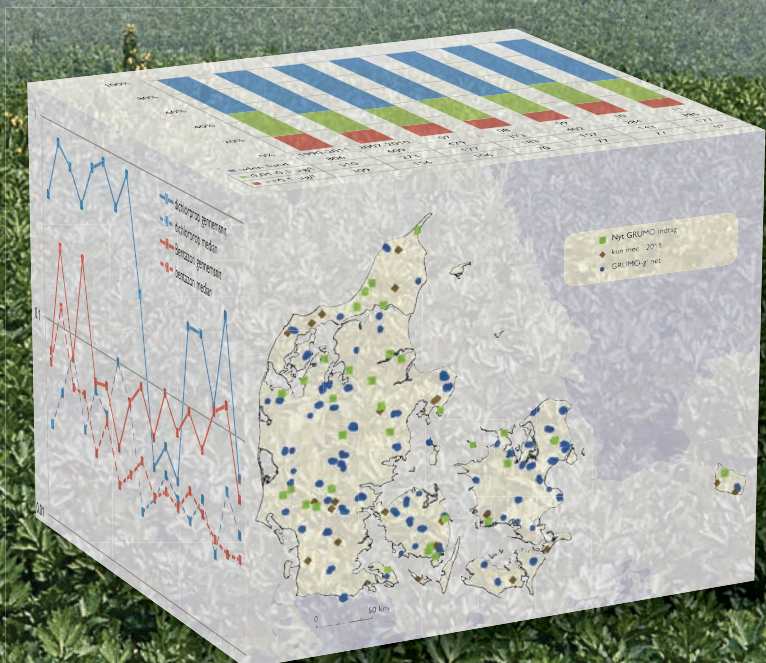


# GRUNDVANDSOVERVÅGNING 2012



DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER FOR DANMARK OG GRØNLAND  
KLIMA-, ENERGI-, OG BYGNINGSMINISTERIET

# Grundvand

## Status og udvikling 1989 – 2011

**GEUS 2012**

*Redaktør:* Lærke Thorling

*Forfattere:*

Lærke Thorling

Walter Brüsch

Birgitte Hansen

Carsten Langtofte

Susie Mielby

Rasmus Rønde Møller

*Tegninger:* Forfatterne og Kristian A. Rasmussen

*Dato* December 2012

Rapporten kan hentes på nettet på: [www.grundvandsovervaagning.dk](http://www.grundvandsovervaagning.dk)

## Forord

Denne rapportering om grundvandets tilstand og udvikling er baseret på data indsamlet af Naturstyrelsen (før 2007 amterne) i perioden 1989 til 2011, som led i den nationale grundvands- overvågning (GRUMO) og landovervågning (LOOP). Fra de almene vandværker præsenteres data fra egenkontrollen af indvindingsboringernes vandkvalitet. Der er ligeledes i et vist omfang inddraget kemiske analyser af grundvandet fra andre grundvandsundersøgelser, fx i forbindelse med kortlægningen af grundvandet i områder med særlige drikkevandsinteresser. Fra alle indvindere af grundvand, vandværker, industrier, markvandre mv. anvendes de indberettede oplysninger om indvindingens størrelse.

Data er præsenteret i en række enkle indikatorer, der hvert år opdateres i den løbende rapportering. Med udgangspunkt heri præsenteres supplerende resultater og konklusioner. Derudover kan der være en uddybende datapræsentation i varierende omfang, typisk i form af et tema. I år er det uddybende tema indbygget i kapitlet om pesticider og i kapitlet om hovedbestanddele, hvor data for orthofosfat præsenteres for første gang.

Omfanget af analyseprogrammet for grundvandsovervågningen er fastlagt i rapporten 'NO-VANA' – det Nationale program for Overvågning af VAndmiljøet og NATuren' (NST mfl. 2011).

Målgrupperne for denne rapportering er Regeringen, Folketinget og offentligheden samt de involverede aktører i overvågningen, herunder Naturstyrelsen, Miljøstyrelsen, kommuner, vandforsyninger og Århus Universitet (DCE). Rapporten udkommer alene elektronisk på GEUS' hjemmeside [www.geus.dk](http://www.geus.dk), hvorfra man kan printe en samlet rapport til eget brug.

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

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

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

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

**Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brusch, W., Møller, R.R., og Mielby, S. 2012: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2011. Teknisk rapport, GEUS 2012.**

**ISBN 978-87-7871-345-2**

## Indholdsfortegnelse

Forord.....	2
1 Sammenfatning .....	4
1 English Summary .....	9
2 Indledning.....	15
3 Grundvandets alder .....	23
4 Hovedbestanddele .....	26
Nitrat i grundvand .....	26
Nitrat, vandværkernes kontrol af indvindingsboringer .....	35
Vandmiljøhandlingsplanernes effekt på grundvandets nitratindhold .....	37
Fosfor i grundvand .....	41
Fosforindhold i grundvandsovervågningen .....	42
Fosforindhold i vandværkernes indvindingsboringer .....	47
Udviklingen og tilstand for fosfor i øvre terrænnært grundvand (LOOP) .....	49
5 Uorganiske sporstoffer .....	53
Grundvandsovervågning.....	56
Vandværkernes egenkontrol .....	56
6 Organiske mikroforureninger .....	60
Grundvandsovervågning.....	63
Vandværkernes egenkontrol .....	65
7 Pesticider .....	71
Grundvandsovervågning.....	73
Vandværkernes kontrol af indvindingsboringer .....	86
Pesticider fundet ved forskellige typer af overvågninger af grundvandet .....	92
8 Vandindvinding.....	96
9 Det Nationale Pejleprogram .....	108
10 Referencer.....	124

## 1 Sammenfatning

Overvågningen af grundvandet og det øvrige vandmiljø har nu fundet sted i næsten 25 år, med systematisk dataindsamling og rapportering siden 1989. Indholdet af overvågningsprogrammet præsenteres i kap 2. Dette års rapport præsenterer resultaterne for perioden 1989-2011.

### Nitrat

For at vurdere effekten på grundvandets nitratindhold som følge af implementeringen af Vandmiljøplanen i 1987 og de efterfølgende vandplaner og miljøreguleringer må man se på det yngste iltede grundvand. Der blev i rapportering for 2009 (Thorling m.fl., 2010b) gennemført en statistisk analyse af den tidlige udvikling i indtag med iltet grundvand i grundvandsovervågningen (GRUMO), en videre bearbejdning er publiceret i Hansen et al. (2011) og Hansen et al. (2012). I omkring 44 % af det yngste (0-15 år) iltede grundvand er der en signifikant faldende tendens i nitratindholdet, mens kun omkring 9 % af det ældre (25-50 år) iltede grundvand udviser en tilsvarende signifikant faldende tendens. Der er stadig mange overvågningsindtag i GRUMO, placeret i iltet grundvand, hvor der er et signifikant stigende nitratindhold. Specielt i det ældre (> 50 år) iltede grundvand, hvor 64 % af indtagene har et signifikant stigende nitratindhold.

I dette års rapportering er udviklingen i nitrat i de enkelte indtag vurderet i forhold til grænseværdien på 50 mg/l. I 44 % af de undersøgte indtag er der overskridelser af grænseværdien ved seneste nitratanalyse, og samtidig et stigende nitratindhold. Specielt i det yngste grundvand findes der en høj andel (60 %) af overskridelser af grænseværdien i de indtag der har et stigende nitratindhold sammenlignet med nitratindholdet i indtag med faldende nitratindhold eller ingen signifikante nitratrends.

Generelt viser de statistiske analyser af de sidste 20 års overvågningsdata, at nitratindholdet i det danske grundvand er faldende i det yngste grundvand, hvilket er i overensstemmelse med udviklingen i kvælstofoverskuddet i dansk landbrug og overvågningsprogrammets målinger af nitratudvaskningen og nitrattransporten i vandløb. Det konkluderes, at det overordnet set ser ud til at gå den rigtige vej med hensyn til at nedbringe nitratindholdet i grundvandet, men at der flere steder fortsat kan konstateres stigninger, herunder også i det helt unge grundvand dannet efter vandmiljøplanernes ikrafttræden.

Kun få af vandværkernes indvindingsboringer har et nitratindhold over drikkevandskvalitetskravet. Dette kan bl.a. skyldes, at den forurenede del af grundvandet fravælges, idet boringer med et for højt nitratindhold lukkes og erstattes af dybere boringer. Kommunerne har indtil 2010 sendt indberetninger om lukningsårsager efter jordforureningsloven til Miljøstyrelsen, der er afrapporteret i forbindelse med punktkilderreporteringen (MST, 2010).

Nitrat begrænser omfanget af den anvendelige drikkevandsressource, men kun ganske få forbrugere i dag udsættes for høje nitratindhold i drikkevandet. Overfladevand og natur er mange steder påvirket af udstrømning af nitrat fra det øvre grundvand, også selv om der de senere år er konstateret et overordnet fald i nitratkoncentrationerne, i forhold til da belastningen var størst. Der henvises her til overvågningsrapporterne fra DCE for natur og overfladevand. (NO-VANA hjemmeside, 2012)

## Fosfor

Der er i 2011 for første gang i grundvandsovervågningsprogrammets historie blevet analyseret systematisk for orthofosfat-P samtidig med den traditionelle totalfosfor analyse. Orthofosfat er en uorganisk fosforforbindelse. Dette forbedrer mulighederne for at sammenligne grundvand og overfladevand, idet man i overfladevand altid har analyseret for såvel orthofosfat-P som totalfosfor.

Resultaterne viser overraskende, at orthofosfatindholdet i grundvandet tilsyneladende er uafhængigt af såvel dybde som redox. Resten af totalfosfor (formentlig organisk bundet fosfor) kan forklare det højere indhold af totalfosfor, som optræder i reduceret grundvand i forhold til oxideret grundvand. Der er ikke nogen markant geografisk variation i, hvor der er særligt høje eller lave andele af orthofosfat/totalfosfat, men dette kan til dels tilskrives den relativt lave datatæthed som GRUMO data har på landsplan, og at denne datatype ikke findes på vandværkerne. Der er fundet samme afhængighed for "organisk fosfor" i LOOP data, idet orthofosfat også her udgør en mindre andel af totalfosfor under reducerede forhold end under iltede forhold. Samtidig er koncentrationsfordelingen af orthofosfat den samme for oxiderede som reducerede grundvandsprøver.

Der er i forhold til grundvandets påvirkning af overfladevand, et stort behov for at undersøge, hvilken kemisk sammensætning det såkaldte "organiske fosfor" bidrag rent faktisk består af, så det er muligt at vurdere, hvorledes denne fraktion bidrager til stoftransport og eutrofieringen.

## Grundvandsovervågning i Landovervågningsområderne (LOOP)

I landovervågningsoplandene overvåges det allerøverste grundvand 1-6 mu.t. I rapporteringen i 2010 (Thorling m.fl., 2010a) blev der udført en statistisk analyse af trenden for nitrat i det øvre grundvand for perioden 1990 til 2009, som viste et signifikant fald i nitratindholdet for 59 % af filtrene. Men der var også filtre i det øvre grundvand (ca. 13 %) i landovervågningsoplandene, hvor nitratindholdet var signifikant stigende.

Der er i det forløbne år gennemført en faglig vurdering af stationsnettet for grundvandsdelen af LOOP. Det konkluderes, at der bl.a. er brug for en optimering af feltarbejdet, således at det kan vurderes, hvilke boringer der er egnede til overvågning af nitratudvaskningen til grundvandet. Som det er nu, indgår der en del boringer med nitratreducerende forhold, der ikke afspejler kvælstofpåvirkningen fra landbruget.

## Uorganiske sporstoffer

En række uorganiske sporstoffer optræder i dansk grundvand i koncentrationer over drikkevandskvalitetskravene. En del af indholdet af disse stoffer er naturligt forekommende, mens det i andre tilfælde skyldes påvirkninger fra samfundsmæssige aktiviteter. I indvindingsboringer er der fundet overskridelser for arsen i 205 boringer og for nikkel i 38 boringer, mens der kun er få overskridelser for beryllium, bor, barium, aluminium og kobolt. I 2011 er der gennemført en landsdækkende prøvetagning og analyse af indholdet af beryllium i overvågningsboringerne. Der er fundet én overskridelse af drikkevandskvalitetskravet på 10 µg/l. Et indhold på 13 µg/l Be er fundet i overvågningsområdet Hvinningdal vest for Silkeborg.

## Organiske mikroforureninger

Såvel grundvandsovervågningen som vandværkernes boringskontrol rummer mange fund af organiske mikroforureninger, hvilket er udtryk for, at der i et moderne industrialiseret samfund

med en bred anvendelse af miljøfremmede stoffer ofte forekommer spild af mindre mængder, som påvirker grundvandet i uheldig retning, uden at det efterfølgende er muligt umiddelbart at fastslå beliggenheden af kilden. Samlet set er data især præget af lave koncentrationer, få genfund eller genfund over en kortere årrække.

Omvendt viser langvarige overskridelser af drikkevandkvalitetskravene i nogle borer, at når en massiv forurening først er etableret, varer det meget længe, inden den er forsvundet igen, og at de forurenende stoffer kan trænge dybt ned grundvandet, se også (MST, 2010).

Trikløretylen og tetrakløretylen og deres nedbrydningsprodukter, der ofte strammer fra rensningsgrunde, har også i 2011 vist sig fortsat at udgøre et meget alvorligt problem for vandværkerne i en lang række kommuner.

### **Pesticider i grundvandsovervågningen**

Der findes stadig en betydelig udbredelse af pesticider i grundvandet. I 2011 blev der i grundvandsovervågningen fundet pesticider i 39 % af indtagene, mens drikkevandskvalitetskravet på 0,1 µg/l var overskredet i 11 % af indtagene. Særligt de øvre grundvandsmagasiner er påvirket af pesticider og nedbrydningsprodukter fra disse, mens pesticidindholdet i det mere dybtliggende og ældre grundvand er væsentligt mindre.

Pesticider kan inddeles i tre grupper: Godkendte, regulerede og forbudte. De regulerede er i denne sammenhæng stoffer, hvor der efter den oprindelige godkendelse er indført yderligere begrænsninger på anvendelsen af hensyn til grundvandet. I 2011 blev der fundet godkendte stoffer i 1 % af indtagene, mens stoffer pålagt restriktioner blev fundet i 6 % og forbudte stoffer i 34 %. Pesticidanalyserne for de sidste 4 år viser, at ca. 1/3 af fundene skyldes godkendte og regulerede stoffer, mens ca. 2/3 stammer fra forbudte stoffer. I samme 4-års periode er der fundet godkendte stoffer i 7 % af de undersøgte indtag, mens der er fundet regulerede pesticider eller nedbrydningsprodukter fra disse i 8 % af indtagene. I 34 % af indtagene blev der fundet forbudte pesticider eller nedbrydningsprodukter.

Hyppigheden af fund af godkendte stoffer faldt i 2011, idet der ikke blev fundet så mange indtag med glyphosat og AMPA, der er to af fem godkendte stoffer, der indgår i analyseprogrammet. Fundhyppigheden af Glyphosat og nedbrydningsproduktet AMPA ligger i 2011 på 0,8 % og 0,6 % (begge 0,3 % over grænseværdien), hvilket er samme niveau som tidligere i grundvandsovervågningen. De høje fundandele i 2009 er derfor næppe typiske for grundvandets tilstand. Årsagen til de relativt mange fund i 2009 kendes ikke.

Der er i 2011 gennemført analyser af ti nye stoffer i grundvandsovervågningen. Ud af disse blev der fundet 8 stoffer, heraf to med fund over grænseværdien. De tre hyppigst fundne stoffer (1,4 til 4 %) er nedbrydningsprodukter fra i dag forbudte triaziner. Ud af de ti stoffer er tre godkendte pesticider, hvoraf to blev fundet i en enkelt vandprøve under grænseværdien.

### **Pesticider i vandværkernes boringskontrol**

I vandværkerne er mange års faldende pesticidindhold i råvandet ophørt og andelen af pesticidpåvirket vand har stabiliseret sig lidt over 20 %. I 2011 blev der fundet pesticider i 23 % af de undersøgte aktive indvindingsboringer, mens kvalitetskravet på 0,1 µg/l for enkeltstoffer var overskredet i 4 % af borerne. Resultatet kan sammenlignes med fundene i årene omkring 2004, hvor fundene nåede op på 26 % med 4,5 % over grænseværdien. Glyphosat er analyse-

ret i ret få indvindingsboringer i 2011, med et enkelt fund under grænseværdien svarende til 0,5 % af de 185 analyserede boringerne.

Der er i 2011 gennemført en revision af analyseprogrammet for BoringsKontrollen. Det nye program skal anvendes af vandværkerne fra 2012, når vand fra indvindingsboringer analyseres. Dette program omfatter en del nye stoffer, bl.a. glyphosat og AMPA, som er fundet i grundvandsovervågningen. Som tidligere findes der flest pesticider i aktive vandværksboringer på lerede jorder og omkring de større byer, hvor især BAM er påvist.

### **Vandindvinding**

De samlede oppumpede vandmængder i Danmark (uden markvanding) udviser fra 2006 og frem en svagt faldende tendens, og tenderer til at blive konstant fra 2009 og frem. Den totale årlige oppumpning ligger på et stabilt niveau på omkring 500 til 550 mio. m<sup>3</sup>/år, når man ser bort fra markvandingen. Medregnes markvanding er oppumpningen over de sidste 10 år steget fra omkring 600 mio. m<sup>3</sup>/år til et relativt højt niveau omkring 670-745 mio. m<sup>3</sup>/år.

Der ses ikke længere en faldende tendens i den indberettede oppumpning fra de almene vandværker, idet der siden 2007, relativt konstant er indvundet omkring 400 mio. m<sup>3</sup>/år. Af de indberettede data fremgår det, at der de senere år har været en stigning i markvandingen, der formentlig hænger sammen med de særligt tørre forår og forsomre. Den samlede markvanding udgjorde således i 2011 omkring 40 % af indvindingen i Danmark, hvilket lokalt kan have stor betydning for vandbalancen og påvirke vådområder og vandføring i vandløb.

### **Det Nationale pejleprogram**

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

### **Den nationale vandressource model (DK-model)**

Et af formålene med den nationale vandressource model er at kunne foretage nationale og regionale vurderinger af vandbalancen bl.a. til brug for vandplanerne. DK-modellen blev opdateret til den nuværende version (DK-model2009) under NOVANA programmet 2004 – 2009. Under revisionen af overvågningsprogrammet er der lagt op til en styrkelse af modelleringen indenfor NOVANA, ligesom der er påpeget et behov for en koordinering af data og viden oparbejdet indenfor hhv. overvågningen og forvaltningen, bl.a. ved at anvende samme modelværktøjer for de to opgavetyper. I forbindelse med revisionsprocessen er der opstillet en prioriteret modelstrategi, indenfor hvilken der er planlagt et udbud for modelleringsdelen. Dette udbud er ikke formuleret i skrivende stund, og modellering med DK-modellen indgår p.t. ikke i overvågningsprogrammet 2011 – 2015.

### **Datagrundlag**

Rapporteringen omfatter kemiske analyser og pejledata for grundvandet samt oplysninger om oppumpede vandmængder fra grundvand og overfladevand. Data fra Det Nationale Vand og Natur overvågningsprogram (NOVANA), består af kemiske analyser fra grundvands- overvågningsprogrammet og det nationale pejlenet (GRUMO) og grundvandsdelen af Land-



overvågningsprogrammet (LOOP). Så godt som alle NOVANAdata er korrekt og rettidigt indberettet til JUPITER databasen. Dog mangler der for 2010 og 2011 ca. 75 % af data fra LOOP 6 på grund af problemer med prøvetagningen.

Der er i det forløbne år sket markante forbedringer i mængden af pejledata fra overvågningsprogrammet, der er tilgængelige i JUPITER. Der resterer dog fortsat et vist arbejde med at få gennemført de nødvendige rettelser af data. Opgaven med at udarbejde en teknisk anvisning for håndtering af pejledata er igangsat og forventes at lette arbejdsgangen og forbedre datakvaliteten fremover. For at kunne anvende pejleserierne er det nødvendigt med tidsserier af god kvalitet. Årets rapportering har således koncentreret sig om vurdering af kvaliteten og indholdet af de enkelte pejleserier med henblik på dels forbedring af datamaterialet, dels udsortering af repræsentative tidsserier på landsplan. Der har været en forøgelse på 16 indtag i årets afrapportering og en stigende måleintensitet. Imidlertid er der ikke sket en tilsvarende forbedring i datamaterialet grundet manglende sikkerhed i indlæsning af data. Således vurderes 50 % af de 140 pejleserier, at være usikre eller med tydelige datafejl.

Alle relevante data om grundvand og drikkevand skal være tilgængelige i den fællesoffentlige database JUPITER. Kommunernes opdatering af vandværkernes oppumpede vandmængder er stort set dækkende, men for ca. 20 kommuner er der fortsat problemer med, at data for perioden 2007-11 er forkerte eller mangelfulde. Der er fortsat ikke noget samlet overblik over, hvor mange og hvilke vandværker og indvindingsboringer, der er aktive. Dette medfører en række problemer for såvel datahåndteringen som rapporteringen, herunder hvilke svar overvågningen kan give om kvalitet og kvantitet af det vand, der anvendes til vandforsyning. Kommunerne har fra 1. juli 2012 fået mulighed for at få tilskud til deres arbejde med boringsnære beskyttelsesområder (BNBO), og Naturstyrelsen har i den forbindelse oprettet et rejsehold, der kan vejlede kommunerne bredt om vandforsynings- og drikkevandsreglerne (Naturstyrelsen, 2012). Forhåbentligt vil dette arbejde forbedre overblikket over vandværkernes og indvindingsboringeres status.

I lighed med tidligere år er der også i år fundet en del fejl i indberetningen af de vandmængder, der anvendes i dambrugene.

Det datamateriale, der ligger til grund for rapporten, er udtrukket fra JUPITER ud fra særlige kriterier, som blandt andet sikrer en veldefineret kvalitet, og at fortrolige oplysninger m.v. håndteres korrekt.

## 1 English Summary

Groundwater monitoring in Denmark has now been in place for nearly 25 years. As from 1989, such monitoring has included systematic data collection and reporting. The Monitoring Programme is presented in Chapter 2. This year's report presents results from the 1989-2011-period.

### Nitrate

The most recently formed oxic groundwater needs to be analysed to assess the effects on groundwater nitrate concentration associated with the implementation of the 1987 Water Action Plan and subsequent water action plans and other environmental regulation initiatives. The 2009 report (Thorling et al., 2010b) included a statistical analysis of the development over time in all oxic groundwater monitoring points comprised by the groundwater monitoring initiative (GRUMO); further analyses of the data were published in Hansen et al. (2011) and Hansen et al. (2012). The nitrate content follows a significantly decreasing trend in 44% of the monitoring points in the youngest (0-15 years) groundwater. Only about 9% of the monitoring points with older (25-50 years) groundwater show a similar significantly decreasing trend. However, many GRUMO oxic groundwater monitoring points still show significant increases in nitrate content. Specifically, in a total of 64% of the older oxic groundwater monitoring points, an increase in nitrate content was observed.

In this year's report, the nitrate content in the individual monitoring points was assessed by reference to the 50 mg/l threshold value. In 44% of the sampled monitoring points, the latest nitrate analysis documented the combination of an exceeded threshold value and increasing nitrate content. In the youngest groundwater, the share of monitoring points with an increasing nitrate content that also exceed the threshold value is particularly high compared with the nitrate content of points with decreasing nitrate content or no significant nitrate trend.

Generally, statistical analysis of the past 20 years' of monitoring data documents that the nitrate content of the youngest Danish groundwater follows a decreasing trend. This is in accordance with the development in nitrogen surplus observed in Danish agriculture and with monitoring programme measurements of nitrate leaching and nitrate transport to water courses. In conclusion, the overall trend with regard to reducing the groundwater nitrate content is positive, but several locations still record increases, including some of the most recently created groundwater which was formed after the water action plans came into force.

Only a limited number of the waterworks' abstraction wells exceed the nitrate threshold values stipulated in the drinking water quality requirement. This is, among others, owed to the fact that the contaminated part of the groundwater is excluded because wells with excessive nitrate content are closed and being replaced by deeper wells. Up to 2010, Danish municipalities reported the causes of well closure to the Danish Environmental Protection Agency in pursuance of the Soil Contamination Act; and reports were published in connection with the point source reporting (MST, 2010).

Nitrate thus diminishes the available drinking water resource, but only a limited number of consumers are currently exposed to high drinking water nitrate content. Nevertheless, the surface water and nature remain exposed as a high level of nitrate is still widely observed in the upper groundwater even if recent years have seen an overall decrease in nitrate concentra-

tions compared with previous years' peak loads. For further information, please see DCE monitoring reports on nature and surface water. (NOVANA webpage, 2012)

## **Phosphorus**

In 2011, for the first time ever in the history of the Groundwater Monitoring Programme, systematic analysis for orthophosphate P was performed in conjunction with the traditional total phosphorus analysis. Orthophosphate is an inorganic phosphorus compound. This improves the opportunities to compare groundwater and surface water as surface water has always been analysed for both orthophosphate P and total phosphorus.

Surprisingly, the results show that the orthophosphate content of the groundwater is seemingly independent of both depth and redox. The rest of total phosphorus (probably organically bound phosphorus) may explain the patterns known for phosphorus propagation in groundwater as the content of "organic phosphorus" in reduced groundwater is far higher than in oxidised groundwater. Particularly high or low proportions of orthophosphate/total phosphate are not clearly associated with any geographic variation, but that may in part be ascribed to the relatively low data density of GRUMO nationally, and to the fact that this type of data is not available from waterworks. The above described association for organic phosphorus was also found in LOOP data as orthophosphate in these data also comprise a smaller share of total phosphorus under reduced conditions than under oxidised conditions. Furthermore, the distribution of orthophosphate concentrations is the same for oxidised as for reduced groundwater samples.

With regard to the groundwater's effect on surface water, there is a considerable need to investigate the chemical composition of the so-called organic phosphorus' contribution so that we may assess how this fraction contributes to transport of matter and eutrophication.

## **Groundwater monitoring in agricultural catchment monitoring areas (LOOP)**

The uppermost groundwater layer, 1-6 metres below surface, is monitored via the agricultural catchment monitoring areas. The 2010 report (Thorling et al., 2010a) included a statistical analysis of the nitrate trend in upper groundwater covering the 1990-2009-period. The results demonstrated a significant decrease in nitrate content for 59% of the filters. But there were also upper groundwater filters (approx. 13%) in agricultural catchment monitoring areas where the nitrate content had increased significantly.

During the past year, a technical assessment was performed of the net of monitoring stations of the groundwater section of the LOOP. It was concluded that, among others, the field work should be optimized to facilitate assessment of the wells best suited for monitoring of nitrate leaching to the groundwater. Currently, a number of wells which enjoy nitrate-reducing conditions are included even though they do not reflect the real nitrate impact from agriculture.

## **Inorganic trace elements**

A series of inorganic trace elements are found in Danish groundwater in concentrations exceeding the drinking water quality requirements. Some of these concentrations occur naturally, while others are caused by human activity. In some abstraction wells, the threshold values were exceeded. This was the case for arsenic in 205 wells and nickel in 38 wells, while thresholds are generally met for beryllium, boron, barium, aluminium and cobalt.

In 2011, beryllium content in the monitored wells nationwide was sampled and analysed. The 10 µg/l threshold stipulated in the drinking water quality requirement was exceeded in a single case. The above-threshold value of 13 µg/l was measured in the monitoring area of Hvinningdal to the west of the town of Silkeborg.

### **Organic micropollution**

The many cases of organic micropollution identified via groundwater monitoring and the well monitoring performed by water works demonstrate that in a modern industrialised society with extensive use of xenobiotic substances, minor spillage affecting the groundwater is common, and the source of such spillage cannot subsequently be easily determined. Data show an overall trend of low concentrations, few recurrent high measurements and recurrences which span over a limited number of years only.

On the other hand, examples of long-term non-compliance with the groundwater quality requirements observed via well monitoring shows that once massive pollution has occurred, it persists for a long period of time and may penetrate into society's pure groundwater reserve; see also (MST, 2010).

As previously, in 2011 the "dry cleaning substances" trichlorethylene, tetrachlorethylene and their break-down products constituted a very serious problem for the water works of many municipalities.

### **Pesticides in groundwater monitoring**

Pesticides remain highly prevalent in groundwater. In 2011, groundwater monitoring identified pesticides in 39% of monitoring points, while the drinking water quality requirement of 0.1 µg/l was exceeded in 11% of monitoring points. Particularly the upper aquifers carry pesticides and their metabolites products, whereas the pesticide content of deeper and older groundwater is considerably lower.

Pesticides may be divided into three groups: approved, regulated and banned. In this context, regulated pesticides are substances that after their approval have been subjected to additional restrictions with a view to protecting the groundwater.

In 2011, approved substances were found in 6% of the sampled monitoring points, while regulated pesticides were identified in 8% of monitoring points and banned substances in 34%. Pesticide analyses from the past four years show that approx. 1/3 of pesticide findings are due to approved and regulated substances, while 2/3 are caused by banned substances. In the same four-year-period, approved substances or metabolites were found in 7% of the sampled monitoring points, while regulated pesticides or their metabolites were identified in 8% of monitoring points. In 31% of the monitoring points, banned pesticides or their metabolites were detected.

The frequency of approved substances declined in 2011 as glyphosate and the metabolite AMPA were found at fewer monitoring points than previously. These are two of the five approved substances included in the analysis programme. In 2010 the detection frequency of glyphosate and AMPA was 0.8% and 0.6%, respectively (both 0.3% above the threshold value), which is in line with values previously observed in the Groundwater Monitoring Programme. Consequently, the share of samples with positive findings in 2009 was probably not

characteristic of the state of the groundwater. The cause of the increase in the share of positive findings in 2009 remains unknown.

In 2011, analysis of ten new substances was added to the Groundwater Monitoring Programme. A total of eight of the ten substances were detected, and for two of the substances there were findings exceeding threshold values. The three most frequently detected substances (1.4% to 4%) are metabolites from triazines which have been banned. Of the ten drugs, three are approved pesticides, two of which were detected in a single water sample at below-threshold values.

### **Pesticides in waterworks' well monitoring**

The declining raw water pesticide content observed in water works for many years has now been replaced by a stable, slightly above 20% share of pesticide affected water. In 2011, pesticides were detected in 25% of the sampled active abstraction wells, while the quality requirement of 0.1 µg/l for individual substances was exceeded in 4.0% of the wells. Results are comparable to the findings observed around 2004, when the equivalent numbers were 26% with 4.5% above threshold values. Glyphosate was only analysed in a limited number of abstraction wells in 2011, and the only positive finding was a single well within the threshold value, equivalent to 0.5% of the 185 analysed wells.

2011 saw a revision of the analysis programme pertaining to the well monitoring performed by waterworks (BoringsKontrollen). The new programme will be used by waterworks as from 2012 when analysing water from abstraction wells. The programme includes quite a few new substances, including glyphosate and AMPA which were found in the Groundwater Monitoring Programme.

As previously, there are more pesticides in active waterwork drillings located on clayey soil and close to major cities, particularly BAM has been detected.

### **Abstraction of water**

As from 2006, the overall quantity of abstracted water in Denmark (not including irrigation) has displayed a slightly decreasing trend and from 2009 and onwards, the quantity has remained nearly unchanged. Thus, the total annual abstraction quantity is stable at approximately 500 to 550 mio. m<sup>3</sup>/year, not including irrigation. When irrigation is included, abstraction has increased over the past 10 years from approximately 600 mio. m<sup>3</sup>/year to a relatively high level at around 670-745 mio. m<sup>3</sup>/year.

Additionally, the previously observed decreasing trend in the abstraction reported by public waterworks has ceased to exist, as approximately 400 mio. m<sup>3</sup>/year has been abstracted since 2007. The reported data show that recent years have seen an increase in irrigation, which is probably associated with the particularly dry spring and early summer periods. Total irrigation in 2011 thus comprised approximately 40% of Danish abstraction, which may locally be of considerable importance to the water balance and may also affect wetlands and water courses.

### **The national groundwater table monitoring programme**

The year 2007 saw the establishment of a national groundwater table monitoring programme, the objective of which was to monitor groundwater quantities. This renders possible national

scale monitoring of changes in groundwater levels caused by climate change or changes in water abstraction. Several of the selected monitoring stations had already contributed with groundwater table soundings to local or regional water table measurement programmes, and it is therefore possible to present time series covering the past 40 or more years for terrain-near as well as regional and deep groundwater bodies.

### **The National Water Resource Model (DK Model)**

One of the objectives of the National Water Resource Model is to produce national and regional assessments of water balance for use in connection with water plans, etc. The Danish Model was updated to the current version (DK Model 2009) as part of the 2004-2009 NOVANA programme. As part of the revision of the monitoring programme, a strengthening of the NOVANA modelling is foreseen. Furthermore, the need to coordinate data and knowledge created in the context of the Groundwater Monitoring Programme on the one hand, and within public administration bodies on the other, has been stressed. Coordination may be achieved by using the same type of modelling tools for the two types of tasks. As part of the revision process, a prioritised model strategy has been established that foresees a public tender covering modelling tasks. Such tender has not presently been drafted, and modelling using the Danish Model is not currently part of the 2011-2015 Monitoring Programme.

### **Data basis**

Reporting includes chemical analyses, data on the groundwater table and information about the quantity of water abstracted from groundwater and surface water, respectively. Data from the Danish Water and Nature Monitoring Programme (NOVANA) consist of chemical analyses from the Groundwater Monitoring Programme and the National Groundwater Table Sounding Programme (GRUMO) and the groundwater section of the Agricultural Catchment Monitoring Programme (LOOP).

Virtually all NOVANA data are correctly and timely reported to the JUPITER database. However, about 75% of the data from LOOP 6 are missing for 2010 and 2011 due to problems with sampling.

The past year has brought a significant increase in the amount of groundwater table data from the Monitoring Programme which are made available in JUPITER. However, work still needs to be done to complete any necessary data adaptation. The preparation of technical guidelines for the handling of groundwater table data has been initiated. This work is expected to ease work procedures and prepare data quality in the future. High-quality time series are needed to facilitate the use groundwater table data. Therefore, this year's report has focused on the assessment of the quality and the content of each individual groundwater table data series, and on filtering out nationally representative time series. An additional 16 monitoring points were added to the data material upon which this year's report is based, and the frequency of measurements was also increased. However, this has not sparked a corresponding improvement in the data material due to uncertainty related to data entry. It is therefore estimated that 50% of the 140 groundwater table data series are of uncertain quality or flawed by clear data error.

All relevant data on groundwater and drinking water must be made available in the joint public database JUPITER. The municipalities' update of the amount of water abstracted by water works is nearly complete, but for approximately 20 municipalities, data covering the 2007-11 period remain erroneous or lacking. As previously pointed out, no comprehensive overview exists of how many and which waterworks and wells are active. This causes a range of problems

related to data handling and reporting, and it limits the answers monitoring can provide concerning the quality and quantity of water used for water supply. As from 1 July 2012, municipalities have been able to apply for funding of their work with protection areas surrounding wells (BNBO) and the Danish Nature Agency has established a travelling task group to supervise municipalities on water supply and drinking water provisions in general (Danish Nature Agency, 2012). Hopefully, these efforts will serve to ensure an overview of the status of both the waterworks and abstraction wells.

As in previous years, erroneous reporting has been found in quite a few cases concerning the use of water in fish farms.

The data material upon which this report is based was extracted from JUPITER on the basis of specific criteria which, among others, ensure a well-defined quality along with correct handling of confidential information, etc.

## 2 Indledning

### Det nationale overvågningsprogram, NOVANA

Den landsdækkende grundvandsovervågning, GRUMO er en del af det nationale overvågningsprogram af vand og natur: NOVANA. De nationale overvågningsprogrammer blev oprindeligt iværksat som en konsekvens af vedtagelsen af Vandmiljøplan I i 1987, og havde dengang to hovedformål: For det første at gennemføre effektmålinger af Vandmiljøplanerne og de generelle landbrugsreguleringer i forhold til vandmiljøets belastning med kvælstof og fosfor. For det andet var der, specielt for grundvandsovervågningen, det formål generelt at følge udviklingen i grundvandsressourcens kvalitet og størrelse, for også i fremtiden at kunne sikre Danmarks befolkning drikkevand af god kvalitet.

Formålet og overvågningsdesignet er i den nuværende programperiode 2011 - 2015 tilpasset Vandrammedirektivet og Grundvands-direktivet, og der vil blandt andet komme øget fokus på at beskrive kvaliteten af det grundvand, der strømmer til de danske ferske vande og vådområder. (DCE, GEUS og Naturstyrelsen, 2011)

Vandrammedirektivets formål er blandt andet at sikre progressiv reduktion af forureningen af grundvand og forhindre yderligere forurening heraf (Naturstyrelsen, 1.9.2012).

Bestræbelserne på at nå direktivets miljømål er beskrevet i Vandplanerne. Planerne skal blandt andet indeholde

- en beskrivelse af vanddistriktets karakteristika herunder en vurdering af grundvandets sårbarhed
- en oversigt over den menneskelige påvirkning af vandområderne
- en vurdering af menneskelige aktiviteter indflydelse på vandmiljøet
- en redegørelse for vandmiljøovervågningen og resultaterne af denne
- en sammenfatning af de indsatsprogrammer, der skal sikre opfyldelse af miljømålene

Det forrige NOVANA program løb i perioden 1. januar 2004 til 31. december 2009, med yderligere et års forlængelse i 2010, som en slags overgangsår. En mindre midtvejsjustering blev gennemført med effekt fra januar 2007. Denne justering indebar et formaliseret program for overvågning af grundvandets kvantitative tilstand i form af det nationale pejleprogram. Et kort over pejlenettet er vist på figur 44 i kapitel 9.

Fra 2007-2009 gennemførtes DEVANO, et overvågningsprogram rettet mod decentrale vidensbehov i forhold til vandplanerne. En række overvågningsboringer etableret til DEVANO er i dag integreret i det faste stationsnet for grundvandsovervågningen.

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



## Grundvandsovervågning, stationsnet vandkvalitet

Grundvandsovervågningen bestod oprindeligt af 73 grundvandsovervågningsområder (GRUMO) som i årene op til strukturreformen i 2007 blev udbygget til at omfatte ca. 1400 almindelige overvågningsindtag. Derudover var der fra programmets start 112 ganske korte indtag i en række multifilterboringer til overvågning af grundvandets hovedbestanddele i Rabis Bæk området. Sidst i 1990'erne oprettedes yderligere 89 meget korte indtag i fem multifilterboringer kaldet "redoxboringer". Endelig blev stationsnettet i 2002-2004 suppleret med en række terrænnære indtag, for at forbedre overvågningen af det yngste grundvand.

Forudsætningen for at lave overvågning, og dermed tidsserier af høj kvalitet, er, at der er et stabilt overvågningsnetværk. Dette hensyn er tilgodeset gennem opretholdelsen af en kerne af faste boringer i programmet, der dog løbende justeres af hensyn til skiftende overvågningsbehov, se nedenfor.



Figur 1. Stationsnet for Grundvandsovervågningen i Danmark i hele perioden 1989-2011 omfatter vandanalyser fra 73 grundvandsovervågningsområder (GRUMO) og 5 landovervågningsoplande (LOOP). En række af disse GRUMO har ikke været aktive siden 2007. Endelig er der indsamlet vandprøver fra 99 enkeltstående boringer uden for overvågningsområderne siden 2007.

Det samlede stationsnet 1989-2011 er vist på figur 1, opdelt på grundvandsovervågningsområder, landovervågningsområder og enkeltstående boringer.

Siden 2007 har overvågningen fundet sted i 65 overvågningsområder med i alt ca. 1.250 indtag, medregnet 112 i Rabis Bæk området, og 89 indtag i redoxboringerne se figur 1. En række overvågningsområder har været hvilende siden 2007, men bevares i beredskab. De tidligere overvågede indtag sløjfes ikke, bortset fra de tilfælde hvor den fysiske tilstand udgør en risiko for forurening af grundvandet, P.t. er redoxboring i Udby hvilende, da der er sket en forbigående forurening ved etableringen.

I 2011-15 udbygges det faste stationsnet med en række enkeltstående boringer med indtag i grundvandsforekomster i risiko, (jf. vandplanerne) og hvor der tidligere har været ingen eller utilstrækkelig/ikke repræsentativ overvågning. I den forbindelse er der i første omgang udvalgt relevante indtag fra kortlægningsboringer fra Den nationale Grundvandskortlægning. (Se grundvandskortlægningens hjemmeside).

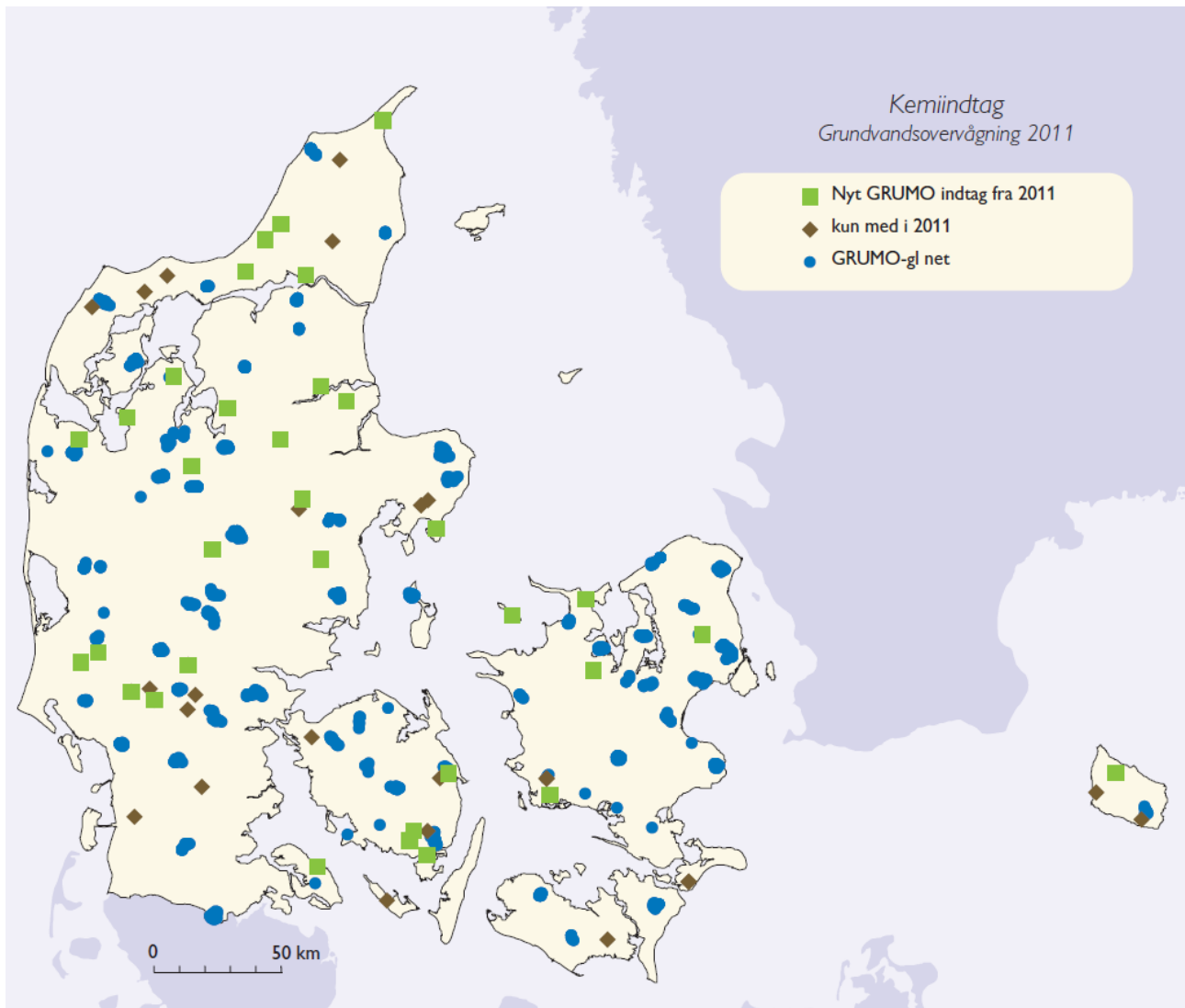
I forlængelse heraf bliver 261 indtag, der var aktive indtil 2010 hvilende, dvs. der udtages ikke prøver fra indtagene i programperioden 2011-15. Der er tale om indtag i dybere grundvandsforekomster med lille eller ingen påvirkning af nitrat, pesticider eller andre miljøfremmede stoffer.

Figur 2 viser stationsnettet for 2011. Nye permanente enkeltstående overvågningsboringer er fremhævet med grønt, mens nye indtag, der overvåges i 2011, men ikke indgår fremover er vist med brunt. Der blev udtaget vandprøver til grundvandsovervågning i 65 GRUMO områder fordelt på 724 indtag, heraf 66 indtag fra det nye distribuerede stationsnet, hvoraf 38 overgår til det faste stationsnet, samt i 89 indtag i LOOP.

En supplerende overvågningsaktivitet, DEVANO, blev iværksat for 2007 - 2009, hvor en række korte enkeltstående overvågningsboringer blev etableret i grundvandsforekomster, hvor der kunne være risiko for, at miljømålsætningerne ikke ville være opfyldt i 2015. DEVANO fokuserede primært på grundvandets påvirkning af overfladevand. 11 indtag er inddraget i det fremtidige faste stationsnet fra 2011.

I fem landovervågningsoplande, LOOP, overvåges, som en del af grundvandsovervågningen, kvaliteten af det helt nydannede grundvand under landbrugsarealer i ca. 100 indtag, som ligger 1½-6 u.t., disse er vist på figur 1. Overvågningen fokuserer på næringsstofferne, nitrat og fosfat, men omfattede før 2005 også uorganiske sporstoffer og pesticider.

Der har samlet været godt 2000 indtag involveret i overvågningsprogrammets overvågning af grundvandets kvalitet i GRUMO og LOOP i perioden 1989-2011.



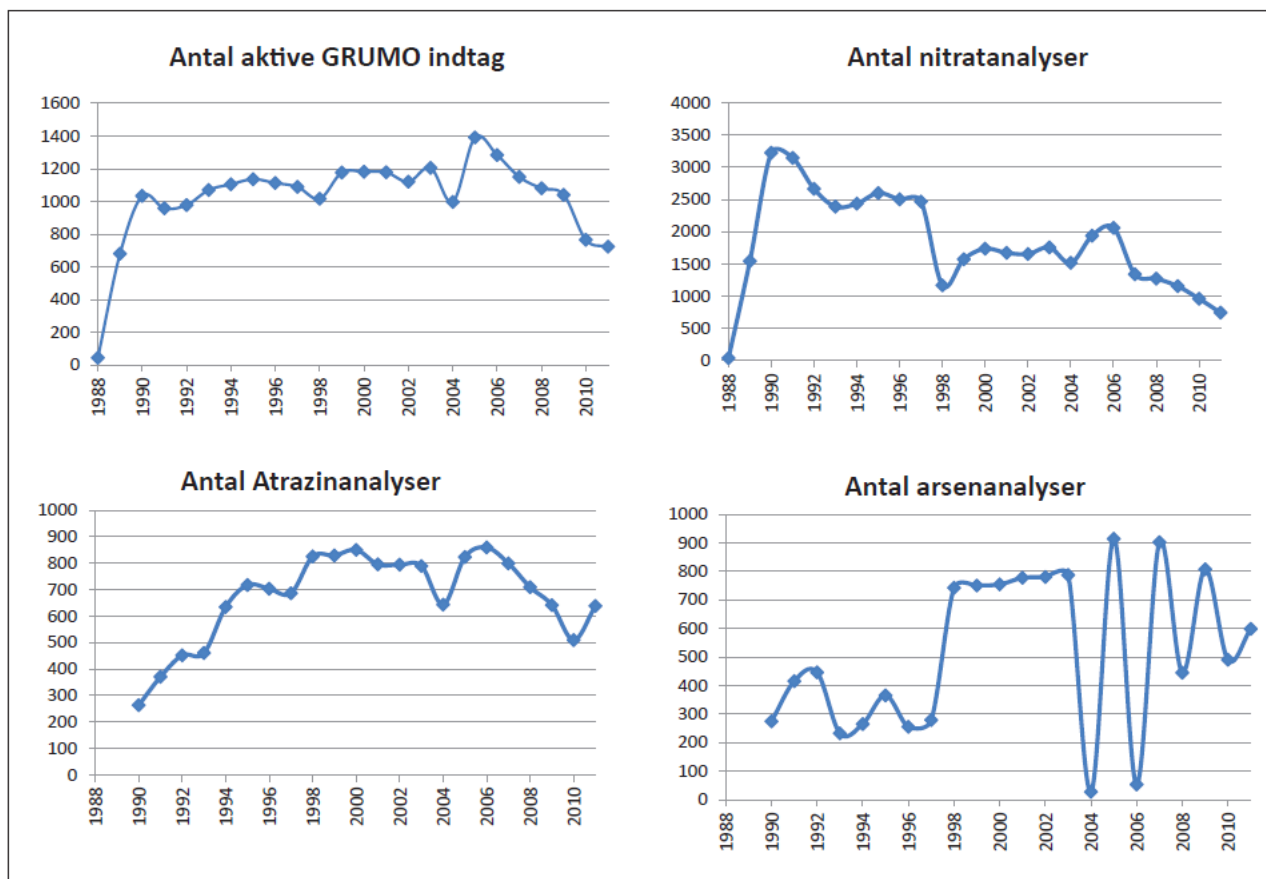
Figur 2. Stationsnettet for grundvandsovervågningen i Danmark i 2011. Overvågning af grundvandets kvalitet, sker dels i indtag fra det gamle stationsnet, og i en række nye borer, hvoraf de der er markeret med grønt er fundet egnede til at indgå permanent i overvågningsprogrammet.

### Analyseindsats grundvandskvalitet.

Gennem hele overvågningen har grundvandets kvalitet været overvåget med fokus på 4 stofgrupper: hovedbestanddele, uorganiske sporstoffer, pesticider og organiske mikroforureninger. Figur 3 viser hvor stort et datamateriale, der er til rådighed for rapporteringen med udgangspunkt i antallet af aktive GRUMO indtag samt antal analyser for nitrat, atrazin og arsen.

De tre udvalgte stoffer har gennem hele programperioden indgået i analysepakkerne for hovedbestanddele, pesticider og sporstoffer, og viser således analyseomfanget for disse stofgrupper. Det fremgår af figur 3, at mens der har været et fald i omfanget af analyser for nitrat og dermed hovedbestanddele, har analyseindsatsen over for pesticider og sporstoffer ligget mere konstant i hele overvågningsperioden. Faldet i antallet af nitratanalyser/år er især begrundet i, at analysefrekvensen for hovedbestanddele er faldet gennem tiden, mens analysefrekvensen for pesticider til sammenligning ikke har varieret så meget.

Omlægningen af stationsnettet som beskrevet ovenfor fremgår også af antallet af aktive GRUMO indtag, idet der er en stigning omkring 2004, og derefter et faldende antal indtag efter 2006. Denne udvikling forventes vendt i de kommende år, i takt med at der etableres 2-300 nye indtag i områder med grundvandsforekomster med udækkede overvågningsbehov.



Figur 3. Analyseindsatsen for grundvandsovervågningen 1988-2011. Antal indtag, hvorfra der er taget prøver, samt antal analyser for stofgrupperne hovedbestanddele, pesticider og sporstoffer, ud fra antallet af årlige analyser af et gennemgående stof i stofgrupperne.

### Det nationale pejleprogram

Det nationale pejleprogram gennemføres pr. 1. jan 2012 for i alt 140 indtag, se kapitel 9 og figur 44. Her overvåges grundvandets potentialeforhold med faste dataloggere, der giver daglige målinger af grundvandsstanden. Pejleprogrammet bliver i denne programperiode 2011-15 tilpasset de overvågningsbehov, der er identificeret i Vandplanerne, således at stationsnettet udbygges med nye indtag i grundvandsforekomster med ringe kvantitativ tilstand. I 2011 er 16 nye pejlestationer etableret.

### Vandværkernes indvindingsboringer

I Miljøministeriets bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (seneste version: MST 2011) har der siden 1989 været stillet krav om overvågning af kvaliteten af det grundvand, vandværkerne indvinder. Borningskontrollen (MST 1990, 1997 og 2011) som den kaldes, finansieres af vandværkerne. Hyppigheden af boringskontrolanalyser i aktive indvindingsboringer afhænger af, hvor store mængder drikkevand det pågældende vandværk

producerer med prøvetagninger hhv. hvert 5. år – hvert 3. år. Det er ikke de samme boringer, som analyseres over årene i modsætning til GRUMO, hvor idealet er et stabilt overvågningsnet med permanente indtag. Boringskontrollen udføres over tid for en skiftende mængde boringer, idet nye indvindingsboringer kommer til, og andre udgår af forskellige årsager fx tekniske problemer eller nitrat, pesticider mv. over grænseværdierne. Dermed sikres løbende den bedst mulige drikkevandskvalitet for forbrugerne, men uden at det er udtryk for en tilsvarende løbende forbedret grundvandskvalitet. I 2005 fandtes ca. 2.600 almene vandforsyninger (DANVA 2006) med omkring 10.000 tilknyttede boringer. Heraf bliver der indberettet data til JUPITER fra ca. 8.000 boringer. Der har de seneste mange årtier været en udvikling mod færre og færre vandværker i Danmark, se kap 8.

For at beskrive kvaliteten af det vand, der på et givet tidspunkt anvendes til drikkevandsformål, er det nødvendigt at vide hvilke indvindingsboringer, der til enhver tid er i drift. Der er endnu ikke noget sted i Danmark et samlet overblik over, hvor mange og hvilke vandværker, der er aktive. Derfor er der ingen oplysninger i JUPITER om hvilke af vandværkernes enkelte boringer, der er i drift hvornår.

De aktive indvindingsboringer identificeres til nærværende rapportering på grundlag af blandt andet oplysninger om oppumpede vandmængder fra vandværkerne samt en kode for formål, som laboratorierne angiver for hver analyseret vandprøve, der indberettes til databasen. Det er derfor af stor betydning, at samtlige disse data er indberettet rettidigt og korrekt, for at de kan indgå i den årlige rapportering

Et forbedret overblik over, hvilke vandværksboringer der er aktive, forventes etableret i de kommende år, bl.a. som følge af implementeringen af de boringsnære beskyttelsesområder BNBO omkring vandforsyningsboringerne.(NST, 2012)

Kommunerne vedligeholder de administrative oplysninger om vandværkerne i den fællesoffentlige JUPITER database. Det formodes, at boringernes status er ajourført i et rimeligt omfang. Når der i denne rapport derfor gives status for vandkvaliteten på aktive vandværker, forventes det, at datamaterialet kun i begrænset omfang inddrager analyser fra vandværker, der ikke længere er aktive. På samme måde forventes datamaterialet kun i begrænset grad at repræsentere oplysninger fra boringer, der er tilknyttet vandværker, hvorfra der ikke indvindes grundvand til drikkevandsproduktion. Det kan fx være vandværkets overvågningsboringer eller pejleboringer, hvor der har været et behov for at kende vandkvaliteten.

Analyser fra boringer, som ikke stammer fra aktive vandværker eller aktive overvågningsboringer fra NOVANA-programmet, er i rapporteringerne fra overvågningen kategoriseret som "andre boringer", og denne kategori vil typisk indeholde data fra undersøgelsesboringer, pejleboringer, private boringer og brønde, afvægeboringer, lukkede vandværker mv.

### **Oppumpede vandmængder**

Data for indvinding af grundvand og overfladevand er en integreret del af grundvandsovervågningen. Indberetning af data for oppumpede vandmængder fra vandværker, virksomheder og landbrugets markvanding mv. er fundamental for vurderingen af grundvandsressourcens bæredygtighed. Risikovurderingerne for grundvandets kvantitative tilstand er kun muligt at gennemføre, i det omfang man kender de faktiske påvirkninger fra vandindvindingen. Manglende

viden kan bl.a. medføre, at den korrekte årsag til manglende målopfyldelse ikke identificeres, hvorved der heller ikke kan udarbejdes hensigtsmæssige handleplaner.

Alle indvindere skal indberette de oppumpede vandmængder til kommunen, der efterfølgende indlæser data i JUPITER. Kvaliteten af disse data er afhængig af, at de enkelte boringsejere indberetter korrekt og rettidigt til kommunen. Siden kommunalreformen har der været en betydelig forringelse af datakvaliteten for oppumpede vandmængder i en del kommuner, se kap. 8. Dette gælder ikke alene, hvad angår omfanget af markvanding, hvor der i nogle områder er en formodning om, at der ikke er en tilfredsstillende indberetning af den faktiske indvinding, men også for de almene vandforsyninger, hvor uregelmæssig indberetning fra flere kommuner gør det vanskeligt at vurdere udviklingen i vandforbruget på såvel national som regional og lokal skala. Der har dog de sidste par år været en betydelig forbedring af datagrundlaget, herunder også efterindberetning og opretning af tidligere utilstrækkelige data i mange kommuner.

### **Anden overvågning af grundvandet**

Kendte punktkilder som forurenede grunde og lossepladser overvåges i medfør af Jordforureningsloven, og rapporteres årligt af Miljøstyrelsen (MST, 2012). Denne overvågning knyttes såvel til oprydninger som kortlægning af jordforureninger. Dertil kommer overvågning af forurenende virksomheder som lossepladser mv. Mere information kan fås på videnscenter for jordforurening (Hjemmesiden for jordforurening). Data herfra bliver kun i mindre omfang indberettet til JUPITER i dag, det gælder såvel vandanalyser som boringsoplysninger.

