for makroioner. DGU. Okt. 1988. pp. 1-8

Miljøstyrelsen (1993): Vurdering af laboratorier til grundvandsovervågningsprogrammet. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 48/1993. 25p, 5 bilag.

Hinsby, K, Laier, T & Dahlgaard, J.: Datering af grundvand – ved hjælp af CFC. Geologisk Nyt nr. 2, 1997. Erhvervsgruppen på Geologisk Institut, Århus Universitet.

PEJLINGER

Regelmæssige målinger af grundvandsstanden giver mulighed for at vurdere ændringer i mængden af grundvand. Variationen i nedbør og fordampning hen over året gør, at grundvandsstanden ligeledes varierer naturligt hen over året med maksimum omkring april måned og minimum omkring oktober.

På få år kan grundvandsstanden dog ændre sig betydeligt i forhold til den normale årsvariation, enten som følge af ændringer i nedbørmængden eller i grundvandsoppumpningen eller en kombination af ændringer i begge forhold. Større ændringer i oppumpning af grundvand kan lokalt give anledning til store ændringer i grundvandsstanden indenfor kort tid.

Udover at tjene som en metode til overvågning af den kvantitative udvikling i grundvandsressourcens størrelse, udgør tidsserier over variationer i grundvandsstanden i forskellige grundvandsmagasiner et meget vigtigt datainput til grundvandsmodeller.

On-line stationer (pejlestationer med telefonopkobling)

Data tappes månedligt og det vurderes om registreringen foregår korrekt. Hvis der er mistanke om fejl på målingerne besøges stationen for at udbedre eventuelle fejl. Ved hvert stationsbesøg foretages en manuel pejling af alle indtag i borerne. Mindst 1 gang årligt aflægges on-line stationer et kontrolbesøg, og der foretages en manuel kontrolpejling.

Automatiske stationer (pejlestationer med datalogger)

Data tappes 3-4 gange årligt, og det vurderes på stedet om registreringen foregår korrekt. Hvis der konstateres fejl på målingerne, repareres eller udskiftes dataloggeren så vidt muligt ved samme besøg for at undgå yderligere datatab. Ved hvert stationsbesøg foretages en manuel pejling af alle indtag i borerne.

Manuelle pejlestationer

Manuelle pejleboringer bør pejles mindst 6 gange årligt, jævnt fordelt over året. Målingen bør foretages med en sådan omhyggelighed, at usikkerheden på bestemmelsen af grundvandsstanden er mindre end 1 centimeter. I pejleskema/logbog noteres boringens DGU nr., indtags nr., dato, klokkeslæt, vandstand i forhold til målepunkt (målingen noteres i meter med 2 decimaler), anvendt målepunkt, samt eventuelle bemærkninger af særlige forhold.

Det er vigtigt, at grundvandsspejlet er i ro ved pejlingen. For borer der anvendes til prøvetagning anbefales det, at alle indtag pejles inden der fortømmes og udtages vandprøver til kemisk analyse. Hvis pejlingen foretages efter udtagning af vandprøver må det sikres at vandspejlet er genetableret og i ro, hvilket kan tage lang tid - timer. Ved pejling i indtag med Montejus-pumpe skal man være opmærksom på at den målte grundvandsstand er den maksimale siden sidste prøvetagning. Dette vil forekomme, hvis kontraventilen er helt tæt.

Pejlefrekvens

GRUMO-boringer bør pejles 6 gange årligt, og som minimum ved hver prøvetagning. Subsidiært kan håndpejling erstattes af dataloggere. Disse skal dog suppleres/kontrolleres med

håndpejlinger så ofte mulighed gives. Dybere LOOP-pejleboringer ved jordvandsstationer pejles ugentligt i vinterhalvåret, og månedligt i sommerhalvåret. Kortere LOOP-pejleboringer med datalogger pejles manuelt 1 gang pr. måned. Dataloggere tappes månedligt i vinterhalvåret for at undgå datatab og sikre at dataopsamlingen er korrekt. Øvrige LOOP-pejleboringer bør pejles månedligt, og som minimum ved hver prøvetagning.

Dataindberetning

Alle pejledata indberettes på STANDAT-format. I de tilfælde hvor der er afvigelser mellem de manuelle pejlinger og dataloggerregistreringen, foretages der en opretning af dataloggerdata ud fra de manuelle pejlinger *inden* data indberettes.

Følgende STANDAT-nøglefelter er nødvendige for entydigt at kunne stedfæste pejlingen:

- DGU-nummer del 1 (atlasblad)
- DGU-nummer del 2 (løbenummer)
- DGU-nummer del 3 (bogstav)
- Indtagsnummer
- Målereference: M=målepunkt eller K=kote

Følgende sekundære STANDAT-nøglefelter er desuden nødvendige:

- Dato for udførelse: år, måned, dag (YYYYMMDD)
- Timeangivelse
- Minutangivelse
- Pejlemetode: i henhold til kodeliste STD00221.
- Målepunktskote, hvis M er anvendt som målereference
- Terrænkote

Det er vigtigt at alle borer / indtag tildeles et **indtagsnummer**, da indtagsnummeret sammen med DGU-nr. skal sikre en entydig identifikation af den enkelte pejlings oprindelse.

Pejleresultater indberettes normalt som 'resultat i ro' (kode 00001229; enhed: meter). 'Resultat i drift' (kode 00001230) anvendes **kun** for pejlinger foretaget i pumpeboring **under** pumpning.

Normalt måles grundvandsstanden i '**meter under målepunkt**', dvs. målereferencen er M=målepunkt. For at kunne omregne / beregne henholdsvis vandspejlskoten og vandspejlets dybde under terræn er det derfor nødvendigt at kende målepunktskoten og terrænkoten (eller afstand fra målepunkt til terræn), **målepunktskote** og **terrænkote** skal derfor også fremgå af STANDAT-filen.

Hvis der er foretaget en ændring af målepunkt i dataindberetningsperioden er der 2 muligheder ved indberetning af pejledata med målereference=M:

1. Data indsamlet før ændring af målepunkt korrigeres i forhold til den nye målepunktskote. Som målepunktskote angives den nye målepunktskote, og som gyldighedsperiode for målepunktet angives start- og slutdato for den indberettede tidsserie.
2. Data indberettes som de faktisk er målt i forhold til det på måletidspunktet eksisterende målepunkt. For hvert målepunkt angives målepunktskote og den præcise gyldighedsperiode.

Det anbefales at bruge alternativ 1, da det vurderes at give anledning til færrest fejlmuligheder.

Målepunkt

Målepunktet bør være let at lokalisere og tydeligt markeret på stedet, f.eks. med gravering eller farvemarkering, og klart beskrevet i logbog, så en ikke stedkendt person kan foretage en håndpejling i forhold til det korrekte målepunkt. Et målepunkt bør være så permanent som muligt.

Målepunktets kote bør indnivelleres i forhold til et KMS-fixpunkt, eller bestemmes med GPS. Metode og nøjagtighed på kotebestemmelse noteres i logbog. Beskrivelse af målepunkt suppleres evt. med foto af målested med markering af målepunkt(er).

Litteratur

Christensen, N.B., 1992: Variationer i Grundvandsspejlet 1950 - 1990. Revideret udgave. Danmarks Geologiske Undersøgelses pejleboringer. - DGU Datadokumentation nr. 2 1992.

GEOLOGISKE MODELLER OG STRØMNINGSMODELLERING

Kravspecifikationer for opstilling af hydrologiske modeller for NOVANA (VD-model)

Opgavens formål

Det *overordnede mål* med en hydrologisk modellering af vandbalancen og grundvandsdannelsen på overordnet oplandsniveau (Vanddistrikt/VD) er at få bedre styr på vandbalancen og den udnyttelige grundvandsressources størrelse. VD model skal give kvalitetssikring af data, integration af data og feedback til inkonsistenser i konceptuelle modeller og inputdata til vandbalancen. VD model vil kunne bidrage til randbetingelser til modeller på mindre skala f.eks. OSD og endelig skal VD model kunne belyse grundvandsressourcens størrelse og udnyttelsesgrad under hensyn til klima, arealanvendelse og vandindvindingsstrategi. Både grundvandsdannelsen til magasiner i forskellige dybde, påvirkninger i grundvandspejl og påvirkninger af afstrømningsregimet og minimumsvandføring som følge af klima, arealanvendelse og vandindvinding udgør centrale problemer.

Der er i øjeblikket udpeget 12 vanddistrikter i Danmark (og ét internationalt på grænsen mod Tyskland), og for hver af disse skal der opstilles en integreret hydrologisk model der beskriver såvel overfladevandssystem som grundvandssystem på en skala på 500x500 m (evt. finere hvor det vurderes formålstjenligt).

VD modeller udgør typisk ca. 4000-5000 km². Modelområderne er afgrænset på basis af topografiske oplande og kystområder. Det er et væsentligt element i VD modellerne at sikre en implementering af rimelige randbetingelser der tager højde for at der i mange tilfælde vil forekomme væsentlig grundvandsafstrømning på tværs af de nuværende 12 vanddistrikter (udover randbetingelser kræves så vidt muligt konsistens også på tværs af VD modeller i modelstruktur, parameterværdier, inddata osv.)

Da der på et senere tidspunkt skal opstilles lokale numeriske modeller for indsatsområderne, er det vigtigt, at den konceptuelle geologiske model og de gennemførte model-simuleringer konkret forholder sig til OSD kortlægninger og modeller fra indsatsområder og ikke kun beskriver forholdene for vanddistriktet som helhed. Det er ønskeligt, at variationer i randbetingelser til de lokale modeller kan belyses af VD modellen. Vigtigt er ligeledes, at der i rapporteringen af den enkelte VD model foretages vurderinger af det nuværende datagrundlags egnethed, som grundlag for den konkrete integrerede model. VD modellen skal kunne håndtere udvekslingen af vand mellem grundvand og overfladevand – og hermed også størrelsen og fordelingen af den ressource, der vil være til rådighed. Det er vigtigt, at modellen kan håndtere effekten af grundvandsoppumpningerne på vandløbene (påvirkning af regime og minimumsvandføring) og grundvandsforekomster (grundvandsdannelse og afsenkning af trykniveau), ligesom at modellen skal kunne give et bud på restressourcens størrelse under forskellige forudsætninger om klima, arealanvendelse og vandindvinding.

