

# **GRUNDTVANDSOVERVÅGNING**

## **200 I**



**DANMARKS OG GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE  
MILJØ- OG ENERGIMINISTERIET**

***Særudgivelse***

***Redaktør:*** Jens Stockmarr

***Tegning:*** Forfattere og Kristian Rasmussen

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

***Oplag:*** 900

***Dato:*** 1. december 2001

ISBN 87-7871-096-0

***Pris:*** kr. 160, - inkl. 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

E-post: [geus@geus.dk](mailto:geus@geus.dk)

Internet: [www.geus.dk](http://www.geus.dk)

***I kommission hos:***

**Geografforlaget Aps.**

Fruerhøjvej 43, 5464 Brenderup

Telefon: 63 44 16 83

Telefax: 63 44 16 97

E-post: [go@geografforlaget.dk](mailto:go@geografforlaget.dk)

# Indhold

<b>INDHOLD</b>	<b>3</b>
<b>FORORD</b>	<b>5</b>
<b>SAMMENFATNING</b>	<b>7</b>
<b>ENGLISH SUMMARY</b>	<b>9</b>
<b>INDLEDNING</b>	<b>11</b>
<b>Overvågningsprogrammet</b>	<b>11</b>
<b>Forskellige definitioner for kemiske analyser og boringsindretning m.v.</b>	<b>14</b>
<i>Detektionsgrænse</i>	<i>14</i>
<i>Fund og fund over grænseværdien for drikkevand</i>	<i>14</i>
<i>Boringer, stammer, filtre og indtag</i>	<i>14</i>
<i>Box-diagrammer</i>	<i>16</i>
<i>Redox-zoner</i>	<i>16</i>
<b>GRUNDVANDETS HOVEDBESTANDDELE</b>	<b>17</b>
<b>Nitrat</b>	<b>17</b>
<i>Udviklingen i grundvandets indhold af nitrat</i>	<i>17</i>
<i>Nitratudvikling i grundvandsovervågningsområderne</i>	<i>18</i>
<i>Nitrat i ungt grundvand</i>	<i>19</i>
<i>Nitrat i grundvandet og forbruget af handelsgødning</i>	<i>20</i>
<i>Oversigt over nitrat i GRUMO og eventuelle stigende eller faldende tendenser</i>	<i>21</i>
<i>Nitrat i vandværksboringer</i>	<i>23</i>
<i>Redox-boringer</i>	<i>24</i>
<i>Redox-zonernes afgrænsning</i>	<i>26</i>
<i>Amternes status over grundvandets indhold af nitrat</i>	<i>28</i>
<b>Sammenfatning om nitrat</b>	<b>30</b>
<b>Fosfor</b>	<b>31</b>
<i>Udviklingen i grundvandets indhold af fosfor</i>	<i>31</i>
<i>Amternes status over grundvandets indhold af fosfor</i>	<i>32</i>
<b>Sammenfatning om fosfor</b>	<b>33</b>
<b>UORGANISKE SPORSTOFFER</b>	<b>35</b>
<b>Grundvandsovervågning</b>	<b>35</b>
<i>Overskridelser af grænseværdier i grundvandsovervågningen</i>	<i>36</i>
<i>Uorganiske sporstoffer i landovervågnings grundvandsboringer</i>	<i>39</i>
<b>Vandværksboringer</b>	<b>40</b>
<i>Overskridelser af grænseværdien for drikkevand i vandværksboringer</i>	<i>41</i>
<b>Sammenfatning om uorganiske sporstoffer</b>	<b>44</b>
<b>ORGANISKE MIKROFORURENINGER</b>	<b>45</b>
<b>Mulige kilder til de 7 grupper af organiske mikroforureninger</b>	<b>46</b>
<b>Grundvandsovervågning</b>	<b>47</b>
<b>Landovervågningsoplande</b>	<b>48</b>
<b>Vandværksboringer</b>	<b>49</b>
<b>Anioniske detergenter</b>	<b>52</b>

<b>MTBE</b>	<b>54</b>
<b>Sammenhæng mellem fund af organiske mikroforureninger og redoxzoner</b>	<b>56</b>
<b>Sammenfatning om organiske mikroforureninger</b>	<b>57</b>
<b>PESTICIDER OG NEDBRYDNINGSPRODUKTER</b>	<b>59</b>
<b>Grundvandsovervågningen</b>	<b>59</b>
<b>Landovervågningen</b>	<b>66</b>
<b>Vandværksboringer</b>	<b>69</b>
<b>2,6-dichlorbenzamid – BAM</b>	<b>73</b>
<b>Andre boringer</b>	<b>75</b>
<b>Sammenfatning om pesticider og nedbrydningsprodukter</b>	<b>76</b>
<b>GRUNDVANDSRESSOURCEN</b>	<b>79</b>
<b>Grundvandspotentiale</b>	<b>79</b>
<b>Vandindvinding</b>	<b>83</b>
<b>Sammenfatning om grundvandsressourcen</b>	<b>86</b>
<b>GEOLOGISK MODELLERING</b>	<b>87</b>
<b>Geologisk modellering</b>	<b>87</b>
<b>Hydrologisk modellering</b>	<b>89</b>
<b>Sammenfatning om modellering</b>	<b>90</b>
<b>LITTERATUR</b>	<b>91</b>
<b>BILAG</b>	<b>93</b>
<b>Bilag 4.1 Organiske mikroforureninger i grundvandsovervågningen 1993-2000</b>	<b>95</b>
<b>Bilag 4.2 Organiske mikroforureninger i landovervågningen 1995-2000</b>	<b>97</b>
<b>Bilag 4.3 Organiske mikroforureninger i vandværksboringer 1993-2000</b>	<b>99</b>
<b>Bilag 5.1 Pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen 1993-2000</b>	<b>101</b>
<b>Bilag 5.2 Pesticider og nedbrydningsprodukter i landovervågningen 1993-2000.</b>	<b>105</b>
<b>Bilag 5.3 Pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer 1993-2000.</b>	<b>107</b>
<b>Bilag 5.4 Pesticider og nedbrydningsprodukter i andre boringer 1993-2000.</b>	<b>111</b>
<b>Bilag 6.1 Vandindvinding i 2000 fordelt på 10 kategorier</b>	<b>115</b>

# Forord

Nærværende rapport præsenterer resultater og konklusioner om grundvandets tilstand, baseret på data indsamlet af amterne og amternes årlige rapporter, der udføres som en del af den nationale grundvandsovervågning. 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 Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS).

Omfanget af analyseprogrammet og rapporteringerne er fastlagt i rapporten 'Nationalt program for overvågningen af vandmiljøet 1998 – 2003, NOVA 2003' (Miljøstyrelsen 2000b).

Rapporten er en faglig rapport og målgrupperne er Regeringen, Folketinget og offentligheden samt DMU, der har ansvaret for den samlede rapportering af NOVA 2003.

De indrapporterede data og amternes rapporter danner grundlag for denne rapport, som præsenteres på grundlag af indlæg fra medarbejdere ved GEUS, der har de pågældende fagområder som deres arbejdsområde:

Grundvandets hovedbestanddele	Per Nyegaard
Uorganiske sporstoffer	Carsten Langtofte Larsen
Organiske mikroforureninger	Gitte Felding, René K. Juhler og Walter Brüsich
Pesticider og nedbrydningsprodukter	Walter Brüsich, René K. Juhler og Gitte Felding
Grundvandsressourcen	Per Rasmussen
Geologisk modellering	Per Rasmussen

Projektgruppen, der står bag databearbejdning og rapportering, består endvidere af Kristian Rasmussen, Poul Merkelsen, Birgit Ahlgren Pedersen, Frants von Platen, Lisbeth Flindt Jørgensen og Jens Stockmarr.



# Sammenfatning

”Grundvandsovervågning 2001” bygger på oplysninger fra grundvandsovervågningsområder, GRUMO, landovervågningsoplande, LOOP, og vandværksboringer, som tilsammen giver et omfattende kvalitativt billede af grundvandets kemi og forureningstilstand.

Omkring 61% af overvågningsboringerne og 68% af vandværksboringerne, indeholder ikke **nitrat**. 16% af overvågningsboringerne indeholder mere nitrat end tilladt i drikkevand (50 mg/l). Tilsvarende indeholder 2% af vandværksboringerne nitratkoncentrationer over 50 mg/l. Det lavere tal for vandværksboringerne skyldes, at mange vandværksboringer med højt nitratindhold er blevet lukket. Kun 8,5% af vandværksboringerne har nitratkoncentrationer over 25 mg/l, og dette tal synes stabilt i de seneste år.

De største nitratproblemer for drikkevandsproduktionen findes i amterne i det såkaldte nitratbælte (Århus, Viborg og Nordjylland Amter) samt i Ribe Amt. Variationer i grundvandets nitratindhold ses hovedsageligt i Jylland, der også har de fleste indtag med højt nitratindhold. Udviklingen i grundvandets nitratindhold gennem de sidste 50-60 år følger i stor udstrækning forbruget af handelsgødning. Manglen på sammenlignelige data for husdyrgødning fra den samme periode gør det vanskeligt at sammenholde handelsgødning og husdyrgødning med udviklingen i grundvandets nitratindhold.

Den generelle vurdering af nitratkoncentrationen i grundvandet er fortsat, at der ikke er nogen overordnet ændring af nitratindhold i grundvandet begrundet i vedtagelsen af Vandmiljøplanen i 1987, idet langt størstedelen af det overvågede grundvand er fra før 1990. Det yngste grundvand i grundvandsovervågningen viser heller ingen sikre udviklingstendenser for nitratindholdet. Derimod kan det konstateres at nitratindholdet i det unge grundvand i stor udstrækning følger variationen i vinternedbøren og den deraf følgende udvaskning fra jorden.

Data fra de nye multifilter **redoxboringer** til forståelse af nitratomsætningen viser veludviklede og veldefinerede redoxzoner ned gennem lagsøjlen fra oxisk (ilt-zonen), anoxisk (nitrat-zonen) til reduceret (jern-sulfat-zonen). Metan-zonen er udviklet i to af boringerne.

I mange dele af landet måles et **fosforindhold** i grundvandet der er over det højst tilladte i drikkevand på 0,15 mg/l. Det er især i de dybere magasiner, hvor det reducerede grundvands sammensætning er præget af de marine fosforholdige aflejringer. Høje fosforindhold giver dog ingen problemer for drikkevandet, da fosfor normalt fjernes ved almindelig vandbehandling på vandværkerne. Tilførsel af reduceret grundvand med et højt fosforindhold til søer og vandløb er med til at øge fosforbelastningen i overfladevand og havvand.

**Uorganiske sporstoffer** er naturligt forekommende i lave koncentrationer i dansk grundvand, men mange forekomster af uorganiske sporstoffer nær grænseværdierne for drikkevand kan skyldes menneskelig påvirkning, enten i form af forurening, vandspejlssænkning eller andet.

Grundvandets indhold af uorganiske sporstoffer er højere end grænseværdien for drikkevand i 35% af indtagene i grundvandsovervågningen og tilsvarende i knap 9% af vandværkernes boringer. Kun nikkel er obligatorisk i vandværkernes boringskontrol. Ved vandværker med almindelig vandbehandling tilbageholdes en del af metalindholdet i okkerslammet i sandfiltrene. På den anden side kommer et ikke uvæsentligt bidrag til drikkevandets indhold af bly, cadmium, chrom, kobber, nikkel og zink fra pumper, beholdere, vandhaner m.v.

I Grundvandsovervågningen er arsen, nikkel, zink og aluminium fundet i koncentrationen der overskrider det højst tilladte for drikkevand i 16% (arsen), 6% (nikkel), 5% (zink) og 15% (aluminium) af de undersøgte indtag. De tilsvarende tal for vandværksboringer er 18% (arsen), 3% (nikkel), 5% (zink) og 23% (aluminium).

Højt indhold af uorganiske sporstoffer i vandværksboringer har stor betydning for udnyttelsen af grundvandet til drikkevand. Infiltration af spildevand direkte eller gennem nedslivningsanlæg i det åbne land vil kunne påvirke vandmiljøet i negativ retning.

Der er i grundvandsovervågningen fundet **organiske mikroforureninger** i langt de fleste indtag og de er fundet i 40% af vandværksboringer. De fleste stammer fra anioniske detergenter, men da analysemetoden er ikke specifik kan en del af disse fund skyldes andre naturligt forekommende stoffer. Langt de fleste fund er under grænseværdien for drikkevand.

Der er i vandværksboringer i år 2000 udført analyser for MTBE i 132 boringer og MTBE blev fundet i 24 boringer, heraf 8 i en koncentration over grænseværdien for drikkevand på 5 µg/l. I grundvandsovervågningen er der i år 2000 udført analyser fra 147 indtag, men uden fund.

Hovedparten af det grundvand, der indvindes til drikkevand i Danmark er dannet efter 1950 og er mere eller mindre påvirket af menneskelig aktivitet. Mere end halvdelen af det øverste unge grundvand er forurenet med **pesticider og nedbrydningsprodukter** der har været anvendt i landbrug, skovbrug, gartneri, byområder og i villahaver.

I grundvandsovervågningen analyseres der for 45 pesticider eller nedbrydningsprodukter hvoraf der er fundet rester af 40. Herudover har amterne fundet yderligere 10 stoffer, der ikke indgår i overvågningen. I vandværksboringer er der fundet endnu flere pesticider og nedbrydningsprodukter, dog i overvejende grad under grænseværdien for drikkevand. Der er således nu fundet ca. 90 pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandet.

Der er i grundvandsovervågningen fundet pesticider og nedbrydningsprodukter i 21% af de undersøgte indtag i 2000, noget mindre end i 1999. Antallet af indtag med overskridelser af grænseværdien har været næsten konstant 8% af de undersøgte indtag i perioden 1996-2000. I landovervågningen er der fundet pesticider og nedbrydningsprodukter i over halvdelen af de undersøgte indtag. I den samme periode er der fundet pesticider i vandværksboringer i 30% af de undersøgte boringer og grænseværdien er overskredet i 10% af de undersøgte boringer.

BAM er fundet i 24% af vandværksboringerne og grænseværdien for drikkevand er overskredet i knapt 10% af de undersøgte boringer. Det er forventeligt fordi mange vandværkers boringer ligger tæt ved beboede områder, men også fordi nogle vandværker har anvendt moderstoffet dichlobenil omkring selve boringerne.

Glyphosat og AMPA er fundet i landovervågningen i en række indtag og en undersøgelse viser at der er tale om en naturlig infiltration gennem moræneler via ormegange, rodkanaler og sprækker ned til indtagene i 1,5-5 meters dybde. Tilsvarende fund er gjort i højtliggende grundvand i en leret lokalitet ved Estrup i Jylland i projektet "Varslingssystem for Pesticider".

Følgende stoffer som blev solgt i 2000 blev fundet i grundvandsovervågningen i koncentrationer over grænseværdien: Bentazon, clopyralid, dichlorprop, maleinhydrazid, MCPA, mechlorprop, metribuzin, pendimethalin og simazin. De tre phenoxysyrer (dichlorprop, MCPA og mechlorprop) og simazin er for nyligt reguleret af Miljøstyrelsen. Mens 4 stoffer kun er fundet i få tilfælde over grænseværdien er bentazon fundet over grænseværdien i 0,9% af de undersøgte tiltag.

Efter et par meget tørre vintre 1995-1997 er **grundvandsstanden** nu igen normal. Samtidig har våde forsomre i 1998 og 1999 medført at indvindingen til erhvervsvanding har været den laveste i mange år. Den samlede **vandindvinding** på almene vandværker udgjorde i 2000 417 millioner m<sup>3</sup> mod 640 millioner m<sup>3</sup> i 1989, et fald på 35%. Indvindingen til erhvervsvanding var i 2000 på 190 millioner m<sup>3</sup> mod 453 millioner m<sup>3</sup> i 1992, hvor den var højest i nyere tid.

Der er opbygget konceptuelle hydrogeologiske **modeller** for ni ud af ti GRUMO, der findes nu digitale geologiske modeller for halvdelen af de 67 grundvandsområder og for over en tredjedel af områderne er der opstillet strømningsmodeller.



## English summary

"Grundvandsovervågning 2001" builds on information from the groundwater monitoring areas, GRUMO, the agricultural watershed catchment areas, LOOP, and water abstraction wells, that all together give a comprehensive picture of the groundwater chemistry and state of pollution.

About 61% of the monitoring wells and 68% of the water abstraction wells contain no **nitrate**. 16% of the monitoring screens and 2% of the abstraction wells have a nitrate concentration above the maximum admissible concentration (MAC) for drinking water (50 mg/l). The low number of abstraction wells with a high nitrate concentration is due to the fact that many abstraction wells with a high nitrate concentration have already been closed. Only 8.5% of the water abstraction wells have a nitrate concentration above 25 mg/l and this number seems stable in the latest years.

The greatest nitrate problems for the drinking water supply are located in the so-called "nitrate-belt" (Århus, Viborg and Nordjylland Counties) and in Ribe County. Changes in the nitrate content in the groundwater are found mainly in Jutland where also the main part of the intakes with nitrate are located ("intake" is defined as the sampling zone in a well). The development of the nitrate content during the last 50-60 years generally follows the use of fertilisers. The lack of comparable data for manure from the same period make it difficult to combine the use of fertilisers and manure with the development of nitrate in groundwater.

The effect of the Action Plan for the Aquatic Environment, approved in 1987, on the nitrate content in groundwater is unknown because the age of groundwater in the majority of well screens predates the Action Plan. The youngest groundwater shows no development tendencies for the nitrate content. However the nitrate content in shallow groundwater is related to variations in winter precipitation and subsequent nitrate leaching from the soil.

The new multi-screened **redox wells** show well developed and well defined redox zones in the soil profile from oxic (oxygen zone) to anoxic (nitrate zone) to reduced (iron-sulphate zone). The methane zone is found in two of the wells.

In many places, the **phosphorus** content in groundwater is above the MAC level (0.15 µg/l) due to naturally occurring sources especially in deep aquifers with marine phosphoric sediments. However, high phosphorus values are normally not a problem to the waterworks as phosphorus usually precipitates in the sand filters. The flow of reduced groundwater with high phosphorus content to rivers and lakes increases loading to surface water and seawater.

**Inorganic trace elements** occur naturally in low concentrations in Danish groundwater. Occurrences of inorganic tracers near the MAC level for drinking water might be due to human influence either through pollution, lowering of the groundwater level or other reasons.

The content of inorganic tracers in groundwater is above the MAC level for drinking water in 35% of the intakes in the groundwater monitoring and comparable almost 6% in the water abstraction wells. In waterworks with ordinary water treatment it is expected that inorganic trace elements will mainly be retained in the ochre sludge of the sand filters of the waterworks. On the other hand a certain contribution to the content of lead, cadmium, chrome, copper, nickel and zinc originate from pumps, tanks, taps etc.

In Groundwater arsenic, nickel, zinc and aluminium is found in concentrations above the MAC level for drinking water in 16% (arsenic), 6% (nickel), 5% (zinc) and 15% (aluminium) of the intakes. Comparable numbers for water abstraction wells are 18% (arsenic), 3% (nickel), 5% (zinc) and 23% (aluminium).

High content of inorganic trace elements in the abstraction wells is of great importance for the utilisation of groundwater to drinking water. Infiltration of wastewater directly or through infiltration systems in the open land will have a negative impact on the water environment. In the groundwater monitoring programme **organic micro pollutants** are found in the majority of samples and in the water abstraction wells they are found in 40% of the wells. The majority are anionic detergents, but as the analysis method is not a specific method the results might be from other natural elements. The absolute majority of the results are below the MAC level.

MTBE was found in 24 wells, 8 of which were above the MAC level of 5µg/l, out of 132 abstraction wells sampled during the year 2000. In the groundwater monitoring programme samples from 147 intakes were analysed, but no MTBE was found.

The majority of the groundwater abstracted for water supply in Denmark is younger than 1950 and is more or less influenced by human activity. More than half of the upper groundwater is polluted with **pesticides and metabolites** from farming, forestry, gardening and urban areas.

The Groundwater monitoring programme includes 45 pesticides and metabolites and 40 were found. Further the counties have found another 10 which are not included in the programme. In water abstraction wells even more pesticides and metabolites have been found, although they are generally below the MAC level. Currently, 90 pesticides and metabolites are found.

In the groundwater monitoring programme pesticides and metabolites have been found in 21% of the samples in 2000, less than in 1999. The number of intakes with concentrations above the MAC level remained constant at 8% during the period 1996-2000. In the agricultural watershed monitoring pesticides and metabolites have been found in more than half of the analysed samples. In the same period pesticides and metabolites were found in 30% of the investigated water abstraction wells and the MAC level was surpassed in 10% of the analysed wells.

The dichlobenil metabolite 2,6-dichlorobenzamide (BAM) is found in 24% of the water abstraction wells and the MAC level is surpassed in 10% of the wells. It was expected because many water supplies are located near or within urban areas and because some water supplies used dichlobenil around the wells themselves.

Glyphosate and the metabolite AMPA is found in the agricultural watershed catchments and an investigation shows that the infiltration in till takes place via worm holes, root canals and fractures down to the well screens in 1.5-5 meters depth. Comparable results were found in shallow groundwater in a clayey locality at Estrup, Jutland in the "Pesticide warning" project.

The following pesticides sold in 2000 have been found in the groundwater monitoring programme at concentrations above the MAC level: Bentazone, clopyralid, dichloroprop, maleinhydrazide, MCPA, mecoprop, metribuzine, pendimethalin and simazine. The three phenoxy acids (dichloroprop, MCPA and mecoprop) and simazine was recently regulated by the Danish EPA. While only four pesticides are found in few cases above the MAC level, bentazone is found above the MAC level in 0.9% of the analysed intakes.

After two very dry winters 1995-1997 the **groundwater level** has returned to normal. Moist early summers during 1998 and 1999 resulted in the lowest **groundwater abstraction** for irrigation recorded for many years. The total water abstraction to common waterworks in 2000 was 417 million m<sup>3</sup> in comparison to 640 million m<sup>3</sup> in 1989, a difference of 35%. Groundwater abstraction for irrigation was 190 million m<sup>3</sup> in 2000 in comparison to 453 million m<sup>3</sup> in 1992 when it was the lowest for many years.

Conceptual hydrogeological **models** are made in nine of ten GRUMO, digital geological models are found for half of the 67 GRUMO and for more than a third of the areas flow models have been constructed.

# Indledning

## Overvågningsprogrammet

Den landsdækkende grundvandsovervågning der er en del af det nationale overvågningsprogram for vandmiljøet, NOVA 2003, blev oprindeligt iværksat som en konsekvens af vedtagelsen af Vandmiljøplanen i 1987, med det hovedformål at registrere grundvandets belastning med kvælstof og fosfor samt vurdere virkningerne af ændringer i næringsstofbelastningen som Vandmiljøplanens tiltag ville medføre. Endvidere har grundvandsovervågningen til formål generelt at følge udviklingen i grundvandsressourcens kvalitet og størrelse, for også i fremtiden at kunne sikre Danmarks befolkning drikkevand af god kvalitet. Endelig er det et formål at beskrive kvaliteten af det vand der udgør basistilstrømningen til de danske ferske vande.

### *Grundvandsovervågning*

Nogenlunde jævnt fordelt over landet er der etableret 67 grundvandsovervågningsområder (GRUMO), se figur 1.1, udbygget med ca. 17 overvågningsfiltre (indtag) fordelt i hovedgrundvandsmagasinet (liniemoniterende boringer), øvre sekundære grundvandsmagasiner (punkt-moniterende boringer) og én indvindingsboring (volumenmoniterende boring), se principskiten figur 1.2.

Grundvandsovervågningen omfatter i 1.114 indtag, der er egnede til analyse for grundvandets hovedbestanddele. Heraf er 973 indtag egnede til analyse for specielle parameter som uorganiske sporstoffer, pesticider og andre organiske mikroforureninger. Hertil kommer 112 indtag til overvågning af grundvandets hovedbestanddele i Rabis Bæk området og 77 indtag i fire redox-boringer, etableret i 1998-1999. Grundvandsovervågningen omfatter endelig 85 indtag i grundvandet i de fem landovervågningsoplande (LOOP), se figur 1.1, hvor bl.a. kvaliteten af det helt nydannede grundvand overvåges.

### *Vandværksboringer*

I Miljøministeriets bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (Miljøministeriet 1988, 2001) er der siden 1989 stillet krav om overvågning af det grundvand, der indvindes fra vandværkernes boringer - boringskontrol (Miljøstyrelsen 1990, 1997).

Dette års rapport er gennemført på baggrund af GEUS nye databasesystem Jupiter. Det er forventningen at det nye databasesystem vil medføre en sikrere rapportering, men enkelte børnesygdomme har medført en intern forsinkelse hos GEUS. Derfor har rapporteringstiden i år været meget kort og det kan ikke udelukkes at have givet anledning til fejl i rapporten.

Der er med anvendelsen af Jupiter sket en kobling mellem det tidligere vandressourcereger og den tidligere grundvandskemidatabase ved GEUS. Det skulle udelukke at analyseresultater, som tilsyneladende ikke stammer fra vandindvindingsboringer men som er indberettet som ”boringskontrol”, indgår som vandværksboringer. Herved bliver et antal boringer med forskelligt andet formål, f.eks. afværgeboringer eller boringer til overvågning af lossepladser, ikke medtaget som vandværksboringer, med deraf følgende krav til grundvandskvalitet. Det er dog ikke lykkedes fuldstændig at undgå at der indgår andre boringer i det anvendte datasæt, fordi boringer som tilhører vandværker men som benyttes til andet formål, f.eks. som

pejleboring eller afværgeboring, ikke har kunnet udskilles på baggrund af de informationer GEUS er i besiddelse af.

### Rapportering

Hvert efterår siden 1989 har GEUS udarbejdet en rapport over grundvandsovervågningen. Det er vedtaget, at rapporteringen skal ske efter et standardiseret format, således at rapporteringen bliver overskuelig og ikke for omfattende. Grundvandsovervågning 1995 (GEUS 1995) var ekstraordinært omfattende, idet grundvand var udvalgt som årets tema indenfor vandmiljøplanens overvågningsprogram. Dette års rapport er en standardrapport. Det gældende analyseprogram for grundvandsovervågningen i såvel GRUMO som LOOP er beskrevet i NOVA 2003 (Miljøstyrelsen 2000b).

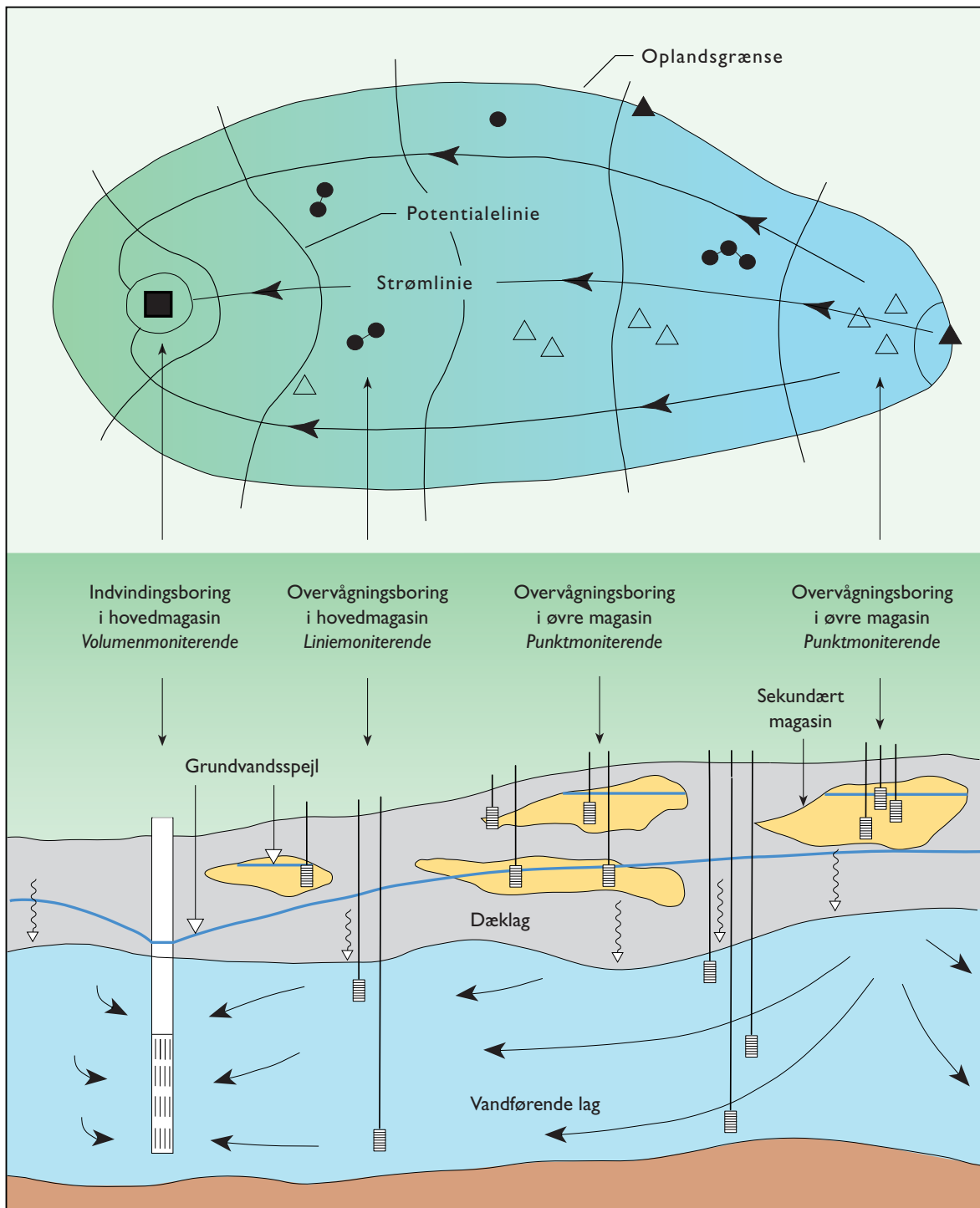
Årets rapport bygger, som de foregående, på de data amterne har indberettet til den grundvandskemiske database ved GEUS samt på de årlige rapporter fra amterne. Dog er data der måtte være nævnt i amternes rapporter, men som ikke er indberettet til grundvandsdatabasen ved GEUS, normalt ikke medtaget i tabeller og grafer i GEUS's rapport.



Figur 1.1 Grundvandsovervågningen i Danmark omfatter 67 grundvandsovervågningsområder (GRUMO) og 5 Landovervågningsoplande (LOOP).

I områderne Sibirien, Grindsted, Kasted og Albæk er der yderligere etableret en redox-boring til overvågning af de kemiske forhold omkring redoxzonerne. Endelig gennemføres der en meget begrænset overvågning i de tre områder Munke Bjergby, Herning og Abild.

Landovervågningsoplandene består af tre ler-oplande (Hornstrup Bæk, Lillebæk og Højvads Rende) og to sand-oplande (Oddebæk og Bolbro Bæk).



Figur 1.2 Principskitse for et Grundvandsovervågningsområde (efter Andersen 1987).

## Forskellige definitioner for kemiske analyser og boringsindretning m.v.

### *Detektionsgrænse*

I sidste års rapport blev der redegjort for detektionsgrænser. Det fremgik her at den egentlige betydning af ordet ”detektionsgrænse” er at et stof kan detekteres (påvises), uden at der nødvendigvis kan gøres rede for i hvilken mængde stoffet forekommer. Der blev også gjort rede for at det rigtige ord for den grænse hvorover der med rimelig sikkerhed kan sættes værdier på indholdet af et stof er ”kvantificeringsgrænse”. Kvantificeringsgrænsen ligger betydelig over detektionsgrænsen.

Den detektionsgrænse der oplyses fra laboratorierne er behæftet med en vis usikkerhed der varierer fra stof til stof. Et enkelt fund (detektion) af et stof er således behæftet med en betydelig usikkerhed. Sikkerheden for et stofs forekomst i koncentration nær detektionsgrænsen er betinget dels af fund ved gentagen analyse fra den samme lokalitet og dels ved tilsvarende fund på andre lokaliteter.

Et signal i høringsudgaven om at der i fremtiden vil blive anvendt termen kvantificeringsgrænse i stedet for detektionsgrænse er ikke fulgt.

### *Fund og fund over grænseværdien for drikkevand*

I nærværende rapport betyder et ”**fund**” således at analyseresultatet er større end eller lig med ( $\geq$ ) detektionsgrænsen for det pågældende stof i den pågældende analyse.

Tilsvarende opereres med ”**fund over grænseværdien for drikkevand**” eller ”fund over højst tilladelige værdi for stoffet i drikkevand” (Miljø- og Energiministeriet 2001).

### *Boringer, stammer, filtre og indtag*

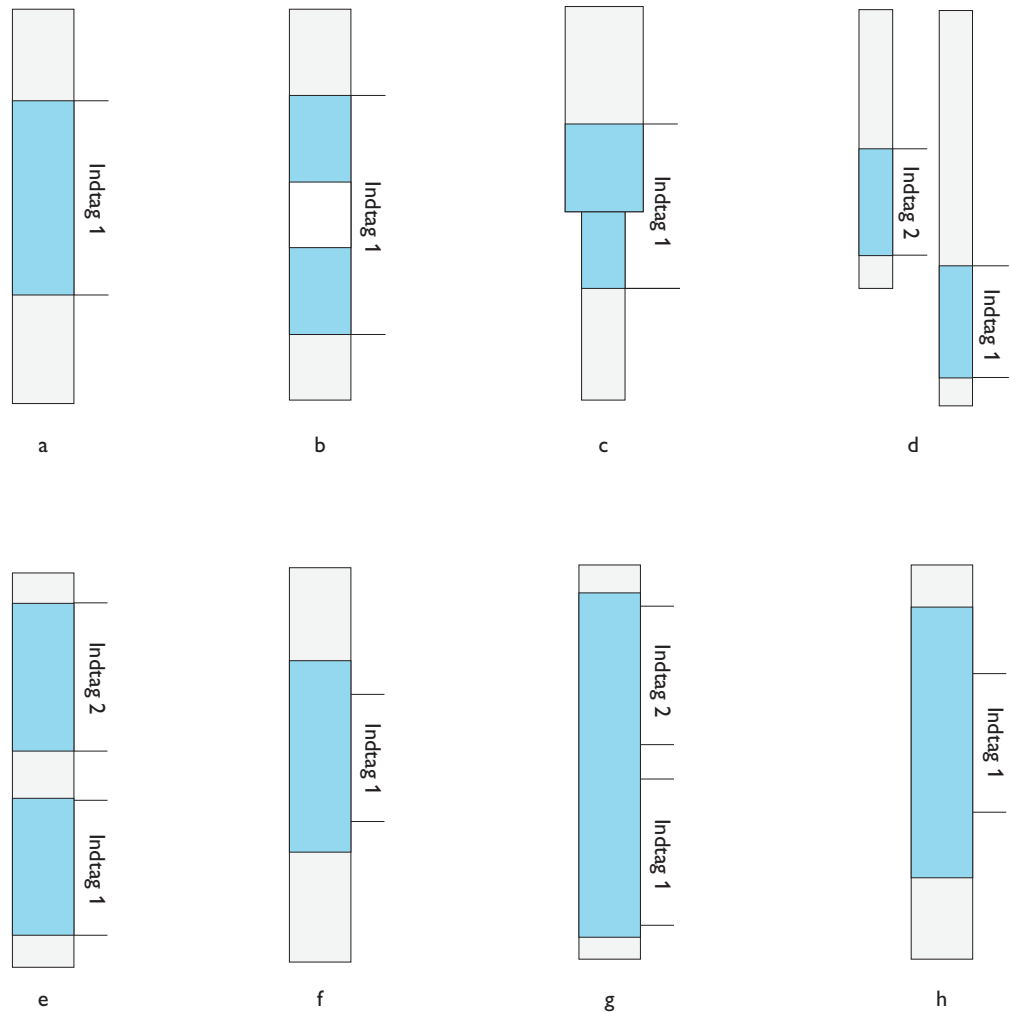
I forbindelse med etableringen af Jupiter-databasen ved GEUS er der behov for præcisering af terminologien omkring boringsindretning

En **boring** er et hul i jorden hvori der er placeret en **stamme** bestående af ét eller flere forerør og filtre. Det er typisk kun vandforsyningsboringer der har flere filtre på samme stamme. I overvågningsboringer kan der være sat flere stammer ved siden af hinanden i samme boring. Disse stammer går da til forskellig dybde og fungerer som selvstændige boringer.

Et **filter** er et rør eller en del af et rør i hvilket der er slidser så grundvand kan strømme ind fra jordlagene. Filtret dækker et bestemt interval i en boring (bestemt ved top og bund). Udenom filterrøret er der ofte en gruskastning der har det formål dels at holde jordlagsmateriale ude og dels at øge tilførslen af grundvand.

Et **indtag** er det interval i en boring hvor der kan strømme grundvand ind fra jordlagene uden om boringen/stammen. Et indtag kan kun bestå af filtre fra én stamme. Alt vand fra et givet indtag - uanset om det er kommet ind i boringen gennem ét eller flere filtre - blandes principielt sammen i boringen, og der svarer kun ét trykniveau til et givet indtag.

I figur 1.3 er der vist et antal eksempler på boringsindretning til forklaring af sammenhængen mellem begreberne filter og indtag.

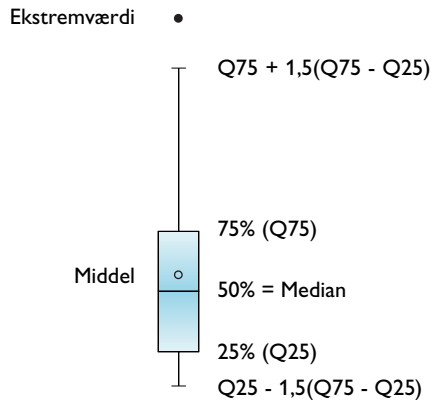


Figur 1.3 Sammenhængen mellem stammer, filtre og indtag i borer. Filterintervaller er blå raster mens indtag er markeret med "pinde" for top og bund af indtag.

- I langt den overvejende del af danske vandværksboringer og mange grundvands-overvågningsboringer er der en simpel sammenhæng mellem én stamme, ét filter og ét indtag (a).
- I nogle få procent af borerne er der ligeledes kun én stamme og ét indtag, men der er alligevel registreret to eller flere filtre (b eller c).
- I en række nyere borer, blandt andet en del grundvandsovervågningsboringer, er der flere stammer med ét filter og ét indtag på hver (d).
- I ganske få tilfælde er der to filtre på samme stamme, og boringen er indrettet så man kan adskille vandet fra disse (e).
- I sjældne tilfælde får et indtag kun vand fra en del af et filter, mens resten af filter-intervallet er afskærmet af packere (f).
- Der kan også være tale om to separate indtag i det samme filter (g).
- For at kunne håndtere situationerne f og g har GEUS besluttet (i database sammenhæng) at splitte det "problematisk" filter op i flere, hvor så kun f.eks. filter nr. 2 (svarende til indtagets længde og placering) er tilknyttet indtaget (h).

### Box-diagrammer

Box-diagrammer er en god måde at præsentere statistisk bearbejdede data. Box-diagrammer fortæller noget om en række grundlæggende statistiske parametre for et datasæt. Det er her typisk middelværdi, medianværdi og spredningen af værdierne for et års data. Spredningen er beskrevet gennem 25% fraktilen, 75% fraktilen og minimum- og maksimumværdier når outlaiers (ekstreme, formodentlig utroværdier værdier) er udeladt. Nedenfor i figur 1.4 er præsenteret en legende til alle de anvendte box-diagrammer i denne rapport.



Figur 1.4 Legende til box-diagrammer anvendt i denne rapport. Q står for kvartil således at Q25 udgør grænsen mellem 25% og 75% af datamængden.

### Redox-zoner

I grundvandsovervågningen opereres der i denne rapport generelt med tre redox-zoner:

- Oxisk zone også kaldet Ilt-zonen
- Anoxisk zone også kaldet Nitrat-zonen
- Reducerende zone også kaldet Jern-, sulfat og metan-zonen

De forskellige zoner er i rapporten defineret således:

- Oxisk zone  $> 1$  mg/l ilt
- Anoxisk zone  $\leq 1$  mg/l ilt og  $> 1$  mg/l nitrat
- Reducerende zone  $\leq 1$  mg/l ilt og  $\leq 1$  mg/l nitrat

Dog er der i kapitlet om nitrat anvendt grænsen 3 mg/l ilt i stedet for 1 mg/l ilt for at tage højde for mindre sikre iltbestemmelser tidligere i programmet. Det synes dog kun at have begrænset betydning om der anvendes 3 eller 1 mg/l ilt.

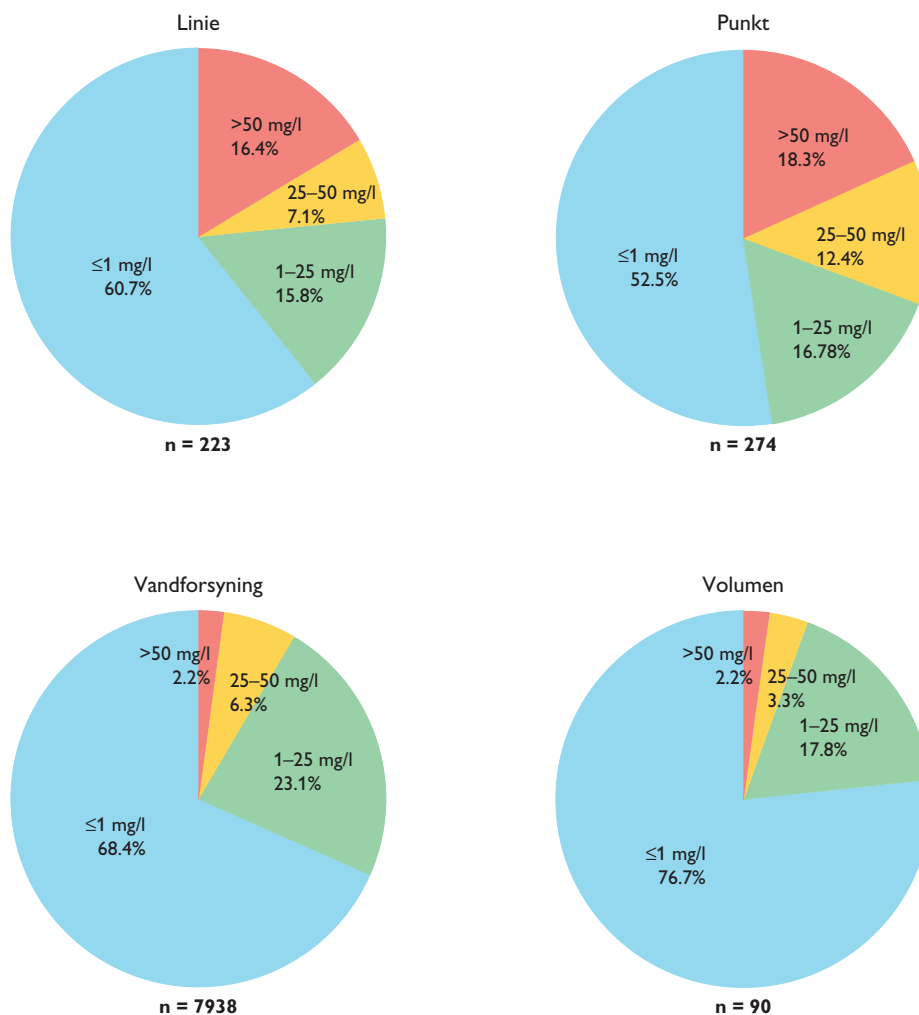


# Grundvandets hovedbestanddele

## Nitrat

### Udviklingen i grundvandets indhold af nitrat

I årets rapport er nitratdata fra **alle aktive og semiaktive** indtag blevet benyttet til bedømmelse af udviklingen i grundvandets nitratindhold for hele perioden 1990-2000. Denne praksis betyder, at der vil indgå et varierende antal indtag i de årlige beregninger. Hvis kun indtag, der var analyseret kontinuerligt fra 1990 og frem blev anvendt, ville det betyde væsentlige færre data og dermed tab af informationer, samt at nye GRUMO-boringer ikke vil blive inddraget i databehandlingen. Der er i overvågningsperioden frem til 2000 nedlagt 291 indtag. Data fra redox-boringerne bliver behandlet særskilt.



Figur 2.1 Indtag fordelt efter nitratindholdet i mg/l for de fire grupperinger, linie-, punkt- og volumenmoniterende indtag i overvågningsboringer samt vandværksboringer. Medianværdier for **alle** nitratdata 1990 – 2000.

