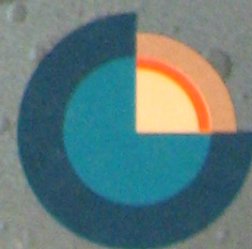
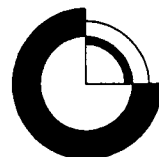


# GRUNDVANDS OVERVÅGNING 1996



# GRUNDVANDSOVERVÅGNING 1996



***Særudgivelse***

***Redaktør:*** Jens Stockmarr

***Tegning:*** Annabeth Andersen

***Omslag og foto:*** Peter Moors

***Oplag:*** 700 eks.

***Dato:*** 5. december 1996

ISBN 87-7871-008-1

***Pris:*** 100,- eks. moms

© **Miljø- og Energiministeriet**

**Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, GEUS**

Thoravej 8, DK-2400 København NV

Telefon: 38 14 20 00

Telefax: 38 14 20 50

***I kommission hos:***

**Geografforlaget Aps**

Ekspedition: Fruerhøjvej 43, 5464 Brenderup

Telefon: 64 44 16 83

Telefax: 64 44 16 97

# Indhold

<b>Forord</b>	<b>5</b>
<b>Sammenfatning</b>	<b>7</b>
<b>English Summary</b>	<b>9</b>
<b>1. Indledning</b>	<b>11</b>
<b>2. Grundvandets hovedbestanddele</b>	<b>13</b>
2.1 Nitrat	13
2.1.1 Udviklingen i grundvandets indhold af nitrat	13
2.1.2 Amternes status over grundvandets indhold af nitrat	18
2.1.3 Nitrat - sammenfatning	20
2.2 Fosfor	20
2.2.1 Udviklingen i grundvandets indhold af fosfor	20
2.2.2 Amternes status over grundvandets indhold af fosfor	20
2.2.3 Fosfor - sammenfatning	21
2.3 Redoxaktive komponenter - jern, mangan og sulfat	21
2.3.1 Redoxforhold	22
2.3.2 Redoxforhold i grundvandets hovedklasser	22
2.3.3 Sammenfatning om redoxzoner	24
2.3.4 Fordelingen af redoxaktive komponenter i forskellige redoxzoner	25
2.3.5 Sammenfatning om fordelingen af redoxaktive komponenter	26
<b>3. Uorganiske sporstoffer</b>	<b>29</b>
3.1 Grundvandsovervågning.	29
3.1.1 Overskridelser af grænseværdien for drikkevand.	29
3.1.2 Arealanvendelse i relation til grundvandets kemiske sammensætning.	30
3.1.3 Koncentrationsfordeling.	32
3.1.4 Sammenfatning om uorganiske sporstoffer af grundvandsovervågning	32
3.2 Vandværkernes boringskontrol	33
3.2.1 Overskridelser af grænseværdi for drikkevand.	33
<b>4. Organiske mikroforureninger</b>	<b>35</b>
4.1 Grundvandsovervågningen	35
4.2 Vandværkernes boringskontrol	37
4.3 Sammenfatning om organiske mikroforureninger	38
<b>5. Pesticider og nedbrydningsprodukter</b>	<b>39</b>
5.1 Pesticider i grundvandsovervågningen.	39
5.2 Pesticider i vandværkernes boringskontrol	40
5.3 Grundvand under byer	42
5.4 Dybdemæssig fordeling af pesticidfund	42
5.5 Udvalgte hovedbestanddele og pesticider.	43
5.6 Udvidede analyseprogrammer i Danmark	44
5.7 Fladebelastning eller punktkilder	46
5.8 Sammenfatning om pesticider og nedbrydningsprodukter	47

<b>6. Vandindvinding</b>	<b>49</b>
6.1 Forsyningsstruktur og vandindvinding i 1995	49
6.2 Grundvandsressourcen	51
6.3 Almene vandværker og drikkevandskvalitet	52
<b>Litteratur</b>	<b>55</b>
<b>Bilag</b>	<b>57</b>

# Forord

Nærværende rapport præsenterer resultater baseret på data indsamlet af amterne og amternes årlige rapporter, der udføres som en del af den nationale grundvandsovervågning, der bl.a. er etableret for at følge konsekvenserne af Vandmiljøplanens tiltag for at nedbringe udvaskningen af kvælstof og fosfor til vandmiljøet. Endvidere bygger nærværende rapport på resultaterne af vandværkernes boringskontrol, der indsamles af kommunerne og videreformidles til amterne, hvor de indgår i amternes rapportering og dataindberetning til fagdatacentret for grundvand ved GEUS.

Omfanget af analyseprogrammet og rapporteringerne er fastlagt af 'Aftaleudvalget for Vandmiljøplanens overvågningsprogram', der består af repræsentanter for amter, hovedstads-kommuner, GEUS, Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) og Miljøstyrelsen.

Rapporten er en faglig rapport og målgruppen for rapporten er regeringen, Folketinget, offentligheden og Miljøstyrelsen, der har ansvaret for den samlede rapportering af Vandmiljøplanens overvågningsprogram.

Den faglige vurdering af data og de amtslige rapporter er i denne rapport præsenteret ved oplæg fra medarbejdere ved GEUS, der har de pågældende fagområder som deres arbejdsområde:

Hovedkomponenter	Per Nyegaard, Per Rasmussen og Vibeke Ernstsen
Uorganiske Sporstoffer	Carsten Langtofte
Organiske mikroforureninger	Bo Lindhardt
Pesticider og nedbrydningsprodukter	Walter Brusch
Vandindvinding	Hans Jørgen Henriksen

Projektgruppen, der står bag rapporten, består endvidere af Poul Merkelsen, Bruno Haldbæk, Birgit Pedersen, Frants von Platen, Annabeth Andersen, Benny Scharck og projektlederen Jens Stockmarr.

En foreløbig version af rapporten har været udsendt til kommentering i amterne, Københavns og Frederiksberg Kommune og Miljøstyrelsen. De modtagne kommentarer er i det væsentligste blevet anvendt i forbindelse med udarbejdelsen af den endelige rapport.



# Sammenfatning

Grundvandsovervågningen bygger på oplysninger fra grundvandsovervågningsområder, landovervågningsoplande og vandværkernes boringskontrol, som tilsammen giver os den væsentligste viden om grundvandets kemi og grundvandets forureningstilstand.

På grundlag af amternes rapportering og bearbejdning af de indsamlede data fra grundvands- overvågningen, kan det konkluderes, at der i grundvandets nitratindhold endnu ikke ses nogen generel effekt af Vandmiljøplanen. Vandværkernes boringskontrol viser, at 10% af vandværkernes boringer leverer vand med nitrat over den vejledende grænseværdi på 25 mg/l.

Grundvandets indhold af fosfat er betinget af geologiske forhold og udgør ikke noget problem for vandforsyningen. I forhold til rapporteringen i 1995, hvor grundvand var tema og derfor genstand for en grundigere gennemgang, beretter amterne om et uændret eller ikke væsentligt ændret fosforindhold i grundvandet i overvågningsområderne. Fosforindholdet i grundvandet er generelt lavt, under den højst tilladelige værdi for drikkevand på 0,15 mg P/l og ofte under analysedetekteringsgrænsen.

I de sidste års rapporter om grundvandsovervågningen er grundvandet opdelt i 6 hovedklasser og det viser sig at det geokemiske miljø varierer inden for disse hovedklasser. Det eksisterende datamateriale giver oplysninger om udbredelsen af fire redoxzoner, Iltzonen, Nitratzonen, Jern- og sulfatzonen og Methanzonen og det har været muligt, at beskrive det geokemiske miljø i den overvejende del af disse redoxzoner.

De fire redoxzoner er dog ikke ensartet udviklet og forekommer ikke alle indenfor samtlige 6 grundvandshovedklasser. Hovedklasse A, der især er udbredt i Vestjylland, viser f.eks., som den eneste af de undersøgte hovedklasser, en dybere udbredelse af Iltzonen end Nitratzonen, hvilket antagelig skyldes lang tids iltning (> 100.000 år) og udvikling af en dyb iltet zone, der kun delvis er påvirket af de sidste 50 års intensive landbrug.

Fremtidige undersøgelsesresultater af pesticider og organiske mikroforureninger vil, i det omfang undersøgelserne gennemføres under kontrollerede pH og Eh forhold, kunne relateres til redoxforholdene i grundvandsmagasinerne.

Grænseværdien for drikkevand overskrides i et varierende antal tilfælde for stofferne arsen, cadmium, selen, nikkel, zink og aluminium, samt for barium, hvor der dog kun findes en vejledende grænseværdi. De uorganiske sporstoffer nikkel, zink og aluminium påkalder sig særlig interesse, idet der gennem perioden 1988-1995 er konstateret en stigning i grundvandets indholdet af disse stoffer, muligvis som følge af nedsivning fra gødning.

I vandværkernes boringer overskrides grænseværdien for nikkel og zink i drikkevand i henholdsvis 3% og 12% af de undersøgte boringer. Grænseværdien for aluminium i drikkevand overskrides i 22% af de undersøgte boringer. Stigning i indholdet af aluminium tilskrives forurening af de øverste jordlag.

Dette grundvand kan altså ikke umiddelbart anvendes til drikkevand, f.eks. i forbindelse med enkeltforsyning og små fællesvandforsyninger uden vandbehandling. I større vandværker med



vandbehandling må det antages, at de uorganiske sporstoffer til en vis grad tilbageholdes i okkerslammet fra vandværkernes sandfiltre.

Organiske mikroforureninger udgøres især af triklormethan (kloroform), trikloretylen, benzen og fenol. Mens triklormetan muligvis dannes i naturen, stammer de øvrige organiske mikroforureninger fra punktkilder, d.v.s. lossepladser, industrigrunde og affaldsdepoter. Kun i enkelte tilfælde er grænseværdien for drikkevand overskredet.

I Grundvandsovervågningen analyseres der fortsat for 8 pesticider, der alle er fundet i grundvandet, om end i forskellig mængde. Generelt kan det konstateres at der er pesticider i 10-15% af de overvågningsboringer der repræsenterer grundvand i de øverste 50 meter under terræn og i 2,9% af de undersøgte boringer er grænseværdien for drikkevand overskredet.

I vandværkernes boringskontrol er der undersøgt for et varierende antal pesticider og konklusionen er, at der findes væsentlig flere pesticider i grundvandet end de 8, der idag indgår i grundvandsovervågningen. Af de undersøgte 2.798 boringer er der fundet pesticider i 235 boringer eller 8,4% og grænseværdien for drikkevand er overskredet i 3,6% af de undersøgte boringer.

Denne forekomst skyldes enten, at de undersøgte grundvandsmagasiner er påvirket af fladebelastning eller af belastning fra punktkilder ud over almindelige lossepladser, som. f.eks. vaskepladser for sprøjteudstyr, spild nær boringer og nedgravede pesticidrester. Endvidere kan forekomsterne skyldes intensiv fladebelastning som gartnerier, juletræskulturer, parker, vej- og jernbanearealer, private haver, m.v.

Antallet af pesticidpåvirkede private boringer og brønde, der forsyner enkelte husstande, er langt større end antallet af pesticidpåvirkede vandværksboringer. Det skyldes, at boringerne ofte er uheldigt placeret på f.eks. gårdspladser, og at der indvindes overfladenært grundvand.

De første resultater fra udvidede analyseprogrammer for pesticider og deres nedbrydningsprodukter viser, at antallet af påviste pesticider stiger, når der analyseres for flere pesticider eller nedbrydningsprodukter. Dette gælder især terrænnært, ungt grundvand, men også i nogle tilfælde dybereliggende, ældre grundvand. Der er således grund til at frygte, at langt flere boringer end hidtil antaget indeholder pesticider eller deres nedbrydningsprodukter.

Vandindvindingen på almene vandværker og til industrier med egen indvinding er formindsket væsentligt siden 1989, bl.a. andet som følge af den stærke fokusering på vandbesparelser og stigende omkostninger til vandforsyning, afledning og opvarmning. Indvinding til erhvervs Vanding varierer fra år til år afhængig af vejrforhold. Generelt er der ikke sket nogen mindskelse af indvindingen til erhvervs Vanding.

Den samlede vandindvinding i Danmark i 1995 var ca. 915 mio. m<sup>3</sup>. Grundvandsressourcens størrelse er af Vandrådet i 1992 vurderet til ca. 1.800 mio. m<sup>3</sup>. Imidlertid skal de forurenede dele af grundvandsressourcen fraregnes, hvorfor den til rådighed værende bæredygtige vandressource anses at være væsentligt mindre.

## English summary

Groundwater monitoring in Denmark is based on detailed measurements of groundwater chemistry in 67 monitoring areas, 6 agricultural watersheds and on the results of regular monitoring by the water works.

Based on the county reports and analysis of groundwater monitoring data it can generally be concluded that a decrease in the nitrate content has still not been demonstrated. 10% of the wells used for drinking water supply show a content of nitrate above the guide level of 25 mg/l nitrate.

Phosphate in groundwater is due to geological conditions and is not a problem to drinking water supply. In relation to the 1995 reports on groundwater monitoring, where the groundwater chemistry was the theme of the year, the counties report no change in the phosphate content in the groundwater monitoring areas. The phosphate content in groundwater is generally low, typically below the maximum admissible limit of 0,15 mg P/l for drinking water, and often below the detection limit

The latest annual groundwater monitoring reports divides groundwater into 6 main classes within which the geochemical environment vary. The groundwater monitoring data give information on the extent of four redox zones, the oxic zone, the nitrate zone, the iron-and sulphate zone and the methane zone. It has been possible to describe the prevailing geochemical environment in these redox zones.

The four redox zones are not equally developed and do not exist within all 6 groundwater main classes. The main class A is the only groundwater class with a deeper oxic zone than nitrate zone. This is probably due to long time oxidation (> 100,000 years) and development of a deep oxidised zone, as class A is primarily extended in western Jutland, which was not glaciated during the weichsel glaciation. Western Jutland has only been influenced by intensive farming during the last 50 years.

The maximum admissible limit for arsenic, cadmium, nickel, zinc and aluminium is sometimes exceeded and the guide level for barium is generally exceeded. Concentrations of nickel and zinc increased during the period 1990-1995, probably due to infiltration from manure. In water works wells the maximum admissible limit for nickel and zinc in drinking water is exceeded in 3% and 12% of the wells, respectively. The limit for aluminium in drinking water is exceeded in 22% of the examined wells. The increase in the aluminium content is ascribed to top soil acidification.

Groundwater with high content of these metals cannot be used for drinking water production without treatment. In larger water works these metals are expected partially to be retained in ochre mud in the sand filters.

Organic micropollutants, such as trichloromethane, trichloroethane, benzene and fenol are detected in some wells, but only few above the maximum admissible limit for drinking water. While trichloromethane may be naturally formed in forests, the others come from waste disposals and industrial spills.

Eight pesticides have been analysed for during the last 6 years and have been detected in 10-15% of the shallow groundwater wells. In 3% of the examined monitoring wells the maximum admissible limit for drinking water is exceeded.

Analyses at the water works indicate that several other pesticides, in addition to the 8 pesticides analysed for in the groundwater monitoring programme, are found in groundwater. From 2,798 water work wells examined, pesticides were detected in 235 wells or 8.4% and the maximum admissible limit for drinking water was exceeded in 3.6% of the wells.

This is either due to general use of pesticides or leaking from point sources, including washing areas for spraying equipments and pesticide spills. Furthermore the pollution may be due to intensive use of pesticides in gardening, christmas tree cultivation, parks, road and railroad areas, private gardens, etc.

The number of pesticide influenced small private wells and dugwells is much higher than the number of influenced water work wells, due to inappropriate location of wells on e.g. courtyards and due to abstraction from very shallow groundwater.

The first results from extended analysis programmes for pesticides and metabolites show that the number of pesticides detected increase, when more pesticides and metabolites are being looked for, especially in shallow groundwater. Thus there is reason to believe that more wells contain pesticides or metabolites.

Groundwater abstraction by common water works and industries with their own wells has decreased since 1989, due to water conservation campaigns and increasing tax on drinking water, waste water and water heating. Groundwater abstraction for irrigation varies depending on the weather conditions. However, no decrease in abstraction rates has been registered.

The groundwater abstraction in 1995 was 915 million m<sup>3</sup>. The size of the total groundwater resource was in 1992 estimated to approximately 1.800 million m<sup>3</sup>. The sustainable groundwater resource is probably considerably smaller in volume when accounting for contaminated groundwater.

# 1. Indledning

## *Grundvandsovervågning*

I forbindelse med vedtagelsen af Vandmiljøplanen i efteråret 1987 blev der fra den 1. oktober 1988 etableret et landsdækkende program til overvågning af vandmiljøet, herunder grundvandet.

Den landsdækkende grundvandsovervågning blev iværksat med det formål at registrere grundvandets belastning med kvælstof og fosfor samt vurdere virkningerne på grundvandet af ændringer i næringsstofbelastningen. Endvidere har grundvandsovervågningen det formål generelt at følge udviklingen i grundvandsressourcens kvalitet og størrelse, for også i fremtiden at kunne sikre Danmarks befolkning drikkevand af god kvalitet.

I hele landet blev der etableret 67 grundvandsovervågningsområder (GRUMO), se figur 1.1. Hvert grundvandsovervågningsområde skulle som gennemsnit udbygges med 15 overvågningsfiltre i hovedgrundvandsmagasinet (liniemoniterende borer) og i øvre sekundære grundvandsmagasiner (punktmoniterende borer) samt en indvindingsboring (volumenmoniterende boring). De 67 områder dækker nogenlunde variationerne i de danske grundvandsmagasiner.

I forbindelse med revisionen af grundvandsovervågningen i 1992, blev det besluttet at udvide antallet af overvågningsfiltre til i gennemsnit 17 filtre pr. opland, og idag omfatter grundvandsovervågningen 1.061 filtre, der er egnede til analyse for grundvandets hovedbestanddele og 893 filter, der er egnede til analyse for specielle parameter, som uorganiske sporstoffer, pesticider og andre organiske mikroforureninger.

Foruden de 67 grundvandsovervågningsområder blev der etableret 6 landovervågningsoplande (LOOP), se figur 1.1, hvor bl.a. kvaliteten af det helt nydannede grundvand overvåges. Landovervågningen foretages i velafgrænsede afstrømningsoplande på mellem 5 og 15 km<sup>2</sup> overordnet med henblik på at fastlægge vandbalancen og næringsstofudvaskningen fra veldefinerede landbrugsområder med kendt landspraksis. Overvågningen af disse oplande blev ved revisionen af overvågningsprogrammet i 1992 udvidet til, ud over analyse for grundvandets hovedbestanddele, også at omfatte et mindre analyseprogram for de 8 pesticider, der også analyseres for i grundvandsovervågningen. Det gældende analyseprogram for grundvandsovervågningen i såvel GRUMO som LOOP er beskrevet i revisionsrapporten for 1993-97 (Miljøstyrelsen 1992b).

## *Vandværkernes boringskontrol*

I forbindelse med Miljøministeriets bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (Miljøministeriet 1988), blev der fra 1. januar 1989 stillet krav om overvågning af det grundvand, der indvindes i vandværkernes borer - den såkaldte boringskontrol.

## *Rapportering af grundvandsovervågningen*

Hvert efterår siden 1989 har GEUS (tidligere DGU) udarbejdet en rapport over grundvands-overvågningen. Det er vedtaget at rapporteringen skal ske efter et standardiseret format, således at rapporteringen bliver overskuelig og ikke for omfattende. Sidste år rapport,

Grundvandsovervågning 1995 (GEUS 1995) var ekstraordinært omfattende, idet grundvand var udvalgt som årets tema indenfor vandmiljøovervågningen. Dette års rapport er igen en standardrapport.

Årets rapport bygger, som de foregående, på de data amterne har indberettet til den grundvandskemiske database ved GEUS samt på de årlige rapporter fra amterne. Omfanget af såvel GEUS's rapport som amternes rapport er defineret af styringsgruppen for grundvands- overvågning, der repræsenterer amter, hovedstadskommuner, Kommunernes Landsforening, Miljøstyrelsen og GEUS, og godkendt af aftaleudvalget for Vandmiljøplanens overvågnings- program, der består af ledende repræsentanter for Miljøstyrelsen, amter, hovedstadskommuner, Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) og GEUS.



Figur 1.1 Grundvandsovervågningsområder (GRUMO) og landovervågningsoplande (LOOP) i Danmark.

## 2. Grundvandets hovedbestanddele

I dette års rapport over grundvandsovervågningen behandles kun hovedbestanddelene nitrat og fosfat. Endvidere behandles grundvandets redoxforhold som et specielt tema for året.

### 2.1 Nitrat

#### 2.1.1 Udviklingen i grundvandets indhold af nitrat

##### Dataoversigt

I sidste års temarapport blev der kun benyttet nitratdata fra filtre, som var analyseret hvert år for hele perioden 1990-94. Dette princip er blevet fortsat i dette års rapport, således at data til bedømmelse af udviklingen i grundvandets nitratindhold omfatter årene fra 1990 til og med 1995. Desuden skal nitratindholdets medianværdi for hele perioden være større end 1 mg/l. En oversigt over data der har været tilrådighed til dette års rapportering fremgår af tabel 2.1.

<b>Filter gruppering</b>	<b>Antal</b>
Filtre i basen med NO <sub>3</sub> analyser	1.286
Filtre i basen med NO <sub>3</sub> > 1 mg/l (median)	494
Aktive filtre etableret i 1990 eller før med NO <sub>3</sub> analyser	970
Aktive filtre etableret i 1990 eller før med NO <sub>3</sub> >1 mg/l (median) i den aktive periode	402
Filtre i basen med NO <sub>3</sub> data fra 90-95 - analyser i alle år	797
Filtre i basen med NO <sub>3</sub> >1 mg/l (median) for perioden 90-95 med analyser for alle år	307

Tabel 2.1. Antal filtre til beskrivelse af nitratudviklingen i grundvandsovervågningsområderne (GRUMO).