Det er ønskeligt, at der til vurdering af den udnyttelige grundvandsressource, anvendes et antal forskellige indikatorer, som foreslået i forbindelse med NOVA 2003 temarapport om ferskvandskredsløbet /3/. Det foreslås, at 2 indikatorer fra temarapporten (indikator 2 og 4)

samt 2 nye anvendes. Til vurdering af udnyttelsen af grundvandsressourcen i relation til grundvandsdannelsen til grundvandsforekomster i forhold til den nuværende oppumpning anvendes **Indikator 2** fra /3/. Der er i /3/ benyttet krav på 30 % men da en væsentlig del af formålet med VD modellen er at give mulighed for en bedre integrering af vandkvalitet og -kvantitet, er det hensigten, at der ved simuleringer af grundvandsdannelsen til de konkrete grundvandsforekomster og påvirkninger af grundvandsspejl mv. fastlægges mere præcise skøn over udnytteligheden, hvor også data fra boringskontrollen er søgt inddraget sammen med data fra vandløb, GRUMO osv.

Udnytteligheden i relation til maksimal vandføringspåvirkning ved minimumsafstrømning skal baseres på **Indikator 4** fra /3/ (max. påvirkning af vandføring i forhold til vandføring uden oppumpning på 5, 10, 15, 25 og 50% for henholdsvis vandløbsmålsætning A, B1, B2, B3, og C-F vandløb). Derudover skal der udarbejdes ”varighedskurver” for den samlede påvirkning af afstrømningsregimet, idet der som referencesituation vælges en situation uden oppumpning.

Endelig opstilles et par ”supplerende” indikatorer til beskrivelse af kvalitetsmæssig og recipientmæssig bæredygtig ressource, i det følgende benævnt indikator 5 og 6 (jf. terminologien i /3/).

Indikator 5 beskriver her hvor meget der kan pumpes på systemet uden at der sker afsænkninger af grundvandsspejlet i givne kontrolpunkter i grundvandet (det kan f.eks. være krav til grundvandsspejlet hvor der forekommer pyrrholdige aflejringer der ved grundvands-sænkning og iltning kan resultere i frigivelse af nikkel eller krav til påvirkning af gradientforhold f.eks. i punkter hvor der er risiko for saltvandsoptrængning eller -indsivning fra kystnære områder). Det undersøges hvilken oppumpning der er mulig uden at der opstår en konflikt mellem grundvandsstand eller gradientforhold i de definerede ”kontrolpunkter”. Indikator 5 kan herved give en vurdering i forhold til kendte problemområder når det gælder sammenhænge mellem grundvandsspejl og vandkvalitet.

Indikator 6 beskriver ændringer i afstrømning (”environmental flow”) belyst i form af varighedskurver for det samlede afstrømningsregime ved udpegede kontrolpunkter i vandløb. Der foretages i simuleringer af afstrømningsregime (”varighedskurve”) uden oppumpning og ved forskellige oppumpningsintensiteter, klimainput og arealanvendelse. Krav til hvor meget regimet / varighedskurven må ændres ved oppumpning fastlægges ud fra en nærmere vurdering af variable for ”recipient- og habitatforhold (hastighed, dybde, substrat mv.). Herved vil indikator 6 supplere indikator 4 med hensyn til udnyttelig ressource under hensyn til vandløbspåvirkning.

VD modellen skal etableres, så den kan give en kvalitetssikring af den aktuelle forståelse af vandkredsløb og vandbalance og integrere data bl.a. sammenhænge mellem grundvandsforekomsterne og vandløb og betydning af lavpermeable formationer (sammenhænge mellem grundvands- og vandløbstypologier) med henblik på en vurdering af konsekvenser af eksisterende og fremtidige indvindingsanlæg (herunder betydning af klima og arealanvendelse). VD modellen skal give en overordnet beskrivelse af grundvandsdannelsens størrelse og fordeling til de enkelte grundvandsforekomster og for VD som helhed, give overblik over vandbalancen for de enkelte grundvandsforekomster samt VD som helhed samt belyse de regionale strømningsforhold og grundvandskel.

FORMÅLET MED NOVANA MODELLERINGEN (VD-MODEL) ER:

1. At foretage en GIS baseret sammenstilling og vurdering af datagrundlaget for området som grundlag for opbygning af en integreret hydrologisk model, der sammen med indsamling af eksisterende og supplerende data skal munde ud i en konceptuel hydrologisk model for vanddistriktet. Den konceptuelle hydrologiske model ønskes ”evalueret” ved opstilling, kalibrering og validering af en stationær og dynamisk regional numerisk strømningsmodel (f.eks. DAISY/MIKE SHE/MIKE 11 eller tilsvarende), i forhold til observationer af trykniveau og afstrømning, for derved at påpege inkonsistens i data og forståelsen af vandbalancen.
2. At foretage simuleringer af vandbalancer og grundvandsdannelser til de enkelte grundvandsforekomster (herunder betydning af klimavariation) i området og udpege overordnede grundvandsoplande og hydrologiske rammebetingelser for indsatsområder
3. At foretage simuleringer af den udnyttelige grundvandsdannelse for VD under hensyntagen til klimavariation, grundvandskvalitet og vandløbspåvirkning. Opgørelsen skal ske for grundvandsforekomster. Opgørelsen baseres på vurderinger af acceptable udnyttelsesgrader i forhold til grundvandsdannelsen (kvantitet og kvalitet) til de konkrete grundvandsforekomster samt i forhold til acceptabel påvirkning af minimumsafstrømningen og afstrømningsregimet i vandløb. På dette grundlag kvantificeres udnyttelsesgraden; herunder restressourcen, der er til rådighed til vandværker, industri og erhvervsindvinding (f.eks. afgrødevanding).
4. At fastlægge og belyse variationer i vandbalancer og randbetingelser til lokalmodeller (i tid og sted). Her tænkes både på ydre randbetingelser (f.eks. beliggenhed af grundvandsskel og gradientforhold) samt grundvandsdannelse og vandbalancer for de enkelte indsatsområder, incl. identifikation af usikkerheder på inputparametre og modelstruktur/geologi for disse områder

OVERORDNET METODIK

Opgaven udføres jf. retningslinier for opstilling af grundvandsmodeller /1, 2/ og opgaven udføres efter en faseopdeling jf. følgende plan for modelarbejdet:

- Milepæl 1: Statusrapport - modelstudieplan (januar 2005)
- Milepæl 2: Opstilling af konceptuel model og nettonedbørsberegning for VD (januar 2006)
- Milepæl 3: Modelopstilling og nøjagtighedskriterier (januar 2007)
- Milepæl 4: Kalibrering og validering (januar 2008)
- Milepæl 3: Modelsimuleringer og usikkerhedsvurderinger (januar 2009)

Tidsplan og indhold i VD-modelleringen***Milepæl 1 Statusrapport - modelstudieplan (januar 2004 – januar 2005)***

Det første trin i en modellering for VD er en specifikation, af den modellering, der skal foretages; herunder kendte problemer med opfyldelse af målsætninger for overfladevand og grundvand.

Følgende domæner skal indgå:

- nedbør/fordampning/vegetation/jordbundsforhold/dybde til grundvand/ nettonedbør
- overfladevandssystemet/terræn/dræn/vandløb
- grundvand

VD modellen skal arbejde ud fra et krav til "høj kompleksitet", som giver mulighed for at beskrive vandbalance og tilstandsvariable (flow, vandstand) med en detaljeringsgrad, der kan give det nødvendige overblik på VD skala. Der sigtes mod planlægning/overvågning. Deltagende aktører i modelarbejdet på VD skala skal beskrives herunder deres rolle. Interessenter der planlægges inddraget beskrives. Hvis der indgår andre relevante relationer beskrives disse (f.eks. forskning).

En oversigt over de grundvandsforekomster der fra udgangen af 2004 skal gennemgå en videregående karakterisering skal indarbejdes i modelstudieplanen for VD modellen.

Hensigten med VD modellen er bl.a. at sætte de enkelte vandforekomster i sammenhæng med hinanden og i forhold til det hydrologiske kredsløb på oplandsniveau.

Der udarbejdes en statusrapport i januar 2005 som indeholder modelstudieplan for perioden 2005-2009 for de følgende 4 milepæle 2-5.

Milepæl 2. Opstilling af konceptuel model og nettonedbørsberegning (januar 2005- januar 2006)

Konceptualiseringen skal indeholde følgende beskrivelser:

- systembeskrivelse og tilgængelige data
- indsamling og præprocessering af rådata (f.eks. GIS)
- behov for yderligere data
- definition af modelstruktur
- beskrivelse af processer
- parameterisering
- opsummering af konceptuel model og antagelser / alternative konceptuelle modeller
- processering af modelstruktur data
- valg af modelkoder og rapportering og opdatering af modelstudieplan
- review af konceptualisering og modelstudieplan

Dataanalysen omfatter gennemgang af eksisterende data for området og vurdering af følgende elementer. Så vidt muligt skal datakvaliteten og vurderet usikkerhed fremgå i tilhørende GIS-tabeller:

- a) Analyse af ydre randbetingelser (kontakt mellem grundvandsmagasiner og hav).
- b) Hovedvandløb og større tilløb med tværsnitsdata, koordinater, lækagekoefficient for vandløbsbund, evt. regulering af vandløb, væsentlige bygværker mv., samt evt. QH kurver for målestationer/øvrige målepunkter.
- c) Medianminimumsafstrømning (koordinater og datasæt fra flere runder, hvis sådanne foreligger); de indsamlede data ønskes analyseret og afbildet på temakort (opgjort på delstrækninger), med henblik på vurdering af rumlige variationer i grundvandsafstrømningen til vandløb, og vurdering af anvendelse i forbindelse med "kalibrering/validering" af den stationære model.
- d) Data fra faste afstrømningsstationer (koordinater og tidsserier med daglige værdier); der ønskes en analyse af afstrømningstidsserier for registreringsperioden med henblik på beskrivelse af tidslige variationer og dynamik for en længere årrække.
- e) Pejledata (synkronpejlinger, Jupiter database og pejletidsserier for perioden 1990-); udfra pejleserier vurderes tidslige variationer i forskellige geologiske lag, så der kan estimeres en "standardafvigelse" på benyttede synkronpejledata eller data fra Jupiter databasen, som forventes anvendt til stationær kalibrering.