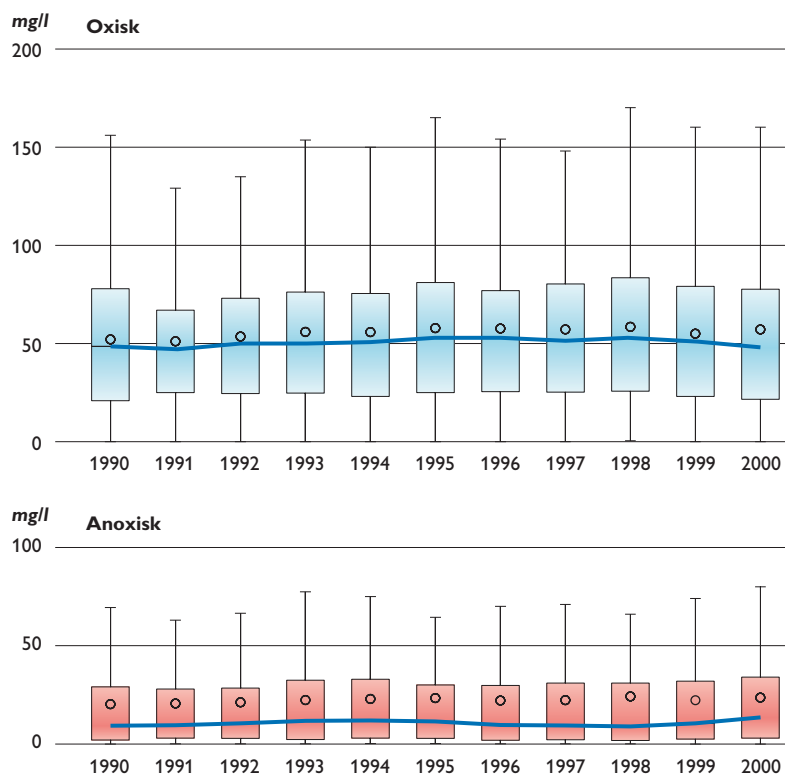
Til vurderingen af nitratanalyserne er kun de indtag, hvis nitratindholds medianværdi indenfor perioden 1990-2000 er større end 1 mg/l, behandlet i analysen af GRUMO-data. Det er derfor kun indtag med nitratbelastet grundvand der indgår i vurderingen. Der er omregnet til årlige medianværdier, for indtag med mere end én analyse pr. år. Der er for perioden 1990-2000 i alt 24.709 nitratanalyser fra 1.425 grundvandsovervågningsindtag hvoraf de 1.235 undersøges hvert år og 75 undersøges, men ikke hvert år. For 2000 foreligger der i alt 1.205 nitratanalyser fordelt på 1.037 indtag. Desuden findes der nu de første nitratdata fra 3 redox-boringer, hvor de i alt 311 analyser fordeler sig på 62 indtag.

Nitratanalyserne for GRUMO fordeler sig på 90 indtag klassificeret som volumenmoniterende, 847 som liniemoniterende, 276 som punktmoniterende og 8 er ikke klassificeret. Endelig foreligger der nu nitratanalyser fra i alt 7.938 vandforsyningsboringer analyseret i perioden 1990-2000, hvilket er 100 vandforsyningsboringer flere end for perioden 1990-1999.

Boringerne er primært vandforsyningsboringer men kan også være pejleboringer. Fordeling af de fire gruppers indtag på grundlag af nitratindholdet er vist i figur 2.1. Den højst tilladelige værdi for nitrat i drikkevand er 50 mg/l nitrat.

Hvert år efter høst og nedvisning af markerne er der ved mineralisering af plantedelene ophobet et stort kvælstofoverskud i jorden i den såkaldte nitratpulje. Kommer der herefter et efterår og en vinter med høj nedbør giver det et højt nitratindhold i det nydannede grundvand. Det reducerer kvælstofindholdet i nitratpuljen og har det næste efterår/vinter også høj nedbør vil nitratindholdet i det nydannede grundvand være betydelig mindre, fordi bidraget fra tidligere års nitratpulje nu er reduceret.

### Nitratudvikling i grundvandsovervågningsområderne



Figur 2.2 Nitratudviklingen i mg/l i perioden 1990-2000 baseret på data fra alle aktive indtag med et nitratindhold større end 1 mg/l for hele perioden. Redox-zonerne er: oxisk (med ilt) med max. 254 indtag og anoxisk (med nitrat) med max. 154 indtag.

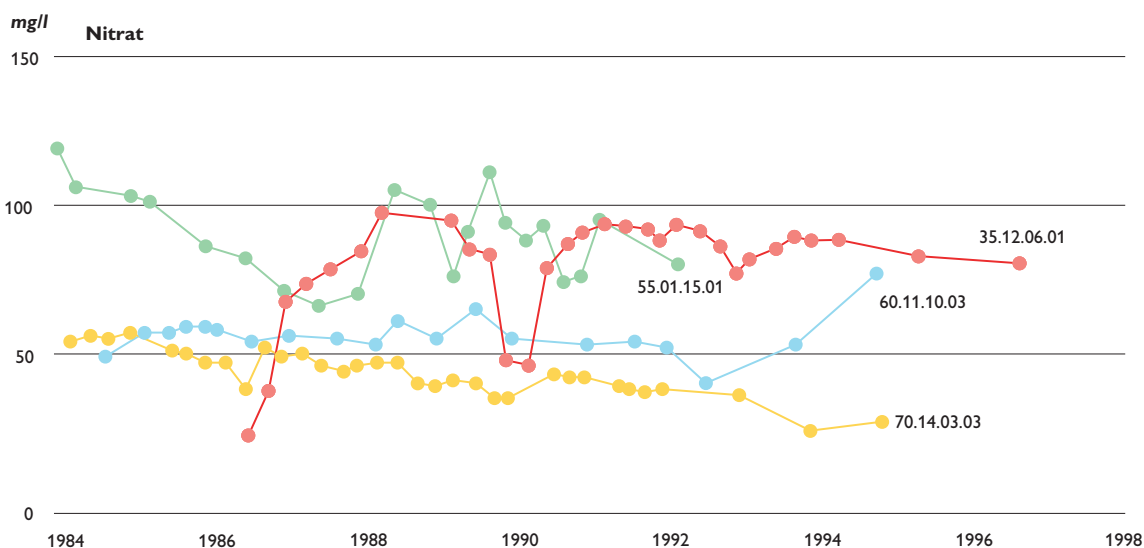
Til vurdering af den tidsmæssige udvikling af nitratindholdet i det allerede nitratbelastet grundvand (ca. 40% af indtagene – se figur 2.1), er der i dette års rapport kun anvendt data fra grundvand med oxiske og anoxiske forhold, d.v.s. iltholdigt grundvand og iltfattigt men nitratholdigt grundvand. Der er maksimalt anvendt 254 indtag for det oxiske grundvand og 154 for det anoxiske grundvand. Udviklingen fra 1990 til 2000 indenfor disse 2 redox-kategorier er vist i figur 2.2. Grundvandets nitratindhold i de to redox-zoner varierer meget for de enkelte år, men variationen i medianværdien (50% over og 50% under) for perioden 1990 – 2000 kun viser små udsving med en meget svag stigende tendens for det anoxiske grundvand og et meget svagt fald for det oxiske grundvand.

For grundvandsovervågningsområderne kan der overordnet ikke påvises nogen indvirkning på grundvandets indhold af nitrat af de tiltag der blev gennemført som en del af Vandmiljøplanen, selv ikke i de mest terrænnære filtre, hvor nitratindholdet er afhængigt af nedbøren og høstresultatet. Den generelle udvikling viser kun svage udsving, idet der dog er en ret stor spredning i indtagenes nitratindhold.

### Nitrat i ungt grundvand

Et stort antal indtag (553) er blevet prøvetaget i 1998 og delvist i 1997 for CFC-datering af grundvandet (GEUS 1999). Dateringerne viser at kun ca. 40 indtag gav vand i 1997-1998 som var yngre eller samtidig med Vandmiljøplanens igangsættelse i 1988. For at kunne se en eventuel effekt af planen, er nitratdata fra de 4 indtag med det yngste grundvand og kontinuerlige nitratanalyser vist i figur 2.3. Data er blevet tidskorrigeret efter CFC-dateringerne, hvor der må regnes med en usikkerhed på et par år. De tekniske data er vist i tabel 2.1.

GRUMO-indtag 35.12.06.01 viser et signifikant fald fra ca. 1991 medens GRUMO-indtag 55.01.15.01 viser et signifikant fald fra ca. 1989. Dette indtag har dog også tidligere vist et fald for perioden 1984-1988 efterfulgt af en stigning. Desværre viser nitratanalysen på grundvandet prøvetaget i 2000 fejl og er ikke medtaget i figuren. GRUMO-indtag 70.14.03.03 viser et konstant og signifikant fald siden 1984. GRUMO-indtag 60.11.10.03 har vist et fald fra ca. 1989 og frem til 1993, men en kraftig stigning gennem de to sidste prøvetagninger. Flere GRUMO-indtag vil blive benyttet når dataserierne bliver længere.

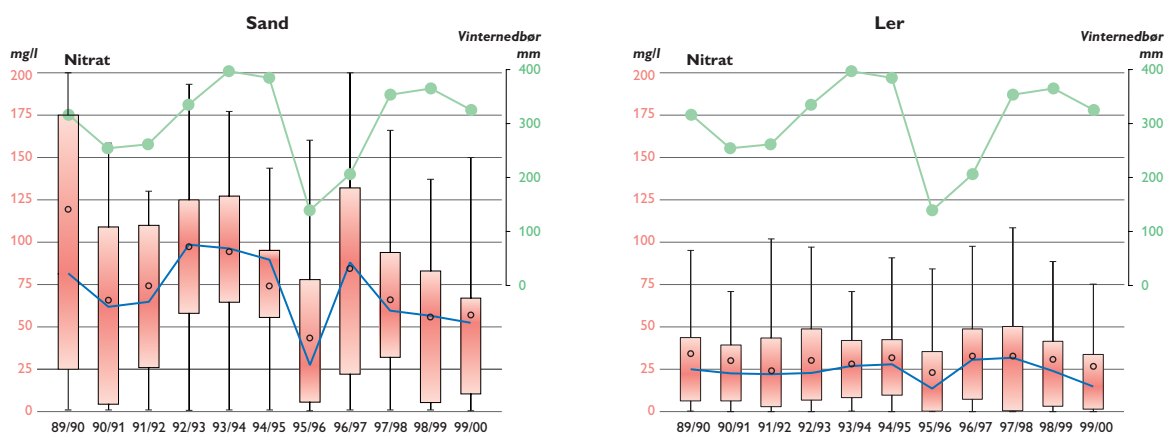


Figur 2.3 Nitrat udviklingen i ungt grundvand. Fire indtag med grundvand dannet efter Vandmiljøplanens igangsættelse og med kontinuerlig prøvetagning.

DGU nr.	GRUMO nr.	Top af indtag m.u.t.	Bund af indtag m.u.t.	Lertykkelse meter	Tykkelse af umættet zone meter	Vand over top af indtag meter	CFC alder, år før 1998
238.626	35.12.06.01	13,60	14,60	4,2	6,46	7,14	7
114.1444	55.01.15.01	6,00	6,50	0,0	1,00	5,00	6
105.1395	60.11.10.03	12,66	13,36	6,0	6,42	6,24	7
71.484	70.14.03.03	20,00	22,00	4,7	12,45	12,45	6

Tabel 2.1 Boretekniske data for de fire indtag.

Grundvandet i landovervågningsoplandene er det yngste vand som overvåges. Nitratindholdet i dette grundvand, fordelt på sand og ler områder, er vist som et box-diagram i figur 2.4 sammen med vinternedbøren. Da det er den relative variation som er interessant og ikke mængden af nedbøren er det valgt at benytte data for Københavnsområdet (DMI, 2001). Der er kun medtaget nitratdata fra grundvandsprøver indsamlet i kvartal 4 og 1. Af box-diagrammet i figur 2.4 fremgår det, at der er der en stor spredning i nitratdata for vinterperioderne, hvor sandområderne har et noget højere nitratindhold i grundvandet end lerområderne. Sammenlignes medianværdien for nitrat med kurven for vinternedbøren ses en tydelig sammenhæng, således at den første forøget vinternedbør giver et højt nitratindhold i det nydannede grundvand, som de næste år med høj nedbør resulterer i et fald i nitratindholdet, som evt. kan skyldes en fortyndingseffekt.



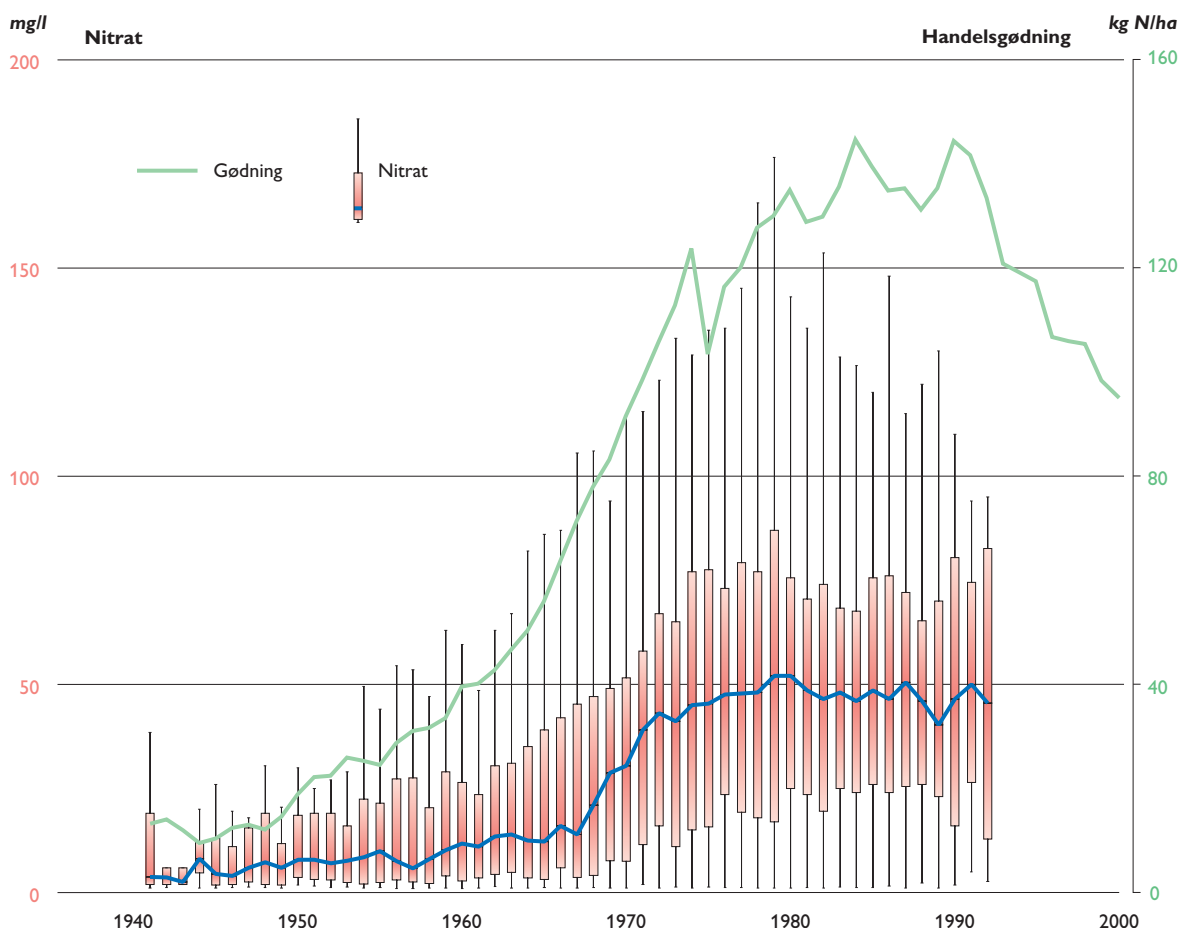
Figur 2.4 Nitrat i landovervågningsoplandene, LOOP, fordelt på sand- og lerområder, sammenlignet med vinternedbøren (øverste kurve). Kun nitratdata fra kvartalerne 4 og 1 er medtaget.

#### Nitrat i grundvandet og forbruget af handelsgødning

Til sammenligning af udviklingen i grundvandets nitratindhold og forbruget af handelsgødning er differencen mellem CFC-år og prøvetagningsår udregnet. Derpå er alle nitratdata fra de indtag som indgår i CFC-dateringen tilbagedaterede. Der er så lavet et box-plot for nitrat fra 1940 frem til 1992, hvor handelsgødningsforbruget (Plantedirektoratet 2001) i kg N/ha er plottet, fig. 2.5. Som det fremgår af figuren stiger medianværdien (50% fraktilen) for nitrat langsomt frem til sidst i 60-erne, hvorpå der relativt hurtigt sker en kraftig stigning fra ca. 15 mg/l til ca. 40 mg/l. Resten af perioden svinger nitratindholdets medianværdi omkring denne værdi.

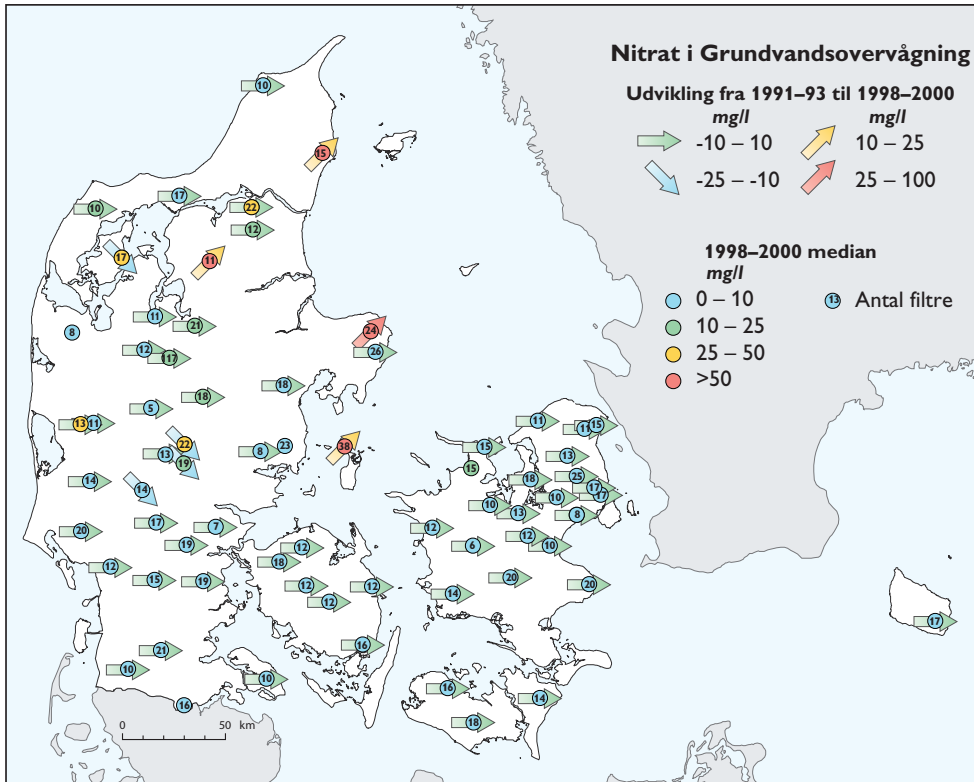
### Oversigt over nitrat i GRUMO og eventuelle stigende eller faldende tendenser

For at illustrere om data viser en udvikling (faldende eller stigende) i grundvandet nitratindhold er, lige som i sidste års rapport, først **alle** nitratanalyser benyttet, og siden er kun anvendt indtag, som er nitratbelastet – dvs. nitrat er over 1 mg/l. Der er så beregnet et gennemsnit (medianværdi) for to 3-års perioder, henholdsvis 1991 -1993 og 1998 – 2000 for hvert GRUMO, og det er mellem disse to perioder der er foretaget en sammenligning. Det er valgt at beregne et middelinhold over en 3-års periode for at udjævne store udsving, som f.eks. kan skyldes ændret nedbør et enkelt år.

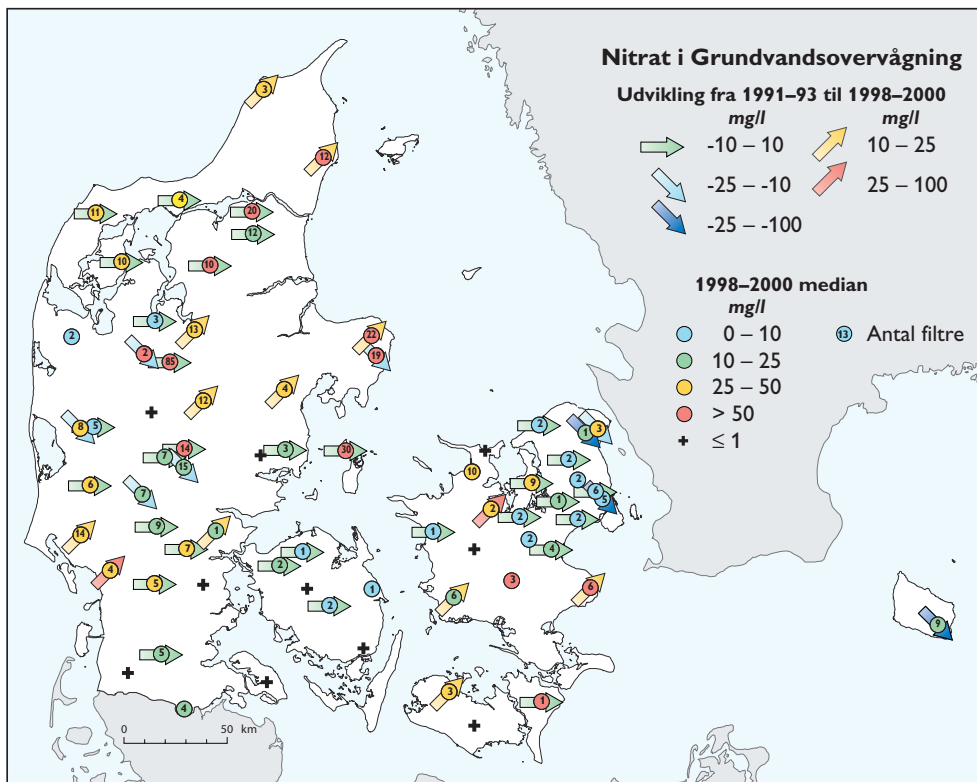


Figur 2.5 Box-diagram med nitrat i GRUMO-indtag hvor data er korrigeret ud fra CFC-dateringerne sammenlignet med forbruger af handelsgødning i kg N/ha (Plantedirektoratet 2001). Kun indtag med mere end 1 mg/l nitrat indgår i beregningen. Der er kun enkelte indtag med grundvand yngre end 1992.

Nitratindholdet i alle GRUMO-indtag er vist i figur 2.6, hvor det midlede nitratindhold pr. GRUMO for perioden 1998-2000 er vist sammen med forskellen til de midlede data for perioden 1991-1993. Som det fremgår af figuren ligger nitratindholdet for største delen af områderne under 10 mg/l nitrat og ændringen i nitratindholdet fra perioden 1991-93 til perioden 1998-2001 svinger for hovedparten af områderne mellem  $\pm 10$  og 10 mg/l nitrat. En ændring i nitratindholdet af betydning ses kun i Jylland. For nogle få GRUMO-områder kan antallet af indtag i de to perioder være meget forskellige, idet der er oprettet nye indtag. Dette forhold kan have indflydelse på de afbillede udviklingstendenser.



Figur 2.6 Nitratindhold og -udvikling baseret på alle nitratdata i GRUMO.



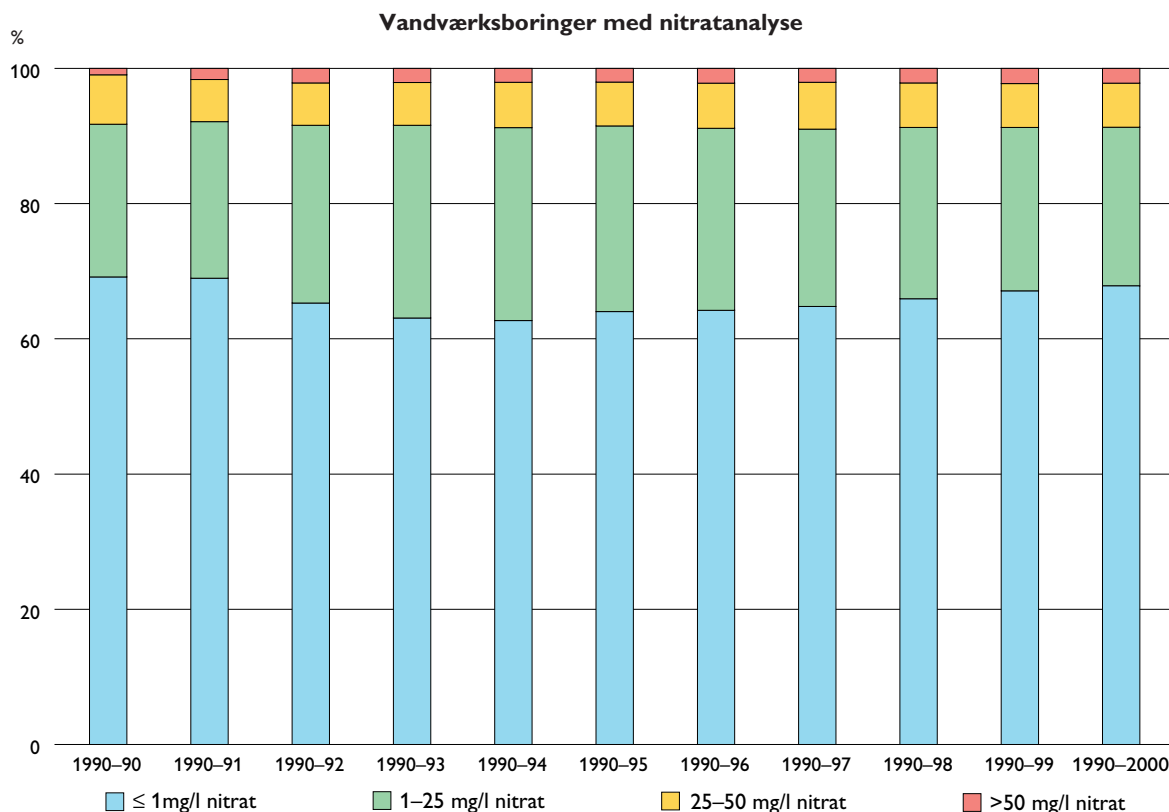
Figur 2.7 Nitratindhold og -udvikling baseret på nitratdata over 1 mg/l i GRUMO.

Udviklingen mellem de to perioder 1991-1993 og 1998-2000 i grundvandsovervågningen, hvor kun indtag med over 1 mg/l nitrat er medtaget, er vist i figur 2.7 sammen med det midlede nitratindhold for perioden 1998-2000. Der er næsten lige mange GRUMO i de 3 første klasser for nitratindhold og lidt færre i klassen over 50 mg/l. De lave middelværdier for nitrat dominerer på øerne medens de høje værdier ses i Jylland, hvor også flere indtag er nitratbelastet. Der er lidt flere områder med stigning end med fald i nitratindholdet, og for ca. 60% af GRUMO ligger differencen mellem de to perioder fra  $\pm 10$  til  $+10$  mg/l.

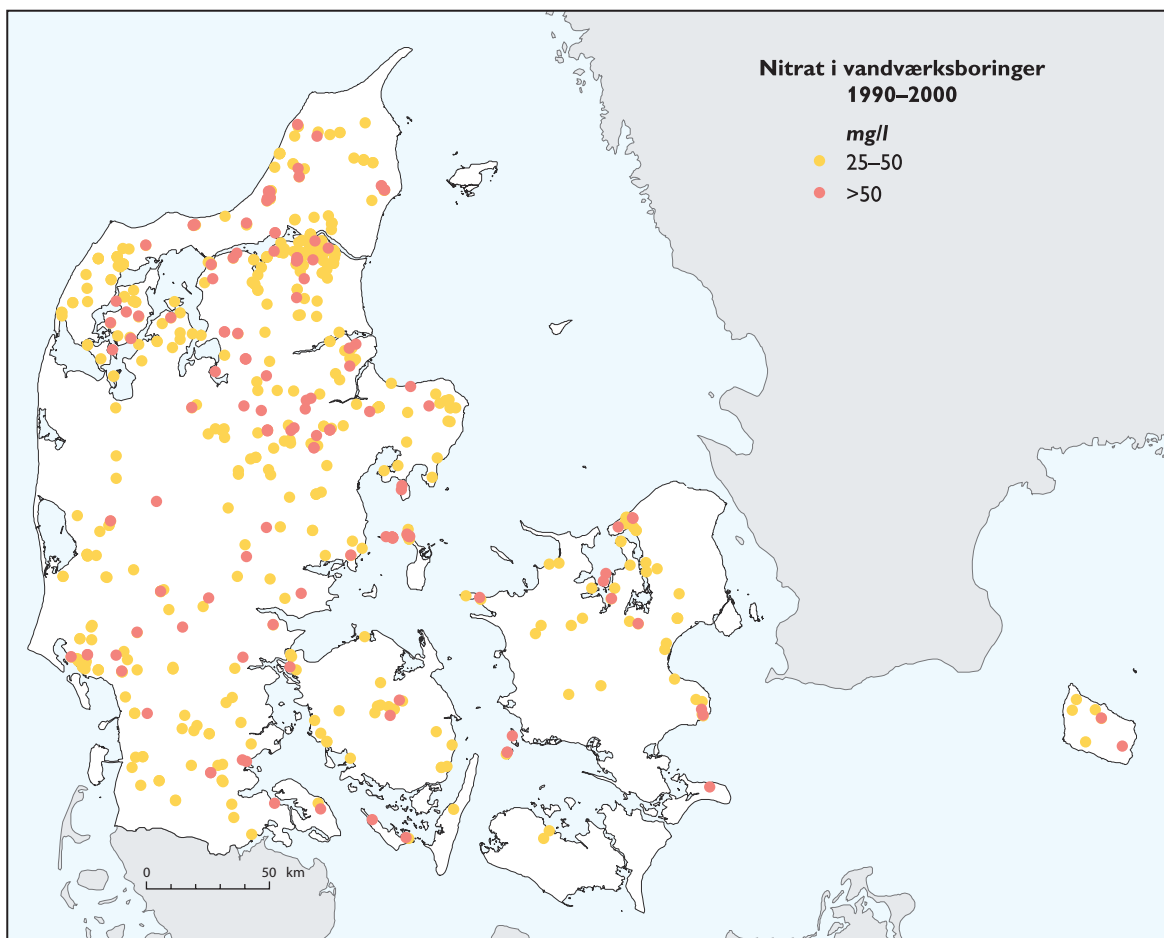
### Nitrat i vandværksboringer

Der er GEUS's database i år frem til og med 2000 indberettet i alt 7.938 vandværksboringer/pejleboringer med i alt 20.070 nitratanalyser. I hovedparten af boringerne, 68%, har grundvandet et lavt nitratindhold - under 1 mg/l nitrat (figur 2.1 og 2.8). Som det fremgår af figur 2.8 ændrer den procentvise andel af meget nitratbelastet boringer (>25 mg/l nitrat) sig ikke væsentligt, medens andelen af nitratfrie boringer er svagt stigende. Nitratindholdet i det indvundne grundvand, som benyttes i drikkevandsproduktionen, har således ikke ændret sig væsentligt gennem de sidste 11 år. Det skyldes sandsynligvis at boringer med over 50 mg/l nitrat bliver nedlagt og nye boringer uden eller med lavt nitratindhold bliver taget i anvendelse.

De høje indhold over 25 mg/l nitrat optræder mest i det såkaldte 'Nitrat-bælte' der strækker sig fra det nordvestlige Århus Amt til ind i Viborg Amt (figur 2.9). Grundvand der indvindes til drikkevand i dårligt beskyttede områder som ved Ålborg, på Mors og omkring Roskilde Fjord har også et højt nitratindhold.



Figur 2.8 Summeret fordeling af nitratanalyser fra vandværksboringer. Perioden 1990-2000 omfatter 5.381 boringer med under 1 mg/l nitrat, 1.867 boringer med nitratindhold mellem 1 og 25 mg/l, 517 boringer med nitratindhold mellem 25 og 50 mg/l og 173 boringer med over 50 mg/l nitrat.



Figur 2.9 Nitratkoncentrationen i vandværksboringer baseret på samtlige analyser fra perioden 1990-2000. Kun boringer med mere end 25 mg/l nitrat er medtaget.

De amter der har den største andel af indtag med over 25 mg/l nitrat (den tidligere vejledende værdi for drikkevand, Miljøstyrelsen 1988) er af geologiske årsager stadig Nordjylland, Viborg, Århus og Ribe amter (mere end 10% i perioden 1990-2000 - Tabel 2.2). I Ringkøbing, Vejle, Sønderjylland og Bornholm amter ligger andelen af indtag med over 25 mg/l nitrat på mellem 5 og 10%. Det er således stadigvæk i Jylland, med de mest 'sandede' områder, at andelen af boringer med relativt meget nitrat i det oppumpede grundvandet er størst. En del af de boringer der ydede grundvand med over 50 mg/l nitrat kan de seneste år være erstattet af nye boringer med lavt nitratinhold.

#### Redox-boringer

Der er nu etableret 4 redox-boringer i forbindelse med grundvandsovervågningen. Boringerne ligger fordelt ud over landet med én boring i hvert af amterne Storstrøms, Ribe, Århus og Nordjylland. Formålet med boringerne er at få mere detaljerede oplysninger om nitratfrontens bevægelser i forskellige områder af Danmark og i forskellige geologiske scenarier.



Nitrat 1990 – 2000 Vandværksboringer	≤1 mg/l	1-25 mg/l	25-50 mg/l	>50 mg/l	I alt	>25 mg/l
	antal	antal	antal	antal	antal	%
Kbh. og Fr:berg K.	1	0	0	0	1	0,0
Københavns Amt	161	83	4	1	249	2,0
Frederiksborg	399	60	16	4	479	4,1
Roskilde	383	53	5	2	443	1,6
Vestsjælland	640	73	12	6	731	2,5
Storstrøm	548	89	7	4	648	1,7
Bornholm	67	38	4	2	111	5,4
Fyn	530	215	24	6	775	3,9
Sønderjylland	388	218	30	8	644	5,9
Ribe	211	178	47	9	445	12,6
Vejle	320	56	15	8	399	5,8
Ringkøbing	289	58	21	6	374	7,2
Århus	660	307	71	36	1.074	10,0
Viborg	295	155	67	35	552	18,5
Nordjylland	470	272	191	46	979	24,4

Tabel 2.2 Gennemsnitlige nitratindhold på indtags-niveau samt den procentuelle forekomst over 25 mg/l nitrat på basis af nitratdata fra vandværksboringer fordelt på amter, for alle indberettede data for perioden 1990-2000.

*Redox-boring ved GRUMO Sibirien, Storstrøms amt.*

Redox-boringen er etableret i 1999 som en multifilter boring med i alt 18 indtag, og der er prøvetaget gennem år 2000. Indtagene ligger i en kvartære lagsøjle bestående af moræneler, smeltevandssand, -grus og -ler, og den slutter i skrivekridt. Der er dog ikke altid vand i det øverste indtag 7,7-7,8 m.u.t. Indtagene fra 10,3 med til 45,8 m.u.t. er dog prøvetaget 8 gange med undtagelse af det dybeste indtag som kun er prøvetaget én gang.

Ilt-zonen er udviklet markant fra 14-17 m.u.t. med et iltindhold mellem 1,5 og 4 mg/l. Nitrat-zonen starter ved ca. 17 m.u.t. og går ned til ca. 25 m.u.t. med et nitratindhold på op til 90 mg/l. Jern-sulfat-zonen strækker sig ned til omkring 30 m.u.t. med et jernindhold på op til 25 mg/l. Sulfat falder jævnt ned gennem zonen fra ca. 130 til 80 mg/l. Fra ca. 30 m.u.t. begynder at optræde metan og svovlbrinte, som stiger kraftigt i det dybeste indtag. Metan-zonen er således repræsenteret i de ca. 10 dybeste meter af boringen, som slutter i skrivekridt. Kloridindholdet i indtagene er relativt højt, hvilket sandsynligvis skyldes residualt saltvand.

På nuværende tidspunkt, efter 8 prøverunder, er det ikke muligt at udtale sig om nitrat-zonens vertikale bevægelse.

*Redox-boring ved GRUMO Grindsted, Ribe amt.*

Multifilterboringen blev etableret i 1999 og er monteret med i alt 23 indtag fra 13 til 39,5 meter under terræn. Filtrene er placeret i smeltevandssand, som er underlejret af tertiære kvarts- og glimmersand med brunkul. Der er i år 2000 gennemført 6 prøvetagningsrunder.

Ilt-zonen når ned til ca. 19 m.u.t. og iltindholdet er ca. 9 mg/l. Nitrat-zonen er ca. 6 meter tyk og nitratfronten ligger i ca. 25 m.u.t. Nitratindholdet i ilt-zonen ligger på ca. 60 mg/l og i nitrat-zonen varierer indholdet en del. Tilsyneladende er der en 1-meter zone ved ca. 21 m.u.t. hvor der sker en nitratreduktion samtidigt med en sulfatstigning, hvilket kan skyldes et forhøjet pyritindhold i sedimentet. Under nitratfronten findes jern-sulfat-zonen med et forhøjet ammoniumindhold. Ved ca. 40 m.u.t. begynder metanindholdet at stige og er sandsynligvis begyndelsen på metan-zonen.

I år 2000 ligger nitratfronten stabilt omkring 25,4 m.u.t.

#### *Redox-boring ved GRUMO Kasted, Aarhus amt.*

Boringen med 21 indtag blev etableret i 1999 hvor det øverste indtag sidder ca. 7 m.u.t. og det dybeste i ca. 44 m.u.t. og alle filtre sidder i smeltevandssand og –grus. I boringen findes desuden et indslag af enkelte morænesand og horisonter af smeltevandsler og –silt. Til trods for at boringen var udsat for groft hærværk i 2000, blev 5 ud af 6 planlagte prøvetagningsrunder gennemført i år 2000.

Ilt-zone kan følges ned til omkring 18 m.u.t. hvorpå der ses en overgangszone med lidt ilt ned til ca. 22 m.u.t. derpå følger den anoxiske nitratzone ned til ca. 32 m.u.t. hvorunder der følger reduceret grundvand i jern-sulfat-zonen.

De øverste filtre er formodentlig påvirkede af en svingende grundvandsstand, men ellers har boringen en veludviklet anoxisk nitratzone på ca. 10 meters tykkelse med en langsom overgang til jernreducerede forhold.

#### *Redox-boring ved GRUMO Albæk, Nordjyllands amt.*

Denne redox-boring er etableret med 15 indtag i 1998/99 og dækker en zone på 7 meter fra 34 til 41 m.u.t. Hele boringen står i smeltevandssand, og den sedimentologiske variation har en indflydelse på placeringen af redox-zonerne.

Den oxiske ilt-zonen strækker sig ned til ca. 36 m.u.t. og nitratfronten ligger ved ca. 39 m.u.t., herunder følger reduceret grundvand. Det forhøjede sulfatindhold i overgangen mellem anoxisk og reducerede forhold tyder på pyritreduktion af nitrat.

#### *Redox-zonernes afgrænsning.*

Det er altid et spørgsmål hvor man skal lægge grænserne på de kemiske data når de skal deles op i redox-zoner og derpå behandles særskilt i grupper. Så til trods for at der kan være etableringseffekter på kemidata for de tre borer, der er indberettet data for, er data sammenstillet i box-diagrammer for parametrene nitrat, ilt, nitrit, jern, mangan og sulfat. (fig. 2.10).

Til opdeling i redox-zoner er benyttet grænserne  $> 3$  mg/l ilt for den oxiske zone (ilt-zonen),  $\leq 3$  mg/l og nitrat  $> 1$  mg/l for den anoxiske zone (nitrat-zonen) og  $\leq 3$  mg/l og nitrat  $\leq 1$  mg/l for den reducerede zone (jern-sulfat-zonen). Disse grænser synes umiddelbart at give en rimelig opdeling af data. En grænse på 1 og 2 mg/l ilt og nitrat på 2 mg/l er også benyttet, men det ændre ikke det generelle billede af fordelingen. Når der foreligger flere data uden en etableringseffekt, skal opdelingen igen testes.

Nitrat ligger højest i ilt-zonen. Nitrit findes primært i den anoxiske zone. Jernindholdet stiger kraftigt i jern-sulfat-zonen. Mangan og sulfat er ikke entydigt i fordelingen. Hvilke grænser der vil være mest rimelige at anvende til opdelingen i redox-zoner på baggrund af data fra redox-boringer må efterprøves når der foreligger flere data.

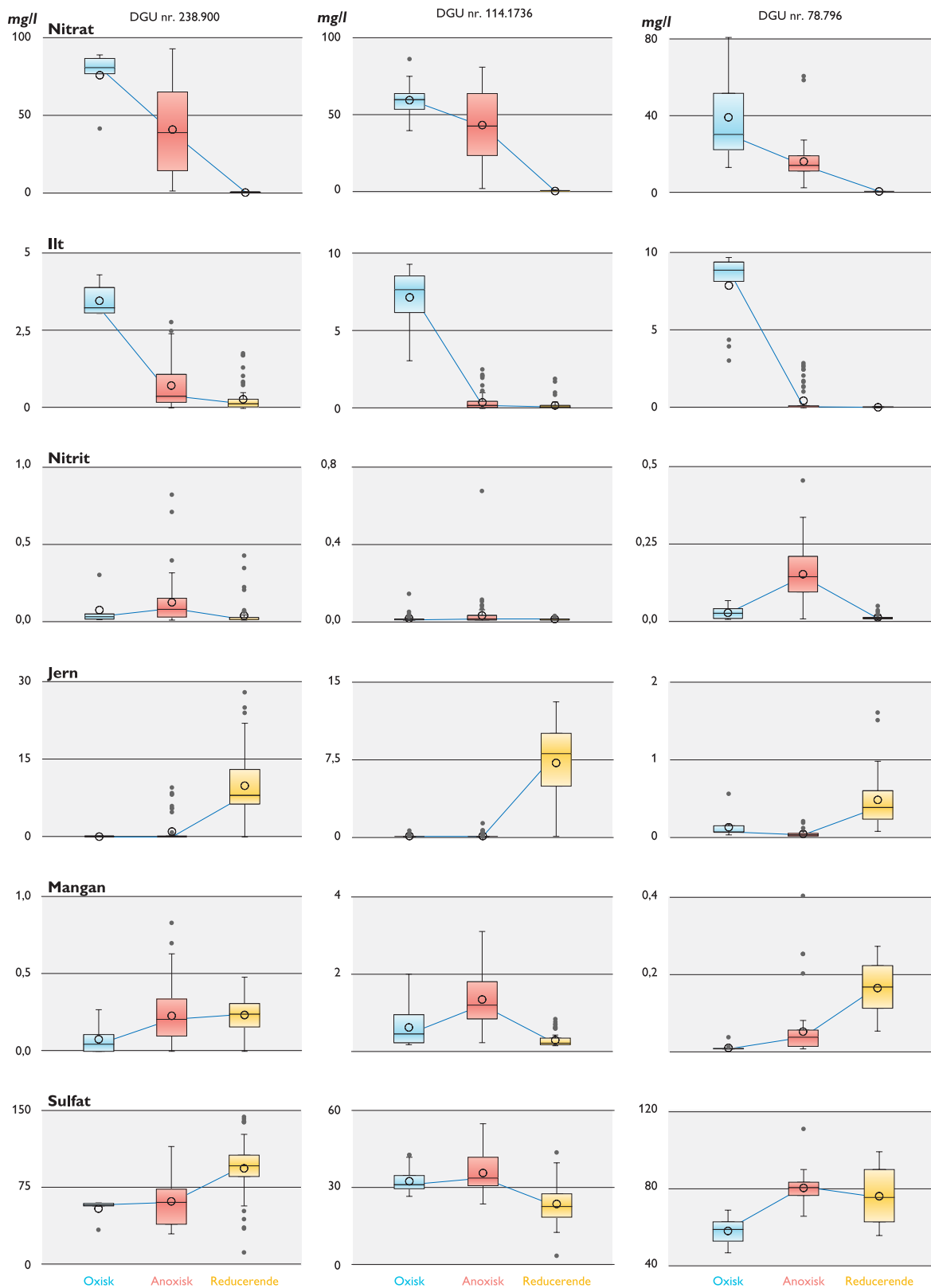


Fig. 2.10. Box-diagrammer med nitrat, ilt, nitrit, jern, mangan og sulfat opdelt i redox-zoner og på 3 redox-boringer fra Storstrøm amt, Ribe amt og Århus amt. De sorte punkter er ekstremværdier (outliers).

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

Rapportering af grundvandets indhold af nitrat fokuserer primært på resultater fra grundvandsovervågningsområderne, og i mindre grad omtales resultater fra vandværksboringer.