Data, der indsamles som led i overvågning og undersøgelser af kendte punktkilder, og som efterfølgende er indlæst i JUPTIER, er så vidt muligt søgt adskilt fra de data, der indgår i denne rapportering, en del af data indgår dog i datasættet "Andre Analyser".

### **Rapportering**

Hvert år siden 1989 har GEUS udarbejdet en landsdækkende rapport over resultaterne fra grundvandsovervågningen (se grundvandsovervågningens hjemmeside). Siden 2005, der var det første rapporteringsår af NOVANA programmet, har der været tale om en indikatorbaseret rapportering, hvor en række indikatorer opdateres hvert år. Dette vil typisk være en række faste figurer eller tabeller. Med udgangspunkt heri suppleres der med relevante figurer og diskussioner. Andre emner, som fx grundvandets indhold af fosfor eller sporstoffer, medtages kun i udvalgte år. Endelig kan forskellige temaer være uddybet enkelte år, enten som et selvstændigt fokuspunkt eller som en grundigere bearbejdning af de faste emner. Denne rapport bygger på data indsamlet til og med 2011. Rapporten udkommer udelukkende elektronisk.

### **Datagrundlag**

Årets rapportering bygger på de data, Naturstyrelsen (indtil udgangen af 2006 amterne) har indsamlet, samt data fra vandværkernes boringskontrol og kommunernes indberetning af oppumpede vandmængder. Indberetningen af vandanalyser fra såvel grundvandsovervågningen som Boringskontrollen og øvrige undersøgelser, foretages af de udførende analyselaboratorier direkte til JUPITER databasen (JUPITER hjemmesiden). Efterfølgende godkender kommunerne eller Naturstyrelsen data, før de bliver offentligt tilgængelige og til rådighed for rapporteringen. Det er GEUS' vurdering, at denne godkendelse i nogle kommuner sjældent indebærer en egentlig faglig kvalitetskontrol.

Det vurderes, at datagrundlaget for de kemiske analyser i dette års rapportering er stort set komplet. Der er dog i 2010 og 2011 kun indberettet ca. 25 % af analyserne fra LOOP-område 6 i Bolbro, Sønderjylland, pga. problemer med prøvetagningen. Datagrundlaget for LOOP vurderes derudover at være tilfredsstillende.

Med hensyn til oppumpede vandmængder ved de almene vandforsyninger mangler 3 kommuner helt at indberette data for 2011, mens 2 kommuner fortsat mangler at indberette data for 2010. Herudover har en række kommuner indberettet væsentligt mindre end forventet for 2011.

## Referencer, indledning

### Dansk lovgivning mv.

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

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

Miljøministeriet 2011: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1024 af 31. oktober 2011. (Drikkevandsbekendtgørelsen)

By og landskabsstyrelsen, 2010: Vejledning om indberetning og godkendelse af vandforsyningsdata. November 2010

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

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

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

Miljøstyrelsen, 2012: Redegørelse om jordforurening 2010. Redegørelser fra Miljøstyrelsen nr. 1, 2012.

Miljøstyrelsen, 2011: Bekendtgørelse om kvalitetskrav til miljømålinger. Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 900, 17. august 2011. (Analyse kvalitetsbekendtgørelsen)

Naturstyrelsen 2012: Nyhedsbrev nr. 1: [http://www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vand-i-hverdagen/Grundvand/Boringsnaere\\_beskyttelsesomraeder/Nyhedsbreve/01\\_nyhedsbrev\\_bnbo.htm](http://www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vand-i-hverdagen/Grundvand/Boringsnaere_beskyttelsesomraeder/Nyhedsbreve/01_nyhedsbrev_bnbo.htm)

### EU direktiver.

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

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

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

Nitratdirektivet: Europaparlamentet og Rådets direktiv 91/676/EOEF

Analyse kvalitetsdirektivet: Europaparlamentet og Rådets direktiv 2009/90/EF

### Andre henvisninger:

DMU, 2007: NOVANA – det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse del 1, 2 og 3. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser nr. 495 og 508

DANVA 2006: Vandstatistik. Drikkevand og spildevand 2005.

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

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brusch, W., Møller, R.R., Mielby, S. og Højberg, A.L., 2011: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2010. Teknisk rapport, GEUS 2011. [http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989\\_2010.htm](http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2010.htm)

### Relevante hjemmesider og links

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

Grundvandsovervågningens hjemmeside: [www.grundvandsovervaagning.dk](http://www.grundvandsovervaagning.dk)

Jordforurening, hjemmeside, [www.jordforurening.info](http://www.jordforurening.info)

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

NOVANA hjemmeside:

[www.naturstyrelsen.dk/Naturbeskyttelse/National\\_naturbeskyttelse/Overvaagning\\_af\\_vand\\_og\\_natur/NOVANA/novana.htm](http://www.naturstyrelsen.dk/Naturbeskyttelse/National_naturbeskyttelse/Overvaagning_af_vand_og_natur/NOVANA/novana.htm)

NOVANA modellens hjemmeside: [www.vandmodel.dk](http://www.vandmodel.dk)

### 3 Grundvandets alder

#### Tritiumdatering

Grundvandets alder har altid været en meget vigtig parameter for tolkningen af de data, der indsamles i forbindelse med grundvandsovervågningen. I overvågningens første år (1990-95) blev der indsamlet data for tritium:  $^3\text{H}$ . Store mængder tritium blev frigivet til atmosfæren i forbindelse med brintbombspængninger i 1950'erne og 1960'erne. Dette tritium blev sammen med naturligt dannet tritium indbygget i nedbørens vandmolekyler, og en grov datering af grundvandet er mulig.

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

Opdelingen i ungt og gammelt grundvand med en opdeling i før og efter ca. 1950 er imidlertid ikke særlig hensigtsmæssig, når effekten af vandmiljøplanerne fra 1980'erne og frem skal vurderes, og sprogbrugen omkring ungt grundvand kan da også virke forvirrende på de, der overvejende har fokus på den del af vandkredsløbet, som finder sted i det ferske overfladevand.

#### CFC-datering

CFC-forbindelserne, også kaldet freoner, er kemisk meget stabile, og derfor er indholdet i atmosfæren steget markant, siden produktionen af disse stoffer begyndte i 1930'erne. CFC opløses i regnvandet således, at nedbørens indhold af CFC hele tiden er i ligevægt med atmosfærens stigende CFC-indhold. CFC-forbindelserne ender i grundvandet via nedbøren, hvor CFC-indholdet i det nydannede grundvand hvert år er steget siden 1930'erne og indtil ca. 2000, hvor stofferne blev udfaset. I dag er indholdet svagt stigende eller faldende for de forskellige freonforbindelser, og CFC metoden er derfor ikke egnet til datering af grundvand dannet efter ca. 2000. Da CFC forbindelserne kun i begrænset omfang nedbrydes i grundvandet, har det CFC-påvirkede grundvand bredt sig langs strømningerne i grundvandet, og prøver udtaget i dag kan derfor sige noget om, hvornår dette grundvand sidst var i kontakt med atmosfæren, dvs. hvornår faldt nedbøren, der infiltrerede og blev til grundvand (Laiet og Thorling, 2005).

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



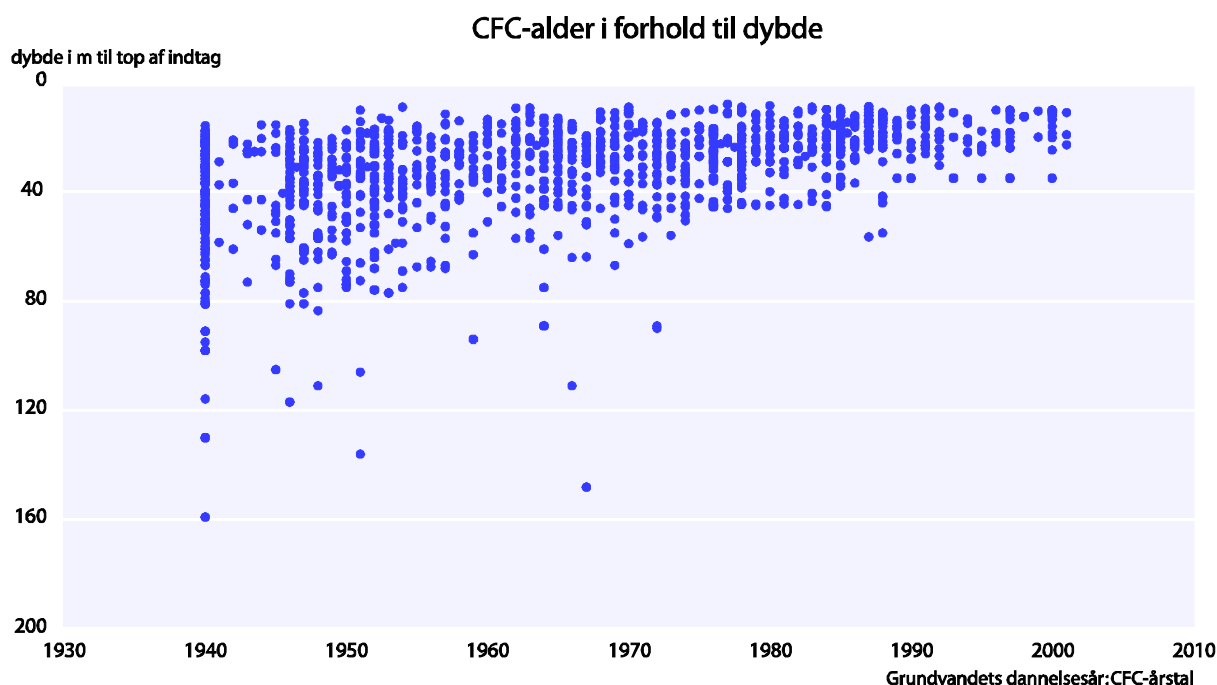
CFC dateringen muliggør opdeling af grundvandet i relevante aldersklasser, og til denne rapportering anvendes aldersgrupperne 0 -15 år, 15 – 25 år og 25 – 50 år.

### Relevans af datering

Tolkning af udviklingstendenser i vandkvaliteten er vanskelig uden kendskab til grundvandets alder i de enkelte indtag. Datering af grundvandet i de enkelte overvågningsindtag er derfor et meget nyttigt redskab, når effekter af ændret landbrugspraksis på nitratudvaskningen skal dokumenteres. Samtidig kan datering af grundvandet bruges til at demonstrere, at det er lykkedes at udbygge overvågningen med flere indtag i relativt ungt grundvand i de seneste år. (Thorling mfl., 2009, Hansen et al, 2011). Det samme gælder effektmålinger på pesticidreguleringen de sidste 15 år, hvilket dog er en vanskeligere opgave, idet pesticiderne i højere grad vekselvirker med sedimenterne, gennem nedbrydning og sorbtion i et langt mere komplekst mønster end nitrat.

### Tilstand og udvikling

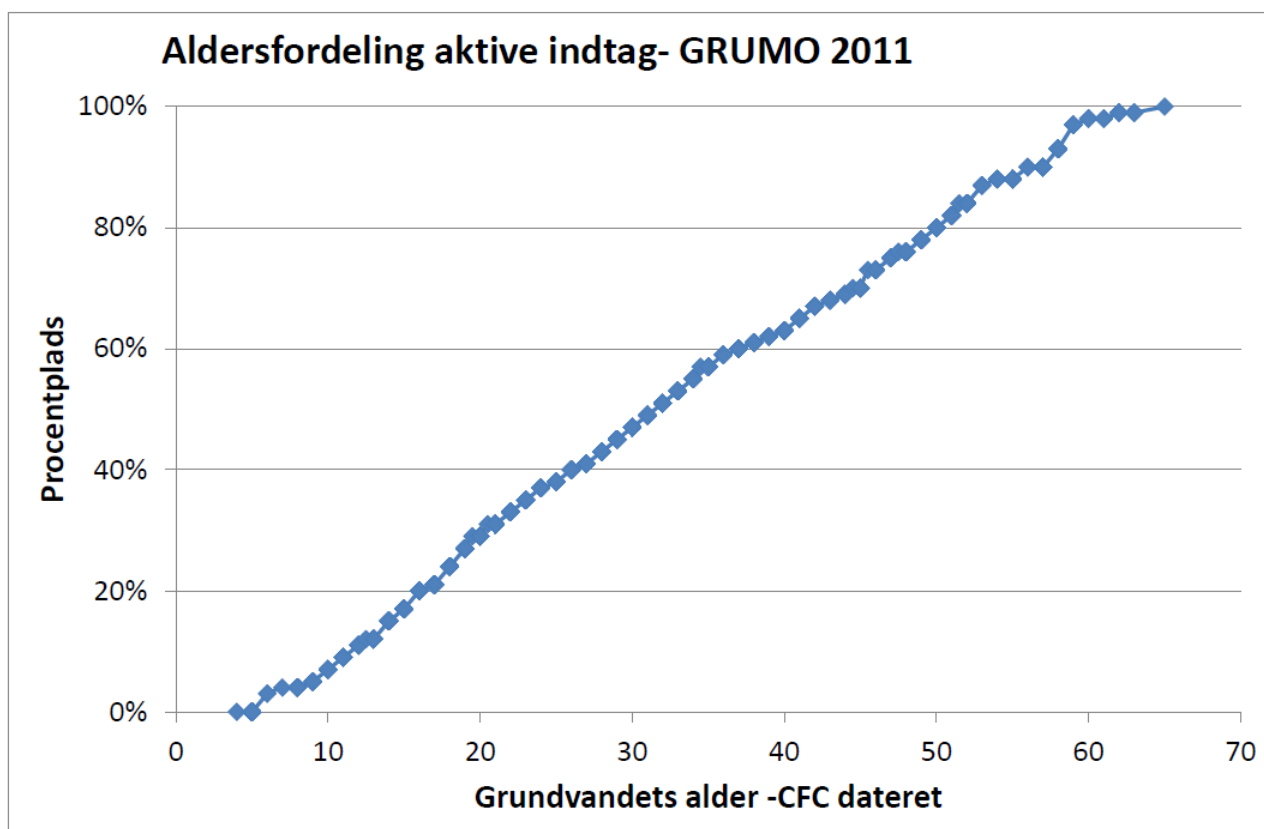
Figur 4 viser CFC-årstal for hvert indtag i grundvandsovervågningsprogrammet som funktion af dybden. Det fremgår af figuren, at der i de øverste 40 meter optræder grundvand med meget forskelligt dannelsesår og dermed alder, og at der selv i de øverste 20 m ikke er nogen sammenhæng mellem dybde og alder,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



Figur 4. Aldersfordelingen i 2006 for grundvandets dannelsesår, udtrykt ved CFC-årstal for overvågningsindtag som funktion af dybden til indtagstop mu.t.

Detektionsgrænsen for CFC-årstal er 1940, hvilket betyder, at de mange punkter ud for 1940 er grundvand, der er dannet før 1940. Figur 4 viser status fra 2006, hvor kun er en ret lille del af det samlede antal indtag overvåger vand dannet efter 1985.

Her i 2012 er det 25 år siden, vandmiljøplanen blev iværksat. Figur 5 viser, at omkring 40 % af de daterede aktive indtag i 2011, har en alder på under 25 år, og dermed indeholder grundvand, der i dag direkte kan vise mulige eventuelle effekter af vandmiljøplanen på grundvandets kvalitet. I kapitel 4 er disse data anvendt til at vurdere effekten af vandmiljøplanerne på grundvandets indhold af nitrat.



Figur 5. Aldersfordelingen for grundvandets dannelsesår, udtrykt ved CFC-alderen for de aktive overvågningsindtag i 2011, der er daterede.

### Referencer, datering

- Hinsby, K., Purtschert, R., Edmunds, W.M., 2008: Groundwater age and quality. In P. Quevauviller (ed.), Groundwater Science and Policy - an International Overview. RSC Publishing, The Royal Society of Chemistry, Cambridge. pp 217-39.
- Laier, T. og Thorling, L., 2005: Tidsserier og datering, anvendelse af overvågningsdata. ATV møde 5. okt. 2005; Grundvandsmonitoring, teori, metoder og cases.
- Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brüsch, W., Møller, R.R., Iversen, C.H. og Højberg, A.L. 2010 Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2007. Teknisk rapport, GEUS 2010. [http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989\\_2007.htm](http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2007.htm)
- Hansen, B., Thorling, L., Dalgaard, T. og Erlandsen, M., 2011: Trend Reversal of Nitrate in Danish Goundwater – a Refection of Agricultural Practices and Nitrogen Surpluses since 1950. Environmental Science and Technology, vol. 45 nr. 1 pp 228-234.

## 4 Hovedbestanddele

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

Overvågning af hovedbestanddele i GRUMO og LOOP omfatter i nuværende programperiode (2011-2015) følgende stoffer: nitrat, nitrit, ammonium, calcium, magnesium, natrium, kalium, hydrogenkarbonat, klorid, sulfat, jern, mangan, NVOC, total fosfor og orthofosfat-P. I den forrige programperiode (2007-2010) blev der tillige analyseret for aggressiv kuldioxid, mens orthofosfat-P er en ny parameter, der ikke tidligere har indgået i overvågningsprogrammet. I LOOP analyseres for de samme stoffer samt for totalt kvælstof, og analyseprogrammet er uændret ift. tidligere programperioder.

Overvågning af redoxboringerne sker ikke længere hvert år, og de blev derfor ikke prøvetaget i 2011, og rapporteres ikke i år. I vandværkernes indvindingsboringer analyseres hovedbestanddele med en analysepakke kaldet "Boringskontrol" (MIM, 2007 og 2011). Analyseprogrammet for gruppen "andre boringer" varierer afhængigt af formålet med boringen og vandprøven.

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

Analysefrekvensen i GRUMO varierer mellem de forskellige typer af boringer og koncentrationniveauet af nitrat, fra en gang i programperioden til én gang årligt. I LOOP analyseres der mere intensivt med op til 6 prøvetagninger om året. Analysehyppigheden af boringskontrollen i indvindingsboringerne afhænger af indvindingsmængden på vandværket og varierer mellem hvert 3. år ( $\geq 1,5$  mio. m<sup>3</sup> pr. år) og hvert 5. år (3.000 - 35.000 m<sup>3</sup> pr. år) (MIM, 2011). Analysefrekvensen for gruppen "andre boringer" afhænger af formålet med den enkelte boring.

I dette kapitel om grundvandets hovedbestanddele ligger fokus på analyse af udbredelsen og udviklingen i nitratindholdet i grundvandet. Dette skyldes det overordnede formål, som er at vurdere, i hvilket omfang indsatsen for reduktion af udvaskningen af kvælstof fra landbruget har haft en målbar effekt på nitratkoncentrationerne i grundvandet. Derudover rapporteres der om tilstand og udvikling for fosfor, hvilket typisk gøres hvert 3. år. I år rapporteres for første gang data for orthofosfat.

Vurderingen af grundvandets tilstand med hensyn til nitrat og fosfor kræver også viden om grundvandets øvrige hovedbestanddele som: ilt, nitrit, mangan, jern og sulfat, som efter behov er inddraget i databehandlingen.

### Nitrat i grundvand

#### Relevans af nitrat

Grundvandets nitratindhold stammer langt overvejende fra kvælstofudvaskning fra landbrugsarealer. I grundvandsmagasinerne findes nitrat typisk i de øvre dele og den største dybdemæssige udbredelse af nitrat kaldes nitratfronten. Der sker en naturlig nitratfjernelse over ni-

tratfronten, idet nitrat bliver reduceret til frit kvælstof (N<sub>2</sub>) eller lattergas (N<sub>2</sub>O) af nitratreducerende faste stoffer som fx pyrit, organisk stof eller Fe(II), der er indlejret i sedimenterne. Dette sker i den anoxiske nitratreducerende zone. Nitrat i grundvand kan ved udstrømning til overfladevandsforekomster bidrage til eutrofiering af vandmiljøet også ved koncentrationer mindre end 50 mg/l. Grundvandets nitratpåvirkning af vandmiljøet afhænger af de lokale geokemiske og hydrogeologiske forhold samt nitratudvaskningen fra landbruget. I Danmark beskyttes drikkevandsressourcerne i forbindelse indsatsplaner i de særlige drikkevandsområder. Udpegning af områder med særligt beskyttelsesbehov finder sted i forbindelse med den Nationale Grundvandskortlægning, hvor omkring 15 % af det danske areal er udpeget som nitratfølsomme indvindingsområder (se Naturstyrelsens hjemmeside).

Nitrat i drikkevandet er uønsket, da det kan være sundhedsskadeligt på grund af omsætning til nitrit. Nitrat kan også reagere i kroppen med aminosyrer og danne kræftfremkaldende nitrosaminer.

### Målsætning for nitrat

Indholdet af nitrat i drikkevand må ikke overstige 50 mg/l (MST, 2007 og 2011). Da nitrat ikke fjernes ved traditionel vandbehandling på vandværket, kontrolleres det, om grundvandets indhold ikke overstiger denne værdi. Kvalitetskravet for grundvand er ifølge Grundvandsdirektivet ligeledes 50 mg/l (EU, 2006). I de danske vandplaner (se NST's hjemmeside om vandplaner) bruges Grundvandsdirektivets kvalitetskrav på 50 mg nitrat/l som grundvandets tærskelværdi i forhold til vandløb, søer, kystvande og terrestriske naturtyper. I følge Grundvandsdirektivet er det muligt at fastsætte en tærskelværdi for nitrat på mindre end 50 mg/l, hvis et overfladevandsområde vurderes at være i risiko for ikke at kunne opnå de fastsatte miljømål som følge af påvirkning med nitrat fra grundvandet (EU, 2006). Ifølge vandplanerne er der ikke vidensgrundlag for at gøre dette.

### Datagrundlag

Beskrivelsen af udviklingen i grundvandets nitratinhold bygger på data for hele perioden 1990-2011 fra alle analyserede indtag fra grundvandsovervågningen, landovervågningen, boringskontrollen fra vandforsyningsboringer og fra gruppen "andre boringer", som er en restgruppe af bl.a. forskellige typer af undersøgelsesboringer og lukkede vandværksboringer.

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

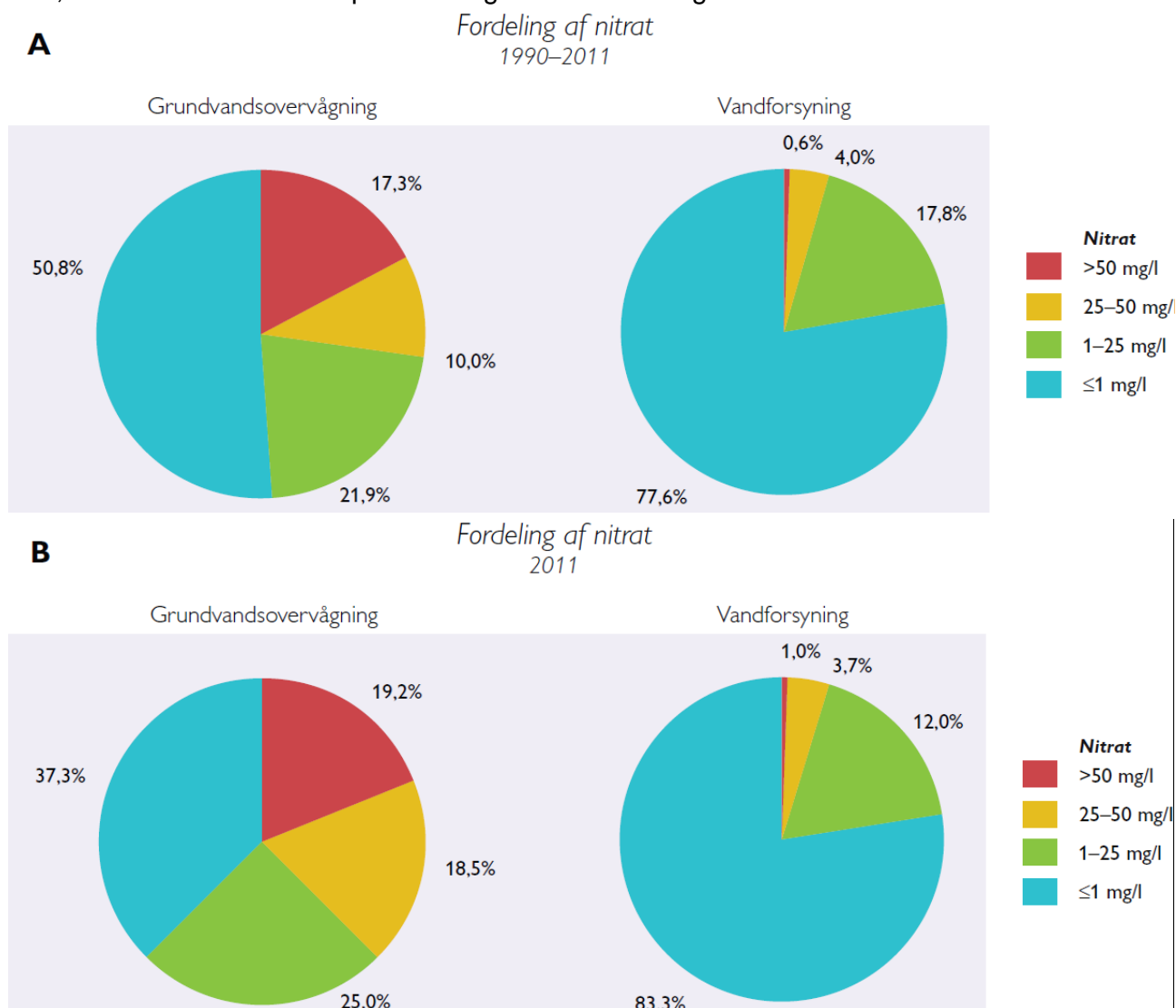
Periode	GRUMO	LOOP	Boringskontrol	"Andre boringer"	I alt
2009	1.153	463	1.701	774	4.091
2010	959	413	1.693	981	4.046
2011	743	434	1.741	1031	3.949
1990-2011	41.957	16.703	32.820	39.162	130.642

Table 1. Antallet af nitratanalyser i grundvandsovervågningen (GRUMO), Landovervågningen (LOOP), vandværkernes boringskontrol i indvindingsboringer og fra "andre boringer", se også figur 3.

Antallet af nitratanalyser i GRUMO, LOOP, vandværkernes boringskontrol og "andre boringer" fremgår af tabel 1. Når antallet af nitratanalyser i 2011 sammenlignes med antallet af nitratanalyser i 2009, fremgår det, at antallet er ca. 35 % lavere i GRUMO og ca. 33 % højere i "Andre boringer", mens LOOP og Boringskontrol er på samme niveau. Dog skal det bemærkes, at antallet af nitratanalyser i LOOP generelt har ligget lavt de seneste år pga. problemer med prøvetagningen i LOOP 6.

### Fordeling af nitratindholdet i grundvandsovervågningen og i vandforsyningen

Figur 6 viser en oversigt over fordelingen af nitratindholdet i gennemsnit pr. indtag i perioden 1990-2011 (A) og for 2011 (B) i grundvandsovervågningen og i vandværkernes indvindingsboringer. Samtlige boringer i grundvandsovervågningen er anvendt i figur 6A, også de der ikke længere er aktive. Det fremgår, at ca. 17-19 % af indtagene i grundvandsovervågningen har et gennemsnitligt nitratindhold over 50 mg/l, mens det for vandforsyningsboringerne blot er knap 1 %, både når data fra hele perioden og kun 2011 betragtes.



Figur 6. Fordelingen af det gennemsnitlige nitratindhold for samtlige indtag fra grundvandsovervågningen og i boringskontrolanalyserne i vandværkernes indvindingsboringer. Der er anvendt gennemsnitsværdier for nitrat pr. indtag for perioden 1990-2011 (A) og 2011 (B).

Den løbende justering af grundvandsovervågningen gennem overvågningsperioden med mere og mere fokus på det overfladnære grundvand er årsag til, at der i den nye programperiode fra 2011 monitoreres på flere nitratholdige indtag (ca. 63 %) end i gennemsnit for hele overvågningsperioden (ca. 49 %).

### Dybdemæssig fordeling af nitratindehold i alle typer boringer

Figur 7 viser den dybdemæssige fordeling af det gennemsnitlige nitratindehold, hvor der samtidig er kendskab til indtagsdybden, for perioden 1990-2011 (A) og for 2011 (B). Fordelingen af nitratkoncentrationerne er opdelt i fire grupper ( $\leq 1$ , 1-25, 25-50 og  $> 50$  mg/l).

Der ses et gradvis fald med dybden i andelen af indtag med et nitratindehold over 25 mg/l. Grundvand med et indhold af nitrat over 25 mg/l findes hovedsageligt i de øverste 50 meter af jordlagene. Den største hyppighed af høje nitratindehold findes, tættest på kilden, i de øverste 10 meter af jordlagene, hvor nitratindeholdet er større end 1 mg/l i ca. 70 % og over 50 mg/l i ca. 20 % af indtagene, når hele perioden betragtes (Figur 7A). Bemærk at der lokalt optræder nitrat i mere end 100 mu.t.

### Nitrat i forskellige redoxzoner

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

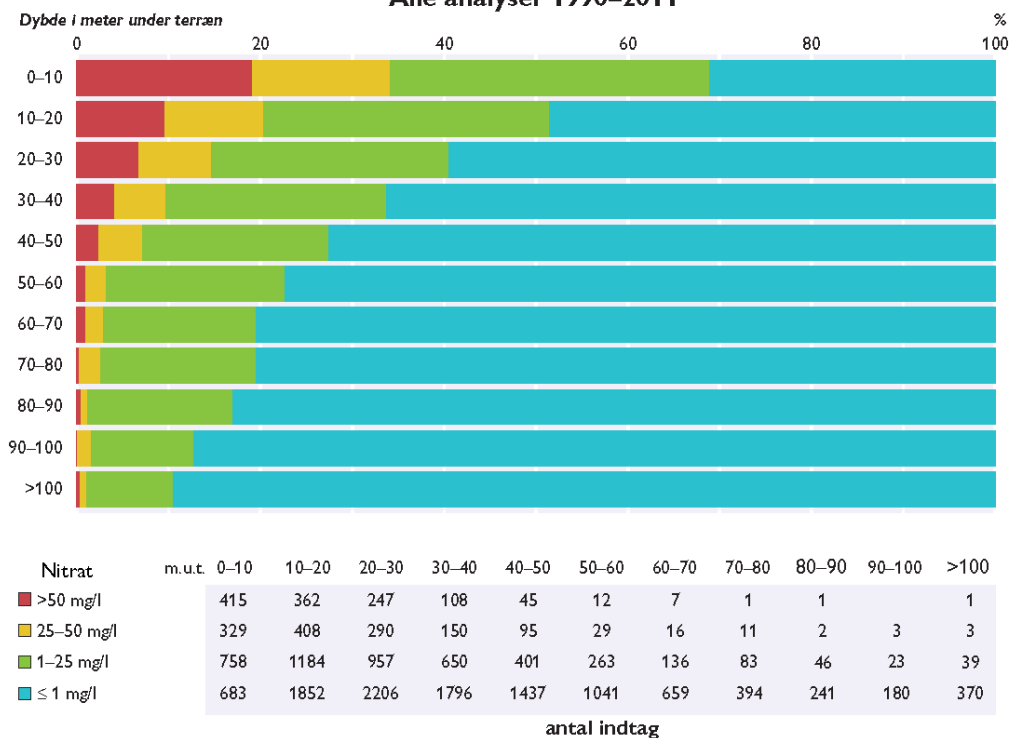
- 1) Kvælstofudvaskningen fra arealanvendelsen
- 2) Nedbørsoverskuddet (nedbør minus fordampning)
- 3) Nitratomsætningen i grundvandsmagasinet (redoxforholdene)
- 4) Hydrogeologiske forhold (strømningsforhold)

Nitratindeholdet i grundvandet skal altid vurderes i forhold til redoxforholdene, som styrer omsætningen af nitrat i grundvandet. Der er tradition for at grundvandet inddeles i 4 redoxzoner, der normalt optræder i tiltagende dybde fra jordoverfladen, se tabel 2 (Hansen m.fl. 2009 & MST, 2000). Afhængig af datakvaliteten kan en række andre redoxfølsomme parametre understøtte afgrænsningen af vandtyperne, især jern og mangan, ammonium, metan og sulfid. Der vil derfor igennem denne rapport være forskellig brug af støtteparametre til at udsortere analyserne på de fire vandtyper afhængig af hvilke datasæt, der er anvendt.

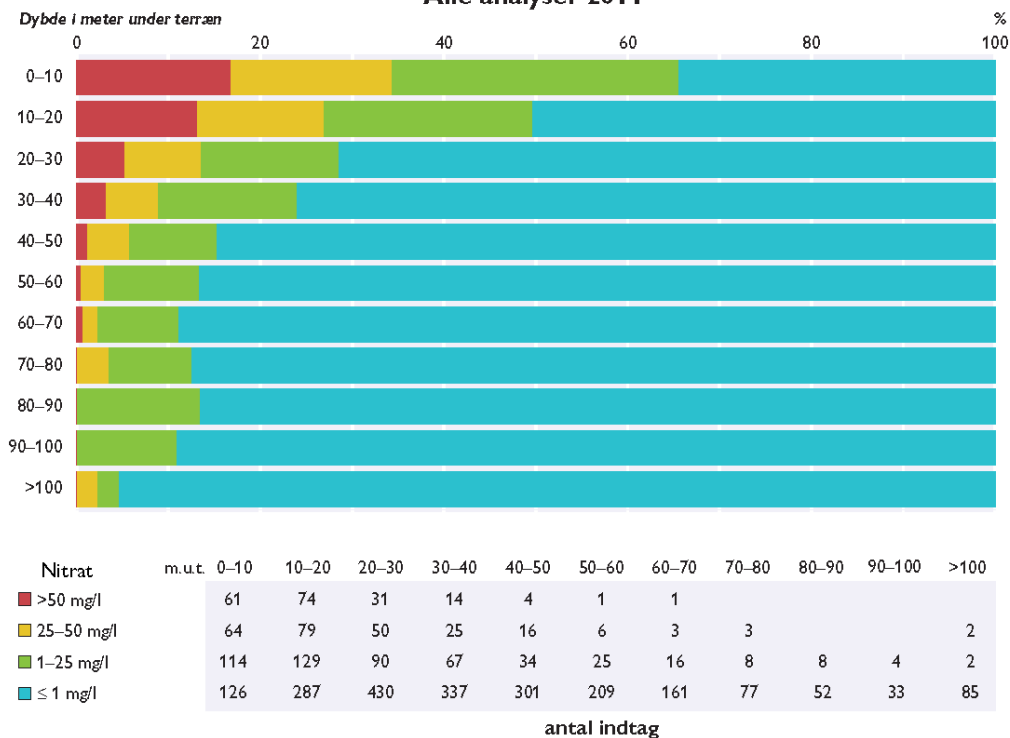
Beskrivelse af grundvandet	Vandtype	Zone i magasinet	Kemiske karaktertræk i grundvandet
Iltholdigt/iltet	A	Iltzone	$O_2 > 1$ mg/l
Anoxisk nitratholdig	B	Anoxisk nitratreducerende zone	$NO_3 > 1$ mg/l og $O_2 \leq 1$ mg/l
Svagt reduceret	C	Jern/Sulfat reducerende zone	$NO_3 \leq 1$ mg/l, $O_2 \leq 1$ mg/l og $SO_4 > 20$ mg/l
Stærkt reduceret	D	Metan zone	$NO_3 \leq 1$ mg/l, $O_2 \leq 1$ mg/l og $SO_4 \leq 20$ mg/l

Tabel 2. Vandtyper opdelt efter redoxforholdene i grundvandet.

### Dybdemæssig fordeling af det gennemsnitlige nitratindehold Alle analyser 1990-2011



### Dybdemæssig fordeling af det gennemsnitlige nitratindehold Alle analyser 2011



Figur 7. Dybdemæssig fordeling til top af indtag i mu.t. af det gennemsnitlige nitratindehold i A: 17.934 indtag analyseret i perioden 1990-2011 og B: 3029 indtag analyseret i 2011, for GRUMO, LOOP, boringskontrollen i vandværkernes indvindingsboringer og i 'Andre boringer'. Antal indtag i hvert dybdeinterval er anført i tabellen under figurerne.

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

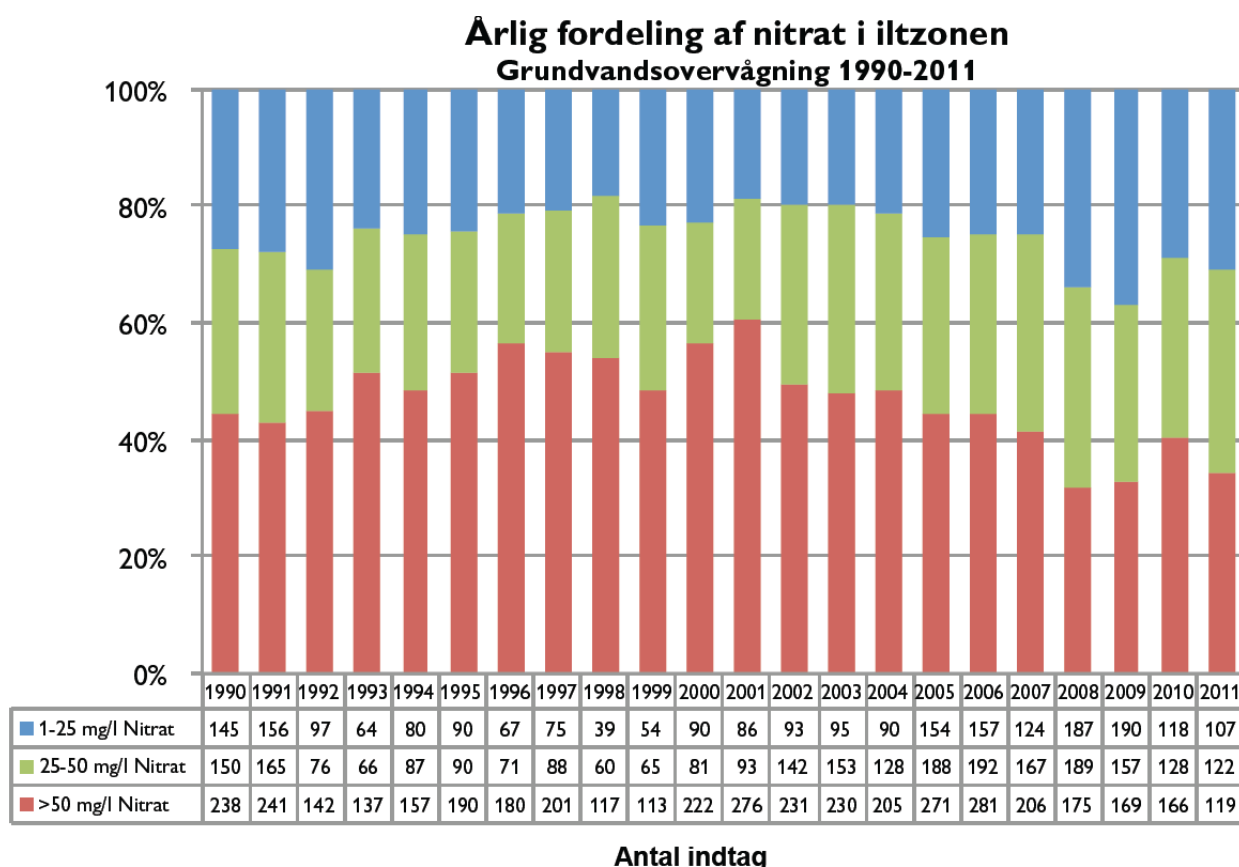
## Nitratindhold – grundvandsovervågning: grundvandets iltzone

### Datagrundlag

Til vurdering af den tidsmæssige udvikling af nitratindholdet i det iltede grundvand er der anvendt data fra alle aktive indtag i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2011 med et ilt- og nitratindhold højere end 1 mg/l. Der er i alt 9.283 nitratanalyser (gennemsnitværdier pr. indtag pr. år) fra iltet grundvand i grundvandsovervågningen fra 1990-2011 med et nitratindhold > 1 mg/l. Der ses en faldende tendens i antallet af nitratanalyser i iltet grundvand fra 551 i 2008 til 348 i 2011, se også figur 3.

### Tilstand, udvikling og årsag

Figur 8 viser fordelingen af alle nitratanalyser fra det iltede grundvand i grundvandsovervågningen fra perioden 1990-2011 fordelt på 3 klasser (1-25, 25-50 og > 50 mg/l).

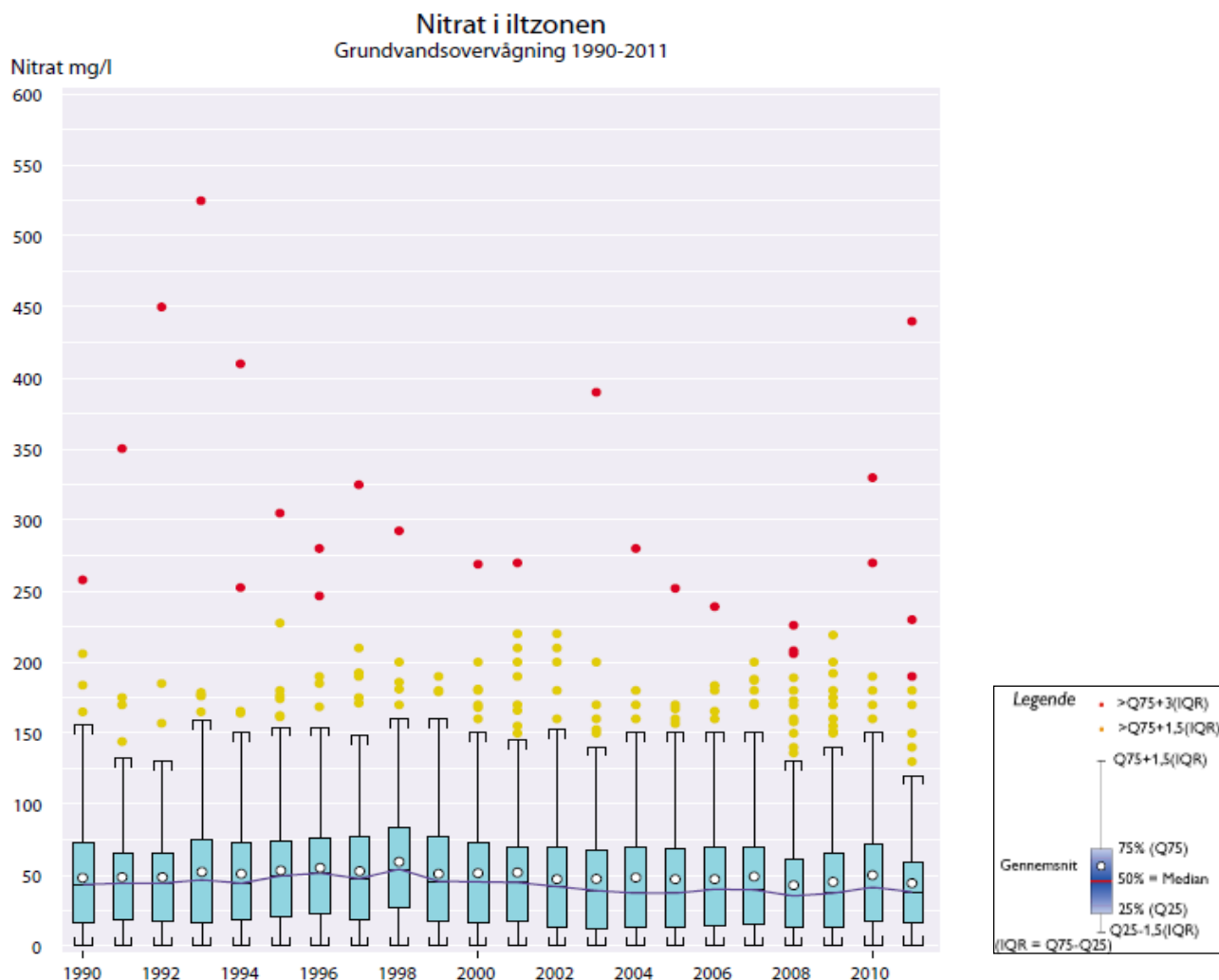


Figur 8. Den procentvise fordeling af alle nitratanalyser (gennemsnit pr. indtag pr. år) fra iltet grundvand (med ilt > 1 mg/l og nitrat > 1 mg/l) fra perioden 1990-2011 i grundvandsovervågningen fordelt på 3 klasser (1-25, 25-50 og > 50 mg/l nitrat). Antal analyser fra hvert år og klasse er anført i tabellen under figuren.



Der er en tydelig tendens til, at andelen af indtag fra det iltede grundvand fra grundvandsovervågningen med koncentrationer over 50 mg/l er aftagende, sådan at omkring 30-40 % af indtagene i de seneste år har et indhold over 50 mg/l, mod ca. 50 % midt i 1990'erne.

Figur 9 viser udviklingen i det iltede grundvands nitratindhold, beskrevet ud fra alle analyser udført i perioden fra 1990 til 2011 som boks-diagrammer. Det iltede grundvands nitratindhold udviser alle år en stor spredning. Medianværdien for perioden 1990 – 2011 stiger jævnt frem til den højeste værdi i 1998 på ca. 50 mg/l nitrat, hvorpå den falder til et niveau på omkring 35-40 mg/l nitrat i 2005-2011. Gennemsnitsværdierne for nitrat falder fra ca. 60 mg/l i 1998 til ca. 45 mg/l i 2011. Nitratindholdet i det iltede grundvand i 2011 ligger for 25 % af indtagene over ca. 60 mg/l nitrat. Det højest målte nitratindhold i iltet grundvand varierer meget fra år til år i perioden 1990-2011, og den højeste målte værdi ligger på over 500 mg/l nitrat målt i 1993. Medianværdierne er generelt kun en smule mindre end gennemsnitsværdierne.



Figur 9. Udviklingen i det iltede (ilt > 1 mg/l) grundvands nitratindhold, GRUMO 1990 - 2011.

## Nitratindhold i grundvand under landbrugsarealer – landovervågning

### Datagrundlag

I landovervågningsområderne (LOOP) overvåges det allerøverste terrænnære grundvand under landbrugsarealer. Der udføres ca. 6 analyser pr. år i hvert af de ca. 20 aktive indtag i de 5 LOOP områder. Antallet af analyser i 2011 er ca. 25 % lavere end forventet (se tabel 1). Dette skyldes fortrinsvis, at der mangler omkring 75 % af nitratdataene fra LOOP 6 på grund af problemer med prøvetagningen i 2011 og 2010.

### Tilstand, udvikling og årsager

Figur 10 viser årsnedbøren og det årlige gennemsnitlige nitratindhold i det øvre grundvand (0 til 6 m.u.t) på sand- og ler områder i LOOP for perioden 1990-2011. Nedbøren er beregnet som et gennemsnit af DMI's 10x10 km nedbørsdata for de områder, hvori de enkelte LOOP ligger.

Tre LOOP områder er placeret i lerområder:

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

To LOOP områder er placeret i sandområder:

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

Nitrat opfører sig som et kemisk inert (ikke reaktivt) stof under rodzonen ved iltede forhold, da reaktiviteten af organisk stof er lav. Derfor er iltholdigt grundvand (vandtype A) særdeles velegnet til overvågning af nitratudvaskningen fra landbruget. Grundvand med vandtypen B vil have et nitratindhold, som er lavere end nitratudvaskningen fra rodzonen på grund af omsætningen af nitrat. De reducerede grundvandstyper C og D er derimod nitratfrie, se tabel 2.

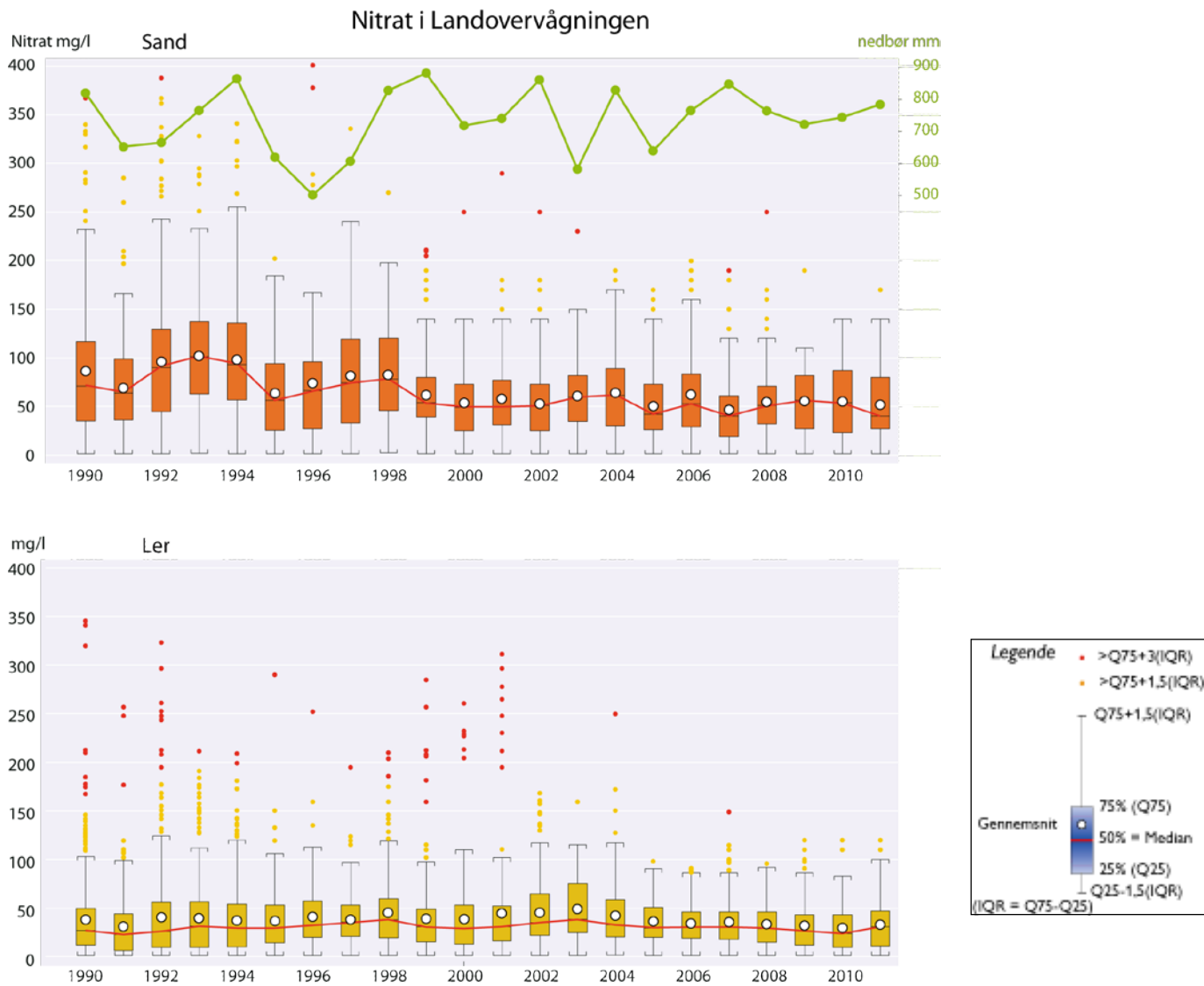
Egnetheden af grundvandsboringerne i LOOP til overvågning af nitratudvaskningen fra arealanvendelsen afhænger dermed af redoxforholdene i grundvandsmagasinerne. Dette forhold er undersøgt nærmere i rapporten "Faglig vurdering af grundvandsboringer og pejleboringer i Landovervågningen (LOOP) 2010" (Hansen m.fl., 2010). Gennemgangen af data ved dette års rapportering viser, at overvågningen af øvre grundvand i de 97 boringer sker med denne fordeling på vandtyper:

- 1) 24 % iltholdigt og nitratindholdigt grundvand af vandtype A,
- 2) 36 % nitratindholdigt grundvand af vandtype A eller B,
- 3) 12 % ikke-nitratindholdigt reduceret grundvand af vandtype C
- 4) 27 % grundvand med varierende redoxforhold, idet vandtypen veksler mellem A, B, C og D.

Det konkluderes, at der stadig er brug for en optimering af feltarbejdet, således at det kan afgøres, hvilke boringer, der er egnede til overvågning af nitratudvaskningen til grundvandet, idet der indgår en del boringer med nitratreducerende forhold, der ikke afspejler kvælstofpåvirkningen fra landbruget. Specielt skal der måles ilt i grundvandet ved hver prøvetagning, hvilket pt. mangler for LOOP 1, 3 og 4. Efter interkalibreringen af grundvandsprøvetagningen i

juni 2012 er der grundlag for at der i 2012/13 kan foretages iltmålinger i alle LOOP områderne jf. den tekniske anvisning for prøvetagning (Thorling, 2012b).

Figur 10 viser, at der er stor spredning i de målte nitratkoncentrationer i både sand- og lerområderne. Generelt er der et højere nitratindhold i grundvandet i sandområderne end i lerområderne. Gennemsnitsværdierne for nitratindholdet i det øvre grundvand i sand- og lerjordsoplandene ligger lidt højere end medianværdierne, men har ellers et nogenlunde synkront forløb.



Figur 10. Nitratindholdet i det øvre grundvand i sand- og lerområderne i LOOP (1990-2011), sammenholdt med årsnedbøren (grønne kurve). Kun nitratanalyser > 1 mg/l og indtag < 6 m.u.t er medtaget.

For perioden 1990-2011 er der i sandområderne et fald (fra ca. 95 til ca. 55 mg/l) i det øverste grundvands gennemsnitlige nitratindhold, når der alene ses på indtag med > 1 mg/l nitrat. Faldet er størst frem til 2000, hvorpå ændringerne bliver små. Den højeste målte enkeltværdi i perioden er på 740 mg/l nitrat fra 1996.

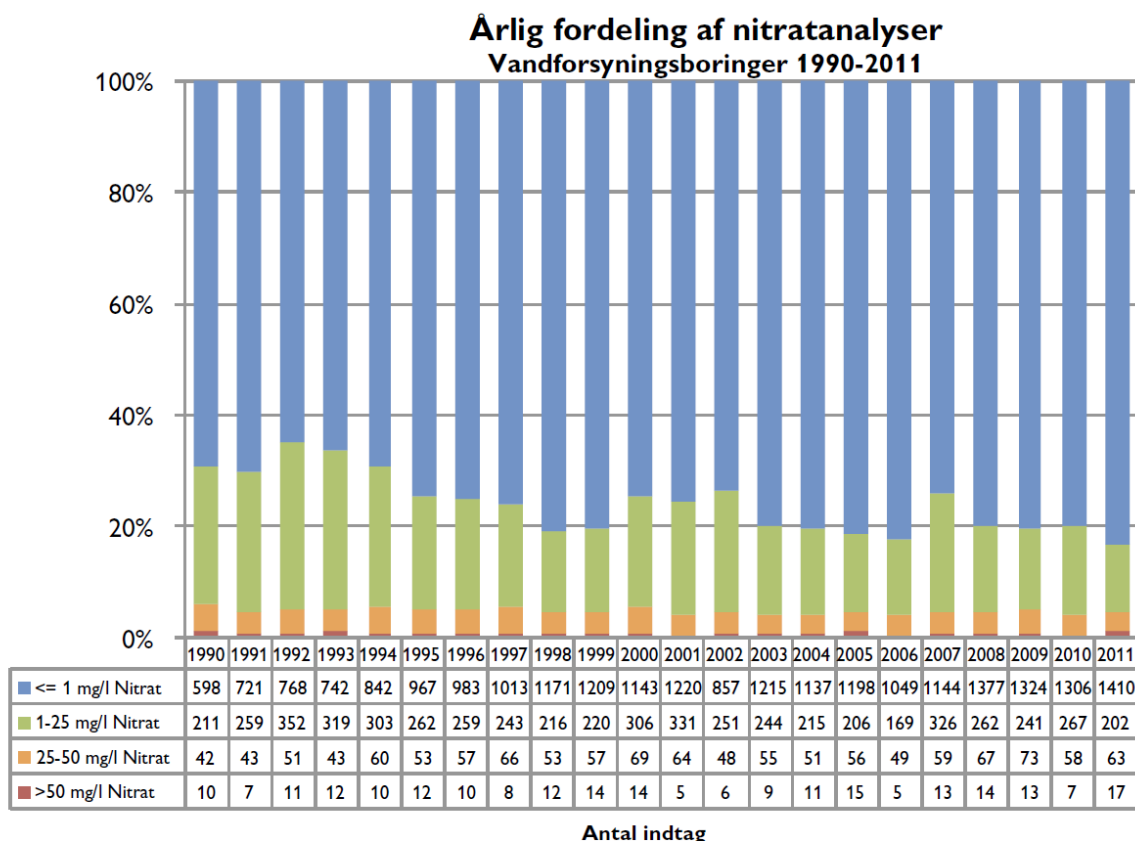
For lerområderne ligger det gennemsnitlige nitratindhold for hele perioden 1990-2011 i omkring 30 - 50 mg/l, og der er ikke et tilsvarende tydeligt fald i koncentrationsniveauet som i sandområderne, når alene indtag med > 1 mg/l nitrat medtages. Den højeste enkeltværdi i perioden er på 575 mg/l nitrat fra 1992. Gennemgangen af borerne i Hansen m.fl. (2010) viste, at ca. 21 % af monitoringsboringerne i lerområderne har udviklet sig fra nitratholdige til reducerede efter 2001, hvilket vurderes, at skyldes tidligere forurening ved lækage og nedrivning langs installationer. Denne udvikling kan ikke ses i det gennemsnitlige årlige nitratindhold på lerjordsoplandene vist i figur 10, da kun indtag med > 1 mg/l nitrat er medtaget.

