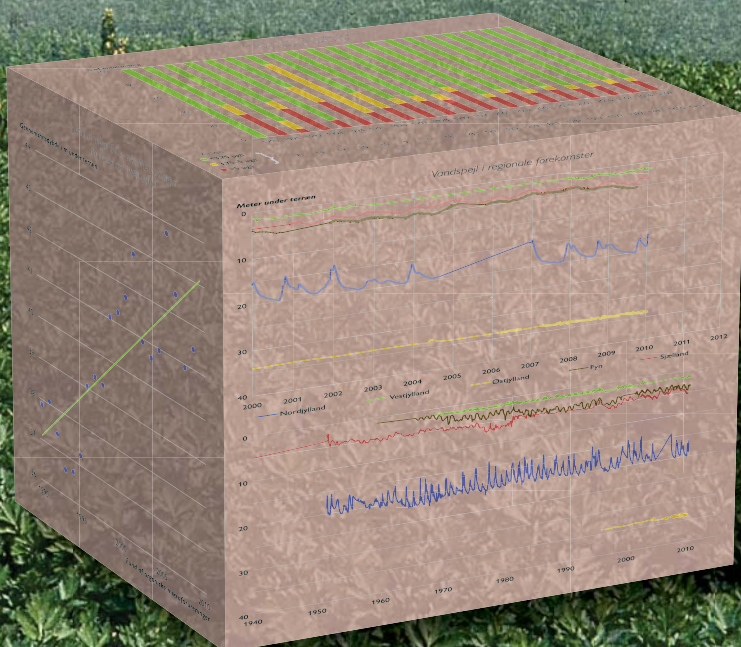


GRUNDVANDSOVERVÅGNING 2010



DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER FOR DANMARK OG GRØNLAND
KLIMA- OG ENERGIMINISTERIET

Grundvand

Status og udvikling 1989 – 2009

GEUS 2010

Redaktør: Lærke Thorling

Tegninger: Forfatterne og Kristian A. Rasmussen

Dato 17. december 2010

Rapporten kan hentes på nettet på: www.grundvandsovervaagning.dk

Forord

Denne rapportering om grundvandets tilstand og udvikling er baseret på data indsamlet af miljøcentre (og før 2007 amterne) i perioden 1989 til 2009, som led i den nationale grundvandsovervågning (GRUMO) og landovervågning (LOOP). Fra de almene vandværker præsenteres data fra egenkontrollen af indvindingsboringeres vandkvalitet samt i et vist omfang kemiske analyser af grundvandet fra andre grundvandsundersøgelser, fx i forbindelse med kortlægningen af grundvandet i områder med særlige drikkevandsinteresser. Fra alle indvindre af grundvand, vandværker, industrier, markvandre mv. anvendes de indberettede oplysninger om indvindingens størrelse.

Data er præsenteret med en række enkle indikatorer, der opdateres i den løbende rapportering. Med udgangspunkt heri præsenteres resultater og konklusioner. Derudover kan der være en uddybende datapræsentation i varierende omfang, typisk i form af et tema. Omfanget af analyseprogrammet for grundvandsovervågningen er fastlagt i rapporten 'NOVANA' – det Nationale program for Overvågning af VAndmiljøet og NATuren' (DMU 2007).

Målgrupperne for denne rapportering er Regeringen, Folketinget og offentligheden samt de involverede aktører i overvågningen, herunder Naturstyrelsen, kommuner, vandforsyninger og DMU. Rapporten udkommer alene elektronisk på GEUS' hjemmeside www.geus.dk, hvorfra man kan printe en samlet rapport til eget brug.

Rapporten bygger på en række indlæg fra medarbejdere ved GEUS, der har de pågældende fagområder som deres arbejdsområde:

Grundvandets hovedbestanddele	Birgitte Hansen og Lærke Thorling
Uorganiske sporstoffer	Carsten Langtofte Larsen
Organiske mikroforureninger	Carsten Langtofte Larsen
Pesticider og nedbrydningsprodukter	Walter Brusch
Vandindvinding	Rasmus Rønde Møller
Det nationale pejleprogram	Susie Mielby
Hydrologisk modellering	Anker Lajer Højberg

Projektgruppen, der står bag databearbejdning og præsentation, består endvidere af Brian Sørensen, Kristian A. Rasmussen og Richard Thomsen.

Denne rapport er behæftet med copyright. Hvis figurer eller andet materiale anvendes skal den nødvendige kildeangivelse anføres, enten i form af et link til GEUS hjemmeside eller ved en henvisning til denne rapport:

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brusch, W., Møller, R.R., Mielby, S. og Højberg, A.L. 2010: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2009. Teknisk rapport, GEUS 2010.

Denne rapport har ISBN 978-87-7871-296-7

Indholdsfortegnelse

Forord	2
Indholdsfortegnelse	3
1 Sammenfatning	4
English summary	8
2 Indledning	11
3 Grundvandets alder	17
4 Hovedbestanddele.....	20
Nitrat i grundvand.....	20
Nitratindhold – grundvandsovervågning: grundvandets iltzone –.....	24
Nitrat i grundvandets anoxiske zone - grundvandsovervågning.....	26
Nitratindhold i grundvand under landbrugsarealer – landovervågning.....	28
Nitrat, vandværkernes kontrol af indvindingsboringer	29
Vandmiljøhandlingsplanernes effekt på grundvandets nitratindhold	31
Tidsmæssige variationer i redoxzonernes dybde og tykkelse	34
5 Uorganiske sporstoffer	44
Grundvandsovervågning.....	46
Vandværkernes egenkontrol.....	50
Tidsserier for udvalgte sporstoffer på vandværker og i overvågningsboringer.	52
6 Organiske mikroforureninger	55
Grundvandsovervågning.....	57
Vandværkernes egenkontrol af indvindingsboringer	59
7 Pesticider	66
Grundvandsovervågning.....	66
Vandværkernes kontrol af indvindingsboringer	72
Pesticider fundet ved forskellige typer af overvågninger af grundvandet.....	81
8 Vandindvinding	89
9 Det Nationale Pejleprogram	97
Stationsnettet	97
Tidsserier	99
Sammenfatning.....	106
Referencer	106
10 Hydrologisk modellering og vandressourcevurdering	107
Model oversigt og opdatering	107
Fremtidig opdatering og udvikling.....	110
11 DEVANO	112
12 Referencer.....	114

1 Sammenfatning

Overvågningen af grundvandet og det øvrige vandmiljø har nu fundet sted i godt 20 år, med systematisk dataindsamling og rapportering siden 1989. Indholdet af overvågningsprogrammet præsenteres i kap 2. I forhold til sidste års rapport præsenterer dette års rapport også nye data fra 2009.

Datagrundlag

Rapporteringen omfatter kemiske analyser, pejledata for grundvandet og oplysninger om op-pumpede vandmængder fra grundvand og overfladevand. Data fra Det Nationale Vand og Natur overvågningsprogram (NOVANA), består af kemiske analyser fra grundvandsovervågningsprogrammet (GRUMO), grundvandsdelen af Landovervågningsprogrammet (LOOP) samt pejledata fra såvel overvågningsboringerne som fra det Nationale pejlenet (begge GRUMO). Så godt som alle data er korrekt og rettidigt indberettet til JUPITER databasen. En mindre mængde analyser fra LOOP 3 (Horndrup Bæk) er ikke tilgængelige for rapportering i år på grund af en datateknisk fejl.

Der er i det forløbne år sket markante forbedringer på mængden af pejledata fra overvågningsprogrammet, der er tilgængelige i JUPITER. Der resterer dog fortsat et vist arbejde med at få indlæst alle overvågningsprogrammets pejledata, især fra dataloggere til JUPITER, samt at få gennemført de nødvendige rettelser af data.

Efter kommunalreformen skal alle relevante data om grundvand og drikkevand være tilgængelige i den fællesoffentlige database JUPITER. Kommunernes opdatering af vandværkernes oppumpede vandmængder er stadig ikke dækkende, skønt de fleste kommuner nu indberetter data. For det landsdækkende billede vurderes det, at der fra kommunernes side siden kommunalreformen har været en ujævn indberetning af data fra såvel vandværker som andre indvindere. Derudover er der fundet fejlindberetninger af især anvendelsen af overfladevand i dambrug. Det skal dog bemærkes, at det ikke via JUPITER er muligt at fastslå, fra hvilke vandindvindere med indberetningspligt, der ikke foreligger data.

Generelt set ligger antallet af indberettede kemianalyser fra boringskontrollen i 2009 på et lidt lavere end de foregående år. Det er på nuværende tidspunkt usikkert, om det skyldes manglende indberetning, eller om der er andre årsager. Ansvar for indsendelse af kemianalyser ligger hos laboratorierne, mens kommunerne har ansvaret for den efterfølgende godkendelse.

Nitrat

For at vurdere ændringer i grundvandets nitratindhold som følge af implementeringen af Vandmiljøplanen i 1987 og de efterfølgende vandplaner og miljøreguleringer må man se på det yngste iltede grundvand. Der blev i forrige rapportering gennemført en statistisk analyse af den tidlige udvikling i de enkelte indtag med iltet grundvand i grundvandsovervågningen (GRUMO) og i det øvre grundvand i landovervågningsområderne (LOOP). I omkring 62 % af det yngste (0-15 år) iltede grundvand er der en signifikant faldende tendens i nitratindholdet, mens kun omkring 22 % af det ældre (25-50 år) iltede grundvand oplever en tilsvarende signifikant faldende tendens. Samtidig er det vigtigt at pointere, at der stadig er mange overvågningsindtag i GRUMO, placeret i iltet grundvand, hvor der er en signifikant stigende tendens i nitratindholdet. Resultaterne herfra forventes stadig at have gyldighed, idet ændringer i grundvandets kvalitet de fleste steder kræver flere års systematisk overvågning for at kunne fastslås med tilstrækkelig sikkerhed.

Det konkluderes, at det overordnet set ser ud til at gå den rigtige vej med hensyn til at nedbringe nitratindholdet i grundvandet, men at der flere steder fortsat kan konstateres stigninger, også i det helt unge grundvand dannet efter vandmiljøplanernes ikrafttræden. Der er behov for at undersøge disse forhold nærmere, blandt andet gennem øget brug af datering af det øvre grundvand.

Kun i få af vandværkernes indvindingsboringer er nitratindholdet over drikkevandskvalitetskravet, hvilket skyldes, at boringer med et for højt nitratindhold lukkes og erstattes af dybere boringer, idet den forurenede del af grundvandet fravælges. Nitrat begrænser således omfanget af den anvendelige ressource, mens kun ganske få forbrugere i dag udsættes for høje nitratindhold i drikkevandet. Omvendt er påvirkningen af overfladevand og natur stadig stor, idet der fortsat er et højt nitratindhold mange steder i det øvre grundvand, også selv om der de senere år er konstateret et overordnet fald i nitratkoncentrationerne i forhold til, da belastningen var størst. Der henvises her til overvågningsrapporteringen fra DMU for natur og overfladevand. (<http://www.blst.dk/Overvaagning/NOVANA>)

Uorganiske sporstoffer

En række uorganiske sporstoffer optræder i dansk grundvand i koncentrationer over drikkevandskvalitetskravene. Andelen af indvindingsboringer med overskridelse af drikkevandskvalitetskravet (på 5 µg arsen pr. liter ved afgang vandværk) har ligget nogenlunde konstant på 15 % de seneste 6 år. Arsen vil i mange tilfælde have lavere koncentrationer i drikkevandet end i grundvandet, da arsen fældes ud ved den almindelige iltning og filtrering af råvandet på vandværket.

I godt 5 % af indvindingsboringerne er drikkevandskvalitetskravet på 20 µg nikkel pr. liter overskredet. På landsplan spores et ganske svagt generelt fald i andelen af indvindingsboringer, hvor nikkelindholdet overskrider drikkevandskvalitetskravet.

Organiske mikroforureninger

I overvågningsprogrammet GRUMO ses en stigende forekomst af sikre fund og af overskridelser af drikkevandskvalitetskravene for så vidt angår hormonforstyrrende stoffer (phthalater og nonylfenoler). Påvirkningen af grundvandet med de øvrige grupper af organiske mikroforureninger har holdt sig nogenlunde konstant gennem de sidste 10 år. Gennemsnitsdybden for indtag i indvindingsboringer med fund af organiske mikroforureninger er fra 1990 til 2009 øget med 6 meter til nu ca. 43 meter under terræn. Det er således ikke kun i det øverste og mest sårbare grundvand at de organiske mikroforureninger optræder.

Pesticider

Der findes stadig en betydelig udbredelse af pesticider i grundvandet, og i 2009 blev der i lighed med de seneste år fundet pesticider i knap 40 % af de undersøgte GRUMO-overvågningsindtag, mens drikkevandskvalitetskravet på 0,1 µg/l var overskredet i ca. 12 % af indtagene. Særligt de øvre grundvandsmagasiner er præget af pesticider og nedbrydningsprodukter fra disse, mens pesticidindholdet i det mere dybtliggende og ældre grundvand er væsentligt mindre. De senere år er der overvejende analyseret for pesticider og nedbrydningsprodukter i boringer med grundvand dannet efter 1950, hvilket er en af årsagerne til flere fund siden 2004.

Et stigende antal boringer fra grundvandsovervågningen indeholder glyphosat og nedbrydningsproduktet AMPA. Glyphosat er Danmarks mest anvendte pesticid. Stofferne findes ikke længere kun i de øverste og mest sårbare magasiner.

I vandværkerne er mange års faldende pesticidindhold i drikkevandet ophørt. I 2009 blev der fundet pesticider i 23 % af de undersøgte aktive indvindingsboringer, mens kvalitetskravet for enkeltstoffer var overskredet i 4,3 %. Da vandværkerne endnu ikke er startet på at analysere for en række stoffer, der er fundet i grundvandsovervågningen, er det sandsynligt, at der vil kunne ses en øget påvirkningsgrad af indvindingsboringerne i nogle områder. De større vandværker ofte indvinder grundvand fra dybereliggende magasiner med ældre grundvand. Det er derfor af afgørende betydning for fremtidens indvinding af drikkevand, om den betydelige forurening i de højtliggende grundvandsmagasiner omsættes eller bindes til jordlagene før grundvandet når de magasiner, hvorfra der i dag indvindes upåvirket grundvand.

Vandindvinding

Der er iagttaget en meget ujævn indberetning af data fra kommunerne de senere år, der giver et mangelfuldt datasæt.

Det har været nødvendigt at ændre bagud i de data, der rapporteres for oppumpede vandmængder. Dette skyldes, at der indtil strukturreformen blev rapporteret ikke alene kommunalt indberettede data, men også amtsligt skønnede data, hvis der var tegn på manglende indberetninger. I dag rapporteres alene indberettede vandmængder for alle år. Dette betyder, at data bagud ikke er identiske med tidligere tiders rapporteringer. Til gengæld er data i højere grad sammenlignelige for hele perioden.

Af de indberettede data fremgår det, at der de senere år har været en stigning i markvandingen, der formentlig hænger sammen med de særligt tørre forår og forsomre.

Det Nationale pejleprogram

I 2007 blev der etableret et nationalt pejleprogram med det formål at overvåge grundvandets kvantitative tilstand og samtidig påvise ændringer i grundvandsstanden forårsaget af klimaændringer eller ændringer i vandindvindingen. Flere af de udpegede pejleboringer havde allerede i mange år bidraget med pejlinger til lokale eller regionale pejleprogrammer, og derfor er det muligt at præsentere tidsserier for de sidste 40 år eller mere i såvel terrænnære, regionale som dybe grundvandsforekomster.

Den nationale vandressource model (DK-model)

Frem til 2003 blev den første version af den nationale vandressource model (DK-model2003) etableret. Indenfor NOVANA programmet 2004 – 2009 er der sket en opdatering af denne model til DK-model2009. Opdateringen blev påbegyndt i et samarbejde mellem GEUS og de danske amter, og efter amternes nedlukning er projektet videreført i samarbejde med de syv danske miljøcentre.

DK-model2009 har som overordnet formål, at den skal kunne anvendes som værktøj til vurdering af vandbalancen og grundvandsdannelsen på oplandsniveau. Herudover skal den kunne bruges til at belyse grundvandsressourcens størrelse og udnyttelsesgrad under hensyn til klima, arealanvendelse og vandindvindingsstrategi. Et centralt element i opdateringen har været en opdatering af den hydrostratigrafiske model baseret på den detaljerede geologiske viden, der var opnået i amterne frem til deres lukning. Dertil kommer en detaljering af vandløbsop-

sætningen og inputdata, såsom klima data, indvindingsdata og spildevandsudledninger, ligesom der er sket en detaljering af det numeriske grid.

Opdateringen af modellen til DK-model2009 er sammenfattet i Højberg et al. (2010). Den geologiske og hydrostratigrafiske opdatering er endvidere rapporteret særskilt i Nyegaard et al. (2010), ligesom der foreligger tekniske modelrapporter for de seks delområder, der indgik i opdateringen 2005 – 2009. Samtlige rapporter kan hentes fra hjemmesiden for den Nationale Vandressourcemodel (www.vandmodel.dk), hvor der også kan findes eksempler på anvendelse af modellen.

English summary

Groundwater monitoring in Denmark has now taken place for fully 20 years, with systematic sampling and reporting since 1989. The monitoring programme is presented in chapter 2. Compared with last year this report presents new data from 2009.

Data

The report encompasses chemical analysis of groundwater, measurements of groundwater table and information on the amount of water abstraction from groundwater and surface water.

Data from "Det Nationale Vand og Natur overvågningsprogram (NOVANA)", includes chemical analysis from the groundwater monitoring programme (GRUMO) and the groundwater activities of the agricultural catchment monitoring (LOOP) plus monitoring of groundwater table from the national groundwater table monitoring programme and all monitoring wells samples in GRUMO. Nearly all data have been correct and timely uploaded to the JUPITER database. Only a minor part of the samples from LOOP 3 (Horndrup Bæk) are not available for this reporting due to technical data mistakes.

In the past year a significant improvement in the amount of monitoring data from the sounding programme have been uploaded to JUPITER has taken place. Still some work is remaining before all monitoring data are available, especially from the continuous data logging. In addition to this, many corrections of the existing data in the database, have to be done.

All relevant data on groundwater and drinking water have to be available in the public JUPITER database, which is common for all public administrative units in Denmark. Most municipalities are now uploading data, but a considerable backlog still remains in many municipalities on the amount of abstracted water from groundwater and surface water from waterworks, irrigation and other abstractors. Also significant mistakes in the uploaded data are found, especially on the use of surface water, which tends to be overestimated for the fish farms. It is not possible to find out to what extent the reporting is completed.

Nitrate

In order to judge the change of nitrate concentration in groundwater due to the implementation of the Water Action Plan in 1987 and the following legislation and action plans, one has to look at the youngest oxic groundwater. It appears that the nitrate concentration in the youngest groundwater is going in the desired direction, and that the effects of the action plans now can be seen in the groundwater.

Statistical trend analyses were conducted in last years report on each monitoring point with oxic groundwater in the groundwater monitoring programme (GRUMO) and in the monitoring of agricultural catchments (LOOP). These results are still expected to be valid, since the development in the groundwater quality are slow and only can be identified with sufficient confidence after several years of careful monitoring.

It can be concluded, that the development of the nitrate content in groundwater is going in the right direction, but that upward trends of nitrate to some extent occur even in young groundwater formed after the action plans implemented. Further investigations are needed to clear the picture.

Only a few results from water supply wells exceed the MAC for drinking water. This is due to the fact that wells with nitrate above the MAC have been closed and often replaced by new deeper wells, so that polluted groundwater is excluded from drinking water production. Nitrate thus diminishes the available groundwater resource.

Nitrate also has an important impact on surface water and nature, due to elevated concentrations in the uppermost groundwater, even after the general decrease in nitrate concentration compared to the peak concentrations in the mid 1980-ies. More information on the pressures on nature and surface waters can be found at (<http://www.blst.dk/Overvaagning/NOVANA>)

Inorganic trace elements

A number of inorganic trace elements occur in Danish groundwater in concentrations over the drinking water standards. The share of abstraction wells, around 15 %, that exceeds the drinking water standards (5 µg/l arsenic) has the last 6 years been fairly constant. Arsenic will often have lower concentrations in the drinking water compared to groundwater in the abstraction wells, since arsenic is precipitated during the oxygenation and filtration at the water works.

In 5 % of the abstraction wells the drinking water standard at 20 µg nickel/l is exceeded. At a national scale a minor decrease in the share of abstraction wells which exceed the nickel standard is found.

Organic micro pollutants

In the groundwater monitoring GRUMO an increasing incidence of findings and concentrations exceeding the drinking water standards occur for hormone disturbing substances (phthalates and nonylphenolic compounds). The effects on groundwater from the other groups of organic micro pollutants have been fairly constant over the last 10 years. The mean depth of screens from water works wells with findings of organic micro pollutants have increased with 6 m to now 43 m. below surface from 1990 to 2009.

Pesticides

In 2009 pesticides were found in almost 40 % of the sampled monitoring points (GRUMO), and the MAC of 0,1 µg/l for drinking water was exceeded in 12 % of the points. There is recognised an increasing presence of pesticides in groundwater at a national scale. Especially the upper groundwater layers carry pesticides and their metabolites, where as the pesticide content of deeper and older groundwaters are considerable lower. One explanation of the increasing amounts of findings in GRUMO since 2004 is that only monitoring points with groundwater formed after 1950 are sampled. But also the introduction of analysis for metribuzin (weed control in potatoes, banned since 2003) and its associated metabolites play a role. Metribuzin and its metabolites are not a part of the control programme neither of waterwork abstraction wells nor of the drinking water analysis.

Glyphosat and its metabolite AMPA is nearly just analysed in the monitoring wells in 2009, so no comparison with new data from the waterworks is possible. Glyphosat is the pesticide used in largest amounts in Denmark. It is primarily found in the upper and most vulnerable aquifers, but also in deeper layers some finding are now present.

In 2009 pesticides were found in 23 % of the active waterwork wells, and the MAC was exceeded in 4,3 %. With this the falling frequency of pesticide findings has ceased, and the fre-

quency has been more or less constant the last 5 years. As the waterworks do not include all of the pesticides with findings from the monitoring programme, it can be expected to find more pesticides in the waterwork wells if these pesticides were included in these monitoring programmes. Today the larger waterworks primarily abstracts drinking water from aquifers with old water. It is crucial for the future drinking water production whether the pesticides in the younger water are degraded before reaching these deeper aquifers.

Abstraction of water

It has been necessary to correct the former reported data for groundwater abstractions. This is due to the fact that these data not only include actual data on abstractions, but also an estimate of abstraction from individual waterworks, irrigation etc, where no reporting had been given for a specific year. These estimates were made by the former counties, and as these estimates are no longer made, it is decided to exclude all estimates in the future and only report the actual data. This years report is thus not identical with earlier reporting.

Data for abstraction shows that there has been an increase in irrigation the latest years probably due to very low precipitation rates in April/May.

The national monitoring programme for the groundwater table

In 2007 the national monitoring programme for groundwater level (potentiometric heads) was established based on diverse regional monitoring programs, in order to identify changes in the quantitative status of groundwater due to climatic change or abstraction of water. Groundwater heads are measured on a daily basis with data loggers. In the next 5 years the monitoring programme is being redesigned, and many new monitoring points are expected.

The national water balance model

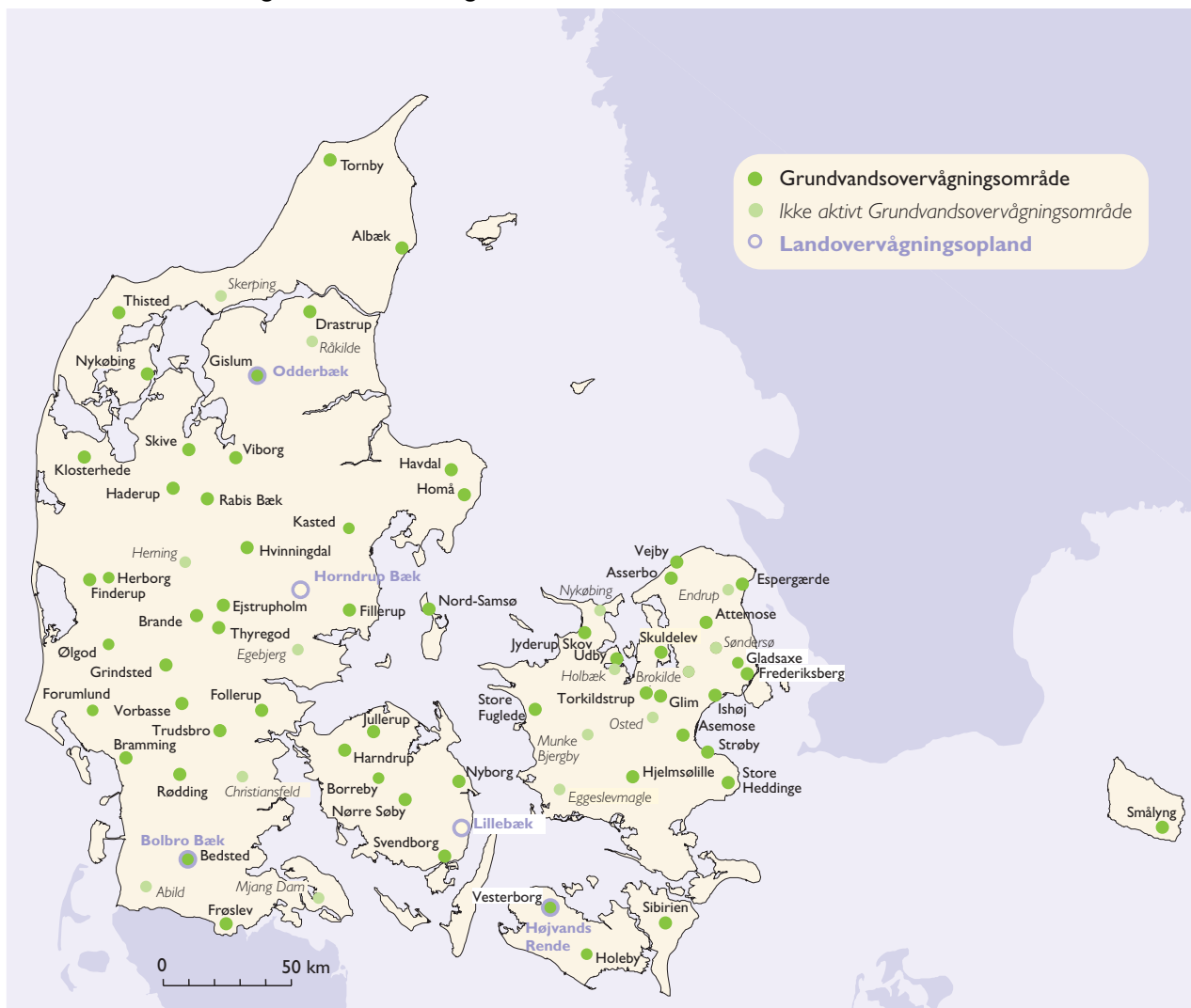
The national water balance model is developed and updated as a task under the NOVANA programme. The primary aim of the model is to develop a tool for evaluation of the water balance and groundwater recharge on larger catchment scale or for groundwater bodies. Another aim is to elucidate the size and the degree of the use of the groundwater resources dependent of climate, abstraction and land use. Details can be found in the technical guidance document for the hydrological modelling of NOVANA.

The dense Danish mapping of groundwater resources in the areas of special drinking water interest has resulted in a large improvement of geological knowledge, which is being built into hydrostratigraphic models. Also updating of data like streams, climate, water abstractions, outlet of wastewater etc. have been a major challenge, as well as the introduction of a more detailed grid. The homepage of the model www.vandmodel.dk has been revised, and the status and results of the current updating can be found together with examples of the use of model results.

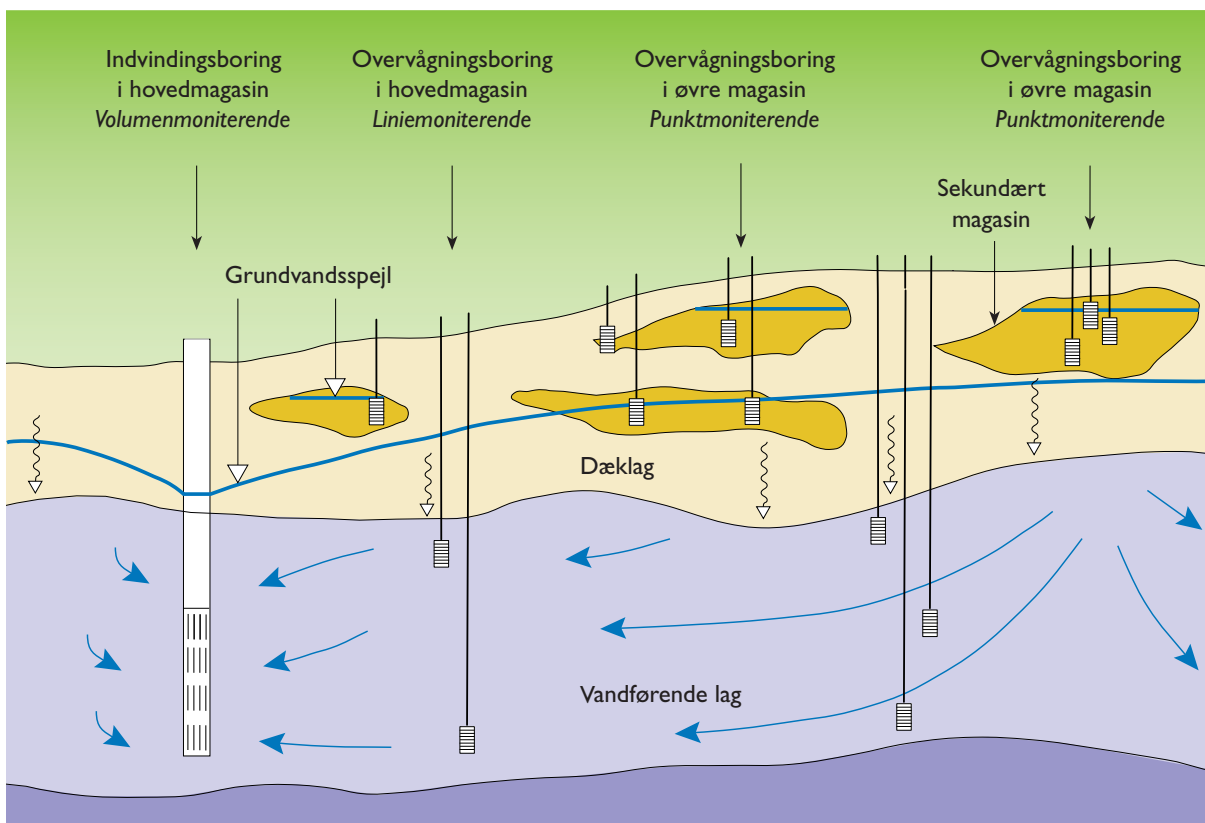
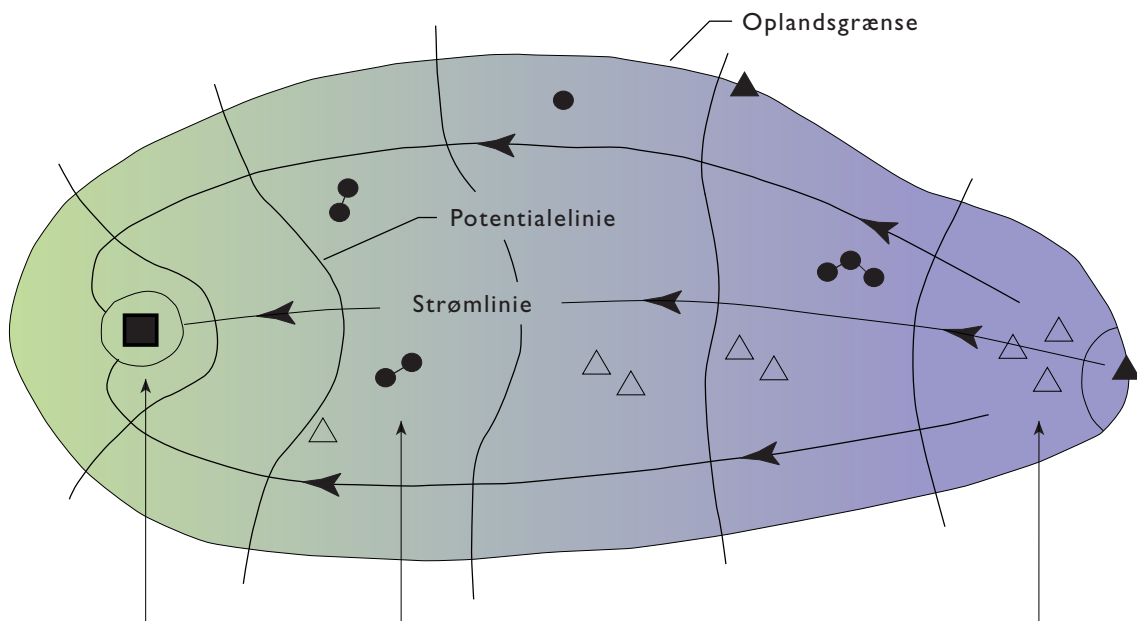
2 Indledning

Overvågningsprogrammet

Den landsdækkende grundvandsovervågning, GRUMO, der er en del af det nationale overvågningsprogram for vandmiljøet, NOVANA (<http://www.blst.dk/Overvaagning/NOVANA>) blev oprindeligt iværksat som en konsekvens af vedtagelsen af Vandmiljøplan I i 1987. Overvågningen havde dengang to hovedformål: For det første at gennemføre effektmålinger af Vandmiljøplanerne og de generelle landbrugsreguleringer i forhold til grundvandets belastning med kvælstof og fosfor. For det andet havde grundvandsovervågningen til formål generelt at følge udviklingen i grundvandsressourcens kvalitet og størrelse for også i fremtiden at kunne sikre Danmarks befolkning drikkevand af god kvalitet.



Figur 1. Grundvandsovervågningen i Danmark i 2007-2009 omfatter vandanalyser fra 62 grundvandsovervågnings-områder (GRUMO) og 5 landovervågningsoplande (LOOP). I 6 områder er der etableret en redoxboring til overvågning af de kemiske forhold omkring redoxzonerne. Landovervågnings-oplandene består af tre ler-oplande (Horndrup Bæk, Lillebæk og Højvads Rende) og to sand-oplande (Oddebæk og Bolbro Bæk).



Figur 2. Principskitse for et grundvandsovervågningsområde (efter Andersen 1987).

Formålet og overvågningsdesignet tilpasses i disse år Vandrammedirektivet og Grundvandsdirektivet, og der vil i blandt andet komme øget fokus på at beskrive kvaliteten af det grundvand, der udgør basistilstrømningen til de danske ferske vande og vådområder i næste NOVANA programperiode 2011-15.

Det nuværende NOVANA program løb i perioden 1. januar 2004 til 31. december 2009, med yderligere et års forlængelse i 2010. En mindre midtvejsjustering i 2006 blev gennemført med effekt fra januar 2007. Denne justering indebar et formaliseret program for overvågning af grundvandets kvantitative tilstand i form af det nationale pejleprogram. Desuden indførtes DEVANO, et overvågningsprogram rettet mod grundvandets påvirkning af overfladevand, se kap 10.

En lang række love, bekendtgørelser, direktiver mv. fra Danmark og EU ligger til grund for dette arbejde. Et relevant udvalg af disse kan findes i litteraturlisten under dette kapitel og i den samlede litteraturliste. Der henvises også til en række relevante hjemmesider, hvor yderligere oplysninger findes.

Grundvandsovervågning

Grundvandsovervågningen bestod oprindeligt af 73 grundvandsovervågningsområder (GRUMO) og blev i årene op til strukturreformen i 2007 udbygget til at omfatte ca. 1400 almindelige overvågningsindtag, samt 112 ganske korte indtag i en række multifilterboringer til overvågning af grundvandets hovedbestanddele i Rabis Bæk området, og 89 indtag i fem redoxboringer.

Siden 2007 har overvågningen fundet sted i 62 overvågningsområder med i alt ca. 1.250 indtag, medregnet såvel 112 i Rabis Bæk området, og 89 indtag redoxboringerne, se figur 1. En række overvågningsområder har været hvilende siden 2007, men bevares i beredskab, hvorfor de tidligere overvågede indtag ikke sløjfes, bortset fra de boringer, hvor den fysiske tilstand udgør en risiko for forurening af grundvandet. Yderligere en redoxboring fra Udby er hvilende, da der er sket en forbigående forurening ved etableringen.

I 2009 blev der udført overvågning i 57 GRUMO områder og i alt 1030 indtag. Ikke alle indtag og parametre analyseres hvert år. Med hensyn til frekvenser og tidspunkter henvises til programbeskrivelsen for NOVANA (<http://www.blst.dk/Overvaagning/NOVANA>).

Grundvandsovervågningen omfatter endelig ca. 100 indtag i grundvandet i de fem landovervågningsoplande (LOOP), hvor bl.a. kvaliteten af det helt nydannede grundvand under landbrugsarealer overvåges i indtag, som ligger 1½-6 meter under terræn. Der har således samlet været godt 1600 indtag involveret i overvågningsprogrammets overvågning af grundvandets kvalitet.

En ny overvågningsaktivitet, DEVANO, blev iværksat for 2007 - 2010, hvor miljøcentre etablerer en række korte overvågningsboringer i grundvandsforekomster, hvor der kunne være risiko for at miljømålsætningerne ikke vil være opfyldt i 2015, se kap 10. DEVANO fokuserer primært på påvirkningen af overfladevand fra (forurenede) grundvand. I alt 32 boringer er til og med 2009 etableret i områder med dårlig datadækning og uden for områderne med særlige drikkevandsinteresser (OSD). Omkring 9 af disse vil blive inddraget i det fremtidige faste stationsnet fra 2011. DEVANO programmet videreføres ikke som selvstændig aktivitet efter 2010.

Endelig omfatter det nationale pejleprogram 100 boringer med i alt 116 indtag. Disse er alle taget i drift, og grundvandets potentialeforhold overvåges med faste dataloggere, der giver daglige målinger af grundvandsstanden, se kap 8. Pejleprogrammet skal i fremtiden også tilpasses de overvågningsbehov, der identificeres i Vandplanerne.

Vandværkernes indvindingsboringer

I Miljøministeriets bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (seneste version: MST 2007) har der siden 1989 været stillet krav om overvågning af kvaliteten af det grundvand, vandværkerne indvinder. Boringskontrollen (MST 1990 og 1997) som den kaldes, finansieres af vandværkerne. Hyppigheden af boringskontrolanalyser i aktive indvindingsboringer afhænger af hvor store mængder drikkevand, det pågældende vandværk producerer (prøver udtages hvert 5. år – hvert 3. år). Det er således ikke de samme boringer, der analyseres hvert år, i modsætning til GRUMO, hvor idealet er et stabilt overvågningsnet med permanente indtag. Boringskontrollen udføres over tid for en skiftende mængde boringer, idet nye indvindingsboringer kommer til, og andre udgår af forskellige årsager som tekniske problemer, forureninger m.v. Der bliver på den måde løbende opretholdt den bedst mulige drikkevandskvalitet for forbrugerne, men uden at det er udtryk for en tilsvarende løbende forbedret grundvandskvalitet. I 2005 fandtes ca. 2.600 almene vandforsyninger (DANVA 2006) med omkring 10.000 tilknyttede boringer. Heraf bliver der fra ca. 8.000 boringer indberettet data til JUPITER. Der har de seneste mange årtier været en udvikling mod færre og færre vandværker i Danmark.

For at beskrive kvaliteten af det vand, der på et givet tidspunkt anvendes til drikkevandsformål, er det nødvendigt at vide, hvilke indvindingsboringer der til enhver tid er i drift. Der findes imidlertid ingen oplysninger i JUPITER om hvilke af vandværkernes enkelte boringer, der er i drift hvornår. De aktive indvindingsboringer identificeres derfor på grundlag af blandt andet oplysninger om oppumpede vandmængder fra vandværkerne samt en kode for formål, som laboratorierne angiver for hver analyse der indberettes til databasen. Det er derfor af stor betydning, at samtlige disse data indberettes rettidigt og korrekt. Ideelt set skulle oplysningerne dog være indbygget i såvel databasen som i indberetningsprocedurerne.

Alle kommuner har nu mulighed for at opdatere de administrative oplysninger om vandværkerne i den fællesoffentlige JUPITER database. Det formodes derfor, at boringernes status er ajourført i et rimeligt omfang, og at datamaterialet til rapporten derfor kun i begrænset omfang indeholder analyser fra vandværker, der ikke længere er aktive. På samme måde indeholder datamaterialet kun i begrænset grad oplysninger fra boringer, der er tilknyttet vandværker, men hvorfra der ikke indvindes grundvand til drikkevandsproduktion. Det kan fx være vandværkets overvågningsboringer eller pejleboringer hvor der har været et behov for at kende kvaliteten mv.

Analyser fra boringer, som ikke stammer fra aktive vandværker eller aktive overvågningsboringer fra NOVANA-programmet, er kategoriseret som "andre boringer", og denne kategori vil typisk indeholde data fra undersøgelsesboringer, pejleboringer, private boringer og brønde, afværgeboringer, lukkede vandværker mv. Prøver fra grundvand, hvor der optræder kendte punktkildeforureninger fra forurenede grunde eller lossepladser, er så vidt muligt sorteret fra.

Oppumpede vandmængder

Data for indvinding af grundvand og overfladevand er en integreret del af grundvandsovervågningen. Indberetning af data for oppumpede vandmængder fra vandværker, virksomheder og landbrugets markvanding mv. er fundamental for vurderingen af grundvandsressourcens bæredygtighed. Alle indvindere skal indberette til kommunen, der efterfølgende indlæser data i JUPITER. Kvaliteten af disse data er afhængig af, at de enkelte boringsejere indberetter korrekt og rettidigt til kommunen. Siden kommunalreformen har der været en betydelig forringelse af datakvaliteten for oppumpede vandmængder i en del kommuner. Dette gælder ikke alene, hvad angår omfanget af markvanding, hvor der i nogle områder er en formodning om, at der

ikke er en tilfredsstillende dækning af den faktiske indvinding, men også for de almene vandforsyninger, hvor uregelmæssig indberetning fra flere kommuner gør det umuligt at lave en vurdering af udviklingen i vandforbruget på såvel national som regional og lokal skala.

Rapportering

Hvert år siden 1989 har GEUS udarbejdet en landsdækkende rapport over resultaterne fra grundvandsovervågningen. Siden 2005, der var det første rapporteringsår af NOVANA programmet, har der været tale om en indikatorbaseret rapportering, hvor en række indikatorer opdateres hvert år. Dette vil typisk være en række faste figurer eller tabeller. Andre, som fx grundvandets indhold af fosfor eller sporstoffer, medtages kun i udvalgte år. Endelig kan forskellige temaer være uddybet enkelte år, enten som et selvstændigt fokuspunkt eller som en grundigere bearbejdning af de faste emner. Denne rapport afrapporterer data indsamlet til og med 2009. Rapporten udkommer udelukkende elektronisk.

Datagrundlag

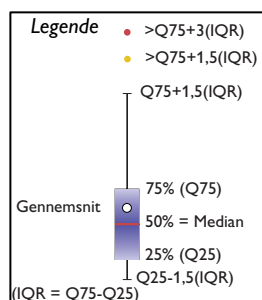
Årets rapportering bygger på de data, miljøcentrene (indtil 2006 amterne) har indsamlet, samt data fra vandværkernes boringskontrol og kommunernes indberetning af oppumpede vandmængder. Indberetningen af vandanalyser fra såvel grundvandsovervågningen som boringskontrollen og øvrige undersøgelser, foretages af de udførende analyselaboratorier direkte til JUPITER databasen (www.geus.dk/JUPITER). Efterfølgende skal kommunerne eller miljøcentrene godkende data, før de bliver offentligt tilgængelige og dermed bliver til rådighed i datamaterialet.

Det vurderes, at datagrundlaget for de kemiske analyser i dette års rapportering er nogenlunde komplet. Der er dog kun indberettet ca 30 % af analyserne fra LOOP 3 pga. en indberetningsfejl og disse data var derfor ikke til rådighed i forbindelse med databearbejdningen. Datagrundlaget for LOOP vurderes derudover at være tilfredsstillende. Det er generelt indtrykket, at kommunerne følger op på indberetningen af analyserne fra boringskontrollen.

Med hensyn til oppumpede vandmængder mangler fire kommuner at indberette data for 2009, mens 2 kommuner stadig mangler at indberette data for 2008.

Boks-diagrammer

Boks-diagrammer er en god måde at præsentere statistisk bearbejdede data på. Boks-diagrammer fortæller noget om en række grundlæggende statistiske parametre for et datasæt. Det er typisk middelværdi, medianværdi og spredningen af værdierne for et års data. Spredningen er beskrevet gennem 25 % fraktilen, 75 % fraktilen og minimum- og maksimumværdier. Nedenfor i figur 3 er præsenteret en legende til boks-diagrammerne i denne rapport.



Figur 3. Legende til boks-diagrammer anvendt i denne rapport.

Q står for kvartil, således at Q25 udgør grænsen mellem de 25 % laveste værdier og de 75 % største værdier fra datamængden.

Referencer

Dansk lovgivning mv.

Miljøministeriet, 2010: LBK nr. 635 af 07/06/2010 om vandforsyning mv. (Vandforsyningsloven)

Miljøministeriet, 2009: LBK nr. 932 af 24/09/2009 af Lov om miljømål m.v. for vandforekomster og internationale naturbeskyttelsesområder (Miljømålsloven)

Miljø- og Energiministeriet 2007: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1449 af 11. december 2007. (Drikkevandsbekendtgørelsen)

Miljøstyrelsen, 1990: Vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 3, 1990.

Miljøstyrelsen, 1997: Boringskontrol på vandværker. - Vejledning fra Miljøstyrelsen 2/1997.

Miljøstyrelsen, 2001: Vejledning om indberetning af drikkevandsdata. Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 4, 2001.

Miljøstyrelsen, 2005: Vejledning om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 3, 2005.

Miljøstyrelsen, 2009: Redegørelse om jordforurening 2007. Redegørelser fra Miljøstyrelsen nr. 1, 2009.

EU direktiver.

Grundvandsdirektivet: Europa-parlamentets og rådets direktiv 2006/118/EF

Vandrammedirektivet: Europa-parlamentets og rådets direktiv 2000/60/EF

Drikkevandsdirektivet: Europaparlamentets og Rådets direktiv nr. 98/83/EF

Nitratdirektivet: Europaparlamentet og Rådets direktiv 91/676/EOEF

Andre henvisninger:

NOVANA – det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse del 1, 2 og 3. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser nr. 495 og 508

DANVA 2006: Vandstatistik. Drikkevand og spildevand 2005.

P. Qevauviller, 2005: Groundwater monitoring in the context of Eu legislation: reality and integration needs. J. environmental monitoring, 2005, vol 7 pp89-102.

Relevante hjemmesider

www.blst.dk/Overvaagning/NOVANA

www.vandmodel.dk

www.grundvandsovervaagning.dk

www.Geus.dk/jupiter

www.Grundvandskortlaegning.dk

www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2006.htm

3 Grundvandets alder

Tritiumdatering

Grundvandets alder har altid været en meget vigtig parameter for tolkningen af de data, der indsamles i forbindelse med grundvandsovervågningen. De første år blev der indsamlet data for tritium: ^3H . Store mængder tritium blev frigivet til atmosfæren i forbindelse med brintbombspængninger i 1950'erne og 1960'erne. Dette tritium blev sammen med naturligt dannede tritium indbygget i nedbørens vandmolekyler, og en grov datering af grundvandet er mulig.

Det vigtigste resultat af tritiumdateringen af grundvandet i overvågningsområderne var, at grundvandet blev opdelt i ungt og gammelt grundvand. Det gamle grundvand er defineret som alt grundvand dannet før ca. 1950, det unge grundvand som dannet efter 1950. Dette er en rimelig opdeling set ud fra en geologisk betragtning, da opholdstiden i mange grundvandsmagasiner kan være flere hundrede år. (Hinsby, 2008) Opdelingen er også rimelig ud fra en vandkvalitetsmæssig synsvinkel, da der siden 1950'erne har været en stor påvirkning af grundvandets kvalitet med nitrat og pesticider fra landbruget, og med miljøfremmede stoffer og pesticider i byområder. Denne opdeling af grundvandet i ungt og gammelt har som overordnet opdeling været fulgt siden 1994, hvor de fleste overvågningsboringer var blevet dateret med tritiummetoden.

Set i lyset af vandmiljøplanerne er opdelingen i ungt og gammelt grundvand med en afgrænsning for dannelsen i 1950 imidlertid ikke særlig hensigtsmæssig, og sprogbrugen omkring ungt grundvand kan da også virke forvirrende på de, der overvejende har fokus på den del af vandkredsløbet, som finder sted i det ferske overfladevand.

CFC-datering

CFC-forbindelserne, også kaldet freoner, er kemisk meget stabile, og derfor er indholdet i atmosfæren steget markant, siden produktionen af disse stoffer begyndte i 1930'erne. CFC opløses i regnvandet således, at nedbørens indhold af CFC hele tiden er i ligevægt med atmosfærens stigende CFC-indhold. Idet CFC-forbindelserne tilføres grundvandet via nedbøren, er CFC-indholdet i det nydannede grundvand steget hvert år siden 1930'erne og indtil ca. 2000, hvor stofferne blev taget ud af brug. Vigtigst af alt har det CFC-påvirkede grundvand bredt sig langs strømlinjerne i grundvandet, og prøver udtaget i dag kan derfor sige noget om, hvornår dette grundvand sidst var i kontakt med atmosfæren, dvs. hvornår faldt nedbøren, der infiltrerede og blev til grundvand (Laier og Thorling, 2005).