#### *Københavns og Frederiksberg kommuner:*

Som de tidligere år er grundvandet i København og Frederiksberg kommuner ikke særligt nitratpåvirket, og der er således kun en boring med grundvand over 1 mg/l nitrat. Denne boring ligger i et parkområde og relativ tæt på overfladen, og det forhøjede indhold skyldes gødskning af parken.

#### *Københavns Amt:*

I Københavns amt er nitrat i grundvandet ikke noget generelt problem, men høje værdier over det højst tilladte for drikkevand (50 mg/l) forekommer dog i den vestlige del af amtet, hvor ler-dæklagene er af ringe tykkelse.

#### *Frederiksborg Amt:*

Der er gennem de 12 år grundvandet er overvåget, kun sket enkelte ændringer i grundvandskvaliteten m.h.t. nitrat. I GRUMO Skuldelev er nitratinholdet i det anoxiske grundvand steget jævnt fra 18 til 29 mg/l nitrat, medens det er meget svingende i det oxiske grundvand. I amtets øvrige overvågningsområder er der kun fundet få filtre med nitrat.

Kun få vandværksboringer viser høje nitratinhold over 50 mg/l. Hovedparten af vandværksboringerne med nitrat ligger i dårligt beskyttede områder omkring Roskilde Fjord. Generelt udgør nitrat dog ikke et problem for vandforsyningen i amtet, idet en stor del af indvindingen foregår fra relativt godt beskyttede kalkmagasiner.

#### *Roskilde Amt:*

Status for amtets grundvandsressource er, at der kun meget få og sårbare steder er ses et forhøjet indhold i grundvandet. De fleste steder er nitratinholdet i amtet under 1 mg/l.

Sammenlignes CFC-dateringerne og nitratinholdet ses et stigende indhold af nitrat fra 50erne frem til 80erne, hvilket falder sammen med det øgede forbrug af handelsgødning.

#### *Vestsjællands Amt:*

Nitrat i grundvandet udgør fortsat ikke noget stort problem i størstedelen af amtet, dog med undtagelse af øerne, hvor vandressourcen er specielt begrænset.

En mindre generel stigning i nitratinholdet optræder i GRUMO, men skyldes det nyetablerede overvågningsområde i Jyderup Skov, som har et generelt højt nitratinhold.

#### *Storstrøms Amt:*

I amtet er det relativt få boringer der har et forhøjet nitratinhold. Det er bl.a. få boringer på Lolland og Møn samt i Stevns/Fakse-området. Kun i brønde og korte boringer kan nitrat være et problem.

#### *Bornholms Amt:*

I den nordlige del af GRUMO Smålyngen er nitratindholdet lavt, men det stiger i den sydlige del, især i det øverste grundvand hvor det er relativt højt men varierer meget gennem årene. Generelt er der ingen tegn på stigning i nitratindholdet i grundvandet i forhold til tidligere år.

For Bornholms Amt er der en meget svag stigning af nitratindholdet i grundvandet gennem de sidste 10-15 år, men data viser store udsving og tendensen til stigning er ophørt.

#### *Fyns Amt:*

Nitratbelastningen i overvågningsområderne er fortsat meget begrænset og forhøjede nitratindhold ses kun i punktmoniterende filtre i kvartære aflejringer. Kun få indtag er dateret til at være yngre end overvågningsprogrammets start, og nitratindholdet i disse indtag har været markant stigende, og en effekt af Vandmiljøplanen er ikke registreret.

Størst delen af vandværkerne i Fyns Amt indvinder grundvand uden eller med et meget lavt indhold af nitrat. Nitrat forekommer kun i det overfladenære grundvand, som kun i begrænset omfang udnyttes i vandforsyningen. I mange brønde og korte private borer er vandkvaliteten dog stærkt påvirket af nitratudvaskning.

#### *Sønderjyllands Amt:*

For amtets GRUMO viser hovedparten (93%) af indtagene siden 1989 stabile nitratforhold uden stigende eller faldende tendenser. På baggrund af fire indtag er der fundet en sammenhæng mellem en ændringer i nitratindholdet og vandspejlet.

Kun 15% af vandværkerne producerer drikkevand med indhold af nitrat og heraf er det kun de 3% der indeholder over 25 mg/l nitrat. Ingen vandforsyninger i amtet producerer vand med mere end 50 mg/l nitrat, idet de fleste steder har været muligt at lave erstatningsboringer til magasiner uden nitrat.

#### *Ribe Amt:*

I de sekundære frie grundvandsmagasiner har nitratindholdet generelt vist en svag stigning fra 1999 til 2000 og i flere GRUMO er indholdet over 50 mg/l. Dybere i de frie magasiner og i de primære magasiner er der ofte et lavere nitratindhold. Der ses en tendens til stigende nitratindhold med faldende CFC-datering, med de største nitratindhold omkring 80erne hvor også forbruget af handelsgødning var størst.

#### *Vejle Amt:*

Der er i amtet ingen entydig tendens i ændringerne i grundvandets nitratindhold. Der er dog 4 borer med ungt vand som viser et generelt fald gennem 1980erne.

Fordelingen af nitratindholdet i vandværkernes produktionsboringer har ikke ændret sig de sidste 11 år. Ca. 90 % indeholder nitrat under 50 mg/l og 70 % under 1 mg/l.

#### *Ringkøbings Amt:*

Nitratindholdet i de øvre magasiner er højt, ofte over 50 mg/l, men da de fleste vandværksboringer går dybere, er nitrat kun et problem for få vandværker. CFC-dateringerne af grundvandet viser at de højeste indhold af nitrat findes i vand dannet i 70erne og 80erne.

#### *Århus Amt:*

Der observeres fortsat meget høje nitratindehold, over grænseværdien for drikkevand, i de øverste iltholdige magasiner, og disse indhold synes at være relativt stabile. I de nederste dele af det nitratpåvirkede grundvand varierer indholdet af nitrat meget. Indvirkning af Vandmiljøplanen på grundvandets kvalitet kan endnu ikke observeres i amtet, idet hovedparten af det overvågede grundvand er dannet før 1990.

#### *Viborg Amt:*

Overvågningen af grundvandet i amtet har ikke vist resultater, der afviger fra tidligere år. Nitratindeholdet i grundvandet ligger på et stabilt niveau, og mængden af det grundvand der påvirkes af nitrat stiger kun lidt år for år. Under landbrugsområder ligger nitratindeholdet højt, væsentligt over kravet til drikkevand. CFC-dateringer på grundvandet viser aldre før grundvandsovervågningens igangsættelse.

#### *Nordjyllands Amt:*

I områder med intensiv landbrugsdrift og ubeskyttede magasiner ses høje nitratværdier, og da CFC-dateringen viser at vandet er dannet før Vandmiljøplanens start, kan tiltag til ændrede arealanvendelse endnu ikke spores. Desuden medvirker nedbør og vandstandsændringer til at nitratkoncentrationerne i grundvandet varierer. Som helhed er der ingen større ændringer i forhold til tidligere års prøvetagning.

### **Sammenfatning om nitrat**

- De indberettede data for perioden 1990-2000 viser, at hovedparten af borerne, 61% af de liniemoniterende overvågningsfiltre og 68% af vandforsyningsboringerne, ikke indeholder nitrat ( $\leq 1$  mg/l nitrat), hvilket er det samme som i 1999.
- For GRUMO indeholder 24% af de aktive overvågningsfiltrene mere nitrat end den tidligere vejledende værdi på 25 mg/l for nitrat i drikkevand og 16% mere end grænseværdien for drikkevand på 50 mg/l, hvilket også er det samme som sidste år.
- Det unge grundvand (6-7 år gammelt) i GRUMO viser endnu ingen sikre udviklingstendenser. Nitratindeholdet i det unge grundvand i LOOP varierer med vinternedbøren.
- Ændringer i grundvandets nitratindehold, som overvåges i GRUMO, ses hovedsageligt i Jylland, hvor også de fleste filtre med højt nitratindehold findes.
- Udviklingen i grundvandets nitratindehold følger i stor udstrækning forbruget af handelsgødning. Mangelen på sammenlignelige data for husdyrgødning gør det vanskeligt at sammenholde det samlede gødningsforbrug med udviklingen i grundvandets nitratindehold.
- Kun 8,5% af vandforsyningsboringerne har nitratkoncentrationer over 25 mg/l, og dette tal synes stabilt i de seneste år. 2,2% af vandværksboringerne har et indhold over 50 mg/l for hele perioden 1990-2000.
- Amter med størst nitratproblemer i drikkevandsproduktionen er amterne i det såkaldte nitrat-bælte (Nordjylland, Viborg og Århus) samt Ribe Amt.
- Data fra de fire multifilter redox-boringer viser veludviklede og veldefinerede redox-zoner ned gennem lagsøjlen fra oxisk (ilt-zonen), anoxisk (nitrat-zonen) til reduceret (jern-sulfat-zonen). Metan-zonen er udviklet i to af borerne.
- Den generelle vurdering af nitratkoncentrationen i grundvandet er fortsat, at der ikke kan konstateres nogen overordnet ændring af nitratindehold i grundvandet begrundet i vedtagelsen af Vandmiljøplanen i 1987, idet langt størstedelen af det overvågede grundvand er fra før 1990.

En meget stor andel af det overvågede grundvand er, som de foregående år, ældre end Vandmiljøplanens igangsættelse. Flere og flere filtre vil dog kunne anvendes i fremtiden når data korrigeres på grundlag af CFC-dateringerne. Det kan dog ikke forventes, at en effekt af Vandmiljøplanen vil vise sig ved overvågningen af grundvandet før om adskillige år. I det øverste og mest terrænnære grundvand (LOOP), hvor det må forventes, at en eventuel effekt af Vandmiljøplanens tiltag til begrænsning af nitratudvaskningen først må kunne spores, ses en generel stigning i 1992/93, et fald i 1995/96 og igen en stigning i 1996/97 efterfulgt af et fald frem til år 1999/2000. Denne variation i nitratindholdet følger i stor udstrækning variationen i vinternebdøren, således at der først kommer en forøget udvaskning, som ved næste års evt. høje vinternebdør resulterer i en begyndende fortyndning.

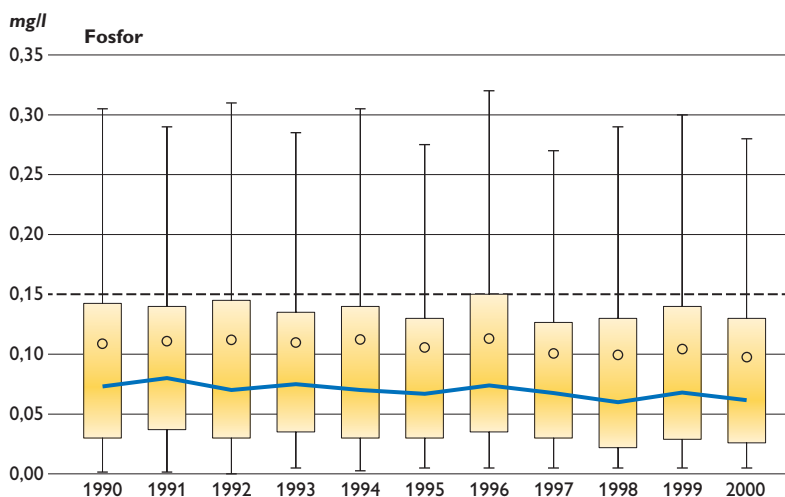
## Fosfor

### Udviklingen i grundvandets indhold af fosfor

I grundvandsovervågningsområderne er der i år 2000 alt analyseret for total-fosfor i 690 indtag. Af disse har 97 indtag et indhold over den højst tilladelige værdi for drikkevand, som er på 0,15 mg/l fosfor. Det er ikke alle indtag der bliver analyseret hvert år.

De højeste fosforniveauer i grundvandet findes i metan-redox-zonen og jern-sulfat-redox-zonen (reduceret grundvand), figur 2.11, og under 25% af indtagene yder grundvand med fosfor over 0.15 mg/l. Medianværdien for fosfor i reduceret grundvand viser en faldende, men ikke statistisk signifikant, tendens. De fleste indtag med forhøjede fosforindhold kan relateres til marine aflejringer.

Da hovedparten af fosfor fjernes ved almindelig vandbehandling udgør fosfor ikke noget problem for den almene drikkevandsforsyning. I private brønde og borerer uden vandbehandling vil overskridelser af den højst tilladelige værdi for drikkevand sandsynligvis forekomme. Tilsvarende må det skønnes at en ikke uvæsentlig del af overfladevandets fosfor bliver tilført fra grundvandet.



Figur 2.11 Box-diagram med fosforudviklingen i reduceret grundvand i perioden 1990 – 2000 baseret på data fra alle aktive indtag i grundvandsovervågningen.

### *Amternes status over grundvandets indhold af fosfor*

Som for nitrat fokuserer amterne i årets rapportering af grundvandets indhold af fosfor primært på resultater fra grundvandsovervågningsområderne omfattende punktmoniterende indtag i sandede aflejringer med frit vandspejl.

#### *Københavns og Frederiksberg kommuner:*

Kun en analyse viser fosfat over grænseværdien på 0.15 mg/l. De højeste værdier findes i de punktmoniterende filtre.

#### *Københavns Amt:*

Indholdet af fosfor er lavt i amtet, men i den nordlige del forekommer forhøjede værdier, sandsynligvis i forbindelse med jordlag som indeholder fosformineraler.

#### *Frederiksborg Amt:*

Grundvandets fosforindhold i overvågningsområderne er stabilt lavt i de fleste GRUMO-indtag, og amtet vurderer, at det er af geologiske årsager, når der nogle steder findes et forhøjet indhold.

#### *Roskilde Amt:*

Generelt er fosforindholdet i grundvandet på et niveau som er normalt i kvartære aflejringer, og fosfor udgør ikke et problem for indvindingen af grundvand til drikkevand i Roskilde amt.

#### *Vestsjællands Amt:*

Indholdet af fosfor i grundvandet i Vestsjællands Amt er geologisk betinget, og en egentlig landbrugsrelateret påvirkning kan ikke erkendes.

#### *Storstrøms Amt:*

Fosforindholdet i grundvandet er i amtet betinget af de geologiske forhold (marine aflejringer) og kan være associeret med forhøjede kloridindhold.

#### *Bornholms Amt:*

Der er ikke analyseret for total fosfor i år 2000.

#### *Fyns Amt:*

Der er ikke analyseret for total fosfor i år 2000

#### *Sønderjyllands Amt:*

Hovedparten af indtag med højt fosforindhold ligger under leraflejringer og indholdet tilskrives marine aflejringer. Der er dog også fundet forhøjede fosforindhold i de øvre indtag, hvilket kan skyldes gødskning. Generelt er udviklingen i fosforindholdet stabilt. For vandværkernes boringskontrol er resultatet et relativt stor antal boringer med fosfat, som er geologisk betinget og ikke en overfladepåvirkning.



*Ribe Amt:*

Fosforindholdet i de sekundære grundvandsmagasiner er generelt ikke noget problem, og høje værdier er for det meste geologisk betinget og kun i et tilfælde ses en mulig landbrugspåvirkning.

*Vejle Amt:*

Der er ikke analyseret for total fosfor i år 2000.

*Ringkøbings Amt:*

Totalfosfor viser ingen tendens til ændringer af niveauet, som ligger tæt på detektionsgrænsen. Når der forekommer forhøjede fosforindhold er det for hovedparten geologisk betinget.

*Århus Amt:*

Fosforindholdet er lavt og konstant i det meste af grundvandet, dog betinger de geologiske forhold enkelte steder forhøjede fosforindhold. Generelt er fosfor ikke et problem, men ved en evt. fosformætning af jordlagene, kan en udvaskning til vandløb og søer give problemer i fremtiden.

*Viborg Amt:*

Generelt ligger fosforindholdet tæt på detektionsgrænsen og viser ingen udvikling. Højere koncentrationer findes kun i det reducerede grundvand.

*Nordjyllands Amt:*

Fosforindholdet er højest i det reducerede grundvand og er relateret til de mange marine aflejringer.

### **Sammenfatning om fosfor**

Der er i år 2000, som forventet, ikke konstateret ændringer af betydning i forhold til de sidste 10 års undersøgelser. I mange dele af landet måles et fosforindhold, der er over den højst tilladelige værdi for drikkevand på 0,15 mg/l. Dette er især i de dybere magasiner, hvor det reducerede grundvands sammensætning er præget af marine aflejringer. Høje fosforindhold giver dog ingen problemer i drikkevandsproduktionen, da fosfor normalt fjernes ved almindelig vandbehandling på vandværkerne. Tilførsel af reduceret grundvand med et højt fosforindhold til søer og vandløb kan dog i fremtiden skabe problemer.

Der ikke er nogen væsentlig ændring i grundvandets fosforindhold, da dette primært er geologisk betinget.



# Uorganiske sporstoffer

## Grundvandsovervågning

Ved udgangen af 2000 var der 973 aktive indtag, som var egnede til prøvetagning og analyse for uorganiske sporstoffer. I perioden 1993 til 2000 er mere end 50 % af disse indtag analyseret fire til seks gange for analysepakken "begrænset program", mens resten er analyseret to til fem gange, dog med undtagelse af stofferne bor, antimon, sølv, thallium og tin, hvoraf kun godt halvdelen af indtagene er undersøgt. Hovedtal for de uorganiske sporstoffer, som indgår i grundvandsovervågningen og i den grundvandskemiske database ved GEUS fremgår af tabel 3.1.

GRUMO	Indtag med					Kvantificeringsgrænse µg/l	Medianværdi µg/l	90 % percentil µg/l
	analyse antal	fund antal    %		overskridelse antal    %				
Antimon	693	184	27	1	<1	0,5 <sup>1)</sup>	0,10	0,2
Arsen	973	952	98	154	16	0,05	0,76	5,7
Bly	973	882	91	9	1	0,05	0,057	0,27
Cadmium	973	805	83	7	1	0,005	0,007	0,078
Kviksølv	911	802	88	0	-	0,0005	0,0012	0,003
Thallium	560	142	26	-	-	0,4 <sup>1)</sup>	0,050	0,40
Selen	971	531	55	2	<1	0,1	0,10	0,28
Cyanid	917	163	18	2	<1	2,0	1,0	2,0
Nikkel	973	876	90	54	6	0,05	0,34	6,25
Zink	972	964	99	50	5	0,5	2,80	25,1
Kobber	973	912	94	3	<1	0,05	0,24	1,4
Chrom	970	851	88	1 <sup>2)</sup>	-	0,04	0,1	0,8 <sup>2)</sup>
Molybdæn	912	828	91	1	<1	0,15	0,65	2,5
Sølv	533	38	7	0	-	0,1 <sup>1)</sup>	0,10	0,10
Tin	562	70	13	0	-	0,1 <sup>1)</sup>	0,10	0,20
Vanadium	909	621	69	-	-	0,5	0,5	1,55
Aluminium	972	968	100	141	15	0,1	2,3	58
Barium	973	973	100	4	<1	1,0	65	159
Lithium	912	901	99	-	-	0,5	6,1	15
Bor	557	472	85	3	<1		27	150
Bromid	912	909	100	-	-	10,0	92	190

1) Den krævede foreløbige kvantificeringsgrænse er højere end beskrevet i NOVA 2003 og for antimon, thallium og sølv betydelig højere end de af laboratorierne indrapporterede.

2) Antageligt systematisk analysefejl med for høje værdier

*Tabel 3.1 Uorganiske sporstoffer i grundvandsovervågningen 1993-2000. Analyser under detektionsgrænsen er medregnet med dennes værdi. Overskridelser er i forhold til grænseværdien for drikkevand i den nye bekendtgørelse om kontrol med vandforsyning (Miljø- og Energiministeriet 2001), se tabel 3.5. For en række uorganiske sporstoffer er der ikke fastsat nogen grænseværdi for drikkevand. Bemærk at de sidste to kolonner er baseret på medianværdier pr. indtag.*

Der er fundet ét eller flere uorganiske sporstoffer i alle overvågningsindtag egnet til sporstofanalyser, og der er fundet koncentrationer, der overskrider grænseværdien for drikkevand (Miljø- og Energiministeriet 2001) for ét eller flere uorganiske sporstoffer i 342 indtag. I tabel 3.1 er der til illustration af en generel høj koncentration af et givent stof i grundvandet anvendt 90 % percentilen for stoffet, idet maksimumværdien oftest er uden generel karakter, men netop repræsenterer et særtilfælde.

De uorganiske sporstoffer analyseres i det nuværende overvågningsprogram med forskellig hyppighed, afhængigt af grundvandets alder og generelle indhold af stofferne. Således analyseres indtag med *ungt vand* (d.v.s. dannet efter ca. 1950) for stoffer, hvis indhold generelt ligger i nærheden af eller over grænseværdien med en hyppighed på én analyse årligt (begrænset program). Det drejer sig om stofferne aluminium, arsen, barium, bly, cadmium, kobber, nikkel, selen og zink. Resten af stofferne i tabel 3.1 analyseres én gang i løbet af programperioden 1998-2003 i såvel ungt som gammelt grundvand, med undtagelse af de fire ”nye” stoffer, antimon, sølv, thallium og tin, der analyseres to gange frem til 2003 uanset vandets alder. Det skal bemærkes at der indtil videre er tilladt en højere detektionsgrænse for disse fire stoffer end anført i programbeskrivelsen af NOVA 2003, samtidig med at den af laboratorierne generelt indrapporterede er betydelig lavere. Derfor er medianværdien for disse stoffer mindre end eller lig med detektionsgrænsen i tabel 3.1. Det skal også bemærkes at der ikke er gennemført præstationsprøvning eller efterfølgende udpegning af godkendte laboratorier for stofferne sølv, thallium og tin.

#### *Overskridelser af grænseværdier i grundvandsovervågningen*

Den nye bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (Miljø- og Energiministeriet 2001) indeholder bestemmelser, der gennemfører drikkevandsdirektivet (EU 1998) i Danmark. I bekendtgørelsen fastsættes der to grænseværdier for drikkevand, henholdsvis en værdi ved indgang til ejendom og en værdi ved forbrugers taphane. For en række tungmetaller og uorganiske sporstoffer vil den kommende værdi ved indgang til ejendom være lavere end den nugældende grænseværdi. Forskellene fremgår af tabel 3.5. Grænseværdien for nikkel ved indgang til ejendom henholdsvis ved forbrugers taphane er midlertidigt fastsat til 20 µg/l indtil Miljøstyrelsen har undersøgt hvorledes den præcise fordeling skal være mellem værdien ved indgang til ejendom og værdien ved forbrugers taphane. Det skønnes ikke rimeligt at sætte en lav grænseværdi ved indgang til ejendom hvis ikke det også sikres at afsmitningen fra taphaner er lav.

For **arsen** fastsættes et kvalitetskrav ved indgang til ejendom for drikkevand på 5 µg/l. Kravværdien er overskredet en eller flere gange i 154 indtag, svarende til ca. 16 % af de analyserede indtag. I 61 indtag med mere end én analyse, er kravværdien overskredet i alle analyser. Disse indtag forekommer i alle amter med undtagelse af Ribe Amt.

Arsenindholdet i 88 indtag med mere end én analyse har været højere end det af EU's Videnskabelige Komité fastsatte økotoxikologiske kvalitetskriterium for overfladevand på 4 µg/l i alle analyser i perioden 1993 til 2000. De 88 indtag er fordelt på alle amter med en svag overvægt på lerede overvågningsområder. 186 indtag svarende til 19 % overskrider den økotoxikologiske grænseværdi på 4 µg/l, som er sammenfaldende med grænseværdien for udledninger til ferskvand.

Arsen er meget giftigt og anses for at være kræftfremkaldende. Indholdet af arsen i grundvandet bestemmes især af redoxforholdene, idet arsenindholdet under reducerende betingelser er ca. 10 gang højere end under iltholdige betingelser (figur 3.1).

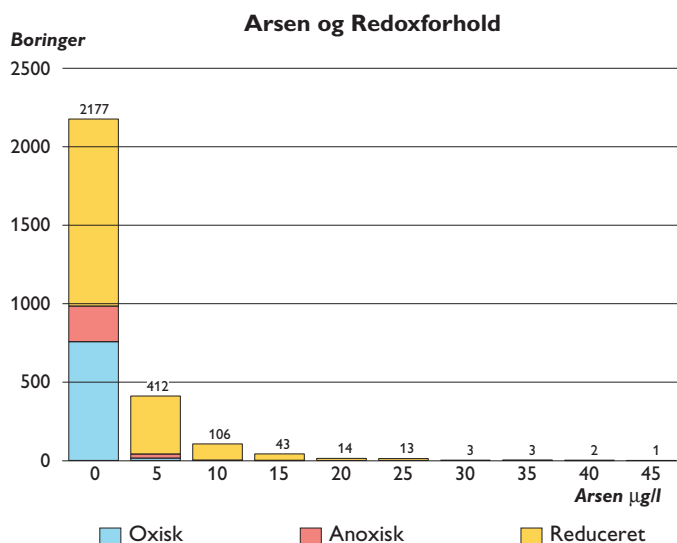


Fig. 3.1. Arsen koncentrationer under forskellige redoxbetingelser. "Oxisk":  $Ilt > 1 \text{ mg/l}$ , "Anoxisk":  $Ilt \leq 1 \text{ mg/l}$  og  $nitrat > 1 \text{ mg/l}$ , "Reducerende": både ilt og nitrat  $< 1 \text{ mg/l}$ . Data fra 1993-1999.

For **bly** fastsættes et kvalitetskrav ved indgang til ejendom på  $5 \mu\text{g/l}$ . Der er 10 analyser stammende fra 9 indtag, der overskrider kvalitetskravet. De 9 indtag er beliggende i henholdsvis Roskilde Amt (1), Vestsjællands Amt (3), Storstrøms Amt (3), Bornholms Amt (1) og Ribe Amt (1). 18 indtag svarende til ca. 2% overskrider grænseværdien for udledning til ferskvand på  $3,2 \mu\text{g/l}$ .

For **cadmium** fastsættes et kvalitetskrav ved indgang til ejendom på  $2 \mu\text{g/l}$ . Der er i alt 9 analyser stammende fra 4 indtag, der overskrider kvalitetskravet. De 4 indtag er beliggende i henholdsvis Holeby i Storstrøms Amt (2), Bramming i Ribe Amt (1) og Ejstrupholm i Vejle Amt (1). 22 indtag har et median-indhold højere end grundvandskvalitetskriteriet på  $0,5 \mu\text{g/l}$  (se tabel 3.4). 17 indtag svarende til ca. 2% overskrider den økotoxikologiske grænseværdi på  $1 \mu\text{g/l}$ .

For **nikkel** fastholdes det gamle kvalitetskrav for drikkevand på  $20 \mu\text{g/l}$  midlertidigt såvel ved indgang til ejendom som ved forbrugers taphane. .

Kravværdien er overskredet en eller flere gange i 54 indtag, svarende til ca. 6% af de analyserede indtag. Indtagene er fordelt over hele landet. I 14 indtag med mere end én analyse, er kravværdien overskredet i alle analyser.

Grundvandskvalitetskriteriet på  $10 \mu\text{g/l}$  (tabel 3.5) er overskredet en eller flere gange i 102 indtag, svarende til ca. 11% af de analyserede indtag. I 29 indtag med mere end én analyse, er kvalitetskriteriet overskredet i alle analyser. 2 indtag overskrider grænseværdien for udledning til ferskvand på  $160 \mu\text{g/l}$ .

For **zink** fastholdes et kvalitetskrav på  $100 \mu\text{g/l}$  (ved indgang til ejendom). Grænseværdien for drikkevand er overskredet en eller flere gange i 50 indtag, svarende til ca. 5% af de analyserede indtag. Indtagene er fordelt over hele landet med undtagelse af Roskilde, Århus og Viborg amter. I fem indtag med mere end én analyse, er kravværdien overskredet i alle analyser. 47 indtag svarende til ca. 5% overskrider grænseværdien for udledning til ferskvand på  $110 \mu\text{g/l}$ .

For **kobber** fastholdes et kvalitetskrav ved indgang til ejendom på 100 µg/l. Der er 4 analyser stammende fra 3 indtag, der overskrider kvalitetskravet. De 3 indtag er beliggende i henholdsvis Københavns Kommune, Sønderjyllands Amt og Ribe Amt. Der er overskridelser i alle tre indtag i 2000. 27 indtag svarende til ca. 3% overskrider grænseværdien for udledning til ferskvand på 12 µg/l.

For **aluminium** fastsættes et kvalitetskrav ved indgang til ejendom på 100 µg/l. Kravværdien er overskredet en eller flere gange i 141 indtag, svarende til ca. 15 % af de analyserede indtag. I 32 indtag er kravværdien på 100 µg/l overskredet i samtlige analyser. Af disse 32 indtag forekommer 5 i Sønderjyllands Amt, 7 i Ribe Amt og 10 i Ringkjøbing Amt, og tilskrives den generelt lavere pH vest for isens hovedopholdslinie. Århus og Storstrøms amter angiver i den årlige rapport, at aluminiumkoncentrationen i det enkelte indtag er stærkt svingende og der sættes spørgsmålstegn ved det hensigtsmæssige i at anvende den internationalt anerkendte filterporestørrelse på 0,45 µm, idet det vurderes, at suspenderede aluminiumsholdige kolloider kan passere filtret.

For **bor** fastholdes et kvalitetskrav ved indgang til ejendom på 1000 µg/l. Der er 7 analyser stammende fra 3 indtag i overvågningsområdet Ishøj i Københavns Amt, som overskrider kvalitetskravet. De høje koncentrationer skyldes antageligt infiltration af havvand. 21 indtag har et median-indhold højere end grundvandskvalitetskriteriet på 300 µg/l, der også er fastsat som anbefalet værdi for drikkevand ved indgang til ejendom. Denne værdi overskrides af 32 analyser fordelt på 21 indtag hovedsageligt på den østlige del af Sjælland.

For **cyanid** fastholdes et kvalitetskrav ved indgang til ejendom på 50 µg/l. Der er 2 analyser, der overskrider kvalitetskravet. De 2 indtag er beliggende i henholdsvis Nyborg i Fyns Amt (110 µg/l) og Grindsted i Ribe Amt (69 µg/l).

Der har tidligere været fundet **selen** og **antimon** i koncentrationer over kvalitetskravet på henholdsvis 10 µg/l og 2 µg/l i overvågningsområdet "Store Heddinge" i Storstrøms Amt. Den umiddelbare kilde - en mergelgrav opfyldt med garveriaffald - er nu fjernet. Amtet undersøger 11 andre mergelgrave, hvor der angiveligt også skulle være "dumpet" garveriaffald.

Indholdet af **barium** er generelt højt i dansk grundvand og der fastsættes et kvalitetskrav for drikkevand på 700 µg/l. Kravværdien er overskredet i 4 indtag beliggende i Storstrøms Amt (3) og Vejle Amt (1). Der kan ikke konstateres helbredsmæssige effekter ved koncentrationer på op til 10.000 µg/l (EUREAU, 1991)

For **chrom** overskrides grænseværdien for udledning til ferskvand på 10 µg/l i 6 indtag. For drikkevand er der fastsættes et kvalitetskrav ved indgang til ejendom på 20 µg/l. Der er 1 analyse, der overskrider denne værdi. Der er imidlertid i 2000 indberettet markant højere chromkoncentrationer for en del indtag i forhold til de foregående analyser i samme indtag. De høje koncentrationer bør derfor snarest verificeres subsidiært afkræftes af det analyserende laboratorium.

For **kviksølv** fastholdes et kvalitetskrav ved indgang til ejendom på 1 µg/l. Der er endvidere fastsat 0,1 µg/l som anbefalet værdi for drikkevand ved indgang til ejendom. Denne værdi overskrides af 12 analyser fordelt på 9 indtag hovedsageligt på den østlige del af Sjælland og i Ribe og Vejle amter.

Sammenfald med overskridelse af grænseværdien for drikkevand for **flere stoffer i samme indtag** forekommer relativt sjældent. I 24 tilfælde forekommer nikkel over grænseværdien for drikkevand samtidig med aluminium over grænseværdien. Alle tilfælde forekommer i Jylland.

### Uorganiske sporstoffer i landovervågningens grundvandsboringer

I landovervågningsoplandene er der analyseret for aluminium, arsen, barium, bly, cadmium, chrom, nikkel, kobber, selen og zink. detektionsgrænserne er de samme som for grundvandsovervågningen. Alle stoffer er fundet, selen dog kun i et mindre antal indtag. Analyserne stammer overvejende fra de dybeste indtag i landovervågningsoplandene, d.v.s. 5 meter under terræn, med undtagelse af analyserne fra Sønderjyllands Amt, der stammer fra indtag i 2,2 meters dybde. I første halvdel af programperioden er der i alt taget prøver fra 10 indtag i Storstrøms Amt, 9 indtag i Nordjyllands Amt, 6 indtag i Vejle Amt, 4 indtag i Fyns Amt og 8 indtag i Sønderjyllands Amt.

Der forekommer analyser af alle de undersøgte uorganiske sporstoffer med undtagelse af selen, som overskrider kravværdierne til drikkevand ved indgang til ejendom (se tabel 3.4) og der forekommer analyser som overskrider grundvandskvalitetskriterierne (se tabel 3.5) for arsen, bly, cadmium, nikkel og zink.

Markant højere indhold af især cadmium i Sønderjyllands Amt har vist sig hovedsageligt at stamme fra et enkelt indtag, 06.01.02.11. Målingerne i 2000 bekræfter tidligere målinger. Et enkelt indtag med meget højt blyindhold er ikke analyseret igen. Ej heller to indtag med meget høje nikkelindhold i Storstrøms Amt er analyseret igen. En front med høje bly- og chrom-koncentrationer, som passerede en række indtag i Nordjyllands Amt fra december 1998 til maj 1999 er ikke observeret i 2000, måske af den simple grund at der kun er udtaget prøver en gang i stedet for 4 gange som programmet foreskriver. Situationen understreger, at det er væsentligt med hyppige analyser i terrænnære indtag. Enkeltstående zinkanalyser fra 2000 peger på at zinkindholdet generelt er højt i efteråret i landovervågningsoplandet i Nordjyllands Amt.

Samlet leder resultaterne til den antagelse, at uorganiske sporstoffer i større mængder kan udvaskes og akkumuleres i rodzonen eller umiddelbart under denne samt at udvaskningen ikke kan antages at foregå jævnt hen over året. Hovedtal for de analyserede stoffer fremgår af tabel 3.2. Tabel 3.2 angiver generelle hovedtal for belastningen af det allerøverste grundvand i landovervågningsoplandene med uorganiske sporstoffer, men der ses som illustreret i tabel 3.3 store forskelle landovervågningsoplandene imellem.

Land-overvågning	Indtag med							Median-værdi µg/l	90 % percentil µg/l	Maksi- mum µg/l
	analyse antal	fund		overskridelse i						
		antal	%	1 anal.	%	alle anal.	%			
Arsen	35	31	88	5	14	0	-	0,3	0,8	2,5
Bly	35	34	97	12	34	1	3	0,5	2,1	39
Cadmium	35	34	97	2	6	1	3	0,11	0,80	6,2
Selen	35	31	88	0	-	-	-	0,2	1,3	5,3
Nikkel	35	35	100	17	49	9	26	7,0	94	700
Zink	35	34	97	14	40	6	17	30	200	885
Kobber	35	35	100	0	-	-	-	2,2	9	61
Chrom	35	26	74	0	-	-	-	0,2	0,6	1,9
Aluminium	35	35	100	15	43	5	14	6,2	730	1.800

Tabel 3.2 Uorganiske sporstoffer i landovervågningens grundvandsboringer 1998-2000. Analyser under detektionsgrænsen (se tabel 3.1) er medregnet med dennes værdi. Overskridelser er i forhold til grænseværdien for drikkevand (Miljø- og Energiministeriet 2001). Bemærk at de sidste to kolonner er baseret på medianværdier pr. indtag.

Landovervågning	Storstrøm	Fyn	Sønderjylland	Vejle	Nordjylland
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Arsen	0,5	0,3	0,1	0,3	0,4
Bly	0,4	0,2	0,6	0,9	0,4
Cadmium	0,02	0,01	<b>0,75</b>	0,13	0,11
Selen	0,2	0,5	0,1	0,3	0,1
Nikkel	1,9	0,8	<b>61</b>	<b>22</b>	<b>5</b>
Zink	3,2	4,2	<b>110</b>	<b>73</b>	<b>28</b>
Kobber	1,0	0,4	<b>3,7</b>	<b>2,9</b>	<b>2,5</b>
Chrom	0,12	0,15	0,3	0,1	<b>0,5</b>
Aluminium	1,6	7,0	<b>260</b>	0,9	<b>65</b>

Tabel 3.3 Uorganiske sporstoffer i landovervågningens grundvandsboringer 1998-2000. Analyser under detektionsgrænsen (se tabel 3.1) er medregnet med dennes værdi. (medianværdier)

### Vandværksboringer

Udover analyserne i de 90 vandindvindingsboringer, der indgår i grundvandsovervågningen (volumenmoniterende boringer), er der med indberetningerne for året 2000 i alt indkommet analyseresultater for uorganiske sporstoffer fra 7.650 boringer, der er underlagt tilsyn (Miljø- og Energiministeriet 2001). Langt de fleste analysesæt omfatter kun nikkel, som sammen med aluminium ved pH-værdier under 6, var obligatorisk, jævnfør bekendtgørelsen. Ifølge den nye bekendtgørelse (Miljø- og Energiministeriet 2001) er det fra 1. januar 2002 for så vidt angår uorganiske sporstoffer endvidere obligatorisk at udføre boringskontrol for arsen, barium og bor. Hyppigheden afhænger af den distribuerede eller producerede vandmængde. Der er fundet uorganiske sporstoffer i 3.538 boringer. Procentuelt udgør boringer med fund ca. 46 % af de undersøgte boringer. I de øvrige boringer er analyseresultaterne 'under detektionsgrænsen'. Hovedtal for de uorganiske sporstoffer, som er indberettet til GEUS's grundvandskemiske database, fremgår af tabel 3.4.

Der anvendes generelt højere og forskellige detektionsgrænser i vandværkernes boringskontrol sammenlignet med grundvandsovervågningen. Ofte anvendes en detektionsgrænse, som er lig med eller det halve af den højst tilladelige værdi for drikkevand. For at få en pålidelig bedømmelse af, om grænseværdien er overtrådt, bør der anvendes en detektionsgrænse på en tiendedel af grænseværdien for drikkevand.

Der er fundet overskridelser af grænseværdien for drikkevand (Miljø- og Energiministeriet 2001) i 422 boringer. Langt det største antal overskridelser vedrører nikkel. Procentuelt udgør overskridelserne knapt 6% af de undersøgte boringer.

I forbindelse med oprydning af forurenede lokaliteter er der for en række uorganiske sporstoffer fastsat kvalitetskriterier for grundvand (Miljøstyrelsen, 1998). Kvalitetskriterier for grundvand er fastsat således, at grænseværdierne for drikkevand (Miljø- og Energiministeriet 2001) kan forventes at være opfyldt, når vandet tappes hos forbrugeren. For enkelte stoffer er der også fastsat økotoxikologiske grænseværdier (Miljøstyrelsen 1994). I bekendtgørelsen om udledning af vise farlige stoffer (Miljø- og Energiministeriet 1996) er der fastsat krav til udledning af vise farlige stoffer. Se tabel 3.5.



Boringskontrol	Boringer med					Grænse-		Median værdi	90 % percentil	Højeste måling
	analyse <sup>1)</sup>	fund		overskridelse		Værdi (µg/l)				
	antal	antal	%	antal	%	gl.	ny	µg/l	µg/l	µg/l
Antimon	5	2	40	0	-	10	2	0,2	1,5	1,5
Arsen	593	507	86	107	18	50	5	1,8	8,3	41
Bly	494	191	39	7	1	50	5	0,27	1,5	35
Cadmium	625	184	30	0	-	5	2	0,025	0,20	1,9
Kviksølv	83	15	18	1	1	1	1 <sup>3)</sup>	0,10	0,20	2,5
Thallium	2	0	-	-	-	-	-	< 0,07	< 0,10	- <sup>2)</sup>
Selen	7	2	29	0	-	10	10	0,1	1,0	1,0
Cyanid	84	17	21	0	-	50	50	2,0	10	19
Nikkel	7.545	3.156	42	255	3	20	20 <sup>4)</sup>	2,0	5,0	590
Zink	486	410	85	24	5	100	100	5,0	50	41.000
Kobber	133	66	50	0	-	100	100	1,0	10	30
Chrom	124	30	24	0	-	50	20	0,5	3,0	4,0
Molybdæn	3	3	100	0	-	20	20	1,76	2,1	2,1
Sølv	9	2	22	-	-	10	10	< 1,0	1,1	1,1
Tin	1	0	-	-	-	-	10	-	-	-
Vanadium	3	2	67	-	-	-	-	0,3	0,5	0,3
Aluminium	246	172	70	57	23	200	100	10	328	8.440
Barium	446	426	96	-	-	100 <sup>2)</sup>	700	112	240	500
Lithium	43	43	100	-	-	-	-	18	37	50
Bromid	464	417	90	-	-	-	-	98	360	1.100
Bor	463	416	90	3	< 1	1.000	1.000 <sup>5)</sup>	52	200	47.000

1) Eksklusive analyser udført i grundvandsovervågningens volumenmoniterende boringer

2) Alle analyser under kvantificeringsgrænsen.

3) Der er fastsat en anbefalet værdi på 0,1 µg kviksølv/l ved indgang til ejendom

4) Der er tale om en midlertidig grænseværdi, som vil være gældende, mens Miljøstyrelsen undersøger, hvorledes den præcise fordeling skal være mellem værdi ved indgang til ejendom og værdi ved forbrugers taphane.

5) Der er fastsat en anbefalet værdi på 300 µg bor/l ved indgang til ejendom

*Tabel 3.4 Uorganiske sporstoffer i vandværksboringer 1990-99. "Grænseværdi gl." = grænseværdi for drikkevand (Miljøministeriet 1988). "Grænseværdi ny." = grænseværdi for drikkevand i (Miljø- og Energiministeriet. 2001). Analyser under detektionsgrænsen er medregnet med dennes værdi ved beregning af medianværdi og 90 % percentil.*

#### *Overskridelser af grænseværdien for drikkevand i vandværksboringer*

##### *Nikkel*

Der forekommer overskridelser af den midlertidige grænseværdi for nikkel på 20 µg/l ved indgang til ejendom i 255 boringer, hvilket svarer til 3,4 % af samtlige undersøgte boringer, figur 3.2. I 78 boringer med mere end én analyse er grænseværdien overskredet i samtlige analyser.

Der forekommer overskridelser af grundvandskvalitetskriteriet for nikkel på 10 µg/l i 499 boringer, hvilket svarer til ca. 7 % af samtlige undersøgte boringer. I 147 boringer med mere end én analyse er kvalitetskriteriet på 10 µg/l overskredet i samtlige analyser.

Uorganiske sporstoffer	Grundvandskvalitetskriterier (MST 1998) µg/l	Grænseværdi for drikkevand (MST 2001) µg/l	Udledningskriterier (MST 1996) µg/l	Økotoxikologisk Grænseværdi (MST 1994) µg/l
Arsen	8	5	4	4
Bly	1	5	3,2	-
Bor	300	1.000	-	-
Cadmium	0,5	2	5	1
Chrom, total	25	20	10	-
Chrom VI	1	-	-	-
Cyanid, total	50	50	-	-
Kobber	100	100	12	-
Kviksølv	-	1	1,0	0,3 – 1,0
Molybdæn	20	20	-	-
Nikkel	10	20	160	-
Zink	100	100	110	-

Tabel 3.5 Grundvandskvalitetskriterier og grænseværdier for uorganiske stoffer i drikkevand.

Nikkelforureningen antages primært at hidrøre fra iltning af sulfidminerale (f.eks. bravoit og pyrit) i forbindelse med sænkning af grundvandsspejlet i vandindvindingsoplandene. En eventuel senere retablering af grundvandsspejlet kan muligvis yderligere øge frigivelsen af nikkel til grundvandet i en periode.

#### Zink

Der forekommer overskridelser af grænseværdien for drikkevand for zink i 24 boringer, svarende til ca. 5 % af de undersøgte boringer. Der er i dag ikke nogen kendt årsag til forekomsten af høje zinkkoncentrationer, idet frigivelsen af zink til grundvandet kan skyldes naturlige årsager, men også forurening, fra f.eks. galvaniserede materialer. Resultaterne fra overvågningsprogrammet viser, at zinkindholdet i de enkelte boringer er kraftigt fluktuerende. Det kan endelig ikke udelukkes at visse prøver er blevet forurenede under prøvetagning, f.eks. fra taphane på vandværket, eller på laboratoriet.