- f) Beregnet nedbør/fordampning eller nettonedbørsfordeling i området og tidsserier for perioden 1990- bestående af daglig nedsivning fra rodzonen beregnet med en rodzone-model (f.eks. Daisy GIS eller tilsvarende). Baseres på nedbørskorrektion jf. håndtal 1961-90, Makkink fordampning og afgrødekoeficienter for de enkelte vegetations-typer; forslag til benyttede afgrødekoeficienter og betydning af evt. fejl på nedbørskorrektion og fordampning bør beskrives.
- g) Topografi baseres på top10 DK fra Kort- og Matrikelstyrelsen, eller andet grundlag såfremt der er andre bedre muligheder.
- h) Vegetationsfordeling. Forenklet i udvalgte typer f.eks. skov, åbent land, vådområde, og forskellige typer landbrug.
- i) Data for vandindvindinger. Indvinding på kildepladser skal, i det omfang det lader sig gøre, fordeles ud på boringer med koordinater, top og bund af indtag. Som minimum benyttes årlige indvindingsmængder for perioden 1990- for samtlige vandforsyninger, erhvervs- og industriindvindinger, samt evt. øvrige oppumpninger af betydning for vandbalancen. Markvandinger og andre indvindinger med stor tidlig variation skal beskrives med årstidsvariationer i oppumpning. Håndtering af markvanding i model-mæssig sammenhæng kan ske ved at der foretages simuleringer af vandingsmængder med rodzonemodulet, som efterfølgende fordeles ud på de enkelte boringer, men som minimum skal det eftervises udfra indberettede data, at modelberegningerne svarer til de faktisk opgjorte mængde for de enkelte år.
- j) Hydrauliske parametre (horisontal og vertikal hydraulisk ledningsevne og frie/artesiske magasintal) bestemmes på baggrund af eksisterende prøvepumpninger, Jupiter data mv. (koordinater, indtagstop og -bund). Data baseret på længerevarende prøvepumpninger i området bør sammenstilles og indgå som en del af grundlaget for fastsættelse af parameterværdier og rumlig fordeling i disse, samt i specifikationen af frie og faste parametre i kalibreringen.
- k) Drænforhold (dybde, parameterværdier, evt. områder som ikke er drænet). Dræn kan afhængigt af det valgte rodzonemodul indarbejdes i såvel rodzonemodul som grundvandsmodel. Problemet med dræn er imidlertid at de faktiske drænforhold i praksis ikke er kendte. I Danmark hvor 95 % af samtlige vandløb er regulerede er det normalt en god antagelse på VD skala at forudsætte, at samtlige områder med højtliggende grundvandspejl er drænede eller har grøfter som virker på samme måde som kunstige dræn. I områder hvor grundvandspejlet ligger i større dybde (f.eks. dybere end drændybden på typisk 0,5-1 m) vil det ikke betyde noget at der modelteknisk ligger dræn i grundvandsmodellen. Derfor etableres modellen med dræn beliggende i hele VD i grundvandsmodellen. I det omfang det er muligt at foretage en distribuering af parameterværdier for drænkonstanten (f.eks. i 2-3 kategorier) kan dette anbefales f.eks. baseret på kendskab til dræn, grøfter mv. Afvandede områder, - drænsystemer, pumpe-mængder mv. beskrives udfra eksisterende data.

Den konceptuelle hydrogeologiske model skal beskrives og illustreres grafisk med profiler, fence-, eller blokdiagrammer, og der skal gives en beskrivelse af de regionale strømnings- og vandbalanceforhold, samt modellerede processer i vandkredsløbet, ligesom forslag til zoner af parameterværdier (herunder valg af frie og faste parametre, samt angivelse af variationsramme for samtlige parametre). Evt. begrænsninger i datagrundlaget eller i kendskabet til den konceptuelle model beskrives ligeledes grundigt. Usikkerhed på hydrogeologisk model mht. 1) datatæthed og 2) geologisk kompleksitetsgrad vurderes.

Der ønskes så vidt muligt anvendt uniforme parameterværdier for hydraulisk ledningsevne for geologiske enheder og for vandløbslækage hvor det er muligt. Det er vigtigt at der

tilvejebringes en så gennemskuelig model som muligt med så få parameterzoner som muligt (så modellen ikke bliver underbestemt i forhold observationsdata).

NETTONEDBØR

I en grundvands-vandløbsmodel gives nettonedbøren som input, og er dermed randbetingelse for modellen. Kortgrundlaget for nettonedbørsberegningen dækker over jordtyper, arealanvendelse, klima og dræn/grundvandsforhold. Data for de fire typer klassificeres og kombineres med de øvrige til at give et antal unikke kombinationer, for hvilke der beregnes en nettonedbør, f.eks. ved hjælp af DAISY eller tilsvarende metodik.

Der skal som minimum foretages beregninger af nettonedbør på baggrund af daglig korri-geret nedbør, potentiel fordampning og temperatur for et udvalg af jordtyper/arealanvendelsestyper for perioden fra 1990 og frem.

Når nettonedbørsberegningen er gennemført kan det anbefales at opstille en vandbalance for de målte oplande og vurdere de samlede led i vandbalancen (incl. underjordisk afstrømning). Evt. kan der være behov for at genberegne nettonedbøren med rodzonemodellen med nye parameter- og eller nedre randbetingelser for rodzonemodellen (hvis resultaterne ikke svarer til det ønskede jf. nøjagtighedskriterier). Først når den samlede integrerede hydrologiske model er færdigkalibreret og valideret er nettonedbørsberegningen helt færdiggjort.

Det vil sige at der meget ofte kan være behov for at gentage både simuleringer med grundvands-overfladevandsmodel og rodzonemodell indtil der opnås rimelig konsistens i den samlede vandbalance og antagelserne af f.eks. nedre rand i rodzonemodellen eller nettonedbørsinput i grundvands-overfladevandsmodellen. Det kan kræve 2-3 iterationer.

Det vil på dette tidspunkt være en god idé at sammenligne beregningerne med tidligere undersøgelser samt resultater af f.eks. DK-modellen.

Milepæl 3. Modelopstilling og nøjagtighedskriterier (januar 2006 - januar 2007)

Der forudsættes opstillet en 3D numerisk strømningsmodel med henblik på akvifer-simuleringer, det vil sige med et højt krav til modellens beskrivelse af strømningsforhold i 3 dimensioner, samt tidslige variationer, og udveksling mellem grundvand og vandløb. Der skal foreligge en nærmere beskrivelse af princip for fastlæggelse af beregningslag. Den regionale model diskretiseres horisontalt i max. 500 x 500 m kasser. Anvendes en grovere diskretisering (1x1 km) skal argumentation herfor beskrives.

Vandløb og vandudveksling mellem vandløb og grundvand implementeres i en stationær model og beskrivelsen detaljeres yderligere i forbindelse med udbygning til ikke-stationær model, med f.eks. distribuering af "processen" for beskrivelse af vandudveksling (f.eks. direkte kontakt, vertikal tryktab, horisontal og vertikal tryktab), parameterverdier for vandløbsbundens hydrauliske ledningsevne / lækagekoefficient samt en detaljeret beskrivelse af vandføringsevne og fysiske forhold som har betydning for vandspejlsvariationer. Oppumpninger indbygges og fordeles på hver enkelte indvindingsboring / filtersætning over beregningslagene i den numeriske model.

Observationsdata ("targets") udvælges og indbygges i modelopstillingen (tryk-niveau-observationer og afstrømninger).

Der ønskes en beskrivelse af kvantitative kalibreringskriterier ved den stationære kalibrering. Nærmere beskrivelse af kalibreringsprocedure og –kriterier indarbejdes.

Udover de kvantitative kriterier skal benyttes følgende kvalitative kriterier: (1) De estimerede parametre skal have realistiske værdier. (2) Residualerne skal være fordelt fornuftigt både i tid og sted. (3) Områdets hydrologiske karakteristika skal kunne reproducere af modellen.

Der skal i forbindelse med modelopsætningen udarbejdes potentialebilleder for det primære magasin ud fra observerede data, som kan benyttes ved vurdering af kvalitative kriterier, ligesom øvre og nedre grænser for de enkelte parameterværdier skal angives ud fra litteratur og hydrauliske prøvepumpningsdata fra området. Der ønskes en præcis reference til benyttede startværdier og ranges.

Modellen anbefales opsat med så få frie parametre som muligt. Det kan anbefales at arbejde med en kalibreringsstrategi i flere trin, hvor modellen gradvist forfines og parameterværdier kalibreres for både stationær og dynamisk model. Strategien formuleres så den omfatter samtlige modeldomæner dvs. grundvand, overfladevand og nettonedbør.

De ikke-stationære modeller skal kalibreres for en udvalgt delperioden og valideres på baggrund af uafhængige data for en anden udvalgt delperiode (f.eks. 1991-2000 og 2001-2008) ud fra pejletidsserier og afstrømningsdata. Proxy basin tests kan evt. gennemføres i samarbejde med ”nabo-vanddistrikt”. Differential split sample tests kan gennemføres for områder hvor der i perioden 1990- er datagrundlag herfor (f.eks. vandværker der er blevet lukkede eller nye vandværker eller andre større indgreb i vandkredsløb der er etableret, og hvor der foreligger f.eks. trykniveau og afstrømning fra en periode både før og efter ændringen).