CFC-datering i overvågningsboringerne er udført fra 1996 og frem. De fleste indtag er blot analyseret for CFC-forbindelser én gang, men for en række indtag er der udført gentagne analyser og produceret egentlige tidsserier, der for de fleste indtag viser, at alderen, dvs. strømningstiden fra grundvandsspejl til indtag, er konstant i det overvågede grundvand. I enkelte indtag ses store udsving i alderen i indtagene, og her er alderen formentlig påvirket af varierende strømningforhold, der opstår når grundvandsspejlet varierer med tørre og våde perioder (Laier og Thorling, 2005).

CFC dateringen muliggør opdeling af grundvandet i relevante aldersklasser, og til denne rapportering anvendes aldersgrupperne 0 -15 år, 15 – 25 år og 25 – 50 år.

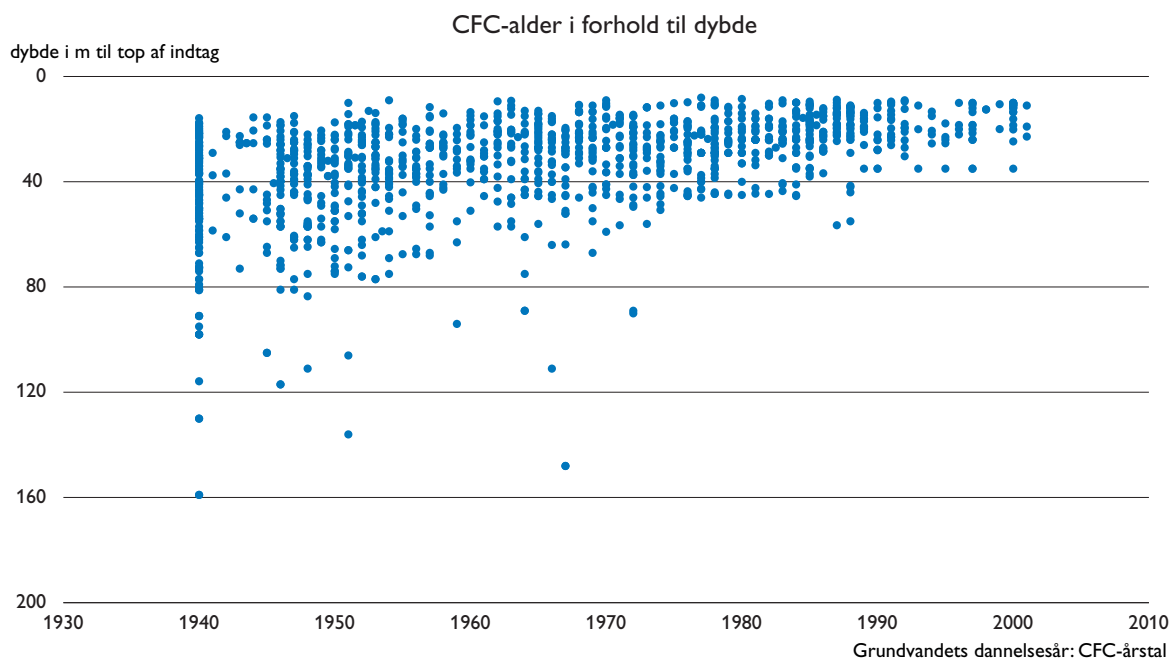
Relevans af datering

Tolkning af udviklingstendenser i vandkvaliteten er vanskelig uden kendskab til grundvandets alder i de enkelte indtag. Datering af grundvandet i de enkelte overvågningsindtag er derfor et meget nyttigt redskab, når effekter af ændret landbrugspraksis på nitratudvaskningen skal dokumenteres. Samtidig kan datering af grundvandet bruges til at demonstrere, at det er lykkedes at udbygge overvågningen med flere indtag i relativt ungt grundvand i de seneste år. (Thorling mfl., 2009)

Tilstand og udvikling

Figur 4 viser CFC-årstal for hvert indtag i grundvandsovervågningsprogrammet som funktion af dybden. Det fremgår af figuren, at der i de øverste 40 meter optræder grundvand med meget forskelligt dannelsesår og dermed alder, og at der selv i de øverste 20 m ikke er nogen sammenhæng mellem dybde og alder, når alle indtag sammenlignes fra både iltede, anoxiske og reducerede zoner. Årsagen hertil er forskelle i grundvandsdannelse, hydrauliske barrierer og andre hydrologiske forskelle. I udstrømningsområder med opadrettet gradient, kan der træffes endog meget gammelt grundvand tæt ved terræn.

Detektionsgrænsen for CFC-årstal er 1940, hvilket betyder, at de mange punkter ud for 1940 er grundvand, der er dannet før 1940. Figuren viser også, at det kun er en ret lille del af det samlede antal indtag, der overvåger vand dannet efter 1985.



Figur 4. Aldersfordelingen for grundvandets dannelsesår, udtrykt ved CFC-årstal for overvågningsindtag som funktion af dybden til indtagstop m.u.t.

Da det nu er ca. 20 år siden, vandmiljøplanen blev iværksat i 1988, er det kun grundvand med en alder under ca. 20 år, der i dag direkte kan vise eventuelle effekter af vandmiljøplanen på grundvandets kvalitet. Set i det lys blev der i 2004-6 etableret mange kortere borer, hvor der skulle fokuseres på det øverste grundvand, og gerne så ungt grundvand som muligt. De nye borerings indtag har grundvand med en median-alder omkring ca. 20 år.

Referencer

Hinsby, K., Purtschert, R., Edmunds, W.M., 2008: Groundwater age and quality. In P. Quevauviller (ed.), Groundwater Science and Policy - an International Overview. RSC Publishing, The Royal Society of Chemistry, Cambridge. pp 217-39.

Laier, T. og Thorling, L., 2005: Tidsserier og datering, anvendelse af overvågningsdata. ATV møde 5. okt. 2005; Grundvandsmonitoring, teori, metoder og cases.

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brusch, W., Møller, R.R., Iversen, C.H. og Højberg, A.L. 2010 Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2007. Teknisk rapport, GEUS 2010. http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2007.htm

4 Hovedbestanddele

I overvågningsprogrammet for grundvand og i vandværkernes boringskontrol af grundvandskvaliteten i indvindingsboringerne analyseres der for en lang række stoffer, som typisk er til stede i koncentrationer, der kan måles i mg/l. Disse kaldes grundvandets hovedbestanddele.

Overvågning for hovedbestanddele i GRUMO og LOOP omfatter i nuværende programperiode (2007-2010) følgende stoffer: nitrat, nitrit, ammonium, calcium, magnesium, natrium, kalium, hydrogenkarbonat, klorid, sulfat, jern, mangan, NVOC, total fosfor og aggressiv kuldioxid. I LOOP analyseres der desuden også for total N og ortho-fosfat-P. Overvågning af redoxboringerne omfatter kun stofferne: nitrat, nitrit, klorid, sulfat, jern og mangan. I vandværkernes indvindingsboringer analyseres hovedbestanddele med en analysepakke kaldet "Boringskontrol" (MIM, 2007). Analyseprogrammet for gruppen "andre boringer" varierer afhængigt af formålet med boringen.

Ved udtagning af grundvandsprøver i overvågningen udføres der online feltmålinger for pH, ledningsevne, redoxpotentiale, ilt og temperatur, hvor formålet er at sikre en god analysekvalitet og en repræsentativ grundvandsprøve. Disse analyser udføres for alle GRUMO prøver og for LOOP prøver i det omfang, det teknisk er muligt.

Analysefrekvensen i GRUMO varierer mellem de forskellige typer af boringer og koncentrationsniveauet af nitrat, fra én gang hvert 6. år til én gang årligt. I LOOP analyseres der mere intensivt med op til 6 prøvetagninger om året. Analysehyppigheden af boringskontrollen i indvindingsboringerne afhænger af indvindingsmængden på vandværket og varierer mellem hvert 3. år ($\geq 1,5$ mio. m^3 pr. år) til hvert 5. år (3.000 - 35.000 m^3 pr. år) (MIM, 2007). Analysefrekvensen for gruppen "andre boringer" varierer afhængigt af formålet med boringen.

I dette kapitel om grundvandets hovedbestanddele fokuseres der på udviklingen i nitratindholdet i grundvandet for at vurdere, i hvilket omfang indsatsen for reduktion af udvaskningen fra landbruget har haft en effekt på koncentrationerne i grundvandet. Fosfor rapporteres ikke hvert år, og der henvises til forrige rapport (Thorling mfl., 2010).

Vurderingen af grundvandets tilstand med hensyn til nitrat og fosfor kræver også viden om grundvandets øvrige hovedbestanddele, hvorfor resultater fra overvågningen af andre hovedbestanddele vil inddrages i forbindelse med rapporteringen af nitrat og fosfor.

Nitrat i grundvand

Relevans af nitrat

Nitrat i grundvandet stammer hovedsagelig fra kvælstofudvaskning fra landbrugsarealer. I grundvandets anoxiske zone bliver nitraten reduceret af nitratreducerende stoffer som fx pyrit, organisk stof eller Fe(II). Selv lave koncentrationer af nitrat i grundvand kan ved udstrømning til overfladevandforekomster resultere i eutrofiering af vandmiljøet. Høje koncentrationer af nitrat i drikkevand kan være sundhedsskadeligt på grund af omsætning til nitrit og risiko for omdannelse af blodets hæmoglobin til methæmoglobin, der ikke kan transportere ilt rundt i kroppen ("blå børn" syndrom). Nitrat kan også reagere i kroppen med aminosyrer og danne kræftfremkaldende nitrosaminer.

Målsætning for nitrat

Indholdet af nitrat i drikkevand må ikke overstige 50 mg/l (MST, 2007). Da nitrat ikke fjernes ved traditionel vandbehandling på vandværket, er det vigtigt, at grundvandets indhold ikke overstiger denne værdi. Kvalitetskravet for grundvand ifølge Grundvandsdirektivet er ligeledes 50 mg/l (EU, 2006). Der er i vandplanerne (BLST, 2010) ikke opsat nogen særlig målsætning for nitratindeholdet i grundvand som følge af grundvandets påvirkning af overfladevand. Dette kan imidlertid gøres ved at fastsætte en tærskelværdi mindre end 50 mg/l, hvis et overfladevandsområde vurderes at være i risiko for ikke at kunne opnå de fastsatte miljømål som følge af påvirkning med nitrat fra grundvandet.

Datagrundlag

Beskrivelsen af udviklingen i grundvandets nitratindehold bygger på data for hele perioden 1990-2009 fra alle aktive indtag fra grundvandsovervågningen, landovervågningen, boringskontrollen fra vandforsyningsboringer og fra gruppen "andre boringer", som er en restgruppe af bl.a. forskellige typer af undersøgelsesboringer. Boringer fra kendte forurenede grunde og overvågning af punktkilder er udeladt.

Der indgår et varierende antal indtag i de årlige beregninger, hvilket skyldes, at ikke alle indtag er analyseret kontinuert siden 1990, da overvågningsprogrammet flere gange er justeret, og vandværkernes indvindingsboringer løbende udskiftes.

Antallet af nitratanalyser i GRUMO, LOOP, vandværkernes boringskontrol og fra "andre boringer" fremgår af tabel 1. Når antallet af nitratanalyser i 2009 sammenlignes med antallet af nitratanalyser i 2007, fremgår det, at antallet er 10-30 % lavere i 2009.

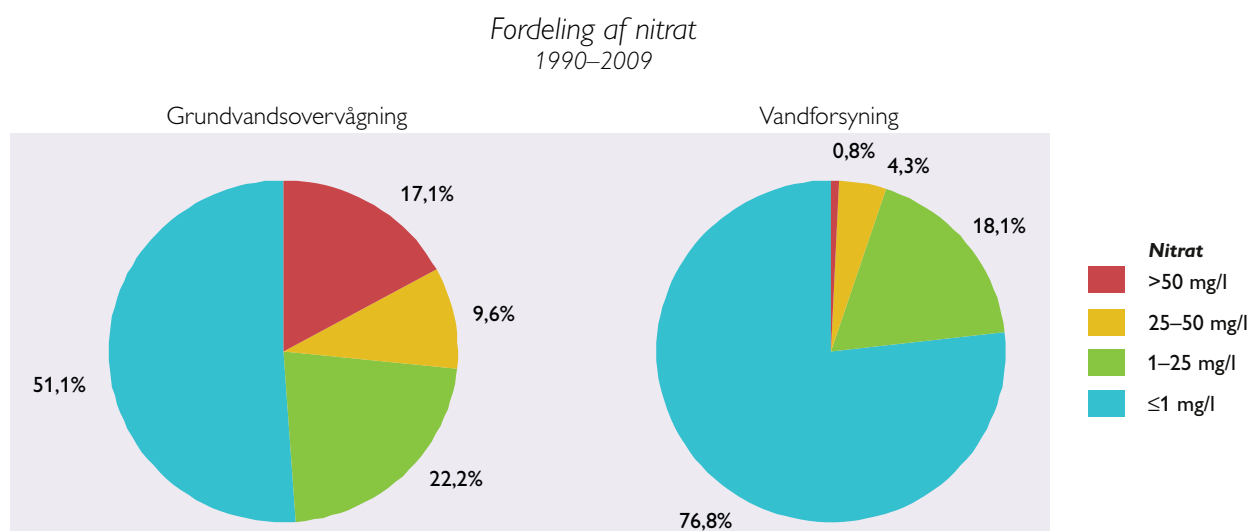
	GRUMO	LOOP	Boringskontrol	"Andre boringer"	I alt
2007	1.343	484	1.593	820	4.240
2008	1.252	495	1.733	881	4.361
2009	1.143	396	1.487	586	3.612
1990-2009	42.046	15.763	31.080	35.158	128.408

Tabel 1. Antallet af nitratanalyser i grundvandsovervågningen (GRUMO), Landovervågningen (LOOP), vandværkernes boringskontrol i indvindingsboringer og fra "andre boringer".

Fordeling af nitratindhold i grundvandsovervågningen og i vandforsyningen

En oversigt over fordelingen af nitratindholdet i gennemsnit pr. indtag i perioden 1990-2009 i grundvandsovervågningen og i vandværkernes indvindingsboringer er vist på figur 5. Det fremgår, at ca. 17 % af indtagene i grundvandsovervågningen har et gennemsnitligt nitratindhold over 50 mg/l, mens det for vandforsyningsboringerne blot er knap 1 %.

Fordelingen af nitratkoncentrationer i grundvandsovervågningen har stort set været den samme siden overvågningsprogrammets start. Med hensyn til fordelingen af nitratkoncentrationer i indvindingsboringerne er der for perioden 1990-2009 i forhold til perioden 1990-2004 en reduktion fra ca. 28 til ca. 23 % i andelen af indvindingsboringer med et gennemsnitligt nitratindhold højere end 1 mg/l.

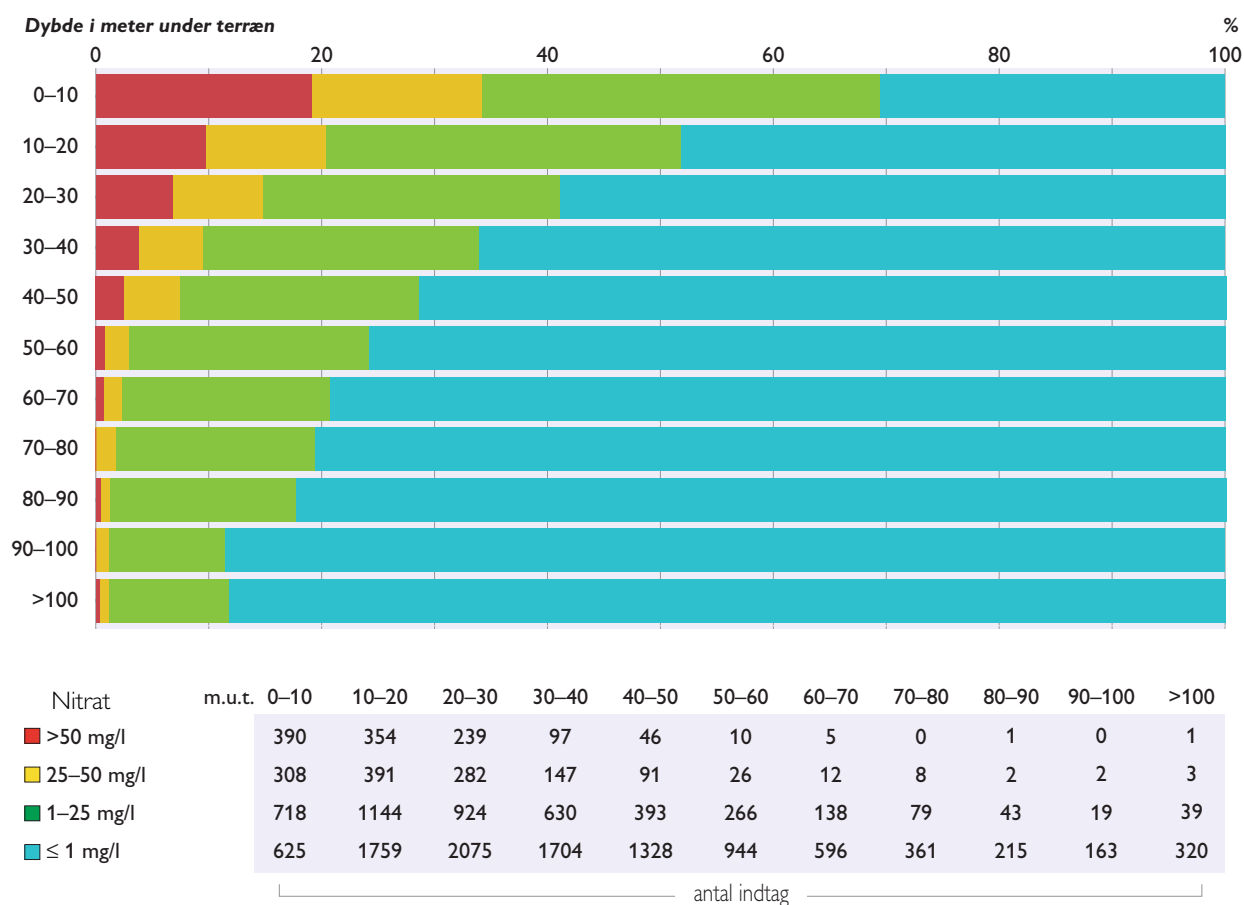


Figur 5. Fordelingen af det gennemsnitlige nitratindhold for indtag i grundvandsovervågningen og i boringskontrolanalyserne i vandværkernes indvindingsboringer. Der er anvendt gennemsnitsværdier for nitrat pr. indtag for perioden 1990-2009.

Dybdemæssig fordeling af nitratindhold i alle typer boringer

Figur 6 viser den dybdemæssige fordeling af det gennemsnitlige nitratindhold i 16.898 indtag, analyseret for nitrat i perioden 1990-2009, hvor der samtidig er kendskab til indtagsdybden. Fordelingen af nitratkoncentrationerne er opdelt i fire grupper (≤ 1 , 1-25, 25-50 og > 50 mg/l). Der ses et gradvis fald i andelen af indtag med et nitratindhold over 25 mg/l med dybden. Grundvand med et indhold af nitrat over 25 mg/l findes hovedsagelig i de øverste 50 meter af jordlagene. De højeste nitratindhold findes, tættest på kilden, i de øverste 10 meter af jordlagene med nitrat større end 1 mg/l i ca. 70 % og nitrat over 50 mg/l i ca. 20 % af indtagene.

Dybdemæssig fordeling af det gennemsnitlige nitratindehold
Alle analyser 1990–2009



Figur 6. Dybdemæssig fordeling til top af indtag i m.u.t. af det gennemsnitlige nitratindehold i 16.415 indtag analyseret i perioden 1990-2009, for GRUMO, LOOP, boringskontrollen i vandværkernes indvindingsboringer og i 'Andre boringer'. Antal indtag i hvert dybdeinterval er anført i tabellen under figuren.

Nitrat i forskellige redoxzoner

Nitrat i grundvandet er påvirket af en række faktorer, hvoraf de vigtigste for danske forhold er:

- 1) Kvælstofoverskuddet fra arealanvendelsen
- 2) Nedbørsoverskuddet (nedbør minus fordampning)
- 3) Nitratomsætningen i grundvandsmagasinet (redoxforholdene)
- 4) Hydrogeologiske forhold (strømningsforhold)

Specielt skal nitratindeholdet i grundvandet tolkes i forhold til redoxforholdene, som styrer omsætningen af nitrat i grundvandet. Under ideelle forhold med vertikal nedsivning kan grundvandet opdeles i 4 redoxzoner, der normalt optræder i tiltagende dybde fra jordoverfladen: iltzonen, den anoxiske zone, den svagt reducerede samt den stærkt reducerede zone, se også side 31. (Hansen mfl. 2009 & MST, 2000)

Iltzonen er specielt karakteriseret ved, at den ud over ilt indeholder nitrat i koncentrationer, der svarer til udvaskningen fra rodzonen. Dybere nede i grundvandet findes ofte den iltfrie anoxiske zone. I den anoxiske zone er nitrat under omsætning, og nitratkoncentrationerne er derfor lavere end den oprindelige udvaskning fra rodzonen. Det dybeste reducerede grundvand opdeles ofte i den svagt og stærkt reducerede zone, hvor både ilt og nitrat er omsat, og grundvandskvaliteten i stadig større grad er påvirket af geokemiske processer.

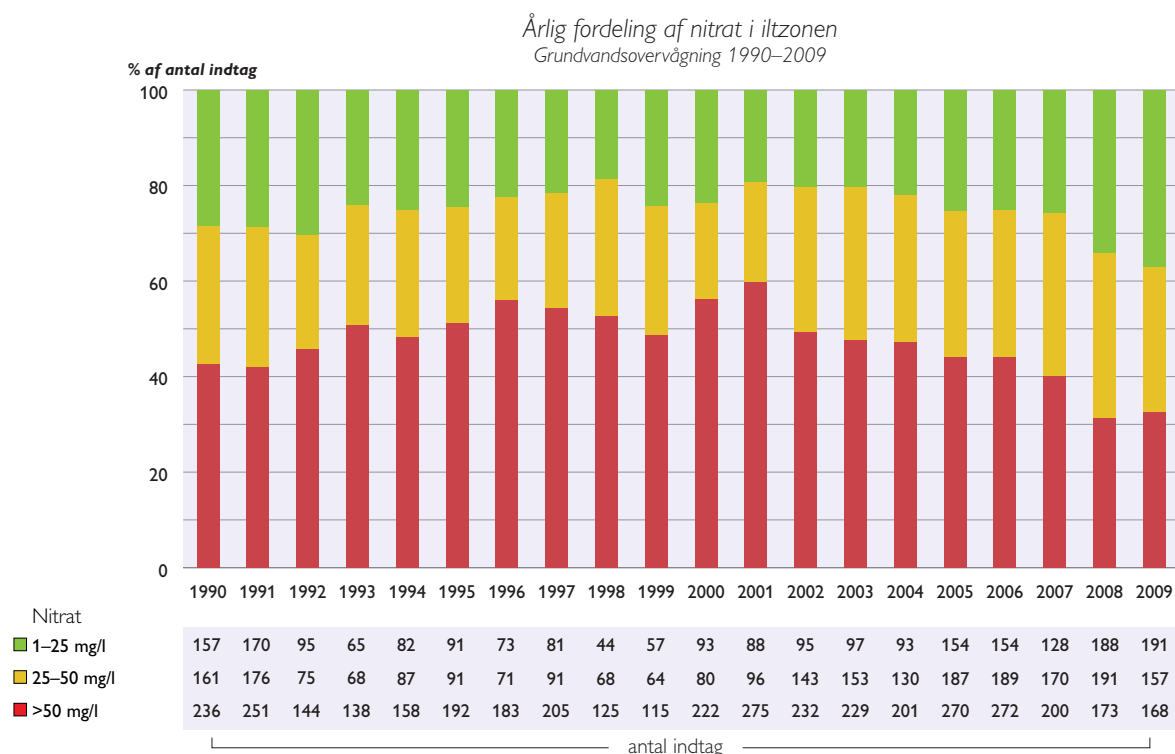
Nitratindhold – grundvandsovervågning: grundvandets iltzone –

Datagrundlag

Til vurdering af den tidsmæssige udvikling af nitratindholdet i det iltholdige og nitratholdige grundvand er der anvendt data fra alle aktive indtag i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2009 med et ilt- og nitratindhold højere end 1 mg/l. Der er i alt 8.633 nitratanalyser (gennemsnitværdier pr. indtag pr. år) fra iltet grundvand i grundvandsovervågningen fra 1990-2009 med et nitratindhold > 1 mg/l. Antallet af nitratanalyser i iltet grundvand ligger de seneste 5 år generelt lidt højere (498-615 analyser) end de foregående år (424-479 analyser fra 2001-2004). Det skyldes sandsynligvis nitratanalyser fra de nye korte borer, filtersat i iltet grundvand, etableret i 2005 og 2006.

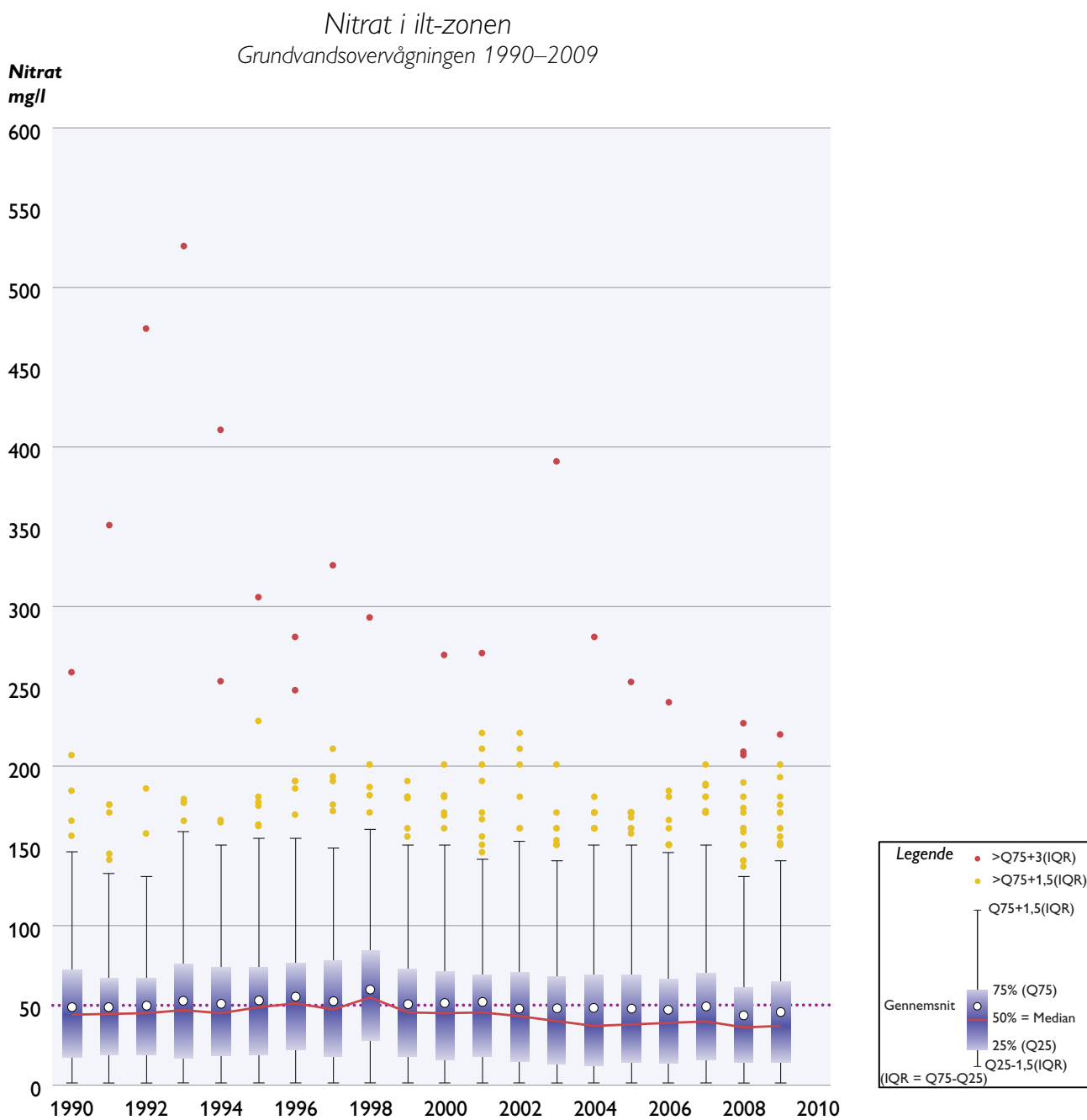
Tilstand, udvikling og årsag

Figur 7 viser fordelingen af alle nitratanalyser fra det iltede grundvand (med ilt > 1 mg/l og nitrat > 1 mg/l) i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2009 fordelt på 3 klasser (1-25, 25-50 og > 50 mg/l).



Figur 7. Den procentvise fordeling af alle nitratanalyser (gennemsnit pr. indtag pr. år) fra iltet grundvand (med ilt > 1 mg/l og nitrat > 1 mg/l) fra perioden 1990-2009 i grundvandsovervågningen fordelt i 3 klasser (1-25, 25-50 og > 50 mg/l nitrat). Antal analyser fra hvert år og klasse er anført i tabellen under figuren.

Der er en tydelig tendens til, at andelen af indtag fra det iltede grundvand fra grundvandsovervågningen med koncentrationer over 50 mg/l er aftagende, sådan at omkring 30 % af indtagene i 2008 og 2009 har et indhold over 50 mg/l, mod ca. 50 % midt i 1990'erne.



Figur 8. Udviklingen i det iltede (ilt > 1 mg/l) grundvands nitratindhold, GRUMO 1990 - 2009.

Figur 8 viser udviklingen i det iltede grundvands nitratindhold, beskrevet ud fra alle analyser udført i perioden fra 1990 til 2009 som boks-diagrammer. Det iltede grundvands nitratindhold udviser alle år en stor spredning. Medianværdien for perioden 1990 – 2009 stiger jævnt frem til den højeste værdi i 1998 på ca. 50 mg/l nitrat, hvorpå den falder til et niveau på omkring 35 mg/l nitrat i 2004-2009. Gennemsnitsværdierne for nitrat falder fra ca. 60 mg/l i 1998 til ca. 45 mg/l i 2009. Nitratindholdet i det iltede grundvand ligger for 25 % af indtagene over ca. 65 mg/l

nitrat i 2009. Det højest målte nitratindhold i iltet grundvand varierer meget fra år til år i perioden 1990-2009, og den højeste målte værdi ligger på over 500 mg/l nitrat målt i 1993. Medianværdierne er generelt kun en smule mindre end gennemsnitsværdierne.

Sammenlignes udviklingen i figur 7 med figur 8, der viser udviklingen i det iltede mest påvirkede grundvand, ses det, at den aftagende tendens i det iltede grundvands nitratindhold bl.a. skyldes et fald i de meget høje koncentrationer.

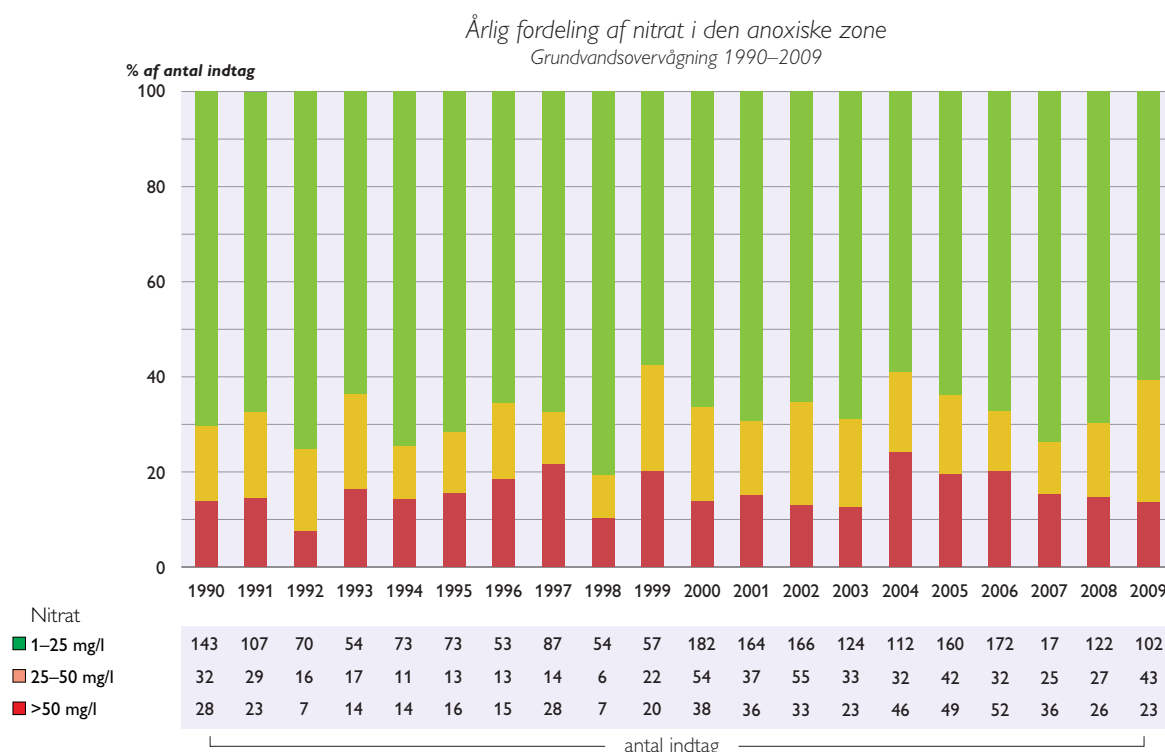
Nitrat i grundvandets anoxiske zone - grundvandsovervågning

Datagrundlag

Beskrivelse af den tidsmæssige udvikling af nitratindholdet i grundvandets nitratreducerende zone er baseret på data fra perioden 1990-2009, hvor den anoxiske tilstand er defineret ved > 1 mg/l nitrat og ≤ 1 mg/l ilt. Der er i alt 3.333 analyser (gennemsnitværdier pr. indtag pr. år) fra anoxisk grundvand i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2009. Antallet af nitratanalyser i det anoxiske grundvand ligger de seneste år på omkring 200 om året.

Tilstand, udvikling og årsag

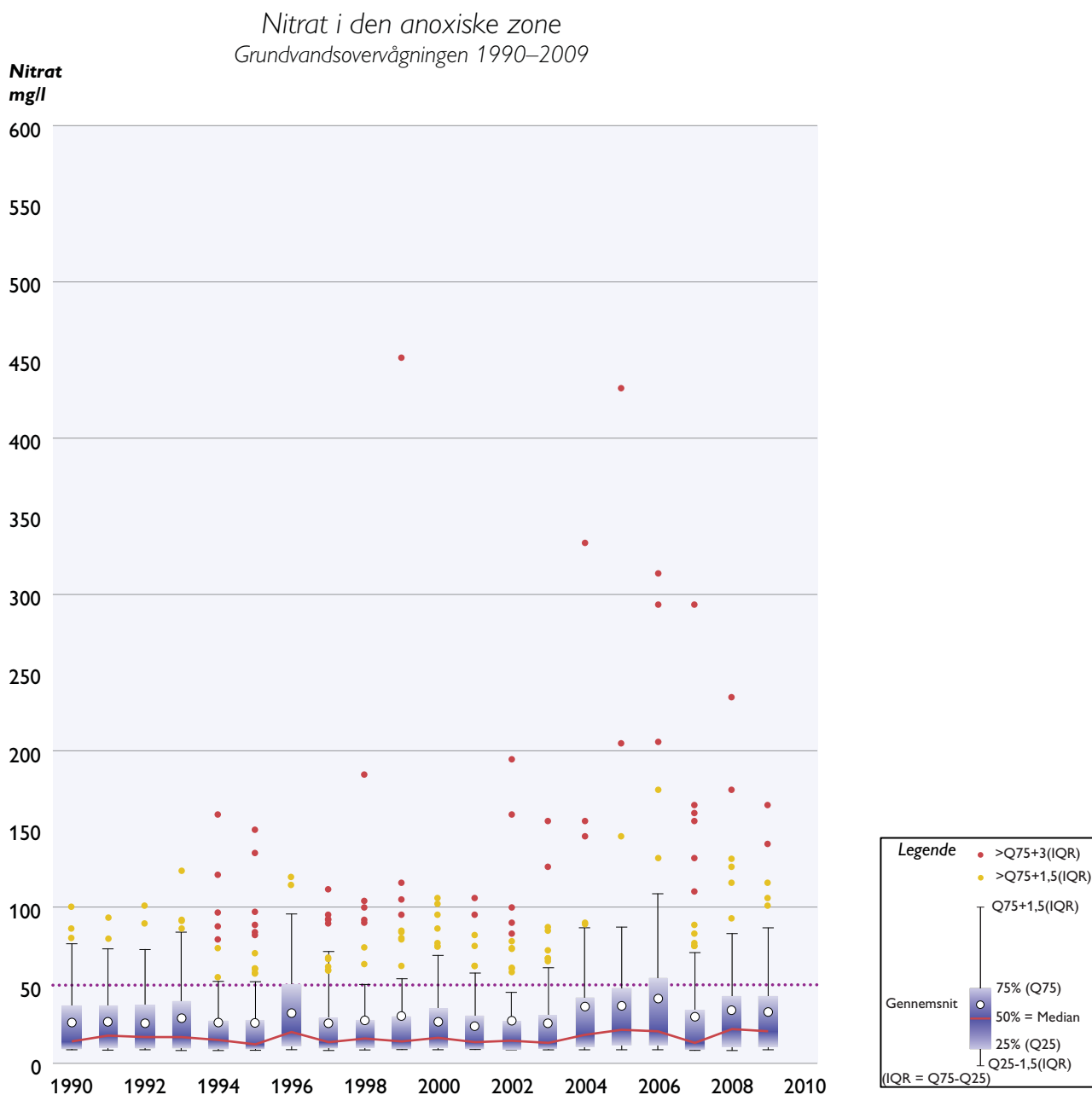
Figur 9 viser fordelingen af nitrat fra det anoxiske grundvand i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2009 fordelt på 3 klasser (1-25, 25-50 og > 50 mg/l). Det anoxiske vand har et lavere nitratindhold end grundvandet i iltzonen på grund af omsætning af nitrat. Koncentrationen vil afhænge af balancen mellem tilførsel og omsætning.



Figur 9. Den procentvise fordeling af alle nitratanalyser (gennemsnitværdier pr. indtag pr. år) fra anoxisk grundvand (med nitrat > 1 mg/l og ilt ≤ 1 mg/l) fra perioden 1990-2009 i GRUMO, fordelt på 3 klasser (1-25, 25-50 og > 50 mg/l nitrat). Antal analyser for hvert år og klasse er anført i tabellen under figuren.

I den anoxiske zone varierer andelen af indtag med et nitratindhold > 50 mg/l mellem ca. 10 – 20 % (figur 9). I modsætning til det iltede grundvand kan der ikke erkendes nogen tydelig udviklingstendens i fordelingen af nitratkoncentrationsklasser i det anoxiske grundvand.

Figur 10 viser udviklingen i det anoxiske grundvands nitratindhold for alle analyser, udført i perioden fra 1990 til 2009 som boks-diagrammer. Grundvandets nitratindhold i den anoxiske zone udviser en mindre spredning og har en lavere median og middelværdi end det er tilfældet i den iltede zone (se figur 8). Gennemsnitsværdierne for nitrat i det anoxiske grundvand ligger højere (ca. 20-35 mg/l) end medianværdier (ca. 5-15 mg/l) med samme overordnede udviklingstendens i perioden 1990-2009. Den højeste målte værdi i perioden er på ca. 450 mg/l nitrat målt i 1999. Ekstremværdier påvirker middelnitratkoncentrationen i den anoxiske zone mere end i den iltede zone.



Figur 10. Nitratindholdet i anoxisk (nitrat > 1 mg/l og ilt ≤ 1) grundvand, GRUMO 1990 - 2009.

Nitratindhold i grundvand under landbrugsarealer – landovervågning

Datagrundlag

I landovervågningsområderne (LOOP) overvåges det allerøverste terrænnære grundvand under landbrugsarealer. Der udføres ca. 6 analyser pr. år i hvert af 20 indtag i de 5 LOOP områder. Generelt ligger antallet af analyser i 2009 ca. 20 % lavere end de foregående år (se tabel 1.) Dette skyldes fortrinsvis, at der kun er indberettet ca. 30 % af analyserne fra LOOP 3 (Horndrup Bæk) på grund af indberetningsfejl.

Tilstand, udvikling og årsager

Figur 11 viser vinternedbøren og nitratindholdet i det øvre grundvand (0 til 6 m.u.t) i vinterhalvåret (1. og 4. kvartal) på sand- og lerområder i LOOP. Vinternedbøren er beregnet som et gennemsnit af DMI's 10x10 km nedbørsdata for de områder, hvori de enkelte LOOP ligger.

Tre LOOP områder er placeret i lerområder:

- LOOP 1, Højvads Rende Lolland
- LOOP 3, Horndrup Bæk Østjylland
- LOOP 4, Lille Bæk Fyn

To LOOP områder er placeret i sandområder:

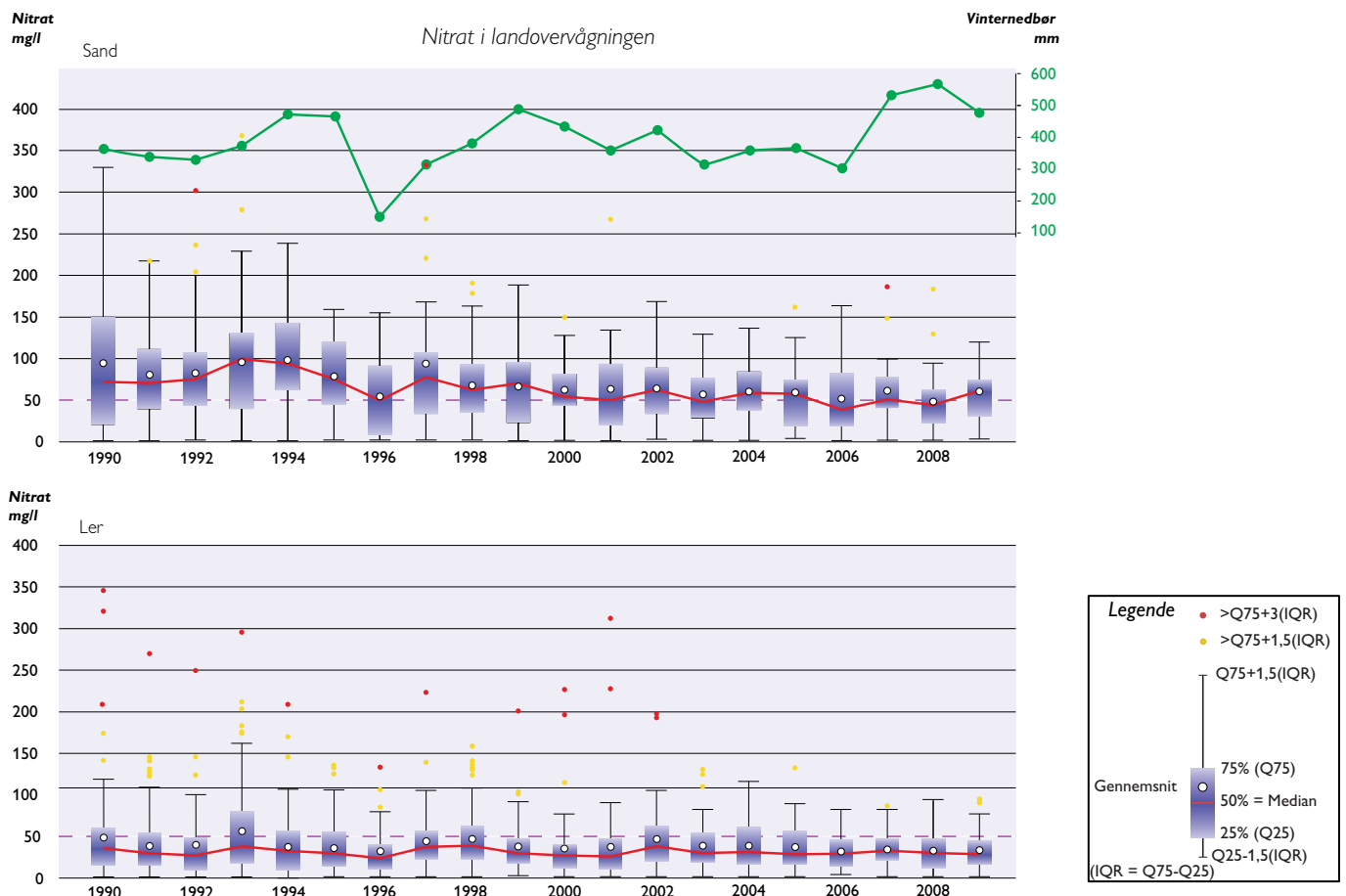
- LOOP 2, Oddebæk Nordjylland
- LOOP 6, Bolbro Bæk Sønderjylland

Der er stor spredning i de målte nitratkoncentrationer for vinterperioderne i både sand- og lerområderne. Generelt er der et højere nitratindhold i grundvandet i sandområderne end i lerområderne. Gennemsnitsværdierne for nitratindholdet i det øvre grundvand i sand- og ler-jordsoplandene ligger lidt højere end medianværdierne, men har ellers et nogenlunde synkront forløb. Nitratindholdet i det øvre grundvand i vinterhalvåret er præget af vinternedbøren, specielt i sandjordsoplandene, hvor nitratindholdet i det øvre grundvand har større absolutte variationer i vinterhalvåret end i lerjordsoplandene.

For perioden 1990-2009 er der i sandområderne et fald (fra ca. 95 til ca. 55 mg/l) i det øverste grundvands gennemsnitlige nitratindhold i vinterhalvåret. Faldet er størst frem til vinteren 1999/2000, hvorpå ændringerne bliver små. I lighed med den iltede zone i GRUMO-programmet skyldes faldet i det gennemsnitlige indhold bl.a. et fald i de højeste koncentrationer. Den højeste målte enkeltværdi i perioden er på 740 mg/l nitrat fra 1997.

For lerområderne ligger det gennemsnitlige nitratindhold for hele perioden 1990-2009 i vinterhalvåret omkring 30 - 50 mg/l (medianværdien mellem 25 og 40 mg/l), og der er ikke et tilsvarende tydeligt fald i koncentrationsniveauet som i sandområderne. Den højeste enkeltværdi i perioden er på 345 mg/l nitrat fra 1990.

Nitratkoncentrationerne i det øvre grundvand er lavere end nitratkoncentrationen fra rodzonen i de enkelte LOOP, hvilket skyldes nitratreduktion i lokale reducerede miljøer i den umættede zone eller i det anoxiske øvre grundvand. (Grant m.fl., 2010).



Figur 11. Nitratindholdet i det øvre grundvand i vinterhalvåret i sand- og lerområderne i LOOP, sammenholdt med vinternedbøren (grønne kurve). Kun nitratdata fra 4. og 1. kvartal, nitratanalyser over 1 mg/l og indtag mellem 0 og 6 meter under terræn er medtaget.

Nitrat, vandværkernes kontrol af indvindingsboringer

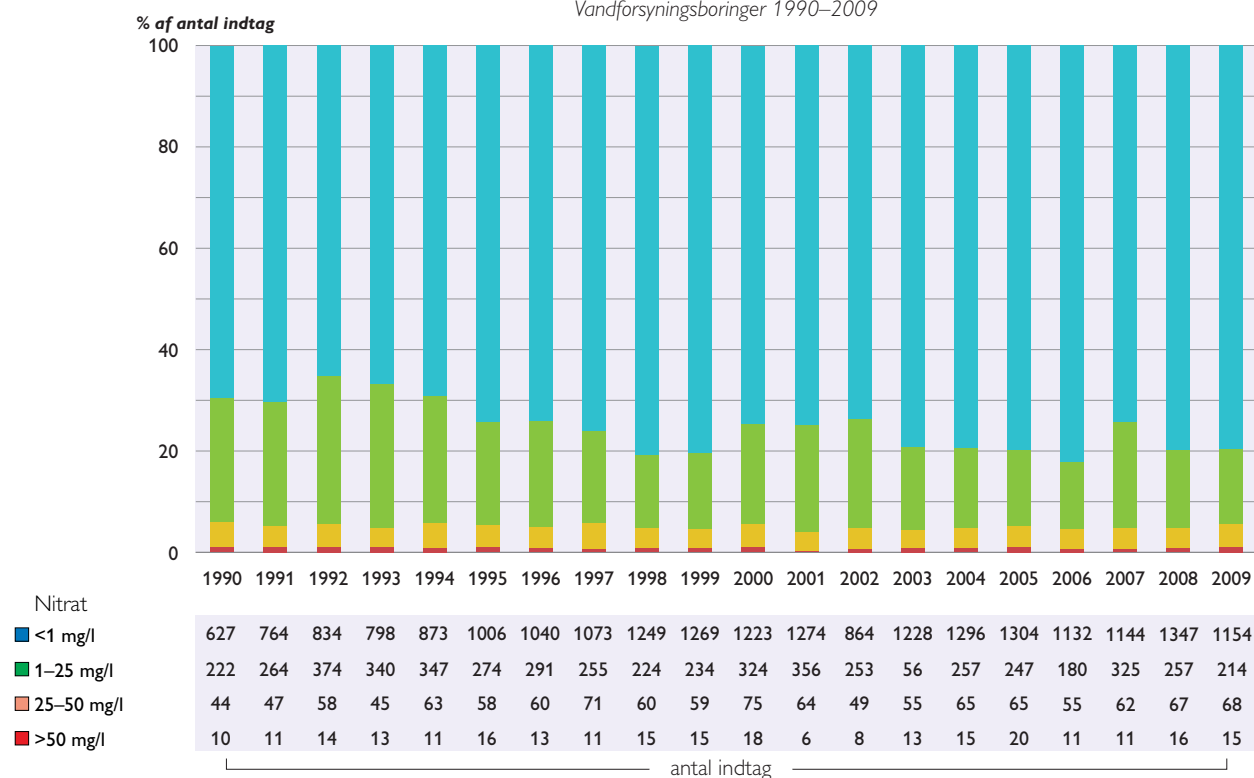
Datagrundlag

Grundvandet i vandværkernes indvindingsboringer analyseres ikke hvert år, men i en turnus på 3 - 5 år afhængig af indvindingsmængderne. Det er således ikke det samme datasæt, der indgår år for år. Analyserne udføres med det formål at beskrive udviklingen af indholdet af nitrat i det grundvand, der indvindes til drikkevandsformål.

