

Grundvand

Status og udvikling 1989 – 2006

GEUS 2007

Redaktør: Lærke Thorling

Tegninger: Forfatterne og Kristian A. Rasmussen

Dato: 4. december 2007

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

Forord

Denne rapportering om grundvandets tilstand og udvikling er baseret på data indsamlet af amterne i perioden 1989 til 2006, som led i den nationale grundvandsovervågning. Derudover præsenteres data fra vandværkernes egenkontrol af indvindingsboringernes vandkvalitet og omfang af vandindvinding, samt i et vist omfang data andre grundvandundersøgelser, fx i forbindelse med kortlægningen af grundvandet i områder med særlige drikkevandsinteresser. Data er præsenteret med en række enkle indikatorer, der opdateres i den løbende rapportering. Med udgangspunkt heri præsenteres resultater og konklusioner. Derudover vil 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 2005).

Det er besluttet, at resultaterne fra overvågningsprogrammet udelukkende formidles elektronisk på Internettet. Herfra kan man printe en samlet rapport til eget brug.

Målgrupperne for denne rapportering er Regeringen, Folketinget og offentligheden samt DMU, der har ansvaret for den samlede rapportering af NOVANA.

De indrapporterede data og amternes rapporter danner som nævnt grundlag for indikatorerne, som præsenteres på grundlag af 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 og Birgitte Hansen
Organiske mikroforureninger	Carsten Langtofte Larsen
Pesticider og nedbrydningsprodukter	Walter Brüsck
Vandindvinding	Lisbeth Flindt Jørgensen
Hydrologisk modellering og ressourcevurdering	Anker Lajer Højberg og Lars Trolborg

Projektgruppen, der står bag databearbejdning og præsentation, består endvidere af Per Nygaard, Richard Thomsen, Brian Sørensen, Kristian A. Rasmussen, Martin Hansen, Poul Mørkelsen og Uffe Larsen.

1 Sammenfatning

Overvågningen af grundvandet og det øvrige vandmiljø har nu fundet sted i godt 15 år, siden 1989. I forbindelse med Strukturreformen har der ikke været nogen rapportering i 2006, og dette års rapportering præsenterer derfor nye data fra både 2005 og 2006. Det skal bemærkes, at der har været betydelige problemer med den tekniske overførsel af data fra amterne, laboratorierne og kommunerne til den nationale grundvandsdatabase Jupiter. Dette skyldes en total omlægning af datastrømmene for vandanalyser af grundvand og drikkevand, vandforbrug/oppumpede vandmængder fra vandværkerne, samt pejledata. Data fra 2006 er derfor på flere områder mangelfulde. Boringskontrolanalyserne fra 2006 fra flere amter er endnu ikke endeligt uploadede i JUPITER. Samtidig mangler der data fra den sidste del af 2006 fra hele landet, da laboratorierne endnu ikke har indberettet disse. Dette gælder vandanalyser fra såvel boringskontrol som fra overvågnings- og undersøgelsesboringer. Endelig har ingen kommuner indberettet oppumpede vandmængder fra vandværker for 2006.

For at vurdere ændringen af grundvandets **nitrat**indhold som følge af implementeringen af Vandmiljøplanen i 1987 og senere tiltag, må man se på det yngste grundvand. Her ses en tendens til at, at nitratindholdet topper i grundvand dannet omkring 1985 og derpå udviser et fald, der vurderes at kunne tilskrives ændringer i landbrugets dyrkningspraksis siden vedtagelsen af Vandmiljøplanen. Det gennemsnitlige indhold for nitrat i ungt grundvand dannet efter ca. 1995 - ligger nu lige under grænseværdien for drikkevand på 50 mg/l. Dette dækker over betydelige variationer som følge af arealanvendelse, jordtyper mv. Specielt skal det bemærkes, at andelen af analyser med meget høje nitratindhold er lavere i dette helt unge vand sammenlignet med tidligere.

Det konkluderes, at det ser ud til at gå den rigtige vej med nitratindholdet.

Ses der på de boringer, hvorfra vandværkerne indvinder vand til drikkevandsproduktion, overskrider kun få grænseværdien for nitrat for drikkevand, hvilket skyldes, at boringer med et for højt nitratindhold lukkes og erstattes af dybere boringer, således at den forurenede del af grundvandet fravælges. Nitrat begrænser således omfanget af den anvendelige ressource.

Hovedparten af det **fosfor**, der findes opløst i grundvandet, er geologisk betinget, og der er siden 1987 ikke sket større ændringer i indholdet af opløst fosfor. Store dele af grundvandet indeholder fosfor over grænseværdien for drikkevand. De højeste indhold findes under reducerende forhold. Da hovedparten af fosfor fjernes ved almindelig vandbehandling, udgør fosfor ikke noget problem for den almene drikkevandsforsyning. I private brønde uden vandbehandling, hvor der typisk indvindes fra det allerøverste grundvand, kan der forekomme forhøjede indhold af fosfor som følge af forurening fra overfladen.

Udstrømning af fosforholdigt grundvand til fjorde mv. bidrager til iltsvind i disse, men størrelsen af bidraget kendes ikke.

I vandværkernes indvindingsboringer forekommer der i visse områder forhøjede værdier af **nikkel** og **arsen**. Begge stoffer er naturligt forekommende i grundvandsmagasinerne, med koncentrationer der afhænger af iltforhold og den lokale geokemi og strømningsforhold. Høje nikkelindhold ses især, hvor frigivelse af nikkel fra sedimenterne er forårsaget af overpumpning af grundvandsmagasiner, således der sker en iltning af tidligere iltfri sediment. Arsenindholdet i grundvandet er størst under reducerende forhold, især der hvor vandet har været i kontakt med tertiære marine leraflejringer eller kvartære aflejringer med et vist indhold af marint ler. Forekomsten af arsen og nikkel i grundvandet begrænser størrelsen af den ressource, der er tilgængelig for indvinding af grundvand til drikkevandsformål. Stofferne tilbage-

holdes til en vis grad i vandværkernes sandfiltre og udgør kun i visse geografiske egne et problem for drikkevandskvaliteten herunder formentlig også for private husstande uden vandbehandling.

I grundvandsovervågningen fortsætter stigningen fra de foregående år i andel af fund af **pesticider** og nedbrydningsprodukter heraf, såvel for fund som for fund over grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l. En af årsagerne til en højere fundprocent siden 2004 er, at der nu udelukkende analyseres for pesticider og nedbrydningsprodukter i boringer med ungt grundvand. Stoffet metribuzin (ukrudtsmiddel brugt i kartoffelmarker, forbudt i 2003) og nedbrydningsprodukter heraf har indgået i analyseprogrammet siden 2004. Nedbrydningsprodukter af stoffet er i et enkelt amt fundet i over halvdelen af de analyserede indtag (fund i 25 ud af 45 vandprøver). Stoffet eller dets nedbrydningsprodukter indgår normalt ikke i vandværkernes borings- eller drikkevandskontrol.

Hyppigheden af fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværkernes indvindingsboringer fortsætter tilsyneladende den nedadgående udvikling fra de foregående år. Årsagen til den lavere fundhyppighed er, at boringer med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter lukkes. Datagrundlaget for 2006 er dog for svagt til at dokumentere dette med sikkerhed, og der er fortsat fund i mere end hver fjerde vandværksboring.

Da de større vandværker i dag ofte indvinder grundvand fra dybereliggende magasiner med gammelt vand, er det afgørende betydning for fremtidens indvinding af drikkevand, om den massive forurening i de højtliggende grundvandsmagasiner vil kunne omsættes under transporten mod de magasiner, hvorfra der i dag indvindes grundvand.

De seneste 6-7 år har det årlige forbrug af grundvand i Danmark ligget mellem 600 og 700 mio. m³. Indvindingen fra vandværker, den almene vandforsyning, udgjorde i 2005 65 % af den samlede **grundvandsindvinding**, mens markvanding, gartneri og dambrug tegnede sig for 26 %.

Den tidligere DK-model for vandbalance og vandressourcer i Danmark er under opdatering og videreudvikling, og går i sin nye form som **NOVANA modellen**. De overordnede formål med NOVANA modellen er, at den skal kunne anvendes som værktøj til vurdering af vandbalancen og grundvandsdannelsen på overordnet oplandsniveau og for grundvandsforekomster, samt kunne belyse grundvandsressourcens størrelse og udnyttelsesgrad under hensyn til klima, arealanvendelse og vandindvindingsstrategi. Formål og krav til modellen er endvidere specificeret i de tekniske anvisninger for den hydrologiske modellering i NOVANA.

I perioden 2005 – 2006 var den vigtigste opgave, at få indsamlet viden og data fra amterne inden disse blev lukket ned, hvor der specielt har været anvendt en stor ressource på opdateringen af den geologiske model. Arbejdet har hovedsageligt fokuseret på en a) *Geologisk opdatering*, hvor der er nu opstillet en 1. versions geologisk model for Sjælland, Fyn samt Jylland fra grænsen mod Tyskland og næsten til Limfjorden. Kvalitetssikringen af den geologiske model for Sjælland er igangværende og forventes gennemført i løbet af sommeren 2007. b) *Numerisk model*. Der er opstillet en numerisk model for Fyn og Sjælland, mens der mangler en mindre del af opstillingen for Midtjylland. Fyn modellen er i store træk færdigkalibreret dog mangler der en sidste finkalibrering. Kalibreringen af Sjælland og øerne påbegyndes i sensommeren 2007.

English summary

Groundwater monitoring in Denmark has now taken place for about 15 years. Due to the Structural Reform of Government in 2007 there was no reporting in 2006, and thus this years report includes new data from 2005 and 2006. Please note, that there has been considerable problems with the technical transmission of data from the former counties, the laboratories and the municipalities to the national groundwater database JUPITER. This is due to a total reorganisation of the data transfer for chemical analyses of groundwater and drinking water, water abstraction, and soundings of the water table. Data from 2006 are thus incomplete. Chemical analyses from water works wells for 2006 from several counties are still not uploaded to JUPITER. All kind of chemical laboratory data from all parts of the country from the last part of 2006 are missing, because the laboratories yet have not succeeded in uploading the data. This concerns chemical analyses from water works wells, monitoring wells and data from other investigations of groundwater quality. Finally no data are reported from the municipalities on groundwater abstraction in 2006.

In order to judge the change of **nitrate** concentration in groundwater due to the implementation of the Water Action Plan in 1987 and following legislation and action plans, one has to look at the youngest groundwater. It appears that the nitrate concentration was at its highest in groundwater formed in 1985. A decrease in nitrate concentration can be seen in the youngest groundwater formed after 1985, a decrease that is probably due to changes in agricultural practices after the Water Action Plan was implemented. Today the average nitrate concentration in the oxidised zone - the youngest groundwater - lies under the Maximal Admissible Concentration (MAC) for drinking water (50 mg/l). Though this covers large local variations, it is noteworthy that the share of very large nitrate concentrations has decreased in the youngest water. It can be concluded, that the development of the nitrate content in groundwater is going in the right direction. Only a few results from water supply wells exceed the MAC for drinking water. This is due to the fact that wells with exceedences are closed and often replaced by new deeper wells, meaning that polluted groundwater is not selected for drinking water production. Nitrate thus diminishes the available groundwater resource.

The major part of dissolved **phosphorous** in groundwater is of geological origin, and no great changes have taken place since 1987. The largest concentrations are found in reduced groundwater. As most phosphorous precipitates by simple water treatment, phosphorous as a whole is not a drinking water problem. In private wells without water treatment, abstraction is from the uppermost groundwater, and therefore a high content of phosphorous can occur due to pollution from above. However, groundwater with a phosphorous content feeds into fjords etc. and can contribute to oxygen depletion in these marine waters. The size of this contribution is not known at this point of time.

In some drinking water wells in some areas high values of **nickel** and **arsenic** occur. Both substances occur naturally in groundwater, but occur under different chemical conditions, especially oxidation state. Nickel occurs where pyrite is oxidised due to overexploitation of groundwater aquifers. The natural content of arsenic is largest in reduced groundwater, where the groundwater has been in contact with tertiary marine sediments or quaternary sediments with a marine clay content. Nickel and arsenic in groundwater limits the size of the groundwater resource available for drinking water purposes. Both these substances are held back to some extent in the water works filters and are mostly not a problem for the drinking water qual-

ity. Though in some regions and indeed in private households with own well and no water treatment, exceedences of MAC do occur.

In groundwater monitoring areas the percentage of well screens with **pesticides** or their metabolites, above and below the MAC of 0.1 µg/l for drinking water has increased once again since 2004. One of the reasons for this is the fact that monitoring for pesticides and their metabolites now only occurs in screens with young groundwater. Besides this, metribuzin (herbicide used in potato production, banned in 2003) and associated metabolites were included in the 2004 monitoring programme. Metabolites of metribuzin were in a single county found in more than half of the analysed screens (in 25 out of 45). Metribuzin and it's metabolites are not a part of the water works abstraction well or drinking water control programme. The declining occurrence of pesticides and their metabolites in groundwater abstraction wells for drinking water production continues. The lower occurrence is due to the fact that wells with content of pesticides and metabolites are closed down. Today the larger water works 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.

During the last 6 to 7 years the yearly **abstraction of groundwater** in Denmark has been between 600 and 700 million m³. Abstraction from water works for drinking water purposes accounted for 65 % of the total groundwater abstraction, while irrigation and fish farming assigned for 26 %.

The former DK-model for water balance and water resources in Denmark is currently updated and developed, and is in its new form called **the NOVANA model**. The primary aim of the model is, to develop a tool for evaluation of the water balance and groundwater recharge on a larger catchments scale or for groundwater bodies. An other 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.

In 2005 - 2006 the most important task of the modelling was to collect knowledge and data from the counties, before they closed down, with special focus on updating the geological model. The work has focused on

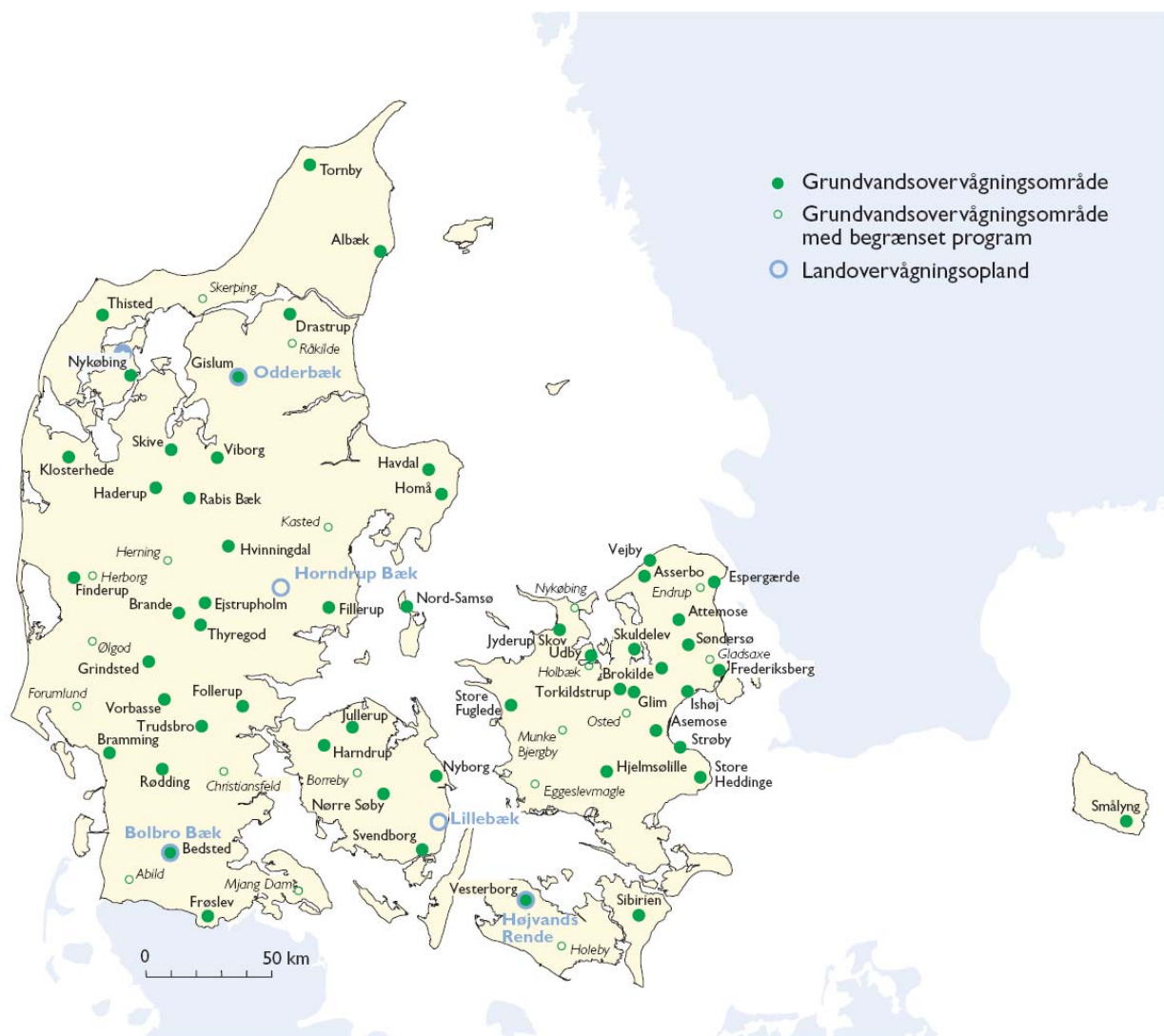
a) *Geological updating* making a 1. version geological model for Zealand, Fynen and Jutland from the boarder to Limfjorden. Quality securing of the geological model of Zealand is done over the summer 2007.

b) *Numeric model*. A Numeric model is set up for Fynen and Zealand, and is ongoing on central Jutland. The calibration of the Fynen model is almost done, while the calibration for the Zealand model is ongoing.

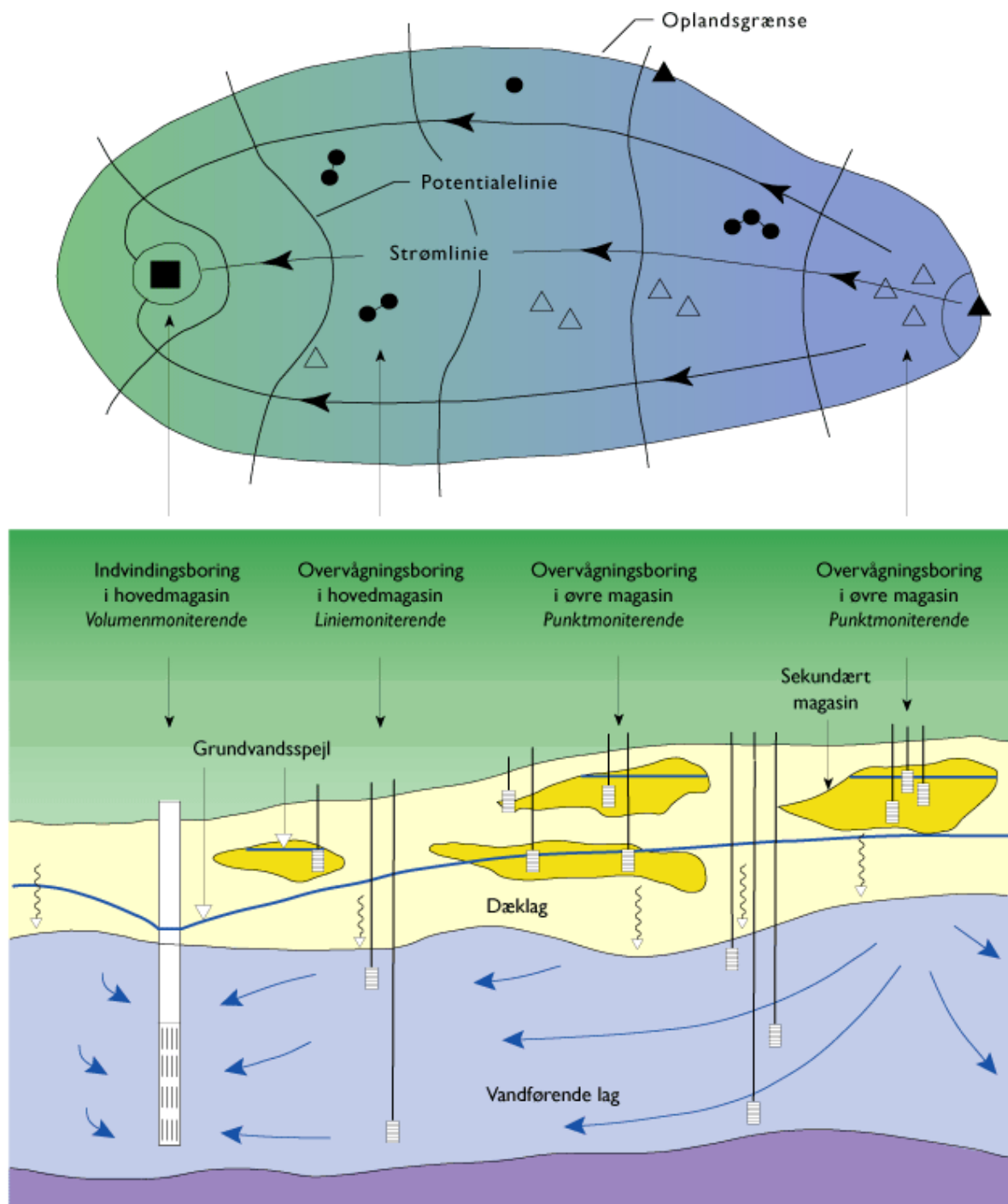
2 Indledning

Overvågningsprogrammet

Den landsdækkende grundvandsovervågning, GRUMO, der er en del af det nationale overvågningsprogram for vandmiljøet, NOVANA (DMU, 2005), blev oprindeligt iværksat som en konsekvens af vedtagelsen af Vandmiljøplanen i 1987. Overvågningen havde to hovedformål. For det første, at gennemføre effektmålinger af Vandmiljøplanen fra 1987 og de efterfølgende Vandmiljøplaner og de generelle landbrugsreguleringer effektmålinger på 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 omfatter 74 grundvandsovervågningsområder (GRUMO) og 5 landovervågningsoplande (LOOP). Hvilende områder er markeret med kursiv. I 6 er der yderligere etableret en redoxboring til overvågning af de kemiske forhold omkring redoxzonerne. Landovervågningsoplandene 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 blandt andet komme øget fokus på det delformål at beskrive kvaliteten af det grundvand, der udgør basistilstrømningen til de danske ferske vande.

NOVANA programmet løber i perioden 1. januar 2004 til 31. december 2009, og gennemgik en midtvejsjustering i 2006, med effekt fra januar 2007.

Grundvandsovervågning

I forbindelse med revisionen af det forrige overvågningsprogram, NOVA-2003, blev det besluttet at der skulle øget fokus på det unge, terrænnære grundvand. Derfor er ca. 330 nye overvågningsindtag til ringe dybde blevet etableret. Disse borerer blev for hovedpartens vedkommende etableret i 2005 og først prøvetaget senere i 2005 eller i 2006. Boringerne skal prøvetages mindst én gang pr. år i resten af NOVANA perioden. På grund af den ufuldstændige dataoverførsel er det endnu ikke muligt at få et fuldt overblik over boringernes vandkvalitet og egnethed til overvågning. Det dokumenteres dog i kapitlet om grundvandets alder, at det er lykkedes at få en større andel af det unge vand ind i overvågningsprogrammet. Det forventes til næste rapportering i 2008, at være muligt at lave en mere dækkende redegørelse for udbygningen med korte terrænnære borerer.

Grundvandsovervågningen omfatter 74 overvågningsområder med i alt ca. 1.400 indtag, der alle er egnede til analyse for grundvandets hovedbestanddele, se figur 1. Heraf er mindst 800 indtag egnede til analyse for specielle parameter som uorganiske sporstoffer, pesticider og andre organiske mikroforureninger. Hertil kommer 112 ganske korte indtag i en række multifilterboringer til overvågning af grundvandets hovedbestanddele i Rabis Bæk området, og 77 indtag i fire redoxboringer etableret i 1998-1999. Yderligere 2 redoxboringer er etableret i 2005, og er nu under indkøring. Grundvandsovervågningen omfatter endelig ca. 85 indtag i grundvandet i de fem landovervågningsoplande (LOOP), hvor bl.a. kvaliteten af det helt nydannede grundvand overvåges i indtag, som ligger 1½-6 meter under terræn. Der er således i alt godt 1600 indtag involveret i overvågningsprogrammets overvågning af grundvandets kvalitet.

Ikke alle parametre analyseres nødvendigvis hvert år. Med hensyn til frekvenser og tidspunkter henvises til programbeskrivelsen for NOVANA (DMU 2005).

Vandværkernes indvindingsboringer

I Miljøministeriets bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (Miljøstyrelsen 1988 og 2001) er der siden 1989 stillet krav om overvågning af kvaliteten af det grundvand, der indvindes i vandværkernes borerer – den såkaldte boringskontrol (Miljøstyrelsen 1990 og 1997), der iværksættes og finansieres af vandværkerne. Den enkelte boring skal kontrolleres mindst hvert 5 år – nogle oftere (ned til hvert 3. år), alt efter hvor store mængder drikkevand, det pågældende vandværk producerer. Boringskontrollen (analyser af grundvandets kvalitet i indvindingsboringerne) udføres over tid i et skiftende antal borerer, idet nye indvindingsboringer kommer til og andre udgår af forskellige årsager, så som tekniske problemer, forureninger m.v. Der bliver på den måde generelt løbende en bedre drikkevandskvalitet for forbrugerne, uden at det er udtryk for, at der er en tilsvarende forbedring af grundvandskvaliteten. Der fandtes i 2005 ca. 2.600 vandværker i Danmark (DANVA 2006) med omkring 10.000 tilknyttede borerer.

Til denne rapport er der så vidt muligt udsøgt borerer fra aktive vandværker til at beskrive kvaliteten af det vand, der på et givet tidspunkt anvendes til drikkevandsformål. Alle borerer i gruppen "indvindingsboringer" er i denne rapport borerer, der i JUPITER databasen er knyttet til aktive vandværker. Der findes imidlertid ingen oplysninger om, i hvilke perioder vandværkernes enkelte borerer er i drift. Samtidig er der formentlig et efterslæb med hensyn til opdateringen af vandværkernes boringsstatus i JUPITER hos kommunerne efter kommunalreformen. Dette giver risiko for, at en boring i denne rapport er behandlet som aktiv indvindingsbo-

ring, selvom boringen ikke længere er aktiv eller blot er en pejleboring tilknyttet vandværket, som vandværket ønsker at kende kvaliteten i. Analyser fra boringer, som ikke stammer fra aktive vandværker eller overvågningsboringer fra NOVANAprogrammet er kategoriseret som "andre boringer", og vil typisk indeholde data fra amternes 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.

Rapportering

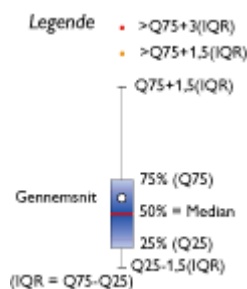
Hvert år siden 1989 har GEUS udarbejdet en rapport over grundvandsovervågningen. Fra 2005, der er det første rapporteringsår af NOVANA programmet, er der tale om en indikatorbaseret rapportering, der udelukkende udkommer elektronisk. På grund af kommunalreformen var der ingen rapportering i 2006.

Datagrundlag

Årets rapportering bygger, som de foregående, på de data amterne har indberettet til den fællesoffentlige database Jupiter, der drives af GEUS. Specielt gælder det for dette års rapportering, at datagrundlaget ikke er komplet. Det skyldes de store omlægninger af dataindberetningsstrukturen i forbindelse med kommunalreformen og det faktum, at amternes afsluttende indberetning i 2006 på mange områder er fejlbehæftet. Samtidig mangler der mange data fra den sidste halvdel af 2006, hvor indberetningen af vandanalyser fra såvel grundvandsovervågningen som boringskontrollen og øvrige undersøgelser skal foretages af de udførende analyselaboratorier direkte til JUPITER. Dette skyldes at de nye indberetningsprocedurer endnu ikke er tilfredsstillende implementeret. Samlet set mangler alle boringskontrolanalyser fra 2006 fra flere amter, mens det fra andre amter er mere eller mindre ufuldstændigt. Endelig har ingen kommuner indberettet oppumpede vandmængder fra vandværker for 2006. Der arbejdes målrettet på at rette op på situationen, på såvel GEUS som i de berørte Miljøcentre og kommuner.

Boks-diagrammer

Boks-diagrammer er en god måde at præsentere statistisk bearbejdede data på. Boksdiagrammer 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 når outliers (ekstreme, formodentlig utroværdige værdier) er udeladt. Nedenfor i figur 3 er præsenteret en legende til alle de anvendte boks-diagrammer i denne rapport



Figur 3. Legende til boks-diagrammer anvendt i denne rapport. Q står for kvartil således at Q25 udgør grænsen mellem 25 % og 75 % af datamængden.

Referencer

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 samt <http://www.dmu.dk/Overvågning/NOVANA/Programbeskrivelse+del+3/> DMU 2005

Miljøministeriet 1988: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 515 af 29. august 1988

Miljø- og Energiministeriet 2001: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 871 af 21. september 2001. http://www.retsinfo.dk/_GETDOCI_/ACCN/B20010087105-REGL

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

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

Miljøstyrelsen, 2006. BEK nr. 1664 af 14/12/2006. Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg.

Vandstatistik. Drikkevand og spildevand 2005. DANVA 2006

Grundvandsdirektivet. Europa-parlamentets og rådets direktiv 2006/118/EF om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelse

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

3 Grundvandets alder.

Datagrundlag

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. Tritium herfra indgår som en bestanddel i vand, og en grov datering af grundvandet er derved mulig. Det vigtigste resultat af tritiumdateringen af grundvandet i overvågningsområderne var at man fik vandet opdelt i ungt og gammelt grundvand. Det gamle grundvand var alt grundvand dannet før ca. 1950, mens det unge grundvand var dannet efter 1950. Dette er en rimelig opdeling set ud fra en geologisk betragtning, da opholdstiden i mange grundvandsmagasiner kan være flere hundrede år. Denne opdeling af grundvandet i ungt og gammelt vand 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 vand 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 har været i ligevægt med atmosfærens stigende CFC indhold. Idet CFC forbindelserne tilføres grundvandet via nedbøren, er CFC-indholdet i grundvandet steget siden 1930'erne. Vigtigst af alt har det CFC-påvirkede grundvand bredt sig langs strømlinierne 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)

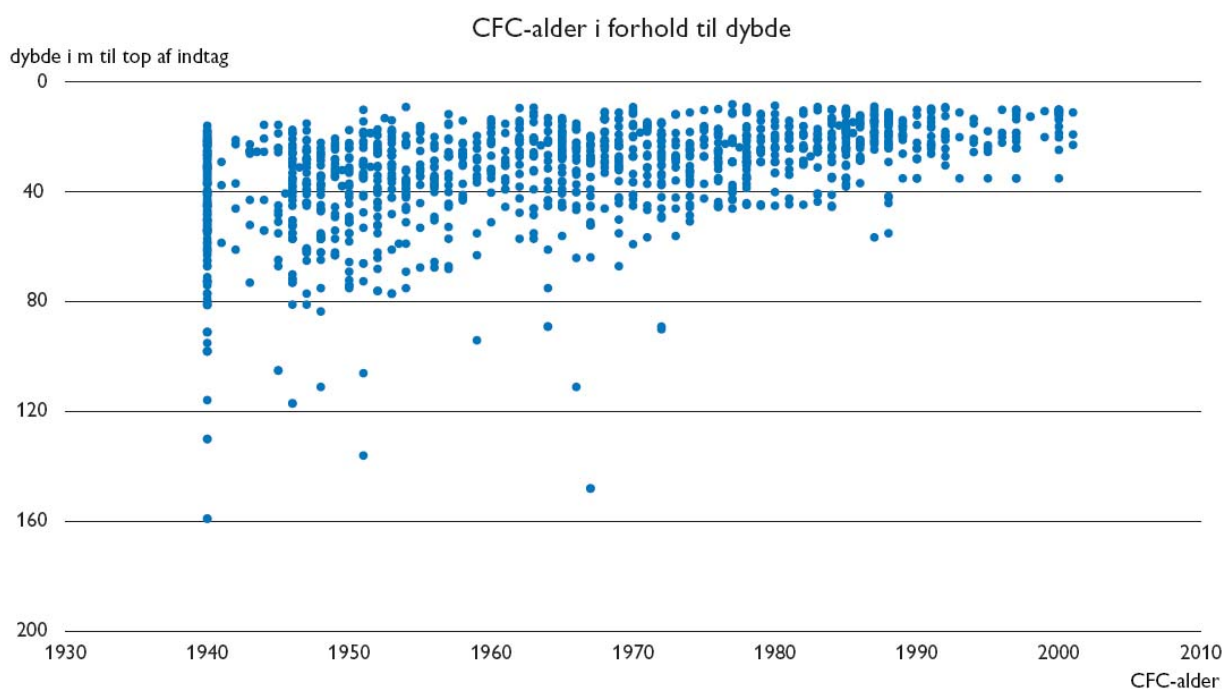
CFC datering i overvågningsboringerne er udført fra 1996 og frem. De fleste indtag er blot analyseret for CFC forbindelser én gang, men en række indtag har gentagne analyser, med egentlige tidsserier.