Den årlige gennemsnitlige nitratkoncentration på sand- og lerjordsoplandene, som er vist i figur 10 (indtag < 6 mu.t. og nitrat > 1 mg/l), vurderes at ligge lavere end niveauet for nitratudvaskningen i områderne, da de årlige værdier repræsenterer et gennemsnit af nitratkoncentrationen i både iltet og anoxisk nitratholdigt grundvand (vandtype A og B).

## Nitrat, vandværkernes kontrol af indvindingsboringer

### Datagrundlag

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



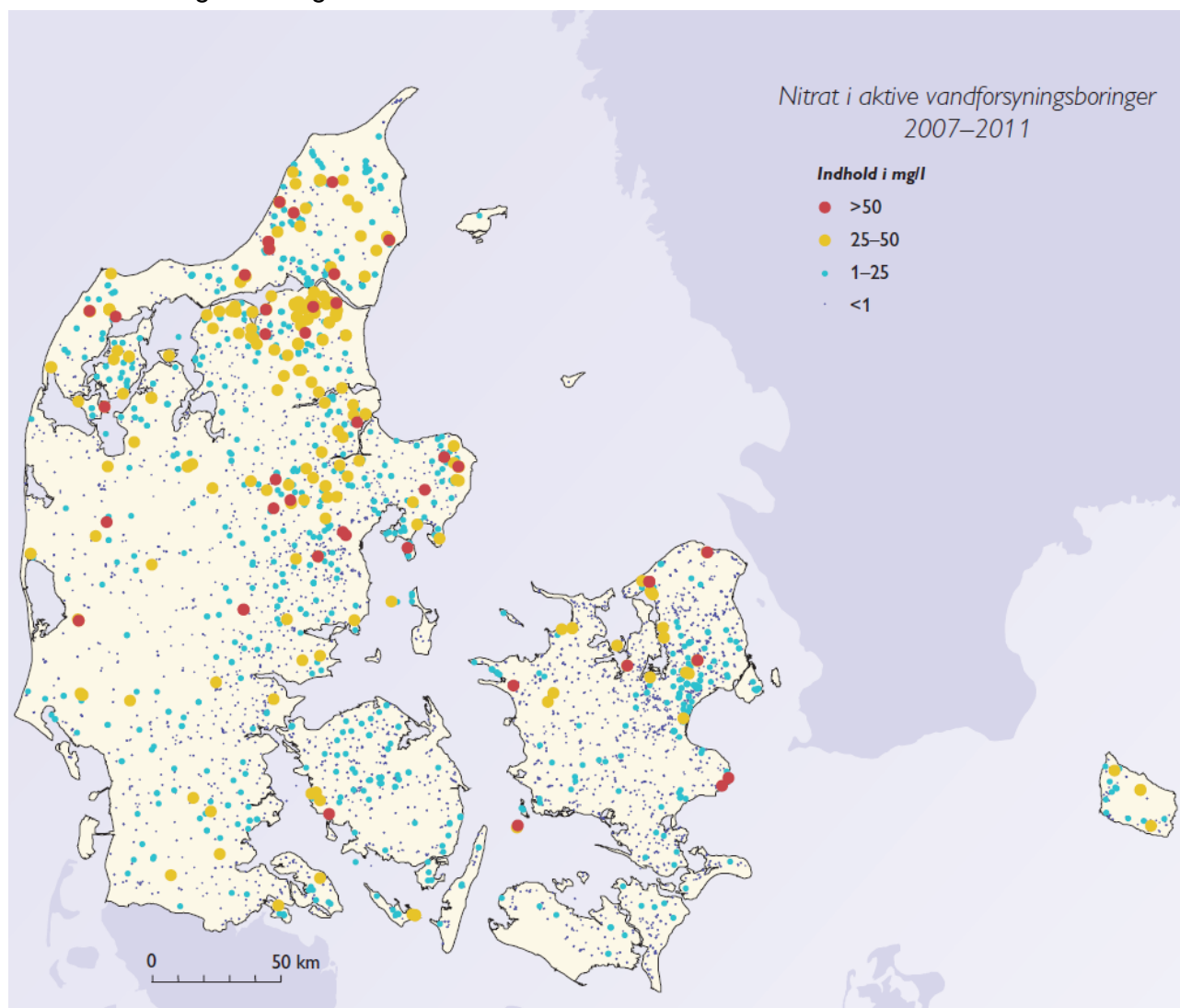
Figur 11. Den procentvise fordeling af nitratanalyser (gennemsnit pr. indtag pr. år) fra fra indvindingsboringer (boringskontrollen) fra perioden 1990-2011 fordelt på 4 klasser (≤1, 1-25, 25-50 og > 50 mg/l nitrat). Antal analyser fra hvert år og klasse er anført i tabellen under figuren.

### Tilstand, udvikling og årsager

Figur 11 viser, at hovedparten (ca. 80 %) af analyserne fra vandværkernes boringskontrol er nitratfrie (nitrat  $\leq 1$  mg/l). Det vil sige, at der hovedsagelig indvindes grundvand til drikkevandsformål fra det reducerede nitratfrie grundvand, vandtype C og D. Der ses en tendens til, at andelen af analyser fra nitratholdigt grundvand er faldet igennem måleperioden fra 25-35 % i begyndelsen af 1990'erne til omkring 20 % i 2003-2010. Dette er et udtryk for den ændrede bestand af indvindingsboringer de sidste 25 år.

### Regional fordeling

Figur 12 viser den geografiske fordeling i Danmark af nitratindholdet i vandværkernes indvindingsboringer gennem de seneste 5 år (2007-2011). På figuren er kun vist data fra aktive vandværker. Drikkevandskvalitetskravet blev i perioden overskredet i kortere eller længere tid i alt 47 boringer. Den højst målte værdi i perioden var 110 mg/l. Der kan muligvis være enkelte data fra vandværker/boringer, som er sat ud af drift inden for de seneste 5 år, men som vandværkerne stadig overvåger.



Figur 12. Nitratindholdet i grundvandet i vandforsyningsboringer opdelt på 4 koncentrationsklasser. Data er fra perioden 2007-2011, fra aktive vandværker, hvorfra der dog kan foreligge data fra indvindingsboringer, som ikke anvendes til drikkevandsforsyning. Grundvandet i indvindingsboringerne analyseres i en turnus på 3 til 5 år med boringskontrollen.

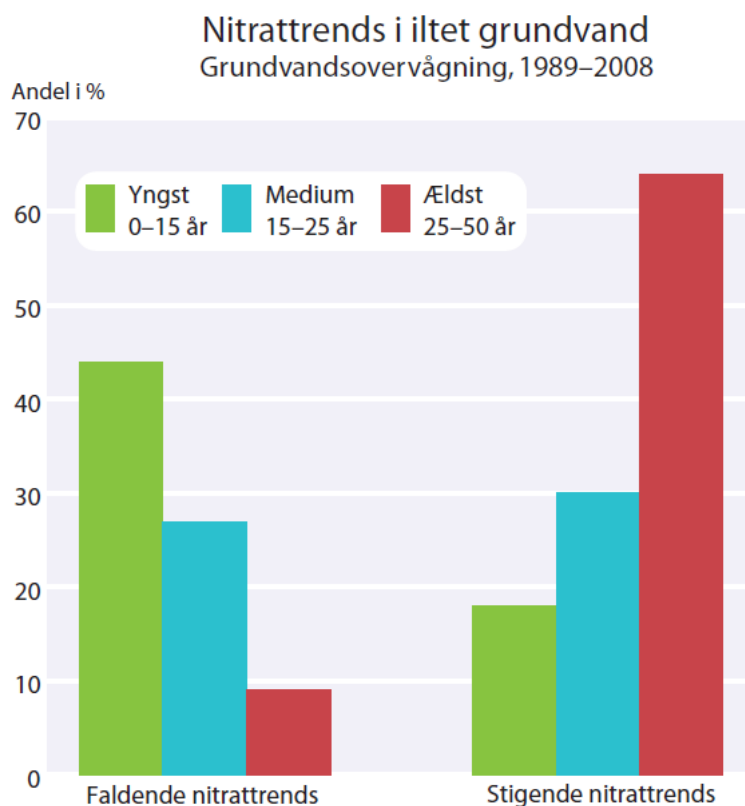
## Vandmiljøhandlingsplanernes effekt på grundvandets nitratindhold

Eventuelle effekter af vandmiljøplanerne vil kunne erkendes i det iltede grundvand (vandtype A), hvor nitrat ikke omsættes ved nitratreducerende processer. Datering af grundvandet giver mulighed for at sammenligne udviklingen i nitratkoncentrationer i iltet grundvand med udviklingen i kvælstofpåvirkningen fra landbruget.

### Statistiske trendanalyser

I rapporteringen for perioden 1989-2008 (Thorling m.fl., 2010a) var der fokus på udviklingen i nitratindholdet i iltet grundvand på indtagniveau. En yderligere databearbejdning er publiceret i (Hansen m.fl., 2011 og Hansen m.fl., 2012). En statistisk dataanalyse af ca. 20 års overvågningsdata fra hele landet viste, at nitratindholdet og tilførslen af nitrat til iltet grundvand generelt har været faldende siden ca. 1980. Den generelle tendens med et faldende nitratindhold i iltet grundvand stemmer overens med den overordnede tendens for udviklingen i kvælstofoverskuddet i dansk landbrug.

De publicerede resultater fra 152 indtag med iltet CFC dateret grundvand, viste også, at det yngste iltede grundvand (< 15 år) har flere overvågningsindtag med et signifikant faldende nitratindhold (44 %) end det ældste (25-50 år) iltede grundvand (9 %). Dog findes der stadig indtag, hvor nitratindholdet er stigende, men hvor kun ca. 18 % af det yngste iltede grundvand har et signifikant stigende nitratindhold, har 64 % af det ældste iltede grundvand et signifikant stigende nitratindhold (se figur 13).



Figur 13. Andel af statistisk signifikante ( $p < 0,05$ ) stigende og faldende nitrattrends i grundvandet inddelt i 3 aldersgrupper (modificeret efter Hansen m.fl., 2011).

Det er relevant at gentage de statistiske trendanalyser med passende mellemrum fx hvert 3 – 5 år i forhold til at kunne spore ændringer i udviklingstendenserne på nationalt plan i iltet grundvand. En ny datering af det iltede grundvand er planlagt i løbet af denne programperiode (2011-2015), hvor mange nye overvågningspunkter forventes etableret.

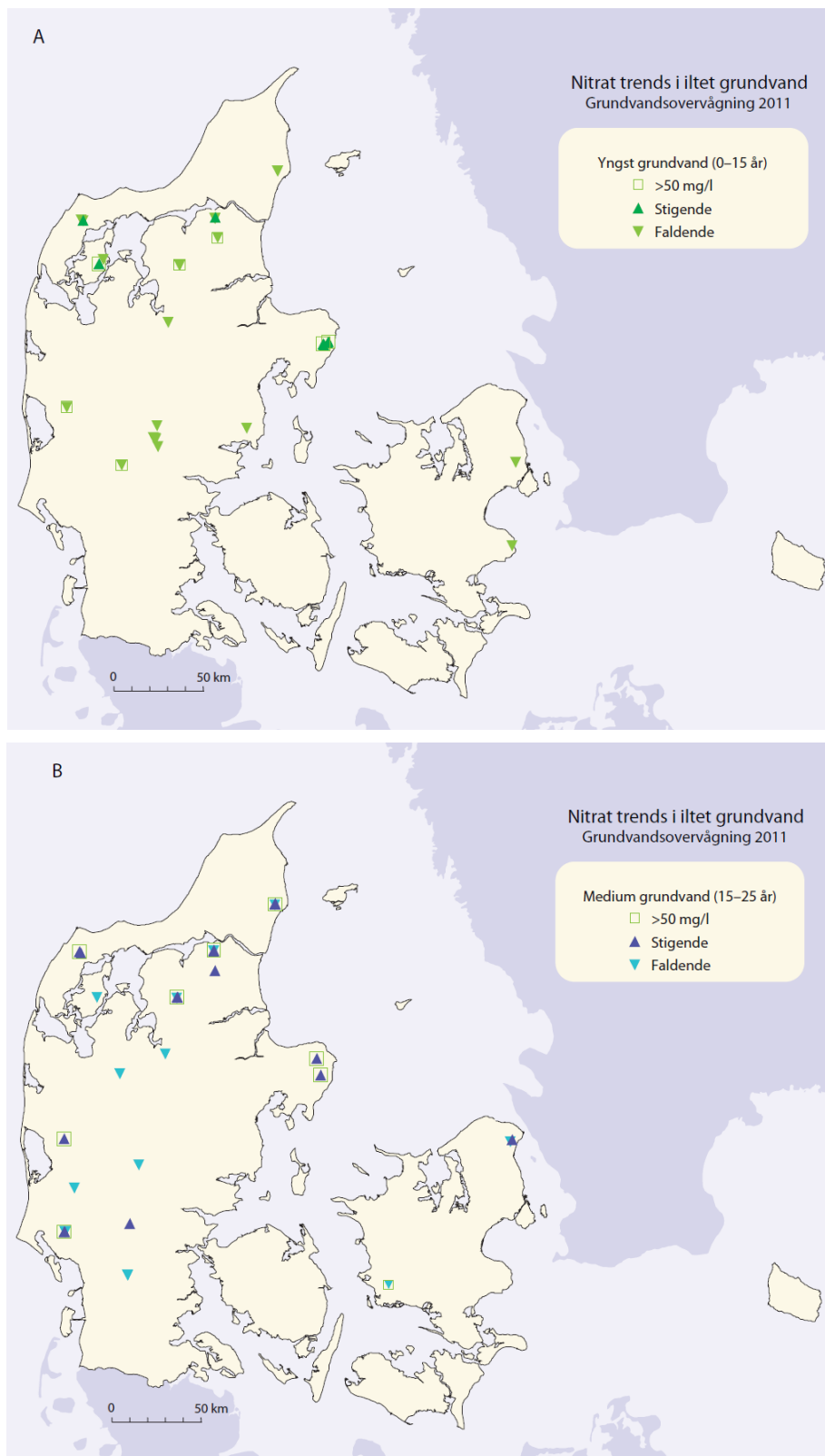
### Nitrattrends i forhold til grænseværdien

I dette års rapportering er det valgt at undersøge udviklingen i nitratkoncentrationen i forhold til grænseværdien på 50 mg/l for de 152 indtag, hvor der er foretaget individuelle nitrat trendanalyser (Hansen m.fl., 2011 og Hansen m. fl., 2012). Figur 14 viser hvor i landet, der ved seneste analyse er fundet mere end 50 mg/l nitrat i iltet grundvand. I 71 % af de 152 indtag er seneste nitrat analyse fra 2011, mens seneste analyse for resten af data er foretaget 2002-2010.

Figur 14 viser, at grænseværdien på 50 mg/l nitrat hovedsagelig overskrides i det vestlige og nordvestlige Jylland. Samtidig ses det, at der er flest overskridelser af grænseværdien, hvor der er stigende nitrattrends. Tabel 3 opsummerer resultaterne vist i figur 14. I alt er der overskridelser af grænseværdien på 50 mg/l nitrat ved seneste analyse i 36 % af de 152 indtag, hvor der er foretaget trendanalyser. Flest overskridelser af grænseværdien ses i indtagene med stigende nitrattrends (44 %) og der er omtrent lige mange overskridelser af grænseværdier i alle 3 aldersgrupper (35-38 %). I det yngste grundvand findes overskridelser af grænseværdien langt overvejende i indtagene med stigende nitrattrends.

	Yngst 0-15 år	Medium 15-25 år	Ældst 25-50 år	I alt
Stigende nitrattrend	6/10 (60 %)	9/19 (47 %)	7/21 (33 %)	22/50 (44 %)
Faldende nitrattrend	5/24 (21 %)	5/17 (29 %)	2/3 (67 %)	12/44 (27 %)
Ikke signifikant ni- trattrend	8/21 (38 %)	10/28 (36 %)	3/9 (33 %)	21/58 (36 %)
<b>I alt</b>	<b>19/55 (35 %)</b>	<b>24/64 (38 %)</b>	<b>12/33 (36 %)</b>	<b>55/152 (36 %)</b>

Tabel 3. Andel af de 152 iltede overvågningsindtag med nitrattrends med seneste nitratkoncentrationer > 50 mg/l.



Figur 14. Geografisk placering af statistiske nitratrend analyser i 152 indtag i iltet dateret grundvand: A: Signifikante nitratrends i yngst grundvand, B Signifikante nitratrends i medium grundvand, C: Signifikante nitratrends i ældst grundvand og D: ikke signifikante nitratrends (modificeret efter Hansen m.fl., 2012).–figuren fortsætter næste side-





Figur 14. Geografisk placering af statistiske nitratrend analyser i 152 indtag i iltet dateret grundvand: A: Signifikante nitratrends i yngst grundvand, B Signifikante nitratrends i medium grundvand, C: Signifikante nitratrends i ældst grundvand og D: ikke signifikante nitratrends (modificeret efter Hansen m.fl., 2012). – figurens første to dele er på forrige side-

## Fosfor i grundvand

### Datagrundlag

Dette år rapporteres for første gang i grundvandsovervågningens historie data for orthofosfat ( $P_{ortho}$ ) i grundvand i overvågningsboringer.  $P_{ortho}$  er et nyt stof i overvågningsprogrammet for programperioden 2011-15. Tidligere har der alene det totale opløste indhold af fosfor i grundvand ( $P_{tot}$ ) været rapporteret. Dette forbedrer mulighederne for at sammenligne grundvand og overfladevand, idet man i overfladevand altid har analyseret for såvel orthofosfat-P som total fosfor.

I 2011 er der analyseret for såvel  $P_{tot}$  som  $P_{ortho}$  i 686 indtag i grundvandsovervågningen i NOVANA programmet.  $P_{ortho}$  har siden overvågningens start i 1989 været analyseret i det øvre grundvand i LOOP i ca. 100 terrænnære indtag.

Sidste år blev der rapporteret om fosfor i indvindingsboringer og i det øvre grundvand i LOOP (Thorling m.fl., 2011) Relevante figurer herfra er gentaget i dette års rapport.

#### Definitioner:

I en grundvandsvandprøve er der såvel opløst som suspenderet stof, men kun den opløste del er relevant i overvågningssammenhæng:

Samlet fosforindhold i en prøve: opløst-P + partikulært bundet P ( $>0,45\mu\text{m}$ )

Opløst fosfor kan opdeles efter kemiske egenskaber:

Total P =  $P_{tot}$  = uorganisk-P + organisk bundet-P =  $P_{ortho}$  +  $P_{org}$

$P_{ortho}$  = fosfat =  $\text{PO}_4$

### Relevans

Fosfor i grundvandet kan give anledning til uønsket algevækst og eutrofiering i forbindelse med udstrømning til overfladevand og transport til havet. Det er væsentligt at overvåge og kortlægge, i hvilket omfang fosfortransporten er betinget af menneskelige aktiviteter og i hvilket omfang, der er tale om naturlige processer. Fosforindholdet i drikkevand overskrides i mange indvindingsboringer, hvor kilden hovedsageligt vurderes at være geologisk indlejret fosfor, der ikke er påvirket af samfundsmæssige aktiviteter.

I ovenstående tekstbox er vist definitioner på forskellige bidrag til fosfor i grundvandet. Man kan opdele efter fase: i praksis er den opløste fraktion, det der kan passere et  $0,45\mu\text{m}$  filter. Dette opdeles igen efter kemiske egenskaber i opløst ortho-P ( $P_{ortho}$ ) og opløst organisk bundet P ( $P_{org}$ ), idet det antages at der kun er frosvindende lidt af andre uorganiske P forbindelser.

Når det drejer sig om udvaskning af stof gennem jord, er der især fokus på den opløste pulje, idet partikulært stof i vid udstrækning tilbageholdes i jordmatrix, når der ses bort fra makropor-retransport. Da de forskellige bidrag af fosfor har forskellige kemiske egenskaber, kan det også forventes, at forskellige fosforbidrag vil transporteres og bindes forskelligt. Da det er  $P_{ortho}$  og  $P_{tot}$ , der analyseres, bliver  $P_{org}$  beregnet som forskellen på de to.

For at finde mængden af opløst fosfor i grundvand skal vandprøverne filtreres jf. teknisk anvisning (Thorling, 2012b). Når vandprøverne fra grundvand ikke er filtrerede, vil en vis mængde suspenderet stof med fosfor bundet til bl.a. jernoxider på mineraloverfladerne komme med i

prøverne. Dette vil blive målt med i resultatet for total fosfor ( $P_{\text{tot}}$ ), og indholdet vil i "ikke filtrerede" grundvandsprøver afhænge af, hvor meget suspenderet stof, der rives med som følge af prøvetagningsteknikken. Hvis prøverne ikke filtreres ordentligt vil det give for højt indhold af  $P_{\text{org}}$ . I grundvand giver det ikke mening at måle fosfor i "ikke filtrerede" prøver i modsætning til overfladevand, hvor den suspenderede del af fosfor i vandløbene, kan have stor betydning for stoftransporten.

Det er i overfladevand påvist at der kan være en risiko for udfældning af  $P_{\text{ortho}}$ , i ufiltrerede prøver når prøven henstår. Da grundvandsprøver er filtrerede bør denne risiko ikke være stor. Der er dog en mulighed for at  $P_{\text{ortho}}$  kan udfældes hvis en prøve med stort jernindhold iltes og der udfældes jernoxider der adsorberer  $P_{\text{ortho}}$ , hvorefter det målte indhold bliver mindre end i prøven. Også denne effekt vil give et for højt indhold af  $P_{\text{org}}$  i forhold til den sande værdi.

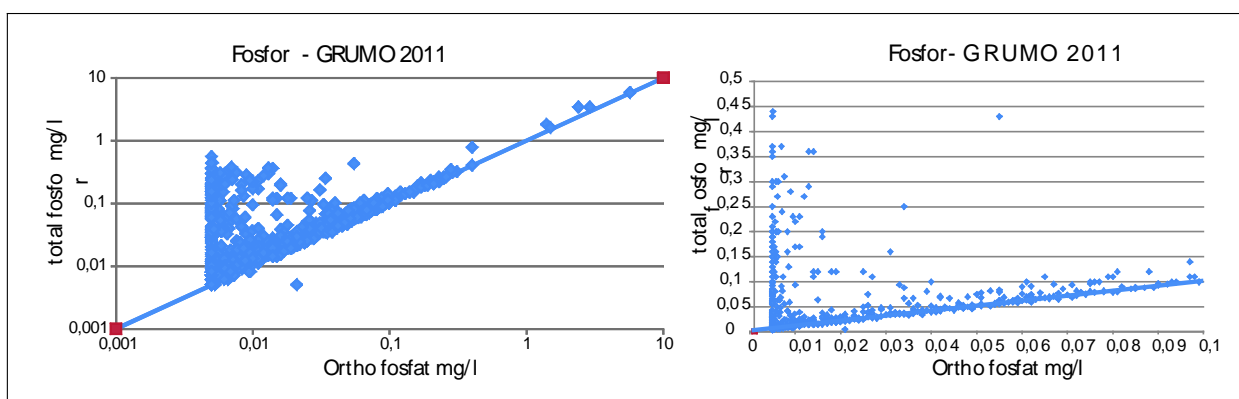
### Målsætning

Der er med Vandplanerne (NST, 2011) fastsat politiske mål for reduktion af udledningen af fosfor til vandmiljøet. I forbindelse med vandplanerne og vandmiljøforvaltningen har man hidtil ikke vurderet risikoen for udvaskning af fosfor via grundvand til overfladevand. Dette betragtes i forbindelse med vandplanerne (NST, 2011), som et område med manglende viden. Der er således behov for vidensopbygning på dette område, før egentlige målsætninger kan fastlægges. Grænseværdien for fosfor i drikkevand ligger på 0,15 mg/l, og er begrundet i, at et højt fosforindhold i drikkevand kan være en indikator på spildevandspåvirkning (MST, 2011). Fosfor er ikke sundhedsskadeligt i de koncentrationer, der ses i drikkevandsboringerne.

### Fosforindhold i grundvandsovervågningen

I 2011 blev der for første gang i grundvandsovervågningen analyseret for  $P_{\text{ortho}}$  og  $P_{\text{tot}}$  samtidig i 686 indtag. På det grundlag præsenteres data for  $P_{\text{tot}}$ ,  $P_{\text{ortho}}$  og  $P_{\text{org}}$ , som en status for grundvands tilstand.

### Koncentrationsfordeling



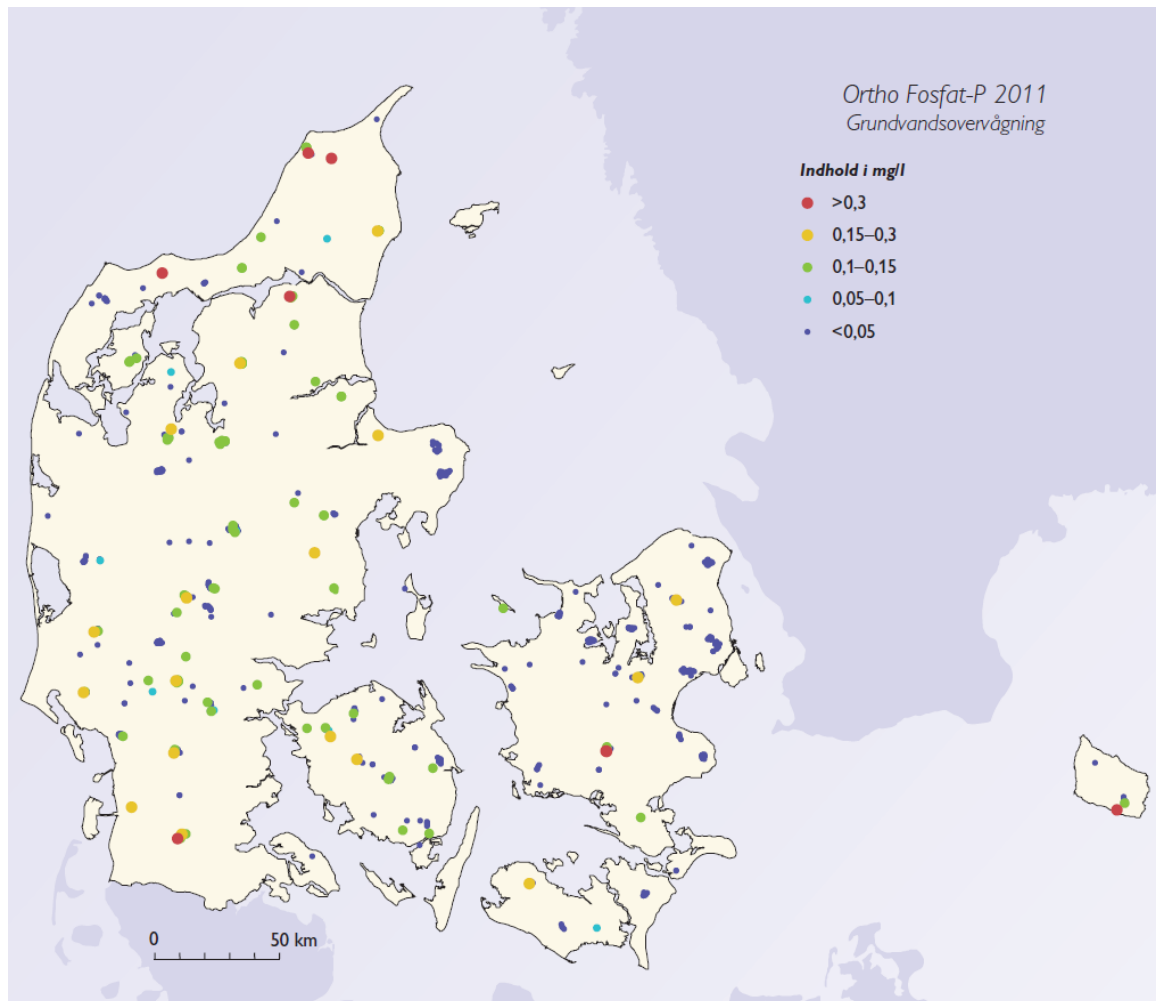
Figur 15. Samhørende værdier af totalfosfor,  $P_{\text{tot}}$  og orthofosfat,  $P_{\text{ortho}}$  i GRUMO prøver 2011, vist med hhv en logaritmisk skala og med fokus på de hyppigste værdier under 0,1 mg/l.

Figur 15 viser samhørende værdier fra vandprøvene for de målte indhold af  $P_{\text{ortho}}$  og  $P_{\text{tot}}$ . Hvis alt fosfor optrådte som  $P_{\text{ortho}}$ , ville punkterne ligge på linien  $x=y$ , der også er vist på figurene. Alle indhold, der ligger over  $x=y$ , er klassificeret som organisk fosfor, og det fremgår af figuren, at der ikke er nogen simpel sammenhæng mellem indholdet af  $P_{\text{ortho}}$  og  $P_{\text{org}}$ . Der vil i sagens

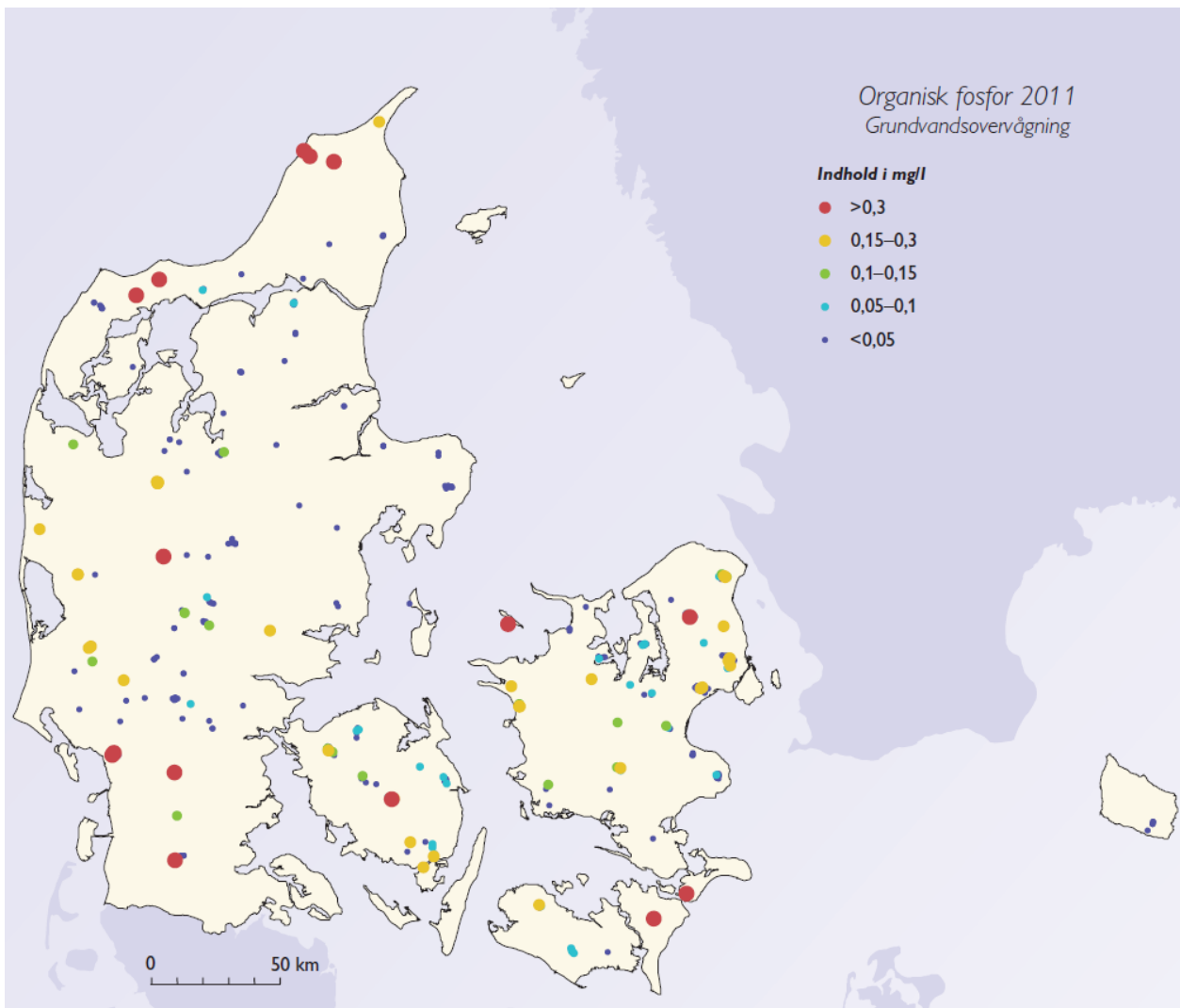
natur på grund af måleusikkerhed være nogle enkelte punkter med negativt indhold af  $P_{org}$ , da det er beregnet som forskellen mellem  $P_{ortho}$  og  $P_{tot}$ . Det fremgår også af figuren, at der meget hyppigt optræder indhold af  $P_{org}$  på mere end 0,05 mg/l.

### Geografisk fordeling

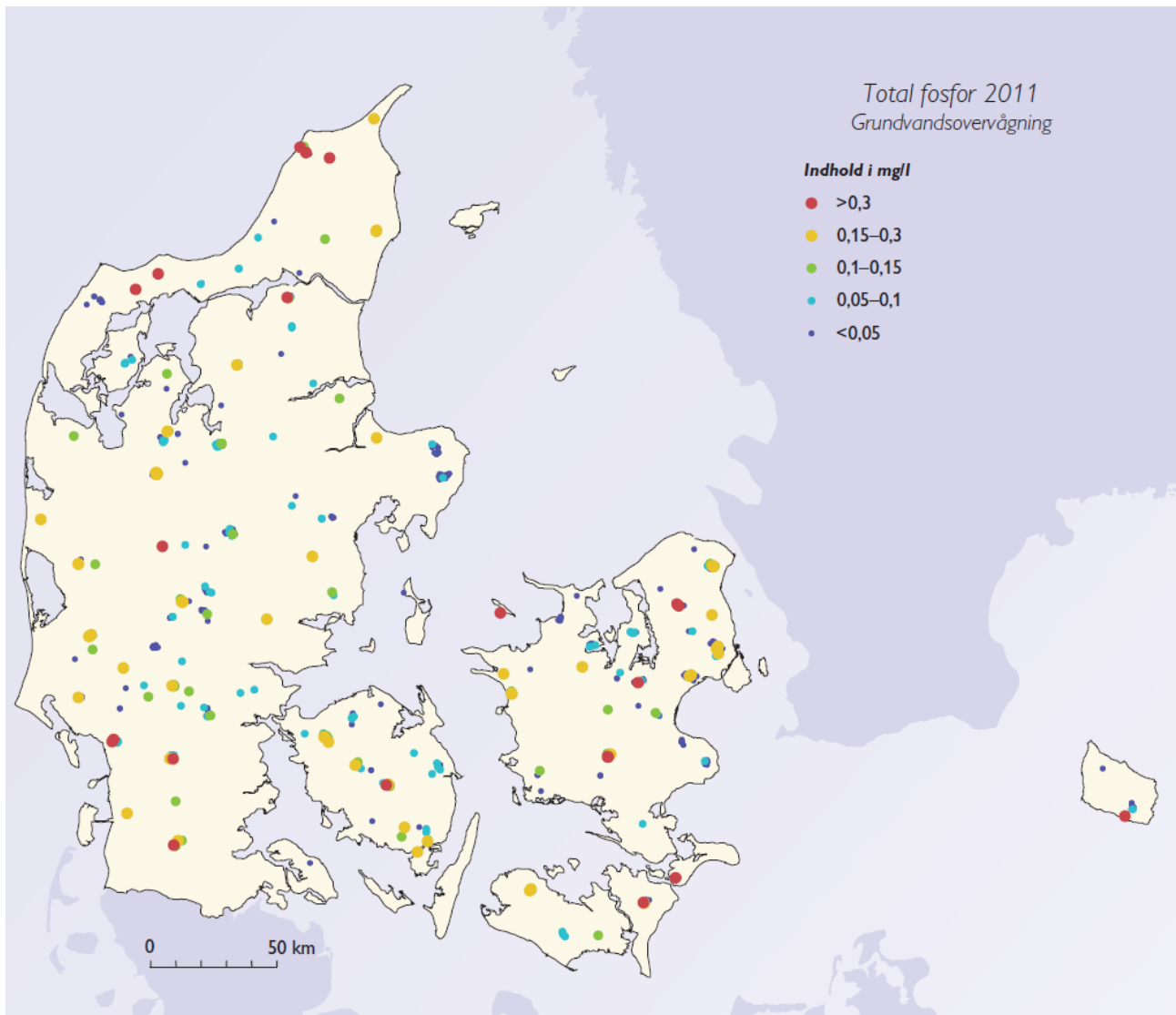
Den geografiske fordeling af fosforpuljerne er vist på tre kort i figur 16, 17 og 18 for hhv.  $P_{ortho}$ ,  $P_{org}$  og  $P_{tot}$ . Det fremgår af kortene, at der ikke er nogen klar sammenhæng i den geografiske fordeling af fosfor, men at fosfor kan findes i alle puljerne overalt i landet, i såvel høje som lave koncentrationer.



Figur 16. Ortho fosfat-P i GRUMO indtag 2011.



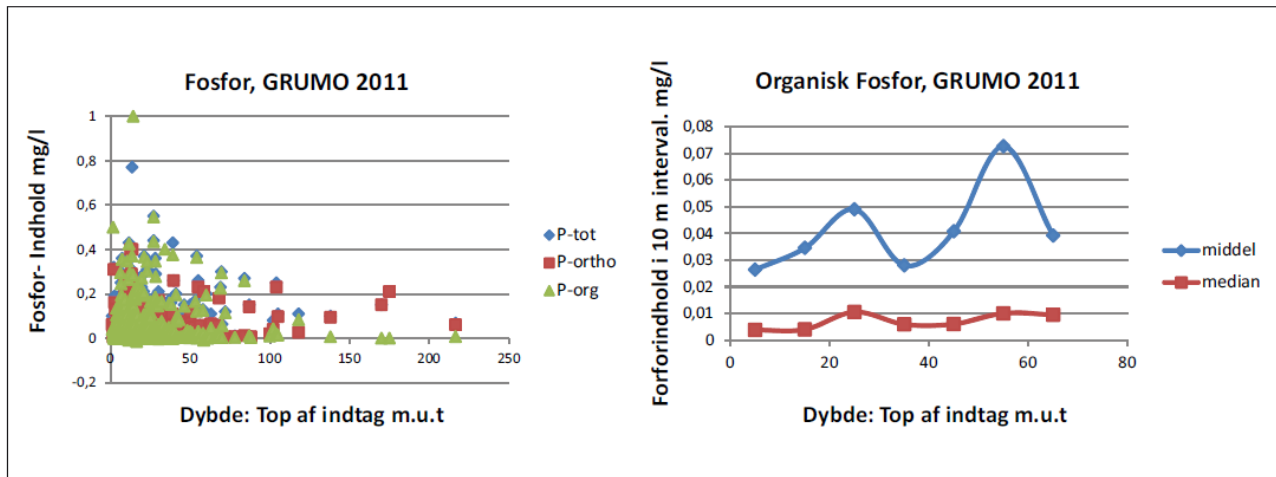
Figur 17. Organisk fosfor i GRUMO indtag, 2011.



Figur 18. Total fosfor i GRUMO indtag 2011.

### Dybdeforhold og fosfor

I LOOP data er det tidligere påvist (Thorling mfl., 2010a) at indholdet af  $P_{org}$  falder med dybden. For at vurdere, om dette er tilfældet i GRUMO, er der først lavet et dybde plot for fosforpuljerne se figur 19, og dernæst for  $P_{org}$ , i 10 m klasser for de øverste 60 m.



Figur 19. Dybdefordeling for fosfor, dels faktiske målinger, dels grupperet i 10 m intervaller.

Det fremgår af figur 19, at der tilsyneladende er et faldende indhold af fosfor, hvis man plotter alle målinger mod dybden. Når man i stedet grupperer i 10 m intervaller (fx for  $P_{org}$ , som vist) og beregner median og middelværdien, ses der i stedet en svagt stigende tendens mod dybden. Dette peger på, at der er andre kilder til  $P_{org}$  end udvaskning fra terræn, og at frigivelse af indlejret organisk bundet fosfor også spiller en rolle for det samlede forforindhold. De flere høje værdier på figuren til venstre skyldes formentlig det forhold at der er mange flere enkeltmålinger tæt ved terræn, og hvis en kun lille andel har meget høje koncentrationer i alle niveauer, giver det flere høje værdier tæt ved terræn.

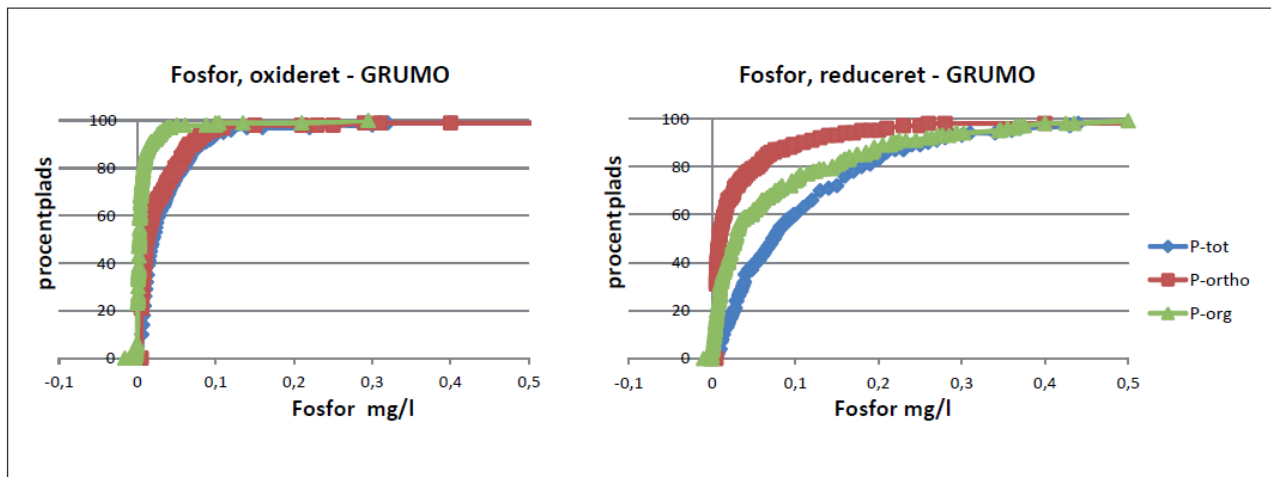
### Redoxforhold og fosfor

På figur 20 er fosforindholdet opdelt efter redoxstype. Dels oxideret grundvand (Vandtype A og B), der indeholder nitrat og repræsenterer lag, hvor jern hovedsageligt optræder som Fe (III). Dels reduceret grundvand (vandtype B og C), der er nitratfrit og stammer fra lag, hvor jern reduceres til Fe(II). Jern er kendt som en vigtig faktor for reguleringen af fosforindholdet i overfaldevand, idet fosfor adsorberer kraftigt til jernoxider.

Til denne analyse er der lavet en simpel sortering ift. prøvernes indhold af nitrat, således oxiderede har  $> 1$  mg/nitrat og reducerede har  $\leq 1$  mg/l nitrat.

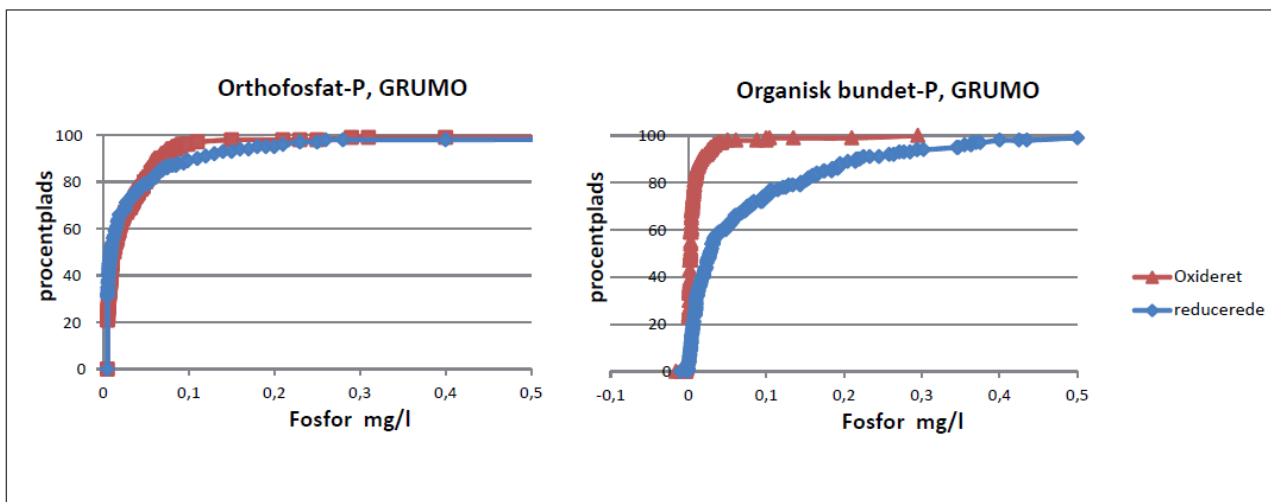
Det fremgår som forventet, at der generelt er et større indhold af fosfor under reducerede forhold. Det fremgår meget tydeligt, at under oxiderede forhold er der kun en meget lille andel af  $P_{org}$  med indhold over 0,05 mg/l. Faktisk kun 2 % af målingerne i de 409 nitratindholdige indtag. Dette står i skarp modsætning til at 48 % af de 276 nitratfrie indtag indeholder mere end 0,05 mg/l  $P_{org}$ . Figur 20 viser også, at hovedparten af fosfor i nitratfrit vand ikke optræder som  $P_{ortho}$ , men som  $P_{org}$ , mens det er omvendt i nitratindholdigt vand.

Dette antyder, at indlejret organisk fosfor spiller en betydelig rolle for frigivelsen af fosfor til grundvandet i reduceret grundvand, samt forklarer dybdefordelingen som vist i figur 19.



Figur 20. Indholdet af fosfor i forskellige puljer for oxideret grundvand, (ox, hvor  $\text{NO}_3 > 1$  mg/l), samt reduceret grundvand, (red, hvor  $\text{NO}_3 \leq 1$  mg/l).

Figur 21 sammenligner hhv.  $P_{\text{ortho}}$  og  $P_{\text{org}}$  fordelingerne i oxideret og reduceret grundvand. Det fremgår med markant tydelighed, at det er det organiske bundne fosfor der giver anledning til de forskellige fosforindhold, der kan findes i oxideret og reduceret grundvand.



Figur 21. Indholdet af Orthofosfat-P oxideret grundvand, (ox, hvor  $\text{NO}_3 > 1$  mg/l), samt reduceret grundvand, (red, hvor  $\text{NO}_3 \leq 1$  mg/l).

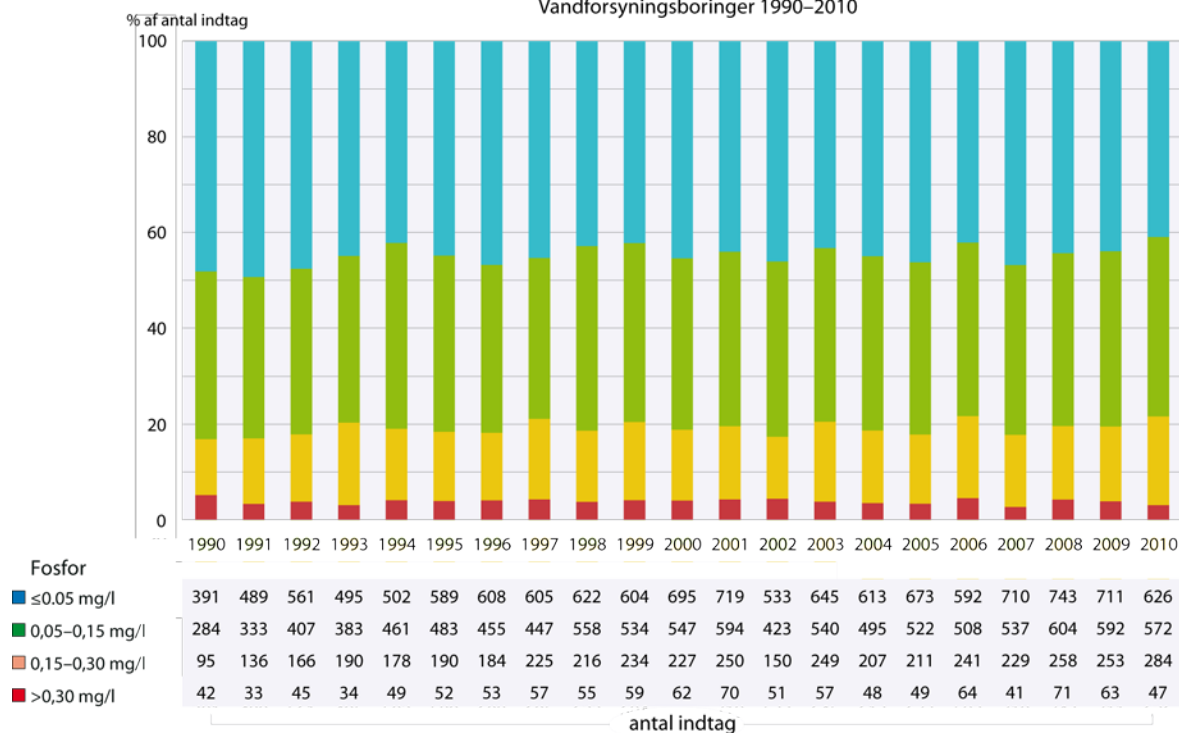
## Fosforindhold i vandværkernes indvindingsboringer

### Datagrundlag

Datagrundlaget er analyser af det totale indhold af opløst fosfor fra boringskontrollen af vandværkernes indvindingsboringer fra perioden fra 1990 til 2010. (Thorling mfl., 2011). Der er ikke foretaget en ny dataanalyse, da der ikke tidligere er påvist nogen tidlig udvikling i fosforindholdet i vandværkernes indvindingsboringer, men resultaterne gentages her af hensyn til sammenligning med de nye data indsamlet i GRUMO i 2011.



### Årlig fordeling af fosforanalyser Vandforsyningsboringer 1990-2010



Figur 22. Antal indtag og fordelingen af opløst fosfor (målt som total fosfor) i vandværkernes indvindingsboringer fordelt på 4 koncentrationsniveauer for perioden 1990-2010. Grænseværdien for drikkevand er 0,15 mg/l. Almindelig vandbehandling vil normalt sikre at grænseværdien kan overholdes i drikkevandet.

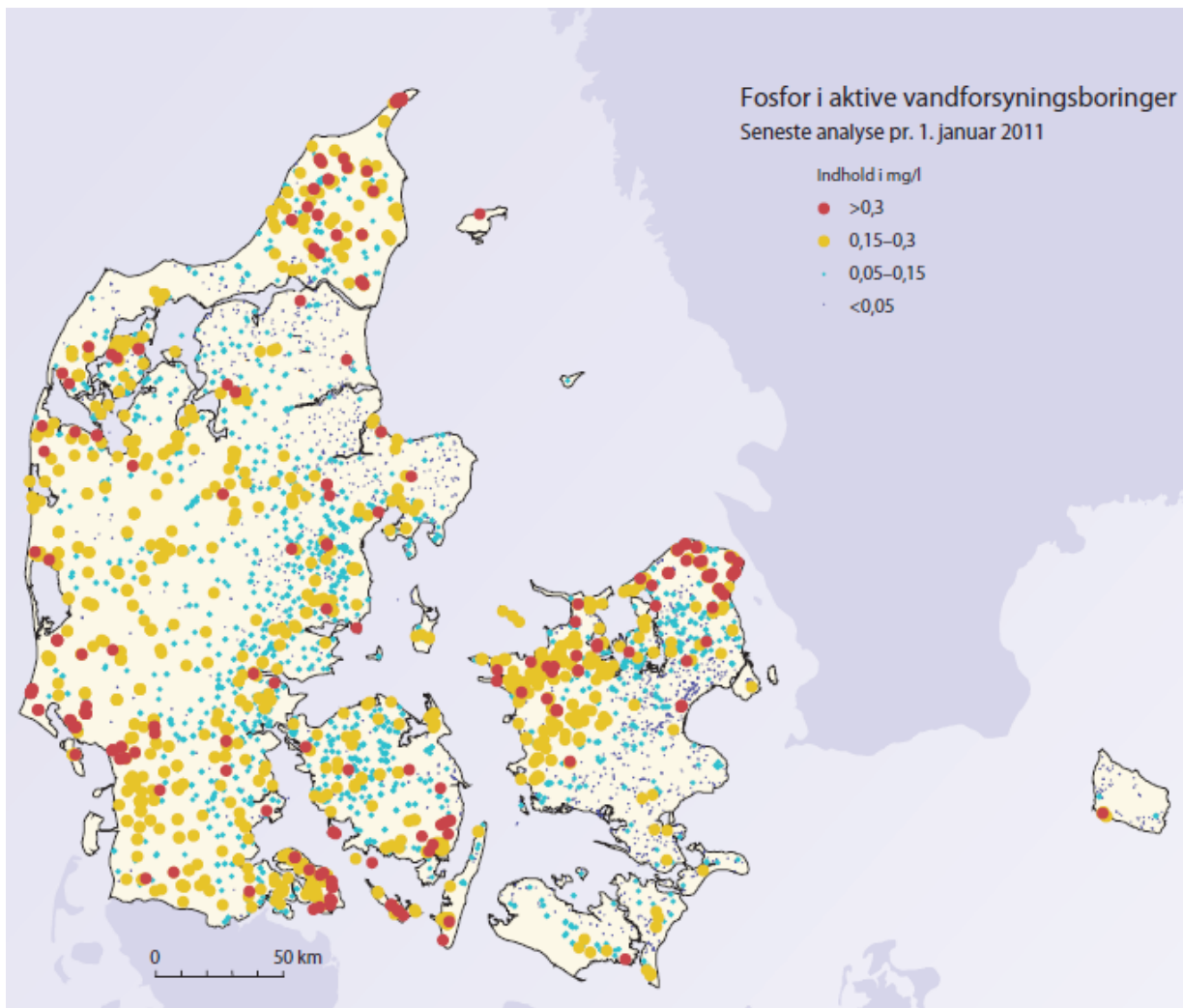
#### Tilstand, udvikling og årsager

Knap halvdelen af analyserne fra vandværkernes boringskontrol, 40-50 %, har et meget lavt indhold af fosfor, idet indholdet af opløst fosfor ligger under 0,05 mg/l, se figur 22.

Ca. hver 5. indvindingsboring har et fosforindhold over grænseværdien for drikkevand (0,15 mg/l). Denne andel har ikke ændret sig siden Vandmiljøplanernes start. Variationer i fordelingen fra år til år skyldes især, at ikke alle indvindingsboringer analyseres hvert år.

#### Regional fordeling

Fosforindholdet i vandværksboringerne er visse steder i landet relativt højt og for ca. 20 % (ca. 1.300 boringer) af de aktive indtag (2005-2010) er indholdet af opløst fosfor  $\geq 0,15$  mg/l. De højeste fosforindhold ( $> 0,3$  mg/l) kan ofte henføres til boringer, hvor vandet har været i kontakt med interglaciale lerede marine aflejringer, som f.eks. i Nordjylland, Sønderjylland, Als, Ærø og Langeland m.m., se figur 23. Omvendt findes der kun få boringer med over 0,15 mg/l fosfor i områder hvor kalkaflejringer underlejrer de kvartære lag og under interglaciale marine aflejringer, som i store dele af Sjælland samt på Lolland, Falster, Møn, Djursland, Himmerland og Hanherred. Endelig kan opløst fosfor i kalkmagasiner reagere med calcium og udfælde som tungtopløseligt apatit. Hvor der forekommer fosfor i terrænnært grundvand kan årsagen være en forurening fra overfladen, eller at der er opadrettet grundvandsstrømning mod vandløb med reducerede vandtyper, med et naturligt højt fosforindhold.



Figur 23. Opløst fosfor i vandværksboringer. Seneste analyse pr. 1.1.2011.

## Udviklingen og tilstand for fosfor i øvre terrænnært grundvand (LOOP)

### Datagrundlag

Det øvre grundvand overvåges i landovervågningsområderne (LOOP), hvor der er målt for  $P_{tot}$  og  $P_{ortho}$  i perioden 1998 – 2011. Det øvre grundvand er udtaget i boringer filtersat mellem 1,5 og 5 meter under terræn. Det øvre grundvand er i alle disse områder således højtliggende, hvilket ikke er repræsentativt for forholdene overalt i Danmark, idet der mange steder i landet ikke træffes grundvand så tæt ved terræn.