Tilstand, udvikling og årsager

Figur 12 viser, at hovedparten (ca. 80 %) af analyserne fra vandværkernes boringskontrol er nitratfrie (ilt \leq 1 mg/l). Det vil sige, at der hovedsagelig indvindes grundvand til drikkevandsformål fra det reducerede nitratfrie grundvand. Der ses en tendens til, at andelen af analyser fra nitratholdigt grundvand er faldet igennem måleperioden fra 25-35 % i begyndelse af 1990'erne til omkring 20 % i 2003-2009.

Årlig fordeling af nitratanalyser
Vandforsyningsboringer 1990–2009

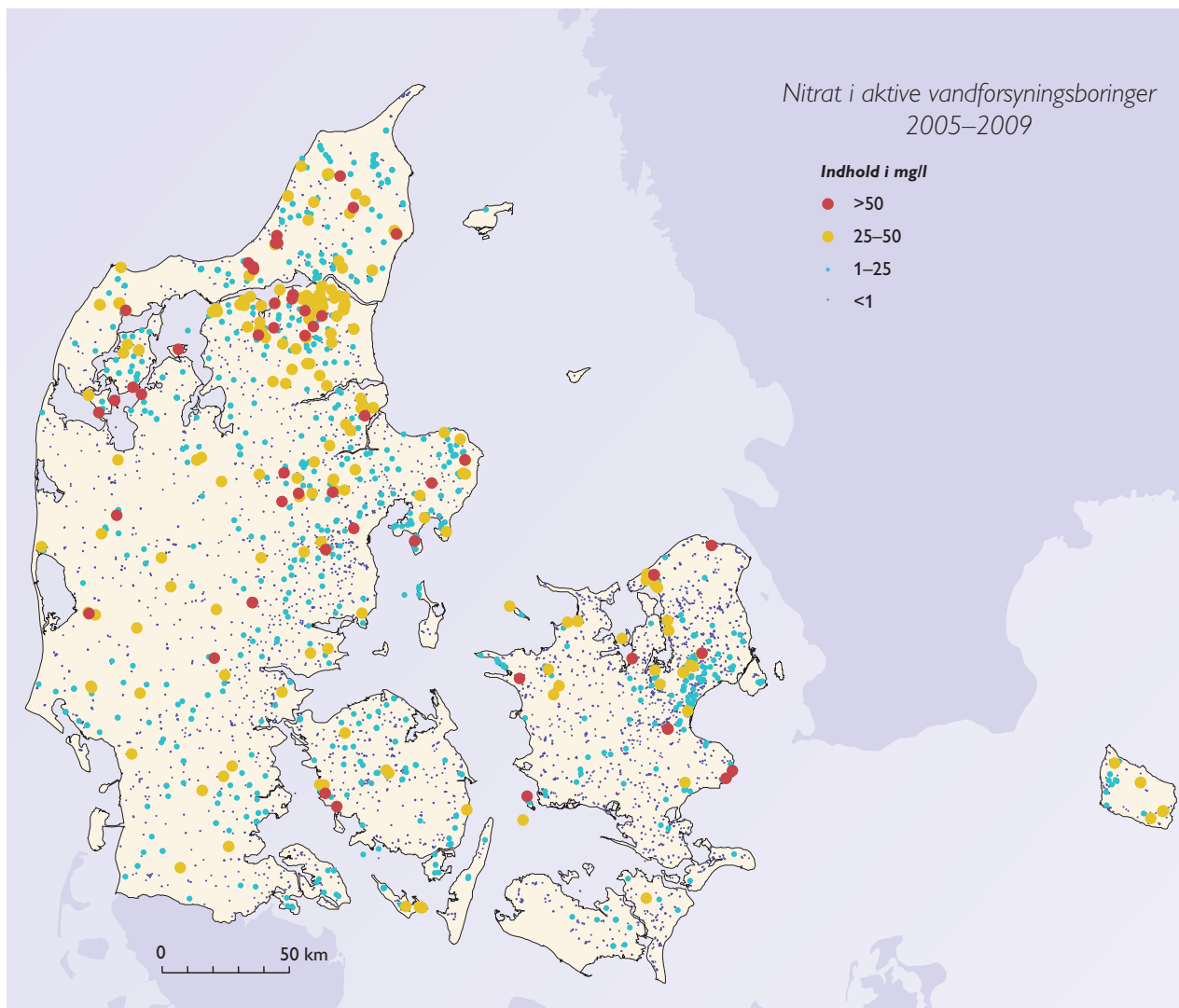


Figur 12. Det årlige antal af nitratanalyser (gennemsnit pr. indtag pr. år) fra indvindingsboringer (boringskontrollen), fordelt på fire koncentrationsklasser i perioden 1990-2009.

Regional fordeling

Figur 13 viser den geografiske fordeling i Danmark af nitratindholdet i vandværkernes indvindingsboringer gennem de seneste 5 år (2005-2009). På figuren er kun vist data fra aktive vandværker. Drikkevandskvalitetskravet blev i perioden overskredet i kortere eller længere tid i alt 53 boringer. Den højst målte værdi i perioden var 120 mg/l. Der kan muligvis være enkelte data fra vandværker/boringer, som er sat ud af drift inden for de seneste 5 år, men som vandværkerne stadig overvåger.

I områderne omkring "nitrat-bæltet" fra Djursland til Himmerland til Nordjylland, har grundvandet, der anvendes til drikkevandsproduktion, et højt indhold af nitrat over 25 mg/l. Her indvindes der ofte fra kalkbjergarter med en lav nitratreduktionskapacitet, som samtidig er dårligt beskyttet af lerdæklag. Det samme gælder Stevns-området på Sjælland. Det fremgår også af figur 13, at det grundvand, som indvindes til drikkevand mange andre steder i landet, har et højt indhold af nitrat over 25 mg/l. Forekomsten af nitrat i vandforsyningsboringerne i disse områder kan forklares ved, at der muligvis indvindes meget overfladenært, eller at grundvandsmagasinerne er sårbare overfor nitrat på grund af en lav nitratreduktionskapacitet i jordlagene og/eller en dårlig beskyttelse fra dæklag kombineret med en stor nitratudvaskning.



Figur 13. Nitratindholdet i grundvandet i vandforsyningsboringer opdelt på 4 koncentrationsklasser. Data er fra perioden 2005-2009, fra aktive vandværker, hvorfra der dog kan foreligge data fra indvindingsboringer, som ikke anvendes til drikkevandsforsyning. Grundvandet i indvindingsboringerne analyseres i en turnus på 3 til 5 år med boringskontrollen.

Vandmiljøhandlingsplanernes effekt på grundvandets nitratindhold

Eventuelle effekter af vandmiljøplanerne vil kunne erkendes i det iltede grundvand, da nitrat her ikke er omsat ved nitratreducerende processer i grundvandsmagasinet. Datering af grundvandet giver her mulighed for at vurdere udviklingen af nitratpåvirkningen over tid.

I sidste års rapportering for perioden 1989-2008 (Thorling mfl., 2010) var der fokus på udviklingen i nitratindholdet i iltet grundvand på indtagsniveau. Dette er nu publiceret i Hansen m.fl. (2011). Udviklingen i nitratindholdet i perioden 1989-2008 på indtagsniveau blev analyseret ved lineær regressionsanalyse i forhold til grundvandets alder, reservoirbjergarten, nitratkoncentrationsniveauet og indtagsdybde. Det er relevant at gentage disse analyser med passende mellemrum fx hvert 3 – 5 år i forhold til at kunne spore ændringer i udviklingstendenserne i iltet grundvand. En ny datering af det iltede grundvand i det næste overvågningsprogram (2011-2015), hvor mange nye overvågningspunkter forventes etableret, vil også give et behov

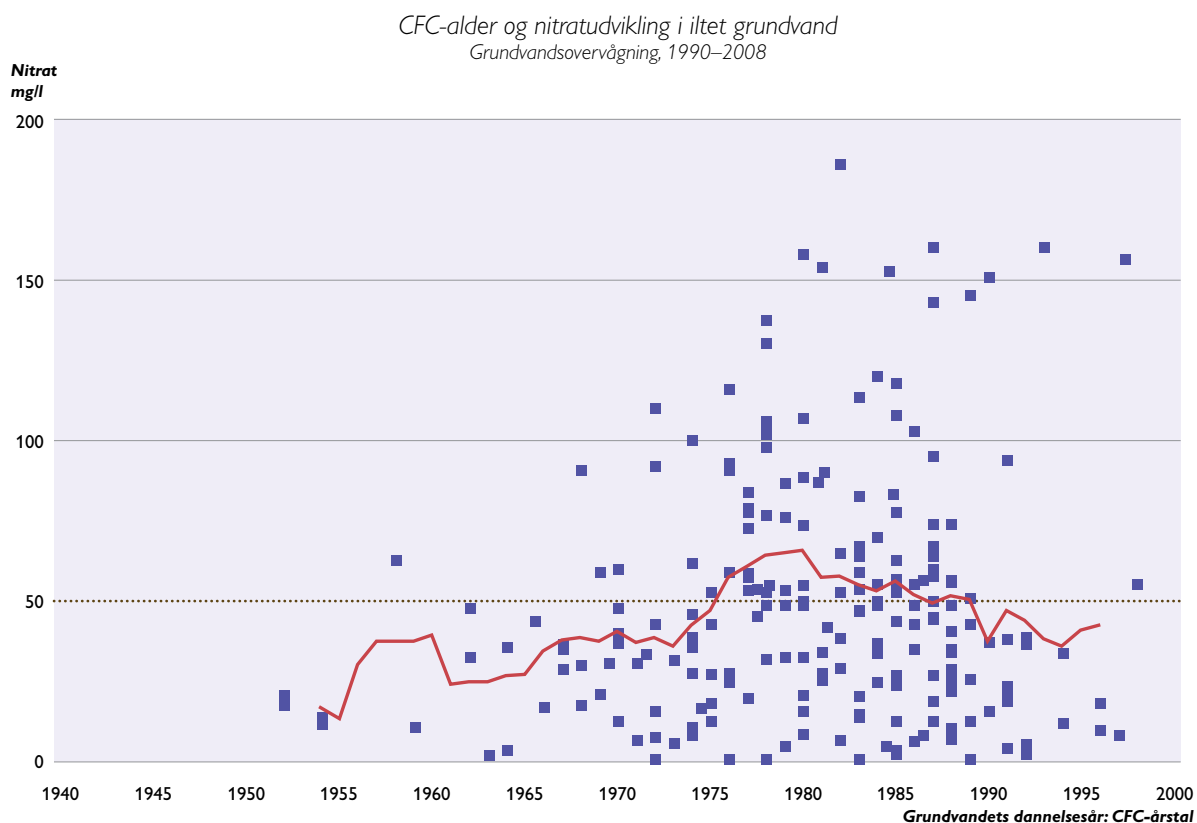
for, at analyserne gentages. Da denne dataanalyse er meget væsentlig for vurderingen af effekten af indsatserne i vandmiljøplanerne på grundvandets nitratindhold, er det valgt igen i år at medtage nogle af resultaterne.

Datagrundlag

Vurderingen af vandmiljøhandlingsplanernes effekt på grundvandets nitratindhold baseres på nitratanalyser fra grundvandsovervågningsindtag i den iltede zone, hvor det har været muligt at CFC-datere grundvandet. Datagrundlaget er 217 målinger fra iltede (nitrat > 1mg/l, jern(II) < 0,2 mg/l og ilt > 1 mg/l) grundvandsovervågningsindtag, som er CFC-dateret i perioden fra 1997-2006 med et CFC-årstal over detektionsgrænsen (> 1940). Data stammer fra 191 iltede overvågningsindtag, hvor enkelte er CFC-dateret mere end en gang.

CFC alder og nitratanalyser

Udviklingen i nitratindholdet i iltet grundvand dannet efter vedtagelsen af den første Vandmiljøhandlingsplan i 1987 er en indikator, der kan illustrere, hvorvidt handlingsplanernes mål om reduktion af landbrugets nitratudvaskning har en målbar effekt på grundvandskvaliteten generelt. Nitratanalyser og CFC-dateringer fra iltet grundvand i grundvandsovervågningen kan bruges direkte til at beskrive udviklingen i tilførslen af nitrat til grundvand og dermed til at beskrive udviklingen i nitratudvaskningen fra rodzonen til grundvandet.



Figur 14. Udviklingen i det iltede grundvands nitratindhold (nitrat > 1mg/l, jern(II) < 0,2 mg/l og ilt > 1 mg/l) for grundvandsovervågningsindtag, hvor CFC-årstallet er afbildet sammen med nitratkoncentrationen for det år, hvor prøven til CFC-datering er udtaget. I de indtag, hvor der foreligger mere end en CFC datering og/eller nitratmåling for det samme år, er middelværdien anvendt. Den røde kurve viser et 5 års glidende middel.

Figur 14 viser data fra grundvandsovervågningsindtag med iltet grundvand (nitrat > 1mg/l, jern(II) < 0,2 mg/l og ilt > 1 mg/l), hvor CFC-årstallet er afbildet mod nitratkoncentrationen fra det år, hvor CFC prøven blev udtaget. I de indtag, hvor der er udtaget flere prøver for CFC og/eller nitrat samme år, er middelværdien for det pågældende år anvendt.

Figur 14 viser, at der er stor spredning i nitratindholdet inden for det enkelte CFC-årstal, hvilket skyldes en forventelig stor variation i grundvandets nitratindhold på national skala. Figuren viser, at nitratindholdet i mange indtag med iltet grundvand ligger over 50 mg/l for grundvand dannet efter 1950.

Den røde kurve i figur 14 viser 5 års glidende middel. Kurven viser en tendens til et stigende nitratindhold frem til 1980 efterfulgt af et faldende nitratindhold i iltet grundvand. Det fremgår, at datatætheden er størst i den mellemste periode fra ca. 1965-1990. Målingerne indikerer, at de mange tiltag, der har været for at begrænse kvælstofoverskuddet i landbruget, nu også begynder at kunne ses i det unge grundvand. Denne udvikling bør følges og verificeres bl.a. ved en ny datering af det iltede grundvand, således som det er planlagt i det fremtidige overvågningsprogram.

Tidsmæssige variationer i redoxzonernes dybde og tykkelse

Datagrundlag

Fra fire redoxboringer er der i perioden 1999-2009 indsamlet analysedata for "redoxpakken" (nitrat, nitrit, klorid, sulfat, kalium, jern, mangan, ilt, pH, ledningsevne og redoxpotentiale). Der blev i 2005 etableret yderligere to redoxboringer hhv. på Tuse Næs, Nordvestsjælland og ved Vejby på Nordsjælland med samme analyseprogram. Data fra Vejby på Nordsjælland afrapporteres i år for 3. gang. Da der er tegn på forbigående forurening fra borearbejdet i redoxboringen på Tuse Næs, afrapporteres resultaterne herfra endnu ikke. Redoxboringerne pejles i flere dybder. På figurerne er vist geologiske lagserier sammen med overvågningsdata fra alle indtag i borerne.

Relevans

Den nitratreducerende zones egenskaber er afgørende for vurderingen af de geologiske lags evne til at reducere nitrat. Hvis den anoxiske nitratreducerende zone har stor mægtighed, er det en indikation på, at nitratreduktionsprocesserne er langsomme i det pågældende magasin. Ændringer i indtrængningsdybden for nitrat og ilt har stor betydning for miljøtilstanden i tilknyttede overfladevandssystemer, således at jo større mægtighed de nitratholdige zoner har, desto større risiko er der for, at de tilknyttede overfladevandssystemer modtager grundvand med et højt nitratindhold. Magasinernes redoxkapacitet og ikke mindst omsætningshastigheden af nitrat er af stor betydning for drikkevandsforsyningen. I områder med lav reaktionshastighed eller lav reduktionskapacitet, kan der således iagttages nitratgennembrud eller stigende nitratindhold i vandforsyningsboringer.

Målsætning

Formålet er at forbedre beskrivelsen af redoxzonernes vertikale udbredelse og i særdeleshed en dybere forståelse af tidsmæssige ændringer heri.

Databehandling:

Følgende grænser for zonerne er benyttet i figurerne:

Iltholdigt grundvand: $O_2 > 1 \text{ mg/l}$ og $Fe \leq 0,1 \text{ mg/l}$ og $Mn \leq 0,1 \text{ mg/l}$ (vandtype A)

Anoxisk nitratreducerende zone: $NO_3 > 1 \text{ mg/l}$ og $O_2 \leq 1 \text{ mg/l}$, (vandtype B)

Svagt reduceret grundvand: $NO_3 \leq 1 \text{ mg/l}$, $O_2 \leq 1 \text{ mg/l}$ og $SO_4 > 20 \text{ mg/l}$, (vandtype C)

Stærkt reduceret grundvand: $NO_3 \leq 1 \text{ mg/l}$, $O_2 \leq 1 \text{ mg/l}$ og $SO_4 < 20 \text{ mg/l}$. (vandtype D)

For prøver, hvor fx iltanalyser mangler, er der foretaget en manuel fortolkning af redoxstatus ud fra prøvens samlede kemiske sammensætning med særlig vægt på indhold af nitrit, mangan, jern, sulfat og nitrat. (Hansen B., et al, 2009 & MST, 2000)

Tilstand, udvikling og årsager Albæk ved Sæby - DGU nr. 18.310

Figur 15 viser, at der er nitratholdigt grundvand i hele det overvågede interval fra 34 m til 41 m i redoxboringen ved Albæk. Herunder findes et lille lerlag, hvorefter boringen er standset. Grundvandsspejlet ligger ca. 10 m.u.t, og på basis af farvebeskrivelser og det geologiske profil kan det konkluderes, at nitrat når ned til ca. 30 m under grundvandsspejlet. Der er således tale om, at en betydelig del af grundvandet indeholder nitrat. Nitratindholdet har de senere år ligget konstant omkring 80 mg/l i den iltholdige zone og falder fra ca. 38 m.u.t til boringens bund, hvor der blot er nogle få mg/l nitrat. Der har lejlighedsvis optrådt nitratfrie forhold, især i det næstnederste indtag i 40,5 m.u.t.

Grænsen mellem det iltholdige og det iltfrie nitratholdige grundvand har de første år bevæget sig ned fra 34 m.u.t i 1999 til i 2002 ca. 39 m.u.t. Der kan være tale om en indsvingningseffekt. Siden har grænsen svinget ca. 1 m op og ned. Fund af ilt i hele lagserien i 2005 er formentlig en analysefejl. Nitratindholdet i den øverste del af nitrat-zonen er stigende fra juni 2000 til august 2002. Dette kan være forårsaget af ændringer indvindingsstrategien hos det nærliggende Præstbro Vandværk. Vandværket har flere borer i forskellig afstand nedstrøms for redoxboringen. Den samlede årlige indvinding på ca. 72.500 m³ er ikke ændret væsentligt siden 1999.

Redoxboringen har ingen indtag i den reducerede del af grundvandet, og det er således ikke muligt at overvåge, om nitratfronten bevæger sig yderligere nedad. Der er dog forsat mulighed for at vurdere evt. ændringer i indtrængningsdybden for ilt, der varierer med 1-2 m., og dermed stabiliteten af den anoxiske zone.

Tilstand, udvikling og årsager Kasted, ved Århus - DGU nr. 78.796

Figur 16 viser data fra redoxboringen ved Kasted, hvor redoxzonerne har ligget relativt stabilt siden 2000 og svinger omkring 1 m op og ned. Der er nitratholdigt grundvand ned til ca. 33 m.u.t svarende til ca. 25 meter under grundvandsspejlet. Der er således også her tale om, at en ret betydelig del af grundvandet er nitratholdigt.

Den anoxiske nitratholdige zone har en bemærkelsesværdig stor mægtighed på knap 10 meter. Vandkvaliteten i de to øverste indtag adskiller sig markant fra resten af redoxboringen, idet der er svagt surt vand, med forhøjet indhold af klorid, der muligvis skyldes boringens beliggenhed i et skovbryn. Tør-depositionen af partikler og gasser er væsentlig større i et skovbryn end i de centrale dele af skoven og på markerne, idet der i skovbrynet bliver afsat klorid og andre salte i atmosfæren, hvilket resulterer i højere koncentrationer i grundvandet. I 2005 blev skovbrynet fældet og fra 2007 er indholdet af klorid og sulfat faldet i det øvre grundvand, til et niveau der svarer til hvad der i øvrigt er i det iltede grundvand i boringen.

Fund af omkring 1,5 mg/l ilt i foråret 2004 til stor dybde er formentlig en målefejl, mens fund af nitrat med koncentrationer på 1-5 mg/l i de nederste lag af og til ses, hvilket er i overensstemmelse med såvel sedimentfarve som det meget lave indhold af jern i disse lag.

Det er tidligere vist, at der muligvis er en sammenhæng mellem vandkemien og magasinets trykforhold. Grænsen mellem det reducerede og det anoxiske nitratholdige grundvand svinger en smule gennem tiden, men der er kun tale om gennembrud af meget små koncentrationer af nitrat til de reducerede lag. Århus Kommune Værker har etableret en ny kildeplads ca. 500 m nedstrøms denne boring og igangsat en indvinding på 1,5 mio. m³/år i januar 2006. Dette forventes at få indflydelse på den fremtidige udvikling i vandkvaliteten.

Tilstand, udvikling og årsager Grindsted - DGU nr. 114.1736

Figur 17 viser, at redoxzonerne i denne boring ved Grindsted har varieret ganske betragteligt i hele overvågningsperioden. Sammenlagt er der nitrat i de øverste ca. 20 meter af grundvandet. Ilt-zonens beliggenhed følger overordnet set et forløb, der kunne minde om boringen ved Albæk, med en indsvingningsperiode, hvor ilten i løbet af et par år trænger ned i magasinet til fra ca. 16 til ca. 22 m.u.t, hvorefter det med visse variationer ligger stabilt omkring 22 m.u.t. Nitratindholdet i boringen svinger en del i indtagene gennem perioden. Det er karakteristisk, at kloridindholdet følger svingningerne i nitrat, hvilket kan hænge sammen med, at kilden til nitrat er udvaskning fra landbrugsarealer. Da det nitratfrie vand i hele perioden har ligget fra ca. 25 m.u.t., har det givet en betydelig indsnævring af den iltfri, nitratreducerende zone (vandtype B) til nu blot ca. 3 meters mægtighed.

Der iagttages især for de laveste iltkoncentrationer markante årstidsvariationer med det laveste iltindhold omkring årsskiftet. Udsvingene kan være betinget af vinternedbørens størrelse, der på denne måde muligvis skaber fluktuationerne i redoxzonernes beliggenhed.

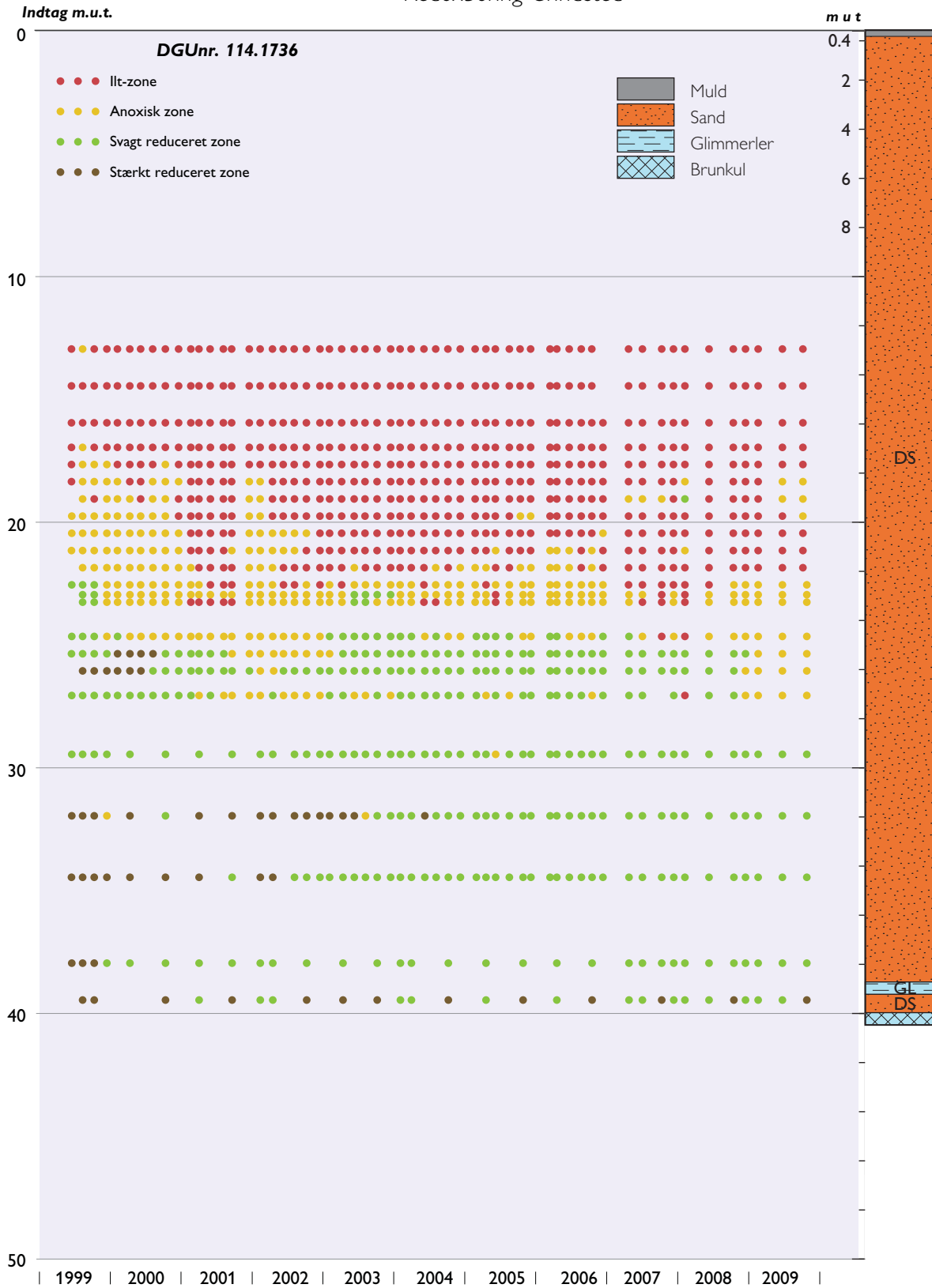
Indvinding fra vandværksboring DGU nr. 114.1326, som ligger i umiddelbar nærhed af redoxboringen, kunne muligvis også forårsage ændringer af zonens beliggenhed og især i afgrænsningen af zonerne. Dette skyldes, at grundvandsstrømningen til boringen har en lateral komponent, som betyder at det vand, der analyseres ikke stammer fra en position svarende til de overliggende indtag, men tilføres sideværts fra. Boringen indvinder dog fra væsentlig større dybde end redoxboringen. Indvindingsboringen er derimod formentlig årsagen til det stærkt svingende sulfatindhold i det nederste indtag (fra 3,5 til 50 mg/l), der giver anledning til, at redoxzonen svinger mellem det svagt og det stærkt reducerede.

Tilstand, udvikling og årsager Sibirien - Falster DGU nr. 238.900

Figur 18 viser, at der er nitrat ned til ca. 25 m.u.t. i redoxboringen ved Sibirien på Falster. Også her er der således tale om, at der er nitrat i de øverste 20 meter af grundvandet. Det iltholdige vand er ikke truffet dybere end 18 m.u.t, og generelt har grundvandet et meget lavt iltindhold på 1-2 mg/l. Derfor vil redoxtilstanden hyppigt svinge mellem iltholdigt eller iltfrit, som det også ses af figur 18, da grænsen mellem de to tilstande ligger ved 1 mg/l. Der er tale om et grundvandsmagasin, hvor hele den nitratindholdige del i overvejende grad kan betragtes som anoxisk nitratreducerende. Nitrit og mangan optræder således sammen med nitrat i alle dybder. I et magasin med en så stor mægtighed af den anoxiske zone må det forventes, at der sker en meget langsom omsætning af nitrat sammenlignet med strømningshastigheden. Det kan derfor også forventes, at nitrat kan trænge dybere ned i magasinets reducerede lag, idet den anoxiske zone netop er udtryk for, at nitrat kan trænge ind i reducerede lag uden at omsættes. Med andre ord er der tale om en kemisk ustabil situation.

Antageligt er det hydrologiske profil delt i to af det markante lag af smeltevandssler i ca. 20 meters dybde. Nitratindholdet i den nederste del af profilet må skyldes et heterogent strømningsmønster, idet lerlaget er reduceret i 20 m.u.t.

Redoxboring Grindsted



Figur 17. Redoxzoner 23- 40 m.u.t for redoxboring DGU 114.1736, Grindsted i Miljøcenter Ribe 2000-2009. Grundvandsspejl i ca. 6 m.u.t. Den geologiske lagserie er vist længst til højre.

Tilstand, udvikling og årsager Vejby, Nordsjælland - DGU nr. 186.854 og 186.855

Redoxboringen i Vejby på Nordsjælland er etableret i 2005 og blev taget i drift i 2006. Boringen består teknisk set af to borer placeret umiddelbart ved siden af hinanden.

Figur 19 viser, at nitrat er fundet ned til ca. 16 m.u.t. Det øverste indtag i 11 m.u.t. indeholder ilt og omkring 20 mg/l nitrat. I de øvrige indtag svinger vandtypen mellem iltet og iltfrit, da grænsen mellem de to tilstande ligger på 1 mg/l, og der er tale om nitratholdigt vand med lave iltindhold. Grundvandsspejlet ligger ca. 10 m.u.t. og svinger ca. 75 cm op og ned.

Den anoxiske zone har en mægtighed på ca. 4-5 m. Der var i de første prøvetagningsrunder et meget højt indhold af ammonium i alle indtag i 186.854, mens dette ikke var tilfældet i 186.855, der har et enkelt højtliggende indtag. Al ammonium er nu forsvundet helt i de øverste indtag. Det øverste indtag i redoxboringen er tørt, mens det næstøverste aldrig er kommet i funktion. Det er bemærkelsesværdigt, at der er påvist sulfid i enkelte tilfælde i de øvre nitratholdige indtag, og at der i alle dybere nitratholdige indtag er fundet metan. Ligeledes antyder jernkoncentrationer på 5-20 mg/l i det nederste indtag 30 m.u.t., at der er et højt indhold af organisk stof, der kan kompleksbinde jern. Endelig er der i flere indtag fundet meget høje kloridindhold over 250 mg/l. Dette stammer formentlig fra vejsalt, idet boringen er beliggende op ad en landevej, samt at der forventes lodret infiltration omkring boringen (Mette Moser, pers. kommunikation).

Sammenfatning for de fem redoxboringer

Der er i måleperioden observeret variationer i såvel dybden til ilt/nitratfronten som af nitratindholdet i grundvandet i de enkelte indtag. De største variationer er set de første 2-3 år, og dette kan sandsynligvis opfattes som etableringseffekter i forbindelse med borearbejdet. En lignende effekt er tidligere set i forbindelse med etablering af overvågningsboringer. Efter et vist tidsrum stabiliserer fronten sig ofte. På den korte tidsskala kan der forventes udsving som følge af blandt andet variationer i vinternebbøren, oppumpning fra nærliggende indvindingsboringer eller analyseusikkerhed. Redoxboringerne kan således karakterisere korttidsvariationer i tid og rum.

Nitratfrontens beliggenhed udviser ingen langtidsændringer i undersøgelsesperioden. De ældste redoxboringer er blot ca. 10 år, hvilket i forhold til de forventede langtidsvariationer er en kort periode, og der ses endnu ikke noget entydigt bevægelsesmønster for fronten.

Referencer, hovedbestanddele

Lovgivning mv Danmark og EU:

Miljø- og Energiministeriet 2007: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1449 af 11. december 2007. (Drikkevandsbekendtgørelsen)

Miljøstyrelsen 2000: Zonering. Vejledning nr. 3, 2000 (Zoneringsvejledningen)

BLST, 2009: Vandplaner, høringsversion. <http://www.blst.dk/Hoering/vandognaurplaner.htm>

EU, 1991: Europaparlamentet og Rådets direktiv 91/676/EOEF af 12. december 1991 om beskyttelse af vand mod forurening forårsaget af nitrater, de stammer fra landbruget. (Nitratdirektivet)

EU, 2006: Europaparlamentet og Rådets direktiv 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelse. (Grundvandsdirektivet)

Andre referencer:

Dalgaard, T., 2007. Introduktion til landbrugsstrukturen i Danmark. Kursus i Landbrugsproduktion og Landbrugsstruktur. <http://www.aula.au.dk/courses/DJF/index.php>

Grant, R., Pedersen, L.E., Blicher-Mathiesen, G., Jensen, P.G., Hansen, B. & Thorling, L. 2009: Landovervågningsoplade 2007: NO-VANA, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet

Hansen, B., Mossin L., Ramsay L., Thorling L., Ernstsén V., Jørgensen J., og Kristensen M., 2009: Kemisk grundvandskortlægning. Geo-vejledning 6. GEUS, Særudgivelse. <http://gk.geus.info/xpdf/kemisk-grundvandskortlaegning20091217.pdf>

Hansen, B., Thorling, L., Dalgaard, T. og Erlandsen, M. 2011: Trend Reversal of Nitrate in Danish Goundwater – a Refection of Agricultural Practices and Nitrogen Surpluses since 1950. Environmental Science and Technology, vol. 45 nr. 1 pp 228-234.

Hinsby, K. og Dahl, M. 2009: Tærskelværdier for grundvand baseret på miljømål for afhængige økosystemer. ATV Jord og grundvand, 27. jan 2009 Grundvand/overfladevand interaktion.

Thorling, L. 2004: 60 års nitratudvaskning. Vand og Jord, 11. årgang nr. 1, februar 2004.

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brüsçh, W., Møller, R.R., Iversen, C.H. og Højberg, A.L. 2009: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2007. Teknisk rapport, GEUS 2009. http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2007.htm

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brüsçh, W., Møller, R.R., Iversen, C.H. og Højberg, A.L. 2010: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2008. Teknisk rapport, GEUS 2010. http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2008.htm

Links:

Ministeriet ofr fødevarer, Landbrug og Fiskeri.2008. Årlig redegørelse. Gødningsregnskaber mm. Statistik 2003/04. http://pdir.fvm.dk/Fysisk_kontrol_af_g%C3%B8dningsregnskaber.aspx?ID=7433

BLST, 2009. Vandplaner, høringsversion. <http://www.blst.dk/Hoering/vandognaurplaner.htm>

www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/

5 Uorganiske sporstoffer

Uorganiske sporstoffer forekommer naturligt i relativt små mængder i grundvandet, typisk i størrelsesordenen mikrogram pr. liter. Overvågningsprogrammet for grundvand (GRUMO) omfatter for hver 6-års programperiode et antal udvalgte stoffer. Nogle af disse stoffer indgår som en del af den obligatoriske boringskontrol, mens mange stoffer overvåges på vandværkets eget initiativ og derfor uregelmæssigt og langt mindre hyppigt.

Data fra grundvandsovervågningen og vandforsyningsboringerne indgår i denne rapport. De uorganiske sporstoffer har meget forskellige kemiske egenskaber, anvendelser og geologisk forekomst. Dertil kommer de meget forskellige detektionsgrænser og kvalitetskrav. Der arbejdes derfor ikke med generaliserede indikatorer for grundvandets tilstand og udvikling for stoffgruppen som helhed, men for enkeltstoffer.

Målsætning

I forbindelse med implementeringen af Grundvandsdirektivet skal der fastsættes såkaldte tærskelværdier af hensyn til opretholdelse af god tilstand i tilknyttede vandløb, søer, vådområder, terrestriske økosystemer og marine områder, som er påvirket af grundvand. Indtil videre anvendes drikkevandskvalitetsværdierne som tærskelværdier i Danmark (BLST, 2010).

Kvalitetskravene for drikkevand er med baggrund i risikoen for afsmitning af metaller fra installationer og rør opdelt i én kravværdi ved indgang til ejendom og en anden (højere) værdi ved forbrugers taphane (MIM, 2007). For de uorganiske sporstoffer anvendes i denne rapport drikkevandskvalitetskravet ved indgang til ejendom. De forskellige kvalitetskrav er sammenstillet i tabel 2.

Grundvandets indhold af uorganiske sporstoffer er medbestemmende for hvilken flora og fauna, der kan leve i vandløb, søer og vådområder. Terrænnært strømmende grundvand kan være præget af sporstoffer, som stammer fra den lokale arealanvendelse, mens dybere strømmende grundvand alene er præget af sporstofindholdet i de geologiske aflejringer, som vandet passerer. Generelt er indholdet af sporstoffer i grundvandet afhængig af den lokale geologi og geokemi, både hvad angår mulighederne for tilbageholdelse af tilførte stoffer og evt. antropogent accelereret frigivelse fra naturligt forekommende mineraler.

Der er fastsat såvel nationale som EU-relaterede miljøkvalitetskrav til udledningen af forurenende stoffer, herunder prioriterede stoffer, farlige stoffer og prioriterede farlige stoffer til vandområder (MIM, 2007). En række af disse kvalitetskrav er udtrykt ved en fastsættelse af en maksimal tilladt forøgelse af den naturlige baggrundsværdi.

Med det formål at sikre den bedst mulige økologiske tilstand er der for et antal stoffer fastsat økotoksikologisk betingede kvalitetskriterier som et mål for det maksimale indhold af stoffet, der kan tåles af vandløbets flora og fauna. Miljøkvalitetskriteriet er defineret som en koncentration, der er så lav, at mennesker og miljø ikke udsættes for nogen uacceptabel fare, samt at der ikke kan identificeres toksiske effekter over for økosystemet og dets arter som følge af langvarig eksponering (MST, 1994).

Endelig er der i forbindelse med oprydning af forurenede lokaliteter fastsat kvalitetskriterier for grundvand for en række uorganiske sporstoffer (MST, 1998). Kvalitetskriterier for grundvand er fastsat således, at kvalitetskravene for drikkevand (MIM, 2007) kan forventes at være opfyldt, når vandet tappes hos forbrugeren. Se tabel 2.

Relevans

Stofgruppen uorganiske sporstoffer omfatter grundstoffer af vidt forskellig karakter, bl.a. tungmetaller, men også letmetaller som aluminium og ikke-metaller som fx arsen og bor. Inden for gruppen medtages også den simple kemiske forbindelse cyanid (CN), som blandt andet kendes fra gamle gasværksgrunde. Cyanider er generelt giftige. For en lang række sporstoffer må det anses for sandsynligt, at de målte indhold ud over den naturligt forekommende baggrundsværdi også rummer bidrag fra samfundsmæssig aktivitet.

Uorganiske sporstoffer	Grundvandskvalitetskriterier /MST 1998/ $\mu\text{g/l}$	Drikkevandskvalitetskrav ¹⁾ /MIM 2007/ $\mu\text{g/l}$	Kvalitetskrav for udledning til overfladevand /MIM 2010/ $\mu\text{g/l}$		Økotoxikologisk grænseværdi /MST 1994/ $\mu\text{g/l}$
			Fersk	Marin	
Aluminium	-	100	-	-	2,6 ²⁾
Antimon	-	2	113	11,3	
Arsen	8	5	4,3	0,11 ⁵⁾	4,0
Barium	-	700	9,3 ⁵⁾	5,8 ⁵⁾	
Bly	1	5	0,34	0,34	
Bor	300	1.000 / 300 ³⁾	94 ⁵⁾	94 ⁵⁾	
Cadmium	0,5	2	0,08	0,2	1
Kobolt	-	-	0,28 ⁵⁾	0,28 ⁵⁾	
Jod	-	-	10 ⁵⁾	10 ⁵⁾	
Krom, total	-	20	-	-	
Krom, VI	25	-	3,4	3,4	
Krom III	1	-	4,9	3,4	
Cyanid, total	50	50	-	-	
Cyanid, syreopl.	-	20 ⁴⁾	-	-	
Kobber	100	100	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾	
Kviksølv	-	1 / 0,1 ³⁾	0,05	0,05	1
Molybdæn	20	-	67	6,7 ⁵⁾	
Nikkel	10	20	2,3 ⁵⁾	0,23 ⁵⁾	
Selen	-	10	-	-	
Strontium	-	-	210 ⁵⁾	210 ⁵⁾	
Sølv	-	10	0,017 ⁵⁾	0,2 ⁵⁾	
Tallium	-	-	0,48 ⁵⁾	0,48 ⁵⁾	
Tin	-	10	-	-	
Vanadium	-	-	4,1 ⁵⁾	4,1 ⁵⁾	
Zink	100	-	7,8 ⁵⁾ / 3,1 ⁶⁾	7,8 ⁵⁾	

1) Ved indgang til ejendom 2) Hultberg, H., 1988 3) Krav / Anbefaling 4) Miljøstyrelsen, 1995
5) Miljøkvalitetskravet er summen af denne stofkoncentration og den naturlige baggrundskoncentration
6) For blødt vand ($\text{H} < 24 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$)

Tabel 2. Kvalitetskriterier og grænseværdier for uorganiske sporstoffer.

I miljømæssig henseende kan de uorganiske sporstoffer opdeles i 3 grupper:

- 1) de toksiske, der har sundheds- og miljømæssigt skadelige effekter (humantoksiske og økotoksiske) selv ved små koncentrationer
- 2) de essentielle, der omfatter stoffer som er nødvendige for den menneskelige organisme i små mængder, men som er sundhedsskadelige og økotoksiske i større koncentrationer
- 3) en tredje gruppe af stoffer, som normalt ikke optræder i problematiske koncentrationer, men hvor baggrundskoncentrationer har relevans, idet der stedvis er så høje indhold, at der kan være såvel sundhedsskadelige som økotoksikologiske effekter.

Til de toksiske stoffer hører bl.a. antimon, arsen, bly, cadmium, kviksølv samt cyanid. Arsen er yderst giftigt for mennesker, og visse uorganiske arsenforbindelser kan forårsage kræft hos mennesker (Miljøstyrelsen 1995). Til de essentielle hører bl.a. krom, kobber, nikkel, zink og selen. For selen er forskellen mellem nødvendig indtagelse og giftvirkning relativt lille. Et stof som bor er normalt ikke tilstede i problematiske koncentrationer i almindeligt fersk grundvand og betragtes på den anden side heller ikke som essentielt.

Grundvandsovervågning

Tilstand, udvikling og årsager

I perioden 1993 – 2009 har der - i kortere eller længere tid - været overvåget i alt 25 uorganiske sporstoffer. Blandt disse er der fastsat drikkevandskvalitetskrav for 16 stoffer, og der er konstateret overskridelse af det fastsatte kvalitetskrav ved indgangen til forbrugers ejendom for 12 stoffer.

For udvalgte uorganiske sporstoffer (aluminium, arsen, barium, bly, bor, cadmium, kobber, nikkel og zink) findes der i bilag 1 diagrammer, som viser antallet af analyserede indtag pr. år og deres stofindhold, samt diagrammer, som viser den relative andel af indtag, hvor den årlige gennemsnitskoncentration er sat i relation til drikkevandskvalitetskriterierne.

I 2009 er 805 prøver analyseret for stofferne aluminium, arsen, bly, bor, cadmium, kobber, nikkel og zink. Der er fundet overskridelser af drikkevandskvalitetskravet for alle, henholdsvis aluminium (65), arsen (61), nikkel (28), zink (17), bly (8), bor (13), cadmium (2), og kobber (4).

I tabel 3 er anført det samlede antal indtag med overskridelse i 2009 og hvor mange af disse, der tidligere har vist overskridelser. Udviklingstendensen for stoffer med overskridelser i 2009 er beregnet for de relevante indtag og opdelt i kategorierne stigende, faldende og uafklaret.

Termen "uafklaret" er anvendt såfremt:

- der har været mindre end 4 analyser til rådighed,
- tendensen er forskellig fra nul med en signifikans på mindre end 95 %, beregnet efter en lineær model i et ikke-normalfordelt datasæt,
- en visuel bedømmelse af tidsserien viser markante spring eller markante knæpunkter i tendensen, fx ændring fra stigende til faldende tendens i løbet af tidsserien,
- tidsserien indeholder markante outliers, der påvirker tendensen.

Med det stigende antal analyser med fund af uorganiske sporstoffer i de nye terrænnære indtag tegner der sig et ikke tidligere set mønster med påvirkninger af det øverste grundvand med stoffer, som generelt har stor affinitet til organisk stof. Det drejer sig især om bly, men også kobber og

zink. Påvirkningerne kommer tydeligst frem i de terrænnære, sandede grundvandsmagasiner med frit grundvandsspejl. Den terrænnære beliggenhed betyder generelt, at påvirkningen fra arealanvendelsen i mindre grad er dæmpet af geokemiske processer i grundvandsmagasinerne.

Der er også tegn på at påvirkninger fra luftforurening slår igennem, især langs skovbryn, hvor luftforureningen kan opfanges og koncentrerer. Luftforureningen kan dels være af regional karakter fra kulfyrede kraftværker og store affaldsforbrændingsanlæg, dels lokale afbrændinger af f. eks. kabelskrot og lign.

Påvirkning fra arealanvendelsen stammer især fra udbringning af gylle og slam på landbrugs- og evt. skov- og plantagearealer. Svinegylle kan indeholde store mængder tungmetaller, især kobber og zink, men også selen som alle tilsættes svinefoder. Dertil kommer andre stoffer, som f. eks. nikkel, der forekommer som urenheder i de tungmetaller som tilsættes foderet (Fyns Amt, 2002). Der kan forekomme helt lokale påvirkninger med tungmetaller, der kan udvaskes fra flyveaske, hvor dette har været anvendt i anlægsarbejder, f. eks. vejdæmnings. I upåvirkede naturområder kan moderat forhøjede indhold af de samme stoffer stamme fra gamle, nu begravede terrænoverflader med højt indhold af organisk stof, f. eks. gamle jordes A-horisonter.

I modsætning til de væsentligste påvirkninger af det dybere grundvand med arsen og nikkel, hvis fordeling i grundvandet overordnet bestemmes af redoxforholdene og som manifesterer sig relativt ensartede på landsplan, så er påvirkningerne af det terrænnære grundvand langt mere differentierede og vekslende fra indtag til indtag, især afhængig arealanvendelsen. En udredning af de styrende faktorer kræver derfor generelt flere ledsagende oplysninger og længere tidsserier end der i øjeblikket er til rådighed. For mange af de nye terrænnære indtag kan der iagttages tydelige etableringseffekter ved den eller de første analyser fra indtaget.

Cadmium

I 2009 er en tidligere overskridelse af drikkevandskvalitetskravet for cadmium i et indtag i overvågningsområdet Ejstrupholm genfundet. Overskridelsen har optrådt i alle analyser siden 1991. Koncentrationen har siden 2005 ligget på omkring det dobbelte af drikkevandskvalitetskravet. Det samme gælder for indholdet af nikkel og zink. pH-værdien i indtaget er siden 1990 faldet med 2 pH-enheder, fra 6,6 til 4,6.

I 2009 er der konstateret en overskridelse af drikkevandskvalitetskravet for cadmium i et indtag i overvågningsområdet Hvinningdal. Indtaget viser ligeledes en fremadskridende forsurening med faldende pH og faldende indhold af hydrogenkarbonat, samt en voldsom påvirkning af nitrat med op til 450 mg nitrat/l, formentlig fra en nærliggende minkfarm. pH-værdien i indtaget er siden 1989 faldet fra 6,5 til 5,2.

Kobber

I overvågningsområdet Asserbo, der er et naturområde, overskred koncentrationen af kobber drikkevandskvalitetskravet på 100 µg/l i 2009 i et enkelt indtag. Koncentrationen er steget fra 68 µg/l i 2007 til 130 µg/l i 2009. Det stigende indhold er bemærkelsesværdigt, da kobberindholdet i områdets øvrige indtag typisk ligger under 1 µg/l.

I to nye terrænnære indtag i overvågningsområderne Brande og Finderup og i et indtag i overvågningsområdet Klosterhede overskred koncentrationen af kobber i 2009 drikkevandskvalitetskravet med op til en faktor 10. I indtaget i Finderup er koncentrationen signifikant faldende, i de to andre indtag kan der ikke fastlægges en trend. Alle tidligere analyser i Brande og Finderup har ligeledes ligget over drikkevandskvalitetskravet. I de samme indtag er drikkevands-

kvalitetskravet for zink overskredet. Miljøcenter Ringkøbing har konkluderet, at indholdet af kobber stammer fra svinegylle.

Over- skridelser 2009	Indtag med overskri- delse i 2009	Heraf indtag med >1 overskri- delse i 1993- 2009	Tendens (for indtag > 1 overskridelse)		
			Konfidens < 95 % eller < 4 målinger	Konfidens \geq 95 % og \geq 4 målinger	
	Antal	Antal	Uafklaret	Faldende.	Stigende.
Cadmium	2	1	1		1
Kobber	4	3	3	1	
Bly	8	5	5		3
Bor ¹⁾	13	12	5	7	1
Zink	12 (17) ²⁾	11	4	7	1
Nikkel	27	26	5	11	11
Aluminium	65	57	27	28	10
Arsen	61	58	14	21	26
1) i forhold til det anbefalede drikkevandskvalitetskrav på 300 µg/l					
2) inklusive outliers (se tekst)					

Tabel 3. GRUMO: Overskridelser af drikkevandskvalitetskrav for uorganiske sporstoffer i 2009 samt vurderinger af den koncentrationsmæssige udviklingstendens (lineær regression) på indtagsniveau.