Relevans af datering

I dette års rapport er det alene valgt at give et kort overblik over aldersfordelingen for grundvandet i overvågningsprogrammet og demonstrere, at det er lykkedes at udbygge overvågningen med flere filtre i relativt ungt grundvand i de seneste år.

Tilstand og udvikling

Figur 4 viser CFC-alderen for hvert indtag i grundvandsovervågningsprogrammet som funktion af dybden. Det fremgår af figuren, at der i de øverste 40 meter optræder grundvand med alle meget forskellig alder, og at der selv i de øverste 20 m ikke er nogen sammenhæng mellem dybde og alder. Detektionsgrænsen for CFC-alder 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. En nærmere analyse af aldersfordelingen i forhold til overvågningen af vandmiljøplanens ikrafttræden i 1988 vil blive foretaget ved næste afrapportering, og blive set i sammenhæng med udbygningen af overvågningen med mere fokus på det yngste vand.

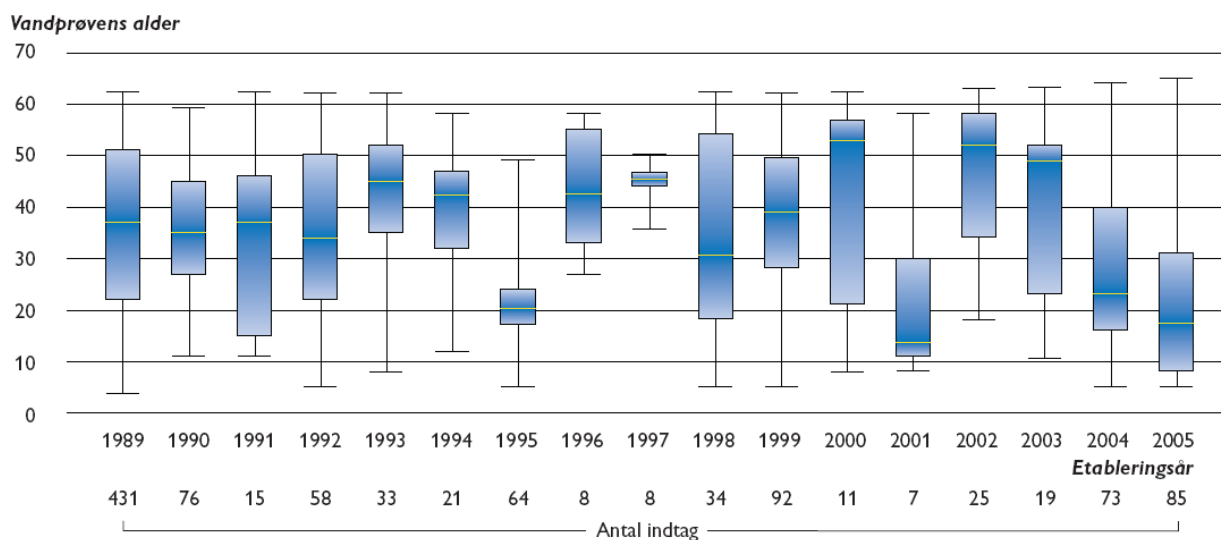


Figur 4. Aldersfordelingen af overvågningsboringer som funktion af dybden til filtertop m.u.t.

Der er løbende under hele overvågningsprogrammet etableret overvågningsboringer. Den største indsats lå i 1988 -1990. De mange dateringer i 1999 stammer fra etableringen af re-doxboringerne. I 2004-6 er der igen etableret mange boringer, hvor der skulle fokuseres på det øverste grundvand, og gerne så ungt grundvand som muligt.

Figur 5 viser fordelingen af grundvandets alder i de indtag, der er etableret forskellige år i overvågningsprogrammet. Grundvandets alder er beregnet som CFC-alder minus prøvetagningsåret. Da det nu er ca. 20 år siden vandmiljøplanen blev iværksat i 1988, er det kun grundvand med en alder under 20 år, der i dag viser evt. effekter af vandmiljøplanen på grundvandet. Bemærk, at der før 2001 næsten ingen boringer var etableret med så ungt vand!.

Derimod er det lykkedes i de seneste år (2004 og 2005) at etablere en række boringer med en alder med median ca. 20 år. Set i lyset af aldersfordelingen i figur a, er der en stor risiko for at få gammelt vand selv i terrænnært grundvand, så derfor må det vurderes, at indsatsen for at få flere unge filtre i overvågningen er lykkedes. Der er imidlertid på grund af problemerne med dataoverførselen (se indledning) kun meget få vandanalyser tilgængelige fra disse nye boringer, og en præsentation af vandkvaliteten i disse må vente til næste rapportering.



Figur 5. Aldersfordeling af grundvand i GRUMO-indtag som funktion af boringens etableringsår. Alderen af vandet er beregnet som CFC-alder minus prøvetagningsåret for CFC analysen. Boksen angiver 25% til 75% fraktilerne med medianværdien vist som vandret streg i boksen. De lodrette streger angiver max/min alder. Dog således at max-alder er detektionsgrænsen, dvs. vand dannet før ca. 1940.

Referencer

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

4 Hovedbestanddele

I overvågningsprogrammet for grundvand og i vandværkernes boringskontrol af grundvandskvaliteten i indvindingsboringerne analyseres der for en lang række hovedbestanddele.

I overvågningsprogrammet analyseres der i grundvand med det begrænsede program (kalium, klorid, sulfat, nitrat, nitrit, ammonium, jern og mangan) eller det fulde program (de førnævnte plus calcium, bikarbonat, fluorid, magnesium, natrium, strontium, total kvælstof, total fosfor, NVOC, aggressiv kuldioxid, svovlbrinte og metan samt ortho-fosfat-fosfor i landovervågningen). Ved udtagning af grundvandsprøver i forbindelse med overvågningsprogrammet, udføres der desuden online feltmålinger for pH, ledningsevne, redoxpotentiale, ilt og temperatur. Formålet med feltanalyserne er bl.a. at kontrollere om de 5 parametre har nået et realistisk stabilt niveau inden en grundvandsprøve udtages til laboratorieanalyse. Analysefrekvensen varierer mellem de forskellige typer af boringer, fra én gang hvert år til 6 gange årligt.

Boringskontrollen omfatter analyser af grundvandskvaliteten i vandværkernes indvindingsboringer for faste hovedbestanddele som NVOC, calcium, magnesium, natrium, kalium, ammonium, jern, mangan, bikarbonat, klorid, sulfat, nitrat, nitrit, totalt fosforindhold, fluorid og aggressiv kuldioxid og variable parametre som svovlbrinte og metan. 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 per år). (Mst 2006)

I den nationale rapportering er det valgt at fokusere på nitrat og fosfat, og i dette kapitel præsenteres en række indikatorer, der viser udviklingen i nitrat og fosfat over tid, samt den geografiske og rumlige fordeling af stoffernes forekomst i grundvandet.

Relevans af nitrat

Nitrat i grundvandet stammer hovedsagelig fra kvælstofudvaskning fra landbrugsarealer. I den umættede zone kan mængden af nitrat fra gødningen reduceres ved optagelse i planter eller ved denitrifikation (omdannelse til frit kvælstof). Den overskydende mængde af nitrat udvaskes til grundvand eller overfladevandsforekomster. I grundvandets anoxiske zone bliver nitraten reduceret yderligere af nitratreducerende stoffer som f.eks. 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 nitrosaminer, som er kræftfremkaldende.

Målsætning for nitrat

Indholdet af nitrat i drikkevand må ikke overstige grænseværdien på 50 mg/l (MST, 2006). Da nitrat ikke fjernes ved traditionel vandbehandling på vandværket, er det vigtigt, at grundvandets indhold ikke overstiger denne værdi. Tilsvarende er grænseværdien for grundvand ifølge Grundvandsdirektivet også 50 mg/l (EU, 2006).

Relevans af fosfat

Fosfat måles traditionelt som det totale indhold af fosfor i mg P/l. Fosfat i grundvandet kan være et problem i forbindelse med udstrømning til overfladevandsforekomster eller direkte til havet, hvor det kan stimulere algevækst og dermed resultere i eutrofiering af vandmiljøet. De

største koncentrationer af opløst fosfat forekommer under reducerende betingelser i grundvandet og er hovedsageligt af geologisk oprindelse. Desuden kan opløst fosfat stamme fra nedsvivning af husspildevand. Her kan der også være tale om polyfosfater fra vaskepulver mv. I områder med stor husdyrtæthed udbringes hvert år der mere fosfat med husdyrgødning på markerne, end planterne kan optage. Fosfat bindes i første omgang til jorden, men jorden kan med tiden blive mættet med fosfat. Hvis fosfatindholdet i det øvre grundvand stiger, kan det være tegn på at de øvre jordlag bliver fosfatmættede, og medføre risiko for forøget belastning af overfladevandet med fosfat.

Målsætning for fosfat

Med VMP III er der fastsat et politisk mål om reduktion af udledningen af fosfat til vandmiljøet. Fosfat i grundvandet er generelt ikke et problem for drikkevandsforsyningen, og grænseværdien på 0,15 mg-P /l for drikkevand er fastsat under hensyntagen til ønsket om at kunne afsløre forekomsten af forurenede overfladevand i vandforsyningsboringer.

Da hovedparten af fosfatindholdet fjernes ved almindelig vandbehandling udgør fosfat ikke noget problem for den almene drikkevandsforsyning. I private brønde uden vandbehandling kan der forekomme overskridelser af den højst tilladelige værdi for drikkevand, som kan skyldes forurening fra overfladen.

Fordeling af nitratindhold i overvågningsindtag og indvindingsboringer samt dybdemæssig fordeling

Datagrundlag

Udviklingen i grundvandets nitratindhold bygger på data fra alle aktive indtag fra grundvands- overvågningen, 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. Data fra alle disse aktive indtag er benyttet til bedømmelse af udviklingen i grundvandets nitratindhold for hele perioden 1990-2006.

Der indgår et varierende antal indtag i de årlige beregninger, hvilket skyldes, at alle indtag ikke er analyseret kontinuert siden 1990, da overvågningsprogrammet løbende er justeret. Data-sættet fra 2006 er, som diskuteret i indledningen, ufuldstændigt. Antallet af nitratanalyser i grundvandsovervågningen (GRUMO), Landovervågningen (LOOP), vandværkernes boringskontrol og fra "andre boringer" fremgår af tabel 1. Når antallet af nitratanalyser i 2006 sammenlignes med antallet af nitratanalyser i 2005 fremgår det tydeligt at datagrundlaget med hensyn til nitratanalyser i 2006 er lavere end i 2005, hhv. ca. 6 % i GRUMO, ca. 28 % i LOOP, ca. 57 % i Boringskontrol og ca. 21 % andre boringer.

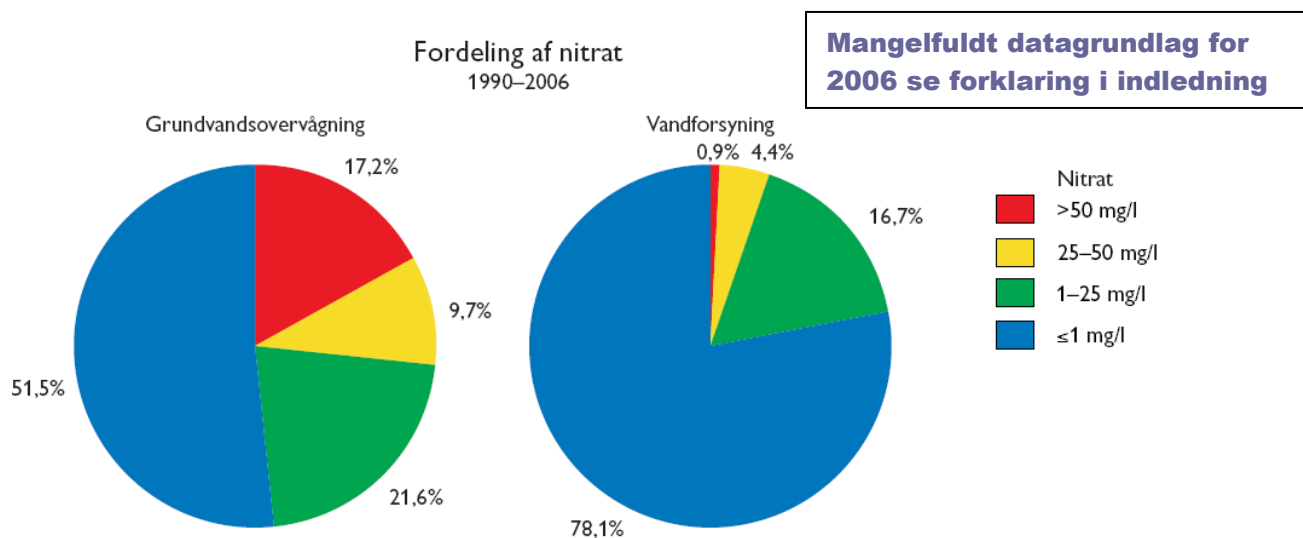
	GRUMO	LOOP	Boringskontrol	"Andre boringer"	I alt
2005	1842 (1259)	430 (74)	1725 (1629)	1004 (596)	5001 (3558)
2006	1724 (1103)	310 (74)	742 (716)	796 (435)	3572 (2328)
1990-2006	35.753	13.468	25.244	27.991	102.456

Tabel 1. Antallet af nitratanalyser i grundvandsovervågningen (GRUMO), Landovervågningen (LOOP), vandværkernes boringskontrol og fra "andre boringer". I parentes er angivet antallet af aktive indtag de enkelte år.

Det fremgår desuden af tabel 1, at indtagene i GRUMO borerne, indvindingsboringerne med boringskontrol og i andre borer i gennemsnit analyseres for nitrat 1-2 gange om året. Boringerne i LOOP, som monitorer det øvre grundvand, analyseres for nitrat i gennemsnit ca. 6 gange om året. Det fremgår at alle data fra 2006 ikke er til rådighed for rapportering.

Fordeling af nitratindhold i perioden 1990 - 2006

En oversigt over fordelingen af nitratindholdet i gennemsnit per indtag i perioden 1990-2006 i grundvandsovervågningen og i vandværkernes indvindingsboringer er vist i figur 6. Det fremgår at ca. 17 % af indtagene i grundvandsovervågningen i gennemsnit har et nitratindhold over 50 mg/l, mens det for vandforsyningsboringerne er nede på ca. 1 %. Fordelingen af nitratkoncentrationer i grundvandsovervågningen har stort set været uændret siden overvågningsprogrammets start. Med hensyn til fordelingen af nitratkoncentrationer i indvindingsboringerne viser resultatet for perioden 1990-2006 i forhold til perioden 1990-2004 en markant reduktion fra ca. 28 til 22 % i andelen af indvindingsboringer med et indhold af nitrat i gennemsnit over 1 mg/l. Denne reduktion i fordelingerne af nitratkoncentrationer i indvindingsboringerne er muligvis ikke reel, men kan skyldes at ikke alle data fra vandværkerne er indberettet i 2006, da der kun er indberettet 742 nitratanalyser i 2006 i forhold til 1725 analyser i 2005.



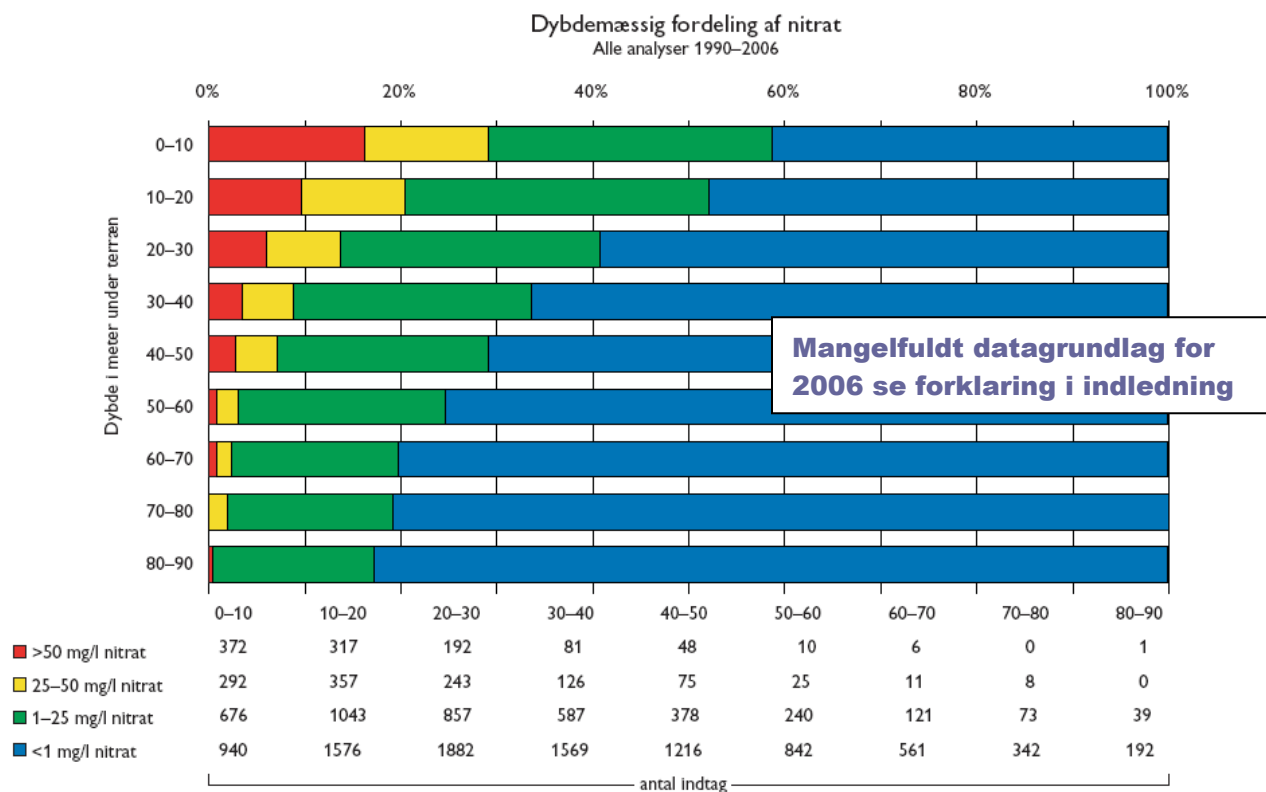
Figur 6. Fordeling af det gennemsnitlige nitratindhold i mg/l for indtag i grundvandsovervågningen og i boringskontrol-analyserne i vandværkernes indvindingsboringer. Der er anvendt gennemsnitsværdier for nitrat per indtag for perioden 1990-2006.

Dybdemæssig fordeling af nitratindhold i alle analyserede indtag og borer

For perioden 1990-2006 foreligger der i alt 102.456 nitratanalyser fra land- og grundvands-overvågningen, fra boringskontrolanalyserne i vandværkernes indvindingsboringer og fra gruppen 'Andre borer'.

I figur 7 er vist den dybdemæssige fordeling af det gennemsnitlige nitratindhold i 15.298 indtag, som er analyseret for nitrat i perioden 1990-2006, og hvor der samtidig er kendskab til dybden, hvor filteret er placeret. Fordelingen af nitratkoncentrationerne er opdelt i fire grupper

(≤ 1 , 1-25, 25-50 og > 50 mg/l) og er afbilledet mod toppen af indtaget (meter under terræn). Den største del af analyserne med forhøjet indhold af nitrat kommer fra indtag, der ligger ned til 50 meter under terræn, og de højeste nitratindhold findes ikke uventet i de øverste 10 meter af jordlagene med nitrat større end 1 mg/l i ca. 59 % og nitrat over 50 mg/l i ca. 16 % af indtagene.



Figur 7. Dybdemæssig fordeling af det gennemsnitlige nitratindhold i alle 15.298 indtag, som er analyseret for nitrat i perioden 1990-2006, i land- og grundvandsovervågningen, boringskontrollen i vandværkernes indvindingsboringer og i 'Andre boringer'. Antal indtag i hvert dybdeinterval er anført i tabellen under figuren.

Grundvandet kan med udgangspunkt i vandkvaliteten opdeles i 4 redoxzoner, der normalt optræder i tiltagende dybde fra jordoverfladen: iltzonen, den anoxiske zone, jern/sulfatzonen og methanzonen. Grundvandskvaliteten i iltzonen er påvirket af en række faktorer:

- 1) Arealanvendelsen og atmosfæriske bidrag fra nedbøren og tørdepositionen, med alt hvad det kan medføre af miljøfremmede stoffer og påvirkede stofstrømme
- 2) De biogeokemiske processer i rodzonen, umættet zone og i grundvandsmagasinet
- 3) Vandbalancen (nedbør og fordampning).

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 nitraten under omsætning, og nitratkoncentrationerne er derfor lavere end den oprindelige udvaskning fra rodzonen. I det dybeste reducerede grundvand findes jern/sulfat-zonen og metan-zonen, hvor både ilt og nitrat er omsat, og grundvandet

dermed ikke bærer tydelige præg af arealanvendelsen, men af lokale geokemiske forhold og grundvandets strømningsforhold.

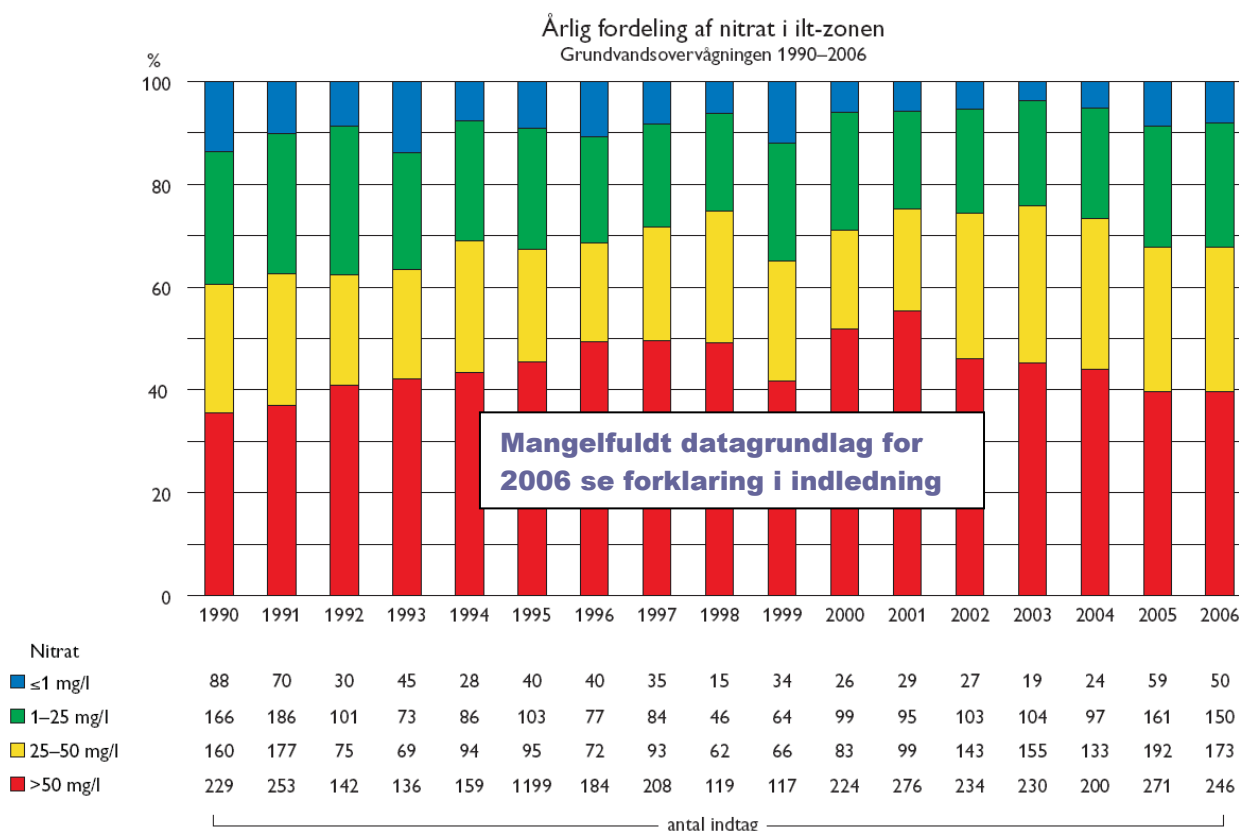
Nitratindhold i grundvandets iltzone – grundvandsovervågning

Datagrundlag

Beskrivelse af nitratindholdet i grundvandet er baseret på data fra alle aktive indtag i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2006. Til vurdering af den tidsmæssige udvikling af nitratindholdet i det øverste iltholdige og ofte nitratbelastede grundvand er der kun anvendt data fra iltzonen dvs. iltholdigt grundvand med et iltindhold højere end 1 mg/l.

Tilstand, udvikling og årsag

Fordelingen af alle nitratanalyser fra det iltede grundvand i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2006 er i figur 8 vist i 4 klasser (≤ 1 , 1-25, 25-50 og > 50 mg/l). Der er i alt 7822 analyser fra iltet grundvand i grundvandsovervågningen fra 1990-2006. Antallet af nitratanalyser i iltet grundvand ligger de seneste 2 år generelt lidt højere end de foregående år, idet der er 683 analyser i 2005 og 619 analyser i 2006 mod 454-507 analyser fra 2001-2004. Det skyldes sandsynligvis nitratanalyser fra de nye korte borer, der monitorer iltet grundvand, og som er blevet udført i 2005 og 2006. Antallet af nitratanalyser fra iltet grundvand fra 2005 og 2006 ville være endnu større, hvis alle data fra amternes overvågning var til rådighed for rapportering.



Figur 8. Den procentvise fordeling af alle nitratanalyser fra iltet grundvand (med ilt > 1 mg/l) fra perioden 1990-2006 i

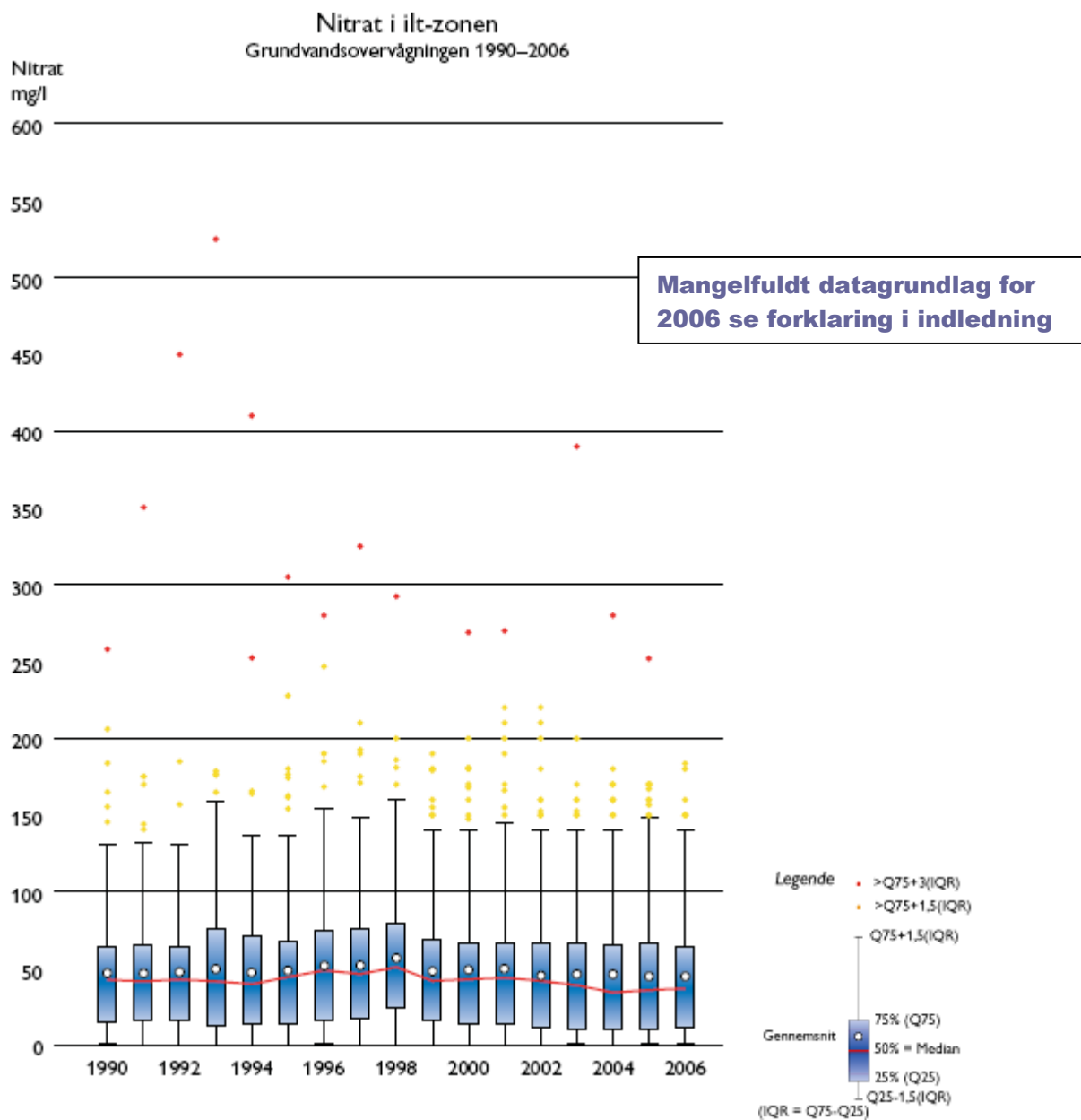
grundvandsovervågningen fordelt i 4 klasser (≤ 1 , 1-25, 25-50 og > 50 mg/l nitrat). Antal analyser i hvert dybdeinterval og klasse er anført i tabellen under figuren.

Der er hvert år et mindre antal analyser fra ilt-zonens indtag, som ikke er påvirket af nitrat. Dette kan skyldes, at der i denne gruppe (ilt > 1 mg/l og nitrat ≤ 1 mg/l) findes data, som fejlagtigt er tolket til at stamme fra iltzonen, men som i virkeligheden stammer fra reduceret grundvand, hvor atmosfærens ilt har forurenset grundvandsprøven under prøvetagningen.

Der er en tendens til, at antallet af indtag fra det iltede grundvand fra grundvandsovervågningen med koncentrationer over 50 mg/l er aftagende, sådan at omkring 40 % af indtagene i 2005 og 2006 har et indhold over 50 mg/l, mod ca. 50 % midt i 1990'erne.

Udviklingen i det iltede grundvands nitratindhold fra alle analyser udført i perioden fra 1990 til 2006 er vist i figur 9 som boks-diagrammer. Det iltede grundvands nitratindhold viser en stor spredning for de enkelte år. Medianværdien for perioden 1990 – 2006 viser en jævn stigning frem til den højeste værdi i 1998 på ca. 50 mg/l nitrat, hvorpå den falder til et niveau på omkring 35-37 mg/l nitrat i 2004-2006. Gennemsnitsværdierne for nitrat ligger generelt højere end medianværdierne og falder fra ca. 56 mg/l i 1998 til ca. 45 mg/l i 2005-6. Nitratindholdet i det iltede grundvand ligger for 25 % af indtagene over ca. 64-66 mg/l nitrat i perioden 2005-6. Det højest målte nitratindhold i iltet grundvand varierer meget fra år til år i perioden 1990-2005, og den højeste målte værdi ligger på over 500 mg/l nitrat målt i 1993.

Langt den største del af grundvandet i grundvandsovervågningen er dateret til at være dannet før 1990. Derfor kan de forventede effekter af de tiltag, der er blevet gennemført med vandmiljøplanerne, endnu ikke forventes at kunne erkendes i grundvandets gennemsnitlige indhold af nitrat på et statistisk sikkert grundlag. Det iltholdige grundvand er det yngste, men kan repræsentere grundvand med forskellige aldre. Figur 9 viser derfor kun en generel status af det iltede grundvands nitratindhold for de enkelte år. Undersøges variationen i nitratindholdet i de enkelte indtag, ses der store variationer med både faldende, stigende eller et fluktuerende nitratindhold. Disse forhold kan have forskellige årsager såsom vandspejlsændringer, variationer i nedbøren eller ændringer i landbrugspraksis og dermed i udvaskningen af nitrat fra rodzonen.



Figur 9. Udviklingen i det iltede (ilt > 1 mg/l) grundvands nitratindhold baseret på alle analyser udført i perioden fra 1990 til 2006.