### Fosfor i det øvre grundvand – tilstand

I rapportering for 1989-2008 (Thorling m.fl., 2010) blev der grundigt redegjort for forekomsten af forskellige fosfor bidrag i det øvre grundvand. Da grundvandets indhold af fosfor kun langsomt ændres, vil dette års rapport alene udgøre en statusopgørelse, samt en sammenligning med de nye data for  $P_{org}$  og  $P_{ortho}$  i GRUMO.

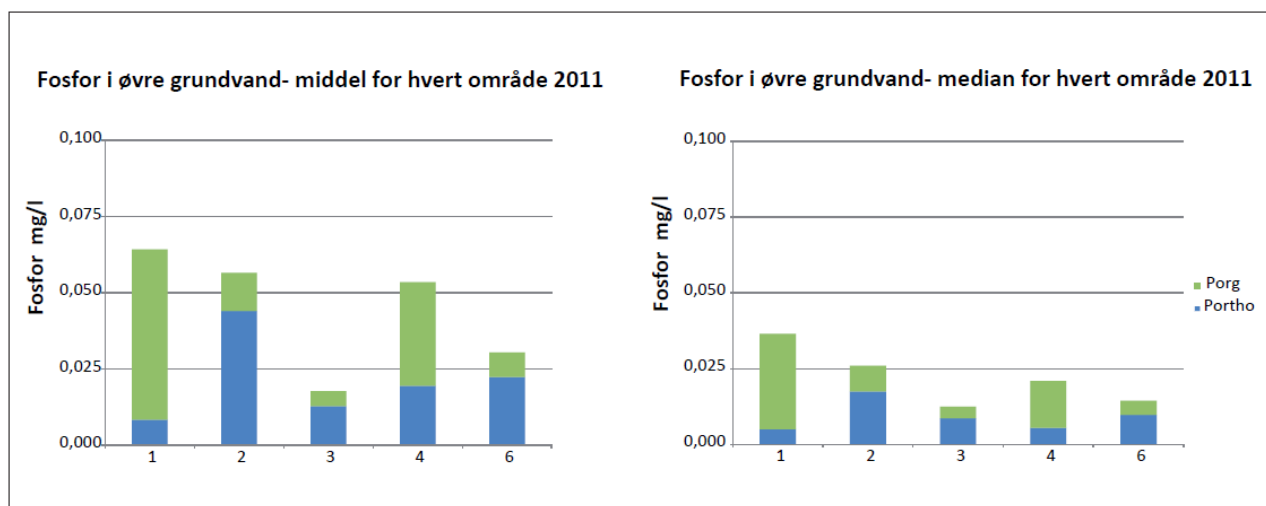
I figur 24 er vist median- og middelværdierne for koncentrationen af  $P_{\text{tot}}$  opdelt på  $P_{\text{ortho}}$  og  $P_{\text{org}}$  i det øvre grundvand for 2011 for de 5 landovervågningsoplande.

Medianværdien for  $P_{\text{ortho}}$  i det øvre grundvand i landovervågningsoplandene er af samme størrelsesorden i lerjords- og sandjordsområderne. Indholdet af total opløst fosfor,  $P_{\text{tot}}$ , for såvel ler- som sandjordsoplande kan ikke alene forklares ud fra indholdet af  $P_{\text{ortho}}$ .

Medianværdien for fosforindholdet i det øvre grundvand er generelt under 0,01 mg/l P for  $P_{\text{ortho}}$  og under 0,1 mg/l P for  $P_{\text{tot}}$ . Disse fosforniveauer ligger under grænseværdien for drikkevand på 0,15 mg/l P. Ved udsivning af grundvand til overfladevand kan høje koncentrationer, typisk højere end ca. 0,1 mg/l P imidlertid give anledning til eutrofiering i bl.a. søer.

I alle områderne ligger medianværdien for  $P_{\text{tot}}$  væsentligt lavere end middelværdien for  $P_{\text{tot}}$ . Dette skyldes, at der i ca. 20-30 % af prøverne er et højt indhold af  $P_{\text{tot}}$  typisk over 0,1 mg/l, hvilket kalder på en nærmere analyse af stoftransporten for fosfor gennem de øvre jordlag, idet hovedparten af stoftransporten ser ud til at ske i omkring 10-20 % af vandet. (Thorling m.fl. 2010)

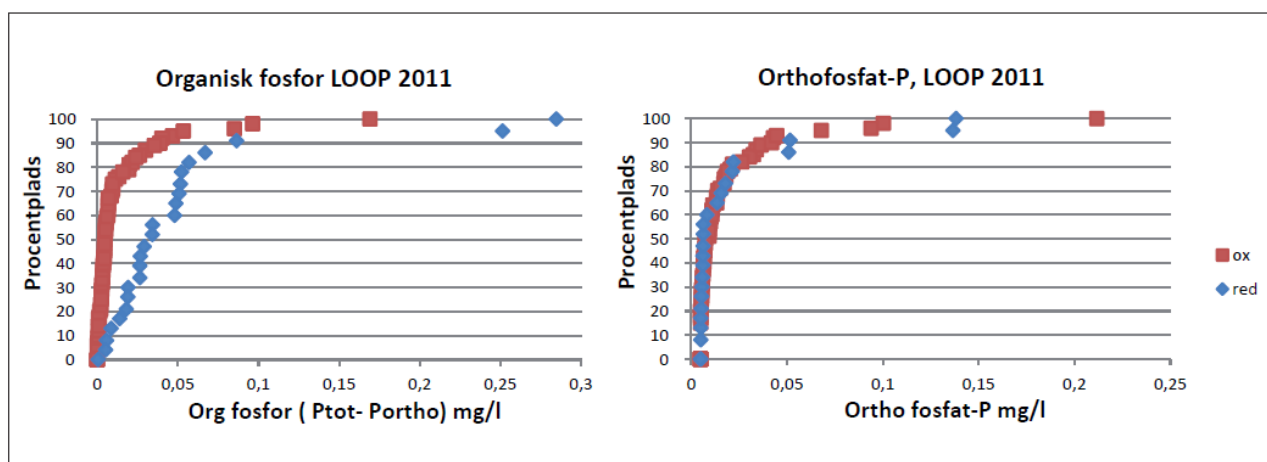
Der er en markant forskel på andelen af det organiske fosfor i det øvre grundvand mellem de forskellige LOOP. I LOOP 3, et lerjordsområde i Østjylland, er andelen af  $P_{\text{org}}$  ift.  $P_{\text{tot}}$  i såvel 2011 som i hele overvågningsperioden blot omkring 20 %, mens det i lerjordsoplandene LOOP 1 (Lolland) og 4 (Fyn) gennem hele perioden har været mere end halvdelen af fosforindholdet, der ikke består af orthofosfat, og derfor må tilskrives bidrag fra organisk bundet fosfor, se figur 24.



Figur 24. Indholdet af fosfor i det øvre grundvand opdelt på  $P_{\text{ortho}}$  og  $P_{\text{org}}$  for de enkelte LOOP-områder i 2011.

## Redox og fosfor i LOOP

Som i GRUMO er analyserne fra 2011 opdelt efter om der er nitrat til stede eller nitrat ikke er tilstede. Dette gøres for gennemsnitsværdierne for hvert enkelt indtag i 2011, således at indtag med gennemsnitligt mere end 1 mg/l nitrat kaldes oxiderede, mens indtag med  $\leq 1$  mg/l nitrat kaldes reducerede. Fordelingen af  $P_{ortho}$  og  $P_{org}$  i LOOP for oxiderede og reducerede indtag er vist på figur 25. Det fremgår at indholdet af  $P_{ortho}$  ikke afhænger af redoxtilstanden, mens der er større indhold af  $P_{org}$  i reducerede indtag, hvor 30 % indeholder mere end 0,05 mg/l  $P_{org}$  mod 5 % i oxiderede indtag. Dette er i fuld overensstemmelse med, hvad der blev fundet i GRUMO se figur 21.



Figur 25. Fordelingen af organisk fosfor og orthofosfat-P i LOOP i 2011, opdelt efter redoxstatus i de enkelte indtag. Oxideret grundvand, ox, hvor  $NO_3 > 1$  mg/l, samt reduceret grundvand, red, hvor  $NO_3 \leq 1$  mg/l. Der er anvendt gennemsnitskoncentrationer på indtagsniveau.

## Sammenfattende om fosfor

Der er i 2011 for første gang i grundvandsovervågningsprogrammets historie blevet analyseret systematisk for orthofosfat-P samtidig med den traditionelle total fosfor analyse. Resultaterne viser overraskende, at orthofosfatindholdet i grundvandet tilsyneladende er uafhængigt af såvel dybde som redox. Resten af totalfosfor (formentlig organisk bundet fosfor) kan forklare de mønstre, som man kender for fosfors udbredelse i grundvandet, idet der er et langt højere indhold af organisk fosfor i reduceret grundvand end i oxideret grundvand. Der er ikke nogen markant geografisk variation i, hvor der er særligt høje eller lave andele af orthofosfat-/totalfosfat, men dette kan til dels tilskrives den relativt lave datatæthed som GRUMO data har på landsplan. I modsætning til mange andre stoffer er der ikke data til rådighed fra vandværkerne til at give et landsdækkende geografisk repræsentativt billede. Der er fundet samme afhængighed for organisk fosfor i LOOP data, idet orthofosfat også her udgør en mindre andel af totalfosfor under reducerede forhold end under iltede forhold. Samtidig er koncentrationsfordelingen af orthofosfat den samme for oxiderede som reducerede grundvandsprøver.

Der er i forhold til grundvandets påvirkning af overfladevand, et stort behov for at undersøge hvilken kemisk sammensætning det såkaldte organiske fosfor bidrag, rent faktisk består af, så det er muligt at vurdere, hvorledes denne fraktion bidrager til stoftransport og eutrofieringen.

## Referencer, hovedbestanddele

### Lovgivning mv Danmark og EU:

Miljøministeriet, 2011: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1024 af 31. oktober 2011. (Drikkevandsbekendtgørelsen)

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

Miljøstyrelsen, 2000: Zoneringsvejledning nr. 3, 2000 (Zoneringsvejledningen)

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

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

NST hjemmeside om vandplaner, 2012c: [www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vandplaner/](http://www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vandplaner/)

### Andre referencer:

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

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

Hansen, B., Rasmussen, B.B., Sivertsen, J., Sørensen, E., Kristoffersen, V. & Christensen, K.S., 2010. Faglig vurdering af grundvandsboringer og pejleboringer i Landovervågningen (LOOP). Særudgivelse fra GEUS.

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

Hansen, B., Dalgaard, T., Thorling, L., Sørensen, B. & Erlandsen, M., 2012. Regional analysis of groundwater nitrate concentrations and trends in Denmark in regard to agricultural influence. Biogeosciences Vol 9, 5321-5346, 2012.

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

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

Thorling, L., 2012a: Pejling af grundvandsstanden i felten. Teknisk anvisning. GEUS, 2012. [http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989\\_2007.htm](http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2007.htm)

Thorling, L., 2012b: Prøvetagning af grundvand i felten. Teknisk anvisning. GEUS 2012. [http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/g02\\_provetagning.pdf](http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/g02_provetagning.pdf)

Thorling, L., Hansen, B. og Magid, J., 2010: Opløst organisk fosfor i grundvand? Vand og Jord pp. 20-23, vol. 17, feb. 2010.

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

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

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brüschen, W., Møller, R.R., Mielby, S. og Højberg, A.L., 2010b: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2009. Teknisk rapport, GEUS 2010. [http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989\\_2009.htm](http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2009.htm)

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brüschen, W., Møller, R.R., Mielby, S. og Højberg, A.L., 2011: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2010. Teknisk rapport, GEUS 2011. [http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989\\_2010.htm](http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2010.htm)

### Links:

NST hjemmeside om vandplaner, 2012c: [www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vandplaner/](http://www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vandplaner/)

## 5 Uorganiske sporstoffer

Uorganiske sporstoffer forekommer naturligt i relativt små mængder i grundvandet, typisk i størrelsesordenen mikrogram pr. liter. De uorganiske sporstoffer har meget forskellige kemiske egenskaber, anvendelser og geologisk forekomst. Deres toksiske og økotoksikologiske egenskaber er vidt forskellige, hvorfor de også har meget forskellige vandkvalitetskrav.

### Datagrundlag

Data fra grundvandsovervågningen og vandværkernes vandforsyningsboringer indgår i denne rapport. Overvågningsprogrammet for grundvand (GRUMO) omfatter for programperioden 2011 – 2015 stofferne aluminium, arsen, barium, beryllium, bly, bor, bromid, cadmium, iod, kobber, kviksølv, nikkel og zink. I vandværkernes obligatoriske boringskontrol indgår aktuelt aluminium, arsen, barium, bor, kobolt, nikkel og strontium (MiM 2011).

### Målsætning

Kvalitetskravene for drikkevand er med baggrund i risikoen for afsmitning af metaller fra installationer og rør opdelt i én kravværdi ved indgang til ejendom og en anden (højere) værdi ved forbrugers taphane (MiM, 2011).

En række sporstoffer, herunder arsen og nikkel kan fjernes delvist ved vandbehandlingen, under forudsætning af at vandværkets råvand indeholder de fornødne mængder af jern og mangan, som fjernes fra råvandet ved iltning og udfældning på vandværket (MST 1999). Koncentrationer over grænseværdierne i det drikkevand, der leveres til forbrugerne, må derfor antages at have en mindre hyppighed end i råvandet i indvidningsboringerne. Dette gælder dog ikke nødvendigvis de forbrugere, der forsynes med vand fra egen brønd eller boring.

For grundvand skal der i henhold til Grundvandsdirektivet (EU, 2006) opstilles tærskelværdier for forurenende stoffer (dvs. stoffer, hvis tilstedeværelse direkte eller indirekte skyldes samfundsbetinget aktivitet), hvor disse udgør en risiko for, at en grundvandsforekomst ikke opfylder vandrammedirektivets målsætninger (EU, 2000). For grundvand må en tærskelværdi ikke overskride EU-fastsatte miljøkvalitetsstandarder, herunder drikkevandskvalitetskrav, eller have en værdi så de vilkår, som er fastsat i Vandrammedirektivet vedrørende retablering og opretholdelse af god tilstand i overfladevand og berørte terrestriske økosystemer ikke kan imødekommes. Hvis den upåvirkede, naturlige baggrundsværdi for et givet stof overskrider en kvalitetsstandard, kan tærskelværdien sættes lig med den upåvirkede, naturlige baggrundsværdi (Müller mfl., 2006). Tærskelværdier for danske hovedvandoplande fremgår af vandplanerne (NST 2011, Vandplanernes hjemmeside).

Af hensyn til retablering og opretholdelse af god tilstand i vandløb, søer, vådområder, terrestriske økosystemer og marine områder skal grundvandets påvirkning af disse vurderes. Det er derfor relevant at kunne sammenligne grundvandets indhold af uorganiske sporstoffer med kvalitetskravene for overfladevand som i tabel 4. Terrænnært strømmende grundvand kan være præget af uorganiske sporstoffer, som stammer fra den lokale arealanvendelse, mens dybere strømmende grundvand hovedsageligt er præget af sporstofindholdet i de geologiske aflejringer, som vandet passerer. Generelt er indholdet af sporstoffer i grundvandet afhængig af den lokale geologi og geokemi, både hvad angår mulighederne for tilbageholdelse af tilførte forurenende stoffer og evt. antropogent accelereret frigivelse fra naturligt forekommende mineraler fx gennem forsuring eller ændring af redoxforholdene.

Uorganiske sporstoffer	Grundvands kvalitets-kriterier (MST 2010)	Drikkevands-kvalitetskrav <sup>a</sup> (MiM 2011)	Kvalitetskrav for overfladevand (MiM 2010 og <u>MiM 2012</u> )			
			µg/l	µg/l	Fersk	Fersk/ kort tid
Aluminium	-	100	2,02	8,42	-	-
Antimon	-	2	113	177	11,3	177
Arsen	8	5	4,3	43	0,11 <sup>e</sup>	1,1 <sup>e</sup>
Barium	-	700	9,3 <sup>e</sup>	145 <sup>e</sup>	5,8 <sup>e</sup>	145
Beryllium	-	10	-	-	-	-
Bly	1	5	0,34 <sup>e</sup>	2,8 <sup>e</sup>	0,34 <sup>e</sup>	2,8 <sup>e</sup>
Bor	300	1.000 / 300 <sup>c</sup>	94 <sup>e</sup>	2080 <sup>e</sup>	94 <sup>e</sup>	2080 <sup>e</sup>
Cadmium (for blødt vand <sup>f</sup> )	0,5	2	0,08	0,45	0,2 <sup>e</sup>	0,45
Cadmium (for hårdt vand <sup>f</sup> )	0,5	2	0,25	1,5	0,2 <sup>e</sup>	1,5
Kobolt	-	5	0,28 <sup>e</sup>	18	0,28 <sup>e</sup>	34
Jod	-	-	10 <sup>e</sup>	10 <sup>e</sup>	10 <sup>e</sup>	10 <sup>e</sup>
Krom, total	25	20	-	-	-	-
Krom, VI	1	-	3,4	17	3,4	17
Krom III	-	-	4,9	124	3,4	124
Cyanid, total	50	50	5	-	5	-
Cyanid, syreopl.	-	20 <sup>d</sup>	-	-	-	-
Kobber	100	100	1 <sup>e</sup> dog max 12	2,0 <sup>e</sup>	1 <sup>e</sup> dog max 2,9	2,0 <sup>e</sup>
Kviksølv	0,1	1 / 0,1 <sup>c</sup>	0,05 <sup>e</sup>	0,07 <sup>e</sup>	0,05 <sup>e</sup>	0,07 <sup>e</sup>
Litium	-	1000				
Molybdæn	20	20	67	587	6,7 <sup>e</sup>	587
Nikkel	10	20	2,3 <sup>e</sup> dog max 3	6,8	0,23 <sup>e</sup> dog max 3	6,8
Selen	-	10	0,1 <sup>e</sup>	-	0,08 <sup>e</sup>	-
Strontium	-	10.000	210 <sup>e</sup>	553 <sup>e</sup>	210 <sup>e</sup>	553 <sup>e</sup>
Sølv	-	10	0,017 <sup>e</sup>	0,36 <sup>e</sup>	0,2 <sup>e</sup>	1,2 <sup>e</sup>
Tallium	-	1	0,48 <sup>e</sup>	1,2 <sup>e</sup>	0,048 <sup>e</sup>	1,2 <sup>e</sup>
Tin	-	10	2,0	20	0,2	20
Vanadium	-	-	4,1 <sup>e</sup>	57,8	4,1 <sup>e</sup>	57,8
Zink	100	100	7,8 <sup>e</sup> / 3,1 <sup>g</sup>	8,4 <sup>e</sup>	7,8 <sup>e</sup>	8,4 <sup>e</sup>
Zink Blødt vand <sup>g</sup>	100	100	3,1 <sup>g</sup>	-	-	-

a) Ved indgang til ejendom c) Krav / Anbefaling d) Miljøstyrelsen, 1995  
e) Den resulterende koncentration i et vandområde skal være lavere end den naturlige baggrundskoncentration i det pågældende vandområde plus den anførte værdi for at miljøkvalitetskravet er opfyldt f) Cadmium: Blødt vand: (< 40 mg CaCO<sub>3</sub>/l, Hårdt vand: > 200 mg CaCO<sub>3</sub>/l)  
g) Zink: Blødt vand: < 24 mg CaCO<sub>3</sub>/l

Tabel 4. Kvalitetskriterier for uorganiske sporstoffer.

Eksempelvis anføres høje koncentrationer af opløst aluminium i sure nåleskovsvandløb, henholdsvis Rye Nørskov og Silkeborg Vesterskov, som medvirkende årsag til forarmede smådyrssamfund (DMU, 1998). Miljøkvalitetskrav for overfladevand er fastsat i Bekendtgørelse om miljøkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer og havet, (MiM, 2010). Drikkevandskvalitetskravene er helt generelt meget forskellige fra de fastsatte miljøkvalitetskrav for overfladevand, se tabel 4.

Endelig er der i forbindelse med oprydning af forurenede lokaliteter fastsat grundvandskvalitetskriterier for en række uorganiske sporstoffer (MST, 1998, 2010). Kvalitetskriterierne er fastsat således, at kvalitetskravene for drikkevand kan forventes at være opfyldt, efter en simpel vandbehandling i form af beluftning og filtrering gennem sandfilter.

### Relevans

Stofgruppen uorganiske sporstoffer omfatter grundstoffer af vidt forskellig karakter, bl.a. tungmetaller, men også letmetaller som aluminium og ikke-metaller som fx arsen og bor. Også den simple kemiske forbindelse cyanid (CN), som blandt andet kendes fra gamle gasværksgrunde indgår i gruppen af uorganiske sporstoffer. Cyanider er generelt giftige. For en lang række sporstoffer må det anses for sandsynligt, at de målte indhold ud over den naturligt forekommende baggrundsværdi også rummer bidrag fra samfundsmæssig aktivitet. Udbygningen af matematiske strømningsmodeller er dog ikke så vidt fremskreden endnu, at de to forskellige bidrag lader sig kvantificere.

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

- 1) de toksiske, der har sundheds- og miljømæssigt skadelige effekter (humantoksiske og økotoksiske) selv ved små koncentrationer
- 2) de essentielle, der omfatter stoffer, som er nødvendige for den menneskelige organisme i små mængder, men som er sundhedsskadelige og økotoksiske i større koncentrationer
- 3) de stoffer, som normalt ikke optræder i helbredspåvirkende koncentrationer, men hvor stoffet kan have relevans, fordi det stedvis kan optræde i så høje niveauer, at det kan være enten sundhedsskadeligt eller have økotoksikologiske effekter fx aluminium og sølv, hvor de frie ioner er giftige.

Til de toksiske stoffer hører bl.a. antimon, arsen, bly, cadmium, kviksølv samt cyanid. Arsen er yderst giftigt for mennesker, og visse uorganiske arsenforbindelser kan forårsage kræft hos mennesker (Miljøstyrelsen 1995).

Til de essentielle hører bl.a. krom, kobber, zink og selen. For selen er forskellen mellem nødvendig indtagelse og giftvirkning relativt lille.

Til restgruppen hører blandt andet aluminium, barium, beryllium, bromid, bor, jod, litium, molybdæn, strontium og sølv.

Et stof som bor er normalt ikke tilstede i problematiske koncentrationer i almindeligt fersk grundvand og betragtes heller ikke som essentielt (Adriano, 2001). Bor anvendes bl.a. til trykimpregnering af træ og i visse insekticider. Derudover er bor en indikator for saltvandsindtrængning. Grundvandsforekomster, som er påvirket af indtrængende saltvand kan ikke klassificeres som havende god tilstand (EU, 2000).



I august 2008 fare-klassificerede EU Kommissionen bor under Biocid Direktivet (som er under revision) i farekategorien "Reproduktive". Category 2 - R60 (May impair fertility) og R61 (May cause harm to the unborn child)" (EU, 2009). Dette betyder, at der er risiko for nedsat forplantningsevne for mænd og for fosterskader hos gravide kvinder, forudsat at bor indtages i større mængder over en længere periode. (Arbejdstilsynet, 2000).

Hvorvidt nikkel stadig bør regnes med til de essentielle sporstoffer for mennesker hersker der usikkerhed om. I dyreforsøg bl.a. med rotter er der fundet effekter som hæmmet vækst, forringet reproduktion og nedsat dannelse af blodceller, specielt i knoglemarven (Committee on Toxicity, 2003) ved lavt nikkelindtag. Nikkel antages at kunne påvirke følsomheden over for smitte (Hyung-Sik et al 2004).

### **Grundvandsovervågning**

I perioden 1993 – 2011 har der - i kortere eller længere tid - været overvåget i alt 25 uorganiske sporstoffer. Der er fastsat drikkevandskvalitetskrav for 22 af disse, og der er i 2011 konstateret overskridelse af det fastsatte drikkevandskvalitetskrav ved indgangen til forbrugers ejendom for 9 af de målte stoffer, nemlig aluminium, arsen, beryllium, bly, bor, cadmium, kobber, nikkel, og zink. Omfanget af overskridelser for de vigtigste stoffer samt den tidlige udvikling fremgår af (Thorling m.fl., 2010, bilag 1).

I 2011 er knapt 600 GRUMOindtag analyseret for stofferne aluminium, arsen, bly, beryllium, bor, cadmium, jod, kobber, nikkel og zink. Der er fundet overskridelser af drikkevandskvalitetskravet for:

- aluminium i 66 indtag,
- arsen i 38 indtag,
- beryllium i 1 indtag
- bly i 10 indtag
- bor i 5 indtag
- cadmium i 2 indtag,
- kobber i 4 indtag,
- nikkel i 33 indtag
- zink i 22 indtag.

Overskridelserne er fordelt på 120 indtag, svarende til ca. 21 % af de undersøgte indtag. I 32 indtag overskrides drikkevandskvalitetskravet for mere end ét stof. Der er ikke fastsat drikkevandskvalitetskriterier for jod, vanadium og krom (VI).

Høje arsenindhold i grundvand stammer som udgangspunkt fra naturlige processer, (Larsen og Larsen, 2003) men indholdet kan påvirkes af oppumpning af grundvand (Larsen et al., 2009). Dermed bliver arsen et eksempel på et kemisk stof, som har indflydelse på fastsættelsen af størrelsen af den bæredygtige indvinding til drikkevand.

### **Vandværkernes egenkontrol**

For 2011 er der indberettet i alt 1758 analyser af uorganiske sporstoffer. Disse er fordelt på 1686 boringer med i alt 1694 indtag. Hovedparten af indtagene er analyseret for arsen, bari-um, bor og nikkel. Ud af de 1694 indtag er der fundet overskridelse af drikkevandskvalitetskravet for et eller flere stoffer i 275 indtag, svarende til 16 %.

I 2011 er drikkevandskvalitetskravet for aluminium (100 µg/l) overskredet i to borer i Vestjylland med lav pH (henholdsvis 5,4 og 6,1). Boringerne har også tidligere haft højt indhold af aluminium.

I 2011 er drikkevandskvalitetskravet for barium (700 µg/l) overskredet i én boring ved Vordingborg. Boringen har også tidligere haft højt indhold af barium. Boringen er forholdsvis dyb og indvinder vand fra dybtliggende kalksten.

I 2011 er drikkevandskvalitetskravet for bor (1000 µg/l) overskredet i 7 borer, henholdsvis på Sjællands Odde, i det østlige Sjælland (Glostrup) samt ved Viby Sjælland. Det antages at årsagen til de forhøjede borindhold er saltvandsindtrængning som følge af ikke-bæredygtig oppumpning. Det vejledende drikkevandskvalitetskrav for bor på 300 µg/l er i 2011 overskredet i 119 borer fordelt over hele landet.

I 2011 er drikkevandskvalitetskravet for nikkel (20 µg/l) overskredet i 38 borer. 27 af disse ligger i kommuner på Sjælland, som anført nedenstående, hvor gennemsnit af analyseresultater er angivet i parentes: Albertslund (26 µg/l), Ballerup (25 µg/l), Brøndby (39 µg/l), Frederiksberg (31 µg/l), Glostrup (42 µg/l), Greve (32 µg/l), Hvidovre (24 µg/l), Høje Tåstrup (29 µg/l), Rødovre (31 µg/l), Roskilde (31 µg/l) og Solrød (30 µg/l). Derudover er drikkevandskvalitetskravet overskredet i en eller flere borer i kommunerne Faxe (25 µg/l), Stevns (22 µg/l), Næstved (24 µg/l), Slagelse (221 µg/l – resultatet virker usandsynligt) samt Haderslev (54 µg/l), Esbjerg (21 µg/l), Varde (32 µg/l), Ikast-Brande (25 µg/l), og Hjørring (23 µg/l).

I 2011 er drikkevandskvalitetskravet for arsen (5 µg/l) overskredet i 205 borer i følgende kommuner (gennemsnit af analyseresultater er angivet i parentes):

#### **Sjælland**

- Albertslund (9,2 µg/l), Frederikssund (8,7 µg/l), Køge (13,5 µg/l), Faxe (20 µg/l), Stevns (7,5 µg/l), Vordingborg (7,9 µg/l), Næstved (12 µg/l), Ringsted (7,9 µg/l), Sorø (6,1 µg/l), Slagelse (12,7 µg/l), Kalundborg (7,5 µg/l), Odsherred (9,2 µg/l),

#### **Lolland-Falster**

- Guldborgsund (9,7 µg/l), Lolland (13,3 µg/l)

#### **Fyn**

- Bogense (12,8 µg/l), Odense (9,0 µg/l), Fåborg-Midtfyn (7,2 µg/l), Assens (14,2 µg/l), Middelfart (17,6 µg/l), Langeland (8,1 µg/l).

#### **Sønderjylland**

- Haderslev (7,6 µg/l), Sønderborg (13,2 µg/l), Varde (18 µg/l), Kolding (7,5 µg/l), Fredericia (7,6 µg/l), Vejle (12 µg/l).

#### **Midtjylland**

- Horsens (12,2 µg/l), Hedensted (13,3 µg/l), Odder (13 µg/l), Skanderborg (12,1 µg/l), Silkeborg (5,3 µg/l), Århus (12,2 µg/l), Syddjurs (7,1 µg/l), Randers (6,4 µg/l), Skive (8,7 µg/l), Viborg (19,3 µg/l), Lemvig (6,5 µg/l).

#### **Nordjylland**

- Rebild (9,9 µg/l), Vesthimmerland (11,4 µg/l), Jammerbugt (7,4 µg/l), Ålborg (14 µg/l), Hjørring (11,5 µg/l).

## Sammenfatning uorganiske sporstoffer

Analyseresultaterne fra 2011 af indholdet af uorganiske sporstoffer i dansk grundvand viser i overensstemmelse med tidligere års overvågning, at der er mange boringer, hvor grundvandskvaliteten ikke kan overholde drikkevandskvalitetskravene for især arsen og nikkel, men også for aluminium og bor. Dette stiller ekstra krav til vandværkernes pumpestrategi og vandbehandling, idet alm. vandbehandling med iltning, eller neutralisering af surt vand, kan fjerne en del af disse stoffer.

Der er fundet overskridelse af drikkevandskvalitetskravet for et eller flere stoffer i 21 % af indtagene i GRUMO og i 16 % i boringskontrollen.

## Referencer, Sporstoffer

### Dansk lovgivning, vejledninger mv.

Arbejdstilsynet, 2000: AT-vejledning C1.1 juli 2000. Vejledning om stoffer og materialer, Kemiske agenser.

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

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

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

Miljøstyrelsen, 2003: Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, 40/2003. Bilagsrapport til "Tungmetaller i affald" - guide og idékatalog til sortering af tungmetallost affald.

Miljøstyrelsen, 2006: Bilag til Rapport fra arbejdsgruppen om generel afbrænding af husdyrgødning til energiformål

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

Miljøstyrelsen, 2009: Miljøstyrelsens BAT-blade: Svovlsyrebehandling af kvæggylle.

Miljøstyrelsen, 2010: "Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord og kvalitetskriterier for drikkevand". Opdateret juni og juli 2010.

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

Miljøministeriet, 2011: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1024 31. oktober 2011 (Drikkevandsbekendtgørelsen)

### EU- direktiver mv.

EU, 2000: Vandrammedirektivet. Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastsættelse af en ramme for fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger.

EU, 2006: Grundvandsdirektivet. Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelser..

EU, 2009: Scientific Committee on Consumers Safety. Updated revised request for a scientific opinion following the new classification of some boron compounds as mutagenic and/or toxic to reproduction according to the Commission Regulation 790/2009

### Andre referencer og litteratur i øvrigt

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

Committee on Toxicity, 2003: [www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/evm\\_nickel.pdf](http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/evm_nickel.pdf)

Friberg, N, 1998: Skov og skovvandløb. Tema rapport nr. 21 fra DMU. 1998.

Fyns Amt, 2002: Miljøfremmede stoffer I flydende husdyrgødning.

Hinsby, K. & Melo, T. 2006: Application and evaluation of a proposed methodology for derivation of groundwater threshold values - a case study summary report. EU research report, BRIDGE project, deliverable D22, 116 pp.

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

Hyung-Sik et al 2004: [www.snupharm.ac.kr/lbj/erp/erpmenus/professor\\_thesis/upLoadFiles/29.pdf](http://www.snupharm.ac.kr/lbj/erp/erpmenus/professor_thesis/upLoadFiles/29.pdf)

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

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

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

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

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

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

Müller, D., Blum, A., Hart, A., Hookey, J. Kunkel, R., Scheidleder, A., Tomlin, C., Wendland, F.: 2006: "D18: Final proposal for a methodology to set up Groundwater threshold values in Europe", dec. 2006 (<http://nfp-at.eionet.europa.eu/irc/eionet-circle/bridge/info/data/en/index.htm>) BRIDGE-Background Criteria for the Identification of Groundwater Thresholds

Skov- og Naturstyrelsen, 1998: Kilder til tungmetaller og miljøfremmede stoffer i landbrugsjord.

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

#### **Links:**

Vandplanernes hjemmeside: Naturstyrelsen 2012: [www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vandplaner/Se\\_vandplanerne/](http://www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vandplaner/Se_vandplanerne/)  
Miljøministeriet, 2012: [www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Havet/Havmiljoet/Kvalitetskrav+for+overfladevand/Database/](http://www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Havet/Havmiljoet/Kvalitetskrav+for+overfladevand/Database/)

## 6 Organiske mikroforureninger

Overvågningen af organiske mikroforureninger i grundvandet omfatter et stort antal miljøfremmede stoffer, der anvendes bredt i det moderne samfund. Overvågningsprogrammet for grundvand (GRUMO) omfatter for hver programperiode et antal udvalgte stoffer. For perioden 2011 – 2015 omfatter programmet 19 stoffer. Derudover sker der gennem vandværkernes boringskontrol, en overvågning af organiske mikroforureninger inden for vandværkernes indvindingsoplande, dels i henhold til bekendtgørelsen herom (MiM 2011) samt, i et vist omfang, et udvidet stofvalg baseret på formodede eller kendte risici for forurening af grundvandet gennem anvendelse af givne stoffer inden for det enkelte vandværks indvindingsopland. I 2011 er 212 forskellige stoffer inddraget i boringskontrollen.

Nogle klorerede eller bromerede forbindelser kan dannes i naturen i lave koncentrationer (Albers, 2010).

Den meget brede anvendelse af stofferne i de forskellige grupper af organiske mikroforureninger betyder at såvel boringsudførelse og –udbygning som prøvetagning, prøveopbevaring og laboratoriehåndtering af vandprøverne skal omfattes af grundig omtanke og yderste forsigtighed, da der er mange muligheder for at prøverne kontamineres. Der er således grund til at være ekstra opmærksom på om de fundne indhold, især ved lave koncentrationer, er retvisende i forhold til den faktiske kvalitet af det grundvand, der er taget prøver af. (Thorling, 2012b)

Det ligger ikke inden for rammerne af nærværende rapportering at udrede, hvorvidt den andel af grundvandsressourcen, som er påvirket af organiske mikroforureninger er stigende eller fallende. Dette kræver anvendelse af matematiske strømningsmodeller som ikke for nærværende er tilstrækkeligt udbyggede.

### Målsætning

Der er fastsat sundhedsmæssigt baserede drikkevandskvalitetskriterier for kroniske effekter (MIM, 2011) for en række udvalgte stoffer. I henhold til EU's Vandrammedirektiv (MiM, 2001) må grundvandet indhold af forurenende stoffer ikke øges, og de udpegede grundvandsforekomster skal beskyttes med henblik på at reducere omfanget af den rensning, der kræves til fremstilling af drikkevand.

Grundvandet må heller ikke påvirke overfladevand og terrestriske økosystemer med miljøfremmede organiske stoffer i en sådan grad, at målsætningerne for disse ikke kan opfyldes. Derfor skal der i henhold til Grundvandsdirektivet (EU, 2006) fastsættes en (eller flere) tærskelværdier, som sikrer at der ikke sker skade på menneskers sundhed eller på kvaliteten af de økosystemer, som påvirkes af grundvand. Ej heller må kvaliteten af naturfaciliteter og anden legitim anvendelse af miljøet (fx badning) forringes eller forstyrres. Tærskelværdier er anført i de 23 vandplaner (Naturstyrelsen, Vandplanernes hjemmeside).

### Relevans

Organiske mikroforureninger er med ganske få undtagelser miljøfremmede stoffer med skadelige effekter for mennesker og økosystemer. Da følsomheden over for disse stoffer kan variere overordentligt meget mellem fx planter, insekter, fisk og mennesker, vil der optræde kvalitetskrav og tålegrænser på meget forskellige koncentrationsniveauer fra stof til stof og fra problemstilling til problemstilling. Der kan derfor være forskel på kvalitetskravene for grundvand, drikkevand og overfladevand. I forbindelse med vandplaner og anden miljøforvaltning er der et meget stort udækket vidensbehov på dette område. Forurening af grundvandet med miljø-

fremmede stoffer fra punktkilder og forurenede grunde administreres via Jordforureningsloven og afrapporteres af Miljøstyrelsen (MST, 2010).

### **Mulige kilder til de organiske mikroforureninger**

I det følgende gennemgås nogle af de mulige kilder til grundvandsforurening med forskellige grupper af stoffer, som blandt andet indgår i NOVANA-programmet (se også Brüsich og Villholt 2011).

#### **Aromatiske kulbrinter**

Aromatiske kulbrinter er en gruppe organiske opløsningsmidler, hvortil blandt andet hører:

- toluen - også kaldet toluol eller methylbenzen
- xylene - også kaldet xylol eller dimethylbenzen
- benzen - også kaldet benzol, stenkulstnafta eller cyklohexatrien
- styren - også kaldet styrol, fenylethylen, vinylbenzen eller monostyren

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

#### **Halogenerede alifatiske kulbrinter**

Klorerede (eller bromerede) alifatiske kulbrinter (fx trikloretylen, tetrakloretylen og tetra- eller di-klorometan) er forbindelser, der almindeligvis anvendes til kemisk tøjrensning, som affedtningssmidler i metal- og elektronikindustrien og som opløsningsmidler i maling og lakker. Kilderne til de halogenerede alifatiske kulbrinter kan fx være fyld- og lossepladser og forurenede grunde i tilknytning til farve- og lakindustri, galvanisering, benzinanlæg og kemisk tøjrensning.

Stoffet vinylklorid er et nedbrydningsprodukt fra de klorerede kulbrinter. Vinylklorid kan mineraliseres direkte eller nedbrydes til ethan via ethen (Albrechtsen og Bjerg, 2000). Da omsætningshastigheden af vinylklorid i grundvandsmagasinerne formodentligt er mindre end for de øvrige klorerede kulbrinter, må det antages, at der på længere sigt kan ske en opkoncentrering af vinylklorid i de grundvandsmagasiner, der i dag er forurenede med klorerede kulbrinter. Vinylklorid er kendt for at være et kræftfremkaldende stof. Visse af de enkleste halogenerede kulbrinter, f. eks. triklorometan (kloroform) kan optræde naturligt i grundvand i lave koncentrationer. (Jacobsen O.S. et al, 2007)

#### **Fenolforbindelser**

Tjære kan have forskellige sammensætninger (brunkulstjære, stenkulstjære og nåletræstjære), og generelt er der et betydeligt indhold af stoffer fra gruppen fenoler i tjære. Eksempler på fenolforbindelser, som kan relateres til tjære, er selve stoffet fenol og relaterede kemiske forbindelser som cresoler, xylenoler, cathecol og resorcinol. Tjæreforureninger stammer blandt andet fra gasværker og steder, hvor tjære er blevet anvendt i produktionen (asfalt), eller hvor tjæreaffald er blevet deponeret (lossepladser), og pladser som har været anvendt til tjæring af fiskenet. Lokalt, hvor der er eller har været denne type aktiviteter, er der hermed en potentiel kilde til forurening med forbindelser i denne stofgruppe. Derudover kan eksempelvis fenol og methylfenoler også dannes ved nedbrydning af naturligt organisk stof. Flydende husdyrgødning kan indeholde op til 2400 mg fenol pr. kilo tørstof (Fyns Amt 2002). Simple alkylfenoler kan også fremkomme under nedbrydning af nonylfenoler.

## **Klorfenoler**

Klorfenoler anvendes som udgangsstoffer ved syntese af bekæmpelsesmidler, farvestoffer, desinfektionsmidler og konserveringsmidler. Kilderne til klorfenoler er primært produktion af pesticider og uhensigtsmæssig deponering af affald fra produktionen (Miljøstyrelsen 1985). Klorfenoler optræder blandt andet som tekniske urenheder i forbindelse med fremstilling af klorfenoxy-syrer (fx Dichlorprop, Mechlorprop, MCPA og Bifenox). Disse pesticider har gennem mange år været anvendt i store mængder som ukrudtsmidler.

Ved nedbrydning af klorfenoxy-syrer kan der blandt andet dannes klorfenoler. Fremstilling og anvendelse af træimprægneringsmidler (pesticider rettet mod skimmel og svamp) kan også være en kilde til forurening med klorerede fenoler. Eksempelvis har pentaklorfenol i perioden 1956 til 1979 været anvendt til træimprægnering i mængder på op til 4.300 kg/år. Klorerede fenoler kan være ledsaget af yderst giftige dioxiner og dibenzofuraner. Pentaklorfenol er meget giftig, lokalirriterende, miljøfarlig og mistænkt for at være kræftfremkaldende (MST, 2012).

## **Nonylphenoler**

I de seneste år har der været stor fokus på hormonlignende stoffers forekomst i miljøet, herunder stofgruppen nonylphenoler. Nonylphenoler i miljøet stammer primært fra nedbrydning af nonylphenolethoxylater, som blandt andet findes i vaskemidler og rengøringsmidler. Brugen af nonylphenolethoxylater ophørte dog i 1989 (MST, 1991). Flydende husdyrgødning kan indeholde op til 8,9 mg nonylphenol pr. kilo tørstof (Fyns Amt 2002).

## **Phthalater (blødgørere)**

Lige siden udviklingen af PVC (polyvinylklorid), som er en hård plast, har man haft brug for stoffer, der kunne gøre plasten blød og bøjelig. Til dette formål har man udviklet en stor mængde kemisk forskellige blødgørere. De mest anvendte blødgørere indgår i den stofgruppe, der i daglig tale kaldes Phthalater.

Forekomsten af Phthalaterne Di-iso-nonylphthalat (DNP), Dibutylphthalat (DBP) og Di(2-ethylhexyl)-phthalat (DEHP) i grundvandet overvåges i grundvandsovervågningen. DEHP har været anvendt som blødgører i PVC-plast i over 50 år. Forsøg med mus og rotter har vist, at der er en sammenhæng mellem mængden af DEHP og udviklingen af leverkræft - om det også gælder for mennesker er endnu uvist. DEHP har derudover en hormonlignende effekt. Hos rotter kan DEHP give forandringer i sædleder og i testikler, nedsætte antallet af fostre og øge risikoen for abort. Disse forsøg har medført at DEHP er kommet på EU's liste over farlige stoffer (Reproduktionstoksisk stof) og i indeværende år har EU Kommissionen foreslået at DEHP fremover skal klassificeres som et "prioriteret farligt stof" (Europaudvalget, 2012). Miljøstyrelsen har forbudt DEHP i legetøj til børn under 3 år. I 1994 var produktion i EU på 675.000 tons DEHP med en beregnet frigivelse af DEHP til miljøet på ca. 30.000 tons pr. år. Flydende husdyrgødning kan indeholde op til 4,7 mg DEHP pr. kilo tørstof (Fyns Amt 2002)

Dibutylphthalat (DBP) forekommer blandt andet i trykfarver, maling, udfyldningsmidler, opløsningsmidler, hærdere, metaloverfladebehandlingsmidler, bindemidler, gulvbelægningsmaterialer og isoleringsmaterialer. DBP er altså et stof, som forekommer i mange forbindelser, og dets fysiske/kemiske egenskaber medfører, at de er hyppigt forekommende i miljøet, i laboratorieudstyr o.l. Det er derfor meget svært at undgå et vist baggrundsniveau i forbindelse med analyser af DBP. DBP er som DEHP klassificeret som kategori 2 reproduktivt giftstof af EU.

## Detergenter

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

## MTBE

MTBE er et hjælpestof, som kan tilsættes benzin for at øge oktantal og fremme forbrændingen i motoren. Siden 2000 har det ikke været anvendt i Danmark i oktane 92 og 95 benzin. MTBE er letopløseligt i vand og vil ofte være den første indikation på, at en forurening med benzin er ved at brede sig til grundvandet. Siden 2000 er der gennemført en omfattende oprydning af benzinforurenede grunde (Energi og olieforum).

## Grundvandsovervågning

### Datagrundlag

I perioden 2011 - 2015 gennemføres der i grundvandsovervågningen (GRUMO) analyse for organiske mikroforureninger i gennemsnitligt 500 indtag pr. år. Det enkelte indtag prøvetages ikke hvert år, og antallet af analyserede indtag varierer fra 25 til 810 mellem de enkelte år. Stofferne fastholdes i overvågningsprogrammet så længe der stadig gøres fund. I 2011 er der taget prøver i knapt 600 indtag. Stoffer, analysefrekvenser og detektionsgrænser fremgår af programbeskrivelsen (NOVANA hjemmesiden).

Det er karakteristisk for en væsentlig del af fundene af organiske mikroforureninger i GRUMO, at koncentrationen er lav, tæt på den krævede detektionsgrænse, og at antallet af genfund i det enkelte indtag er forholdsvis beskedent. Sandsynligheden for forekomst af falske positive er forøget, når der måles koncentrationer tæt på detektionsgrænsen sammenlignet med målinger af højere koncentrationer. For at holde omfanget af rapportering på et overskueligt niveau og fokusere opmærksomheden på de væsentligste fund/forureninger i GRUMO er nærværende rapportering begrænset til analyser, hvor analyseresultatet har en værdi på mindst 3 gange detektionsgrænsen.

Det er påvist, at kloroform kan dannes naturligt. Sigtet med nærværende rapportering har først og fremmest været at belyse den samfundsbedingede påvirkning af grundvandet, hvorfor analyserne af kloroform (triklormetan) er ikke medtaget.

For henholdsvis nonylfenoler og toluen er der rejst tvivl om validiteten af en del af analyseresultaterne. Naturstyrelsen påpeger (Vestjylland Vand, 13-04-2012), at der i en periode i 2011 har kunnet konstateres en uforklarlig overhyppighed af fund af nonylfenoler og Miljøcenter Roskilde har bemærket en uforklarlig overhyppighed af fund af benzinrelaterede stoffer, især toluen og benzen. På grund af usikkerheden er antallet af fund af organiske mikroforureninger nedenstående opgjort henholdsvis uden og med de problematiske stoffer.

### Tilstand, udvikling og årsager

I 2011 er der i alt gjort fund (> 3 x detektionsgrænsen) af organiske mikroforureninger i 54 ud af 578 prøvetagne grundvandsovervågningsindtag svarende til 9,3 % af indtagene. Medregnes nonylfenoler øges antallet af indtag med fund over 3 x detektionsgrænsen til 61 indtag og medregnes yderligere toluen øges antallet til 80, svarende til 13,8 %.



Der er fundet overskridelser af drikkevandskvalitetskravene i 11 indtag, svarende til ca. 2 %. Disse er beskrevet i tabel 5.

Stof	Drikkevandskvalitetskrav $\mu\text{g/l}$	Antal indtag med overskridelse	Beskrivelse af fundsted for drikkevandskvalitetsoverskridelser
Vinylklorid	0,3	5	Et indtag i København, Gladsaxe, industri kvarter (DGUnr: 200.3438). Indhold 5,3 $\mu\text{g/l}$ . Fund i samme størrelse tilbage fra 2003. Fire indtag i på Lolland, Vesterborg, landbrugsarealer (DGUnr: 230.111., 230.112 (to indtag) og 230.130) i dybder fra 25 til 40 mu.t. Indhold fra 0,43 $\mu\text{g/l}$ til 5,5 $\mu\text{g/l}$ . Mange tidligere fund i samme størrelse tilbage fra 1999.
Fenol	0,5	2	Indtag i Sønderjylland, Bedsted, åben mark, DGUnr. 159.982. Indhold 3,1 $\mu\text{g/l}$ . Tidligere fund i 1995, 1996, 2003 og 2007. Indtag i Nordjylland, Tornby, blandet landbrug og plantage, DGUnr. 5.1616. Indhold 0,8 $\mu\text{g/l}$ . Ingen tidligere fund.
TCE Trikløretylen	1	1	Et indtag i København, NV, tidligere industri kvarter (DGUnr: 201.5935). Indtaget er analyseret første gang i 2006, hvor der blev konstateret et indhold på 14 $\mu\text{g/l}$ . I 2010 var indholdet på 7 $\mu\text{g/l}$ og i 2011 på 8,6 $\mu\text{g/l}$ . Forureningen truer det underliggende kalkmagasin.
DNP Di-iso-nonylphthalat	1	2	Et indtag i København, Grøndalsparken (DGUnr. 201.4795) med et indhold på 2,4 $\mu\text{g/l}$ . Fundet bekræfter fund i 2010 på 0,78 $\mu\text{g/l}$ . Forureningen truer det underliggende kalkmagasin. Et indtag i København, Ishøj, industri kvarter (DGUnr. 207.2819) med et indhold på 21 $\mu\text{g/l}$ . Fundet bekræfter fund i 2010 på 1,7 $\mu\text{g/l}$ . Forureningen er fundet i en tilsyneladende isoleret sandlomme.
DEHP Dis(2-ethylhexyl)phthalat	1	1	Et indtag i København, Grøndalsparken (DGUnr. 201.4795) med et indhold på 2,8 $\mu\text{g/l}$ . Fundet bekræfter fund i samme størrelse i 2010. Forureningen truer det underliggende kalkmagasin.

Oplysninger om boringernes beliggenhed og stamdata kan ses på [www.Jupiter.dk](http://www.Jupiter.dk) ved indtastning af DGU-nummer.

Tabel 5. Fundomstændigheder for organiske mikroforureninger, som i 2011 har overskredet drikkevandskvalitetskravet i indtag i grundvandsovervågningsboringer.

Fundene er fordelt på følgende stoffer

- DEHP: fund i 8 indtag og overskridelser i 1 indtag,
- DNP: fund i 5 indtag og overskridelser i 2 indtag
- Benzen: fund i 3 indtag, ingen overskridelser
- Xylen: fund i 26 indtag, ingen overskridelser
- Tetrakloretylen: fund i 2 indtag, ingen overskridelser
- Triklloretylen: fund i 4 indtag og overskridelser i 1 indtag
- 1,1,1-triklorethan: fund i 3 indtag, ingen overskridelser
- Fenol: fund i 3 indtag, 2 overskridelser
- Vinylklorid: 5 fund, 5 overskridelser

## **Vandværkernes egenkontrol**

### **Datagrundlag**

Der findes intet ajourført nationalt register over hvilke vandværksboringer, der er aktive, dvs. hvorfra der oppumpes grundvand til konsum (se Indledning kap 2, og kap 7). Det betyder i praksis, at der i JUPITER kan være registreret vandforsyningsboringer, som har eller har haft høje koncentrationer af organiske mikroforureninger, som ikke længere eller ikke for nærværende leverer vand, der skal anvendes til drikkevand eller anden konsum. Det er antaget, at de boringer, som prøvetages i forbindelse med boringskontrollen, er beliggende inden for et aktivt vandværks indvindingsopland.

De kemiske analyser i boringskontrollen har gennem årene været gennemført med en bred vifte af detektionsgrænser varierende fra meget lave detektionsgrænser svarende til GRUMO til detektionsgrænser på højde med et eventuelt drikkevandskvalitetskrav og i nogle tilfælde højere end drikkevandskvalitetskravet. Dette står i modsætning til grundvandsovervågningen, hvor alle analyser udføres med en fast, krævet detektionsgrænse. Det skal bemærkes, at det fremgår af Bekendtgørelse om kvalitetskrav til miljømålinger (NST, 2011), at analysekvalitetskravene til kemiske analyser i boringskontrollen, herunder kravene til detektionsgrænserne, nu er de samme som for NOVANA.

Som tommelfingerregel bør detektionsgrænsen ikke være højere end 10 % af kvalitetskravet, hvis data skal anvendes til forvaltningsformål. Indberettede detektionsgrænser for alle stoffer som er analyseret i 2011 er angivet i bilag 1.

### **Tilstand, udvikling og årsager**

I 2011 har vandværkerne analyseret for 113 forskellige stoffer inden for gruppen organiske mikroforureninger. Der er indberettet analyseresultater fra 1745 boringer, tilhørende 1026 vandværker fordelt på 91 kommuner. Der er tilsyneladende ikke indberettet analyser af organiske mikroforureninger i aktive vandværksboringer fra kommunerne Billund, Tårnby, Lyngby-Tårnbæk, Herlev, Dragør, Brøndby og København.

I boringerne er der gjort fund med koncentrationer, der overskrider 3 x detektionsgrænsen og fundet overskridelser af drikkevandskvalitetskravene jf. tabel 6, 7 og 8. Det skal bemærkes, at det sæt af boringer, som indgår i vandværkernes egenkontrol ændrer sig fra år til år, fordi vandværkerne ofte vælger at stoppe eller formindske indvindingen fra forurenede boringer. Det må derfor forventes, at tabellerne i nogen grad underestimerer påvirkningen af grundvandet, og derfor ikke kan tages som udtryk for den generelle tilstand i grundvandet.

Gruppe	Stof	Analyser i alt 2011	Boringer med analyser	Boringer med fund	Boringer med fund over 3 x DG		Boringer med indhold over GV		Stofnr (STAN DAT).
					Antal	%	Antal	%	
1	DEHP	5	4	1	1	*	1	*	0426
2	Anioniske	296	294	199	15	20 %	0	*	0602
3	C6 – C35	47	47	1	1	*	1	*	9509
3	MTBE	301	290	22	4	*	1	*	0490
4	Benzen	534	507	2	2	*	1	*	0662
4	Toluen	533	506	8	2	*	0	*	0665
4	Xylen	147	135	5	1	*	0	*	0668
4	M+P-xylen	463	446	20	4	*	0	*	2664
5	Fluoranthen	55	55	2	2	*	1	*	2701
5	Benzfluoranthen (B+J+K)	48	48	1	1	*	-	*	4004
6	Tetraklormetan	625	509	2	2	*	0	*	2616
6	Tetraklorethylen	634	513	101	21	4 %	8	2 %	2617
6	Trikllorethylen	647	517	81	28	5 %	6	1 %	2618
6	Cis-1,2-Dichlorethylen	217	120	38	18	15 %	2	2 %	0404 +
6	Trans-1,2-Dichlorethylen,	217	120	15	3	*	0	*	0408
6	1,1-Dichlorethylen	214	214	4	2	*	0	*	0407
6	1,1-Dichlorethan	142	85	17	4	*	0	*	4542
6	1,2-Dichlorethan	599	496	15	5	*	2	*	9422
6	Vinylklorid	237	237	21	6	*	1	*	9946
7	4-klor, 2-methylphenol	1005	991	4	2	*	1	*	2686
7	2,4-dichlorphenol	1669	1613	8	4	*	1	*	2688
8	AOX	17	17	4	1	*	-	*	1560
8	VOX	8	8	2	1	*	-	*	1562
9	Tert-Butylalkohol	4	4	1	1	*	-	*	3742

\* for spinkelt datamateriale

Tabel 6. Opgørelse af det overordnede resultat af analyseindsatsen i vandværkernes egenkontrol i 2011. Kun stoffer, der er fundet i koncentrationer større end 3 gange detektionsgrænsen (DG) er medtaget. GV er grænseværdien for drikkevand Standatkode listen se DCE, 2012.

Stofgrupper: 1: Hormonforstyrrende stoffer, 2: Detergenter, 3: Olieprodukter, 4: Aromatiske kulbrinter, 5: PAH, 6: Halogenerede alifatiske kulbrinter, 7 :klorfenoler, 8: Samleparametre, 9: Alkoholer

Overskridelserne er hovedsageligt knyttet til kendte forureninger i Hovedstadsområdet (se Thorling mfl., 2010, tabel 6) og i Nordjylland (Hjørring).

For de halogenerede alifatiske kulbrinter er der i tabel 7 angivet kommune, DGUnr og dybdeinterval for indtag i borer, hvor et drikkevandskvalitetskrav er overskredet. Størrelsen af overskridelsen er angivet som et multiplum af kvalitetskravet.

Halogenerede alifatiske kulbrinter Højeste overskridelse i 2011 angivet som forholdet mellem den målte værdi og drikkevandskvalitetskravet							
Kommune	DGUnr	Dybde, m.u.t	Tetra-klor-ethylen	Trichlor-ethylen	Diklor-ethan	Diklor-ethylen	Vinyl-klorid
Hjørring	5. 594	53,9-73,5		26			5,7
Farum	193. 1215	29,5-37,5		1,4			
Rødovre	200. 3628	9,0-52,0	1,1				
Frederiksberg	201. 274	27,0-41,5		6,3			
Frederiksberg	201. 3702	49,5-70,0		9,3	1,4	4,9	
Frederiksberg	201. 5311	32,5-51,0		4	1,7	1,5	
Frederiksberg	201. 5312	29,5-49,5		2,3			
Ishøj	207. 2693	17,4-31,5	2				
Ishøj	207. 2696	16,7-28,1	2,2				
Ishøj	207. 2701	15,7-28,5	1,7				
Hvidovre	208. 1578	6,5-60,0	2,8				
Køge	213. 400	22,5-111,0	1,2				
Køge	213. 607	10,0-59,2	15				
Køge	213. 608	10,0-60,0	1,2				

Tabel 7. Fundomstændigheder for alifatiske kulbrinter ved vandværkernes egenkontrol i 2011 for de tilfælde hvor drikkevandskvalitetskravene har været overskredet. Højeste overskridelse i 2011 angivet som forholdet mellem den målte værdi og drikkevandskvalitetskravet.