Bor

Høje borindhold er ofte en indikation på påvirkning fra saltvand, enten fra havet eller fra marine aflejringer i den geologiske lagfølge og kan være en følge af en ikke bæredygtig oppumpning. I 13 indtag er det anbefalede maksimumindhold på 300 µg/l overskredet i 2009. Drikkevandskvalitetskravet på 1000 mg/l er overskredet i to indtag i Ishøj-området.

I overvågningsområderne Ishøj (4 indtag) og Albæk (1 indtag) er koncentrationen signifikant faldende. I St. Fuglede (1 indtag) er koncentrationen signifikant stigende. Hjelmsøllille (2 indtag) er tendensen uafklaret pga. meget få analyser. På Nordsamsø (5 indtag) er koncentrationen signifikant faldende i 2 indtag, mens tendenser er uafklaret i 3.

Bly

Indholdet af bly overskred i 2009 drikkevandskvalitetskravet i 8 indtag, et indtag i naturområdet Asserbo og fire i overvågningsområde Haderup, et i Brande, et i Finderup og et i naturområdet Klosterheden, alle i nye terrænnære borer.

I naturen bindes bly meget stærkt til organisk materiale (Langtofte, 1994 & Larsen, 1996), hvilket kan forklare, at høje indhold næsten udelukkende forekommer terrænnært. Tidsserierne for de terrænnære borerer er endnu for korte til, at det kan udpeges hvilke mekanismer, der bestemmer indholdet og især ændringer i indholdet af bly i de terrænnære borerer. Dog optræder der høje blyindhold (15 – 19 µg/l) i et terrænnært indtag nær en vejdæmning med flyveaske.

Nikkel

Der er identificeret i alt 27 indtag, der overskrider drikkevandskvalitetskravet på 20 µg/l i 2009. Heraf har 11 et signifikant stigende indhold, 11 har et signifikant faldende indhold, mens tendensen ikke kan fastlægges med sikkerhed i 5 indtag. Der har tidligere forekommet overskridelser i 26 indtag. Det sidste indtag er beliggende i overvågningsområdet Hvinningdal. Indtagene med signifikant stigende indhold findes i overvågningsområderne Asemose (2 indtag), Bedsted (2 indtag), Bramming-Hunderup (2 indtag), Ølgod (1 indtag), Brande (1 indtag), Haderup (1 indtag), og Hvinningdal (2 indtag).

Indtagene med signifikant faldende indhold findes i overvågningsområderne København-Frederiksberg (2 indtag), Stor Heddinge (1 indtag), Frøslev (3 indtag), Bramming-Hunderup (4 indtag) og Haderup (1 indtag).

Den geografiske fordeling af indtagene med signifikant stigende indhold antyder, at den klassiske problemstilling med faldende grundvandsspejl og introduktion af atmosfærisk ilt til grundvandsmagasinet, som især kendes fra det østlige Sjælland, er bragt under kontrol. Dermed bliver iltning af nikkelholdige sulfider (fx pyrit) som følge af nedsivende nitrat, mere dominerende.

Zink

I 2009 forekommer en overskridelse af drikkevandskvalitetskravet på 100 µg/l for zink i 17 indtag, inklusive 5 ekstreme outliers i Miljøcenter Roskilde. Kun 1 indtag viser et signifikant stigende indhold. Indtaget er beliggende i overvågningsområdet Skuldelev. Boringen er etableret i det åbne land og har et højt indhold af nitrat (150-200 mg/l). I 2008 blev drikkevandskvalitetskravet for kobber overskredet i det samme indtag. I nye terrænnære indtag forekommer der i 2009 derudover overskridelser i et indtag i hver af overvågningsområderne Brande, Haderup og Finderup. I to af indtagene overskrides også drikkevandskvalitetskravet for kobber og Miljøcenter Ringkøbing har konkluderet, at indholdet af zink såvel som kobber stammer fra svinegylle.

Aluminium

Der er i 2009 identificeret i alt 10 indtag, der overskrider drikkevandskvalitetskravet på 100 µg/l, og som har signifikant stigende indhold. Disse findes udelukkende i Sønderjylland (Frøslev) og Vestjylland (Grindsted, Ejstrupholm, Haderup, Finderup) og er som hovedregel sammenfaldende med indtag med faldende pH. Tidsserieplot af aluminium i terrænnære indtag udviser ofte markante knæpunkter. En lineær regression over hele tidsspannet er derfor næppe altid en dækkende beskrivelse af den generelle udvikling i et givent indtag. De markante knæpunkter tilskrives, at aluminiums opløselighed er meget afhængig af ændringer i pH, som antages at optræde i terrænnære indtag efter udbringning af landbrugskalk på dyrkede arealer.

Arsen

Der er i 2009 identificeret i alt 61 indtag med indhold, som overskrider drikkevandskvalitetskravet på 5 µg/l. Heraf forekommer de 58 overskridelser i indtag, der også tidligere har overskredet drikkevandskvalitetskravet. Indtagene har en geografisk fordeling som tidligere rapporteret. (Thorling mfl. 2009)

Af de 61 indtag har 26 signifikant stigende indhold. De største stigninger i indhold forekommer i overvågningsområdet Holeby på Lolland, hvor koncentrationen i et indtag er steget fra 5,1 µg/l i 1999, hvor boringen blev etableret, til 38 µg/l i 2009. I et andet indtag er koncentrationen steget fra 12 µg/l i 2000 til 33 µg/l i 2009. Geologisk og hydrologisk er Holeby meget lig Nørre Åby-området, som beskrevet i Larsen et al (2009). Stigningen i arsen er ledsaget af en ganske svag stigning i indholdet af ilt, typisk i størrelsesordenen fra 0,1 mg/l til 0,5 mg/l, usikkert om det er signifikant. I samme periode forekommer der i de samme to indtag kraftig sulfatreduktion med faldende indhold af sulfat og jern og stigende indhold af svovlbrinte.

I overvågningsområdet Sibirien på Falster, der geologisk og hydrologisk også minder om Nørre Åby-området, ses en endnu kraftigere sulfatreduktion, hvor først sulfat og dernæst jern forsvinder. Meget tyder på, at udefra kommende påvirkninger som f. eks. ændringer i indvindingsmønstret har stor betydning for ændringer i magasinets redoxpotentiale og dets arsenindhold.

Vandværkernes egenkontrol

I perioden 2005 til 2009, svarende til en fuld cyklus af boringskontrol, hvor alle aktive indvindingsboringer skal være analyseret mindst en gang, er der – ud over nedennævnte stoffer – fundet enkeltstående overskridelser af aluminium (Vestjylland), barium (Midt- og Sydsjælland), bly (Midtsjælland) og zink (Østjylland, Sønderjylland og Midtsjælland) i vandværkernes boringskontrol.

For udvalgte uorganiske sporstoffer (aluminium, antimon, arsen, barium, bly, bor, cadmium, krom, kobber, kviksølv, cyanid, nikkel, selen og zink) findes der i bilag 2 figurer, som viser antallet af analyserede indtag pr. år og deres stofindhold, samt diagrammer, som viser andelen af indtag, der overskrider drikkevandskvalitetskriterierne mht. den årlige middelkoncentration.

Bor

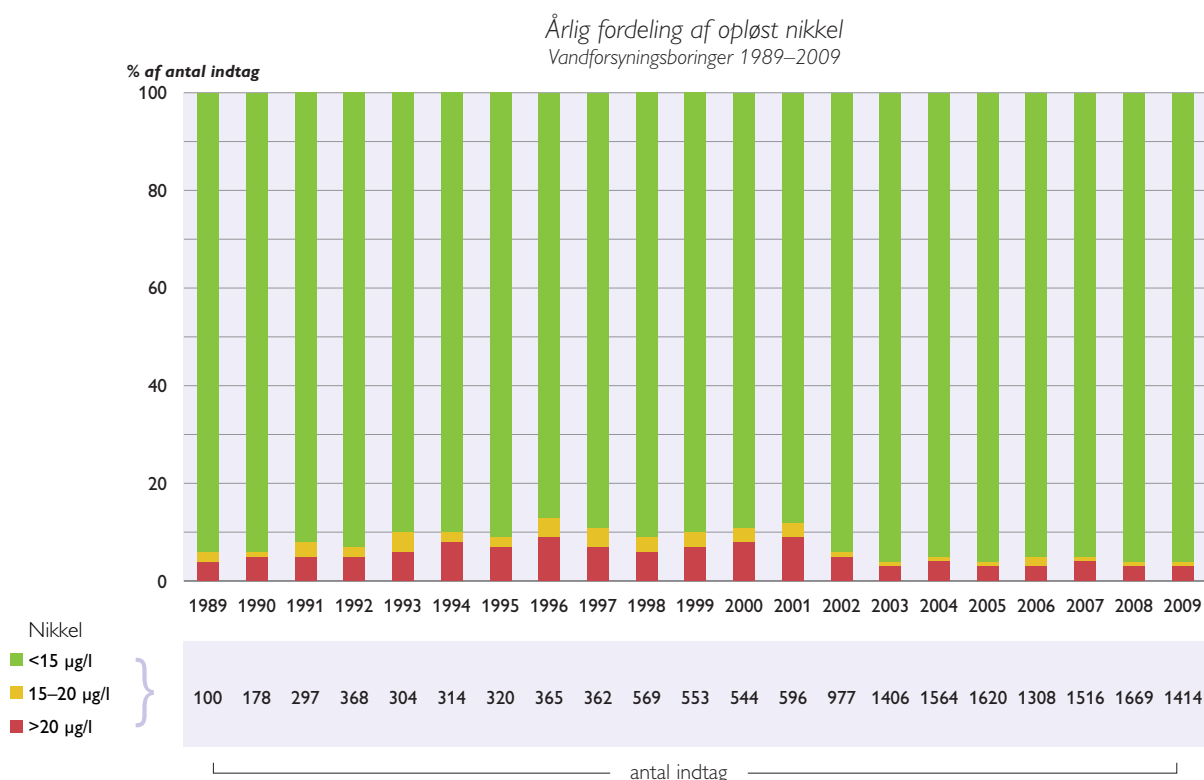
I perioden 2005 - 2009 er drikkevandskvalitetskravet på 1000 µg/l overskredet i 27 boringer centralt og syd for hovedstadsområdet. Det vejledende kvalitetskrav på 300 µg/l er overskredet i 422 boringer fordelt med hovedparten af boringerne omkring Århus og København og enkelte boringer på Grenen, øst for Esbjerg og på Sjælland, det nordvestlige Lolland og Møn. Langt de fleste overskridelser af det anbefalede kvalitetskrav forekommer i indtag i kalkbjergarter af kretasisk og nedre tertiær alder, men der forekommer også overskridelser i indtag i sandede og grusede aflejringer, især på Vestsjælland, hvor det må antages, at borholdigt grundvand trækkes op i smeltevandslagene fra underliggende palæocæne marine aflejringer som følge af vandindvinding. I Århus-området forekommer de fleste indtag med højt borindhold i kystnære indtag, som er etableret omkring kote 0 i begravede dale. Enkelte højersiddende indtag med højt borindhold forekommer tæt ved postglaciale marine aflejringer som f. eks. ved Kolindsund.

Nikkel

I perioden 2005 – 2009 er fundet overskridelser af drikkevandskvalitetskravet for nikkel på 20 µg/l i 64 borerer fordelt på 41 vandværker og på 26 kommuner. Hårdest belastet er Greve Kommune med 6 påvirkede vandværker og Varde Kommune med tre vandværker.

I 2009 er der fundet overskridelser af drikkevandskvalitetskravet i 27 borerer tilhørende 21 vandværker fordelt på 15 kommuner. De berørte kommuner er Frederiksberg, Brøndby, Glostrup, Albertslund, Høje Tåstrup, Hvidovre, Rødovre, Ishøj, Greve, Frederiksværk-Hundested, Faxe, Stevns, Varde og Vesthimmerland. Af de 27 borerer, som er analyseret i 2009, er indholdet af nikkel stigende i 17 borerer i kommunerne Frederiksberg (3), Brøndby (1), Albertslund (2), Hvidovre (1), Ishøj (1), Greve (1), Frederiksværk-Hundested (1), Faxe (1), Stevns (1), Varde (2) og Vesthimmerland (1).

Figur 20 viser den tidlige udvikling i det relative antal af indtag, som overskrider henholdsvis 75 % og 100 % af drikkevandskvalitetskravet. Der kan spores et aftagende antal indtag, der overskrider kvalitetskravet.

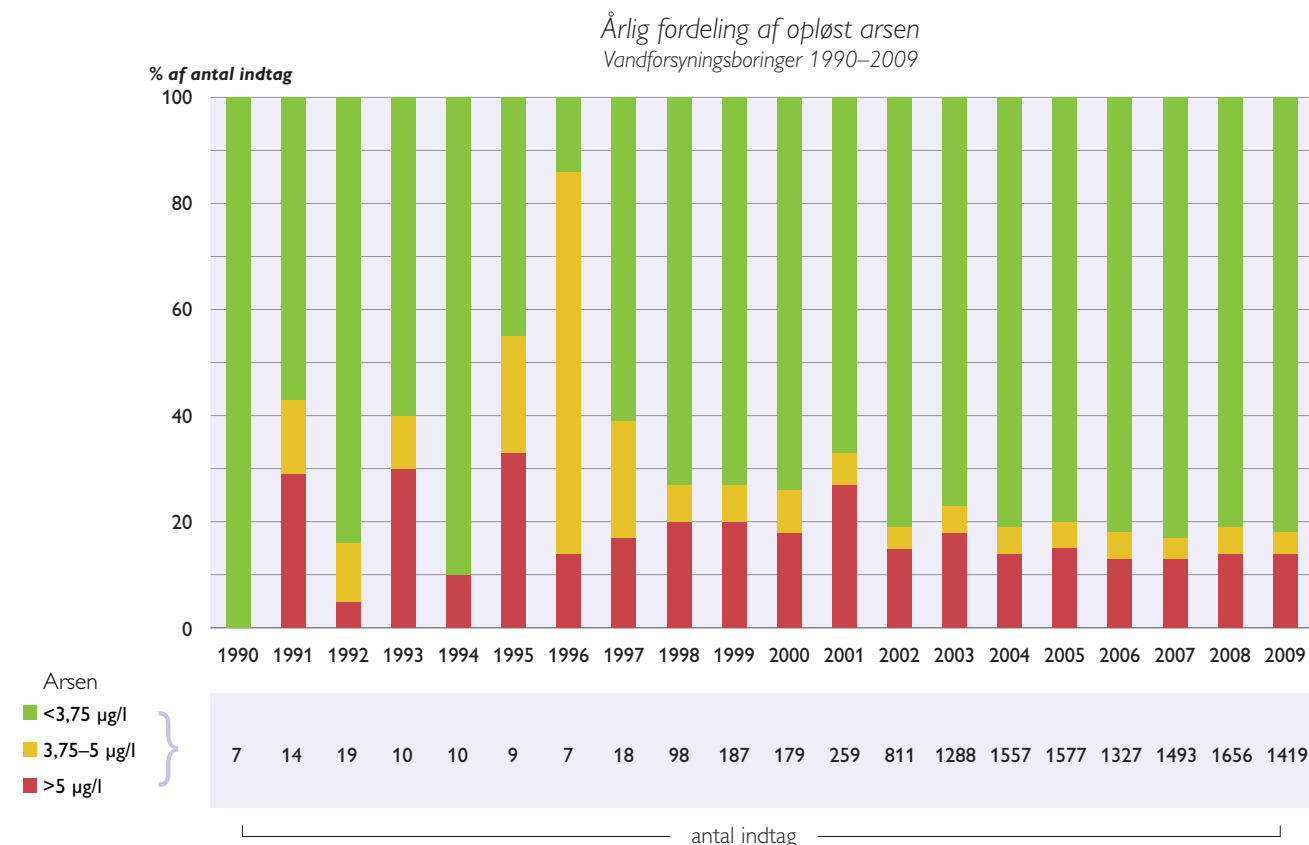


Figur 20. Den tidlige udvikling i antallet af indtag i vandværkernes boringskontrol, som overskrider henholdsvis 75 % og 100 % af drikkevandskvalitetskravet for nikkel. Er der flere målinger det samme år, er det årlige gennemsnit anvendt.

Arsen

Der er i det samlede datamateriale vedrørende boringskontrol konstateret overskridelse af drikkevandskvalitetskravet på 5 µg/l i 962 borerer fordelt på 485 vandværker og 70 kommuner. For 75 af borererne ligger målingen af overskridelsen før 2005, og der er ikke modtaget nyere analyser fra boreren. Det må derfor antages, at de 75 borerer er taget ud af drift før 2005.

I perioden fra 2005 til 2009 er der identificeret 792 drikkevandsindvindingsboringer, hvor drikkevandskvalitetskravet på 5 µg/l er overskredet én gang, og 214 boringer, hvor kravet er overskredet to eller flere gange. Figur 21 viser den tidlige udvikling i det relative antal af indtag, som overskrider henholdsvis 75 % og 100 % af drikkevandskvalitetskravet. Andelen af indtag, som overskrider kvalitetskravet er nogenlunde konstant, ca. 15 %.



Figur 21. Den tidlige udvikling i antallet af indtag i vandværkernes boringskontrol, som overskrider henholdsvis 75 % og 100 % af drikkevandskvalitetskravet for arsen. Er der flere målinger det samme år, er det årlige gennemsnit anvendt. Bemærk det lave antal analyser før 1998.

Tidsserier for udvalgte sporstoffer på vandværker og i overvågningsboringer.

På grund det store antal af forskellige sporstoffer er den tidlige udvikling for de uorganiske sporstoffer i henholdsvis GRUMO og vandværkernes boringskontrol vist i bilag 1 og 2.

Det årlige gennemsnit er sat i relation til drikkevandskvalitetskravet for det enkelte stof og er opdelt i tre grupper 1) mellem detektionsgrænsen og 75 % af drikkevandskvalitetskravet, 2) mellem 75 % og 100 % af drikkevandskvalitetskravet og 3) over drikkevandskvalitetskravet. Baggrunden for skillelinjen ved 75 % af drikkevandskvalitetskravet er Vandrammedirektivets Artikel 17, stk. 5 (EU 2000), i henhold til hvilken 75 % af den fastsatte kvalitetsstandard er udgangspunkt for indgreb, der kan vende en stigende tendens, såfremt stigningen skyldes antropogene aktiviteter. For hvert stof er udarbejdet et diagram, som viser den tidlige udvikling ved afbildning af det faktisk analyserede antal indtag samt et diagram, hvor de samme tal er normaliseret til 100 %.

Sammenfatning

Såvel resultaterne fra 2009 som den tidlige udvikling i indholdet af uorganiske sporstoffer i dansk grundvand viser, at der er iøjnefaldende mange boringer, hvor grundvandskvaliteten ikke kan overholde drikkevandskvalitetskravene for henholdsvis aluminium, arsen, bor, nikkel og til dels zink. Den tidlige udvikling, som den fremgår af bilag 1 og 2 viser også, at problemerne ikke er nye. Der kan spores en svag relativ forbedring for så vidt angår aluminium, nikkel og zink, en uændret situation for arsen og en negativ udvikling for bor.

Stigende indhold af uorganiske sporstoffer i grundvandet kan skyldes en række forskellige mekanismer gående fra rent naturlige processer til udelukkende antropogene påvirkninger. Forsuring er en naturlig proces, hvis hastighed og effekter accelereres af luftforurening med kvælstof og svovl. Forsuringen påvirker især aluminium, men også cadmium og andre tungmetaller kan opløses og udvaskes ved faldende pH.

Ikke-bæredygtig indvinding af grundvand, hvor der sker en sænkning af grundvandsspejlet, kan give tilførsel af atmosfærisk luft (Jensen, 2003), hvilket kan medføre iltning af tidligere reducerede jordlag. Herved kan indlejrede sulfid-mineraler som f. eks. bravoit og pyrit (Knudsen, 1997) iltes, og deres associerede indhold af især nikkel frigives til grundvandet. Ikke-bæredygtig indvinding af grundvand med større sænkning af grundvandsspejlet kan også medføre, at den ferske del af grundvandsressourcen udtyndes med indtrængning af saltvand til følge og dermed markant højere indhold af sporstoffer med høje koncentrationer i saltvand som f. eks. bor.

Udvaskning af oxiderende stoffer fra jordbunden som f. eks. nitrat kan medføre en udvikling svarende til tilførslen af atmosfærisk luft med efterfølgende frigivelse af f. eks. nikkel. Udbringning af gylle kan give anledning til udvaskning af tungmetaller til grundvandet. Er metallerne knyttet til vandopløselige organiske komplekser, vil de kunne udvaskes let og hurtigt. Det samme gælder antageligt spildevandsslam. Der deponeredes i 2005 57.018 tons spildevandsslam (opgjort på tør vægt) på landbrugsjord, i skovbrug, gartnerier, parker og private haver mv., med vægtede gennemsnitskoncentrationer på 9 mg arsen, 286 mg kobber og 689 mg zink pr. kg tørstof (MST, 2009).

Høje arsenindhold i grundvand stammer som udgangspunkt fra naturlige processer, (Larsen og Larsen, 2003) men indholdet kan påvirkes af den valgte pumpestrategi. Dermed bliver arsen et eksempel på et kemisk stof, som – ud over den årlige grundvandsdannelse - har indflydelse på fastsættelsen af størrelsen af den bæredygtige indvinding til drikkevand.

Referencer

Dansk lovgivning, vejledninger mv

Miljøministeriet 2007: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1449 11. december 2007 (Drikkevandsbekendtgørelsen)

Miljøstyrelsen, 2009: Spildevandsslam fra kommunale og private renselanlæg i 2005. Orientering fra Miljøstyrelsen, nr. 3, 2009.

Miljøministeriet 2010: Bekendtgørelse nr. 1022 af 25. august 2010 om miljøkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer eller havet.

Miljøstyrelsen 1994: Økotoxikologiske kvalitetskriterier for overfladevand. - Miljøprojekt nr. 250.

Miljøstyrelsen, 1995: Toksikologiske kvalitetskriterier for jord og vand - Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen 12/1995.

Miljøstyrelsen 1998: Oprydning på forurenede lokaliteter – Hovedbind. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 1998.

Miljøstyrelsen, 1999: Fjernelse af metaller fra grundvand ved traditionel vandbehandling på danske vandværker. Vandfonden. - Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 17/1999.

EU- direktiver

EU, 2000: Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastsættelse af en ramme for fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger. EFT L 327 af 22.12.2000. p. 1-72 og 10 bilag.

EU, 2006: Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelser. EFT L 327 af 22.12.2000. p. 1-72 og 10 bilag.

Andre referencer

Hultberg, H., 1988: Critical Loads for sulphur to lakes and streams, In: Nilsson, J. and Grenfeld, P. (eds): Critical loads of sulphur and nitrogen. Report from a workshop held at Skokloster, Sweden, 19.-24. marts 1988, Miljørapport 1988:15. Nordic Council of Ministers, København, pp 185-200.

Langtofte, C., 1994: Danske aflejrings sporelementindhold. En status. GEUS – DGU Datadokumentation nr. 7, 1994, 3. genoptryk.

Larsen, M.M., Bak, J. og Scott-Fordsmand, J., 1996: Monitoring af tungmetaller i danske dyrknings- og naturjorde. Faglig rapport fra DMU, nr. 157.

Adriano, D. C, 2001: Trace elements in terrestrial environments (2. edition). Springer Verlag.

Fyns Amt, 2002: Miljøfremmede stoffer i flydende husdyrgødning.

Jensen, T. F. m.fl. , 2003: Nikkelfrigivelse ved pyritoxidation forårsaget af barometerånding. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 5, 2003.

Knudsen, C., 1997: Nikkel og Fluor i grundvand. Kildeopsporing i Roskilde og Storstrøms amter. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, Rapport 1997/115.

Larsen, C.L. og Larsen, F., 2003: Arsen i danske sedimenter og grundvand. Vand og Jord 10. årgang nr. 4, side 147-151.

Larsen, F., Kjøller, C. og Gram, M., 2009: Arsen i dansk grundvand og drikkevand – Bind 1: Arsen i dansk grundvand. By- og Landskabsstyrelsen, 2009.

Links:

By og Landskabsstyrelsen Vandplan, 2010: Udkast til Vandplan, Hovedvandopland 1.10, 2010.

http://www2.blst.dk/publikationer/vandplanforslag/1_10_VadehavVand.pdf

6 Organiske mikroforureninger

Overvågningen af organiske mikroforureninger omfatter et stort antal miljøfremmede stoffer, der anvendes bredt i det moderne samfund. Overvågningsprogrammet for grundvand (GRU-MO) omfatter for hver 6-års programperiode et antal udvalgte stoffer. De øvrige målinger, som blandt andet fremkommer gennem vandværkernes boringskontrol, er i et vist omfang baseret på erkendte risici for forurening af grundvandet gennem anvendelse af givne stoffer inden for det enkelte vandværks indvindingsopland. En række af de analyserede klorerede eller bromerede forbindelser kan dannes i naturen i lave koncentrationer (Albers, 2010). Det er ikke vurderet meningsfuldt at lave en indikatorbaseret rapportering af de organiske mikroforureninger, idet de har meget forskellige kemiske egenskaber, anvendelser og forekomst (MST, 1996). Dertil kommer de meget forskellige detektionsgrænser og drikkevandskvalitetskrav.

Målsætning

Der er udarbejdet sundhedsmæssigt baserede kvalitetskriterier for en række udvalgte stoffer for kroniske, men ikke for akutte effekter (MIM, 2007). I henhold til EU's Vandrammedirektiv, artikel 7, stk. 3 (EU; 2000) må grundvandets indhold af forurenende stoffer ikke øges, således at videregående vandbehandling bliver nødvendig.

Grundvandet må heller ikke påvirke overfladevand og terrestriske økosystemer med disse stoffer i en sådan grad, at målsætningerne for disse ikke kan overholdes. Til dette formål skal der i henhold til Grundvandsdirektivet fastsættes en (eller flere) nationale tærskelværdier for de enkelte stoffer (EU, 2006). Danmark har besluttet, at tærskelværdierne for grundvand skal svare til drikkevandskvalitetskriterierne (BLST, 2010).

Relevans

Organiske mikroforureninger er med få undtagelser miljøfremmede stoffer med skadelige effekter for mennesker og økosystemer. Da følsomheden over for disse stoffer kan variere overordentligt meget fra art til art, fx planter, insekter, mennesker og fisk vil der optræde kvalitetskrav og tålegrænser på meget forskellig koncentrationsniveau fra stof til stof og fra problemstilling til problemstilling. I forbindelse med vandplanerne og anden miljøforvaltning er der et meget stort vidensbehov på dette område. Forurening af grundvandet med miljøfremmede stoffer fra punktkilder og kendte forurenede grunde administreres via jordforureningsloven, der afrapporteres af Miljøstyrelsen (MST, 2009).

Mulige kilder til de organiske mikroforureninger

I det følgende gennemgås nogle mulige kilder til en grundvandsforurening med de 7 forskellige grupper af stoffer, som indgår i NOVANA-programmet.

Aromatiske kulbrinter

Kilderne til de aromatiske kulbrinter (fx benzen) kan være fyld- og lossepladser, olie- og benzinanlæg, asfalt og tjærevirksomheder samt gasværker.

Fenoler

Tjære indeholder ca. 10 % fenoler og er hermed en potentiel kilde til forurening med fenoler. Tjæreforureninger stammer blandt andet fra gasværker og steder, hvor tjære er blevet anvendt i produktionen (asfalt), eller hvor tjæreaffald er blevet deponeret (lossepladser), samt pladser som har været anvendt til tjæring af fiskenet. Fenol og methylfenoler kan dannes ved nedbrydning af naturligt organisk stof. Ifølge (MST 1995) er indholdet af fenol i kvæg- og svinegødning henholdsvis 31 og 26 mg pr. kg vådvægt. Simple alkylfenoler kan også fremkomme under nedbrydning af nonylfenoler.

Nonylfenoler

I de seneste år har der været stor fokus på hormonlignende stoffers forekomst i miljøet, og nonylfenolerne er en af de grupper, som har været diskuteret i denne sammenhæng. Nonylfenoler i miljøet stammer primært fra nedbrydning af nonylfenoethoxylater, som blandt andet findes i vaskemidler og rengøringsmidler. Brugen af nonylfenoethoxylater ophørte dog i 1989 (MST, 1991).

Halogenerede alifatiske kulbrinter

Kilderne til de halogenerede alifatiske kulbrinter (fx tetraklorkulstof) kan fx være fyld- og lossepladser, farve- og lakindustri, galvanisering, benzinanlæg og kemisk tøjrensning. Stoffet vinylklorid er et nedbrydningsprodukt fra de klorerede kulbrinter. Vinylklorid kan mineraliseres direkte eller nedbrydes til ethan via ethen (Albrechtsen og Bjerg, 2000). Da omsætningshastigheden af vinylklorid i grundvandsmagasinerne formodentligt er mindre end for de øvrige klorerede kulbrinter, må det antages, at der på længere sigt vil ske en opkoncentrering af vinylklorid i de grundvandsmagasiner, der i dag er forurenet med klorerede kulbrinter. Visse af de enkleste halogenerede kulbrinter kan endelig optræde naturligt i grundvand i lave koncentrationer. (Jacobsen O.S. et al 2007)

Klorfenoler

Kilderne til klorfenoler er primært produktion af pesticider og uhensigtsmæssig deponering af affald fra produktionen. Klorfenoler optræder blandt andet som tekniske urenheder i forbindelse med fremstilling af klorfenoxy-syrerne; disse har gennem mange år været anvendt i store mængder som ukrudtsmidler. Ved nedbrydning af klorfenoxy-syrerne kan der blandt andet dannes klorfenoler. Fremstilling af træimprægneringsmidler (der reelt er pesticider rettet mod skimmel og svamp) kan også være en kilde til forurening med klorerede fenoler. Eksempelvis har pentaklorfenol i perioden 1956 til 1979 været anvendt til træimprægnering i mængder på op til 4.300 kg/år.

Phthalater (blødgørere)

Blødgøreren dibutylphthalat (DBP) forekommer blandt andet i trykfarver, maling, udfyldningsmidler, opløsningsmidler, hærdere, metaloverfladebehandlingsmidler, bindemidler, gulvbelægningsmaterialer og isoleringsmaterialer. DBP er altså et stof, som forekommer i mange forbindelser, og dets fysiske/kemiske egenskaber medfører, at de er hyppigt forekommende i miljøet, i laboratorieudstyr o.l. Det er derfor meget svært at undgå et vist baggrundsniveau i forbindelse med analyser af DBP.

Detergenter

Detergenter kan dannes naturligt, men de typer af detergenter, som analyseres i overvågningsprogrammet, stammer primært fra vaske- og rengøringsmidler. Stofferne kan muligvis også stamme fra overfladeaktive stoffer, som tilsættes ved opblanding af pesticider før udsprøjtning.

Ætere

MTBE er et hjælpestof, som kan tilsættes benzin for at øge oktantallet og fremme forbrændingen i motoren. Siden 2000 har det ikke været anvendt i Danmark i oktan 92 og 95 benzin. (www.oliebranchen.dk)

Grundvandsovervågning

Datagrundlag

Der er i grundvandsovervågningen i perioden 1998 – 2009 gennemført analyse for organiske mikroforureninger i ca. 500 forskellige indtag pr. år. Det enkelte indtag prøvetages ikke hvert år, og antallet af analyserede indtag varierer fra 25 til 810 for et enkelt år.

GRUMO 1998 -2009 (gennemsnit pr. år)	Indtag med analyse		Indtag med fund		Indtag med fund > 3 x det. grænse		Indtag med fund over drikkevandskvalitetskravet ¹⁾	
	antal		antal	%	antal	%	antal	
Samlet 1998-2003	738		484	66	354	48	41	
Samlet 2004-2009	941		390	42	264	28	44	
GRUMO 1998 -2009								
GRUMO 1998 -2009	Indtag med analyse		Indtag med fund		Indtag med fund > 3 x det. grænse		Indtag med fund over drikkevandskvalitetskravet ¹⁾	
	antal		antal		antal		antal	
	1998-2003	2004-2009	1998-2003	2004-2009	1998-2003	2004-2009	1998-2003	2004-2009
Aromatiske kulbrinter	719	921	240	208	134	130	0	0
Halogenerede alifatiske kulbrinter	721	923	132	156	70	74	16	18
Hormonforstyrrende stoffer ²⁾	629	914	31	75	21	36	0	6
Fenol+metylfenoler	724	904	119	96	22	20	7	3
Klorfenoler ³⁾	735	919	29	27	5	4	15 ⁴⁾	14
<p>1) Der er kun medtaget stoffer for hvilke der er fastsat kvalitetskravet for drikkevand i denne kolonne. Den er derfor ikke umiddelbart sammenlignelig med de øvrige kolonner</p> <p>2) nonylfenoler (blandede isomere), dibutylphthalat, di(2-ethylhexyl)phthalat, di-isononyl-phthalat, samt nonylfenol-mono- og di-ethoxylater</p> <p>3) Klorfenolerne er analyseret sammen med pesticiderne 1998-2003. Derfor er der udført særlig mange af disse analyser</p> <p>4) Stoffet pentaklorfenol er analyseret med en detektionsgrænse som er lig med drikkevandskvalitetskriteriet. Derfor optræder der et større antal overskridelser end der er analyseresultater, som er større end 3 gange detektionsgrænsen.</p>								

Tabel 4. Oversigt over indtag, der er analyseret for de organiske mikroforureninger i grundvandsovervågningen i perioden 1998-2009 svarende til to programperioder.

Tilstand, udvikling og årsager

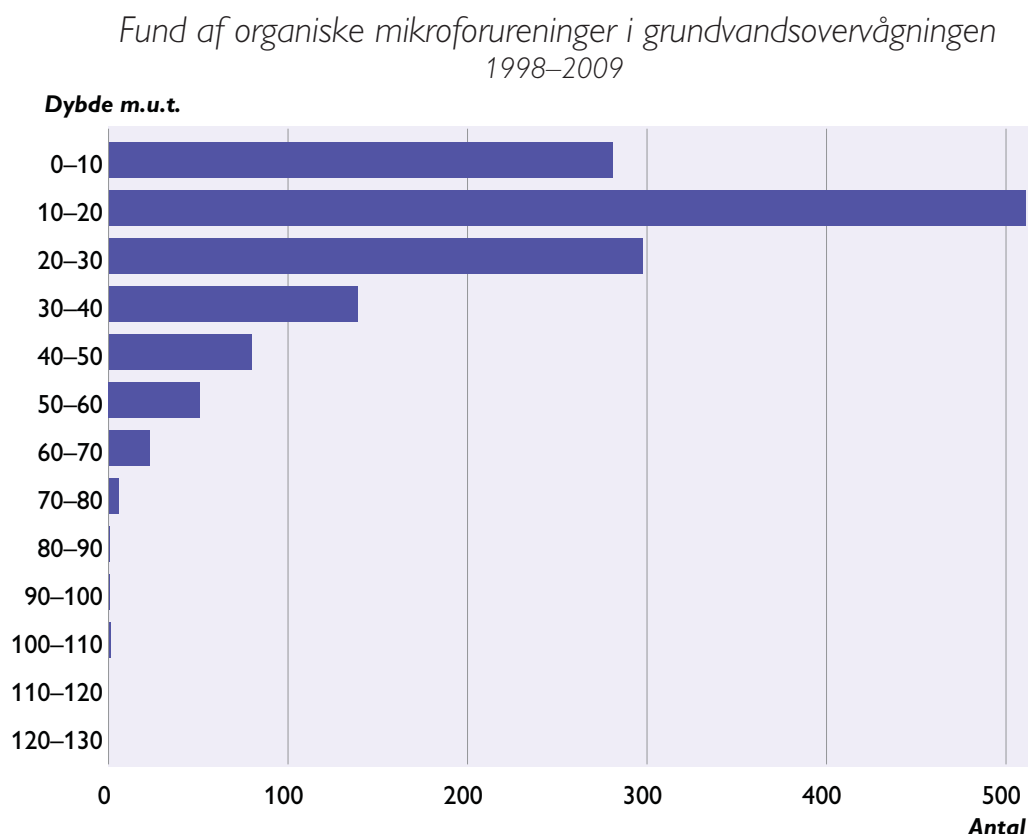
Det er karakteristisk for fundene i GRUMO, at koncentrationen ofte er lav, dvs. på eller sommetider under den detektionsgrænse (det. grænse), som var grundlaget for Miljøstyrelsens udpegning af laboratorierne, samt at antallet af genfund er forholdsvis beskedent. Risikoen for falske positive er relativt stor ved så lave koncentrationer, og som tommefingerregel anvendes

des derfor ofte den antagelse, at koncentrationen i analysen bør være mindst 3 gange højere end detektionsgrænsen for at risikoen for falske positive er på et acceptabelt lavt niveau (www.BLST.dk: Krav til kvalitetsikring af kemiske analyser i NOVANA)

Det fremgår af tabel 4, at antallet af fund af de "traditionelle" forurenende stofgrupper – aromatiske kulbrinter, halogenerede alifatiske kulbrinter, fenol og klorfenol er nogenlunde konstant. Til gengæld optræder de hormonforstyrrende stoffer nu betydeligt hyppigere end tidligere. Hormonforstyrrende stoffer omfatter i denne sammenhæng stofferne nonylfenoler (blandede isomere), dibutylphthalat, di(2-ethylhexyl)phthalat, di-isononyl-phthalat, samt nonylfenol- mono- og di-ethoxylater. En medvirkende årsag til det ændrede billede kan være, at antallet af terrænnære indtag er markant forøget fra første til anden programperiode.

Dybdefordeling af organiske mikroforureninger i GRUMO-programmet

Figur 22 viser den dybdemæssige fordeling for top af indtag med prøver med fund af organiske mikroforureninger inden for GRUMO-programmet i perioden 1998 – 2009. De dybest beliggende fund er gjort i overvågningsområdet Brande, hvor der er fundet tetrakloretylen i en dybde af 105 meter under terræn. Fundene er gjort i 1999, hvor der også blev gjort fund af triklorometan (kloroform), og i 2003. Der er ikke gjort fund i det overliggende indtag i 84 m.u.t.



Figur 22. Dybdefordeling af top af indtag i meter under terræn for prøver med indhold af organiske mikroforureninger i GRUMO-programmet.

I overvågningsområdet Grindsted er der gjort et enkeltstående fund af dibutylphthalat i 2008 i en dybde af 94 m.u.t. Alle de dybe fund må betragtes som sikre, da koncentrationen er mere end 3 gange højere end detektionsgrænsen.

Tabel 5 viser fund % afhængig af dybden. Bemærk, at der selv ret dybt under terrænen er en meget høj andel af filtre med fund.

GRUMO. Fund af organiske mikroforureninger som % af analyserede indtag 1998 - 2009				
Dybdeinterval (meter u. terræn)	Antal indtag analyseret	Indtag med fund	Indtag med fund > 3 x det. græn- se*	Indtag med fund > 3 x DL. ¹⁾ i % af analyserede indtag
0 - 10	240	154	103	43 %
10 - 20	361	228	159	44 %
20 - 30	131	121	89	68 %
30 - 40	122	79	46	38 %
40 - 50	73	45	30	41 %
50 - 60	42	27	18	43 %
60 - 70	25	13	9	36 %
70 - 80	5	4	3	60 %
80 - 90	5	0	-	-
90 - 100	3	1	1	33 %
100 - 110	4	1	1	25 %

*DL. = detektionsgrænse

Tabel 5. Sikre fund (> 3x DL) af organiske mikroforureninger som % af analyserede indtag i GRUMO-programmet 1998 – 2009.

Vandværkernes egenkontrol af indvindingsboringer

Datagrundlag

Resultaterne fra vandværkernes boringskontrolanalyser indberettes til den fællesoffentlige database JUPITER ved GEUS med en virksomhedskode, der angiver, at det indvundne vand skal anvendes til drikkevandsproduktion. Virksomhedskoderne bliver ikke nødvendigvis opdateret, når borerne ændrer formål/anvendelse. Det betyder i praksis, at der i JUPITER kan være registreret borer med høje koncentrationer af organiske mikroforureninger, som ikke længere leverer drikkevand, se kap. 2 – Indledning, samt kap. 7 – Pesticider. Ved henvendelse til de pågældende vandværker viser det sig ofte, at borerne aktuelt anvendes som afværgeboringer, eller at de er sat i bero for at beskytte en nærliggende drikkevandsressource.

Tilstand, udvikling og årsager

Der er indberettet analyser af organiske mikroforureninger fra i alt 2.695 vandværker for perioden 2005 til og med 2009. I perioden er der udført analyser af 138 forskellige stoffer i et antal, der varierer fra 1 analyse til 6.803 analyser (2,4-diklorfenol). Der er gjort fund af i alt 57 stoffer varierende fra 1 fund til 469 fund (trikloretylen). Fundene er fordelt på 508 vandværker.

Stofgruppe	Stof/stoffer	Beliggenheds-kommune	Anlæg	Bemærkninger
Flygtige organiske opløsningsmidler				
	Tetrakloretylen	Ishøj Hvidovre Rødovre Hjørring	Thorsbro (Solhøj) Hvidovre VV Rødovre VV Hirtshals VV	svagt faldende stærkt stigende stabilt svagt faldende - lavt
	Triklloretylen	Høje Tåstrup Frederiksberg Frederiksberg Solrød Tårnby Herning Hjørring	Thorsbro (Tåstrup) Frederiksberg VV Frederiksberg VV Solrød VV Tårnby VV Ørnhøj VV Hirtshals VV	varierende varierende varierende stabilt stærkt svingende stigende stigende – meget højt
	Dikloretylen	Frederiksberg Frederiksberg Hvidovre Gladsaxe Rødovre Tårnby	Frederiksberg VV Frederiksberg VV Hvidovre VV Søborg VV Rødovre VV Tårnby VV	stabilt stabilt stabilt (lavt) varierende faldende stigende
	Vinylklorid	Frederiksberg Tårnby Hjørring	Frederiksberg VV Tårnby VV Hirtshals VV	varierende stigende stabilt (5 x kvalitetskrav)
	Tetraklormetan	Hjørring	Bagterp VV	faldende
	Dikloretan	Frederiksberg Frederiksberg Hjørring	Frederiksberg VV Frederiksberg VV Hjørring VV	varierende varierende stærkt stigende
	Dietylæter	Tårnby	Tårnby VV	stigende
Olierelaterede stoffer				
	Olie	Kerteminde	Mesinge VV	stigende
	MTBE	Hjørring Svendborg	Bagterp VV Gruppemølleværket	varierende varierende
	Benzen	Esbjerg	Gørding VV	varierende – meget højt
	Etylbenzen	Viborg Hjørring	Viborg Vand – Nord Bagterp VV	stigende stigende – meget højt
	Fenol	Hillerød Helsingør	Kbh. Energi Helsingør VV	stærkt stigende stabilt – meget højt
	Metylfenol	Helsingør	Helsingør VV	stigende
	4 klor, 2 metylfenol	Næstved	Karrebæktorp VV	stigende

Tabel 6. Boringskontrol - organiske mikroforureninger. Gentagne overskridelser af kvalitetskrav for drikkevand i vandværkernes egenkontrol.

Medtages alene analyseresultater, som er mere end 3 gange større end den mest anvendte detektionsgrænse, reduceres antallet af berørte vandværker til 233. For 25 stoffer er der fundet koncentrationer, der overskrider drikkevandskvalitetskravet ved afgang fra vandværk varierende fra 1 overskridelse til henholdsvis 97 for tetrakloretylen og 104 for trikloretylen. På tredjapladsen kommer cis-1,2-dikloretylen med 30 overskridelser. Overskridelserne er fordelt på 41 anlæg. På 52 anlæg forekommer der i en eller flere boringer overskridelse af 75 % af drikkevandskravene, som er EU' s (Vandrammedirektivet) grænse for, hvornår der skal iværksættes foranstaltninger med henblik på at nedbringe en forurening.

Overskridelserne fordeler sig groft set i to grupper: En gruppe bestående af en lang række enkeltstående overskridelser af et enkelt stof på et enkelt anlæg, herunder bl.a. naftalen, toluen, 2,4-diklorfenol, kloroform, olieprodukter, C10-C25-kulbrinter C25-C35-kulbrinter, benz-a-pyren, anioniske detergenter og DEHP, og en anden gruppe bestående af talrige overskridelser over længere tid.

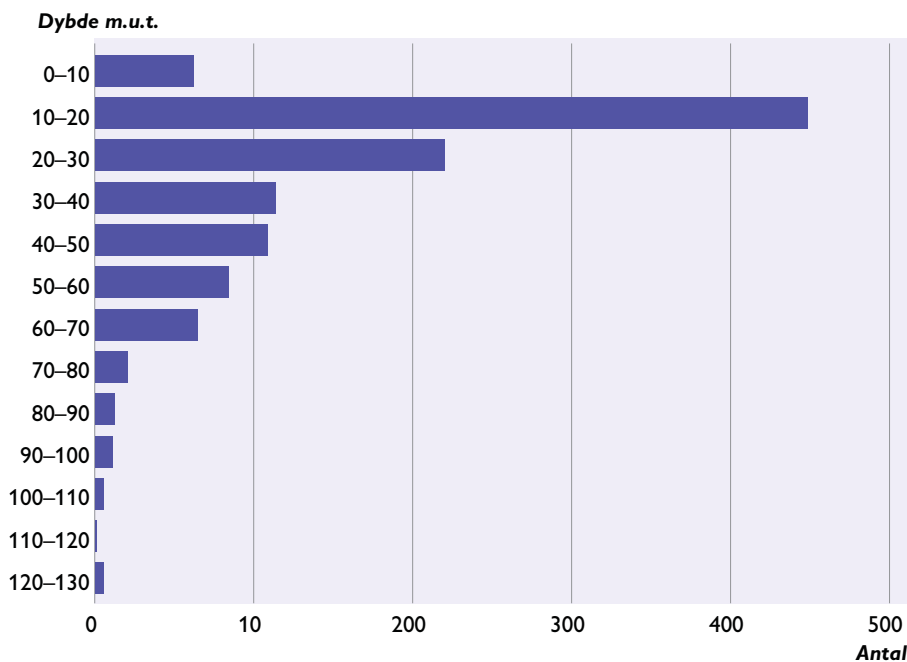
Den anden gruppe omfatter især flygtige alifatiske opløsningsmidler, herunder de velkendte "renserigrunde"-stoffer og en mindre gruppe af olierelaterede påvirkninger. Stofferne, beliggenhedskommunerne og de berørte anlæg fremgår af tabel 6.

Der er konstateret overskridelse af kvalitetskravet for trikloretylen helt ned til 120 – 132 meter under terræn, og mange forurenede indtag ligger på dybder ned til 75 meter under terræn.

Dybdefordeling af organiske mikroforureninger i boringskontrollen 2005 – 2009

I figur 23 er vist den dybdemæssige fordeling af boringskontrolprøver, som har indeholdt fund af organiske mikroforureninger 2005 – 2009. Der er gjort, hvad der må betegnes som sikre fund, i adskillige indtag dybere end 100 meter under terræn.

*Fund af organiske mikroforureninger i vandforsyningsboringer
2005–2009*



Figur 23. Dybdefordeling af overkant af indtag i meter under terræn for grundvandsprøver med indhold af organiske mikroforureninger i perioden 2005 til 2009 fra vandværkernes boringskontrol.

På Arnborg Vandværk i Herning Kommune er der fundet toluen i 128 m.u.t. I samme kommune er der fundet triklorethylen i 120 m.u.t. på Ørnhøj Vandværk og anioniske detergenter i 100 m.u.t. på Snebjerg Vandværk. Indholdet af triklorethylen på Ørnhøj Vandværk repræsenterer en overskridelse af kvalitetskravet for drikkevand med en faktor 3. Det første fund i indtaget i 120 m.u.t blev gjort i 2002, og der er efterfølgende gjort fund i 2003, 2004 og 2005. I samme boring er der gjort sikre fund af triklorometan og dikloretylen i et overliggende indtag i 84 m.u.t. I dette indtag overskrider indholdet af triklorethylen drikkevandskvalitetskravet i 2003, 2004 og 2005.

I tabel 7 er oplysninger om fund og dybder sat i relation til antallet af analyserede indtag.