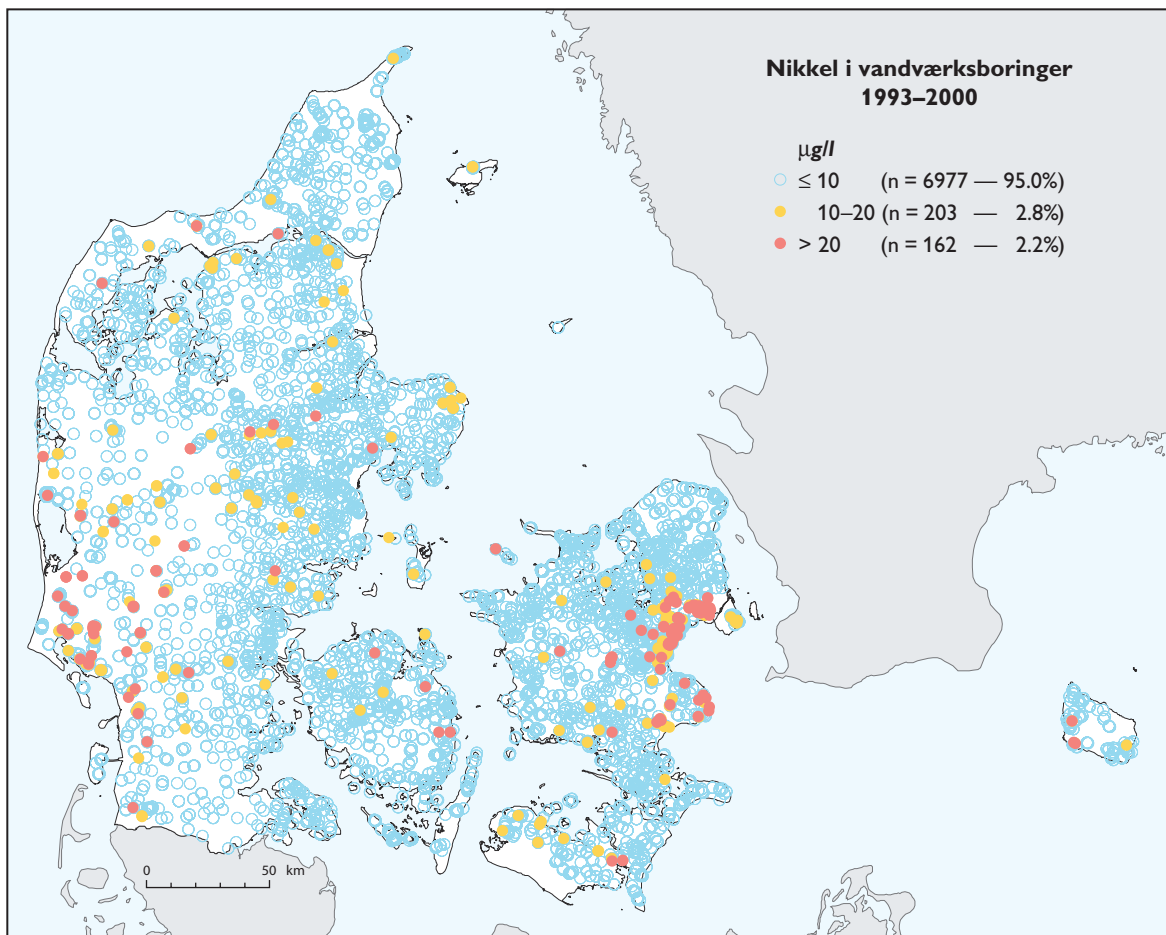
#### Aluminium

I 57 boringer er koncentrationen af aluminium over den højst tilladelige værdi for drikkevand på 100 µg/l. Grænseværdien for aluminium overskrides således i 23 % af de undersøgte boringer. I de fleste tilfælde skyldes de høje koncentrationer en lav pH og forekommer derfor hovedsageligt i Vestjylland. I 8 boringer er indholdet af aluminium over grænseværdien i alle analyser. Vandværkerne skal kun undersøge for indhold af aluminium når pH er under 6.

#### Arsen

Der er en stigende international erkendelse af arsens toksiske egenskaber. Den højst tilladelige værdi for drikkevand på 5 µg/l ved indgang til ejendom er overskredet i 107 boringer fordelt i

Bornholms Amt, Vestsjællands Amt, Fyns Amt, Vejle Amt, Århus Amt, Viborg Amt og Nordjylland Amt. Arsen er først blevet obligatorisk i vandværkernes boringskontrol fra 2001 hvorfor fordelingen af analysedata er noget tilfældig og et kort ikke vil være informativt.



Figur 3.2 Vandværksboringers nikkelindhold for perioden 1993-2000. Grænseværdien for nikkel i drikkevand er 20 µg/l ved indgang til ejendom (Miljø- og Energiministeriet 2001).

#### Bor

En enkelt boring sydvest for Brabrand Sø har et borindhold på 1.100 µg/l I alt er der for perioden 1998 til 2000 indberettet 17 boringer, hvor borindholdet overstiger den anbefalede værdi på 300 µg/l. Boringerne er fordelt på amterne Nordjyllands Amt (1), Århus Amt (8), Ribe Amt (2), Fyns Amt (4), Bornholms Amt (1), og Storstrøms Amt (1).

#### Bly

For perioden 1997 til 2000 er der indberettet i alt syv boringer med et blyindhold over grænseværdien på 5 µg/l. Det højeste indhold på 35 µg/l er målt på Brejning Vandværk. Værdier fra 6,5 µg/l til 11 µg/l er målt på henholdsvis Jegindø Vandværk, i to boringer på Hvalsø vandværk, og i to boringer på Lillerød Andelsvandværk. Endelig er der målt 5,1 µg/l på Nr. Åby Vandværk.

### *Kviksølv*

Den anbefalede værdi for drikkevand på 0,1 µg/l er overskredet i 5 boringer beliggende i henholdsvis Fyns Amt (3), Ribe Amt (1) og Vejle Amt (1).

### **Sammenfatning om uorganiske sporstoffer**

Uorganiske sporstoffer er naturligt forekommende i dansk grundvand. I grundvand med lav pH kan der forekomme særskilt høje indhold, eksempelvis af aluminium. I iltfrit grundvand kan der forekomme særskilt høje indhold af arsen. Men mange forekomster af uorganiske sporstoffer nær grænseværdierne for drikkevand kan skyldes menneskelig påvirkning, enten i form af forurening, vandspejlssænkning eller anden påvirkning. Især høje indhold i indtag i landovervågningen fortjener opmærksomhed, da de må antages ofte at kunne repræsentere en nettotilførsel til den naturlige del af vandmiljøet, især vandløbene, men også høje indhold i grundvandet generelt kan påvirke kilder og vandløb gennem tilstrømning af terrænnært grundvand og søer gennem opstrømmende grundvand gennem søbunden. Samlet leder de foreløbige resultater for grundvandet i landovervågningsoplandene til den antagelse, at uorganiske sporstoffer i større mængder kan udvaskes og akkumuleres i rodzonen eller umiddelbart under denne samt at udvaskningen ikke kan antages at foregå jævnt hen over året. Høje indhold af uorganiske sporstoffer i boringskontrollen har stor betydning for udnyttelsen af grundvandsressourcen til drikkevand for mennesker og husdyr og til levnedsmiddelfremstilling og bearbejdning. I det ganske betydelige omfang at spildevandet afledes gennem lukkede rørsystemer til renseanlæg er de høje indhold af mindre betydning for vandmiljøet, mens spildevand, der udledes direkte eller gennem nedsivningsanlæg efter kortere eller længere opholdstid i grundvandet vil kunne påvirke vandmiljøet i negativ retning.

Grænseværdierne for nikkel, zink og aluminium i drikkevand overskrides i et antal tilfælde i et mindre antal boringer. Der er i øvrigt indberettet enkelte analyser til GEUS der åbenlyst har enhedsfejl og der er i denne rapport taget udgangspunkt i de værdier GEUS mener er rigtige.

Grundvand med et indhold af uorganiske sporstoffer over grænseværdien for drikkevand 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 i nogen grad tilbageholdes i okkerslammet i vandværkernes sandfiltre (Miljøstyrelsen, 1999). Således fjernes gennemsnitligt op mod halvdelen af grundvandets arsenindhold. Modsat kan der konstateres et ikke uvæsentligt bidrag til drikkevandets indhold af bly, cadmium, chrom, kobber, nikkel og zink fra pumper, beholdere, prøvehaner m.v.

# Organiske mikroforureninger

I dette kapitel behandles de organiske mikroforureninger, der er omfattet af programmet for grundvandsovervågning i NOVA 2003 (Miljøstyrelsen 2000b). De enkelte stoffer er placeret i en af grupperne: Aromatiske kulbrinter, phenoler, halogenerede alifatiske kulbrinter, chlorphenoler, phthalater, detergenter og ethere, se tabel 4.1. Af tabellen fremgår grænseværdier for koncentrationen af de pågældende stoffer i drikkevand (ved udløb fra vandværk) (Miljø- og Energiministeriet 2001). For en nærmere beskrivelse af de kemiske analyser og deres detektionsgrænser henvises til Grundvandsovervågning 2000 (GEUS 2000). MTBE og de anioniske detergenter er beskrevet i hver sit afsnit.

Parametre	Grænseværdier for drikkevand i µg/l
<b>Aromatiske kulbrinter:</b>	
Benzen	1
Naphtalen	2 <sup>1)</sup>
Toluen	10 <sup>2)</sup>
Xylener ( <i>p</i> -xylen, <i>m</i> -xylen, <i>o</i> -xylen)	10 <sup>2)</sup>
<b>Phenoler:</b>	
Nonylphenoler (NP)	20 <sup>3)</sup>
Nonylphenolethoxylater (NP1EO, NP2EO)	45 <sup>1)</sup>
Phenol	0,5 <sup>2)</sup>
<b>Halogenerede alifatiske kulbrinter:</b>	
1,2-dibromethan	0,01
Tetrachlorethen	1
Tetrachlormethan	1
Trichlorethen	1
1,1,1,-trichlorethan	1
Trichlormethan (chloroform)	1 <sup>2)</sup>
Vinylechlorid	0,3
<b>Chlorphenoler:</b>	
2,4-dichlorphenol	0,1
2,6-dichlorphenol	0,1
Pentachlorphenol	0,01
<b>Phthalater (blødgørere):</b>	
Dibutylphthalat (DBP)	1 <sup>4)</sup>
<b>Detergenter:</b>	
SUM-parameter (anioniske detergenter)	100
<b>Ethere:</b>	
Methyl-tertiær-butyl-ether (MTBE)	5 <sup>5)</sup>

1) Miljøstyrelsen 2000a.

2) Miljøstyrelsen 1995a.

3) Værdien er en sum af octyl- og nonylphenoler.

4) Værdien er en sum af andre phthalater end DEHP.

5) Ifølge tilsynsbekendtgørelsen (Miljø- og Energiministeriet 2001) bør det tilstræbes at indholdet er under 2 µg/l.

Tabel 4.1 Grænseværdier for koncentrationen i drikkevand af organiske mikroforureninger der indgår i grundvandsovervågningen (Miljø- og Energiministeriet 2001).

## Mulige kilder til de 7 grupper af organiske mikroforureninger

I det følgende gennemgås de mulige kilder til en grundvandsforurening med de 7 forskellige grupper af stoffer, som indgår i NOVA 2003 programmet.

### *Aromatiske kulbrinter*

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

### *Phenoler*

Tjære indeholder ca. 10% phenoler og er hermed en potentiel kilde til forurening med phenoler. Tjæreforureninger stammer blandt andet fra grunde, hvorpå der har ligget gasværker og steder hvor tjære er blevet anvendt i produktionen (asfalt) eller hvor tjæreaffald er blevet deponeret (lossepladser). Phenol og methylphenoler kan dannes ved nedbrydning af naturligt organisk stof. I følge Miljøstyrelsen (1995b) er indholdet af phenol i kvæg- og svinøgødning henholdsvis 31 og 26 mg pr. kg vådvægt. Simple alkylphenoler kan også fremkomme under nedbrydning af nonylphenoler.

### *Nonylphenoler*

I de seneste år har der været stor fokus på hormonlignende stoffers forekomst i miljøet og nonylphenolerne er en af de grupper, som har været diskuteret i denne sammenhæng. Nonylphenoler i miljøet stammer primært fra nedbrydning af nonylphenolethoxylater, som blandt andet findes i vaskemidler og rengøringsmidler.

Nonylphenoler (NP), nonylphenolmonoethoxylater (NP1EO) og nonylphenoldiethoxylater (NP2EO) består hver af fra 8-12 isomere og analysen skelner ikke mellem disse. Man kan godt rent analyseteknisk adskille isomere. Analyseproceduren bygger på en GC/MS metode, der på rå-ekstrakter bestemmer indholdet af nonylphenoler, nonylphenolmonoethoxylater og nonylphenoldiethoxylater som isomersummer.

### *Halogenerede alifatiske kulbrinter*

Kilderne til de halogenerede alifatiske kulbrinter kan være fyld- og lossepladser, farve- og lakindustri, galvanisering, benzinanlæg samt kemisk tøjrensning. Stoffet vinylchlorid er et nedbrydningsprodukt fra de chlorerede kulbrinter. Ved nedbrydning af tetrachlorethen dannes trichlorethen, som så via dichlorethen isomerer nedbrydes til vinylchlorid. Vinylchlorid kan mineraliseres direkte eller nedbrydes til ethan via ethen (Albrechtsen og Bjerg 2000). Da omsætningshastigheden af vinylchlorid i grundvandsmagasinerne formodentligt er mindre end for de øvrige chlorerede kulbrinter, må det antages, at der på længere sigt vil ske en opkoncentrering af vinylchlorid i de grundvandsmagasiner, der i dag er forurenede med chlorerede kulbrinter. Undersøgelser har vist at chloroform (trichlormethan) kan dannes naturligt for eksempel under skovjorde (Engvild 2000). 1,2-dibromethan har været anvendt i blyholdig benzin for at undgå blybelægninger i motorerne. Ifølge Shell har der ikke været solgt benzin med 1,2-dibromethan i Danmark siden marts 1994.

### *Chlorphenoler*

Kilderne til chlorphenoler er primær produktion af pesticider og uhensigtsmæssig deponering af affald fra produktionen. Fremstilling af træimprægneringsmidler kan også være en mulig kilde til forurening med chlorerede phenoler. Pentachlorphenol har i perioden 1956 til 1979 været anvendt til træimprægnering i mængder på op til 4.300 kg/år.

Chlorphenoler optræder blandt andet som tekniske urenheder i forbindelse med fremstilling af chlorphenoxy-syrerne, disse har været anvendt i store mængder gennem mange år som ukrudtsmidler. Ved nedbrydning af chlorphenoxy-syrerne kan der blandt andet dannes chlorphenoler.

### *Phthalater (blødgørere)*

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

### *Detergenter*

Detergenter kan forekomme naturligt, men de typer af detergenter, som analyseres i programmet stammer primært fra vaske- og rengøringsmidler samt muligvis fra overfladeaktive stoffer, som tilsættes ved opblanding af pesticider før udsprøjtning.

### *Ethere*

MTBE er et hjælpestof, som tilsættes benzin for at øge oktantal og fremme forbrændingen i motoren.

## **Grundvandsovervågning**

Der er i grundvandsovervågningen i perioden 1993-2000 i alt gennemført analyse for organiske mikroforureninger i 6.823 vandprøver repræsenterende 1.083 forskellige indtag (tabel 4.2 og 4.3).

<b>Grundvandsovervågning Prøvetagningsår</b>	<b>Prøver antal</b>	<b>Indtag med analyse antal</b>	<b>Indtag med fund</b>	
			<b>antal</b>	<b>%</b>
1993	552	481	259	54
1994	728	588	291	49
1995	854	663	330	50
1996	968	733	332	45
1997	939	718	322	45
1998	912	781	221	28
1999	1.005	817	308	38
2000	865	731	228	31
<b>1993-2000</b>	<b>6.823</b>	<b>1.083</b>	<b>949</b>	<b>88</b>

*Tabel 4.2 Analyse for organiske mikroforureninger (jævnfør bilag 4.1) samlet og år for år i grundvandsovervågningen i perioden 1993-2000.*

I 949 af de 1.083 undersøgte indtag er der i perioden mindst en gang fundet én eller flere organiske mikroforureninger, svarende til fund i 88 % af indtagene. Antallet af gennemførte analyser er faldet fra 1999 til 2000.

Grundvandsovervågning	Indtag med analyse antal	Indtag med fund	
		antal	%
Aromatiske kulbrinter <sup>1)</sup>	1.037	257	24,8
Halogenerede alifatiske kulbrinter <sup>1)</sup>	1.037	147	14,2
Phenoler <sup>1)</sup>	1.060	150	14,2
Chlorphenoler <sup>1)</sup>	1.060	29	2,7
Blødgørere	547	44	8,0
Detergenter <sup>1)</sup>	1.018	873	85,8
Ethere <sup>1)</sup>	158	1	0,6
<b>Sum</b>	<b>1.083</b>	<b>949</b>	<b>87,8</b>

1) Hvilke stoffer de forskellige grupper omfatter fremgår af bilag 4.1.

Tabel 4.3 Oversigt over analyseresultaterne for de organiske mikroforureninger i grundvandsovervågningen fordelt på grupper dækkende perioden 1993-2000.

I grupperne aromatiske kulbrinter, halogenerede alifatiske kulbrinter og chlorphenolerne er der stort set lige mange analyser. Analyserne for kulbrinterne repræsenterer 1.037 indtag. De aromatiske kulbrinter er de hyppigst fundne. For benzens vedkommende er der overskridelser af grænseværdien for drikkevand (Miljø- og Energiministeriet 2001) i ca. 0,5% af de undersøgte indtag. For fem af de alifatiske kulbrinter (bilag 4.1) er der tilfælde med overskridelse af grænseværdien for drikkevand. I gruppen af chlorphenoler som repræsenterer 1.060 indtag overskrides grænseværdierne også. For 2,4-dichlorphenol er der overskridelser i ca. halvdelen af indtagene med fund. Grænseværdien for pentachlorphenol i drikkevand er 0,01 µg/l og i samtlige 7 indtag med fund er grænseværdien overskredet. Gruppen af phenoler omfatter ud over phenol også nonylphenoler og nonylphenoethoxylaterne. Langt den overvejende del af analyserne i denne gruppe er phenol analyser og i 11 af de 143 indtag med fund er grænseværdien for drikkevand på 0,5 µg/l overskredet.

De anioniske detergenter og MTBE omtales i et afsnit for sig.

## Landovervågningsoplande

I landovervågningsoplandene er der i perioden 1996-2000 gennemført analyser for organiske mikroforureninger i 155 vandprøver repræsenterende 46 forskellige indtag (tabel 4.4 og 4.5).

Landovervågning Prøvetagningsår	Prøver antal	Indtag med analyse antal	Indtag med fund	
			antal	%
1996	17	11		
1997	7	4		
1998	28	22	1	5
1999	56	36	22	61
2000	47	18	8	44
<b>1996-2000</b>	<b>155</b>	<b>46</b>	<b>24</b>	<b>52</b>

Tabel 4.4 Analyse for organiske mikroforureninger (defineret i bilag 4.2) udført pr. år i landovervågningen i perioden 1996-2000.



Landovervågning	Indtag med analyse	Indtag med fund	
	antal	antal	%
Aromatiske kulbrinter <sup>1)</sup>	25	10	40,0
Halogenerede alifatiske kulbrinter <sup>1)</sup>	7	0	-
Phenoler <sup>1)</sup>	41	10	24,4
Chlorphenoler <sup>1)</sup>	46	3	6,5
Blødgørere	18	6	33,3
Detergenter <sup>1)</sup>	20	9	45,0
<b>Sum</b>	<b>46</b>	<b>24</b>	<b>52,1</b>

1) Hvilke stoffer de forskellige grupper omfatter fremgår af bilag 4.2

*Tabel 4.5 Oversigt over analyseresultaterne for de organiske mikroforureninger i landovervågningen fordelt på grupper dækkende perioden 1996-2000.*

I landovervågningsoplandene er der i perioden 1998-2000 og sporadisk i 1996-1997 analyseret for 6 af de 7 grupper af organiske mikroforureninger (se bilag 4.2). Der er fundet organiske mikroforureninger i 52 % af indtagene. Undersøgelserne har især været rettet mod de chlorerede phenoler, men det er kun stoffet 2,4-dichlorphenol der er fundet. Der er udført analyser for phenol fra 39 indtag, og stoffet er fundet i 8. Der er nogle få data for nonylphenoler og nonylphenoethoxylater, nonylphenol er fundet i 3 ud af 20 indtag, men i lave koncentrationer. Der er også udført analyser for dibutylphthalat (DBP) i landovervågningsoplandene og det er fund i 6 ud af 18 indtag. Median-værdierne for de stoffer, der er medtaget i bilag 4.2, er alle under grænseværdierne for indhold i drikkevand.

## Vandværksboringer

Datamaterialet fra vandværkernes boringskontrol er indberettet til GEUS med en virksomheds-kode, der angiver at det indvundne vand skal være af drikkevandskvalitet. Virksomhedskoderne bliver ikke nødvendigvis opdateret når boringerne ændrer formål/anvendelse. Det betyder i praksis at der hos GEUS er registreret boringer, som ikke længere leverer drikkevand, med høje koncentrationer af organiske mikroforureninger. Ved henvendelse til de pågældende vandværker viser det sig ofte at boringerne nu anvendes som afværgeboringer for at beskytte en nærliggende drikkevandsressource eller at de fra starten er registreret misvisende. Fejl i data rettes i takt med at de registreres, men samlet set kan vandværksboringerne fremstå som lidt mere forurenede end de faktisk er.

Der er i perioden 1993-2000 udtaget 9.633 vandprøver fra 4.461 indtag til analyse for organiske mikroforureninger (se bilag 4.3). Der er fundet organiske mikroforureninger i 1.300 indtag svarende til 29 % (tabel 4.6).

Antallet af analyser og indtag med analyse stiger i perioden og tilsvarende stiger antallet af indtag med fund. Opgøres antal indtag med fund i forhold til antal undersøgte indtag varierer det på årsbasis mellem 21 og 36 %. Bilag 4.3 indeholder en oversigt over analyser og fund for udvalgte organiske mikroforureninger i vandværksboringer.

Vandværksboringer Prøvetagningsår	Prøver antal	Indtag med analyse antal	Indtag med fund	
			antal	%
1993	209	164	59	36
1994	1.171	807	159	20
1995	750	500	145	29
1996	704	472	98	21
1997	1.072	757	200	26
1998	1.711	1.233	273	22
1999	1.846	1.437	365	25
2000	2.170	1.693	516	30
<b>1993-2000</b>	<b>9.633</b>	<b>4.461</b>	<b>1.300</b>	<b>29</b>

Tabel 4.6 Oversigt over analyseresultaterne for organiske mikroforureninger pr. år i vandværksboringer 1993-2000.

I vandværksboringer er der i perioden 1993-2000, udført godt 50.000 analyser for de i bilag 3 nævnte miljøfremmede stoffer, analyserne repræsenterer 4.461 indtag og i knapt 1/3 af indtagene er der fundet mindst et miljøfremmed stof (tabel 4.7).

Vandværksboringer	Indtag med analyse antal	Indtag med fund	
		antal	%
Aromatiske kulbrinter <sup>1)</sup>	2.132	245	11,5
Halogenerede alifatiske kulbrinter <sup>1)</sup>	2.131	320	15,0
Phenoler <sup>1)</sup>	1.441	93	6,5
Chlorphenoler <sup>1)</sup>	3.613	21	0,6
Detergenter <sup>1)</sup>	1.457	845	58
Ethere <sup>1)</sup>	238	38	16,0
<b>Sum</b>	<b>4.461</b>	<b>1.300</b>	<b>29,1</b>

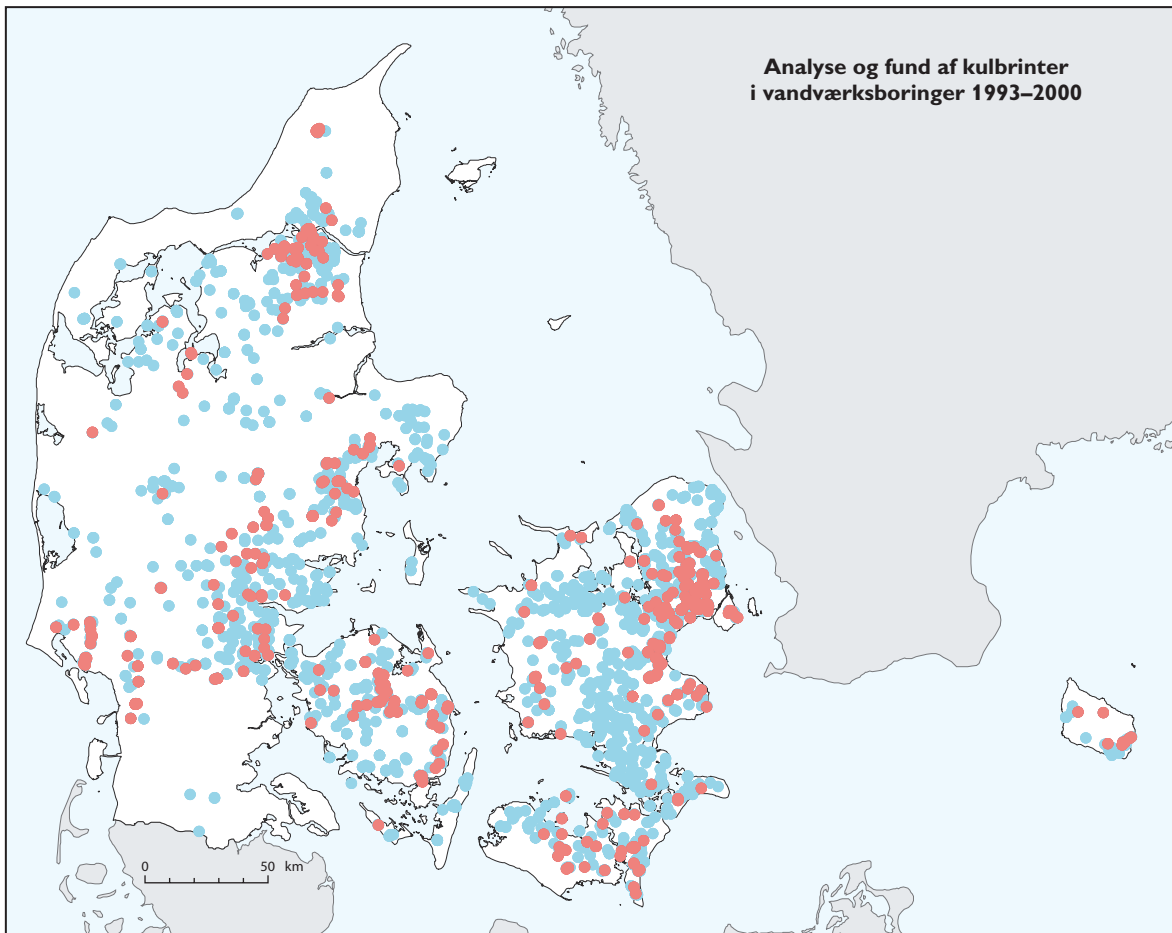
1) Hvilke stoffer de forskellige grupper omfatter fremgår af bilag 4.3.

Tabel 4.7 Data for de organiske mikroforureninger i vandværksboringer fordelt på grupper for perioden 1993-2000.

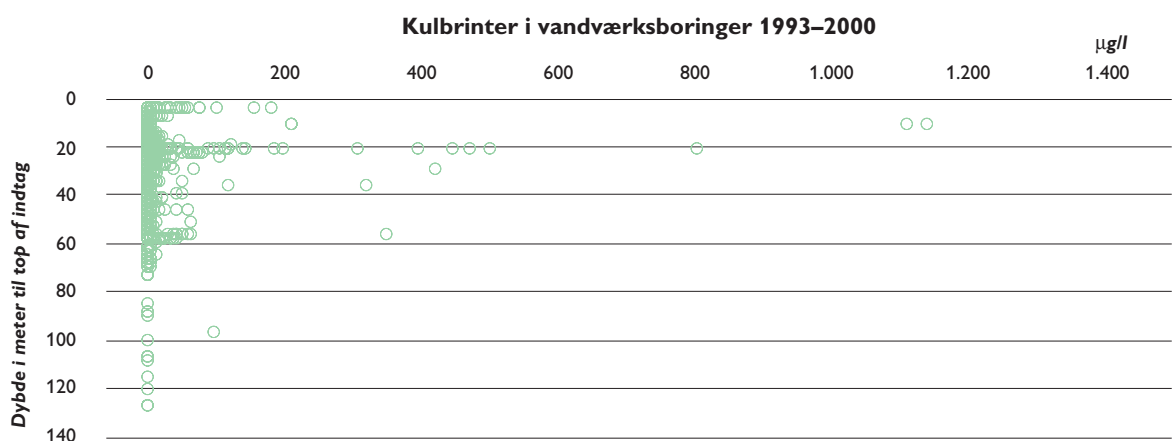
De halogenerede alifatiske kulbrinterne og de aromatiske kulbrinter er de to grupper med flest analyser. De repræsenterende godt 2.000 indtag hver og begge grupper er fundet relativt hyppigt. Grænseværdierne er overskredet i mange tilfælde, hvoraf en del kan forklares ved at boringerne har ændret formål/anvendelse. Gruppen af chlorphenoler indeholder også mange analyser, men her er væsentlig færre indtag med fund. De chlorerede phenoler har dog nogle få overskridelser af grænseværdien for drikkevand. I gruppen af phenoler er det kun phenol, der er fundet og kun få gange over grænseværdien for drikkevand.

På figur 4.1 er vist boringer der er analyseret for kulbrinter og fund af kulbrinter. Medianværdien for dybden til top af indtag er ca. 22 meter for indtag med fund og ca. 31 meter for indtag uden fund. Kun boringer med koordinater indgår i figuren

På figur 4.2 er vist sammenhængen mellem kulbrinternes koncentration og den dybde hvori prøverne er udtaget for de boringer. Kun boringer med oplysninger om top af indtag er anvendt i figuren.



Figur 4.1 Vandværksboringer med analyse og fund af kulbrinter (2.565 indtag) og fund (524 indtag).



Figur 4.2 Koncentration af kulbrinter i vandværksboringer sammenholdt med dybde til top af indtag (.319 indtag).

## Anioniske detergenter

I "Grundvandsovervågning 2000" var de anioniske detergenter udeladt, da dele af data materialet havde enhedsfejl. Datamaterialet er nu rettet i samarbejde med amterne. I tabel 4.8 er resultaterne samlet for grundvandsovervågningen (GRUMO), landovervågningen (LOOP) og vandværksboringer.

Anioniske detergenter	Analyser antal	Fund antal	Indtag med analyse antal	Indtag med fund	
				antal	%
GRUMO	2.767	1.828	1.018	873	86
LOOP	32	22	18	9	50
Vandværksboringer	1.876	990	1.457	845	58

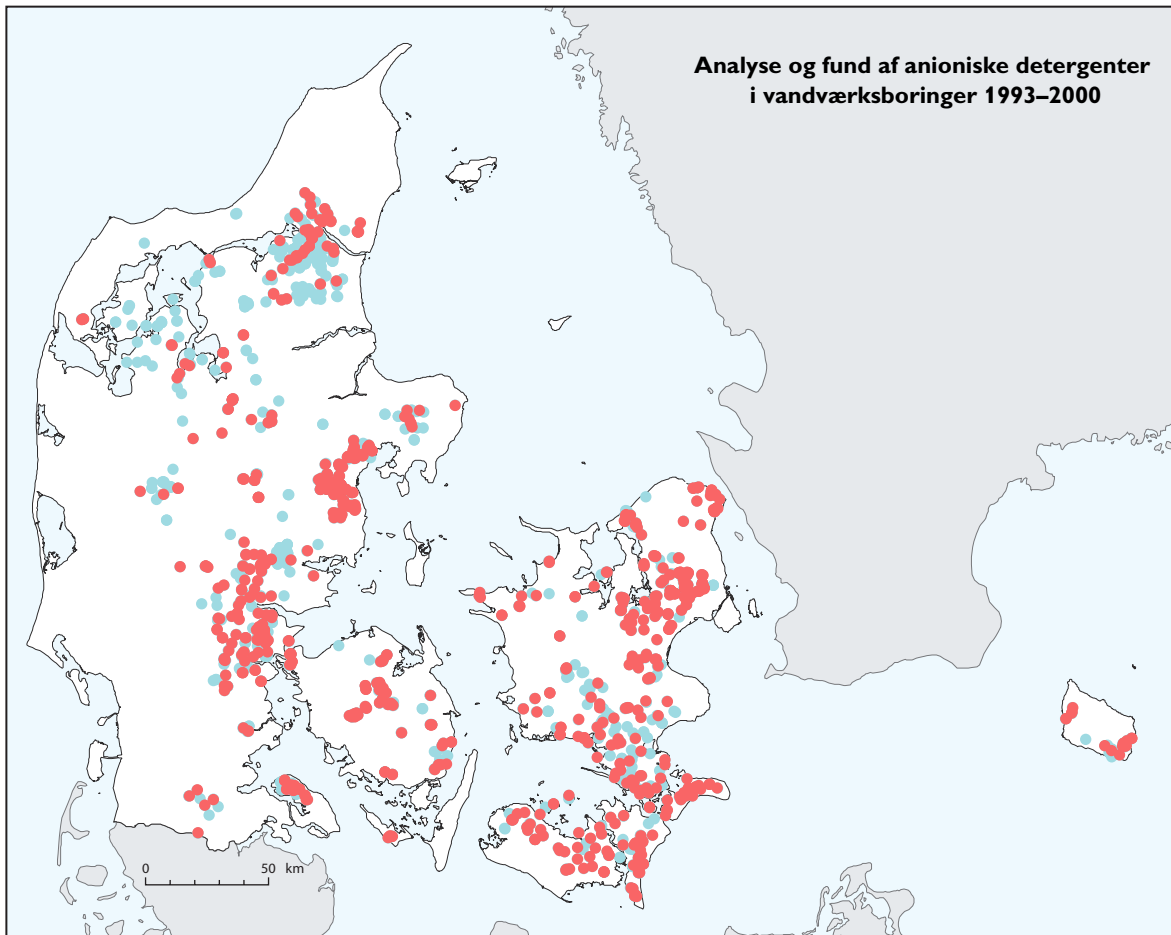
Tabel 4.8 Oversigt over analyser, undersøgte indtag og fund i grundvandsovervågningen, landovervågningen og vandværksboringer i perioden 1993- 2000.

I tabel 4.9 er koncentrationerne af de anioniske detergenter opdelt på 3 grupper  $\geq 100\mu\text{g/l}$ ,  $10-100\mu\text{g/l}$  og  $< 10\mu\text{g/l}$ .  $100\mu\text{g/l}$  er grænsen for, hvad der maksimalt må være i drikkevand. Grænsen på  $10\mu\text{g/l}$  er blandt andet begrundet i at der ved den sidste interkalibrering var nogle laboratorier der havde vanskeligt ved at finde de korrekte indhold under  $10\mu\text{g/l}$  (Miljøstyrelsen 1997).

Anioniske detergenter	Indtag med analyse antal	Indtag med fund antal	Fund < $10\mu\text{g/l}$ antal	Fund mellem $10 - 100\mu\text{g/l}$ antal	Fund > $100\mu\text{g/l}$ antal
GRUMO	1.018	873	809	231	1
LOOP	18	9	7	2	0
Vandværksboringer	1.457	845	634	238	0

Tabel 4.9 Indtag med fund af anioniske detergenter opgjort på koncentrationniveau, 1993-2000.

De anioniske detergenter tilhører den stofgruppe af organiske mikroforureninger, som er hyppigst fundet i grundvandsovervågningen. Den metode der anvendes til analysen for anioniske detergenter er dog ikke en specifik analysemetode.

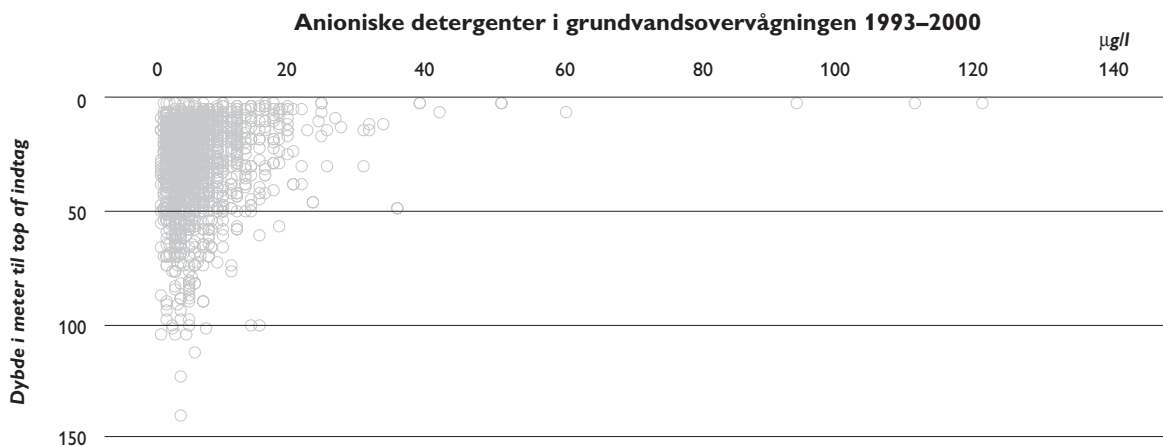


Figur 4.3 Vandværksboringer med analyse for anioniske detergenter (1.444 indtag) og fund (839 indtag).

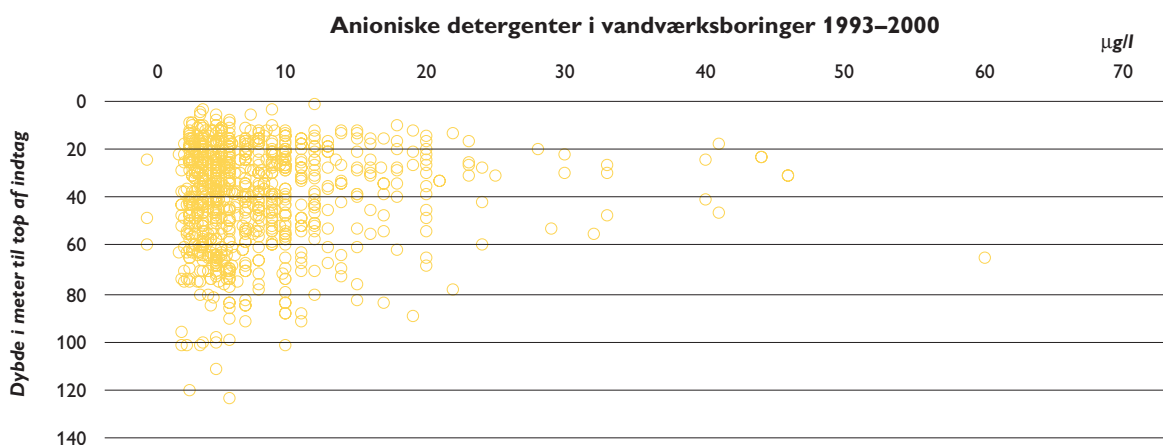
Som det fremgår af tabel 4.9 er der ingen umiddelbare problemer med indholdet af anioniske detergenter. Kun i grundvandsovervågningen er der to fund af anioniske detergenter over grænseværdien for drikkevand på 100 µg/l og der er kun ganske få fund over 40 µg/l (figur 4.4).

Figur 4.3 viser vandværksboringer med analyse og fund af anioniske detergenter. Medianværdien for boringer uden og med fund er stort set ens ligesom i grundvandsovervågningen. På figur 4.4 og 4.5 ses koncentrationen af anioniske detergenter sammenholdt med dybde til top af de indtag som prøverne er udtaget i for grundvandsovervågningen og vandværksboringer for perioden 1993-2000. Kun boringer med oplysninger om top af indtag indgår i figurerne.

Forekommer miljøfremmede stoffer i så forholdsvis høje koncentrationer om end det er under grænseværdien for drikkevand, er der et påtrængende behov for at få en specifik analysemetode, således at det kan afgøres om de koncentrationer, der findes i grundvandet skyldes naturligt forekommende stoffer, eller om de f.eks. stammer fra vaske- og rengøringsmidler etc.



Figur 4.4 Koncentration af anioniske detergenter i grundvandsovervågningen i perioden 1993- 2000 sammenholdt med dybde til top af indtag (1.822 indtag).



Figur 4.5 Koncentration af anioniske detergenter i vandværksboringer fra perioden 1993- 2000 sammenholdt med dybde til top af indtag (831 indtag).

## MTBE

Der har i det forløbne år været en del omtale af stoffet MTBE, der er et hjælpestof som tilsættes benzin for at øge oktantallet og fremme forbrændingen i motoren. Stoffet er fundet i grundvand i udlandet i høje koncentrationer. GEUS har data for 3 år fra grundvandsovervågningen og vandværksboringer. Det fremgår af tabel 4.10, er der i grundvandsovervågningen i år 2000 er udført en del analyser, men der er stadig kun ét fund (1,4 µg/l).

MTBE	Analyser antal	Analyser med fund antal	Indtag med analyser antal	Indtag med fund antal
1998	18	0	17	0
1999	11	1	11	1
2000	149	0	147	0
<b>1998-2000</b>	<b>178</b>	<b>1</b>	<b>158</b>	<b>1</b>

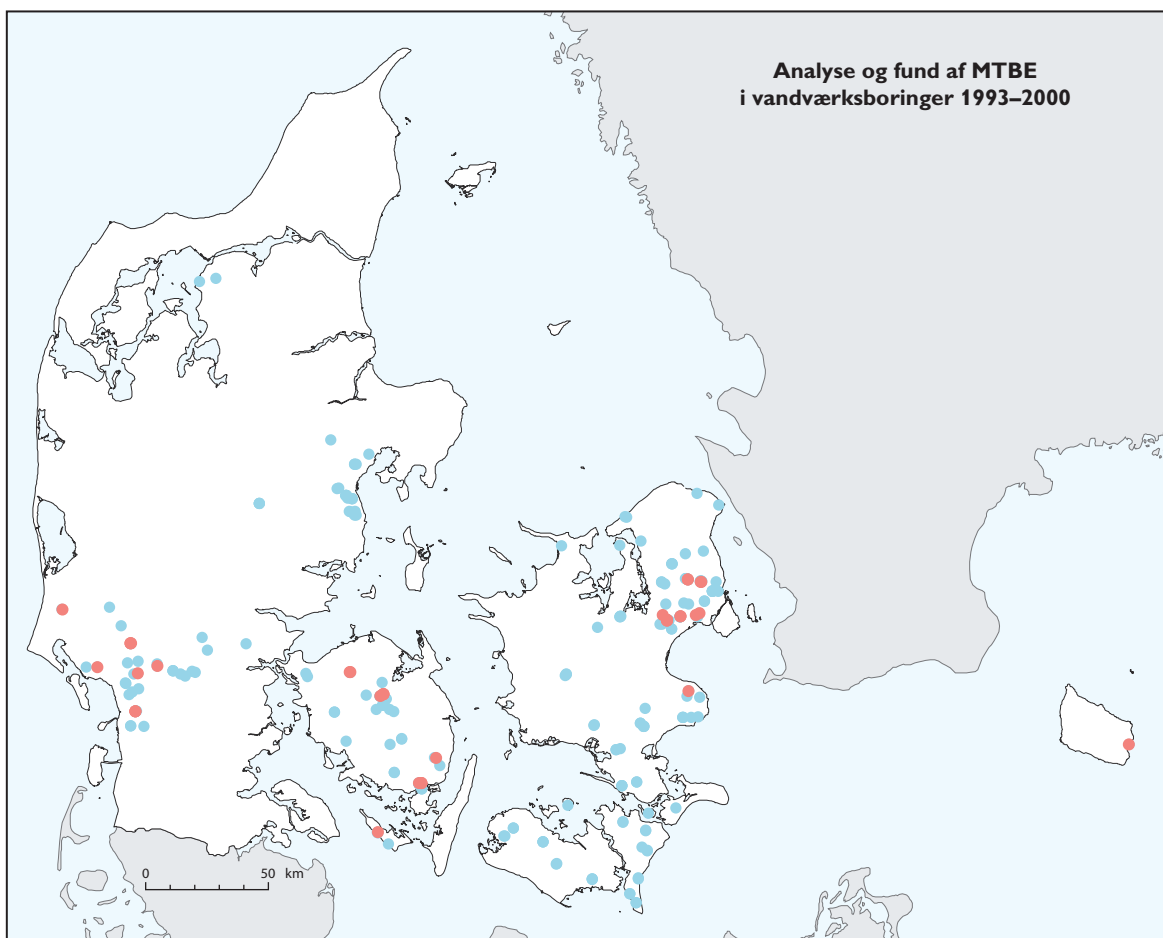
Tabel 4.10 Fund af MTBE i Grundvandsovervågningen i perioden 1998-2000.