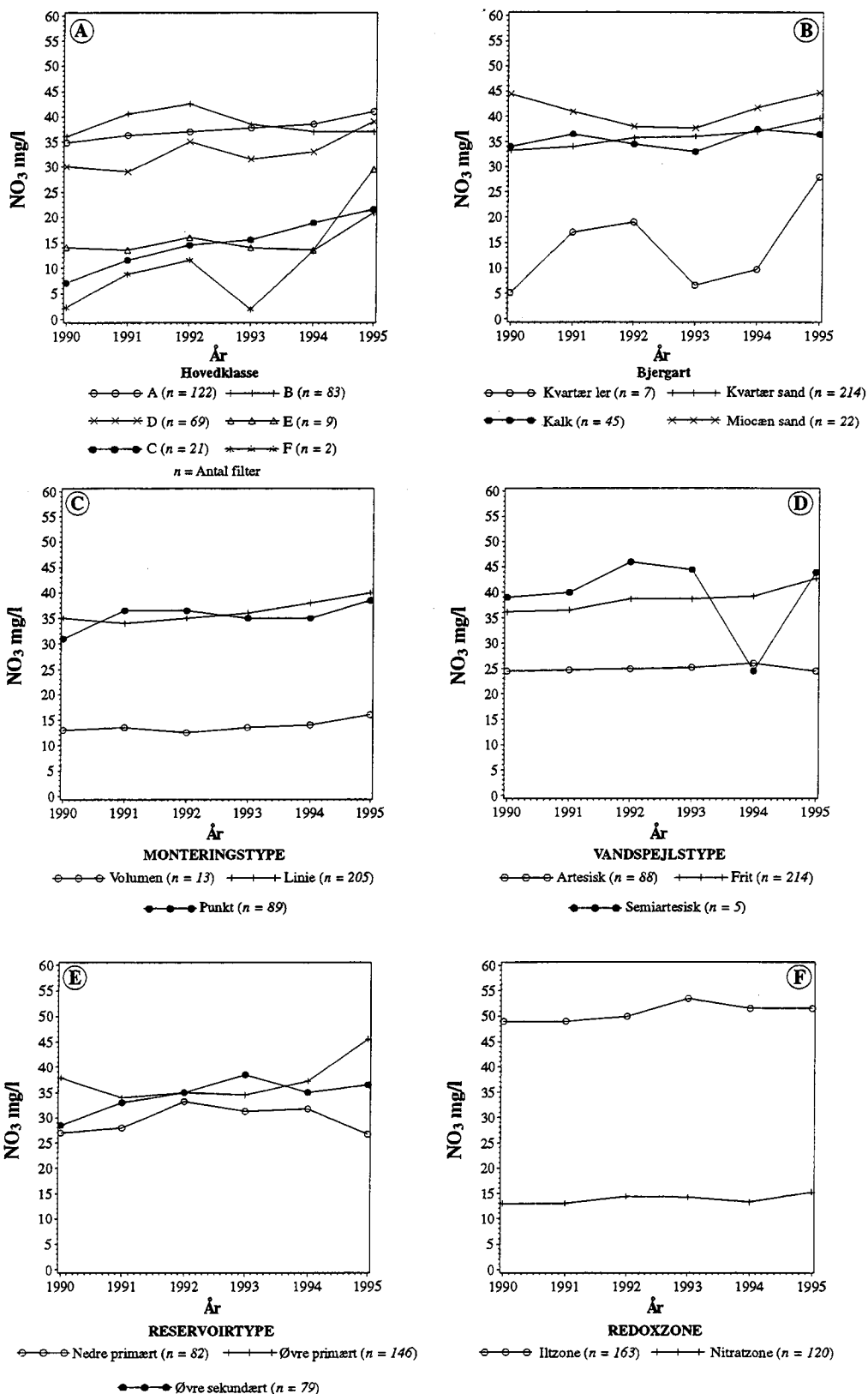
Som det fremgår af tabellen, er det kun ca. 80 % af de aktive filtre, som er analyseret kontinuerligt i perioden 90-95, og af disse er det kun ca. 30 % , der har et nitratindhold (median) over 1 mg/l for hele perioden.

##### Ændringer i klassificeringen

For beskrive nitratudviklingen for perioden 1990 -1995 er filtrene opdelt efter samme princip som sidste års temarapport. Der har dog været nogle ændringer bl.a. i klassificeringen af filtrene som punkt-, linie- og volumenmoniterende, samt i mindre omfang på opdelingen i hovedklasser. Dette er ensbetydende med mindre ændringer i kurveforløbet sammenlignet med tilsvarende figurer i sidste års rapport.

##### Nitratudvikling

Til vurdering af nitratudviklingen er der i alt 307 filtre, som kan anvendes mod 321 i sidste års tema rapport. Udviklingen fra 1990 til 1996 er vist i figur 2.1, hvor filtrene er opdelt efter hovedklasse, magasinbjergart, vandspejlstype, overvågningstype, magasinstype og oxidationszone.



Figur 2.1. Nitratudviklingen i perioden 1990 - 1995. Kun data med et nitratindhold > 1 mg/l for hele perioden 1990-95 og med analyser hvert år er medtaget. Antallet af filtre er vist i legenden. A: Hovedklasser - A, B, C, D, E og F, B: Bjergarter - kvartært ler, kvartært sand, kalk og miocænt sand, C: Overvågningstype - Volumen, linie og punkt, D: Vandspejlstype - Artesisk, frit og semiartesiske, E: Magasintype - Primært magasin, øvre sekundært og nedre sekundært, F: Redoxzoner - Ilt og nitrat.

Vandmiljøplanen blev vedtaget for snart 7 år siden, og havde der været et fald i udvaskningen skulle en evt. indvirkning på grundvandets indhold af nitrat kunne påvises i de mest terrænnære filtre. Ud fra en bedømmelse af kurveforløbet i de forskellige grupperinger vist i figur 2.1 er der ikke generelt konstateret et fald i nitratinholdet i f.eks. de punktmoniterende filtre, i Iltzonen eller i hovedklasse A, som hovedsageligt omfatter de terrænnære filtre. Den generelle udvikling synes mest at være en svag stigning, idet der dog er en ret stor spredning i filtrenes nitratinhold. Alle kurveforløb i grupperingerne i figur 2.1 er blevet testet med en lineær regression med et konfidensniveau på 90%. Dette niveau er benyttet (i 1995 blev 95% anvendt) for at kompensere for fald og stigninger, som ikke nødvendigvis har et lineært forløb.

For hovedklasse C ses en stigning fra 1990 til 1995 fra ca. 7 til 21 mg/l NO<sub>3</sub>, som er signifikant på et 95% niveau hvis data logtransformeres. Hovedklasse C er ungt og meget hårdt grundvand, hvoraf en del er påvirket af menneskelig adfærd, og det er denne del der viser en stigning i nitratinholdet. Denne hovedklasse findes hovedsageligt i det 'østdanske' morænelersområde. Ingen andre kurver viser signifikant stigninger eller fald over perioden 1990 - 1995 med undtagelse af Hovedgruppe F, som kun omfatter to filtre. Der er således ikke påvist noget fald i nitratinholdet på landsbasis for de ovennævnte grupperinger, hvor grundvandet er påvirket af nitrat.

#### *Ændringer på filterniveau*

For at få et overblik over ændringerne på filterniveau for de samme 307 filtre som i ovennævnte gruppering, er der foretaget en lineær regression ligeledes med et 90 % konfidensniveau. De enkelte filtre er desuden blevet opdelt efter nitratinholdet i 3 grupper: 1-25 mg/l, 25-50 mg/l og >50 mg/l. Resultatet af denne analyse fremgår af Tabel 2.2.

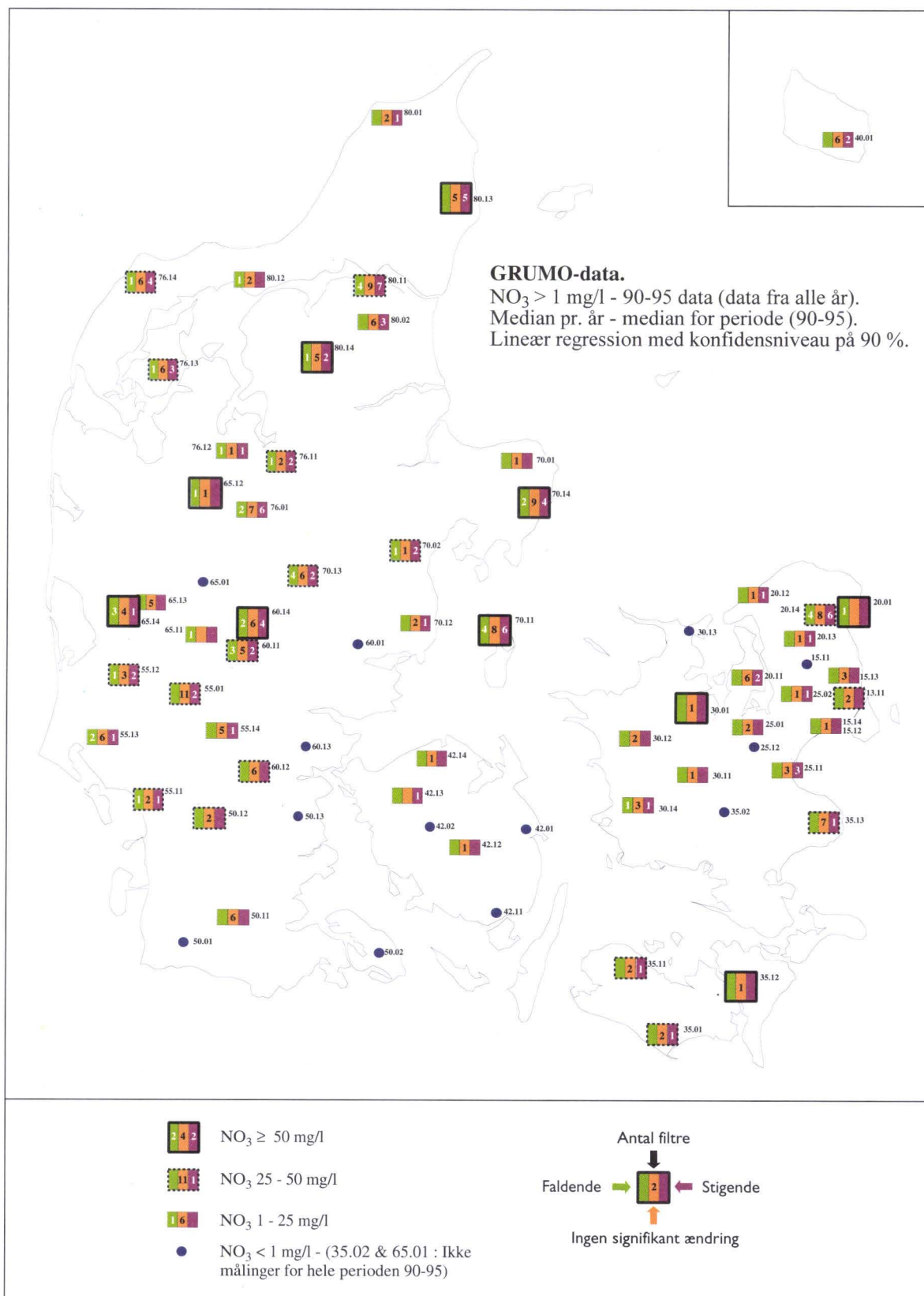
Nitrat mg/l (median)	Faldende - antal	Uændret - antal	Stigende - antal
≥50	14	40	22
25 - 50	20	90	35
1-25	6	58	22
Ialt	40 (13%)	188 (61%)	79 (26%)

*Tabel 2.2. Oversigt over ændringer i nitratinhold på filterniveau. Kun filtre som er analyseret alle år i perioden 1990 - 1995 og hvor nitratinholdet (median) er > 1 mg/l indgår. Konfidensniveauet er på 90 % på den lineære regression som er grundlaget for bedømmelsen.*

Som det fremgår af tabel 2.2, er der tale om ca. dobbelt så mange stigninger i nitratinholdet som fald, idet dog nitratinholdet for ca. 60 % af filtrene er uændret. Det må forventes at virkningen af Vandmiljøplanens tiltag for at reducere nitratinholdet i grundvandet vil være forsinket, bl.a. på grund af den langsomme transport ned til grundvandet, og at en evt. ændret påvirkning måske først ville kunne påvises inden for de sidste 2-3 år og kun i det allerøverste grundvand.

For at undersøge om antallet af filtre med faldende eller stigende nitratinhold er ændret de sidste 3 år, er filtrenes nitratinhold undersøgt for perioden 1993-95 i forhold til hele perioden. Der må konstateres at der er 20 filtre (7% af de undersøgte) der viser et fald i nitratinhold, medens 32 filtre (11%) viser en stigning. Dette tyder umiddelbart ikke på nogen generel påvirkning af grundvandet nitratinhold i faldende retning, men snarere en stabilisering af forholdene.

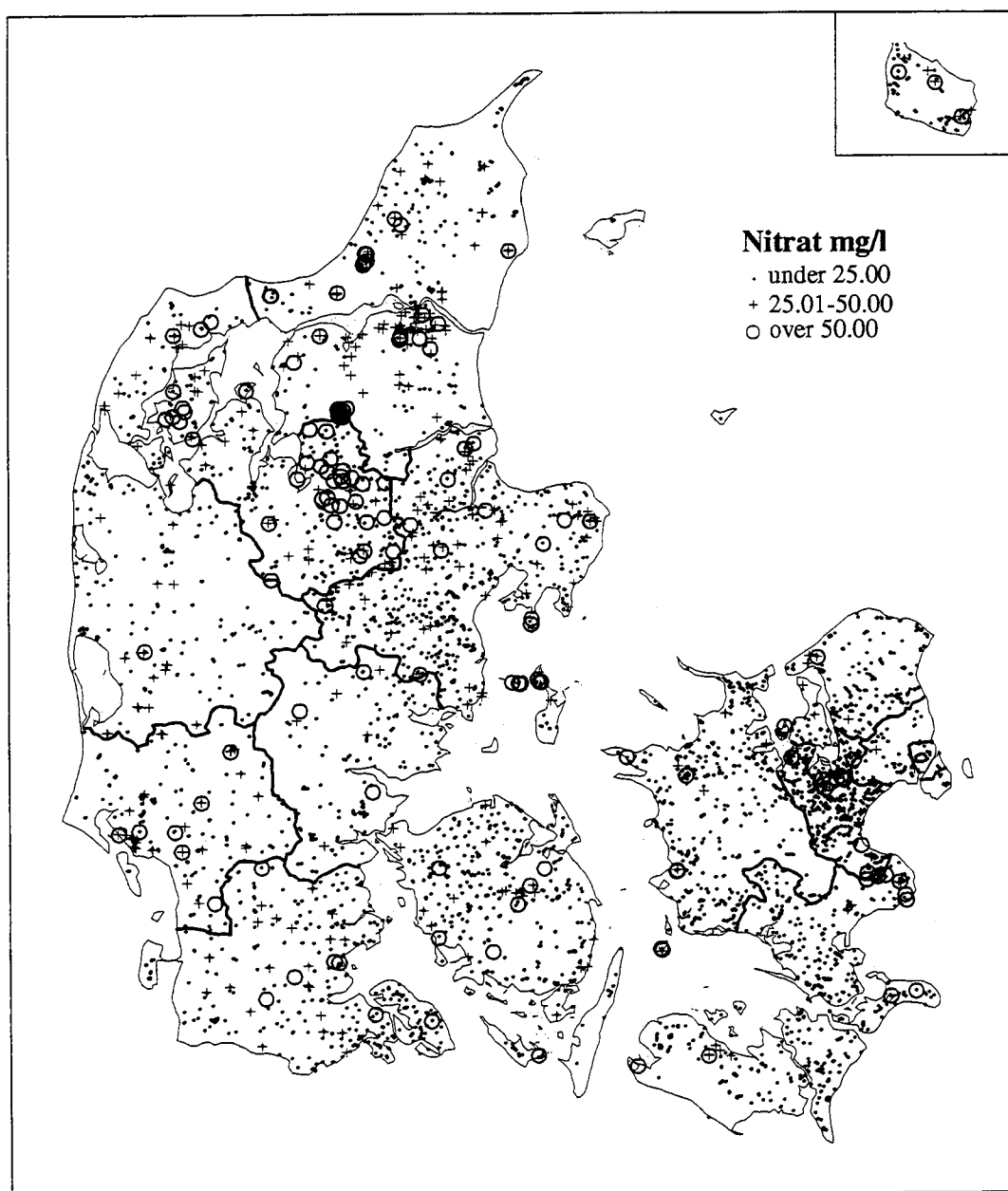




Figur 2.2 Overvågningsområderne vist med gennemsnitlige nitratindehold for filtre med nitrat  $> 1 \text{ mg/l}$ , antal filtre i beregningen samt udviklingstendensen i nitratindeholdet. Perioden omfatter de 6 år 1990 - 1995. og i alt 307 filtre er anvendt.

### Oversigt over grundvandsovervågningsområder (GRUMO)

For at få et overblik af fordelingen af filtrene og deres nitratindhold indenfor det enkelte grundvandsovervågningsområde (GRUMO), er der udtegnet et Danmarkskort hvor de enkelte områders fordeling af filtre er vist, sammen med det samlede nitratindhold (medianværdien) for filtrene med mere end 1 mg/l NO<sub>3</sub> (figur 2.2). Som det fremgår af kortet, findes de fleste overvågningsområder med mindre end 25 mg/l nitrat øst for hovedopholdslinien (d.v.s. områder med moræneler). Områder med høje nitratindhold i denne del af landet er kun repræsenteret ved få filtre, dog med undtagelser som f.eks. Samsø, Djursland og Stevns. Den resterende og mere sandede del af landet (vest for hovedopholdslinien) er præget af højere gennemsnitlige nitratindhold i overvågningsområderne og desuden er flere filtre nitratpåvirket.



Figur 2.3. Nitratindholdet i vandværksboringer i Danmark  
Arealanvendelse og nitrat

I forbindelse med årets rapportering er der af amterne foretaget en opgørelse af arealanvendelsen indenfor grundvandsovervågningsområderne. Hovedopdelingen er i 4 grupper: A: Bebyggede/befæstede arealer, B: Landbrugsarealer, C: Skov- og plantagearealer og D: Naturarealer. Sammenlignes arealanvendelsen med nitratindholdet i filtrene, hvorfra der findes målinger for perioden 1990 - 1995, ses som forventet et højt nitratindhold i filtre hvis opland udgøres af landbrugsarealer og et generelt lavt nitratindhold indenfor bebyggede områder samt skov og naturarealer.

#### *Nitrat i vandværkernes boringskontrol*

Der er frem til 1996 indberettet i alt 5.992 vandværksboringer med nitratanalyser. Hovedparten af boringernes grundvand har lave nitratindhold (tabel 2.3). De høje indhold over 25 mg/l NO<sub>3</sub> optræder mest i det såkaldte 'nitrat-bælte' i Jylland figur 2.3). Især i den nordlige del af Viborg og Aarhus amter ses grundvand med forhøjet nitratindhold, men også grundvand i dårligt beskyttede områder som ved Ålborg og på Stevns har et højt nitratindhold.

Nitratindhold (median)	Boringer	
	antal	%
>50 mg/l NO <sub>3</sub>	193	3.2 %
25-50 mg/l NO <sub>3</sub>	406	6.8 %
1-25 mg/l NO <sub>3</sub>	1.628	27.2 %
≤ 1 mg/l NO <sub>3</sub>	3.765	62.8 %

Tabel 2.3. Fordelingen af vandværksboringer efter nitratindhold

#### **2.1.2 Amternes status over grundvandets indhold af nitrat**

##### *Ingen ændringer*

I forhold til rapporteringen i 1995, hvor grundvand var tema og derfor genstand for en grundigere gennemgang (Amternes 1995 og GEUS 1995), beretter amterne generelt om et uændret eller ikke væsentligt ændret nitratindhold i grundvandet i overvågningsområderne og i vandværkernes boringskontrol. I Vejle Amt (1996) har der dog været en stigning i nitratindholdet i de prækvartære magasiner i overvågningsområderne fra 1994 til 1995.

##### *Vandmiljøplanens tiltag*

Generelt vurderer amterne, at der (endnu) ikke kan spores nogen effekt på grundvandets nitratindhold som følge af Vandmiljøplanens tiltag overfor kvælstofforureningen. Dette gælder såvel i grundvandsovervågningsområderne som for vandværkernes boringskontrol.

##### *Arealanvendelse*

Grundvandsovervågningsområderne er domineret af landbrug. Der er ikke et detaljeret kendskab til gødningspraksis i disse områder. Enkelte amter inddrager oplysninger om arealanvendelsen i vurderingen af grundvandets nitratniveau. Det konstateres bl.a. at der er lavere nitratkoncentration i grundvandet nedstrøms marker med planteavl, brak eller skov end nedstrøms husdyrgødede marker (Frederiksborg Amt, 1996 og Ribe Amt, 1996). Kun Ribe Amt vurderer at forbedret gødskningspraksis i overvågningsperioden er årsagen til et konstateret fald i nitratkoncentrationen i enkelte grundvandsfiltre i Forumlund i perioden 1990 til 1994. Nitratkoncentrationen er steget lidt i 1995 i disse filtre. I Vandmiljøplanens Landovervågning (DMU, 1995) ses, at der trods en nedgang i handelsgødningsforbruget og en bedre udnyttelse af handelsgødningen, stadig overgødskes på ca. 30% af landbrugsarealerne. Denne overgødskning er vel at mærke i forhold til det økonomisk optimale og ikke det miljømæssigt acceptable.

### Jern og mangan i relation til nitrat

I dette års rapportering er der fokuseret på grundvandets indhold af jern og mangan i relation til nitratindholdet. Jern- og manganindholdet er indikativ for grundvandsmagasinerne redoxforhold, og dermed for nitrats mulige tilstedeværelse. Jern og mangan indholdet i grundvandet er dog ikke et udtryk for redoxkapacitetens eller nitratreduktionskapacitetens faktiske størrelse (Århus Amt, 1996). Disse forhold er nærmere beskrevet i kapitel 2.3 og i GEUS (1995).

Amterne anvender lidt forskellige opdelinger og definitioner af de enkelte redoxzoner. Enkelte amter anvender grupperingen 'oxiderende', 'svagt reducerende' og 'stærkt reducerende' fremfor Iltzone, Nitratzone, Jern- og sulfatzone og Methanzone. De af amterne anvendte grænser mellem Iltzonen og Nitratzonen varierer således fra 0,5 til 3 mg O<sub>2</sub>/l og tilsvarende fra 1 til 5 mg NO<sub>3</sub>/l.

Amter	Nitrat-gennembrud eller fremadskridende oxidation	
	Overvågningsområder antal	Filtre antal
Nordjyllands Amt	1	2
Viborg Amt	0	0
Århus Amt	3	?
Vejle Amt	0	0
Ringkjøbing Amt	4	6
Ribe Amt	1	1
Sønderjyllands Amt	0	0
Fyns Amt	1	1
Bornholms Amt	1	2
Storstrøms Amt	2	?
Vestsjællands Amt	1	2?
Roskilde Amt	1	4
Frederiksborg Amt	0	0
Københavns Amt	0	0
Kbh. / Fr:berg Kommune	1	3

Tabel 2.4. Konstaterede nitratgennembrud eller fremadskridende oxidation i overvågningsperioden.