Boringskontrol. Fund af organiske mikroforureninger som % af analyserede indtag 2005-2009				
Dybdeinterval	Indtag analyseret	Indtag med fund	Indtag med fund > 3 x DL.*	Indtag med fund
0 - 10	116	22	19	16 %
10 - 20	689	104	80	12 %
20 - 30	1010	112	82	8 %
30 - 40	948	72	60	6 %
40 - 50	780	66	45	6 %
50 - 60	550	41	29	5 %
60 - 70	369	25	21	6 %
70 - 80	234	19	10	4 %
80 - 90	130	11	9	7 %
90 - 100	94	10	6	6 %
100 - 110	55	6	4	7 %
110 - 120	27	1	1	4 %
120 - 130	35	5	4	11 %

*DL. = detektionsgrænse

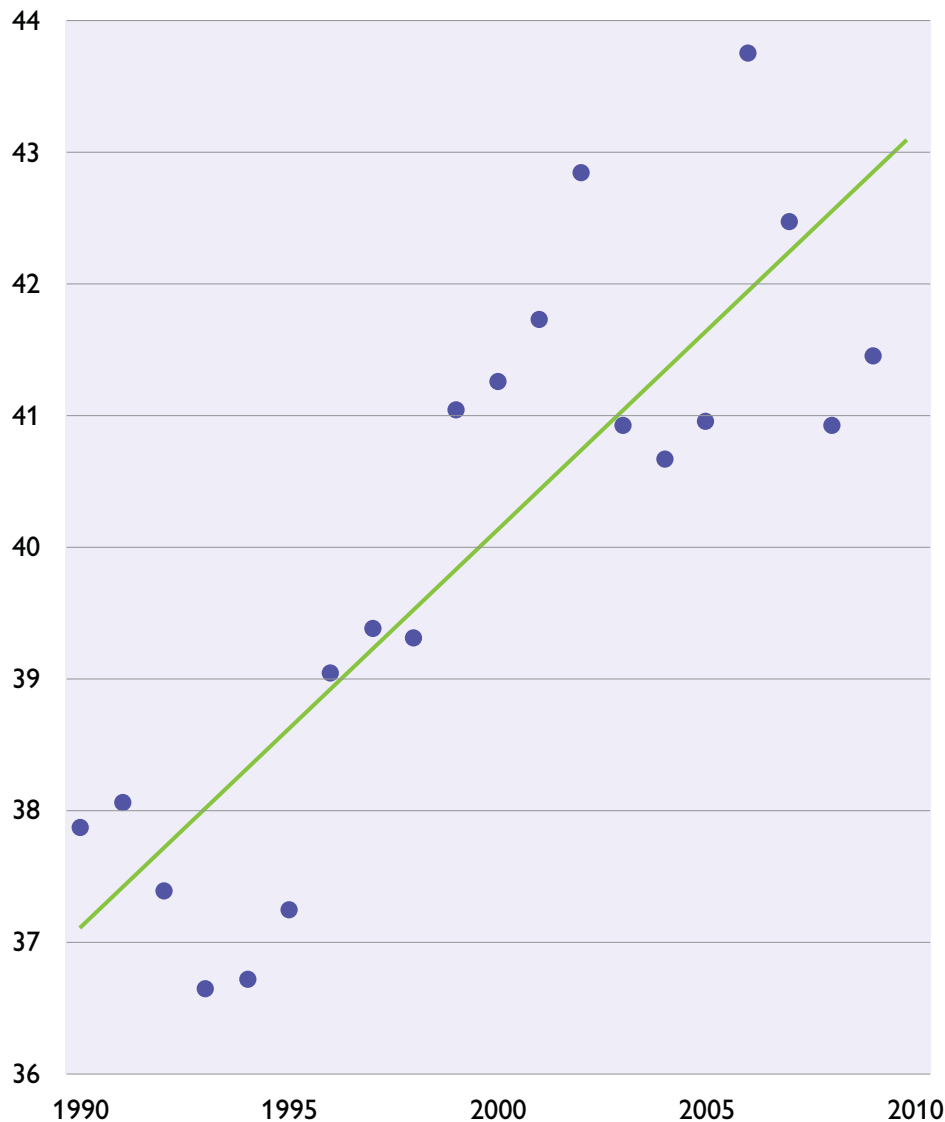
Tabel 7. Sikre fund af organiske mikroforureninger som % af analyserede indtag i vandværkernes boringskontrol 2005 - 2009

Den tidlige udvikling i funddybden

Figur 24 viser det årlige gennemsnit af dybden (i meter under terræn) til toppen af indtag med fund af organiske mikroforureninger i vandværkernes indvindingsboringer for perioden 1990 til 2009. Det fremgår af figur 24, at gennemsnitsdybden for indtag med fund af organiske mikroforureninger i perioden er steget fra ca. 37 meter under terræn til ca. 43 meter under terræn. Figuren viser, at såvel fortidens som nutidens synder påvirker grundvandet til større og større dybde og dermed gradvist reducerer mængden af uforurenet grundvand, som let og billigt kan indvindes til drikkevandsformål. Den stigende nedtrængningsdybde bør ses i sammenhæng med, at grundvand under en vis lokal eller regional dybde ikke er anvendeligt til drikkevandsformål af en række forskellige årsager som f. eks. forekomsten af klorid, bor, arsen eller opløste humusstoffer (brunt vand) mv.

*Fund af organiske mikroforureninger
Vandforsyningsboringer 1990–2010*

Gennemsnitsdybde i m under terræn



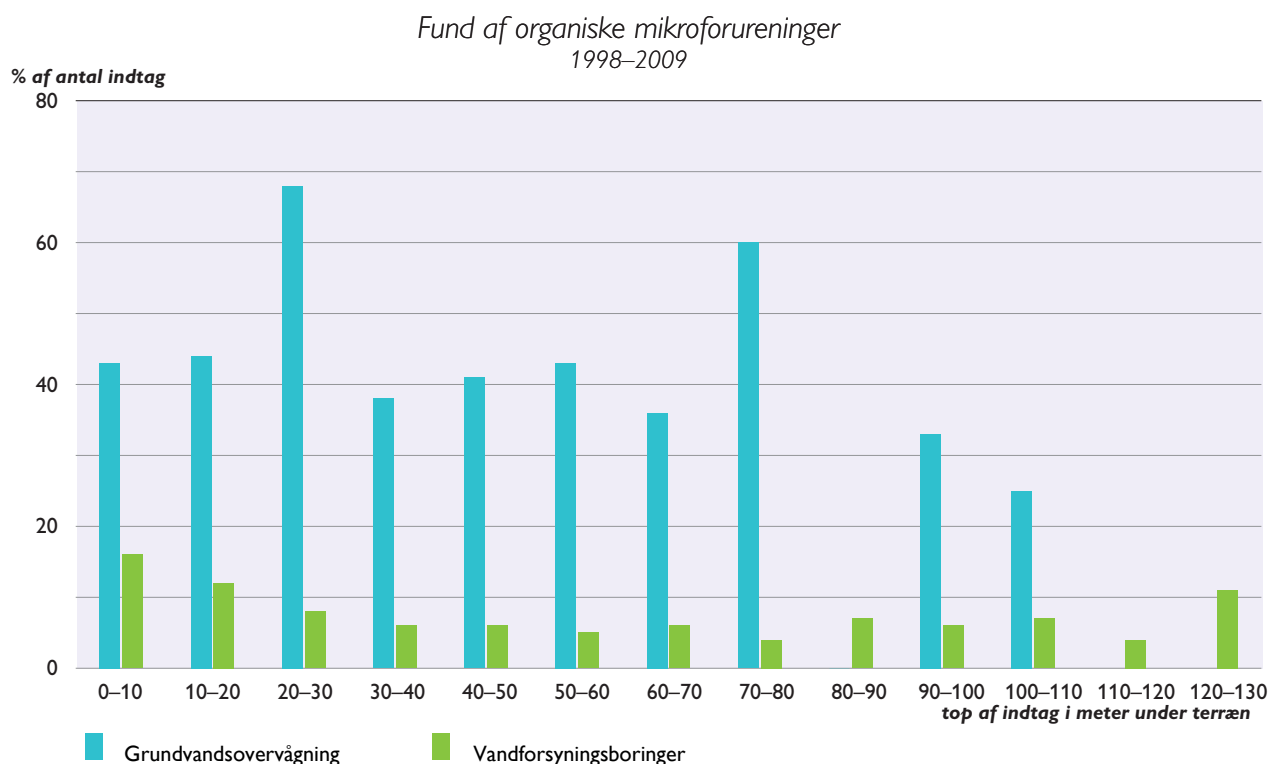
Figur 24. Udviklingen i gennemsnitsdybden for fund af organiske mikroforureninger i vandværkernes boringskontrol i perioden 1990 til 2009.

Sammenfatning om organiske mikroforureninger

Sammenfattende viser de mange fund, at der i et moderne industrialiseret samfund med en bred anvendelse af miljøfremmede stoffer ofte forekommer spild af mindre mængder, uden at det er muligt efterfølgende at fastslå kilden. De lave koncentrationer, få genfund og genfund over en kortere årrække viser, at en betragtelig del af disse mindre mængder omsættes af mikroorganismer, primært i jorden og i langsommere tempo også i grundvandsmagasinerne. Nogle tilfælde af overskridelser i boringskontrollen viser modsat også, at når en massiv forurening først er etableret, varer det meget længe, inden den forsvinder igen, og den kan trænge dybt ned i det, der ellers betragtes som en reserve af rent grundvand.

I lighed med tidligere udgør "renseri-stofferne" trikloretylen og tetrakloretylen og deres omdannelsesprodukter fortsat et problem i en lang række kommuner. Også følgevirkningerne af den samfundsmæssige brug af benzin og olie-relaterede stoffer sætter sit præg på grundvandets kvalitet i en lang række kommuner. Etylbenzen, benzen, samt olieprodukter, uspecificeret, og MTBE er således fundet i koncentrationer, der overskrider kvalitetskravene i 12 kommuner.

Figur 25 viser en sammenstilling af omfanget af sikre fund (>3 x detektionsgrænsen) af organiske mikroforureninger i henholdsvis GRUMO og Boringskontrollen. Figuren viser – i lighed med stoffer som nitrat og pesticider – at idet vandværkerne i stor udstrækning lukker indvindingsboringer som er forurenede, vil de vise en lavere påvirkning end de permanente indtag i GRUMO-programmet, der således giver et mere retvisende billede af grundvandets tilstand.



Figur 25. Fordeling med dybde for indtag med sikre fund af organiske mikroforureninger som procent af alle analyserede indtag i henholdsvis GRUMO-programmet (1998 – 2009) og i boringskontrollen (2005 – 2009).

Referencer

Dansk lovgivning, vejledninger mv

Miljøministeriet 2007: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1449 11. dec. 2007 (Drikkevandsbekendtgørelsen).

Miljøstyrelsen 1991: Overfladeaktive stoffer – spredning og effekter i miljøet. - Miljøprojekt nr. 166.

Miljøstyrelsen, 1995: Toksikologiske kvalitetskriterier for jord og vand - Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen 12/1995.

Miljøstyrelsen, 1996: Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand - Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen 20/1996.

Miljøstyrelsen, 2009: Redegørelse om jordforurening 2007. Redegørelser fra Miljøstyrelsen nr. 1, 2009.

EU- direktiver

EU, 2000: Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastsættelse af en ramme for fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger. EFT L 327 af 22.12.2000. p. 1-72 og 10 bilag. (Vandrammedirektivet)

EU, 2006: Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelser. EFT L 327 af 22.12.2000. p. 1-72 og 10 bilag. (Grundvandsdirektivet)

Andre referencer

DMU, 2009 Kvalitetssikring af kemiske analyser i NOVANA.

Albretchen, JH., og Bjerg, B.L., 2000: Nedbrydning i grundvandsmiljøer. – Kemiske stoffer i miljøet (red. Helweg, A.)

Albers, Christian Nyrop, 2010: Natural halogenated compounds in forest soils: formation, leaching, emissions and spatiotemporal patterns of chloroform and related compounds, Rapport /De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmarks og Grønland; 2010:17, 1 bd. (flere pag.), Ph.d. afhandling, Roskilde Universitet 2010

Jacobsen, O.S., Laier, T., Juhler, R.K., Kristiansen, S.M., Dichmann, E., Brinck, K., Juhl, M.M, Grøn, G. 2007: Forekomst og naturlig produktion af chloroform i grundvand. BLST, 2007 120 pp.

Links:

By og Landskabsstyrelsen Vandplan, 2010: Udkast til Vandplan. Hovedvandområde 1.10 Forhøring, januar 2010.

http://www2.blst.dk/publikationer/vandplanforslag/1_10_VadehavVand.pdf

<http://www.blst.dk/Overvaagning/NOVANA/Programbeskrivelse+del+3/Kemiske+analyser/>

www.oliebranchen.dk

7 Pesticider

Indledning

I grundvandsovervågningen analyseres der for 21 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter fordelt på 10 aktivstoffer og 11 nedbrydningsprodukter. Enkelte indtag er dog i 2009 også analyseret for andre stoffer se tabel 12, 13 og bilag 3. I vandværkernes kontrol af indvindingsboringer indgår 23 obligatoriske stoffer, men ofte analyseres der for flere. De pesticider, der indgår i grundvandsovervågningsprogrammet ses i tabel 8.

I grundvand kan pesticider og disses nedbrydningsprodukter stamme fra erhvervsmæssig brug af pesticider i skov- og jordbrug samt fra privates anvendelse i haver og anlæg samt ukrudtsbekæmpelse på befæstede arealer i byområder. Dertil kommer udvaskning fra spild og andre punktkilder fx vaskepladser, der kortlægges og overvåges særskilt i forbindelse med jordforureningsloven (MST, 2009).

Målsætning

Pesticider og nedbrydningsprodukter bliver ikke tilbageholdt eller nedbrudt ved traditionel vandbehandling på de danske vandværker. Ifølge Vandrammedirektivet må grundvands indhold af disse stoffer ikke øges, således at videregående vandbehandling bliver nødvendig for drikkevandsproduktionen. Pesticidindholdet i drikkevand og grundvand må ikke overstige 0,1 µg/l for enkeltstoffer af pesticider og relevante nedbrydningsprodukter, mens summen af enkeltstoffer ikke må overstige 0,5 µg/l (EU, 2000 og 2006).

I Danmark er sumværdien næsten aldrig i anvendelse, idet der i boringer med et samlet pesticidindhold over sumværdien altid er mindst ét stof, der overskrider drikkevandskvalitetskravet på 0,1 µg/l. Kvalitetskravet for summen af pesticider ville antageligvis være anvendt hyppigere i Danmark, hvis der i større omfang end nu blev anvendt overfladevand eller højtliggende grundvand til drikkevandsformål, da begge vandtyper ofte indeholder mange forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter. Drikkevandskvalitetskravet er politisk fastsat i bl.a. EU's drikkevandsdirektiv (EU 1998) og Drikkevandsbekendtgørelsen (MST 2007) ud fra et princip om, at der ikke må være pesticider i drikkevand. Kvalitetskravet er ikke fastsat ud fra en direkte sundhedsmæssig vurdering af stofferne, men opretholdes ud fra et forsigtighedsprincip, bl.a. fordi pesticider kan have mange ukendte nedbrydningsprodukter.

Grundvandsovervågning

Datagrundlag

Der anvendes pesticidanalyser fra grundvandsovervågningsområdernes indtag i perioden 1990 – 2009, begge år inklusive. Der har over årene indgået et varierende antal stoffer. De første år blev der analyseret for blot 8 stoffer. Siden har en rivende udvikling i analyseteknikkerne muliggjort opbygningen af et omfattende og dynamisk program, hvor nye pesticider inddrages, når det er relevant. Samtidig udgår pesticider, der kun sjældent eller aldrig findes. Siden 2003 er der overvejende blevet analyseret for pesticider i grundvandsindtag, hvor grundvandet er dateret til at være ældre end fra ca. 1940.

Den store variation i analyseprogrammet og i udvalget af boringer, der undersøges, betyder, at det er stadig vanskeligere at vurdere udviklingen i pesticidbelastningen af grundvandet som sådan for hele perioden. Overvågningen indtil ca. 1996 underestimerer belastningen, idet hyppigt fundne stoffer ikke var med de første år. Tilsvarende var der de første år også analyse af

pesticider i borer, hvor kendskab til grundvandets alder senere har vist, at der ikke har været nogen risiko for påvirkning. Det er således først efter 2003, at der er fokuseret på de hyppigst fundne pesticider i den del af grundvandet, hvor der er en reel risiko for påvirkning.

Pesticid/nedbrydningsprodukt	Administrativ status	Bemærkning
Aminomethylphosphorsyre (AM-PA)*	Godkendt	
Atrazin	Forbudt i 1994	
Bentazon	Godkendt	Anvendelsesrestriktioner af hensyn til grundvandet
4-CCP*#	Forbudt eller pålagt væsentlige restriktioner	Fra forskellige moderstoffer, nogle med anvendelsesrestriktioner
2,6-DCPP*#	Forbudt eller pålagt væsentlige restriktioner	Fra forskellige moderstoffer, nogle med anvendelsesrestriktioner
Desamino diketo metribuzin*	Forbudt i 2004	
Desethyl atrazin*	Forbudt i 2004	
Deethyldeisopropyl atrazin*	Forbudt i 2004	
Deisopropyl atrazin*	Forbudt i 2004	
Dichlobenil	Forbudt i 1996	
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)*	Forbudt i 1996	
2,6-Dichlorbenzoesyre*	Forbudt i 1996	
Dichlorprop	Godkendt	Anvendelsesrestriktioner af hensyn til grundvandet
Diketo metribuzin*	Forbudt i 2004	
Glyphosat	Godkendt	Godkendt
Hexazinon	Forbudt i 1994	
Mechlorprop	Godkendt	Anvendelsesrestriktioner af hensyn til grundvandet
Metribuzin	Forbudt i 2004	
4-nitrophenol*	Forbudt 1990	Metabolit fra parathion, der blev forbudt i 1990. Formodentligt også urenhed i andre midler, samt fra industrikemikalier.
Simazin	Forbudt i EU 2005, afmeldt i Danmark i 1991	
Trichloeddikesyre (TCA)	Markedsføres ikke	Udfaset i Danmark (intet salg efter 1988)

Tabel 8. Administrativ status marts 2010 for de pesticider og nedbrydningsprodukter, der analyseres i grundvandsovervågningen (GRUMO). Nedbrydningsprodukter er markeret med *. Status for nedbrydningsprodukter gælder moderstoffet. # 4-CCP og 2,6-DCPP kan være nedbrydningsprodukter eller urenheder fra (tidligere) phenoxysyrer. 4-nitrophenol kan ikke nødvendigvis direkte relateres til pesticidanvendelse. Det fremgår af tabellen, at ud af de 21 stoffer, der overvåges for, er der kun ét pesticid med et tilhørende nedbrydningsprodukt, der er godkendt uden særlige forbehold. Hydroxysimazin og desamino-metribuzin er kun analyseret i få vandprøver og ikke medtaget i tabellen, (15 og 20 vandprøver) Begge stoffer er nedbrydningsproduktet fra i dag forbudte stoffer.

Relevans

Grundvandsovervågningen sikrer et datasæt, der er uafhængig af udviklingen i vandindvindingsstrukturen. Mens analyserne fra vandværkernes boringskontrol giver et billede af omfanget af pesticider i det råvand, vandværkerne indvinder fra deres aktive indvindingsboringer, giver grundvandsovervågningen et mere repræsentativt billede af omfanget af pesticider i grundvandet. Specielt er der sikret mulighed for at etablere tidsserier af den påvirkede del af grundvandet, således at det er muligt at evaluere, om de gennemførte reguleringer af pesticidanvendelsen har nogen effekt i det grundvand, der transporteres mod de primære grundvandsmagasiner.

Tilstand, udvikling og årsager

Figur 26 viser, at der i 2009 blev fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i 37 % af de undersøgte indtag, og at kvalitetskravet blev overskredet i 12,1 %, se også tabel 9. Indikatoren viser, at antallet af indtag med fund for perioden 1993-1995 ligger lidt under 10 % hvert år, men stiger til næsten 30 % i 1998, hvorefter andelen falder til ca. 21 % i 2000.

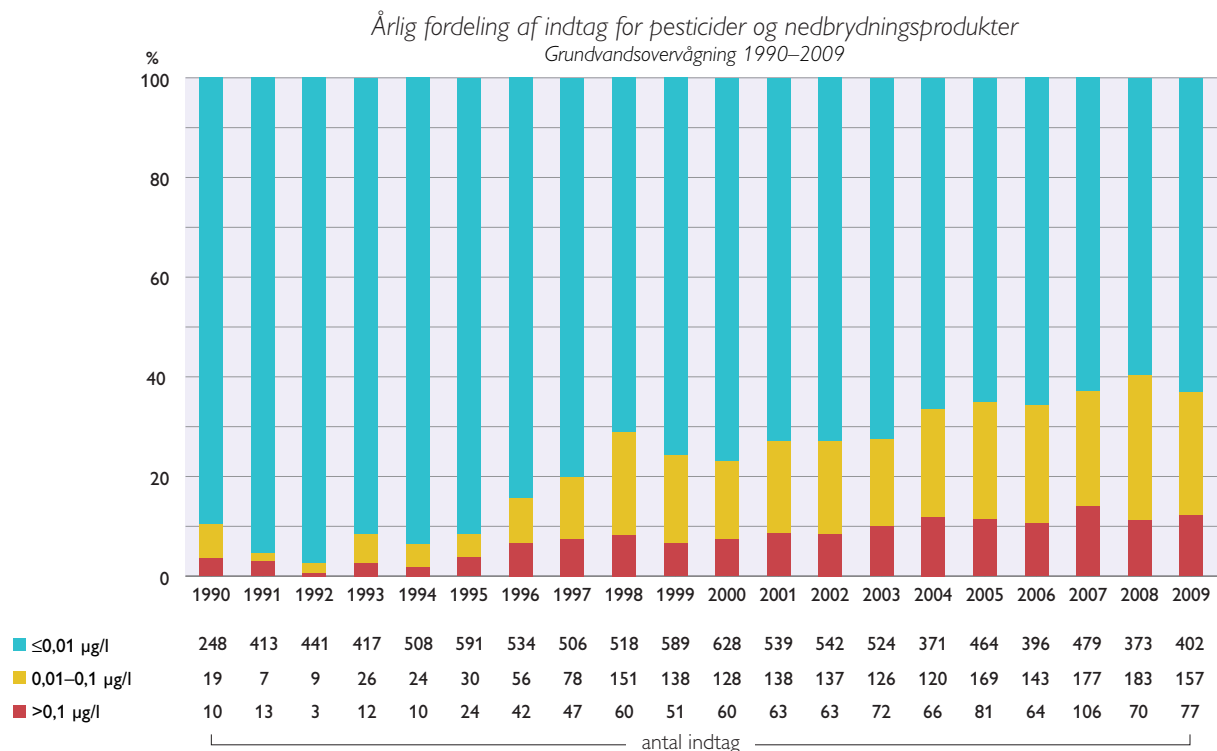
GRUMO	analyser antal	Antal indtag			Andel i %		
		analyseret	0,01 til 0,1 µg/l	antal ≥ 0,1	0,01 til 0,1 µg/l	≥ 0,1 µg/l	fund % i alt
2009	646	636	157	77	24,7	12,1	36,8
2008	637	626	183	70	29,2	11,2	40,4
2007	766	762	177	106	23,2	13,9	37,1
1990 - 2009	14.446	1.568	489	296	31,2	18,9	50,1

Tabel 9. Pesticidfund i grundvandsovervågningen opdelt på indtag. Der er medtaget oplysninger om perioderne 1990-2009 samt for de enkelte år 2007, 2008 og 2009. Opgørelserne for perioderne viser, hvor stor en del af de overvågede grundvandsmagasiner, der er sårbare overfor denne forureningstype, mens opgørelserne for de enkelte år viser øjebliksbilleder af forureningens omfang.

I perioden 2001 til 2003 var andelen af indtag med fund ca. 27 %, mens andelen igen steg i 2004 til 2009, hvor der kunne findes pesticider i op til 40 % af de analyserede grundvandsindtag. Det stigende antal fund af pesticider i grundvandsovervågningen i perioden frem til 1998 afspejler, at grundvandet i denne periode er blevet analyseret for stadig flere pesticider og nedbrydningsprodukter, hvilket også er tilfældet efter 2004, hvor analyseprogrammet medtager metribuzins nedbrydningsprodukter.

Antallet af indtag med overskridelse af drikkevandskvalitetskravet (0,1 µg/l) har været næsten konstant i perioden 1996-2002. Andelen, der overskrider kvalitetskravet, er steget i 2003 og frem til i dag, hvor mellem 10 til 14 % overskrider kvalitetskravet på 0,1 µg/l. Siden 2004 er der alene overvåget i boringer med yngre vand (dannet efter ca. 1940), og overvågningen er således fokuseret på den andel af grundvandet, der potentielt kan være påvirket af pesticider, ligesom der efter 2004 også er analyseret for metribuzins nedbrydningsprodukter.

I hele overvågningsperioden fra 1990 til 2009 er der fundet pesticider en eller flere gange i ca. 50 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen, og i ca. 20 % af indtagene var kvalitetskravet en eller flere gange overskredet. Denne opgørelsesmetode viser, hvor stor en del af ressourcen der indtil i dag på et eller flere tidspunkter har indeholdt pesticider eller nedbrydningsprodukter, og som derfor er sårbar overfor disse stoffer.



Figur 26. Pesticidanalyser fra GRUMO. **Antal indtag** er anført under de enkelte år for tre koncentrationsintervaller ($\geq 0,1 \mu\text{g/l}$, intervallet fra detektionsgrænsen $0,01$ til $0,1 \mu\text{g/l}$, samt indtag uden fund). Andel analyser pr. år fremgår af tabel 10.

Pesticiderne og deres nedbrydningsprodukter kan bl.a. nedvaskes, når overskudsnedbør infiltrerer sammen med opløste stoffer fra de øvre jordlag. Et samspil mellem geologiske, hydrauliske, topografiske forhold og kraftige regnhændelser / nedbørsforholdene på udbringningstidspunktet betyder, at pesticiderne ofte forekommer som pulser/fronter, der bevæger sig gennem grundvandsmagasinerne. Samtidig varierer forbrugsmønstret i et opland fra år til år. Derfor finder man ikke altid de samme pesticider eller nedbrydningsprodukter i de samme indtag fra år til år.

Tabel 10 viser **antal analyser** udført pr. år i overvågningsperioden og ikke antallet af indtag som er vist i figur 26 og i tabel 9. Tabellen er udelukkende udarbejdet for at vise udviklingen i antallet af analyserede vandprøver gennem perioden. Antallet af analyser er faldet til små 800 analyser i 2007 og 646 i 2009, og samtidig er analyseprogrammet blevet reduceret, da stoffer, der kun findes sjældent, ikke længere indgår i analyseprogrammet, mens der til gengæld er medtaget nogle nye stoffer, som er fundet i Varslingssystemet.

År	Antal analyser			Andel i %	
	i alt	med fund	≥0,1 µg/l	Alle fund	≥0,1 µg/l
1990	300	31	11	10,3	3,7
1991	337	30	17	8,9	5,0
1992	522	13	3	2,5	0,6
1993	485	37	10	7,6	2,1
1994	726	54	16	7,4	2,2
1995	813	90	40	11,1	4,9
1996	865	157	77	18,2	8,9
1997	872	181	74	20,8	8,5
1998	935	279	86	29,8	9,2
1999	958	221	65	23,1	6,8
2000	876	216	64	24,7	7,3
2001	802	227	68	28,3	8,5
2002	804	220	74	27,4	9,2
2003	790	229	80	29,0	10,1
2004	644	240	101	37,3	15,7
2005	791	284	101	35,9	12,8
2006	767	282	99	36,8	12,9
2007	805	298	114	37,0	14,2
2008	707	285	80	40,3	11,3
2009	646	235	77	36,4	11,9

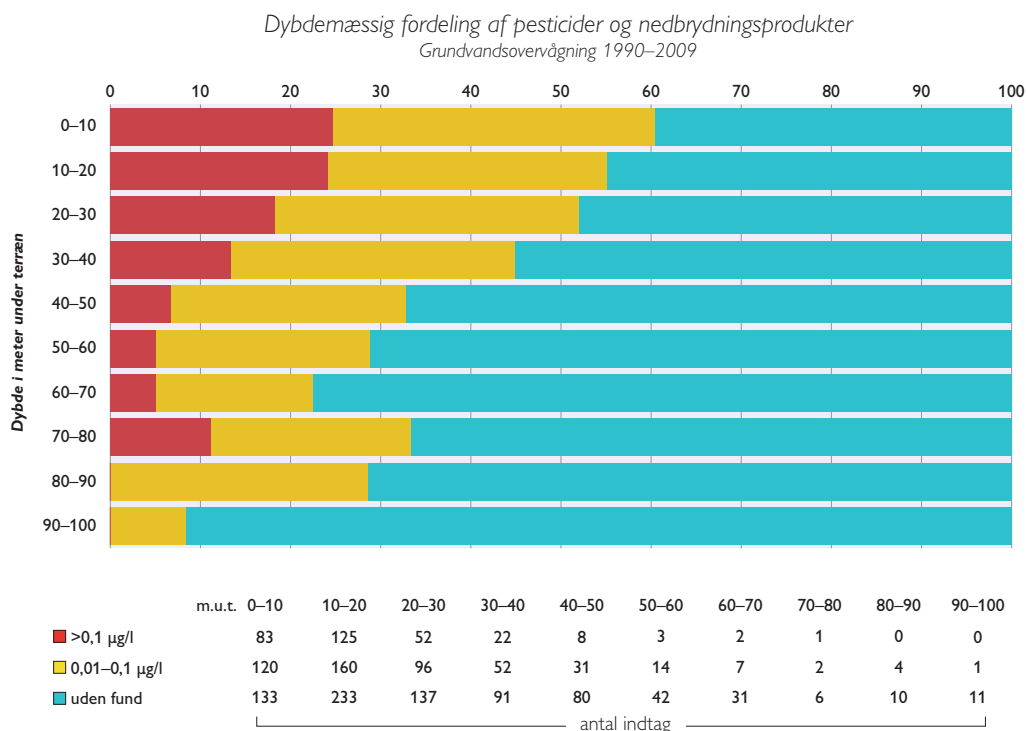
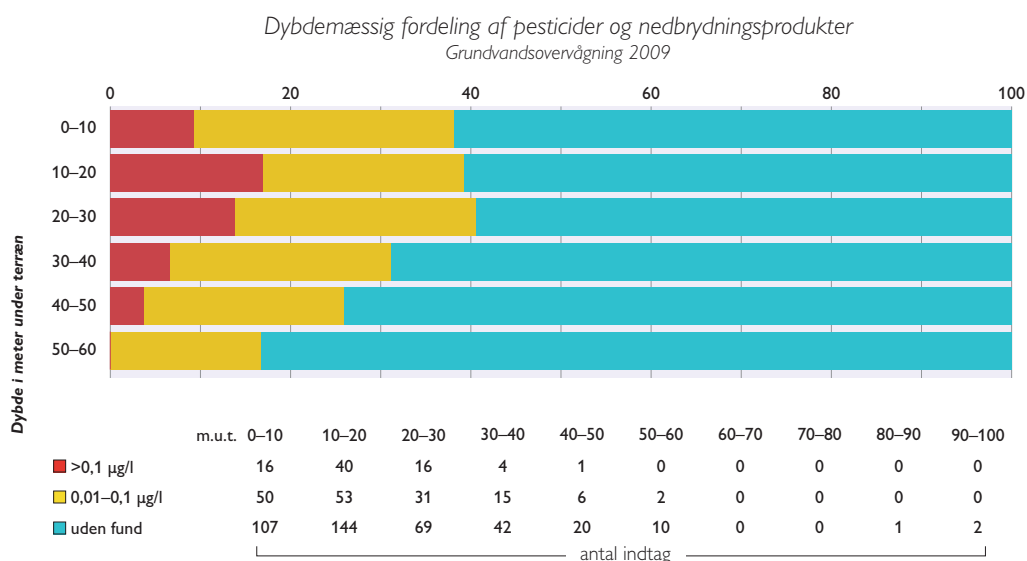
Tabel 10. Pesticid**analyser** fra GRUMO, for perioden 1990 – 2009. Antal **analyser** pr. år i alt, med fund og med fund større end kravværdien for drikkevand og grundvand på 0,1 µg/l. Det gøres opmærksom på, at tabel 9 og 10 IKKE kan sammenlignes, da tabel 10 omfatter en opgørelse af gennemførte ANALYSER pr. år og ikke en opgørelse af antal analyserede INDTAG, idet der i nogle indtag udføres mere end en analyse om året.

Forekomst af pesticider mod dybde i grundvandsovervågningen

Figur 27 viser fordelingen af pesticider og nedbrydningsprodukter mod dybden i grundvandsmagasinerne. Det fremgår, dels hvordan den aktuelle situation var i 2009, men også hvor stor en andel af de undersøgte indtag, der gennem hele overvågningsperioden har været påvirket af pesticider, og dermed hvor stor en andel af indtagene der må anses for at være sårbare overfor pesticider og deres nedbrydningsprodukter.

Den dybdemæssige fordeling af pesticidfund fra grundvandsovervågningen viser, at der i hele overvågningsperioden 1990-2009 er fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 60 % af indtagene i dybdeintervallet 0-20 m.u.t., og at kvalitetskravet var overskredet i 25 %. Antallet af fund aftager med dybden til ca. 25 % i intervallet 60-70 m.u.t., men der er også fundet pesticider i større dybder. Fordelingen viser ikke overraskende, at det mest sårbare grundvand ligger tættest ved terræn.

Fordelingen af fund mod dybde i 2009 viser et tilsvarende billede, dog er der i 2009 ikke fundet så mange pesticider og nedbrydningsprodukter i dybere niveauer af magasinerne, hvilket bl.a. skyldes, at antallet af analyserede dybe indtag er reduceret.



Figur 27. Dybdefordeling af pesticider og nedbrydningsprodukter fra GRUMO i forhold til top af indtag i hele overvågningsperioden (1990-2009) og i 2009. **Antal indtag** i hver af de tre koncentrationsklasser for hvert dybdeinterval er vist under figurene. Kun fund over 0,01 µg/l og dybder med mere end 9 analyserede indtag er afbildet på figuren.

Vandværkernes kontrol af indvindingsboringer

Datagrundlag

Dette afsnit omhandler pesticidanalyser fra indvindingsboringer gennemført af offentlige og private vandværker for perioden 1992 til 2009. Indvindingsboringer analyseres ikke hvert år, men i en turnus på 3 - 5 år. Analyseprogrammet på vandværkerne er meget varierende over tid og fra vandværk til vandværk.

Der er ikke data til rådighed for, hvornår de enkelte indvindingsboringer er i drift. For at afgrænse mængden af aktive indvindingsboringer bedst muligt anvendes alene boringer fra vandværker, hvorfra der er indberettet oppumpede vandmængder igennem de sidste 5 år. Det betyder jf. kap. 8 at i kommuner, hvor der er et efterslæb med denne indberetning, kan der mangle relevante indvindingsboringer i opgørelserne. Boringer, der er nedlagte, og tidligere indvindingsboringer, hvorfra der ikke længere modtages boringskontrolanalyser, indgår i stedet i datasættet "Andre Boringer". Oplysninger fra disse boringer er dog medtaget i opgørelserne fra de foregående år, fordi boringer, der ikke er aktive, overføres til "Andre boringer".

Relevans

Pesticider har haft stor betydning for vandværkerne de sidste 20 år. Her redegøres for hvor stor en andel af vandværkernes indvindingsboringer, der har indeholdt pesticider eller nedbrydningsprodukter pr. år og i perioden 1993-2009, fund mod dybde samt den regionale fordeling af fund.

Da vandværkerne løbende nedlægger eller flytter boringer, afspejler udviklingen i fund pr. år ikke den aktuelle situation i grundvandsmagasinerne, men vandværkernes evne til at håndtere problemerne med pesticider i de boringer, hvorfra der indvindes grundvand, og dermed den påvirkning befolkningen får via drikkevand.

Aktive indvindingsboringer	analyser	Antal boringer			Andel boringer i %		
	antal	analyseret	0,01 til 0,1 µg/l	≥ 0,1	0,01 til 0,1 µg/l	≥ 0,1 µg/l	fund i alt
2009	1.754	1.565	297	68	19,0	4,3	23,3
2008	1628	1477	259	74	17,5	5,0	22,5
2007	1.575	1.427	301	51	21,1	3,6	24,7
1992 til 2009	25.409	6.291	1.270	372	20,2	5,9	26,1

Tabel 11. Pesticider i vandværkernes boringskontrol. Der er kun medtaget indvindingsboringer fra vandværker, hvorfra der er indberettet oppumpede vandmængder de seneste fem år. Boringer uden indvinding er overført til gruppen "Andre Boringer". **Andel analyser** med fund er vist i tabel 13.

Tilstand, udvikling og årsager

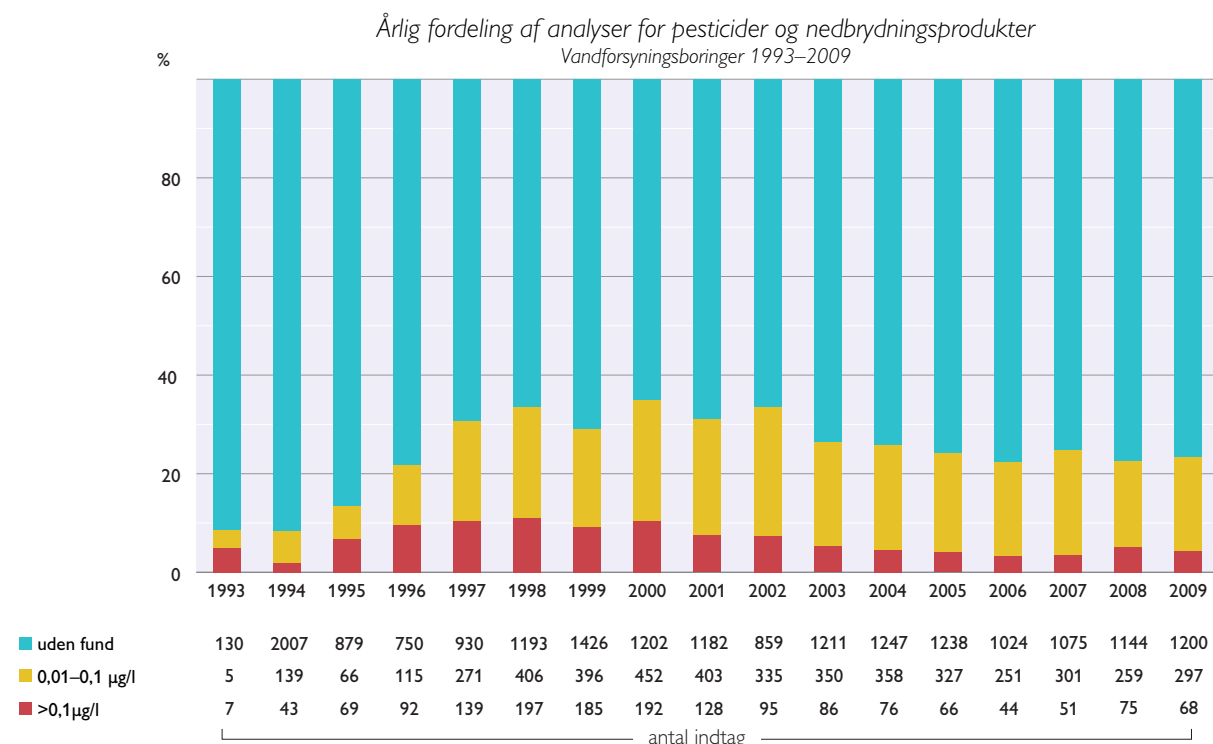
Figur 28 viser udviklingen i fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværkernes indvindingsboringer, se også tabel 11. I 2007 til 2009 blev der fundet pesticider i 23 - 25 % af de analyserede boringer, mens der i hele undersøgelsesperioden blev fundet pesticider i ca. 25 % af boringerne. Den relativt lave samlede procentdel for hele perioden sammenlignet med fundprocenterne i de seneste år skyldes, at vandværkerne løbende lukker boringer med pesti-

cidfund, Dette skal ses i forhold til grundvandsovervågningen, hvor den samlede påvirkede del af grundvandet over 20 år var væsentlig større end den, der findes i de enkelte år.

Fra omkring år 2000 har andelen af pesticidforurenede indvindingsboringer været faldende, og har de sidste 5-6 år stabiliseret sig omkring 23 %. I 2006 blev der fundet pesticider i 21 % af de undersøgte boringer, mens kvalitetskravet var overskredet i 3 %, hvilket var det laveste niveau siden 1995. I 2007 blev der fundet pesticider i 25 % af de aktive boringer, mens kvalitetskravet var overskredet i ca. 4 %.

Dette fald i andelen af boringer med fund (se figur 28) over kvalitetskravet kan skyldes, at vandværkerne tager forurenede boringer ud af drift, mens årsagen til den stigende andel af pesticidpåvirkede boringer op gennem 90'erne formodentlig er, at mange vandværker har analyseret for et stigende antal pesticider og nedbrydningsprodukter og ikke, at grundvandet er blevet mere forurenat.

Målet med boringskontrollen er at fastholde en vandforsyning, som er baseret på indvinding af rent grundvand uden avanceret vandbehandling. De pesticider og nedbrydningsprodukter, der hyppigst findes i vandværkernes indvindingsboringer, er generelt stoffer, som er forbudt i Danmark, og som ikke har været i handelen i 6 til ca. 15 år. Alderen af det vand som vandværkerne indvinder til drikkevandsformål er dog som regel mere end 10 - 20 år, hvorfor stofferne må forventes at kunne træffes mange år frem endnu i det omfang, der ikke sker en nedbrydning eller tilbageholdelse i grundvandsmagasinerne.



Figur 28. Fordeling af pesticidindhold i vandværkernes indvindingsboringer pr. år. Indikatoren indeholder ikke de samme boringer fra år til år, da disse analyseres i en turnus på op til fem år. Desuden lukker vandværkerne ofte indvindingsboringer med fund af pesticider. **Antal boringer** i hver af de tre klasser er anført under de enkelte år.

Grundvandsovervågningen har også vist, at der kan findes pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsmagasinerne, som mange vandværker ikke er begyndt at analysere for. Det må derfor forventes, at nogle indvindingsboringer indeholder disse stoffer, og at disse vil blive fundet i stigende omfang fremover, se også tabel 14 med de hyppigst fundne stoffer i grundvandsovervågningen, boringskontrollen og "Andre Boringer".

De helt små private vandforsyningsanlæg, der forsyner enkelte husstande, indvinder i stor udstrækning grundvand ganske nær terræn. Boringerne er tilmed ofte placeret ved befæstede arealer, hvor pesticider håndteres og/eller anvendes, og ofte ses mange forskellige pesticider i samme boring. Disse boringer er ikke blot truet af pesticider, men også af nitrat, bakterier og andre stoffer, som håndteres i oplandet og de boringsnære omgivelser (Brüsch og Rosenberg, 2008).

Boringskontrol	Antal analyser			Andel i %	
	analyser	med fund	≥0,1 µg/l	fund	≥0,1 µg/l
1992	59	3		5,1	0,0
1993	83	12		14,5	0,0
1994	1.390	78	9	5,6	0,6
1995	669	73	22	10,9	3,3
1996	720	114	23	15,8	3,2
1997	933	216	41	23,2	4,4
1998	1.508	455	76	30,2	5,0
1999	1.793	464	78	25,9	4,4
2000	1.800	623	94	34,6	5,2
2001	1.936	632	102	32,6	5,3
2002	1.662	625	111	37,6	6,7
2003	2.202	665	102	30,2	4,6
2004	2.029	624	108	30,8	5,3
2005	1.938	525	89	27,1	4,6
2006	1.470	390	58	26,5	3,9
2007	1.575	442	84	28,1	5,3
2008	1.628	413	102	25,4	6,3
2009	1.754	502	105	28,6	6,0

Tabel 12. Pesticidstatus for vandværkernes indvindingsboringer opgjort på **antal analyser** pr. år i aktive indvindingsboringer. Analyser og procentvis fordeling med fund, fund større end kravværdien for drikkevand og grundvand på 0,1 µg/l. Denne tabel kan ikke sammenlignes med tabel 11, idet tabel 12 (denne) bygger på **antal analyser** i modsætning til tabel 11, der bygger på **antal boringer**. Tabel 11 og 12 indeholder kun analyser fra aktive boringer, der ikke er nedlagte pr. 1.6.2010. Figur 28 er derimod en retrospektiv figur, hvortil der hvert år tilføjes et nyt år. Derfor kan der forekomme uoverensstemmelse mellem figur 28 og tabel 11, fordi ikke aktive boringer overføres til datasættet "Andre Boringer"

Antallet af analyser var i 2003 ca. 2.200, mens antallet er ca. 1.750 i 2009, se tabel 12. Disse tal er noget usikre, da det ikke er sikkert, at alle udførte analyser er indberettet til JUPITER. Dertil kommer usikkerheden om, hvilke vandværker der er aktive som følge af efterslæbet i kommunerne mht. indberetning af oppumpede vandmængder. Endelig er det svært at sammenholde boringskontrol datasættet fra år til år, fordi ikke-aktive indvindingsboringer bliver overført til "Andre Boringer" for at undgå, at analyserne indgår i opgørelsen af indvindingsbo-

ringernes pesticidstatus. Den lidt højere andel analyser med fund i 2009 sammenholdt med andelen af boringer med fund i 2009 (tabel 11) skyldes, at 62 boringer med fund blev genanalyseres flere gange i 2009.

Vurdering af antal indvindingsboringer der er taget ud af drift

Mange indvindingsboringer er taget ud af drift på grund af pesticider. Det er imidlertid en stor udfordring er at give et kvalificeret bud på, hvor mange og hvornår, idet disse oplysninger ikke indberettes til JUPITER. Da samtlige databearbejdnings omfattede boringskontrollodata fra 1999 til 2008 er gemt, har det været muligt at identificere de tidligere aktive boringer, der ikke er aktive i dag, ved at sammenligne de sidste ti års datasæt for pesticider i boringskontrollen med det seneste boringskontrollodatasæt fra 2009.

Så længe der foretages boringskontrollanalyser, og så længe der indberettes oppumpede vandmængder fra det tilhørende vandværk, vil en boring blive betragtet som aktiv. Da der kan gå op til 5 år mellem hver boringskontrollanalyse, er udtagningsåret fastlagt som året før den forventede boringskontrol af boringen ikke optræder. Fx kan en boring være analyseret med fund af pesticider i 2000, mens boringen først mangler i det datasæt, der stammer fra 2005, hvilket betyder, at boringen tælles med i opgørelsen over "boringer udgået af drift" fra 2004, som dermed bliver det sidste år, boringen optræder i et boringskontrollodatasæt.

- I perioden fra 1999 til 2009 er der fundet i alt 3.386 boringer "ud af drift fra" i det samlede boringskontrol datasæt.
- Ud af disse 3.386 boringer indeholdt 1.273 pesticider, hvoraf 602 boringer overskred kravværdien på 0,1 µg/l.

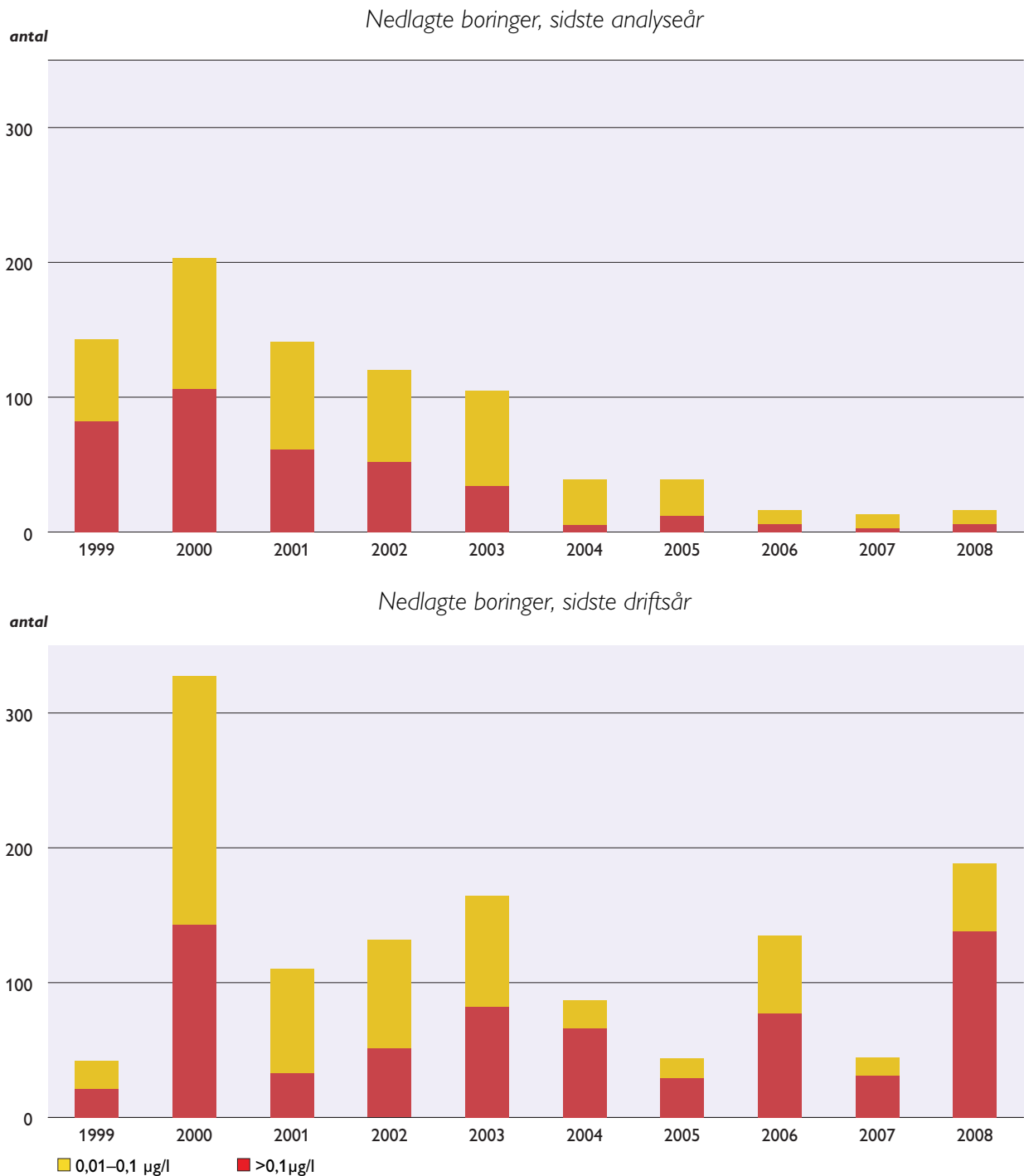
Antallet af boringer, der identificeres som "ude af drift", vil være underestimeret ved denne opgørelse. Nogle boringer vil stadig optræde med boringskontrollanalyser, selv om boringerne ikke anvendes til vandforsyning. Dette kan fx skyldes, at de anvendes som afværgeboringer eller overvågningsboringer.