Som starttrykniveau skal anvendes data fra den tilsvarende stationære model. Modellen skal kunne foretage ikke-stationære simuleringer på baggrund af data for nedbør/fordampning eller nettonedbør på daglig basis. Det påregnes, at der er behov for en opvarmingsperiode på mindst 3 år på flow, forudsat at der benyttes hotstartfil fra en stationær kørsel og tidsseriedata derfor skal indbygges for perioden 1990-.

Procedurer og kriterier for kalibrering og validering af ikke-stationære modeller samt forslag til usikkerhedsvurdering skal indgå.

Der skal efter afslutning af milepæl 3 redegøres for modelopstillingen, valgte ydre og indre randbetingelser, opsætning af beregningslag, beregning af grundvandsdannelse, oppumpning og benyttede initialværdier.

Ud fra en første kørsel med den stationære og ikke-stationære model og bestemte kvantitative kalibreringsmål (f.eks. ME, RMS, SE eller R^2 /1,2/), skal der være udarbejdet nøjagtighedskrav til slutmodellen efter endt kalibrering.

Efter den første kørsel vurderes det om der skal foretages justeringer af den konceptuelle model eller nettonedbørsinputtet. I givet fald revideres disse opstillinger / beregninger.

Milepæl 4. Kalibrering og validering (januar 2007 – januar 2008)

Den stationære model kalibreres inverst i henhold til kalibreringsprotokollen (jf. kap. 10 i /1/).

Observationsdata og kalibreringskriterier er opstillet og vurderet i forbindelse med modelopstillingen og omtalt ovenfor. Under kalibreringen skal der først udvælges de parametre, der skal indgå i den stationære inverse kalibrering. Dette forudsætter en analyse af det

fysiske system og en sensitivitetanalyse af de enkelte parametre. Det kan evt. være nødvendigt at inddrage randbetingelser, grundvandsdannelse og andre forhold, såfremt der er systematiske uoverensstemmelser mellem simulerede og målte trykniveauer og grundvandsafstrømninger.

Udvalgte resultater fra denne indledende kalibrering skal beskrives på plot. Resultaterne af den inverse kalibrering skal vurderes i forhold til opstillede variationsrammer for de enkelte parametre. Såfremt den inverse kalibrering kommer ud med urealistiske parameterverdier eller er følsom overfor startgæt, skal der foretages en revurdering af kalibreringsparametre og en gentagelse af den inverse kalibrering.

Der skal foretages en nærmere analyse af kalibreringsresultatet med en angivelse af hvilke delområder eller parameterverdier, der er godt eller dårligt kalibreret, i forhold til gennemsnittet.

”Kalibreringsstatistik” skal beskrives udførligt i modelrapporten jf. anvisninger i kap. 10 i /1/. Det skal vurderes om kalibreringsstatistikken opfylder de opstillede nøjagtighedskriterier. Hvis ikke skal mulige forklaringer angives.

Der skal (i lighed med under kalibrering) foretages en nærmere analyse af valideringsresultatet, med en angivelse af hvilke delområder eller parameterverdier, der er godt eller dårligt kalibreret, i forhold til gennemsnittet.

”Valideringsstatistik” skal beskrives udførligt i modelrapporten med samme metodik som ”kalibreringsstatistik”, for trykniveau- og afstrømningsdata. Eventuelle årsager til en utilfredsstillende valideringsresultat skal forklares (f.eks. overparameterisering eller manglende volumen og/eller kvalitet af datagrundlaget benyttet ved kalibrering).

Efter afsluttende validering foretages følsomhedsanalyser eller beregninger med alternative konceptuelle modeller for at vurdere hvilken betydning usikkerheden på modelstruktur, data og tolkning bevirker på områdets vandbalance og grundvandsdannelse. Det skal i forbindelse med følsomhedsanalysen vurderes om resultaterne af analysen er med til yderligere at kvalificere modellens troværdighed og nøjagtighed i forbindelse med simuleringer.

Der skal udarbejdes en tabel der sammenfatter ”ressourceopgørelse”, ”kilder til usikkerhed”, ”mulig håndtering i usikkerhedsvurdering”, og ”betydning”:

| Ressourceopgørelse | Kilde til usikkerhed | Mulig håndtering | Betydning |
|---------------------------|---|---|--------------------------------|
| Grundvandsdannelse | - Hydraulisk ledningsevne (Kz) for moræner - Nedre rand i rodzonemodul - Osv. | - Sensitivitetsanalyse ud fra konfidensintervaller - Sensitivitetsanalyse | - Stor - Moderat |
| Vandbalance | - Underjordisk afstr. til havet - Inputdata fra rodzonemodul - Osv. | - Alternativ konceptuel model / randbetingelse - Sensitivitetsanalyse | - Stor - Moderat |
| Minimumsafstrømning | - Lækagekoefficient for vandløbsbund - Geologisk model for ådal - Hydraulisk ledningsevne for kalkmagasin | - Sensitivitetsanalyse - Alternativ konceptuel model - Sensitivitetsanalyse | - Lille - Stor - Moderat |
| Og så videre | | | |

Milepæl 5. Modelsimuleringer og usikkerhedsvurderinger (januar 2008 – januar 2009)

Der skal defineres og gennemføres en ”referencekørsel”, som de øvrige simuleringer kan sammenlignes med. Der gennemføres såvel en stationær som en ikke-stationær referencekørsel.

Herefter gennemføres simuleringer af vandbalance for opland og grundvandsforekomster. Indikatorer beregnes under forskellige antagelse om klima og vandindvinding (1990 -). Der foretages simuleringer ved 3 alternative arealanvendelsesscenarier (f.eks. udvalgt for 1990, 2000 og 2010). Usikkerhedsvurderinger med enten sensitivitetsanalyse eller alternativ konceptuel model.

Der foretages simuleringer med både stationær og dynamisk model.

Der etableres en simuleringsdatabase for de forskellige kombinationer af vandindvinding (0, 50 %, 100 % og 150 %), arealanvendelse og nettonedbør (1990-). Udtræk af vandbalancen for hvert år med både stationær og dynamisk model præsenteres i tabel for hvert år og med plot for periodemidler.

Der foretages beregninger med den dynamiske model for perioden 1990- med faktiske oppumpninger hvor vandbalancen for hvert år præsenteres grafisk for VD og grundvandsforekomster. Afstrømning til vandløb opgøres på overfladisk afstrømning, drænastrømning og grundvandsafstrømning og præsenteres for udvalgte vandløbspunkter med daglige værdier. Trykniveau i grundvandet præsenteres med tidsserier ud fra dynamiske model.

Udnyttelig ressource for hver af de 4 indikatorer vurderes ud fra beregninger med stationær (indikator 2 og 5) og dynamisk model (indikator 4 og 6).

Hvis ikke de udførte simuleringer virker troværdige gentages milepæl 1-4, og simuleringer foretages herefter.

Vurdering af usikkerheden jf. milepæl 4 gennemføres og usikkerheden på simuleringsresultater med hensyn til usikkerhed på geologisk tolkning, parameterverdier, inputverdier og modellens procesbeskrivelser belyses og sammenfattes i rapporten. Der forventes gennemført en usikkerhedsanalyse, hvor betydningen af usikkerheder på nettonedbør, arealfordeling af grundvandsdannelse, geologisk tolkning, parameterverdier og modellens procesbeskrivelser beskrives.

Der udarbejdes en standardrapport med et omfang og en disposition som beskrevet i kap. 14 i /1/:

- Rapport titel
- Indholdsfortegnelse, figur-, tabel- og akronymliste
- Kapitel 1: Resumé
- Kapitel 2: Introduktion
- Kapitel 3: Teknisk approach
- Kapitel 4: Dataanalyse, geologisk karakterisering, opstilling af hydrogeologisk tolkningsmodel
- Kapitel 5: Modelstudieplan
- Kapitel 6: Modelopstilling
- Kapitel 7: Kalibrering
- Kapitel 8: Modelvalidering
- Kapitel 9: Begrænsninger i modellen

- Kapitel 10: Modellsimulering incl. usikkerhedsanalyser
- Kapitel 11: Konklusioner og anbefalinger
- Kapitel 12: Referencer
- Appendiks og bilag

Geologisk tolkningsprojekt (f.eks. Geoeditor projektfiler) og slutmodel indberettes til GEUS's modeldatabase.

Litteratur

- /1/ Henriksen, H.J. et. al (2000) Ståbi i grundvandsmodellering. Kapitel 0-17 (http://vandmodel.dk/staabi_2000.htm). GEUS. 1. udgave.
- /2/ Henriksen, H.J. et. al (2000) Retningslinier for opstilling af grundvandsmodeller (http://vandmodel.dk/retningslinier-hoering_081200.pdf). Udkast til rapport for Miljøstyrelsen.
- /3/ Henriksen, H.J. og Sonnenborg, A. (2003) NOVA Temarapport. Ferskvandets Kredsløb. Maj. 2003.

DATA

Paradigmaoplysninger

Vedrørende emnerne:

Datalagring,

Dataoverførsel, herunder

Generelle oplysninger vedrørende dataindberetning,

Filnavne, der skal anvendes ved indberetningen,

Kemidata,

Obligatoriske krav til de indberettede data,

Nøglefelter,

Andre obligatoriske oplysninger

Kvalitetskontrol

Bemærkninger til enkeltoplysninger i indberetningen

Indberetning af rettelser

Dataformater, herunder

STANDAT stof- og enhedskoder

eksempler på STANDATfiler for

Kemidata

Pejldata

Drikkevandsdata

se: Paradigma for normalrapportering af det nationale program for overvågning af vandmiljøet 2004-2009, Del 1 og 2, grundvandsdelene, på NOVANAs hjemmeside.

Indberetning af CFC-resultater via STANDAT

Resultaterne af CFC-undersøgelserne afrapporteres typisk fra CFC-laboratoriet ved GEUS i form af et A-4 skema, hvoraf boringens DGU-nr, indtagets placering i meter under terræn samt prøvetagningens dato og klokkeslæt fremgår. Disse oplysninger indberettes som sædvanligt sammen med øvrige nøglefelter.