Redoxzonerne findes i alle egne af landet, men deres tykkelse og dybde kan variere meget selv inden for kortere afstande. Århus Amt (1996) har i flere områder konstateret vekslende redoxforhold i det enkelte filter, skift fra reducerende forhold til oxiderende forhold og tilbage igen. Indholdet af såvel nitrat som sulfat, bikarbonat og nitrit har været svingende i disse filtre.

Grundvandsovervågningsområderne er ikke designet til at følge ændringer og forskydninger i redoxzonerne. Det vil derfor være lidt tilfældigt om der netop er placeret filtre ved overgangen fra en redoxzone til en anden i de enkelte overvågningsområder. Men konstaterede nitratgennembrud eller en 'hastigt fremadskridende oxidation' viser at udbredelsen af nitratindholdigt grundvand er stigende, hvilket kan være en indikation på, at nitratproblemet vil vokse i fremtiden (Århus Amt, 1996, Storstrøms Amt, 1996 og Bornholms Amt, 1996 m.fl.). Amternes konstaterede ændringer i redoxforhold er opsummeret i tabel 2.4.

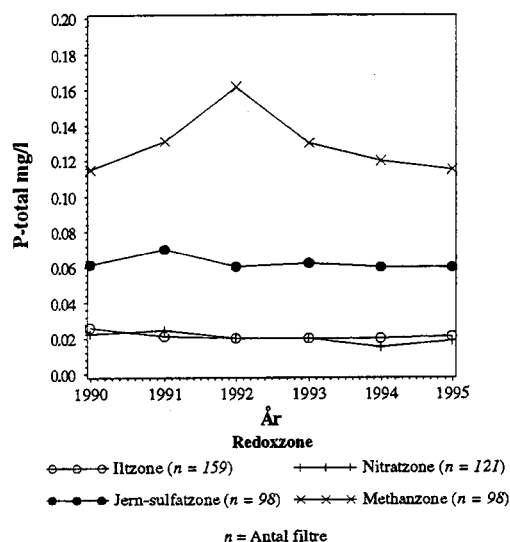
### 2.1.3 Nitrat - sammenfatning

På grundlag af amternes rapportering og bearbejdning af de indsamlede data fra grundvands- overvågningen, kan det konkluderes, at der endnu ikke ses nogen effekt af Vandmiljøplanen gennem et generelt fald i nitratindholdet i det grundvand som forventes først at skulle vise en effekt, d.v.s. de punktmoniterende filtre, grundvandsmagasiner med frit vandspejl samt filtre i iltzonen og nitratzonen. Vandværkernes boringskontrol viser, at der fra 10% af filtrene indvindes vand med nitrat over den vejledende grænseværdi på 25 mg/l.

## 2.2 Fosfor

### 2.2.1 Udviklingen i grundvandets indhold af fosfor

For GRUMO er der i alt analyseret 739 filtre med oplysninger for perioden 1990 - 1995, hvor der findes mindst en analyse for total fosfor pr. år. Af disse er 549 over detektionsgrænsen på 0.01 mg/l. Disse data er grupperet på samme måde som nitratdata. For de fleste grupperinger er det gennemsnitlige (medianen) totale fosforindhold under grænseværdien på 0.15 mg/l for fosfor i drikkevand., og det generelle niveau svinger mellem 0.02 og 0.07 mg/l. Kun i det dybe grundvand i methanzonen (figur 2.4), samt i filtre sat i kvartært ler ses højere indhold af total fosfor på lidt over 0.1 mg/l. I grupperingen i redoxzoner ses de lave fosforindhold i iltzonen og nitratzonen medens jern- og sulfatzonen har et lettere forhøjet indhold. Udviklingsmæssigt er der ikke nogle statistiske signifikante (90% niveau) ændringer i de forskellige grupper totale fosforindhold.



Figur 2.4. Total fosforindholdet i redoxzonerne.

### 2.2.2 Amternes status over grundvandets indhold af fosfor

#### Ingen ændringer

I forhold til rapporteringen i 1995, hvor grundvand var tema og derfor genstand for en grundigere gennemgang, beretter amterne om et uændret eller ikke væsentligt ændret fosforindhold i grundvandet i overvågningsområderne.

### *Lavt fosforindhold*

Fosforindholdet er generelt lavt, under den højst tilladelige værdi for drikkevand på 0,15 mg P<sub>total</sub>/l og ofte under detektionsgrænsen (0,01 mg P<sub>total</sub>/l).

### *Geologisk betinget*

I dybere grundvandsmagasiner i det vestlige Jylland, især i Ribe Amt (1996) og i Ringkøbing Amt (1996), er der målt forhøjede fosforkoncentrationer betinget af de geologiske forhold (bl.a. interglaciale marint sand). I Svendborg-området ses forhøjede fosforindhold i interglaciale sandaflejringer (Fyns Amt, 1996). Også lokalt i flere andre amter (f.eks. Frederiksborg Amt, 1996 og Vestsjællands Amt, 1996) måles i dybere magasiner fosforkoncentrationer over højst tilladelige værdi betinget af geologiske forhold. Forhøjede fosforkoncentrationer udgør normalt ikke noget problem for vandforsyningen (GEUS, 1995).

### *Spildevandspåvirkning*

I Nordjyllands Amt (1996), Vestsjællands Amt (1996) og Storstrøms Amt (1996) er der målt forhøjede værdier af fosfor i det øvre grundvand, sandsynligvis som følge af udledning af husholdningsspildevand. I flere amter (Vejle Amt, 1996) ses i enkelte filtre store udsving i fosforindholdet i overvågningsperioden, disse filtre sidder i terrænnære magasiner i områder med stor nedsivning. I Københavns og Frederiksberg kommuner (1996) er det målte fosforindhold i overvågningsområdet lavt, mindre end 0,04 mg P<sub>total</sub>/l, og faldende. Spildevandspåvirkningen med fosfor synes således primært at være af lokal karakter og tidsmæssigt begrænset.

### **2.2.3 Fosfor - sammenfatning**

Grundvandets indhold af fosfor er generelt lavt og viser ingen udviklingstendenser af betydning.

## **2.3 Redoxaktive komponenter - jern, mangan og sulfat**

Jern er et almindeligt forekommende metal i en lang række bjergarter og koncentrationen af jern i grundvandet afhænger af redoxpotentiale og pH. Da grundvandet i Danmark normalt har pH-værdier mellem 6 og 8, findes det opløste jern som ferrojern (Fe<sup>2+</sup>), idet ferrijern (Fe<sup>3+</sup>) ikke er opløseligt i nævneværdig grad mellem disse pH-værdier. Opløst jern findes normalt kun i reduceret grundvand. Organiske bundet jern, enten som Fe<sup>2+</sup> eller som Fe<sup>3+</sup>, kan forekomme i nogle grundvandstyper, bl.a. i brunt vand.

Mangans opløselighed i grundvandszonen bestemmes på tilsvarende vis af pH og redox-forhold, men mangan er opløseligt ved højere pH og redoxpotentiale end jern. Mangan kan forekomme i tre oxidationstrin (Mn<sup>2+</sup>, Mn<sup>3+</sup>, Mn<sup>4+</sup>) hvoraf opløst mangan forekommer som Mn<sup>2+</sup>. De naturlige koncentrationer af mangan i grundvand er som hovedregel betydelig lavere end koncentrationer af opløst jern, og det skyldes, at mineraler med et indhold af mobiliserbart mangan forekommer meget mere sparsomt i jordlagene end jernholdige mineraler.

Svovl kan ligeledes forekomme i forskellige oxidationstrin ( $S^{-2}$  til  $S^{+6}$ ), hvorfor den kemiske sammensætning ligeledes er tæt knyttet til grundvandets redoxforhold. Inden for det i grundvand typisk målte pH interval vil sulfat-ionen dominere under oxiderede forhold medens der først ved meget lave redoxpotentialer, svagt til stærkt reducerende forhold (GEUS 1995), vil ske en reduktion af sulfat til elementært svovl eller sulfid (f.eks. jernsulfid der kan omdannes videre til pyrit). Sulfat forekommer indenfor et betydeligt større redoxinterval end nitrat.

Opdelingen af grundvandet ved hovedklasserne A - F bygger primært på ikke redoxsensitive parametre. Sulfat indgår som eneste redoxfølsomme komponent, hvor denne komponent primært bruges til at kortlægge udbredelsen af grundvand præget af pyritforvitning. Herved indgår sulfats redoxegenskaber indirekte ved beskrivelsen af grundvandet redoxforhold.

### 2.3.1 Redoxforhold

En teoretiske opdeling af grundvandszonen i fire redoxzoner (Iltzonen, Nitratzonen, Jern- og sulfatzonen, og Methanzonen) er tidligere beskrevet i "Grundvandsovervågning 1995" (GEUS, 1995), hvor koncentrationen af udvalgte redoxaktive komponenter i disse zoner ligeledes findes beskrevet (tabel 2.5).

Redoxzone	Redoxaktive komponenter, mg/l		
	O <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CH <sub>4</sub>
Iltzonen	> 3	> 1	≤ 0,05
Nitratzonen	≤ 3	> 1	≤ 0,05
Jern og sulfatzonen	≤ 3	≤ 1	≤ 0,05
Methanzonen	≤ 3	≤ 1	> 0,05

Tabel 2.5. Koncentration af redoxaktive komponenter i grundvandet (GEUS, 1995)

Den i tabel 2.5 viste fordeling af redoxfølsomme parametre, viser at Nitratzonen er iltfri, og at Jern og sulfatzonen er fri for såvel ilt som nitrat. Et iltindhold på 3 mg/l er bibeholdt ved opdelingen af redoxzoner under hensyntagen til den usikkerhed disse data er behæftet.

Udbredelsen af de forskellige redoxzoner for hver af de 6 grundvandshovedklasser er baseret på grundvandsdata indsamlet i perioden 1990 - 1995. Hvert filter er defineret ved en redoxzone, jævnf. tabel 2.5, og dybden svarende til toppen af filteret. Kun zoner med mere end 20 observationer er vist i figur 2.5.

### 2.3.2 Redoxforhold i grundvandets hovedklasser

Grundvand tilhørende hovedklasse A repræsenterer tre redoxzoner, svarende til oxiderende og svagt reducerede geokemiske miljøer. Medianværdien for Iltzonen er 18 meter under terræn (m.u.t.) hvorved denne zone har en dybere udbredelse end Nitratzonen, der har en medianværdi på 13 m.u.t. Herunder findes Jern og sulfatzonen med en medianværdi på 20 m.u.t. Denne type grundvand findes bl.a. i områder vest for hovedopholdslinien hvor en aktiv iltning har kunne finde sted i over 100000 år. Her kan de sidste 50 års intensive landbrug endnu ikke erkendes ved høje nitratkoncentrationer til samme dybde. Et eksempel herpå fremgår af figur 2.6, der viser fordelingen af redoxaktive komponenter ved Finderup, i den sydvestlige del af Skovbjerg Bakkeø (Ringkjøbing Amt, 1996).

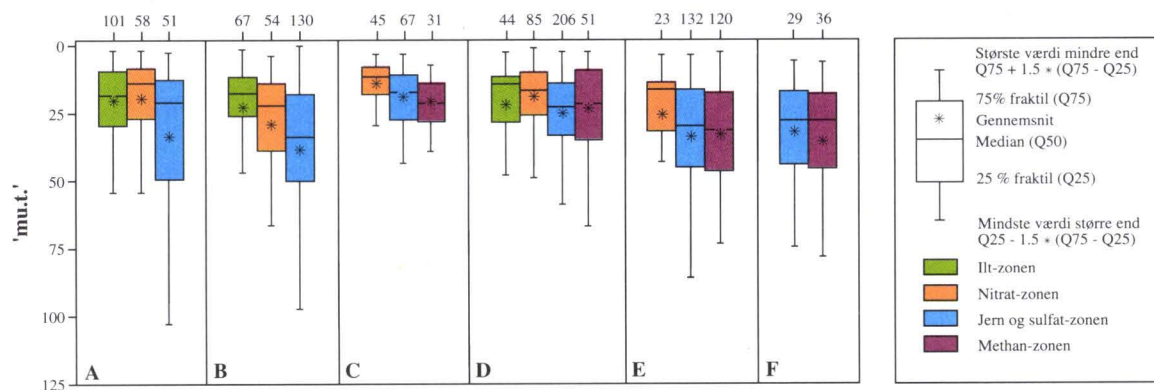
Hovedklasse B er ligeledes karakteriseret ved 3 redoxzoner repræsenterende oxiderende til svagt reducerende geokemiske miljøer. Medianværdien for Iltzonen og Nitratzonen er henholdsvis 18 m og 22 m, og i modsætning til Hovedklasse A, er Nitratzonen trængt dybere ned end Iltzonen, og samtidig er medianen for Jern og sulfatzonen beregnet til 34 m, hvilke er væsentlig dybere for både Iltzonen og Nitratzonen. Medianværdien for Jern- og sulfatzonen ligger 12 m dybere end medianværdien for Nitratzonen.

Hovedklasse C er ligeledes karakteriseret ved 3 redoxzoner, der omfatter svagt til stærkt reducerende forhold. Medianværdien for Nitratzonen ligger i 12 m's dybde, 5 meter over medianværdien for Jern- og sulfatzonen, der igen er 4 m over medianværdien for Methanzonen.

Hovedklasse D indeholder grundvand fra alle fire definerede redoxzoner, repræsenterende oxiderende til stærkt reducerende geokemiske miljøer, med stort set sammenfaldende medianværdier for Iltzonen og Nitratzonen (15-17 m) og for Jern- og sulfatzonen og Methanzonen (21-23 m).

Hovedklasse E er karakteriseret ved 3 redoxzoner, repræsenterende svagt til stærkt reducerende forhold. Medianværdien for Nitratzonen ligger i 16 m's dybde. Noget dybere, med en medianværdi på ca. 30 m, findes Jern- og sulfatzonen og Methanzonen. Til sammenligning med Hovedklasse C, der er karakteriseret ved tilsvarende redoxforhold som for hovedklasse E, er der tale om nogenlunde samme medianværdi for Nitratzonen, men væsentlig dybereliggende Jern- og sulfatzonen og Methanzonen.

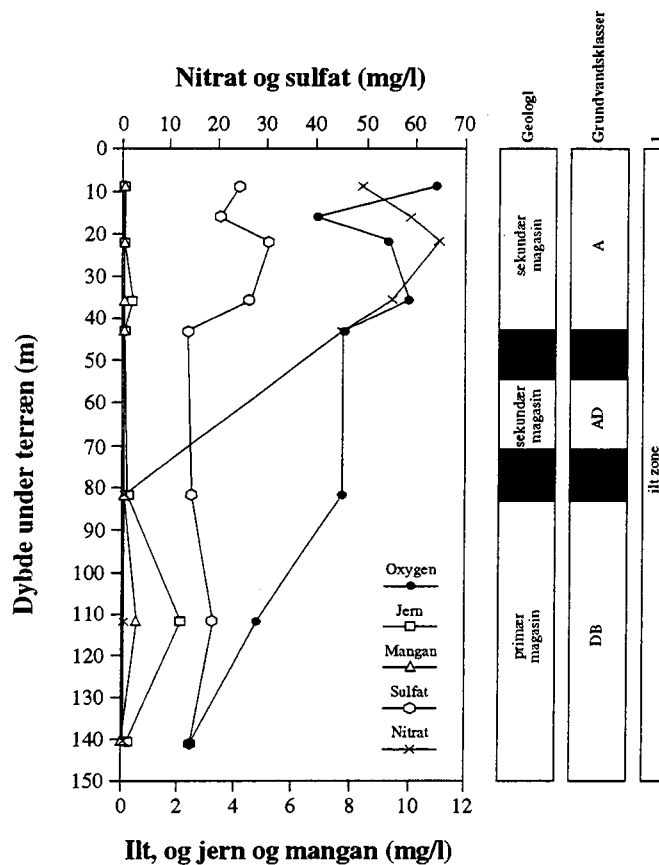
Hovedklasse F er karakteriseret ved to redoxzoner, Jern- og sulfat og Methanzonen, repræsenteret ved svagt til stærkt reducerede geokemiske miljøer. Ligesom for Hovedklasse C, D og E er medianværdien for hver af disse zoner stort set (17-18 m).



Figur 2.5. Udbredelsen af de forskellige redoxzoner for hver af de 6 grundvands-hovedklasser, baseret på grundvandsdata indsamlet i perioden 1990 - 1995.



## Finderup



Figur 2.6. Koncentration af ilt, nitrat, sulfat, jern ( $Fe^{2+}$ ) og mangan ( $Mn^{2+}$ ) imod dybden for Finderup området, Ringkjøbing Amt 1996.

### 2.3.3 Sammenfatning om redoxzoner

Såvel antal som udbredelse af forskellige geokemiske miljø varierer inden for grundvands-hovedklasserne A - F. Således giver det eksisterende datamateriale oplysninger om udbredelsen af fire redoxzoner for hovedklasse D, tre redoxzoner for hovedklasse A, B, C og E og to redoxzoner for hovedklasse F. De geokemiske miljøer bliver gradvis mere reducerede fra hovedklasse A til F. Iltede forhold med ilt eller delvis iltede forhold med nitrat findes udviklet til største dybde for hovedklasse B. Hovedklasse F indeholder ingen ilt eller nitrat påvirkede zoner. Hovedklasse A viser, som den eneste af de undersøgte hovedklasser, en dybere udbredelse af Iltzonen end Nitratzonen, hvilket antagelig skyldes lang tids iltning (> 100000 år) og udvikling af en dyb iltet zone, der kun delvis er påvirket af de sidste 50 års intensive landbrug. Ved hovedklasse B og D er Nitratzonen trængt dybere ned end Iltzonen, og her kan ilttrige miljøer have fremmet udbredelsen af nitratholdigt vand.

### 2.3.4 Fordelingen af redoxaktive komponenter i forskellige redoxzoner

Udbredelsen af redoxaktive komponenter (O<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, Fe, Mn, SO<sub>4</sub>, CH<sub>4</sub>) i forskellige redoxzoner findes beskrevet for grundvandshovedklasserne A-F i tabel 2.6. Det her viste datamateriale er baseret på grundvandsovervågningen for perioden 1990-1995, hvor koncentrationen af hver enkelt komponent for hver filter (defineret ved redoxzonen) er beskrevet ved medianværdien. Beskrivelsen af redoxaktive komponenter omfatter hovedklasser med mindst 10 observationer.

Grundvands- hovedklasse	Redoxaktive komponenter, mg/l						
	O <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	Fe	Mn	SO <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>
<b>Iltzonen</b>							
A (37)	8,1	46	0,01	0,28	0,05	28	0,06
B (10)	8,3	53	0,02	0,08	0,02	35	0,03
<b>Nitratzonen</b>							
A (16)	1,0	24	0,04	1,90	0,47	57	0,10
B (10)	<1	13	0,32	2,98	0,35	32	0,06
D (17)	<1	18	0,11	0,45	0,23	104	0,02
<b>Jern- og Sulfatzonen</b>							
A (23)	<1	<1	0,01	5,43	0,26	47	0,06
B (54)	<1	<1	0,01	2,66	0,34	40	0,04
C (30)	<1	<1	0,01	2,34	0,24	129	0,02
D (97)	<1	<1	0,02	1,67	0,27	77	0,02
E (65)	<1	<1	0,01	2,12	0,15	34	0,02
<b>Methanzonen</b>							
E (46)	<1	<1	0,01	3,17	0,16	12	1,43
F (18)	<1	<1	0,01	2,75	0,11	29	2,97

Tabel 2.6. Medianværdier for redoxaktive komponenter i grundvandets hovedklasser baseret på data fra grundvandsovervågningen 1990-1995. Antal observationer er vist i parentes.

På baggrund af det opstillede datakrav om minimum 10 observationer kan fordelingen af redoxaktive komponenter i Iltzonen kun beskrives for hovedklasse A og B. Begge grundvandshovedklasser er karakteriseret ved iltindhold på 8 mg/l, nitratindhold på ca. 50 mg/l og sulfatindhold på ca. 30 mg/l samt lave koncentrationer af nitrit, jern, mangan og methan. Grundvandet er stort set mættet med ilt og det herskende geokemiske miljø tillader ikke opløst mangan og jern, ligesom iltspændingen er for høj for en mikrobiel omdannelse af nitrat (denitrifikation).

Grundvand defineret som tilhørende Nitratzonen med lave indhold af ilt og methan kan på baggrund af det eksisterende datamateriale beskrives for hovedklasserne A, B, og D. Samtidig med en lav medianværdi for ilt ( $\leq 1$  mg/l), sammenlignet med koncentrationen i Iltzonen, er

indholdet af nitrat aftaget (13-24 mg/l). Et forøget indhold af nitrit (0.04 - 0.11 mg/l) stammer antagelig fra mikrobiel omdannelse af nitrat (denitrifikation), der typisk er knyttet til et iltfattigt geokemisk miljø. Den højeste værdi for nitrit findes i hovedklasse B.

I Nitratzonen er det geokemisk miljø tydelig mere reducerende end i Iltzonen idet mangan og jernindholdet stiger til henholdsvis 0.23-0.47 mg/l og 0.5-3.0 mg/l. Medens forhøjede koncentrationer af mangan kan forventes samtidig med lave koncentrationer af nitrat, er et geokemisk miljø med nitrat normalt ikke samtidig med ferrojern. Det her beregnede indhold af jern må derfor inkludere analyser af grundvand fra Nitratzonen, såvel som blandingsvand fra Nitratzonen og mere reducerende grundvand.

Koncentrationen af sulfat variere mellem 32 og 104 mg/l for de her viste klasser, A, B og D. Den forholdsvis lave koncentration af sulfat for hovedklasse A og B i såvel Iltzone og Nitratzone tyder på at nitratomdannelsen i disse geologiske materialer sker uden indvirkning fra pyrit, mens mikrobielle omdannelsesprocesser, som bl.a. ses ved forhøjede nitrit koncentrationer, kan spille en rolle. Høje koncentrationer af sulfat (104 mg/l) i denne zone for hovedklasse D antages at skyldes pyritforvitring forårsaget af ilt og/eller nitrat.

Jern- og sulfatzonen, der er kendetegnet ved lave indhold af ilt, nitrat og methan er repræsenteret for alle hovedklasser, pånær for hovedklasse F, der er udeladt på grund af for få observationer. Samtidig med lave indhold af nitrat er indholdet af nitrit lavt (0.01 - 0.02 mg/l). Indholdet af mangan varierer mellem 0.15 og 0.27 mg/l, og svarer nogenlunde til de i Nitratzonen målte koncentrationer. Jernindholdet, der i dette reducerede miljø primært findes som ferrojern, varierer mellem 1.7 og 5.4 mg/l.