Omvendt er der boringer, hvor vandværket vælger at fortsætte indvindingen og blande vandet herfra med vand fra andre boringer, selvom den enkelte boring har et pesticidindhold over drikkevandskvalitetskravet. Disse boringer vil derfor fortsætte med at optræde i fx figur 28.

Figur 29 viser det antal boringer, der er på denne måde er bestemt til at være taget ud af drift i perioden 1999 til 2008, og hvori der er fundet pesticider. Boringer ude af drift er fordelt pr. år. Boringerne kan også være taget ud af drift af andre årsager end fund af pesticider eller nedbrydningsprodukter, fx overskridelse af kvalitetskravet for nitrat, bakteriologiske forhold, tekniske årsager eller sammenlægninger af vandværker mm.

Man kan formodentlig antage, at de fleste boringer, der indeholder eller har indeholdt pesticider i koncentrationer, der er større end 0,1 µg/l, er taget ud af drift pga. forekomsten af pesticider. Tidspunktet for hvornår boringerne er taget ud – altså den tidlige udvikling i lukningerne – er derimod vanskelig at angive præcist.

Hvis boringernes pesticidindhold har været medvirkende grund til at tage disse indvindingsboringer ud af drift, er der i perioden 1999-2009 gennemsnitlig udtaget ca. 130 boringer pr. år, hvoraf 60 boringer pr. år overskred kvalitetskravet på 0,1 µg/l.



Figur 29. Indvindingsboringer, med pesticidindhold, taget ud af drift i perioden 1999 til 2008. Figur 29 nederst viser sidste driftsår – altså sidste gang, boringen forekom i et boringskontroldatasæt (dvs. lukningen ikke nødvendigvis skyldes en pesticidanalyse). Stigningen i 2008 skyldes formodentlig indberetningen af ældre analyser, og **derfor stammer nogle af boringerne fra 2008 sandsynligvis fra de foregående år**. Figur 29 øverst viser sidste gang, en boring optræder med en pesticidanalyse i et boringskontroldatasæt. Boringerne kan være taget ud af drift af andre årsager end forekomst af pesticider eller nedbrydningsprodukter fra disse, fx overskridelse af kvalitetskrav for nitrat eller af tekniske årsager mm. Fra Brüsich (2010).

Registreringen af det tidspunkt, hvor boringen er taget ud af boringskontrollen er i mange tilfælde forsinket i forhold til, hvornår boringen er taget ud af drift. Dette skyldes, at der kan gå helt op til 5 år, inden boringen udgår som følge af, at der ikke er rapporteret fra boringen. Omvendt vil det tidspunkt, hvor den sidste pesticidanalyse er udført (figur 29 øverst), heller ikke være nøjagtigt, da der normalt vil gå et stykke tid, fra man har konstateret et pesticidfund evt. med lav koncentration, til boringen ophører med at levere vand.

Det vurderes, at den mest retvisende udvikling er tættere på udviklingen i figur 29 nederst i forhold til figur 29 øverst.

Såfremt boringer med fund af pesticider igen er taget i brug efter en periode med lukning, er disse boringer **ikke** talt med i opgørelsen over antallet af boringer, der kan være lukket pga. pesticider. Opgørelsen har derfor ikke identificeret boringer, der i en periode på mindre end 5 år har været lukket. På samme måde er boringer, der er overgået til overvågningsformål mv. hos vandforsyningen, heller ikke talt med i opgørelsen over, hvor mange indvindingsboringer, der ikke længere anvendes til vandforsyningsformål.

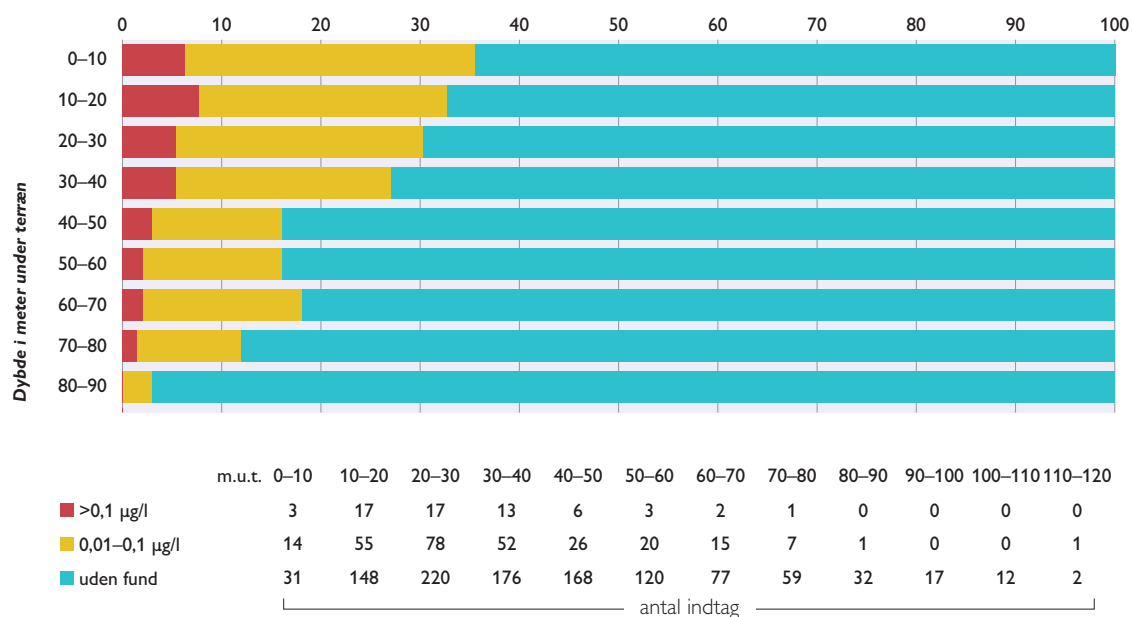
Vandværkernes indvindingsdybde og fund af pesticider

Figur 30 viser, at andelen af fund af pesticider falder med dybden til toppen af boringernes vandindtag målt i forhold til terræn. Det fremgår, at der i 2009 blev fundet pesticider i 30 - 40 % af de aktive indvindingsboringer, der indvandt grundvand fra intervallet 0 til 30 meter under terræn. Andelen af boringer, der overskred drikkevandskvalitetskravet var 5 - 8 %.

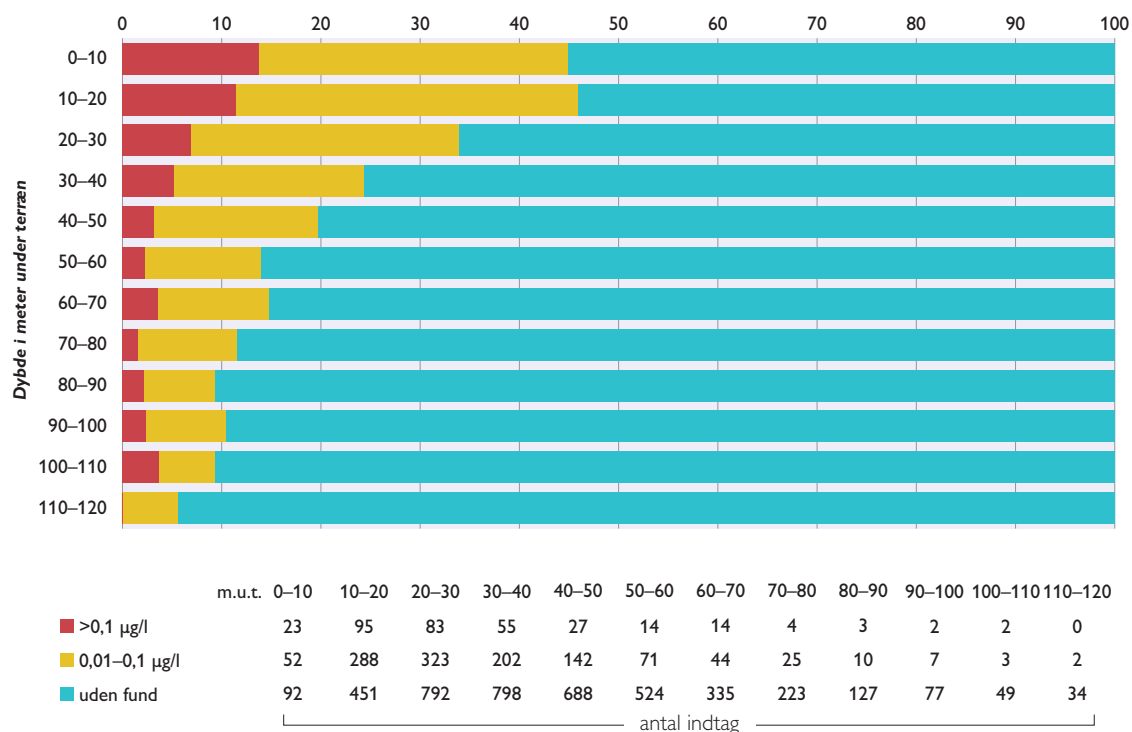
Fund af pesticider i aktive boringer analyseret gennem hele perioden viser, at der i vandværkernes aktive boringer bliver fundet pesticider i ca. 45 % af det øverste grundvand, hvor drikkevandskvalitetskravet var overskredet i 12 til 14 % af boringerne.

Det er bemærkelsesværdigt, at grundvandsovervågningen finder en mere omfattende forurening i det højtliggende grundvand. Dette betyder, at der muligvis kan komme et tidspunkt, hvor særligt de små vandværker ikke fortsat kan lukke boringer for at løse aktuelle forureningsproblemer, da det kan blive svært at finde uforurenede boringsplaceringer inden for en rimelig afstand af det eksisterende vandværk, hvis grundvandsmagasinerne udstrækning er begrænset nedad.

Dybdemæssig fordeling af pesticider og nedbrydningsprodukter
Boringskontrol 2009



Dybdemæssig fordeling af pesticider og nedbrydningsprodukter
Boringskontrol 1990-2009



Figur 30 Dybdemæssig fordeling af pesticider i vandværkernes boringskontrol som funktion af dybden til overkanten af indtaget for hele perioden 1990 til 2009 og for 2009. Kun dybder med mere end 20 analyserede indtag er vist. Kun indtag med oplysninger om dybde er medtaget.

Boringernes filterlængde og fund af pesticider

Man kan bl.a. ud fra GRUMO data slutte, at man stort set aldrig kan forvente, at finde et pesticid i samme koncentration fra top til bund af grundvandsmagasinerne. Derfor ville man forvente, at koncentrationerne i indtagene ville falde markant med stigende indtaglængde, fordi dybtliggende gammelt rent vand opblandes med forurenat vand fra den øvre del af filteret. Dette er i overensstemmelse med, at der i de korteste filtre er betydeligt flere fund med meget høje koncentrationer, mens det i mindre grad er i overensstemmelse med de mange fund omkring 0,1 µg/l i filtre, der er mere end ca. 10 m lange. En forklaring på dette fænomen kan være, at indstrømningen i filteret ikke er lige stor over hele filterlængden, så den forventede fortynding ikke finder sted.

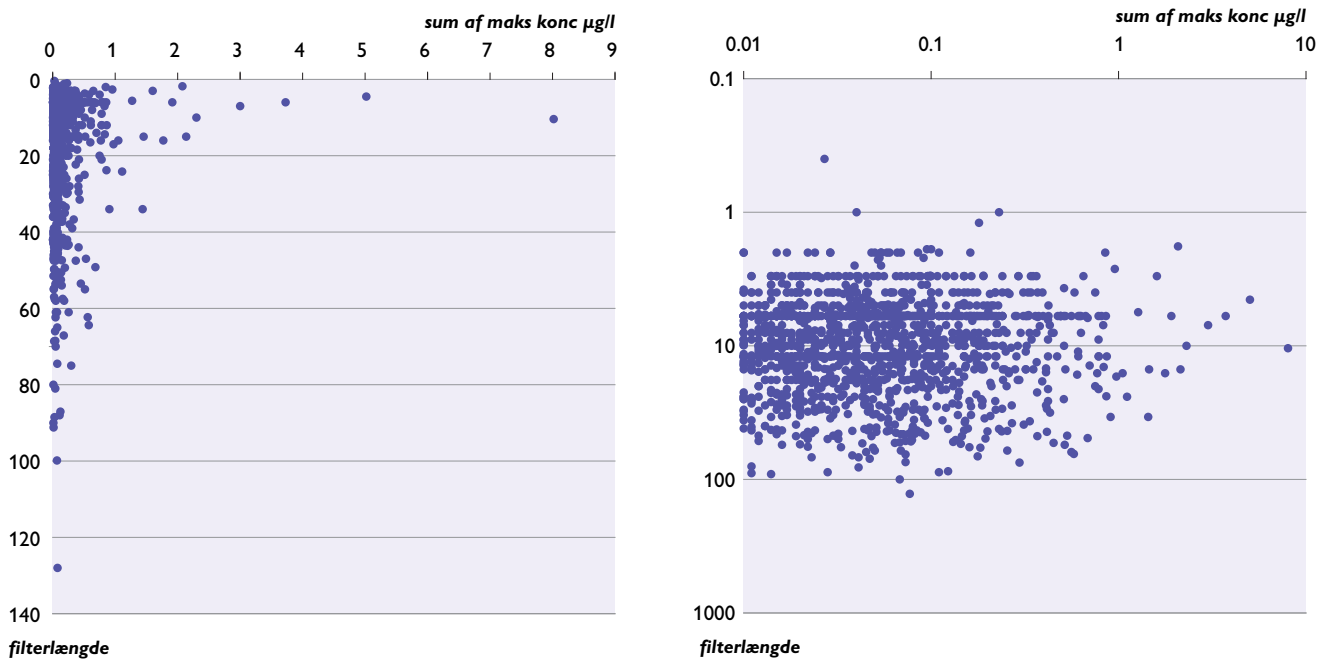
Beregning af den gennemsnitlige koncentration i boringerne opdelt efter filterlængde viser, at den gennemsnitlige koncentration ikke som forventet falder med stigende indtaglængde, se tabel 13. For at vurdere denne beregning er filterlængden på figur 31 afbildet mod sumkoncentrationen i den enkelte indvindingsboring. (Sumkoncentrationen er beregnet som summen af de største fundne koncentrationer for hvert enkeltstof fundet i samtlige analyser i hver boring). Det er bemærkelsesværdigt, at uafhængigt af filterlængde optræder langt den største del af fundene med koncentrationer op til omkring ca. 0,25 µg/l, hvilket også giver anledning til mange fund over drikkevandskvalitetskravet på 0,1 µg/l. Hovedparten af de påviste pesticider og nedbrydningsprodukter er stoffer, der i dag ikke anvendes i Danmark.

Da grundvandsmagasinerne sjældent er påvirket fra top til bund, kan påvirkningen også stamme fra **punktkilder eller intense fladepåvirkninger** i boringernes oplande, utætte boringer eller andre boringsnære årsager. Hovedparten af fundene skyldes BAM, hvis moderstof tidligere har været anvendt til ukrudtsbekæmpelse på befæstede arealer.

Længde af filter	Antal indtag	Gennemsnitlig		
		sumkoncentration i µg/l	filter længde	dybde til bund af boring
0 til 5 meter	253	0,13	3,7	30,3
5 til 10 meter	554	0,11	7,2	38,3
10 til 15 meter	270	0,13	12,6	49,0
15 til 20 meter	121	0,12	17,6	56,0
20 til 25 meter	67	0,10	22,9	57,8
25 til 30 meter	56	0,08	28,0	58,5
> 30 meter	146	0,12	47,3	71,3

Tabel 13. Vandværkernes boringskontrol. Den gennemsnitlige koncentration af pesticider og nedbrydningsprodukter i vand **fra boringer med pesticidfund** mod filterlængde. Antal indtag i hvert interval, den gennemsnitlige filterlængde og den gennemsnitlige dybde til bunden af vandværksboringerne. Sumkoncentrationen er beregnet som summen af de største fundne koncentrationer for hvert enkeltstof fundet i samtlige analyser i hver boring. N=1.467 indtag med fund

Filterlængde mod maks sumkoncentration
Boringskontrol



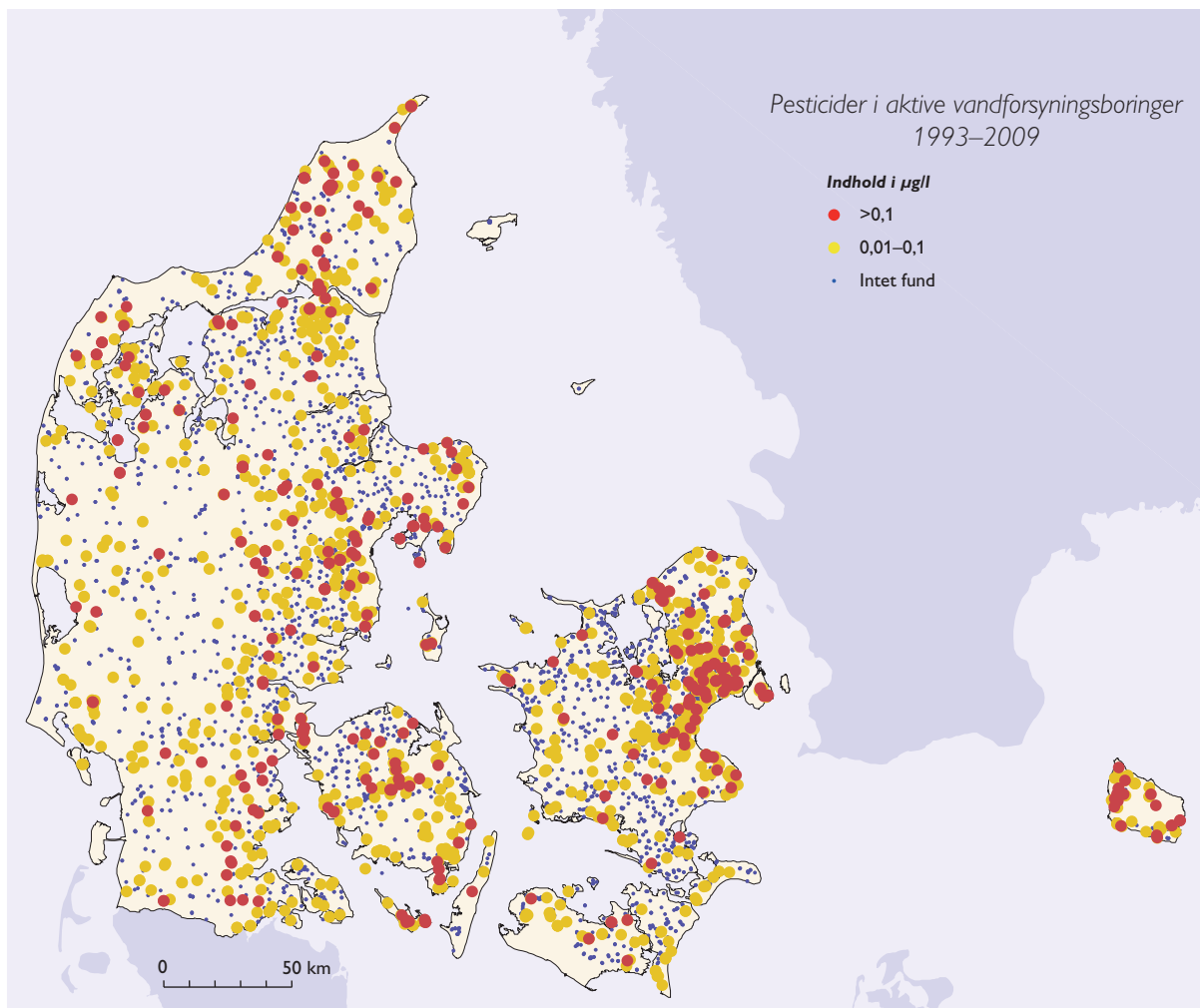
Figur 31 Filterlængde for aktive indvindingsboringer med pesticidfund vist mod den maksimale sum koncentration af pesticider fundet i den enkelte boring. N= 1.467 indtag/boringer. Figuren er vist med såvel logaritmisk som lineær skala.

Geografisk fordeling af fund af pesticider og nedbrydningsprodukter

Figur 32 viser fordelingen på landsplan af pesticidindholdet i aktive indvindingsboringer, hvor den højest fundne koncentration i hver boring er vist. Der foreligger ikke oplysninger om koordinater for alle boringer, og kortet viser derfor ikke alle analyserede boringer. Der mangler således såvel boringer med pesticidfund som boringer uden pesticidfund på kortet.

Kortet viser, at der ved de større byer findes mange pesticider og nedbrydningsprodukter (fortrinsvis BAM + moderstof), men også, at der er en overrepræsentation af fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i lerede områder, hvor der også findes den største befolkningstæthed. Der er ret få fund af pesticider og nedbrydningsprodukter på de sandede jyske hedesletter, hvor vandværkerne generelt indvinder grundvand fra større dybder end i resten af landet bla. pga. nitrat i det øverste grundvand. Samtidig er datatætheden lav i disse områder på grund af den lavere befolkningstæthed. Andre analyseprogrammer fra små vandværker (Brüsch, 2007, Brüsch og Rosenberg 2008) viser, at det højtliggende grundvand under sandede arealer også kan være stærkt præget af pesticider og nedbrydningsprodukter.

En skarp grænse ses på Lolland til et område på den sydligste del af øen, hvor der ikke er gennemført analyser eller fundet pesticider. Dette skyldes, at det netop i dette område kan være umuligt at finde større grundvandsmagasiner, og der findes derfor ikke ret mange indvindingsboringer i området.



Figur 32. Pesticider og nedbrydningsprodukter ved vandværkernes boringskontrol af aktive indvindingsboringer. Højeste værdi 1993-2009 er vist. Resultaterne opdelt i boringer uden fund, fund af pesticider mellem 0,01 og 0,1 µg/l samt fund af pesticider i koncentrationer, der overstiger drikkevandskvalitetskravet på 0,1µg/l. Det er kun vist aktive indvindingsboringer i datasættet fra 1993 - 2009. Den enkelte aktive boring indeholder derfor ikke nødvendigvis pesticider i dag.

Pesticider fundet ved forskellige typer af overvågninger af grundvandet

Tabel 14 viser hvilke stoffer, der er fundet hyppigst i henholdsvis grundvandsovervågningen, ved vandværkernes kontrol af aktive indvindingsboringer og i gruppen "Andre Boringer", der dels omfatter nedlagte indvindingsboringer, små private vandforsyningsanlæg, der oftest forsyner enkeltliggende husstande i det åbne land, samt andre boringer. Tabellen omfatter hele overvågningsperioden.

BAM findes hyppigst i alle typer pesticidundersøgelser af dansk grundvand, men også triazinerne og de tilhørende nedbrydningsprodukter forekommer hyppigt (fx atrazin, DEIA, simazin, hexazinon). Nedbrydningsproduktet desam-diketo-metribuzin fra pesticidet metribuzin (aktivstoffet i tidligere anvendte kartoffelmidler) analyseres i grundvandsovervågningen, men er ikke obligatorisk jf. listen for vandværkerne. Da nedbrydningsprodukterne fra metribuzin først i

2004 er medtaget i grundvandsovervågningsprogrammet, er vandværkerne ikke begyndt at analysere herfor i større omfang, og kun 21 boringer blev analyseret for stoffet i 2009. Det vurderes, at nedbrydningsprodukterne formodentlig kan findes i indvindingsboringer, der indvinder grundvand i kartoffelområder, hvor moderstoffet blev anvendt.

Grundvandsovervågning 1990-2009			Boringskontrol 1992-2009			Andre Boringer 1990-2009		
Stofnavn	Fund %	>0,1µg/l %	Stofnavn	Fund %	>0,1µg/l %	Stofnavn	Fund %	>0,1µg/l %
BAM	20,7	8,3	BAM	19,4	4,4	BAM	30,2	14,7
DEIA	14,5	4,1	4-Nitrophenol	3,4	0,0	4-Nitrophenol	10,7	6,5
Atrazin, desio- propyl	10,6	1,7	4CPP	2,7	0,5	DEIA	9,2	1,6
4-Nitrophenol	9,5	0,6	Mechlorprop	2,5	0,2	Atrazin, deethyl-	7,2	1,7
Atrazin, deethyl-	7,8	1,4	Bentazon	2,5	0,4	Atrazin, deisopropyl	7,0	1,5
Bentazon	6,6	1,7	DEIA	2,3	0,0	Atrazin	6,6	1,8
Glyphosat	6,5	1,3	Hydroxysimazin	2,3	0,6	4CPP	6,0	4,1
Atrazin	5,7	1,4	Glyphosat	2,3	0,2	AMPA	5,5	1,9
Dichlorprop	5,3	1,5	Dichlorprop	2,1	0,2	2,6-DCPP	5,2	1,2
Trichloreddikesy- re	5,2	1,4	Atrazin	2,0	0,2	Simazin	4,9	0,7
Deethyl - hydroxy.-atrazin	5,0	0,5	Atrazin, deethyl-	1,8	0,1	Glyphosat	4,4	1,0
AMPA	4,6	1,3	Atrazin, deisopropyl	1,6	0,1	Mechlorprop	4,0	1,7
Mechlorprop	4,2	1,0	Hexazinon	1,3	0,1	deethylterbuthylazin	3,9	0,8
Metribuz- desamino-diketo	4,0	1,7	AMPA	1,2	0,2	Dichlorprop	3,9	1,6
Simazin	3,3	0,6	Simazin	1,1	0,1	Bentazon	3,8	1,2
Deisopropyl- hydroxy atrazin	3,0	0,5	2,6-DCPP	1,0	0,2	Ethylthiurea	2,7	0,8
Didealkyl hydroxy atrazin	3,0	1,0	Dichlobenil	0,8	0,1	Trichloreddikesyre	2,6	0,7
4CPP	2,6	0,9	Atrazin, hydroxy-	0,7	0,1	2,6-dichlorbenzoesyre	2,3	
MCPA	2,4	0,4	MCPA	0,7	0,1	Dichlobenil	2,2	0,3
Ethylthiurea	2,3	0,3	Deethylterbuthylazin	0,6	0,1	Hexazinon	2,2	0,7

Tabel 14. De 20 hyppigst fundne stoffer i Grundvandsovervågningen (1990 – 2009), aktive indvindingsboringer (1992 – 2009) og i ”Andre boringer” (1990 – 2009), der omfatter nedlagte indvindingsboringer, vandværkernes egne overvågningsboringer og andre analyser fra fx små private vandforsyninger. Der er kun medtaget stoffer, der er analyseret i mere end 200 boringer fra grundvandsovervågning og fra boringskontrollen, mens der kun er medtaget stoffer, der er analyseret i mere end 400 boringer for Andre Boringer for at undgå resultater fra forureningsundersøgelser. Se også bilag 3-5 med oplysninger om antal analyser, antal boringer og koncentrationsintervaller. I opgørelsen for Andre Boringer er fx parathion udeladt. Stoffet er analyseret i 287 boringer og fundet i så høje koncentrationer i 75 boringer, at dette kan skyldes fejl ved indberetningen eller at vandprøverne stammer fra punktkildeundersøgelser. Alle fund er dog medtaget i bilag 3-5. De beregnede fund-andele for grundvandsovervågningen viser, hvor stor en andel af indtagene der en eller flere gange har indeholdt det enkelte stof i **hele** perioden 1990 til 2009. Andelen opgjort for hele perioden kan derfor ikke sammenholdes med fund-andelen pr. år.

Det mest anvendte pesticid i Danmark, glyphosat og dets nedbrydningsprodukt AMPA, forekommer hyppigst i grundvandsovervågningen og er nu fundet i henholdsvis 6,5 og 4,6 % af de undersøgte indtag, se tabel 14.

Der er ikke fundet glyphosat i vandværkernes boringskontrol i 2009, mens AMPA kun er fundet i en boring, hvilket skyldes, at der i 2009 kun er analyseret for de to stoffer i 66 vandværksboringer ud af ca. 10.000 aktive. I de aktive boringer er der i hele monitoringsperioden fundet glyphosat i 2,3 % af de vandværksboringer, der er analyseret for stoffet, mens nedbrydningsproduktet AMPA er fundet i 1,2 % af boringerne. Grænseværdien for drikkevand blev i hele monitoringsperioden overskredet i 1 boring svarende til 0,2 %. Der foreligger oplysninger om ca. 490 analyserede aktive boringer fra hele perioden.

Brüsch og Rosenberg (2008) har vist, at glyphosat særligt forekommer i højtliggende grundvand, og at glyphosat og AMPA formodentlig tilbageholdes, før stofferne når de mest betydende dybtliggende grundvandsmagasiner. De høje fund-andele for glyphosat og AMPA i gruppen "Andre Boringer" i tabel 14 stammer fra ovennævnte undersøgelse af små private vandforsyningsanlæg, hvor stoffet hyppigt blev fundet i drikkevandsanlæg, der indvandt grundvand fra højtliggende grundvand i lerede områder.

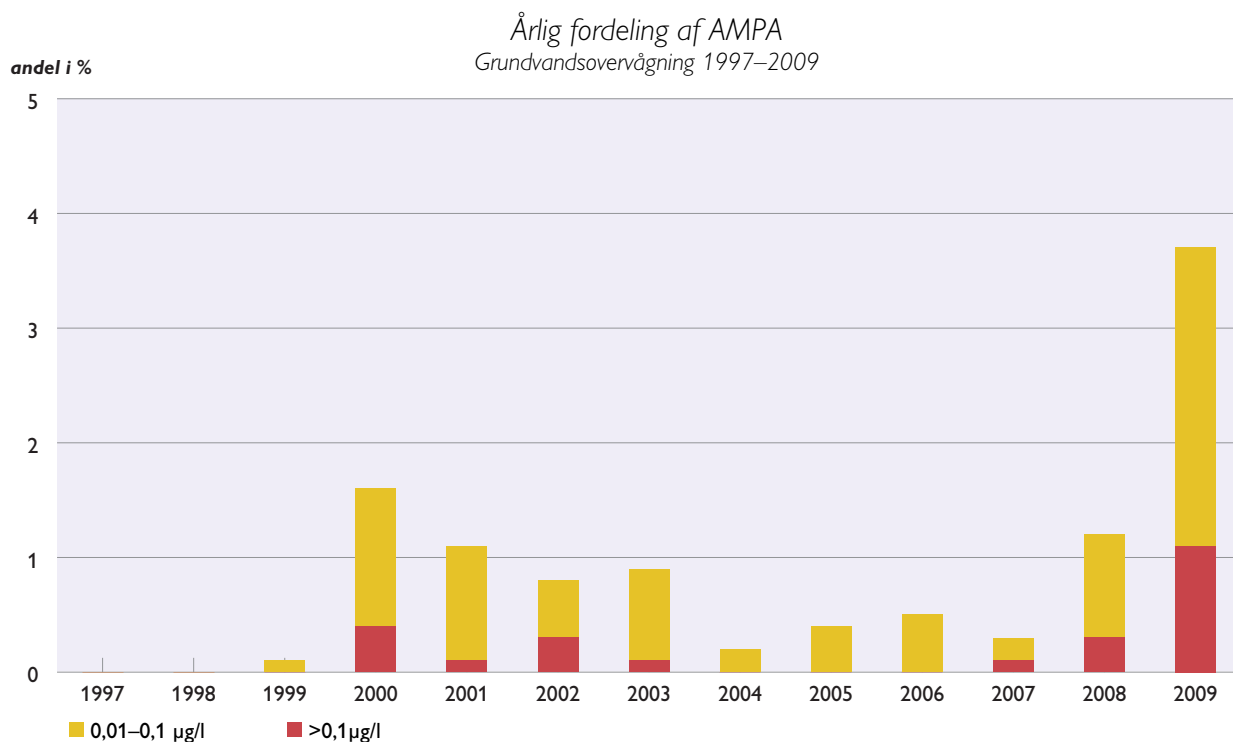
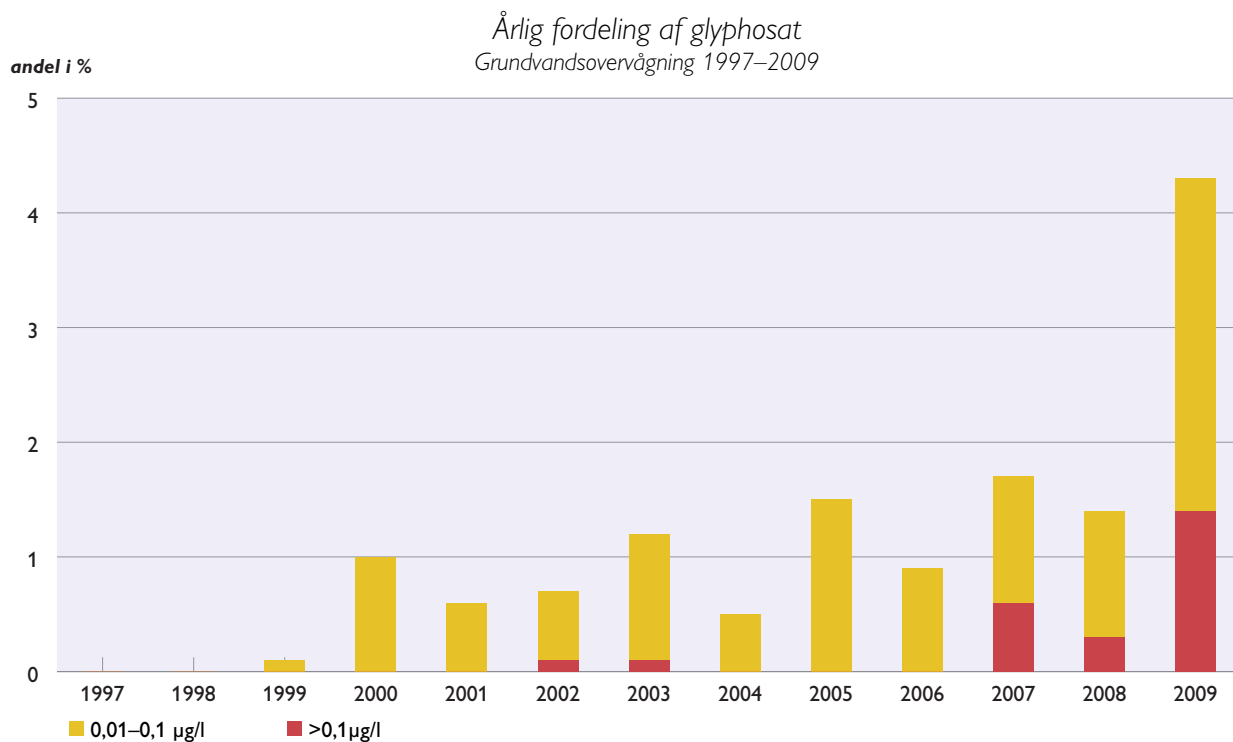
Tabel 15 viser de 20 hyppigst fundne stoffer i vandprøver **udtaget i 2009** for de samme tre datasæt. Der er kun medtaget stoffer, der er analyseret i mere end 100 indtag eller boringer for grundvandsovervågningen og for boringskontrollen, mens der ikke er begrænsninger for "Andre Boringer" pga. ret få analyser i denne kategori i 2009.

De fundne pesticider og nedbrydningsprodukter er stort set de samme i 2009 som i hele perioden, dog er glyphosat og AMPA fundet ret hyppigt i grundvandsovervågningen, mens de to stoffer som før nævnt kun er analyseret i ca. 60 aktive indvindingsboringer i 2009, hvor kun AMPA blev fundet i én boring, se bilag 3-5.

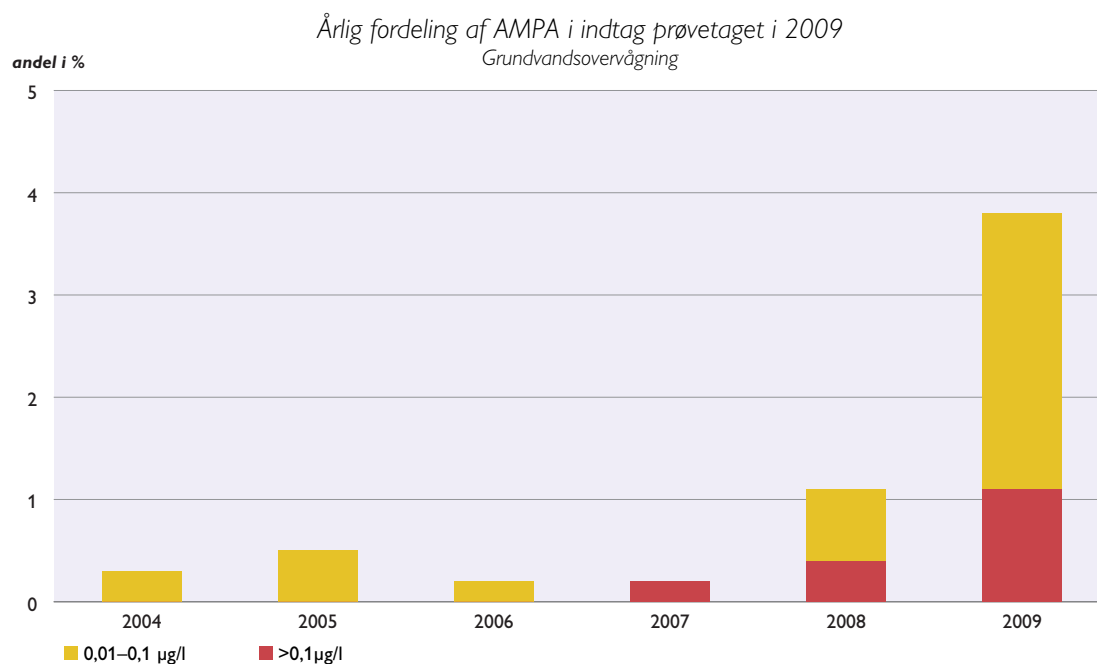
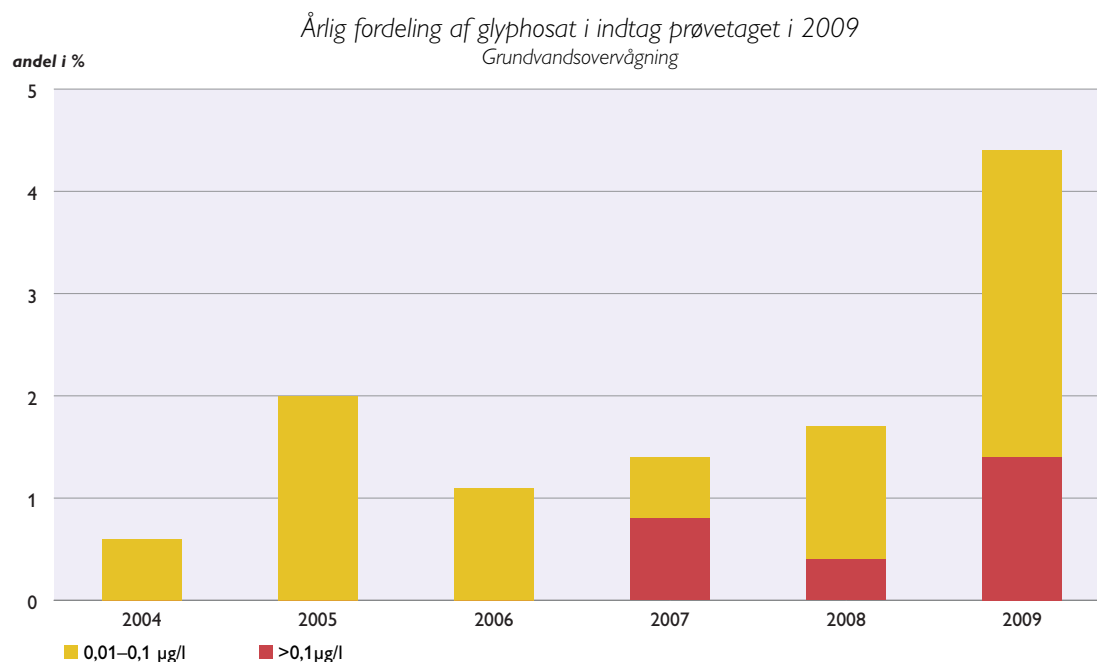
Grundvandsovervågning 2009			Boringskontrol 2009			Andre boringer 2009		
Stofnavn	Fund %	>0,1 µg/l %	Stofnavn	Fund %	>0,1 µg/l %	Stofnavn	Fund %	>0,1 µg/l %
BAM	17,1	5,2	BAM	18,6	3,8	BAM	29,1	9,9
DEIA	13,1	2,5	4CPP	3,4	0,6	Metribuzin, desam-diketo	12,5	3,1
Atrazin, deisopropyl	8,5	0,2	Mechlorprop	2,3	0,1	DEIA	11,4	0,0
Atrazin, deethyl-	6,4	0,6	Bentazon	2,3	0,3	4CPP	7,4	3,2
Glyphosat	4,4	1,4	2,6-DCPP	1,8	0,6	Atrazin, deethyl-	3,6	0,9
Bentazon	3,9	0,9	Dichlorprop	1,1	0,2	Dichlorprop	3,4	0,3
AMPA	3,8	1,1	Atrazin, deisopropyl	1,0	0,0	Metribuzin, diketo	3,1	0,0
Atrazin	3,5	0,5	Hexazinon	0,9	0,0	Atrazin	3,0	1,2
Mechlorprop	2,4	0,6	Atrazin	0,8	0,0	Atrazin, deisopropyl	2,7	0,0
Simazin	2,3	0,2	Atrazin, deethyl-	0,8	0,1	Bentazon	2,6	1,4
Dichlorprop	1,9	0,6	MCPA	0,6	0,0	Simazin	2,1	0,0
4CPP	1,4	0,9	Diuron	0,6	0,0	Hexazinon	2,1	0,9
2,6-dichlorebenzoesyre	1,3	0,3	Atrazin, hydroxy-	0,6	0,0	Mechlorprop	2,0	1,2
Metribuzin, desam-diketo	1,1	0,6	Hydroxy terbuthylazin	0,4	0,0	Glyphosat	2,0	0,0
2,6-DCPP	1,1	0,6	Simazin	0,3	0,0	AMPA	2,0	0,0
Metribuzin, diketo	1,1	0,2	Dichlobenil	0,2	0,0	Atrazin, hydroxy-	1,3	0,7
Hexazinon	0,9	0,2	DNOC	0,2	0,1	2,6-DCPP	1,2	0,0
Dichlobenil	0,3	0,0	Terbuthylazin	0,2	0,0	DNOC	0,3	0,3
Metribuzin	0,3	0,0	Cyanazin	0,1	0,0	Dinoseb	0,3	0,0
Trichloreddikesyre	0,3	0,0	Pendimethalin	0,1	0,0	Dichlobenil	0,3	0,0

Tabel 15. Boringer/ indtag analyseret i 2009. De 20 hyppigst fundne stoffer i grundvandsovervågningen, i boringskontrol af aktive indvindingsboringer og i ”Andre boringer”. Der er kun medtaget stoffer, der er analyseret i mere end 100 indtag/boringer fra grundvandsovervågning og fra boringskontrollen, mens der ikke er begrænsninger for ”Andre Boringer” da der kun er gennemført få analyser i denne gruppe i 2009. Se også bilag 3-5 med oplysninger om antal analyser, antal boringer og koncentrationsintervaller.

Figur 33 viser, hvordan forekomsten af glyphosat og AMPA har udviklet sig gennem overvågningsperioden fra 1997 i grundvandsovervågningen, hvor stofferne blev analyseret første gang og frem til 2009. Det ses, at andelen af analyser med fund har været stigende gennem de sidste 3 år. Dette datasæt bygger på alle de analyser, der er gennemført for de to stoffer i hele overvågningsperioden.



Figur 33. Udvikling i fund af glyphosat og AMPA fund i grundvandsovervågningen. Opgørelse baseret på **antal analyser**, analyser med fund i intervallet 0,01 til 0,1µg/l og $\geq 0,1\mu\text{g/l}$. De to stoffer analyseres generelt kun en gang pr. boring pr. år.



Figur 34 A og B. Grundvandsovervågning. Fund andele for glyphosat(A) og AMPA(B) i de indtag, der blev analyseret i 2009 for perioden 2004 til 2009. Der er således kun medtaget de indtag fra perioden 2004 til 2008 som også er analyseret i 2009. Figuren viser andelen af glyphosat og AMPA fund pr år i koncentrationsintervallet 0,01-0,1µg/l og i intervallet $\geq 0,1\mu\text{g/l}$.

Figur 34 A og B viser som et alene fundandelen i perioden 2004 til 2009 af glyphosat og AMPA pr. år for de indtag, der blev analyseret i 2009. 2004 er valgt som start-år, fordi antallet af indtag, der blev analyseret både i 2009 og tilbage i tiden, falder med stigende alder. Ud af de

Referencer

Dansk lovgivning, vejledninger mv

Miljøministeriet 2007: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1449 11. december 2007 (Drikkevandsbekendtgørelsen)

Miljøstyrelsen, 2008: Bekæmpelsesmiddelstatistik 2007, Orientering fra Miljøstyrelsen, 4, 2008

Miljøstyrelsen, 2009: Redegørelse om jordforurening 2007. Redegørelser fra Miljøstyrelsen nr. 1, 2009.

EU- direktiver

EU, 1998; Europaparlamentets og Rådets direktiv nr. 98/83/EF om kvaliteten af vand til drikkevand. (Drikkevandsdirektivet)

EU, 2000: Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastsættelse af en ramme for fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger. EFT L 327 af 22.12.2000. p. 1-72 og 10 bilag. (Vandrammedirektivet)

EU, 2006: Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelser. EFT L 327 af 22.12.2000. p. 1-72 og 10 bilag. (Grundvandsdirektivet)

Andre referencer

GEUS, 2004: Forurenet drikkevand i små vandforsyningsanlæg. GEUS rapport 2004/9.

Brüsch W., 2007: Almene vandværkers boringskontrol af pesticider og nedbrydningsprodukter. State of the art for forekomst af pesticider i dansk og udenlandsk grundvand. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, 26, 2007.
<http://www.mst.dk/Udgivelser/Publikationer/2007/09/978-87-7052-570-1.htm>

Brüsch W. og Rosenberg P. 2008. Fund af glyphosat og AMPA i drikkevand fra små vandforsyningsanlæg i Storstrøms Amt. Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 1163, 2008.

Brüsch W., 2010: GEUS-NOTAT nr.: 05-VA-10-03: Vandværksboringer taget ud af drift pga. af pesticider eller nedbrydningsprodukter - identificeret fra BK datasættet - BoringsKontrollen, aktive vandværksboringer og forekomst af godkendte pesticider i vandværksboringer.

Links:

<http://pesticidvarsling.dk/>

8 Vandindvinding

I Danmark anvendes den største andel af de oppumpede vandmængder til almen drikkevandsforsyning, men der bruges også betragtelige andele til markvanding, lokal vandforsyning til bl.a. industri, institutioner, gartneri og dambrug samt til enkelt-vandforsyninger.

I henhold til Vandforsyningsloven skal alle indvindinger indberettes af indvinderne til kommunerne, der kontrollerer og indlæser data i den fællesoffentlige database JUPITER. Indvindinger opgøres for hvert kalenderår, og indberetningen til kommunalbestyrelsen skal foretages inden den 1. februar det følgende år, hvorefter data uploades til JUPITER inden 1. maj. Derefter bliver de oppumpede vandmængder til aktive data i databasen.

Drikkevandsforsyningen i Danmark er bygget op omkring en decentral struktur med 2.622 almene vandværker (den seneste opgørelse er fra DANVA, 2006), hvoraf 158 indtil 1. jan 2010 har været kommunalt ejede. Derudover findes der en række lokale vandforsyninger til institutioner og enkelt-vandforsyninger, som hver forsyner 1-9 til husstande.

Relevans

Vandindvinding til drikkevandsforsyning i Danmark baseres udelukkende på oppumpning af grundvand. Med det stigende fokus på klimaets betydning for den fremtidige vandindvinding er det af hensyn til forsyningsikkerhed og miljøpåvirkninger væsentligt, at man kender mængden og udviklingen af de årlige vandmængder, der oppumpes. Det skyldes, at grundvandet indgår som en vigtig del af vandets kredsløb. Når nedbørsmængden ændres som følge af klimændringer, ændres den mængde grundvand, der er rådighed til indvinding også, ligesom vandføring i vandløb, vandstanden i moser og søer mv. påvirkes.

Målsætning

I Miljømålsloven (MIM, 2009) er det en generel målsætning, at der kun må indvindes så meget vand, at påvirkningerne af overfladevand og grundvandsafhængige økosystemer i vådområder mv. ikke hindrer opfyldelse af miljømålsætningerne (MST, 2006). Det er derfor nødvendigt at kunne dokumentere ændringer i den oppumpede grundvands- og overfladevands-mængde på såvel lokal som regional og national skala. I Vandplanerne er indvindingens miljømæssige påvirkning vurderet for hvert hovedopland (BLST, 2010).

Datagrundlag

Til denne rapport er der medio august 2010 lavet udtræk af indvindingsdata for grundvand og overfladevand. Udtrækket omfatter data for de vandmængder, kommunerne (indtil 2006 amterne) har indberettet til JUPITER for perioden 1989 frem til og med 2009.

I perioden 1989 til 2005 blev de oppumpede vandmængder beskrevet på baggrund af de indberetninger, som GEUS hvert år modtog fra amterne om de indvundne vandmængder. Opgørelserne blev herefter sammenlignet med de tal, som amterne opgjorde til den regionale af-rapportering af grundvandsovervågningen. Ofte manglede der indberetninger fra enkeltindvinderne, grundvandssænkninger mm. Amterne foretog derfor et skøn over, hvor store vandmængder, der var indvundet ud over de indberettede vandmængder. GEUS' strategi var frem til 2005, at hvis indvindingerne var større i amtsrapporterne end i udtrækket fra JUPITER, blev indvindingerne opjusteret i henhold til amternes rapporter.