Nitrat i grundvandets anoxiske zone - grundvandsovervågning

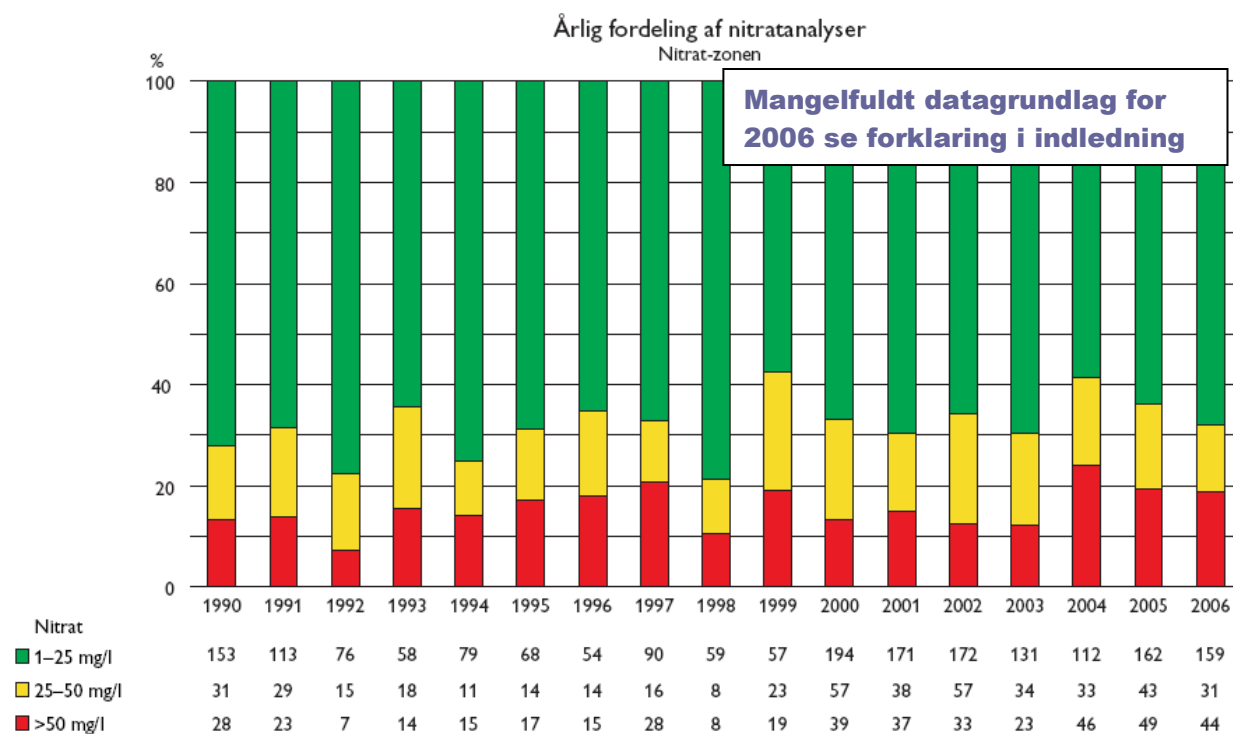
Datagrundlag

Beskrivelse af nitratindholdet i grundvandet er baseret på data fra alle aktive indtag i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2006.

Til vurdering af den tidsmæssige udvikling af nitratindholdet i grundvandets nitratreducerende zone, er kun anvendt data fra grundvand med anoxiske forhold, dvs. grundvand med nitrat ($> 1 \text{ mg/l NO}_3$) og uden ilt ($\leq 1 \text{ mg/l ilt}$). Der er i alt 2825 analyser fra anoxisk grundvand i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2006.

Tilstand, udvikling og årsag

Det anoxiske vand har et lavere nitratindhold end grundvandet i iltzonen på grund af omsætning af nitrat, bl.a. ved oxidation af pyrit. Fordelingen af alle nitratanalyser fra det anoxiske grundvand i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2006 er i figur 10 vist i 3 klasser (1-25, 25-50 og $> 50 \text{ mg/l}$). Antallet af nitratanalyser i det anoxiske grundvand ligger de seneste år (siden 2000) på omkring 200-300 om året.

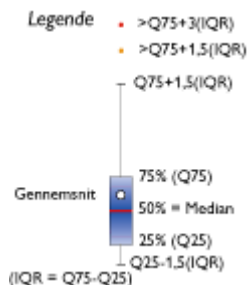


Figur 10. Den procentvise fordeling af alle nitratanalyser fra anoxisk grundvand (med nitrat $> 1 \text{ mg/l}$ og ilt $\leq 1 \text{ mg/l}$) fra perioden 1990-2006 i grundvandsovervågningen fordelt i 3 klasser (1-25, 25-50 og $> 50 \text{ mg/l}$ nitrat). Antal analyser i hvert dybdeinterval og klasse er anført i tabellen under figuren.

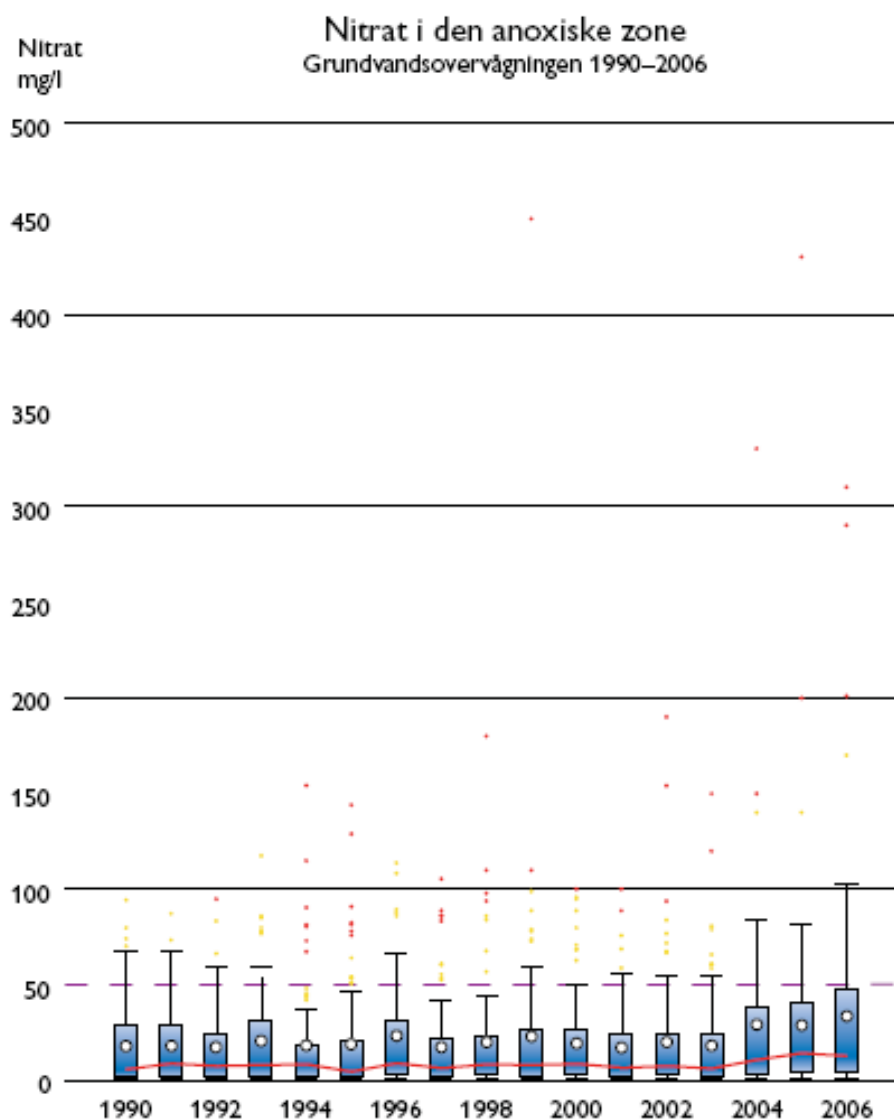
Udviklingen i det anoxiske grundvands nitratindhold fra alle analyser udført i perioden fra 1990 til 2006 er vist i figur 11 som boks-diagrammer.

Grundvandets nitratindhold viser en stor spredning for de enkelte år. Medianværdien for perioden 1990 - 2006 har en svag stigende tendens, og nitrat medianværdien for det anoxiske grundvand ligger omkring 13-14 mg/l nitrat i 2005-6. Gennemsnitsværdierne for nitrat i det

anoxiske grundvand ligger højere end medianværdierne, men med samme udviklingstendens. Gennemsnitsværdierne i det anoxiske grundvand ligger omtrent på 20 mg/l nitrat. Den højeste målte værdi i perioden er på ca. 450 mg/l nitrat målt i 1999.



Mangelfuldt datagrundlag for 2006 se forklaring i indledning

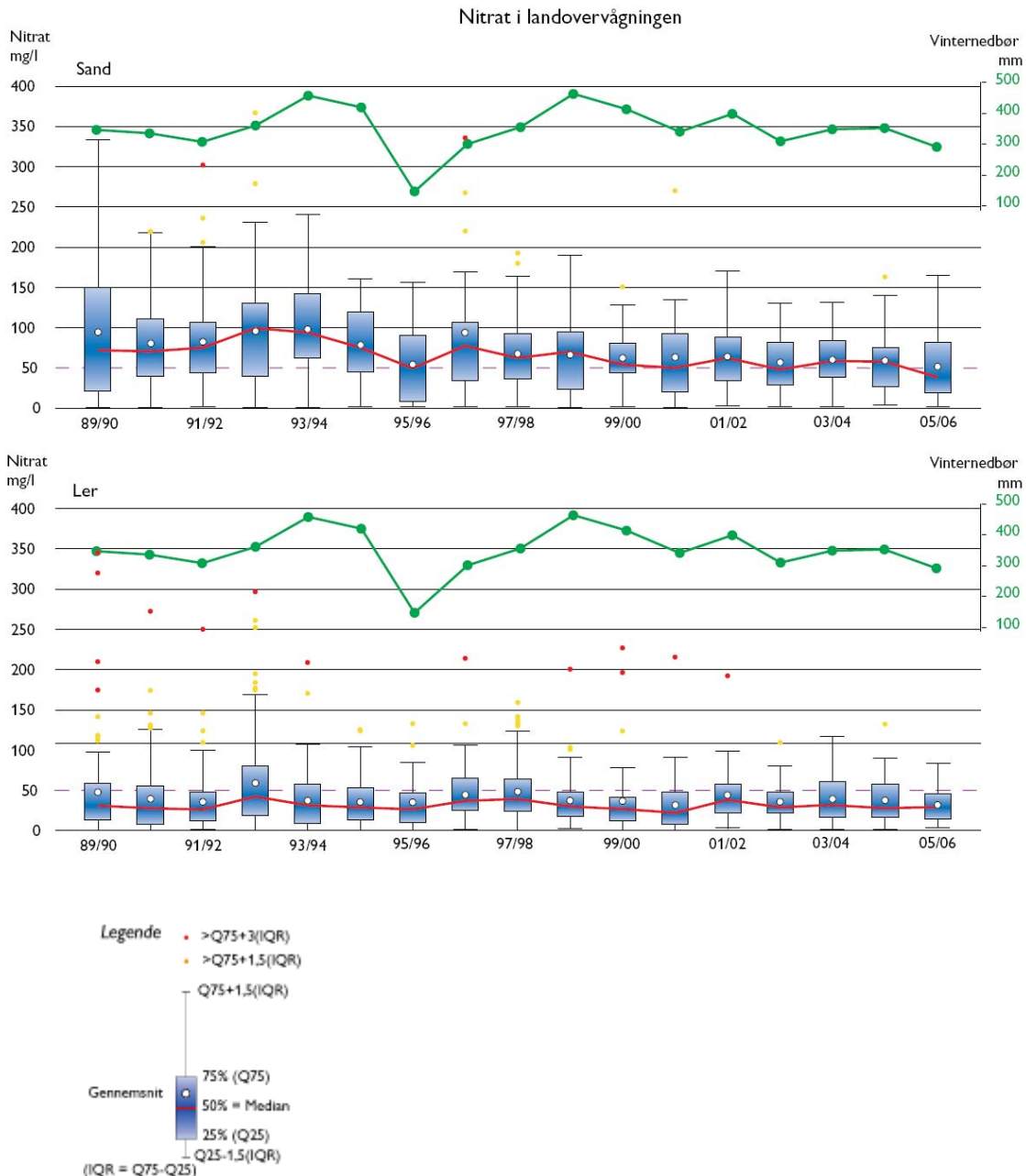


Figur 11. Udviklingen i det anoxiske (nitrat > 1 mg/l og ilt ≤ 1) grundvands nitratindhold baseret på alle analyser udført i perioden fra 1990 til 2006.

Nitratindhold i grundvand under landbrugsarealer – landovervågning

Datagrundlag

Fra indtagene i landovervågningsområderne foreligger der i alt 13.468 nitratanalyser udført i perioden 1990 - 2006. I 2005 og 2006 er der i landovervågningen udført henholdsvis 430 og 310 nitratanalyser fordelt på 74 indtag. Det vil sige, at der foreligger data fra hvert indtag, som i gennemsnit er prøvetaget ca. 6 gange i 2005 og ca. 4 gange i 2006.



Figur 12. Nitratindholdet i det øvre grundvand i vinterhalvåret i sand- og lerområderne i landovervågningsoplandene (LOOP) sammenlignet med vinternedbøren (øverste kurve). Kun nitratdata fra kvartalerne 4 og 1, nitratanalyser over 1 mg/l og indtag mellem 0 og 6 meter under terræn er medtaget.

Tilstand, udvikling og årsager

Grundvandet i landovervågningsområderne (LOOP) er det allerøverste terrænnære grundvand, som overvåges. Nitratindholdet i det øvre grundvand (0 til 6 meter under terræn) i vinterhalvåret (1. og 4. kvartal) på sand- og lerområder i landovervågningen er på figur 12 vist som et boksdiagram sammen med vinternedbøren. Det er valgt at benytte et gennemsnit af DMI's 40x40 km nedbørsdata for de områder, hvori de enkelte LOOP ligger. Der er 3 LOOP områder, som er placeret i lerområder (LOOP1-Højvads Rende Lolland, LOOP3-Horndrup Bæk Midtjylland og LOOP4-Lille Bæk Fyn) og 2 LOOP områder, der er placeret i sandområder (LOOP2-Odderbæk Nordjylland og LOOP6-Bolbro Bæk Sønderjylland).

Der er stor spredning i de målte nitratkoncentrationer for vinterperioderne i både sand- og lerområderne. Generelt er der i sandområderne et højere nitratindhold i grundvandet end i lerområderne. Nitratkoncentrationerne i det øvre grundvand i sand- og lerområderne kan ikke direkte sammenlignes med nitratudvaskningen fra rodzonen, da det ikke kan vurderes om grundvandet er iltet, anoxisk eller reduceret på det foreliggende datagrundlag på grund af for få iltmålinger. Gennemsnitsværdierne for nitratindholdet i det øvre grundvand i sand- og lerjordoplandene ligger generelt lidt højere end medianværdierne, men har ellers et nogenlunde synkront forløb.

Nitratindholdet i det øvre grundvand i vinterhalvåret er præget af vinternedbøren, specielt på sandjordsoplandene, hvor nitratindholdet i det øvre grundvand har større absolute variationer i vinterhalvåret end på lerjordoplandene. Dette kan forklares ved, at der hvert år efter høst er ophobet et stort kvælstofoverskud i jorden i den såkaldte kvælstofpulje. Kommer der herefter et efterår og en vinter med stor nedbør, giver det et højt nitratindhold i det nydannede grundvand. Det reducerer kvælstofindholdet i kvælstofpuljen i jorden, og har det næste efterår/vinter også stor nedbør, vil nitratindholdet i det nydannede grundvand være betydeligt mindre, fordi bidraget fra tidligere års kvælstofpulje nu er formindsket ved udvaskning og/eller denitrifikation.

For perioden 1990-2006 er der i sandområderne et fald (fra ca. 90 til ca. 60 mg/l) i det øverste grundvands gennemsnitlige nitratindhold i vinterhalvåret. Faldet er størst frem til vinteren 1999/2000, hvorpå ændringerne bliver små. Den højeste målte værdi i perioden er på 740 mg/l nitrat. Det skal bemærkes, at det gennemsnitlige nitratindhold i det øvre grundvand i sandjordsområderne de fleste år ligger over grænseværdien for drikkevand på 50 mg/l.

For lerområderne ligger det gennemsnitlige nitratindhold for hele perioden 1990-2006 i vinterhalvåret omkring 40 mg/l (medianværdien mellem 25 og 40 mg/l), og der er ikke et tilsvarende tydeligt fald i koncentrationsniveauet som i sandområderne. Den højeste værdi i perioden er på 345 mg/l nitrat.

Nitratindhold i vandværkernes indvindingsboringer

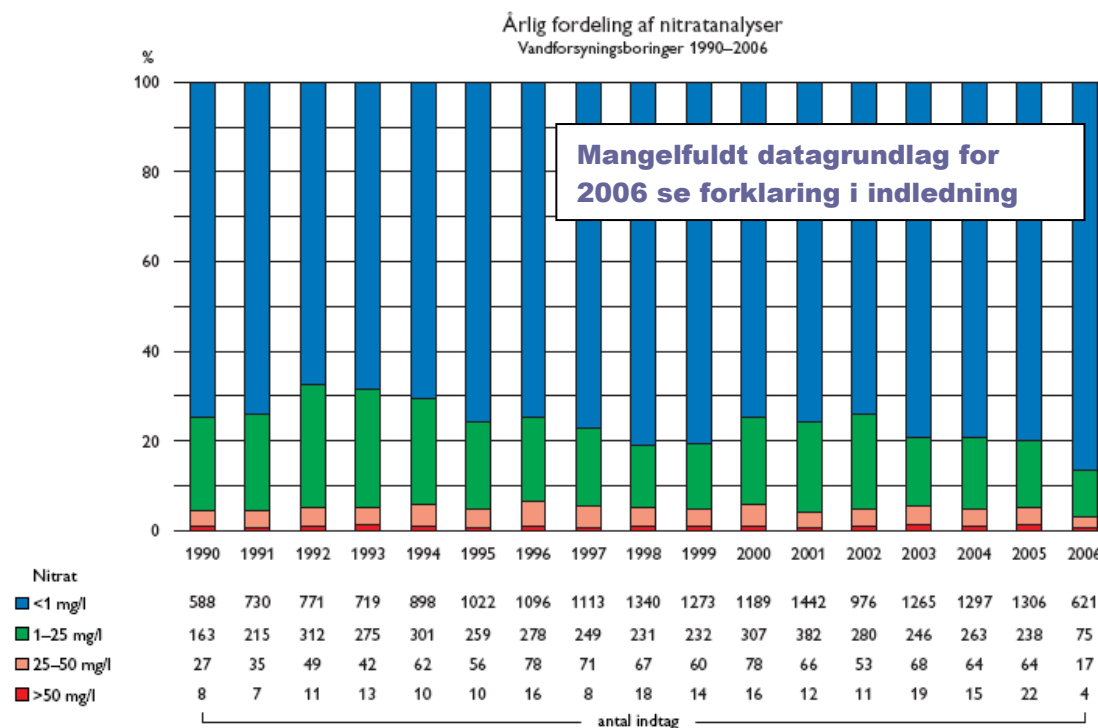
Datagrundlag

Der er fra 1990 til og med 2006 indberettet i alt 25.244 nitratanalyser til Jupiter-databasen, udført i forbindelse med vandværkernes boringskontrol. I 2006 er antallet af indberettede nitratanalyser fra indvindingsboringerne dog ca. 57 % lavere end i 2005 på grund af manglende indberetning af analyser fra laboratorierne i forbindelse med strukturreformen. Grundvandet i indvindingsboringerne analyseres ikke hvert år, men i en turnus på 3 til 5 år.

Formålet er at beskrive udviklingen af indholdet af nitrat i det grundvand, der indvindes til drikkevandsformål.

Tilstand, udvikling og årsager

Hovedparten af analyserne fra vandværkernes boringskontrol er nitratfrie (ilt ≤ 1 mg/l). Det vil sige, at der hovedsagelig indvindes grundvand til drikkevandsformål fra det reducerede nitratfrie grundvand. (figur 13).



Figur 13. Det årlige antal af nitratanalyser fra indvindingsboringer (boringskontrollen) fordelt på 4 koncentrationsklasser i perioden 1990-2006.

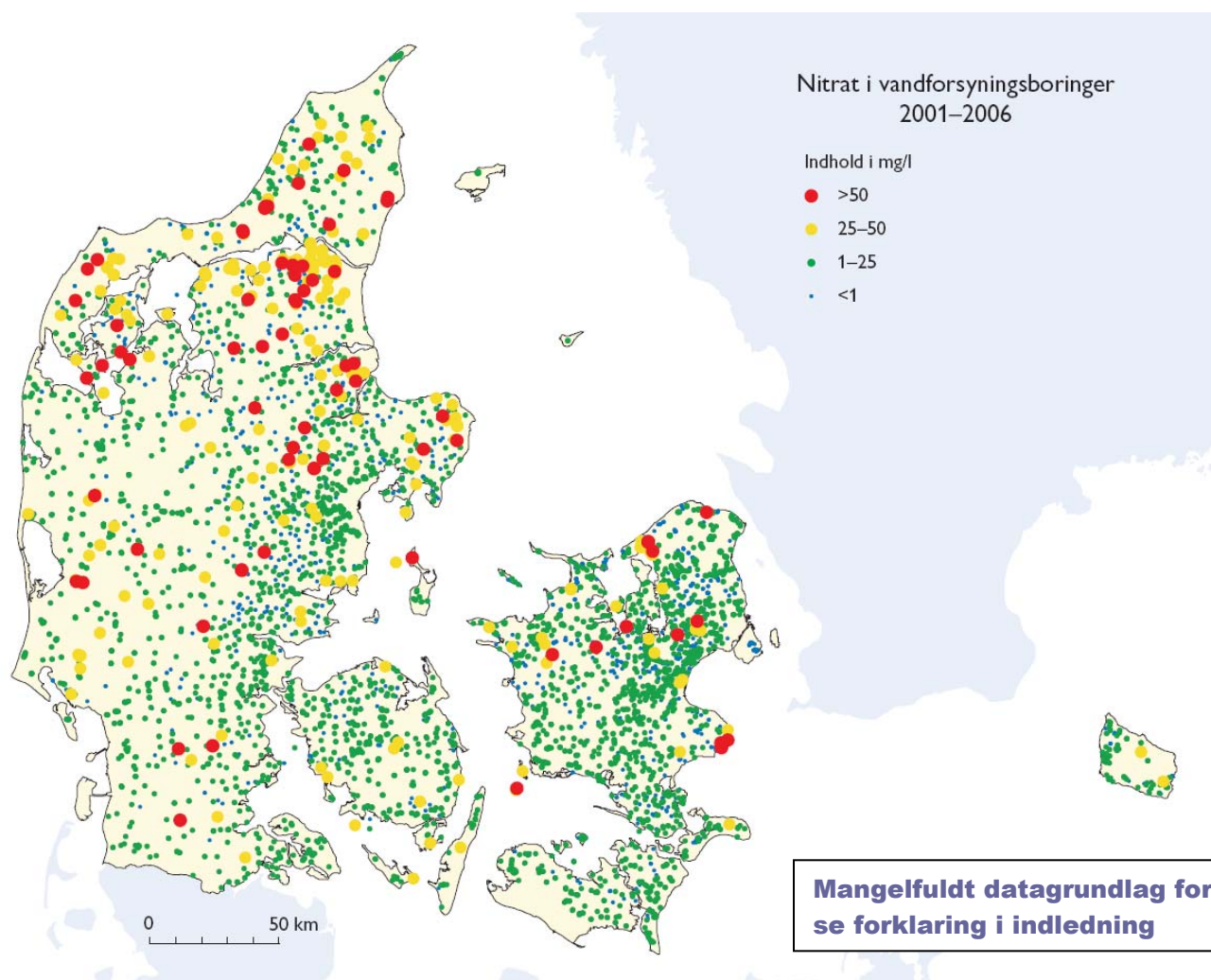
Der ses en tendens til, at antallet af analyser fra det nitratrige grundvand er faldet igennem måleperioden fra 25-35 % i begyndelse af 1990'erne til omkring 20 % i 2003-2005. Samtidig har den procentvise andel af nitratbelastede boringer (>25 mg/l nitrat) ikke ændret sig væsentligt siden den første vandmiljøplan i 1989. En mulig forklaring kan være, at der hovedsagelig er lukket indvindingsboringer, som indvinder grundvand med et nitratindhold omkring 1-25 mg/l i perioden 1990-2006, sandsynligvis på grund af pesticidfund. Disse boringer er erstattet af nye indvindingsboringer, som indvinder nitratfrit grundvand. Resultaterne fra 2006 skal ikke tillægges stor vægt på grund af de manglende data (ca. 57 %).

Regional fordeling

På figur 14 vises den geografiske fordeling i Danmark af nitratindholdet i vandværkernes indvindingsboringer gennem de seneste 6 år (2001-2006). På figuren er kun vist data fra aktive vandværker. Et kan forekomme, at der vises data fra vandværker/boringer, som er sat ud af drift inden for de seneste 6 år, men som vandværkerne stadig overvåger.

De områder i Danmark, hvor grundvandet, der bruges til drikkevand, har et højt indhold af nitrat over 25 mg/l, er hovedsagelig koncentreret til "nitrat-bæltet" fra Djursland til Himmerland til Nordjylland. Her indvindes der fra kalkbjergarter med en lav nitratreduktionskapacitet, som samtidig er dårligt beskyttede af lerdæklag.

Det fremgår også af figur 14, 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.



Figur 14. Nitratindholdet i grundvandet i vandforsyningsboringer opdelt på 4 koncentrationsklasser. Data er fra perioden 2001-2006, 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

Datagrundlag

Vurderingen af vandmiljøhandlingsplanernes effekt på grundvandets nitratindhold baseres på nitratanalyser fra grundvandsovervågningsindtag i den oxiske og anoxiske zone, hvor det har været muligt at CFC-datere grundvandet. I alt er der analyseret ca. 748 indtag med grundvand med en CFC-alder over detektionsgrænsen (> 1940).

CFC alder og nitratanalyser

Udviklingen i nitratindholdet i iltet grundvand dannet efter vedtagelsen af den første Vandmiljøhandlingsplan i 1990 er en indikator, der kan illustrere hvorvidt handlingsplanernes mål om reduktion af udledning af nitrat har en målbar effekt på grundvandskvaliteten.

Nitratanalyser og CFC-dateringer fra iltet grund i grundvandsovervågningen kan bruges direkte til at beskrive udviklingen i nitratindholdet i iltet grundvand og indirekte til at beskrive udviklingen i nitratudvaskningen fra rodzonen.

Ved anvendelse af metoden fra Thorling (2004) er det også muligt at anvende nitrat- og sulfatanalyser og CFC-dateringer fra anoxisk grundvand i grundvandsovervågningen til at vurdere udviklingen i nitratindholdet i iltet grundvand og i nitratudvaskningen fra rodzonen.

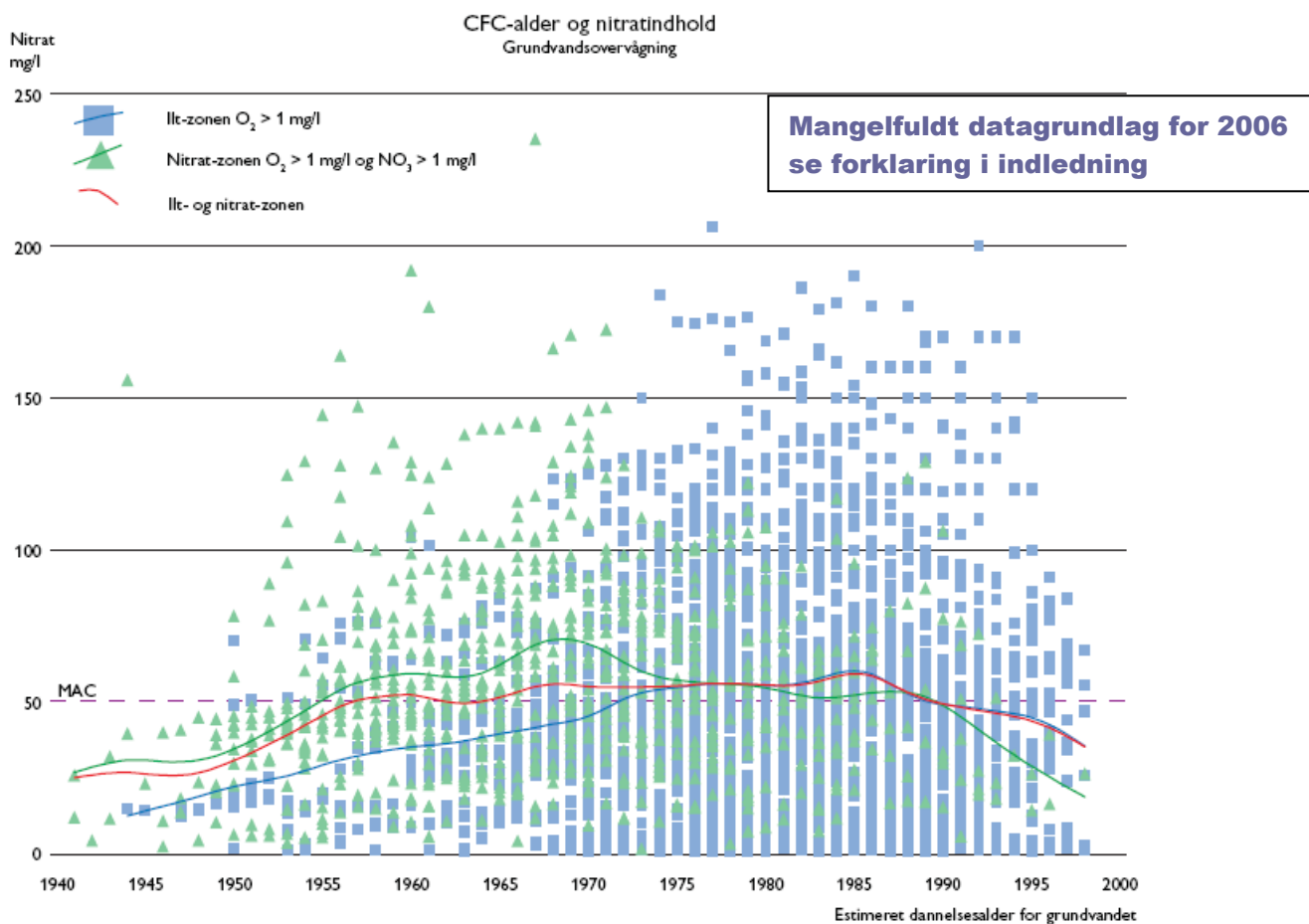
De 748 målte CFC-alder på indtag i grundvandsovervågningen er brugt til at estimere grundvandets dannelsesår på i alt 4157 nitratanalyser fra den iltede zone og i alt 3275 nitratanalyser fra den anoxiske zone målt i grundvandsovervågningen fra 1990 - 2006.

For at estimere det oprindelige nitratindhold, der blev udvasket til grundvandet, ud fra enkelte CFC dateringer og nitratkoncentrationer i iltet og anoxisk grundvand i grundvandsovervågningens indtag, er der anvendt en metode, som bygger på følgende antagelser:

1. Dannelsesåret for grundvandet fra i alt 7432 nitratanalyser fra iltet og anoxisk grundvand fra grundvandsovervågningen estimeres ud fra 748 målinger af CFC alderen i indtag fra grundvandsovervågningen, idet det antages, at grundvandet ved indtaget bliver et år ældre for hvert år. Det forudsættes dermed, at strømningsregimet fra jordoverfladen til indtaget i boringen er konstant i hele perioden.
2. Iltet grundvand defineres som grundvand med et iltindhold ≥ 3 mg/l.
3. Anoxisk grundvand defineres som grundvandet med et iltindhold < 1 mg/l og et nitratindhold > 1 mg/l
4. Det anoxiske grundvands oprindelige nitratindhold estimeres ved brug af metoden i Thorling (2004). Nitratindholdet i anoxiske grundvandsprøver viser en fraktion af det udvaskede nitrat, da nitratreduktionen i sådanne lag ikke er løbet til ende. Det antages, at pyrit er det vigtigste reduktionsmiddel for nitrat i grundvandsmagasinerne. Ved reduktion af nitrat med pyrit dannes for 1 mg/l nitrat ca. 1 mg/l sulfat. Det betyder, at forhøjede værdier af sulfat i anoxisk grundvand kan anvendes til at estimere minimumreduktionen af nitrat, idet nitrat reduceret med andre reduktionsmidler ikke er medtaget.

Ud over selve prøvetagnings- og analyseusikkerheden på nitrat og CFC analyserne, må der yderligere regnes med en usikkerhed på den anvendte metode, som diskuteres indgående i Thorling (2004).

I figur 15 er nitratindholdet i iltet grundvand afbilledet mod det estimerede dannelsesår for grundvandet for iltede og anoxiske indtag i grundvandsovervågningen. Data dækker grundvand der iflg. CFC dateringer er dannet i perioden fra 1940 til 2000, og den udglattede linie viser årgennemsnit (figur 15).