Medianværdien for sulfat variere meget indenfor de viste hovedklasser. Således varierer indholdet af sulfat i hovedklasserne A og B mellem 40 og 47 mg/l, og er dermed ikke væsentlig forskelligt fra det i Iltzonen og Nitratzonen (28-57 mg/l). Hovedklasse E er ligeledes karakteriseret ved en forholdsvis lav medianværdi (34 mg/l), medens hovedklasse C og D indeholder langt højere sulfat koncentrationer (77-129 mg/l).

Methanzonen er beskrevet for hovedklasserne E og F, og udtrykker ved forekomsten af methan et stærkt reducerende geokemisk miljø, hvor ilt, nitrat og nitrit ikke er tilstede og hvor kun lave (eller ingen) indhold sulfat er tilstede. Således viser hovedklasse E et fald i medianværdien for sulfat fra 34 mg/l i jern- og sulfatzonen til 12 mg/l i Methanzonen. Medianværdien for hovedklasse F er lidt højere end for Hovedkasse E, omkring 29 mg/l og forskellen mellem disse to klasser kan bl.a. være betinget af filterdybde og geologiske forhold. Medianværdien for methan i dette stærkt reducerede miljø er beregnet til 1.43 og 2.97 mg/l for henholdsvis hovedklasse E og F og således markant højere end for andre geokemiske miljøer.

### **2.3.5 Sammenfatning om fordelingen af redoxaktive komponenter**

På baggrund af grundvandsdata indsamlet i perioden 1990-1995 har det været muligt at beskrive det herskende geokemiske miljø i den overvejende del af de i figur 2.5 viste redox-zoner. Der er betydelige forskelle i sammensætningen af redoxaktive komponenter indenfor de teoretiske redoxzoner hvor sammensætningen til enhver tid udtrykke det geokemiske miljø og dermed også karakteren af forskellige kemiske processer i grundvandsmagasinerne. Eksempelvis kan mikrobiel nitratreduktion (denitrifikation) kun finde sted i grundvandsmagasiner uden eller med meget lave koncentrationer af ilt. Nitratreduktion med pyrit kræver ligeledes et iltfattigt miljø.

Fremtidige undersøgelsesresultater af pesticider og organiske mikroforureninger vil, i det omfang undersøgelserne gennemføres under kontrollerede pH og Eh forhold, kunne relateres til redoxforholdene i grundvandsmagasinerne.

Sammensætningen af redoxaktive komponenter er udtryk for det geokemiske miljø, men kan ikke anvendes i mere vidtgående vurderinger af sårbarheden af grundvandsmagasinerne, hvor faktorer som belastning, mængden af reducerende stoffer (f.eks. organisk stof, pyrit og jern i lerminerale) og hydrogeologiske forhold spiller en central rolle.

Fortsatte målinger af redoxaktive komponenter vil indirekte kunne bruges ved en vurdering af grundvandskvaliteten, idet ændringer i redoxforholdene kan bruges til at fremskrive sårbarheden af magasinet. Disse ændringer kobler imidlertid ikke årsag og virkning, men indikerer kun at der sker ændringer. Ved at definere flere redoxzoner - afstemt efter mængden af data og målesikkerhed - vil skalaen for registrering af ændringer i det geokemiske miljø kunne forbedres, og dermed også fremskrivningen af grundvandskvaliteten.



## 3. Uorganiske sporstoffer

### 3.1 Grundvandsovervågning.

Med indberetningen af data fra 1995 er anden tre-års analyserunde afsluttet. Der foreligger således 2 eller flere analyser fra ca. 650 filtre for hovedparten af de uorganiske sporstoffer, som indgår i grundvandsovervågningen (se tabel 3.1). Undtagelser er kviksølv, selen og vanadium. Amternes seneste dataindberetning ændrer ikke ved fordelingen af uorganiske sporstoffer, således som det blev præsenteret i 1995 (GEUS 1995).

Uorganiske sporstoffer	Kemisk symbol	Analyser	Påvisning	Gennemsnit af:		Median af:		Max. konc.
		antal	antal	alle	påvisn.	alle	påvisn.	
Arsen	As	1.613	219	2,31	2,62	0,81	1,0	129
Bly	Pb	1.460	877	0,62	1,25	0,20	0,36	40
Cadmium	Cd	1.523	899	0,06	0,13	0,012	0,026	9,89
Kviksølv	Hg	762	325	0,004	0,004	0,003	0,002	0,114
Selen	Se	455	327	0,32	0,86	0,1	0,3	43
Cyanid	CN	1.198	1.100	2,46	4,37	2	2,35	31
Nikkel	Ni	1.873	471	3,71	4,69	0,74	0,92	190
Zink	Zn	1.522	325	17,8	22,2	3,10	5,0	1.100
Kobber	Cu	1.606	636	0,88	1,36	0,24	0,50	49
Krom	Cr	1.555	463	0,33	0,43	0,12	0,20	8,94
Molybdæn	Mo	1.238	269	1,29	1,58	0,80	1,1	21
Vanadium	V	455	244	0,86	1,36	0,52	0,82	29,5
Aluminium	Al	1.962	327	147	176	5,0	8,2	17.000
Barium	Ba	1.245	1	96,6	96,6	73	73	1.050
Lithium	Li	1.227	39	8,99	9,23	6,1	6,2	560
Bromid	Br	1.222	19	153	155	90	90	16.000
Strontium	Sr	1261	0	934	934	348	348	30.080

Tabel 3.1 Uorganiske sporstoffer påvist over detektionsgrænsen i grundvandsovervågningen 1990-95. Koncentrationer i  $\mu\text{g/l}$ .

#### 3.1.1 Overskridelser af grænseværdien for drikkevand.

Antallet af nikkelanalyser, hvor koncentrationen overskrider det højst tilladelige for drikkevand (20  $\mu\text{g/l}$ ) er steget fra 81 i 1994 til 102 i 1995. Antallet af filtre, hvori der forekommer overskridelser er steget fra 33 i 1994 til 37 i 1995 og udgør nu 5,6% af de undersøgte filtre.

Antallet af zinkanalyser, hvor koncentrationen overskrider det højst tilladelige for drikkevand (10  $\mu\text{g/l}$ ) er steget fra 50 i 1994 til 69 i 1995. Antallet af filtre, hvori der forekommer overskridelser er steget fra 38 i 1994 til 52 i 1995 og udgør nu 8% af de undersøgte filtre.

Antallet af cadmiumanalyser, hvor koncentrationen overskrider det højst tilladelige for drikkevand (5  $\mu\text{g/l}$ ) er steget fra 1 i 1994 til 6 i 1995. Antallet af filtre, hvori der forekommer overskridelser er steget fra 1 i 1994 til 6 i 1995 og udgør nu 0,9% af de undersøgte filtre.

Klasse kode	Beskrivelse af arealanvendelsesklasse	Overvågning af grundvand for uorganiske sporstoffer	
		Analyser ca. antal	Filtre ca. antal
A1	Bebyggede og befæstede arealer	57	33
A2	Større sammenhængende industriarealer	12	7
B1	Landbrugsarealer i omdrift	575	289
B2	Landbrugsarealer i omdrift og med stort dyrehold	40	18
B3	Landbrugsarealer med græs/vedvarende græs	15	9
B4	Braklagt	10	6
C1	Nåleskov	20	11
C2	Løvskov	20	10
C3	Juletræs- og pyntegrøntsplantager	0	0
C4	Frugtplantager og gartnerier	5	3
D1	Heder og overdrev m.m. (naturarealer)	10	5
D2	Vådbund/enge, søer, vandløb	25	13

Tabel 3.2. Overvågning for uorganiske sporstoffer ved forskellig arealanvendelse.

Antallet af aluminiumanalyser, hvor koncentrationen overskrider det højst tilladelige for drikkevand (200 µg/l) er steget fra 208 i 1994 til 247 i 1995 og udgør nu 38% af de undersøgte filtre.

Antallet af bariumanalyser, hvor koncentrationen overskrider den vejledende værdi for drikkevand (100µg/l) er steget fra 429 i 1994 til 532 i 1995. og udgør nu 82% af de undersøgte filtre.

### 3.1.2 Arealanvendelse i relation til grundvandets kemiske sammensætning.

	Gennemsnitsværdier for uorganiske stoffer, fordelt efter arealanvendelse																
	As	Pb	Cd	Hg	Se	CN	Ni	Zn	Cu	Cr	Mo	V	Al	Ba	Li	Br	pH
A1	2,3	0,8	0,02	0,006	0,13	1,7	2,1	26	0,8	0,4	1,4	2,3	295	82	11	163	7,5
A2	1,7	0,2	0,02	0,003	0,22	1,9	0,4	15	1,0	0,9	1,4	2,5	8	81	10	217	7,5
B1	3,0	0,6	0,18	0,004	0,32	2,1	4,4	19	1,1	0,4	1,5	1,2	192	98	11	171	7,3
B2	1,8	0,2	0,03	0,002	0,12	2,0	0,9	6	0,7	0,5	0,7	1,2	23	44	4	146	7,4
B3	2,3	3,7	0,02	0,002	0,09	1,6	4,6	10	0,7	0,1	1,5	0,6	186	79	11	97	7,4
B4	0,5	0,6	0,19	0,002	0,19	1,7	2,6	149	0,7	0,5	0,3	1,6	119	111	1	32	5,5
C1	1,3	0,2	0,04	0,002	0,13	2,5	1,9	4	0,3	0,7	0,5	0,6	31	28	1	71	7,6
C2	2,3	0,6	0,01	0,003	0,26	2,2	0,6	16	0,3	0,1	0,9	0,5	78	55	6	108	7,4
C4	4,7	0,2	0,01	0,002	0,08	1,6	1,3	5	0,2	0,1	1,7	0,4	6	171	13	194	7,2
D1	0,9	0,7	0,01	0,003	0,10	1,8	0,4	4	0,5	0,1	1,3	0,7	10	103	12	184	7,6
D2	0,7	0,6	0,02	0,002	0,13	1,7	2,2	6	0,7	0,2	1,8	0,7	73	105	10	92	7,1
Alle	0,7	0,6	0,12	0,004	,24	2,3	4,0	19	0,9	0,4	1,2	1,3	168	96	9	140	7,0

Tabel 3.3. Gennemsnitskoncentration af uorganiske sporstoffer i µg/l, fordelt efter arealanvendelsesklasse for perioden 1989-1995.

Med rapporteringen for 1995 har hovedparten af amterne gennemført en vurdering af den arealanvendelse, der formodes at påvirke grundvandets kemiske sammensætning i de enkelte filtre. Arealanvendelsen er beskrevet inden for de klasser, som fremgår af tabel 3.2. Klassificeringen er udarbejdet af GEUS for styregruppen for grundvand.

Det fremgår indirekte af tabel 3.3 at et stort antal aktive filtre er påvirket af flere forskellige typer arealanvendelse. For at belyse forskelle mellem de forskellige arealanvendelser er der nedenstående kun medtaget filtre, som er påvirket af én enkelt arealanvendelse. I tabel 3.3 er angivet gennemsnitsværdier for de enkelte stoffer. Analyser under detektionsgrænsen er medregnet med dennes værdi.

Uorganiske sporstoffer der er signifikant forskellige, efter arealanvendelse										
	A2	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C4	D1	D2
A1	Se Cu Cr	Se Ba Br	Hg Cr Mo Ba Li Sr	Hg Cr	Cd Mo Al Li Br Sr	Ni Cu Mo Ba Li Br Sr	CN Cu Cr Al Ba	Ba Sr	Cr	As Cr Mo Al Ba
A2		Cu Cr V	As Se	As Se Cr Sr	As Cd Ni Mo Al Li Br Sr	Ni Zn Cu V Li Sr	As Se Zn Cu Cr V	Cu Cr	As Se Zn Cu Cr	As Ni Cr Ba
B1			Pb Hg Cr Mo V Ba Li Sr	Hg Se Cr Sr	As Cd Cr Mo Al Li Br Sr	Pb Cu Mo Ba Li Sr	Se Zn Cu Cr Ba	Se Li Sr	Ni Zn Li Br	As Mo Ba Li
B2				Se Cr Mo Ba Li Sr	As Cd Ni Mo Al Ba Li Br Sr	Ni Cu V Ba Li Br Sr	Pb Se Cu Cr Mo V Al Li Sr	Cr Ba Li Sr	Cd Hg Cr Ba Li Sr	As Cr Mo Al Ba Li Sr
B3					Cd Cr Mo Al Li Br Sr	Se Cu Cr Mo Ba Li Sr	CN Cu Mo V Br	Cr Li Sr	Hg Li Sr	As Cr Ba Li Sr
B4						Cd Cu Al Ba Br Sr	As Cd Ni Zn Cu Cr Mo Al Ba Li Br Sr	As Cd Cu Cr Mo Al Li Sr	Cd Ni Cr Mo Va Al Li Br Sr	As Cd Cr Mo Al Li Br Sr
C1							Pb Ni Cr Mo Al Ba Li Br Sr	Mo Ba Li Sr	Ni; Cr Mo Ba Li Br Sr	Cr Mo Al Ba Li Sr
C2								Ba Li Sr	Li	CN Ni Cu Mo Va Li
C4									Sr	Sr
D1										Ni Br

Tabel 3.4. Uorganiske sporstoffer der har signifikant forskelligt indhold indenfor parvise arealanvendelsesklasser, baseret på alle analyser af uorganiske sporstofferne.



De overraskende høje koncentrationer af visse stoffer på braklagte arealer (B4) kan skyldes, at pH her er væsentlig lavere end i de øvrige arealklasser, kun 5,5 mod ca. 7,5 i de øvrige. En del af forklaringen kan være at den pulje af uorganiske sporelementer, der er akkumuleret i dyrkningslaget, forholdsvis hurtigt frigives, når udbringning af jordbrugskalk ophører, eller at det er dårligere, d.v.s. mere sure jorde, der braklægges.

I tabel 3.4 er der på det samme datasæt, som ligger til grund for tabel 3.3 udregnet hvilke sporstoffer, der adskiller sig signifikant imellem forskellige arealklasser (Wilcoxon Rank Sum Test, 95% konfidensinterval).

Opdeles arealklasserne yderligere efter andre grupperinger som f.eks. overvågningstype bliver antallet af observationer i de enkelte delklasser meget lille (i størrelsesordenen 5 til 10).

I tabel 3.5 er de signifikant forskellige uorganiske sporstoffer angivet for de punktmoniterende filtre alene.

Uorganiske sporstoffer der er signifikant forskellige, efter arealanvendelse alene for punktmoniterende boringer							
	B1	B3	B4	C1	C2	D1	D2
A1	Ba Br	Cu Ba	Cd Zn Mo Li Sr	Ba Li Sr	As Ba	Ni	-
B1		Se Ba	As Pb Cd Zn Mo Li Sr	Ba Li Sr	As Ba	Li Br	As Ni Mo
B3			Ni Cu Mo Li Sr	Mo Sr	Br	Br Li	Cu Ba Li Br Sr
B4				Pb Cd Mo Al Ba	Cd Mo Li Sr	Pb Cd Ni Zn Mo Li Br Sr	As Cd Mo Li Sr
C1					Ba Li Br Sr	Ni Cr Ba Li Br Sr	Ni Mo Ba Li Br Sr
C2						Li	Ni Mo Ba
D1							Pb Zn

Tabel 3.5. Stoffer der har signifikant forskelligt indhold i punktmoniterende filtre indenfor parvise arealanvendelsesklasser, baseret på fund af stofferne. De punktmoniterende filtre repræsenterer overvejende det nydannede grundvand..

### 3.1.3 Koncentrationsfordeling.

Afbildes de fundne koncentrationer inden for de enkelte arealanvendelsesklasser ses to karakteristika (se bilag 4 og 5). Der findes lave koncentrationer inden for alle arealanvendelsesklasser. For et flertal af de uorganiske sporstoffer forekommer der en overrepræsentation af høje koncentrationer i arealanvendelsesklasserne B og B1, henholdsvis "landbrug, uspecificeret" og "landbrugsarealer i omdrift", samt for zinks vedkommende også B4, "braklagte arealer". Tendensen er tydelig ligegyldigt om der alle analyser, filtergennemsnit eller kun fund i aktive punktmoniterende filtre medtages.

### 3.1.4 Sammenfatning om uorganiske sporstoffer af grundvandsovervågning

Sammenholdes forekomsten af en overrepræsentation af høje koncentrationer under landbrugsarealer med en iagttagelse af detaljerede tidsserier for enkeltfiltre, (som bl. a.

fremgår af bilag 1 og bilag 2 for henholdsvis nikkel og zink), der viser stærkt varierende sporstofindhold gennem tiden for en række filters vedkommende, antages de fundne koncentrationsfordelinger at kunne forklares ved en periodevis kraftig tilførsel af uorganiske sporstoffer i en kemisk form fx. vandopløselige organiske komplekser, som tillader en massiv og hurtig nedvaskning af stofferne. Gylle, må antages at kunne udgøre en sådan kilde til tungmetalbelastning (Miljøstyrelsen 1995b). Også spildevandsslam kan udgøre en sådan kilde, men udbringes på et meget begrænset areal i forhold til gylle. Hvorvidt gylleudbringning udgør en væsentlig belastning af grundvandet med uorganiske sporstoffer bør i fremtiden afklares nærmere gennem analyser af indholdet uorganiske sporstoffer i grundvandprøver i landovervågningsoplandene (Miljøstyrelsen 1995b), hvor arealanvendelse og gødningstilførsel er velbeskrevet.

### 3.2 Vandværkernes boringskontrol

I forbindelse med oprydning af forurenede grunde er der for en række uorganiske sporstoffer fastsat kvalitetskriterier, der sætter grænser for, hvor stor en udvaskning og nedsivning til grundvandet der kan accepteres (Miljøstyrelsen 1995a). Kvalitetskriterier for grundvand er her sammenfaldende med de kendte grænseværdier for drikkevand (Miljøministeriet 1988), for så vidt angår uorganiske sporstoffer.

Uorganiske sporstoffer	Kemisk symbol	Analyser	Påvisninger	Analyser i GRUMO	Gennem snit af:		Median af:		Max. konc.
		antal <sup>*)</sup>	antal	antal	alle	påvisn.	alle	påvisn.	
Arsen	As	441	70	189	2,21	2,45	0,89	1,0	23,7
Bly	Pb	452	276	175	1,09	1,81	0,5	0,5	34,6
Cadmium	Cd	442	245	182	0,08	0,12	0,034	0,034	8,86
Kviksølv	Hg	218	99	109	0,03	0,006	0,002	0,002	0,30
Selen	Se	158	134	72	0,20	0,32	0,25	0,25	1,0
Cyanid	CN	231	216	147	2,3	3,95	3,0	3,0	30,0
Nikkel	Ni	8.736	5.743	275	4,90	10,4	3,0	3,0	430
Zink	Zn	421	76	189	34,8	41,1	11,0	11,0	819
Kobber	Cu	456	215	185	0,95	1,32	0,59	0,59	30
Krom	Cr	476	191	182	0,38	0,31	0,15	0,15	3,1
Molybdæn	Mo	309	95	154	1,1	1,40	1,12	1,12	8,3
Vanadium	V	144	101	72	0,55	0,83	0,80	0,80	1,5
Aluminium	Al	637	179	189	201	208	11,7	11,7	8.440
Barium	Ba	319	1	156	86	85,9	62	62	490
Lithium	Li	312	0	155	8,0	8,0	6,1	6,1	157
Bromid	Br	311	0	160	143	144	88	88	1.900
Strontium	Sr	315	0	165	1.088	1.088	347	347	29.000

<sup>\*)</sup> Omfatter også analyser udført i grundvandsovervågnings volumemoniterende boringer

Tabel 3.6 Uorganiske sporstoffer påvist over detektionsgrænsen i vandværkernes boringskontrol 1990-95. Koncentrationer i µg/l.

#### 3.2.1 Overskridelser af grænseværdi for drikkevand.

Antallet af nikkelanalyser, hvor koncentrationen overskrider det højst tilladelige for drikkevand (20 µg/l) er steget fra 235 i 1994 til 366 i 1995. Af det samlede antal nikkelanalyser, der udgør 8.736 er der således en overskridelse svarende til 4,3%. Antallet af filtre, hvori der forekommer overskridelser er steget fra 135 i 1994 til 189 i 1995, hvilket svarer til

3,1% af de analyserede filtre. Den procentuelle andel af filtrene med overskridelser af drikkevandskrav i forhold til det samlede antal undersøgte filtre er uændret i forhold til 1994.

Antallet af zinkanalyser, hvor koncentrationen overskrider det højst tilladelige for drikkevand (100 µg/l) er steget fra 19 i 1994 til 28 i 1995. Af det samlede antal zinkanalyser, der udgør 345 er der således en overskridelse svarende til 8,1%. Antallet af filtre, hvori der forekommer overskridelser er steget fra 12 i 1994 til 20 i 1995, svarende til 11,6% af de undersøgte filtre.

Antallet af aluminiumanalyser, hvor koncentrationen overskrider den højst tilladelige værdi for drikkevand (200 µg/l) er steget fra 78 i 1994 til 109 i 1995. Grænseværdien for aluminium overskrides således i 23,7 % af analyserne. Antallet af filtre, hvori der forekommer overskridelser af aluminium er steget fra 31 i 1994 til 63 i 1995, svarende til 22,2% af de undersøgte filtre.

Antallet af bariumanalyser, hvor koncentrationen overskrider den vejledende værdi for barium (100 µg/l) i drikkevand er steget fra 55 i 1994 til 81 i 1995. Indholdet af barium overskrides således i 25,5% af analyserne. Antallet af filtre, hvori der forekommer overskridelser af den vejledende værdi for barium er steget fra 40 i 1994 til 55 i 1995, svarende til 36,2% af de analyserede filtre.

Som det er fremgået af foranstående overskrides grænseværdierne i et varierende antal tilfælde i et mindre antal boringer for stofferne arsen, cadmium, selen, nikkel, zink og aluminium, samt for barium, hvor der dog kun findes en vejledende grænseværdi. Dette grundvand kan altså ikke umiddelbart anvendes til drikkevand, f.eks. i forbindelse med enkeltforsyning og små fællesvandforsyninger uden vandbehandling.

I større vandværker med vandbehandling må det antages, at de uorganiske sporstoffer til en vis grad tilbageholdes i okkerslammet fra vandværkernes sandfiltre (Aktor 1990).

Ifølge drikkevandsbekendtgørelsen (Miljøministeriet 1988) skal der ved vandværkernes boringskontrol analyseres for stoffer, der kan mistænkes for at udgøre et problem indenfor indvindingsoplandet. På den baggrund forekommer antallet af analyser for uorganiske sporstoffer i vandværkernes boringskontrol (tabel 3.6) at være overraskende lavt. Antallet af analyser for uorganiske sporstoffer på udgangssiden af vandværkerne (normal og udvidet drikkevandskontrol) er endnu mere begrænset.