Tilsvarende er angivet for de resterende stoffer, som har overskredet drikkevandskvalitetskrav i 2011 i tabel 8.

Oplysninger om boringernes beliggenhed og stamdata samt øvrige grundvandskemiske sammensætning kan ses i JUPITER, ved indtastning af DGU-nummer i "søgeformular" under indgangen "Adgang til alle data".

I forbindelse med arbejdet med at udpege lokaliteter til nye enkeltstående overvågningsboringer til validering af den eksisterende risikovurdering for grundvandsforekomsterne er der foretaget en detaljeret gennemgang af organiske mikroforureninger fra vandværkernes egenkontrol på Fyn. Gennemgangen påpeger en række generelle vilkår omkring de organiske mikroforureningers fordeling og skæbne i grundvandsmiljøet, som ikke synliggøres ved de almindeligvis anvendte simple statistiske præsentationer. I perioden 1989 til 2011 er der på Fyn udført boringskontrol for 592 borer og der er fundet organiske mikroforureninger, hvis koncentration er større end 3 gange den lavest forekomne detektionsgrænse i 142 borer, svarende til 24

Højeste overskridelse i 2011 angivet som forholdet mellem den målte værdi og drikkevandskvalitetskravet									
			Olieprodukter		Aromat	PAH	Klor-fenoler		Hormonforstyrrende
Kommune	DGUnr	Dybde m.u.t	C6-C35	MTBE	Benzen	Fluoranthen	2,4-Diklorfenol	4-chlor, 2-methylphenol	DEHP
Hjørring	5.533	23,5 - 43,5			2,3				
Hjørring	8.257	20,0 - 26,0					2,1		
Vejen	141.247	42,5 - 53,5		1,2					
Fåborg-Midtfyn	163.200	26,0 - 32,0				7,2			
Solrød	207.2739	13,0 - 21,0	2,8						
Albertslund	207.4205	22,0 - 60,0							1,3
Næstved	221.972	34,0 - 37,0						2,0	

Tabel 8. Fundomstændigheder for olieprodukter, aromatiske kulbrinter, PAH-forbindelser, klorfenoler og hormonforstyrrende stoffer ved vandværkernes egenkontrol i 2011 for de tilfælde, hvor drikkevandskvalitetskravene har været overskredet. Højeste overskridelse i 2011 angivet som forholdet mellem den målte værdi og i drikkevandskvalitetskravet

%. I bilag 2 er præsenteret en detaljeret gennemgang af fund af organiske mikroforureninger på Fyn. For hvert indtag er noteret hvilke stoffer, der er fundet i indtaget, samt årstallet for fundet. For kolonnen: "Fund og overskridelser" gælder, at hvis et fund har overskredet grænseværdien for drikkevand, er stoffet skrevet med fed skrift. Hvis samme stof er fundet flere år i træk og koncentrationen et eller flere år har overskredet grænseværdien, er årstallet skrevet med fed skrift. Hvis et stof er fundet flere gange samme år, er antallet af gange skrevet som f. eks. "3x" foran årstallet.

Fundene er kategoriseret (i forhold til en tidlig udvikling). For kolonnen Kategori gælder at

- Bekræftet enkeltfund: betyder at der er senere analyser af stoffet, som er under detektionsgrænsen.
- Ubekræftet enkeltfund: betyder at der ikke er senere analyser af stoffet, som er under detektionsgrænsen. Det kan altså ikke afvises, at stoffet stadig forekommer i indtaget.
- Ældre påvirkning: betyder at stoffet er fundet flere år i træk, men at den/de seneste analyser har været under detektionsgrænsen.
- Mulig påvirkning: der forekommer fund – ofte af ældre dato – ofte af flere stoffer, men der er ingen nyere analyser under detektionsgrænsen, som kan vise, at påvirkning er ophørt.
- Forurening: der forekommer substantielle tidsserier – ofte af flere stoffer – og seneste fund ligger inden for sidste 5-års turnus af boringskontrol jf. tilsynsbekendtgørelsen

Gennemgangen demonstrerer især det markante antal enkeltfund, som forekommer i datamaterialet. I 83 borer ud af 142, svarende til knapt 60 %, forekommer der enkeltfund af organiske mikroforureninger. Enkeltfund af organiske mikroforureninger kan medvirke til at identificere særligt sårbare grundvandsmagasiner.

### **Sammenfatning organiske mikroforureninger**

Sammenfattende for såvel grundvandsovervågningen som vandværkernes boringskontrol viser de mange fund af organiske mikroforureninger, at der i et moderne industrialiseret samfund med en bred anvendelse af miljøfremmede stoffer ofte forekommer spild af mindre mængder, som påvirker grundvandet i uheldig retning, uden at det efterfølgende er muligt umiddelbart at fastslå beliggenheden af kilden. Samlet set er data især præget af lave koncentrationer, få genfund eller genfund over en kortere årrække som dokumenteret af den detaljerede gennemgang af organiske mikroforureninger fra vandværkernes egenkontrol på Fyn.

Omvendt viser langvarige overskridelser af drikkevandkvalitetskravene i nogle borer, at når en massiv forurening først er etableret, varer det meget længe, inden den er forsvundet igen, og at de forurenende stoffer kan trænge dybt ned i samfundets reserve af rent grundvand.

”Renseri-stofferne” trikloretylen og tetrakloretylen og deres nedbrydningsprodukter har også i 2011 vist sig fortsat at udgøre et problem for vandværkerne i en lang række kommuner.

I hovedstadsområdet (NST 2011a, side 127) og omkring andre store byer (NST 2011b, side 151) bidrager de organiske mikroforureninger i væsentligt omfang til at tilstanden i de udpegede grundvandsforekomster i henhold til EU's Vandramme- og Grundvandsdirektiv må betegnes som ringe. I takt med at indsatsen mod forurenede grunde og depoter bærer frugt vil de med 6 års interval gentagne tilstandsvurderinger forventeligt vise et stigende antal grundvandsforekomster, hvis tilstand i henhold til direktiverne kan betegnes som god.

### **Referencer, organiske mikroforureninger**

#### **Dansk lovgivning, vejledninger mv**

By- og Landskabsstyrelsen, 2007: Chloroform i drikkevand. En kagebog for vandværker for indsatsen over for chloroform fra naturlige kilder:

Miljøministeriet, 2001: Redegørelse om Vandrammedirektivet, marts 2001.

Miljøministeriet, 2011: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1024 af 31. oktober 2011. (Drikkevandsbekendtgørelsen)

Miljøstyrelsen, 1985: Forbrug og forurening med chlorphenoler .Kvalitativ vurdering af forbrug og forurening med chlorphenoler i Danmark Miljøprojekt, 69.

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

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

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

Miljøstyrelsen, 2010: Redegørelse om jordforurening 2008. Redegørelser fra Miljøstyrelsen nr. 1, 2010.

Miljøstyrelsen, juni og juli 2010: Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord og kvalitetskriterier for drikkevand. ([http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/2EED6D00-3C69-486A-BED8-34B1FD527A8D/0/Kvalitetskriterierjord\\_og\\_drikkevandfinaljuniogjuli2010.doc](http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/2EED6D00-3C69-486A-BED8-34B1FD527A8D/0/Kvalitetskriterierjord_og_drikkevandfinaljuniogjuli2010.doc))

Miljøstyrelsen, 2012: Faktaark: Pentachlorphenol (PCP).

Naturstyrelsen, 2011: Bekendtgørelse nr. 900 af 17. august 2011 om kvalitetskrav til miljømålinger.

Naturstyrelsen 2011a: [www.naturstyrelsen.dk/NR/rdonlyres/1594CEE0-33E2-42CF-8015-F3F17123F4C9/0/2\\_3\\_Oeresund\\_vandplan\\_20dec\\_2011.pdf](http://www.naturstyrelsen.dk/NR/rdonlyres/1594CEE0-33E2-42CF-8015-F3F17123F4C9/0/2_3_Oeresund_vandplan_20dec_2011.pdf)

Naturstyrelsen 2011b: [www.naturstyrelsen.dk/NR/rdonlyres/E29AE587-D7B9-490B-B306-51CC46EE1A83/0/1\\_13\\_OdenseFjord.pdf](http://www.naturstyrelsen.dk/NR/rdonlyres/E29AE587-D7B9-490B-B306-51CC46EE1A83/0/1_13_OdenseFjord.pdf)

Naturstyrelsen, Vestjylland Vand, 2012: Fund af nonylphenoler i Grundvandsovervågningen. Notat af 13. april 2012. Ref. KiHar

## EU- direktiver

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

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

## Andre referencer

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

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

Brüsch, W. og Villholt, K. G., 2011: Punktkilders påvirkning af grundvandsressourcens kvalitet. Miljøstyrelsen, Miljøprojekt Nr. 1395 2011

DCE, 2012: <http://www.dmu.dk/Myndighedsbetjening/Overvaagning/Standat/Standatbiblioteket/>

DMU, 2009: Kvalitetssikring af kemiske analyser i NOVANA.

Europaudvalget, 2012: <http://www.ft.dk/samling/20111/almdel/miu/bilag/385/1129299/index.htm>

Fyns Amt, 2002: Miljøfremmede stoffer i flydende husdyrgødning.

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

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

Thorling, L., 2012b: Prøvetagning af grundvand i felten. Teknisk anvisning. GEUS 2012.

[http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/g02\\_provetagning.pdf](http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/g02_provetagning.pdf)

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brüsch, W., Møller, R.R., Mielby, S. og Højberg, A.L., 2010b: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2009. Teknisk rapport, GEUS 2010. [http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989\\_2009.htm](http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2009.htm)

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brüsch, W., Møller, R.R., Mielby, S. og Højberg, A.L., 2011: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2010. Teknisk rapport, GEUS 2011. [http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989\\_2010.htm](http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2010.htm)

Thorling, L. 2012b: Prøvetagning af grundvand, Teknisk Anvisning. Teknisk rapport GEUS 2012

## Links:

Vandplanernes hjemmeside: Naturstyrelsen 2012: [www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vandplaner/Se\\_vandplanerne/](http://www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vandplaner/Se_vandplanerne/)

[http://www.mst.dk/Virksomhed\\_og\\_myndighed/Kemikalier/regulering\\_og\\_regler/faktaark\\_kemikalierreglerne/Pentachlorphenol\\_PCP.htm](http://www.mst.dk/Virksomhed_og_myndighed/Kemikalier/regulering_og_regler/faktaark_kemikalierreglerne/Pentachlorphenol_PCP.htm)

NOVANA hjemmeside:

[www.naturstyrelsen.dk/Naturbeskyttelse/National\\_naturbeskyttelse/Overvaagning\\_af\\_vand\\_og\\_natur/NOVANA/novana.htm](http://www.naturstyrelsen.dk/Naturbeskyttelse/National_naturbeskyttelse/Overvaagning_af_vand_og_natur/NOVANA/novana.htm)

Standat hjemmesiden, DCE, 2012: <http://www.dmu.dk/Myndighedsbetjening/Overvaagning/Standat/Standatbiblioteket/>

Energi og olieforum, 2012: [www.eof.dk/Home/OM.aspx](http://www.eof.dk/Home/OM.aspx)

JUPITER hjemmeside : [www.geus.dk/jupiter/data-dk.htm](http://www.geus.dk/jupiter/data-dk.htm)

## 7 Pesticider

### Indledning

I grundvandsovervågningen analyseres der i den indeværende programperiode (2011-2015) for 31 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter fordelt på 11 aktivstoffer og 20 nedbrydningsprodukter. Ud af de 31 stoffer er 5 stoffer pesticider og nedbrydningsprodukter fra midler godkendt uden restriktioner, 5 stoffer er pesticider eller nedbrydningsprodukter fra godkendte midler med restriktioner, mens de resterende stoffer er pesticider eller nedbrydningsprodukter fra forbudte pesticider. Analyseresultater fra grundvandsovervågningen fra hele monitoringsperioden 1989 til 2011 og 2011 fremgår alene af bilag 3 til 8.

Tabel 9 viser de pesticider, der indgår i det nuværende grundvandsovervågningsprogram, hvor de enkelte pesticiders og nedbrydningsprodukters status mht. godkendelse også fremgår. Af tabel 9 fremgår, at der i 2011 er 10 nye stoffer, der indgår i analyseprogrammet, og sammenholdes disse ny stoffer med bilag 3, fremgår det, at 8 ud af de 10 nye stoffer er fundet i grundvand.

Indtil 1. jan. 2012 indgik 23 obligatoriske stoffer (heraf 2 klorfenoler) i vandværkernes kontrol af indvindingsboringer. En række vandværker har analyseret for flere stoffer. Råvandskontrollen for vandværker er revideret, og kontrollen omfatter fremover en række nye stoffer, som vandværkerne skal analysere for fra 1. januar 2012.

I grundvand kan pesticider og disses nedbrydningsprodukter stamme fra erhvervsmæssig brug af pesticider i skov- og jordbrug samt fra privates anvendelse i haver og anlæg samt ukrudtsbekæmpelse på befæstede arealer i byområder. Dertil kommer udvaskning fra spild og andre punktkilder fx vaskepladser, der kortlægges og overvåges særskilt i forbindelse med jordforureningsloven (MST, 2012).

Grundvandsovervågningens oprindelige formål var at give et generelt billede af grundvandets tilstand i en række udvalgte oplande. I følge EU's vandrammedirektiv er formålet at give "et sammenhængende og omfattende overblik over grundvandtes kemiske tilstand i hvert vandløbsopland". Bl.a. af den årsag er prøvetagningsstrategien ændret siden 2004 for at fokusere på de boringer, hvor det vurderes, der er størst sandsynlighed for at finde pesticider og deres nedbrydningsprodukter i grundvandsforekomster i god tilstand. Derudover overvåges indtag i boringer med lav påvirkning med en lavere prøvetagningsfrekvens, den såkaldte kontrolovervågning. Ændringerne af prøvetagningsstrategien medfører, at det i dag kun er muligt at følge den tidsmæssige udvikling over længere perioder på indtagsniveau, eller i den enkelte programperiode, mens overvågningen af den generelle udvikling og tilstand på landsplan bliver behæftet med en større usikkerhed.

### Målsætning

Ifølge vandrammedirektivet skal medlemsstaterne sørge for den nødvendige beskyttelse af de udpegede vandforekomster for at undgå en forringelse af deres kvalitet blandt andet med henblik på at reducere omfanget af den rensning, der kræves til fremstilling af drikkevand. Pesticidindholdet i drikkevand og grundvand må ikke overstige 0,1 µg/l for enkeltstoffer af pesticider og relevante nedbrydningsprodukter, mens summen af enkeltstoffer i en vandprøve ikke må overstige 0,5 µg/l (EU, 1998, 2000 og 2006).



Pesticid/nedbrydningsprodukt	Juridisk status	Bemærkning
Aminomethylphosphonsyre (AMPA)*	Godkendt	Nedbrydningsprodukt fra glyphosat.
Atrazin	Forbudt	Forbudt i 1994 af hensyn til grundvandet.
Bentazon	Reguleret	Begrænset i 1995. Anvendelsesrestriktioner af hensyn til grundvandet.
4-CPP*#	Reguleret	Fra forskellige moderstoffer, nogle med anvendelsesrestriktioner. Forbudt eller pålagt væsentlige restriktioner.
2,6 DCP*#	Reguleret	Fra forskellige moderstoffer, nogle med anvendelsesrestriktioner. Forbudt eller pålagt væsentlige restriktioner.
Desamino diketo metribuzin*	Forbudt	Nedbrydningsprodukt fra metribuzin.
Deethyl atrazin*	Forbudt	Moderstof: bla. Atrazin.
Deethyldeisopropyl atrazin* (DEIA)	Forbudt	En metabolit, der kan dannes af atrazin, terbuthylazin, simazin mfl.
Deisopropyl atrazin*	Forbudt	Moderstoffer: Atrazin, simazin, terbuthylazin og formentlig andre som cyanazin. Terbuthylazin: Restriktioner i 2003, godkendelse tilbagekaldt ultimo 2008 (EU vurdering), anvendelse forbudt i DK april 2009 pga. risiko for grundvandet.
Deethyl-hydroxy-atrazin <sup>nyt*</sup>	Forbudt	Moderstoffer: Atrazin, simazin, terbuthylazin og formentlig andre som cyanazin.
Deisopropyl-hydroxyatrazin <sup>nyt*</sup>	Forbudt	Moderstoffer: Atrazin, simazin, terbuthylazin og formentlig andre som cyanazin.
Didealkyd-hydroxyatrazin <sup>nyt*</sup>	Forbudt	Moderstoffer: Atrazin, simazin, terbuthylazin og formentlig andre som cyanazin.
2-hydroxyterbuthylazin <sup>nyt*</sup>	Forbudt	Moderstof: Terbuthylazin: Restriktioner i 2003, godkendelse tilbagekaldt ultimo 2008 (EU vurdering), anvendelse forbudt i DK april 2009 pga. risiko for grundvandet.
Dichlobenil	Forbudt	Forbudt i 1996 af hensyn til grundvandet.
BAM (2,6-Dichlorbenzamid)*	Forbudt	Nedbrydningsprodukt fra dichlobenil.
2,6-Dichlorbenzoesyre*	Forbudt	Nedbrydningsprodukt fra dichlobenil.
Dichlorprop	Reguleret	Anvendelsesrestriktioner af hensyn til grundvandet. Begrænset i 1997.
Diketo metribuzin*	Forbudt	Nedbrydningsprodukt fra metribuzin.
Glyphosat	Godkendt	Godkendt, anvendt siden 1975.
Hexazinon	Forbudt	Forbudt i 1994 af hensyn til grundvandet.
Mechlorprop	Reguleret	Begrænset i 1997. Anvendelsesrestriktioner af hensyn til grundvandet.
Metribuzin	Forbudt	Forbudt i 2004 af hensyn til grundvandet.
4-nitrophenol*	Forbudt	Metabolit fra parathion, forbudt i 1990. Formodentligt også urenhed i andre midler og fra industrikemikalier.
Simazin	Forbudt.	Intet salg i Danmark efter 2004. Forbudt i EU 2005 af hensyn til grundvandet.
Trikloredikesyre (TCA)	Forbudt	Udfaset i Danmark (intet salg efter 1988) af hensyn til grundvandet.
CYPM <sup>nyt*</sup>	Godkendt	Moderstof azoxystrobin, anvendt siden 1998.
Picolinafen <sup>nyt</sup>	Godkendt	Anvendt siden 2007.
CL153815 <sup>nyt*</sup>	Godkendt	Moderstof Picolinafen, anvendt siden 2007.
2-hydroxy-deethyl terbuthylazin <sup>nyt*</sup>	Forbudt	Moderstof terbuthylazin.
PPU <sup>nyt*</sup>	Forbudt	Moderstof rimsulfuron, solgt i små mængder 2001 til 2010.
PPU desamino, <sup>nyt*</sup>	Forbudt	Moderstof rimsulfuron, solgt i små mængder 2001 til 2010.

Tabel 9. Administrativ status pr. 1.11. 2012 for de pesticider og nedbrydningsprodukter, der analyseres i grundvandsovervågningen (GRUMO). Nedbrydningsprodukter er markeret med \*. 10 nye pesticider og metabolitter analyseret i 2011 er mærket med <sup>nyt</sup> og med \* for 9 af de 10 stoffer der er nedbrydningsprodukter. Status for nedbrydningsprodukter gælder moderstoffet.

# 4-CCP og 2,6-DCPP kan være nedbrydnings-produkter eller urenheder fra phenoxysyrer som dichlorprop, mechlorprop og andre phenoxysyrer. 4-nitrophenol er også et industrikemikalie og kan derfor ikke nødvendigvis relateres til pesticidanvendelse. Se bilag 1 og 2.

Pesticider og nedbrydningsprodukter bliver kun i et vist omfang tilbageholdt eller nedbrudt ved traditionel vandbehandling på de danske vandværker. Drikkevandskvalitetskravet blev oprindeligt fastlagt i EU's Drikkevandsdirektiv (EU, 1980). I Danmark er sumværdien næsten aldrig i anvendelse, da der i boringer med et samlet pesticidindhold over sumværdien næsten altid er mindst ét stof, der overskrider drikkevandskvalitetskravet på 0,1 µg/l.

## Grundvandsovervågning

### Datagrundlag

Der er i dette afsnit anvendt pesticidanalyser fra grundvandsovervågningsområdernes indtag i perioden 1990 – 2011, begge år inklusive. Der har over årene indgået et varierende antal stoffer i analyseprogrammet. De første år blev der analyseret for 8 stoffer. Siden har udvikling i analyseteknikkerne muliggjort opbygningen af et omfattende og dynamisk program, hvor nye pesticider inddrages, når det er relevant. Samtidig udgår pesticider, der kun sjældent eller aldrig findes. Siden 2003 er der overvejende blevet analyseret for pesticider i grundvandsindtag, hvor grundvandet er dateret til at være yngre end fra ca. 1950, mens prøvetagningen siden 2007 i overensstemmelse med vandrammedirektivet er målrettet mod grundvand i risiko for ikke at opfylde miljømålene.

Det betyder, at grundvandsindtag, hvor der ikke tidligere er gjort fund af pesticider i henhold til programbeskrivelsen, prøvetages hvert tredje år (2007-2010) og 2 gange på 5 år i 2011-2015. Indtag, hvor der tidligere er gjort fund af pesticider, prøvetages hvert år.

Variationen i antal indtag, der analyseres pr år, og i analysefrekvens betyder, at programmet giver et billede af tilstanden i de indtag, der analyseres de enkelte år, men også at det er kompliceret at lave meningsfulde generelle landsdækkende tidsserier. Overvågningen af pesticider og alle andre stoffer har således hovedvægten placeret på indtag, hvor den forudgående overvågning har dokumenteret, at der finder en påvirkning af grundvandet sted, som enten forringer en i forvejen ringe tilstand eller truer en god tilstand.

### Relevans

Grundvandsovervågningen sikrer et datamateriale, der er uafhængig af udviklingen i vandindvindingsstrukturen, mens analyserne fra vandværkernes boringskontrol giver et billede af omfanget af pesticider i det råvand, vandværkerne indvinder fra deres aktive indvindingsboringer. Derfor giver grundvandsovervågningen et mere repræsentativt billede af omfanget af pesticider i grundvandet, fordi overvågningsboringer i modsætning til vandværksboringer ikke lukkes eller sløjfes, hvis der konstateres forurening i disse.

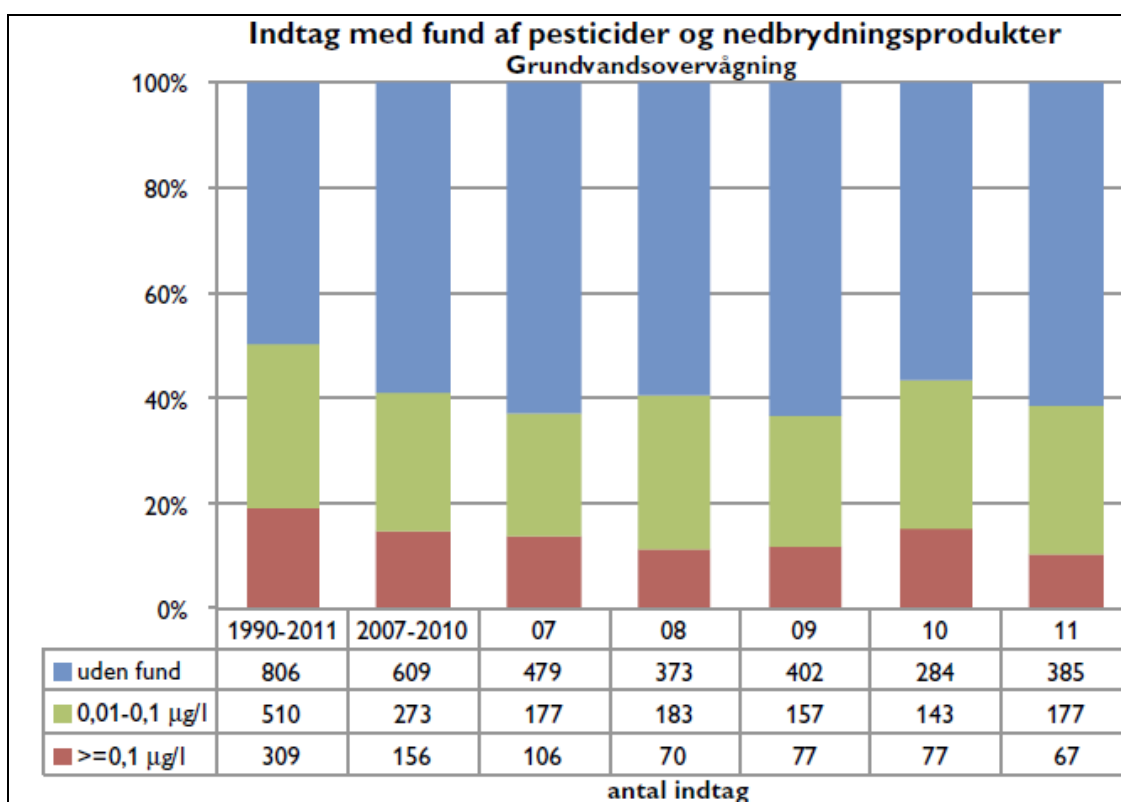
### Tilstand og udvikling

Tabel 10 og figur 26 viser, at der i 2011 blev fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 39 % af de undersøgte indtag, og at grænseværdien på 0,1 µg/l blev overskredet i ca. 11 %.

Der er således sket et mindre fald fra 44 % i 2010, mens andelen er stort set svarende til de 37 % af indtagene, der indeholdt pesticider i 2009. Andelen af fund over grænseværdien er faldet fra 15,3 % i 2010 til 10,7 % i 2011.

GRUMO	analyser antal	Antal indtag			Andel indtag med fund i %		
		i alt	0,01-0,1 µg/l	≥ 0,1 µg/l	0,01-0,1 µg/l	≥ 0,1 µg/l	i alt
2011	638	629	177	67	28,1	10,7	38,8
2010	509	504	143	77	28,4	15,3	43,7
2009	641	636	157	77	24,7	12,1	36,8
2007 - 2010	2.657	1.038	273	156	26,3	15,0	41,3
1990 - 2011*	15.266	1.625	510	309	31,4	19,0	50,4

Tabel 10. Pesticidfund i grundvandsovervågningen vist som hhv. antal og procentvis fordeling af indtag analyseret, opdelt på fund over og under drikkevandskvalitetskravet på 0,1 µg/l. Der er medtaget oplysninger om perioderne 2007-2010, 1990-2011 samt for de enkelte år, 2009, 2010 og 2011. 2011 datasættet bygger på et nyt analyseprogram, der omfatter 31 stoffer mod 21 stoffer i 2010. Opgørelserne for perioderne viser, hvor stor en del af de overvågede grundvandsmagasiner, der er sårbare overfor denne forureningstype, mens opgørelserne for de enkelte år viser øjebliksbilleder af forureningens omfang. \* inkl. 6 analyser fra 2012



Figur 26. Pesticidanalyser fra GRUMO. **Antal indtag** er anført under årene 2007 til 2011 og for to samleperioder for tre koncentrationsintervaller: Over grænseværdien  $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$ ,  $(0,01 - 0,1) \mu\text{g/l}$ , samt uden fund. Andel **analyser** pr. år fremgår af tabel 11, der omfatter hele monitoringsperioden 1990-2011.

Det stigende antal fund af pesticider i grundvandsovervågningen i perioden frem til 1998, (Thorling mfl., 2011) afspejler, at grundvandet i denne periode er blevet analyseret for stadig flere pesticider og nedbrydningsprodukter, hvilket også er tilfældet efter 2004, hvor analyse-

programmet dels medtager metribuzins nedbrydningsprodukter, samtidig med at andelen af indtag i højtliggende og mere belastet grundvand stiger.

I hele overvågningsperioden fra 1990 til 2011 er der fundet pesticider en eller flere gange i ca. 50 % af de 1.625 undersøgte indtag i grundvandsovervågningen, og i knap 20 % af indtagene var kvalitetskravet en eller flere gange overskredet, se tabel 10. Denne opgørelse af antal fund i hele perioden viser, hvor **stor en del af den undersøgte ressource**, der indtil i dag på et eller flere tidspunkter har indeholdt pesticider eller nedbrydningsprodukter.

I den tidligere programperiode (2007 til 2010), hvor der er analyseret for 21 stoffer (tabel 9) er der fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i 41 % af 1.038 undersøgte indtag, hvoraf grænseværdien på 0,1 µg/l var overskredet i 15 % af alle indtag, se tabel 10.

år	gnsn. dybde til top indtag			antal analyser			andel i %	
	Alle indtag	Indtag med fund	Indtag $\geq 0,1$ µg/l	I alt	alle fund	$\geq 0,1$ µg/l	alle fund	$\geq 0,1$ µg/l
1990	26,2	25,5	31,1	277	30	11	10,8	4,0
1991	25,9	20,1	18,2	336	27	16	8,0	4,8
1992	21,0	23,3	17,6	461	13	3	2,8	0,7
1993	25,0	19,4	15,9	474	35	10	7,4	2,1
1994	23,6	15,8	17,6	648	49	16	7,6	2,5
1995	23,9	20,2	16,5	728	76	31	10,4	4,3
1996	24,0	17,3	14,8	780	140	68	17,9	8,7
1997	25,1	18,4	17,2	750	162	65	21,6	8,7
1998	25,3	20,5	18,4	917	268	79	29,2	8,6
1999	25,9	20,5	15,9	958	219	65	22,9	6,8
2000	26,4	19,4	18,0	874	216	64	24,7	7,3
2001	24,6	19,6	17,5	803	227	68	28,3	8,5
2002	24,6	18,2	17,1	808	221	73	27,4	9,0
2003	24,4	19,4	16,7	814	232	81	28,5	10,0
2004	23,7	19,7	19,5	647	227	97	35,1	15,0
2005	20,2	17,5	17,3	825	293	102	35,5	12,4
2006	19,6	16,6	17,2	859	310	108	36,1	12,6
2007	20,7	16,8	16,6	803	299	114	37,2	14,2
2008	18,7	15,9	14,7	709	287	80	40,5	11,3
2009	19,2	17,3	16,3	641	236	77	36,8	12,0
2010	16,0	14,9	15,1	509	224	78	44,0	15,3
2011	19,9	16,6	16,9	638	247	67	38,7	10,5

Tabel 11. Alle pesticidanalyser fra GRUMO (ikke indtag), for perioden 1990 – 2011. Antal analyser pr. år i alt, med fund og med fund større end kravværdien for drikkevand og grundvand på 0,1 µg/l. Det gøres opmærksom på, at tabel 10 og 11 ikke kan sammenlignes, da tabel 11 omfatter en opgørelse af gennemførte analyser pr. år og ikke en opgørelse af antal analyserede indtag (tabel 10), idet der i nogle indtag udføres mere end en analyse om året.

Pesticiderne og deres nedbrydningsprodukter kan bl.a. nedvaskes til grundvandet, når overskudsnedbør infiltrerer sammen med andre opløste stoffer fra de øvre jordlag. Et samspil mellem geologiske, hydrauliske, topografiske forhold og kraftige regnhændelser på udbring-

ningstidspunktet betyder, at pesticiderne kan forekomme som pulser/fronter, der med grundvandet bevæger sig gennem grundvandsmagasinerne og i kortere eller længere periode påvirker de enkelte grundvandsmoniteringsindtag. Samtidig varierer forbrugsmønsteret i et opland fra år til år.

De enkelte pesticider bindes på forskellig måde i såvel rodzone som i de underliggende sedimenter. Dette betyder, at man ikke altid genfinder de samme pesticider eller nedbrydningsprodukter i de samme indtag fra år til år. Stoffer som BAM, der er svært nedbrydeligt, findes ofte, mens andre stoffer, der omsættes eller bindes, i stedet kun findes en enkelt eller få gange i samme indtag.

Tabel 11 viser **antal analyser** udført pr. år i overvågningsperioden. Tabellen er udarbejdet for at vise udviklingen i antallet af analyserede vandprøver gennem perioden. Antallet af analyser er faldet til godt 800 analyser i 2007 og til 509 i 2010, mens der blev analyseret 638 prøver i 2011, se også figur 3.

### **Godkendte, regulerede og forbudte stoffer**

Fordelingen af godkendte, regulerede og forbudte stoffer er undersøgt i perioden 2007 – 2011 samt for hvert enkelt år i samme periode. I perioden er analyseprogrammet ændret, således at der nu også analyseres for en række ekstra nedbrydningsprodukter, der stammer fra forbudte og godkendte pesticider, se tabel 9. Fordelingen er ikke undersøgt i perioden før 2007, hvor det forrige analyseprogram blev iværksat, dels fordi analyseprogrammet varierer gennem tid med hensyn til prøvetagningsstrategi og antal stoffer, dels fordi en række pesticider løbende er fjernet fra markedet og derfor ikke vil have samme status i perioden. Det er således ikke muligt at gennemføre en meningsfuld sammenligning for perioden før 2007.

Der er i 2011 undersøgt for ti nye stoffer i ca 630 indtag. Stofferne, deres status samt resultaterne for 2011 fremgår af bilag 3. De 3 dominerende stoffer med relativt mange fund – for to af stoffernes vedkommende også fund over grænseværdien - er nedbrydningsprodukter fra forbudte triaziner. Nedbrydningsproduktet PPU fra det forbudte pesticid, rimsulfuron, er påvist i 5 ud af 627 undersøgte indtag, dog i alle tilfælde under grænseværdien. Fire stoffer, heraf to godkendte, er fundet en enkelt gang i koncentrationer under grænseværdien, og to stoffer, heraf et godkendt, er ikke påvist.

Pesticider, der stadig anvendes, kan opdeles i to grupper: De godkendte og de regulerede pesticider, hvor fx glyphosat med det tilhørende nedbrydningsprodukt AMPA, hele tiden har haft samme godkendelsesvilkår. De 5 regulerede stoffer har fået en mere restriktiv godkendelse bl.a. for at nedsætte risikoen for nedsivning til grundvandet. 2 af nedbrydningsprodukterne fra de regulerede stoffer kan dog også stamme fra forbudte pesticider.

Tabel 12 viser, at der blev fundet godkendte pesticider eller nedbrydningsprodukter heraf i 6,5 % af de analyserede indtag, mens grænseværdien på 0,1 µg/l var overskredet i 1,9 % af indtagene. Et indtag kan godt indeholde både forbudte og f.eks. regulerede stoffer, og det enkelte indtag kan derfor godt optræde i flere af de tre kategorier.

De regulerede stoffer blev i perioden 2007-11 fundet i 8,4 % af de analyserede indtag, mens grænseværdien var overskredet i 2,7 %. Da det overvågede grundvand i overvejende grad er

mere end 10 år gammelt, se kapitel 3, vil en del fund af de regulerede stoffer i grundvandet kunne stamme fra anvendelse af moderstofferne, før disse blev reguleret.

2007 til 2011	Indtag			i % af antal analyserede indtag			
	antal	Med fund	≥ 0,1 µg/l	Intet fund	0,01 - 0,1 µg/l	≥ 0,1 µg/l	Alle fund
forbudte stoffer	1125	384	127	65,9	22,8	11,3	34,1
regulerede stoffer	1125	94	30	91,6	5,7	2,7	8,4
godkendte stoffer	1124	73	21	93,5	4,6	1,9	6,5

Tabel 12. Godkendte, regulerede og forbudte pesticider for perioden 2007 – 2011, svarende til den periode analyseprogrammet har været anvendt. Tabel 9 viser hvilke stoffer, der er godkendte, regulerede eller forbudte.

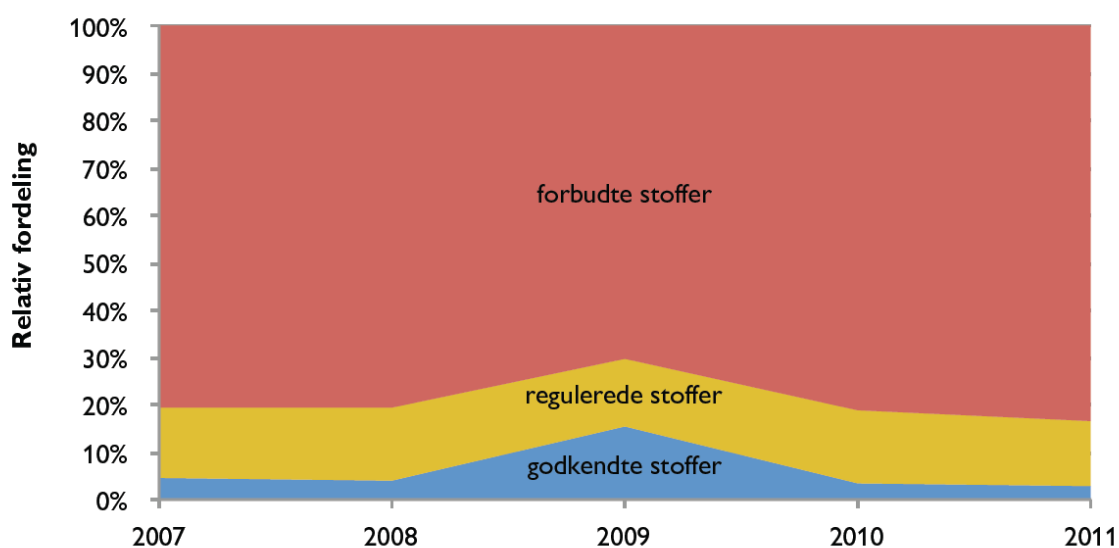
Det fremgår af tabel 12, at de forbudte pesticider, og nedbrydningsprodukter fra disse, er fundet i næsten tre gange så mange indtag som de regulerede og godkendte pesticider. Det fremgår også, at de forbudte pesticider er fundet i 34,1 % af indtagene. Overskridelse af grænseværdien optrådte i 11,3 %.

År	Antal analyser	Analyser med fund	Analyser ≥ 0,1 µg	% alle fund	% 0,01 - 0,1	% ≥ 0,1	
Godkendte stoffer	2007	800	15	5	1,9	1,3	0,6
	2008	703	12	2	1,7	1,4	0,3
	2009	639	41	12	6,4	4,5	1,9
	2010	509	9	3	1,8	1,2	0,6
	2011	638	7	2	1,1	0,8	0,3
Regulerede stoffer	2007	799	48	16	6,0	4,0	2,0
	2008	709	49	14	6,9	4,9	2,0
	2009	641	38	14	5,9	3,7	2,2
	2010	509	37	16	7,3	4,1	3,1
	2011	638	36	12	5,6	3,8	1,9
Forbudte stoffer	2007	802	260	96	32,4	20,4	12,0
	2008	709	250	67	35,3	25,8	9,4
	2009	641	187	55	29,2	20,6	8,6
	2010	509	198	64	38,9	26,3	12,6
	2011	638	220	56	34,5	25,7	8,8

Tabel 13 Godkendte/regulere stoffer i grundvandsovervågningen i perioden 2007 til 2011.

Tabel 13 viser, for tilladte, regulerede stoffer og forbudte stoffer fund og andelen af analyser, der overskrider grænseværdien opdelt på de enkelte år i perioden 2007-2011.

Figur 27 viser den relative fordeling af *andel fund* af godkendte, regulerende og forbudte stoffer pr år i 2007 til 2011, hvor det ses at de relativt mange fund af glyphosat og AMPA i 2009 løfter et ellers stabilt kurveforløb. Se også figur 30. En udredning gennemført i 2009/2010 viste, at analysefejl ikke var årsagen til fundene i 2009.



Figur 27. Relativ fordeling af godkendte, regulerede og forbudte pesticider og nedbrydningsprodukter fra disse i perioden 2007 til 2011, beregnet som andel analyser med fund pr år for de tre stofgrupper. Figuren illustrerer data fra tabel 13.

#### Tidsserier for udvalgte stoffer i GRUMO

Figur 28, 29 og 30 viser de gennemsnitlige koncentrationer og mediankoncentrationer for analyser med fund for 6 stoffer:

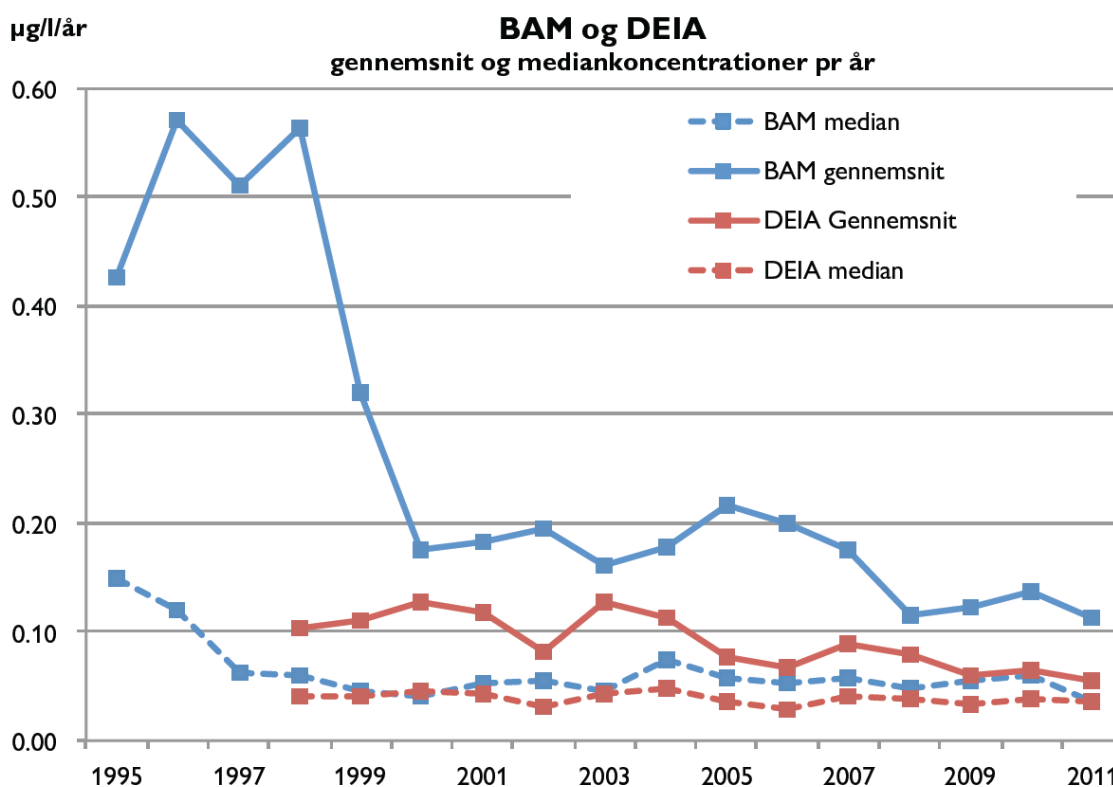
- 2 nedbrydningsprodukter, BAM og DEIA, hvis moderstoffer er forbudte
- To regulerede pesticider bentazon og dichlorprop
- Det godkendte pesticid glyphosat og dets nedbrydningsprodukt AMPA.

Alle analyser med fund for hvert af de 6 stoffer er medtaget for de undersøgte perioder og anvendt som beregningsgrundlag for gennemsnit og mediankoncentrationer pr. år. Analyser uden fund er ikke medtaget. Fundene for de enkelte år kan stamme fra forskellige borer og forskellige dybder. Det skal bemærkes, at usikkerheden er stor for de år og stoffer, hvor der har været få fund, og det enkelte fund får derved stor betydning for tidsseriens udseende.

Da der analyseres for pesticider i grundvand af meget forskellig alder og i vand udtaget fra et forskellige dybdeintervaller, er der ikke beregnet koncentrationer på grundlag af alle analyser. En sådan analyser giver kun mening på indtagningsniveau. Udtagningen af vandprøver fra 2004 til 2009/2011 har været fokuseret på mere terrænnære indtag, og dermed mere sårbart vand.

Figur 28 viser, at gennemsnits og mediankoncentrationen for analyser med fund for BAM er faldet, siden moderstoffet blev forbudt i 1996. Da hyppigheden af BAM fund i grundvands- overvågningen ikke er faldet i samme periode, se tabel 14, kan de mindre koncentrationer muligvis skyldes omsætning i både grundvandsmagasiner og i de øvre umættede jordlag og aftagende udvaskning fra de øvre jordlag.

For DEIA ses et mindre fald i koncentrationer efter et af moderstofferne, terbuthylazin blev reguleret i 2003, mens stoffet blev forbudt i 2009. Da DEIA kan stamme fra en lang række triaziner, kan man ikke henhøre faldet fra omkring 2003 og fremover til enkelte pesticider.

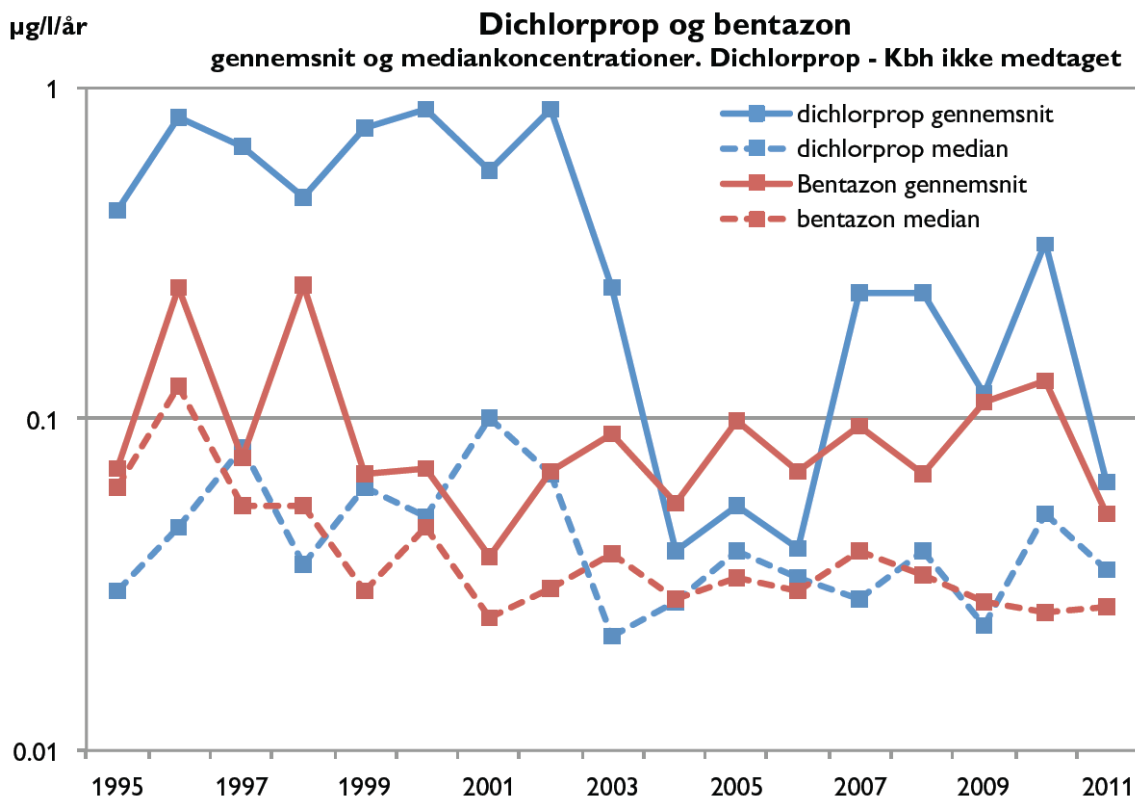


Figur 28. Gennemsnits og mediankoncentrationer pr. år for analyser med fund BAM og DEIA, der begge er nedbrydningsprodukter fra i dag forbudte stoffer. Alle koncentrationer er beregnet på grundlag af analyser med fund fra grundvandsovervågningen. Antal analyser og antal analyser med fund pr. år fremgår af table 14.

Figur 29 viser udviklingen for to regulerede pesticider. Dichlorprop er siden 1997 kun anvendt i meget små mængder sammenholdt med det tidligere forbrug, og både gennemsnits og mediankoncentrationer falder gennem perioden. Da stofferne er fundet i meget høje koncentrationer i et enkelt opland i København, er disse analyser udeladt i figur 29.

Bentazon blev reguleret i 1995, og i modsætning til BAM ses ikke et fald i gennemsnitskoncentrationerne, men derimod en fluktuerende gennemsnitskoncentration, samt en mere stabil og svagt faldende mediankoncentration.



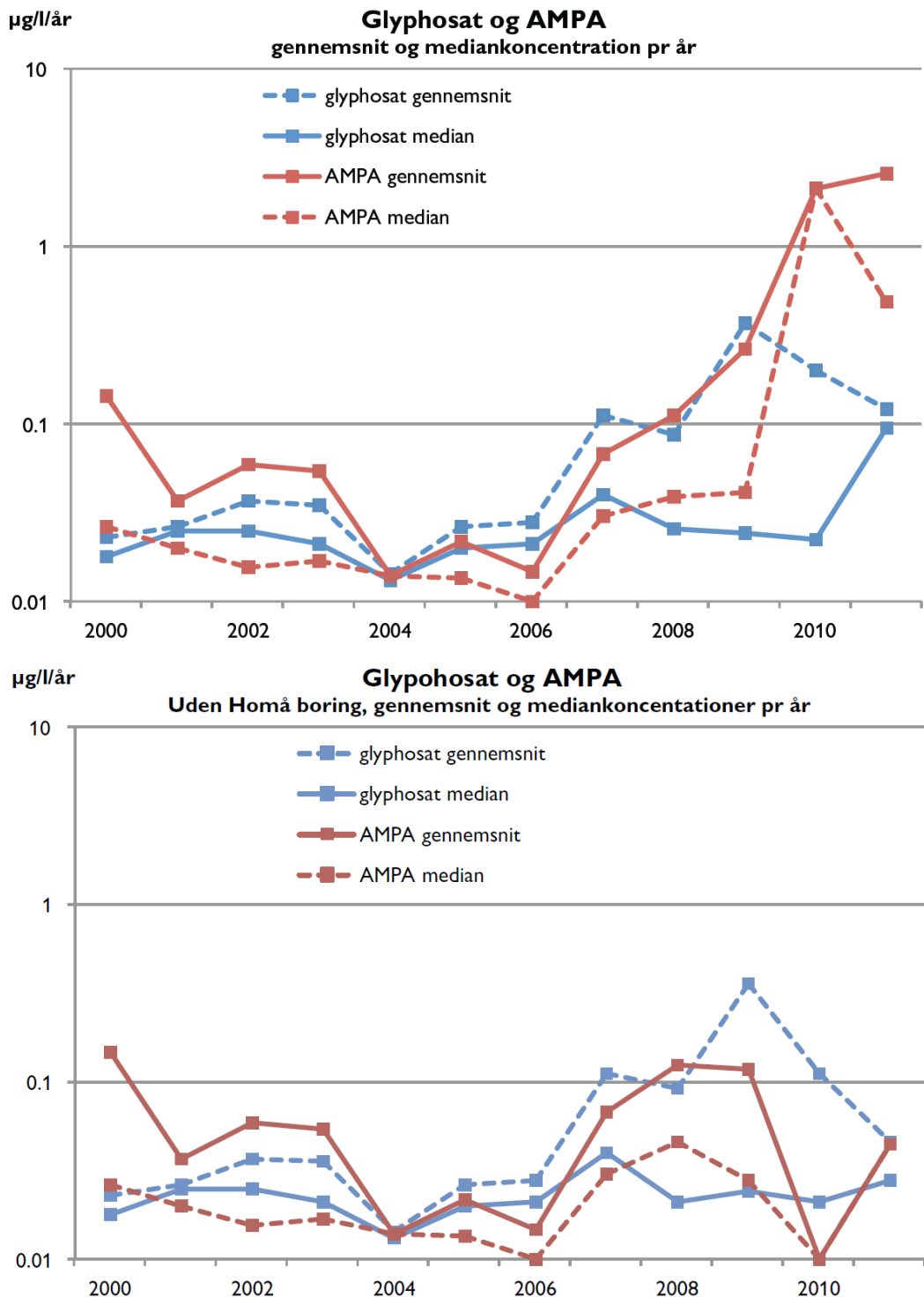


Figur 29. Gennemsnits og mediankoncentrationer pr år for dichlorprop og bentazon, der begge er pesticider reguleret af Miljøstyrelsen. Alle koncentrationer er beregnet på grundlag af analyser med fund fra grundvandsovervågningen. I figuren indgår ikke en række analyser fra indtag under Nørrebroparken med høje koncentrationer, som formodentlig skyldes uheld eller behandling af befæstede arealer. Antal analyser og antal analyser med fund pr år fremgår af tabel 14. Bemærk, at der er her anvendt en logaritmisk y-akse.

Figur 30 viser udviklingen for glyphosat og dets nedbrydningsprodukt AMPA – med og uden fund fra to indtag i overvågningsboring 70.14.02.01 og 02, DGUnr 71.483, Homå-boringen<sup>1</sup>. Der er kun to fund af AMPA i 2010, heraf det ene i meget høje koncentrationer, ligesom der er fire fund i 2011, heraf to fund med meget høje koncentrationer, se tabel 14. Tilsvarende gælder for glyphosat.

Den øverste figur (med fund fra Homå-boringen) viser, at koncentrationerne af glyphosat og AMPA er steget frem til 2009, mens den nederste figur (uden fund fra Homå-boringen) viser fluktuerende koncentrationer omkring og under grænseværdien. Der er for begge kurver tale om meget få analyser med fund, se tabel 14, og kurveforløbene er derfor statistisk usikre.

<sup>1</sup> Homå-boringen (DGU-nr. 71.483) har to indtag og blev i 2011 konstateret utæt i flere dybder. Der var derfor mistanke om, at fundet af glyphosat og AMPA i boringen skyldes sprøjtning direkte omkring boringen, snarere end pesticider i grundvandet. Nærmere undersøgelser af utæthedernes dybdemæssige placering i forhold til grundvandsspejlet og de meget høje fundkoncentrationer tyder dog på, at fundene snarere stammer fra en ukendt opstrøms punktkilde. Grundet utæthederne er det dog ikke muligt at vurdere, præcis hvilken dybde forureningen i det ene indtag stammer fra. Det er valgt i figur 30 og tabel 14 at vise fundene både med og uden resultater fra de to indtag.



Figur 30. Gennemsnits og mediankoncentrationer pr år for analyser med fund for glyphosat og glyphosats nedbrydningsprodukt AMPA. Glyphosat er godkendt af Miljøstyrelsen uden restriktioner. Den nederste figur viser gennemsnits og mediankoncentrationer for analyser med fund uden to indtag, 70.14.02.01 og 70.14.02.02 (Homå boringen, se fodnoten forrige side), er medtaget. For begge figurer er der tale om at antallet af analyser med fund er få, se tabel 14.

Tabel 14 viser forekomsten af de 6 udvalgte stoffer i perioden 1999 til 2011, hvor den samlede fundandel og fundandel større end 0,1µg/l er vist, samt antal analyser, analyser med fund og analyser med fund  $\geq 0,1$  µg/l. Fundandelene er præget af, at udtagningen af vandprøver frem

til 2009/2011 har været fokuseret på mere terrænnære indtag, og dermed mere sårbart vand. Dette betyder også, som før nævnt, at tidsserierne i figur 28, 29 og 30 er upræcise, fordi det ikke er de samme indtag, der er prøvetaget, og fordi antallet af analyser med fund er få.