Figur 15. Udviklingen i det iltede grundvands nitratindhold i forhold til det estimerede dannelsesår for grundvandet i grundvandsovervågningen. Data dækker grundvand CFC dateret til at stamme fra perioden fra 1940 til 2000. Data er fra den oxiske zone (ilt ≥ 3 mg/l) og den anoxiske zone (nitrat > 1 mg/l og ilt < 1), hvor nitratindholdet er korrigeret på grundlag af sulfatindholdet efter metoden i Thorling (2004). Udviklingen i gennemsnitsværdierne er vist som udglattede kurver. Det estimerede dannelsesår af grundvandet er vurderet ved hjælp af CFC-dateringer af grundvandet.

Det fremgår af figur 15, at det iltede grundvand stammer fra omtrent 1945 og frem, dog ligger hovedvægten af målinger i iltet grundvand fra 1970 og frem. Målingerne i anoxisk grundvand stammer fra 1940 og frem, og hovedparten af målingerne i anoxisk grundvand er generelt ældre end målingerne i iltet grundvand. Derfor giver dataene fra anoxisk grundvand især mulighed for at forbedre datagrundlaget for tolkningen af nitratudvaskningen i den tidlige del af perioden fra 1940 til omtrent 1970.

Det er stor spredning i nitratindholdet inden for det enkelte estimerede dannelsesår af grundvandet. Figur 15 viser, at nitratindholdet i iltet grundvand og dermed også nitratudvaskningen i flere indtag i grundvandsovervågningsområder er skønnet til at ligge over 50 mg/l for grundvand dannet efter 1950.

Iltet grundvand, som er skønnet til at være dannet efter 1996, viser en lille grad af variation i nitratindholdet i forhold til de foregående år, med meget færre høje nitratkoncentrationer. Dette skyldes antagelig et tyndere datagrundlag, men muligvis også at vandmiljøhandlingsplanerne har en begyndende effekt på grundvandskvaliteten i det iltede grundvand.

Data for den anoxiske zone ligger over den oxiske zone frem til ca. 1980, hvorefter kurverne nærmer sig hinanden. Slås alle grundvandsovervågningsdata sammen fås en udglattet og jævnt stigende gennemsnitskurve frem til ca. 1985 (rød kurve figur 15), hvorefter kurven flader ud og får en faldende tendens i det iltede grundvandsnitratindhold.

Det skal pointeres, at der er en del usikkerhed i forbindelse med den anvendte metode, hvor bl.a. dannelsesåret for grundvandet skønnes. Det må også bemærkes at der er stor spredning i nitratindholdet inden for det enkelte estimerede dannelsesår af grundvandet.

Fosfat i grundvand

Datagrundlag

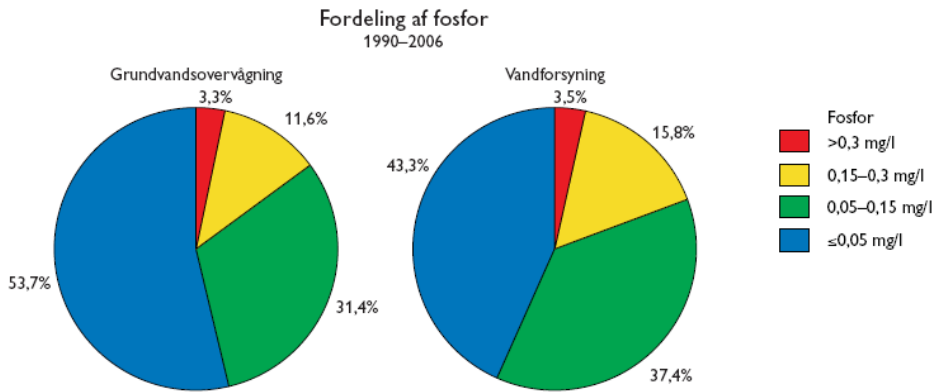
Analyser af opløst fosfat (målt som totalt opløst fosfor, P_{tot}) fra alle aktive indtag i grundvandsovervågningsområderne er blevet benyttet til bedømmelse af udviklingen i grundvandsfosfatindhold for hele perioden 1990-2006. Denne praksis betyder, at der år for år indgår et forskelligt antal indtag, dog med en betydelig fællesmængde over årene. For hvert indtag er der beregnet en gennemsnitsværdi for hvert år, hvilket dog har fået mindre og mindre betydning, da de fleste indtag kun analyseres én gang om året. Prøveantal og antal indtag (filtre) for denne periode er vist i tabel 2.

Datakilde	Antal prøver 1990-2006	Antal indtag
GRUMO	24.754	1377
LOOP	1578	157
Indvindingsboringer	24.199	6689
Andre boringer	20.592	6879

Tabel 2 Oversigt over indberettede fosfat analyser (målt som P_{tot}), i perioden 1990-2006. Andre boringer er boringer fra vandværker og grundvandskortlægningen, der ikke anvendes til vandforsyning - Boringer fra overvågning af forurenede grunde indgår ikke.

Fordelingen af opløst fosfat i perioden 1990 - 2006

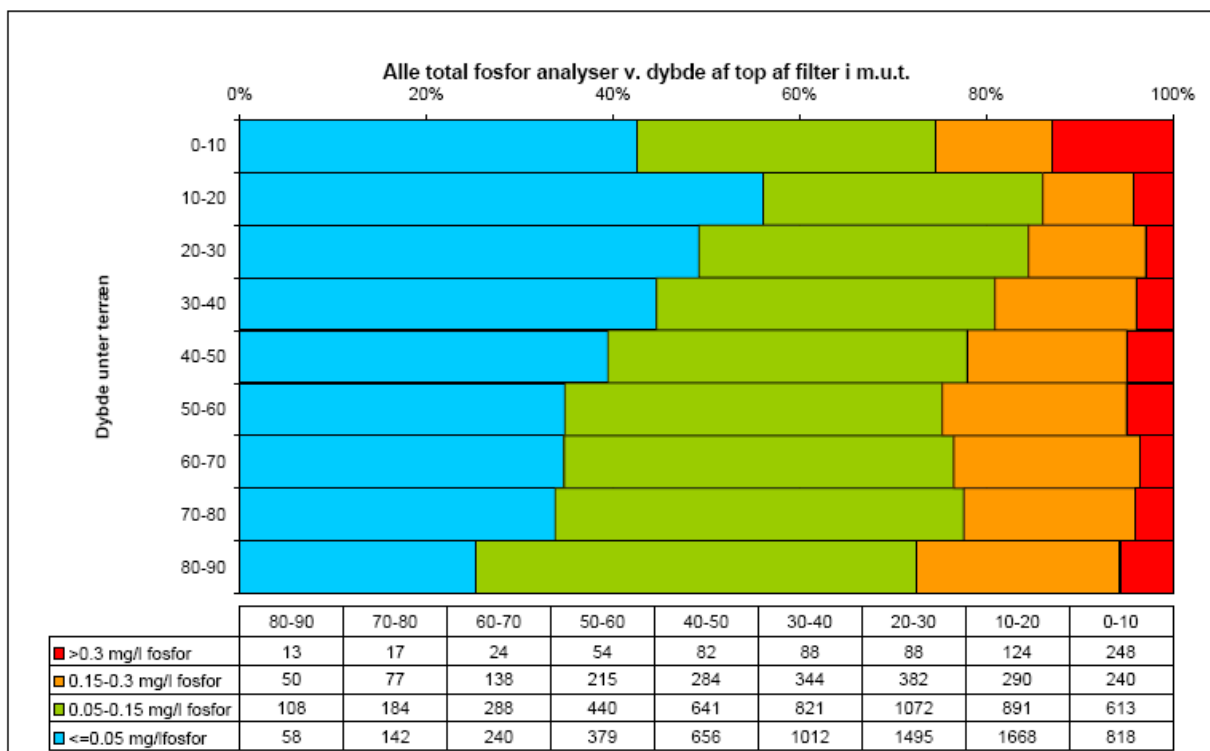
Koncentrationsfordelingen af fosforindholdet i grundvandet målt i GRUMO og i vandværkernes indvindingsboringer i perioden 1990-2006 er vist nedenfor i figur 16. Vandværksboringer, der også anvendes som overvågningsboringer er vist under "vandforsyning", således data fra GRUMO udelukkende stammer fra boringer, der kun anvendes til overvågningsformål. Som det fremgår, har ca. 15 % af overvågningsindtagene et fosforindhold over 0,15 mg/l (den højst tilladelige værdi for fosfor i drikkevand - Mst 2006), mens det for vandforsyningsboringerne er knap 20 %. Fordeling af fosforkoncentrationerne er som det ses noget forskellig fra grundvandsovervågning til boringskontrol, idet fosfatindholdet generelt er lavere i overvågningsboringerne. Dette skyldes formentlig, at der er en mindre andel af nitratfrit reduceret grundvand med høje fosfatindhold i overvågningsområderne i forhold til andelen hos Vandforsyningerne.



Figur 16. Fordeling af det gennemsnitlige fosfatindhold i mg-P/l for indtag i grundvandsovervågningen og i boringskontrolanalyserne i vandværkernes indvindingsboringer. Der er anvendt gennemsnitsværdier for fosfat per indtag for perioden 1990-2006.

Dybdemæssig fordeling af fosfat

Grundvands indhold af fosfat i GRUMO, indvindingsboringer og andre boringer opdelt i fire grupper ($\leq 0,05$; 0,05-0,15; 0,15-0,3 og $> 0,3$ mg/l) og plottet mod toppen af indtaget (m.u.t.), som vist i figur 17. Andelen af indtag med over 0,15 mg-P/l stiger med dybden, mens gruppen med de meget høje fosfatindhold ikke ændrer sig mærkbart fra 10 m.u.t.



Figur 17. Fordeling af fosfatindholdet i mg-P/l efter indtagsdybde under terræn for grundvandsovervågning, boringskontrol (vandværkernes indvindingsboringer) og 'Andre boringer'. Alle data for 1990-2006 er medtaget. Tabellen viser hvor mange indtag, der indgår i hvert dybdeinterval, fordelt på fosfatindhold.

Bemærk, at der i de øverste 10 m i det allerøverste grundvand er et markant højere indhold af fosfat end i nogen anden dybder, og der specielt er 13 % af indtagene, der indeholder over 0,30 mg-P/l fosfat, mens hvert fjerde indtag indeholder fosfat over grænseværdien. For GRU-MOboringer skyldes det, at en ikke uvæsentlig del af de korte borer overvåger grundvand, der strømmer op mod vandløb fra stor dybde, og derfor er stærkt reduceret med et naturligt højt fosfat indhold. Det er ikke undersøgt om dette også er tilfældet med vandværksboringer og øvrige borer. En nærmere analyse af de meget høje fosfatkoncentrationer er nødvendig, hvis det skal afklares om de høje fosfatindhold knytter sig til gammelt vand, eller er udtryk for udvaskning til det øverste grundvand fra rodzonen. Data fra LOOP er ikke medtaget, da disse prøver ikke bliver filtreret før analyse.

Opløst fosfat i grundvandets forskellige redoxzoner

Datagrundlag

Analyser af opløst fosfat, målt som total fosfor, i grundvandsovervågningsområdernes indtag fra 1990 til 2006, begge år inkl. Data fra 2004 er ikke vist på figurerne, da antallet af målinger dette år var meget lavt.

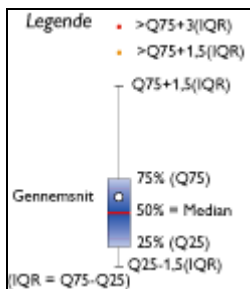
Tilstand, udvikling og årsager

Udviklingen og fordelingen af fosfat målt som total fosfor (P_{tot}) i 3 redoxzoner for data fra grundvandsovervågningen er vist i figur 18. Der kan ikke iagttages nogen klare udviklingstendenser.

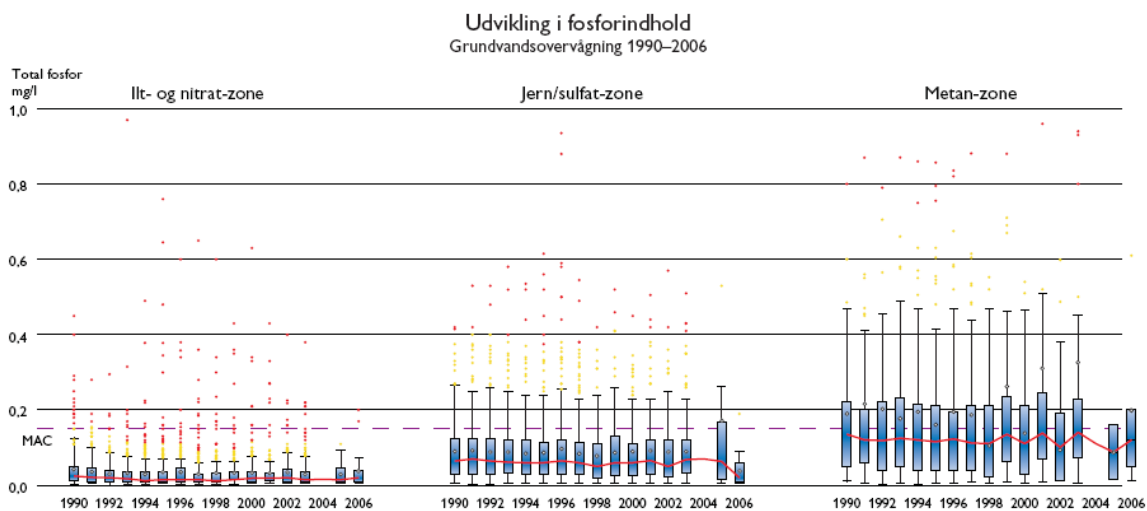
For både ilt- og nitrat-zonerne ligger indholdet af opløst fosfat lavt og på samme niveau. De to zoner er derfor slået sammen. Hovedparten af indtagene har et indhold, der ligger væsentligt under grænseværdien for drikkevand. Under nitratholdige redoxforhold bliver fosfat bundet til især jernforbindelser på sedimentoverfladerne og er derfor ikke særlig mobilt under disse forhold. Der ses ingen ændring i indholdet gennem perioden. Antallet af analyserede indtag svinger meget. I det nitratholdige grundvand er der op til 250 analyser pr. år. I 2004 var der kun 6 fosfat analyser, og data fra 2004 er derfor ikke vist på figuren, da de ikke er repræsentative. Selv om der er mange enkeltfund over grænseværdien for fosfat i drikkevand, er der blot 1,7 % af filtrene med nitratholdigt vand, der i hele overvågningsperioden har haft et fosfatindhold over grænseværdien. Dette skyldes, at der for fosfatanalyser hyppigt ses outliers med langt højere niveauer end normalt i et givet indtag.

For jern og sulfat-zone ligger fosfatindholdet højere, men mere end 75 % af indtagene ligger dog under grænseværdien for drikkevand. Gennemsnittet svinger omkring 0,1 mg-P/l. Antallet af analyserede indtag svinger også her meget med op til 333 analyser pr. år. I 2004 blev kun 9 filtre analyseret, hvilket ikke er et repræsentativt datagrundlag.

Grundvandet i metan-zonen har ofte et højt indhold af opløst fosfat, med et gennemsnit over grænseværdien for drikkevand. I metan-zonen svinger antallet af analyserede indtag meget, der er mellem 32 og 101 analyser pr. år. I 2004 var der ingen analyser fra denne redoxzone. Den højst målte værdi for opløst fosfat er 1,125 mg-P/l.



**Mangelfuldt datagrundlag for 2006
se forklaring i indledning**

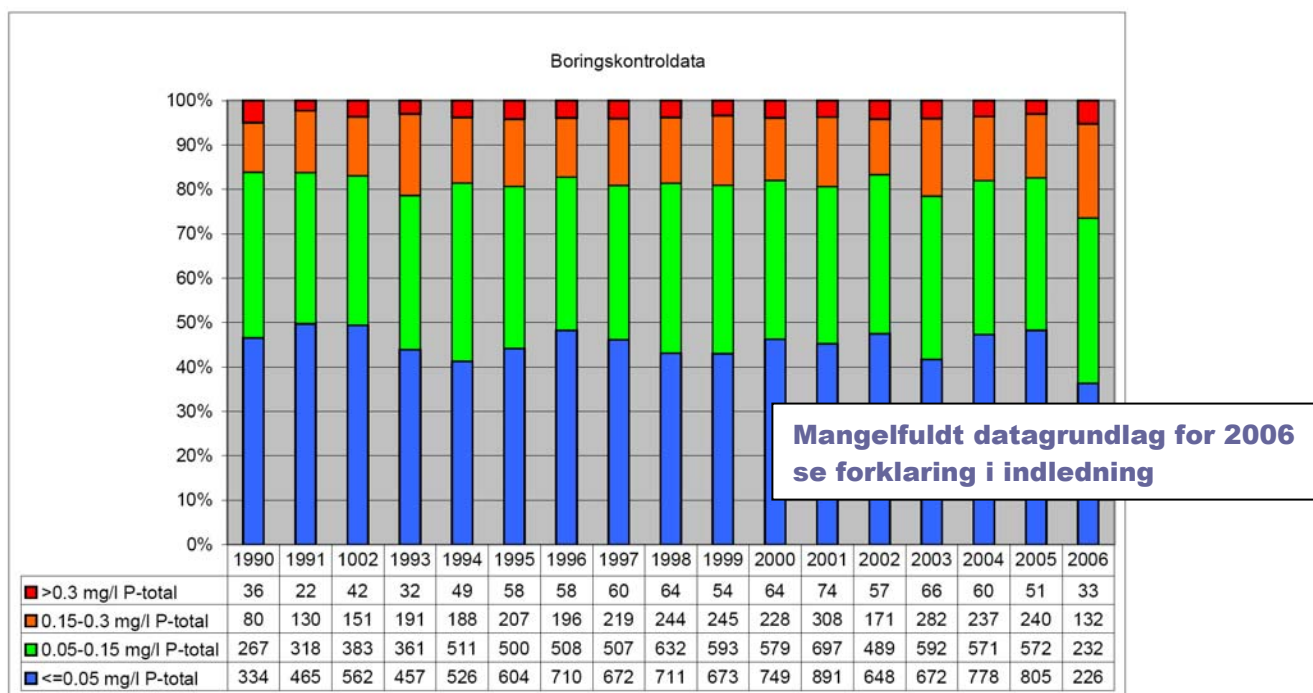


Figur 18. Udviklingen i grundvandets indhold af opløst fosfat målt som total fosfor i mg-P/l for perioden 1990-2006 for 3 redoxzoner. Ilt- og nitrat-zonerne er slået sammen, idet de viser samme fordeling af fosfat. Data fra grundvandsovervågningen; data er ikke vist for 2004 på grund af en meget lille analyseindsats. Data fra 2006 er mangelfulde, da ikke alle producerede data var tilgængelige for rapportering.

Fosfat i vandværkernes indvindingsboringer

Datagrundlag

Analyser af opløst fosfat i boringskontrollen på vandværkernes fra perioden fra 1990 til 2006, begge år inkl. er anvendt. Indikatoren beskriver udviklingen i indhold af opløst fosfat i det grundvand, der indvindes til drikkevandsformål. Desuden vises den geografiske fordeling af opløst fosfat i vandværkernes indvindingsboringer.



Figur 19. Antal indtag og fordelingen af opløst fosfat (målt som total fosfor) i vandværkernes indvindingsboringer fordelt på 4 koncentrationsniveauer for perioden 1990-2006. Grænseværdien for drikkevand er 0,15 mg-P/l. Almindelig vandbehandling vil normalt sikre at grænseværdien kan overholdes i drikkevandet. Data fra 2006 er mangelfulde da ikke alle producerede data er tilgængelige for rapporteringen.

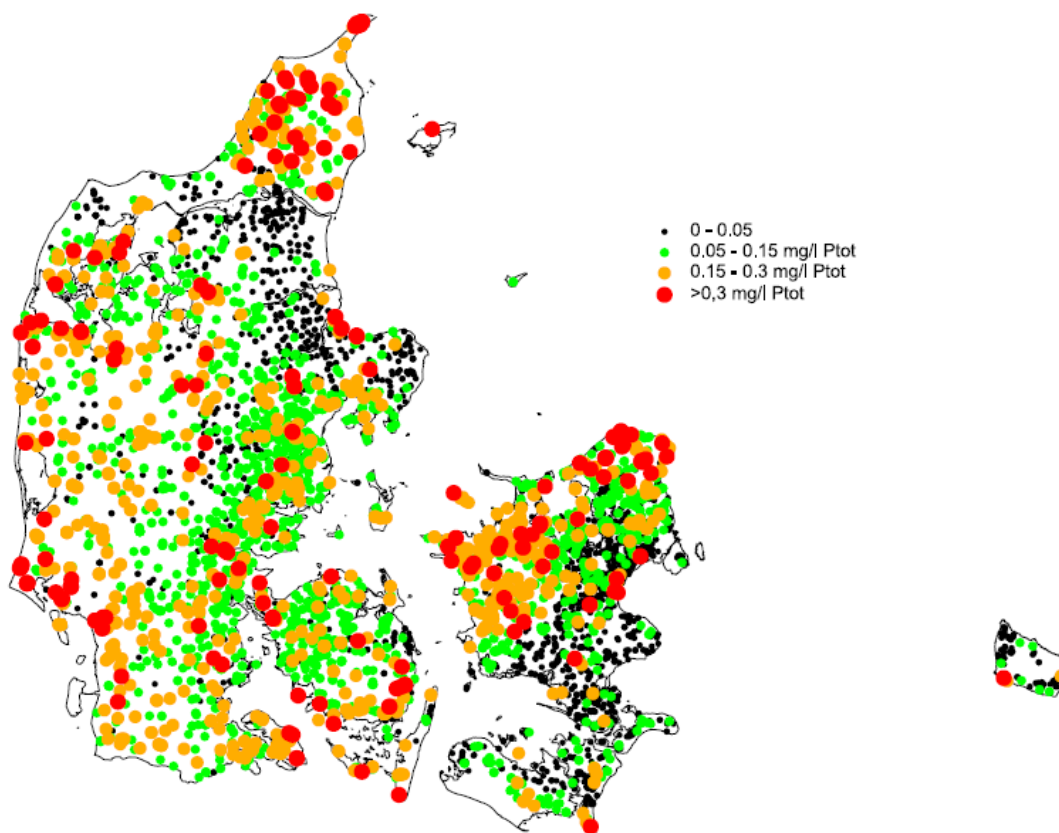
Tilstand, udvikling og årsager

Omkring halvdelen af analyserne fra vandværkernes boringskontrol, 40-50 %, har et meget lavt indhold af fosfat – idet indholdet af opløst fosfat ligger under 0,05 mg-P/l, se figur 19. Ca. hver 5. indvindingsboring har et fosfatindhold over grænseværdien for drikkevand (0,15 mg-P/l). Denne andel har ikke ændret sig siden Vandmiljøplanens start. Variationer i fordelingen fra år til år skyldes især, at ikke alle indvindingsboringer analyseres hvert år.

Regional fordeling

Fosfatindholdet i vandværksboringerne er visse steder i landet relativt højt og for ca. 20 % (ca. 1.400 boringer) af de indberettede indtag er indholdet af opløst fosfat mere end 0,15 mg-P/l. De højeste fosforindhold (over 0,3 mg-P/l) kan ofte henføres til boringer, hvor vandet har været i kontakt med lerede marine aflejringer, som f.eks. i Nordjylland, Sønderjylland, Als, Ærø og Langeland m.m., se figur 20. I områder, hvor kalkaflejringer underlejrer de kvartære lag, som i store dele af Sjælland samt på Lolland, Falster, Møn, Djursland, Himmerland og Hanherred, findes kun få boringer med over 0,15 mg-P/l. I disse områder, hvor vandet strømmer gennem kalkbjergarter kan fosfat reagere med calcium og udfælde som tungtopløseligt apatit. Hvor der

forekommer fosfat i terrænnært grundvand kan årsagen være en forurening med fosfat fra overfladen, eller at der er opadrettet grundvandsstrømning mod vandløb med reducerede vandtyper med et naturligt højt fosfatindhold.



Figur 20. Opløst fosfat i mg-P/l i vandværksboringer. Seneste analyse pr. 1.1.2007.

Udviklingen i fosfat i Landovervågningsområderne

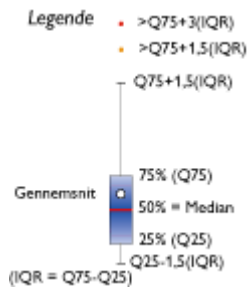
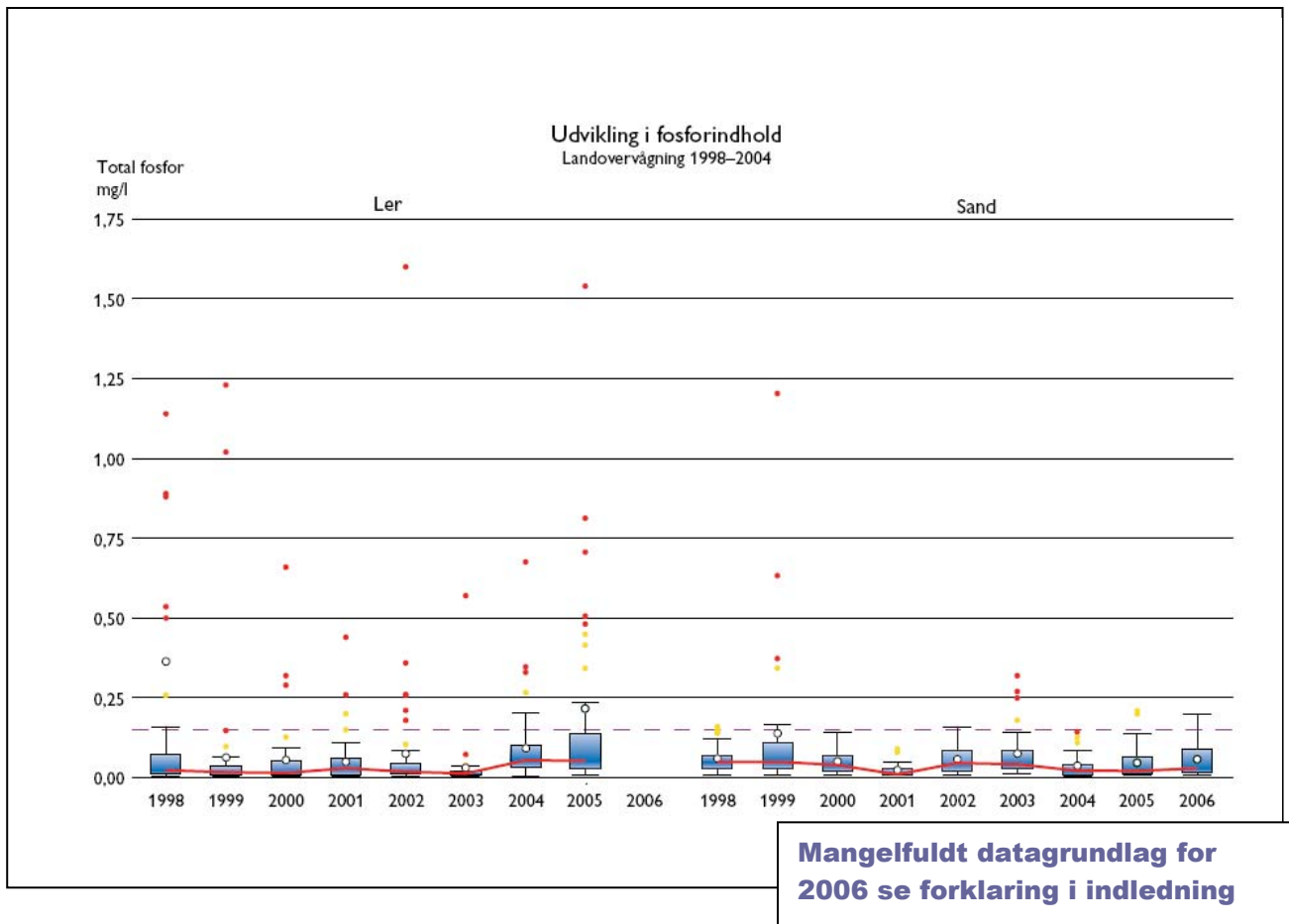
Datagrundlag

Indikatoren er baseret på analyser af opløst fosfat fra landovervågningsområdernes grundvandsindtag fra 1998 - 2006, da der først foreligger kontinuerlige analyser fra 1998.

Data er opdelt i to grupper – lerområder og sandområder. Da der ikke foreligger analyser af iltindholdet er det ikke muligt at opdele analyserne på redoxzoner. Fosfat i grundvandet kan være et problem i forbindelse med udstrømning til overfladevand eller direkte til havet, hvor det kan stimulere algevækst og forårsage eutrofiering.

Tilstand, udvikling og årsager

Fordeling af fosfat er ret ensartet i områderne med lerjord og sandjord, se figur 21. Over 75 % af analyserne ligger under grænseværdien for drikkevand på 0,15 mg-P/l (Mst. 2006). I lerområderne optræder der dog flere ekstremværdier, som kunne tyde på, at der i perioder kan forekomme nedvaskning af fosfat fra overfladen. Da prøverne i LOOP i modsætning til vandprøverne fra grundvandsovervågningsprogrammet ikke er filtrerede, kan suspenderet materiale i vandprøverne give et fejlagtigt fosfatbidrag til analyseresultatet, idet fosfat, der sidder bundet på partikulært stof, indgår i analyseresultatet.



Figur 21. Udviklingen i de yngste grundvands(i LOOP) indhold af total fosfat i mg-P/l for perioden 1998-2006 opdelt på ler og sandområder Data fra 2006 fra lerjordsområderne har ikke været tilgængelige for rapportering, og er derfor ikke vist på figuren.

Tidsmæssige variationer i redoxzonernes dybde og tykkelse

Datagrundlag

Analysedata for den begrænsende "redoxpakke" (nitrat, nitrit, klorid, sulfat, kalium, jern, mangan, ilt, pH, ledn. og redoxpotentiale) fra 4 redoxboringer beliggende i Århus, Ribe, Nordjyllands og Storstrøms amter fra perioden 1999-2006. Der er i 2005 etableret yderligere to redoxboringer i hhv. Vestsjællands og Frederiksborg amter. Disse indgår ikke i dette års rapportering, da der kun er meget korte tidsserier til rådighed.

Relevans

Grundvandets nitratreducerende zones egenskaber er afgørende vigtig 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 indtrængningsdyben 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 nitratindehold. Magasinernes redoxkapacitet og ikke mindst omsætningshastigheden af nitrat er af stor betydning for drikkevandsforsyningen. I områder med lav reaktionshastighed eller lav reduktionskapacitet ses hyppigt nitratgennembrud eller stigende nitratindehold i vandforsyningsboringer.

Målsætning

Forbedret beskrivelse af redoxzonernes vertikale udbredelse og en dybere forståelse af årsager til tidsmæssige ændringer heri.

Databehandling:

Følgende grænser for zonerne er benyttet i figurerne:

Iltholdigt grundvand: $O_2 > 1 \text{ mg/l}$, (vandtype A)

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)

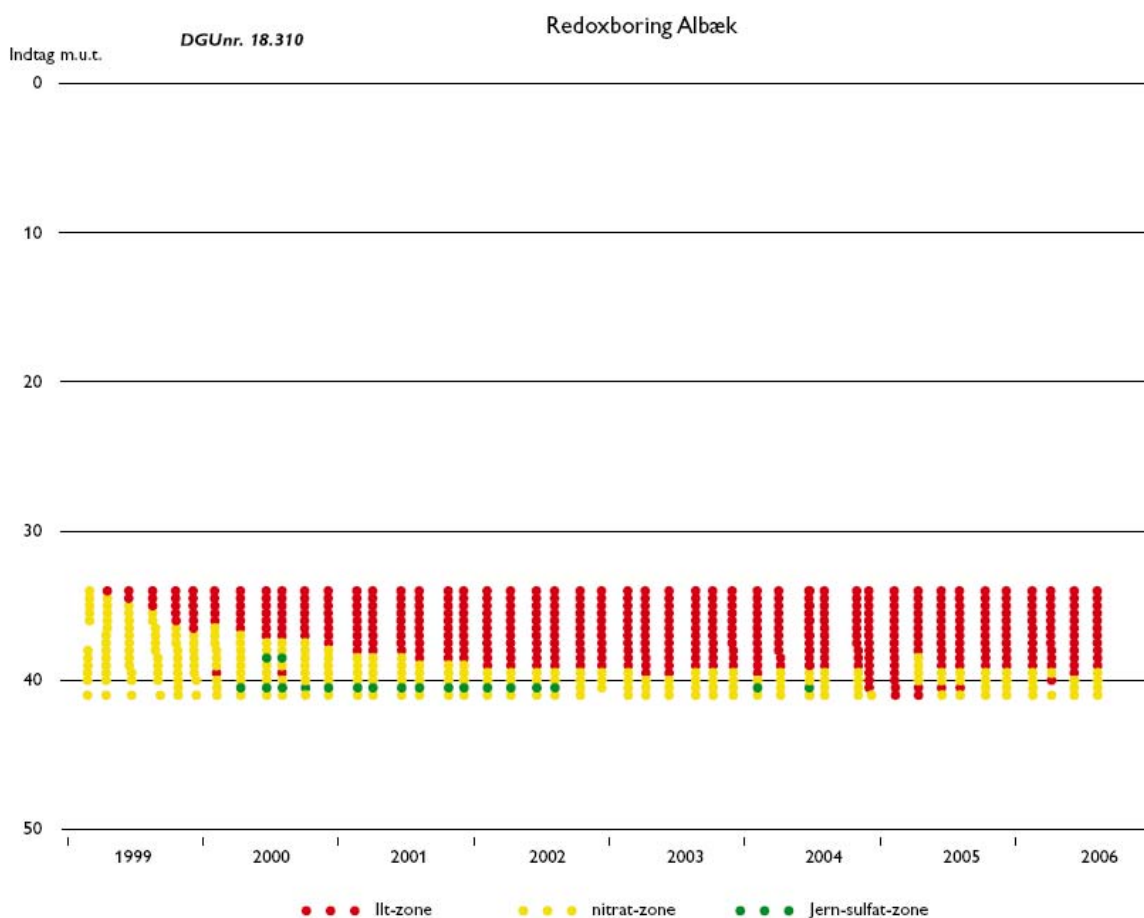
Stærkt reduceret grundvand: $NO_3 \leq 1 \text{ mg/l}$, $O_2 \leq 1 \text{ mg/l}$ og $SO_4 < 20 \text{ mg/l}$. (vandtype D)

For prøver, hvor 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.