## 4. Organiske mikroforureninger

### 4.1 Grundvandsovervågningen

De organiske mikroforureninger, der indgår i grundvandsovervågningen omfatter 3 stofgrupper: 1) klorerede alifatiske kulbrinter, 2) aromatiske kulbrinter og 3) fenoler. Herudover analyseres der for samleparametren VOX (flygtige organiske halogenforbindelser). Der er i perioden 1989-95 udført analyser for én eller flere af de organiske mikroforureninger i 584 boringer, der tilsammen indeholder 929 filtre. I størrelsesordenen 30 af disse filtre er nedlagt på nuværende tidspunkt.

Amternes indberetningen af udførte analyser i 1995 omfatter 408 analyser for de klorerede alifatiske kulbrinter, og mellem 320 og 370 analyser for de enkelte aromatiske kulbrinter og mellem 22 og 610 analyser for de enkelte fenoler. Det samlede antal analyser i GEUS's grundvandskemiske database er vokset lidt mindre, idet der er udtaget en række analyseværdier, som er vurderet at være fejlbehæftede. Antallet af analyser, påvisninger m.v. af de organiske mikroforureninger fremgår af tabel 4.1.

Antallet af analyser for de enkelte klorerede alifatiske kulbrinter er hermed oppe på ca. 2.000 siden grundvandsovervågningen startede i 1989. Baseret på data for triklormethan (kloroform) er der i 661 filtre analyseret for alifatiske klorerede kulbrinter mere end én gang. Årets indberetninger har ikke ændret det generelle billede af i hvilket omfang, der påvises klorerede alifatiske kulbrinter eller hyppigheden af de enkelte stoffer.

Triklormethan er det stof, som findes hyppigst. Det er på nuværende tidspunkt påvist i 52 filtre. I de 28 filtre er det påvist mere end en gang. En mulig forklaring på forekomsten af triklormethan kan være, at det dannes under visse skovområder. Dette underbygges af, at  $\frac{3}{4}$  af de filtre, hvori der er genfundet triklormethan, er placeret i Ribe og Nordjyllands Amter.

Kilden til forurening med de organiske mikroforureninger, muligvis med undtagelse af triklormethan, vurderes primært at være punktkilder, som industrigrunde og affaldsdepoter. Disse kilder forventes at resultere i en kontinuerlig forurening af grundvandet over flere år, hvorfor man med rimelig sikkerhed bør kunne genfinde disse stoffer, hvis de stammer fra en sådan kilde.

Triklourethylen er den klorerede alifatiske kulbrinte der forekommer hyppigst, næst efter triklormethan. Triklourethylen er påvist i 22 filtre, hvoraf det er genfundet i de 12 filtre. De 10 af disse filtre er lokaliseret inden for to overvågningsområder (13.11: København/Frederiksberg og 35.13: St. Heddinge). Dette fundmønster underbygger, at forekomsten af triklourethylen er forårsaget af udsivning fra specifikke industrigrunde eller affaldsdepoter.

Der er indberettet 346 analyser for samleparameteren VOX i 1995, heraf er de 10 positive fund. Det er relativt færre påvisninger end de tidligere år. En nøjere gennemgang af data for VOX for perioden 1989-1995 viser, at 158 af de indberettede positive fund stammer fra analyser af prøver fra Københavns Amt i 1992. Resultaterne for perioden 1993-95 for Københavns Amt, har ikke kunnet bekræfte det relativt høje niveau af VOX i disse tre grundvandsovervågningsområder. Hvis data for Københavns Amt i 1992 udelukkes, er der

påvist VOX over analysedetekteringsgrænsen (0,3 µg/l) i 75 filtre, i 12 af disse filtre er VOX påvist mere end en gang. Disse filtre er jævnt fordelt i landet.

Der er på nuværende tidspunkt analyseret for aromatiske kulbrinter knap 1.900 gange. Baseret på data for benzen er der i 638 filtre analyseret for aromatiske kulbrinter mere end én gang. Antallet af filtre, hvori der er påvist benzen er steget med 5, til nu 65 filtre. I 29 filtre er der påvist benzen mere end én gang og heraf er de 24 filtre lokaliseret inden for 3 overvågningsområder i Storstrøms Amt (35.11: Vesterborg, 35.12: Sibirien og 35.13: St. Heddinge). Storstrøms Amt arbejder på at afklare kilderne til forureningen af disse borer (Storstrøms Amt, 1996).

Grundvands- overvågning	Analyser	Boringer	Filtre	Påvisn. ≥ 0,05 µg/l	Bor. med påvisn.	Filtre med påvisn.	Filtre med påvisn.	Max. konc.	Middel konc.	Median	Filtre m.gen- påvisn.
	antal	antal	antal	antal	antal	antal	%	µg/l	µg/l	µg/l	antal
<b>Klorerede kulbrinter</b>											
Triklormethan	2.029	578	939	133	45	52	5,5	7,00	0,54	0,16	28
Tetraklormethan	1.981	578	946	11	10	11	1,2	2,19	0,56	0,32	
Trikloroethylen	2.009	582	952	49	19	22	2,3	5,70	0,82	0,20	12
Tetrakloroethylen	2.010	582	952	26	9	9	0,9	1,63	0,37	0,15	6
1,1,1-Trikloroethan	2.006	582	952	17	11	12	1,3	0,20	0,09	0,08	2
<b>Samleparametre</b>											
VOX	1.954	573	929	247	85	121	13,0	43,80	2,04	1,42	66
VOX*)	1.795	573	929	89	63	75	8,1	43,80	2,27	0,60	12
<b>Aromatiske kulbrinter</b>											
Benzen	1.874	558	909	126	54	65	7,2	5,10	0,41	0,20	29
Toluen	1.881	557	908	130	70	89	9,8	6,59	0,32	0,14	37
m/p-Xylen**)	1.853	556	908	46	27	36		0,19	0,10	0,11	
o-Xylen	1.826	555	905	18	10	13	1,4	0,80	0,22	0,13	1
Naphthalen	1.778	548	899	4	4	4	0,4	0,25	0,11	0,08	
<b>Fenoler</b>											
Fenol	2.298	585	948	59	47	56	5,9	5,10	0,23	0,10	3
2-methylfenol	860	473	716	2	2	2					
3-methylfenol	301	184	263								
4-methylfenol	2.079	572	918	15	13	13	1,4	4,50	0,66	0,12	
2,3-dimethylfenol	464	271	414	1	1	1					
2,4-dimethylfenol	1989	559	885	1	1	1					
2,5-dimethylfenol											
2,6-dimethylfenol	2.215	581	935	2	2	2					
3,4-dimethylfenol	785	471	712	2	2	2					
3,5-dimethylfenol	759	463	693								

\*) VOX hvor der ikke er medtaget data for Københavns Amt i 1992

\*\*) Omfatter data, hvor der enten er analyseret for m-xylen, p-xylen eller m/p-xylen

Tabel 4.1. Analyser og påvisninger over detektionsgrænsen af organiske mikroforureninger i forbindelse med grundvandsovervågningen 1989-95. Middel- og gennemsnitsværdierne er beregnet for alle analyser  $\geq 0,05$  µg/l.

Antallet af analyser, hvori der er påvist toluen, er fordoblet med indberetningerne for 1995. Af de 75 positive analyseresultater, som er indberettede i 1995, kan de 56 henføres til Sønderjyllands Amt. De 21 af de 25 positive analyseresultater der blev indberettet i 1994 stammer tilsvarende fra Sønderjyllands Amt. Indtil 1994 var der påvist 6 positive fund af toluen i Sønderjyllands Amt, ud af 111 analyser. De mange påvisninger i Sønderjyllands Amt i perioden 1994-95, (77 analyseresultater over detektionsgrænsen ud af 119 analyser) tilskrives

ifølge amtet i november 1996 at laboratoriet fejlagtigt havde fastgjort prøveflaskernes prop med toluenholdig tape (Sønderjyllands Amt, 1996).

For de øvrige aromatiske kulbrinter er der ikke sket væsentlige forskydninger i antallet af påvisninger med de data, der er indberettet for 1995.

Der er stadig kun påvist fenol og 4-methylfenol, over analysedetekteringsgrænsen på 0,05 µg/l, i forbindelse med grundvandsovervågningen. Kun fenol er genfundet og kun i 3 filtre.

## 4.2 Vandværkernes boringskontrol

Vandværkernes boringskontrol	Boringer antal	Analyser antal	Boringer m. påvisn. ≥0,05 µg/l antal	Påvisning antal	Max konc. µg/l	Bor. med. genpåvisn. antal
<b>Klorerede kulbrinter</b>						
Triklormethan	793	1.400	48	82	63,00	15
Tetraklormethan	793	1.406	9	10	0,50	1
Trikllorethylen	854	1.668	82	414	7.800,00	57
Tetraklorethylen	842	1.538	50	182	150,00	31
1,1,1-Trikllorethan	797	1.454	31	96	300,00	22
Mindst et stof	866	1.702	130	497		74
<b>Samleparametre, VOX</b>	101	378	8	12		
<b>Aromatiske kulbrinter</b>						
Benzen	766	1.353	28	57	8,40	7
Toluen	763	1.347	45	62	4,90	8
m/p-Xylen	676	1.048	22	26	2,00	3
o-Xylen	622	1.045	6	8	0,73	
Naphthalen	591	1.033	10	14	0,91	
Mindst et stof	730	1.284	67	116		14
<b>Fenoler</b>						
Fenol	801	1.371	45	80	3,90	11
2-methylfenol	177	333	3	4	0,84	
3-methylfenol	115	202	2	2	0,06	
4-methylfenol	732	1.202	5	6	1,20	
2,3-dimethylfenol	127	246	1	1	0,10	
2,4-dimethylfenol	739	1.248	6	11	2,00	1
2,5-dimethylfenol						
2,6-dimethylfenol	727	1.241	4	24	7,80	5
3,4-dimethylfenol	162	290		0		
3,5-dimethylfenol	160	285	1	1	0,10	

Tabel 4.2. Analyser og påvisninger over detektionsgrænsen af organiske mikroforureninger i forbindelse med vandværkernes boringskontrol 1990-1995.

Antallet af indberettede data fra vandværkernes boringskontrol i 1995 har været markant højere end de foregående år. I det forgangne år er der udover data for analyser udført i 1995 også indberettet et betydeligt antal analyser for de tidligere år (tabel 4.2).

De foreliggende data giver ikke, på samme vis som data fra grundvandsovervågningen, et repræsentativt billede af forureningen af grundvandet på landsplan, idet et betydeligt antal analyser enten er udtaget på baggrund af mistanke om forurening eller som led i en allerede erkendt forurening.

Af de 866 borer, der er undersøgt for klorerede alifatiske kulbrinter, er der påvist mindst ét af de 5 udvalgte stoffer i 130 borer og i 74 borer er mindst ét af stofferne genfundet. Trikllorethylen er det stof, der dominerer i de analyserede prøver. Det er genfundet i 57 borer. Med de indberettede data begynder der at foreligge tidsserier for udviklingen af trikllorethylen i forskellige grundvandsmagasiner. En nærmere sammenstilling af disse tidsserier er dog for tidligt. En ting, er dog påfaldende og det er de relativt konstante koncentrationer af stoffet over perioder på ét til tre år.

Der er analyseret for aromatiske kulbrinter i 730 borer. I 67 borer er der påvist mindst ét af de udvalgte stoffer, der er dog kun sket genfindning i 14 borer. Det er stofferne benzen og toluen, der er de dominerende. Halvdelen af borerne, hvor der er genfundet mindst et af stofferne, er placeret inden for samme lokalitet.

### **4.3 Sammenfatning om organiske mikroforureninger**

Muligvis med udtagelse af triklormethan stammer forureningen med de analyserede organiske mikroforureninger primært fra punktkilder, hvilket resulterer i en ret konstant belastning af grundvandet over tid. Hovedparten af de positive genfund af disse stoffer stammer fra et mindre antal lokaliteter. Der er ikke tegn på nogen egentlig fladebelastning med de her målte stoffer vurderet ud fra genfundene, når der ses bort fra triklormethan, der muligvis kan være dannet under visse skovarealer.

## 5. Pesticider og nedbrydningsprodukter

### 5.1 Pesticider i grundvandsovervågningen.

I grundvandsovervågningen er der i perioden 1990-95 analyseret for pesticider i 976 filtre. Filtrene er i perioden undersøgt for 8 pesticider (tabel 5.1) i alt 2.870 gange og der er påvist pesticider over detektionsgrænsen én eller flere gange i 100 filtre svarende til ca. 10% af de undersøgte filtre. Grænseværdien for drikkevand på 0.1 µg/l er overskredet i 2.9 % af de undersøgte borer.

Der endnu ikke er analyseret vandprøver et tilstrækkeligt antal gange fra overvågningsboringerne, til at give en tilforladelig tidsmæssig udvikling for indholdet af de 8 pesticider.

Udelades 176 dybtliggende filtre, hvor det analyserede grundvand har et tritiumindhold <2 TU og derfor er dannet før pesticidernes anvendelsesperiode, er der fundet pesticider i 13% af borerne i grundvandsovervågningen.

Antal påvisninger af de enkelte 8 pesticider fremgår af tabel 5.1. Det ses her at dichlorprop, mechlorprop og atrazin forekommer hyppigst i grundvandsovervågningen.

Pesticider	Filtre med påvisninger i 1990-95	
	antal	%
<b>Phenoxysyrer</b>		
Dichlorprop	36	3,7
MCPA	9	0,9
Mechlorprop	27	2,8
2,4-D	8	0,8
<b>Triaziner</b>		
Atrazin	36	3,7
Simazin	12	1,2
<b>Fenoler</b>		
DNOC	5	0,5
Dinoseb	4	0,4

Tabel 5.1 Filtre med påvisning over detektionsgrænsen af de 8 pesticider der indgår i grundvandsovervågningen. Pesticiderne er påvist over detektionsgrænsen i 137 tilfælde i 100 filtre ud af 976 undersøgte filtre i perioden 1990-95.

Maksimum- og medianværdier samt antal påvisninger over detektionsgrænsen af pesticider er vist i tabel 5.2, hvor store variationer i koncentration er særlig påfaldende for dichlorprop og atrazin. Medianværdien for dichlorprop og DNOC er på niveau med grænseværdien for indhold af pesticider i drikkevand, mens de øvrige stoffers mediankoncentration ligger under grænseværdien. DNOC er dog kun påvist over detektionsgrænsen i 4 filtre.



I mere end 50% af de vandprøver, hvor der er påvist pesticider, er der fundet ét pesticid, mens der er fundet 2, 3 og 4 pesticider i henholdsvis ca. 35%, 6% og 0,5% af de analyserede vandprøver, tabel 5.3.

	Koncentration af 8 påviste pesticider i grundvand, µg/l							
	Dichlorprop	MCPA	Mechlorprop	DNOC	Dinoseb	Atrazin	Simazin	2,4-D
Maksimum	370	1,6	0,78	0,294	0,35	19,9	0,6	0,23
Median	0,11	0,056	0,03	0,111	0,038	0,025	0,065	0,035
Påvisninger	63	28	46	4	7	100	23	9

Tabel 5.2. Koncentration af 8 pesticider i grundvandsovervågningen µg/l i. Medianværdier er beregnet på grundlag af alle positive analyseværdier  $\geq$  detektionsgrænsen..

Pesticider påvist i overvågningsfiltre	Boringer/filtre med påvisninger	
antal	antal	%
1 pesticid	111	58,4
2 pesticider	67	35,3
3 pesticider	11	5,8
4 pesticider	1	0,5

Tabel 5.3 Antal pesticider påvist over detektionsgrænsen i filtre i grundvandsovervågningen.

## 5.2 Pesticider i vandværkernes boringskontrol

GEUS's grundvandskemiske database indeholdt den 1. juli 1996 3.772 pesticidanalyser af grundvand fra vandværkernes boringskontrol, repræsenterende perioden 1990-1995. Disse analysedata omfatter hovedsagelig de samme 8 pesticider som der analyseres i grundvandsovervågningen. Et mindre antal analyser omfatter dog flere pesticider. Analyserne stammer fra i alt 2.798 boringer, hvor der er analyseret vandprøver i op til 16 gange fra enkelte boringer.

Pesticider og nedbrydningsprodukter	Analyser	Påvisninger	Max. værdi	Medianværdi
	antal	antal	µg/l	µg/l
Atrazin	3.431	136	75	0,05
Desethyl-atrazin	75	7	0,15	0,05
Desisopropyl-atrazin	69	6	0,19	0,04
2,6-Dichlorbenzamid	219	114	260	0,17
Dichlorprop	3.429	84	9,20	0,03
Simazin	3.410	52	0,19	0,02
Mechlorprop	3.382	51	1,89	0,05
MCPA	3.391	16	0,41	0,09
Hexazinon	116	6	0,12	0,03

Tabel 5.4. De hyppigst påviste pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværkernes boringskontrol. Tabellen omfatter kun analysedata indberettet via amterne til GEUS og kun påvisninger over detektionsgrænsen. Analyserne er udført i perioden 1990-1995.

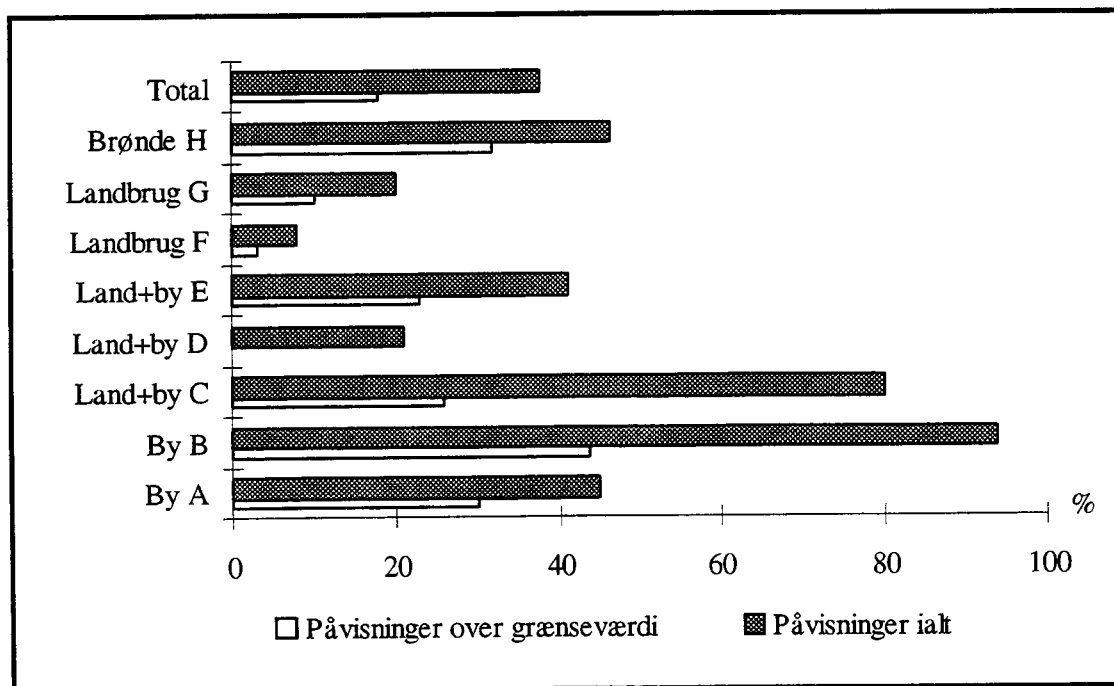
Der er fundet pesticider i 235 borerer svarende til 8,4%. Grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l var overskredet i 3,6% af de 2.798 undersøgte borerer. Amternes har gennemført et antal analyser med udvidede analyseprogrammer, der beskrives nærmere i afsnit 5.6, hvor der også er medtaget resultater fra de analyseprogrammer, der er udført i begyndelsen af 1996.

Tabel 5.4 viser de hyppigst påviste pesticider ved vandværkernes boringskontrol. Atrazin, 2,6-dichlorbenzamid, dichlorprop, simazin, og mechlorprop forekommer hyppigst. Særlig er den store forekomst af 2,6-dichlorbenzamid bemærkelsesværdig, da der kun er indberettet 219 analyser for stoffet fra 84 borerer til GEUS.

I tabel 5.5 er vist antallet af borerer, hvori der ved vandværkernes boringskontrol er påvist pesticider samt hvor mange gange der er påvist pesticider i hver enkelt boring.

Påvisninger i samme boring	Borerer antal
1	160
2	51
3	11
4	5
5	2
6	4
7	2
Borerer i alt	235

Tabel 5.5. Borerer, hvori der ved vandværkernes boringskontrol er påvist pesticider over detektionsgrænsen samt hvor mange gange der er påvist pesticider i hver enkelt boring.



Figur 5.1 Forekomst af 2,6-dichlorobenzamid (BAM) i udvidede danske analyseprogrammer, gennemført af amterne og vandværker.

### 5.3 Grundvand under byer

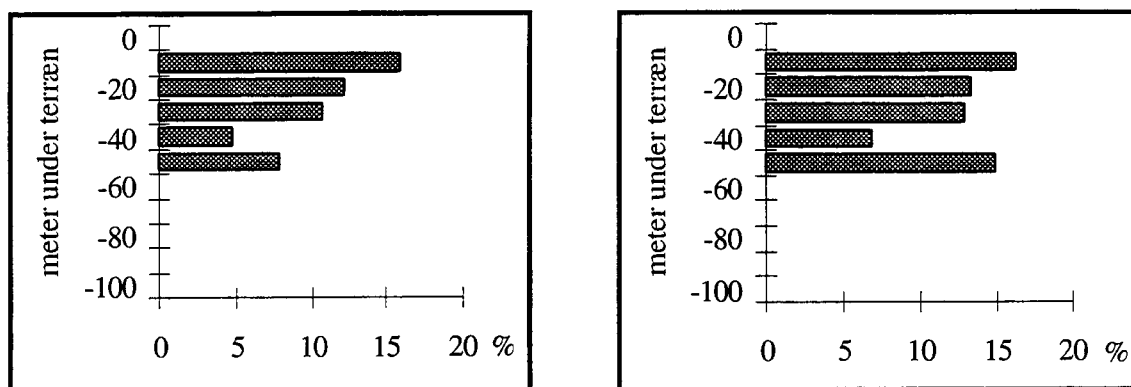
Mange private vandværker er oprindeligt etableret ved bygrænser, men er ved senere udvidelse af byområderne kommet til at ligge i delvist bebyggede områder. Fra disse mere eller mindre bebyggede områder er der en risiko for nedvaskning af pesticider eller nedbrydningsprodukter fra totalukrudtsmidler som f.eks. dichlobenil og atrazin.