I vandværksboringer er der i år 2000 udført 178 analyser repræsenterende 132 indtag hvoraf der i 24 indtag er fundet MTBE. 8 af de 24 indtag indeholder MTBE i en koncentration større end eller lig 5 µg/l (tabel 4.11). Samlet for perioden er der 40 analyser med fund  $\geq 5$  µg/l repræsenterende 9 indtag, hvilket svarer til, at der i 4% af indtagene med analyser er fund af MTBE på eller over grænseværdien for drikkevand.

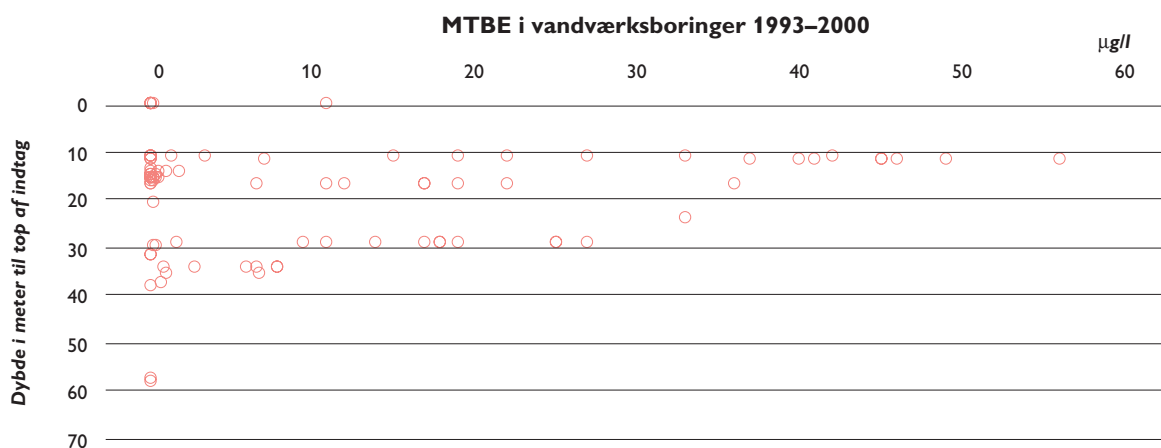
MTBE	Analyser antal	Analyser med fund ( $\geq 5$ µg/l) antal	Indtag med analyser antal	Indtag med fund ( $\geq 5$ µg/l) antal
1998	121	16 (3)	115	13 (2)
1999	57	29 (12)	42	15 (5)
2000	178	43 (25)	132	24 (8)
<b>1998-2000</b>	<b>356</b>	<b>88 (40)</b>	<b>238</b>	<b>38 (9)</b>

Tabel 4.11 Fund af MTBE i vandværksboringer i perioden 1998-2000.

På figur 4.6 vises for vandværksboringer med analyser (blå) og med fund (rød) for MTBE. På figur 4.7 ses koncentrationernes fordeling sammenholdt med dybden til top af indtag. medianværdien for dybden til top af indtag med fund er ca. 15 meter. For analyser uden fund er medianværdien ca. 28 meter.



Figur 4.6 Vandværksboringer med analyse for MTBE fra perioden 1993-2000 (238 indtag) og fund (38 indtag).



Figur 4.7 MTBE i vandværksboringer sammenholdt med dybde til top af indtag (80 indtag).

### Sammenhæng mellem fund af organiske mikroforureninger og redoxzoner

I de tilfælde, hvor redoxforholdene for boringen er kendt er data blevet undersøgt for at afsløre en eventuel inhomogen fordeling af fund mellem redoxzonerne. Denne statistiske analyse viser, at ikke alle stoffer er jævnt fordelt mellem redoxzonerne i den mættede zone, idet hyppige fund af visse organiske mikroforureninger kan henføres til en eller to redoxzoner. Eksempelvis er der mange fund af benzen i den reducerede zone (tabel 4.12).

Grundvands- overvågning	Fund	Oxisk	Anoxisk	Reduceret	Korrelation mellem redoxzone og koncentration af fund (tendens for koncentrationer gående fra oxisk mod reducerede forhold)
	antal	antal	antal	antal	
1,1,1-trichlorethan	28	17	8	3	
2,4-dichlorphenol	35	8	8	19	
Benzen	172	10	4	158	Øget
Organiske chlorerede forbindelser (AOX)	130	47	16	67	Faldende
Organiske chlorerede forbindelser (VOX)	96	44	10	42	Faldende
Chloroform	187	155	20	12	Faldende
Anioniske detergenter	1.627	357	129	1.141	
Xylen (M+P)	139	20	5	114	
Phenol	166	64	18	84	
Tetrachlorethen	46	17	13	16	
Tetrachlormethan	15	8	1	6	

Tabel 4.12 Sammenhænge mellem redoxforhold i grundvand og indtag med fund af organiske mikroforureninger i grundvandsovervågningen 1993-2000. For alle de viste stoffer er der signifikant forskel i forekomst af fund indenfor de tre redox-zoner (Kruskal-Wallis test, signifikansniveau 5%). Det er endvidere undersøgt, om der kunne påvises en tendens til korrelation mellem redoxzone (oxisk → anoxisk → reduceret zone) og koncentrationer i fundene (Kendall's Tau-b og Spearman test).



En sådan tendens til stor fundhyppighed indenfor en eller flere redoxzoner påvist for 11 stoffer (tabel 4.12, Kruskal-Wallis test, signifikansniveau 5%). For disse 11 stoffer, der viste tegn på forskelle i fordelingerne, blev det yderligere testet om der var korrelation mellem redox-zonerne og de koncentrationer som var fundet. I visse tilfælde kunne det påvises at koncentrationerne ikke var ens i de forskellige redoxzoner. F.eks. var der tendens til øgede koncentrationer af benzen i den reducerede zone.

De observerede forskelle i fundhyppigheder og koncentrationer kan skyldes flere forhold, eksempelvis alderen af forureningen, transporthastigheden og nedbrydningsforhold. De statistiske analyser stemmer overens med forskningsresultater der viser, at der kan være forskelle i nedbrydningen af stofferne under forskellige redoxforhold. Eksempelvis er det vist at benzen nedbrydes hurtigere under oxiske end reducerede forhold (Albrechtsen et al. 2000). Dette kan forklare at antallet af fund er relativt lavt i den oxiske og den anoxiske zone, ligesom en nedbrydning kan medføre lavere koncentrationer i de forureninger der forekommer i den oxiske og den anoxiske zone. Det modsatte er gældende for chlorerede forbindelser, der ofte nedbrydes under reducerede forhold, og dette kan forklare relative høje antal fund og koncentrationer i de ilt- og nitratrige magasiner.

### **Sammenfatning om organiske mikroforureninger**

Der er i grundvandsovervågningen i perioden 1993-2000 undersøgt knapt 7.000 vandprøver fra 1.083 indtag for organiske mikroforureninger. I 949 af de undersøgte indtag er der i perioden mindst en gang fundet én eller flere organiske mikroforureninger, svarende til at der er fund i 88 % af indtagene. De fleste stammer fra anioniske detergenter, men da analysemetoden er ikke specifik kan en del af disse resultater skyldes andre naturligt forekommende stoffer. Der er i landovervågningsoplandene undersøgt ca. 150 vandprøver fra 46 indtag. Der er fund i knapt 40 % af indtagene. I vandværksboringer er der udført godt 50.000 analyser miljøfremmede stoffer fra ca. 4.500 boringer. I knap 1/3 af boringerne er der fundet mindst et miljøfremmed stof, oftest anioniske detergenter. Fælles for langt de fleste fund er, at de er under grænseværdien for i drikkevand.

For stoffet MTBE er der i vandværksboringer i år 2000 udført 178 analyser repræsenterende 132 indtag heraf de 24 med fund. 8 af de 24 indtag indeholder MTBE i en koncentration over grænseværdien for drikkevand på 5 µg/l. Samlet for perioden 1998-2000 er der 40 analyser med fund over grænseværdien repræsenterende 9 indtag eller 4% af de undersøgte indtag. I grundvandsovervågningen er der i år 2000 udført 149 analyser, men der er ingen fund.

De anioniske detergenter tilhører den stofgruppe af organiske mikroforureninger, som er hyppigst fundet i grundvandsovervågningen. Den metode der anvendes til analysen for anioniske detergenter er dog ikke en specifik analysemetode. Koncentrationerne af de anioniske detergenter er opdelt på 3 grupper: < 10µg/l, 10-100µg/l og ≥ 100µg/l. Grænseværdien for drikkevand er 100 µg/l. Grænsen på 10 µg/l er blandt andet begrundet i at der ved den sidste interkalibrering var nogle laboratorier der havde vanskeligt ved at finde de korrekte indhold under 10 µg/l.

Der er ingen umiddelbare problemer med indholdet af anioniske detergenter i grundvandet. Kun i grundvandsovervågningen er der to fund af anioniske detergenter over grænseværdien for drikkevand på 100 µg/l og der er kun ganske få fund over 40 µg/l.

Der er behov for en specifik analysemetode for anioniske detergenter, således at det kan afgøres om de fund, der findes i stort tal i grundvandet, skyldes naturligt forekommende stoffer eller om de udelukkende stammer fra vaske- og rengøringsmidler etc.



# Pesticider og nedbrydningsprodukter

Dette afsnit er generelt udarbejdet på grundlag af analysedata fra perioden 1993 til 2000. Ved beregning af gennemsnit og ved kortfremstillinger er kun data fra perioden 1993-2000 anvendt, dels ud fra en formodning om at laboratorierne fra 1993 og frem er blevet bedre til pesticidanalyser, men især for ikke at påvirke fremstillingen med pesticidfund der er gjort før 1993 og som ikke siden er blevet verificeret.

I vandværksboringer er der kun gennemført få pesticidanalyser før 1993. I kapitlet indgår kun vandværksboringer hvor der i 1998-2000 er indvundet grundvand, som anvendes til drikkevand. Andre boringer, som omfatter vandværkernes egne overvågningsboringer, markvandingsboringer, afværgeboringer, nødforsyningsanlæg og andre boringer hvorom det ikke vides om der er indvundet grundvand til drikkevand, er samlet i en særskilt gruppe (bilag 5.4). Denne gruppe foreligger ikke i kvalitetssikret form og behandles ikke yderligere.

Der er i perioden 1993-2000 analyseret for ca. 200 pesticider og nedbrydningsprodukter i de tre dele af grundvandsovervågningen og ca. 75 er fundet. Ca. 45 pesticider og nedbrydningsprodukter blev fundet i koncentrationer over 0,1 µg/l, der er grænseværdien for indhold af pesticider eller disses nedbrydningsprodukter i drikkevand.

## Grundvandsovervågningen

Der er i grundvandsovervågningen i perioden 1993-2000 gennemført 6.341 analyser af grundvandsprøver udtaget fra 1.085 indtag i overvågningsboringer, tabel 5.1. De volumenmoniterende boringer er vandindvindingsboringer oftest med længere indtag.

Grundvandsovervågning 1993-2000	Analyser	Middeldybde til top af indtag	Indtag pr. amt
	antal	meter	antal
Københavns / Frederiksberg Kommune	149	17,6	24
Københavns Amt	328	36,8	61
Frederiksborg Amt	443	27,2	68
Roskilde Amt	375	21,7	52
Vestsjælland Amt	379	19,8	65
Storstrøms Amt	397	28,5	103
Bornholms Amt	133	18,5	25
Fyns Amt	838	33,9	88
Sønderjyllands Amt	526	24,4	103
Ribe Amt	316	35,6	83
Vejle Amt	406	26,5	78
Ringkjøbing Amt	308	31,9	59
Århus Amt	659	25,8	116
Viborg Amt	472	26,3	69
Nordjyllands Amt	612	26,5	91
<b>I alt i grundvandsovervågning</b>	<b>6.341</b>	<b>26,7</b>	<b>1.085</b>

Tabel 5.1 Analyserede vandprøver og indtag med pesticidanalyse og gennemsnitlige dybde til toppen af indtaget i grundvandsovervågningen 1993-2000, baseret på oplysninger indsendt af amterne til GEUS's grundvandsdatabase.

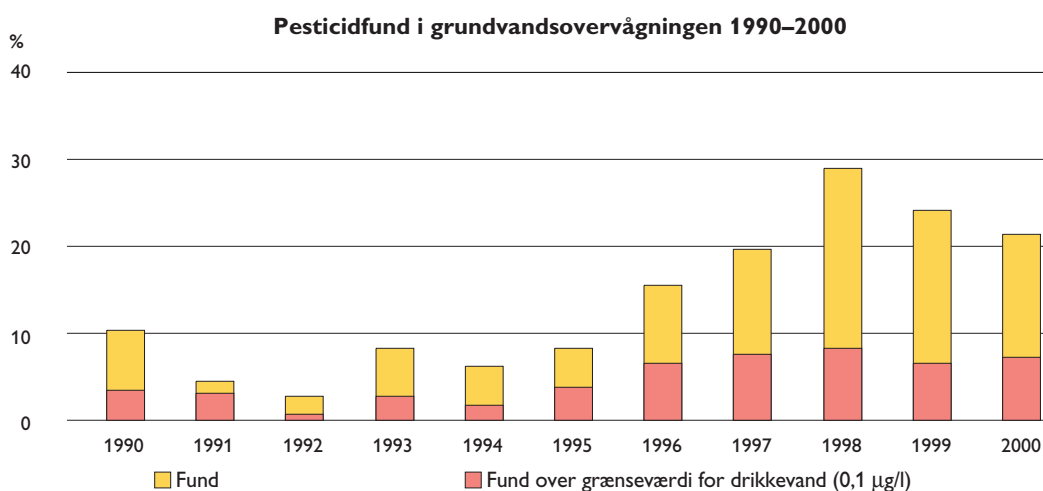
Den gennemsnitlige dybde til toppen af indtaget i de enkelte amter viser at indtagene i Københavns Amt, Fyns Amt, Ribe Amt og Ringkjøbing Amt ligger over 30 meter dybde i gennemsnit, mens de i gennemsnit højest placerede indtag findes i Vestsjællands Amt, Bornholms Amt og Københavns og Frederiksberg kommuner. De enkelte amter undersøger fra 1 til 6 grundvandsovervågningsoplande (GRUMO) og af tabellen fremgår hvor mange indtag der indtil 2000 er undersøgt for pesticider eller nedbrydningsprodukter.

Der er fundet 49 pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen, hvoraf ca. 20 er nedbrydningsprodukter, se bilag 5.1. Derudover er der fundet en række phenolforbindelser, som kan stamme fra nedbrydning af phenoxysyrer eller fra andet organisk stof. Disse stoffer er ikke medtaget i opgørelsen.

I perioden 1993-2000 er der en eller flere gange fundet et eller flere stoffer i 395 indtag ud af 1.085 undersøgte, svarende til 36%, og grænseværdien for indhold af et pesticid i drikkevand på 0,1 µg/l, er overskredet en eller flere gange i 12% af de undersøgte indtag (tabel 5.2). Andelen på 36 % af indtag der er forurenet med pesticider, svarer til det antal indtag som gennem perioden 1993-2000 har været i berøring med pesticidholdigt grundvand. De 36% kan således ses som den andel af indtag der for tiden er sårbare.

Grundvandsovervågning	Analyser	Indtag med analyse	Indtag med fund		Indtag med fund > 0,1 µg/l	
	antal	antal	antal	%	antal	%
Alle pesticider, 1993-2000	6.341	1.085	395	36	133	12,3
Alle pesticider, 2000	877	816	188	21,4	60	6,8

Tabel 5.2 Oversigt over gennemførte analyser for pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen 1993-2000. "Alle pesticider, 1993-2000" omfatter alle analyser for pesticider og nedbrydningsprodukter. "Alle pesticider, 2000" omfatter kun analysedata fra 2000, rapporteret til GEUS i 2001 (se også figur 5.1).



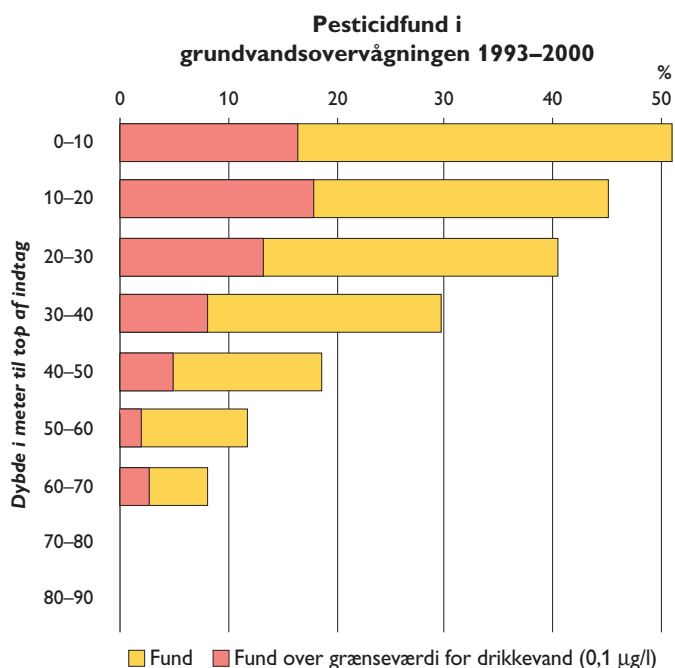
Figur 5.1 Indtag med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen 1990-2000

Det fremgår af figur 5.1, at antallet af indtag med fund i perioden 1993-1995 ligger lidt under 10% pr. år, men stiger til næsten 30% i 1998 for så at falde til ca. 21% i 2000. Det stigende

antal fund af pesticider i grundvandsovervågningen i perioden frem til 1998 afspejler også at grundvandet i denne periode er blevet analyseret for stadig flere pesticider og nedbrydningsprodukter. Antallet af indtag med overskridelse af grænseværdien har været næsten konstant i perioden 1996-2000. I grundvandsovervågningen er der fra 1998 til 2000 sket et fald i antallet af indtag med pesticider. Denne faldende tendens skyldes at en række af de mest hyppigt fundne stoffer findes mindre hyppigt, f.eks. 2,6-dichlorbenzamid (BAM) som i perioden 1995 til 2000 er fundet med en stadig mindre hyppighed (fra 24,2% i 1995 til 13,8% i 2000). Dichlorprop, atrazin og simazin er fundet lidt mindre hyppigt end året før, mens mechlorprop er fundet lidt hyppigere.

Den dybdemæssige fordeling af pesticidfund (figur 5.2) viser, at der i perioden 1993-2000 er fundet pesticider i ca. 50% af indtagene i dybdeintervallet 0-10 meter under terræn, og at grænseværdien var overskredet i 16% af disse indtag. Fundhyppigheden aftager med dybden, men der er også fundet pesticider i større dybder men disse er ikke medtaget i figur 5.2 da der kun er undersøgt ganske få indtag i dybder større end 100 meter (11 indtag analyseret med 3 fund). De hyppige fund i det højtliggende grundvand skyldes især forekomsten af BAM og nedbrydningsprodukter fra triaziner og phenoxysyrer.

Opgøres antal indtag med fund for året 2000 alene, ses samme tendens, men dog med en noget mindre fundhyppighed. Figur 5.2 giver et klart indtryk, af at det sårbare grundvand særligt ligger tæt ved terræn, men også at der findes en meget høj grad af forurening selv i mere end 30 meters dybde.



Figur 5.2 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen fra forskellige dybdeintervaller for perioden 1993 – 2000 , opgjort som indtag med fund og indtag med fund over grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l. Det yngste vand findes fortrinsvis i intervallet 0-10 meter under terræn, hvor antallet af indtag med fund er mere end 50% for perioden 1993-2000. Der forekommer også enkelte fund af pesticider og nedbrydningsprodukter under 70 meters dybde, men da der kun er analyseret få indtag er disse udeladt.

Nedbrydningsprodukterne deethyldeisopropyl-, deethyl-, deisopropyl- og hydroxyatrazin fra triaziner er fundet hyppigt i grundvandet (tabel 5.3). De mange fund af deethylisopropylatrazin på henholdsvis 6,2% og heraf 2,1% over grænseværdien for drikkevand er repræsentative, da der nu er analyseret vandprøver fra mere end 800 indtag. Det fremgår af tabellen at nedbrydningsprodukterne fra triaziner er fundet lige så hyppigt som moderstofferne.

Nedbrydningsproduktet BAM er fundet hyppigst i grundvandsovervågningen med 18,3% og heraf 6,4% over grænseværdien. BAM er et nedbrydningsprodukt, som stammer fra nedbrydning af herbiciderne dichlobenil (Prefix og Casoron G) og chlorthiamid (Casoron). Chlorthiamid nedbrydes i jord til dichlobenil, som igen ved mikrobiel aktivitet nedbrydes til BAM (2,6-dichlorbenzamid) og til 2,6-dichlorbenzoesyre, som er fundet i 3 ud af 66 undersøgte indtag svarende til 4,5%. Chlorthiamids opløselighed i vand er ca. 950 mg/l, mens dichlobenils opløselighed er 14,6 mg/l. Den langt større opløselighed og en halveringstid i jord på 14-35 døgn betyder, at der formodentlig har været en risiko for udvaskning af høje koncentrationer af moderstoffet, som nedbrydes til bl.a. dichlobenil og BAM.

Dichlobenil har været anvendt som granulat ved bekæmpelse af ukrudt på udyrkede arealer, især i bymæssig bebyggelse, på gårdspladser, i plantager og under prydræer og prydbuske i doseringer op til 400 kg/ha med 6,75% aktivstof, svarende til 27 kg aktivstof/ha. Dichlobenil blev anvendt sidste gang i Danmark i 1997, hvor Miljøstyrelsen forbød anvendelse af stoffet. Figur 5.3 viser udviklingen i BAM koncentrationer i perioden 1995-2000. Faldet i medianværdien for BAM i grundvand skyldes antagelig det stigende antal undersøgelser for BAM i boringer der har været mindre udsatte.

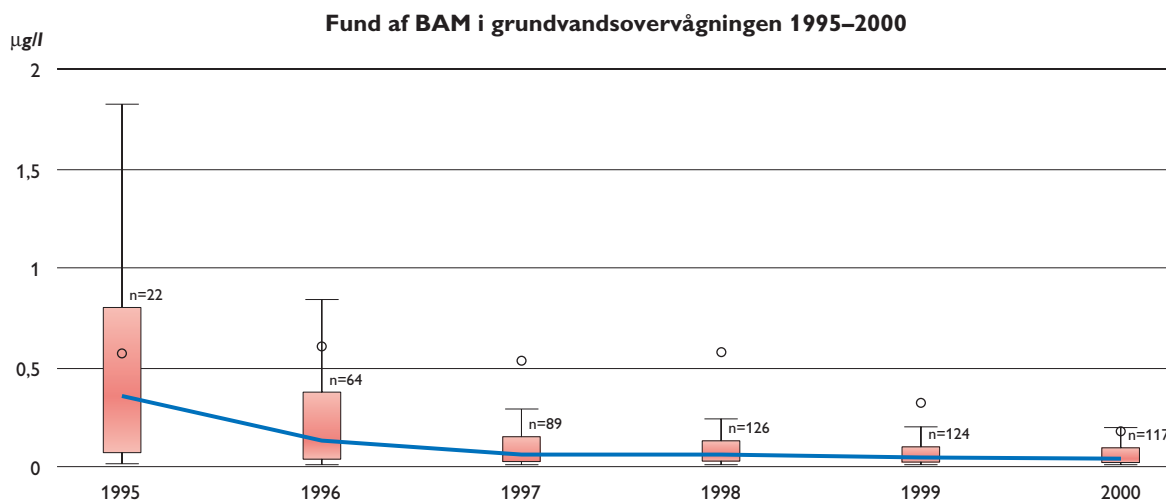
Grundvandsovervågning 1993-2000	Analyser	Indtag med analyse	Indtag med fund		Indtag med fund > 0,1µg/l	
	antal	antal	antal	%	antal	%
Atrazin	5.667	1.076	53	4,9	11	1,0
Deethylisopropylatrazin	1.599	838	52	6,2	18	2,1
Deisopropylatrazin	3.334	982	57	5,8	12	1,2
Desethylatrazin	3.359	982	56	5,7	9	0,9
Hydroxyatrazin,	2.662	917	20	2,2	2	0,2
Bentazon	3.362	983	37	3,8	9	0,9
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	3.514	992	182	18,3	63	6,4
Dichlorprop	5.668	1.076	38	3,5	7	0,7
Mechlorprop	5.665	1.076	30	2,8	6	0,6
Simazin	5.659	1.076	23	2,1	4	0,4

*Tabel 5.3 De 10 hyppigst fundne stoffer i grundvandsovervågningen fra 1993-2000. Der er kun medtaget stoffer som er analyseret i mere end 100 indtag. Se også bilag 5.1 for oversigt over alle analyserede stoffer i perioden 1993-2000, hvor også bl.a. mediankoncentrationer er beregnet. 4-nitrophenol er fundet i 4% af 829 undersøgte indtag. Stoffet er udeladt i tabellen, da 4-nitrophenol ud over at være et omdannelsesprodukt fra parathion også kan stamme fra nedbrydning af andet materiale.*

Bentazon er fundet i 3,8% af de undersøgte indtag, hvoraf 0,9% var over grænseværdien for drikkevand. Der er analyseret for glyphosat i 849 indtag med fund af stoffet i 6 boringer, mens der er fundet AMPA i 13 indtag ud af 848 analyserede. Bilag 5.1.

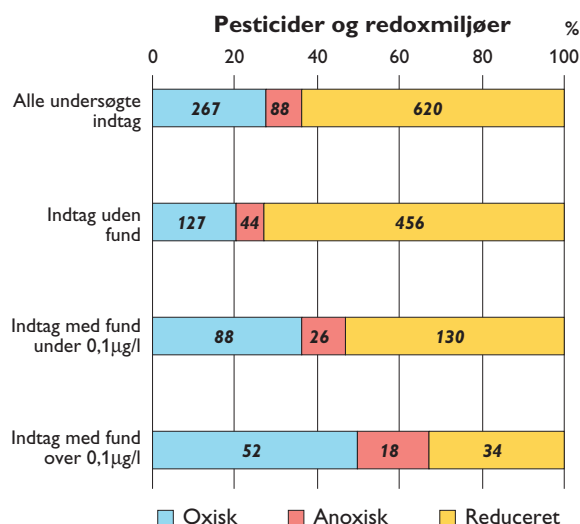
Den relative forekomst af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen, beregnet på grundlag af data i bilag 5.1, viser at gruppen "triaziner og nedbrydningsprodukter"

og gruppen "BAM og moderstoffer" forekommer hyppigst, mens gruppen "phenoxyrter og nedbrydningsprodukter" også forekommer hyppigt. Vurderes hyppigheden af stofferne, hvor de er fundet over grænseværdien for drikkevand ses, at gruppen "BAM og moderstoffer" er på størrelse med gruppen "triaziner og nedbrydningsprodukter"



Figur 5.3 Fund af 2,6 dichlorbenzamid (BAM) i grundvandsovervågningen i perioden 1995-2000.

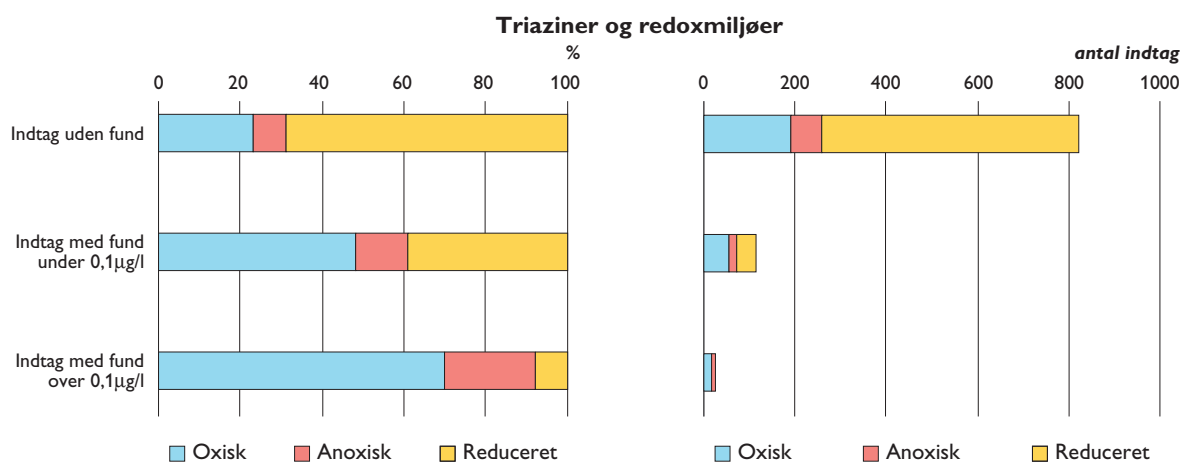
Alle indtag analyseret for pesticider, uden fund af pesticider og med fund af pesticider henholdsvis over og under grænseværdien for drikkevand er fordelt på de tre redoxzoner, oxisk, anoxisk og reducerende zone (figur 5.4). Af figuren fremgår, at pesticider set som en stofgruppe er fundet hyppigst i iltrigt grundvand, hvilket skyldes at iltet grundvand i langt overvejende grad er højtliggende og ungt grundvand (se også figur 5.2).



Figur 5.4 Forekomst af pesticider i forskellige redox miljøer i grundvandsovervågningen i perioden 1993-2000. De 4 kategorier: "Alle analyserede indtag", "Indtag uden fund", "Fund i koncentration under 0,1 µg/l" og "Fund ≥0,1 µg/l" er fordelt i tre redoxmiljøer. Tallene i bjælkerne viser antal indtag.

For de analyserede pesticider og nedbrydningsprodukter er der gennemført en sammenlignende statistisk test (Kruskal-Wallis test, signifikansniveau 5%) som viser, at følgende stoffer ikke har en jævn fordeling af fundkoncentrationer indenfor de tre redoxzoner: 2,6-dichlorbenzamid (BAM), atrazin, deethylatrazin, deisopropylatrazin, hydroxyatrazin, bentazon, dichlorprop, MCPA, terbuthylazin. F.eks. dominerer de nævnte phenoxysyrer med hensyn til høje koncentrationer i den reducerede zone, mens triazinerne dominerer i den oxiske zone.

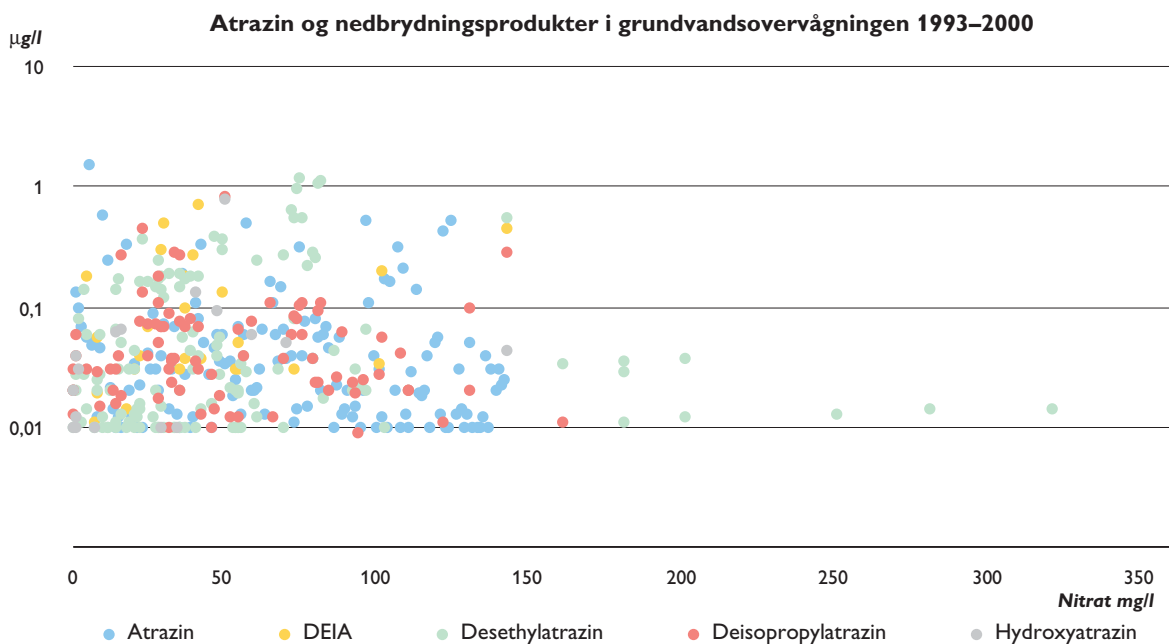
Opgøres fordelingen af antal fund af triaziner og triazin-nedbrydningsprodukter i de tre redoxgrupper (figur 5.5) ses en klar overrepræsentation i de iltrige miljøer. Dette skyldes formodentlig at netop disse stoffer kun nedbrydes langsomt i iltrigt grundvand, og at disse stoffer derfor dominerer i de højtliggende grundvandsmagasiner. Figur 5.6 viser forekomsten af atrazin og fire triazin-nedbrydningsprodukter i forhold til nitratindholdet i de samme indtag. Der fremgår klart at triazinerne forekommer i grundvand med endog meget høje nitratkoncentrationer, og at der ikke er noget klart fordelingsmønster. Dog forekommer atrazin og deethylatrazin tilsyneladende hyppigst i grundvand med et højt indhold af nitrat.



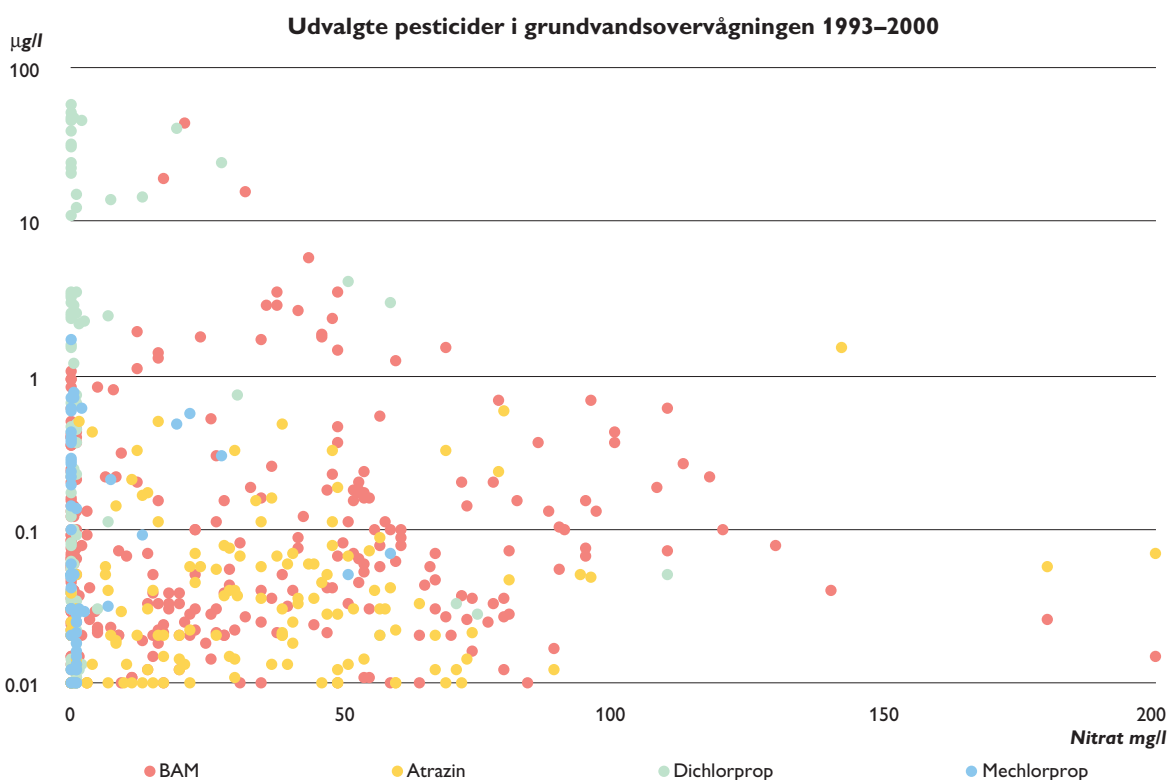
Figur 5.5 Forekomst af triaziner og triazin nedbrydningsprodukter i forskellige redox miljøer. De 4 kategorier: "Alle analyserede indtag", "Indtag uden fund", "Fund i koncentrationsintervallet 0,01-0,1µg/l" og "Fund  $\geq 0,1\mu\text{g/l}$ " er fordelt i tre redoxmiljøer. Indtag analyseret for pesticider i perioden 1993-2000.

Sammenholdes forekomsten af de to phenoxysyrer dichlorprop og mechlorprop med forekomsten af BAM og atrazin i nitratholdigt grundvand (figur 5.7), ses en markant fordeling, hvor phenoxysyrerne forekommer i nitratfrit grundvand, mens atrazin og BAM også forekommer i nitratholdigt iltet vand. Dette stemmer godt overens med fordelingen af stofferne på landsplan, hvor phenoxysyrer særligt forekommer i magasiner underlejret lerede sedimenter i "Østdanske" oplande. BAM og atrazin forekommer også i de sandede iltede grundvandsmagasiner med frit vandspejl i "Vestdanske" oplande. I de iltede og sandede magasiner når phenoxysyrerne formodentligt sjældent grundvandet før de omsættes i den umættede zone. Hvis phenoxysyrerne når iltrigt grundvand omsættes phenoxysyrerne formodentlig hurtigt i grundvandsmagasinerne, mens de fleste phenoxysyrer ved transport til iltfrie grundvandsmagasiner gennem f.eks. sprækker og andre makroporer tilsyneladende kun nedbrydes langsomt i disse iltfrie grundvandsmiljøer.





Figur 5.6 Atrazin og fire nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen fra perioden 1993-2000. Koncentration af de 5 stoffer sammenlignes med indholdet af nitrat i samme indtag, hvorfra vandprøven med fund er udtaget.



Figur 5.7 Atrazin, BAM, mechlorprop og dichlorprop i grundvandsovervågningen fra perioden 1993-2000 sammenlignet med indholdet af nitrat i de samme indtag.

Langt hovedparten af de pesticidpåvirkede indtag er sat i grundvand fra perioden efter 1945. Den relative andel af indtag med fund af pesticider over grænseværdien falder med stigende alder. Dette kan tolkes som at pesticiderne omsættes eller fortyndes under transporten gennem grundvandsmagasinerne. Sammenholdes det samlede forbrug af pesticider ses, at den maksimale påvirkning af de indtag som undersøges i grundvandet skete i midten af 1980'erne, for så vidt den solgte mængde kan sammenholdes med påvirkningen af grundvandet. Mange af de kendte mobile og grundvandstruende pesticider er blevet forbudt af Miljøstyrelsen i løbet af 1990'erne.

## Landovervågningen

Der er fundet ca. 35 pesticider og nedbrydningsprodukter ud af ca. 85 analyserede stoffer i de fem undersøgte landovervågningsoplande (LOOP). I perioden 1993-1999 er der gennemført 976 analyser af vandprøver, heraf er 311 med fund af pesticider, og 60 fund  $\geq 0,1\mu\text{g/l}$ .

Vandprøverne er udtaget fra 122 indtag der er placeret i højtliggende ungt grundvand, og der er en eller flere gange påvist pesticider eller nedbrydningsprodukter i 74 indtag svarende til ca. 60 % af de undersøgte indtag. Grænseværdien er overskredet én eller flere gange i 25 indtag svarende til ca. 20% (tabel 5.4).

Landovervågning 1993-2000	Analyser	Indtag med analyse	Indtag med fund	
			antal	%
1993	44	38	4	11
1994	129	57	24	42
1995	131	63	34	54
1996	93	48	16	33
1997	96	58	12	21
1998	194	48	19	40
1999	188	52	29	56
2000	98	40	17	43
<b>1993-2000</b>	<b>973</b>	<b>122</b>	<b>74</b>	<b>60</b>

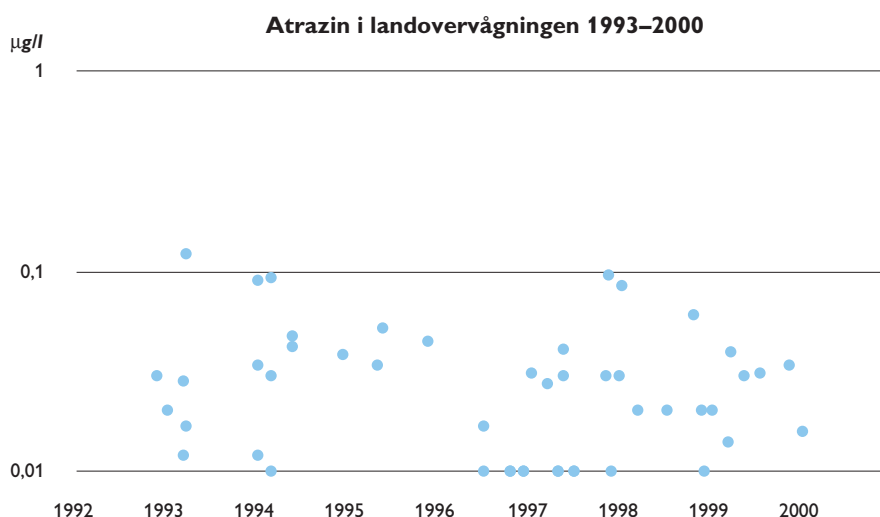
Tabel 5.4 Antal analyser pr år, undersøgte indtag og indtag med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i pr. år landovervågningen 1993-2000.

I 2000 blev der udtaget 98 vandprøver fra 40 grundvandsindtag. I 17 af disse indtag blev der fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter, svarende til 43%. Grænseværdien var overskredet en eller flere gange i 4 indtag svarende til 10%. Tabel 5.4 viser at forureningsgraden i landovervågningsoplandene svinger meget fra år til år. Da grundvandsprøverne fra landovervågningsoplandene alle er udtaget fra højtliggende og relativt ungt grundvand er det den aktuelle brug af pesticider og de klimatiske forhold som nedbørsfordeling som præger omsætningen af pesticider og nedbrydningsprodukter.

Det er især triaziner og nedbrydningsprodukter, som er fundet hyppigt i landovervågningen (tabel 5.5 og bilag 5.2). De mange fund af deethylisopropylatrazin er overraskende, da der hverken i grundvandsovervågningen eller i vandværksboringer er fundet tilsvarende høje forekomster (henholdsvis 6,2% og 2,4%). De relativ få fund i grundvandsovervågningen og i vandværksboringer kan måske skyldes, at stoffet omsættes under transport ned gennem grundvandsmagasinerne eller at stoffet forekommer særligt hyppigt under landbrugsmæssigt drevne områder, hvor moderstofferne anvendes hyppigere end i byområder. Bentazon er fundet hyppigt, men kun i ét tilfælde i koncentrationer over grænseværdien for drikkevand.

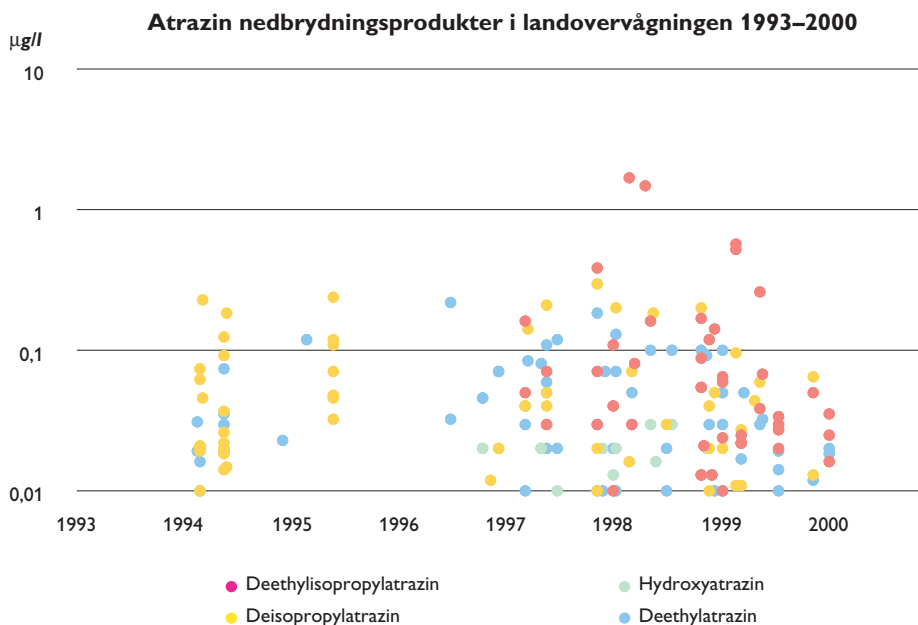
Landovervågning 1993-2000	Analyser	Indtag med analyse	Indtag med fund		Indtag med fund >0,1 µg/l	
	antal	antal	antal	%	antal	%
AMPA	257	46	8	17,4	4	8,7
Atrazin	833	109	8	7,3	1	0,9
Deethylisopropylatrazin	176	31	13	41,9	4	12,9
Desethylatrazin	554	91	15	16,5	2	2,2
Desisopropylatrazin	531	85	19	22,4	6	7,1
Hydroxyatrazin	397	67	4	6,0		
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	465	81	6	7,4	1	1,2
Bentazon	600	94	19	20,2	1	1,1
2,4-D	790	102	5	4,9	1	1,0
2,4-dichlorphenol	147	46	3	6,5		
Dichlorprop	825	109	8	7,3		
DNOC	821	109	5	4,6		
Glyphosat	260	46	8	17,4	6	13,0
Hexazinon	478	67	3	4,5		
Isoproturon	618	94	9	9,6	3	3,2
MCPA	825	109	10	9,2		
Mechlorprop	821	109	12	11,0		
Metamitron	513	85	10	11,8		
Desethylterbutylazin	230	46	3	6,5	1	2,2

Tabel 5.5 De 19 hyppigst fundne stoffer i landovervågningen fra perioden 1993-2000. Der er kun medtaget stoffer som er analyseret i mere end 20 grundvandsindtag. Se også bilag 5.2 for oplysninger om andre stoffer og om median koncentrationer. 4-nitrophenol er fundet i 21,4% af 42 undersøgte indtag. Stoffet er udeladt i tabellen, da 4-nitrophenol ud over at være et omdannelsesprodukt fra parathion også kan stamme fra nedbrydning af andet materiale.