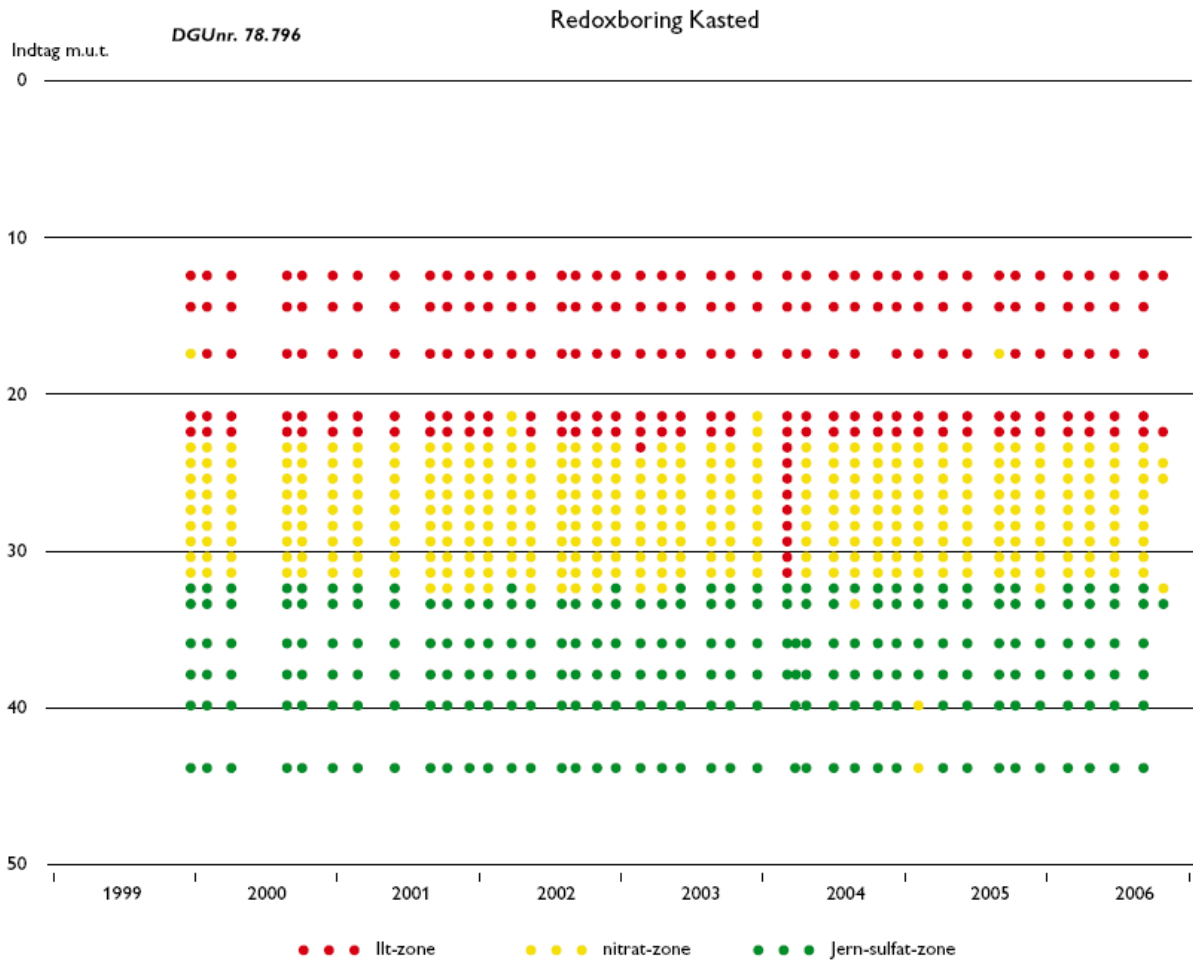
Tilstand, udvikling og årsager Albæk v Sæby - DGU nr. 18.310.

Data fra redoxboringen ved Albæk viser (figur 22), at der er nitratholdigt grundvand i hele det overvågede interval indenfor dybden 34 m til 41 m. Der er nitrat ca. 30 m. under grundvandspejlet. Herunder findes et lille lerlag. Nitratindeholdet har de senere år ligget konstant omkring ca. 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 filter i 40,5 m.u.t. Grænsen mellem det iltholdige grundvand 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. Siden har grænsen

svinget ca. 1 m op og ned. Der kan være tale om en indsvingningseffekt. Fund af ilt i hele lagserien i 2005 er formentlig en analysefejl. Nitratindholdet i den øverste del af nitrat-zonen er stigende gennem perioden juni 2000 til august 2002. De ændringer, der er konstateret kan være forårsaget af indvinding fra det nærmeste vandværk, Præstbro vandværk. Vandværket har flere borer nedstrøms for redoxboringen i forskellig afstand. Den samlede årlige indvinding på ca. 72.500 m³ er ikke ændret væsentligt siden 1999. Redoxboringen har ingen filtre i den reducerede del af grundvandet, og kan således ikke overvåge om nitratfronten bevæger sig yderligere nedad. Der er dog forsat mulighed for at vurdere evt. ændringer i indtrængningsdybden for ilt.



Figur 22. Redoxzoner 33-43 m.u.t for redoxboring DGU 18.310, Albæk, v Sæby i Miljøcenter Ålborg 2000-2006. Grundvandsspejl i ca. 10 mut.

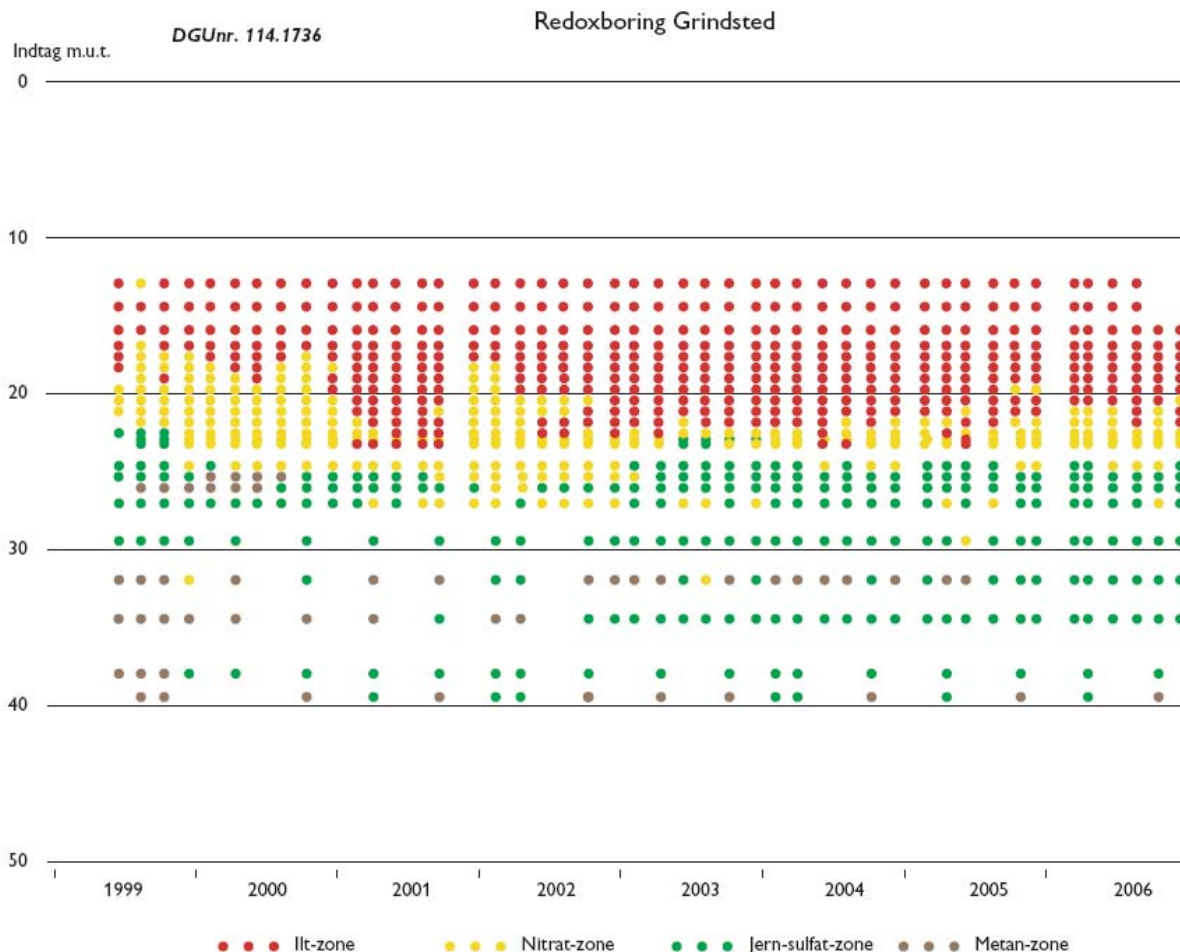


Figur 23. Redoxzoner 13 - 44 m.u.t i redoxboring DGU 78.796, Kasted i Miljøcenter Århus 2000-2006. Grundvandspejl i ca. 8 mut.

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

Data fra redoxboringen ved Kasted viser (figur 23), at redoxzonerne har ligger 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. Den iltfrie nitratholdige zone har en bemærkelsesværdig stor mægtighed på knap 10 meter. Vandkvaliteten i de to øverste filtre 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- og våddepositionen er væsentlig større i et skovbryn end i de centrale dele af skoven og på markerne, idet skovbrunet filtrerer klorid og andre salte ud af vinden hvilket resulterer i højere koncentrationer i grundvandet. Fund af omkring 1,5 mg/l ilt i foråret 2004 til stor dybde er formentlig en målefejl. 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 Kommunale Værker er ved at etablere en større kildeplads tæt på denne boring, og det kan forventes, at dette vil få indflydelse på den fremtidige udvikling i vandkvaliteten.

Redoxboring Grindsted



Figur 24. Redoxzoner 23-40 m.u.t for redoxboring DGU 114.1736, Grindsted i Miljøcenter Ribe 2000-2006. Grundvandspejl i ca. 6 mut.

Tilstand, udvikling og årsager Grindsted DGU nr. 114.1736

Redoxzonerne i denne boring ved Grindsted har varieret ganske betragteligt i hele overvågningsperioden. Ilt-zonens beliggenhed, se figur 24, følger overordnet set et forløb der kunne minde om boringen ved Albæk, med en indsvingningsperiode, hvor iltten 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 filtrene 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 til nu blot ca. 3 m. Variationer i vinternedbøren kan evt. forklare fluktuationerne i zonens beliggenhed. Indvinding fra vandværksboring DGU nr. 114.1326, som ligger i umiddelbar nærhed af redoxboringen, kunne muligvis også forårsage ændringer af zonens beliggenhed. Boringen indvinder dog fra væsentlig større dybde end redoxboringen. Indvin-

dingsboringen kan evt. have indflydelse på det markant svingende sulfatindhold i det nederste filter, der giver anledning til, at redoxzonen svinger mellem det svagt og det stærkt reducerede.

Redoxboring Sibirien, Falster



Figur 25. Redoxzoner 10-46 m.u.t for redoxboring DGU nr. 238.900, Sibirien, på Falster, Miljøcenter Nykøbing Falster 2000-2006. Grundvandsspejl i ca. 8-9 mut.

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

Det ses af figur 25, at der er nitrat ned til ca. 25 m.u.t, ved Sibirien på Falster. Det iltholdige vand er ikke truffet dybere en 18 m.u.t og der er generelt tale om at grundvandet har et meget lavt indhold af ilt på 1-2 mg/l. Det er naturligt, at når man vælger, at definere en grænse på 1 mg/l, for om grundvandet er iltholdigt eller iltfrit, så vil redoxtilstanden hyppigt svinge mellem de to tilstande. Der er tale om et grundvandsmagasin, hvor hele den nitratholdige del i overvejende grad kan betragtes som anoxisk nitratreducerende. Nitrit og mangan optræder således sammen med nitrat i alle dybder. Der er tale om et magasin med en stor mægtighed for den anoxiske zone.

Sammenfatning for de 4 redoxboringer

Der er i måleperioden observeret variationer i såvel dybden til ilt/nitratfronten som af nitratindholdet i grundvandet i de enkelte filtre. De største variationer de første 2-3 år 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 vinternedbøren, oppumpning fra nærliggende indvindingsboringer eller analyseusikkerhed. Nitratfrontens beliggenhed under terræn har ikke varieret væsentligt i undersøgelsesperioden. Denne periode er på blot ca. 7 år, hvilket i forhold til de forventede langtidsvariationer er en kort periode, og der ses endnu ikke noget entydigt bevægelsesmønster for fronten.

Referencer, hovedbestanddele

Bktg. nr. 871 af 21. september 2001 om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Miljø- og Energiministeriet 2001

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.

EU, 2006. EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelse.

MST, 2006. BEK nr. 1664 af 14/12/2006. Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen.

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

5 Uorganiske sporstoffer

Indledning

Uorganiske sporstoffer forekommer naturligt i relativt små mængder i grundvandet, typisk i størrelsesordenen mikrogram pr. liter. De overvåges regelmæssigt i permanente målepunkter (indtag) i grundvandsovervågningsprogrammet. Flere af disse stoffer måles også af vandværkerne i deres vandforsyningsboringer som en del af egenkontrollen, men mere usystematisk. Endelig overvåges et mindre antal uorganiske sporstoffer i permanente målepunkter i landovervågningsprogrammets grundvandsdel. I 2007 rapporteres kun data fra vandværkernes egenkontrol. Overvågningsprogrammets analyser af uorganiske sporstoffer rapporteres først i 2008. Dog indgår der for arsen analyser fra alle typer boringer i dette års rapportering.

Stofgruppen uorganiske sporstoffer omfatter grundstoffer af vidt forskellig karakter, bl.a. tungmetaller, men også andre grundstoffer som f.eks. arsen. Inden for gruppen medtages også cyanid, der består af kulstof og kvælstof, som dannes ved forbrænding ved høje temperaturer, typisk i f.eks. traditionelle gasværker. 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.

Relevans

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

- de toksiske, der har sundheds- og miljømæssigt skadelige effekter (humantoksiske og økotoksiske) selv ved små koncentrationer
- de såkaldt essentielle, der omfatter stoffer som er nødvendige for den menneskelige organisme i små mængder, men som er sundhedsskadelige og økotoksiske i større koncentrationer
- en tredje gruppe af stoffer, som normalt ikke optræder i så høje koncentrationer, at de udgør et problem, men hvis baggrundskoncentrationer har relevans, og som i den rette mængde og form kan have både humantoksikologiske og 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 nødvendigt indtagelse og giftvirkning relativt lille.

Grundvandets kemiske sammensætning benævnes ofte grundvandskvaliteten, fordi grundvandets indholdsstoffer har en afgørende indflydelse på anvendelsen af vandet f.eks. til drikkevandsforsyning. For drikkevand, er der fastsat grænseværdier bl.a. for indholdet af uorganiske sporstoffer. Med baggrund i vandforsyningsstrukturen er grænseværdierne opdelt i én kravværdi ved indgang til ejendom og en anden (højere) værdi ved forbrugers taphane (Miljøministeriet 2006). For de uorganiske sporstoffer anvendes grænseværdien ved indgang til ejendom. De forskellige grænseværdier er sammenstillet i tabel 3.

Grundvandskvaliteten har derudover indflydelse på flora og fauna i vandløbene, især i sommerhalvåret, hvor grundvandsbidraget til vandløbet kan dominere. Grundvand dannet forholdsvis nær et vandløb, bevæger sig relativt tæt under jordoverfladen og kommer frem i vandløbet nær bredden, mens grundvand dannet langt fra vandløbet bevæger sig i dybere strømningsbaner og kommer frem i vandløbet gennem dets bund. Grundvandets indhold af

uorganiske sporstoffer, som bl.a. er bestemt af strømningsbanernes dybde og dermed af kontaktbjergarter og redoxzoner, er medbestemmende for hvilke flora og fauna, der kan leve i vandløbet. Terrænnært strømmende grundvand kan være præget af sporstoffer, som er tilført fra overfladen afhængigt af arealanvendelsen, mens dybere strømmende grundvand er præget af andre sporstoffer. Med det formål at sikre en maksimal biodiversitet er der for et antal stoffer fastsat økotoxikologiske betingede kvalitetskriterier som et mål for det maksimale indhold af stoffet, der kan tolereres af vandløbets flora og fauna (Miljøstyrelsen 1994; Miljø- og Energiministeriet 1996).

Endelig er der i forbindelse med oprydning af forurenede lokaliteter fastsat kvalitetskriterier for grundvand for en række uorganiske sporstoffer (Miljøstyrelsen, 1998). Kvalitetskriterier for grundvand er fastsat således, at grænseværdierne for drikkevand (Miljøministeriet 2006) kan forventes at være opfyldt, når vandet tappes hos forbrugeren. Se tabel 3

Uorganiske sporstoffer	Grundvandskvalitetskriterier /MST 1998/ µg/l	Grænseværdi for drikkevand ¹⁾ /MIM 2006/ µg/l	Kvalitetskrav for ferskvand /MIM 2006/ µg/l	Økotoxikologisk grænseværdi /MST 1994/ µg/l
Aluminium	-	100	-	2,6 ³⁾
Antimon	-	2	-	-
Arsen	8	5	4	4
Barium	-	700	-	-
Bly	1	5	3,2 ²⁾	-
Bor	300	1.000 / 300 ⁴⁾	-	-
Cadmium	0,5	2	5	1
krom, total	25	20	10 ²⁾	-
krom VI	1	-	-	-
Cyanid, total	50	50	-	-
Cyanid, syreopl	-	20	1-	-
Kobber	100	100	2 ²⁾	-
Kviksølv	-	1 / 0,1 ⁴⁾	1	1
Molybdæn	20	-	-	-
Nikkel	10	20	160 ²⁾	-
Zink	100	100	110 ²⁾	-
Selen	-	10	-	-
Sølv	-	10	-	-
Tin	-	10	-	-

1) Ved indgang til ejendom

2) Forslag til kvalitetskrav hvor datagrundlaget ikke er endeligt kvalitetsvurderet

3) Hultberg, H., 1988.

4) Krav / Anbefaling

Tabel 3. Grundvandskvalitetskriterier og grænseværdier for uorganiske sporstoffer.

Selv om grundvandets kemiske sammensætning kan ændres henholdsvis ved vandbehandlingen på vandværket (Miljøstyrelsen 1999) og under transporten og opholdet i vandrørene eller ved grundvandets passage gennem vandløbets bundsedynter, er det formålstjenligt at relatere grundvandets indhold af uorganiske sporstoffer til disse ovennævnte kriterier. Der er endnu ikke fastsat danske tærskelværdier i henhold til grundvandsdirektivet (EU 2006).

Vandværkernes egenkontrol af sporstoffer

Udover analyserne i de 84 vandindvindingsboringer, der indgår i grundvandsovervågningen, er der med indberetningerne frem til og med året 2006 i alt indkommet analyseresultater for uorganiske sporstoffer fra 6352 boringer, der er underlagt tilsyn jf. Bekendtgørelse nr. 1664 (Miljøministeriet 2006). Ifølge bekendtgørelsen er det obligatorisk at udføre boringskontrol for arsen, nikkel, aluminium (ved pH < 6), barium og bor. Hyppigheden afhænger af den årligt distribuerede eller producerede vandmængde. Der er ikke obligatoriske krav om kontrol af boringerne til vandforsyningsanlæg, som indvinder under 3.000 m³/år. Ved indvindinger over 3.000 m³/år gennemføres analyserne i en turnus på 3 til 5 år.

Der er fundet uorganiske sporstoffer i 5.701 boringer. Procentuelt udgør boringer med fund ca. 90 % af de undersøgte boringer. I de øvrige boringer er analyseresultaterne alle under detektionsgrænsen. Den høje samlede fundprocent hænger til dels sammen med at de uorganiske sporstoffer er naturligt forekommende kombineret med at analyselaboratorierne gennem de senere år har sænket detektionsgrænserne på analyserne. Af bilag "Vandværkernes egenkontrol" fremgår hovedtal for de uorganiske sporstoffer, som er indberettet til den fællesoffentlige database Jupiter.

Det skal fremhæves, at boringskontrol i modsætning til grundvandsovervågningen, der gennemføres i et fast net af boringer, over tid vil blive udført i et skiftende antal boringer, idet vandforsyningsboringer af forskellige årsager, så som tekniske problemer, forureninger m.v., udgår af vandindvindingen, der som konsekvens flyttes til andre nyere, uforurenede boringer. Der er fundet overskridelser af grænseværdien for drikkevand (Miljøministeriet 2006) i 1062 boringer. Procentuelt udgør overskridelserne godt 17 % af de undersøgte boringer. Langt det største antal overskridelser vedrører arsen og nikkel.

Nikkel

Nikkelbelastningen hidrører primært fra iltning af sulfidminerale (f.eks. bravoit og pyrit) enten i forbindelse med sænkning af grundvandsspejlet i vandindvindingsoplandene eller ved udskiftning af luften i den umættede zone under tætte lerlag via åbne boringer, den såkaldte barometerånding (Jensen et al., 2002). En eventuel senere retablering af grundvandsspejlet kan yderligere øge frigivelsen af nikkel til grundvandet i en periode. Sulfidoxidation kan også forekomme med nitrat som oxidationsmiddel. Af disse grunde ses der mange steder omkring Storkøbenhavn forhøjede koncentrationer af nikkel i grundvandet, sammenlignet med den naturlige baggrund i området, se figur 25.

Datagrundlag

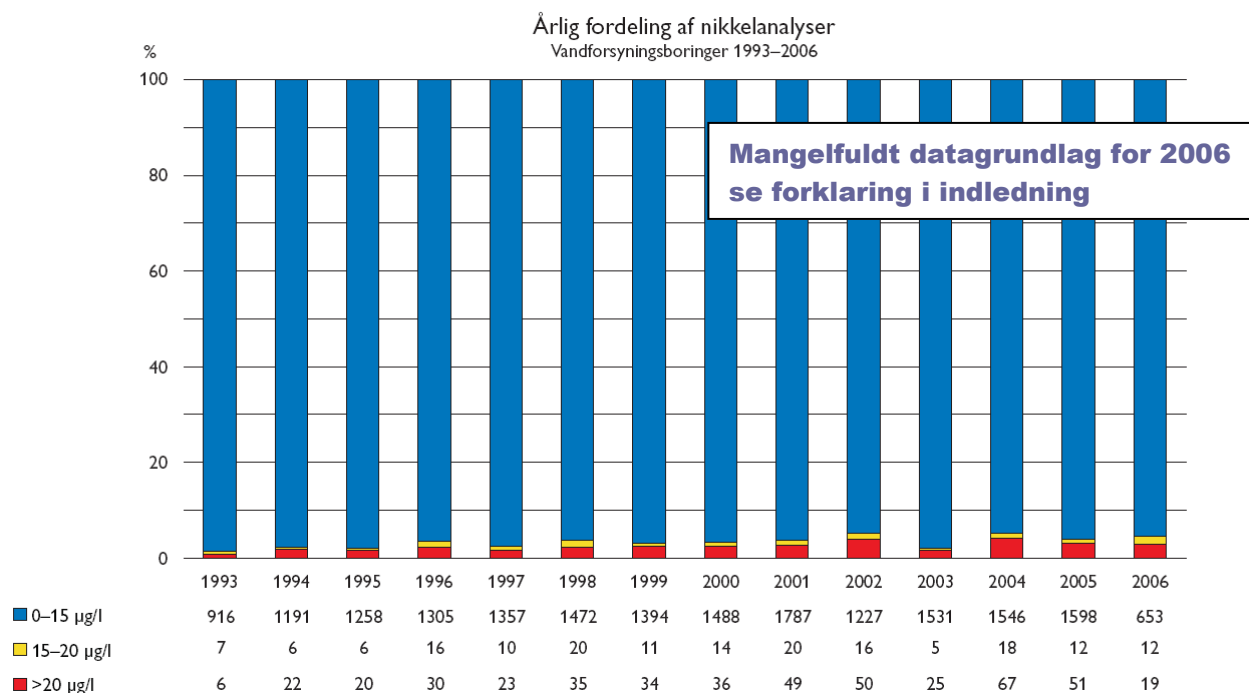
Indikatoren figur 26, er baseret på nikkelanalyser af grundvandet fra indvindingsboringer fra offentlige og private vandværker samt fællesforsyninger med 1 til 9 husstande for perioden 1994 til 2006. Indikatoren beskriver den tidlige udvikling.

Relevans

Nikkel antages at være et essentielt grundstof for mennesker uden at dets præcise funktion kendes. Sandsynligvis behøves nikkel kun i meget lave koncentrationer og virker toksisk i høje koncentrationer. Nikkel er genstand for aktuel interesse specielt på grund af et stadigt stigende omfang af nikkelallergi (Miljøstyrelsen 1996).

Målsætning

Der er fastsat et midlertidig Vandkvalitetskrav i drikkevand på maksimum 20 µg/l (Miljøstyrelsen 2006) og et grundvandskvalitetskriterium på 10 µg/l (Miljøstyrelsen 1998). Nikkel kan til en vis grad udfældes i vandværkernes traditionelle sandfiltre og tilbageholdes i okkerslammet, men i henhold til EU's Vandrammedirektiv må grundvandets indhold ikke øges således at videregående vandbehandling bliver nødvendig (EU 2000).



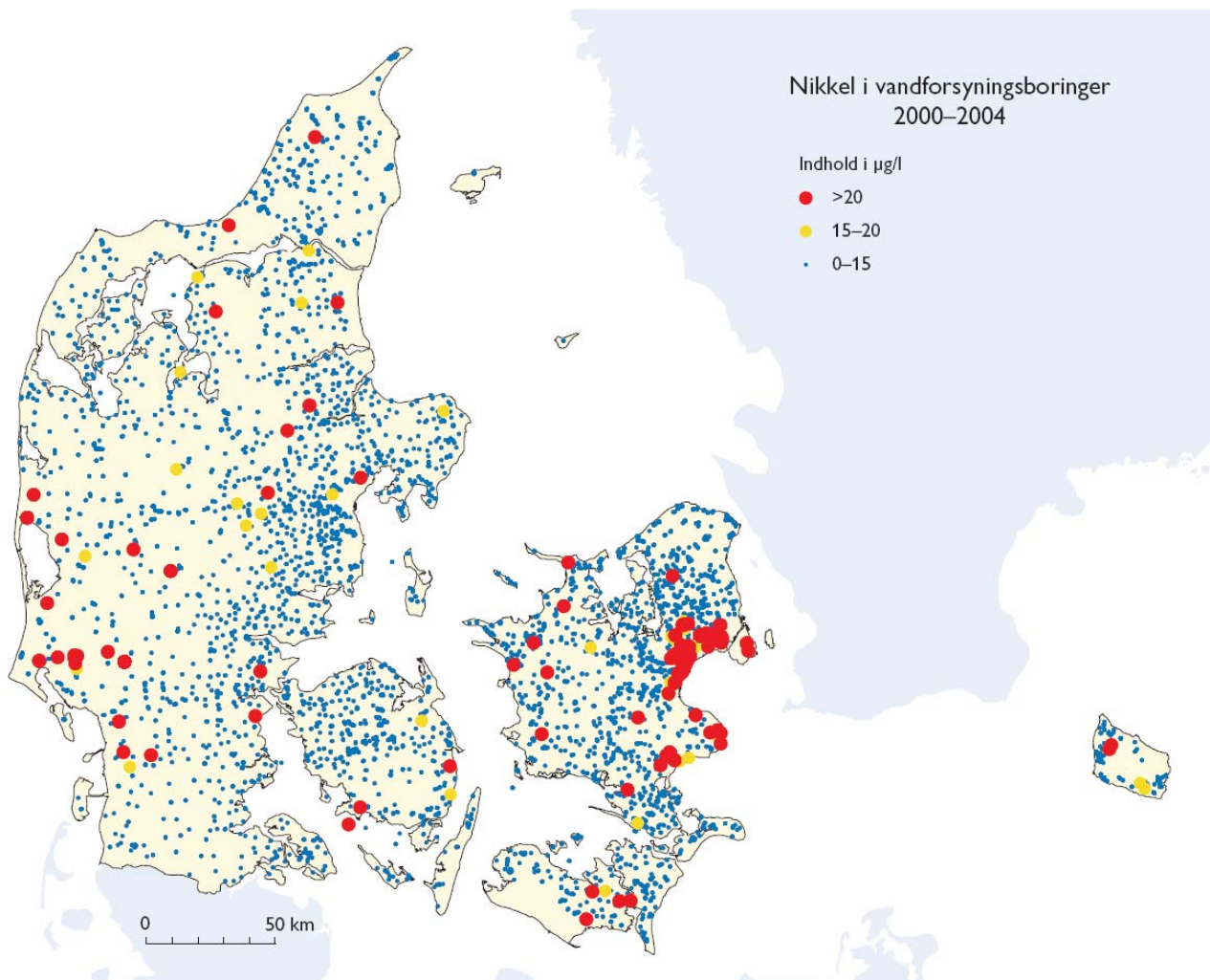
Figur 26 Fordelingen af nikkelindholdet i indvindingsboringer 1993-2006 fra vandværkernes egenkontrol af råvandet.

Tilstand, udvikling og årsager

Nikkel findes naturligt i grundvandet. Gennemsnitskoncentrationen i overvågningsprogrammets naturområder er 2,5 µg/l og medianværdien er 0,4 µg/l.

I perioden fra 1993 til 2006 er der analyseret for nikkel i 6.342 vandværksboringer og der er fundet nikkel i 4.986 af disse. Der er fundet overskridelser af grænseværdien mindst en gang i 192 indtag svarende til knap 3 %.

Nikkel findes i grundvandsforekomsternes magasinbjergarter i forskellige sulfidmineraller, under et kaldet pyrit. Sulfidminerallerne er stabile under reducerende forhold, men forvitrer, hvis magasinet tilføres oxiderende stoffer som ilt og/eller nitrat. Ilt tilføres typisk magasinet ved overpumpning (sænkning af grundvandsspejlet) og ved uhensigtsmæssig boringskonstruktion. Nitrat tilføres ved nedsivning af nitratholdigt vand fra overfladen, typisk under landbrugsarealer.



Figur 27: Nikkel i vandværksboringer (råvand) 2000-2004.

Arsen

Indholdet af arsen i grundvandet bestemmes blandt andet af redoxforholdene, idet opløseligheden af arsen under reducerende betingelser er ca. 10 gang højere end under iltholdige betingelser (Miljøstyrelsen 1996). Flere undersøgelser peger på, at det er et samspil mellem flere faktorer som afgør koncentrationsniveauet af arsen i grundvandet. De 3 faktorer som tillægges størst vægt er: 1) en arsenrig kildebjergart 2) En lav gennemstrømningshastighed af grundvandet og 3) De rette reducerede geokemiske forhold (Hansen m. fl., 2007).

Ud over geologisk oprindelse, der er hovedårsagen til de fundne indhold, er der bl.a. mulighed for arsenforurening fra træimprægneringsvirksomheder, handelsgødning (fosfat), arsenholdige pesticider, afbrænding af kul, spredning af slagger (og flyveaske) som jordforbedringsmiddel og udbringning af slam fra produktion af genbrugspapir. I tilknytning hertil kan det bemærkes, at fortidens lokale kulfyrede industrier som fx papirfabrikker, sukkerfabrikker og mange andre kan være en undervurderet kilde til grundvandsforurening.

Relevans

Arsen er yderst giftigt for mennesker. Visse uorganiske arsenforbindelser kan forårsage kræft hos mennesker. Hyppigste kræftform er hudkræft (Miljøstyrelsen, 1995).