Dichlobenil, der nedbrydes til 2,6-dichlorbenzamid (BAM), anvendes under frugttræer og -buske, under træer og prydbuske samt som totalukrudtsmiddel på udyrkede og befæstede arealer. Den sidste anvendelse betyder, at BAM antagelig vil kunne findes i mange boringer i bymæssig bebyggelse, hvor dichlobenil har været anvendt, især fordi BAM stort set ikke bindes til jord og nedbrydes langsomt.

Amterne og vandværkerne har gennemført en række udvidede analyseprogrammer af grundvand, og resultaterne viser, at BAM findes ret hyppigt i grundvand. I en undersøgelse gennemført af Københavns Vandforsyning ved kildepladserne Vallensbæk og Thorsbro, som følge af en konstateret BAM forurening, er der konstateret BAM i 75% af de undersøgte boringer (figur 5.1). I Hvidovre er BAM fundet i mere end 90% af Hvidovre Vandværks boringer.

### 5.4 Dybdemæssig fordeling af pesticidfund

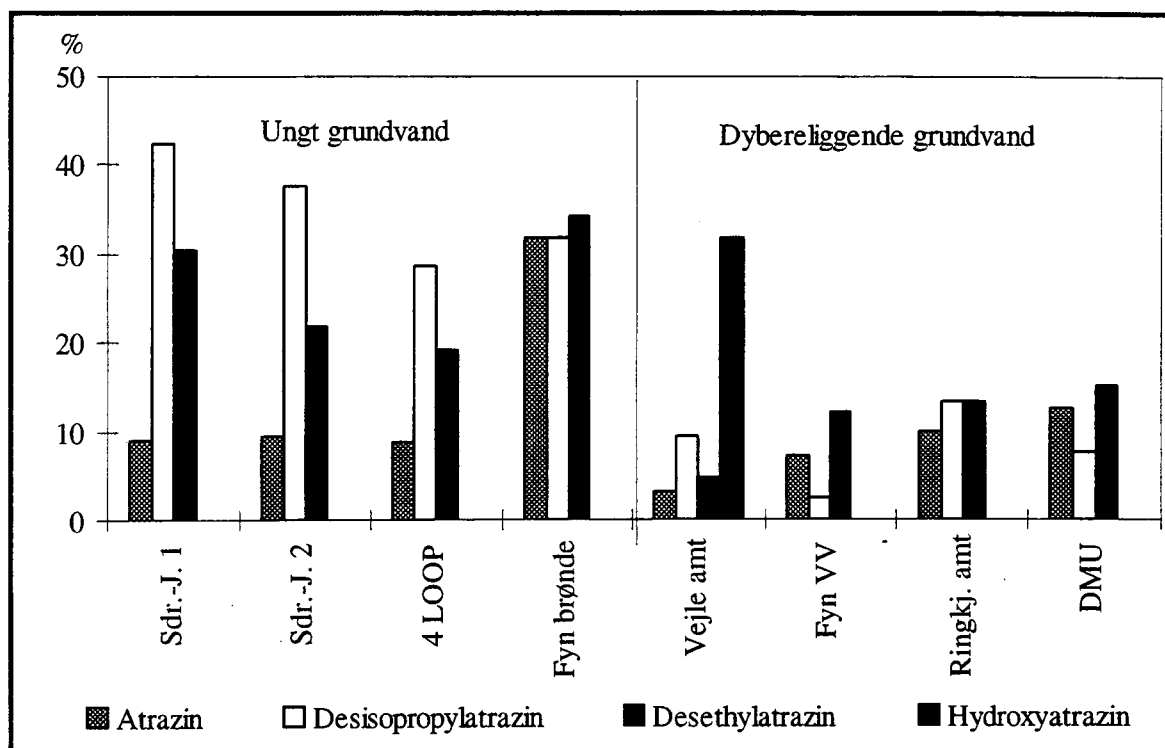
Opgøres antallet af filtre i grundvandsovervågningen, hvori der er påvist pesticider, i forhold til filterdybden findes, at 16% af de undersøgte filtre i det terrænnære grundvand indeholder ét eller flere af de 8 analyserede pesticider (figur 5.2). I det dybereliggende grundvand falder antallet af påvisninger, men selv i intervallet 40-50 meter under terræn er der påvist pesticider i ca. 8% af de undersøgte filtre. Opgøres på samme måde hyppigheden af pesticidpåvisninger i filtre, der har et tritiumindhold større end 2 TU, og som derfor er dannet efter ca. 1950, hvor pesticider blev introduceret i Danmark, ses at mængden af pesticider i de dybere niveauer i grundvandsmagasinerne stiger til et niveau, der er af samme størrelsesorden som det øverste grundvand. Dette kan indicere at de 8 undersøgte pesticider ikke i væsentlig grad omsættes i de dybere liggende dele af magasinerne.



Figur 5.2 Påvisning af atrazin og nedbrydningsprodukter i forskellige dybdeintervaller. Venstre: Hele Danmark, Højre: Filtre med et tritiumindhold mindre end 2 TU er ikke medtaget.

Af en undersøgelse udført af Sønderjyllands Amt fremgår at forekomsten af både atrazin og nedbrydningsprodukter (metabolitter) af atrazin og simazin forekommer hyppigt i det unge grundvand, men også at der ikke er nogen signifikant forskel i den relative fordeling mellem

atrazin og nedbrydningsprodukter i ungt og ældre grundvand, figur 5.3. Det kan betyde, at der ikke sker nogen væsentlig nedbrydning af metabolitterne under den nedadrettede transport gennem grundvandsmagasinerne, og at metabolitterne i hovedsagen dannes i rodzonen. Det fremgår også, at der for de to hyppigst påviste nedbrydningsprodukter af atrazin, desethylatrazin og desisopropylatrazin, ikke er nogen klar forskel i udbredelsesmønster.

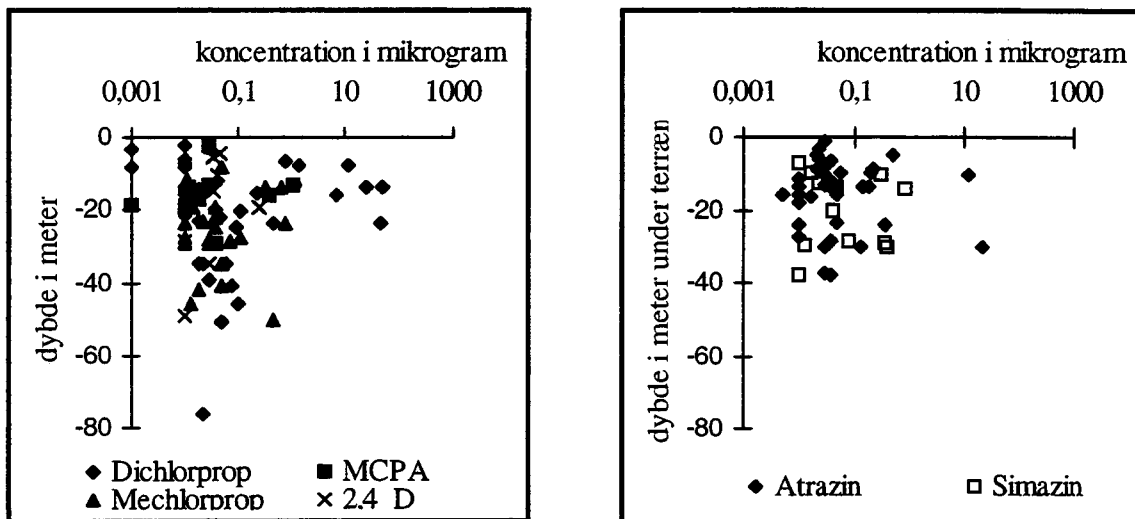


Figur 5.3 Forekomst af atrazin og 3 af atrazins nedbrydningsprodukter i højtliggende ungt grundvand og i dybereliggende ældre grundvand. Data fra amternes udvidede analyseprogram.

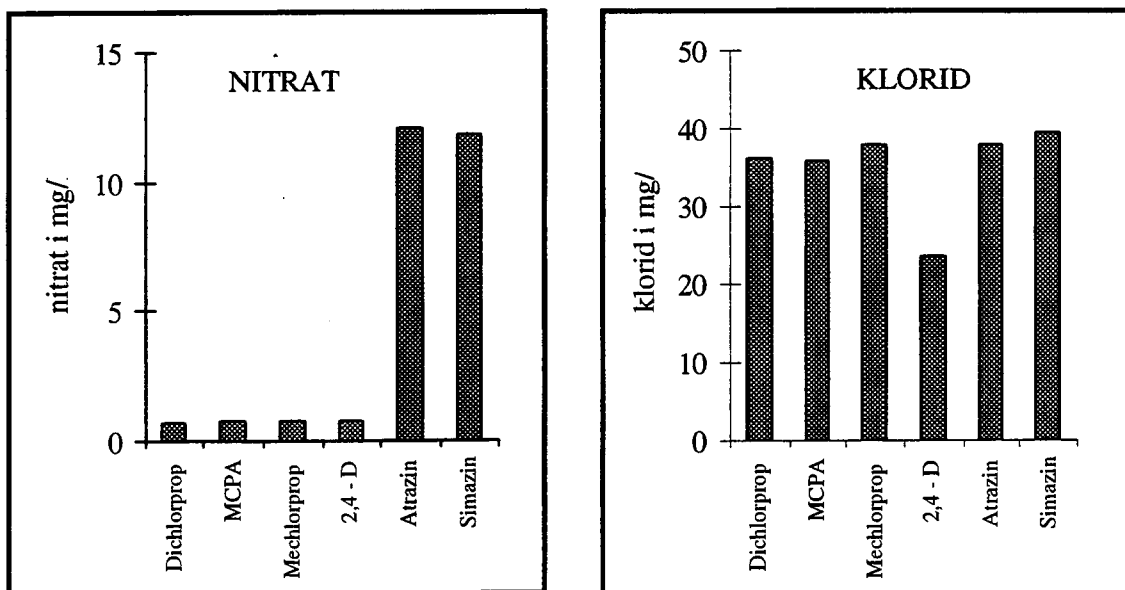
Phenoxysyrerne findes til relativ stor dybde i grundvandsmagasinerne, figur 5.4, mens triazinernerne forekommer i de øvre dele af grundvandsmagasinerne. Dette skyldes formodentlig at phenoxysyrerne oftest findes under lerdække i iltfattige grundvandsmagasiner i Østdanmark, mens triazinernerne også findes i højereliggende sandmagasiner i Vestdanmark, hvor triazinernerne har været anvendt bl.a. ved skovdrift.

## 5.5 Udvalgte hovedbestanddele og pesticider.

Sammenholdes middelmiddelt koncentration og median koncentration for nitrat og klorid for de filtre hvor de enkelte pesticider er påvist, figur 5.5, ses at phenoxysyrerne (dichlorprop, MCPA, mechlorprop og 2,4-D) næsten kun forekommer i grundvand med et lille nitratinhold hvorimod triazinernerne (atrazin og simazin) ofte forekommer i grundvand med et højt nitratinhold. De samme 6 pesticider forekommer tilsyneladende i grundvand der ikke adskiller sig væsentligt med hensyn til kloridkoncentrationer, når 2,4-D undtages. De lavere kloridkoncentrationer i filtre med 2,4-D skyldes formodentlig, at 2,4-D forekommer hyppigst i yngre terrænnært grundvand, der ikke er præget af kloridholdig handelsgødning, mens de øvrige pesticider også forekommer i ældre dybereliggende grundvand præget af landbrugets tidligere anvendelse af gødningstyper med et højt kloridindhold.



Figur 5.4 Phenoxy-syrer mod dybde. Data fra grundvandsovervågningen i perioden 1990-1995



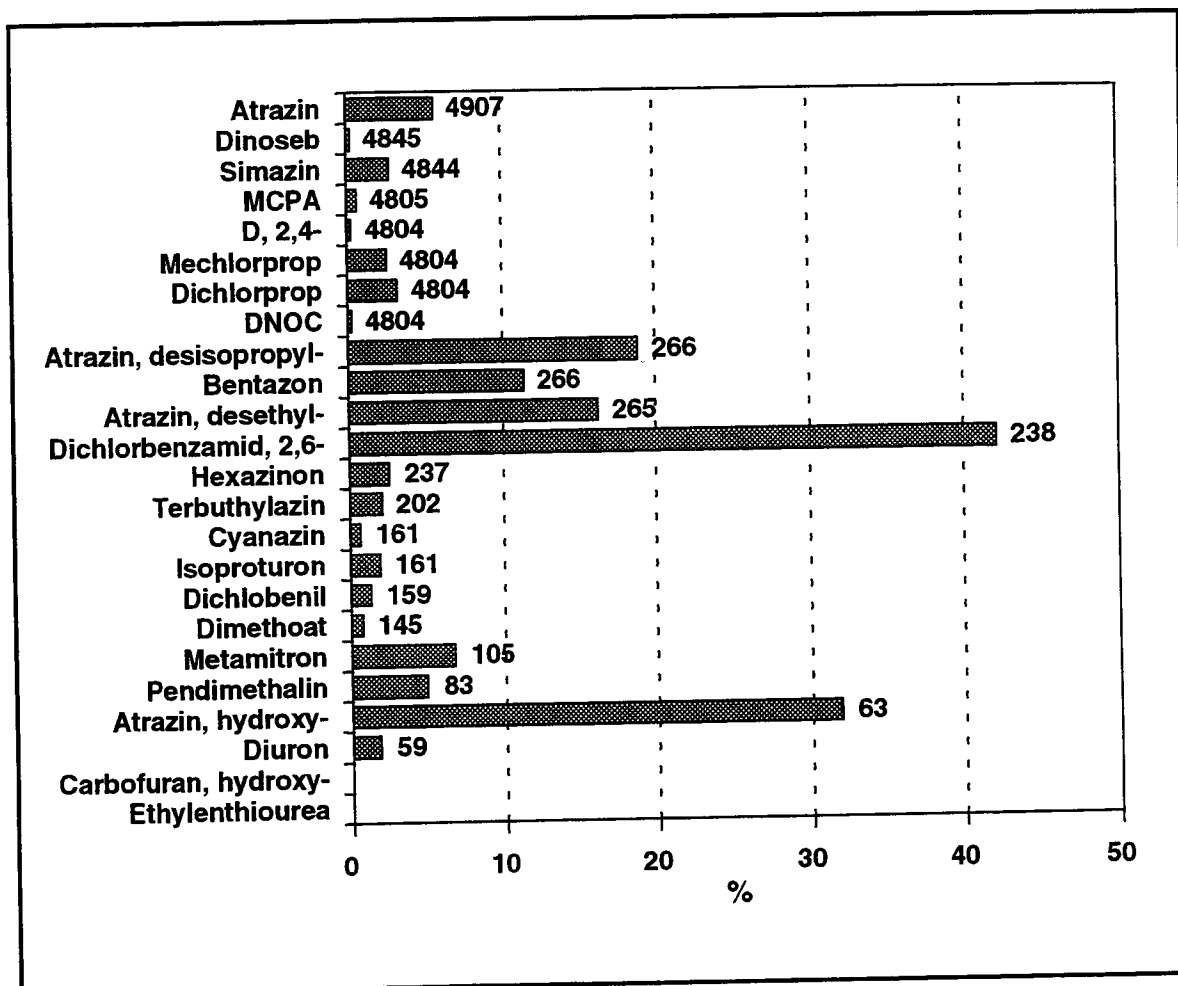
Figur 5.5 Nitrat og kloridkoncentrationer som medianværdi for de filtre hvor der er påvist pesticider over detektionsgrænsen.

## 5.6 Udvidede analyseprogrammer i Danmark

Der er gennemført et antal udvidede analyseprogrammer for pesticider i grundvandet af Fyns amt, Vejle Amt, Ringkjøbing Amt, Viborg Amt og Sønderjylland Amt i samarbejde med DMU samt af Københavns Vandforsyning. De enkelte analyseprogrammer varierer i valg af analyserede pesticider og nedbrydningsprodukter. Ialt er der analyseret for op til 46 stoffer, hvoraf de 24 er fundet med forskellig hyppighed. Figur 5.6 viser en sammenstilling, hvor alle påviste stoffer er sorteret efter antal gennemførte analyser.

De 8 pesticider, der analyseres i grundvandsovervågningen og ved vandværkernes boringskontrol, optræder øverst med det største antal analyser. Det må forventes, at den procentuelle mængde påvisninger af de stoffer, der er analyseret i et mindre antal boringer, vil

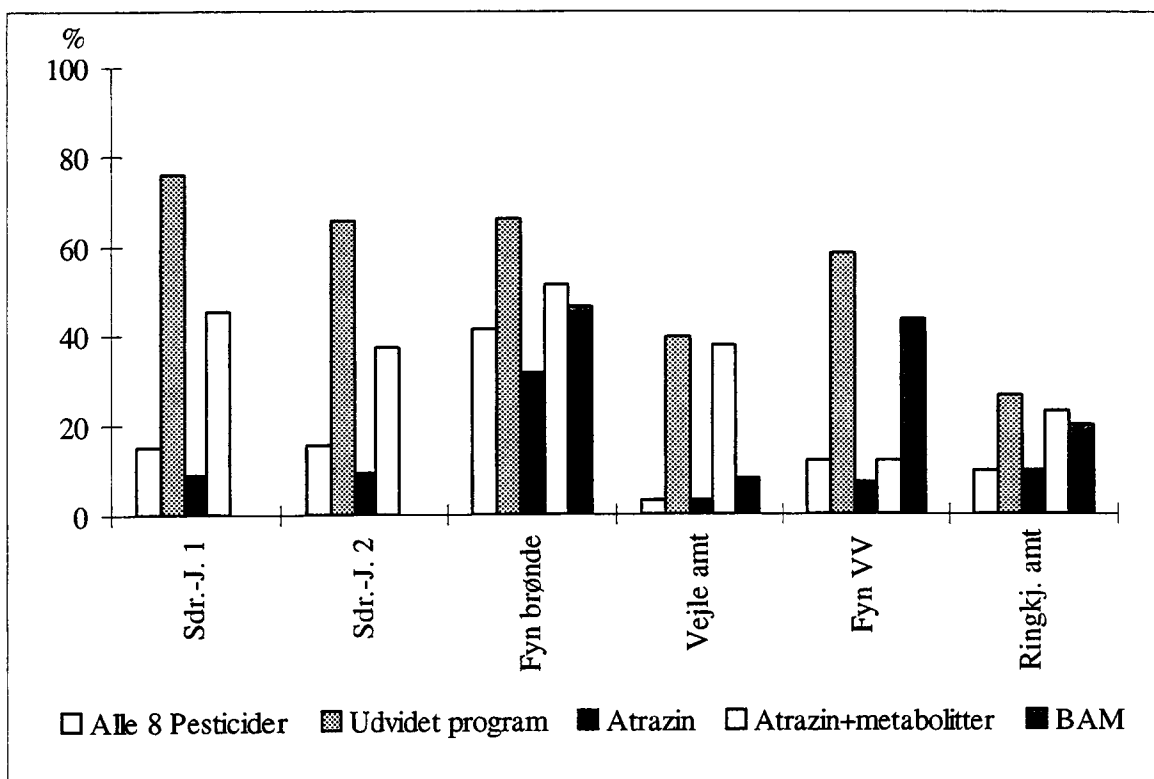
falde når antallet af analyserede borerer stiger, fordi amterne primært har udvalgt dårligt beskyttede grundvandsmagasiner til de udvidede analyseprogrammer. Triazin nedbrydningsprodukterne (desethylatrazin og desisopropylatrazin og hydroxyatrazin) samt bentazon, hexazinon og terbutylazin forekommer dog hyppigt i et relativt stort analysmateriale.



Figur 5.6 Påvisning af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvand, påvist i udvidede analyseprogrammer, sorteret efter antal undersøgte borerer. Carbofuran, hydroxycarbofuran og ethylthiourea er fundet i enkelte tilfælde af DMU, ved analyse af yngre grundvand.

Indholdet af 2,6-dichlorbenzamid (BAM) er oftest undersøgt i borerer i mere eller mindre bebyggede områder. Samtlige fund af hydroxyatrazin stammer fra en undersøgelse af overvågningsboringer under landbrugsarealer, udført af Vejle Amt. En fremtidig udvidelse af grundvandsovervågningsens analyseprogram for pesticider vil vise, om stoffet er det mest almindelige af triazinernes nedbrydningsprodukter.

I figur 5.7 er vist resultater fra 6 udvidede analyseprogrammer, hvor der er analyseret for mellem 16 og 30 pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvand. Det fremgår, at det yngste grundvand er stærkt påvirket, mens påvirkningsgraden er noget mindre i det dybereliggende grundvand, samt at den procentuelle mængde af pesticider i det ældre grundvand stiger med en faktor på 3-10 ved en udvidelse af antallet af analyserede stoffer fra 8 til 20-30. Årsagen til den markante stigning i antallet af påviste pesticider skyldes især triazinernes nedbrydningsprodukter, der er fundet hyppigt og i højere koncentrationer end moderstofferne.



Figur 5.7. Udvidede analyseprogrammer fra ung grundvand i et landovervågningsopland (LOOP) i Sønderjylland og fynske brønde og fra ældre grundvand i fynske vandværksboringer, overvågningsboringer i Vejle Amt og vandværksboringer i Ringkjøbing Amt. I Vejle er der analyseret for tre triazinnedbrydningsprodukter, mens der i de andre undersøgelser er analyseret for to.

## 5.7 Fladebelastning eller punktkilder

Ved en 2-d modelberegning, Brüsch & Harrar, 1995, er vurderet, hvor stor en del af et sandet indvindingsopland, der er påvirket af et defineret antal punktkilder. I beregningen er punktkilderne placeret ved oplandets vandskel, således at den størst mulige påvirkninggrad opnås. Under naturlige forhold vil punktkilderne antagelig være placeret tæt ved gårdene i oplandet, og påvirkningsgraden vil være mindre end den beregnede. Beregningen bygger på at fastsætte bredden af et opland og introducere de tænkte punktkilder ved oplandets vandskel.

Hvis der introduceres en punktkilde (0.3 x 0.3 m) pr. gård i det definerede opland, vil chancen/risikoen for at ramme en forureningsfane med et prøvetagningsfilter være 0.038-0.244%. Intervallet er beregnet ud fra to nettoinfiltrationsmængder på henholdsvis 250 mm/år og 350 mm/år. Introduceres 5 punktkilder pr. gård vil chancen/risikoen tilsvarende være 0.2-1.2%. Det vil under naturlige forhold være muligt at sætte et overvågningsfilter både over og under en fane.