Figur 5.8 Fund af atrazin i landovervågningen i perioden 1993-2000.

Atrazin blev sidste gang anvendt lovligt i Danmark i 1994. Alligevel bliver atrazin fundet i stort set samme omfang og i samme koncentrationer i landovervågningen (figur 5.8). Det skønnes at der i rodzonen må være opbygget en pulje af stoffet som langsomt frigives. Tilsvarende findes der gennem hele perioden forskellige nedbrydningsprodukter fra triaziner (figur 5.9). Denne gruppe viser snarere en svag tendens til stigning i koncentrationer og hyppighed med hensyn til antal analyser med fund gennem perioden.



Figur 5.9 Fund af triazin nedbrydningsprodukter i landovervågningsoplandene i perioden 1993-2000.

Glyphosat og AMPA er fundet ved Lillebæk på Fyns Amt samt i mindre grad i andre landovervågningsoplande (bilag 5.2). Ved en undersøgelsen ved Lillebæk hvor der blev fundet glyphosat og AMPA i både grundvand og vandløbsvand konkluderede Nilsson et al (2000), at glyphosat og AMPA blev udvasket i koncentrationer op til 2,6 µg/l ved transport gennem sprækker i moræneler. Et tracerforsøg med bromid viste, at bromid blev transporteret til 5 meters dybde ved naturlig spredning gennem sprækkesystemer på 2-3 uger, mens bromid blev påvist i drænsystemet i løbet af få timer. Udvasningen af glyphosat og AMPA ved Lillebæk skete i en periode med kraftige nedbørshændelser efter at glyphosat var blevet anvendt på en stubmark efter høst.

De seneste resultater fra ”Varslingssystem for Pesticider” viser, at glyphosat og AMPA er udvasket gennem moræneler efter regelret anvendelse på en forsøgsmark ved Estrup i Jylland, hvor glyphosat blev anvendt om efteråret i den godkendte dosis (Lindhardt et. al. 2001). I drænvandet, som er det øverste grundvand, er der målt en gennemsnitskoncentration af glyphosat på 0,54 µg/l, og en koncentration af AMPA på 0,17 µg/l. Den højeste målte koncentration af glyphosat er på 2,0 µg/l. Det er væsentligt over den gennemsnitsgrænse på 0,1 µg/l for udvaskning fra rodzonen, der anvendes ved godkendelsen af stoffet. Glyphosat blev anvendt på marken i midten af oktober 2000 efter høst, som et led i den normale dyrkningspraksis. I slutningen af oktober blev glyphosat og AMPA fundet i drænvandet fra marken, og tilstedeværelsen af stofferne kunne måles i alle prøver frem til maj 2001, hvor vandet holdt op med at løbe i dræne. Klimatisk var 2000 et normalt år, hvor nedbøren på marken lå tæt på det normale.

Fundet af glyphosat og AMPA ved Estrup ligner i overraskende grad fundet af glyphosat og AMPA ved Lillebæk, og det må derfor konkluderes, at glyphosat og AMPA kan udvaskes på opsprækket lerjord, når moderstoffet anvendes på stubmark i efterårsperioden.

Den relative forekomst af pesticider og nedbrydningsprodukter i landovervågningen viser, at gruppen ”triaziner og nedbrydningsprodukter” forekommer hyppigst, mens grupperne ”phenoxysyrer og nedbrydningsprodukter” og ”glyphosat og nedbrydningsprodukter” forekommer omtrent lige hyppigt. I modsætning til i grundvandsovervågningen er BAM fundet relativt sjældent i landovervågningen, hvilket skyldes, at de installerede indtag under markerne i landovervågningen kun i ringe grad er påvirket af pesticidanvendelse langs veje og på gårdspladser m.m.

Opgøres fundene af pesticider og nedbrydningsprodukter efter anvendelsesformål kan det konstateres at herbicider er dominerende, og at fungicider og insekticider kun findes i ringe omfang. Der er kun fundet herbicider og i mindre grad fungicider over grænseværdien for drikkevand.

## Vandværksboringer

Vandværkerne har gennemført 13.971 analyser i perioden 1993-2000. De analyserede vandprøver er udtaget fra 6.105 boringer (tabel 5.6).

Vandværksboringer 1993-2000	Analyser	Middeldybde til top af indtag	Middeldybde til bund af indtag
	antal	meter	meter
Københavns / Frederiksberg Kommune	1	-	-
Københavns Amt	648	24,1	40,0
Frederiksborg Amt	467	40,1	58,3
Roskilde Amt	836	26,5	46,0
Vestsjælland Amt	1.144	34,5	44,8
Storstrøms Amt	856	34,3	51,5
Bornholms Amt	124	23,1	46,4
Fyns Amt	2.556	30,6	38,7
Sønderjyllands Amt	1.054	38,8	46,2
Ribe Amt	576	48,9	62,0
Vejle Amt	513	41,7	50,4
Ringkjøbing Amt	466	60,6	72,1
Århus Amt	2.796	40,6	54,2
Viborg Amt	633	35,4	43,6
Nordjyllands Amt	1.241	38,2	52,7
Uden amtskode	60	-	-
<b>I alt i Danmark</b>	<b>13.979</b>	----	----

Tabel 5.6 Pesticid- og nedbrydningsproduktanalyser fra vandværksboringer 1993-2000. Tabellen er baseret på data indsendt til GEUS. Der foreligger oplysninger om dybde til top og bund af indtag for 5.197 af de 6.105 undersøgte boringer.

Der er fundet 53 pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer, heraf 27 stoffer en eller flere gange over grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l. Der er også fundet andre stoffer, bl.a. phenolforbindelser, som kan stamme fra nedbrydning af bl.a. phenoxysyrerne, men som også kan stamme fra nedbrydning af naturligt organisk materiale eller fra forurenede

grunde. Disse er ikke medtaget ved databearbejdningen. Der forekommer analyseresultater fra små 200 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter.

I vandværksboringer er der i 1993-2000 en eller flere gange fundet pesticider i 1.609 boringer ud af de 6.105 undersøgte. Det svarer til 26,3% af de undersøgte boringer (tabel 5.7 og 5.8, figur 5.10 og bilag 5.3). Grænseværdien for drikkevand på 0,1µg/l er overskredet i 588 boringer, svarende til 10,4% af de undersøgte boringer.

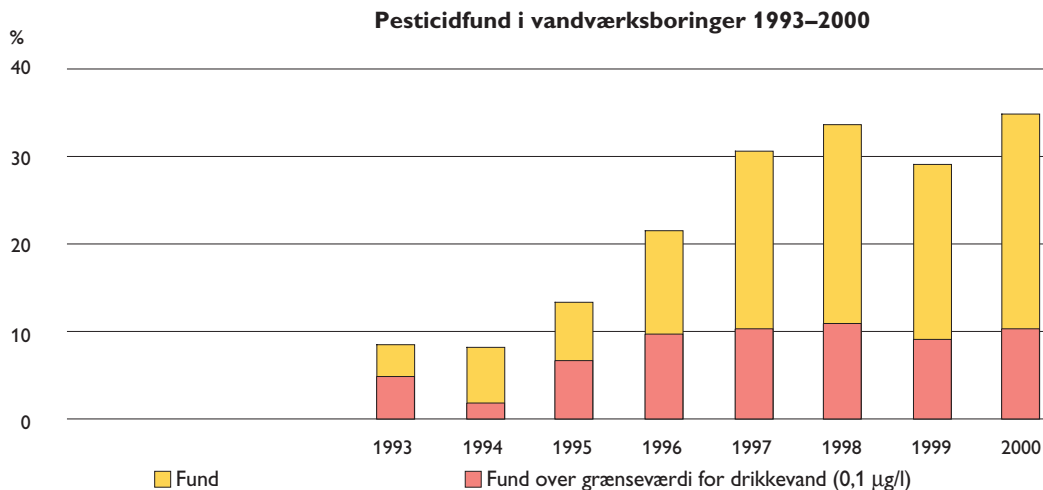
I 2000 blev der fundet et eller flere pesticider, en eller flere gange, i 34,8 % af de undersøgte vandværksboringer, mens grænseværdien var overskredet i 10,4% af de undersøgte boringer (tabel 5.7). Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer er steget gennem perioden 1993-2000, bortset fra et svagt fald fra 1998 til 1999. Denne udvikling med stigende antal fund kan skyldes en stigende forureningsgrad kombineret med, at indvindingsboringerne gennem perioden er blevet undersøgt for et stigende antal stoffer, samt at vandværkerne formodentlig analyserer forurenede boringer hyppigere. Det må ligeledes antages at der fortsat findes nye forurenede boringer, idet det må forventes at vandværkerne har lukket mange af de tidligere konstaterede pesticidforurenede boringer.

Vandværksboringer	Analysér	Boringer med analyse	Boringer med fund		Boringer med fund > 0,1µg/l	
	antal	antal	antal	%	antal	%
Alle pesticider, 1993-2000	13.971	6.105	1.609	26,3	588	9,6
2000, alle pesticider	2.496	1.846	644	34,8	192	10,4

Tabel 5.7 Samlet antal analyser, analyserede boringer, boringer med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter, boringer med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter over grænseværdien på 0,1 µg/l og fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer fra perioden 1993-2000.

Vandværksboringer 1993-2000	Analysér	Boringer med analyse	Boringer med fund		Boringer med fund > 0,1µg/l	
	antal	antal	antal	%	antal	%
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	8.972	4.956	1.206	24,3	471	9,5
Atrazin	10.639	5.979	248	4,1	43	0,7
Desethylatrazin	6.224	4.517	161	3,6	22	0,5
Simazin	10.577	5.992	133	2,2	9	0,2
Desisopropylatrazin	6.054	4.434	128	2,9	6	0,1
Mechlorprop	10.637	5.994	126	2,1	17	0,3
Dichlorprop	10.679	5.993	114	1,9	22	0,4
Bentazon	6.224	4.522	91	2,0	13	0,3
Hexazinon	6.408	4.614	80	1,7	12	0,3
MCPA	10.500	5.993	35	0,6	6	0,1
Pendimethalin	5.778	4.374	34	0,8	1	0,0
Hydroxyatrazin	4.449	3.522	31	0,9	3	0,1
Dichlobenil	5.625	4.154	31	0,7	2	0,0
Isoproturon	5.946	4.428	24	0,5	2	0,0
Diuron	3.191	2.515	15	0,6	2	0,1

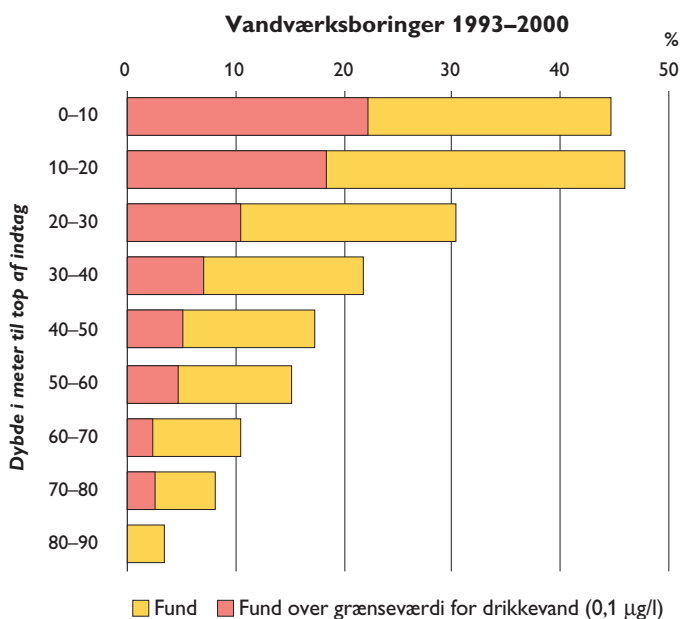
Tabel 5.8 De 15 hyppigst fundne stoffer ved vandværksboringer, 1993-2000. Sorteret efter faldende antal fund. Der er kun medtaget stoffer som er analyseret i mere end 500 boringer.



Figur 5.10 Fund af pesticider i vandværkernes indvindingsboringer i perioden 1993-2000.

Sammenlignes analyser fra perioden 1993-2000 findes kun oplysninger om 30 boringer som er analyseret hvert år i hele perioden. Sammenlignes de sidste fire år, 1997-2000, er der i 2000 fundet pesticider i 183 boringer, mens der i 1997 er fundet pesticider i ca. 100 af disse 183 boringer. Der må konkluderes, at der ikke eksisterer tilstrækkelig konsistente analysedata i vandværksboringer til at gennemføre en vurdering af udviklingen indenfor samme gruppe boringer.

Fordelingen af pesticidfund i forhold til dybde (figur 5.11), viser at ca. 45% af de undersøgte boringer i intervallet 0-20 meter under terræn inderholder et eller flere pesticider eller nedbrydningsprodukter.



Figur 5.11 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer 1993-2000. Der forekommer også enkelte fund af pesticider og nedbrydningsprodukter under 90 meters dybde, som er udeladt af figuren.

Grænseværdien var overskredet i mindst én vandprøve i ca. 20% af boringerne i intervallet 0-20 meter under terræn. Antallet af fundene falder med dybden, men selv i boringer som indvinder grundvand i intervallet 60-70 meter under terræn er der fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 10% af de undersøgte boringer. Da der er tale om en opgørelse som omfatter hele perioden viser figur 5.11 i hvilket omfang de undersøgte vandværksboringer er sårbare overfor pesticidforurening.

BAM er fundet hyppigst i vandværksboringer. Stoffet er fundet i ca. 24% af de undersøgte boringer, og i ca. 10 % af boringerne med mindst én overskridelse af grænseværdien for drikkevand.

Blandt de "gamle" pesticider er det især atrazin der forekommer hyppigt (4,1%), mens to af phenoxysyrerne dichlorprop og mechlorprop er fundet omtrent lige hyppigt (1,9 og 2,1%). Overskridelser af grænseværdien ligger for alle stoffer på nær BAM under én procent (tabel 5.8 og bilag 5.3).

Der foreligger nu analyser for fem nedbrydningsprodukter, som kan stamme fra nedbrydning af triaziner som f.eks. atrazin, terbuthylazin og simazin. Deethylisopropyl-, deethyl-, deisopropyl-, hydroxyatrazin og hydroxyterbuthylazin forekommer i op til ca. 4% af de undersøgte boringer.

Ethylenthiourea, ETU, et nedbrydningsprodukt som kan stamme fra nedbrydning af en række svampemidler som maneb og mancozeb er kun fundet i to boringer.

Glyphosat og AMPA er fundet i én ud af små 200 analyserede vandindvindingsboringer.

Den relative forekomst af forskellige pesticider og disses nedbrydningsprodukter viser, at gruppen "BAM og moderstoffer" forekommer hyppigst, mens gruppen "triaziner og nedbrydningsprodukter" og gruppen "phenoxysyrer og nedbrydningsprodukter" forekommer i omtrent lige stor mængde. Vurderes på samme måde fund  $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$ , ses at "BAM og moderstoffer" er den stofgruppe, som udgør langt de fleste fund.

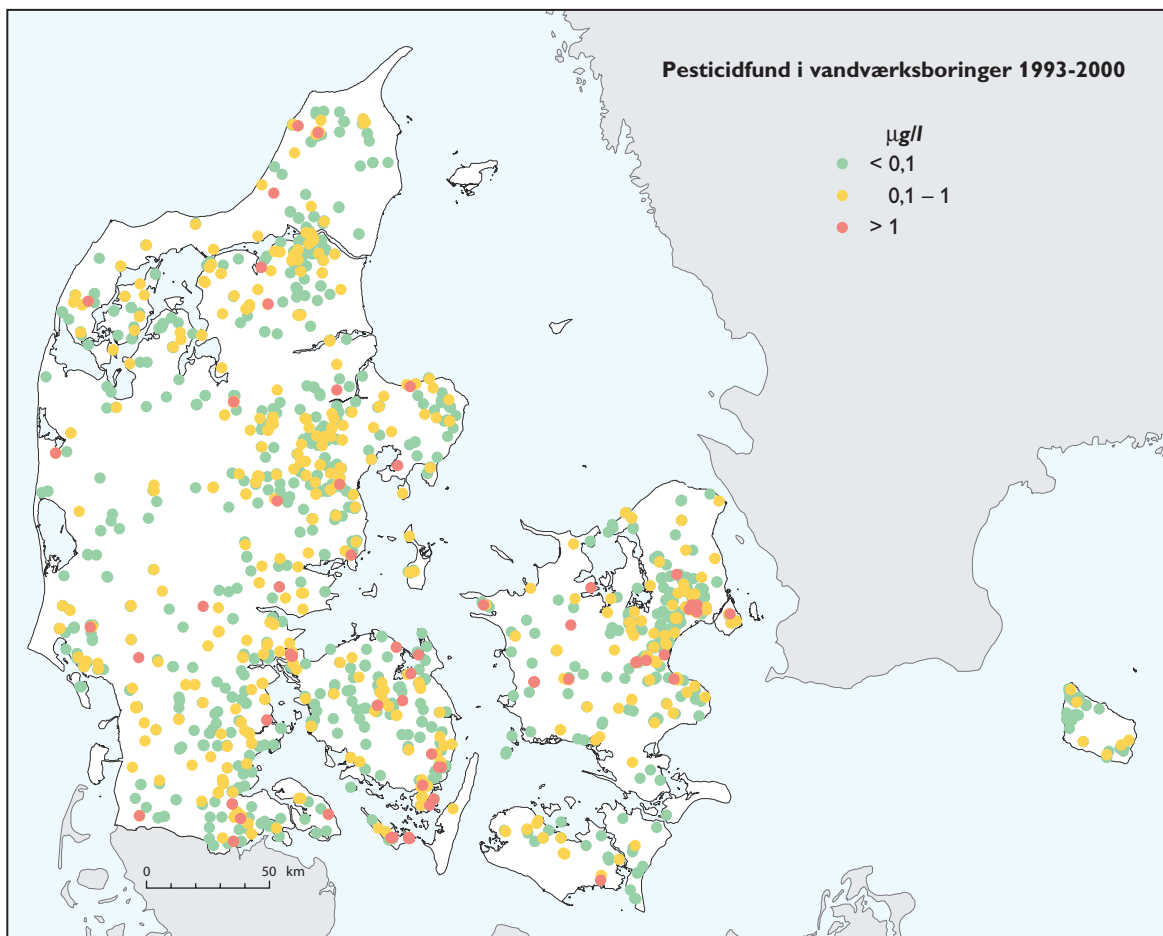
Vurderes fund af pesticider og nedbrydningsprodukter efter anvendelsesformål kan det konstateres, at det i overvejende grad er herbicider som dominerer fundmønstret i vandværksboringer, men at der også findes både fungicider, insekticider samt stoffer som kan stamme fra træbeskyttelse. Medtages kun fund  $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$  indtager herbiciderne en helt dominerende rolle, men de andre typer er også repræsenterede.

På kortet, figur 5.12, ses, hvor de undersøgte boringer er placeret og hvor der er fund af pesticider og nedbrydningsprodukter. Der foreligger dog ikke oplysninger om koordinater for alle boringer. Af figuren fremgår, at der især er fundet mange pesticider og nedbrydningsprodukter ved de større byer, og at der tilsyneladende er en overrepræsentation af fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i lerede områder. F.eks. er der kun fundet få pesticider og nedbrydningsprodukter på de sandede jyske hedesletter og på de marine sletter i Nordjylland.

Dette stemmer godt overens med sammenstillingen af analysedata i afsnittet om grundvandsovervågning, som viser at en række pesticider og nedbrydningsprodukter tilsyneladende er stabile i iltfattige grundvandsmiljøer, og at pesticider og nedbrydningsprodukter hurtigt kan transporteres til disse grundvandsmiljøer ved præferentiel strømning gennem f.eks. sprækker. Desuden viser amternes analyser af vandløbsprøver også, at der netop i de lerede og drænedede oplande findes mange pesticider og nedbrydningsprodukter.

I modsætning hertil er de sandede oplande, hvor der oftest kun findes triaziner og nedbrydningsprodukter heraf samt BAM i vandløbsvandet. Hertil kommer at nedbørsmængden og dermed fortyndingsgraden i Midt- og Vestjylland er langt større end i Østdanmark, der har en mindre nedbør og en betydelig mindre grundvandsdannelse.





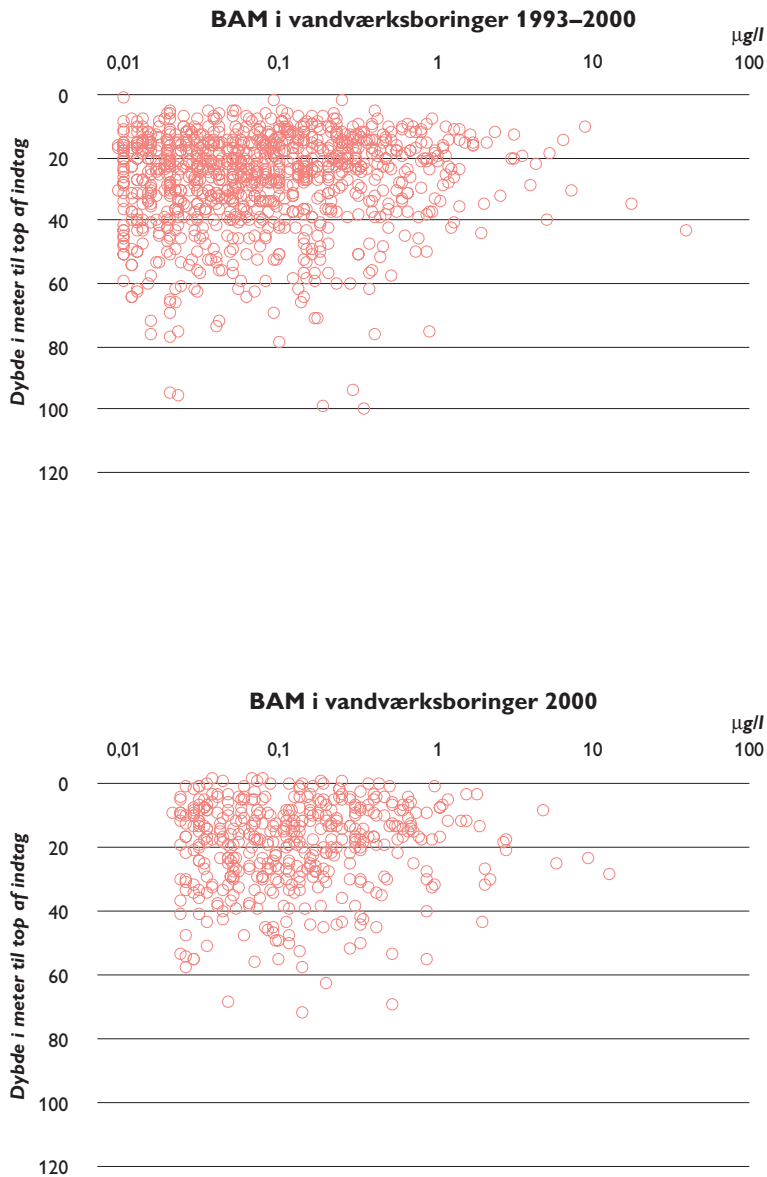
Figur 5.12 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer i 1993-2000. Der er kun medtaget koordinatsatte boringer med fund.

## 2,6-dichlorbenzamid – BAM

I GEUS's boringsdatabase er der oplysninger om 8.972 vandprøver med analyse for BAM udtaget fra 4.956 boringer. Der er fundet BAM i vandprøver fra 1.206 boringer, svarende til 24,3% af de undersøgte boringer. Grænseværdien for drikkevand er overskredet i 471 boringer svarende til 9,5% (tabel 5.8 og bilag 5.3).

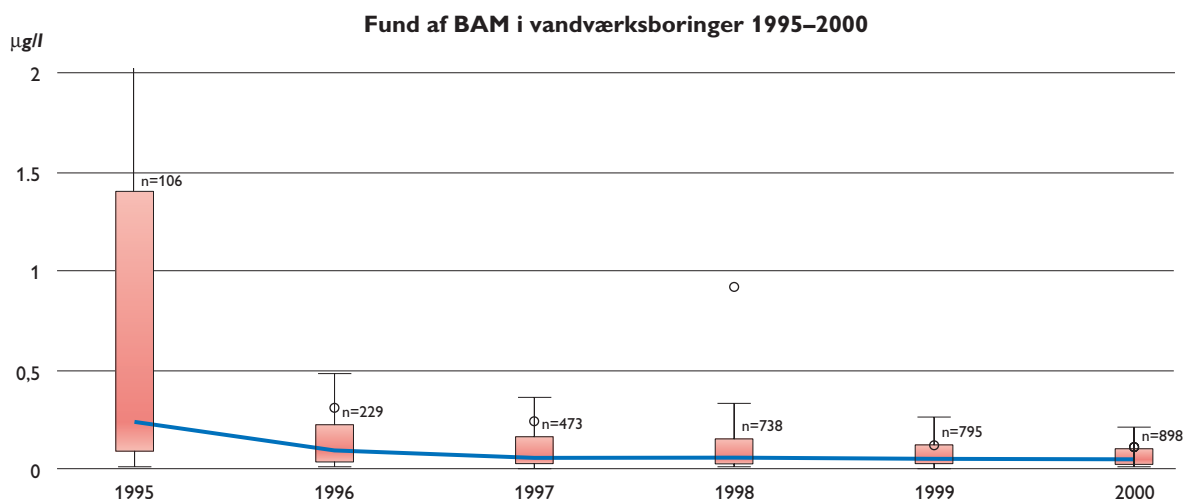
Forekomsten af indtag med BAM fund (figur 5.13) viser at hovedparten af BAM fundene fra perioden 1993-200 med høje koncentrationer stammer fra grundvand i intervallet 0-40 meter under terræn, men også at der kan findes BAM i dybtliggende grundvandsmagasiner. Figur 5.13 viser øverst koncentration med dybde i perioden 1993-2000, mens figur 5.13 nederst viser boringer med fund fra 2000.

En række af de rapporterede fund skyldes med sikkerhed anvendelse af moderstoffet nær de påvirkede boringer, og da der er tale om indvindingsboringer vil der med sikkerhed også være tale om opblanding af gammelt og yngre grundvand i indvindingsboringernes indtag. Længden af det indtag hvorfra drikkevandet indvindes spiller også en rolle for, hvilke BAM koncentrationer der findes i vandet. Ved længere indtag falder BAM koncentrationerne markant, hvilket viser at der sker en opblanding af højtliggende ungt og dybereliggende gammelt grundvand.



Figur 5.13 Øverst: Vandværksboringer med fund af BAM i 1993-2000. Figuren er baseret på analyser fra 993 boringer med fund af BAM, hvor der er oplysninger om dybden til indtag. Nederst: Vandværksboringer med fund af BAM i 2000. Der er medtaget 444 boringer hvor der foreligger oplysninger om dybde ud af 538 boringer med fund.

Sammenholdes BAM koncentrationer i vandprøver med prøvetagningstidspunkt (figur 5.14) ses en tendens mod faldende BAM koncentrationer gennem perioden 1996-2000. Denne tendens kan skyldes, at vandværkerne lukker boringer med høje BAM-koncentrationer, og at boringerne ikke prøvetages derefter. Der er således kun en lille del af de analyserede boringer som er analyseret hvert år. Den svage faldende tendens kan dog også skyldes, at forureningen af det højtliggende unge grundvand er faldende, eller at omsætningen i grundvandet er stigende.



Figur 5.14 Fund af 2,6 dichlorbenzamid (BAM) i vandværksboringer i perioden 1993-2000.

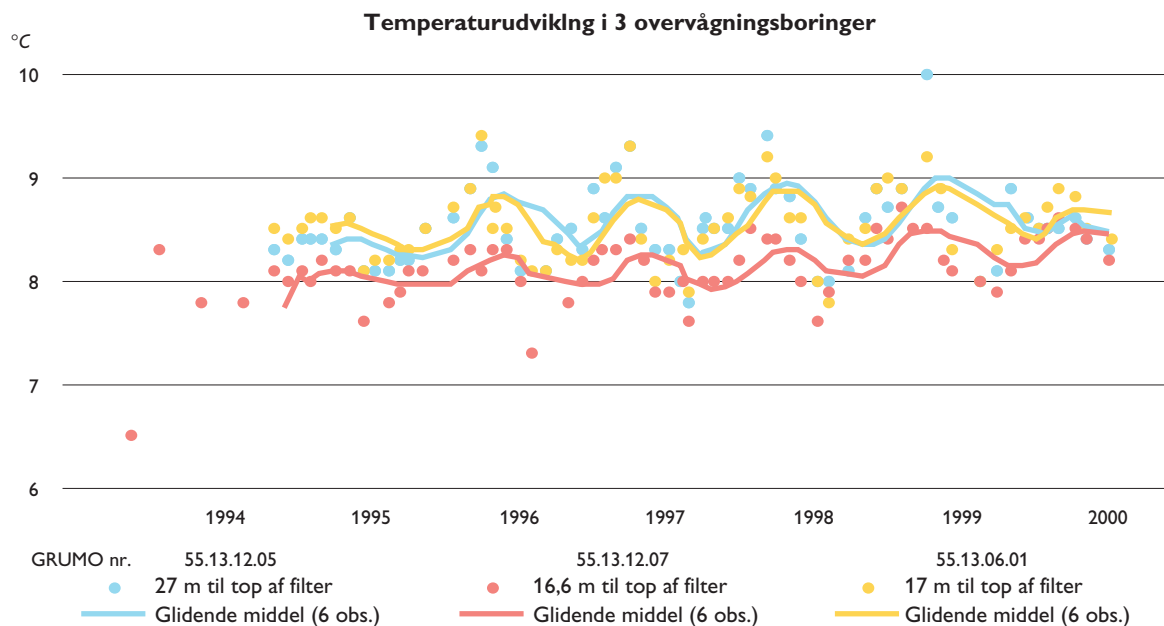
Da grundvandsmiljøet er et meget stabilt biologisk miljø vil en stigende omsætning måske kunne forklares ved f.eks. en stigende grundvandstemperatur, som har en direkte sammenhæng med/effekt på hastigheden af den biologiske omsætning, såfremt omsætningen ikke er begrænset af andre parametre f.eks. tilgangen til biologisk omsætteligt materiale eller redox forhold. Forsøg med nedbrydning viser, at nedbrydningshastigheden er nøje sammenkædet med temperatur.  $Q_{10}$  værdien beskriver hvordan den biologiske omsætning stiger en faktor 2,7 indenfor et temperaturinterval på 10 grader Celsius. Anvendes en generel formel for sammenhæng mellem temperatur og omsætningshastighed vil den biologiske aktivitet i grundvandet stige med 10-15%, hvis temperaturen i grundvandet stiger fra 8 til 9 grader Celsius. Nedbrydning af pesticider og nedbrydningsprodukter vil derfor formodentlig blive større i grundvandsmagasinerne, hvis temperaturen i grundvandet stiger.

Der er udvalgt tre overvågningsboringer alene ud fra, hvor der foreligger flest temperaturmålinger gennem overvågningsperioden. Temperaturmålinger i de tre boringer fremgår af figur 5.14, hvor der også er beregnet glidende gennemsnit for de tre temperaturforløb. Det ses, at de tre indtag som er placeret i to boringer alle viser, at grundvandets temperatur er stigende ved disse indtag. Temperaturen er således steget ca. 0,3 - 0,4 grader Celsius i perioden 1994-2000.

Måling af vandets temperatur er forbundet med en lang række usikkerhedsmomenter, f.eks. at temperaturen måles i en oppumpet vandprøve og ikke nede i selve grundvandsmagasinet og af at temperaturen formodentlig ikke måles på samme tidspunkter af året ved hver prøvetagning. Grundvandets temperatur er styret af den gennemsnitlige årstemperatur i Danmark og hvis de viste temperatur stigninger kan genfindes på landsplan afspejler stigningen som er vist i figur 5.15 en klimaændring med stigende gennemsnitstemperaturer på årsniveau.

### Andre boringer

Gruppen "andre boringer" omfatter markvandingsboringer, vandværkernes overvågningsboringer, nedlagte vandværksboringer og boringer gennemført i forbindelse med forureningsundersøgelser etc. Der er i denne gruppe rapporteret analyser af pesticider i 1.109 vandprøver til GEUS i perioden 1993-2000. Vandprøverne stammer fra 751 boringer med fund af pesticider i 241 boringer, heraf 100 over grænseværdien på 0,1 µg/l for drikkevand, svarende til henholdsvis 32 % og 13%. Der er fundet i alt 37 stoffer i denne type boringer ( bilag 5.4).



Figur 5.15 Grundvandstemperatur i tre indtag placeret 16,6 meter under terræn, 17 meter under terræn og 27 meter under terræn. Indtagene er placeret i Forumlund opland i Ribe amt.

## Sammenfatning om pesticider og nedbrydningsprodukter

Hovedparten af det grundvand, der indvindes til drikkevand i Danmark er dannet efter 1950 og er derfor mere eller mindre påvirket af menneskelig aktivitet. Mere end halvdelen af det øverste unge grundvand har i perioden 1993-2000 været forurenet med pesticider, der har været anvendt i landbrug, skovbrug, gartneri, bymæssige områder og i villahaver.

Følgende stoffer som blev solgt i 2000 blev fundet i grundvandsovervågningen i koncentrationer over grænseværdien: bentazon, clopyralid, dichlorprop, maleinhydrazid, MCPA, mechlorprop, metribuzin, pendimethalin, simazin. De tre phenoxysyrer (dichlorprop, MCPA, mechlorprop) og simazin er for nyligt reguleret mht. forbrug og anvendelsesmåde af Miljøstyrelsen, mens 4 stoffer kun er fundet i få tilfælde over grænseværdien. Dog er bentazon fundet i koncentrationer større end 0,1 µg/l i 0,9% af de undersøgte indtag, se også bilag 5.1.

I grundvandsovervågningen analyseres der for 45 pesticider eller nedbrydningsprodukter hvoraf der er fundet rester af 40. Herudover har amterne i forskellige analyseprogrammer fundet yderligere ca. 10 stoffer, der ikke indgår i overvågningen. I vandværksboringer er der fundet endnu flere pesticider og nedbrydningsprodukter, dog i overvejende grad under grænseværdien for drikkevand. Der er således nu fundet ca. 90 pesticider og mulige nedbrydningsprodukter i grundvand. Analyseresultaterne fra grundvandsovervågningen og vandværkernes kontrol af drikkevandsboringer adskiller sig stærkt fra hinanden:

- **I grundvandsovervågningsområderne** er nedbrydningsproduktet BAM også fundet hyppigt. BAM stammer fra et forbudt ukrudtsmiddel Dichlobenil, der har været anvendt i byområder, langs veje og på gårdspladser. Men der er også fundet mange andre pesticider, f.eks. udgør grupperne "triaziner og nedbrydningsprodukter", "phenoxysyrer og nedbrydningsprodukter" m.fl. ca. 2/3 del af de fundne pesticider og nedbrydnings.

- **I Landovervågningsoplandene** overvåges højtliggende grundvand under marker. Her er der næsten kun fundet pesticider som anvendes, eller har været anvendt, ved landbrugsdrift.
- **Vandværksboringer** domineres af fund af BAM, ikke mindst i boringer med fund af over grænseværdien. Det er forventeligt, både fordi mange vandværkers boringer ligger tæt ved befæstede arealer, men også fordi nogle vandværker har anvendt pesticider omkring vandindvindingsboringerne.

Der er fundet pesticider i ca. hver tredje indtag i grundvandsovervågningen og i mere end halvdelen af landovervågningsboringerne (tabel 5.9). I vandværkernes drikkevandsboringer blev der i perioden 1993-2000 fundet pesticider i hver fjerde af de undersøgte boringer, mens grænseværdien er overskredet i ca. 10%. Det er dog vigtigt at huske på, at vandværkerne ofte blander vand fra flere boringer, og at vandværkerne gennem de senere år har lukket mange boringer på grund af overskridelse af grænseværdierne. Grænseværdien for et enkelt stof i drikkevandet er på 0,1 µg i gennemsnit og på 0,5 µg/l, for summen af flere stoffer.

Pesticidindhold i vandprøver fra grundvandsovervågningen har udviklet sig gennem de sidste otte år. Antallet af indtag med fund var lidt under 10% pr. år i perioden 1993-95, mens andelen steg 29% i 1998, for så at falde til ca. 21% i 2000. Antallet af indtag med overskridelser af grænseværdien har dog været næsten konstant i perioden 1996-1999. Den kraftige stigning i antallet af forurenede indtag skyldes, at antallet af analyserede stoffer blev udvidet med nedbrydningsprodukter fra bl.a. atrazin, og at nedbrydningsproduktet BAM findes hyppigt.

Forekomsten af pesticider i forskellig dybde viser, at der i perioden 1993-2000 er fundet pesticider på ca. 50% af indtagene i dybdeintervallet 0-10 meter under terræn, og at grænseværdien var overskredet for ca. 15% af indtagene. Fundhyppigheden aftager med dybden. Opgøres antal indtag med fund for året 2000 alene, ses en tendens tæt på den akkumulerede for hele undersøgelsesperioden, særlig i det sårbare grundvand tæt ved terræn, hvor der i 2000 blev fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i mere end 40% af de analyserede indtag.

Fund af pesticider i vandværksboringer er steget gennem perioden 1993-2000 dog med et lille fald til under 30% i 1999. I 2000 blev der fundet pesticider i mere end hver tredje vandværksboring og grænseværdien er overskredet i en ud af 10 boringer. De mange boringer med fund af pesticider kan skyldes, at vandværkerne vælger at analysere boringer med fund oftere end én gang gennem den treårsperiode som ellers er den normale prøveudtagningsfrekvens for vandprøver fra vandværksboringer.

2,6-dichlorbenzamid (BAM) er det hyppigst fundne nedbrydningsprodukt i grundvand (tabel 5.10). BAM er fundet alene eller sammen med andre pesticider i ca. 24% af vandværksboringerne og grænseværdien for drikkevand er overskredet i knapt 10% af boringerne.

Gruppen af triaziner og nedbrydningsprodukter er også hyppigt fundet, men med en anden forekomst, idet disse stoffer findes hyppigt i landbrugsområder.

Pesticider og nedbrydningsprodukter 1993-2000	Fundne stoffer	Indtag med analyse	Indtag med fund		Indtag med fund > 0,1 µg/l	
	antal	antal	antal	%	antal	%
Grundvandsovervågning	49	1.085	395	36	133	12
Landovervågning	35	122	74	60	25	20
Vandværksboringer	52	6.105	1.606	26	588	10

Tabel 5.9 Fund af pesticider og deres nedbrydningsprodukter i perioden 1993-2000.

Grundvandsovervågning			Landovervågning			Vandværksboringer		
Stof	Indtag		Stof	Indtag		Stof	Boringer	
	antal	%fund		antal	%fund		antal	%fund
BAM	992	18,3	Deethylisopropyl-atrazin	31	41,9	BAM	4.956	24,3
Deethylisopropyl-atrazin	838	6,2	Deisopropyl-atrazin	85	22,4	Atrazin	5.979	4,1
Deisopropylatrazin	982	5,8	Bentazon	94	20,2	Deethylatrazin	4.517	3,6
Deethylatrazin	982	5,7	Glyphosat	46	17,4	Simazin	5.992	2,2
Atrazin	1.076	4,9	AMPA	46	17,4	Atrazin,	4.434	2,9
Bentazon	983	3,8	Deethylatrazin	91	16,5	Mechlorprop	5.994	2,1
Dichlorprop	1.076	3,5	Metamitron	85	11,8	Dichlorprop	5.993	1,9
Mechlorprop	1.076	2,8	Mechlorprop	109	11,0	Bentazon	4.522	2,0
Hydroxyatrazin	917	2,2	Isoproturon	94	9,6	Hexazinon	4.614	1,7
Simazin	1.076	2,1	MCPA	109	9,2	MCPA	5.993	0,6

*Tabel 5.10 De 10 hyppigst fundne pesticider eller nedbrydningsprodukter i grundvands-  
overvågningen, i landovervågningen og i vandværksboringer, 1993-2000. Sorteret efter  
faldende antal fund.*

I landovervågningsoplandene udgør triaziner og deres nedbrydningsprodukter næsten halvdelen af alle fundne pesticider og nedbrydningsprodukter, og her er der stort set ikke fundet BAM. I landovervågningsoplandene er der gennemført analyser af glyphosat og AMPA i vandprøver fra indtag placeret i ungt og højtliggende grundvand under landbrugsmæssigt drevne marker, og der er her fundet glyphosat og AMPA i en række indtag, hvoraf de fleste ligger placeret under en mark ved Lillebæk på Fyn. En undersøgelse af stof transport på samme lokalitet viser, at der er tale om en naturlig infiltration gennem moræneler via ormegange, rodkanaler og sprækker ned til indtagene, der er beliggende i 1,5-5 meters dybde. Tilsvarende er der fundet udvaskning af glyphosat og AMPA til højtliggende grundvand i drænniveau på en leret lokalitet ved Estrup i Jylland i projektet "Varslingssystem for Pesticider".

De pesticider/nedbrydningsprodukter, der i dag findes hyppigst i grundvandet, er ofte forbudt, eller reguleret af Miljøstyrelsen. Men det forhindrer ikke, at de og deres nedbrydningsprodukter stadig, og i lang tid fremover, vil blive fundet i grundvandet.