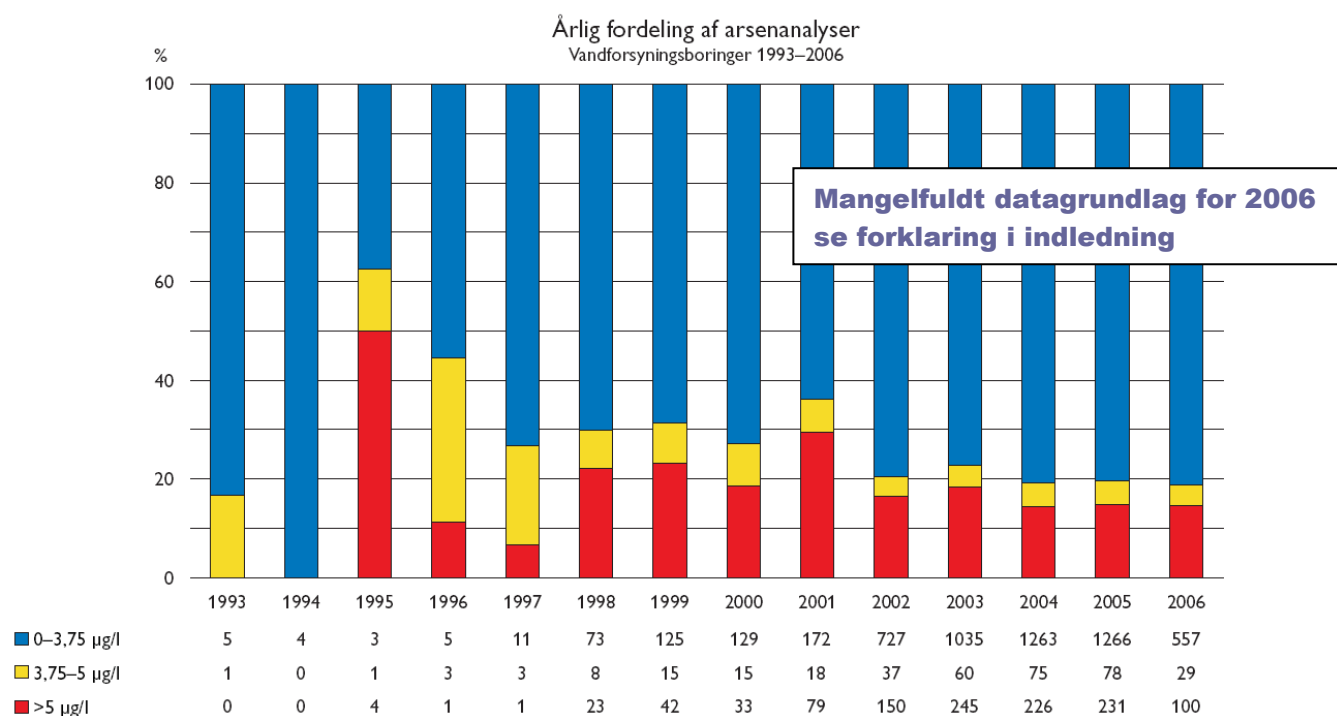
Målsætning

Der er fastsat et Vandkvalitetskrav i drikkevand på maksimum 5 µg/l ved indgang til ejendom (Miljøstyrelsen, 2006) og et grundvandskvalitetskriterium på 8 µg/l (Miljøstyrelsen, 1998). Arsen kan til en vis grad udfældes i vandværkernes sandfiltre og tilbageholdes i okkerlammet /Miljøstyrelsen, 1999/. Tilbageholdelse kan øges ved optimering og evt. ved tilsætning af jern ved vandbehandlingen.

Indhold af arsen i vandværkernes indvindingsboringer.

Datagrundlag

Indikatoren, figur 28 er baseret på arsenanalyser af grundvandet i vandforsyningsboringer, vandværkernes egenkontrol, fra offentlige og private vandværker samt fællesforsyninger med 1 til 9 husstande. Arsen har været obligatorisk i vandværkernes boringskontrol siden 1. jan. 2002 (Miljøstyrelsen, 2001). Datagrundlaget for 2006 er endnu ikke komplet.



Figur 28 Fordelingen af Arsen i vandværkernes egenkontrol 1993-2006. Tabellen under figuren viser antal undersøgte indvindingsboringer i hver koncentrationsklasse.

Sammenfatning om uorganiske sporstoffer indvindingsboringer

Indvindingsboringerne grundvandsanalyser er generelt ikke anvendelige til at vurdere udviklingstendenser i grundvands tilstand, da boringer med dårlig kvalitet lukkes og vandindvindingen flyttes til nye boringer med mere tilfredsstillende grundvandskvalitet.

Det skal bemærkes at en række uorganiske sporstoffer tilbageholdes i vandværkers sandfiltre, hvor de adsorberes på de ved beluftningen dannede jern- og manganoxider.

I indvindingsboringernes sporstofanalyser ses der betydelige procentuelle overskridelser for arsen, mens nikkel, zink og bor kun viser mere beskedne procentuelle overskridelser.

Arsen i dansk grundvand- status

Det danske grundvands indhold af arsen er illustreret på figur 29. Dataene, som er vist i figur 29 bygger på arsenanalyser i grundvandet fordelt på indvindingsboringer (boringskontrollen), overvågningsboringer (både fra GRUMO og LOOP) og undersøgelsesboringer. De 8681 arsenanalyser, der ligger til grund for figuren er fra perioden 1981 til 2006, og det oprindelige datasæt på 19285 arsenanalyser er reduceret på grund af følgende valg i databehandlingen:

- Data med en detektionsgrænse større end 1 µg/l er frasorteret
- Kun seneste analyse fra hver boring er vist

Det er valgt at frasortere data med en detektionsgrænse større end 1 µg/l, da grænseværdien for arsen i drikkevandet ligger på 5 µg/l, og da fundene omkring grænseværdien skal have en vis sikkerhed. På den måde frasorteres f.eks. ældre analyser, hvor detektionsgrænsen ligger på helt op til 10 µg/l. Desuden er det også valgt kun at medtage den seneste analyse fra hver boring ud fra den betragtning, at de nyeste analyser generelt må have den bedste kvalitet.

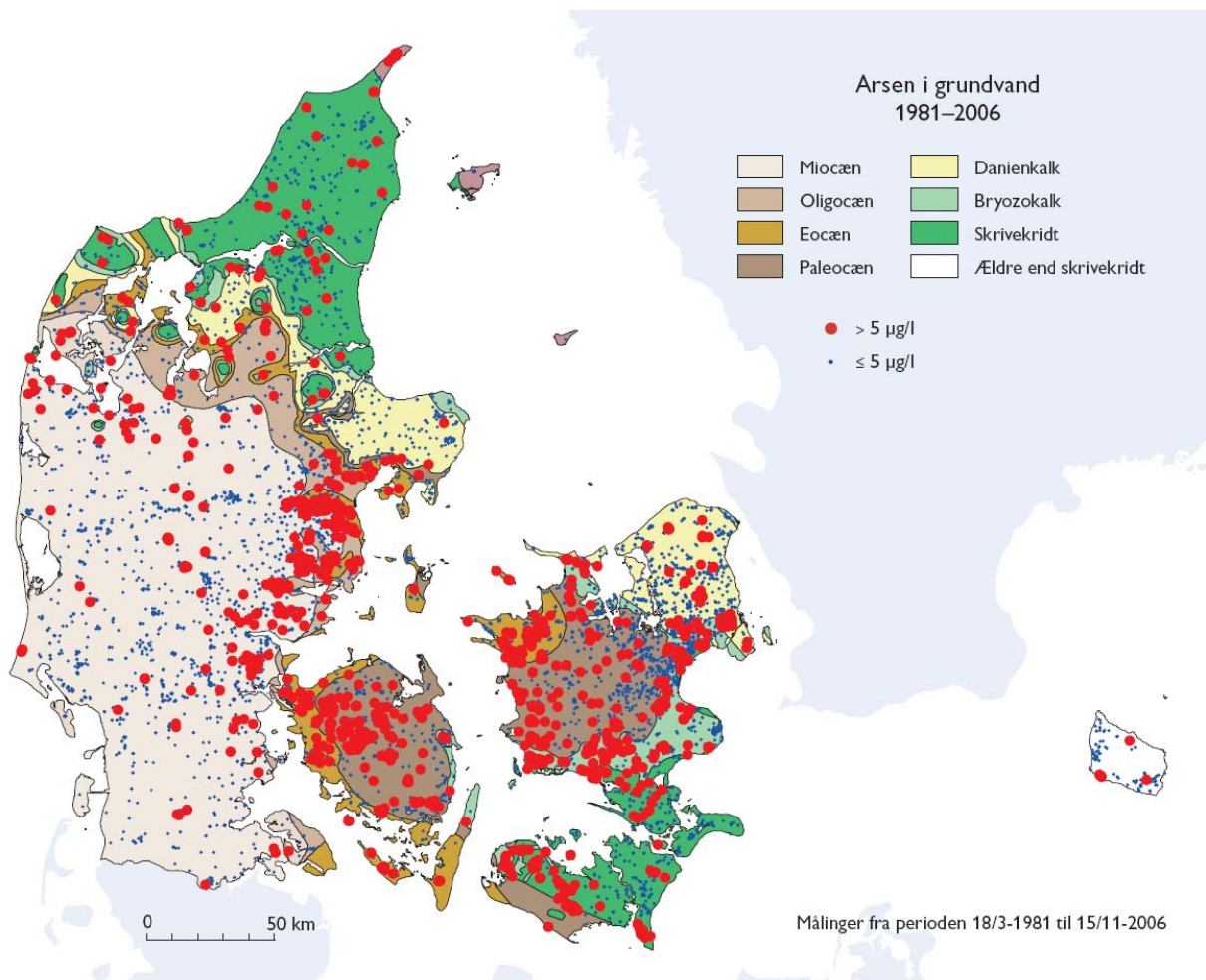
Af figuren fremgår det, at der i forhold til tidligere rapporteringer nu stort set findes arsenanalyser af grundvandet fra alle egne af landet. Dog er datatætheden størst på Sjælland, Fyn og den østlige del af Jylland, hvilket tydeligt afspejler befolkningstætheden og indvindingsbehovet i Danmark.

I figur 29 ses de steder i landet, hvor koncentrationen af arsen i grundvandet er over 5 µg/l (røde prikker) og under 5 µg/l (blå prikker) i forhold til udbredelsen af de prækvartære aflejringer. Ca. 15 % af samtlige grundvandsanalyser har et arsenindhold over 5 µg/l, der er grænseværdien for arsen i afgangsvandet fra vandværket. Høje koncentrationer af arsen i grundvandet er koncentreret til flere sammenhængende områder i landet:

1. Områder på Vestsjælland, Fyn og i det østlige Midtjylland, hvor den prækvartære overflade består af fedt tertiært ler fra Oligocæn, Eocæn og Palæocæn.
2. Lolland og det sydlige Sjælland, hvor den prækvartære overflade består af kalk
3. Vestlig del af limfjordsområdet, hvor der er fundet marine lerede aflejringer fra Elster

Derudover ses høje koncentrationer af arsen i grundvandet i mindre områder mange andre steder i landet.

Arsenindholdet i grundvandet er primært af geologisk oprindelse, og stammer sandsynligvis fra tertiære marine lerbjergarter med et højt indhold af arsen. (Larsen og Larsen, 2003). Høje indhold af arsen optræder ofte sammen med høje indhold af barium, hvilket også peger på en primær marin oprindelse, evt. associeret med aflejring af manganoxider (mangannoduler). De tertiære arsenrige bjergarter kan under istidens gletcherfremstød være indarbejdet i istidsaflejringerne, primært i moræneler, hvilket mineralogiske undersøgelser ved Århus peger på (Århus Amt, 2004). Yngre marine aflejringer kan også udgøre kilder til arsen.



Figur 29. Indholdet af arsen i grundvandet i Danmark i forhold til udbredelsen af prækvartære formationer. Røde prikker angiver hvor koncentrationer i grundvandet er over **5 µg/l**, mens blå prikker viser hvor koncentrationer i grundvandet er under 5 µg/l. 5 µg/l er grænseværdien for arsen ved afgang fra vandværk. Analyser er fra forskellige typer boringer: LOOP, GRUMO, indvindingsboringer og undersøgelsesboringer. Seneste analyse er vist.

Referencer

- 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.
- 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.
- Jensen, T. F. m. fl., 2003: Nikkelfrigivelse ved pyritoxidation forårsaget af barometerånding., Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 5, 2003
- Larsen, C.L. og Larsen, F., 2003: Arsen i danske sedimenter og grundvand. Vand og Jord 10. årgang nr. 4, side 147-151.
- Miljø- og Energiministeriet 2006: Bekendtgørelse om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse forlige stoffer til vandløb, søer eller havet. Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 1669 af 12. dec. 2006.
- Miljø- og Energiministeriet 2001: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr 871 af 21. september 2001.
- Miljøministeriet 2006: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1664 af 24. december 2006.
- Miljøstyrelsen 1994: Økotoksikologiske 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 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.
- Århus Amt, 2004. Redegørelse for grundvandsressourcerne i Århus Nord-området. Eds: Verner Søndergaard, Richard Thomsen, Ole Dyrso, Thomas Nyholm, Erling Fuglsang, Lærke Thorling, Per Misser og Birgitte Hansen.
- Hansen, B., Sørensen, B., og Thorling Sørensen, L., 2007. Arsen i dansk drikkevand. ATV, 3. oktober 2007.

6 Organiske mikroforureninger

Overvågningen af organiske mikroforureninger omfatter et stort antal miljøfremmede stoffer, der anvendes bredt i det moderne samfund. Overvågningsprogrammet for henholdsvis grundvand (GRUMO) og for grundvandsdelen af landovervågningsprogrammet (LOOP) omfatter et fast antal udvalgte stoffer. Overvågningen af organiske mikroforureninger er udgået af LOOP pr. 1. januar 2007. De øvrige målinger, som blandt andet fremkommer gennem vandværkernes egenkontrol 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.

De enkelte stoffer er placeret i en af grupperne: Aromatiske kulbrinter, halogenerede alifatiske kulbrinter, fenoler, klorfenoler, nonylfenoler, phthalater, detergenter PAH-forbindelser, olieprodukter og andre forbindelser. Oversigter over resultaterne for henholdsvis LOOP, GRUMO samt det øvrige datamateriale fremgår af bilagene. Af tabellerne fremgår antallet af grundvandsindtag som er analyseret, antal indtag med fund, med genfund og med overskridelser af grænseværdier for koncentrationen af de pågældende stoffer i drikkevand ved afgang fra vandværk (Miljøministeriet 2006). I resultatet for en række såkaldte sumparametre indgår såvel naturlige som miljøfremmede komponenter, eksempelvis den uspecifikke analyse for anioniske detergenter. Der er anvendt meget lave detektionsgrænser for disse stoffer, og der har gennem tiden været en del analyser med uventede enkeltfund af stoffer, hvor der med stor sandsynlighed har været tale om analysefejl. Det er imidlertid meget vanskeligt, at afgøre om noget sådant er tilfældet, og derfor bliver der lagt særlig vægt på gentagne fund af samme stof i samme indtag, når forekomsten af disse miljøfremmede stoffer skal vurderes.

Mulige kilder til de 7 grupper af 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 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 grunde, hvorpå der har ligget gasværker, og steder hvor tjære er blevet anvendt i produktionen (asfalt), 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 (Miljøstyrelsen 1995b) 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 (Miljøstyrelsen, 1991).

Halogenerede alifatiske kulbrinter

Kilderne til de halogenerede alifatiske kulbrinter kan f.eks. være fyld- og lossepladser, farve- og lakindustri, galvanisering, benzinanlæg og kemisk tøjrensning. Stoffet vinylklorid er et nedbrydningsprodukt fra de klorerede kulbrinter. Ved nedbrydning af tetraklorethen dannes triklorethen, som via diklorethen isomerer nedbrydes til vinylklorid. 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 forurenede med klorerede kulbrinter.

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 klorfenoxysyrerne; disse har gennem mange år været anvendt i store mængder som ukrudtsmidler. Ved nedbrydning af klorfenoxysyrerne kan der blandt andet dannes klorfenoler.

Fremstilling af træimprægneringsmidler 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)

Landovervågningsoplunde

I landovervågningsoplundene (LOOP) er der i henhold til det foreliggende datagrundlag i perioden 1998-2006 gennemført analyser for organiske mikroforureninger i 525 vandprøver repræsenterende 54 forskellige indtag, se tabel 4.

I landovervågningsoplundene er der fundet organiske mikroforureninger i 67 % af indtagene. Generelt gælder det, at koncentrationerne er lave, og at der kun er et begrænset antal genfund (detaljer om fund og stoffer findes i bilagene). Der er udført analyser for fenol i vand fra 50 indtag, og stoffet er fundet i 24, heraf et indtag med indhold over grænseværdien for drikkevand. Overskridelsen forekom i 2001 og indholdet i indtaget er siden faldet. Nonylphenoler er

fundet i 12 ud af 40 indtag. Der er også udført analyser for dibutylphthalat (DBP) i landovervågningsoplandene, og der er fund i 19 ud af 39 indtag. I 4 indtag er analyseresultatet over grænseværdien for drikkevand. Overskridelserne er fundet i 2001 i området Oddebæk i Nordjylland. Ved næste analyserunde i 2003 var indholdet i de 4 indtag under detektionsgrænsen på 0,3 µg/l.

Landovervågning 1998-2006	Indtag med analyse	Indtag med fund	
	antal	antal	%
Aromatiske kulbrinter	39	17	44
Halogenerede alifatiske kulbrinter	27	2	7
Fenoler	50	24	48
Nonylfenoler	40	12	30
klorfenoler	53	3	6
Blødgørere	39	19	49
Detergenter, anioniske	19	4	21

Tabel 4. Oversigt over analyseresultaterne for de organiske mikroforureninger i landovervågningen fordelt på grupper i perioden 1998-2006. En mere detaljeret oversigt over enkeltstoffer inden for grupperne fremgår af bilagene.

Grundvandsovervågning

Der er i grundvandsovervågningen i perioden 1993-2006 i alt gennemført analyse for organiske mikroforureninger i 10.228 vandprøver repræsenterende 1.224 forskellige indtag, se tabel 5. I 847 af de 1.127 undersøgte indtag er der i perioden mindst en gang fundet én eller flere organiske mikroforureninger, svarende til fund i 69 % af indtagene. Det skal bemærkes, at et enkelt fund i perioden ikke nødvendigvis er ensbetydende med en konstant tilstedeværelse af organiske mikroforureninger i vandet ved indtaget (se bilag for detaljerede oplysninger om enkeltstoffer). Det er karakteristisk for fundene i GRUMO, at de fundne overskridelser af grænseværdier (hvor en sådan findes) ligger omkring 1 % eller mindre af de undersøgte indtag, samt at antallet af genfund er relativt beskedent.

Grundvandsovervågning 1993-2006	Indtag med analyse	Indtag med fund		Indtag med fund over grænseværdi ¹⁾
	antal	antal	%	%
Aromatiske kulbrinter	891	229	26	0,2
Halogenerede alifatiske kulbrinter	892	118	13	1,2
Fenoler	915	182	20	1,3
Nonylfenoler	760	19	3	0,3
klorfenoler	925	18	2	0,7
Phthalater (Blødgørere)	765	28	4	0,7
Detergenter, specifik analyse	535	8	2	0
PAH-forbindelser	30	2	7	0
Olieprodukter	15	2	13	13
Ætere, MTBE	341	9	3	0

1) Der anvendes her grænseværdien for drikkevand hvor en sådan findes.

Tabel 5. Oversigt over analyseresultaterne for de organiske mikroforureninger i grundvandsovervågningen fordelt på grupper i perioden 1993-2006. Antallet af analyser og undersøgte indtag vises. Desuden vises den procentandel af de undersøgte indtag, hvor der er fundet indhold samt indhold over grænseværdien for drikkevand.

I grupperne aromatiske kulbrinter, halogenerede alifatiske kulbrinter, fenol og alkylfenoler samt klorfenolerne er der blevet analyseret stort set lige mange indtag, omkring 900. Stofgruppen aromatiske kulbrinter er den hyppigst fundne med en hyppighed på 26 %. For benzens vedkommende er der overskridelser af grænseværdien for drikkevand (Miljøministeriet 2006) i ca. 0,2 % af de undersøgte indtag.

For flere af de halogenerede alifatiske kulbrinter er der flere tilfælde med overskridelse af grænseværdien for drikkevand. For stofferne trikloretylen, cis-1,2-dichloetylen, vinylklorid og dibromethan overskrider også gennemsnitsværdien af fund grænseværdien.

Igangværende forskning ved GEUS viser at triklorometan (kloroform) kan dannes naturligt i koncentrationer op til 10 µg/l.

I gruppen klorfenoler forekommer også overskridelser af grænseværdier. For 2,4-dichlorphenol er der overskridelser i en tredjedel af de indtag, hvor der er gjort fund af stoffet. Stoffet kan være nedbrydningsprodukt fra pesticider af typen fenoxysyrer. Grænseværdien for pentaklorfenol i drikkevand er 0,01 µg/l, og i 13 ud af 14 indtag med fund er grænseværdien overskredet. Ud over de strukturelt simple fenoler analyseres der også for nonylfenoler og nonylfenol-ethoxylaterne. Fenol analyseres dog langt hyppigere end nonylfenol og ethoxylaterne.

Vandværkernes egenkontrol

Datamaterialet fra vandværkernes tilsyn indberettes til den fællesoffentlige database ved GEUS med en virksomhedskode, der angiver, at det indvundne vand skal anvendes til drikkevandsproduktion. Virksomhedskoderne bliver ikke nødvendigvis opdateret, når boringerne ændrer formål/anvendelse. Det betyder i praksis, at der hos GEUS kan være registreret boringer med høje koncentrationer af organiske mikroforureninger, som ikke længere leverer drikkevand. Ved henvendelse til de pågældende vandværker viser det sig ofte, at boringerne nu anvendes som afværgeboringer for at beskytte en nærliggende drikkevandsressource, eller at de fra starten er registreret misvisende. Fejl i data rettes i takt med at de registreres, men samlet set vil antallet af vandværksboringerne, der fremstår som forurenede, formentlig være lavere end det rapporterede. Det til rapporteringen til grund liggende datasæt er baseret på dels et kriterium om at der for de udtrukne boringer skal være indberettet grundvandskemiske data inden for de sidste 5 år, svarende til turnus for boringskontrol jf. Tilsynsbekendtgørelsen (Miljøstyrelsen 2006), dels at der fra det vandværk, som en given boring tilhører skal være indberettet indvundne vandmængder. Opdateringen af indvundne vandmængder er ikke gennemført fuldt ud for så vidt angår 2006. Derudover er der konstateret en række udestående vedrørende indberetningen af boringskontroldata fra 2006, hvorfor nedenstående opgørelser skal tages med forbehold.

Der er i perioden 1993-2006 udtaget vandprøver fra 6.109 boringer til analyse for organiske mikroforureninger omfattende 160 forskellige kemiske forbindelser. Der er fundet i alt 100 forskellige forbindelser i tilsammen 2.209 boringer svarende til 36 %. 40 forskellige forbindelser er fundet mere end én gang i samme boring. For 92 forbindelser er der udarbejdet kvalitetskrav for drikkevand og der er i perioden forekommet overskridelse af kvalitetskravet for 41 forbindelsers vedkommende. Fordelingen inden for stofgrupper er opsummeret i tabel 6. (en nærmere beskrivelse af stoffer inden for grupperne og tilknyttede data findes i bilagene).

Tilsyn 1993-2006	Indtag med analyse	Indtag med fund		Indtag med fund over grænseværdi ¹⁾
		antal	antal	
Aromatiske kulbrinter	2914	342	12	0,2
Halogenerede alifatiske kulbrinter	2855	166	6	0,8
Fenoler	1309	127	10	1,2
Nonylfenoler	27	1	4	4
klorfenoler	4487	16	0,4	0,1
Phthalater (Blødgørere)	16	4	20	20
Detergenter (specifik analyse)	30	3	10	0
PAH-forbindelser	245	3	1	0,4
Olieprodukter	644	277	43	20

1) Der anvendes her grænseværdien for drikkevand hvor en sådan findes.

Tabel 6. Oversigt over analyseresultaterne for de organiske mikroforureninger i vandforsyningsdata fordelt på grupper i perioden 1993-2006. Antallet af analyser og undersøgte borer viser. Desuden vises den procentandel af de undersøgte borer, hvor der er fundet indhold og indhold over grænseværdien for drikkevand. En mere detaljeret oversigt over enkeltstoffer inden for grupperne fremgår af bilagene.

Analyser for halogenerede alifatiske kulbrinter og aromatiske kulbrinter repræsenterer omkring 2.900 borer hver, og begge grupper er fundet relativt hyppigt. Antallet af indtag med genfund er dog begrænset. Grænseværdierne er overskredet i en del tilfælde, hyppigst for stofferne triklorethylen og tetraklorethylen. Gruppen af klorfenoler indeholder også mange analyser, men her er væsentlig færre borer med fund i forhold til gruppen med de klorerede alifatiske kulbrinter. De klorerede fenoler viser nogle få overskridelser af grænseværdien for drikkevand.

Olie i gruppen olieprodukter er fundet hyppigt og viser den hyppigste overskridelse af grænseværdien for drikkevand, når antallet af overskridelser ses i forhold til antallet af analyserede indtag. MTBE er fundet i 144 ud af 2.188 undersøgte borer. Heraf havde 4 borer et indhold over grænseværdien for drikkevand svarende til 0,2 % af de undersøgte borer, og det maksimale indhold lå på 87 µg/l, altså en væsentlig overskridelse af grænseværdien for drikkevand.

Indikator: Geografisk fordeling af organiske mikroforureninger

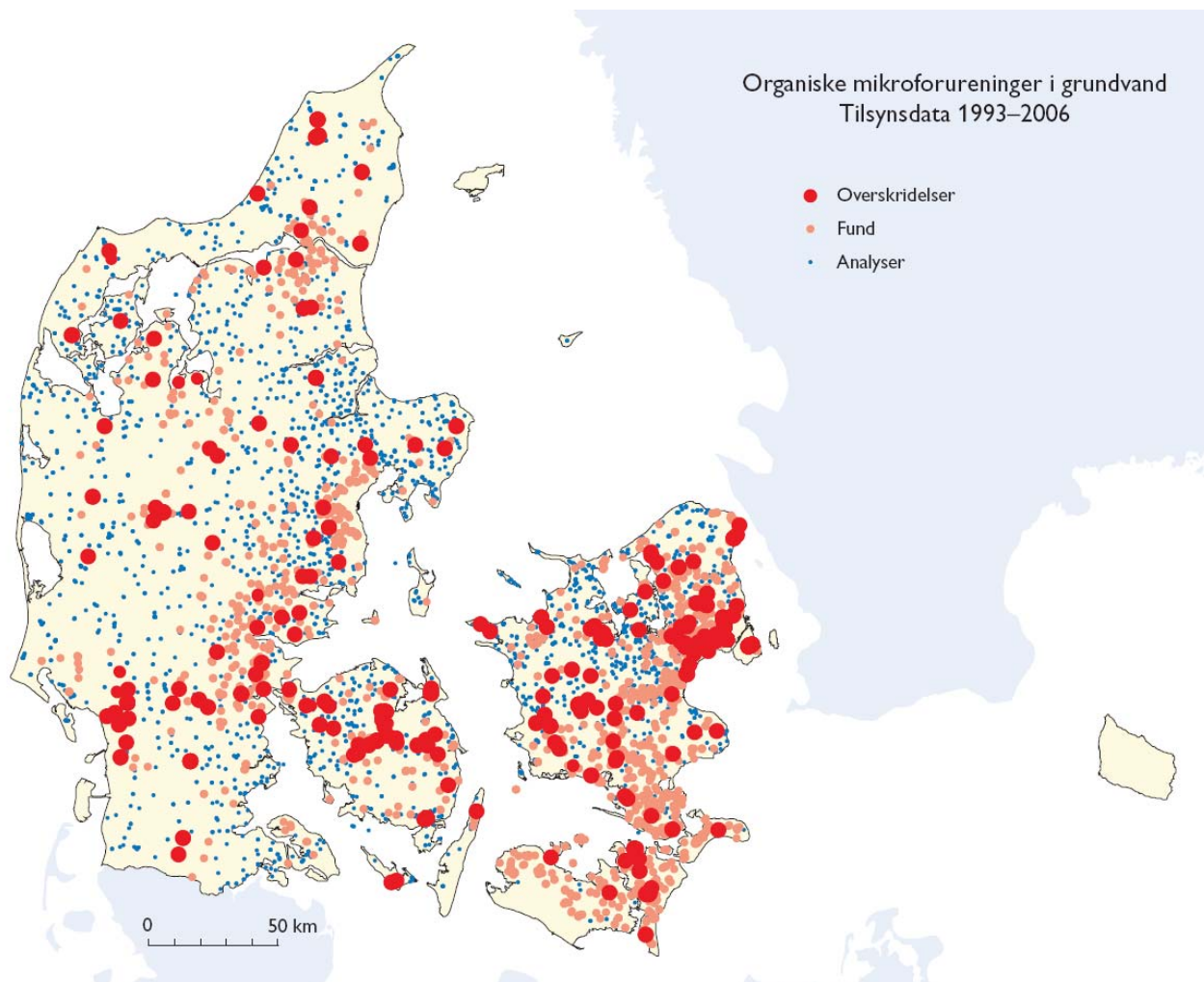
Relevans

Organiske mikroforureninger er med få undtagelser miljøfremmede stoffer med sundhedsskadelige effekter.

Målsætning

Der er udarbejdet sundhedsmæssigt baserede kvalitetskriterier for en række udvalgte stoffer /Miljøstyrelsen 1995/ og for kroniske, men ikke akutte effekter (Miljøstyrelsen 2006).

I henhold til EU's Vandrammedirektiv (EU 2000) må grundvandets kvalitet ikke forringes således at videregående vandbehandling bliver nødvendig.



Figur 30. Fund af organiske mikroforureninger i vandforsyningsboringer i perioden 1993 – 2006. Kortet afspejler i hvilket omfang vandforsyningerne har været ramt af forurening, men ikke i hvilket omfang, der er indvundet vand fra boringen efter at forureningen er konstateret (jævnfør kapitel 2). Datasættet er karakteriseret af et stort antal enkeltfund jf. bilaget tabel 4-6. På grund af tekniske problemer har det ikke været muligt at præsentere data fra Bornholm i dette års rapport.

Tilstand, udvikling og årsager

I vandværkernes tilsyn med boringer analyseres med en frekvens, der er afhængig af anlæggets samlede producerede vandmængde. Laveste frekvens er 1 gang hvert femte år. Vandværkernes boringskontrol udføres i aktive indvindingsboringer og er derfor at betragte som en kontrol af grundvand, der som udgangspunkt forventes at have en god tilstand. Nye vandforsyningsboringer, som viser sig at have dårlig vandkvalitet sættes ikke i produktion og eksisterende boringer, hvor vandkvaliteten forringes, tages ud af produktion. Etablering af erstatningsboringer kan være forbundet med betydelige udgifter, hvilket især har betydning for mindre vandforsyninger.

Sammenfatning om organiske mikroforureninger

Der er i landovervågningsoplandene undersøgt 525 vandprøver fra 54 indtag. Der er fund af organiske mikroforureninger i 67 % af indtagene. Nogle af disse fund kan skyldes naturligt dannede forbindelser, mens andre som for eksempel fenol kan være tilført med gylle.

Der er i grundvandsovervågningen i perioden 1993-2006 undersøgt 10.228 vandprøver fra 1.224 indtag for organiske mikroforureninger. I 847 af de undersøgte indtag er der i perioden mindst en gang fundet én eller flere organiske mikroforureninger, svarende til at der er fund i 69 % af indtagene. En mindre del af disse resultater kan skyldes naturligt dannede stoffer som for eksempel kloroform.

I vandforsyningernes egenkontrol af indvindingsboringerne er der udført analyser af miljøfremmede stoffer i 6.109 boringer. I ca. 1/3 af boringerne er der fundet mindst et miljøfremmed stof. Fælles for langt de fleste fund er, at de er under grænseværdien for drikkevand. Også antallet af genfund er forholdsvis beskedent.

For grundvandsovervågningen og landovervågningsoplandene er fundprocenterne bemærkelsesværdige, fordi det overvejende drejer sig om boringer, der ligger i det åbne land. Stofferne triklorethylen og tetraklorethylen er omfattet af EU's Grundvandsdirektiv (EU 2006).

Referencer organiske mikroforureninger

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

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.

Miljøministeriet 2006: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1664 af 24. december 2006.

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.

www.oliebranchen.dk

7 Pesticider

Pesticidfund i grundvandsovervågningen

Indledning

I grundvandsovervågningsprogrammet analyseres der i NOVANA for 34 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter. I vandværkernes kontrol af indvindingsboringer indgår der 23 obligatoriske stoffer, men ofte analyseres der for flere.