De fundne procentværdier, der bygger på en 2-d beregning, er derfor formodentlig en faktor 10 gange større, end hvis der var gennemført en 3-d modelberegning i et flerlagssystem. En realistisk procentværdi for påvisninger i grundvandsovervågningen der ville stamme fra punktkilder er derfor af en størrelsesorden på ca. 0.1%. Der er i grundvandsovervågningen

fundet et eller flere af 8 analyserede pesticider i ca. 10 % af de undersøgte filtre, og langt hovedparten af disse må derfor sandsynligvis tilskrives fladebelastning fra skov- og landbrug og ikke fra punktkilder.

## 5.8 Sammenfatning om pesticider og nedbrydningsprodukter

Analysen fra overvågningsboringer, der normalt repræsenterer naturligt strømmende grundvand viser, at pesticidindholdet ofte varierer, og at stofferne i nogle boringer kan genfindes med få måneders interval, men ikke nødvendigvis efter 1-2 år. Variationen repræsenterer antagelig årstids- eller klimabestemte variationer i nedvaskning af pesticider til grundvandet. Endvidere har afgrødevalget betydning for, hvilke pesticider der har været anvendt, og som derfor kan findes i varierende indhold i grundvandet.

Vandværkernes boringskontrol har vist forekomst af pesticider i indvindingsboringerne. Denne forekomst skyldes enten, at de undersøgte grundvandsmagasiner er påvirket af fladebelastning eller at belastning fra punktkilder ud over almindelige lossepladser, som f.eks. vaskepladser for sprøjteudstyr, spild nær boringer og nedgravede pesticidrester. Endvidere kan forekomsterne skyldes intensiv fladebelastning som gartnerier, juletræskulturer, parker, vej- og jernbanearealer, private haver, m.v.

De første resultater fra udvidede analyseprogrammer viser at antallet af påviste pesticider stiger, når der analyseres for flere pesticider eller nedbrydningsprodukter. Dette gælder især terrænnært, ungt grundvand, men også i nogle tilfælde dybereliggende, ældre grundvand. Hvis resultaterne fra de udvidede analyseprogrammer kan overføres på landsplan, må det konstateres, at nydannet grundvand under landbrugsarealer i dag generelt er præget af pesticider, og at det fulde omfang af grundvandets pesticidpåvirkningen endnu ikke kendes.

De gennemførte undersøgelser med udvidede analyseprogrammer for pesticider og deres nedbrydningsprodukter antyder således, at der er grund til at frygte, at langt flere boringer end hidtil antaget indeholder pesticider eller deres nedbrydningsprodukter. Der er også grund til at formode, at antallet af påviste pesticider i grundvandet i boringer i helt eller delvist bebyggede områder vil stige yderligere, i takt med at disse boringer bliver undersøgt for flere end de 8 pesticider, der idag indgår i grundvandsovervågningen.

Antallet af pesticidpåvirkede private boringer og brønde, der forsyner enkelte husstande, er langt større end antallet af pesticidpåvirkede vandværksboringer. Det skyldes, at boringerne ofte er uheldigt placeret på f.eks. gårdspladser, og at der indvindes overfladenært grundvand.



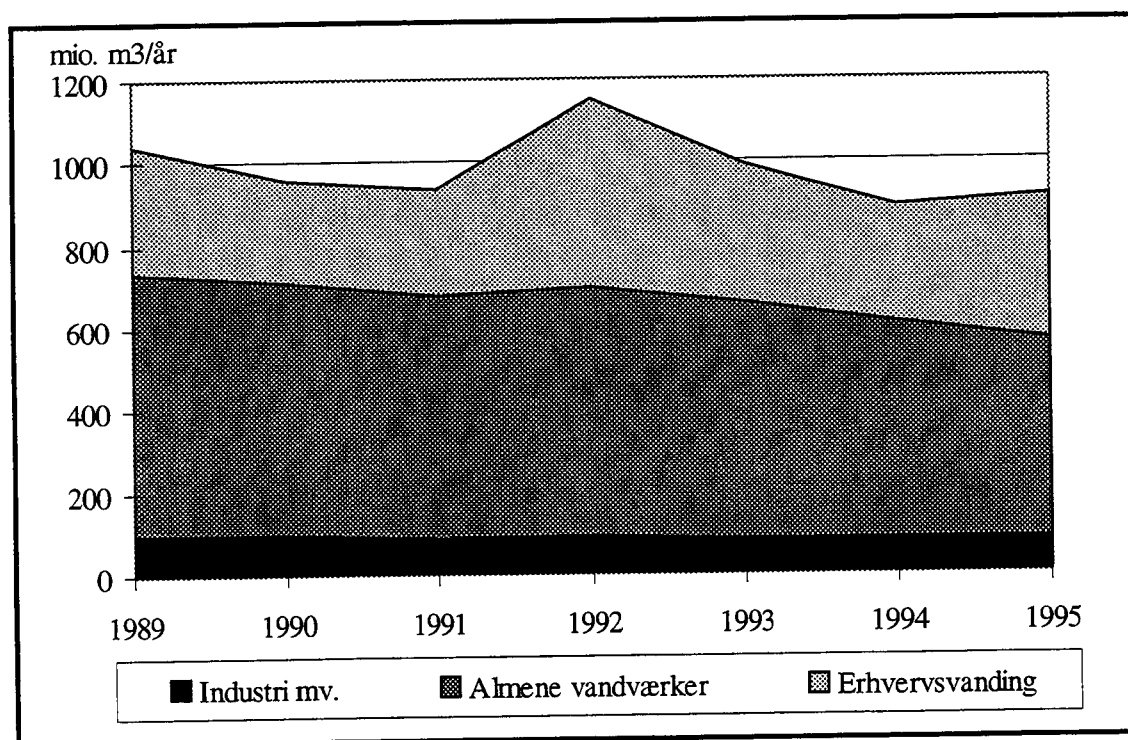


## 6. Vandindvinding

### 6.1 Forsyningsstruktur og vandindvinding i 1995

Vandforsyningen i Danmark er næsten udelukkende baseret på grundvand (> 99 %), men stedvis tages der også en beskedent mængde overfladevand, som f.eks. på Sjælland. Vandindvindingen er primært baseret på et decentralt system bestående af ialt ca. 3.500 almene vandværker (heraf ca. 400 offentlige, 2300 private og 800 ikke nærmere definerede fællesanlæg). Derudover er der en række lokale enkeltvandforsyninger (bl.a. institutioner, industri, markvanding, sportspladser, gartneri, dambrug, enkeltvandforsyningsanlæg til husholdning mv.).

Amterne har opgjort vandindvindingen i brede forbrugskategorier, som er rapporteret i amtsrapporterne ligesom data er indberettet fra amterne til GEUS. På baggrund heraf er der foretaget en opgørelse for hele landet på 3 hovedkategorier: Almene vandværker (offentlige og private fællesanlæg), Erhvervsvanding (markvanding og dambrug) og Industri mv. (enkeltindvindinger til husholdninger, institutioner, erhvervsindustri mm). Kategorierne er ikke helt entydige. Mange industrier forsynes eksempelvis gennem almene vandværker. En del amter gør desuden opmærksom på, at der for nogle poster er tale om skøn. I figur 6.1 er vist vandindvindingen opgjort på hovedkategorier for perioden 1989-95.



Figur 6.1. Vandindvinding i Danmark fordelt på indvindingskategorier baseret på indberetninger til GEUS og oplysninger fra amterne i overvågningsrapporter for 1989-1995.

Der er som hovedtendens og på landsplan tale om et fald fra 1989 og frem i indvindingen fra de almene vandværker (Gravesen, 1993, Danmarks Statistik, 1994), hvilket fortsættes i 1995. Den stærke fokusering på vandbesparelser i de forløbne år i bl.a. husholdninger har haft en synlig effekt. Den samlede indvinding til almene vandværker udgjorde ca. 485 millioner m<sup>3</sup> i 1995 mod 640 millioner m<sup>3</sup> i 1989 (figur 6.1).

Den totale indvinding i 1995 var på ca. 915 millioner m<sup>3</sup>. Stigningen i forhold til 1994 skyldes en større indvinding til markvanding i 1995 i forhold til 1994 på grund af en relativ tør sommer med et deraf følgende stort markvandingsbehov. Vandindvinding til markvanding og dambrug udgjorde for 1995 ialt ca. 350 mio. m<sup>3</sup>. Der ses således markante udsving i den totale vandindvinding fra år til år som følge af det vekslende behov for markvanding (Gravesen, 1995).

Enkelte amter indberetter kun tal for almene vandværker. Ti amter har imidlertid også indberettet øvrige kategorier med varierende detaljering. I tabel 6.1 er vist opsummerede tal for 4 udvalgte amter: Nordjylland, Århus, Sønderjylland og Københavns amt, hvor detaljeringsgraden i indberetningen er relativ god ligesom de udvalgte amter repræsenterer regionale forskelle. Den samlede vandindvinding for de 4 amter udgjorde i 1995 ialt knap 30 % af den samlede indvinding i Danmark. De 4 amter omfatter større byer og har derfor tilsammen, i forhold til landsgennemsnittet, en relativ større forsyning fra almene vandværker og relativ mindre vandindvinding til markvanding og dambrug. Opgørelsen giver dog et billede af delbidragene under hovedkategorien industri mv. (som på landsplan for 1995 udgjorde ialt ca. 80 mio. m<sup>3</sup>/år).

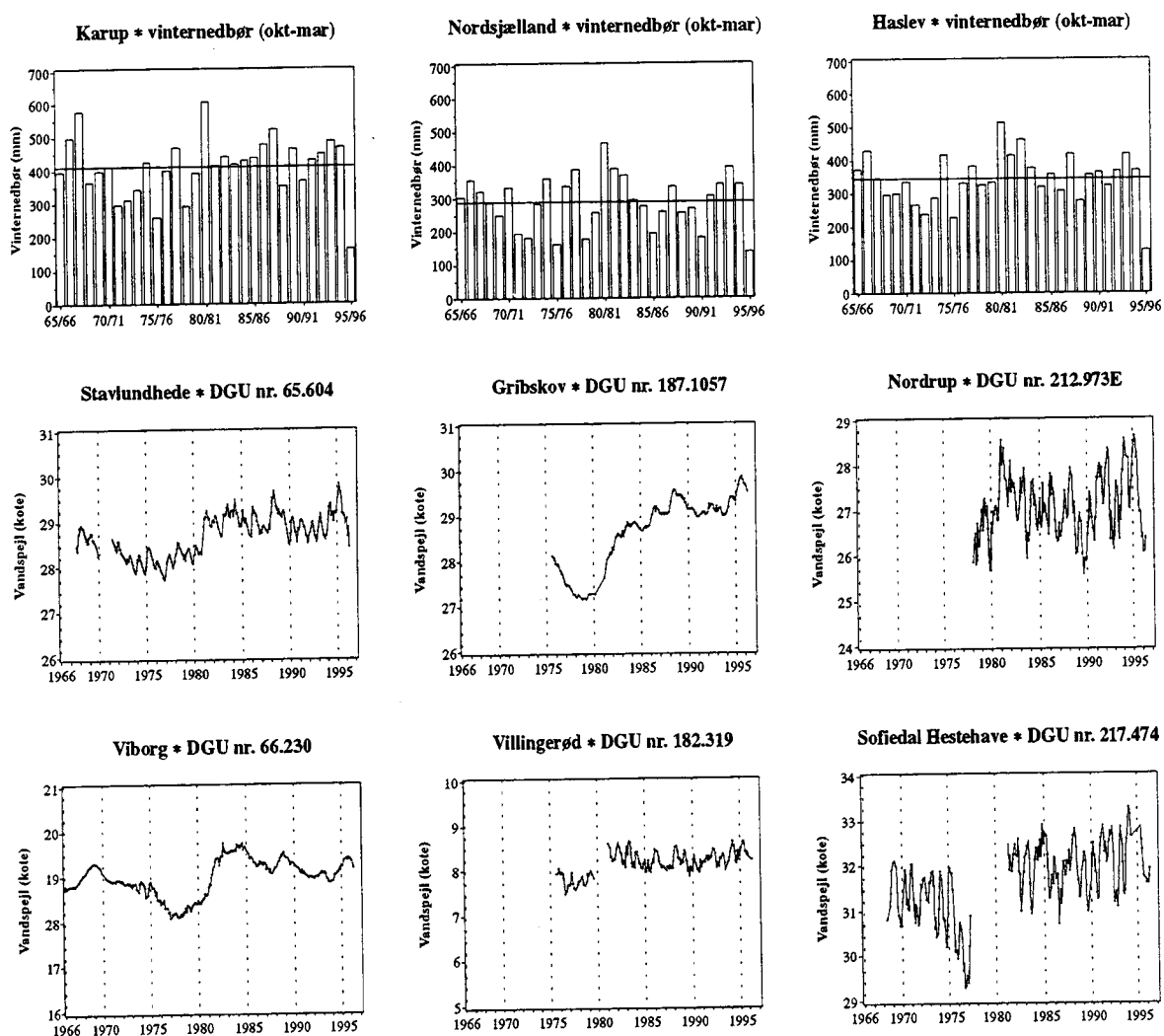
Vandforbrugskategori	Nordjylland mio. m <sup>3</sup> /år	Århus mio. m <sup>3</sup> /år	Sønderjylland mio. m <sup>3</sup> /år	København mio. m <sup>3</sup> /år	Total	
					mio. m <sup>3</sup> /år	%
Almene vandværker	52,1	56,8	24,9	42,5	176,3	(62 %)
Husholdning >3 husstande	0,41	0,03	0,07	0,06	0,57	(0,2 %)
Institutioner o.l.	0,16	0,23	0,17	0,06	0,62	(0,2 %)
Markvanding	16,0	10,2	39,1	-	65,3	(23 %)
Sportspladser, parker	0,03	0,14	0,07	-	0,24	(0,1 %)
Gartneri	0,30	0,68	0,30	0,22	1,5	(0,5 %)
Spiselige afgrøder	0,08	0,05	-	-	0,13	(0,0 %)
Blomstergartneri	0,02	0,03	-	-	0,05	(0,0 %)
Dambrug	15,8	2,5	1,8	-	20,1	(7 %)
Hotel, camping o.l.	0,07	0,15	0,01	-	0,23	(0,1 %)
Anden erhvervsvirksomhed	3,7	1,8	0,65	-	6,2	(2,2 %)
Levnedsmiddelindustri	4,4	1,0	2,5	-	7,9	(2,8 %)
Jern & metalindustri	0,0006	-	-	-	0,0006	(0,0 %)
Papir & træindustri	-	1,3	0,04	-	1,3	(0,5 %)
Grusvask	0,28	0,65	0,44	-	1,4	(0,5 %)
Husdyrfarm	-	0,009	0,015	-	0,024	(0,0 %)
Andet enkeltanlæg	-	0,03	0,36	-	0,39	(0,1 %)
Varmpumpe	0,08	0,31	0,33	0,0001	0,72	(0,3 %)
Bortledning af vand	0,62	-	0,37	-	0,99	(0,3 %)
Nødforsyningsanlæg	-	0,00005	0,0005	0,22	0,22	(0,1 %)
Husholdning 1-2 husstande	-	-	0,006	-	0,006	(0,0 %)
IALT	94,0	76,1	71,5	43,1	284,7	(100 %)

Tabel 6.1. Opgørelse af vandindvinding for 1995 fordelt på forbrugskategorier på baggrund af indberetninger fra 4 amter.

Samlet udgør almene vandværker og erhvervsvanding (markvanding og dambrug) ialt ca. 92 % af den samlede vandindvinding i de 4 udvalgte amter (tabel 6.1). Indenfor hovedkategorien industri mv. er de største indvindinger indenfor kategorierne: anden erhvervsindustri og levnedsmiddelindustri. Øvrige kategorier udgør mindre end 1 % af den samlede indvinding.

## 6.2 Grundvandsressourcen

Ifølge Vandrådets opgørelse (Vandrådet, 1992) blev den udnyttelige grundvandsressource opgjort til ca. 1,8 mia. m<sup>3</sup>/år. I forhold til dette tal er vandindvindingen på knap 1 mia. m<sup>3</sup>/år i 1995 således væsentligt lavere end den udnyttelige ressource. Store regionale forskelle betyder imidlertid, at der visse steder er vand nok og andre steder ikke. Vandrådets opgørelse omfattede den samlede ressource med fradrag for de ressourcer, som ikke kan udnyttes på grund af forurening med naturligt forekommende stoffer (bl.a. nitrat, sulfat, klorid mm.).



Figur 6.2. Vinternedbør og grundvandsspejl fra Karup-området, Nordsjælland og Suså-Stevns området (Henriksen et al, 1996)

Visse steder er der imidlertid i de seneste år konstateret nye problemer med bl.a. sulfat og nikkel, som ikke var kendte da Vandrådet foretog sin opgørelse. Vandrådets opgørelse indregner derudover ikke fradrag som følge af forurening med miljøfremmede stoffer (bl.a. pesticider og klorerede kulbrinter) således at den bæredygtige grundvandsressource idag må påregnes at være væsentligt lavere end de 1,8 mia. m<sup>3</sup>/år anslået af Vandrådet (Miljøstyrelsen 1992a og Henriksen 1996). Endelig er grundvandsressourcens størrelse klimaafhængig således at den udnyttelige grundvandsressources størrelse efter en længere serie tørre år må antages yderligere begrænset. Vinternedbørens påvirkning af grundvandsspejlet i forskellige magasintyper er vist på figur 6.2. Der er udvalgt 3 områder: Karup-oplandet, Nordsjælland og Suså/Stevnsområdet (Henriksen et al. 1996):

### 6.3 Almene vandværker og drikkevandskvalitet

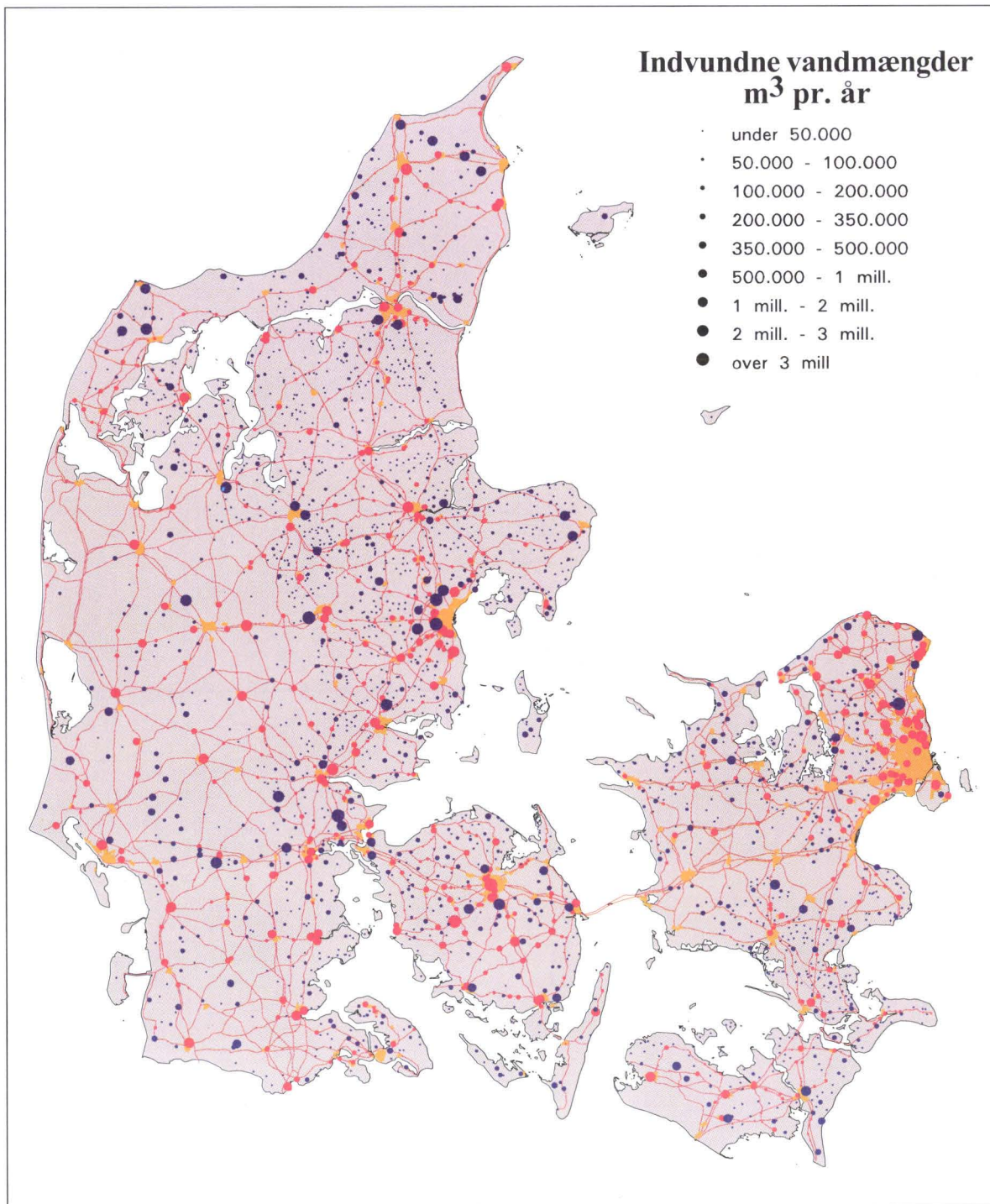
Med henblik på en vurdering af vandværkernes risiko for forureningspåvirkning er der foretaget en beliggenhedsanalyse af 2991 almene vandværker, hvor der er foretaget indberetning for 1995 og hvor der foreligger UTM-koordinater, svarende til en samlet indvinding på 347 mio. m<sup>3</sup>, eller 82 % af samtlige vandværker eller ca. 72 % af den samlede indvinding ved fællesvandværker). Fra den digitale udgave af Kort- og Matrikelstyrelsens Danmarkskort 1:500.000 er hentet bypolygoner samt veje og jernbaner. Omkring byerne er der beregnet en 500 m bred bufferzone. Omkring motor-, hoved- og landeveje samt jernbaner er der beregnet en 200 m bred bufferzone. Værkernes placering i forhold til disse bufferzoner er undersøgt. Det skal bemærkes at det er vandværkets placering og ikke boringernes placering, der er undersøgt.

Figur 6.3 viser således med 'rødt' de vandværker som er beliggende indenfor bufferzonerne og med 'blåt' vandværker beliggende "på landet". Resultatet af analysen viser, med de anvendte forudsætninger, (i) at 38 % af indvindingsmængden sker fra vandværker beliggende i by-bufferzonen, (ii) at 25 % af indvindingen sker fra vandværker beliggende i vej-bufferzonen, (iii) at ialt 49 % af vandværkerne er beliggende indenfor bufferzonen: byer og/eller veje og (iv) at 51 % af vandværkerne er beliggende udenfor by- og vejbufferzonerne, dvs. "på landet".