# Grundvandsressourcen

## Grundvandspotentiale

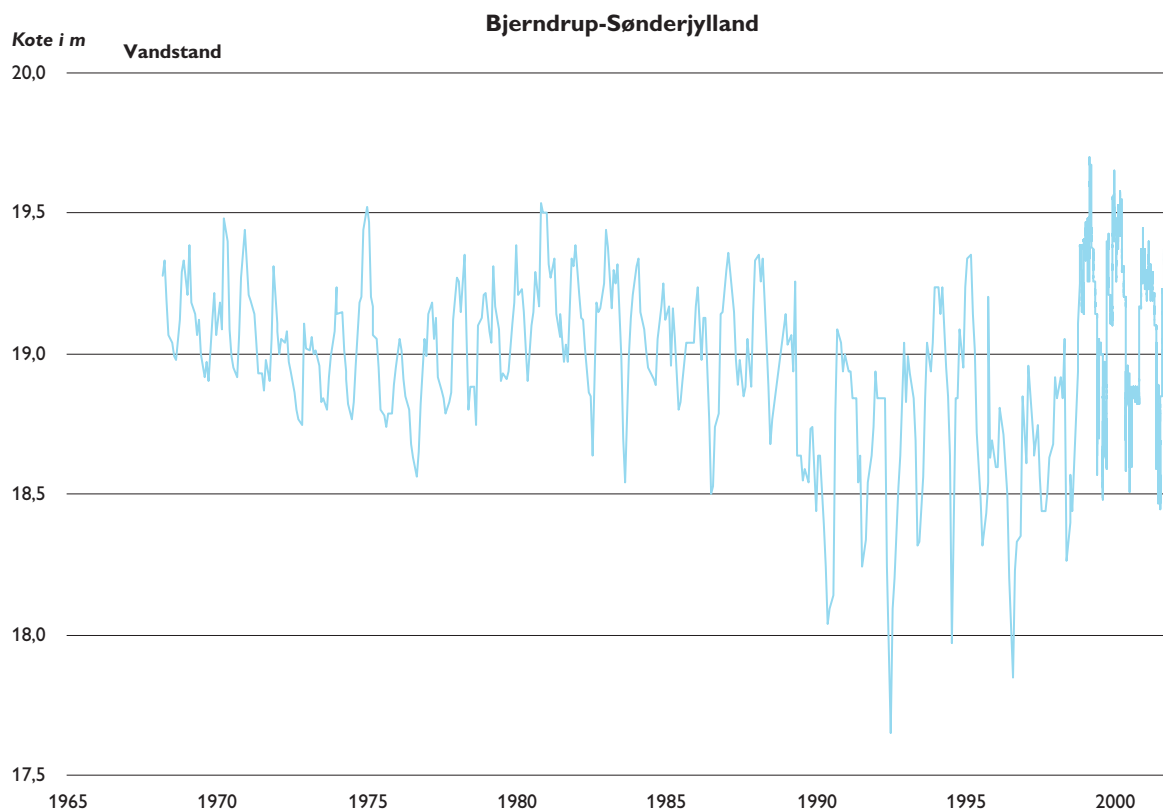
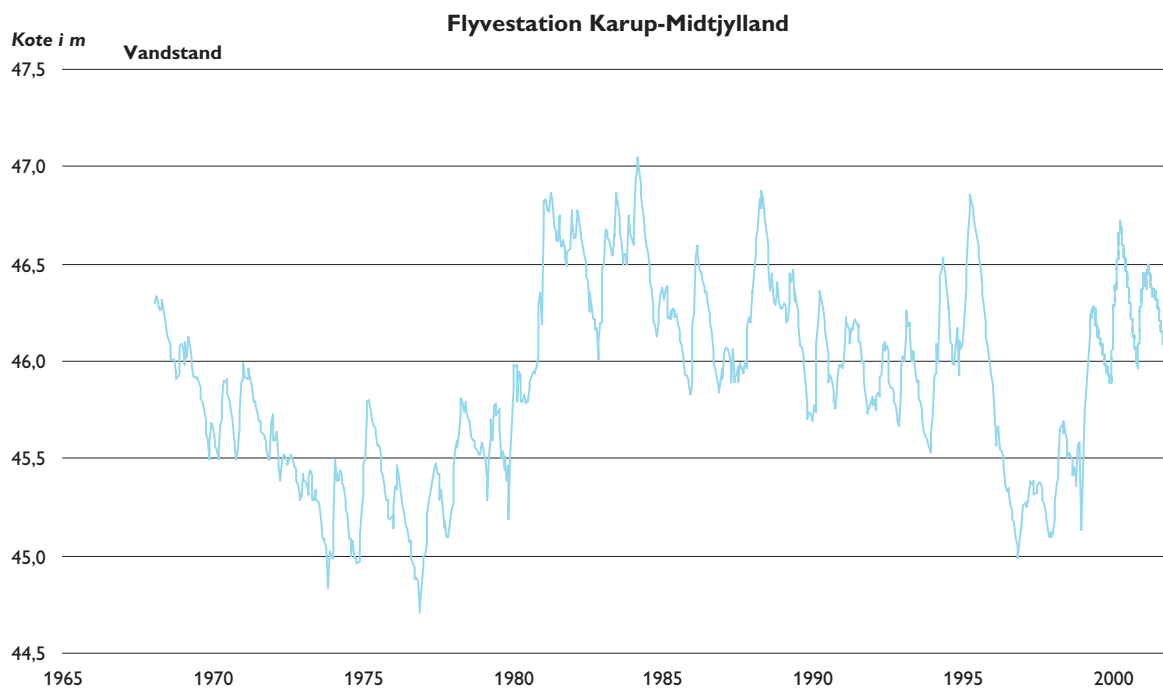
En mulighed for at vurdere ændringer i mængden af grundvand er ved hjælp af regelmæssige pejlinger af grundvandsstanden. Variation i nedbør og fordampning hen over året gør at grundvandsstanden ligeledes varierer naturligt hen over året med maksimum omkring april måned og minimum omkring oktober. På få år kan grundvandsstanden dog ændre sig betydeligt i forhold til den normale årsvariation, enten som følge af ændringer i nedbørmængden eller i grundvandsoppumpningen eller en kombination af ændringer i begge forhold.

I dette års amtslige rapportering præsenteres en lang række tidsserier over variationerne i grundvandsstandens niveau i overvågningsområderne i perioden 1989 – 2000. Enkelte amter behandler desuden tidsserier over grundvandsstanden som går længere tilbage i tiden, f.eks. præsenterer Sønderjylland og Viborg amter pejleserier som er påbegyndt i starten af 1980'erne. Flere amter illustrerer vandstandsvariationens sammenhæng dels med vinter nedbøren (oktober til marts måned), og dels med nettonedbøren (nedbør minus fordampning) (Sønderjyllands Amt, 2001, Århus Amt, 2001 og Ribe Amt, 2001).

Pejleserierne afspejler generelt fire situationer: (1) terrænnære grundvandsmagasiner med hurtig og markant respons på nedbørs- og klimaforhold, (2) dybere magasiner med afdæmpet, forsinket og/eller begrænset respons på år til år variationer i nedbørsforhold, (3) vandindvindingsstrategien for en nærliggende boring eller kildeplads, og (4) korttids- og sæsonbetingede oppumpninger, f.eks. markvandinger. Figur 6.1 og figur 6.2 viser variationen i grundvandsstanden over en længere årrække for 4 udvalgte repræsentative pejlestationer fra GEUS's nationale pejlestationsnet og er eksempler på situation (1). Også i Sønderjyllands Amt (2001) og Viborg Amt (2001) ses gode eksempler på situation (1). Bl.a. fra Vestjylland og Nordsjælland haves eksempler på situation (2) (Ribe Amt, 2001 og GEUS, 1996). Nordjyllands Amt (2001) præsenterer eksempler på situation (3). I Viborg Amt (2001) og Sønderjylland (2000) ses eksempler på situation (4).

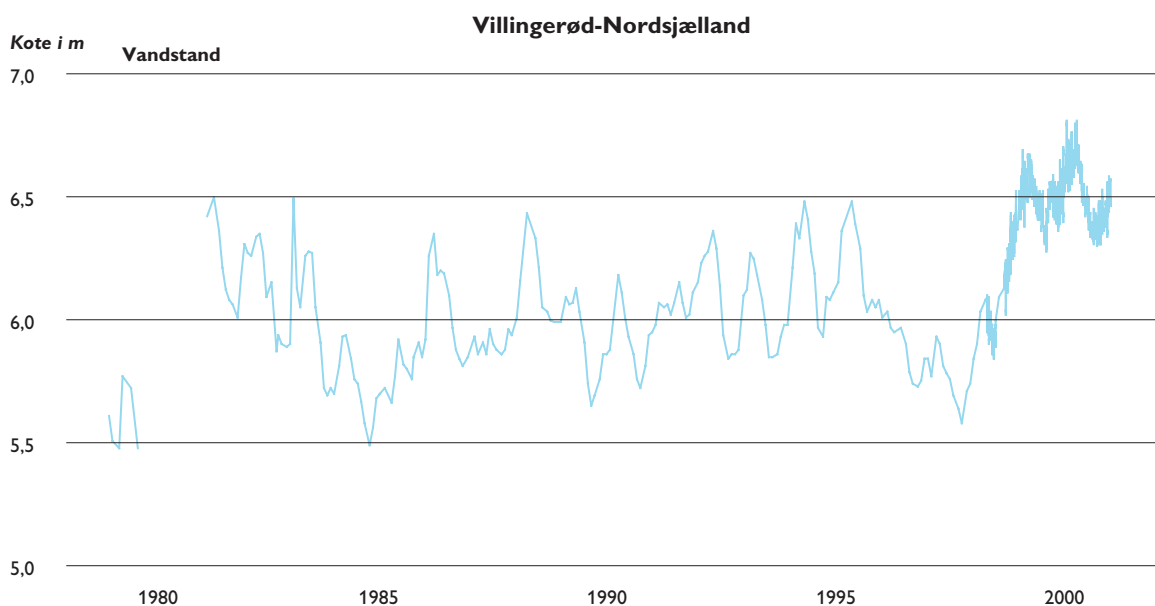
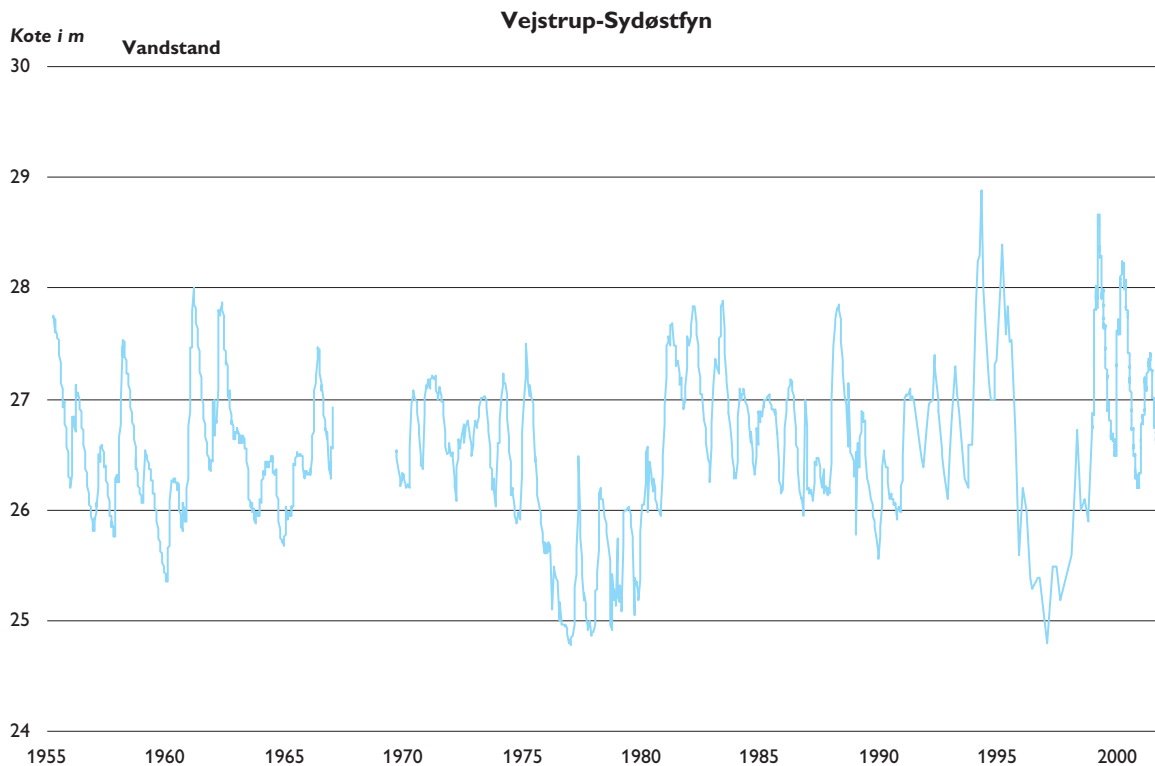
I overvågningsperioden 1989-2000 har der været målt store variationer i grundvandsstanden. I 1994 og 1995, og igen i vinteren 1999/2000 var grundvandsstanden høj, på niveau med den højeste grundvandsstand registreret i den forudgående 20-årige periode. De meget nedbørsfattige vintre 1995/96 og 1996/97 betød at grundvandsstanden faldt til et niveau svarende til det laveste målte i den forudgående 20-årige periode.

Både 1998 og 1999 var for landet som helhed nedbørsrige år, f.eks. var nedbøren på Fyn i begge disse år omkring 950 mm pr. år mod en normal nedbør på 760 mm (Fyns Amt, 2000). I år 2000 var nedbøren på landsplan lidt over normal med 760 mm. Normalen er 712 mm for landet som helhed. Nedbøren var jævnt fordelt i alle måneder, dog var sommeren mere tør end normalt (DMI, 2000).



Figur 6.1 Grundvandstand for to jyske pejlestationer fra GEUS's nationale pejlestationsnet (Karup i Midtjylland og Bjerndrup i Sønderjylland).



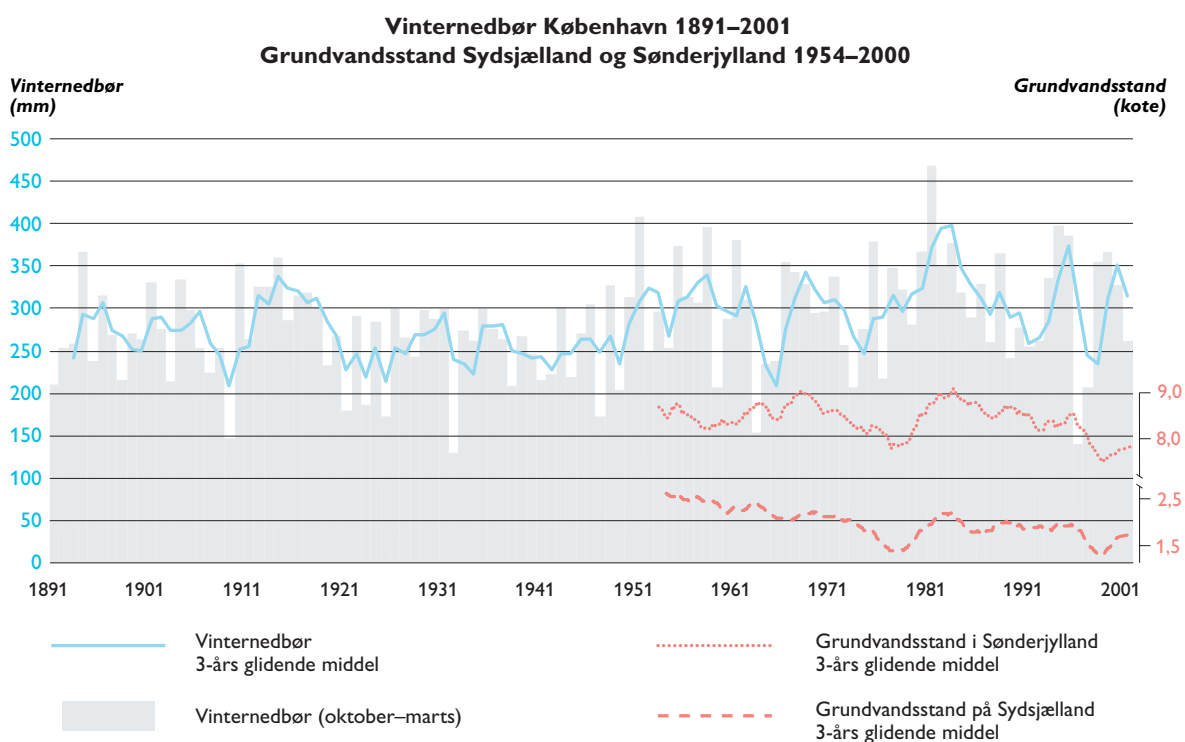


Figur 6.2 Grundvandstand for to pejlestationer på øerne fra GEUS's pejlestationsnet (Vejstrup på Sydøstfyn og Villingerød i Nordsjælland).

De 'våde' år 1998 og 1999 har betydet at grundvandsstanden mange steder er tilbage på samme høje niveau som i 1994-95 og i begyndelsen af 1980'erne. Nedbørsrige år, med deraf følgende mindre behov for markvanding, har en særlig gunstig effekt på grundvandsressourcens størrelse i det syd- og vestjyske område, hvor oppumpning til markvanding visse steder udgør mere end halvdelen af den samlede grundvandsindvinding (se næste afsnit).

Generelle nationale tendenser i vandindvindingens påvirkning af grundvandsstanden kan ikke drages ud fra de relativt få pejleboringer, der indgår i overvågningsprogrammet. Ændringer i grundvandsstanden i den enkelte pejleboring er helt afhængig af oppumpningsstrategien for nærliggende pumpeboringer. Men informationer om ændringer i grundvandsstanden omkring kildepladser er meget værdifuld i den regionale og lokale forvaltning af grundvands- og overfladevandsressourcer.

Nedbørsregistreringen er begyndt for mange år siden. I figur 6.3 ses en opgørelse over vinter- nedbøren i København de sidste godt 100 år for at illustrere variationer i grundvandsdannelsen. Mens nedbøren er præget af klimaet er grundvandspejlet også præget af vandindvindingen. I figur 6.3 er vist vandspejlskurver for to borer hvor konsekvensen af lav nedbør og deraf følgende stor indvinding til vanding i 1970'erne er tydeligt. En tilsvarende udvikling ses i slutningen af 1980'erne og første del af 1990'erne.



Figur 6.3 Grundvandsstanden er nu igen normal efter rigelig nedbør i vintrene 1997-2001. Baggrundskurven viser nedbøren i København i en årrække, mens de stiplede kurver viser udviklingen i grundvandsstanden to steder i landet.

I mange grundvandsovervågningsområder pejles grundvandsstanden 2-4 gange om året, hvilket ofte er tilstrækkeligt til vurdering af de overordnede udviklingstendenser. Men til en nøjere forståelse og vurdering af samspillet i enkelte områder mellem klima, geologi og grundvandsdannelse er hyppigere pejlinger nødvendige, ofte vil der være behov for mindst 12 årlige pejlinger. Brugen af automatisk registrering af grundvandsstanden med dataloggere, med f.eks. én måling i døgnnet, vinder dog stadig større udbredelse, også i grundvands- overvågningsområderne.

Udover at tjene som en metode til overvågning af den kvantitative udvikling i grundvandsressourcens størrelse, udgør tidsserier over variationer i grundvandsstanden i forskellige grundvandsmagasiner et meget vigtigt datainput til grundvandsmodeller. Der vil i de kommende år blive opstillet mange grundvandsmodeller i forbindelse med arbejdet med den zoneopdelte beskyttelse af de danske grundvandsressourcer (Miljøstyrelsen 2000c).

## Vandindvinding

Vandindvindingen i Danmark er altovervejende baseret på grundvand, mere end 99% af vandet hentes fra grundvandsmagasiner. Tre steder, Haraldsted Sø nord for Ringsted, Kalundborg og Christiansø, anvendes også en beskedne mængde overfladevand i vandforsyningen.

Drikkevandsforsyningen i Danmark er bygget op omkring en decentral struktur med 2.792 almene vandforsyninger, heraf er 166 offentlige fællesanlæg (Vandforsyningsstatistik, 2000). Derudover findes en række lokale vandforsyninger til bl.a. institutioner, industri, markvanding, sportspladser, gartneri og dambrug samt såkaldte enkelt-vandforsyninger som hver forsyner 1-9 til husestande.

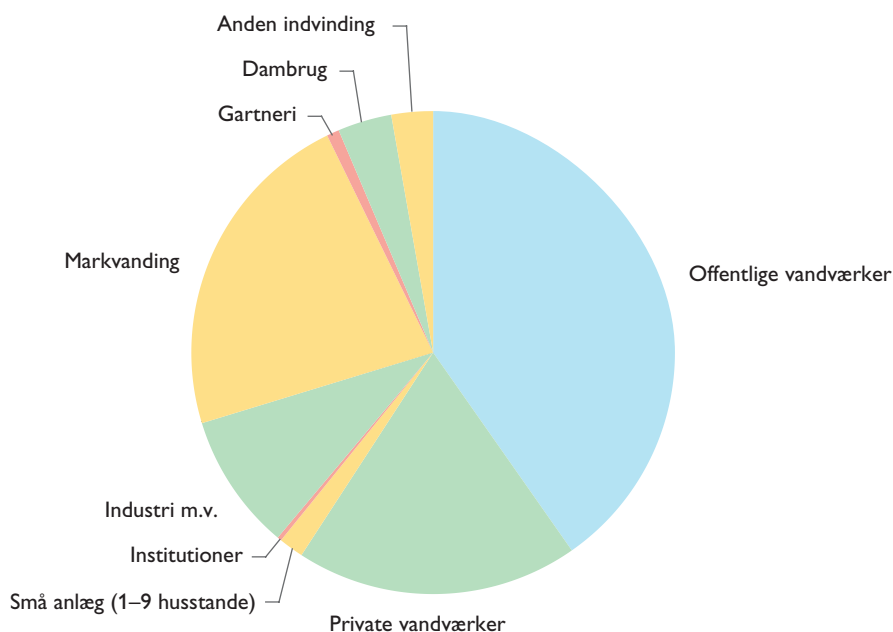
De indvundne grundvandsmængder i 2000 er opgjort i følgende 9 kategorier:

1. offentlige almene vandværker,
2. private almene vandværker,
3. små ikke almene anlæg (1-9 husestande),
4. institutioner med egen indvinding,
5. erhverv/industri med egen indvinding,
6. oppumpning af vand til markvanding
7. oppumpning af vand til gartneri,
8. oppumpning af vand til dambrug,
9. anden indvinding, bl.a. grundvandssænkninger og afværgepumpninger.

De indvundne vandmængder fra kategorierne 3 og 9 er ofte skønnede. Flere amter gør desuden opmærksom på, at der også kan ligge skøn til grund for den samlede markvandingsmængde, da der ofte mangler indberetninger om aktuel markvanding fra en mindre del af de givne tilladelser. Desuden skal det bemærkes at kategorierne ikke er helt entydige, f.eks. forsynes mange industrier fra almene vandværker.

Indvinding af overfladevand er også indberettet opdelt på ovenstående kategorier, men er her præsenteret som en samlet indvinding af overfladevand for hvert amt. Indvinding af overfladevand er dog ikke oplyst af alle amter, hvorfor opgørelsen kun er et udtryk for størrelsesordenen af anvendelsen af overfladevand på landsplan. Overfladevand anvendes hovedsageligt til vanding og industriformål, og kun en meget lille del anvendes til drikkevand.

Indvindingen fra vandværker, den almene vandforsyning, udgør 59% af den samlede indvinding. Den almene vandforsyning og oppumpning af grundvand til markvanding, gartneri og dambrug tegner sig for 86% af grundvandsindvindingen i Danmark (figur 6.4). I bilag 6.1 er vandindvindingen opgjort på de 9 grundvandskategorier samt overfladevand for hvert amt.



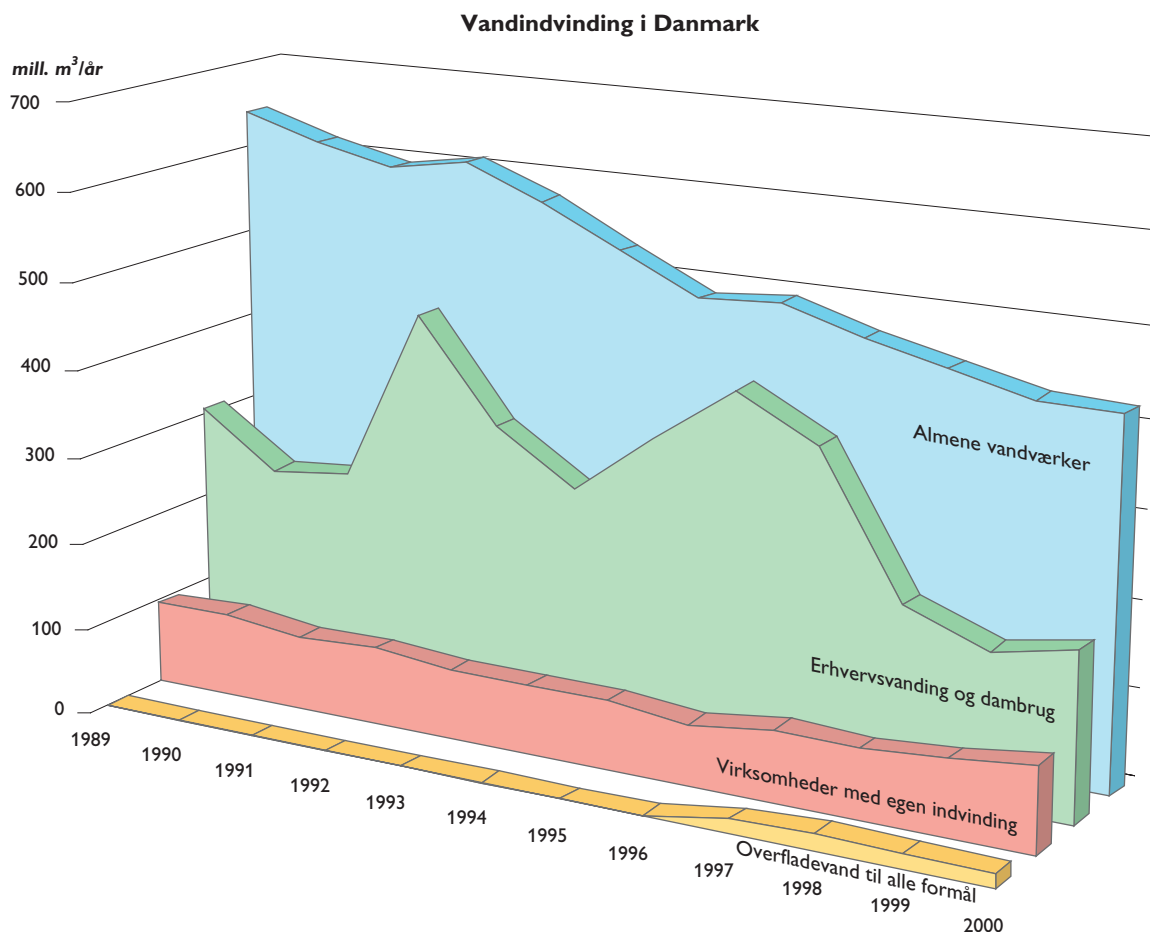
Figur 6.4 Indvundne vandmængder i Danmark i 2000 fordelt på 9 forbrugskategorier.

Grundvandsindvinding	Vandværker	Erhvervsvanding	Industri mv.	Overfladevand
	mio. m <sup>3</sup> /år			
Københavns amt	37,537	0,168	11,078	i.o.
Roskilde	34,162	0,510	7,122	i.o.
Kbh. og Fr:berg komm.	2,442	0,000	5,466	1,100
Frederiksborg	38,153	0,959	2,123	1,107
Vestsjælland	32,640	1,026	2,077	5,600
Storstrøm	18,327	0,955	3,184	i.o.
Bornholm	4,029	0,044	0,036	i.o.
Fyn	37,671	3,154	2,757	2,538
Sønderjylland	23,086	29,782	12,003	1,740
Ribe	22,082	44,298	3,164	i.o.
Vejle	28,941	11,500	18,280	i.o.
Ringkjøbing	27,580	64,463	10,500	3,826
Århus	47,345	4,801	4,098	1,000
Viborg	21,689	7,574	5,777	i.o.
Nordjylland	41,221	20,856	11,468	0,106
<b>I alt på landsplan</b>	<b>416,905</b>	<b>190,090</b>	<b>99,113</b>	<b>17,017</b>

Tabel 6.1 Grundvandsindvinding i 2000 fordelt på 4 hovedkategorier baseret på amternes grundvandsrapporter for 2000 samt indberettede data til GEUS. Den samlede grundvandsindvinding i Danmark var i 2000 på 706 mio. m<sup>3</sup>. (i.o. = ingen oplysninger).

På grundlag af amtsrapporter og indberettede data er der foretaget en opgørelse for hele landet på fire hovedkategorier (tabel 6.1 og figur 6.5):

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



Figur 6.5 Vandindvinding i Danmark (mill. m<sup>3</sup>/år) fordelt på indvindingskategorier baseret på indberetninger til GEUS og oplysninger fra amternes overvågningsrapporter for perioden 1989-2000. Der er ingen opgørelse af indvinding af overfladevand før 1997.

Det er ikke alle amter som indberetter indvindingsdata for samtlige kategorier til GEUS på elektronisk form. Tallene i tabel 6.1 og bilag 6.1 er derfor baseret på såvel amternes rapporter som de elektronisk indberettede indvindingsdata.

I figur 6.5 er vist vandindvindingen opgjort på fire hovedkategorier for perioden 1989-2000. Den totale grundvandsindvinding i 2000 var på 706 mill. m<sup>3</sup>, og indvindingen af overfladevand var på over 17 mill. m<sup>3</sup>.

Faldet i de almene vandværkers vandindvinding er stagneret i 2000 i forhold til de foregående år. For perioden som helhed fra 1989 til 2000 er der sket et fald på 35% i denne indvinding.

De mere normal nedbørsforhold i 2000 i forhold til den våde sommer i 1999 har betydet at vandindvindingen til markvanding og gartneri er steget lidt igen, uden dog tilnærmelsesvis at have nået et omfang som i 1992 og 1996/97. I 2000 har vandforbruget til markvanding og gartneri været 5% højere end i 1999, hvor forbruget var det laveste i 10 år.

Grundvandsindvindingen fra virksomheder med egne boringer er steget med 8% fra 1999 til 2000, og udgør nu 9% af den samlede grundvandsindvinding, eller 65,6 mio. m<sup>3</sup>/år.

Oppumpninger i forbindelse med større anlægsprojekter (Københavns Metro) og afværgeforanstaltninger er steget med 2 mio. m<sup>3</sup> fra 1999 til 2000 og udgør nu 19,1 mio. m<sup>3</sup>/år.

Enkelte amter opgør fordelingen af vandværker efter indvindingstilladelser i årets grundvandsrapporter. Men datagrundlaget er endnu for begrænset til at der kan foretages en national sammenstilling. Der henvises til GEUS (1996 og 1997). Også datagrundlaget med hensyn til grundvandsindvindingen fra forskellige magasintyper og indvindingsdybder er endnu for sparsomt til en landsdækkende sammenstilling og vurdering.

### **Sammenfatning om grundvandsressourcen**

Grundvandsmodeller og hydrologiske modeller, herunder Den Nationale Vandressourcemodel (DK-modellen) og et stigende antal regionale og lokale modeller, bruges nu i stigende omfang til at beregne nettonedbøren og dermed få et billede af grundvandsdannelsen i forskellige dele af landet. Grundvandspejleprogrammet benyttes til at få et billede af variationerne i grundvandsressourcen, naturligt betingede og menneskeintroducerede. Endelig indberettes den årlige vandindvinding til GEUS én gang om året. Disse tre faktorer vil i fremtiden være vigtige værktøjer til vurdering og beskyttelse af grundvandsressourcen.

Efter et par meget tørre vintre 1995-1997 er grundvandsstanden nu normal. Samtidig har våde forsomre i 1998 og 1999 medført at vandindvindingen til erhvervsvanding har været den laveste i mange år. Den samlede vandindvinding på almene vandværker udgjorde i 2000 417 millioner m<sup>3</sup> mod 640 millioner m<sup>3</sup> i 1989, et fald på næsten 35%. Indvindingen til erhvervsvanding var i 2000 på 190 millioner m<sup>3</sup> mod 453 millioner m<sup>3</sup> i 1992, hvor den var højest i nyere tid.

# Geologisk modellering

Med henblik på at forbedre forståelsen af vand- og stoftransporten inden for grundvands-  
overvågningsområderne opbygges hydrogeologiske modeller, som kan anvendes til numerisk  
strømningsmodellering indenfor de enkelte overvågningsområder. Arbejdet med at opbygge  
modellerne strækker sig over den igangværende overvågningsperiode fra 1998 til 2003.

Da grundvandsovervågningsområderne blev etableret for over 10 år siden var grundvands-  
modellering ikke en planlagt aktivitet. Der er derfor i årets amtslige rapporter gennemført en  
vurdering af det eksisterende datagrundlag med hensyn til dækningsgrad og mangler i forhold  
til på tilfredsstillende vis at kunne opstille dels en strømningsmodel og dels en stoftransport-  
model for det enkelte grundvandsovervågningsområder (GRUMO). Desuden behandles den  
forventede nøjagtighed af strømnings- og stoftransportmodelleringen i de enkelte områder.

I dette afsnit gives en status over modelarbejdet i de 67 GRUMO.



Figur 7.1 Status for udarbejdelsen af geologiske / hydrologiske modeller over GRUMO.

## Geologisk modellering

Der er nu på fjerde år udarbejdet og beskrevet geologiske / hydrologiske modeller i amternes  
grundvandsovervågningsrapporter. Der er opbygget konceptuelle hydrogeologiske modeller for  
nu ud af ti GRUMO. Også udarbejdelsen af de numerisk geologiske modeller er i god fremdrift,  
der findes nu en digital geologisk model for halvdelen af de 67 grundvandsområder (figur 7.1

og tabel 7.1). For over en tredjedel af områderne er der desuden opstillet strømningmodeller (tabel 7.2).

Amterne har i årets grundvandsrapport gennemført en analyse af det eksisterende datagrundlag med hensyn til dækningsgrad og repræsentativitet, vurderet i forhold til den igangværende strømning- og stoftransportmodellering. Hovedparten af amterne har anvendt en tredelt skala, dårlig – middel – god, ved bedømmelsen af datagrundlaget. En gennemsnitlig vurdering af det eksisterende datagrundlag for alle GRUMO siger ”lidt over middel”. En gennemgående vurdering fra amterne er at datagrundlaget for en stor del af områderne vil kunne give en acceptabel nøjagtighed for en strømningmodellering af de enkelte GRUMO, hvorimod datagrundlaget generelt vurderes at være for ringe til en mere præcis stoftransportmodellering.

I mange amter er flere af GRUMO placeret i indsatsområder. Den igangværende eller kommende og ofte ret omfattende geologiske kortlægning i indsatsområderne, vil kunne bidrage til forbedring af det datagrundlaget for strømning- og stoftransportmodelleringen i overvågningsområderne.

Siden sidste år er der især fokuseret på udarbejdelsen af konceptuelle hydrogeologiske modeller for de resterende GRUMO (tabel 7.1). Vurderingen af det eksisterende datagrundlag har i flere amter betydet en detaljeret gennemgang af alle typer af modeldata, såvel geologiske, geografiske, hydrauliske som hydrologiske data.

<b>Modellering i amter</b>	<b>Fremdrift i udarbejdelsen af modeller</b>
Københavns & Frederiksberg Komm.	Der eksisterer allerede en strømning- og stoftransportmodel, der dækker begge kommuner
Københavns Amt	Påbegyndt opstilling af stoftransportmodel for et område
Frederiksborg Amt	Opstillet konceptuelle hydrogeologiske numeriske modeller for de sidste tre overvågningsområder
Roskilde Amt	Geologiske modeller over GRUMO Brokilde, Torkildstrup og Osted er nu færdige på det eksisterende datagrundlag
Vestsjællands Amt	Nærmere vurdering af overvågningsområders egnethed til strømningmodellering
Storstrøms Amt	Opbygning af strømningmodel for GRUMO Sibirien
Bornholms Amt	Det videre forløb er under afklaring
Fyns Amt	Opstillet konceptuelle hydrogeologiske numeriske modeller for de sidste tre overvågningsområder og strømningmodel for ét område
Sønderjyllands Amt	Opstilling af strømningmodel for et område, Bedsted
Ribe Amt	Udarbejdet hydrogeologisk model for sidste tre områder, opstillet strømningmodel for to områder
Vejle Amt	Opstilling af hydrogeologisk model for 3 områder og strømningmodel for to områder
Ringkøbing Amt	Opstilling af konceptuel hydrologisk model og strømningmodel for to områder.
Århus Amt	Konceptuelle geologiske modeller for to områder, strømningmodeller for to områder
Viborg Amt	Ikke yderligere arbejde med modellering af GRUMO i 2000 (eksistere strømningmodeller for 5 områder)
Nordjyllands Amt	Opstilling af en hydrogeologisk konceptuel model og en strømningmodel

Tabel 7.1 Oversigt over fremdriften i udarbejdelsen af geologiske / hydrologiske modeller over GRUMO i 1999-2000.



Modellering i amter	GRUMO	Konceptuel geologisk model	Digital geologisk model	Strømnings- model (incl. partikelbane)	Stof- transport- model
	antal	antal	antal	antal	antal
Kbh. & Fr:berg K.	1	1	1	1	-
Københavns Amt	3	3	3	-	-
Frederiksborg Amt	5	5	5	1	-
Roskilde Amt	4	3	-	-	-
Vestsjællands Amt	5	5	1	1	-
Storstrøms Amt	5	5	1	1	-
Bornholms Amt	1	(1)	-	-	-
Fyns Amt	6	6	4	2	-
Sønderjyllands Amt	5	5	1	1	-
Ribe Amt	5	5	2	2	-
Vejle Amt	5	4	4	2	-
Ringkøbing Amt	5	2	2	2	-
Århus Amt	6	6	3	3	-
Viborg Amt	5	5	5	5	-
Nordjyllands Amt	6	5	3	3	-
<b>I alt</b>	<b>67</b>	<b>60</b>	<b>35</b>	<b>24</b>	<b>0</b>

Tabel 7.2 Samlet status over modelarbejdet for de forskellige GRUMO.

## Hydrologisk modellering

Siden sidste år er der udarbejdet strømningssmodeller over 15 GRUMO. Der er en klar tendens til at strømningssmodellerne for overvågningsområderne udarbejdes som submodeller enten i amternes modeller for indsatsområderne eller i regionale amtsmodeller.

Partikelbane simuleringer er gennemført af flere amter til belysning af bl.a. transportveje for stoffer. Men en egentlig stoftransportmodellering med stofs specifik dispersion, nedbrydning og/eller adsorption er ikke påbegyndt endnu. Den deciderede stoftransportmodellering var der heller ikke oprindeligt en forventning om kunne opnås i indeværende overvågningsperiode. Men den igangværende indsats i amterne med kortlægning og indsatsplaner, betyder øget behov og muligheder for at få etableret stoftransportmodeller, også i overvågningsområderne.

Flere amter, bl.a. Roskilde Amt (2001) og Vestsjællands Amt (2001), omtaler behovet for en mere konkret definition af formålet med og det forventede indhold af modelleringen for hvert overvågningsområdet.

For at give et indtryk af det aktuelle GRUMO-modelleringsarbejde i amterne, er følgende forhold fremhævet fra årets amtslige rapportering:

**Københavns og Frederiksberg kommuner:** Der er gennemført partikelbane simuleringer med regional model, som omfatter GRUMO.

**Frederiksborg Amt** er ved at opstille en regional grundvandsmodel for amtet. GRUMO er en integreret del af dette modelleringsarbejde.

**Roskilde Amts** fem eksisterende strømningssmodeller står overfor at blive lagt sammen til én amtsdækkende grundvandsmodel. Roskilde Amt vurderer at det ikke på det eksisterende datagrundlag vil være muligt at gennemføre en stoftransportmodellering i GRUMO. I forbindelse med indsatsplanlægningen forventes datagrundlaget for to af amtets

overvågningsområder at blive forbedret. Roskilde Amt har ikke direkte klassificeret den eksisterende datadækning og datarepræsentativitet for de enkelte områder.

**Vestsjællands Amt:** Har klassificeret datadækningen og datarepræsentativiteten, men ikke skematisk. Høj prioritering af modelopstilling for GEUMO St. Fuglede og Jyderup, lav prioritering af GRUMO Nykøbing. Der opstilles ikke model for GRUMO Holbæk, da det eksisterende datagrundlag ikke vil kunne belyse den aktuelle problemstilling.

**Storstrøms Amt:** For to af overvågningsområderne er datatæthed og repræsentativitet tilfredsstillende i forhold til modelopstilling. For de øvrige tre områder er der en mangelfuld datadækning. Men det forestående arbejde med kortlægning af indsatsområder vil forbedre datagrundlaget i disse områder.

**Fyns Amt** har ikke klassificeret datadækningen og datarepræsentativiteten, men derimod opstillet en række modelparametre og datakarakteristika for de enkelte GRUMO.

**Sønderjyllands Amt:** Behov for supplerende undersøgelser og kortlægning i alle overvågningsområder med henblik på at opnå større pålidelighed af strømningsmodeller. GRUMO Abild er et nedprioriteret område også med hensyn til modellering.

**Ribe Amt:** For to GRUMO Grindsted og Forumlund, udgør strømningsmodellerne en lokal model i større regionale modeller.

**Vejle Amt** vurderer ud fra de opstillede strømningsmodeller, at det eksisterende datagrundlag er for spinkelt til opstilling af stoftransportmodeller for grundvandsovervågningsområderne.

**Århus Amt:** Vurdering af datagrundlag i forhold til opstilling af såvel strømningsmodeller som stoftransportmodeller, herunder forventede modelnøjagtigheder. Det fortsatte modelarbejde i GRUMO vil finde sted i forbindelse med og koordineret med udarbejdelse af indsatsplanerne. Forudsætningerne for en tilfredsstillende stoftransportmodellering er generelt bedre indenfor GRUMO end udenfor.

En stor del af modelleringsarbejdet udføres af eksterne konsulenter for amterne. Der er i starten af 2001 udgivet to rapporter, som kan være nyttige værktøjer i forbindelse med kravspecifikation og kvalitetssikring af modelleringsarbejder. Det drejer sig om '*Retningslinier for opstilling af grundvandsmodeller*' (Miljøstyrelsen 2001) og '*Ståbi i grundvandsmodellering*' (GEUS 2001).

## **Sammenfatning om modellering**

Der er nu på fjerde år udarbejdet og beskrevet geologiske modeller og strømningsmodeller i amternes grundvandsovervågningsrapporter. Der er opbygget konceptuelle hydrogeologiske modeller for ni ud af ti GRUMO. Også udarbejdelsen af de digitale geologiske modeller er i god fremdrift, der findes nu en digital geologisk model for halvdelen af de 67 grundvandsområder. For over en tredjedel af områderne er der opstillet strømningsmodeller.