I forbindelse med strukturreformen er tilsynsmyndigheden for indvinding af grundvand overgået fra amterne til de 98 nye kommuner, og det er derfor ikke længere muligt at lave en korrektion på baggrund af decentrale afrapporteringer, da sådanne ikke længere udarbejdes. I forbindelse med sidste års GRUMO rapportering blev det besluttet, at man fra 2006 og fremefter baserer opgørelserne på de indberettede vandmængder, der er i JUPITER databasen på udtrækstidspunktet, således at der i fremtidige rapporter er overensstemmelse mellem databasen og de rapporterede opgørelser. For yderligere information se sidste års GRUMO rapport (Thorling mfl., 2010).

Ved at basere opgørelsen af de oppumpede vandmængder på data fra JUPITER sikrer man større konsistens i data i diverse afrapporteringer, herunder bl.a. i forbindelse med indberetninger til andre danske og internationale institutioner. En konsekvens er, at fremtidige tidsserier for de oppumpede vandmængder fra 1989 til 2005 ikke er helt identiske med tidligere viste tidsserier i ældre GRUMO-rapporter. For fremtidige data gælder det også, at der vil forekomme mindre afvigelser fra år til år pga. for sen indberetning og/eller rettelser i databasen, idet den seneste rapport altid vil indeholde tidsserier med opdaterede data for alle år.

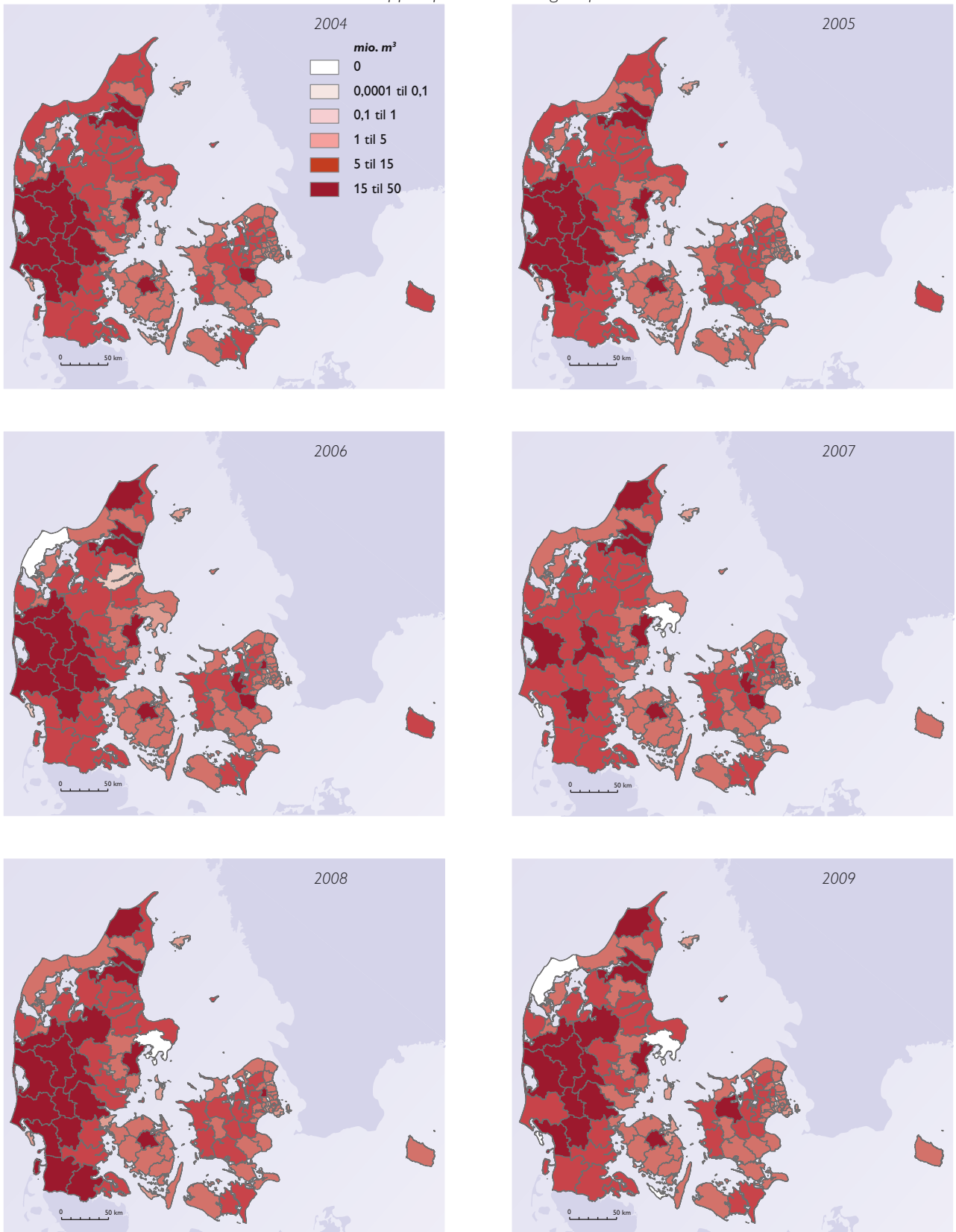
Kommunernes indberetning

I forbindelse med udtræk af data i foråret 2010 viste det sig, at en stor andel af kommunerne ikke havde indberettet data inden tidsfristen den 1. maj. Helt ekstraordinært fik kommunerne forlænget deres frist til 1. juli. Den mangelfulde indberetning er et væsentligt problem, men det skal understreges, at for en stor del af kommunernes vedkommende fungerer indberetningen tilfredsstillende.

For at illustrere omfanget af den manglende indberetning er der som i sidste års GRUMO rapport udarbejdet 6 nationale kort, der viser størrelsen af indberetninger for de nye kommuner for årene 2004 til og med 2009, se figur 36. Mørkerød farve angiver stor indvinding, mens hvid farve angiver, at der ikke er indberettet data i den pågældende kommune. Indberetninger på 100.000 m³ eller mindre er vurderet som udtryk for mangelfuld indberetning. For 2004 og 2005 gælder det, at størrelsen af indberetningen har været forholdsvis konstant fra alle kommuner. For 2006 data har 5 kommuner endnu ikke indberettet data (samme antal som sidste år). For 2007 har 3 kommuner ikke indberettet data, for 2008 har 2 kommuner ikke indberettet data, og i 2009 har 7 kommuner ikke indberettet.

Af figur 36 kan man dog se, at langt de fleste kommuner har indberettet data og altså udnyttet den udsatte frist til at efterindberette. I JUPITER databasen fremgår det imidlertid ikke, om indberetningen er komplet for hver enkelt kommune. For det enkelte år beror det derfor på en vurdering, om data er komplette nok til at beskrive tendenser i vandindvindingens størrelse.

Indberettede oppumpede vandmængder pr. kommune



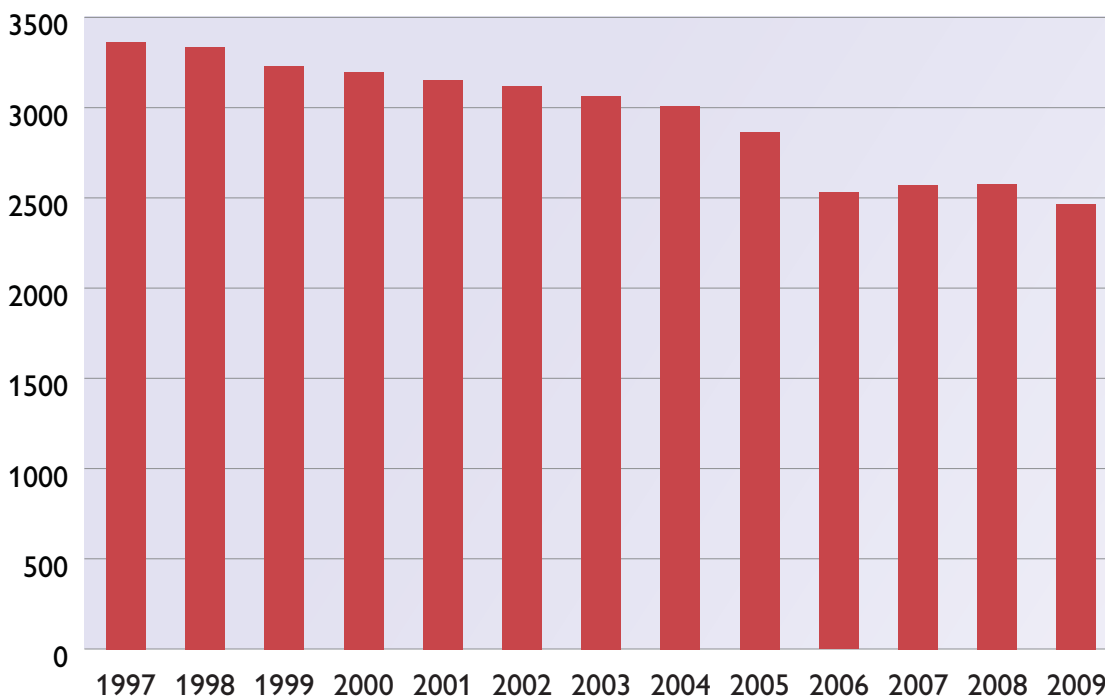
Figur 36. Oppumpede vandmængder i mio. m³ tematiseret for de nye kommuner for årene 2004 til 2009 på baggrund af de samlede indberetninger pr. medio august 2010.

Figur 37 viser hvor mange vandværker, der er indberettet i de seneste 12 år. Antallet af indberettede vandværker er jævnt faldende frem til 2005, idet mange mindre vandværker er blevet nedlagt. Går man bag om data, kan man se, at der er stor forskel på hvor mange vandværker, der indberettes fra hver kommune fra år til år. Årsagen til det store fald i indberetning på ca. 330 vandværker fra 2005 til 2006 skyldes for en stor andel manglende indberetning fra vandværker og kommuner. Det er ikke muligt at lave en præcis opgørelse over hvor store mængder vand, der mangler at blive indberettet, da graden af indberetning er ujævn fra år til år. Som eksempel kan man dog tage summen af 2 kommuner, hvor der i alt tidligere blev indberettet fra mellem ca. 110 og 120 vandværker. De tre seneste år, hvor der blev indberettet data lå gennemsnittet ret konstant på ca. 10 mio. m³, men det dækker over variationer i indberetning fra forskellige vandværker.

Fra 2006 og frem er det samlede antal vandværker, der indberetter, relativt stabilt i forhold til de foregående år, men forbundet med store uregelmæssigheder fra kommune til kommune. I sidste års GRUMO rapport vurderedes det forsigtigt, at datasættet fra 2006 var tilstrækkelig komplet til at sige noget om udviklingstendensen, men dette års databehandling har vist, at der i 2006 kun er indberettet fra 2.532 vandværker, hvilket er ca. 40 vandværker færre end i årene 2007 og 2008. Den totale årlige oppumpning har derfor været endnu højere end de 680 mio. m³. En relativ stor andel af vandværkernes indvinding er således endnu ikke registreret for år 2006, hvilket sætter begrænsninger for dataenes anvendelighed.

*Indberetninger til Jupiter-databasen fra vandværkerne
1997–2009*

Antal vandværker



Figur 37 Antal almene vandværker med indberetninger af oppumpede vandmængder de seneste 13 år (1997 til 2009).

For året 2009 er der indberettet fra 2.467 vandværker; ca. 110 færre end de 2 foregående år 2007 og 2008, hvor der blev indberettet fra henholdsvis 2.576 og 2.579 vandværker. Af figur 38 (næste afsnit), der viser den totale årlige indvinding, kan man aflæse, at der i JUPITER for 2009 er indberettet ca. 50 mio. m³ mindre end i 2008. Det er sandsynligt, at dette fald kan tilskrives den manglende indberetning, da det vurderes urealistisk, at der er nedlagt 110 vandværker i løbet af året. En nærmere gennemgang af data fra hovedkategorien "almene vandværker" viser, at data fra 2006 til 2009 ikke er komplette som følge af kommunalreformen og kommunernes manglende indberetning.

Det er således ikke muligt at sammenligne tallene fra 2006 til 2009 med de tidligere års indvinding og man kan derfor ikke sige noget om udviklingen i størrelsen på de oppumpede vandmængder for de almene vandværker.

For de "totale oppumpede vandmængder" konkluderes det, at data fra år 2006 og 2007 ikke er komplette og påvirket af kommunalreformen, og at indberetningen for år 2009 heller ikke er tilstrækkelig komplet til at indgå i en vurdering af indvindingens størrelse.

Trods disse mangler er de totale oppumpede vandmængder fra 2008 anvendt nedenfor i analysen af udviklingen af de oppumpede vandmængder, men det skal understreges, at data er mangelfulde, og at analysen derfor skal tages med forbehold.

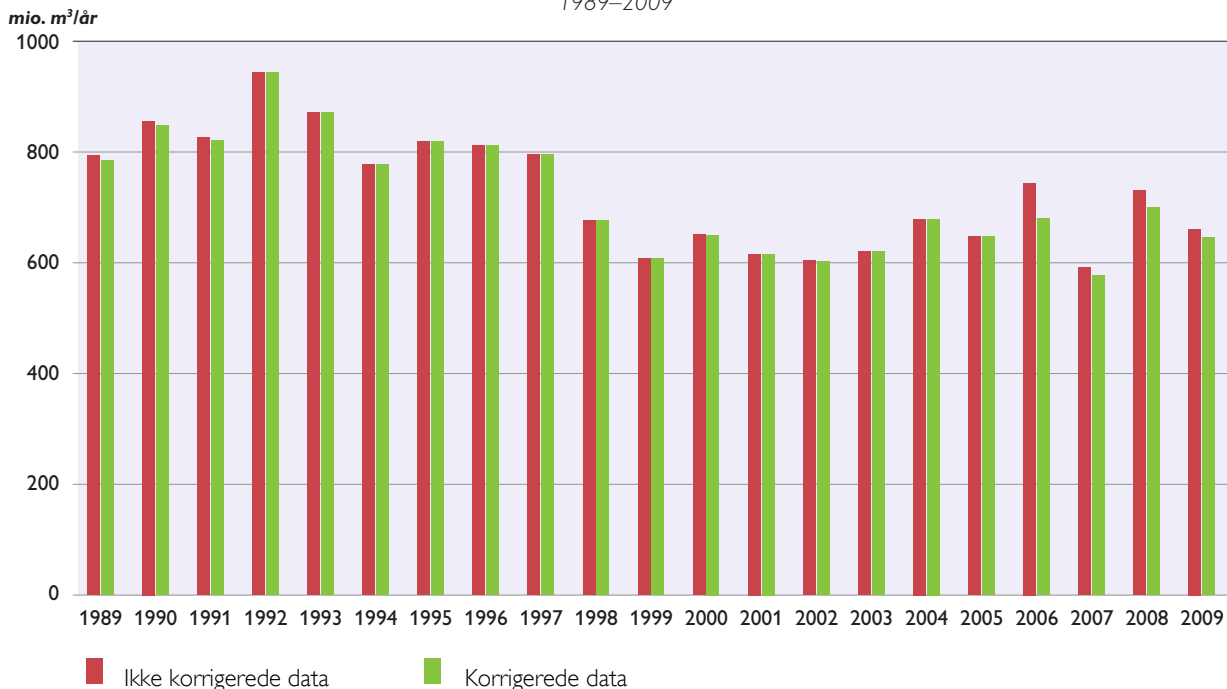
Den totale årlige grundvandsindvinding i Danmark

I forbindelse med gennemgang af de indberettede vandmængder er der yderligere identificeret fejlindberetninger fra nogle kommuner. Særligt drejer det sig om kategorierne for Erhvervs Vand og Dambrug samt Overfladevand. Det er særligt indberetning af dambrugernes anvendelse af vandløbsvand og grundvand, der volder problemer i forbindelse med indberetningen. I flere kommuner fejlindberettes meget store mængder vandløbsvand, der ledes gennem dambrug og efterfølgende føres tilbage til vandløbet som en forbrugt vandmængde. Da overfladevandet ledes tilbage til vandløbet, skal dette ikke registreres som oppumpet vandmængde i nogen af kategorierne. Det oppumpede grundvand til dambrugerne indgår i kategorien Erhvervs Vand og Dambrug.

Figur 37 viser de totale oppumpede vandmængder for perioden 1989 til 2009. De røde søjler viser de data, som ligger i JUPITER (dvs. uden korrektioner). De grønne søjler viser den totale vandindvinding i Danmark, hvor der er korrigeret for disse fejl. De største forskelle ses i 2006 og 2008, hvor der er indberettet henholdsvis 64 og 30 millioner m³ for meget vand stammende fra dambrugernes anvendelse af vandløbsvand.

De grønne søjler på figur 38 angiver således de totale oppumpede vandmængder pr. medio august 2010. Med de forbehold, der er redegjort for ovenfor, ligger den totale årlige indvinding på et relativt stabilt niveau omkring de 650-700 mio. m³ pr. år, med en svag stigende tendens fra årene lige omkring årtusindskiftet. Dette hænger muligvis sammen med højkonjunkturen. Indtil da havde der været en markant faldende tendens over ca. 15 år centreret omkring 1990'erne. I 2007 er der en særlig lav samlet indvinding, der vurderes at skyldes mangelfuld indberetning i forbindelse med kommunalreformen i 2006/2007.

Total årlig grundvandsindvinding 1989–2009



Figur 38. De røde søjler viser den samlede grundvandsindvinding i Danmark (mio. m³/år) alene baseret på indberetninger til GEUS uden nogen form for korrektion. De grønne søjler viser data korrigerede for fejlindberetninger.

Tilstand, udvikling og årsager

Figur 38 viser vandindvindingen for hele landet fordelt på fire hovedkategorier frem til år 2009. Kategorierne er:

- Almene vandværker: offentlige og private enkeltanlæg.
- Erhvervsvanding og dambrug, markvanding, gartneri.
- Virksomheder med egen indvinding: erhverv, industri, institutioner, afværgepumpninger, grundvandssænkninger, enkelt-indvindinger til husholdninger og anden grundvandsindvinding.
- Overfladevand til alle formål.

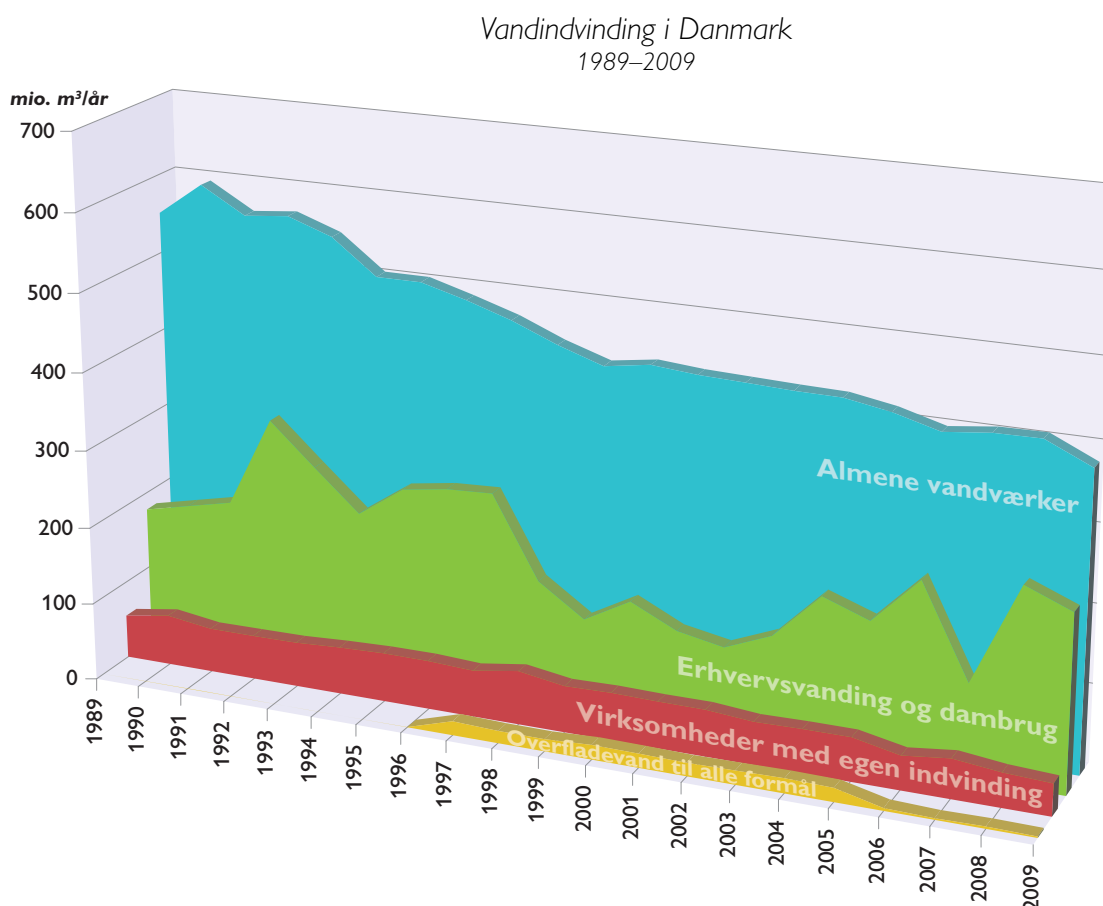
I sidste års GRUMO rapport blev udviklingen frem til 2006 beskrevet. I dette års rapport skulle årene 2007-2009 afrapporteres, men analysen begrænses til at omhandle data fra år 2008.

For år 2008 gælder det, at den totale grundvandsindvinding er opgjort til 700 mio. m³, mens indvindingen af overfladevand på 3 mio. m³ er vanskelig at erkende i figur 39. For hele perioden 1989 til 2009 gælder det, at dambrug er udeladt fra overfladevand, da dambrugernes anvendelse af overfladevandet ikke ændrer nævneværdigt på vandføringen i vandløbene, da vandet ledes tilbage til vandløbet efter gennemløb i dambrug. Dette giver en mere præcis opgørelse på kategorien for anvendelse af overfladevand.

Indvinding af grundvand til markvanding, gartneri og dambrug tegner sig for 250 mio. m³, svarende til 36 % af den samlede grundvandsindvinding i 2008 og indeholder en stigning på 72 mio. m³ i forhold til 2005. Siden 2006 og frem til 2009 (for 2006 og særligt for 2007 gælder det, at data fortsat er mangelfulde pga. kommunalreformen) hvor der indtil videre er indberettet 226 mio. m³, har kategorien ligget markant højere end de foregående år fra 1998 til 2005. Fra 1998 og frem til og med 2003 er indvindingen meget lav for kategorien. Det er vanskeligt at vurdere rigtigheden af de store udsving i kategorien, fordi de årlige variationer i nedbør og fordampning har en stor betydning for markvandingsbehovet. Det vurderes, at for en mere kvalificeret vurdering af hovedkategoriens vil det være gavnligt med kvalificerede bud i form af modelberegninger for landbrugets vandingsbehov.

Indvindingen til almene vandværker viser et lille fald fra 414 mio. m³ i 2005 til 406 mio. m³ i 2008 og udgør lidt over halvdelen af den samlede indvinding. Vandforbruget for virksomheder med egen indvinding er i samme periode faldet fra 56 til 44 mio. m³, og indvindingen af overfladevand er faldet fra 18 til 3 mio. m³.

Fald i overfladevandet fra 2005-2006 skyldes nedgang i anvendelse af overfladevand indenfor den almene vandforsyning, erhverv og markvanding.



Figur 39. Vandindvinding i Danmark fordelt på almene vandværker, erhvervs vand og dambrug, virksomheder og overfladevand. Data er baseret på udtræk fra JUPITER og korrigeret for formodede fejlindberetninger. Der er ingen opgørelse af indvinding af overfladevand fra før 1997.

De tre nævnte kategorier (Almene vandværker, Virksomheder med egen indvinding og Overfladevand til alle formål) falder tilsammen 35 mio. m³ fra 2005 til 2008. Faldet inden for de tre kategorier vurderes at ligge inden for de udsving, man kan forvente fra år til år pga. variationer i klima og forbrug. Hvorvidt der er tale om en reel faldende tendens i forbruget i de tre kategorier, er vanskeligt at vurdere på det nuværende datagrundlag. For samme periode modsvares faldet af stigningen i hovedkategorien "Erhvervsvanding og dambrug, markvanding, gartneri" på ca. 72 mio. m³, hvoraf markvandingen udgør den primære stigning. Netto er den samlede oppumpning på landsplan steget med ca. 37 mio. m³ fra 2005 til 2008.

De oppumpede vandmængder er en vigtig parameter i den nationale vandbalanceopgørelse, og uundværlige data som grundlag for risikovurderingen af grundvandsforekomsterne i forbindelse med vandplanarbejdet.

For at muliggøre en optimal vurdering af presset på den tilgængelige vandressource er der behov for, at kommunerne følger op på, at de oppumpede vandmængder i videst mulig omfang indberettes til den fælles offentlige database JUPITER til den fastsatte tidsfrist, som er 1. april det efterfølgende år, jf. Drikkevandsbekendtgørelsen (MST, 2007). Derudover er der behov for, at endnu ikke indberettede data fra årene efter kommunalreformen ligeledes indberettes.

Referencer

Miljøministeriet, 2008: Lovbekendtgørelse nr. 1026 af 20. september 2008 om lov om vandforsyning mv. – Vandforsyningsloven

Miljøministeriet, 2009: LBK nr. 932 af 24/09/2009 af Lov om miljømål m.v. for vandforekomster og internationale naturbeskyttelsesområder (Miljømålsloven)

Miljøstyrelsen, 2007: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg, BEK nr. 1449 af 11/12/2007 – Drikkevandsbekendtgørelsen

BLST, 2010. Vandplaner, høringsversion. <http://www.blst.dk/Hoering/vandogaurplaner.htm>

DANVA, 2006: Vand i tal. Benchmarking og vandstatistik 2006 www.bessy.dk

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brüsck, W., Møller, R.R., Iversen, C.H. og Højberg, A.L. 2010: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2008. Teknisk rapport, GEUS 2010. http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2008.htm

9 Det Nationale Pejleprogram

I 2007 blev der etableret et nationalt pejleprogram med det formål at overvåge grundvandets kvantitative tilstand, ved at overvåge de kort- og langsigtede ændringer i grundvandsstanden.

Omfanget af ændringer i grundvandsspejlet over tid kan observeres i det landsdækkende pejlenet, hvor grundvandsspejlet registreres dagligt i de fuldt udbyggede overvågningspunkter. Variationer i grundvandsspejlet kan skyldes flere faktorer, såsom ændringer i nedbøren over kort eller længere tid eller ændringer i indvindingsstrukturen på lokal eller regional skala.

Relevans

Indikatoren beskriver udviklingen i grundvandsressourcens størrelse. Ændringer i ressourcens størrelse har afgørende betydning for den mængde grundvand, der kan indvindes til drikkevandsforsyning, markvanding og andre humane behov samt for den økologiske tilstand i vådområder, vandløb og søer mv.

Målsætning

Vandrammedirektivet (EU, 2000) og Miljømålsloven (MIM, 2009) fastsætter den generelle målsætning for, at befolkningen til enhver tid skal sikres den nødvendige forsyning af drikkevand, og at den økologiske tilstand i overfladevands- og vådområder skal bevares eller forbedres. Målsætningen og tilstanden for de enkelte grundvandsforekomster og de afhængige økosystemer og vådområder fremgår af vandplanerne.(BLST, 2010)

Stationsnettet

De statslige miljøcentre overtog i forbindelse med kommunalreformen i 2007 ansvaret for Det Nationale Pejlenet, der blev etableret på basis af de tidligere amters pejleprogrammer. Det nationale stationsnet bygger således på tidligere pejleboringer fra amterne suppleret med nye boringer samt ældre pejleboringer fra GEUS. De fleste tidsserier går tilbage til 1980'erne, hvor amterne etablerede flere pejlestationer i forbindelse med grundvandsovervågningen. Enkelte tidsserier går dog helt tilbage til 50'erne og endnu tidligere.

Der indgik i 2009 i alt 121 pejlestationer/boringer i det nationale pejlenet, jf. tabel 16. Pejleboringernes geografiske fordeling er vist på figur 40.

Miljøcenter	Totalt antal pejleboringer i drift	Pejlinger og tidsserier
Aalborg	20	30 % af boringerne har tidsserier over 20 år.
Ringkøbing	19	Relativ få lange tidsserier. 15 % af boringerne har tidsserier over 20 år.
Århus	15	30 % af boringerne har tidsserier over 20 år.
Ribe	23	Flere boringer kun pejlet 1-2 gange (6 stk.). Få lange tidsserier, 25 % over 20 år.
Odense	10	50 % af boringer har tidsserier over 20 år.
Roskilde	19	50 % af boringer har tidsserier over 20 år.
Nykøbing	15	Flere boringer kun pejlet 1-2 gange. Flere lange tidsserier på 30-40 år, og 75 % er over 20 år.
I alt:	121	

Tabel 16 Opgørelse over pejlestationer i miljøcentrene (oktober 2010). For hvert miljøcenter fremgår tidsseriernes længde.

Måleprocedurer

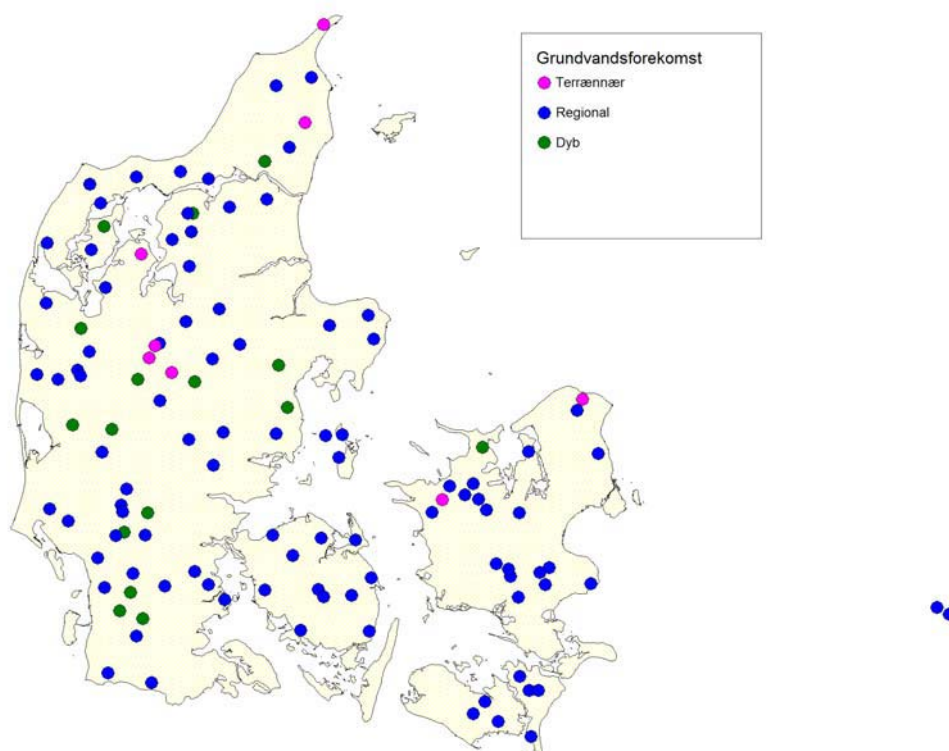
I mange (85) af pejlestationer i det nationale pejlenet findes der i dag dataloggere, som dagligt registrerer grundvandsstanden i de enkelte indtag. Tidligere var boringerne ikke udstyret med dataloggere, og derfor ses der i de ældre tidsserier enkeltpejlinger med typisk 2-4 årlige pejlinger pr. indtag. Det ses endvidere flere steder i forbindelse med kommunalreformen, især for tidsserier fra 2005-2007, at dataloggere er taget ud af drift og erstattet med enkeltpejlinger.

Datamateriale

Datamaterialet i Det Nationale Pejlestationsnet er vurderet efter:

- Længden på tidsserien.
- Aktualitet (målinger i 2009).
- Dokumentation (lokalisering, beskrivelse af indretning, indmåling).
- Konsistens mellem geologisk og hydrologisk indmåling.
- Konsistens i pejletidsserien.

På den baggrund er der udsortet 1 tidsserie for henholdsvis terrænnære, regionale og dybe grundvandsforekomster for henholdsvis Sjælland, Fyn, Nordjylland, Vestjylland og Østjylland. Tidsserier fra Miljøcenter Ringkøbing er i denne afrapportering fravalgt, da stationsnettet er nyrenoveret, og serierne derfor er meget korte i forhold til Miljøcenter Ribe. Klassifikationen af pejleboringerne placering i de 3 typer forekomster er baseret på indberetninger fra miljøcentrene.



Figur 40 Stationsnet for det Nationale Pejlenet pr. 1. januar 2009. Farven illustrerer hvilken type grundvandsforekomst, pejleboringerne er filtersat i (Moser, 2009).

Flere af tidsserierne har et forløb, der indikerer fejl i data, for eksempel i form af ændringer i boringens indmåling, skift i pejlepunkt uden efterfølgende konsekvensrettelse af pejleserien eller fejl i indrapportering til JUPITER. I visse tilfælde er der også mangler i tidsserierne, som gør, at beregnede data ikke kan udtrækkes. I den kommende programperiode er det derfor planlagt at få rettet op på fejl og mangler.

Det nationale pejlenet skal kunne fungere som grundlag for fortolkning af andre pejleserier og enkeltmålinger af vandstanden, og skal således afspejle et mål for de reelle variationer i grundvandets trykforhold. Dette er af stor betydning, ikke mindst af hensyn til den langsigtede (dekader) anvendelse af disse data til modeller mv.

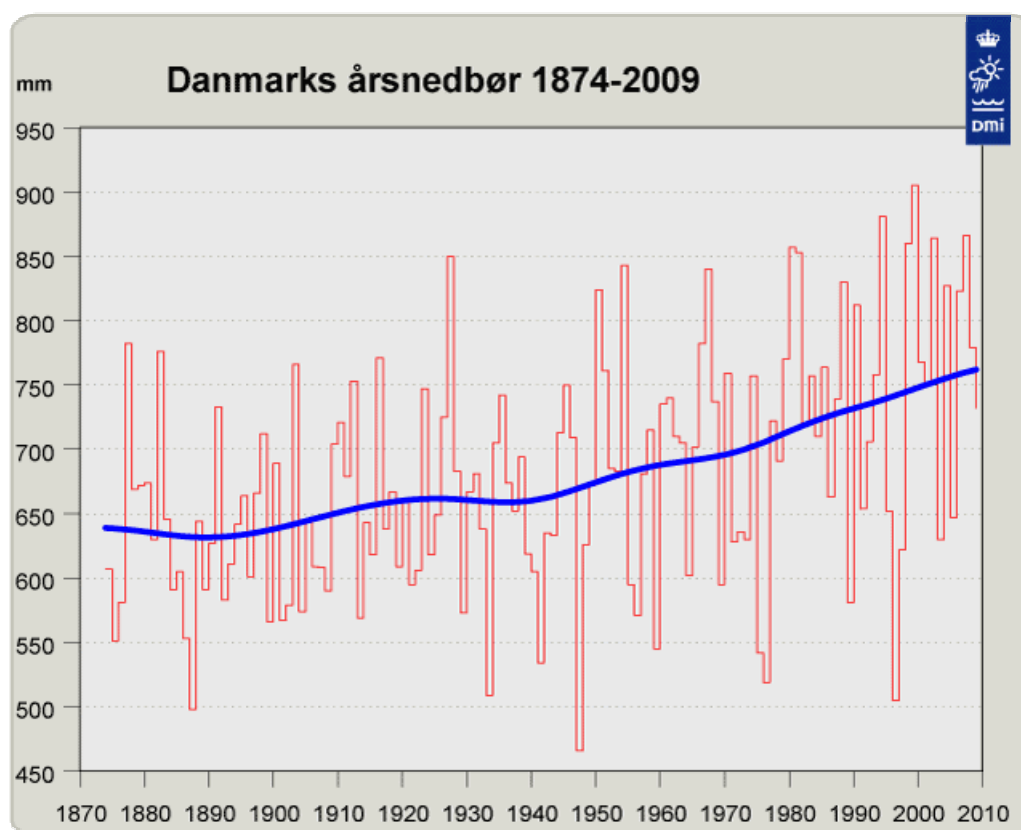
Tidsserier

Hvis der er god kontakt fra overfladen og ned til et grundvandsmagasin, vil magasinet reagere hurtigt på en nedbørsbegivenhed. Det modsatte vil gælde for fx et dybere magasin, hvor strømningsvejen er lang og kontakten dermed dårligere. Trykforplantning vil betyde, at ændringer i grundvandsstanden (potentialeforholdene) kan registreres i alle dele af magasinet. Spændte magasiner kan udvise stof følsomhed over for trykændringer fra indvindinger og ændringer i lufttrykket.

Nedbørsforhold

Viden om mængden af nedbør fordelt over tid og arealer er nødvendig for at vurdere, om der klimatisk er sket ændringer, der kan påvirke størrelsen af grundvanddannelsen til de grundvandsmagasiner, som der overvåges.

Opgørelser fra Danmarks Meteorologiske Institut viser, at Danmark får mere nedbør nu end tidligere. Den gennemsnitlige årsnedbør fra normalperioden er vist på figur 41.



Figur 41 Danmarks årsnedbør fra 1874 til 2009. Værdierne udtrykker et landsgennemsnit som bygger på en række udvalgte nedbørsstationer (kilde: DMI's hjemmeside, 2010).

Det ses af figur 41, at nedbøren de sidste 100 år har været stigende. Den gennemsnitlige årsnedbør for normalperioden 1961-90 er beregnet til 712 mm. Der er over de sidste 50 år registreret en stigning i arealer med ekstremregn på 30 km² svarende til en stigning på 2 % af arealerne. For perioden 1991-2010 er årsnedbøren steget til 743 mm, dvs. en stigning på 31 mm svarende til 4,5 % af nedbøren. Generelt er årsnedbøren steget i alle områder i Danmark (kilde: DMI's hjemmeside).

På trods af denne stigning i årsnedbør kan det forventes, at det vil være vanskeligt på landsplan direkte at se, om og hvordan den udmønter sig i grundvandsstanden. Dette skyldes, at en del af denne ekstra nedbør vil strømme overfladisk af eller fordampe, og at billedet bliver forstyrret af de ændringer, der har været i indvindingerne undervejs. Det kan dog være oplagt at efterforske dette nærmere i kommende afrapporteringer, for eksempel ved at inddrage beregninger af nettonedbør og statistiske vurderinger samt modelresultater fra den nationale vandressourcemodel, DK-modellen.

Siden 1960, hvor der mere systematisk er pejlet, har der været 2 markant nedbørsfattige hændelser, nemlig i 1975-1976 og i 1996. Den første tørkeperiode resulterede i en øget investeringer i markvandingsanlæg, som efterfølgende gav sig udslag i planlægningsmæssige tiltag for at undgå uønskede effekter på grundvand og vådområder.

I de efterfølgende viste tidsserier er det relevant at kigge efter den landsdækkende konsekvens af disse ovenfor beskrevne forhold.

Vandspejlet i regionale grundvandsforekomster

Regionale grundvandsforekomster er defineret som grundvandsforekomster, der har en vis kontakt til vandløb og vådområder. (MST, 2007)

Langt de fleste af pejleboringerne i det nationale pejenet er sat i regionale grundvandsforekomster (97 af 121). Udviklingen i dybden til vandspejlet for regionale forekomster er i det følgende repræsenteret ved følgende 5 pejeserier:

- Nordjylland: DGU-nr. 30.494 indtag 1 (Kalk/kridt).
- Vestjylland: DGU-nr. 167.509 indtag 1 (Prækvartært sand).
- Østjylland: DGU-nr. 98.916 indtag 21 (Prækvartært sand).
- Fyn: DGU-nr. 136.34 indtag 1 (Kvartært sand).
- Sjælland: DGU-nr. 216.272 indtag1(Kalk/kridt).

Der er vist henholdsvis lange pejeserier (1940-2010) og korte, mere detaljerede udsnit af de samme serier (2000-2012) på figur 42.

Pejletidsserierne for Nordjylland er tydelig påvirket af årstidssvingninger (5 meter), og det samme, men dog i mindre grad, gælder serierne for Fyn og Sjælland (ca. 2 meter), som i øvrigt udviser samme mønster. Den vestjyske og østjysk pejleboring, der begge er sat i prækvartært sand, udviser kun svage årstidssvingninger.

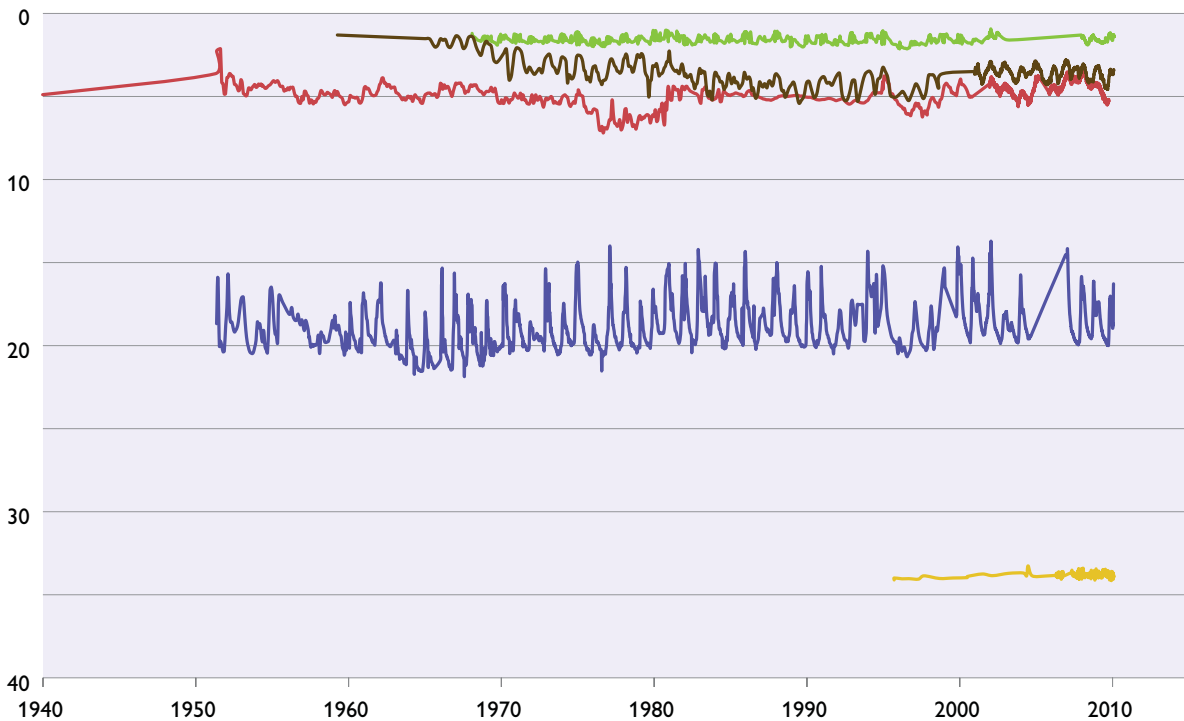
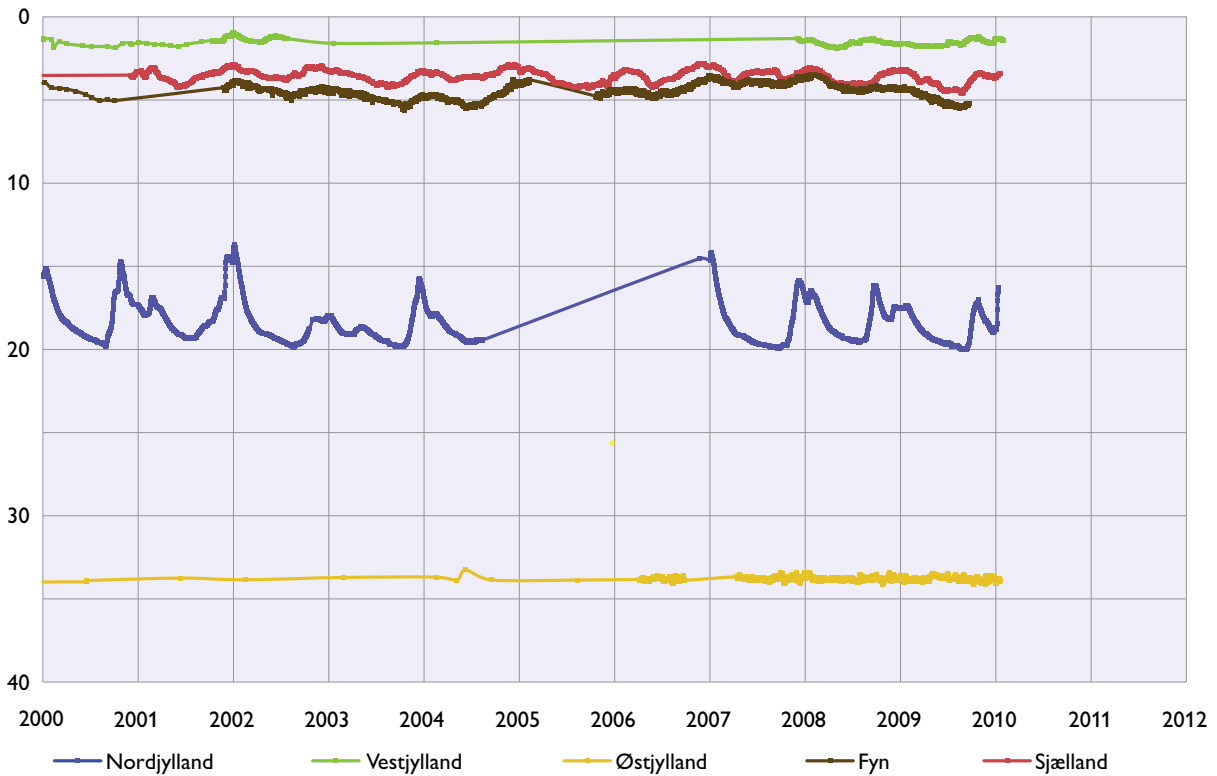
De lange pejeserier indikerer en meget svag (under 1 meter) stigning i vandstanden. Denne vurdering er ikke sikker, fordi der samtidig er usikkerhed på flere af tidsserierne, og yderligere kvalitetsvurdering af tidsserierne er nødvendig for at sikre, at der ikke er sket skift i indmålingspunkter mv.

De to ovenfor omtalte tørkeperioder afspejler sig tydeligt i form af et fald i vandspejlet i pejeserien fra Fyn fra 1975 og flere år frem, og det samme er i mindre grad gældende i 1996. For Nordjylland viser de to tørre perioder sig i begge tilfælde ved fravær af vandstandsstigning den efterfølgende vinter. Det samme kan også svagt anes i den vestjyske pejeserie.

I pejleboringen fra Sjælland er der tydeligvis sket en afsænkning af vandspejlet fra 1970, som igen stiger fra 1995, hvilket stemmer overens med, at pejleboringen oprindeligt er etableret som vandforsyningsboring for Københavns Energi. Københavns Energi reducerede i den periode sin indvinding betydeligt. Regionale ændringer i denne størrelsesorden kan have stor betydning for økosystemer og grundvandets kvalitative tilstand.

Vandspejl i regionale grundvandsforekomster

Meter under terræn



Figur 42 Pejletidsserier (vandstand i meter under terræn) fra regionale grundvandsforekomster. Øverste figur viser korte serier (10 år), nederst vises et længere udsnit af samme serier (70 år).

Vandspejlet i dybe grundvandsforekomster

Dybe grundvandsforekomster er defineret som grundvandsforekomster, der har ringe eller ingen kontakt til vandløb og vådområder. (MST, 2007)

15 af de 121 pejleboringer i det nationale pejlenet er sat i dybe grundvandsforekomster. De fleste af disse pejleboringer findes i Midtjylland, og der findes kun 1 pejleboring på Sjælland og ingen på Fyn.

Udviklingen i dybden til vandspejl for dybe forekomster er repræsenteret ved følgende 4 pejleserier:

- Nordjylland: DGU-nr. 26.4933 indtag 1 (Kvartært sand).
- Vestjylland: DGU-nr. 123.874 indtag 1 (Prækvartært sand).
- Østjylland: DGU-nr. 86.1028 indtag 1 (Prækvartært sand).
- Sjælland: DGU-nr. 205.342 indtag 1 (Kvartært sand).

Der er vist henholdsvis lange pejleserier (1940-2010) og korte, mere detaljerede udsnit af de samme serier (2000-2012) på figur 43.

Pejletidsserierne for Nordjylland er påvirket af tydelige årstidssvingninger (2 meter). Der er ikke årtidsvariationer på de øvrige pejleserier. Der er ikke relevante data fra de sidste 1½-2 år i den sjællandske pejleboring. Der er ikke tilstrækkeligt materiale til at udtale sig om stigning i vandstanden. De omtalte nedbørshændelser kan kun efterprøves for 1996-hændelsen for den sjællandske og vestjyske pejleboring, idet tidsserier mangler for de øvrige. Det ses, at der er et dyk i begge pejleserier.