I forhold til Danmarks samlede areal (43.307 km<sup>2</sup>) udgør by-bufferzonen 7,2 % og vej-bufferzonen 10,6 % af Danmarks areal. Der foreligger ikke oplysninger om i hvilket omfang vandværker beliggende fx. i byzone forsynes med råvand fra kildepladser placeret udenfor byzone og vice versa.

I forbindelse med de større vandforsyninger (bl.a. København, Odense, Århus og Aalborg) er kildepladserne imidlertid ofte placeret i større afstand fra vandværkerne. Mange af disse vandværker indvinder derfor i større eller mindre omfang vand "udenfor bufferzonen", altså på landet.

Kortet kan ikke umiddelbart belyse hvor forureningsrisici er størst, idet både bufferzoner og det åbne land udenfor disse har forskellige belastninger fra såvel fladeforurening som punktkilder.



Figur 6.3. Placering af almene vandværker i Danmark og indvindingsmængder for 1995. Vandværkernes farve illustrerer vandværkernes risiko for forurening fra byområder, veje og jernbaner. Rød: by og/eller vej bufferzone. Blå: vandværker beliggende udenfor bufferzoner dvs. "på landet")



# Litteratur

- Aktor, H., 1990: Okkerslam: Et naturprodukt eller kemisk affald? - Vandteknik, 1, 1990.
- Bornholms Amt, 1996: Vandmiljøovervågning. Grundvand 1995.
- Brüsch W. & Harrar, W.H., 1995: Punktkilder og fladebelastning i overvågningssystemet og i boringskontrollen.- Notat til Miljøstyrelsen af 22. marts 1995. 14 p.
- Danmarks Statistik, 1994: Forbruget af drikkevand i 1993. DS Miljø 14, 12 sider
- DMU, 1995. Landovervågningsoplande 1995. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser, nr. 141.
- Frederiksborg Amt, 1996: Grundvandsovervågning 1996. Appendix: Kort over overvågningsområder. Appendix: Specialanalyser - GRUMO - Boringskontrol.
- Fyns Amt, 1996: Grundvand 1995. - Vandmiljøovervågning.
- GEUS, 1995. Grundvandsovervågning 1995. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse. Særudgivelse.
- Gravesen, P. 1993: Fagdatacenter for borings- og grundvandsdata. Vandressourcedatabasen - Indvinding og forbrug af ferskvand. DGU-Information, november 1993, side 12.
- Gravesen, P., 1995: Vandforbrugets udvikling- opgørelser og prognoser. Vandteknik, 6, 1995, side 249-253.
- Henriksen, H.J., 1996: Hvordan opgøres vandressourcen og hvilken usikkerhed giver opgørelsen for forsyningssikkerheden? ATV møde. Overvågning og kontrol af drikkevand og grundvand. Schæffergården 4. juni 1996.
- Henriksen, H.J., Andersen, G. og Rasmussen, P., 1996: Ekstrem lille grundvandsdannelse i 1995-96. Vand & Jord, nr. 4, august 1996, 5 sider.
- Københavns Amt, 1996: Vandmiljøplan Københavns Amt. Grundvandsovervågning, 1995. - Miljøserie nr. 71.
- Københavns kommune, Frederiksberg kommune, 1996: Statusrapport for 1995. Vandmiljøplanens grundvandsdel, overvågningsområde nr. 13.
- Miljøministeriet, 1988: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. - Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 515 af 29. august 1988.
- Miljøstyrelsen, 1992a: Danmarks fremtidige vandforsyning. Betænkning fra Miljøstyrelsen, Nr. 1, 1992.
- Miljøstyrelsen, 1992b: Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1993-97. - Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 2, 1993.



- Miljøstyrelsen, 1995a: Toksikologiske kvalitetskriterier for jord og vand - Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen, nr. 12, 1995. Udarbejdet af Elsa Nielsen m.fl.
- Miljøstyrelsen, 1995b: Vandmiljø-95, Redegørelse fra Miljøstyrelsen, Nr. 3, 1995
- Nordjyllands Amt, 1996: Vandmiljøovervågning. Grundvandsovervågning.
- Ribe Amt, 1996: Grundvand, Vandmiljøovervågning
- Ringkjøbing Amt, 1996: Vandmiljøovervågning. Grundvand 1995.
- Roskilde Amt, 1996: Grundvandsovervågning. Status for Vandmiljøplanens grundvandsdel. Med bilag.
- Storstrøms Amt, 1996: Grundvandsovervågning 1995.
- Sønderjyllands Amt, 1996: Vandmiljøovervågning. Teknisk rapport. Grundvandsovervågning.
- Vandrådet, 1992: Ferskvandsressourcens naturlige kvalitet og kvantitet. Vandrådets projekt: Danmarks fremtidige vandforsyning. Arbejdsgruppe 1.
- Vejle Amt, 1996: Vandmiljø i Vejle Amt. Overvågning af grundvand 1995. Teknisk rapport.
- Vestsjællands Amt, 1996: Vandmiljøovervågning. Grundvand 1995. Med kortbilag.
- Viborg Amt, 1996: Vandmiljøovervågning. Grundvandsovervågning.
- Århus Amt, 1996: Statusrapport 1995. Grundvandsovervågning i Århus Amt. Teknisk Rapport.

# Bilag

**Bilag 1. Nikkel. Oversigt over aktive overvågningsfiltre med mere end 20 µg nikkel/l.**

Filter nr.	Amt	Etabl. år	Filter-dybde	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Areal-anvendelse
13.11.05.01	Kbh./Frb. K.	1989	16,50	10,0	38,5	-	0,6	-	-	A2,A1
13.11.18.01	- " -	-89/-95	12,00	45,8	-	47,8	39,0	-	-	A1
13.11.18.02	- " -	-89/-95	8,20	-	-	-	-	-	38	-
13.11.14.01	- " -	1993	23,50	1,3	-	-	27,4	-	4,1	A1,C4
15.14.04.01	København	1991	13,70	-	9,1	11,2	21,5	-	8,8	C4
25.11.01.01	Roskilde	1962	10,00	106,0	95,0	54,0	93,0	100,0	75,0	B1
	- " -	- " -	- " -	-	-	110,0	99,0	90,0	4,2	- " -
	- " -	- " -	- " -	-	-	82,0	30,0	78,0	34,0	- " -
	- " -	- " -	- " -	-	-	-	140,0	-	-	- " -
25.11.02.01	- " -	1988	9,80	-	-	4,9	-	-	71	B3
25.11.03.01	- " -	1978	10,00	32,1	38,0	36,7	24,0	29,0	14,0	B1
	- " -	- " -	- " -	-	-	23,0	31,0	30,0	28,0	- " -
	- " -	- " -	- " -	-	-	-	24,0	-	34,0	- " -
	- " -	- " -	- " -	-	-	-	33,0	-	27,0	- " -
30.01.06.02	Vestsjælland	1988	25,5	-	3,8	-	-	-	22	B1
30.13.01.03	- " -	1988	2,50	-	45,6	-	-	0,38	-	A1
30.13.03.02	- " -	1989	15,00	90,0	-	96,0	100,0	-	-	B4,A1
50.11.02.02	Sønderjylland	1989	3,70	25,0	-	29,0	33,0	-	29,0	B
50.11.04.02	- " -	1989	1,80	27,0	-	34,0	-	-	-	B
50.11.05.03	- " -	1989	1,50	-	57,0	-	52,0	-	-	B
50.12.08.03	- " -	1991	26,00	-	-	21,0	7,1	-	-	B
55.11.03.01	Ribe	1989	11,50	-	-	-	110,0	-	53,0	B4,B
55.11.04.01	- " -	1989	11,50	-	-	-	-	-	390,0	B
55.11.06.03	- " -	1989	7,00	-	-	36,0	-	-	46,0	B
55.11.07.02	- " -	1989	10,50	-	-	-	59,0	-	-	B
55.11.10.01	- " -	1979	14,50	-	-	24,0	-	-	21,6	C,D1,B
55.12.07.02	- " -	1988	19,50	-	-	-	33,0	-	-	B
60.11.10.03	Vejle	1988	12,70	-	22,0	19,0	-	-	20,0	B1,A1
60.11.11.01	- " -	1988	6,60	22,0	-	22,0	-	-	16,0	B1
60.14.13.02	- " -	1989	17,60	-	28,0	30,0	-	-	36,0	B1
65.11.03.02	Ringkjøbing	1989	12,20	-	28,9	50,0	-	-	-	-
65.13.01.02	- " -	1989	10,00	-	26,2	37,4	-	-	53,0	B
65.13.01.03	- " -	1989	6,50	-	18,6	23,8	-	-	20,0	B
65.13.02.01	- " -	1989	19,00	-	23,7	45,9	-	-	39,0	-
65.13.03.01	- " -	1989	13,50	-	56,4	30,9	-	-	44,0	B
65.13.03.02	- " -	1989	12,00	-	40,8	21,1	-	-	0,12	B
65.13.03.03	- " -	1989	7,60	-	24,6	29,6	-	-	37,0	B
65.13.04.01	- " -	1989	20,60	-	43,0	26,7	-	-	54,0	-
65.13.05.01	- " -	1989	31,50	-	15,3	21,9	-	-	21,0	-
76.13.01.04	Viborg	1989	6,50	-	57,5	-	-	56,0	-	B1
80.01.04.01	Nordjylland	1988	31,50	-	-	-	31,0	-	-	B1
80.12.10.01	- " -	1985	23,00	-	-	20,3	-	18,0	-	A1,B1

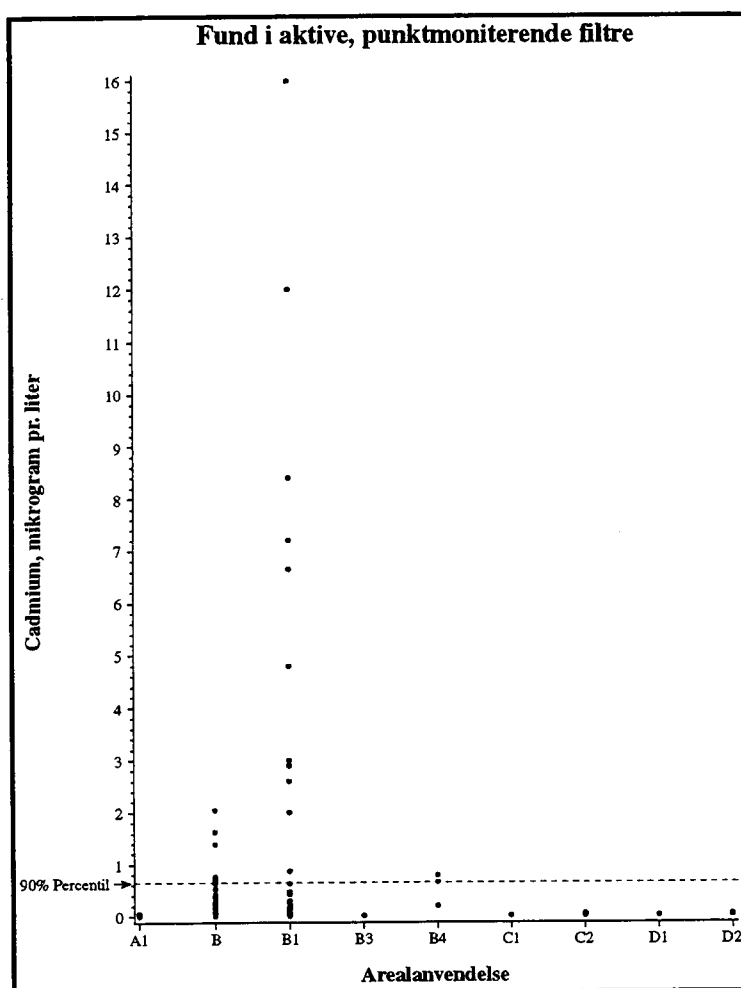
Bilag 2. Zink. Oversigt over aktive overvågningsfiltre med mere end 100 µg zink/l.

Filter nr.	Amt	Etabl. år	Filter- dybde	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Areal- anvendelse
13.11.05.02	Kbh/Frb. K.	1989	22,50	132	105	-	94	-	-	A2,A1
13.11.16.01	- " -	89/94	27,70	-	-	-	-	-	120	A2,A1,C4
13.11.16.02	- " -	-	23,70	-	-	-	-	-	860	A2,A1,C4
13.11.16.03	- " -	-	13,80	-	-	-	-	-	140	A2,A1,C4
13.11.18.01	- " -	89/95	12,00	41	-	56	102	-	-	A1
20.01.05.01	Frederiksborg	1921	98,2	-	112	-	-	-	-	B,C,D
20.12.06.01	- " -	1988	23,10	-	<0,5	-	-	-	200	C2
30.13.01.03	Vestsjælland	1988	2,50	-	580	-	-	11	-	A1
35.11.07.01	Storstrøm	1989	11,40	35	-	12	-	260	-	B1
35.11.09.01	- " -	1989	11,00	3	440	-	-	110	-	B1
35.13.03.02	- " -	1989	15,00	120	170	-	100	-	-	B4,A1
40.01.03.01	Bornholm	1988	27,20	3	-	370	-	490	-	B1
40.01.03.02	- " -	1988	6,60	-	157	430	-	430	-	B1
40.01.04.01	- " -	1988	28,70	2	-	180	-	-	50	B1
40.01.04.02	- " -	1988	8,20	1	-	150	-	70	-	B1
42.02.10.03	Fyn	1993	11,50	-	-	-	-	-	170	-
42.11.09.02	- " -	1994	45,30	-	-	-	-	-	220	-
42.11.09.03	- " -	1994	11,40	-	-	-	-	-	160	-
42.12.03.02	- " -	1989	21,00	-	103	-	-	-	40	B1
42.12.08.01	- " -	1989	20,50	-	4	5	-	-	180	B1,B3
42.13.02.04	- " -	1989	11,20	-	324	24	2	-	-	B1
42.13.02.05	- " -	1989	6,20	-	176	-	-	4	-	B1
42.13.07.04	- " -	1993	25,00	-	-	-	-	-	740	-
42.13.07.05	- " -	1993	12,50	-	-	-	-	-	120	-
42.14.09.01	- " -	1994	54,00	-	-	-	-	-	150	-
42.14.09.02	- " -	1994	41,00	-	-	-	-	-	250	-
50.11.05.03	Sønderjylland	1989	1,50	-	128	72	88	-	-	B
55.01.09.01	Ribe	1989	5,12	-	-	-	1.100	630	-	B4
55.01.13.01	- " -	1989	18,00	-	-	110	-	-	84	B
55.11.04.01	- " -	1989	11,50	-	-	-	-	-	280	B
55.11.10.01	- " -	1979	14,50	-	-	130	-	-	45	C,D1,B
55.13.06.01	- " -	1988	16,50	151	-	-	-	40	-	C,D1,B
55.13.10.01	- " -	1982	64,00	-	-	-	-	510	-	C,D1
60.11.02.01	Vejle	1988	55,00	-	180	250	-	-	240	B1
60.11.04.01	- " -	1988	43,70	128	-	7	-	-	8	B1
60.14.01.01	- " -	1990	24,00	-	89	150	-	-	230	A1
60.14.13.02	- " -	1989	17,60	-	199	220	-	-	190	B1
65.01.02.01	Ringkjøbing	1977	95,00	128	-	<2	-	-	-	-
65.13.04.01	- " -	1989	20,60	-	239	210	-	-	190	-
65.13.05.01	- " -	1989	31,50	-	159	73	-	94	-	-
65.14.01.01	- " -	1989	26,30	23	-	37	-	-	110	B
65.14.01.03	- " -	1989	8,00	-	319	-	-	-	-	B
76.12.01.01	Viborg	1954	51,00	-	407	910	-	-	16	A,B
76.12.10.01	- " -	1964	70,00	264	-	600	-	-	1	B
76.13.04.02	- " -	1989	13,50	146	-	-	14	-	-	B,A
76.14.01.04	- " -	1989	14,00	-	4	-	-	2251	-	B
80.01.04.01	Nordjylland	1988	31,50	-	-	-	250	-	-	B1
80.11.15.03	- " -	1988	21,00	-	1	125	-	-	14	B1

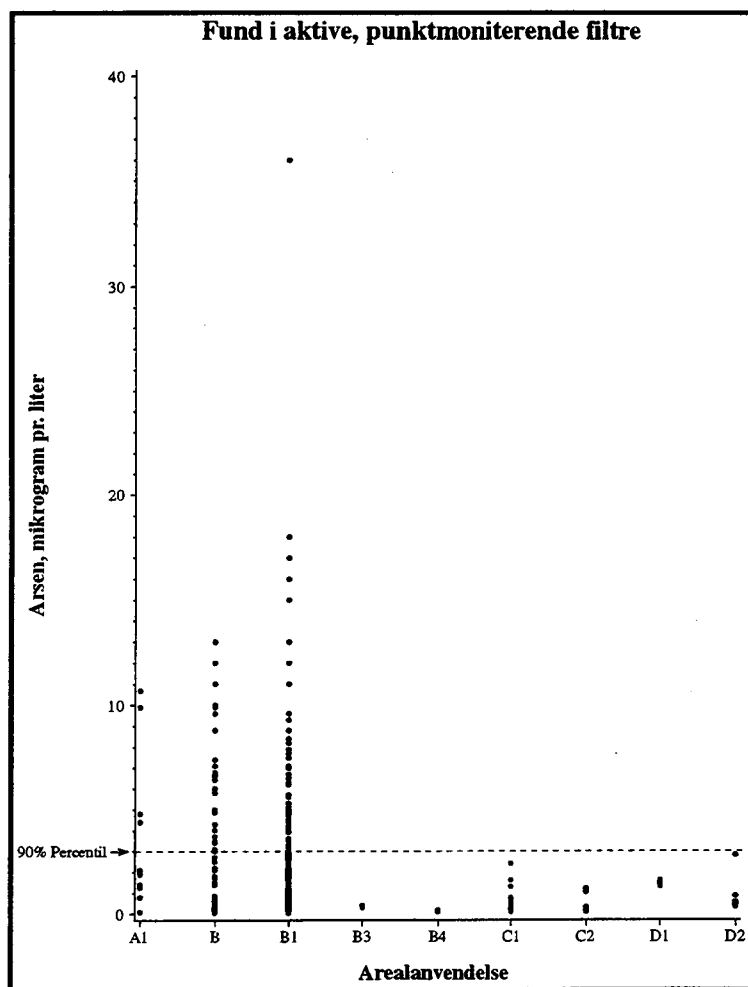
Bilag 3 *Cadmium. Oversigt over aktive overvågningsfiltre med mere end 5 µg cadmium/l.*

Filter nr.	Amt	Etabl. år	Filterdybde	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Arealanvendelse
35.01.02.01	Storstrøm	1989	25,00	-	-	-	-	-	12,0	B1
35.01.05.01	- " -	1989	24,00	-	-	-	-	-	8,4	B1
35.01.05.02	- " -	1989	12,00	-	-	-	-	-	16,0	B1
35.01.05.03	- " -	1989	6,00	-	-	-	-	-	7,2	B1
55.01.14.01	Ribe	1989	9,00	-	-	9,9	-	-	0,37	B
60.14.13.02	Vejle	1989	18,00	-	2,6	2,9	-	-	6,7	B1

Bilag 4 *Cadmium. Påvisning af cadmium (µg/l) i aktive punktmoniterende filtre i grundvandsovervågningen, fordelt efter arealanvendelse.*



Bilag 5 **Arsen.** Påvisning af arsen ( $\mu\text{g/l}$ ) i aktive punktmoniterende filtre i grundvands-  
overvågningen, fordelt efter arealanvendelse.



**GRUNDVANDSOVERVÅGNINGEN** bygger på oplysninger fra grundvandsovervågningsområder, landovervågningsoplande og vandværkernes boringskontrol, som tilsammen giver os den væsentligste viden om grundvandets kemi og grundvandets forureningstilstand. Oplysninger om vandindvinding giver os ny viden om udnyttelsen af grundvandsressourcen.

Det kan konkluderes, at der i grundvandets nitratindhold endnu ikke ses nogen generel effekt af vandmiljøplanen. Vandværkernes boringskontrol viser, at 10% af vandværkernes boringer leverer vand med nitrat over den vejledende grænseværdi på 25 mg/l. Grundvandets indhold af fosfat er betinget af geologiske forhold og udgør ikke noget problem for vandforsyningen.

De uorganiske sporstoffer nikkel, zink og aluminium påkalder sig særlig interesse, idet der gennem perioden 1988-1995 er konstateret en stigning i grundvandets indholdet af disse stoffer, muligvis som følge af nedsivning fra gødning. I vandværkernes boringer overskrides grænseværdien for nikkel og zink i drikkevand i henholdsvis 3% og 12% af de undersøgte boringer. Stigningen i indholdet af aluminium tilskrives forurening af de øverste jordlag. Grænseværdien for aluminium i drikkevand overskrides i 22% af de undersøgte boringer. En væsentlig del af grundvandets metalindhold fjernes ved vandværkernes vandbehandling.

Organiske mikroforureninger udgøres især af triklormethan (kloroform), trikloretylen, benzen og fenol. Mens triklormethan muligvis dannes i naturen, stammer de øvrige organiske mikroforureninger fra punktkilder, d.v.s. lossepladser, industrigrunde og affaldsdepoter. Kun i enkelte tilfælde er grænseværdien for drikkevand overskredet.

I Grundvandsovervågningen analyseres der fortsat for 8 pesticider, der alle er fundet i grundvandet, om end i forskellig mængde. Generelt kan det konstateres at der er pesticider i 10-15% af de overvågningsboringer der repræsenterer grundvand i de øverste 50 meter under terræn og i 3 % er grænseværdien for drikkevand overskredet. I vandværkernes boringskontrol er der undersøgt for et varierende antal pesticider og konklusionen er, at der findes væsentlig flere pesticider i grundvandet end de 8 der idag indgår i grundvandsovervågningen.

**GROUNDWATER MONITORING** in Denmark is based on detailed measurements of groundwater chemistry in 67 groundwater monitoring areas, 6 agricultural watersheds and on the results of the regular groundwater monitoring by the water works. Groundwater abstraction rates from the water works give information about the exploitation rate of the groundwater resource.

Generally it must be concluded that a decrease in the nitrate content has still not been demonstrated. 10% of the wells used for drinking water supply show a content of nitrate above the guide level of 25 mg/l nitrate. Phosphate in groundwater is due to geological conditions and cause no problem to drinking water supply.

Concentrations of nickel and zinc are observed to be increasing probably due to infiltration from manure. The increase in the aluminium content is ascribed to top soil acidification.

8 pesticides have been analysed for during the last 6 years and 10-15% of the shallow groundwater are contaminated. Analyses at the water works indicate that several other pesticides are found in groundwater monitoring than the 8 pesticides analysed for in the groundwater monitoring programme.