GRUMO ANALYSER		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
BAM	Antal	113	430	527	829	833	852	801	797	792	643	825	859	800	709	641	509	638
	med fund	27	70	94	130	126	123	124	105	116	93	119	147	125	127	110	103	120
	≥0,1 µg/l	15	37	36	43	32	30	35	35	39	40	42	53	47	39	33	37	30
	andel fund	23,9	16,3	17,8	15,7	15,1	14,4	15,5	13,2	14,6	14,5	14,4	17,1	15,6	17,9	17,2	20,2	18,8
	andel ≥0,1 µg/l	13,3	8,6	6,8	5,2	3,8	3,5	4,4	4,4	4,9	6,2	5,1	6,2	5,9	5,5	5,1	7,3	4,7
DEIA	Antal				165	626	822	776	786	760	624	810	845	800	704	640	509	638
	med fund				13	29	32	47	55	42	66	88	96	115	112	84	82	70
	≥0,1 µg/l				4	8	12	11	11	14	22	18	26	32	20	16	13	10
	andel fund				7,9	4,6	3,9	6,1	7,0	5,5	10,6	10,9	11,4	14,4	15,9	13,1	16,1	11,0
	Andel ≥0,1 g/l				2,4	1,3	1,5	1,4	1,4	1,8	3,5	2,2	3,1	4,0	2,8	2,5	2,6	1,6
bentazon	Antal	102	301	518	823	829	852	797	794	784	644	824	859	799	709	641	509	638
	med fund	7	12	19	23	10	12	16	20	14	12	23	29	25	27	25	25	22
	≥0,1 µg/l	1	7	5	5	2	3	2	5	2	1	3	7	7	6	6	9	3
	andel fund	6,9	4,0	3,7	2,8	1,2	1,4	2,0	2,5	1,8	1,9	2,8	3,4	3,1	3,8	3,9	4,9	3,4
	Andel ≥0,1 µg/l	1,0	2,3	1,0	0,6	0,2	0,4	0,3	0,6	0,3	0,2	0,4	0,8	0,9	0,8	0,9	1,8	0,5
dichlorprop	Antal	715	704	686	823	829	852	797	792	784	642	824	859	799	709	640	509	638
	med fund	14	28	25	25	18	13	18	19	20	15	9	17	20	14	12	8	15
	≥0,1 µg/l	8	14	15	11	9	5	11	10	8	4	4	6	4	5	4	2	3
	andel fund	2,0	4,0	3,6	3,0	2,2	1,5	2,3	2,4	2,6	2,3	1,1	2,0	2,5	2,0	1,9	1,6	2,4
	Andel ≥0,1 µg/l	1,1	2,0	2,2	1,3	1,1	0,6	1,4	1,3	1,0	0,6	0,5	0,7	0,5	0,7	0,6	0,4	0,5
glyphosat	Antal			46	201	720	836	782	788	767	630	812	846	800	703	639	509	638
	med fund						8	5	6	9	3	13	9	14	10(9)	27 (25)	8(7)	5(3)
	≥0,1 µg/l								1	1				5	2	9 (8)	3(2)	2(0)
	andel fund						1,0	0,6	0,8	1,2	0,5	1,6	1,1	1,8	1,4	4,2	1,6	0,8
	andel ≥0,1 µg/l								0,1	0,1				0,6	0,3	1,4	0,6	0,3
AMPA	Antal			46	201	720	823	782	789	769	630	812	846	799	703	639	509	638
	med fund						13	9	6	7	1	4	6	3	8(/)	25(23)	2(1)	4(2)
	≥0,1 µg/l						3	1	2	1				1	2	7 (5)	1(0)	2(0)
	andel fund						1,6	1,2	0,8	0,9	0,2	0,5	0,7	0,4	1,1	3,9	0,4	0,6
	andel ≥0,1 µg/l						0,4	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,1	0,2	0,3

Tabel 14 Grundvandsovervågning 1995 til 2011. Antal analyser, antal analyser med fund antal analyser ≥0,1µ/l, andel fund og andel ≥0,1µ/l i %. Udvikling i fund af de forbudte stoffer BAM og DEIA, de regulerede stoffer bentazon og dichlorprop samt det godkendte stof glyphosat og dets nedbrydningsprodukt AMPA. Opgørelse er baseret på antal **analyser** med fund og antal analyser ≥ 0,1µg/l for de enkelte år. For glyphosat og ampe er antal fund uden indtagene 70.14.02.01 og 70.14.02.02 vist i ()

BAM kan findes i mange indtag, selv om det efterhånden er mere end 15 år siden moderstoffet, dichlobenil, blev fjernet fra markedet. Dette tyder på, at der er bundet en stor pulje af BAM eller dichlobenil i rodzonen, som langsomt udvaskes, dog i stadig mindre koncentrationer.

DEIA forekommer i stadig flere indtag, hvilket kan skyldes, at stoffet kan stamme fra nedbrydning af en lang række i dag forbudte triaziner og nedbrydningsprodukter, hvoraf et (terbuthylazin) først for nyligt er taget af markedet.

Det regulerede stof bentazon forekommer gennem de senere år i flere indtag, hvilket måske kan hænge sammen med fokuseringen på højtliggende grundvand, hvor der ofte findes pesticider. Dichlorprop er på trods af denne fokusering fundet i stadig færre indtag, og det markante fald i forbrug af dichlorprop gennem de sidste 15 år, afspejles i både fundandele og i koncentrationer i grundvandet.

Tabel 14 viser, hvordan forekomsten af glyphosat og AMPA i grundvandsovervågningen har udviklet sig siden 1997, hvor stofferne blev analyseret første gang og frem til 2011. Det ses, at antal analyser med fund fra 2005 til 2011 har været på samme niveau for glyphosat og svagt faldende for AMPA, dog undtaget det relativt store antal fund i 2009. Fundandelene i 2009 er derfor næppe typiske for grundvandets tilstand. Årsagen til den høje andel fund i 2009 kendes ikke.

### **Forekomst af pesticider mod dybde i grundvandsovervågningen**

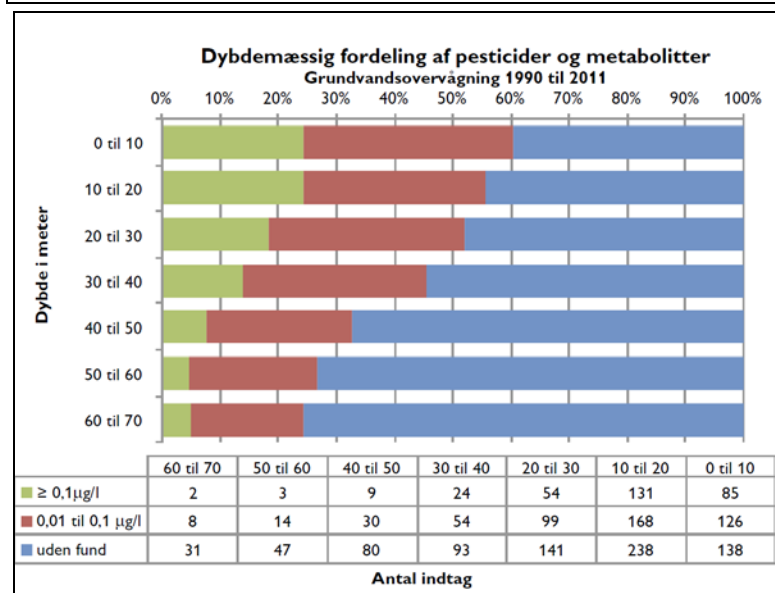
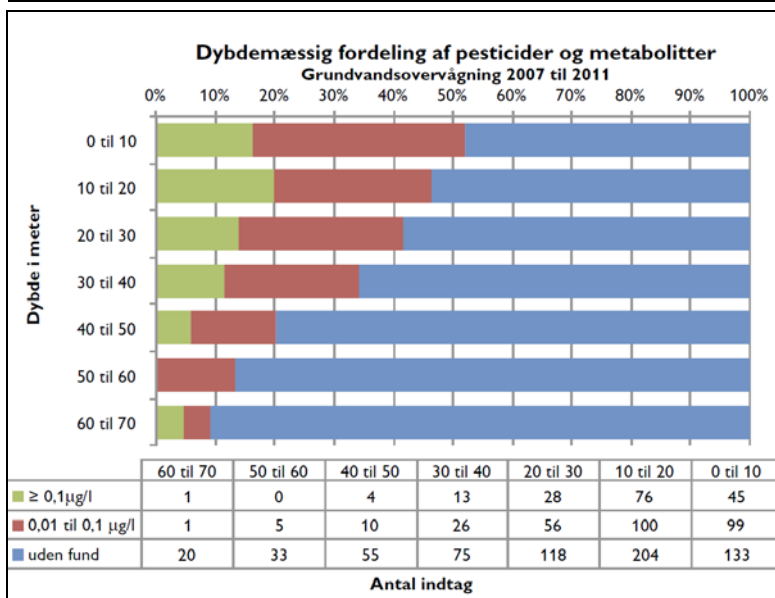
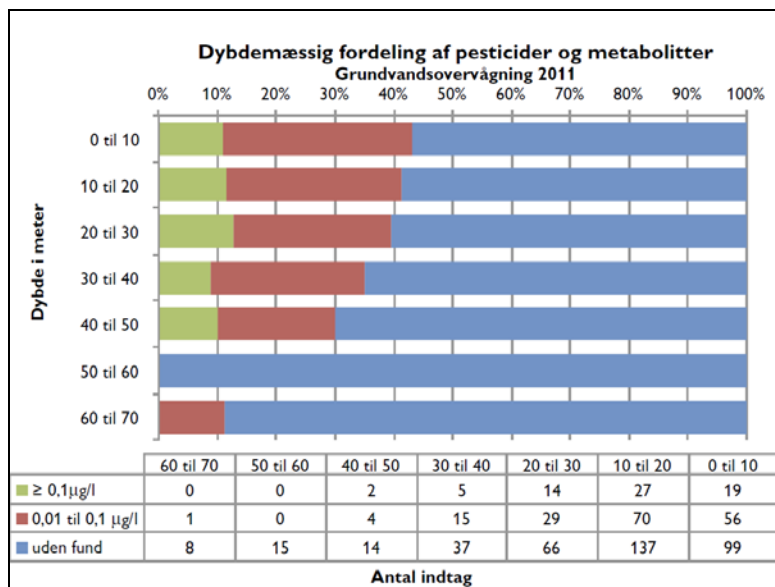
Figur 31 viser fordelingen af pesticider og nedbrydningsprodukter mod dybden i grundvandsmagasinerne. Det fremgår af øverste diagram, hvordan den aktuelle situation var i 2011. I midten er vist samlet status for perioden 2007 – 2011. Nederst er vist resultatet for den samlede overvågningsperiode 1990 - 2011.

Opgørelsen for hele perioden viser, hvor stor en andel af indtagene, der må anses for at være sårbare overfor de pesticider og nedbrydningsprodukter, der har givet anledning til den pågældende påvirkning, mens opgørelsen 2007 – 2011 viser fordelingen for den seneste programperiodes analyseprogram fra 2007 til 2010 samt for 10 ekstra nedbrydningsprodukter i 2011.

Fordelingen af fund mod dybde i 2011 viser, at der er fundet pesticider i mere end 40 % af de undersøgte indtag i intervallet 0 til 20 meter under terræn. Der er i 2011 ikke fundet så mange pesticider og nedbrydningsprodukter i dybere niveauer af magasinerne, hvilket bl.a. skyldes, at antallet af analyserede dybe indtag er formindsket, således som det også fremgår af tabellen i figur 31. I forhold til 2010 ses, at der forekommer en større andel pesticider i både de øvre og nedre dele af det undersøgte grundvand. En forklaring kan være at dybdefordelingen i 2011 medtager ti nye stoffer, hvoraf otte er fundet i varierede grad i grundvandet.

For perioden 2007 til 2011 ses, at forekomsten af pesticider falder fra 52 % i intervallet 0 til 10 meter under terræn, til 46 % i intervallet 20 til 30 meter under terræn, hvorefter andelen af indtag med fund falder til 20-15 % i 40 til 60 meter under terræn.

Den dybdemæssige fordeling fra hele overvågningsperioden 1990-2011 viser, at der er fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 60 % af indtagene i dybdeintervallet 0-20 m.t., og at kvalitetskravet er overskredet i ca. 25 %. Antallet af fund aftager med dybden til ca. 25 % i intervallet 60-70 meter under terræn, men der er også fundet pesticider i større dybder.

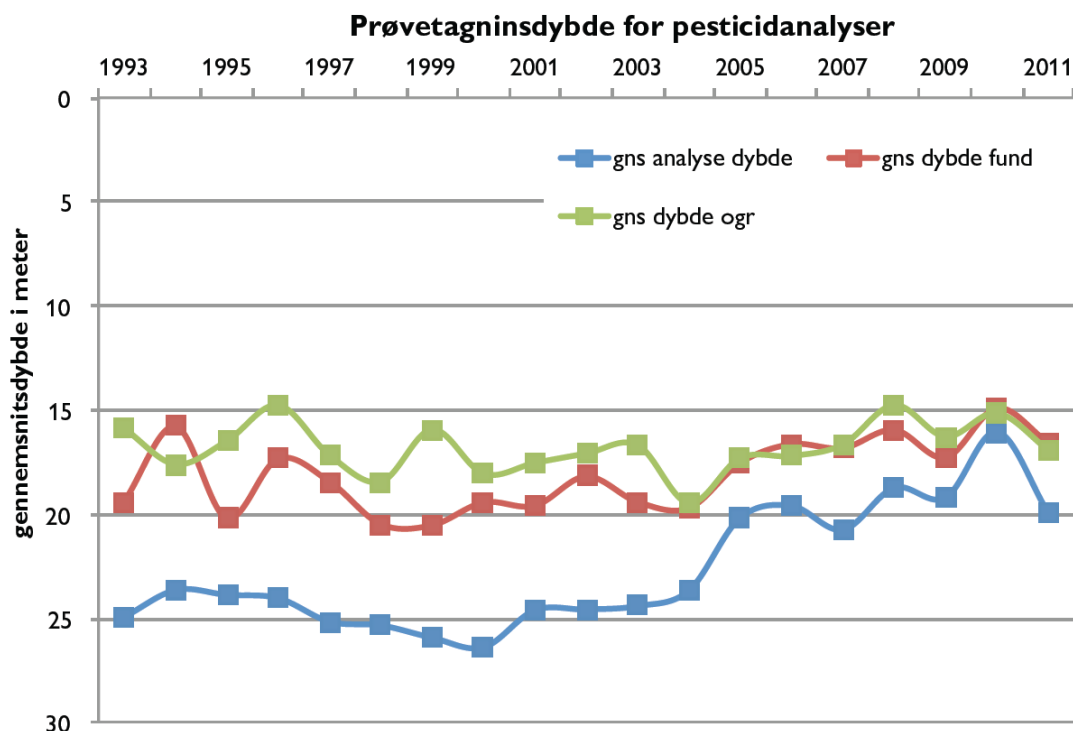


Figur 31. Dybdefordeling af pesticider og nedbrydningsprodukter fra GRUMO i forhold til dybde fra terræn til top af indtag i 2011, i seneste programperiode (2007-2011), hvor indtagene er analyseret for stofferne i tabel 9, og i hele overvågningsperioden (1990-2011). **Antal indtag** i hver af de tre koncentrations-klasser for hvert dybdeinterval er vist under figurerne. 2 fund i dybden 40 til 50 meter under terræn for 2010 samt 2 fund fra 70 til 90 meter under terræn for 2007 til 2010 er ikke vist i figuren. Under hver figur er antal analyser, analyser med fund og fund over grænseværdien vist. Det fremgår, at antallet af analyserede indtag i 2011 og 2007 til 2011 er lille i det dybtliggende interval.

Fordelingen viser, at det mest sårbare grundvand ligger tættest ved terræn. Figuren viser, i hvilket omfang indtag på forskellige dybder gennem hele monitoringsperioden på 21 år en eller flere gange har været påvirket af pesticider og metabolitter.

Figur 32 viser, hvordan den gennemsnitlige prøvetagningsdybde er ændret i perioden 1993 til 2010 for alle indtag, for indtag med fund og for indtag med fund  $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$ . Det fremgår, at den gennemsnitlige dybde til toppen af indtagene er blevet mindre, og at der i perioden fra 2003 er analyseret indtag i mindre dybder, men også at indtagsdybden er større i 2011, hvilket kan forklare at andelen af pesticidfund i 2011 er en smule mindre end i 2010.

Den gennemsnitlige dybde for indtag med fund og indtag med fund  $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$  er tilsvarende blevet nogle meter mindre gennem de seneste 10 år og spændet mellem fund og fund  $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$  er mindre end perioden før 2004. Dette kan skyldes den ændrede prøvetagningsstrategi.



Figur 32. Prøveudtagningsdybde. Udvikling i gennemsnitlig dybde til top indtag i monitoringsperioden 1993 til 2011. Gennemsnit er beregnet ved at beregne gennemsnit til top indtag pr år for alle pesticidanalyser pr år. Gns. analyse dybde - den gennemsnitlige dybde til top indtag for alle analyserede prøver. Gns. dybde fund - den gennemsnitlige dybde fra terræn til top indtag for vand prøver med fund. Gns. dybde ogr - den gennemsnitlige dybde til top indtag med fund af pesticider over grænseværdien.

## Vandværkernes kontrol af indvindingsboringer

### Datagrundlag

Drikkevandsboringer analyseres ikke hvert år, men i en turnus på 3 - 5 år afhængigt af, hvor meget vand det enkelte vandværk indvinder. Analyseprogrammet på vandværkerne er meget varierende over tid og mellem vandværkerne indbyrdes (Miljøministeriet, 2007). Her afrapporteres pesticidanalyser fra indvindingsboringer gennemført af offentlige og private almene vandværker for perioden 1992 til 2011.

Kommunerne er i dag ikke forpligtet til at indberette oplysninger om lukkede, nedlagte eller fusionerede vandværker. Det har som konsekvens, at der ikke findes fyldestgørende data om, hvor mange og hvilke vandværker, der er aktive.

For at afgrænse mængden af aktive indvindingsboringer bedst muligt anvendes derfor alene boringer fra vandværker, hvorfra der er boringskontrolanalyser indenfor de sidste 5 år. Det betyder, analyser fra boringer, der ikke prøvetages med korrekt hyppighed, mangler. Derudover mangler data fra indvindingsboringer, hvorfra kommunerne ikke har godkendt analyseresultaterne, se kapitel 2. Boringer, der er nedlagte, og tidligere indvindingsboringer, hvorfra der ikke længere modtages boringskontrolanalyser, indgår i stedet i datasættet "Andre Boringer". Oplysninger fra disse boringer er medtaget i opgørelserne af fundandele "Andre Boringer" for at kunne følge udviklingen i disse.

### Relevans

Her redegøres for hvor stor en andel af vandværkernes indvindingsboringer, der har indeholdt pesticider eller nedbrydningsprodukter pr. år samt i perioden 1993-2011, fund mod dybde samt den regionale fordeling af fund.

Da vandværkerne løbende nedlægger eller etablerer boringer, afspejler udviklingen i fund pr. år ikke situationen i grundvandsmagasinerne, men vandværkernes evne til at håndtere problemerne med pesticider i de boringer, hvorfra der indvindes grundvand. I dette afsnit vurderes kun vandprøver udtaget af aktive vandværker fra deres råvandsboringer.

### Tilstand, udvikling og årsager

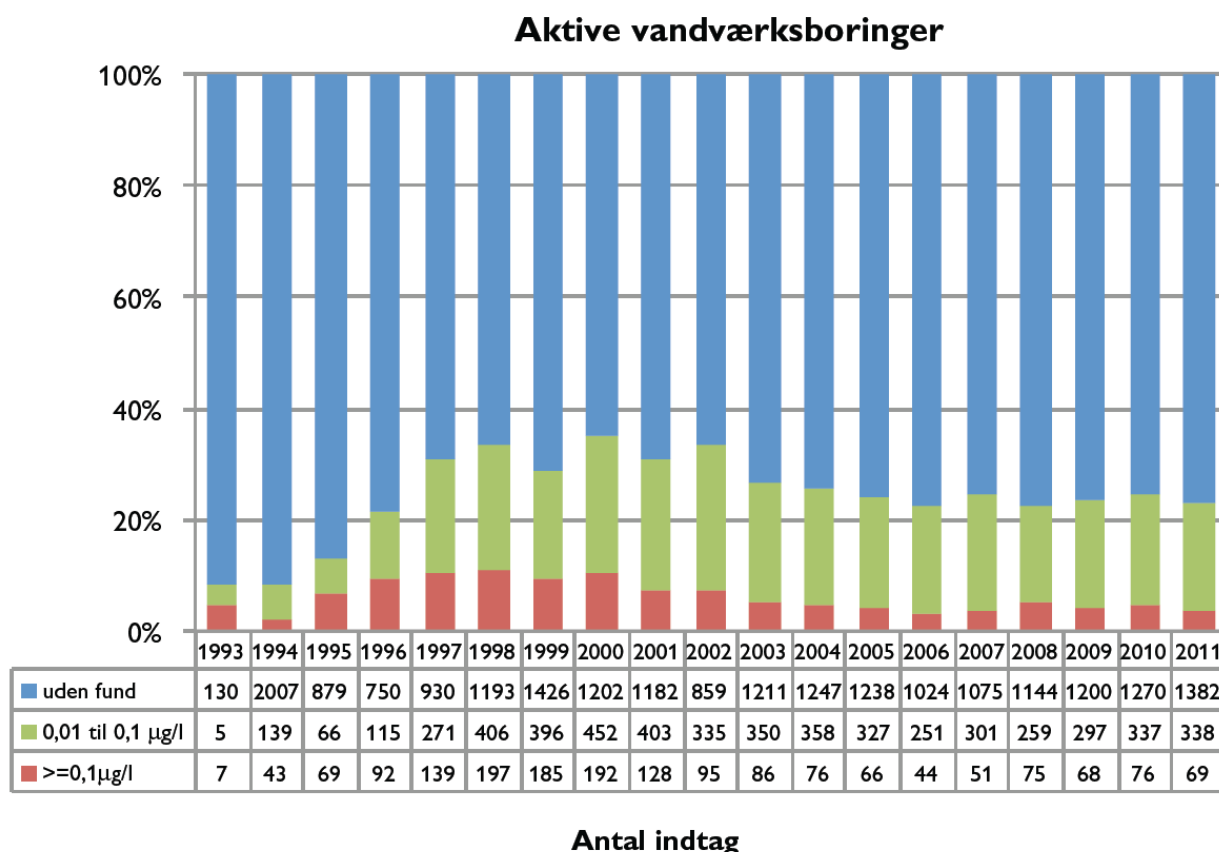
Tabel 15 og figur 33 viser udviklingen i fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværkernes indvindingsboringer. I 2009 til 2011 blev der fundet pesticider i ca. 20 - 25 % af de analyserede boringer, mens der i hele undersøgelsesperioden blev fundet pesticider i ca. 26 % af boringerne. Den relativt lave samlede procentdel for hele perioden sammenlignet med fundprocenterne i de seneste år skyldes, at vandværkerne løbende lukker boringer med pesticidfund, og at tabellen kun viser boringer, der stadig er aktive. Dette skal ses i forhold til grundvandsovervågningen, hvor andelen af påvirket grundvand over 20 år er væsentlig større end den, der findes i de enkelte år for boringskontrollen.

Fra omkring år 2000 har andelen af pesticidpåvirkede indvindingsboringer været faldende, og andelen har de sidste 5-6 år stabiliseret sig omkring 20 til 25 %. I 2009 blev der fundet pesticider i 19 % af de undersøgte boringer, mens kvalitetskravet var overskredet i 4,3 %. I 2010 blev der fundet pesticider i 25 % af de aktive boringer, mens kvalitetskravet var overskredet i 4,5 %. Der blev i 2011 fundet pesticider i 22,8 % og 3,9 % med overskridelse ad grænseværdien.

Aktive indvindingsboringer	Analyser	Antal boringer			Andel boringer i %		
		antal	i alt	0,01 til 0,1 µg/l	≥ 0,1 µg/l	0,01 - 0,1 µg/l	≥ 0,1 µg/l
2011	2026	1.789	338	69	18,9	3,9	22,8
2010	1.850	1683	337	76	20	4,5	24,5
2009	1.754	1.565	231	68	14,6	4,3	19
1992 - 2011	27.802	6.206	1.293	333	20,8	5,4	26,2

Tabel 15. Pesticider i vandværkernes boringskontrol. Boringer uden indvinding er overført til gruppen "Andre Boringer". **Andel analyser** med fund er vist i tabel 16.

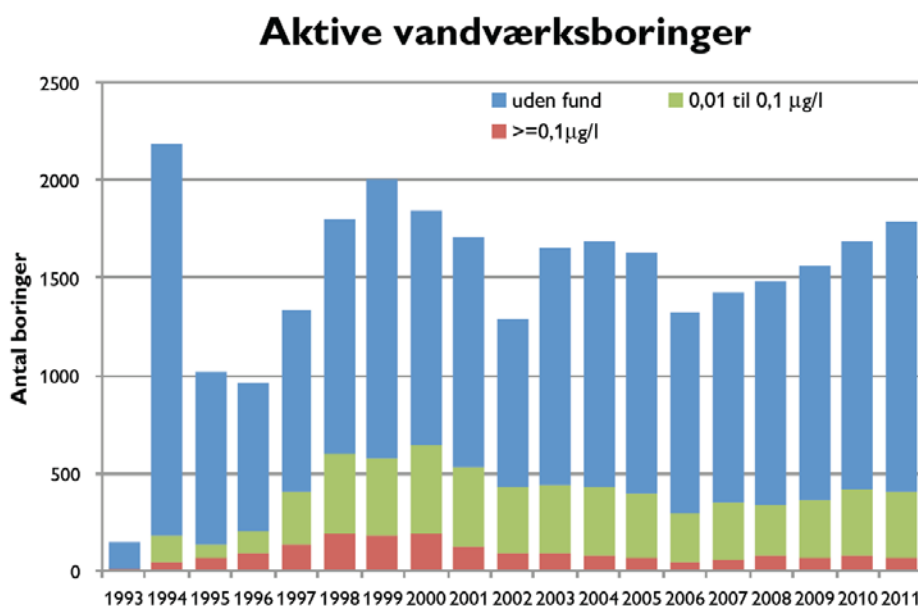
Faldet i andelen af boringer med fund over grænseværdien på 0,1 µg/l kan skyldes, at vandværkerne i nogle tilfælde tager forurenede boringer ud af drift (se figur 33), mens årsagen til den stigende andel af pesticidpåvirkede boringer op gennem 90'erne formodentlig er, at mange vandværker har analyseret for et stigende antal pesticider og nedbrydningsprodukter.



Figur 33. Fordeling af pesticidindhold i vandværkernes indvindingsboringer pr. år. (1993-2011) Indikatoren indeholder ikke de samme boringer fra år til år, da disse analyseres i en turnus på op til fem år. Desuden tager vandværkerne ofte indvindingsboringer med indhold af pesticider ud af drift. **Antal boringer** i hver af de tre klasser er anført under de enkelte år.



Figur 34 viser antal boringer undersøgt for pesticider i perioden 1993-2011. Det ses at antallet af boringer, der overstiger grænseværdien gennem de seneste 5 år, er stabiliseret.



Figur 34. Antal boringer med fund af pesticider pr år fundet ved vandværkernes boringskontrol. Hvert års data stammer fra et udtræk fra databasen udført det pågældende år, da vandværkerne løbende lukker eller sløjfer boringer fx pga. forurening med organiske mikroforureninger eller pesticider.

De pesticider og nedbrydningsprodukter, der hyppigst findes i vandværkernes indvindingsboringer, er generelt stoffer, som er forbudt og som ikke har været i handelen i 6 til ca. 15 år, eller stoffer pålagt anvendelsesbegrænsninger i Danmark. Alderen af det vand som vandværkerne indvinder til drikkevandsformål er ofte mere end 10-20 år gammelt, og stofferne, der findes i råvandsboringerne, må forventes at kunne påvirke grundvandet og eventuelt drikkevandet mange år frem.

Tabel 16 viser antallet af pesticid**analyser** for perioden 1994-2011 for aktive indvindingsboringer for dette års udtræk. Det fremgår, at der blev udført 1934 analyser i 2003, mens antallet er 1.972 i 2009, 1899 i 2010 og 2026 i 2011. Der er formentlig derudover en række indvindingsboringer, der ikke indgår i datasættet, idet der ikke kan udelukkes en vis underrapportering fra ikke godkendte analyser. Omvendt er det muligt at nogle af disse boringer anvendes som reserve eller monitoringsboringer, og ikke anvendes til indvinding. Endelig er det svært at sammenholde boringskontrol datasættet fra år til år, fordi resultater fra sløjfede eller ikke-aktive indvindingsboringer bliver overført til datasættet "Andre Boringer", og fordi der hvert år etableres nye indvindingsboringer.

Der er i 2011 gennemført en revision af det analyseprogram, vandværkerne skal anvende fra 1. januar 2012. Dette program omfatter bl.a. en del nye stoffer, som er fundet i grundvandsovervågningen. I tabel 17 ses de hyppigst fundne stoffer i grundvandsovervågningen, boringskontrollen og "Andre Boringer". Grundvandsovervågningen har vist, at, fx DEIA, glyphosat, AMPA og metribuzins nedbrydningsprodukter kan findes relativt hyppigt. Disse stoffer vil fremover indgå i vandværkernes analyseprogram.

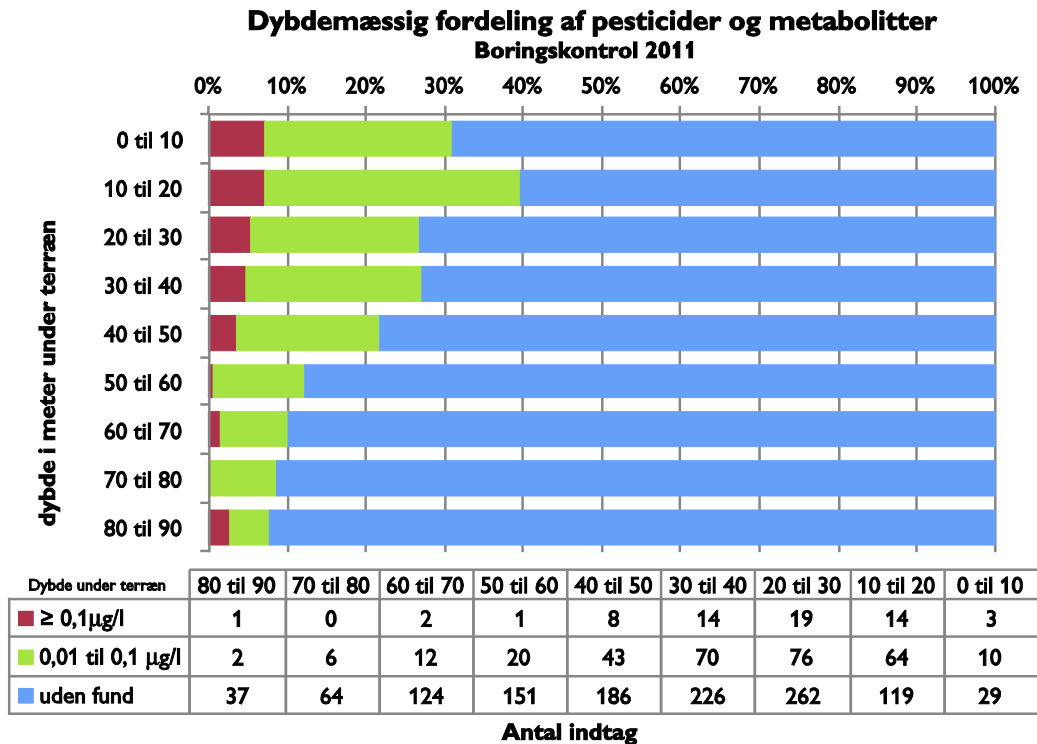
Borings kontrol	Antal analyser			% analyser		Gennemsnitsdybde m.u.t		
	pr år	med fund	≥0,1 µg/l	fund	≥0,1 µg/l	Alle boringer	Med fund	≥0,1 µg/l
1994	1205	70	9	5,8	0,7	39,1	27,7	26,6
1995	627	69	21	11,0	3,3	39,3	25,0	27,9
1996	666	96	22	14,4	3,3	41,7	30,7	27,3
1997	851	175	44	20,6	5,2	39,6	30,2	33,7
1998	1266	324	57	25,6	4,5	39,8	31,9	33,8
1999	1494	340	61	22,8	4,1	41,7	33,2	31,9
2000	1510	450	75	29,8	5,0	40,4	29,7	29,7
2001	1530	437	74	28,6	4,8	39,8	30,0	30,3
2002	1316	427	75	32,4	5,7	39,8	30,0	30,1
2003	1934	555	91	28,7	4,7	38,8	27,8	26,1
2004	1681	474	84	28,2	5,0	37,8	27,7	26,2
2005	1755	456	78	26,0	4,4	37,8	27,7	27,4
2006	1583	479	75	30,3	4,7	40,7	28,3	25,3
2007	1857	552	100	29,7	5,4	40,2	28,3	26,8
2008	2046	553	125	27,0	6,1	39,2	28,7	26,4
2009	1972	546	108	27,7	5,5	40,0	30,7	27,3
2010	1989	581	111	29,2	5,6	39,9	29,2	26,6
2011	2026	557	107	27,5	5,3	42,2	32,6	28,6

Tabel 16. Pesticidstatus for vandværkernes indvindingsboringer opgjort på **antal analyser** pr. år i aktive indvindingsboringer. Analyser og procentvis fordeling med fund, fund større end kravværdien for drikkevand og grundvand på 0,1 µg/l. Denne tabel kan ikke umiddelbart **sammenlignes** med tabel 15, da denne tabel bygger på **antal analyser** i modsætning til tabel 15, der bygger på **antal boringer**. Tabellen viser derudover for hvert år den gennemsnitlige dybde for de analyserede og aktive indvindingsboringer og de gennemsnitlige dybder for indvindingsboringer med fund og overskridelser af kravværdien.

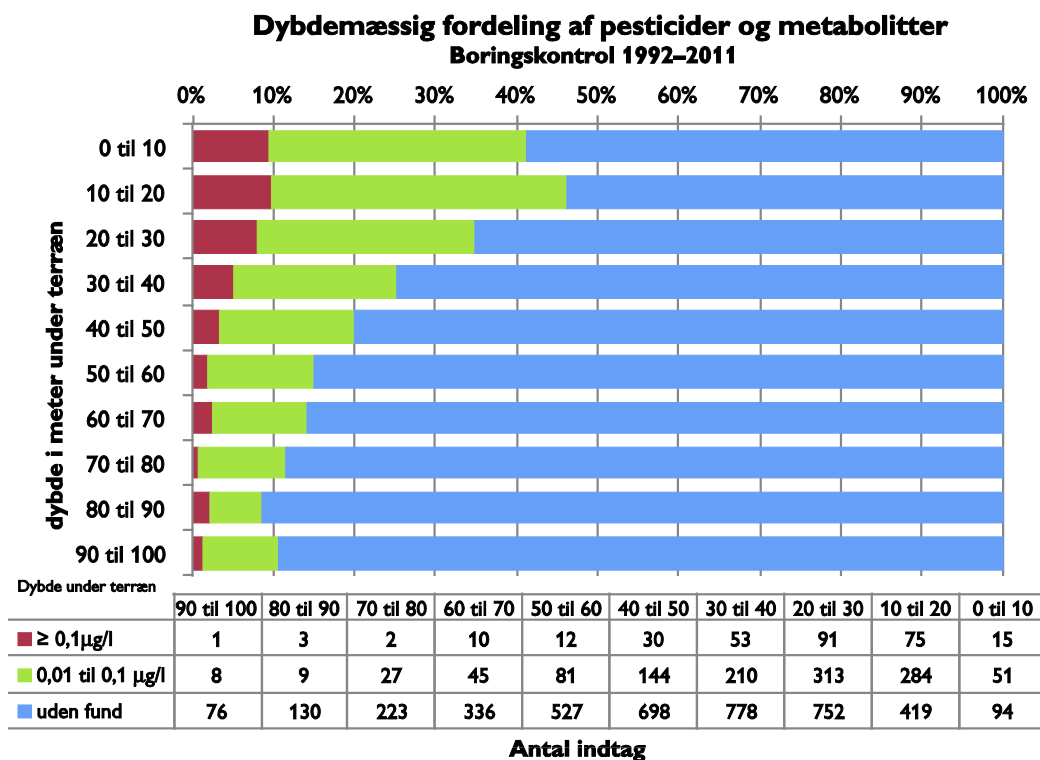
### Vandværkernes indvindingsdybde og fund af pesticider

Figur 35a og 35b viser, hvorledes andelen af fund af pesticider falder med dybden til toppen af boringernes vandindtag målt i forhold til terræn. Det fremgår, at der i 2011 blev fundet pesticider i ca. 30-40 % af de aktive indvindingsboringer, der indvandt grundvand fra intervallet 0 til 30 meter under terræn. Af figuren fremgår det, at de fleste af de boringer, der blev analyseret i 2011 ligger i intervallet 20 til 60 meter under terræn, og at antallet af analyserede boringer i intervallet 10 til 20 meter er lille.

Fund af pesticider i indvindingsboringer, der har været aktive i hele perioden 1992-2011 viser, at der er fundet pesticider i ca. 45 % af det øverste grundvand i intervallet 0 til 20 meter under terræn, hvor drikkevandskvalitetskravet var overskredet i ca. 10 % af boringerne. Der findes en tilsvarende fordeling mod dybde som i 2011, hvilket er forventeligt, da det er tilfældigt, i hvilken dybde og i hvilken rækkefølge de boringer, der indgår i analyseprogrammet, prøvetages i.



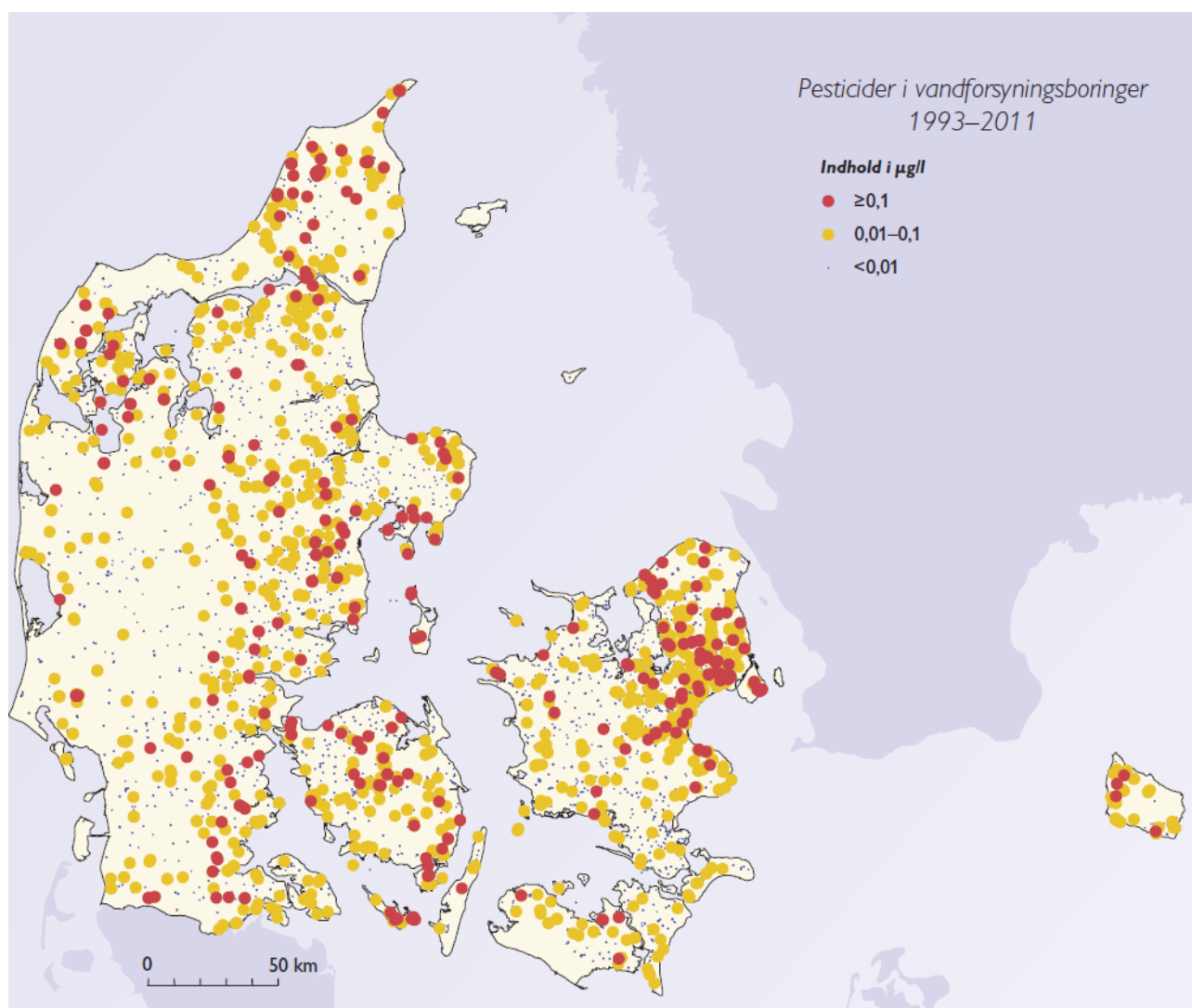
Figur 35a. Dybdemæssig fordeling af pesticider i vandværkernes boringskontrol som funktion af dybden til overkanten af indtaget for 2011. Kun indtag med oplysninger om dybde er medtaget.



Figur 35b. Dybdemæssig fordeling af pesticider i vandværkernes boringskontrol som funktion af dybden til overkanten af indtaget for hele perioden 1992 til 2011. Kun indtag med oplysninger om dybde er medtaget.

## Geografisk fordeling af fund af pesticider og nedbrydningsprodukter

Figur 36 viser fordelingen på landsplan af pesticidindholdet i aktive indvindingsboringer. Der foreligger ikke oplysninger om koordinater for alle boringer, og kortet viser derfor ikke alle analyserede boringer. Kortet viser, at der ved nogle større byer findes mange pesticider og nedbrydningsprodukter (fortrinsvis BAM, der stammer fra det forbudte pesticid dichlobenil), men også, at der er en overrepræsentation af fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i lerede områder, hvor der også findes den største befolkningstæthed.



Figur 36. Pesticider og nedbrydningsprodukter ved vandværkernes boringskontrol, 6.235 indvindingsboringer med utm koordinater tilhørende aktive vandværker. Højeste koncentration for perioden 1993-2011 er vist. Resultaterne er opdelt i boringer uden fund, fund af pesticider mellem 0,01 og 0,1 µg/l samt fund der overstiger drikkevandskvalitetskravet på 0,1µg/l. En boring medtages, såfremt der en eller flere gange er påvist pesticider i en eller flere vandprøver, og den enkelte aktive boring indeholder derfor ikke nødvendigvis pesticider i dag.

Der er ret få fund af pesticider og nedbrydningsprodukter på de sandede jyske hedesletter, hvor vandværkerne generelt indvinder grundvand fra større dybder end i resten af landet bla. pga. nitrat i det øverste grundvand. Samtidig er boringstætheden lav i disse områder på grund af den lavere befolkningstæthed.

En skarp grænse ses på Lolland til et område på den sydligste del af øen. Dette skyldes, at det netop i dette område kan være svært at finde større grundvandsmagasiner, da undergrunden hovedsageligt består af fedt ler, og dybere liggende kalklag ofte er saltholdige. Der findes derfor ikke ret mange almene indvindingsboringer i området.

### **Pesticider fundet ved forskellige typer af overvågninger af grundvandet**

Tabel 17 viser hvilke stoffer, der gennem de sidste ca. 20 år er fundet hyppigst i henholdsvis grundvandsovervågningen, ved vandværkernes kontrol af aktive indvindingsboringer og i gruppen "Andre Boringer". "Andre Boringer" omfatter bl.a. nedlagte indvindingsboringer, små private vandforsyningsanlæg, der ofte forsyner enkeltliggende husstande i det åbne land, samt andre boringer. Tabellen omfatter hele overvågningsperioden.

BAM (nedbrydningsprodukt fra det forbudte stof dichlobenil) findes hyppigst i alle typer pesticidundersøgelser af dansk grundvand, men også de i dag forbudte triaziner og de tilhørende nedbrydningsprodukter forekommer med stigende hyppighed i forhold til tidligere opgørelser, fx DEIA, der forekommer i næsten 15 % af indtagene i grundvandsovervågningen samt deisopropylatrazin, deethylatrazin og atrazin.

Nedbrydningsproduktet desam-diketo-metribuzin fra pesticidet metribuzin (forbudt aktivstof i tidligere anvendte kartoffelmidler) analyseres i grundvandsovervågningen, men er ikke obligatorisk i analyseprogrammet for vandværkerne frem til 1. januar 2012. Vandværkerne skal fra 1. januar 2012 anvende det opdaterede analyseprogram ved kontrollen af indvindingsboringerne. Dette program indeholder bla nedbrydningsprodukter fra det forbudte stof metribuzin, men også stoffer som fx det godkendte stof glyphosat og nedbrydningsproduktet AMPA.

Disse "ny" stoffer vil formodentlig kunne findes i nogle indvindingsboringer de kommende år, fx er nedbrydningsproduktet DEIA, der stammer fra en række forbudte pesticider, kun analyseret i 83 indvindingsboringer i 2011.

Det mest anvendte pesticid i Danmark, glyphosat og dets nedbrydningsprodukt AMPA, forekommer i grundvandsovervågningen, hvor stofferne akkumuleret i perioden 1990 til 2011 er fundet i henholdsvis 6,7 % og 4,6 % af de undersøgte indtag, se tabel 17. I 2011 blev glyphosat og AMPA fundet i 0,8% og 0,6% af de undersøgte indtag.

Tabel 18 viser for 2011, opdelt på samme måde som tabel 17, de 20 hyppigst fundne pesticider. Det fremgår, at der er fundet glyphosat i 0,5 % af vandværksboringerne (i en boring), mens AMPA ikke er fundet i vandværkernes boringskontrol i 2011. Dette kan skyldes, at der i 2011 kun er analyseret for de to stoffer i 185 vandværksboringer ud af ca. 7.000 aktive, se bilag 5 og 6. I de aktive vandværksboringer er der i hele monitoringsperioden 1990-2011, tabel 17, fundet glyphosat i 1,3 % af de vandværksboringer, hvor der er analyseret for stoffet, mens nedbrydningsproduktet AMPA er fundet i 0,5 % af boringerne.

De ret høje fundandele for glyphosat og AMPA i gruppen "Andre Boringer" i tabel 17 stammer bl.a. fra en undersøgelse af små private vandforsyningsanlæg, hvor stoffet blev fundet i drikkevandsanlæg (bl.a. gravede brønde og boringer i bunden af gravede brønde), der indvandt grundvand fra højtliggende grundvand i lerede områder.

Ud over de 20 hyppigst fundne stoffer i tabel 18 er der i 2011 gennemført analyse for en række nye stoffer i grundvandsovervågningen, fx PPU. PPU er et nedbrydningsprodukt fra rimsulforon, der i dag er forbudt, bilag 3.

Rimsulfuron har fra 2001 til 2010 været anvendt i kartofler med en dosering på 7 g/ha (et såkaldt minimiddel), og det samlede salg har kun ligget på 150 til 250 kilo aktivstof pr år. På trods af dette lille forbrug målt i kg aktivstof og den korte anvendelsesperiode, er der i 2011 fundet PPU i 5 indtag, der alle overvåger højtliggende grundvand i intervallet fra 3-7 m.u.t i to oplande med sand. PPU fundene ligger i koncentrationsintervallet 0,018 til 0,084 µg/l og ligger dermed under grænseværdien for drikke- og grundvand på 0,1 µg/l. De relativt mange fund er bemærkelsesværdige pga af den korte anvendelsesperiode, det lave forbrug og de små udsprøjtede mængder pr hektar. Se også bilag 3.

## Referencer, Pesticider

### Dansk lovgivning, vejledninger mv.

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

Miljøministeriet 2011: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1024 af 31. oktober 2011. (Drikkevandsbekendtgørelsen)

Miljøstyrelsen, 2010: Bekæmpelsesmiddelstatistik 2009, Orientering fra Miljøstyrelsen, 8, 2010

Miljøstyrelsen, 2012: Redegørelse om jordforurening 2010. Redegørelser fra Miljøstyrelsen nr. 1, 2010.

### EU- direktiver

EU, 1980: Rådets direktiv 80/778/EØF af 15. juli 1980. (1. version af Drikkevandsdirektivet)

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

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

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

### Andre referencer

#### Links:

<http://pesticidvarsling.dk/>

Grundvandsovervågning 1990-2011			Boringskontrol 1992-2011			Andre Boringer 1990-2011		
Stofnavn	% Fund	% ≥0,1 µg/l	Stofnavn	% Fund	% ≥0,1 µg/l	Stofnavn	% Fund	% ≥0,1 µg/l
BAM	21,0	8,1	BAM	19,4	4,2	BAM	29,6	14,0
DEIA	13,9	3,9	Bentazon	2,8	0,4	4-Nitrophenol	8,1	4,6
Atrazin, deisopropyl	10,5	1,5	4-Nitrophenol	2,5		DEIA	8,0	1,3
4-Nitrophenol	9,4	0,6	Mechlorprop	2,4	0,2	Atrazin, desethyl-	6,9	1,6
Atrazin, deethyl-	8,2	1,3	4CPP	2,2	0,3	Atrazin, desisopropyl	6,7	1,4
Bentazon	6,9	1,9	Atrazin	1,9	0,2	Atrazin	6,4	1,7
Glyphosat	6,7	1,5	Dichlorprop	1,9	0,2	4CPP	6,0	3,8
Atrazin	5,7	1,3	Atrazin, deethyl-	1,7	0,1	AMPA	4,9	1,5
Triklorreddikesyre	5,1	1,3	Atrazin, deisopropyl	1,5	0,0	Simazin	4,9	0,7
Dichlorprop	5,1	1,5	Hexazinon	1,3	0,1	2,6-DCPP	4,6	1,0
AMPA	4,6	1,2	Glyphosat	1,2		Mechlorprop	4,0	1,7
Didealk-hydr.atrazin	4,5	0,5	Simazin	0,9	0,0	Bentazon	3,9	1,3
Mechlorprop	4,4	1,1	2,6-DCPP	0,7		Dichlorprop	3,8	1,5
Metribuzin-desam- diketo	4,3	2,0	Dichlobenil	0,7	0,1	Glyphosat	3,8	0,8
Deisopr.-hydr.atrazin	3,2	0,3	hydroxysimazin	0,7	0,3	deethylterbutylazin	3,5	0,7
Simazin	3,1	0,5	MCPA	0,7	0,1	Ethylthiurea	2,5	0,7
4CPP	2,9	1,0	2,6-dichlorebenzoyre	0,6		Hexazinon	2,1	0,6
Deethyl-hydr.-atrazin	2,5	0,1	Atrazin, hydroxy-	0,6	0,1	Atrazin, hydroxy-	2,1	0,4
MCPA	2,4	0,4	AMPA	0,5		Dichlobenil	2,0	0,3
Ethylthiurea	2,3	0,3	Metribuzin-desamino-	0,5		Metribuzin-desamino-	1,9	0,6

Tabel 17. De 20 hyppigst fundne stoffer i Grundvandsovervågningen (1990 – 2011), aktive indvindingsboringer (1992 – 2011) og i ”Andre boringer” (1990 – 2011), der omfatter nedlagte indvindingsboringer, vandværkernes egne overvågningsboringer og andre analyser fra fx små private vandforsyninger. De viste andele er beregnet med antal analyserede indtag/boringer og boringer med fund og fund  $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$ . Der er kun medtaget stoffer, der er analyseret i mere end 200 boringer fra grundvandsovervågning og fra boringskontrollen, mens der kun er medtaget stoffer, der er analyseret i mere end 500 boringer for ”Andre Boringer” for at undgå resultater fra forureningsundersøgelser. Se også bilag 1-6 med oplysninger om antal analyser, antal boringer og koncentrationintervaller. I opgørelsen for Andre Boringer er fx parathion udeladt. Stoffet er analyseret i 339 boringer og fundet i høje koncentrationer i mange boringer fra punktkildeundersøgelser. Alle fund er dog medtaget i bilag 1-6. De beregnede fund-andele for grundvandsovervågningen viser, hvor stor en andel af indtagene, der en eller flere gange har indeholdt det enkelte stof i **hele** perioden 1990 til 2011. Andelen opgjort for hele perioden kan derfor ikke sammenholdes med fund-andelen pr. år.

Grundvandsovervågning 2011			Boringskontrol 2011			Andre boringer 2011		
Stofnavn	% Fund	% >0,1 µg/l	Stofnavn	% Fund	% >0,1 µg/l	Stofnavn	% Fund	% >0,1 µg/l
BAM	18,6	4,8	BAM	17,8	2,9	BAM	22,1	7,8
DEIA	11,0	1,6	Bentazon	2,1	0,2	DEIA	5,8	1,0
Atrazin, deisopropyl	8,3		Deethyl- hydroxy-atrazin	1,9		4CPP	4,9	2,1
Atrazin, deethyl-	4,9	0,5	Mechlorprop	1,6	0,2	AMPA	4,2	0,3
Didealk.-hydr.atrazin	4,3	0,3	4CPP	1,3	0,3	Atrazin, deisopropyl	4,1	0,8
Metribuzin-desam- diket	3,8	1,4	Atrazin	1,2		Atrazin	3,9	1,0
Bentazon	3,5	0,5	Dichlorprop	1,2	0,2	Bentazon	3,7	1,4
Atrazin	2,9	0,5	2,6-DCPP	1,1		Atrazin, hydroxy-	3,6	0,9
Deisopr.-hydr.atrazin	2,7	0,2	Atrazin, deisopropyl	0,9		Atrazin, deethyl-	3,3	0,7
Metribuzin-diketo	2,4	0,5	Atrazin, deethyl-	0,9	0,0	Dichlorprop	3,2	1,0
Dichlorprop	2,4	0,5	Hexazinon	0,8	0,2	Simazin	2,8	
Mechlorprop	2,2	0,8	Glyphosat	0,5		Glyphosat	2,8	0,6
4CPP	1,7	0,8	Atrazin, hydroxy-	0,5	0,1	Mechlorprop	2,3	1,4
Simazin	1,7	0,3	MCPA	0,5		2,6-DCPP	1,9	
Hexazinon	1,7	0,2	Dinoseb	0,2		Deethyl-hydroxy- atrazin	1,9	0,5
Deeth.-hydr.-atrazin	1,4		Dichlobenil	0,1		Diuron	1,9	0,6
2,6-DCPP	1,3	0,2	Simazin	0,1		2,6- dichlorebenzoyre	1,6	1,1
2,6-dichlorebenzoyre	1,1	0,2				Hexazinon	1,5	0,1
Glyphosat	0,8	0,3				MCPA	1,0	
AMPA	0,6	0,3				Dichlobenil	0,4	

Tabel 18. Boringer/ indtag analyseret i 2011. De 20 hyppigst fundne stoffer i grundvandsovervågningen, i boringskontrol af aktive indvindingsboringer og i ”Andre boringer”. Se også bilag 1-6 med oplysninger om antal analyser, antal boringer og koncentrationsintervaller. Der er i 2011 fundet 17 stoffer i indvindingsboringer.



## 8 Vandindvinding

I Danmark anvendes den største andel af de oppumpede vandmængder til drikkevandsforsyning, men der bruges også betragtelige mængder til andre formål, hvoraf markvandingen udgør den største andel. Herudover anvendes grundvandet til en lang række forskellige formål indenfor industri, institutioner, gartneri og dambrug.

I henhold til Vandforsyningsloven (MIM, 2010) skal alle indvindinger indberettes af indvinderne til kommunerne, der skal kontrollere og indlæse data i den fællesoffentlige database JUPITER. Indvindingerne opgøres for hvert kalenderår, og indberetningen til kommunalbestyrelsen skal foretages inden den 1. februar det følgende år, hvorefter data indlæses i JUPITER inden 1. april.

Drikkevandsforsyningen i Danmark er bygget op omkring en decentral struktur med knap 3000 almene vandværker (jf. indberetningerne af oppumpede vandmængder), hvoraf ca. 150 var kommunalt ejede pr. 1. jan 2010. Derudover findes der en række lokale vandforsyninger til institutioner og enkeltvandforsyninger, som hver forsyner 1-9 til husstande.

### Relevans

Vandindvinding til drikkevandsforsyning i Danmark baseres udelukkende på oppumpning af grundvand. Med det stigende fokus på klimaets betydning for den fremtidige vandindvinding er det af hensyn til forsyningssikkerhed og miljøpåvirkninger væsentligt, at man kender mængden og udviklingen af de årlige vandmængder, der oppumpes. Det skyldes, at grundvandet indgår som en vigtig del af vandets kredsløb. Når nedbørsmængden ændres som følge af klimaændringer, ændres den mængde grundvand, der er til rådighed til indvinding og derved kan der blive behov for en ny afvejning af de oppumpede vandmængder i forhold til behovet for vandføring i vandløb, vandstanden i moser og søer mv.

### Målsætning

I Miljømålsloven (MiM, 2009) er det en generel målsætning, at der kun må indvindes så meget vand, at påvirkningerne af overfladevand og grundvandsafhængige økosystemer i vådområder mv. ikke hindrer opfyldelse af miljømålsætningerne (MST, 2006). Det er derfor nødvendigt at kunne dokumentere ændringer i den oppumpede grundvands- og overfladevands-mængde på såvel lokal som regional og national skala. Et væsentligt aspekt er desuden, at der i Vandplanerne indgår en vurdering af indvindingens miljømæssige påvirkning for hvert hovedopland (NST, vandplanernes hjemmeside 2012).

### Datagrundlag for afrapporteringen

Til denne rapport er der pr. 1. maj 2012 lavet udtræk af indvindingsdata for grundvand og overfladevand. Udtrækket omfatter data for de vandmængder som kommunerne (indtil udgangen af 2006 amterne) har indberettet til JUPITER for perioden 1989 frem til og med 2011.

I perioden 1989 til 2005 blev de oppumpede vandmængder beskrevet på baggrund af de indberetninger, som GEUS hvert år modtog fra amterne. Disse data indeholdt et skøn over størrelsen af de manglende indberetninger. Efter strukturreformen i 2007 ligger tilsynsmyndigheden for indvinding af grundvand hos de 98 kommuner, og der udarbejdes ikke længere decentralt skøn over manglende indberetninger. GEUS har derfor siden 2008 baseret opgørelserne på de faktisk indberettede vandmængder, der er i JUPITER databasen på udtrækstidspunktet,

således at der herefter er overensstemmelse mellem databasen og de rapporterede opgørelser. For yderligere information se GRUMO-rapport for 1989-2008 (Thorling mfl., 2009).