De tre stoffer CFC-11, CFC-12 og CFC-113 indberettes med STANDAT-stofkodenumrene 3122, 3118 og 9417.

På baggrund af én eller typisk to analyser af de tre CFC-forbindelser er der beregnet en alder for hver undersøgt ampul. De beregnede aldre indberettes **ikke**.

For hvert indtag er der yderligere angivet en af CFC-laboratoriet tolket alder i kolonnen "CFC-år". Denne indberettes med STANDAT-stofkodenummeret 9418.

Metodekoden til CFC er 0811, GC med ECD

| | | |
|--|----------|----------------|
| Detektionsgrænserne, der skal indberettes er henholdsvis | CFC-11: | 0,3 picogram/l |
| | CFC-12: | 1,0 picogram/l |
| | CFC-113: | 1,0 picogram/l |

Indberetning af rettelser

Såfremt der ønskes indberettet større rettelser til allerede indberettede prøver, skal den fornyede indberetning være en komplet årgang af det pågældende projekt (GRUMO, LOOP eller Boringskontrol indeholder alle nøglefelter og analyser), idet den første indberetning bliver slettet i sin helhed. Mindre rettelser håndteres nemmest bilateralt via "papir" efter aftale med GEUS. Bemærk at "sletning" af allerede indberettede stofanalyser ikke kan lade sig gøre ved at genindberette prøven blot uden de stoffer, der ønskes slettet. Stofferne, der findes i den gamle prøve overføres automatisk til den nye prøve, hvis de ikke er til stede.

STANDAT Service Programmell

Et kontrolprogrammel SSP3 er til rådighed for alle, der anvender STANDAT til transport af data. Programmet ligger på <http://ovs.dmu.dk/Standat/ssp3> hvorfra det frit kan hentes. Programmet kontrollerer bl.a. at syntaksen i den testede fil er korrekt og at anvendte STANDAT-koder er i overensstemmelse med STD-kodelisterne.

STANDAT-koder for modificerede analysemetoder.

Et enkelt analyselaboratorium har forespurgt Århus Amt, hvordan man angiver, at der anvendes modificerede analysemetoder. Det er aftalt, at der kun skal oprettes nye analysemetode-koder i STANDAT, hvis ændringen er så dybtgående, at den også udløser behov for en ny analysebeskrivelse i henhold til Dansk Standard.

Litteratur:

Miljøstyrelsen (1990): STANDAT V 1.1 - en standard for udveksling af miljødata. Tekstdel. Miljøstyrelsen i samarbejde med Kommunedata. - Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 1, 1990. 52 s.

Miljøstyrelsen (1991): Vejledning i udformning af programmer til læsning og skrivning af STANDAT-filer. Udarbejdet i samarbejde mellem Miljøstyrelsen og Danmarks Geologiske Undersøgelse ved Niels Henrik Mortensen. - Miljøstyrelsen, marts 1991. 54 s. excl. bilag.

Datastruktur

Fagdatacenter

De grundvandskemiske data er en integreret del af GEUS's Miljøinformationsdatabase Jupiter. Ud over de nuværende "store" projekter, overvågning og boringskontrol, rummer databasen tidligere projekter som f.eks. NPO og Lossepladsprojektet. Databasen er en Oracle database og rummer analyser tilbage fra år 1890.

Alle indberettede vandprøver forsynes under indlæsningen med et 10-cifret løbenummer, hvoraf de fire forreste er årstallet for indberetningsåret, og som fungerer som intern reference. Desuden forsynes prøverne med et projekt-ID, der genereres ud fra filnavnet på filen, der er under indlæsning.

Til brug for håndtering af en række forskellige typeoperationer, kontrol, rettelser og dataudtræk er der udviklet i alt ca. 100 hjælpeprogrammer

Til videregående faglig og/eller statistisk behandling udlæses data stofgruppevis i følgende SAS-datasæt:

Hovedbestanddele

Uorganiske sporstoffer

Organiske mikroforureninger

Pesticider og chlorphenoler

Alder (tritium og CFC)

ligesom der udlæses et datasæt med boretekniske oplysninger. Der udlæses separate datasæt for henholdsvis GRUMO, LOOP, Boringskontrol (boringer med indvinding af vand med krav om drikkevandskvalitet) samt Andre Analyser. Det tilstræbes at Boringskontrol-datasættet kun indeholder data fra vandindvindingsboringer i drift. Hvorvidt en vandindvindingsboring er i drift vurderes bl.a. på baggrund af indberetningen af indvundne vandmængder, da der ikke tilgår GEUS løbende information om indvindingsboringernes status (i drift, afværgepumpning, midlertidigt eller permanent lukket, men ikke sløjft m.v.)

Indlæsning af data

Al indlæsning af data foregår ved hjælp af programmet STDLOAD. STANDAT-filerne konverteres til XML-filer som indlæses i STDLOAD-tabeller, hvor der foretages omfattende datacheck og kvalitetskontrol. Resultatet af kontrollen udskrives i en fejlrapportfil, der tjener som udgangspunkt for at tilrette data og øge datakvaliteten. Først når alle fejl er rettet kan data overføres til Jupiter.

Vurdering af datakvalitet

Under indlæsningen kontrolleres det bl.a.

- at STANDAT-syntaksen er korrekt
- at de anvendte koder findes i STANDAT-kodelisterne (er legale)
- at nøglefelterne er tilstede og er inden for et forud fastsat interval (f.eks. atlasbladnr. mellem 1 og 248)
- at prøvens DGU-nummer og indtagningsnummer findes i forvejen
- at STANDAT-stofkoden er legal
- at kombinationen af stofkode og enhedskode er legal
- at værdien (efter omregning til databasens enhed) ligger mellem en forud angivet maksimum og minimumsværdi (som maximumsværdi anvendes typisk 95 % percentilen af de eksisterende værdier for det pågældende stof)
- at de øvrige oplysninger har legale koder
- at identifikationer passer med "facitlisterne", dvs. at f.eks. nøglefelterne for prøver, der er lagret med projektbetegnelsen GRUMO passer med databasens liste over GRUMO-indtag.
- at data ikke rummer eller vil give ophav til dubletter på prøve- eller analyseniveau
-

Testprogrammet nummerer og rubricerer de fundne afvigelser dels i henhold til dataemne dels i henhold til den reaktion som skal iagttages. Der skelnes mellem Fejl, Advarsel og Information. Data som fremkalder Fejl vil blokere som overførsel af data fra STDLOAD-tabellerne til de endelige tabeller i Jupiter. En oversigt over det potentielle indholdet i fejlrapportfilen er gengivet i nedenstående tabel.

| Boringer Generelt | | |
|---------------------------------|---|--------------|
| FejlNr | Tekst | Alvor |
| 1.01 | DGUNr. Findes ikke | Fejl |
| 1.02 | DGUNr. Er flyttet | Information |
| 1.03 | Terrænkote svarer ikke til Jupiters terrænkote | Information |
| 1.04 | Koordinater svarer ikke til Jupiters koordinater | Information |
| 1.05 | Terrænkote kan måske overføres til Jupiter | Information |
| 1.06 | DGUNr. Mangler | Fejl |
| | | |
| Boringer, Grundvandskemi | | |
| FejlNr | Fejl | Alvor |
| 2.03 | GRUMOnr. AA.OO.BB er forskellig fra Jupiters | Fejl |
| 2.04 | LOOP-nr. findes ikke i Jupiter | Fejl |
| | | |
| Analyser, Grundvand | | |
| FejlNr | Fejl | Alvor |
| 2.17 | Analysested intetsigende | Fejl |
| 2.18 | Attribut ulovlig | Fejl |
| 2.19 | Måleværdien mangler | Fejl |
| 2.20 | Feltfiltkode ikke sigende | Advarsel |
| 2.22 | Stofnr ikke oprettet eller forældet | Fejl |
| 2.23 | Stof-Enhed findes ikke i reduceret stof-enhedsliste | Fejl |
| 2.24 | Måleværdi større end anslået max-værdi | Advarsel |
| 2.25 | Måleværdi er mindre end anslået min.-værdi | Advarsel |
| 2.26 | Attribut = 0, måleværdi > 0 | Fejl |
| 2.27 | Måleværdi = 0, attribut er ikke 0 | Advarsel |
| 2.28 | Laboratoriekode intetsigende | Advarsel |
| 2.29 | Analysedublet som skal tjekkes | Fejl |
| 2.31 | Ægte analysedublet som ignoreres | Information |
| 2.34 | Analysestedkode mangler | Fejl |
| | | |
| Omprøver, Grundvand | | |
| FejlNr | Fejl | Alvor |
| 2.32 | Prøve refereret til af omprøve kan ikke bestemmes | Advarsel |
| 2.33 | Ugyldig omprøvedato | Fejl |
| | | |
| Prøver, Grundvand | | |
| FejlNr | Fejl | Alvor |
| 2.01 | Indtag findes ikke | Fejl |
| 2.02 | Uoverensstemmelse mellem indtagsnr, indtagstop og -bund | Advarsel |
| 2.05 | Intern dublet. Manuelt tjek kræves | Fejl |
| 2.06 | Intern dublet. Prøverne sammenlægges | Information |
| 2.07 | Intern dublet. Ægte dublet. Prøven ignoreres ved overførsel | Information |
| 2.08 | Tilsvarende prøve findes i Jupiter og overføres ikke | Information |
| 2.09 | En lignende prøve findes i Jupiter. Ret manuelt. | Fejl |
| 2.10 | En lignende prøve i Jupiter overskrives automatisk | Information |
| 2.11 | Prøvetidspunkt er ugyldigt | Fejl |
| 2.12 | Prøvetidspunkt < 1888 eller > end dags dato | Fejl |
| 2.13 | Prøvedato mangler | Fejl |
| 2.14 | Årsagskode ugyldig | Fejl |
| 2.15 | Formålkode intetsigende | Advarsel |
| 2.16 | Omfangskode intetsigende | Advarsel |
| 2.30 | El-log boring fra Århus. Indtagnr = 81 | Information |