Pesticider og disses nedbrydningsprodukter i grundvand stammer fra brug af pesticider i skov- og jordbrug samt fra anvendelse på befæstede arealer i byområder og nær anden bebyggelse.

De pesticider, der indgår i NOVANA grundvandsovervågningsprogrammet ses i tabel 7.

Aminomethylphosphorsyre (AMPA)*	Diuron
Atrazin	DNOC
Bentazon	Glyphosat
4-CPP *	Hexazinon
2,4-D	Hydroxyatrazin*
2,6 DCP*P*	Hydroxysimazin*
Desaminodiketometribuzin*	Hydroxyterbutylazin*
Desethylatrazin*	Isoproturon
Desethyldeisopropylatrazin*	MCPA
Desethylterbutylazin*	Mechlorprop
Desisopropylatrazin*	Metamitron
Dichlobenil	Metribuzin
2,6-Dichlobenzamid (BAM)*	4-nitrophenol*
2,6-Dichlorbenzosyre*	Pendimethalin
Dichlorprop	Simazin
Diketometribuzin*	Terbutylazin
Dinoseb	Trichloeddikesyre (TCA)

Tabel 7. Pesticider i overvågningsprogrammet. Nedbrydningsprodukter angivet med*

Datagrundlag

Indikatoren er baseret på pesticidanalyser i grundvandsovervågningsområdernes indtag i perioden 1990 – 2006, begge år inklusive.

Relevans

Denne indikator, se figur 31, beskriver udviklingen i indholdet af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandet i den danske grundvandsovervågning fra 1990 - 2006. Desuden vises den dybdemæssige fordeling af fund, dels i 2006, dels for hele perioden 1990 – 2006, se figur 32. Pesticider og disses nedbrydningsprodukter i grundvand stammer fra brug af pesticider i skov- og jordbrug samt fra anvendelse på befæstede arealer i byområder og nær anden bebyggelse. Pesticider og deres nedbrydningsprodukter er miljøfremmede og uønskede i vandmiljøet.

Målsætning

Pesticider og deres nedbrydningsprodukter bliver ikke tilbageholdt eller nedbrudt ved traditionel vandbehandling på de danske vandværker. Grundvandets indhold af disse stoffer må derfor ikke øges, således at videregående vandbehandling bliver nødvendig for drikkevandsproduktion (Vandrammedirektivet, EU 2000). Pesticidindholdet i drikkevand og grundvand må ikke overstige 0,1 µg/l for enkeltstoffer. Enkeltstoffer er relevante nedbrydningsprodukter og disses moderstoffer. Forekommer der flere stoffer i drikkevandet eller i grundvandet, må summen ikke overstige 0,5 µg/l. I Danmark er denne grænseværdi stort set aldrig i anvendelse, da der i borer/indtag med pesticidsum over grænseværdien næsten altid forekommer et enkelt stof, der overskrider grænseværdien på 0,1 µg/l. Grænseværdien for summen af pesticider vil antageligvis anvendes hyppigere i Danmark, hvis der i større omfang end nu, blev anvendt overfladevand til drikkevandsformål, da overfladevand ofte indeholder mange pesticider og nedbrydningsprodukter.

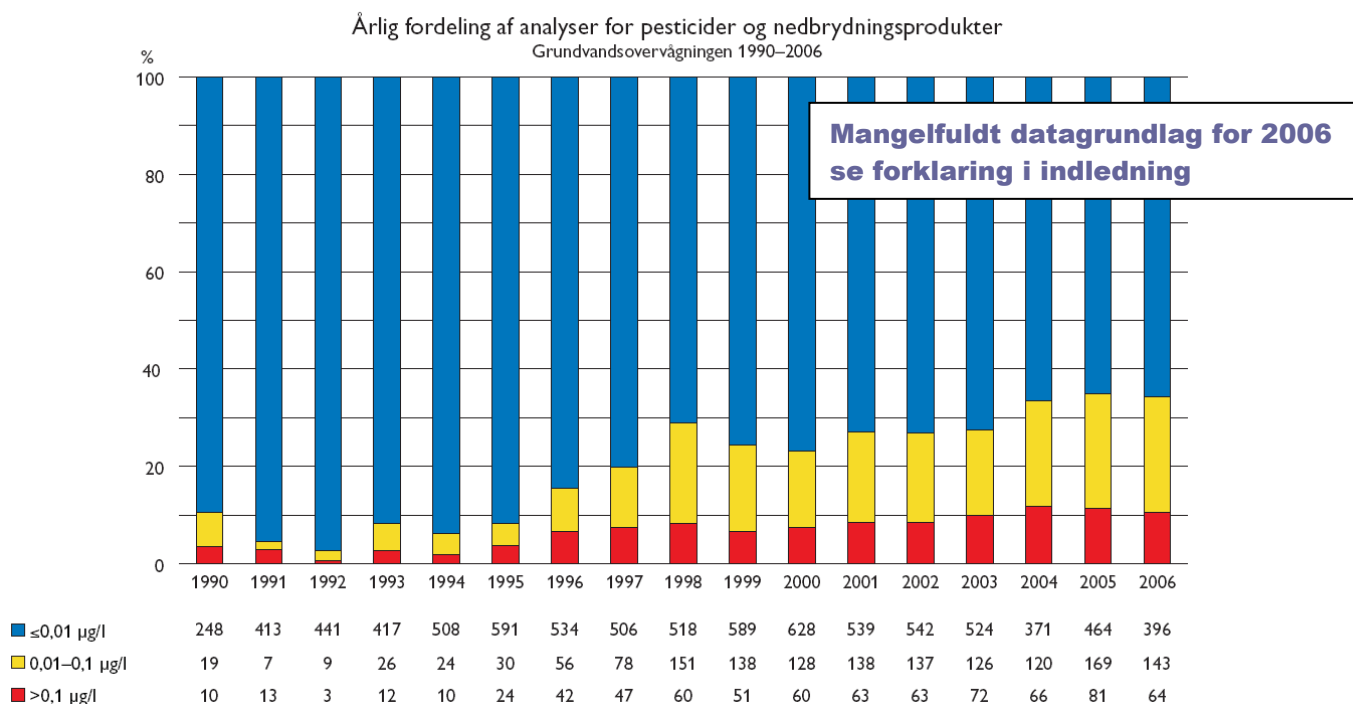
Grænseværdierne er fastsat i bl.a. EU's drikkevandsdirektiv (EU 1998) og Drikkevandsbekendtgørelsen (Miljøstyrelsen 2006) ud fra et princip om, at der ikke må være pesticider i drikkevand. Grænseværdierne er ikke fastsat ud fra en direkte sundhedsmæssig vurdering af stofferne.

Tilstand, udvikling og årsager

Der blev i 2006 fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 34 % af de undersøgte indtag, mens grænseværdien blev overskredet i ca. 11 %. Indikatoren viser, se figur 31, at antallet af indtag med fund i perioden 1993-1995 ligger lidt under 10 % pr. år, men stiger til næsten 30 % i 1998, hvorefter andelen falder til ca. 21 % i 2000. I perioden 2001 til 2003 er andelen af indtag med fund ca. 27 %, mens andelen igen stiger til et højere niveau i 2004 og 2006. 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.

Antallet af indtag med overskridelse af grænseværdien for drikkevand (0,1 µg/l) har været næsten konstant i perioden 1996-2002, hvorefter andelen, der overskrider grænseværdien, er steget indtil 2003 og har siden 2004 ligget på det hidtil højeste niveau.

Stigningen i både samlet antal fund og antal fund over grænseværdien i 2004, 2005 og 2006 skyldes til dels, at der særligt analyseres for pesticider i ungt grundvand, og at ukrudtsmidlet metribuzin (anvendt i kartoffelmarker, forbudt i 2003) er inddraget i analyseprogrammet fra 2004. Nedbrydningsprodukter fra stoffet metribuzin findes hyppigt i sandede områder i Jylland, hvor der overvåges forholdsvis højtliggende grundvand, og hvor stoffet har været anvendt ved kartoffeldyrkning. Da nedbrydningsprodukterne er ret stabile i grundvand, vil der formodentlig i fremtiden være en stigende andel indtag med disse stoffer under arealer, hvor moderstoffet har været anvendt.



Figur 31. Pesticidfund pr. år i grundvandsovervågningen. Antal indtag med analyseresultater i hver af de 3 klasser er anført under de enkelte år.

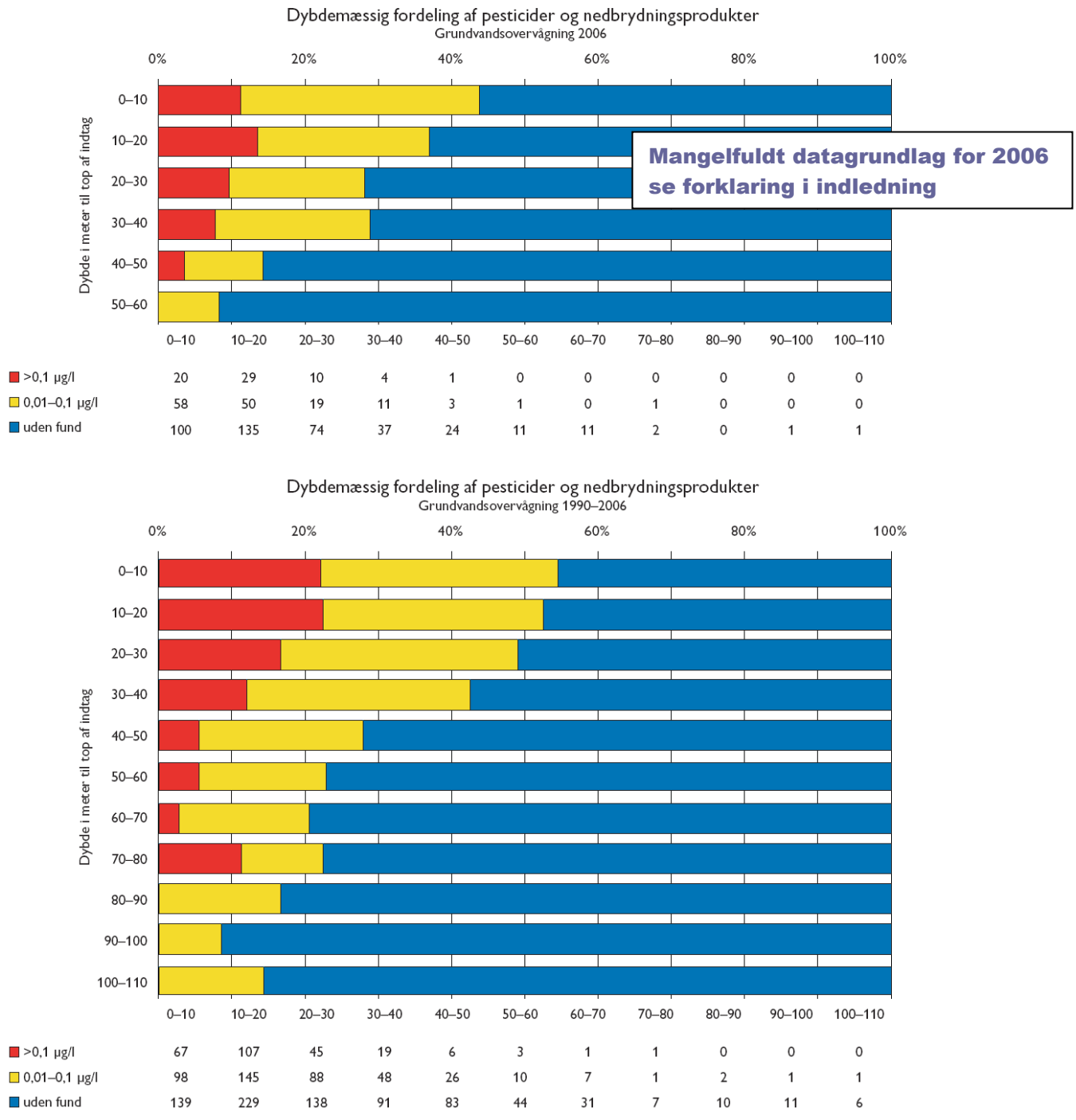
I perioden 1990 til 2006 er der fundet pesticider en eller flere gange i 46 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen og i 17 % af indtagene var grænseværdien en eller flere gange overskredet. Denne opgørelse giver et indtryk af, hvor stor en del af ressourcen, der indtil i dag har indeholdt pesticider, og som derfor er sårbar overfor denne forureningstype. Da pesticiderne stammer fra anvendelse i skov- og jordbrug samt fra privat anvendelse på f.eks. befæstede arealer, forekommer pesticiderne ofte som pulser/fronter, der bevæger sig gennem grundvandsmagasinerne, hvilket betyder, at man ikke fra år til år nødvendigvis finder pesticider i de samme indtag.

Forekomst af pesticider mod dybde i grundvandsovervågningen

Figur 32 beskriver fordelingen af pesticider og nedbrydningsprodukter mod dybden i grundvandsmagasinerne. Øverst den aktuelle situation i 2006, nederst er vist hvor stor en andel af de undersøgte indtag, der gennem hele overvågningsperioden har været påvirket af pesticider og som derfor må anses for at være sårbare overfor forurening fra overfladen.

Den dybdemæssige fordeling af pesticidfund for grundvandsovervågningen viser, at der i hele overvågningsperioden 1990-2006 er fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 55 % af indtagene i dybdeintervallet 0-20 meter under terræn, og at grænseværdien var overskredet i næsten 25 %. Antallet af fund aftager med dybden til ca. 20 % i intervallet 60-70 meter under terræn, 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 afbildet mod dybden i 2006 viser et tilsvarende billede, dog er der i 2006 ikke fundet så mange pesticider og nedbrydningsprodukter i dybere niveauer af magasinerne. De hyppige fund i det højtliggende grundvand skyldes især BAM og nedbrydningsprodukter fra triaziner og phenoxysyrer. Den store forekomst af pesticider og nedbrydningsprodukter i højtliggende grundvand betyder, at små vandværker ofte indvinder grundvand fra forurenede magasiner, også fordi de små

vandforsyninger ofte har boringer placeret nær befæstede arealer, hvor BAMs moderstof, dichlobenil har været anvendt. De små private vandforsyningsanlæg (der forsyner enkelte husstande) indvinder grundvand nær terræn under arealer, hvor pesticider håndteres eller anvendes. Disse anlæg er ikke blot truet af pesticider, men også af nitrat, bakterier og andre stoffer som håndteres i disse anlægs oplande (Miljøstyrelsen 2007).



Figur 32. Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter mod dybde gennem hele overvågningsperioden og i 2006. Antal indtag med analyseresultater i hver af de 3 klasser i hvert dybdeinterval er anført under figurerne.

Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i landovervågningen

Datagrundlag

Indikatoren er baseret på pesticidanalyser i landovervågningsområderne (LOOP) i perioden 1993 – 2006, begge år inklusive.

Tilstand, udvikling og årsager

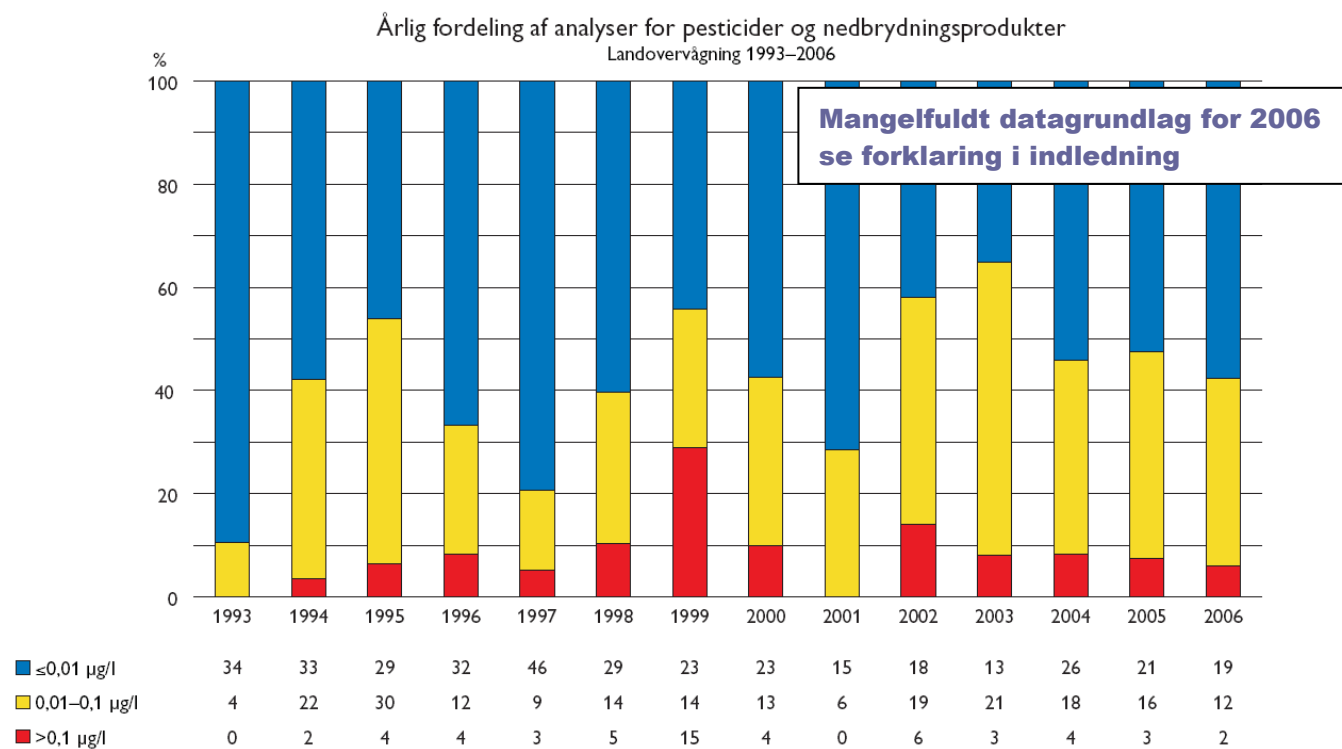
Figur 33 viser, at der i perioden 1993 til 2006 er fundet pesticider i ca. halvdelen af de undersøgte indtag, men også at forekomsten af pesticider i det højtliggende grundvand under de undersøgte marker varierer meget fra år til år. Denne store variation skyldes, at grundvandet er ungt grundvand, og at det er de lokale klimatiske forhold og brugen af enkelte pesticider, som er betydende for omsætning og udvaskning af pesticider eller nedbrydningsprodukter fra disse.

Antallet af undersøgte indtag er nogle år lavt, hvilket også kan være en medvirkende årsag til den tidsmæssige variation. Gennem hele overvågningsperioden er der undersøgt 145 indtag og der er en eller flere gange fundet pesticider i 84 indtag svarende til 58 % af det højtliggende grundvand. Grænseværdien er overskredet en eller flere gange i 29 indtag i samme periode svarende til 20 %. Figur 33 viser, at der enkelte år ikke er fundet filtre med overskridelse, og at antallet af overskridelser generelt er lavt.

I LOOP blev der i 2006 fundet pesticider 42 % af de undersøgte filter, og grænseværdien var overskredet i 6 %. Der er i skrivende stund kun indberettet 58 analyser fra 2006 for pesticider i landovervågningen, hvilket er omkring 40 % af det antal analyser der normalt gennemføres, hvorfor 2006 analyserne også skal vurderes med et forbehold. 2006 var det sidste år, hvor der gennemførtes analyser for pesticider i LOOP.

Det er især fundet triaziner og nedbrydningsprodukter som f.eks. atrazin, der sidste gang blev anvendt lovligt i Danmark i 1994. Der må derfor i rodzonen være opbygget en pulje af stoffer og/eller nedbrydningsprodukter som langsomt frigives. Det skal bemærkes, at visse af nedbrydningsprodukter fra triazin gruppen kan stamme fra lovlige midler. Bentazon er fundet hyppigt i LOOP, men kun i ét tilfælde i koncentrationer over grænseværdien for drikkevand. Tilsvarende er glyphosat og glyphosats nedbrydningsprodukt fundet i det højtliggende grundvand.

Overvågningsindtagene er næsten alle placeret i intervallet fra 0 til 5 meter under terræn, og forekomsten af pesticider og nedbrydningsprodukter kan derfor sammenholdes med fund i intervallet 0 til 10 meter under terræn i grundvandsovervågningen.



Figur 33. Pesticidfund pr. år i landovervågningen, LOOP1993-2006. Skemaet under figuren viser antallet af filtre, hvor der ikke er fundet pesticider i pr. år, antal filtre, hvor der en eller flere gange er fundet pesticider i koncentrationsintervaller 0,01 til 0,1 µg/l og antal filtre, hvor grænseværdien på 0,1 µg/l er overskredet en eller flere gange.

Pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværkernes indvindingsboringer

Datagrundlag

Indikatoren, figur 34 er baseret på pesticidanalyser i indvindingsboringer ved offentlige og private vandværker for perioden 1993 til 2006. Indvindingsboringer analyseres ikke hvert år, men i en turnus på 3 til 5 år. Boringer, hvorfra der ikke gennem de sidste 5 år har været indvundet grundvand, eller boringer som er nedlagt medtages ikke. Disse boringer er derimod medtaget de foregående år, hvor de er analyseret, idet de var aktive.

Relevans

Andelen af vandværkernes indvindingsboringer, der har indeholdt pesticider eller nedbrydningsprodukter i perioden 1993-2006, samt den regionale fordeling af fund beskrives.

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 magasiner, hvorfra der indvindes grundvand. Det er således ikke de samme boringer, der analyseres de enkelte år – fordi boringerne analyseres i en turnus på op til 5 år.

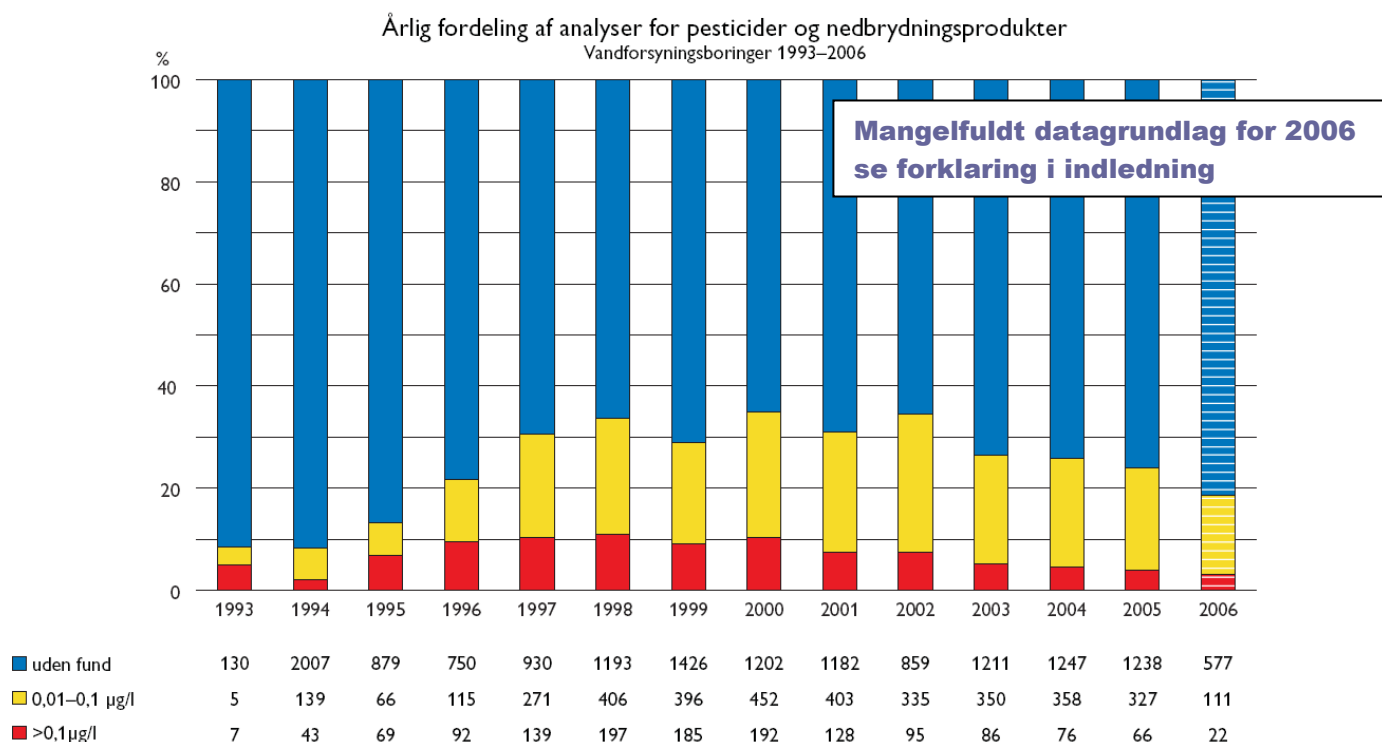
Tilstand, udvikling og årsager

Figur 34 viser udviklingen i fund af pesticider og disses nedbrydningsprodukter i vandværkernes indvindingsboringer. I løbet af de seneste år har antallet af pesticidforurenede indvindingsboringer været faldende, og der blev i 2005 fundet pesticider i 24 % af de undersøgte

boringer, mens grænseværdien var overskredet i 4 %, hvilket er det laveste niveau siden 1995. I 2006 var niveauet endnu lavere, men da der kun var rapporteret ca. 45 % af det normale antal analyserede boringer må tallet for 2006 anses for usikkert. De sidste års fald i andelen af boringer med fund over grænseværdien skyldes, at vandværkerne tager forurenede boringer ud af drift. Årsagen til den stigende andel af pesticidpåvirkede boringer op gennem 90'erne er ikke, at grundvandet er blevet mere forurenede, men at mange vandværker har analyseret for et stigende antal pesticider og nedbrydningsprodukter.

Målet med boringskontrollen er at fastholde en vandforsyning, som er baseret på indvinding af rent grundvand uden avanceret vandbehandling. I den forbindelse er det værd at bemærke, at de pesticider og nedbrydningsprodukter, der hyppigst findes i vandværkernes indvindingsboringer, er stoffer som allerede er forbudt i Danmark, og som ikke har været i handelen i 8-10 år. Grundvandsovervågningen har dog vist, at der kan findes nedbrydningsprodukter i grundvandsmagasinerne, som vandværkerne ikke endnu er begyndt at analysere for. Det må derfor forventes at flere vandværker vil finde disse stoffer fremover.

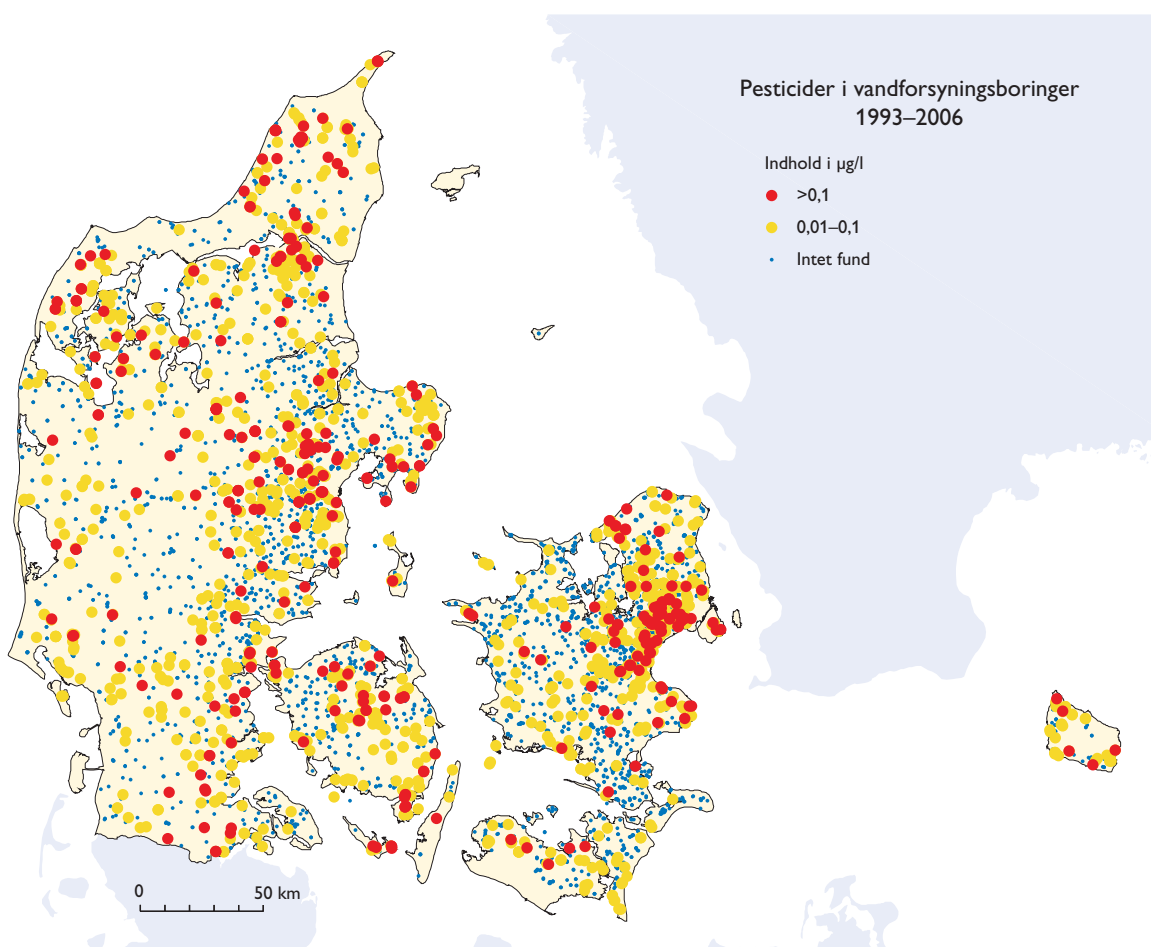
Da de større vandværker i dag ofte indvinder grundvand fra dybereliggende magasiner med gammelt vand, er det afgørende betydning for fremtidens indvinding af drikkevand, at den massive forurening i de højtliggende grundvandsmagasiner kan omsættes under transporten mod de magasiner, hvorfra der i dag indvindes grundvand.



Figur 34. Pesticidfund pr. år fundet ved vandværkernes kontrol af indvindingsboringer. Figuren bygger ikke på de samme boringer fra år til år, da disse analyseres i en turus på op til 5 år. Desuden lukker vandværkerne ofte indvindingsboringer med fund af pesticider. Antal boringer med analyseresultater i hver af de 3 klasser er anført under de enkelte år. I 2006 er der kun data til rådighed fra ca. 700 boringer mod ca. 1600 i årene før, hvorfor søjlen er vist med særlig signatur.

Geografisk fordeling af fund af pesticider og nedbrydningsprodukter

Fordelingen på landsplan af indvindingsboringer med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter fremgår af figur 35. Der foreligger dog ikke oplysninger om koordinater for alle boringer med fund. Af figuren fremgår, at der er fundet mange pesticider og nedbrydningsprodukter ved de større byer (fortrinsvis BAM og moderstof), og at der tilsyneladende er en overrepræsentation af fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i lerede områder. F.eks. er der ret få fund af pesticider og nedbrydningsprodukter på de sandede jyske hedesletter og på de marine sletter i Nordjylland, hvor vandværkerne generelt indvinder grundvand fra større dybder end i resten af landet pga. nitrat i det øverste grundvand. Andre analyseprogrammer fra f.eks. små vandværker (Mst 2007) viser dog, at det højtliggende grundvand under sandede arealer også er præget af pesticider anvendt nær anlæggene.



Figur 35. Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter ved vandværkernes boringskontrol af aktive indvindingsboringer. Boringer er medtaget såfremt der en eller flere gange er fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i dem. Den enkelte boring indeholder derfor ikke nødvendigvis pesticider i dag.

Forekomsten af indtag med BAM fund viser, at hovedparten af BAM fundene med høje koncentrationer stammer fra grundvand i intervallet 0-50 meter under terræn, men også at der kan findes BAM i dybtliggende grundvandsmagasiner. En række af de rapporterede fund kan skyldes anvendelse af moderstoffet nær de påvirkede boringer. Da der er tale om indvindingsbo-

ringer, vil der også være tale om opblanding af gammelt og yngre grundvand i indvindingsboringernes indtag.

Undersøges de vandværksboringer, hvor der i dag ikke indvindes grundvand, fremgår det, at der i perioden 1991-2005 er taget 1306 boringer ud af drift, som indeholder pesticider eller nedbrydningsprodukter. Antages det, at pesticider har været årsagen til at boringerne er taget ud af drift, er der i perioden 1997-2002 lukket op til 150 drikkevandsboringer pr år frem til 2002, mens antallet af lukkede boringer for tiden ligger omkring 100 pr år.

Da pesticider og nedbrydningsprodukter ofte forekommer i pulser i grundvandsmagasinerne, vil nogle af de viste boringer ikke indeholde pesticider eller nedbrydningsprodukter i dag.