### **Kommunernes indberetning af oppumpede vandmængder**

I forbindelse med udtræk af data efter tidsfristens udløb har det igen vist sig, at en stor andel af kommunerne ikke har indberettet data inden tidsfristen den 1. april 2012. I forhold til den forventede indberetning var der en manglende indberetning for 2011 på ca. 30 % af de almene vandværker, svarende til ca. 120 - 130 mio. m<sup>3</sup>. Overholdelse af tidsfristen er altså fortsat et problem i forbindelse med afrapporteringen, men det skal igen bemærkes, at en stor del af kommunerne gennemfører indberetningen tilfredsstillende, når de præsenteres for den forlængede tidsfrist.

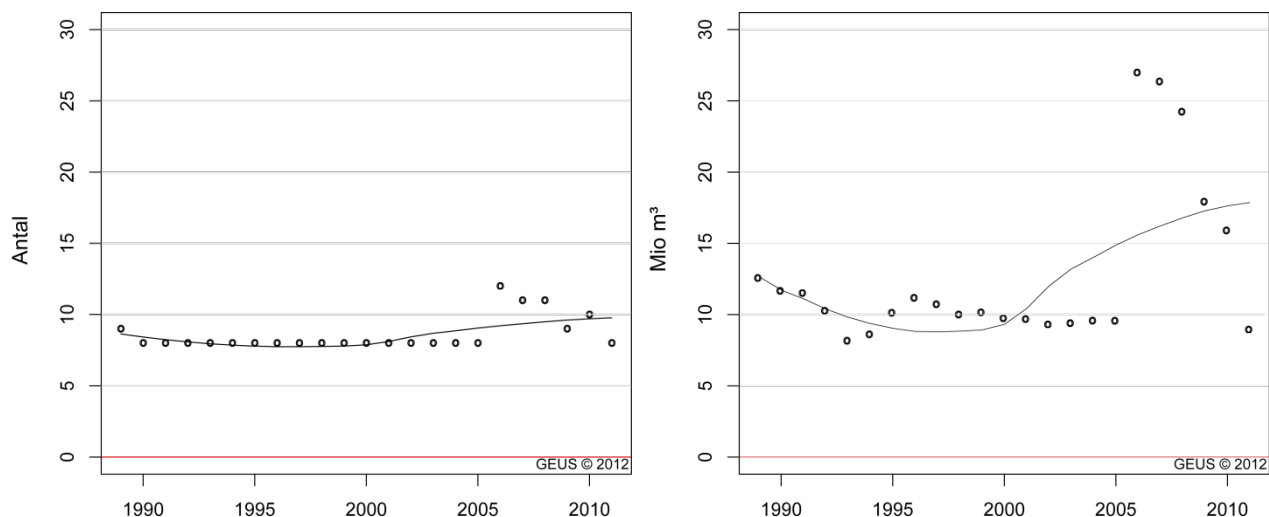
### **Oppumpede vandmængder fra almene vandværker**

Der er i år fokuseret på vurdering af datakvaliteten for oppumpningen fra de almene vandværker. Indberetningerne er gennemgået på kommuneniveau (kommunegrænser fra 2007 er anvendt for hele perioden) for alle 98 kommuner med henblik på, at opnå et mere troværdigt datasæt, der afspejler den reelle oppumpning. Gennemgangen af data er foregået ved at summere vandmængderne fra alle de almene vandværker i hver kommune og opstille disse i en række tabeller og figurer. Den årlige oppumpning blev plottet for hver kommune som tidsserier og "outliers" blev visuelt identificeret i forhold til den generelle trend og forventninger i oppumpning.

Som udgangspunkt forventes det, at udviklingen i oppumpningen for de almene vandværker ikke varierer voldsomt fra år til år, da en kommune er en så tilpas stor og mangfoldig enhed, at ændringer i forbrugsmønstre indenfor en hel kommune vil ses som gradvise (bløde) ændringer over flere år og derfor danne relativt bløde forløb på tidsserierne. Administrative ændringer kan give anledning til markante spring i opgørelserne, lige som nye industrier og lign. kan medføre store ændringer. Der har været opmærksomhed på betydningen af sådanne ændringer under gennemgangen af data.

Et eksempel på en kommune med problemer i indberetningen er vist på figur 37. Tidsserien til venstre viser hvor mange vandværker, der hvert år er indberettet fra indenfor den valgte kommune, mens tidsserien til højre viser hvor mange mio. m<sup>3</sup> vand, der er pumpet op fra de samme vandværker. Tidsserierne viser, at der konsekvent er indberettet fra det samme antal (8) vandværker i perioden fra 1990 til og med 2005. Fra 2006 og frem varierer antallet af vandværker i indberetningen fra 12 vandværker i 2007 til igen i 2011 at ligge på 8 vandværker. Størrelsen på indvindingen ligger desuden meget konstant lige under 10 mio. m<sup>3</sup> fra år 2000 og frem til og med 2005, mens den i 2006 er indberettet til omkring 27 mio. m<sup>3</sup>. De næste fire år frem til 2010 er indvindingen mellem 27 og 16 mio. m<sup>3</sup>, og i 2011 ligger den igen på det tidligere så stabile niveau lige under de 10 mio. m<sup>3</sup>.

Figuren viser med al tydelighed, at der i perioden fra 2006 til og med 2010 er problemer med opgørelserne. Der er således urealistisk store variationer på den indberettede oppumpede vandmængde og på antallet af vandværker, hvorfra der indberettes oppumpning. I det viste tilfælde skyldes de store spring i data, at der er lavet fejl i form dobbeltindberetninger, hvor oppumpningen både er indberettet på over- og underanlæg.



Figur 37. Tidsserie for antal almene vandværker (1989-2011), hvorfra der er indberettet, og den samlede årlige oppumpede vandmængde (antal mio. m<sup>3</sup>) i en kommune.

I gennemgangen af indberetningerne fra de almene vandværker er der fundet forskellige typer af problemer, der overvejende falder indenfor 3 grupper:

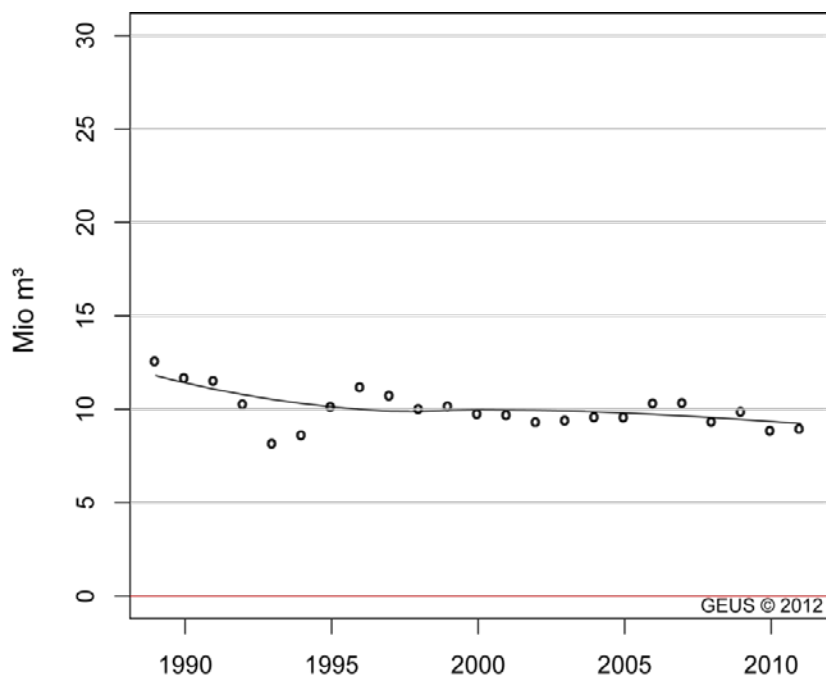
- Manglende indberetning
- Dobbeltindberetning - ofte som følge af, at der indberettes på både over- og underanlæg
- Overfladevand indberettes som grundvand (én kommune, med en mængde på 4 mio. m<sup>3</sup>)

### Nødvendig datakorrektion i forbindelse med afrapporteringen

Nogle af de fejl/mangler, der er observeret, er store og er vurderet til at være betydelige for opgørelserne på indberetningen af de almene vandværker, og i mindst 20 kommuner er det vurderet, at der er problemer med indberetningerne. For at få et estimat på omfanget af over-/underindberetning er der lavet en manuel datakorrektion baseret på den visuelle gennemgang af tidsserierne over antal vandværker, der indberettes, fra samt for de oppumpede vandmængder.

Overindberetninger er nemmere at identificere og rette til end underindberetninger, da de ofte har form af ekstra poster i databasen og blot skal slettes. Figur 37 viser netop et eksempel på overindberetning, hvor 2 fejlagtige poster bidrager med mellem 8 og 16 mio. m<sup>3</sup> i perioden fra 2006 til 2010

Figur 38 viser den korrigerede tidsserie, hvor de 2 dataposter er fjernet, og der ses nu en konstant til svagt faldende trend i data.



Figur 38. Korrigeret tidsserie (1989-2011) for oppumpede vandmængde i samme kommune som figur 37.

Underindberetning er vanskeligere at identificere og estimere præcist, da der her alene er anvendt kurveforløbet på tidsserierne til at identificere og angive den manglende værdi. I 11 ud af de 20 kommuner har det været muligt at korrigere data med rimelig sikkerhed, og de har samtidig haft et omfang, hvor det er vurderet, at have betydning for den nationale opgørelse. Korrektionen af dataene er alene udført i forbindelse med denne analyse, da selve tilretningen af dataene i JUPITER, skal udføres af kommunerne, jf. Dataansvarsaftalen, 2007, og indtil videre fortsat kan være fejlbehæftet.

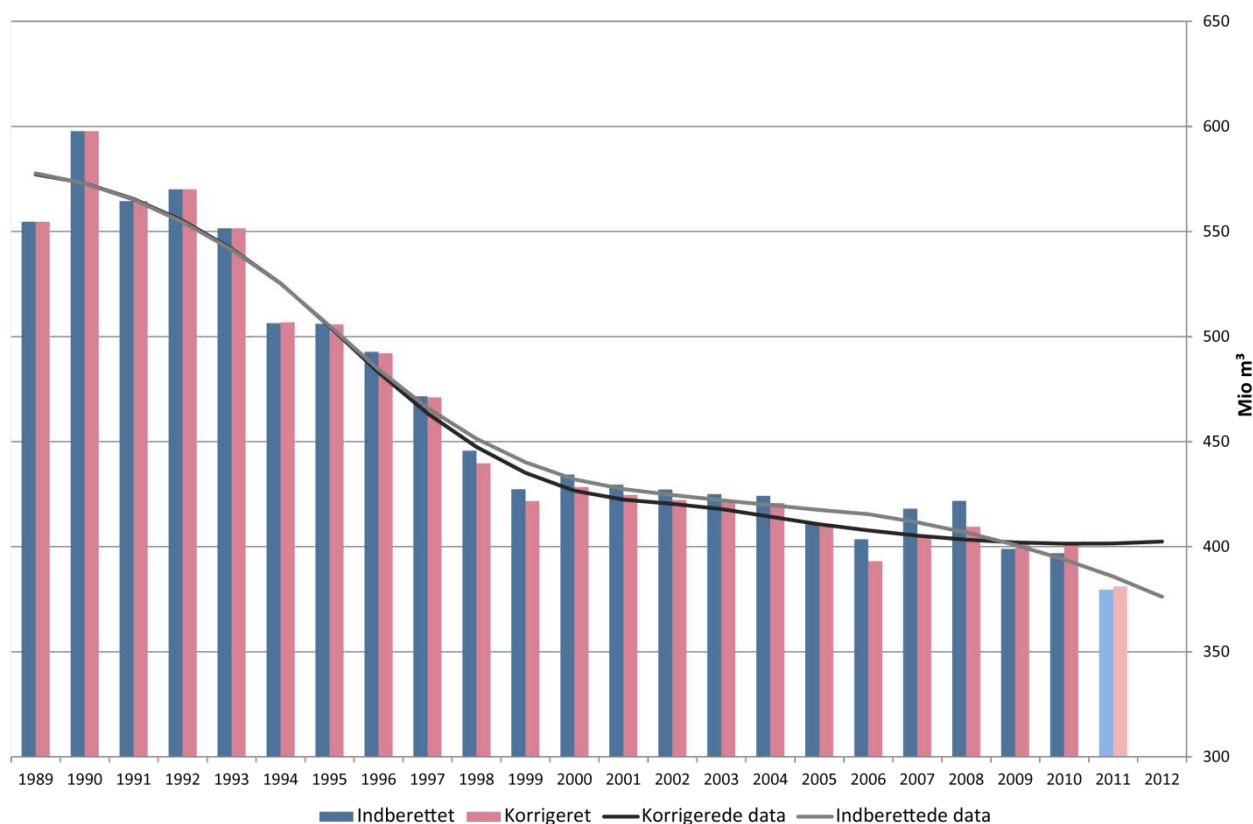
Tabel 19 viser de summerede årlige korrektioner for alle kommuner. De største korrektioner er lavet i perioden efter kommunalreformen fra 2006 og frem til 2009, hvor der i år 2007 er fratrukket den største andel på næsten 30 mio. m<sup>3</sup> og i 2009, hvor der er lagt næsten 20 mio. til. Alt i alt giver det nettotilskud på mellem -13,4 og 5,1 mio. m<sup>3</sup>, men også i perioden fra 1998 og frem til 2004 er der lavet anseelige korrektioner.

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Lagt til	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5	0,0	10,4	16,5	12,2	19,6	17,2
Fratrukket	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,7	0,5	6,1	6,0	5,9	5,0	5,1	5,1	4,9	1,9	22,8	29,7	25,6	14,4	13,2
Netto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	-0,3	-0,7	-0,5	-6,1	-5,6	-5,9	-5,0	-5,1	-3,6	-3,4	-1,9	-12,5	-13,2	-13,4	5,1	4,0

Tabel 19. Korrektioner af vandmængden i opgørelsen på landsplan over almene vandværker i mio. m<sup>3</sup>, udført i forbindelse med denne rapportering.

Figur 39 viser opgørelserne for de oppumpede vandmængder for de almene vandværker vist både med og uden korrektion. De korrigerede data er vist med rødt. Der er et bemærkelsesværdigt stort antal dobbeltindberetninger efter kommunalreformen, sandsynligvis som følge af usikkerhed om hvilke kommuner, der har tilsynsmyndighed med hvilke anlæg, ikke mindst i de

tilfælde, hvor der er tilknyttet både over- og underanlæg. Efter sletning af dobbeltindberetninger er faldet i 2006 blevet mere markant og tilskrives, at der fortsat er mangler i data.



Figur 39. Indberettede oppumpede vandmængder fra almene vandværker med blå, og korrigerede oppumpede vandmængder med rødt, i mio. m<sup>3</sup> for perioden 1989-2012. Udviklingen er fittet med Loess for både indberettede og korrigerede data. Bemærk, at tidsskalaen går frem til 2012 og, at skalaen for indberettet vandmængde starter ved 300 mio. m<sup>3</sup>/år.

På baggrund af ovenstående korrektioner er der lavet et lokalvægtet gennemsnit (Loess) for hhv. de indberettede og de korrigerede dataserier, for perioden 1989-2010, figur 39. For 2011 er der foretaget en fremskrivning baseret på disse beregninger, for at skønne omfanget af manglende data pr. 1. maj 2012.

I 2011 var den indberettede vandmængde for de almene vandværker 380 mio. m<sup>3</sup>, mens den forventede indberetning, se figur 39, er på 402 mio. m<sup>3</sup>. Der formodes således, at være en underindberetning i 2011 på omkring 22 mio. m<sup>3</sup> for kategorien "almene vandværker". Dette er i overensstemmelse med, at der helt mangler data fra nogle kommuner og andre indberetninger er ufuldstændige.

På figur 39 angiver de nedtonede farver på søjlerne i 2011, at data ikke er komplette, og at der i stedet for forventes en værdi svarende til 402 mio. m<sup>3</sup> vist med den sorte Loess-kuve. Derudover er der lavet en prognose for den forventede oppumpning for 2012 på ca. 403 mio. m<sup>3</sup>.

Det er vigtigt at bemærke, at tidsserien for de almene vandværker ikke længere udviser en faldende tendens, men at indberetningen har ligget stabilt på omkring 400 - 410 m<sup>3</sup> siden kommunalreformen i 2007.

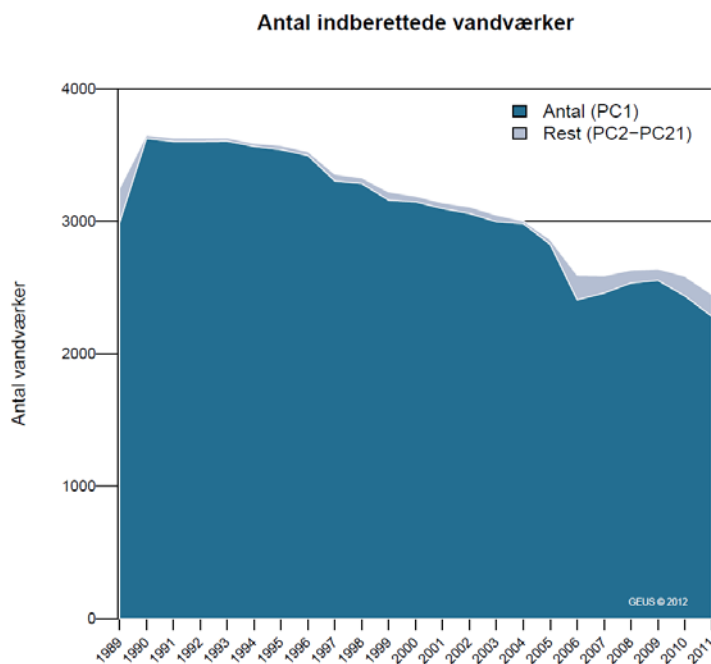
I år er det vurderet, at data frem til og med 2010 med rimelighed kan indgå i analysen af tendenser og udviklinger på data, men at 2011 data fortsat er ukomplette og må tages med stort forbehold.

### Analyse af datakvalitet

For at vurdere kvaliteten af data og for at vurdere, om man kan sammenligne data før og efter kommunalreformen, laver GEUS hvert år en gennemgang af data for de oppumpede vandmængder. Hvert år er der blevet ryddet fejl af vejen, og datakvaliteten er over de sidste 4-5 år forbedret betydeligt. Der er dog hvert år en tendens til at det seneste års indberetning er mangelfuld og at analysen af tendenser og udviklinger derfor ikke kan være helt "up to date".

Der er fortsat ikke noget sted i Danmark, hvor der foreligger et samlet overblik over, hvor mange og hvilke vandværker, der er aktive. Det er derfor ikke muligt at afgøre, om en indberetning er komplet for hver enkelt kommune, hvorfor datakvaliteten vurderes ud fra en række skøn. I forbindelse med indførelsen af de boringsnære beskyttelseszoner omkring indvindingsboringer (BNBO) forventes der dog i de kommende år et betydeligt bedre datagrundlag.

I 2011 har GEUS anvendt PCA-metoden som et værktøj til at vurdere om data er komplette. Figur 40 viser en PCA for antallet af almene vandværker, der er registreret indvinding fra. Det er tydeligt, at der er en relativ stor andel af datasættet, der ikke kan forklares vha. af PC1 efter 2006. Dette tilskrives ændringer i datahåndteringen siden kommunalreformen, se Thorling mfl., 2010. Der er desuden en tendens til, at denne andel er svagt stigende fra 2009 til 2011, hvilket sandsynligvis betyder, at data fra 2009 og frem ikke er helt komplette.



Figur 40. PCA for antal almene vandværker indberettet fra for hele Danmark (1989-2011).

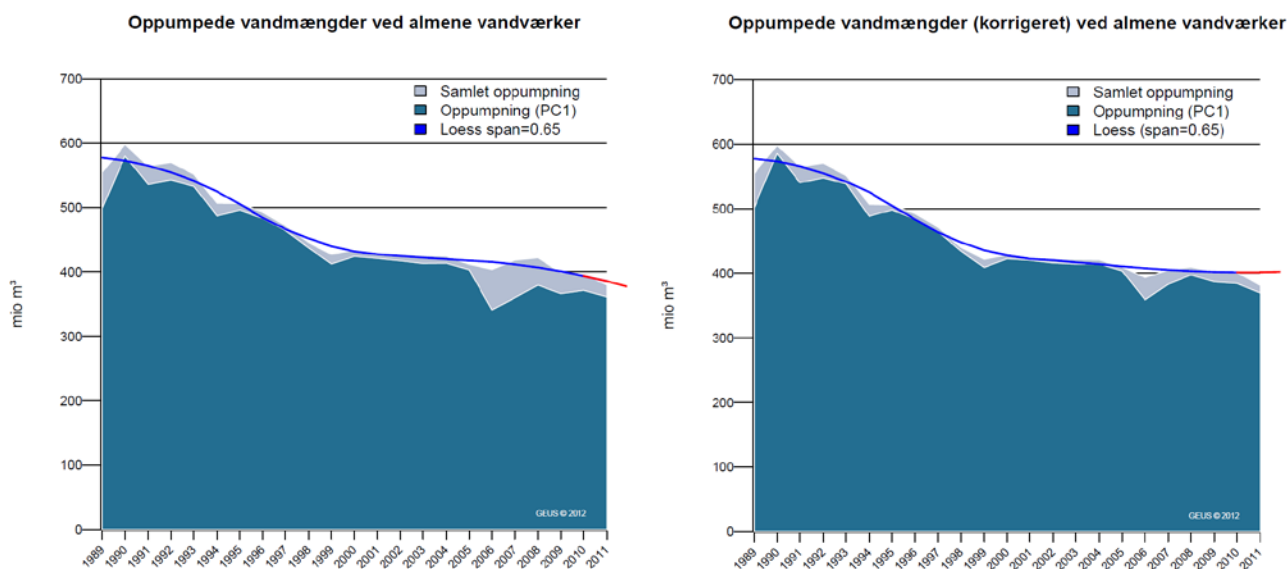
For at vurdere om den korrektion, der blev udført for de indberettede oppumpede vandmængder fra de almene vandværker er rimelig, er der udført én PCA analyse for de indberettede data og én anden for samme datasæt, men hvor der er taget højde for korrektionerne udført ovenfor. De 2 diagrammer i figur 41 viser, at der efter korrektion af data er en noget større andel af dataene der kan forklares ud fra PC1, hvilket tages som et udtryk for at dataene er mere komplette end de var inden korrektionen.

Loess-kurverne sammenholdt med PCA'erne for de korrigerede og ikke korrigerede data viser, at nedgangen i 2011 sandsynligvis ikke er korrekt og, at oppumpningen fra de almene vandværker sandsynligvis er nærmere 402 mio. m<sup>3</sup> frem for 385 mio. m<sup>3</sup>.

Det vurderes desuden at kombinationen af PCA og Loess-estimer kan anvendes til at vurdere kategoriens forventelige indberetning.

#### Principal Component Analysis (PCA)

PCA er en metode til dataanalyse, som gør det muligt at udrede sammenhænge i et datasæt med mange variable. I praksis foregår det på den måde, at datasættet i én matematisk arbejdsgang opdeles i et antal nye variable, kaldet primære komponenter, som hver især er uafhængige af hinanden, og som hver især repræsenterer en bestemt del af de variationer, der er i datasættet. Hver primær komponent er en linearkombination af de oprindelige komponenter og kan analyseres for sig og tolkes typisk som hørende til en bestemt proces. På den måde vil det fx være muligt at adskille, hvor stor en del af variationerne i en pejetidsserie, der hidrører fra grundvandsdannelse, og hvor stor en del der hidrører fra oppumpning. Effekterne grundvandsdannelse og oppumpning vil være tilknyttet hver sin primære komponent. Endelig vil en del af variationerne skyldes datastøj, som fx. fejlindtastninger m.v. Se. også Thorling mfl., 2010



Figur 41. PCA analyser for indberettede oppumpede vandmængder (1989-2011) uden korrektion af data (venstre) og med korrektion til højre. Loess-kurven er vist for henholdsvis ikke korrigerede og korrigerede data og er fremskrevet til år 2012.

Figur 41 viser, hvor stor en andel af variationerne i data, der kan forklares med en første primær komponent (PC1) og hvor stor en andel, der kan forklares med de øvrige primære kom-

ponenter her benævnt "samlet-oppumpning" (det grå areal). PCA'en tolkes på den måde, at PC1 fortæller, at der er meget stor ensartethed i den måde antallet af vandværker og oppumpningen varierer på fra år til år og fra kommune til kommune. Småvariationer, som at et vandværk lukkes og et nyt opstår, er indeholdt i "samlet oppumpning" og kan opfattes som støj. Særligt for de ikke korrigerede data stiger summen af "samlet oppumpning" markant i 2006, hvilket fortæller, at datasættet tilføres yderligere støj. Der er sammenfald med kommunalreformens gennemførelse i 2006/2007, hvilket vurderes at være den faktiske årsag.

Begge diagrammer på figur 41 viser, at de interne sammenhænge i data ændres markant fra år 2006 og frem. I perioden 1995-2005 er der 15-20 mio. m<sup>3</sup>/år (lyseblå) som ikke kan forklares med datasættets forventelige variationer (andelen svarende til "samlet oppumpning"). En stor del af dette skyldes formentlig mindre fejlindberetninger (fx tastefejl) og mangler i indberetning. Andelen er dog så lille, at data fra 1995 til og med 2005 vurderes til at være konsistente og med en indberetning, der afspejler den reelle oppumpning på landsplan. Inden 1995 er der lidt mere variation på PC1, og i den periode har der muligvis ikke været helt samme tilsyn og kontrol med indberetningerne. Resten "samlet oppumpning" stiger til gengæld kraftigt fra årene omkring kommunalreformen fra 2006 og frem, hvor andelen bliver 3 - 4 gange større for de ukorrigerede data.

Det er væsentligt at være opmærksom på, at tallene både dækker over forkert (som kan medføre for stor indberetning) og for lidt indberetning, jf. Tabel 1. I årene fra 2006 og frem "mangler" der altså ikke ca. 45 til 80 mio. m<sup>3</sup> for de ikke korrigerede data (venstre diagram), men man kan sige, at der i forhold til de foregående år er støj på tallene, som svarer til mellem 40 og 80 mio. m<sup>3</sup>. Opgjort i procent svarer det til 10 - 20 %. Efter korrektion er støjen på data omtrængt blevet halveret.

Efter 2006 ser man ydermere en udvikling mod at PC1 og summen af de resterende komponenter (samlet oppumpning) bliver mere konstante de senere år, og at PC1 kan forklare en stadig større andel af data. Det skyldes, at data er ved at blive mere konsistente efter kommunalreformen. Det vurderes, at man kan lave en relativ sammenligning af udviklingen i de korrigerede data for de oppumpede vandmængder for perioden efter kommunalreformen, men at man fortsat skal være forsigtig med at sammenligne tallene fra 2006 til 2011 med de tidligere års indvinding.

På baggrund af det foreliggende datasæt kan man derfor ikke komme med håndfaste konklusioner, når man sammenligner udviklingen af oppumpningens størrelse før og efter kommunalreformen.

Analysen er kun udarbejdet for almene vandværker, og det vurderes, at de øvrige hovedkategorier vil udvise de samme tendenser i tilsvarende eller større omfang.

### **Analyse af den totale årlige grundvandsindvinding i Danmark**

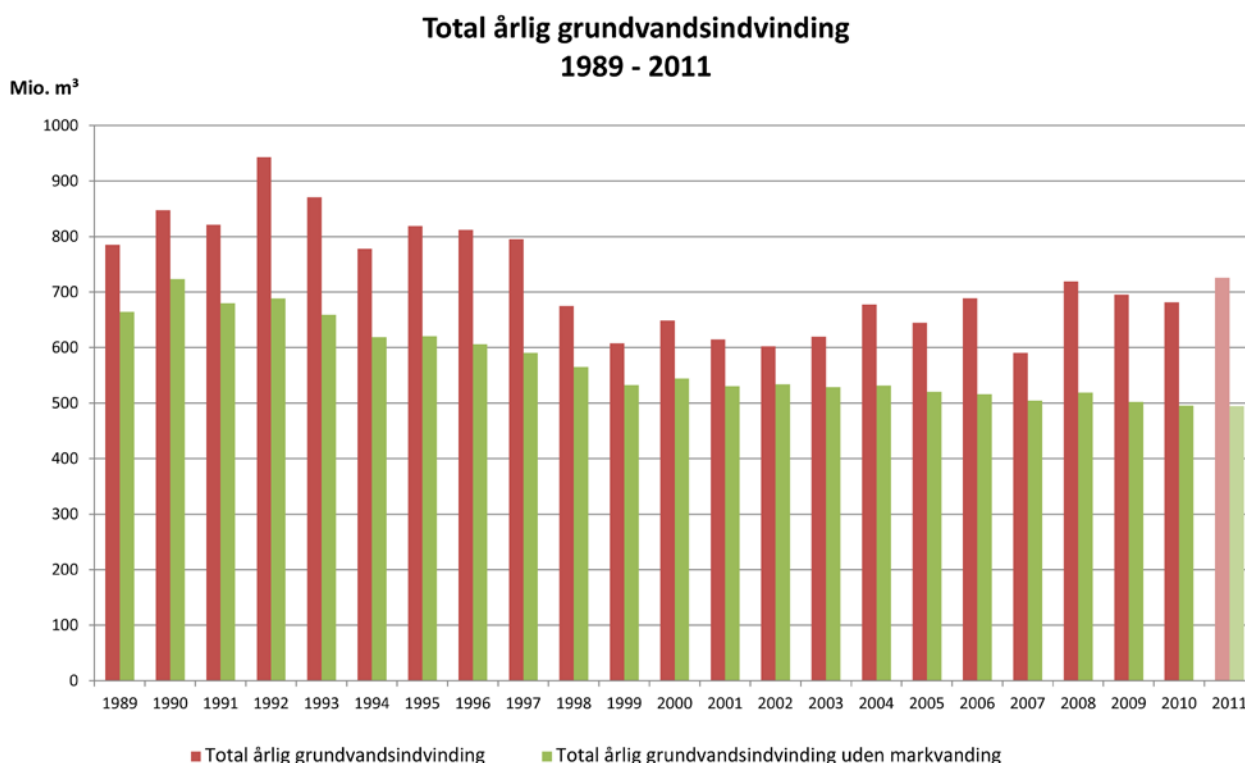
Figur 42 viser de totale oppumpede vandmængder for perioden 1989 til 2011 med røde søjler, mens de grønne søjler viser de totale oppumpede vandmængder uden markvanding. Markvandingen er stærkt varierende og påvirket af variationer i vejret fra år til år.

I forrige års rapport blev det konkluderet, at 2007 var mangelfuldt indberettet særligt for markvandingen, men beregninger publiceret i (Hvid, S. Kolind, 2011, se også Thorling mfl., 2011)



viser, at der var et markant mindre vandingsbehov for 2007 end årene før og efter. Beregningerne illustrerer, at vandingsbehovet kan variere med adskillige hundrede procent fra år til år og udgøre meget betragtelige andele af oppumpningen på såvel lokal som national skala.

Det er tydeligt, at der fra 1990 og frem til og med 1999 oppumpes mindre og mindre vand, og at der fra 1999 og frem er en relativt konstant oppumpning, dog med en svag om end støt faldende tendens. Fra 1999 og frem til 2011 er forskellen på største og mindste oppumpning opgjort uden markvanding, kun 45 mio. m<sup>3</sup>, hvilket må siges at være mindre end de udsving, der tidligere er set som følge af mangelfuld indberetning. Markvandingen udgør 25 - 30 % af de samlede oppumpede vandmængder i Danmark og slører evt. udviklingstendenser betinget af konjunkturer og miljøpolitiske tiltag.



Figur 42. Totale årlige grundvandsindvinding med og uden markvanding (1989-2011) - ikke korrigerede data. Data fra 2011 vurderes ukomplet.

Udviklingen i de oppumpede vandmængder i Danmark (uden markvanding) udviser fra 2006 og frem en svagt faldende tendens, tenderende til at være konstant fra 2009 og frem, hvor dog særligt data fra 2011 skal tages med et vist forbehold – illustreret ved nedtonede farver på figur 42.

Med de ovenstående forbehold in mente kan det konkluderes, at den totale årlige oppumpning forsat ligger på et stabilt niveau på omkring 500 til 550 mio. m<sup>3</sup>/år, hvis man ser bort fra markvandingen. Når markvandingen medregnes, er oppumpningen over de sidste 10 år steget fra omkring 600 mio. m<sup>3</sup>/år til et relativt højt niveau omkring 670-730 mio. m<sup>3</sup>/år, med en stabilisering de seneste år. Såfremt, at der var anvendt korrigerede data, ville der have været omkring 15 mio. m<sup>3</sup> mere i 2011 svarende til en stigning op til omkring 745 mio. m<sup>3</sup>. Der ligger en udfordrende opgave i at undersøge om udviklingen skyldes et stadigt tørrere klima i vandings-sæsonen (især april og maj), en fortsat intensivering af markdriften og/eller konjunkturer i

vandforbruget. bl.a. med henblik på, at kunne vurdere, om der er en påvirkning af vandspejlet, som igen kan påvirke tilstanden i vandløb, vådområder mm.

### **Analyse af indvindingen indenfor de enkelte kategorier**

Figur 43 viser vandindvindingen for hele landet fordelt på fire hovedkategorier 1989 - 2011. Kategorierne er:

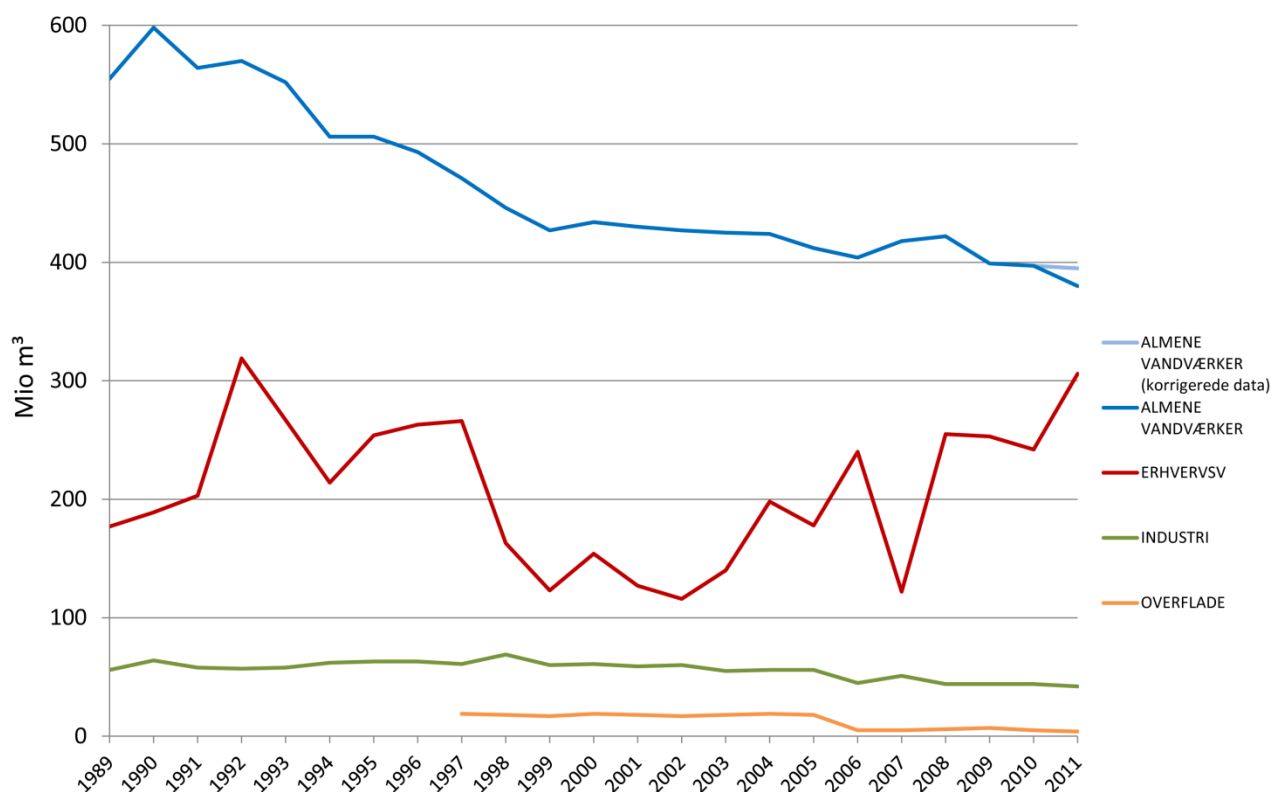
- Almene vandværker: offentlige og private vandforsyningsanlæg.
- Erhvervsvanding: dambrug, markvanding, gartneri.
- Virksomheder med egen indvinding: erhverv, industri, institutioner, afværgepumpninger, grundvandssænkninger, enkelt-indvindinger til husholdninger og anden grundvandsindvinding.
- Overfladevand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

I sidste års GRUMO rapport blev udviklingen frem til 2006 beskrevet. I dette års rapport beskrives særligt årene 2006 – 2011.

For kategorien almene vandværker er det som tidligere nævnt tydeligt, at der er en nedgang i år 2006 og 2007, som sandsynligvis skyldes manglende indberetning, men at oppumpningen ellers ligger på et ret konstant niveau omkring 400-430 mio. m<sup>3</sup>. Indvindingen af overfladevand på 4-7 mio. m<sup>3</sup> er vanskelig at erkende i figuren og er ikke meget forskellig fra de foregående år. For hele perioden 1989 til 2011 gælder det, at dambrug er udeladt fra overfladevand, da dambrugernes anvendelse af overfladevandet ikke ændrer nævneværdigt på vandføringen i vandløbene, idet vandet ledes tilbage til vandløbet efter gennemløb i dambruget. Dette giver en mere præcis opgørelse på kategorien for anvendelse af overfladevand.

Indvinding af grundvand til markvanding, gartneri og dambrug (kategorien "erhverv") tegner sig for ca. 250 mio. m<sup>3</sup> fra 2008 og frem til og med 2010. For 2011 ses der en markant stigning til 306 mio. m<sup>3</sup>, hvor kategorien udgør over 40 % af den samlede grundvandsindvinding i Danmark. Stigningen skyldes tilsyneladende en reel stigning i vandforbruget indenfor markvanding og dambrug i 2011 pga. et solrigt og tørt forår. Indvindingen er meget stor og er den største siden 1992, hvor der blev indberettet 319 m<sup>3</sup>. Markvandingen har stået for en stor andel af den samlede oppumpning siden 2007, og det er interessant at følge udviklingen over de kommende år.

Vandforbruget for virksomheder med egen indvinding er relativt konstant og ligger nu på 42 - 44 mio. m<sup>3</sup> om året.



Figur 43. Vandindvinding i Danmark (1989-2011) opdelt på almene vandværker, erhvervs vand, industri og overfladevand. Der er ingen opgørelse af indvinding af overfladevand fra før 1997. Figuren er baseret på ikke korrigerede data (bortset fra almene vandværker, hvor korrektionsbidraget for 2011 er vist).

De tre nævnte kategorier (Almene vandværker, Virksomheder med egen indvinding og Overfladevand til alle formål) har været ret konstante siden kommunalreformen i 2006, og har ligget på værdier fra omkring 515 mio. m<sup>3</sup> til i dag, hvor det ligger omkring 495 mio. m<sup>3</sup>. Variationen på ca. 20 mio. m<sup>3</sup>/år for de tre kategorier vurderes at ligge inden for de udsving, man kan forvente fra år til år pga. variationer i klima og forbrug, og er ikke nødvendigvis et udtryk for en faldende oppumpning. Set for perioden 2008 til 2010 er den samlede oppumpning på landsplan, se figur 43 lidt højere end for den foregående 4 års periode og har ligget på et relativt højt og konstant niveau på mellem 682 mio. m<sup>3</sup> i 2010 og 726 mio. m<sup>3</sup> 2011.

### Opsummering og konklusion

De samlede oppumpede vandmængder i Danmark (uden markvanding) udviser fra 2006 og frem en svagt faldende tendens, tenderende til at være konstant fra 2009 og frem. Den totale årlige oppumpning ligger på et stabilt niveau på omkring 500 til 550 mio. m<sup>3</sup>/år, hvis man ser bort fra markvandingen. Medregnes markvanding er oppumpningen over de sidste 10 år steget fra omkring 600 mio. m<sup>3</sup>/år til et relativt højt niveau omkring 670-745 mio. m<sup>3</sup>/år.

Det er vigtigt at bemærke, at den indberettede oppumpning fra de almene vandværker ikke længere har en faldende tendens, men at den siden kommunalreformen i 2007 har ligget relativt konstant på omkring 400 mio. m<sup>3</sup>.

Indvinding af grundvand til markvanding, gartneri og dambrug tegner sig for ca. 250 mio. m<sup>3</sup> fra 2008 og frem til og med 2010. For 2011 ses der en markant stigning til 306 mio. m<sup>3</sup>, hvilket resulterer i, at markvandingen udgør over 40 % af den samlede grundvandsindvinding i Danmark og er på niveau med den største indberetning, der blev foretaget for kategorien i 1992. Det stigende vandforbrug kan lokalt betyde, at vandføringen kan mindskes betydeligt i flere vandløb og vandløbsspidser.

Vandforbruget for virksomheder med egen indvinding er relativt konstant og har de seneste fire år ligget på mellem 42 og 44 mio. m<sup>3</sup> om året.

Indvindingen af overfladevand er marginal og ligger på 4-7 mio. m<sup>3</sup>/år, der ikke bliver anvendt til drikkevand, men i langt overvejende grad bliver anvendt til grusvaskning indenfor råstofindustrien og vanding.

De oppumpede vandmængder er en vigtig parameter i den nationale vandbalanceopgørelse, og uundværlige data som grundlag for risikovurderingen af grundvandsforekomsterne i forbindelse med vandplanarbejdet. For at muliggøre en optimal vurdering af presset på den tilgængelige vandressource er der behov for, at kommunerne fortsat sikrer, at de oppumpede vandmængder i videst mulige omfang indberettes til den fælles offentlige database JUPITER til den fastsatte tidsfrist, som er 1. april det efterfølgende år, jf. Drikkevandsbekendtgørelsen (MST, 2007). Der sker løbende forbedringer i kommunernes indberetning, men der er fortsat behov for at nogle kommuner kvalitetssikrer og følger op på indberetningerne og de anbefalinger, der gives, således at fejlindberetninger undgås.

## Referencer, Vandindvinding

### Dansk lovgivning, vejledninger mv.

By- og landskabsstyrelsen, nov. 2010: Vejledning om indberetning og godkendelse af vandforsyningsdata.

Miljøministeriet, Danske regioner og KL, 2007: Dataansvarsaftalen, <http://www.miljoportal.dk/NR/rdonlyres/04FFA788-D22F-4050-9087-DB4598593BCD/0/Dataansvarsaftalebilag3Grundvand.pdf>

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

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

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

Miljøministeriet, 2011: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1024 af 31. oktober 2011. (Drikkevandsbekendtgørelsen)

Vandplanernes hjemmeside: Naturstyrelsen 2012: [www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vandplaner/Se\\_vandplanerne/](http://www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vandplaner/Se_vandplanerne/)

### Andre referencer:

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

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brusch, W., Møller, R.R., Mielby, S. og Højberg, A.L., 2010b: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2009. Teknisk rapport, GEUS 2010. [http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989\\_2009.htm](http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2009.htm)

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brusch, W., Møller, R.R., Mielby, S. og Højberg, A.L. 2011: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2010. Teknisk rapport, GEUS 2011. [http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989\\_2010.htm](http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2010.htm)

Hvid, S. Kolind, 2011, Vindencentret for Landbrug. Markvandingsbehov 1987-2010, [http://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Vanding/Sider/pl\\_11\\_616.aspx](http://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Vanding/Sider/pl_11_616.aspx),

## 9 Det Nationale Pejleprogram

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

Variationer i grundvandsstanden kan skyldes flere faktorer. De kan skyldes ændringer i nedbøren over kortere eller længere tid eller ændringer i indvindingsstrukturen på lokal eller regional skala, herunder ændringer i markvandingsbehovet. Omfanget og typen af variationer i grundvandsstanden over tid overvåges i det nationale pejleprogram, hvor beliggenheden af grundvandsstanden registreres dagligt i de fuldt udbyggede overvågningspunkter.

Det Nationale Pejleprogram skal kunne fungere som grundlag for fortolkning af andre pejleserier og enkeltmålinger af vandstanden og skal således afspejle et repræsentativt mål for reelle variationer i grundvandets trykforhold. Pejledata af god kvalitet er af stor betydning i vurderinger af vandstanden og til den langsigtede anvendelse til modeller i forbindelse med vurderinger af vandbalance, den tilgængelige mængde grundvand til vandforsyningsformål samt påvirkningen af grundvand og økosystemer.

### Relevans

Pejledata er en indikator for udviklingen i grundvandsressourcens størrelse. Ændringer i ressourcens størrelse har afgørende betydning for den mængde grundvand, der kan indvindes til drikkevandsforsyning, markvanding og andre humane behov samt for den økologiske tilstand i vådområder, vandløb og søer mv. Derudover er pejledata relevante i forbindelse med risikovurderinger og planlægningsformål for oversvømmelser i bebyggede områder.

### Målsætning

Vandrammedirektivet (EU, 2000) og Miljømålsloven (MIM, 2009) fastsætter i den generelle målsætning, at befolkningen til enhver tid skal sikres den nødvendige forsyning af drikkevand, og at den økologiske tilstand i overfladevands- og vådområder skal bevares eller forbedres. Målsætningen og tilstanden for de enkelte grundvandsforekomster og de afhængige økosystemer og vådområder fremgår af vandplanerne (NST, 2011).

### Det nationale stationsnet

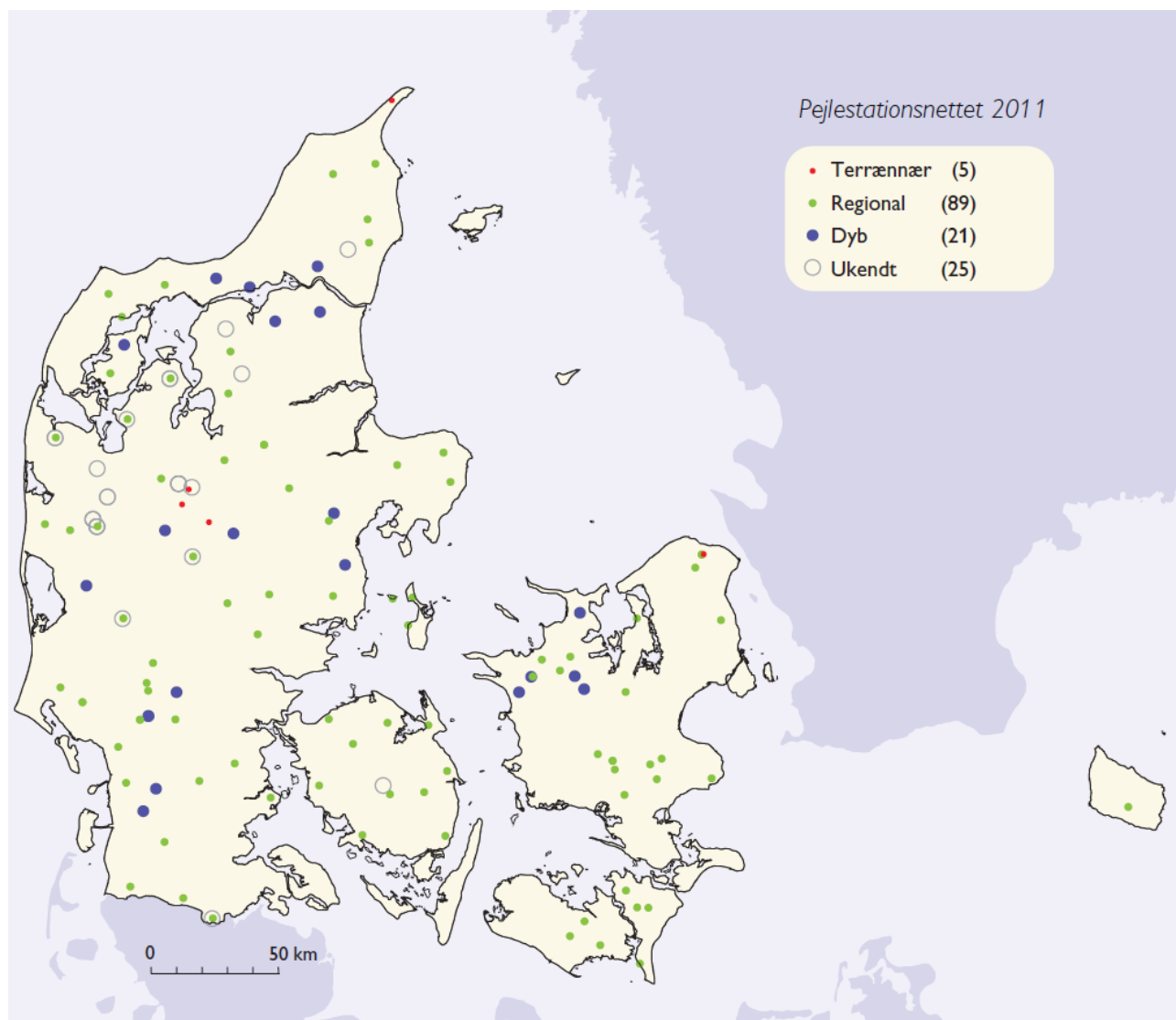
Naturstyrelsen overtog i forbindelse med kommunalreformen i 2007 ansvaret for det nationale pejlestationsnet, som blev etableret på basis af amternes pejleprogrammer. Det nationale stationsnet bygger således på tidligere pejleboringer fra amterne suppleret med nye boringer samt ældre pejleboringer fra GEUS.

Mange tidsserier går tilbage til 1980'erne, hvor amterne etablerede flere pejlestationer i forbindelse med grundvandsovervågningen. Enkelte tidsserier går endog helt tilbage til 50'erne eller endnu tidligere. Naturstyrelsen har i de senere år nedlagt en del pejleboringer med dårlig/ukendt konstruktion eller med åbenlys påvirkning udefra, fx markvanding. Disse er erstattet med nye stationer, hvor tidsserierne selvsagt er meget korte.

GEUS har i 2012 etableret en tabel for det nationale stationsnet i JUPITER, som danner udgangspunktet for årets afrapportering. Stationstabellen har i den forbindelse været i høring ved Naturstyrelsen med henblik på at sikre en korrekt beskrivelse af pejlestationerne. Det er hen-

sigten, at oplysningerne i denne stationstabel skal danne udgangspunkt for fremtidige afrapporteringer.

Figur 44 viser pejleboringernes geografiske fordeling grupperet på henholdsvis terrænnære, regionale og dybe grundvandsforekomster. Klassifikationen af pejleboringernes placering i de 3 typer af grundvandsforekomster er baseret på indberetninger fra Naturstyrelsens enheder. I 2011 indgik der i alt 140 pejlestationer/indtag i det nationale stationsnet. I forhold til afrapporteringen i 2010 er der således en forøgelse på 16 indtag.



Figur 44 Stationsnet for det Nationale Pejlenet i 2011 med fordelingen på henholdsvis terrænnære, regionale og dybe grundvandsforekomster.

### Måleprocedurer og datahåndtering ved indsamlingen af data

I de fleste af pejlestationerne i det nationale stationsnet findes der i dag dataloggere, som dagligt registrerer grundvandsstanden i de enkelte indtag. Stationsnettet er i 2011 suppleret med en række nye undersøgelsesboringer af høj kvalitet etableret i forbindelse med den afgiftsfiansierede grundvandskortlægning.

Før etableringen af det nationale pejlenet i 2007 var boringerne ikke systematisk udstyret med dataloggere, og derfor ses der i de ældre tidsserier typisk 2-4 årlige pejlinger pr. indtag. I forbindelse med kommunalreformen, især i perioden 2005-2007 ses det hyppigt, at dataloggere er taget ud af drift og erstattet med enkeltpejlinger.

Det er en udfordring at fastholde en ensartet og sammenlignelig registrering af pejletidsserier i hele overvågningsperioden. Måleaktiviteten og pejlingerne foregår over mange årtier og er meget følsomme over for ændringer i målepunkterne, deres omgivelser og i måleteknologierne. Flere af tidsserierne i Det Nationale Pejleprogram har et forløb, der indikerer fejl i data, der for eksempel er opstået ved ændringer i boringens indmåling, skift i målepunkt uden efterfølgende konsekvensrettelse af pejleserien eller fejl i indrapportering til JUPITER. Derudover er der i nogle helt specielle tilfælde situationer, hvor JUPITER beregner forkerte værdier for grundvandskote og nedstik (i forbindelse med ændring af målepunktet). Der optræder også mangler i tidsserierne, som gør, at beregnede peyledata ikke er anvendelige.

Det må konstateres, at der fortløbende er meningsforstyrende mange fejl i pejletidsserierne, og at den øgede anvendelse af loggere tillige har givet anledning til nye fejltyper i data.

I den kommende programperiode er der derfor fokus på, at fejl og mangler udbedres. En teknisk anvisning for feltarbejdet er færdiggjort i 2012 (Thorling, 2012a), og der er iværksat udarbejdelse af en teknisk anvisning for håndtering af de forskellige typer af peyledata samt kvalitetssikringsprocedurer, således at dataopsamlingen i pejleprogrammet fremadrettet målrettes i forhold til dets overordnede formål.

Det er ofte ikke muligt at korrigerer ældre pejletidsserier, fordi de oprindelige målebøger og målepunkter ikke er gemt.

### **Datagrundlag for afrapportering**

Pejlingerne fra det nationale pejlenet i JUPITER danner udgangspunkt for afrapporteringen for 2011. Dataene bruges som de forefindes i Jupiterdatabasen. På grund af den store mængde data fra stationer med dataloggere er dataene i pejleserierne i den årlige afrapportering blevet reduceret til én pejling per døgn ved beregning af gennemsnitlig døgnværdi.

### **Kvalitetsvurdering af pejletidsserier**

Da pejletidsserierne er indsamlet over en lang periode og af forskellige instanser, er det nødvendigt at foretage en vurdering af deres kvalitet, inden de benyttes i afrapporteringen.

Kvaliteten og værdien af en tidsserie kan med fordel vurderes efter:

- Længden af tidsserien
- Hyppigheden af målinger
- Aktualitet (fx målinger i 2011)
- Dokumentation (lokalisering, beskrivelse af indretning, indmåling)
- Konsistens mellem geologisk og hydrologisk indmåling (jordlag og vandstand)
- Konsistens i pejletidsserien.

I 2012 har GEUS udført en kvalitetsvurdering af samtlige pejleserier ud fra en optegning af samtlige tidsserier som basis for en systematisk visuel kontrol af, om der i tidsserien er data fra 2011, om der er åbenbare datafejl, der bør rettes op, og om tidsserien er konsistent.

Pejletidsserierne skal kunne anvendes som en reference, hvorfra man kan vurdere trends uden meningsforstyrrende fejl. I den visuelle kvalitetsvurdering er pejleserierne derfor klassificeret som "usikker", hvis den indeholder spring eller "outliers", som gør, at der ikke direkte kan estimeres en retvisende trend, eller "med datafejl", hvis den indeholder meningsforstyrrende datapunkter. Af analysen fremgår at 72 (ca. 50 %) af de 140 pejlestationer er af god kvalitet. Den geografiske fordeling af stationerne og deres kvalitet er sammenfattet på figur 45.

For de pejlestationer, der har været aktive i 2011, er der foretaget en værdisætning af pejletidsserierne efter den samlede længde på tidsserien og pejlehyppighed de seneste 10 år efter principperne i tabel 20. Den geografiske fordeling af stationerne og resultatet af værdisætningen er sammenfattet på figur 46.

Sammenfattes de to analyser, ses det, at der er i alt 27 pejletidsserier af god kvalitet og med mere end 20 års pejlinger. Der er stor spredning på fordelingen på grundvandsforekomster og geografisk.