| Anlæg | | |
|-----------------------------|--|--------------|
| FejlNr | Fejl | Alvor |
| 3.01 | Virksomhedstype ændret | Advarsel |
| 3.02 | Anlægstype ændret | Information |
| 3.03 | Forskelligt indberetteramt | Information |
| 3.04 | Anlæg oprettes | Information |
| 3.05 | Ugyldigt Postnummer | Fejl |
| 3.06 | Ugyldigt Amts- eller Kommunenumr. | Fejl |
| 3.07 | Fejlsammenlægning af anlæg | Fejl |
| 3.08 | Anlægsdubletter | Fejl |
| 4.04 | Løbenr. Mangler | Fejl |
| 4.01 | Kommunenummer mangler | Fejl |
| 4.02 | Virksomhedstype mangler | Fejl |
| 4.03 | Virksomhedstype er ulovlig | Fejl |
| 6.01 | Kommunenumre stemmer ikke overens | Advarsel |
| 6.02 | Anlægstypenumre stemmer ikke overens | Advarsel |
| 6.03 | Anlægsløbenumre stemmer ikke overens | Advarsel |
| 6.04 | Anlægssundernumre stemmer ikke overens | Advarsel |
| 6.05 | Ugyldig udløbsdato | Fejl |
| 6.10 | Udløbsdato < Tilladelsesdato | Advarsel |
| 6.11 | Dato ligger uden for intervallet d.d ±50 år | Advarsel |
| 6.14 | Ugyldig tilladelsesdato | Fejl |
| 6.24 | Vandtype ugyldig | Fejl |
| 6.09 | Ulovlig virksomhedstype | Fejl |
| Analyser, Drikkevand | | |
| FejlNr | Fejl | Alvor |
| 4.10 | Der mangler laboratorium på analysen | Advarsel |
| 4.14 | Der er dubletter på analyseniveau | Fejl |
| 4.15 | Stof mangler | Fejl |
| 4.20 | Usædvanlig stofparameter – er det en drikkevandsprøve? | Advarsel |
| 4.21 | Enhed mangler | Fejl |
| 4.22 | Måleværdi mangler | Fejl |
| 4.23 | Attribut er 0 men måleværdi er større end 0 | Fejl |
| 4.24 | Attribut ugyldig | Fejl |
| 4.25 | Stoffet findes ikke i den reducerede DRV-parameter liste | Fejl |
| 4.26 | Stof-enhed findes ikke i den reducerede stof-enheds liste | Fejl |
| 4.27 | Målemetode mangler | Fejl |
| 4.31 | Stoffet er forældet og derfor omregnet | Information |
| 4.32 | Analysedublet. Helt ens analyser, kun 1 analyse overføres. | Information |
| 4.35 | Målemetode ugyldig | Fejl |
| 4.37 | Analysedublet, udskrives ikke | Fejl |
| 4.60 | Unormalt lav værdi | Advarsel |
| 4.61 | Unormalt høj værdi | Advarsel |
| Omprøver, Drikkevand | | |
| FejlNr | Fejl | Alvor |
| 4.33 | Prøve refereret til af omprøve kunne ikke bestemmes | Fejl |
| 4.34 | Ugyldig omprøvedato | Fejl |
| 4.38 | Omprøvestatus intetsigende | Advarsel |

| Prøver, Drikkevand | | |
|---------------------------|---|--------------|
| FejlNr | Fejl | Alvor |
| 4.05 | Prøvetidspunkt ugyldigt | Fejl |
| 4.06 | Formål ugyldigt | Fejl |
| 4.07 | Omfang ugyldigt | Fejl |
| 4.08 | Gammel omfangkode ugyldig | Fejl |
| 4.09 | Gammel og ny omfangskode er uoverensstemmende | Fejl |
| 4.12 | Der mangler laboratorium på prøven | Advarsel |
| 4.13 | Der er dubletter på prøveniveau | Fejl |
| 4.36 | Prøve dublet | Advarsel |
| | | |
| Boringer til anlæg | | |
| FejlNr | Fejl | Alvor |
| 6.08 | Boring tidligere tilknyttet anlæg er inaktiv | Information |
| 6.12 | DGUNr. tilhørende vandværk eksisterer ikke | Fejl |
| 6.13 | DGUNr. tilhørende vandværk flyttet | Information |
| 6.16 | Dublet af vandværksboring | Fejl |
| 6.17 | DGUNr. tilknyttet vandværk mangler | Fejl |
| 6.18 | Indtag skal oprettes i Jupiter | Fejl |
| 6.19 | Startdato ligger imellem Jupiters start- og slutdato | Fejl |
| 6.20 | Slutdato ligger imellem Jupiters start- og slutdato | Fejl |
| 6.21 | Uoverensstemmelse mellem indberettet og Jupiters startdato | Fejl |
| 6.22 | Uoverensstemmelse mellem indberettet og Jupiters slutdato | Fejl |
| 6.23 | Startdato er større end slutdato | Fejl |
| | | |
| Indvinding | | |
| FejlNr | Fejl | Alvor |
| 6.06 | Dublet. Den oppumpede mængde er forskellig fra Jupiters | Advarsel |
| 6.07 | Indvindingsmængde afviger for meget fra sidste indberetning | Advarsel |
| 6.15 | Indvindingsårstal mangler | Fejl |
| | | |
| Målepunkt | | |
| FejlNr | Fejl | Alvor |
| 8.05 | Terrænkote mangler | Fejl |
| 8.06 | Målepunkt er ikke oprettet i Jupiter | Fejl |
| 8.07 | Målepunkt er forskellig fra Jupiters | Fejl |
| 8.08 | Målepunkt mangler i STANDAT-fil | Fejl |
| 8.25 | Målepunkt i emne 3400 er mere end 3m over/under terræn | Advarsel |
| 8.27 | Målepunktskoter stemmer ikke overens (Emne 3400) | Fejl |
| 8.28 | Flere målepunkter i Jupiter. Tilrettes manuelt. (Emne 3400) | Fejl |
| 8.29 | Målepunkts dato i Jupiter ændres. (Emne 3400) | Advarsel |
| 8.30 | Målepunkt oprettes automatisk i Jupiter. (Emne 3400) | Advarsel |
| 8.35 | Målepunktdublet i Jupiter. Ret manuelt. (Emne 3400) | Fejl |
| 8.11 | Der findes intet målepunkt til pejlingen | Fejl |
| 8.12 | Der er overlap mellem målepunkterne | Fejl |
| 8.26 | Målepunkt i emne 3460 er mere end 3m over/under terræn | Advarsel |
| 8.31 | Målepunktskoter stemmer ikke overens (Emne 3460). | Fejl |
| 8.32 | Flere målepunkter i Jupiter. Tilrettes mauelt. (Emne 3460) | Fejl |
| 8.33 | Målepunkt dato i Jupiter ændres. (Emne 3460). | Fejl |
| 8.34 | Målepunkt oprettes automatisk i Jupiter. (Emne 3460). | Advarsel |
| 8.36 | Målepunktdublet i Jupiter. Ret manuelt. (Emne 3460) | Fejl |
| | | |

| Pejling | | |
|----------------|--|--------------|
| FejlNr | Fejl | Alvor |
| 8.09 | Vandstanden for pejlingen mangler | Fejl |
| 8.10 | Vandstand er mere end 2m fra den sidste pejling | Advarsel |
| 8.13 | Pejledublet indenfor STANDAT-filen overføres ikke | Information |
| 8.14 | Pejledublet i STANDAT-filen med forskellig vandstand | Fejl |
| 8.15 | Dublet. Pejlingen findes i Jupiter | Information |
| 8.16 | Dublet. Pejlingen findes i Jupiter men med anden vandstand | Advarsel |
| 8.17 | Klokkeslæt mangler for pejetidspunktet | Advarsel |
| 8.18 | Indtag med angivne top og bund findes ikke | Fejl |
| 8.19 | Filternr. mangler | Fejl |
| 8.20 | Pejledato mangler | Fejl |
| 8.21 | Ugyldigt pejetidspunkt | Fejl |
| 8.22 | Målerreference mangler | Fejl |
| 8.23 | Pejling, resultat i drift | Advarsel |
| 8.24 | Statistik over målerreferencer | Information |

Boretekniske oplysninger

I databasen er der for grundvandsovervågningsdelen tilknyttet en lang række beskrivende parametre, som karakteriserer det enkelte indtag på forskellig vis, og som er anvendelige til datagrupperinger og/eller fænomenologiske analyser. Disse udtrækkes i SAS-datasættet Boretekniske Oplysninger sammen med indtagens nøglefelter. Det er generelt gældende at næsten alle oplysninger er tilstede for så vidt angår GRUMO, mens der er betragtelige mangler for så vidt angår Boringskontrol.