Referencer Pesticider

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

EU 2000: Europaparlamentets og rådets direktiv 2000/60/EF Om fastsættelse af en ramme for fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger (Vandrammedirektivet)

Miljøstyrelsen 2007, Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 26, 2007. Almene vandværkers boringskontrol af pesticider og nedbrydningsprodukter. red: Walter Brusch.

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

Bekendtgørelse nr. 871 fra Miljø- og Energiministeriet af 21. september 2001. (Drikkevandsbekendtgørelsen)

8 Vandindvinding

Datagrundlag

Indikatoren, figur 36, er beskrevet på baggrund af de indberetninger, GEUS hvert år modtog fra amterne om indvundne vandmængder. Indtil 2004 bidrog oplysninger fra amternes årlige regionale grundvandsovervågningsrapporteringer til opgørelserne. Data fra perioden 1989 til 2005, begge år inklusive, er anvendt. Data for 2006 vil på grund af strukturreformen og ændrede indberetningsrutiner først blive rapporteret i 2008.

Relevans

Vandindvindingen i Danmark er altovervejende baseret på grundvand, mere end 97% af vandet hentes fra grundvandsmagasiner. Fra Haraldsted Sø nord for Ringsted og på Christiansø anvendes også en beskeden mængde overfladevand i drikkevandforsyningen.

Drikkevandsforsyningen i Danmark er bygget op omkring en decentral struktur med 2.622 almene vandforsyninger, hvoraf 158 i 2005 er kommunalt ejede (Danva 2006). Derudover findes en række lokale vandforsyninger til bl.a. industri, institutioner, markvanding, sportspladser, gartneri og dambrug samt såkaldte enkelt-vandforsyninger, som hver forsyner 1-9 til husstande.

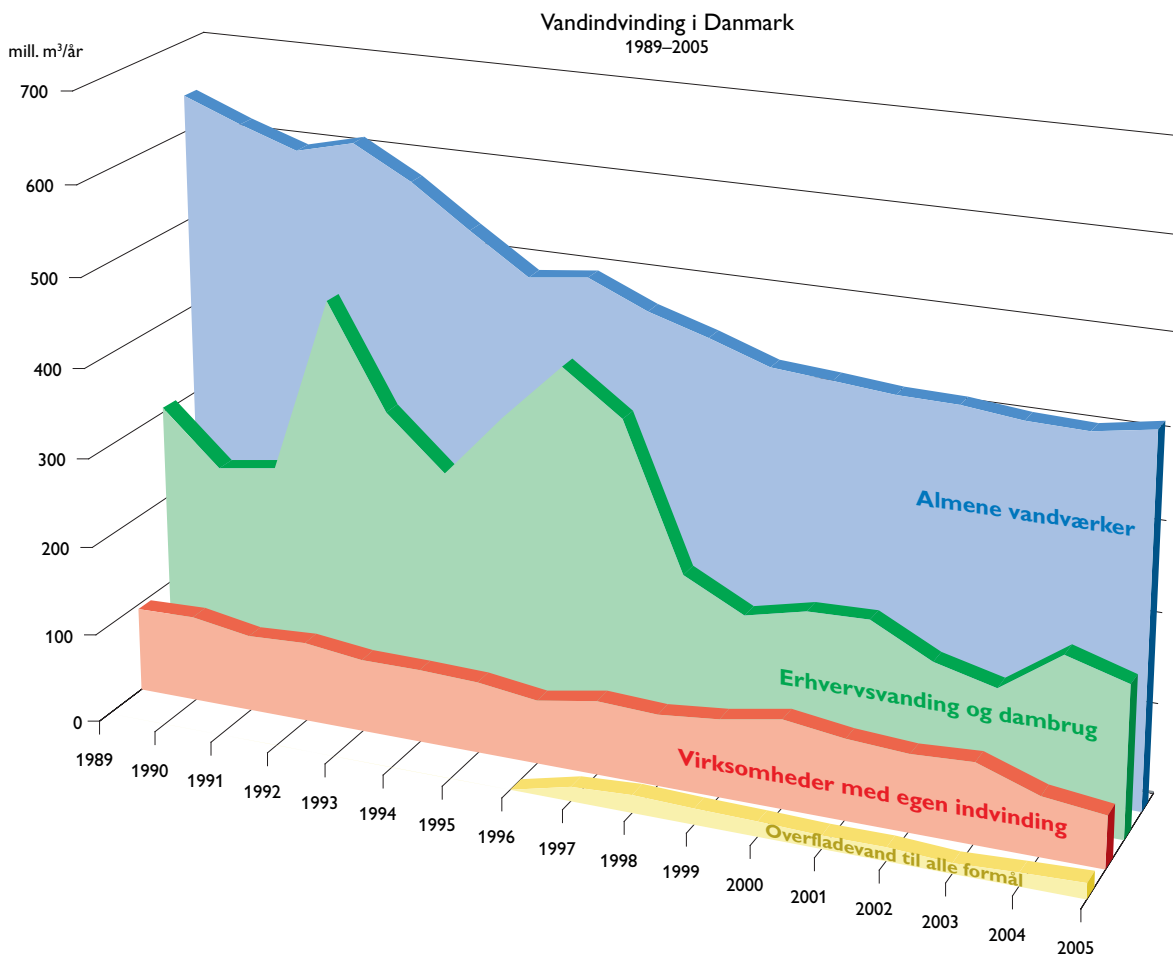
Målsætning

Det er en målsætning at kunne dokumentere ændringer i den oppumpede grundvands- og overfladevands-mængde på nationalt niveau.

Tilstand, udvikling og årsager

På grundlag af indberettede data og amternes grundvandsovervågningsrapporter er der foretaget en opgørelse af vandindvindingen for hele landet fordelt på fire hovedkategorier:

1. Almene vandværker: offentlige og private enkeltanlæg.
2. Erhvervsvanding: markvanding, gartneri og dambrug.
3. Industri mv.: erhverv, industri, institutioner, afværgepumpninger, grundvandssænkninger, enkelt-indvindinger til husholdninger og anden grundvandsindvinding.
4. Overfladevand.

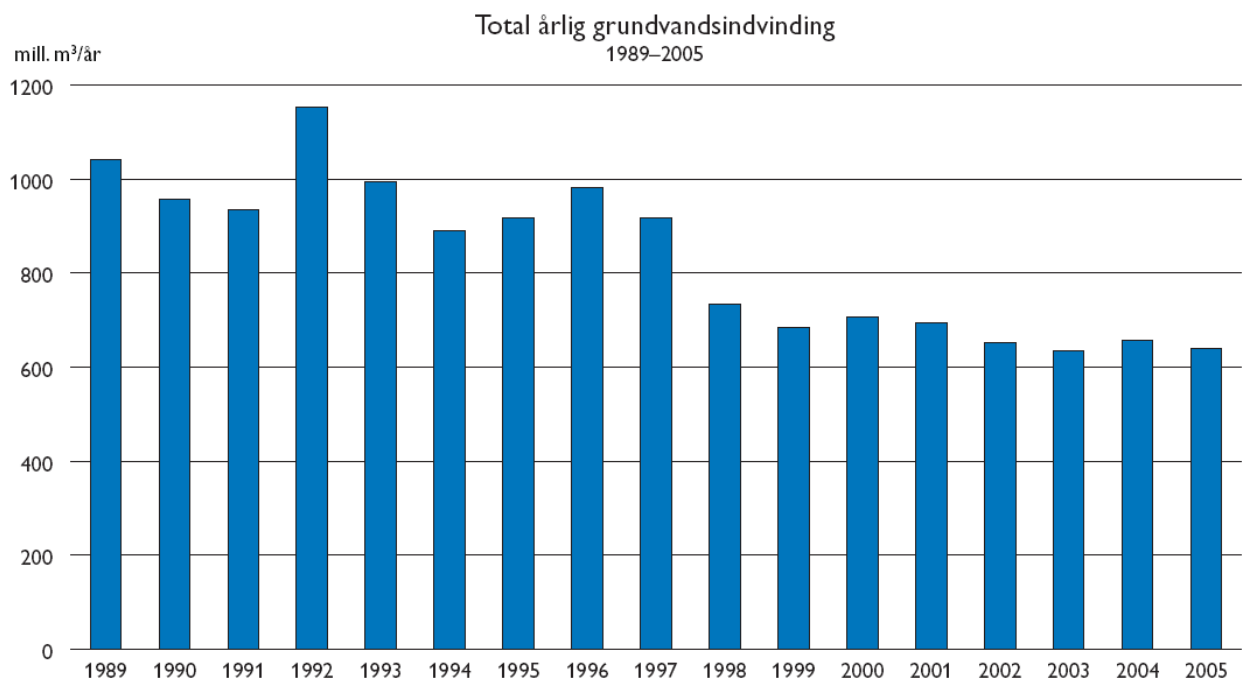


Figur 36. Vandindvinding i Danmark (mill. m³/år) fordelt på indvindingskategorier baseret på indberetninger til GEUS og oplysninger fra amternes overvågningsrapporter for perioden 1989-2004, for 2005 udelukkende på elektroniske indberetninger til GEUS. Der er ingen opgørelse af indvinding af overfladevand før 1997.

I figur 36 er vandindvindingen opgjort på de fire hovedkategorier for perioden 1989-2005. Den totale grundvandsindvinding i 2005 var på 640 mill. m³, og indvindingen af overfladevand 18 mill. m³. Indvindingen fra vandværker, den almene vandforsyning, udgjorde 65 % af den samlede indvinding (413 mill. m³). Oppumpning af grundvand til markvanding, gartneri og dambrug tegnede sig for 26 % af grundvandsindvindingen i Danmark i 2005.

Grundvandsindvinding til markvanding faldt lidt i 2005 i forhold til 2004. Modsat steg indvindingen til almen vandforsyning tilsyneladende på landsplan for første gang i over ti år fra 401 til 413 mill m³. Det er dog væsentlig at bemærke, at ændringerne i høj grad kan skyldes det ændrede datagrundlag.

Den samlede grundvandsindvinding, se figur 37, ser ud til at have fundet et stabilt niveau omkring godt 600 mill m³ pr. år efter en periode med et fald på omkring 37 % over de sidste ca. 15 år. Regionalt er der store udsving, idet markvanding i nogle områder af landet udgør over halvdelen af den årlige indvinding i år med tørre forår og somre, og derfor vil vejret i høj grad påvirke det regionale indvindingsmønster.



Figur 37. Den samlede grundvandsindvinding i Danmark (mill. m³/år) baseret på indberetninger til GEUS og oplysninger fra amternes overvågningsrapporter for perioden 1989-2004, for 2005 udelukkende på den elektroniske indberetning. Data fra 2006 er ikke indberettet.

Referencer vandvindvinding

Vand i tal. Benchmarking og vandstatistik 2006. DANVA 2006

9 Hydrologisk modellering og vandressourcevurdering

Baggrund

Den hydrologiske modellering indenfor NOVANA programmet blev initieret medio 2005. Med undtagelse af Bornholms regionskommune blev der indgået kontrakter mellem GEUS og de enkelte amtslige NOVANA aktører om den hydrologiske modellering. Opgaven blev udformet som et samarbejdsprojekt mellem amterne og GEUS, hvor det blev besluttet, at den eksisterende "DK-model" skulle opdateres til "DK-model NOVANA". For læsevenlighed vil "DK-model" blive refereret til som DK-model, mens "DK-model NOVANA" benævnes NOVANA model.

Formål

De overordnede formål med NOVANA modellen er, at den skal kunne anvendes som værktøj til vurdering af vandbalancen og grundvandsdannelsen på overordnet oplandsniveau og for grundvandsforekomster, samt kunne belyse grundvandsressourcens størrelse og udnyttelsesgrad under hensyn til klima, arealanvendelse og vandindvindingsstrategi. Formål og krav til modellen er endvidere specificeret i de tekniske anvisninger for den hydrologiske modellering i NOVANA.

Aktører

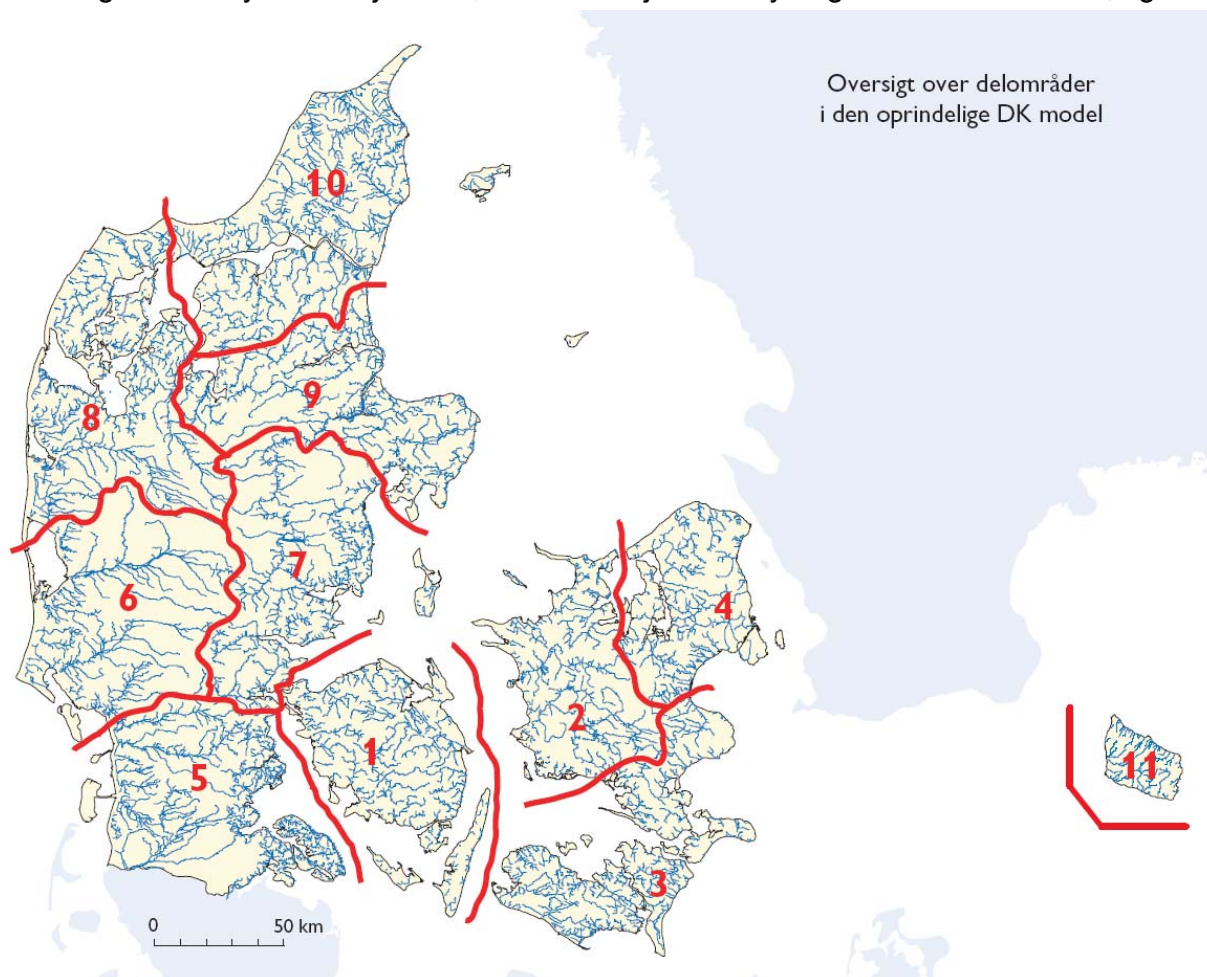
I forbindelse med strukturreformen er opgaven overgået fra amterne til de syv miljøcentre. Der har således været behov for nogle organisatoriske tilpasninger af projektet. Frem til 1/1 2007 var der etableret en projektstyringsgruppe for NOVANA modelleringen, der havde ansvaret for kvalitetssikring og godkendelse af det udførte arbejde. Endvidere var projektstyringsgruppen ansvarlig for udarbejdelse af forslag til eventuelle justeringer af projektet. For at sikre størst mulig samarbejde mellem amterne og GEUS var der tillige nedsat en arbejdsgruppe. Amternes deltagere i arbejdsgruppen fungerede som faglige sparringspartner samt kontaktperson og bindeled mellem amterne og GEUS, og havde det overordnede ansvar for dataleveringen fra amterne til GEUS.

Efter strukturreformen har styringsgruppen for grundvand besluttet, at der ikke skal eksistere en separat styringsgruppe for NOVANA modelleringen, men at opgaverne for den tidligere projektstyringsgruppe overtages af styringsgruppen for grundvand. Endvidere blev det besluttet, at der skulle udarbejdes et paradigme for NOVANA modellering på linie med de øvrige opgaver i NOVANA programmet. Paradigmaet vil blive baseret på de endelige kontrakter, men er for indeværende ikke udformet.

Styringsgruppen for grundvand har ligeledes besluttet, at der ikke nedsættes en egentlig arbejdsgruppe for projektet, men at der vil blive udpeget en faglig kontaktperson for hvert af de syv miljøcentre, mens den faglige sparring mellem GEUS og miljøcentrene forventes at kunne foregå i ERFA-gruppe regi. P.t. er der ikke etableret en relevant ERFA-gruppe, ligesom der mangler identificering af kontaktpersoner for nogle af miljøcentrene.

Opdatering

I forbindelse med den eksisterende DK-model blev det fundet problematisk at definere modelrander langs den jyske højderyg, hvorfor der er foretaget en ny inddeling af model delområder, endvidere har udviklingen i computerkraft gjort det muligt at definere større modelområder, hvilket også er benyttet for Sjælland, hvor hele Sjælland nu udgør en samlet model, figur 38.



Figur 38. Oversigt over delmodel områder i NOVANA modellen.

De vigtigste opdateringer i NOVANA modellen i forhold til den oprindelige DK-model er:

1. *Geologisk opdatering.* Den geologiske model i NOVANA modellen er opdateret på basis af den intensive geologiske kortlægning, der er udført i amterne i de senere år. Opdateringen er sket ved en sammenstilling mellem DK-modellens geologi og de geologiske/hydrologiske modeller, der var opstillet i et amt. For hvert amt blev der afholdt et todages amtsseminar med repræsentanter fra amtet samt GEUS, hvor de enkelte modeller blev gennemgået og der blev truffet beslutning om, hvorledes den geologiske opdatering skulle foretages. Selve opdateringen er efterfølgende foretaget på GEUS. I NOVANA modellerings kontrakterne var det indskrevet, at amterne efterfølgende skulle foretage en kvalitetssikring af den geologiske opdatering. Denne opgave overtages nu af miljøcentrene.

2. *Detaljeret beregningsgrid.* I NOVANA modellen anvendes en horisontal diskretisering på 500 x 500 m, modsat de 1000 x 1000 m anvendt i DK-model. Den geologiske model og den numeriske strømningsmodel er adskilt i det anvendte model system, hvilket gør det muligt at operere med forskellig detaljering. Dette er benyttet, så den geologiske model er opstillet i et 100 x 100 m grid. Hvor data gør det muligt, kan der således anvendes en mere detaljeret geologisk model. Til sammenligning var en typisk grid størrelse for amtsmodellerne i størrelsesordenen 200 m, mens kun få modelopstillinger har anvendt en diskretisering på 100 m eller derunder.
3. *Opdatering af vandløb.* Vandløbsmodelsystemet for Sjælland og Fyn er konverteret til MIKE11, der giver mulighed for en mere korrekt fysisk beskrivelse af vandløbene, MIKE11 blev allerede anvendt for Jylland i DK-model. Detaljeringen af vandløbene er blevet opdateret, dels gennem anvendelse af eksisterende (og typisk mere detaljerede) modeller i amterne og dels ved opdatering af de fysiske beskrivelser (opmålinger). Endeligt er der, på basis af amternes anbefalinger, inkluderet flere vandløb og delstrækninger, end de der var indlagt i DK-modellen.
4. *Detaljering af klimadata.* I DK-modellen var de klimatiske data baseret på 40 x 40 km klimagrid fra DMI. I den nye version anvendes der fra 1999 og frem en opløsning på 10 x 10 km (nedbør) og 20 x 20 km (temperatur og fordampning).
5. *Indvindingsdata.* I DK-modellen er indvindingen fordelt på anlægsniveau, dvs. den samlede indvinding fra et anlæg sker fra ét punkt til trods for at de større indvindinger ofte er fordelt på flere boringer på en kildeplads. I NOVANA modellen indlægges indvindingerne på indtagsniveau, dvs. den oppumpede mængde på et anlæg fordeles over de aktive indtag tilknyttet til anlægget. Denne differentiering er primært blevet muligt via datavasken udført i 2006. Som udgangspunkt antages en ligelig fordeling på indtagene tilknyttet ét anlæg, denne fordeling vil dog kunne justeres i det omfang miljøcentrene har en mere detaljeret viden herom.
6. *Opdateret kalibreringsdata.* Pejldata anvendt til kalibrering er trukket ud af Jupiter. Da DK-modellen blev opstillet indeholdt Jupiter begrænset data, da data fra amternes egne pejledata ikke blev indberettet. For at få en tilstrækkelig rumlig dækning af data var det derfor nødvendigt at medtage ældre potentiale målinger (tilbage fra 1970). Med datavask projektet skulle der ske en væsentlig opdatering af pejlingerne indlagt i Jupiter, så det er muligt at undgå pejlinger af ældre dato, der ikke kan forventes at afspejle de aktuelle forhold (klima og indvindinger).

Status

I perioden 2005 – 2006 var den vigtigste opgave, at få indsamlet viden og data fra amterne inden disse blev lukket ned, hvor der specielt har været anvendt en stor ressource på opdateringen af den geologiske model.

1. *Geologisk opdatering.* Der er nu opstillet en 1. versions geologisk model for Sjælland, Fyn samt Jylland fra grænsen mod Tyskland og næsten til Limfjorden. Kvalitetssikringen af den geologiske model for Sjælland er igangværende og forventes gennemført i løbet af sommeren 2007.
2. *Numerisk model.* Der er opstillet en numerisk model for Fyn og Sjælland, mens der mangler en mindre del af opstillingen for Midtjylland (område 5). Fyn modellen er i store træk færdigkalibreret dog mangler der en sidste finkalibrering. Kalibreringen af Sjælland og øerne (område 1 og 2) påbegyndes i sensommeren 2007.

Projektets status er løbende blevet forelagt projektstyringsgruppen for NOVANA modellering, løbende status vil fremover blive forelagt styringsgruppen for grundvand.

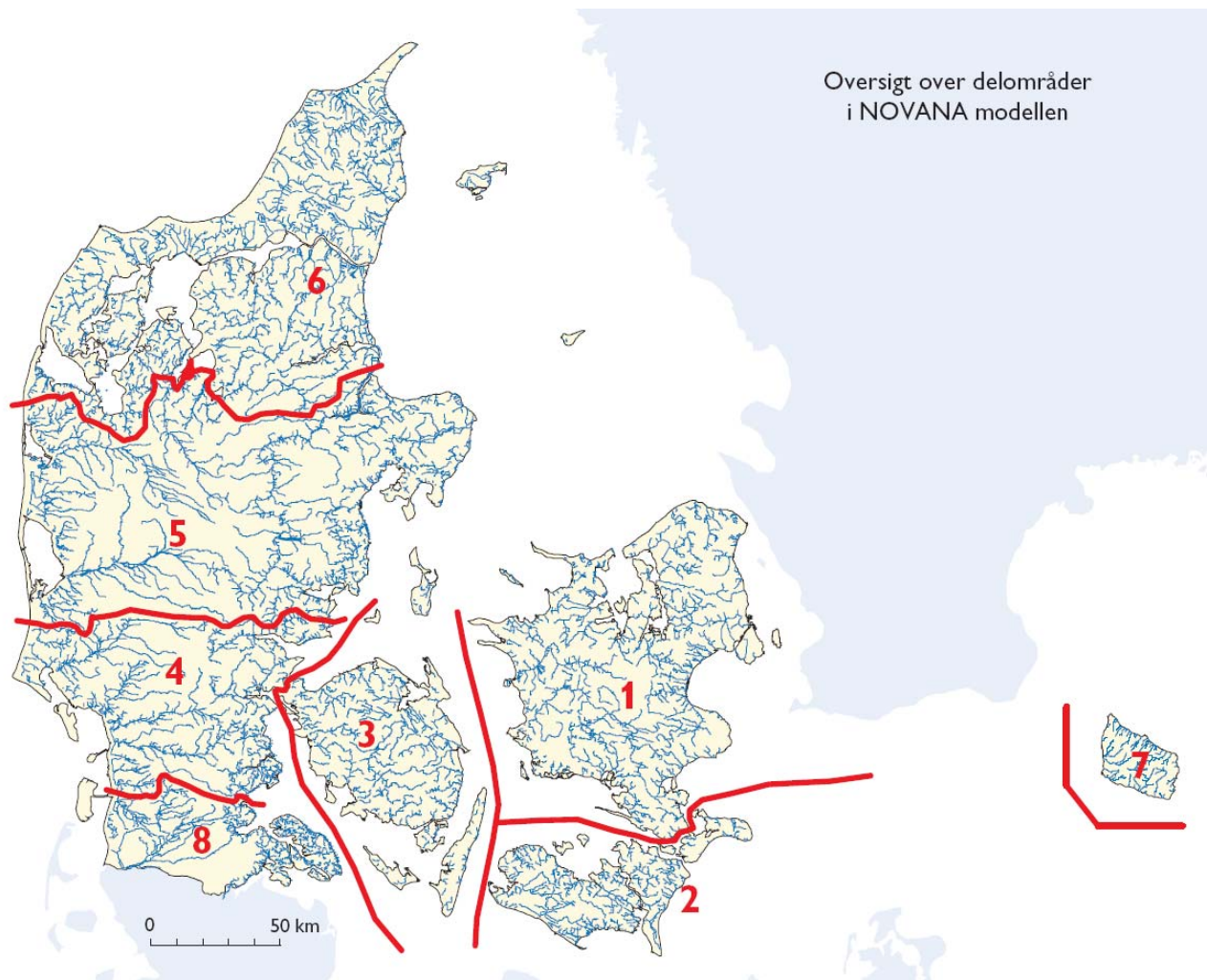
Vurdering af ressourcen

I forbindelse med NOVANA modellering skal der udvikles nye indikatorer samt foretages nye simuleringer til vurdering af den udnyttelige ressource. Indikatorer samt metode for ressourceopgørelsen er endnu ikke udviklet. Resultaterne rapporteret herunder er derfor baseret på DK-modellen og den metode der blevet udnyttet i forbindelse med rapporten "Ferskvandets Kredsløb" (Henriksen og Sonnenborg, 2003).

Ressourcevurderingen er foretaget ved en fremskrivning af klima- og indvindingsdata og afvikling af nye simuleringer med DK-modellen. De nødvendige input data var ved simuleringens påbegyndelse kun tilgængelig frem til 2005, hvorfor simuleringerne ligeledes er foretaget frem til 2005. For at kunne udføre en sammenligning mellem de tidligere resultater fra Ferskvandets Kredsløb, er simuleringerne i videst mulig omfang udført på samme måde, dog med enkelte afvigelser:

- *Klimadata.* Nettonedbøren er beregnet til 2005 baseret på 40x40 km klimagriddene. Idet der er foretaget et skift fra Penmann til Makkink mit. fordampningskorrektionerne, har det været nødvendigt at beregne nye nettonedbørskorrektioner for alle modelområderne.
- *Indvindinger.* Vurderingen af den udnyttelige ressource i Ferskvandets kredsløb er baseret på indvindingsdata fra 2000. Opdateringen af indvindingerne i DK-modellen er en forholdsvis stor opgave, hvis resultat ikke kan anvendes fremover i en opdateret NOVANA model. Styringsgruppen for grundvand har godkendt, at der blev foretaget en simpel opdatering baseret på udviklingen i indvindingen i perioden 2000 – 2005. En analyse af indvindingen frem til 2005 viste, at indvindingen til andre formål end markvanding har været relativt konstant, og indvindingen i 2000 er derfor antaget repræsentativ for perioden 2000 – 2005. Indvindingen til markvanding er beregnet på samme måde som i Ferskvandets Kredsløb, dog har overgangen fra Penmann til Makkink fordampning gjort det nødvendigt at beregne en ny regression for sammenhængende mellem vandunderskud og markvandingen, for at sikre den samme markvandingsmængde som i Ferskvandets kredsløb. Den anvendte markvanding er således varierende fra år til år som resultat af den klimatiske variation.
- *Sjællandsmodel.* I forbindelse med DK-modellen var der nogle randproblemer specielt mellem nord og syd modellen. Dette er senere blevet afhjulpet ved en sammenlægning af de tre tidligere Sjællands modeller til én samlet model. Vurderingen præsenteret heri er derfor baseret på simuleringer med den samlede Sjællandsmodel.

Udviklingen i ressourcen er opgjort på delmodel og underoplandsniveau, hvor der er foretaget samme massebalance udtræk som i Ferskvandets Kredsløb. For hvert modelområde (figur 39) er vandbalancen for 2005 repræsenteret i en vandbalance figur samt på tabelform og nøgletal er illustreret grafisk for perioden 2001 – 2005. Opgørelsen for de enkelte delmodeller samt vandbalancer for underoplandene kan downloades fra <ftp://novana:dnaon07@geus.zolid.dk>



Figur 39. Oversigt over delmodel områder i DK-modellen, i nærværende opgørelse er der anvendt én samlet model for Sjælland

Sammenfatning af ressourcevurdering

På nationalt niveau har der de sidste år (2001-2005) været en væsentlig mindre nedbør end den foregående 10-års periode (1991 – 2000) som ressourcevurderingen i Ferskvandets Kredsløb er baseret på, specielt har 2003 været tør. Som følge heraf er nettonedbør for perioden 2001 – 2005 reduceret til ca. 60-75 % i forhold til 1991 – 2000. Den lave nettonedbør har medført, at der har været en negativ opmagasinering for de fleste år i de enkelte delmodeller, kun i 2004 var der en betydende opmagasinering og dette er kun gældende for nogle af delområderne. Samlet set har der således været en negativ opmagasinering for alle delområder i perioden 2001 – 2005. Trods en negativ opmagasinering er den beregnede grundvandsdannelse relativt konstant over perioden. Dette betyder, at der generelt er en vis robusthed i systemet, hvor enkelte meget tørre år, som 2003, ikke slår fuldt igennem med en reduceret grundvandsdannelse. Det skal her bemærkes, at den beregnede grundvandsdannelse er grundvandsdannelsen til lag 3 for Sjælland og Fyn og lag 5 for Jylland, den negative opmagasinering er således relaterede til de øverste lag. Ved en længere årrække med vedblivende lav nedbør, vil den negative opmagasinering medføre en reduceret grundvandsdannelse til de betragtede lag.

Den totale afstrømning til vandløbene (direkte tilstrømning fra magasinerne + drænafstrømning + overfladisk afstrømning) påvirkes i meget høj grad af svingningerne i nettonedbøren idet en stor andel af den totale afstrømning udgøres af drænafstrømning, der styres direkte af nettonedbøren. Til gengæld er den direkte tilstrømning fra magasinerne relativt konstant. Dette stemmer overens med den relative konstante grundvandsdannelse, da tilstrømningen fra magasinerne til vandløbene primært sker fra de ikke-overfladenære magasiner, dvs. under lag 3 og 5 for hhv. Sjælland/Fyn og Jylland.

Referencer modellering og ressourcevurdering

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

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

10 Fokuspunkt Nye korte boringer

Udgår pgr. manglende data

12. Referencer

Danva 2006: Vandstatistik. Drikkevand og spildevand 2005. Vand i tal.

Danva 2006: Benchmarking og vandstatistik 2006.

DMU 2005: 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 samt <http://www.dmu.dk/Overvågning/NOVANA/Programbeskrivelse+del+3/> DMU 2005

Miljøministeriet 1988: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 515 af 29. august 1988

Miljø- og Energiministeriet 2006: Bekendtgørelse om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse forlige stoffer til vandløb, søer eller havet. Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 1669 af 12. dec. 2006.

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.

Miljø- og Energiministeriet 2001: Bekendtgørelse nr 871 om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 871 af 21. september 2001.

Miljøstyrelsen, 2006. BEK nr. 1664 af 14/12/2006. Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen. (Drikkevandsbekendtgørelsen)

Miljøstyrelsen 2007, Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 26, 2007. Almene vandværkers boringskontrol af pesticider og nedbrydningsprodukter. red: Walter Brüsch.

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

Europa-parlamentets og rådets direktiv 2006/118/EF om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelse, EU 2006 (Grundvandsdirektivet)

Europa-parlamentets og rådets direktiv 2000/60/EF, EU 2000, om fastsættelse af en ramme for fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger. (Vandrammedirektivet).

GEUS, 2004 Forurenede drikkevand i små vandforsyningsanlæg. GEUS rapport 2004/9.

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

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

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

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

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

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

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.

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

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

Århus Amt, 2004. Redegørelse for grundvandsressourcerne i Århus Nord-området. Eds: Verner Søndergaard, Richard Thomsen, Ole Dyrsø, Thomas Nyholm, Erling Fuglsang, Lærke Thorling, Per Misser og Birgitte Hansen.

www.oliebranchen.dk