# Litteratur

- Andersen, L.J., 1987:* Grundvandsmoniteringsnet af 1. orden i Danmark. – ATV-komiteen vedrørende grundvandsforurening. Vingstedcentret 5.-6. oktober 1987.
- Albrechtsen, H-J og Bjerg, B.L., 2000:* Nedbrydning i grundvandsmiljøer. – I Kemiske stoffer i miljøet (Red. Helweg, A.).
- Bornholms Amt, 2001:* Vandmiljøovervågning. Grundvand 2000.
- Danske Vandværkers Forening, Miljøstyrelsen & GEUS, 2000:* Vandforsyningsstatistik 1999.
- Engvild, K.C., 2000:* Naturlige halogenforbindelser. – I Kemiske stoffer i miljøet (Red. Helweg, A.).
- EUREAU, 1991:* Drinking Water Directive 80/778/EC. Proposals for modification. Views of EUREAU.
- EU, 1998:* Rådets Direktiv 98/83/EF af 3. november 1998 om kvaliteten af drikkevand. - **De Europæiske Fællesskabers Tidende L 330/32-54**
- Frederiksberg kommune, Københavns kommune, 2001:* Grundvandsovervågning 2000. – Vandmiljøovervågning, NOVA 2003.
- Frederiksborg Amt, 2001:* Grundvandsovervågning 2000.
- Frederiksborg Amt, 2001:* Konceptuelle modeller for Attemose, Espergærde og Endrup.
- Fyns Amt, 2001.* Landovervågning 1999. Vandmiljøovervågning.
- Fyns Amt, 2001:* Grundvand 2000. Vandmiljøovervågning.
- Fyns Amt, 2001:* Sammenfatning og konklusion 2000. Spildevand fra byer og industri, Landbrug, Vandløb, Søer, Kystvande, Atmosfærisk nedfald, Grundvand. Vandmiljøovervågning, NOVA 2003.
- GEUS, 1996:* Grundvandsovervågning 1996.
- GEUS, 1997:* Grundvandsovervågning 1997.
- GEUS, 2000:* Grundvandsovervågning 2000. [www.grundvandsovervaagning.dk](http://www.grundvandsovervaagning.dk)
- GEUS, 2001:* Ståbi i grundvandsmodellering. – Rapport nr. 56
- Københavns Amt, 2001:* Københavns Amt. Vandmiljøplan. Grundvandsovervågning 2000. – Københavns Amt, Jord- og Vandafdelingen..
- Laursen, E.V., Larsen, J., Rajakumar, K., Cappelen, J. & Schmith, T. 1999:* Observed Daily Precipitation & Temperature from Six Danish Sites, 1874–1998. - Danish Meteorological Institute, Technical Report 99(20), 17 pp. <http://dmi.dk/vejr/index.html>
- Lindhardt B., Kjær J., Jørgensen J. O., Plauborg F. & Olsen P., 2001:* Varslingssystem for udvaskning af pesticider til grundvand. Resultatrapport: Udvasning af glyphosat på Estrup forsøgsmark vinteren 2000/2001. - Danmarks og Grønlands Geologiske undersøgelse, Danmarks JordbrugsForskning og Danmarks Miljøundersøgelser.
- Miljøministeriet 1988:* Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 515 af 29. august 1988.
- Miljø- og Energiministeriet, 1996:* Bekendtgørelse om kvalitetskrav for vådområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer eller havet. - Miljø- og Energi-ministeriets bekendtgørelse nr. 921 af 8. oktober 1996.
- Miljø- og Energiministeriet 2001:* Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 871 af 21. september 2001. [http://www.retsinfo.dk/\\_GETDOCL/\\_ACCN/B20010087105-REGL](http://www.retsinfo.dk/_GETDOCL/_ACCN/B20010087105-REGL)

*Miljøstyrelsen 1994: Øko-toksikologiske kvalitetskriterier for overfladevand. - Miljøprojekt nr. 250.*

*Miljøstyrelsen, 1995a: Toksikologiske kvalitetskriterier for jord og vand - Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen 12/1995. Udarbejdet af Elsa Nielsen m.fl.*

*Miljøstyrelsen, 1995b: Vandmiljø-95. – Redegørelse fra Miljøstyrelsen 3/1995.*

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

*Miljøstyrelsen 1998: Kvalitetskriterier for grundvand*

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

*Miljøstyrelsen, 2000a: Liste over sundhedsmæssigt baserede drikkevandskvalitetskriterier.*

*Miljøstyrelsen, 2000b: Nationalt program for overvågning af vandmiljøet 1998 - 2003 - "NOVA 2003" – Redegørelse fra Miljøstyrelsen 1/2000.*  
[http://ovs.dmu.dk/2NOVA\\_2003\\_ov/novaarkivet/NOVA-program-version4.doc](http://ovs.dmu.dk/2NOVA_2003_ov/novaarkivet/NOVA-program-version4.doc)

*Miljøstyrelsen, 2000c: Zonering. Detailkortlægning af arealer til beskyttelse af grundvandsressourcen. - Vejledning fra Miljøstyrelsen, 2000/3.*

*Miljøstyrelsen, 2001: Retningslinier for opstilling af grundvandsmodeller. Arbejdsrapport nr. 17.*

*Nilsson, B., Brusch, W., Morthorst, J., Vosgerau, H., Abildtrup, H.C., Pedersen, D., Jensen, P & Clausen, E.V., 2000: Undersøgelse af landovervågningsboringerne DGU nr. 165.295 – 165 – 297 i LOOP område 4, Lillebæk, Fyns Amt. – GEUS rapport*

*Nordjyllands Amt, 2001: Landovervågning 2000. Oddebæk og Lundgård Bæk.*

*Nordjyllands Amt, 2001: Grundvandsovervågning 2000.*

*Plantedirektoratet, 2001: Danmarks forbrug af handelsgødning 1999/00. - [www.pdir.dk](http://www.pdir.dk)*

*Ribe Amt, 2001: Grundvand, Vandmiljøovervågning.*

*Ringkjøbing Amt, 2001: Grundvandsovervågning 2000. NOVA 2003*

*Ringkjøbing Amt, 2001: Klosterheden. Etableringsrapport for GRUMO-området.*

*Roskilde Amt, 2001: Grundvandsovervågning. Status for NOVA 2003's grundvandsdel.*

*Storstrøms Amt, 2001: NOVA 2003. Grundvandsovervågning 2000.*

*Storstrøms Amt, 2001: NOVA 2003. Landovervågning 2000.*

*Sønderjyllands Amt, 2001: Vandmiljøovervågning 2000. Grundvand.*

*Sønderjyllands Amt, 2001: Vandmiljøovervågning 2000. Landovervågning.*

*Vejle Amt, 2001: Grundvandsovervågning. Vejle Amt 2000. Teknisk rapport*

*Vestsjællands Amt, 2001: Vandmiljø Overvågning. Grundvand 2000.*

*Viborg Amt, 2001: Viborg Amt. Grundvandsovervågning 2000.*

*Århus Amt, 2000: Redoxboring i Århus Amt. Kasted boring 17, DGU nr. 78.796 - Etableringsrapport*

*Århus Amt, 2001: Statusrapport 2000. Grundvandsovervågning i Århus Amt*

*Århus Amt & Vejle Amt, 2001: Landovervågning 2000. Horndrup Bæk (LOOP 3). Landbrugsdrift, Næringsstofudvaskning, Stoftransport*

# Bilag

**Bilag 4.1 Organiske mikroforureninger i grundvandsovervågningen 1993-2000.**

**Bilag 4.2 Organiske mikroforureninger i landovervågningen 1995-2000.**

**Bilag 4.3 Organiske mikroforureninger i vandværksboringer 1993-2000.**

**Bilag 5.1 Pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen 1993-2000.**

**Bilag 5.2 Pesticider og nedbrydningsprodukter i landovervågningen 1993-2000.**

**Bilag 5.3 Pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer 1993-2000.**

**Bilag 5.4 Pesticider og nedbrydningsprodukter i andre boringer 1993-2000.**



## Bilag 4.1 Organiske mikroforureninger i grundvandsovervågningen 1993-2000

### Udvalgte analyser for organiske mikroforureninger.

Alle medianværdier er beregnet på grundlag af medianværdier for de enkelte indtag.

Grundvandsovervågning Organiske mikroforureninger	Analyser antal	Analyser med fund antal	Indtag med analyse antal	Indtag med fund antal	%	Median af fund (µg/l)	Maksimum af fund (µg/l)
Aromatiske kulbrinter							
Benzen	2.899	189	1.047	87	8,3	0,07	25,1
Naphtalen	2.891	17	1.048	14	1,3	0,05	0,16
Toluen	2.907	236	1.047	177	16,9	0,10	2,4
<i>m+p</i> -xylen	2.649	152	1.040	109	10,5	0,06	0,96
<i>m</i> -xylen	155	0	130	0			
<i>o</i> -xylen	2.801	88	1.046	68	6,5	0,06	0,43
<i>p</i> -xylen	183	0	140	0			
Xylen (uspecifik)	40	1	40	1	2,5	0,03	0,03
Halogenerede alifatiske kulbrinter							
1,2-dibromethan	533	3	458	2	0,43	0,56	0,67
Tetrachloethen	2.999	46	1.046	15	1,4	0,08	2,8
Tetrachlormethan	2.985	15	1.046	13	1,2	0,13	0,47
1,1,1-trichloethan	2.996	28	1.046	14	1,3	0,06	0,39
Trichloethen	3.003	94	1.046	38	3,6	0,09	3,7
Trichlormethan (chloroform)	2.998	191	1.044	97	9,2	0,08	11,0
Vinylchlorid	435	10	403	8	2,0	0,91	5,6
Phenoler							
Nonylphenoler	626	7	540	7	1,3	0,6	4,2
Nonylphenoethoxylater	819	0	473	0			
Phenol	4.856	173	1.064	143	13,4	0,07	5,1
Chlorphenoler							
2,4-dichlorphenol	5.084	36	1.069	20	1,9	0,05	0,34
2,6-dichlorphenol	4.915	6	1.066	5	0,5	0,02	0,04
Pentachlorphenol	4.973	7	1.067	7	0,7	0,04	0,07
Blødgørere							
Dibutylphthalat (DBP)	637	45	547	44	8,0	1,2	8,1
Detergenter							
Kationisk DTDMAC (sum)	113	2	110	1,8	1,8	5,5	6
Anioniske detergenter (sum)	2.767	1.828	1.018	873	85,8	5,5	120
Ethere							
MTBE	178	1	158	1	0,6	1,4	1,4





## Bilag 4.2 Organiske mikroforureninger i landovervågningen 1995-2000

### Udvalgte analyser for organiske mikroforureninger.

Alle medianværdier er beregnet på grundlag af medianværdier for de enkelte indtag.

Landovervågning (LOOP) Organiske mikroforureninger	Analyser antal	Analyser med fund antal	Indtag med analyse antal	Indtag med fund antal	%	Median af fund µg/l	Maksimum af fund µg/l
Aromatiske kulbrinter							
Benzen	39	0	25	0			
Naphtalen	39	0	25	0			
Toluen	39	10	25	10	40,0	0,05	0,63
<i>m+p</i> -xylen	17	2	17	2	11,8	0,53	0,89
<i>o</i> -xylen	17	2	17	2	11,8	0,18	0,31
Xylen (uspecifik)	7	6	7	6	85,7	0,15	0,44
Halogenerede alifatiske kulbrinter							
Tetrachlorethen	7	0	7	0			
Tetrachlormethan	7	0	7	0			
1,1,1-trichlorethan	7	0	7	0			
Trichlorethen	7	0	7	0			
Trichlormethan (chloroform)	7	0	7	0			
Phenoler							
Nonylphenoler	34	5	20	3	15,0	0,43	0,52
Nonylphenoethoxylater	29	0	15	0			
Phenol	94	8	39	8	20,5	0,09	0,27
Chlorphenoler							
2,4-dichlorphenol	147	3	46	3	2,1	0,04	0,09
2,6-dichlorphenol	124	0	40	0			
Pentachlorphenol	123	0	40	0			
Blødgørere							
Dibuthylphthalat (DBP)	26	6	18	6	40,0	0,38	0,81
Detergenter							
Kationisk DTDMAC (sum)	5	0	5	0			
Anioniske detergenter (sum)	32	22	18	9	50,0	6,3	35



## Bilag 4.3 Organiske mikroforureninger i vandværksboringer 1993-2000

### Udvalgte analyser for organiske mikroforureninger.

Alle medianværdier er beregnet på grundlag af medianværdier for de enkelte indtag.

Vandværksboringer Organiske mikroforureninger	Analyser antal	Analyser med fund antal	Indtag med analyse antal	Indtag med fund antal	%	Median af fund (µg/l)	Maksimum af fund (µg/l)
<b>Aromatiske kulbrinter</b>							
Benzen	3.527	240	2.111	83	3,9	0,08	1.200 <sup>1)</sup>
Naphtalen	3.042	42	1.919	29	1,5	0,08	1,1
Toluen	3.514	236	2.094	179	8,5	0,10	80,0
<i>m+p</i> -xylen	2.448	115	1.610	82	5,1	0,09	47,3
<i>m</i> -xylen	175	0	131	0			
<i>o</i> -xylen	2.590	61	1.628	49	3,0	0,05	11
<i>p</i> -xylen	171	0	127	0			
Xylen (uspecifik)	640	39	536	38		0,04	0,36
<b>Halogenerede alifatiske kulbrinter</b>							
Tetrachlorethen	3.887	427	2.053	100	4,9	0,10	73
Tetrachlormethan	3.770	70	2.039	31		0,1 ?	17,9
1,1,1-trichlorethan	3.636	215	1.967	55	2,8	0,07	2,5
Trichlorethen	4.055	813	2.111	162	7,7	0,19	440,0
Trichlormethan (chloroform)	3.710	227	2.032	130	6,4	0,1	6,9
Vinylchlorid	338	19	189	12	6,3	0,5	1,9
<b>Phenoler</b>							
Nonylphenoler	15	0	15	0			
Nonylphenoethoxylater	4	0	2	0			
Phenol	2.213	175	1.422	92	6,5	0,1	28
<b>Chlorphenoler</b>							
2,4-dichlorphenol	4.467	8	3.249	8	0,3	0,05	0,27
2,6-dichlorphenol	2.426	7	1.799	7	0,4	0,06	0,1
Pentachlorphenol	2.929	13	2.152	11	0,5	0,08	0,8
<b>Detergenter</b>							
Kationisk DTDMAC (sum)	1	0	1	0			
Anioniske detergenter (sum)	1.876	990	1.457	845	58,0	6	80
<b>Ethere</b>							
MTBE	356	88	238	38	15,7	0,23	56

1) Analysen stammer fra en boring som antagelig ikke leverer drikkevand, men som fejlagtigt indgår i datasættet.



## Bilag 5.1 Pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen 1993-2000

Alle medianværdier er beregnet på grundlag af medianværdier for de enkelte indtag.

Grundvandsovervågning 1993-2000	Analyser			Indtag					Koncentration		
	antal	med fund antal	m. fund ≥0,1µg/l antal	med analyse antal	med fund		med fund ≥ 0,1µg/l		Gnst.	Median	Max.
					antal	%	antal	%	µg/l	µg/l	µg/l
2,3,4,6-tetraclorphenol	2.831	2		946	2	0,2			0,014	0,014	0,025
2,4-D	5.424	14		1.072	14	1,3			0,022	0,018	0,044
2,4-dichlorphenol	5.084	36	9	1.069	20	1,9	9	0,8	0,082	0,051	0,340
2,6-DCPP	343	3	2	187	3	1,6	2	1,1	1,122	0,950	2,400
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	3.514	544	176	992	182	18,3	63	6,4	0,426	0,040	43
2,6-dichlorbenzoesyre	175	5		66	3	4,5			0,032	0,020	0,090
2,6-dichlorphenol	4.915	6		1.066	5	0,5			0,018	0,017	0,037
2-CPP	54	1		39	1	2,6			0,010	0,010	0,010
4-nitrophenol	1.511	33	1	829	33	4,0	1	0,1	0,025	0,018	0,11
AMPA <sup>1)</sup>	1.771	15	3	848	13	1,5	3	0,4	0,129	0,026	1,000
Atrazin	5.667	187	20	1.076	53	4,9	11	1,0	0,057	0,020	1,520
Deethylisopropylatrazin	1.599	73	23	838	52	6,2	18	2,1	0,117	0,040	0,720
Deethylatrazin	3.359	194	37	982	56	5,7	9	0,9	0,100	0,020	1,600
Deisopropylatrazin	3.334	138	23	982	57	5,8	12	1,2	0,076	0,029	0,840
Hydroxyatrazin	2.662	23	2	917	20	2,2	2	0,2	0,070	0,037	0,780
Bentazon	3.362	84	22	983	37	3,8	9	0,9	0,140	0,037	2,800
Bromoxynil	2.172	3		895	3	0,3			0,040	0,017	0,090
Carbofuran	2.646	1		914	1	0,1			0,010	0,010	0,010
Hydroxycarbofuran	1.794	2	1	862	2	0,2	1	0,1	0,110	0,110	0,150
Chloridazon	2.154	4	1	896	4	0,4	1	0,1	0,059	0,043	0,130
Chlorsulfuron	1.636	1		844	1	0,1			0,033	0,033	0,033
Clopyralid	176	2	2	67	1	1,5	1	1,5	0,115	0,115	0,120
Cyanazin	3.306	3		981	3	0,3			0,037	0,050	0,050
Dalapon	1.488	2		787	2	0,3			0,020	0,020	0,020
Dichlobenil	2.810	14		940	8	0,9			0,030	0,023	0,086
Dichlorprop	5.668	154	74	1.076	38	3,5	7	0,7	8,676	0,021	370
Dimethoat	2.989	2		951	2	0,2			0,040	0,040	0,060
Dinoseb	5.659	18	1	1.076	15	1,4	1	0,1	0,038	0,029	0,175
Diuron	2.708	10		941	9	1,0			0,016	0,017	0,023
DNOC	5.664	10	2	1.076	9	0,8	2	0,2	0,054	0,028	0,233
Ethylentiurea	1.902	7	1	843	7	0,8	1	0,1	0,111	0,042	0,580
Fenpropimorph	2.135	2		894	2	0,2			0,025	0,025	0,030
Glyphosat <sup>1)</sup>	1.784	7		849	6	0,7			0,028	0,020	0,080
Hexazinon	3.319	40	19	979	18	1,8	5	0,5	0,321	0,027	1,800
Hydroxysimazin-	969	1		541	1	0,2			0,013	0,013	0,013
Isoproturon	3.332	2		980	2	0,2			0,028	0,028	0,045
Lenacil	1.732	3		863	2	0,2			0,036	0,039	0,046
Maleinhydrazid	682	5	1	503	5	1,0	1	0,2	0,062	0,030	0,140
MCPA	5.660	38	13	1.076	14	1,3	2	0,2	0,129	0,012	1,600
Mechlorprop	5.665	89	37	1.076	30	2,8	6	0,6	0,199	0,025	2,510
Metamitron	2.970	1		949	1	0,1			0,037	0,037	0,037
Metribuzin	2.201	20	3	896	9	1,0	3	0,3	0,084	0,050	0,490
Metsulfuron methyl	1.659	2		846	2	0,2			0,025	0,025	0,030
Pendimethalin	3.013	15	1	950	15	1,6	1	0,1	0,578	0,014	8,390

Grundvandsovervågning 1993-2000	Analyser			Indtag					Koncentration		
	antal	med fund antal	m. fund ≥0,1µg/l antal	med analyse antal	med fund		med fund ≥ 0,1µg/l		Gnst.	Median	Max.
					antal	%	antal	%	µg/l	µg/l	µg/l
Pentachlorphenol	4.973	7		1.067	7	0,7			0,038	0,039	0,070
Propiconazol	2.183	2		896	2	0,2			0,024	0,024	0,034
Simazin	5.659	62	13	1.076	23	2,1	4	0,4	0,089	0,031	0,510
Terbuthylazin	3.279	16		979	14	1,4			0,021	0,020	0,050
Hydroxyterbuthylazin	58	1		57	1	1,8			0,011	0,011	0,011
Triadimenol	389	1		203	1	0,5			0,010	0,010	0,010
2,3,4,5-tetraclorphenel	89			89							
2,3,5,6-tetraclorphenel	25			25							
2,3,6-TCBA	175			66							
2,4,5-T	204			70							
2,6-D	175			66							
4-CPP	176			123							
Alachlor	293			193							
Aldicarb	25			25							
Aldrin	25			25							
Benazolin-ethyl	185			71							
Bromacil	25			25							
Bromophos	33			30							
Bromophos-ethyl	25			25							
Carbofenotion	25			25							
Chlordan	25			25							
Chlorfenvinphos	25			25							
Chlorpyrifos	200			91							
Cycloat	25			25							
DDD, o,p-	25			25							
DDD, p,p-	25			25							
DDE, o,p-	25			25							
DDE, p,p-	25			25							
DDT, o,p-	25			25							
DDT, p,p-	25			25							
Diazinon	200			67							
Dicamba	395			205							
Dieldrin	25			25							
Dinoterb	175			66							
Endosulfan, alpha	25			25							
Endosulfan, beta	25			25							
Endrin	25			25							
Esfenvalerat	25			25							
Ethofumesat	1.929			870							
Fenitrothion	25			25							
Fenvalerat	25			25							
Flamprop	175			66							
Flamprop-M-isopropyl	6			6							
Fluazifop	188			73							
Fluazifop-butyl	171			159							
Fonofos	25			25							
Gamma Lindan (HCH)	25			25							
HCH-alfa	25			25							
HCH-beta	25			25							
HCH-delta	25			25							
Heptachlor	25			25							

Grundvandsovervågning 1993-2000	Analyser			Indtag				Koncentration			
	antal	med fund antal	m. fund ≥0,1µg/l antal	med analyse antal	med fund		med fund ≥ 0,1µg/l		Gnst. µg/l	Median µg/l	Max. µg/l
					antal	%	antal	%			
Heptachlorepoxid	25			25							
Heptenophos	3			3							
Hexachlorbenzen	25			25							
Imazalil	1			1							
Ioxynil	2.183			896							
Linuron	1.160			550							
Malathion	25			25							
MCPB	201			68							
Metazachlor	395			253							
Methabenzthiazuron	361			204							
Methomyl	53			46							
Metolachlor	25			25							
Mirex	25			25							
Omethoat	93			53							
Parathion	228			177							
Parathion-methyl	25			25							
Phenmedipham	89			89							
Pirimicarb	2.111			878							
Prochloraz	218			95							
Prometryn	29			29							
Propazin	154			145							
Propyzamid	400			208							
Sebutylazin	91			91							
Terbacil	25			25							
Thifensulfuron methyl	12			11							
Triasulfuron	12			11							

- 1) I enkelte af indtagene med fund af glyphosat og AMPA kan stofferne være transporteret ned til prøvetagningsintervallet ved transport langs borerør eller i enkeltstående tilfælde ved at boringen er oversvømmet p.g.a. opstuvning ved vejanlæg.





## Bilag 5.2 Pesticider og nedbrydningsprodukter i landovervågningen 1993-2000.

Alle medianværdier er beregnet på grundlag af medianværdier for de enkelte indtag.

Landovervågning 1993-2000	Analyser			Indtag				Koncentration			
	antal	med fund antal	m. fund ≥0,1µg/l antal	med analyse antal	med fund		med fund ≥ 0,1µg/l		Gnst. µg/l	Median µg/l	Max. µg/l
					antal	%	antal	%			
2,4-D	790	5	1	45	5	11,1	1	2,2	0,044	0,016	0,124
2,4-dichlorphenol	147	3		37	3	8,1			0,057	0,042	0,088
2,4-dimethylphenol	51	1		11	1	9,1			0,005	0,005	0,005
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	465	18	2	39	5	12,8	1	2,6	0,056	0,030	0,130
4-CPP	20	1		8	1	12,5			0,066	0,066	0,066
AMPA	257	21	9	37	3	8,1	1	2,7	0,128	0,059	0,700
Atrazin	833	50	1	45	6	13,3	1	2,2	0,031	0,021	0,121
Deethylatrazin	554	68	6	40	11	27,5	2	5,0	0,046	0,020	0,219
Deethylisopropylatrazin	176	46	12	29	13	44,8	4	13,8	0,153	0,047	1,700
Deisopropylatrazin	531	59	12	40	11	27,5	5	12,5	0,065	0,030	0,300
Hydroxyatrazin	397	11		37	3	8,1			0,020	0,020	0,030
Bentazon	600	56	1	40	9	22,5	1	2,5	0,021	0,010	0,190
Bromoxynil	305	1		39	1	2,6			0,050	0,050	0,050
Carbofuran	501	1		41	1	2,4			0,030	0,030	0,030
Cyanazin	548	2		40	2	5,0			0,022	0,022	0,024
Dichlorprop	825	10		45	7	15,6			0,015	0,014	0,038
Dinoseb	821	4	1	45	4	8,9	1	2,2	0,035	0,007	0,120
Diuron	381	2		37	2	5,4			0,013	0,013	0,015
DNOC	821	6		45	5	11,1			0,040	0,020	0,100
Ethofumesat	282	2	1	36	1	2,8	1	2,8	39,01	39,012	78,00
Glyphosat	260	19	9	37	3	8,1	1	2,7	0,376	0,020	2,600
Hexazinon	478	3		39	2	5,1			0,038	0,039	0,067
Isoproturon	618	25	4	40	8	20,0	3	7,5	0,094	0,032	1,070
Lenacil	160	1		36	1	2,8			0,030	0,030	0,030
MCPA	825	15		45	9	20,0			0,022	0,021	0,070
Mechlorprop	821	18		45	10	22,2			0,024	0,016	0,083
Metamitron	513	17		38	8	21,1			0,009	0,005	0,032
Metribuzin	304	2		37	2	5,4			0,035	0,035	0,060
Pendimethalin	384	3		37	1	2,7			0,025	0,025	0,040
Pirimicarb	307	2		39	2	5,1			0,006	0,006	0,006
Propyzamid	86	1	1	18	1	5,6	1	5,6	0,113	0,113	0,113
Simazin	820	26		45	2	4,4			0,031	0,037	0,050
TCA	90	1	1	8	1	12,5	1	12,5	0,170	0,170	0,170
Terbuthylazin	515	4	3	40	1	2,5	1	2,5	0,464	0,218	1,400
Deethylterbuthylazin	230	8	4	36	3	8,3	1	2,8	0,456	0,050	2,100
Triasulfuron	37	20		11	6	54,5			0,005	0,005	0,005
2,3,6-TCBA	55			6							
2,4,5-T	55			6							
2,4-DB	79			10							
2,6-D	55			6							
2,6-DCPP	102			21							
2,6-dichlorbenzoyre	55			6							
2,6-dichlorphenol	124			35							
Alachlor	183			25							
Aldicarb	24			4							
Benazolin	12			6							

Landovervågning 1993–2000	Analyser			Indtag				Koncentration			
	antal	med fund antal	m. fund ≥0,1µg/l antal	med analyse antal	med fund		med fund ≥ 0,1µg/l		Gnst.	Median	Max.
					antal	%	antal	%	µg/l	µg/l	µg/l
Benazolin-ethyl	72			17							
Hydroxycarbofuran	256			37							
Chloridazon	319			37							
Chlorpyrifos	58			6							
Chlorsulfuron	220			34							
Clopyralid	59			6							
Cypermethrin	5			4							
Dalapon	152			28							
Diazinon	58			6							
Dicamba	83			18							
Dichlobenil	352			36							
Dimethoat	494			38							
Dinoterb	75			10							
Ethylentiurea	248			30							
Fenpropimorph	285			36							
Flamprop	72			17							
Fluazifop	72			17							
Fluazifop-butyl	11			7							
Heptenophos	69			8							
Ioxynil	329			39							
Isoxaben	24			4							
Lineacil	70			14							
Linuron	221			30							
Maleinhydrazid	47			13							
MCPB	55			6							
Metazachlor	132			25							
Methabenzthiazuron	101			24							
Metsulfuron-methyl	220			34							
Omethoat	46			6							
Parathion	28			15							
Pentachlorphenol	123			35							
Prochloraz	86			19							
Propiconazol	308			39							
Propoxur	24			4							
Hydroxysimazin	165			30							
Hydroxyterbuthylazin	23			13							
Thifensulfuronmethy	17			11							
Triadimenol	86			18							

### Bilag 5.3 Pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer 1993-2000.

Alle medianværdier er beregnet på grundlag af medianværdier for de enkelte indtag.

Vandværksboringer 1993-2000	Analyser			Indtag					Koncentration		
	antal	med fund antal	m fund ≥0,1µg/l antal	med analyse antal	med fund		med fund ≥ 0,1µg/l		Gnst. µg/l	Median µg/l	Max. µg/l
					antal	%	antal	%			
2,3,5,6-tetraclorphenol	205	2		177	1	0,6			0,080	0,080	0,080
2,3,6-TCBA	100	1		92	1	1,1			0,050	0,050	0,050
2,4,5-trichlorphenol	115	1		111	1	0,9			0,025	0,025	0,025
2,4,6-trichlorphenol	1.464	1		1.123	1	0,1			0,021	0,021	0,021
2,4 D	10.177	25	1	5.917	14	0,2	1	0,0	0,044	0,017	0,375
2,4-dichlorphenol	4.467	8	1	3.250	8	0,2	1	0,0	0,075	0,054	0,270
2,4-dimethylphenol	1.673	23	13	1.081	9	0,8	4	0,4	0,401	0,060	2,600
2,6-DCPP	692	6		619	5	0,8			0,021	0,015	0,033
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	8.972	3.239	1.040	4.956	1206	24,3	471	9,5	0,479	0,051	560
2,6-dichlorphenol	2.426	7		1.800	7	0,4			0,054	0,060	0,100
2,6-dimethylphenol	1.676	73	56	1.065	8	0,8	7	0,7	8,174	0,175	215
4CCP,2-(4-Chlor- phenol)	367	28	1	308	17	5,5	1	0,3	0,039	0,035	0,194
4-CPP	861	47		675	14	2,1			0,024	0,020	0,071
Alachlor	699	1		581	1	0,2			0,010	0,010	0,010
Aldicarb	70	2		68	2	2,9			0,020	0,020	0,020
4-nitrophenol	93	3		90	3	3,3			0,016	0,015	0,018
AMPA	198	1		187	1	0,5			0,011	0,011	0,011
Atrazin	10.639	453	61	5.979	248	4,1	43	0,7	0,059	0,022	1,114
Deethylatrazin	6.224	261	30	4.517	161	3,6	22	0,5	0,053	0,027	0,820
Deethylisopropylarazin	132	3		126	3	2,4			0,044	0,060	0,060
Deisopropylatrazin	6.054	191	7	4.434	128	2,9	6	0,1	0,034	0,020	0,410
Hydroxyatrazin	4.449	36	3	3.522	31	0,9	3	0,1	0,036	0,019	0,220
Bentazon	6.224	171	36	4.522	91	2,0	13	0,3	0,119	0,022	2,650
Chlorpyrifos-methyl	43	1		34	1	2,9			0,030	0,030	0,030
Chlorsulfuron	200	1		178	1	0,6			0,010	0,010	0,010
Cyanazin	6.004	9	1	4.477	9	0,2	1	0,0	0,039	0,025	0,182
Diazinon	160	1		120	1	0,8			0,020	0,020	0,020
Dichlobenil	5.625	56	2	4.154	31	0,7	2	0,0	0,037	0,020	1,10
Dichlorprop	10.679	299	41	5.993	114	1,9	22	0,4	0,136	0,020	11
Dieldrin	77	1		60	1	1,7			0,033	0,033	0,033
Dimethoat	5.851	7	1	4.430	7	0,2	1	0,0	0,029	0,014	0,110
Dinoseb	10.423	14		5.979	14	0,2			0,009	0,005	0,050
Dinoterb	116	1		107	1	0,9			0,020	0,020	0,020
Diuron	3.191	20	4	2.515	15	0,6	2	0,1	0,086	0,020	0,475
DNOC	10.433	14		5.979	11	0,2			0,032	0,013	0,095
Ethylentiurea	62	2		59	2	3,4			0,015	0,015	0,020
Glyphosat	191	1		179	1	0,6			0,013	0,013	0,013
Hexazinon	6.408	155	39	4.614	80	1,7	12	0,3	0,084	0,025	1,120
Ioxynil	864	2		696	1	0,1			0,039	0,039	0,043
Isoproturon	5.946	34	3	4.428	24	0,5	2	0,0	0,078	0,019	0,982
Linuron	3.191	2	1	2.492	2	0,1	1	0,0	0,126	0,126	0,241
MCPA	10.500	63	10	5.993	35	0,6	6	0,1	0,065	0,029	0,560
Mechlorprop	10.637	319	34	5.994	126	2,1	17	0,3	0,165	0,025	26
Metamitron	5.722	2		4.371	2	0,0			0,015	0,015	0,020
Pendimethalin	5.778	36	1	4.374	34	0,8	1	0,0	0,032	0,017	0,327

Vandværksboringer 1993-2000	Analyser			Indtag					Koncentration		
	antal	med fund	m fund ≥0,1µg/l	med analyse	med fund		med fund ≥ 0,1µg/l		Gnst.	Median	Max.
		antal	antal	antal	antal	antal	%	antal	%	µg/l	µg/l
Pentachlorphenol	2.929	13	3	2.153	11	0,5	3	0,1	0,159	0,075	0,800
Propyzamid	856	1		660	1	0,2			0,015	0,015	0,015
Simazin	10.577	219	10	5.992	133	2,2	9	0,2	0,032	0,020	0,420
Hydroxysimazin	182	1		160	1	0,6			0,025	0,025	0,025
TCA	14	1		14	1	7,1			0,050	0,050	0,050
Terbutylazin	5.952	14		4.456	13	0,3			0,014	0,010	0,050
Hydroxyterbutylazin	227	2	1	186	2	1,1	1	0,5	0,066	0,066	0,112
2,3,4,5-tetraclorphenol	207			183							
2,3,4,6-tetraclorphenol	1.681			1.294							
2,4,5-T	507			391							
2,4-DB	97			89							
2,6-D	107			94							
2,6-dichlorbenzosyre	138			105							
2346-tetrachlorphenol	4			4							
2-CPP	180			175							
Aldrin	76			59							
Azinphos-ethyl	61			44							
Azinphos-methyl	68			51							
Benazolin	23			12							
Benazolin-ethyl	207			164							
Bromacil	98			84							
Bromophos	24			23							
Bromophos-ethyl	34			34							
Bromopropylat	19			19							
Bromoxynil	782			641							
Captafol	19			19							
Carbaryl	19			19							
Carbendazim	19			19							
Carbofenotion	15			15							
Carbofuran	2.395			1.878							
Hydroxycarbofuran	231			209							
Chinomethionat	19			19							
Chlordan	15			15							
Chlorfenvinphos	34			34							
Chloridazon	918			702							
Chlormefos	19			19							
Chlorothalonil	19			19							
Chlorpropham	19			19							
Chlorpyrifos	134			114							
Clopyralid	185			131							
Cyanofenphos	19			19							
Cycloat	15			15							
Cyfluthrin	19			19							
Cypermethrin	41			27							
Dalapon	23			23							
DDD, o,p-	15			15							
DDD, p,p-	34			34							
DDE, o,p-	33			33							
DDE, p,p-	34			34							
DDT, o,p-	52			52							
DDT, p,p-	34			34							

Vandværksboringer 1993-2000	Analyser			Indtag				Koncentration			
	antal	med fund	m fund ≥0,1µg/l	med analyse	med fund		med fund ≥ 0,1µg/l	Gnst.	Median	Max.	
		antal	antal	antal	antal	antal	%	antal	%	µg/l	µg/l
Deltamethrin	19			19							
Desmetryn	19			19							
Dibenzofuran	2			2							
Dicamba	728			598							
Dichlorfluamid	19			19							
Dimetachlor	19			19							
Endosulfan, alpha	52			52							
Endosulfan, beta	52			52							
Endrin	57			40							
Esfenvalerat	87			62							
Ethion	19			19							
Ethofumesat	476			357							
Fenchlorphos	19			19							
Fenitrothion	76			59							
Fenpropimorph	651			539							
Fenson	19			19							
Fenvalerat	34			34							
Flamprop	120			112							
Flamprop-M-isopropyl	58			54							
Fluazifop	165			134							
Fluazifop-butyl	268			254							
fluazifop-p-butyl	38			38							
Flucytrinrat	19			19							
Fonofos	15			15							
Formothion	19			19							
Gamma Lindan (HCH)	65			46							
HCH-alfa	34			34							
HCH-beta	15			15							
HCH-delta	15			15							
Heptachlor	15			15							
Heptachloreoxid	15			15							
Heptenophos	19			19							
Imazalil	38			37							
Iprodion	19			19							
Isobutanol	13			13							
Isofenphos	19			19							
Isoxaben	17			17							
Lenacil	274			245							
Malathion	23			21							
Malathion	66			49							
MCPB	175			132							
Mecarban	19			19							
Metalaxyl	19			19							
Metazachlor	711			552							
Methabenzthiazuron	627			467							
Methodathion	19			19							
Methomyl	135			135							
Methoxychlor	19			19							
Metolachlor	15			15							
Metribuzin	714			556							
Metsulfuron methyl	186			166							

Vandværksboringer 1993-2000	Analyser			Indtag					Koncentration			
	antal	med fund	m fund ≥0,1µg/l	med analyse	med fund		med fund ≥ 0,1µg/l		Gnst.	Median	Max.	
		antal	antal	antal	antal	antal	%	antal	%	µg/l	µg/l	µg/l
Mirex	15			15								
Parathion	109			89								
Parathion-methyl	76			59								
Permethrin	19			19								
Phenmedipham	311			289								
Phosalon	19			19								
Phosmet	19			19								
Phosphamidon	19			19								
Pirimicarb	845			647								
Pirimiphos-methyl	19			19								
Prochloraz	307			236								
Procymidon	19			19								
Promecarb	19			19								
Prometryn	19			19								
Propachlor	69			52								
Propazin	432			405								
Propham	19			19								
Propiconazol	895			689								
Propoxur	70			68								
Prothiofos	19			19								
Pyrazophos	19			19								
Quinalphos	19			19								
Sebutylazin	15			15								
Sulfotep	19			19								
Terbacil	34			34								
Deethylterbuthylazin	255			220								
Hydroxyterbuthylazin	59			56								
Terbutryn	19			19								
Tetrachlorphenol	12			12								
Tetrachlorvinfos	15			15								
Tetradifon	19			19								
Tetrasul	5			5								
Thiabendazol	19			19								
Thifensulfuron methyl	8			8								
Tolclofos-methyl	19			19								
Tolyfluanid	19			19								
Triadimefon	26			24								
Triadimenol	550			411								
Tri-allat	7			5								
Triazophos	19			19								
Trifluralin	233			160								
Vinclozolin	19			19								

## Bilag 5.4 Pesticider og nedbrydningsprodukter i andre boringer 1993-2000.

Andre boringer omfatter blandt andet markvandsboringer, vandværkernes overvågningsboringer, forureningsundersøgelsesboringer. Alle medianværdier er beregnet på grundlag af medianværdier for de enkelte indtag.

Andre boringer 1993-2000	Analyser			Indtag					Koncentration		
	antal	med fund antal	m fund ≥0,1µg/l antal	med analyse antal	med fund		med fund ≥ 0,1µg/l		Gnst. µg/l	Median µg/l	Max. µg/l
					antal	%	antal	%			
2,4-D	868	2		690	2	0,3			0,058	0,058	0,073
2,4-dichlorphenol	352	6	6	285	6	2,1	6	2,1	0,877	0,350	3,1
2,6-DCPP	104	9	7	87	9	10,3	7	8,0	13,30	0,200	60
2,6-dichlorbenzamid	800	204	72	606	137	22,6	52	8,6	0,255	0,060	10
2,6-dichlorphenol	199	4	3	151	4	2,6	3	2,0	0,478	0,275	1,3
2CCP	18	3		17	3	17,6			0,064	0,053	0,096
4CCP	32	10	7	30	9	30,0	6	20,0	4,038	0,520	34
4-CPP	103	4	2	83	4	4,8	2	2,4	1,145	0,505	3,5
AMPA	187	4		141	3	2,1			0,021	0,019	0,040
Atrazin	886	55	19	696	38	5,5	12	1,7	0,127	0,042	1,3
Deethylisopropyltrazi	134	11		116	11	9,5			0,027	0,022	0,052
Deethylatrazin	692	35	6	565	28	5,0	5	0,9	0,126	0,039	1,6
Deisopropylatrazin	676	25	5	552	19	3,4	4	0,7	0,065	0,022	0,530
Hydroxyatrazin	546	2		469	2	0,4			0,017	0,017	0,021
Bentazon	686	9	3	566	9	1,6	3	0,5	0,102	0,073	0,410
Carbofuran	282	1		234	1	0,4			0,040	0,040	0,040
Cyanazin	673	1		561	1	0,2			0,055	0,055	0,055
Dichlobenil	621	10		502	6	1,2			0,020	0,031	0,073
Dichlorprop	915	77	49	708	34	4,8	19	2,7	0,774	0,115	10
Dimethoat	665	1		558	1	0,2			0,016	0,016	0,016
Dinoseb	873	1	1	697	1	0,1	1	0,1	1,280	1,280	1,280
Diuron	416	5		381	4	1,0			0,041	0,028	0,100
DNOC	869	1		692	1	0,1			0,018	0,018	0,018
Ethylentiurea	135	8	2	104	8	7,7	2	1,9	0,133	0,030	0,750
Fenpropimorph	223	2		180	2	1,1			0,083	0,083	0,085
Glyphosat	187	8		141	7	5,0			0,029	0,022	0,068
Hexazinon	690	15	7	571	11	1,9	3	0,5	0,428	0,030	3
Isoproturon	675	5		557	4	0,7			0,043	0,032	0,082
Linuron	284	1		254	1	0,4			0,073	0,073	0,073
MCPA	884	2		704	2	0,3			0,020	0,020	0,029
Mechlorprop	904	72	19	703	44	6,3	15	2,1	0,378	0,045	11
Metamitron	644	3	1	536	3	0,6	1	0,2	0,109	0,065	0,210
Metribuzin	225	1		179	1	0,6			0,063	0,063	0,063
Propiconazol	224	1		180	1	0,6			0,020	0,020	0,020
Simazin	879	23	5	696	20	2,9	3	0,4	0,050	0,021	0,269
Sulfotep	17	3	3	9	3	33,3	3	33,3	0,233	0,240	0,320
Terbuthylazin	666	1		554	1	0,2			0,020	0,020	0,020
2,3,6-TCBA	25			25							
2,4,5-T	32			32							
2,4-DB	6			6							
2,6-D	27			27							
2,6-Dichlorbenzoesyre	30			30							
2-M-4,6-DCPA	27			27							
2-M-4,6-DCPP	27			27							
2-M-6-CCP	22			21							
2-M-6-CPA	27			27							

Andre boringer 1993-2000	Analyser			Indtag				Koncentration			
	antal	med fund antal	m fund ≥0,1µg/l antal	med analyse antal	med fund		med fund ≥ 0,1µg/l antal	%	Gnst.	Median	Max.
					antal	%			µg/l	µg/l	µg/l
4-Nitrophenol	76			75							
Alachlor	49			49							
Aldicarb	1			1							
Aldrin	2			1							
Azinphos-ethyl	2			1							
Azinphos-methyl	3			2							
Benazolin	4			4							
Benazolin-ethyl	45			45							
Bromacil	1			1							
Bromophos	19			19							
Bromoxynil	224			180							
Hydroxycarbofuran	134			131							
Chloridazon	219			175							
Chlorpyrifos	25			25							
Chlorsulfuron	134			131							
Clopyralid	31			31							
Dalapon	112			111							
Diazinon	30			30							
Dicamba	39			38							
Dieldrin	2			1							
Dinoterb	26			26							
Endrin	2			1							
Esfenvalerat	8			8							
Ethofumesat	218			174							
Fenitrothion	2			1							
Flamprop	26			26							
Flamprop-M-isopropyl	1			1							
Fluazifop	26			26							
Fluazifop-butyl	10			9							
Gamma Lindan(HCH)	2			1							
Ioxynil	226			182							
Isoxaben	1			1							
Lenacil	184			141							
Malathion	2			1							
MCPB	27			27							
Metazachlor	40			39							
Methabenzthiazuron	37			35							
Methomyl	2			2							
Metsulfuronmethyl	134			131							
Omethoat	6			6							
Parathion	57			46							
Parathion-methyl	2			1							
Pendimethalin	663			556							
Phenmedipham	12			11							
Pirimicarb	226			182							
Prochloraz	34			33							
Propachlor	2			1							
Propazin	22			22							
Propoxur	1			1							
Propyzamid	72			71							
Hydroxysimazin	100			81							
TCA	52			52							



Andre borerger 1993-2000	Analyser			Indtag				Koncentration			
	antal	med fund antal	m fund ≥0,1µg/l antal	med analyse antal	med fund		med fund ≥ 0,1µg/l		Gnst. µg/l	Median µg/l	Max. µg/l
					antal	%	antal	%			
Deethylterbuthylazin	164			145							
Hydroxyterbuthylazin	5			4							
Tetrasul	2			2							
Triadimefon	2			2							
Triadimenol	34			33							
Tri-allat	2			2							
Trifluralin	3			2							



**Bilag 6.1 Vandindvinding i 2000 fordelt på 10 kategorier**

	Offentlige almene vandværker	Private almene vandværker	Små ikke almene anlæg (1-9 husstande)	Institutioner med egen indvinding	Erhverv og industri m.v.	Markvanding	Gartneri	Dambrug	Anden Indvinding	Total grundvandsindvinding	Overfladevand
mio. m <sup>3</sup> /år											
Københavns og Fr.:berg Komm. <sup>1)</sup>	2,442	0,000	0,000	0,002	0,064	0,000	0,000	0,000	5,400	7,908	1,100
Københavns Amt <sup>2)</sup>	37,000	0,537	0,042	0,034	5,136	0,004	0,164	i.o.	5,866	48,783	i.o.
Roskilde <sup>3)</sup>	25,674	8,488	0,025	0,163	4,194	0,023	0,487	0,000	2,740	41,794	i.o.
Frederiksborg <sup>4)</sup>	28,392	9,761	1,000	0,053	0,270	0,800	0,159	i.o.	0,800	41,235	1,107
Vestsjælland <sup>5)</sup>	19,564	13,076	0,180	0,037	1,860	0,247	0,772	0,007	i.o.	35,743	5,600
Storstrøm	8,238	10,089	0,123	0,000	3,055	0,955	i.o.	i.o.	0,006	22,466	i.o.
Bornholm	3,124	0,905	0,006	i.o.	0,026	0,044	0,000	i.o.	0,004	4,109	i.o.
Fyn	37,671	i.o.	0,023	0,013	1,707	0,442	2,712	0,000	1,014	43,582	2,538
Sønderjylland	10,288	12,798	6,150	0,102	5,054	29,490	0,227	0,015	0,697	64,871	1,740
Ribe	13,466	8,616	0,000	0,031	2,881	37,717	0,362	6,219	0,252	69,544	i.o.
Vejle	18,328	10,613	4,070	0,100	13,700	11,500	i.o.	i.o.	0,410	58,721	i.o.
Ringkjøbing	16,571	11,009	0,040	0,084	10,376	64,463	i.o.	i.o.	i.o.	102,543	3,826
Århus	27,014	20,331	0,167	0,093	3,362	4,073	0,541	0,187	0,476	56,244	1,000
Viborg	11,862	9,827	0,135	0,209	4,059	5,998	0,209	1,367	1,374	35,040	i.o.
Nordjylland	22,467	18,754	0,273	0,108	11,024	3,375	i.o.	17,481	0,063	73,545	0,106
<b>Hele landet</b>	<b>282,101</b>	<b>134,804</b>	<b>12,234</b>	<b>1,029</b>	<b>66,768</b>	<b>159,131</b>	<b>5,683</b>	<b>25,276</b>	<b>19,102</b>	<b>706,128</b>	<b>17,017</b>

1) Københavns Kommune, anden indvinding primært i forbindelse med anlæg af Metro

2) eksport til Københavns Energi (21,000 mio. m<sup>3</sup>/år)

3) eksport til Københavns Energi (19,130 mio. m<sup>3</sup>/år)

4) eksport til Københavns Energi og Gentofte Vandforsyning (20,500 mio. m<sup>3</sup>/år)

5) eksport til Københavns Energi og Næstved Vandforsyning (8,900 mio. m<sup>3</sup>/år)

i.o. ingen oplysninger