Faste informationer

| Parameter | GRUMO | LOOP | Boringskontrol |
|---------------------------------------|--------------|-------------|-----------------------|
| Indberettende amt | X | X | X |
| Beliggenhedsamt | | | X |
| Kommunenummer (VV-nr 1) | X | X | X |
| UTM | X | X | X |
| Kote | X | X | X |
| GRUMO/LOOP-område | X | X | |
| GRUMO-nr. incl. indtagsnummer | X | | |
| LOOP-nummer incl. indtagsnummer | | X | |
| DGU-nummer | X | X | X |
| Indtagsnummer | X | X | X |
| Indtagstop m.u.t. | X | X | X |
| Indtagsbund m.u.t. | X | X | X |
| Boringstype | X | | |
| Pumpetype | X | | |
| DGU bjergartskode | X | | X |
| Etableret –år | X | | X |
| Udgået –år | X | | X |
| Indtagstopkote | X | X | X |
| Indtagsbundkote | X | X | X |
| Anlægstype (VV-nr. 3) | | | X |
| Anlægsnummer (VV-nr. 4) | | | X |
| Under-anlægsnummer (VV-nr. 5) | | | X |
| Virksomhedstype (VV-nr. 2) | | | X |
| Virksomhedsløbenummer | | | X |
| Projekt-id | X | X | X |
| GVK-Virksomhedsnummer (VV-nr 1 til 5) | | | X |

Tolkede informationer

| Parameter | GRUMO | LOOP | Borings- kontrol |
|---|-------|------|---------------------|
| Reservoirbjergart | X | | |
| Reservoirtype | X | | |
| Moniteringstype | X | | |
| Vandspejlstype | X | | |
| Boringsvandspejlskote | X | | |
| Arealanvendelse | X | | |
| Lertykkelse | X | | |
| Kemisk Hovedklasse | X | | |
| Alderskategori (ungt/gammelt) | X | | |
| Indtagsdybde, meter under grundvandsspejl | X | | |
| Tykkelse af umættet zone | X | | |
| Analyse-egnethed | X | | |

Skabelon til inddatering af boretekniske oplysninger

| | |
|---------------------------|--|
| GRUMO-nummer | |
| DGU-nummer | |
| Etableret år/måned/dag | |
| Indtagsnummer | |
| Indtagstop | |
| Indtagsbund | |
| x-utm | |
| y-utm | |
| Kote | |
| Reservoirbjergart | |
| Boringsvandspejlskote | |
| Boringstype | |
| Pumpetype | |
| Forerør/stigrørsmateriale | |
| Vandspejlstype | |
| Moniteringstype | |
| Reservoirtype | |
| Alderskategori | |
| Arealanvendelse | |
| Inddateret år/måned/dag | |

Anvendelse af data**Fejlkilder**

- Etableringseffekt
- Kontaminering

Databehandling

Generelt.

Ved databehandling af grundvandskemiske data er det væsentligt, at holde sig for øje, at data ikke er normalfordelte. Fordelingen er som hovedregel en Khi-square fordeling. At det ikke "blot" er højre halvdel af en normalfordelingskurve fremgår af kurvaturen, idet

kurveforløbet er konkavt mod højre, og ikke konvekst som ved en normalfordeling. Det tilrådes ikke at anvende log-transformationer. Anvendes logtransformationer henledes opmærksomheden på, at der ikke umiddelbart kan transformeres tilbage ved anvendelse af simpel antilog. Da data ikke er normalfordelte må der ved beregning af signifikans anvendes såkaldte non-parametriske beregningsmetoder, f.eks. Wilcoxon Rank Sum Test. Til non-parametriske tidsserieanalyser kan anvendes Sen's Slope/Mann-Kendall Trend Analysis

På grund af den skæve fordeling af analyseresultaterne er det fagdatacentret opfattelse, at centrale tendenser i data bedst angives ved brug af median samt percentiler i øvrigt, og at "box og whiskers" plot ofte giver en god præsentation af større datamængder. Måleresultater over 90% percentilen kan ofte med fordel vurderes særskilt.

Generelt er de grundvandskemiske data "åbne" nedad mod lave koncentrationer, idet laveste talværdi er en detektionsgrænse. Ved beregning af statistiske parametre har det været praksis ved fagdatacentret at anvende detektionsgrænsen som koncentrationsangivelse ved analyser der ikke har et egentligt måleresultat. Denne praksis ønskes anvendt generelt frem for den internationale praksis, hvor der medregnes den halve detektionsgrænse. Dels er det mere gennemskueligt og derudover indeholder denne fremgangsmåde et forsigtighedsmoment (overestimering). Anvendes den internationale måde skal dette anføres.

Det er et krav i Vandrammedirektivet at data aggregeres ved anvendelse af aritmetrisk middel, altså gennemsnit.

Grundvandsklassifikationer

Grundvandsklassifikationer skal opfattes som hjælperedskaber til en bedre forståelse af stofindholdet i grundvandet og grundvandets samspil med de berørte sedimenter.

Der findes i øjeblikket tre klassifikationssystemer, nemlig:

- "Grundvandets hovedklasser", der er baseret på en cluster-analyse af grundvandskvalitetsdata og er anvendt af GEUS til at give et landsdækkende overblik. Clusteranalysen giver ikke eksakte grænser for indholdet af enkeltparametre i de forskellige hovedklasser. Det afgørende er de indbyrdes relative mængdeforhold
- HK-klassifikationen, der med fordel kan anvendes på lokalt og regionalt plan
- "Redox-klassifikation", der er en forholdsvis ny klassifikation, som gennem overvågningsprogrammet har vist sin store relevans bl.a. for fordelingen af næringssalte og visse uorganiske sporstoffer

Litteratur:

Sanders, T.G., Ward, R.C., Loftis, J.C., Steele, T.D., Adrian, D.D., Yevjevich; V. 1994: Design of Networks for Monitoring Water Quality. Water Resources Publications, Colorado, USA.

Helsel, D.R. and Hirsch R.M. 1992: Statistical Methods in Water Resources. Studies in Environmental Sciences 49. Elsevier.

ORDLISTE

| | |
|---------------------|--|
| Annulusvand: | Stillestående vand i mellemrummet mellem forerør og stigrør. |
| Skorstenseffekt: | Lækage langs forerøret, der bevirker, at overfladevand og/eller vand fra et andet reservoir kan sive op eller ned til det overvågede reservoir, med eventuel forurening, eller ændring af grundvandskemi til følge. |
| Markvandingseffekt: | Temporær, periodevis pumpning som f.eks. i en markvanding-boring med partiel filterinterval, kan forårsage en ændring i strømlinierne og dermed en ændring af grundvandskemien, i det vandførende lag i nærliggende boringer ("falske" sæsonfluktuationer"). |
| Montejus-pumpe: | Drivmiddelpumpe (f.eks. kvælstof , analyse-ren), der består af 2 i hinanden anbragte rør med en kontraventil i bunden af det ydre rør. Drivgas tilføres rummet (pumpekammeret) mellem de 2 rør, og vandet drives op gennem det indre rør (stigrøret). |
| Renpumpning: | Pumpning, der udføres på nye boringer straks efter filtersætningen for at rense boringen for suspenderet materiale og evt. urenheder fra borearbejdet. |
| Forpumpning: | Pumpning, der altid skal udføres, for at fjerne annulusvand og andet, ikke repræsentativt vand i boringen, før udtagning af vandprøver kan påbegyndes. |

LITTERATUR

Bemærk venligst at referencerne er ordnet kronologisk

Ødum, H. og Christensen, W., (1936): Danske grundvandstyper og deres geologiske optræden. DGU række III nr. 26.

Andersen, L.J., (1966): Tritium-indholdet i grundvandet og dets betydning ved geohydrologiske undersøgelser. Meddelelser fra Danmarks Geologiske Forening, bind 16, hæfte 2.

Miljøstyrelsen (1983): Nitrat i drikkevand og grundvand i Danmark. Redegørelse fra Miljøstyrelsen.

Andersen, L.J. og Kristiansen, H., (1984): Nitrate in Groundwater and Surface Water related to Land Use in the Karup Basin, Denmark.

ATV (1985): Grundvandsforurening - Boremetoder - ATV-møde 12. sept. 1985 ca. 100p.

Miljøstyrelsen 1984: Kvalitetskrav til visse stoffer i drikkevandet. Vejledning nr. 2. Maj 1984.

Miljøministerens prioriterede handlingsplan for 1986

Miljøstyrelsen, (1986): Sikring af grundvandet mod forurening. Vandrådets forslag til handlingsplan. Betænkning fra Miljøstyrelsen nr. 2, 1986.

Vandkvalitetsinstituttet (1986): Kompendium over metoder til vandanalyser. Erfaringer fra interkalibreringer. Udført af Miljøstyrelsens referencelaboratorium. Sag nr. 41.797/908. 123 s.

Andersen, L.J., DGU (1987): Grundvandsmoniteringsnet af 1. orden i Danmark. ATV-møde om grundvandsmonitering, 5-6 oktober 1987. Vingstedcentret.

ATV (1987): Grundvandsmonitering -. ATV-møde 5. - 6. okt. 1987. 96p.

Brüsch, W., DGU, (1987): Grundvandskemi og arealanvendelse. Miljøministeriets projektundersøgelser 1986, Teknikerrapport nr. 12.

Brüsch, W., DGU, (1987): Grundvandskemi i udvalgte engarealer. Miljøministeriets projektundersøgelser 1986, Teknikerrapport nr. 20.

Den danske regerings "Handlingsplan mod forurening af det danske vandmiljø med næringsalte". 31 januar 1987.

Finansudvalget (1987): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. - Finansudvalget, Akt nr. 45 af 13. nov. 1987. 5 s.

Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg (1987): Bilagshæfte til Beretning om Vandmiljøhandlingsplanen. Beretning afgivet af miljø- og planlægningsudvalget den 30 april 1987. - Folketinget 1986-87, Blad nr. 1100.

Indenrigsministeriet, 1987: Aktstykke vedrørende bloktilskudskompensation af de amtskommunale merudgifter til overvågning af vandmiljøet. Den 19. oktober 1987.

Miljøstyrelsen (1987): Analyseprogram for det statslige grundvandsovervågningsnet - organiske mikroforureninger - Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 14/1987. 42p, 1 bilag.

Andersen, L.J. og Kelstrup, N., DGU, (1988): "Markvandningseffekten". Forklaring på sæsonfluktuationer i nitrat i vandboringer. Vandteknik vol. 56, nr. 2, s77-81.

ATV (1988): Forurening fra punktkilder. ATV-møde 2. - 3. marts 1988. 207p.

Kristiansen, H., (1988): Behov for forbehandling og konservering af grundvandsprøver til uorganisk kemisk analyse for makroioner. DGU. Okt. 1988. pp. 1-8

Miljøministeriet (1988): Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. - Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 515 af 29. august 1988. 18 s.

Miljøstyrelsen og Danmarks Geologiske Undersøgelse (1988): Monitoringsboringer og vandprøver i grundvandsmonitoringsnet. 2.version. 22 s.

Miljøstyrelsen og DGU (1988): Monitoringsboringer og Vandprøver i grundvandsmonitoringsnet, 2. version -. 22p.

Andersen, L.J., (1989): Grundvandsmonitoring. Boringer, pumper og prøvetagning. DGU Feb. 1989. Vingstedcentret 14-15 februar 1989. pp. 1-34

Gosk, E. (1989): Grundvandsmonitoring. Dataproblematikken. DGU Feb. 1989. Vingstedcentret 14-15 feb. 1989.