Vandspejlet i terrænnære grundvandsforekomster

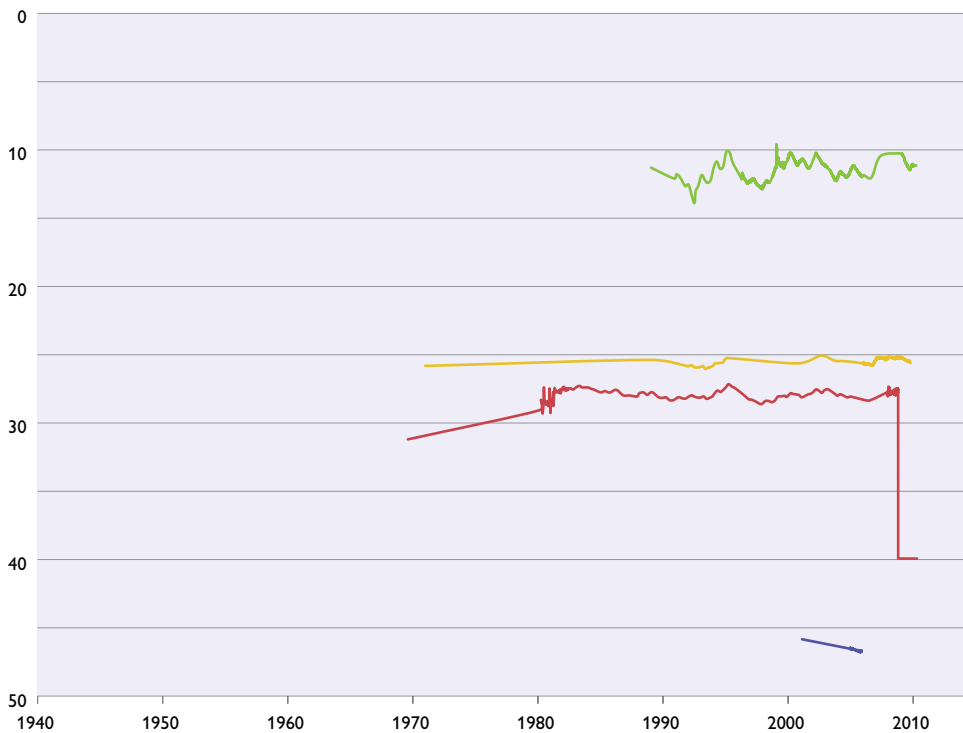
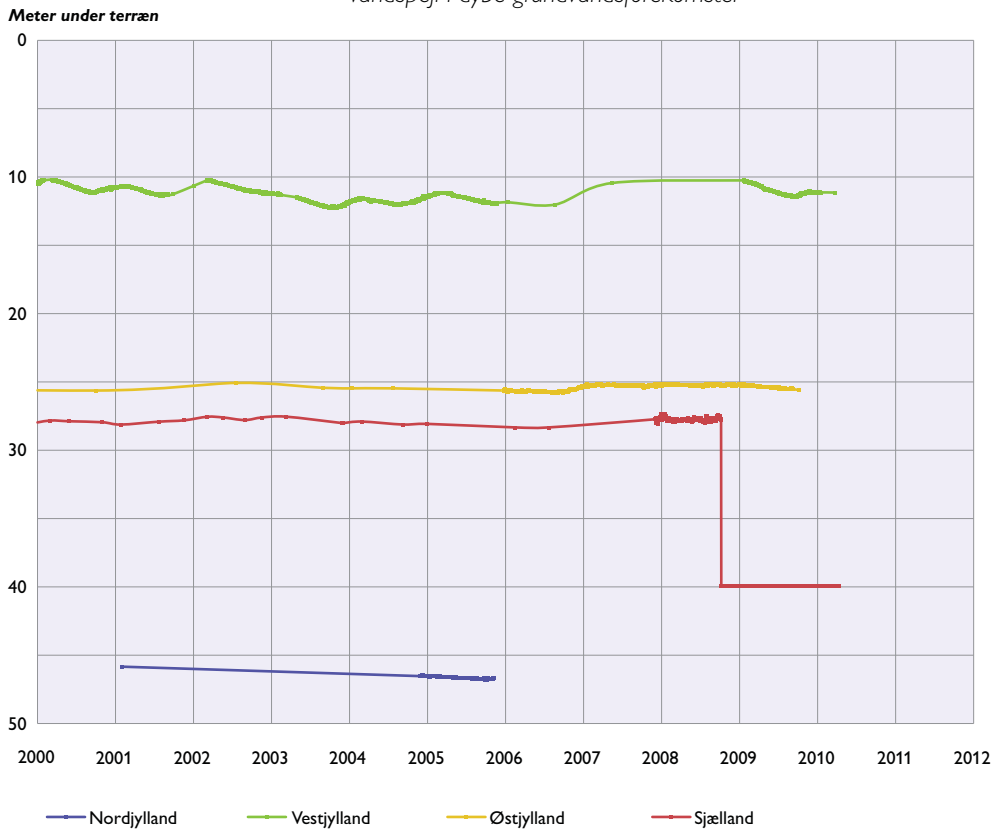
Terrænnære grundvandsforekomster er defineret ved grundvandsforekomster med direkte kontakt til overfladevand, og rummer sand fra terræn. (MST, 2007). 8 ud af de 121 pejleboringer i det nationale pejlenet er placeret i terrænnære grundvandsforekomster. Heraf er sat 6 i Jylland og 2 på Sjælland. Der er ingen på Fyn.

Udviklingen i dybden til vandspejlet for terrænnære grundvandsforekomster er repræsenteret ved følgende 4 pejleserier:

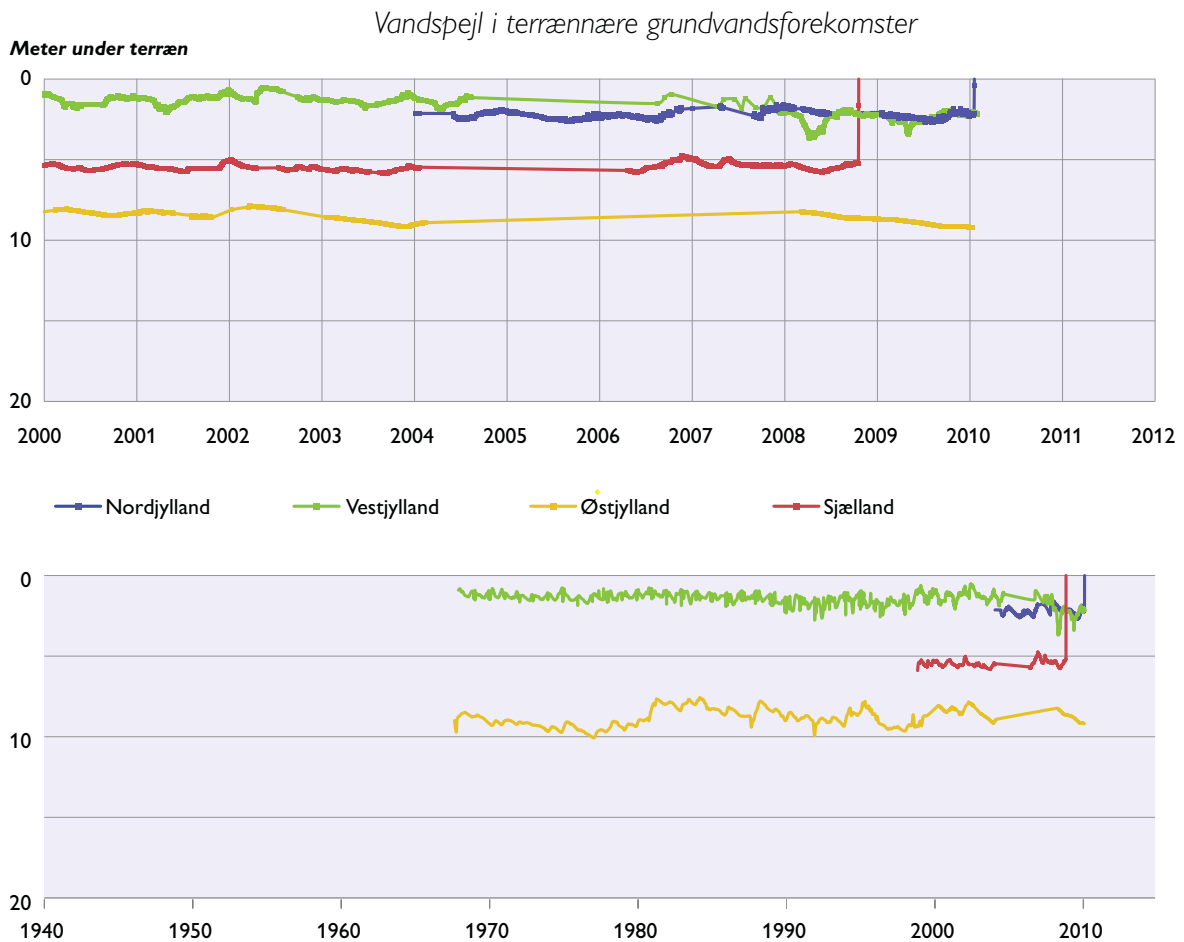
- Nordjylland: DGU-nr. 1.441 indtag 1 (Postglacialt sand).
- Vestjylland: DGU-nr. 159.327 indtag 1 (Interglacialt sand).
- Østjylland: DGU-nr. 76.853 indtag 1 (Kvartært sand).
- Sjælland: DGU-nr. 182.402 indtag 1 (Kvartært sand).

Der er vist henholdsvis en lange pejleserier (1940-2010) og korte, mere detaljerede udsnit af de samme serier (2000-2012) på figur 44.

Vandspejl i dybe grundvandsforekomster



Figur 43 Pejletidsserier (vandstand i meter under terræn) for dybe grundvandsforekomster. Øverste figur viser korte serier (10 år), nederst vises et længere udsnit af samme serier (40 år).



Figur 44 Pejletidsserier (vandstand i meter under terræn) for terrænnære grundvandsforekomster. Øverste figur viser korte serier (10 år), nederst vises et længere udsnit af samme serier (40 år).

Pejletidsserierne for Nordjylland, Vestjylland og Sjælland viser svage tegn på årstidssvingninger. Det samme er ikke tilfældet for Østjylland, som viser et meget udglattet forløb. Det bemærkes, at den sidste del af pejleserierne for Nordjylland, Vestjylland og Sjælland har et abrupt forløb.

De lange pejleserier indikerer ikke umiddelbart stigninger i grundvandsstanden. De omtalte tørkeperioder afspejler sig svagt i pejleserien fra Østjylland og Vestjylland. Serierne for Nordjylland og Sjælland dækker ikke de omtalte perioder.

Sammenfatning

På baggrund af 121 pejleboringer, som udgør Det Nationale Pejlenet, kan grundvandsstanden overvåges og følges over hele landet for både de terrænnære, regionale og dybe grundvandsforekomster. Stationsnettet er i den kommende programperiode planlagt revideret og udbygning, så nettet fremover kan repræsentere og dække relevante grundvandsforekomster over hele Danmark og således dække kravene til den kvantitative overvågning i Vandrammedirektivet.

I denne afrapportering er udviklingen i de regionale, dybe og terrænnære grundvandsforekomster præsenteret ved 1 pejleserie fra hvert af 5 geografisk definerede områder.

Der er observeret en stigende nedbør over de seneste 100 år, som må forventes at have en positiv effekt på grundvandsstanden og dermed den tilgængelige grundvandsressource. Nedbøren er således steget 4,5 % fra dekadeopgørelsen 1961-90 frem til perioden 1991-2010 svarende til 31 mm. Tidsserierne viser ikke umiddelbart en ændring i grundvandstanden, selv om nedbøren har været stigende.

I den observerede periode har der været to nedbørsfattige hændelser i 1975-76 og 1996, som afstedkom øget markvandingsbehov. Disse hændelser slår tydeligst igennem i flere af tidsserier for de regionale og dybe grundvandsforekomster, hvor flere mister den efterfølgende normale stigning i vandstanden i den efterfølgende vinterperiode.

Der ses tydeligt en påvirkning af grundvandspotentialet i en af pejleboringerne fra Sjælland. Denne pejleboring er oprindeligt etableret af ét af de større vandselskaber, og forløbet af vandspejlet afspejler tydeligt, hvor den store indvinding i starten af 1970'erne til den efterfølgende reduceres i 1990'erne, hvor øget miljøbevidsthed og indførelse af vandafgifter har bevirket et markant fald i det danske vandforbrug. Sådanne ændringer i vandstanden er vigtige at følge, da de både kan have betydning for indvindingens påvirkning af økosystemer og kvaliteten af vand til drikkevandsformål.

Referencer

EU, 2000: Vandrammedirektivet. Europa-parlamentets og rådets direktiv 2000/60/EF

Miljøministeriet, 2009: LBK nr. 932 af 24/09/2009 af Lov om miljømål m.v. for vandforekomster og internationale naturbeskyttelsesområder (Miljømålsloven)

Miljøstyrelsen, 2007: Revision af udpegningen af grundvandsforekomster i Danmark. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 6, 2007

Miljøcenter Roskilde, 2009: Mette Moser. "Vurdering af det nationale pejlenet 2007-2009".

DMI, 2010: Klimaudviklingen frem til i dag. www.dmi.dk

10 Hydrologisk modellering og vandressourcevurdering

Frem til 2003 blev den første version af den nationale vandressource model (DK-model2003) etableret (Henriksen & Sonnenborg, 2003). Indenfor NOVANA programmet 2004 – 2009 er der sket en opdatering af denne model til DK-model2009. Opdateringen blev påbegyndt i et samarbejde mellem GEUS og de danske amter. Efter amternes lukning er projektet videreført i samarbejde med de syv danske miljøcentre.

En sammenfatning af den gennemførte opdatering er beskrevet i Højberg et al. (2010). Opdateringen af den geologiske og hydrostratigrafiske model har været en meget omfattende og krævende opgave, som er rapporteret særskilt i Nyegaard et al. (2010). Desuden foreligger der en teknisk modelrapport for de seks delområder, der er indgået i opdateringen 2005 – 2009. Samtlige rapporter kan hjemtages fra hjemmesiden for den Nationale Vandressource-model (www.vandmodel.dk).

Formål

De overordnede formål med DK-modellen er, at den skal kunne anvendes som værktøj til vurdering af vandbalancen og grundvandsdannelsen på overordnet oplandsniveau og for grundvandsforekomster, samt at kunne belyse grundvandsressourcens størrelse og udnyttelsesgrad under hensyn til klima, arealanvendelse og vandindvindingsstrategi.

Model oversigt og opdatering

DK-modellen er opdelt i syv delområder som angivet på figur 45. For område 7 (Bornholm) forelå der ved opdateringens start en model, der lever op til kravene til DK-modellen. Der er derfor ikke sket en opdatering af modellen for Bornholm, men da modellen er opsat i samme modelsystem og efter de samme principper som de øvrige delområder, udgør modellen for Bornholm en naturlig del af den opdaterede Nationale Vandressourcemodel.

De overordnede formål for opdatering af DK-modellen har været:

- At tilvejebringe en hydrologisk model på nationalt niveau, hvis opbygning og detaljering er konsistent på tværs af tidligere modeller og administrative skel, og som inkluderer de geologiske tolkninger indeholdt i de tidligere lokalmodeller udviklet af amterne.
- At gennemføre en detaljering af modelopstilling og inputdata.

Centrale elementer i opdateringen har været:

- *Modelsistem*. Der er sket en udskiftning af modulet til beregning af nettonedbøren, hvor det tidligere anvendte "stand-alone" rodzone modul er udskiftet med "two-layer" modulet, der er et integreret vandbalancemodul i MIKE SHE.
- *Geologiske og hydrostratigrafisk model*. Den mest omfattende opgave har været en opdatering af den geologiske og hydrostratigrafiske model. Denne opdatering er sket på basis af gennemgang af mere end 50 eksisterende modeller opstillet af de tidligere amter frem til 2005. Under opdateringen er detaljeringen af de tidligere modeller tilgodeset. For øerne er den geologiske og den hydrostratigrafiske model sammenfaldende. Den geologiske model for Jylland er en hybrid bestående af pixeltolkningen fra DK-model2003 samt lagtolkninger fra amtsmodellerne. Baseret på de tidligere amtsmodel-

ler samt nye øst-vestgående geologiske profiler er der i forbindelse med opdateringen udviklet en sammenhængende hydrostratigrafisk model for hele Jylland.

- *Nettonedbør.* Foruden overgangen til "two-layer" er der sket en detaljering i beskrivelsen af de jordfysiske parametre for rodzonen samt udviklingen af rodtybden, der er styrende for størrelsen af fordampningen samt dennes rumlige fordeling.
- *Klimainput.* Klimadata er forfinet fra 40 x 40 km klimagrid til 10 x 10 km klimagrid for nedbør og 20 x 20 km for temperatur og potentiel fordampning (dog 40 x 40 km klimagrid frem til 1998).
- *Diskretisering.* Den horisontale diskretisering er reduceret fra 1 x 1 km til 500 x 500 m grids.
- *Indvindinger.* Samtlige indvindinger registreret i JUPITER databasen er medtaget i modellen. Markvanding er medtaget ved angivelse af placeringen af indtag anvendt til markvanding, mens den oppumpede mængde er behovsstyret, ud fra vandunderskuddet i den umættede zone. For øvrige anlæg er den indberettede indvindingsmængde benyttet, ligeligt fordelt ud på anlæggets aktive indtag.
- *Kalibrering.* Der er foretaget en invers kalibrering på basis af en dynamisk version af modellen. Kalibreringen er foretaget med optimeringsprogrammet PEST.

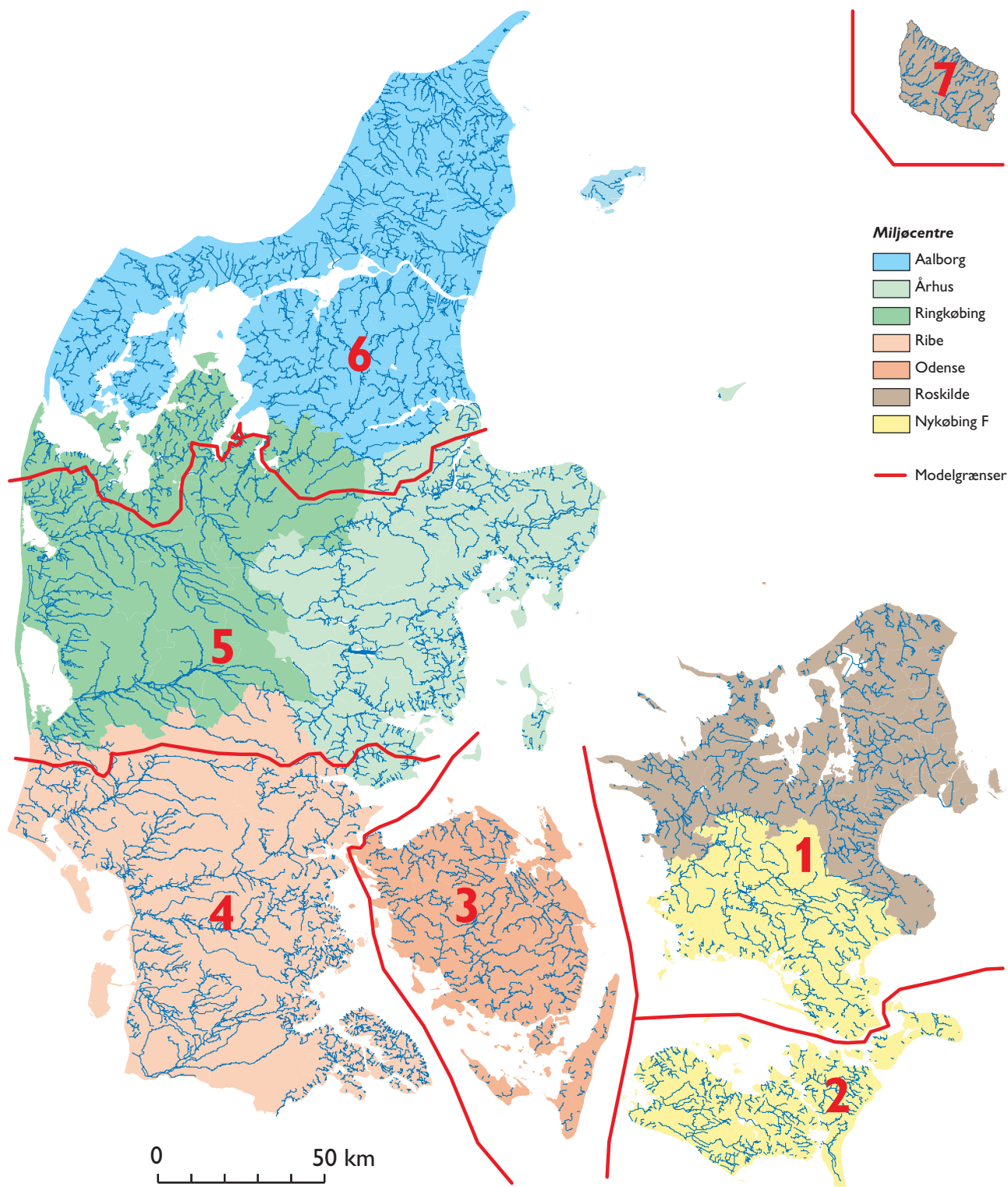
Herudover er der udviklet adskillige hjælpeprogrammer, primært i forbindelse med håndtering og processering af de store datamængder, der er anvendt under opstilling og kalibrering af modellen. Disse programmer er udviklet for at sikre en stringent procedure for dataprocesseringen samt dokumentation heraf, ligesom de medfører en betydelig ressourcebesparelse ved en fremtidig opdatering. De udviklede programmer er open-source og kan frit anvendes.

Yderligere beskrivelse af modellens opbygning, herunder opdateringen samt udvikling i øvrigt, kan findes på hjemmesiden for den Nationale Vandressource Model www.vandmodel.dk.

Resultater

Ved kalibrering og validering af de enkelte delmodeller har det generelt været muligt at opfylde de opstillede nøjagtighedskriterier til middelfejlen og kvadratafvigelsessummen (RMS) for potentialerne. For vandføringerne var det ligeledes generelt muligt at opnå tilfredsstillende resultater for den samlede vandbalancefejl, mens det kun var muligt at opfylde kriterierne for vandløbsdynamikken (R^2) for en enkel delmodel. Det er vurderet, at en meget betydende faktor for den manglende performance er det anvendte klimainput. Foruden en analyse af klimainputtet vurderes der endvidere at være behov for en revurdering af det anvendte modelkoncept, herunder de medtagede processer, ligesom det vil være nødvendigt med en detaljering af parameteriseringen, hvor der eksempelvis anvendes en zonerings af de hydrauliske parametre, som kan tilgodese regional/lokal heterogenitet.

På trods af at det ikke har været muligt at opnå de opstillede nøjagtighedskriterier, er der samlet set sket en markant forbedring af DK-modellen. Med indbygning af det omfattende datamateriale som modellerne fra de tidligere amterne udgjorde, detaljeringen af modelopstillingen og input data samt udskiftning af model moduler, er der i realiteten tale om en helt ny model frem for en mindre opdatering af den eksisterende model.



Figur 45. Afgrænsning af de syv delmodeller indeholdt i den opdaterede DK-model samt grænser for de syv miljøcentre. Arealer uden fyldfarve er ikke medtaget i modellen.

Epokegørende i DK-model2009 er, at der nu eksisterer en samlet hydrostratigrafisk model for hhv. Sjælland, Sydhavsøerne, Fyn og Jylland. Disse er opbygget, så de tilgodeser tolkningerne i de tidligere amtsmodeller. Derved er der opnået en samlet tolkning baseret på lokal viden, som er konsistent på tværs af tidligere modelgrænser samt administrative skel. De hydrostratigrafiske modeller udgør endvidere en overordnet ramme, hvori det er muligt at indarbejde ny geologisk viden/modeller udviklet under fremtidige detailstudier.

Fremtidig opdatering og udvikling

Visionen for DK-modellen er, at den ikke alene betragtes som en hydrologisk computermodel, men i langt bredere omfang vil indgå i administrationen af det danske ferskvand. Visionerne for DK-modellen er, at modellen på sigt vil:

- optræde som en samlende platform for den danske forvaltning, overvågning og kortlægning af ferskvandsressourcen
- danne referenceramme for den overordnede vandbalance og dermed sikre konsistens i vandforvaltningen på tværs af myndighedsskel og skala
- anvendes indenfor hydrologiske problemstillinger generelt og ikke alene til beregning af vandstrømninger
- gennemgå periodisk opdatering og derigennem integrere den nyeste geologiske og hydrologiske viden
- udvikles løbende så modellens anvendelsesområde gradvist kan udvides
- danne grundlag for opstilling af nye detailmodeller, både mht. den geologiske/hydrostratigrafiske opbygning samt hydrologiske randbetingelser

Et kardinalpunkt for modellen er den geologiske og hydrostratigrafiske tolkning. Med de mange kortlægningsprojekter der igangsættes i disse år, vil der være behov for en regelmæssig opdatering, så DK-modellen i videst mulig omfang integrerer den nyeste viden på dette felt. Med ønsket om en bredere anvendelse af modellen, så denne i endnu højere grad kan anvendes i forvaltningsøjemed (Madsen et al., 2009), er der endvidere behov for en yderligere detaljering samt udvikling af modellen. For at sikre, at DK-modellen udgør et stærkt og up-to-date værktøj, der kan anvendes på tværs af de forskellige opgavetyper indenfor overvågning og forvaltning af det danske ferskvand, er der således behov for en regelmæssig opdatering med den nyeste viden opnået gennem detailstudier, samt en løbende videreudvikling af modelkonceptet og detaljering i takt med at formålene og kravene til modellen ændres.

Vandforvaltning og DK-modellen

Den mest betydende forudsætning for en succesfuld videreførelse og opdatering af DK-modellen er, at den bliver anvendt aktivt. Dette kan ske gennem konkrete anvendelser i projekter. DK-modellen for Sjælland er eksempelvis blevet anvendt i forbindelse med de første vand og naturplaner. Med anvendelse af DK-modellen var det muligt at anvende et ensartet princip og dermed en konsistent tilgang til udformning af vandplanerne for hele Sjælland. Endvidere blev der opnået en væsentlig ressourcemæssig besparelse, idet der ikke skulle opstilles en ny model helt fra bunden. Erfaringerne fra modelanvendelse resulterede endvidere i en detaljering af enkelte modelkomponenter, samt identificering af yderligere udviklingsbehov.

Anvendes DK-modellen ikke direkte bør den i videst mulig omfang tænkes ind i fremtidige modelprojekter. Her kan den tjene som udgangspunkt for nye modelopstillinger samt som ramme

for en efterfølgende indarbejdelse af den opnåede detailviden. Netop indarbejdelse af opdateret geologisk og hydraulisk viden bør som minimum sikres, så vandforvaltningen udført af de forskellige myndigheder på forskellige skalaer anvender den samme opdaterede viden i forvaltningen.

I forbindelse med den netop overståede opdatering, er der indhentet betydelig erfaring mht. anvendelse af detailmodeller som grundlag for opdatering af DK-modellen. Der er dog stadig et væsentligt behov for optimering af metoder og procedurer for en regelmæssig opdatering, både hvad angår det anvendte koncept samt de tekniske løsninger. En sådan optimering kan imidlertid alene ske på basis af erfaring opnået gennem konkret anvendelse, hvor de forskellige problemstillinger og udfordringer erkendes.

DK-modellen i 2010

Det reviderede overvågningsprogram igangsættes i 2011. I 2010 vil der ske en mindre opdatering af DK-modellen, mens fokus vil være på udvikling af metoder og procedurer, der skal sikre, at der kan igangsættes en yderligere opdatering og udvikling af DK-modellen fra starten af det reviderede overvågningsprogram fra 2011. Model arbejdet i 2010 vil blive udført af GEUS og er beskrevet nærmere på www.vandmodel.dk.

Referencer

Henriksen HJ & Sonnenborg A (2003) Ferskvandets kredsløb. NOVA 2003 Temarapport. GEUS, DMU, DJF og DMI.
www.vandmodel.dk

Højberg A.L., Trolborg, L., Nyegaard, P., Ondracek, M., Stisen, S. & Christensen B.S.B. (2010). DK-model 2009. Sammenfatning af opdateringen 2005 – 2009. GEUS Rapport 2010/81, København.

Nyegaard, P., Trolborg, L. & Højberg, A.L. (2010) DK-model2009 – Geologisk og Hydrostratigrafisk opdatering, GEUS rapport 2010/X80, København.

Madsen, H.B., Pollas, K., Sørensen, S.M., Hansen, K.S., Bendtsen, S.Å., Bidstrup, J., Thorsen, M., Bruhn, B., Jensen, J.B. & Pedersen, S.E. (2009). Implementering af modeller i vandforvaltningen, Strategi og handleplan, Version 3, 7. maj 2009, pp. 47.

11 DEVANO

Grundvandsdelen af DEVANO (Decentral VAnd og NaturOvervågning) skal støtte risikovurderingen, jf. Vandrammedirektivet. DEVANO-overvågning tager sit udgangspunkt i en prioriteret liste over grundvandsforekomster i risiko, hvor grundvandsforekomsternes tilstand og udvikling er vurderet. Resultaterne fremgår af bilag 6.

Strategi

I 2007 var vægten primært lagt på efterprøvning af den kvalitative (kemiske) tilstand i grundvandsforekomster uden for de eksisterende grundvandsovervågningsområder, som antages at være i risiko for ikke at opfylde miljømålene i 2015, og hvor datagrundlaget såvel geologisk som geokemisk er spinkelt eller helt mangler. Derudover var der i valget af lokaliteter i henhold til behovsopgørelsen fra Miljøstyrelsen udvalgt lokaliteter uden for OSD (Områder med Særlige Drikkevandsinteresser) og uden for indvindingsoplande til almene vandforsyninger, ligesom der blev lagt vægt på at styrke forståelsen af sammenhængen mellem grundvand og overfladevand.

I DEVANO konceptet indgår etablering af et antal boringer hvert år, hvor overvågningen i den enkelte boring er begrænset til fire prøvetagninger fordelt over 1 år. Der gennemføres derudover en indledende prøvetagning med analyse af hovedbestanddele til kontrol af boringens egnethed til kemisk analyse.

Risikovalidering

Risikovalideringen er baseret på en prioriteret liste udarbejdet af miljøcentrene. Ved prioriteringen er inddraget alle tilgængelige oplysninger, herunder boringskontrollata. Risikovalideringen sættes i værk for de grundvandsforekomster i risiko, hvor:

- der er en meget dårlig datadækning,
- eller hvor der kan være mistanke om, at kvaliteten af det vand, der fra grundvandsforekomsten strømmer til overfladevand eller marine vande, bidrager til, at disse ikke kan overholde deres miljømål,
- hvor kvaliteten af grundvandsforekomstens afstrømning ikke er tilstrækkeligt belyst.

Programindhold

Der blev gennemført et basisanalyseprogram afhængig af risikoens art.

Såfremt risikovurderingen udpeger nitrat som værende årsag til risiko for manglende målopfyldelse, analyseredes efter analyseprogrammet for hovedbestanddele i NOVANA: Ledningsevne, pH, ilt, Eh, temperatur, nitrat, nitrit, ammonium, calcium, natrium, magnesium, total fosfor, NVOC, sulfat, klorid, kalium, jern, mangan, bikarbonat og aggressiv kuldioxid.

Såfremt pesticider var årsag til risiko for manglende målopfyldelse, analyseredes efter analyseprogrammet for pesticider i NOVANA: AMPA, atrazin; bentazon, 4-CPP, 2,6 DCP, desaminodiketometribuzin, desethylatrazin, desethyldeisopropylatrazin, desethylterbutylazin, deethylhydroxyatrazin, desisopropylatrazin, deisopropylhydroxyatrazin, didealkylhydroxyatrazin, dichlobenil, BAM, 2,6-diklorbenzoesyre, diklorprop, diketometribuzin, glyphosat, hexazinon, meklorprop, metribuzin samt 4-nitrofenol, simazin og trikloreddikesyre.

Der analyseres kun for metribuzin, diketometribuzin og desaminodiketometribuzin, hvor der forekommer kartoffelavl i oplandet til grundvandsforekomsten.

Resultater

Resultaterne af DEVANO fremgår af bilag 6. Der har været meget uensartet aktivitet i de forskellige miljøcentre, og i flere miljøcentre har det ikke været ligetil at finde gode boresteder, da opdraget for DEVANO jo netop var, at denne overvågning skulle udføres i områder med dårlig datadækning. Dette øger risikoen for, at nogle af borerne ikke kan opfylde deres formål, idet det ikke er muligt at finde vandførende lag i kontakt med overfladevand.

En del af de borer, der er etableret under DEVANO programmet vil indgå i det reviderede overvågningsprogram, der iværksættes fra 2011, som en del af det nye stationsnet.

12 Referencer

Dansk lovgivning, vejledninger mv

- Miljø- og Energiministeriet 2006: Bekendtgørelse om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer eller havet. Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 1669 af 12. dec. 2006.
- Miljøministeriet 2007 Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1449 11. december 2007 (Drikkevandsbekendtgørelsen)
- Miljøministeriet, 2009: LBK nr. 932 af 24/09/2009 af Lov om miljømål m.v. for vandforekomster og internationale naturbeskyttelsesområder (Miljømålsloven)
- Miljøministeriet, 2010: LBK nr. 635 af 07/06/2010 om vandforsyning mv. (Vandforsyningsloven)
- Miljøministeriet 2010: Bekendtgørelse nr. 1022 af 25. august 2010 om miljøkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer eller havet.
- Miljøstyrelsen, 1990: Vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 3, 1990.
- Miljøstyrelsen, 1991: Overfladeaktive stoffer – spredning og effekter i miljøet. - Miljøprojekt nr. 166.
- Miljøstyrelsen 1994: Økotoxikologiske kvalitetskriterier for overfladevand. - Miljøprojekt nr. 250.
- Miljøstyrelsen, 1995: Toksikologiske kvalitetskriterier for jord og vand - Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen 12/1995.
- Miljøstyrelsen, 1996: Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand - Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen 20/1996.
- Miljøstyrelsen, 1997: Boringskontrol på vandværker. - Vejledning fra Miljøstyrelsen 2/1997.
- Miljøstyrelsen, 1998: Oprydning på forurenede lokaliteter – Hovedbind. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 1998.
- Miljøstyrelsen, 1999: Fjernelse af metaller fra grundvand ved traditionel vandbehandling på danske vandværker. Vandfonden. - Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 17/1999.
- Miljøstyrelsen 2000: Zonering. Vejledning nr. 3, 2000 (Zoneringsvejledningen)
- Miljøstyrelsen, 2001: Vejledning om indberetning af drikkevandsdata. Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 4, 2001.
- Miljøstyrelsen, 2005: Vejledning om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 3, 2005.
- Miljøstyrelsen, 2008: Bekæmpelsesmiddelstatistik 2007, Orientering fra Miljøstyrelsen, 4, 2008
- Miljøstyrelsen, 2007: Revision af udpegningen af grundvandsforekomster i Danmark. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 6, 2007
- Miljøstyrelsen, 2009: Spildevandsslam fra kommunale og private renseanlæg i 2005. Orientering fra Miljøstyrelsen, nr. 3, 2009.
- Miljøstyrelsen, 2009: Redegørelse om jordforurening 2007. Redegørelser fra Miljøstyrelsen nr. 1, 2009.

EU- direktiver

- EU, 1991: Europaparlamentet og Rådets direktiv 91/676/EOEF af 12. december 1991 om beskyttelse af vand mod forurening forårsaget af nitrater, de stammer fra landbruget. (Nitratdirektivet)
- EU, 1998: Europaparlamentets og Rådets direktiv nr. 98/83/EF om kvaliteten af vand til drikkevand. (Drikkevandsdirektivet)
- EU, 2000: Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastsættelse af en ramme for fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger. EFT L 327 af 22.12.2000. p. 1-72 og 10 bilag. (Vandrammedirektivet)
- EU, 2006: Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelser. EFT L 327 af 22.12.2000. p. 1-72 og 10 bilag. (Grundvandsdirektivet)

Andre referencer

- DANVA 2006: Vandstatistik. Drikkevand og spildevand 2005.
- DMI, 2001: Danmark og Færøernes og Grønlands Klima, Rapport 01-4.
- DMI, 2008: Klimaudviklingen frem til i dag.
- DMU, 2007: NOVANA – det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse del 1, 2 og 3. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser nr. 495 og 508
- DMU, 2009 Kvalitetssikring af kemiske analyser i NOVANA.
- GEUS, 2004: Forurenede drikkevand i små vandforsyningsanlæg. GEUS rapport 2004/9.
- GEUS 2006: Teknisk anvisning NOVANA: Hydrologiske modeller for Vanddistrikter
- GEUS, 2007. Grundvand. Status of udvikling 1989-2006. http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2006.htm
- Adriano, D. C., 2001: Trace elements in terrestrial environments (2. edition). Springer Verlag.
- Albers, C.N., Laier, T. & Jacobsen, O.S. 2008: Vertical and horizontal variation in natural chloroform in two adjacent soil profiles in a coniferous forest. Geo-Environment and Landscape Evolution III. 16-18 June, 2008. Southampton, United Kingdom. Wessex Institute of

Technology. Proceedings of the third international Conference on evolution, monitoring, simulation, management and remediation of the geological environment and landscape, 161-170.

Albretchen, J._H., og Bjerg, B.L., 2000: Nedbrydning i grundvandsmiljøer. – Kemiske stoffer i miljøet (red. Helweg, A.)

Benny Bruhn (MC NYK), Jens Würglér Hansen (MC RIN), Mette Thorsen (MC AAR), Lilian van der Bijl (DMU), Jens Christian Refsgaard (hovedforfatter)(GEUS), Tonny Niilonen (BLST), Bent Sørensen (MOS), Esben Tind (MOS), Kristine Munk Pollas (MOS)

Hvad kan modeller bruges til i overvågningen? Notat 1. Model-arbejdsgruppe.

Brüsch W., 2007: Almene vandværkers boringskontrol af pesticider og nedbrydningsprodukter. State of the art for forekomst af pesticider i dansk og udenlandsk grundvand. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, 26, 2007.

<http://www.mst.dk/Udgivelser/Publikationer/2007/09/978-87-7052-570-1.htm>

Brüsch W. og Rosenberg P. 2008. Fund af glyphosat og AMPA i drikkevand fra små vandforsyningsanlæg i Storstrøms Amt. Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 1163, 2008.

Brüsch W., 2010: GEUS-NOTAT nr.: 05-VA-10-03: Vandværksboringer taget ud af drift pga. af pesticider eller nedbrydningsprodukter - identificeret fra BK datasættet - Boringskontrollen, aktive vandværksboringer og forekomst af godkendte pesticider i vandværksboringer.

Dalgaard, T., 2007. Introduktion til landbrugsstrukturen i Danmark. Kursus i Landbrugsproduktion og Landbrugsstruktur.

<http://www.aula.au.dk/courses/DJF/index.php>

Fyns Amt, 2002: Miljøfremmede stoffer I flydende husdyrgødning.

Grant, R, Pedersen, LE, Blicher-Mathiesen, G, Jensen, PG, Hansen, B & Thorling, L 2009,: Landovervågningsoplade 2007: NOVANA, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet

Hansen, B., Sørensen, B., og Thorling Sørensen, L., 2007. Arsen i dansk drikkevand. ATV, 3. oktober 2007.

Hansen, B., Mossin L., Ramsay L., Thorling L., Ernsten V., Jørgensen J., og Kristensen M., 2009: Kemisk grundvandskortlægning. Geo-vejledning 6. GEUS, Særdugivelse. <http://gk.geus.info/xpdf/kemisk-grundvandskortlaegning20091217.pdf>

Hansen, B., Thorling, L., Dalgaard, T. og Erlandsen, M. 2011: Trend Reversal of Nitrate in Danish Groundwater – a Reflection of Agricultural Practices and Nitrogen Surpluses since 1950. Environmental Science and Technology, vol. 45 nr. 1 pp 228-234.

Henriksen, H.J. and Sonnenborg, A. (2003) Ferskvandets kredsløb. NOVA 2003 Temarapport. GEUS, DMU, DJF og DMI.

Hinsby, K., Purtschert, R., Edmunds, W.M., 2008: Groundwater age and quality. In P. Quevauviller (ed.), Groundwater Science and Policy - an International Overview. RSC Publishing, The Royal Society of Chemistry, Cambridge. pp 217-39.

Hinsby og Dahl 2009: Tærskelværdier for grundvand baseret på miljømål for afhængige økosystemer. ATV Jord og grundvand, 27. jan 2009 Grundvand/overfladevand interaktion.

Hultberg, H., 1988: Critical Loads for sulphur to lakes and streams. In: Nilsson, J. and Grenfeld, P. (eds): Critical loads of sulphur and nitrogen. Report from a workshop held at Skokloster, Sweden, 19.-24. marts 1988, Miljørapport 1988:15. Nordic Council of Ministers, København, pp 185-200.

Højberg, A.L., Trolldborg, L., Nyegaard, P., Ondracek, M., Stisen, S., Christensen, B.S.B., & Nørgaard, A. (2008). National Vandresource Model, Sjælland, Lolland, Falster og Møn – Opdatering januar 2008. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2008/65, 112 pp.

Højberg A.L., Trolldborg, L., Nyegaard, P., Ondracek, M., Stisen, S. & Christensen B.S.B. (2010). DK-model 2009. Sammenfatning af opdateringen 2005 – 2009. GEUS Rapport 2010/81, København.

Jacobsen, O.S., Laier, T., Juhler, R.K., Kristiansen, S.M., Dichmann, E., Brinck, K., Juhl, M.M, Grøn, G. 2007: Forekomst og naturlig produktion af chloroform I grundvand. BLST, 2007 120 pp.

Jensen, T. F. m.fl. , 2003: Nikkelfrigivelse ved pyritoxidation forårsaget af barometerånding., Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 5, 2003

Jørgensen, L.F., Sandersen, P., Sørensen, J., Trolldborg, L., Ditlefsen, C., Højberg, A.L., Møller R.R. & Iversen, C.H. (2009) Dokumentation af informationer opsamlet i forbindelse med opstilling af modeller,

Knudsen, C., 1997: Nikkel og Fluor i grundvand. Kildeopsporing i Roskilde og Storstrøms amter. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, Rapport 1997/115.

Laier, T. og Thorling, L., 2005: Tidsserier og datering, anvendelse af overvågningsdata. ATV møde 5. okt. 2005; Grundvandsmonitoring, teori, metoder og cases.

Laier, T, Jacobsen, O.S., Thomsen, O., Grøn, C., Hunkeler, D. & Laturnus, F. 2005: Chloroform production in spruce forest soils - a potential problem for groundwater use in drinking water supply in Denmark. EGU General Assembly 2005. 24-29 April, 2005. Vienna, Austria. European Geosciences Union. Geophysical Research Abstracts 7

Langtofte, C., 1994: Danske aflejrings sporelementindhold. En status. GEUS – DGU Datadokumentation nr. 7, 1994, 3. genoptryk.

Larsen, C.L. og Larsen, F., 2003: Arsen i danske sedimenter og grundvand. Vand og Jord 10. årgang nr. 4, side 147-151.

Larsen, F., Kjølør, C. og Gram, M., 2009: Arsen i dansk grundvand og drikkevand – Bind 1: Arsen i dansk grundvand. By- og Landskabsstyrelsen, 2009.

Larsen, M.M., Bak, J. og Scott-Fordsmann, J., 1996: Monitoring af tungmetaller i danske dyrknings- og naturjorde. Faglig rapport fra DMU, nr. 157.

Nyegaard, P., Trolborg, L. & Højberg, A.L. (2010) DK-model2009 – Geologisk og Hydrostratigrafisk opdatering, GEUS rapport 2010/X80, København.

Madsen, H.B., Pollas, K., Sørensen, S.M., Hansen, K.S., Bendtsen, S.Å., Bidstrup, J., Thorsen, M., Bruhn, B., Jensen, J.B. & Pedersen, S.E. (2009). Implementering af modeller i vandforvaltningen, Strategi og handleplan, Version 3, 7. maj 2009, pp. 47.

Miljøcenter Roskilde, 2009: Mette Moser. "Vurdering af det nationale pejlenet 2007-2009".

Plauborg, F., Refsgaard, J.C., Henriksen, H.J., Blicher-Mathiesen, G. & Kern-Hansen, C. (2002). Vandbalance på mark- og oplandsskala. DJF-rapport 70, 45 pp.

P.Qevauviller, 2005: Groundwater monitoring in the context of Eu legislation: reality and integration needs. J. environmental monitoring, 2005, vol 7 pp89-102.

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brüsck, W., Møller, R.R., Iversen, C.H. og Højberg, A.L. 2009: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2007. Teknisk rapport, GEUS 2009. http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2007.htm

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brüsck, W., Møller, R.R., Iversen, C.H. og Højberg, A.L. 2010: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2008. Teknisk rapport, GEUS 2010. http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2008.htm

Thorling, 2004. 60 års nitratudvaskning. Vand og Jord, 11. årgang nr. 1, februar 2004.

Links:

<http://pesticidevarsling.dk/>

www.blst.dk/Overvaagning/NOVANA

www.vandmodel.dk

www.grundvandsovervaagning.dk

[www. Geus.dk/jupiter](http://www.Geus.dk/jupiter)

[www. Grundvandskortlaegning.dk](http://www.Grundvandskortlaegning.dk)

www.dmu.dk/Overvaagning/NOVANA/Programbeskrivelse+del+3/ DMU 2005 og 2007.

www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2006.htm

www.blst.dk/Overvaagning/NOVANA/Programbeskrivelse+del+3/Kemiske+analyser/

www.oliebranchen.dk

GEUS 2006: Teknisk anvisning NOVANA: Hydrologiske modeller for Vanddistrikter

http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/ta_hydrologisk_modellering_marts2006.pdf (GEUS 2006: Teknisk anvisning NOVANA: Hydrologiske modeller for Vanddistrikter)

Jørgensen, L.F., Sandersen, P., Sørensen, J., Trolborg, L., Ditlefsen, C., Højberg, A.L., Møller R.R. & Iversen, C.H. (2009) Dokumentation af informationer opsamlet i forbindelse med opstilling af modeller,

http://jupiter.geus.dk/ModelDBDoc/DokumentationAfInformationerOmGeologiskeModeller_udkast.pdf

BLST, 2010: Vandplaner, høringsversion. <http://www.blst.dk/Hoering/vandogaurplaner.htm>

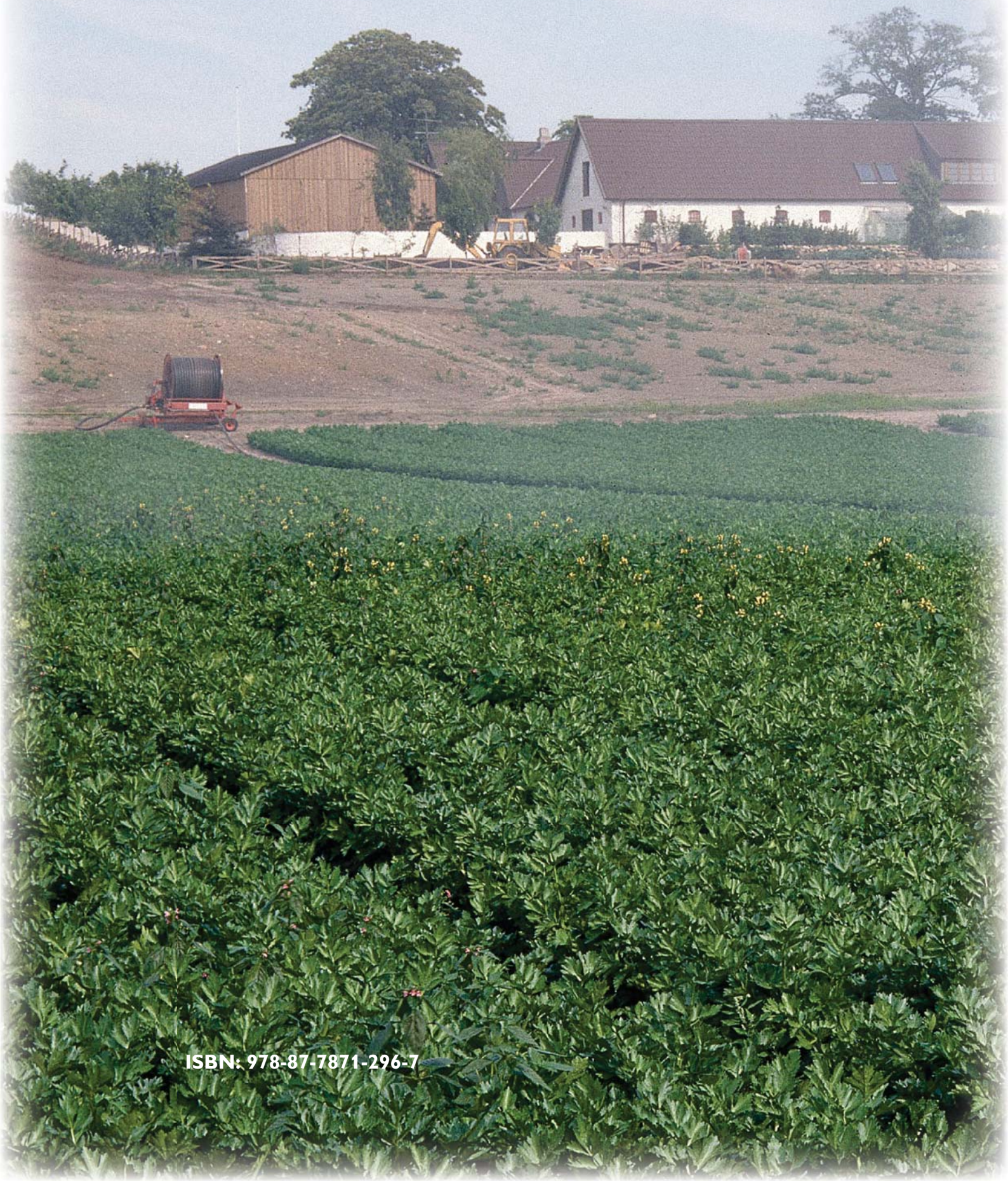
Ministeriet for fødevarer, Landbrug og Fiskeri. 2008. Årlig redegørelse. Gødningsregnskaber mm. Statistik 2003/04.

http://pdir.fvm.dk/Fysisk_kontrol_af_g%C3%B8dningsregnskaber.aspx?ID=7433

De Nationale Geologiske Undersøgelser
for Danmark og Grønland (GEUS)
Klima- og Energiministeriet

Telefon: 38 14 20 00
Telefax: 38 14 20 50
E-post: geus@geus.dk
Internet: www.geus.dk

Øster Voldgade 10
1350 København K
Danmark



ISBN: 978-87-7871-296-7