Kelstrup, N. og Nielsen, F.L., DGU, (1989): Nitrat og fosfat i råvand i danske grundvandsmagasiner. (Baggrundsrapport til NPO-forskning fra Miljøstyrelsen. Rapport nr. B15, Nitrat og fosfat i grundvand fra udvalgte områder i Danmark). Danmarks Geologiske Undersøgelse, Intern rapport nr. 55, 1989.

Kristiansen, H., (1989): Notat vedrørende suspenderet materiale i grundvand og filtrering af grundvandsprøver fra monitoringsprogrammet. Danmarks Geologiske Undersøgelse. Internt notat.

Kristiansen, H. & Nielsen, S., (1989): Standardprocedure ved forbehandling, konservering og feltmålinger på grundvandsprøver til uorganisk kemisk analyse for makrooffer. Foreløbig udgave, 2. version. DGU. feb. 1989. pp. 1-25.

Lossepladsprojektet (1989): Grundvandsprøvetagning og feltmåling. Lossepladsprojektet. Udredningsrapport U3. April 1989.

Miljøstyrelsen (1989): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. - Miljøprojekt nr. 115, Miljøstyrelsen 1989. 64 s.

Morthorst, J., Czako, T. og Nisbeth, J. (1989): Grundvandsmonitoring. Indretning og brug af eksisterende boringer, samt udførsel af nye monitoringsboringer. DGU. Feb. 1989. Vingstedcentret 14-15 feb. 1989

Ernstsen, V., (1990): Nitratreduktion i moræneler. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, rapport nr. B2.

Ernstsen, V., Gravesen, P., Nilsson, B., Brüsch, W., Fredericia, J., Genders, S., (1990): Transport og omsætning af N og P i Langvad Å's opland. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, rapport B6.

Ernstsen, V.; Thorling, L. 1997: Geokemiske miljøer og nitrat i et komplekst opbygget grundvandsmagasin ved Grundfør. Grundvandsforskningen i Danmark 1992-96. ATV møde [51], Gentofte, April 1997 / ATV-komiteen vedrørende grundvandsforurening. Lyngby: ATV, 29-40.

Miljøstyrelsen (1990): Rapport fra arbejdsgruppe vedrørende landovervågningsoplande. 65 s.

Miljøstyrelsen (1990): STANDAT V 1.1 - en standard for udveksling af miljødata. tekstdel. Miljøstyrelsen i samarbejde med Kommunedata. - Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 1, 1990. 52 s.

Miljøstyrelsen (1990): Prøvetagning og analysemetoder i vandværkernes boringskontrol, samt indberetning af vandindvinding og vandkvalitet. Vejledning til Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 515 af 29. august 1988. I offentlig Høring, marts 1991. 28 s.

Miljøstyrelsen (1990): Vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. - Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr.3, 1990. 72 s.

Miljøstyrelsen (1990): Vurdering og udvælgelse af laboratorier med henblik på deltagelse i Vandmiljøplanens overvågningsprogram. 32p, 2 bilag.

Miljøstyrelsen (1990): Vurdering af analyseprogrammet for udvalgte boringer i Vandmiljøplanens grundvandsovervågning. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 11/1990. 16p, 8 bilag.

Rasmussen, P. og Gosk, E., DGU, (1990): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Grundvand i landovervågningsoplandene. Danmarks Geologiske Undersøgelse, Intern Rapport nr. 47, 1990.

ATV (1991): Vintermøde om grundvandsforurening. ATV-møde 5. - 6. marts 1991. 347p

DAVID (1991): Grundvandsovervågning. Grundvandsressourcens udnyttelse og tilstand. - Arbejdsrapport udarbejdet af en arbejdsgruppe under Dansk Amtsvandingeniørforening (DAVID) 1991. 1. del 145p, 2. del 221p.

Kristiansen, H. og Stockmarr, J., DGU, (1991): Hvordan påvirker nitrat- og fosfatkoncentrationerne i det nedsivende vand grundvandet i forskellige hovedreservoirtyper. Rapport fra Konsensuskonference 31. jan- 4. feb. 1991, s. 8-1-8-28.

Miljøstyrelsen (1991): Vejledning i udformning af programmer til læsning og skrivning af STANDAT-filer. Udarbejdet i samarbejde mellem Miljøstyrelsen og Danmarks Geologiske Undersøgelse ved Niels Henrik Mortensen. - Miljøstyrelsen, marts 1991. 54 s. excl. bilag.

Vandkvalitetsinstituttet (1991): Metodeundersøgelse, metaller i slam og jord. Arsen, bly, cadmium, chrom, kobber, kviksølv, nikkel og zink. Udført af Miljøstyrelsens referencelaboratorium. Sag nr. 402300/960. 156 s.

Jørgensen, P. og Fredericia, J. (1992): Migration of nutrients, pesticides and heavy metals in fractured clayey till. *Geotechnique*, 42, s. 67-77.

Miljøstyrelsen (1992): Udkast til procedurer og analyse af data ved parallelprøvninger af specialanalyser. - Udvalget for specialanalyser. Kemikaliekontoret. 50 s.

Miljøstyrelsen (1992): Vurdering af analysekvaliteten for specialanalyser i grundvandsovervågningen - Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 50/1992. 60p.

Danmarks Geologiske Undersøgelse (1993): Bemærkninger til GRUMO indberetningen i sommeren 1993. Indlæg til Fagmøde for grundvandsovervågningen d. 9. nov. 1993.

Danmarks Geologiske Undersøgelse (1993): Til alle amter og Københavns/Frederiksberg kommuner og Miljøstyrelsen: Vejledning i udtagning af blindprøver til pesticidanalyser, udkast til Arealanvendelsesopgørelse, oplæg til indberetningsform for pejledata. Maj 1993.

Danmarks Geologiske Undersøgelse (1993): Specifikationer til brug ved rapportering og indberetning af Vandmiljøplanens Grundvandsdel 1993: Paradigma for amternes rapport 1993, STANDAT-koder til brug for indberetning af administrative oplysninger om grundvand, STANDAT stof- og enhedskoder til indberetning af grundvandskemidata. Januar 1993.

Danmarks Geologiske Undersøgelse (1993): Udvidet Analyseprogram for pesticider i 20 filtre i ungt grundvand. Oplæg til styringsgruppen for grundvandsovervågnings møde d. 10. feb. 1993.

Danmarks Geologiske Undersøgelse (1993): Udvikling af DGU's miljødatabaser. Internt notat. DGU. Aug. 1993. pp. 1-18.

Jacobsen, O.S. (1993): Notat vedrørende klassifikation af arealanvendelsen. Ole Stig Jacobsen, DGU, juli 1993, 2 sider

Kristiansen, H. (1993): Notat vedrørende filtrering af grundvandsprøver. DGU, feb. 1993, 3 sider.

Miljøstyrelsen (1993): STANDAT og vandmiljøplandata 1992 - Erfaringsopsamling. Miljøstyrelsen, Miljødata og EDB, marts 1993, j.nr. M 073-0001.

Miljøstyrelsen (1993): Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1993- 1997. - Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 2, 1993. 113 s.

Miljøstyrelsen (1993): Vurdering af laboratorier til grundvandsovervågningsprogrammet. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 48/1993. 25p, 5 bilag.

Danmarks Geologiske Undersøgelse (1994): Amtsvis listning af GRUMO-numre, DGU-numre, filtertop og -bund i m.u.t., DGU-reservoirbjergartssymbol, reservoirbjergartsalder, monitoreringstype og hovedklasse til anvendelse ved indberetning 1994. - Specifikation til paradigma for 1994. Marts 1994.

Danmarks Geologiske Undersøgelse (1994): Indberetning af vanddata til DGU. DGU Kunderapport nr. 94. 1994.

Danmarks Geologiske Undersøgelse (1994): Notat med tilhørende uddybning vedrørende filtrering af grundvandsprøver. - Specifikation til paradigma for 1994. Marts 1994.

Danmarks geologiske Undersøgelse (1994): Notat fra arbejdsgruppe vedrørende udmøntning og specifikation af paradigma for 1994. April 1994.

Danmarks Geologiske Undersøgelse (1994): Status for årets indberetning af grundvandskemidata til DGU's grundvandskemidatabase vha. STANDAT. -indlæg til Fagmøde for Grundvandsovervågning

Miljøstyrelsen (1994): Udkast til bekendtgørelse om kvalitetskrav til målinger, udført af akkrediterede laboratorier, certificerede personer m.v. - Miljøstyrelsen. Tilsyns- og lovkontoret. Kemikaliekontoret, nov. 1993. d.10. nov. 1994.

Vestsjællands Amt (1994): Referat af møde om ændringer i MiljøInformationsSystemets vandindvindingsdel på Amtsgården i Sorø d. 31 aug. 1994.

Danmarks Geologiske Undersøgelse (1995): Eksempel på opbygning af en GRUMO-STANDATfil. Eksempel på opbygning af en LOOP-STANDATfil. Eksempel på opbygning af en Boringskontrol-STANDATfil. Referat af 4. fagmøde for grundvandsovervågningen. 27. april 1995.

Danmarks Geologiske Undersøgelse (1995): "Lovlige" STANDAT-stof og -enhedskoder til brug ved indberetning af overvågnings- og boringskontrolldata. Referat af 4. fagmøde for grundvandsovervågningen. 27. april 1995.

Danmarks Geologiske Undersøgelse (1995): Instruks for udtagning af blindprøver til pesticidanalyser i grundvandsprogrammet. Referat af 4. fagmøde for grundvandsovervågningen. 27. april 1995.

ATV (1996): Overvågning og kontrol af drikkevand og grundvand. - ATV-møde 4. juni 1996. 92p.

Elberling B., Thorling L., Misser P.: Det kan være surt at måle pH! Vand og Jord 4(4), s. 150-152. 1997.

Prøvetagning –Vand : Kursus nr. 215, Ingeniørhøjskolen i Horsens, april 1998.