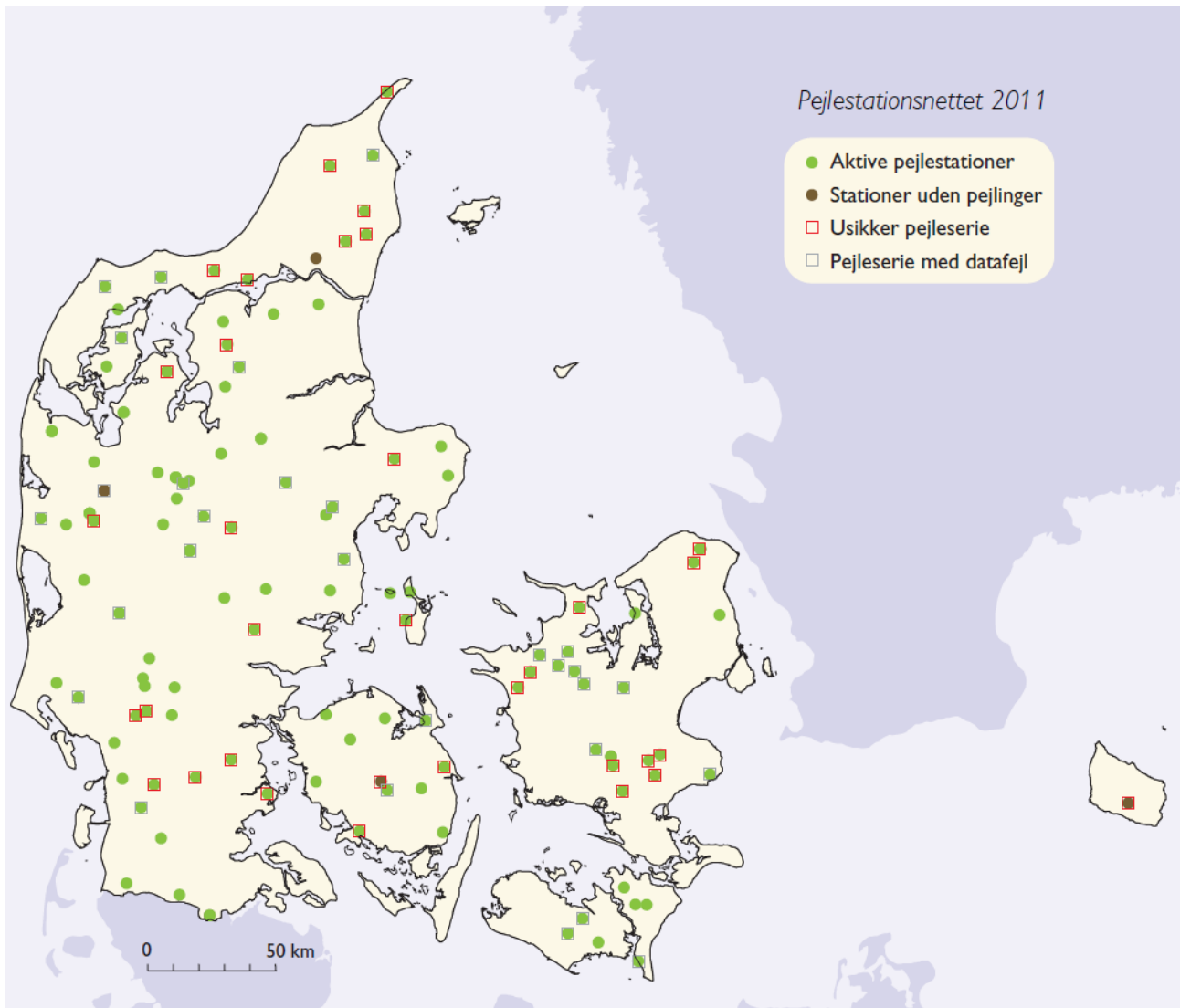
På baggrund af dataanalysen er der i 2012 udpeget 1 repræsentativ tidsserie for henholdsvis terrænnær, regional og dyb grundvandsforekomst for henholdsvis Sjælland, Fyn, Nordjylland, Vestjylland og Østjylland. Disse pejletidsserier anvendes i de efterfølgende til at vurdere tendenser i udviklingen af grundvandsstanden samt størrelsesordner på konsekvenser af påvirkning af klimaudvikling og hændelser og udefrakommende faktorer.

### **Luftrykkets betydning**

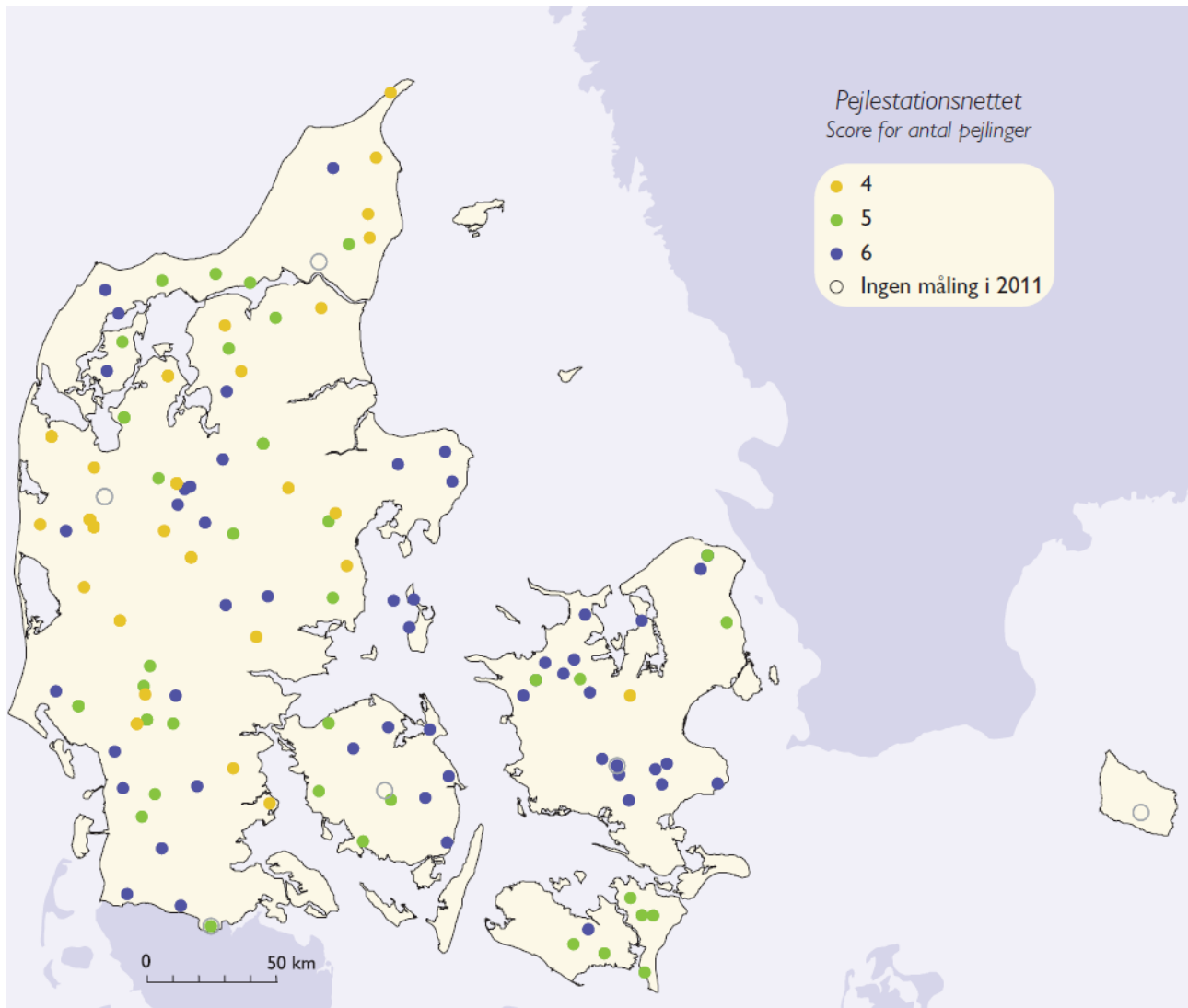
Pejlinger fra spændte magasiner er meget følsomme over for trykændringer fra indvindinger og ændringer i atmosfærens lufttryk, sammenlignet med frie magasiner.

GEUS har i 2012 i udvalgte pejlestationer undersøgt, hvorledes lufttrykket har påvirket pejletidsserier, der er målt med dataloggere. Det har her vist sig, at flere pejletidsserier er påvirket af ændringer i det atmosfæriske tryk. Det er vigtigt at alle målte data korrigeres for den effekt atmosfæretrykket har på målingen. En forudsætning for det er, at der er registreret samtidige værdier af atmosfæretrykket og pejlingen.





Figur 45. Det nationale pejleprogramms målinger er angivet med aktive og inaktive stationer i 2011. Desuden er det markeret, hvor der er stor usikkerhed og datafejl i tidsserierne.



Figur 46. Pejleseriernes værdi målt efter dataindhold. Pejleseriernes værdi er illustreret ved en score, der stiger med seriens længde og antallet af årlige pejlinger, se tabel 20.

Samlet længde af serie (1)	Seneste pejlefrekvens (2)	Samlet score (1+2)
> 20 år → 4 point	≥ 4 pejlinger pr. år + 2 point	6 point
10-20 år → 3 point	≥ 4 pejlinger pr. år + 2 point	5 point
3-10 år → 2 point	≥ 4 pejlinger pr. år + 2 point	4 point
< 3 år → 1 point	≥ 4 pejlinger pr. år + 2 point	3 point
> 20 år → 4 point	< 4 pejlinger pr. år + 0 point	4 point
10-20 år → 3 point	< 4 pejlinger pr. år + 0 point	3 point
3-10 år → 2 point	< 4 pejlinger pr. år + 0 point	2 point
< 3 år → 1 point	< 4 pejlinger pr. år + 0 point	1 point

Tabel 20. Principper for værdisætning af pejletidsserier (Mielby mfl., 2009).

## Nedbørens betydning

Viden om mængden af nedbør, der falder fordelt over tid og sted, er nødvendig for at vurdere, om der klimatisk sker ændringer, der kan forventes at påvirke størrelsen af grundvanddannelsen i de overvågede grundvandsmagasiner. Hvis der er god hydraulisk kontakt fra overfladen og ned til et grundvandsmagasin, vil magasinet reagere hurtigt på en nedbørsbegivenhed. Det modsatte vil gælde for et dybere magasin, hvor strømningsvejen er længere og kontakten dermed dårligere.

Af DMI's hjemmeside (DMI, 2012) fremgår, at det gennemsnitligt regner mest i det centrale Jylland med over 900 mm/år og mindst over Kattegat og Bornholm med omkring 500 mm/år. Det ses af figur 47, at nedbøren de sidste 100 år har været stigende. Den gennemsnitlige årsnedbør for normalperioden 1961-90 er beregnet til 712 mm. I perioden fra 1990 og frem til i dag har årsnedbøren været omkring 745 mm, dvs. der har været en stigning på 33 mm svarende til 4,4 % af nedbøren. Temperaturen og antallet af solskinstimer er ligeledes øget i perioden.

På trods af stigningen i årsnedbør kan det være vanskeligt på landsplan direkte at se, hvordan ændringerne i nedbøren udmønter sig i pejleserierne. Det skyldes, at en del af den ekstra nedbør strømmer af overfladisk (primært vinternedbør), og en del fordamper som følge af højere temperaturer, hvorfor kun en del af den faldne nedbør siver ned til grundvandet.

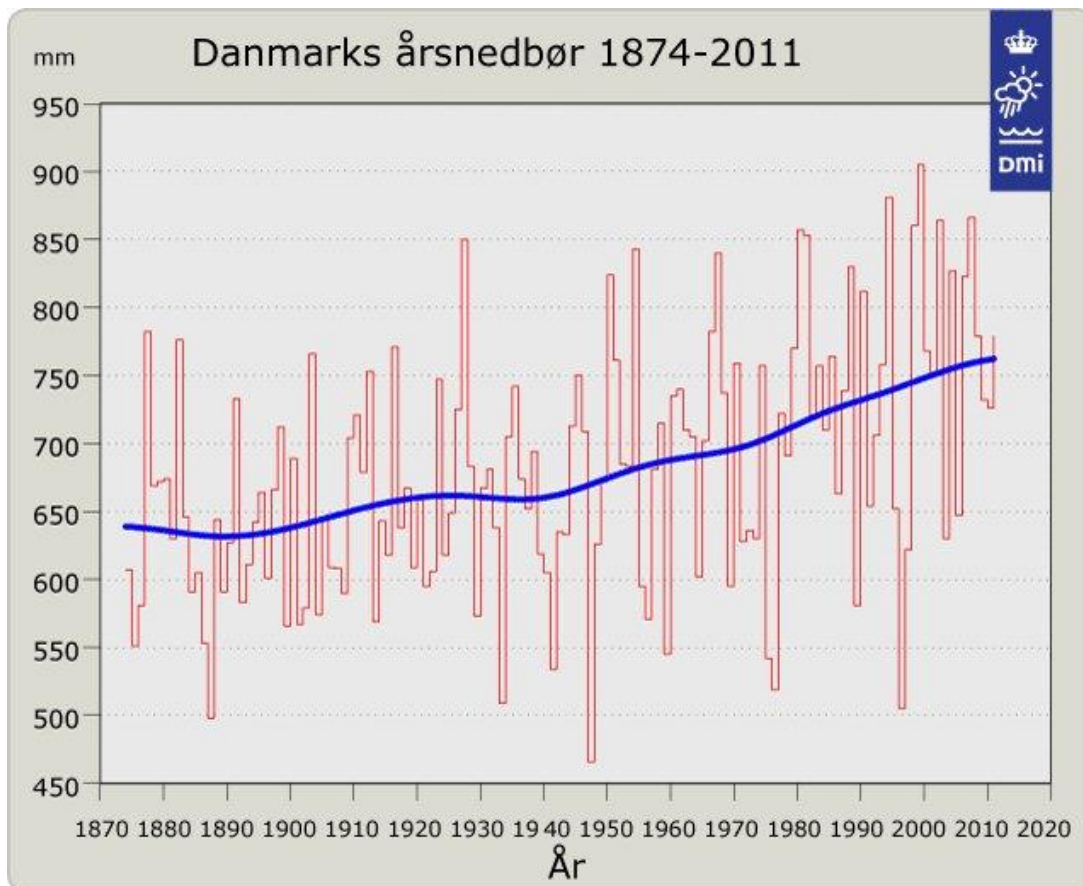
En størrelsesorden på en stigning i grundvandsstand som følge af 100 mm ekstra nedbør kan groft beregnes til  $\frac{1}{2}$  meter, forudsat der er et porevolumen på 30 %. En sådan stigning vil typisk forekomme, hvor der er frie sandmagasiner i nedsivningsområderne. Derimod er det vanskeligere at beregne effekten i udstrømningsområderne, fordi der lokalt kan ske opstuvning og således kan forekomme meget højere vandstand, eller der omvendt lokalt kan forekomme dræn, vandløb mv., som fastholder grundvandsstanden i det eksisterende niveau.

Nedbøren falder ikke jævnt over året eller på landsplan, og det er – foruden langsigtede tendenser - vigtigt at vurdere effekten af årsvariationer og ekstremhændelser, fx tørre perioder. I 1980'erne konstateres øget nedbør i en længere årrække, og der har omvendt været 2 markante nedbørsfattige hændelser siden pejleserierne påbegyndtes, hvor årsnedbøren var under  $\frac{2}{3}$  af det normale, nemlig i 1975-1976 og i 1996. Den første tørre periode resulterede i øgede investeringer i markvandingsanlæg, som også efterfølgende gav sig udslag i planlægningsmæssige tiltag for at undgå uønskede effekter på grundvand og vådområder.

Som følge heraf er det i de følgende afsnit analyseret, hvordan udvalgte repræsentative pejletidsserier reagerer over tid. I de viste tidsserier over grundvandsstanden er det relevant at kigge efter den landsdækkende konsekvens af stigende nedbør generelt og i 1980'erne, og den landsdækkende konsekvens af de ekstremt tørre perioder i 1975-76 og i 1996.

## Betydning af indvinding

Udviklingen i indvinding er beskrevet i denne rapport's kapitel 8. Det generelle fald i den samlede indvinding må her forventes at give anledning til en stigende vandstand. Tørre somre, hvor der pågår markvanding, vil kunne medføre, at grundvandsstanden sænkes om sommeren og vise sig som større forskel mellem sommer- og vintervandstand.



Figur 47. Danmarks årsnedbør siden 1874. Værdierne er beregnet landsgennemsnit på basis af et antal udvalgte stationer. Den fede blå kurve er 9 års Gaussfilterede værdier (DMI's hjemmeside, 2012).

Der er i sidste års rapport (Thorling, m.fl., 2011) vist, at der er en tydelig påvirkning af grundvandsstanden i en af pejleboringerne fra Sjælland. Denne pejleboring er oprindeligt etableret af et af de større vandselskaber, og forløbet af vandspejlet afspejler tydeligt, hvor den store indvinding i starten af 1970'erne til den efterfølgende reduceredes i 1990'erne, hvor øget miljøbevidsthed og indførelse af vandafgifter har bevirket et markant fald i det danske vandforbrug.

Sådanne ændringer i vandstanden er vigtige at følge, da de både kan have betydning for indvindingens påvirkning af økosystemer og kvaliteten af vand til drikkevandsformål.

## Grundvandsstand i terrænnære grundvandsforekomster

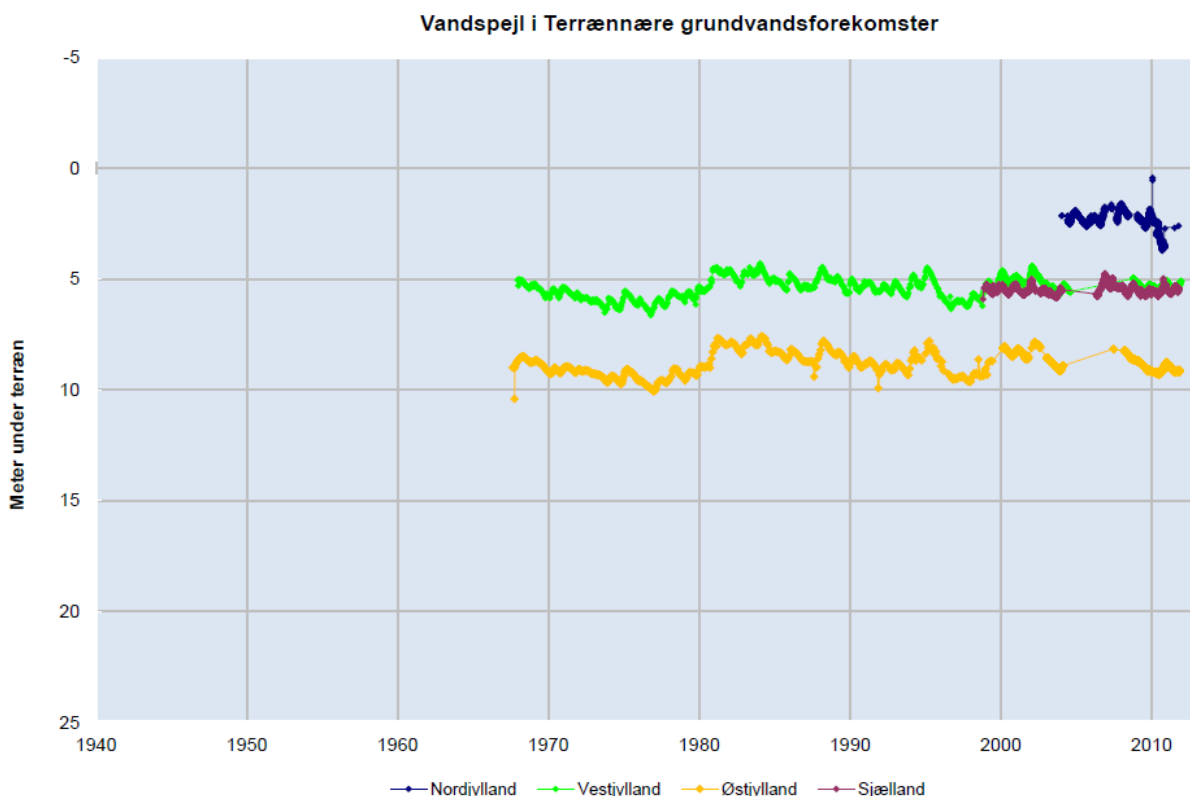
Terrænnære grundvandsforekomster er defineret som grundvandsforekomster, der rummer sand fra terræn, og som har direkte kontakt til overfladevand (MST, 2007).

5 ud af de 140 pejleindtag i Det Nationale Pejlenet er placeret i terrænnære grundvandsforekomster, 3 i Jylland, 1 på Samsø og 1 på Sjælland. Der er ingen på Fyn. Udviklingen i dybden til grundvandsspejlet for terrænnære grundvandsforekomster er præsenteret ved følgende 4 pejlserier:

- Nordjylland: DGU-nr. 1.441 indtag 1 (Postglacialt sand).
- Vestjylland: DGU-nr. 75.714 indtag 1 (Ukendt, men formentlig kvartært sand).
- Østjylland: DGU-nr. 76.853 indtag 1 (Kvartært sand).
- Sjælland: DGU-nr. 182.402 indtag 1 (Kvartært sand).

Pejlserier for måleperioden 1940-2012 er vist på figur 48. Alle de viste pejlserier er (formentlig) målt i kvartære magasiner, og grundvandsstanden ligger maksimalt 11 meter under terræn.

Dataanalysen viser, at den sidste del af den nordjyske pejlserie er usikker, ligesom der er flere fejlagtige datapunkter i den Østjyske pejlserie.



Figur 48. Pejltidsserier (vandstand i meter under terræn) for terrænnære grundvandsforekomster.

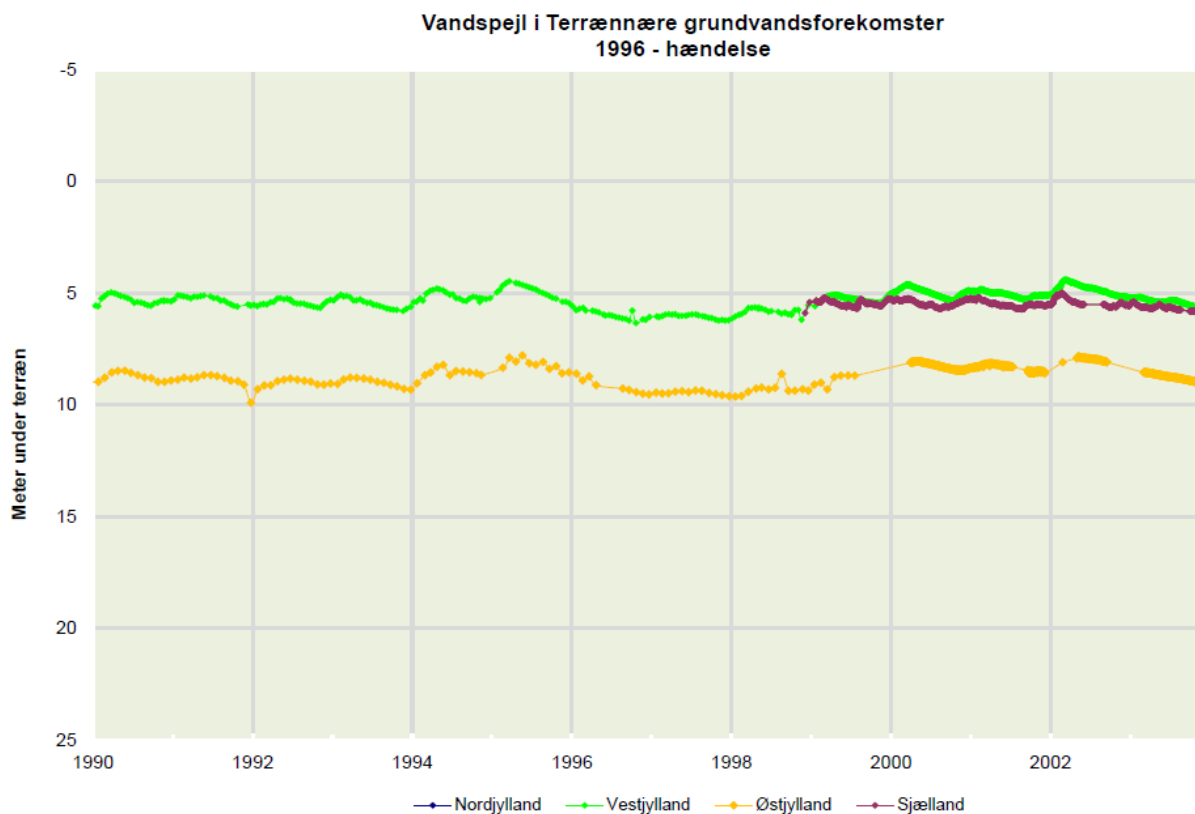
Langsigtet udvikling. De to lange pejletidsserier, der begge er fra det midtjyske, viser samme overordnede forløb og stor overensstemmelse. Grundvandsstanden varierer inden for 2-3 meter.

Årsvariationen ligger typisk inden for 1 meter.

Påvirkning af den stigende nedbør i 1980'erne viser sig som en hævnning af grundvandsstanden på op til 2 meter.

Påvirkning af tørre perioder ses i 1975-76 og i 1996 ved et fald i vandstanden på 1-2 meter 3-4 år efter hændelsen. På figur 49 er der vist et udsnit af pejleserien (måleperiode: 1990-2004), der viser effekten af tørkeperioden i 1996.

Pejleserierne for Nordjylland og Sjælland dækker ikke de omtalte perioder.



Figur 49. Pejletidsserier (vandstand i meter under terræn) for terrænnære grundvandsforekomster. Figuren viser et udsnit (måleperiode 1990-2004) med effekten af den tørre periode i 1996.

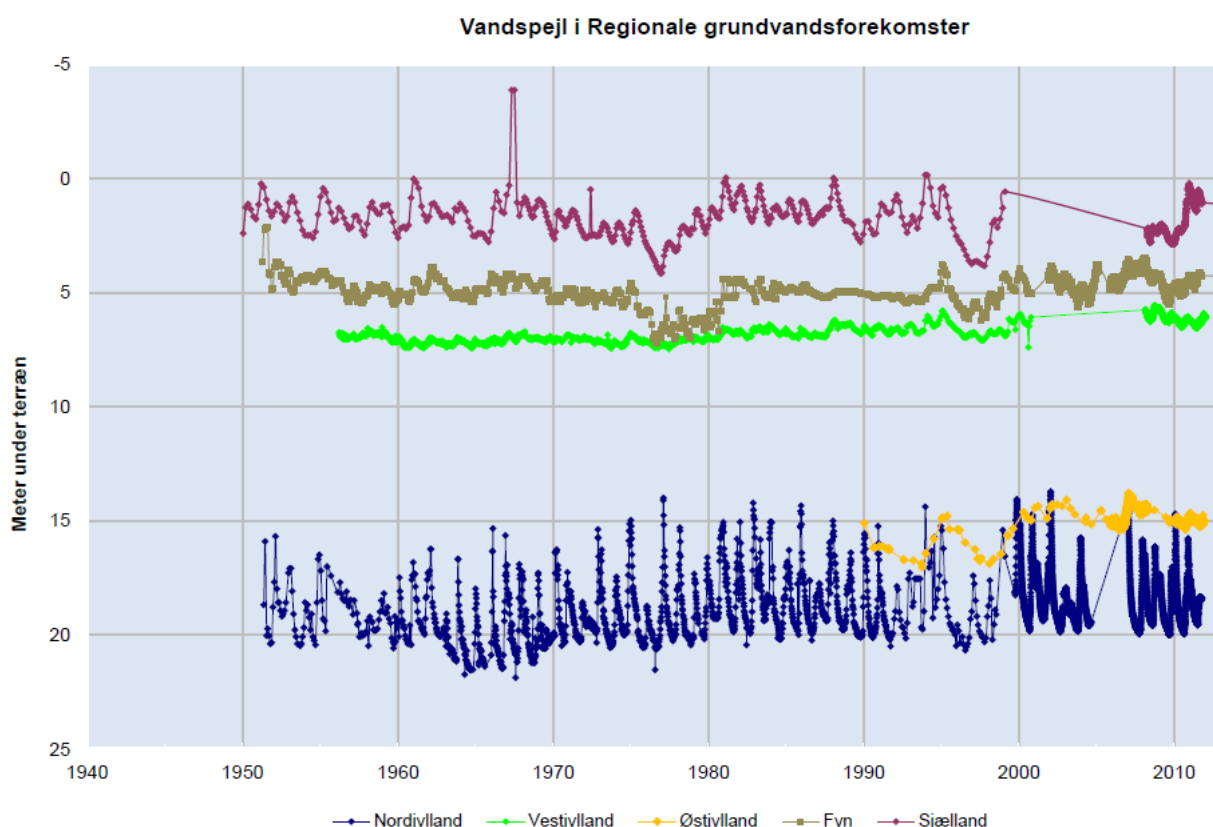
## Grundvandsstanden i regionale grundvandsforekomster

Regionale grundvandsforekomster er defineret som grundvandsforekomster, der har en vis kontakt til vandløb og vådområder (MST, 2007). De fleste (89 af 140) af pejleindtagene i Det Nationale Pejlenet er sat i regionale grundvandsforekomster.

Udviklingen i dybden til grundvandsspejlet for regionale forekomster er præsenteret ved følgende 5 pejlserier:

- Nordjylland: DGU-nr. 30.494 indtag 1 (Kalk/kridt).
- Vestjylland: DGU-nr. 83.788 indtag 1 (Prækvartært sand).
- Østjylland: DGU-nr. 71.483 indtag 1 (Kalk/kridt).
- Fyn: DGU-nr. 136.34 indtag 1 (Kvartært sand).
- Sjælland: DGU-nr. 218.343 indtag1 (Kalk/kridt).

Pejlserierne for måleperioden (1940-2012) er vist på figur 50. De viste pejlserier er målt i såvel kvartære som prækvartære magasiner. Grundvandsstanden ligger ned til 22 meter under terræn. Vandstanden i den sjællandske pejleboring ligger momentvis lige over terræn.



Figur 50. Pejletidsserier (vandstand i meter under terræn) for regionale grundvandsforekomster.

Langsigtet udvikling. Der er vist 4 lange og 1 kort pejlserie (Østjylland). Forløbet af pejlserierne udviser forskellig variabilitet/amplitude/udsving, hvilket vidner om forskellig påvirkning.

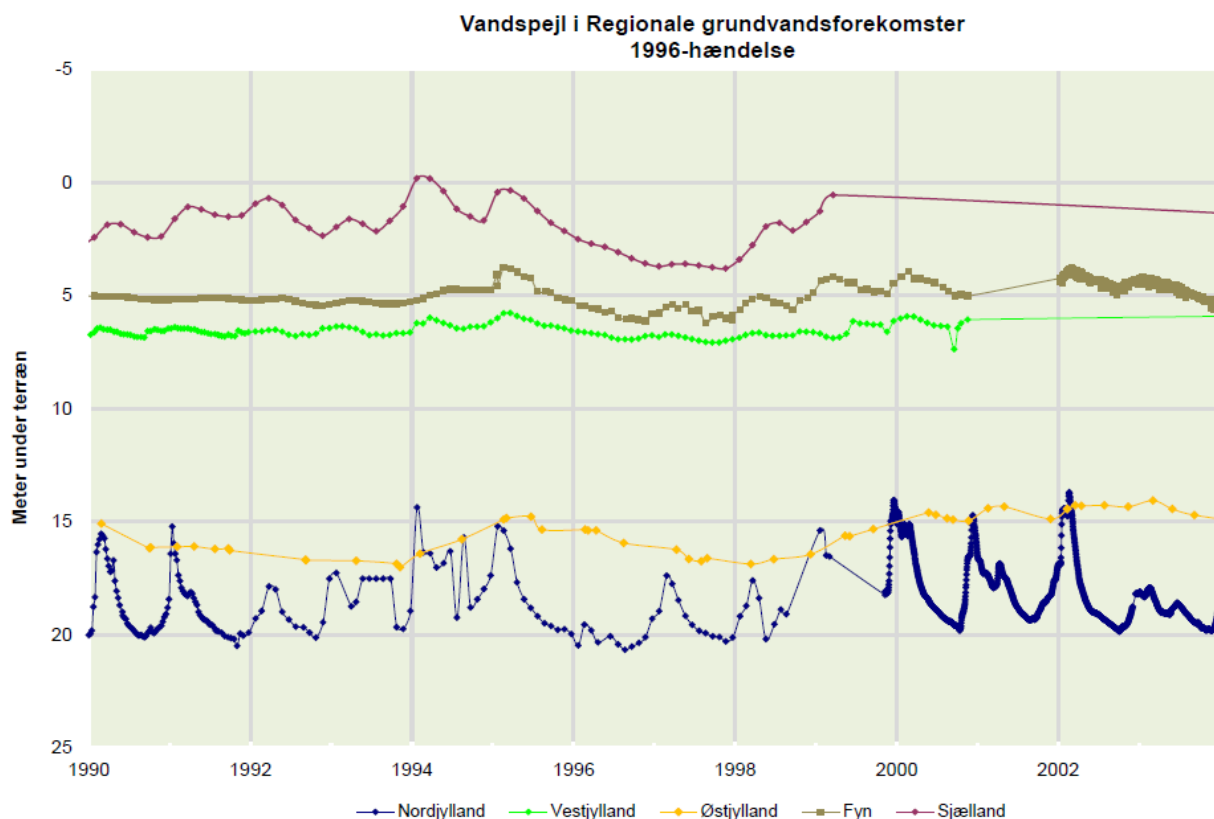
De 3 jyske pejleserier viser en svagt stigende tendens, mens dette ikke er tilfældet i den fynske og sjællandske pejleserie. Stigning i vandstand er ikke stor (under 1 meter).

Årsvariationen udgør 4-6 meter i den nordjyske pejleserie, 2-3 meter i den sjællandske og blot 0,5-1 meter i de øvrige. Det bemærkes, at der er en tendens til stigende årsudsving i den nordjyske pejletidsserie.

Påvirkning af den stigende nedbør i 1980'erne viser sig som en svag stigning (0,5-1 meter) i den sjællandske serie, mens den kun anes i de øvrige pejleserier.

Påvirkning af tørre somre i 1975-76 ses i op til 3-4 år efter i den fynske og sjællandske pejleboring, hvor der var et fald i vandstanden på 2-3 meter. I den nordjyske pejleserie iagttages der kun et fald i vandstanden i den efterfølgende vinter, mens den ikke umiddelbart er synlig i den vestjyske pejleserie.

Påvirkningen af den tørre periode i 1996 afspejler sig forholdsvis ensartet med en sænkning af vandstanden flere år efter i alle pejleserier, se figur 51. Sænkningen får størst betydning i den sjællandske pejleserie med en generel sænkning på op til 3 meter. I Nordjylland påvirkes vandspejlet ved, at vandstandsstigningen den følgende vinter (årsudsvinget) falder kraftigt fra de normale 5-6 meter.



Figur 51. Pejletidsserier (vandstand i meter under terræn) for regionale grundvandsforekomster. Figuren viser et udsnit (måleperiode 1990-2004) med effekten af den tørre periode i 1996.



## Grundvandsstanden i dybe grundvandsforekomster

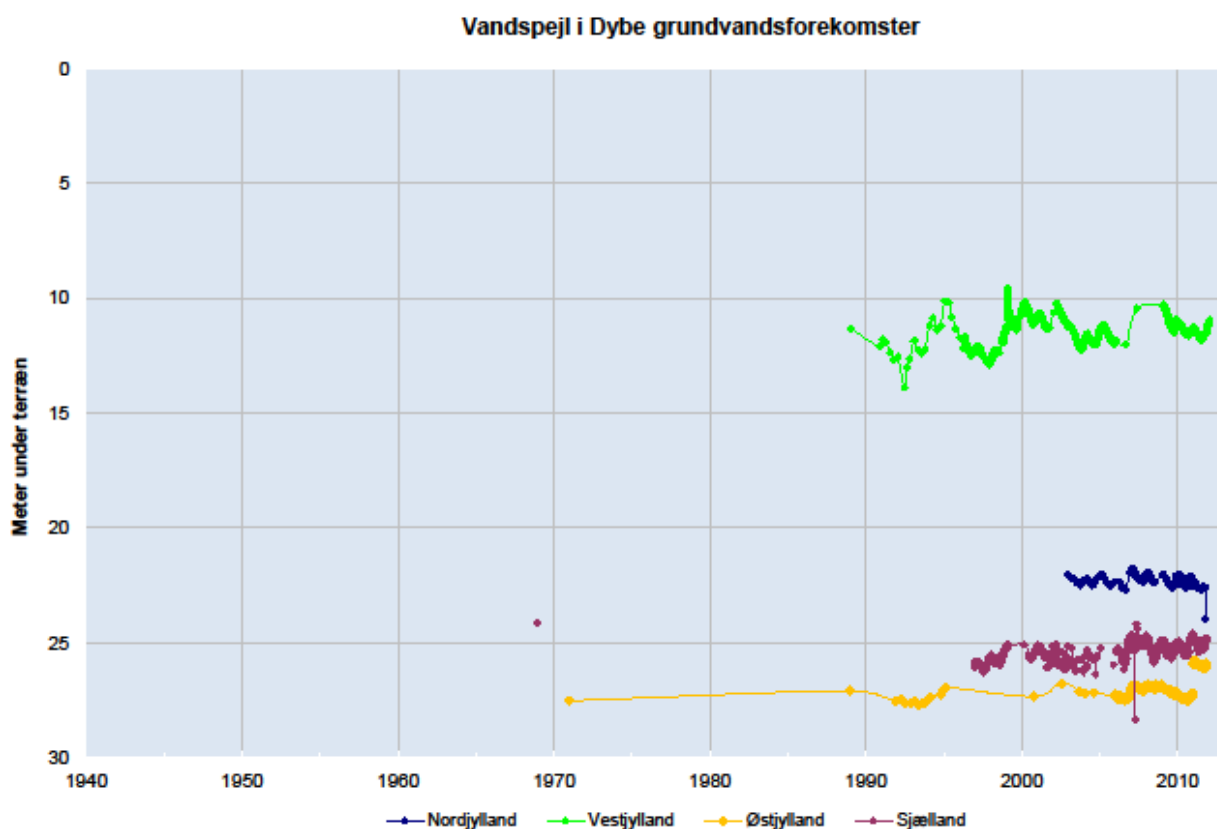
Dybe grundvandsforekomster er defineret som grundvandsforekomster, der har ringe eller ingen kontakt til vandløb og vådområder (MST, 2007).

Ud af 140 pejleindtag i det nationale pejlernet er 21 sat i dybe grundvandsforekomster. De fleste af disse pejleboringer findes i Midtjylland og Vestsjælland, der findes ingen på Fyn. Udviklingen i dybden til grundvand for dybe forekomster er præsenteret ved følgende 4 pejlserier:

- Nordjylland: DGU-nr. 37.1241 indtag 1 (Kvartært sand/sten).
- Vestjylland: DGU-nr. 123.874 indtag 1 (Prækvartært sand).
- Østjylland: DGU-nr. 86.1028 indtag 1 (Prækvartært sand).
- Sjælland: DGU-nr. 205.336 indtag 1 (Kvartært sand).

Pejlserierne er vist for måleperioden 1940-2011 på figur 52. De viste pejlserier er målt i såvel kvartære som prækvartære magasiner. Grundvandsstanden er målt mellem 10 og 30 meter under terræn.

Dataanalysen viser, at den sidste del af den østjyske pejlserie er usikker, ligesom der er flere fejlagtige datapunkter i den nordjyske og sjællandske pejlserie.



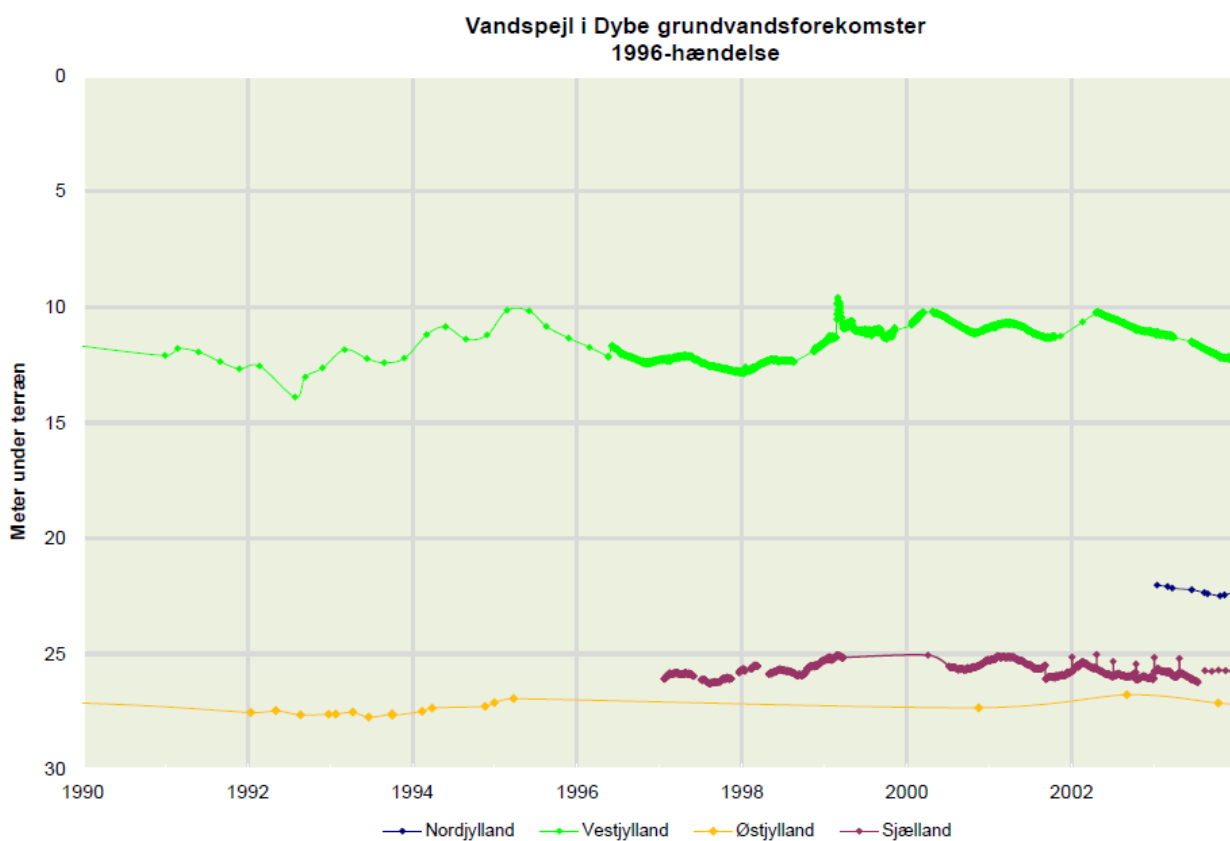
Figur 52. Pejletidsserier (vandstand i meter under terræn) for dybe grundvandsforekomster.

Langsigtet udvikling. Forløbet af pejletidsserierne er forskelligartet, hvilket vidner om forskellig påvirkning. Da de 4 pejeserier er forholdsvis korte, er det ikke muligt at vurdere langsigtede tendenser fx som følge af stigende nedbør.

Årsvariation. Pejletidsserierne for Vestjylland og Sjælland er påvirket af årstidssvingninger (1-2 meter), for Nordjylland er den ca. 1 meter. Der er ikke nævneværdig årstidsvariation i den østjyske pejeserie.

Påvirkning af den stigende nedbør i 1980'erne. Tidsserierne er generelt korte. Der er derfor ikke tilstrækkeligt materiale til at vurdere, om der er en stigning i vandstanden.

Påvirkning af tørre somre. Påvirkningen af den tørre periode i 1996 viser sig i den vestjyske pejeserie med en sænkning af vandstanden i 3-4 år efter, se figur 53. Der er ikke tilstrækkeligt materiale til at udtale sig om påvirkning af de øvrige pejletidsserier.



Figur 53. Pejletidsserier (vandstand i meter under terræn) for dybe grundvandsforekomster. Figuren viser et udsnit (måleperiode 1990-2004) med effekten af den tørre periode i 1996.

## Sammenfatning, Det nationale pejlenet

På baggrund af 140 pejlestationer, som udgør Det Nationale Pejlenet, overvåges og følges grundvandsstanden over hele landet i terrænnære, regionale og dybe grundvandsforekomster. Stationsnettet er i den kommende programperiode planlagt revideret og udbygget, så nettet fremover bedre kan repræsentere og dække relevante grundvandsforekomster over hele Danmark og således dække kravene til den kvantitative overvågning i Vandrammedirektivet.

Datakvaliteten i Det Nationale Pejlenet er ikke tilfredsstillende, idet kun halvdelen af pejletids-serierne vurderes af god kvalitet, og kun ca. 20 % udgøres af længere tidsserier med god kvalitet. Det er konstateret mange fejl ved indberetningen af data, dels i selve data, men også fordi JUPITER i særlige tilfælde laver fejlberedning. NST og GEUS vil frem til næste års afrapportering have fokus på datakvalitet og søge at rette op på procedurer for indberetning, kvalitetskontrol og lagring af baggrundsinformation for fremadrettet at få bedre udnyttelse af de indsamlede pejldata. I det omfang der foreligger viden og grunddata vil der blive søgt rettet i tidligere indberetninger, så flest mulige data fra Det Nationale Pejlenet kan anvendes til overvågningsopgaven fremover.

Klimafaktorer (lufttryk, nedbør og temperatur) og indvinding kan påvirke grundvandsstanden. DMI har observeret en stigende nedbør over de seneste 100 år, som må forventes at have en positiv effekt på grundvandsstanden og dermed den tilgængelige grundvandsressource. Nedbøren er således steget 4,4 % fra dekadeopgørelsen 1961-90 frem til perioden 1991-2010 svarende til 33 mm.

GEUS har vurderet repræsentative pejleserier indenfor 5 geografisk definerede områder og henholdsvis regionale, dybe og terrænnære grundvandsforekomster. Herudfra er noteret følgende tendenser:

- Langsigtet udvikling. Flere, men ikke alle lange pejletidsserier, viser svag stigning i grundvandsstand, i overensstemmelse med at nedbøren generelt har været stigende.
- Årsvariation. Tidsserierne viser en årsvariation på op til 6 meter. I samme pejletidsserie ses en tendens til stigende årsudsving.
- Påvirkning af den stigende nedbør i 1980'erne viser sig som en hævnning af vandspejlet på op til 2 meter.
- Påvirkning af tørre perioder. I den observerede periode har der været to nedbørsfattige hændelser i 1975-76 og 1996, som afstedkom øget markvandingsbehov. Disse hændelser slår tydeligst igennem i 3-4 år efter i flere af tidsserier for de regionale og dybe grundvandsforekomster, hvor grundvandsstanden nogle steder afsænkes op til 3 meter og andre steder ikke – som normalt - stiger i den efterfølgende vinterperiode.
- Påvirkning af indvinding er konstateret i tidligere afrapporteringer, men ikke specifikt undersøgt i dette års afrapportering.

## Referencer. Det nationale pejlenet

### Dansk lovgivning, vejledninger mv.

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

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

### Andre referencer

DMI, 2012: Klimaudviklingen frem til i dag. [www.dmi.dk](http://www.dmi.dk)

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

Mielby, S., Ditlefsen, C., og Olesen, H., 2009: Geovejledning 4. Potentialekortlægning. Vejledning i udarbejdelse af potentialekort. GEUS, 2009:

Thorling, L., 2012a: Pejling af grundvandsstanden i felten. Teknisk anvisning. GEUS, 2012.

[http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/g03\\_pejlinger.pdf](http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/g03_pejlinger.pdf)

Vandplanernes hjemmeside: Naturstyrelsen 2012: [www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vandplaner/Se\\_vandplanerne/](http://www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vandplaner/Se_vandplanerne/)

NOVANA hjemmeside:

[www.naturstyrelsen.dk/Naturbeskyttelse/National\\_naturbeskyttelse/Overvaagning\\_af\\_vand\\_og\\_natur/NOVANA/novana.htm](http://www.naturstyrelsen.dk/Naturbeskyttelse/National_naturbeskyttelse/Overvaagning_af_vand_og_natur/NOVANA/novana.htm)

## 10 Referencer

### Dansk lovgivning, vejledninger mv

Arbejdstilsynet, 2000: AT-vejledning C1.1. juli 2000. Vejledning om stoffer og materialer, Kemiske agenser.

By- og Landskabsstyrelsen, 2007: Chloroform i drikkevand. En kogebog for vandværker for indsatsen over for chloroform fra naturlige kilder. <http://www2.blst.dk/udgiv/Publikationer/2007/978-87-92256-33-1/html/default.htm>

By og landskabsstyrelsen, 2010: Vejledning om indberetning og godkendelse af vandforsyningsdata. November 2010

Miljøministeriet, 2001: Redegørelse om Vandrammedirektivet. Miljøstyrelsen, marts 2001.

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

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

Miljøministeriet, Danske regioner og KL, 2007: Dataansvarsaftalen, <http://www.miljoportal.dk/NR/rdonlyres/04FFA788-D22F-4050-9087-DB4598593BCD/0/Dataansvarsaftalebilag3Grundvand.pdf>

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

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

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

Miljøministeriet, 2011: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. – Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1024 af 31. oktober 2011. (Drikkevandsbekendtgørelsen)

Miljøstyrelsen, 1985: Forbrug og forurening med chlorphenoler .Kvalitativ vurdering af forbrug og forurening med chlorphenoler i Danmark Miljøprojekt, 69.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Miljøstyrelsen, 2003: Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, 40/2003. Bilagsrapport til "Tungmetaller i affald" - guide og idékatalog til sortering af tungmetaltholdigt affald.

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

Miljøstyrelsen, 2006: BILAG til Rapport fra arbejdsgruppen om generel afbrænding af husdyrgødning til energiformål

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

Miljøstyrelsen, 2009: Miljøstyrelsens BAT-blade: Svovlsyrebehandling af kvæggylle.

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

Miljøstyrelsen, 2010: Redegørelse om jordforurening 2008. Redegørelser fra Miljøstyrelsen nr. 1, 2010.

Miljøstyrelsen, 2010: Bekæmpelsesmiddelstatistik 2009, Orientering fra Miljøstyrelsen, 8, 2010

Miljøstyrelsen, 2010: "Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord og kvalitetskriterier for drikkevand". Opdateret juni og juli 2010. <http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/95E72216-4024-4881-AE3A-5FA05E2A486F/84000/MaSt01forsuringkvgBATbladudenkor.pdf>

Miljøstyrelsen, 2011: Bekendtgørelse om kvalitetskrav til miljømålinger. Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 900, 17. august 2011 (analysekvalitetsbekendtgørelsen)

Miljøstyrelsen, 2012: Redegørelse om jordforurening 2010. Redegørelser fra Miljøstyrelsen nr. 1, 2012.

Miljøstyrelsen, 2012: Faktaark: Pentachlorphenol (PCP).

Naturstyrelsen, 23.12.2010:

<http://www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vandplaner/Vandrammedirektiv/Fakta+om+vandrammedirektivet/06010000.htm>

Naturstyrelsen, 2011, Vejledning om og liste over pesticider og nedbrydningsprodukter, der skal analyseres for ved boringkontrol og kontrol af drikkevand. 16. juni 2011.

Naturstyrelsen 2011a: [www.naturstyrelsen.dk/NR/rdonlyres/1594CEE0-33E2-42CF-8015-F3F17123F4C9/0/2\\_3\\_Oeresund\\_vandplan\\_20dec\\_2011.pdf](http://www.naturstyrelsen.dk/NR/rdonlyres/1594CEE0-33E2-42CF-8015-F3F17123F4C9/0/2_3_Oeresund_vandplan_20dec_2011.pdf)

Naturstyrelsen 2011b: [www.naturstyrelsen.dk/NR/rdonlyres/E29AE587-D7B9-490B-B306-51CC46EE1A83/0/1\\_13\\_OdenseFjord.pdf](http://www.naturstyrelsen.dk/NR/rdonlyres/E29AE587-D7B9-490B-B306-51CC46EE1A83/0/1_13_OdenseFjord.pdf)

Naturstyrelsen 2012, Nyhedsbrev nr. 1: [http://www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vand-i-hverdagen/Grundvand/Boringsnaere\\_beskyttelsesomraeder/Nyhedsbreve/01\\_nyhedsbrev\\_bnbo.htm](http://www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vand-i-hverdagen/Grundvand/Boringsnaere_beskyttelsesomraeder/Nyhedsbreve/01_nyhedsbrev_bnbo.htm)

Naturstyrelsen, Vestjylland Vand, 2012: Fund af nonylphenoler i Grundvandsovervågningen. Notat af 13. april 2012. Ref. KiHar

Naturstyrelsen, Vandplanerne pr. 1.9.2012: [http://www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vandplaner/Se\\_vandplanerne/](http://www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vandplaner/Se_vandplanerne/)

Naturstyrelsen, DMU og GEUS, 2011: Det nationale overvågningsprogram for Vand og Natur. NOVANA 2011-15. Programskrivelse [http://www.naturstyrelsen.dk/NR/rdonlyres/865F26DE-5C14-4439-9943-339A647FAEC4/121155/NOVANA\\_2del.pdf](http://www.naturstyrelsen.dk/NR/rdonlyres/865F26DE-5C14-4439-9943-339A647FAEC4/121155/NOVANA_2del.pdf)

Naturstyrelsen, vandkvalitetskrav i overfaldevand, 2012:

[www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Havet/Havmiljoet/Databaser/Kvalitetskrav+for+overfladevand/Overfladevandskvalitetskrav.htm](http://www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Havet/Havmiljoet/Databaser/Kvalitetskrav+for+overfladevand/Overfladevandskvalitetskrav.htm)

Skov- og Naturstyrelsen, 1998: Kilder til tungmetaller og miljøfremmede stoffer i landbrugsjord.

### EU- direktiver

EU, 1980: Rådets direktiv 80/778/EØF af 15. juli 1980. (1. version af Drikkevandsdirektivet)

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

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

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

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

EU, 2009: Kommissionens direktiv 2009/90/EF af 31. juli 2009 om tekniske specifikationer for kemisk analyse og kontrol af vandets tilstand som omhandlet i Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 200/60/EF. P1-36. (Analysekvalitetsdirektivet)

EU, Scientific Committee on Consumers Safety, 2009: Updated revised request for a scientific opinion following the new classification of some boron compounds as mutagenic and/or toxic to reproduction according to the Commission Regulation 790/2009

[http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/consumer\\_safety/docs/sccs\\_q\\_020.pdf](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/docs/sccs_q_020.pdf)

EU, 2010: EUROPA-KOMMISSIONEN, Bruxelles, den 5.3.2010, K(2010) 1096 endelig: RAPPORT FRA KOMMISSIONEN

i henhold til artikel 3, stk. 7, i grundvandsdirektivet 2006/118/EF om fastsættelse af tærskelværdier for grundvand

EU, Scientific Committee on Consumers Safety, [http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/consumer\\_safety/docs/sccs\\_q\\_020.pdf](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/docs/sccs_q_020.pdf)

### Andre referencer

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

Albers, C.N., Laier, T. & Jacobsen, O.S., 2008: Vertical and horizontal variation in natural chloroform in two adjacent soil profiles in a coniferous forest. Geo-Environment and Landscape Evolution III. 16-18 June, 2008. Southampton, United Kingdom. Wessex Institute of Technology. Proceedings of the third international Conference on evolution, monitoring, simulation, management and remediation of the geological environment and landscape, 161-170.

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

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

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

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

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

Brüsch, W. og Villholt, K. G., 2011: Punktkilders påvirkning af grundvandsressourcens kvalitet. Miljøstyrelsen, Miljøprojekt Nr. 1395 2011

Committee on Toxicity, 2003: [www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/evm\\_nickel.pdf](http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/evm_nickel.pdf)

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

DANVA, 2006: Vandstatistik. Drikkevand og spildevand 2005.

- DCE, 2012: <http://www.dmu.dk/Myndighedsbetjening/Overvaagning/Standat/Standatbiblioteket/>
- DMI, 2011: Klimaudviklingen frem til i dag. [www.dmi.dk](http://www.dmi.dk)
- DMU, 2007: NOVANA – det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse del 1, 2 og 3. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser nr. 495 og 508
- DMU, 2009: Kvalitetssikring af kemiske analyser i NOVANA.
- Europaudvalget, 2012: <http://www.ft.dk/samling/20111/almdel/miu/bilag/385/1129299/index.htm>
- GEUS, 2004: Teknisk anvisning for grundvandsovervågningen, version 4 af 17. august 2004.
- Grant, R, Pedersen, LE, Blicher-Mathiesen, G, Jensen, PG, Hansen, B & Thorling, L., 2009: Landovervågningsoplande 2007: NOVANA, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet
- Friberg, N., 1998: Skov og skovvandløb. Tema rapport nr. 21 fra DMU. 1998.
- Fyns Amt, 2002: Miljøfremmede stoffer I flydende husdyrgødning.
- Hansen, B., Mossin L., Ramsay L., Thorling L., Ernstsén V., Jørgensen J., og Kristensen M., 2009: Kemisk grundvandskortlægning. Geo-vejledning 6. GEUS, Særdugivelse. <http://gk.geus.info/xpdf/kemisk-grundvandskortlaegning20091217.pdf>
- Hansen, B., Rasmussen, B.B., Sivertsen, J., Sørensen, E., Kristoffersen, V. & Christensen, K.S., 2010. Faglig vurdering af grundvandsboringer og pejleboringer i Landovervågningen (LOOP). Særdugivelse fra GEUS.
- Hansen, B., Thorling, L., Dalgaard, T. og Erlandsen, M., 2011: Trend Reversal of Nitrate in Danish Groundwater – a Reflection of Agricultural Practices and Nitrogen Surpluses since 1950. Environmental Science and Technology, vol. 45 nr. 1 pp 228-234.
- Hansen, B., Dalgaard, T., Thorling, L., Sørensen, B. & Erlandsen, M., 2012. Regional analysis of groundwater nitrate concentrations and trends in Denmark in regard to agricultural influence. Biogeosciences Vol 9, 5321-5346, 2012.
- Hinsby, K. & Melo, T., 2006: Application and evaluation of a proposed methodology for derivation of groundwater threshold values - a case study summary report. EU research report, BRIDGE project, deliverable D22, 116 pp.
- Hinsby, K., Purtschert, R., Edmunds, W.M., 2008: Groundwater age and quality. In P. Quevauviller (ed.), Groundwater Science and Policy - an International Overview. RSC Publishing, The Royal Society of Chemistry, Cambridge. pp 217-39.
- Hinsby, K. og Dahl, M., 2009: Tærskelværdier for grundvand baseret på miljømål for afhængige økosystemer. ATV Jord og grundvand, 27. jan 2009: Grundvand/overfladevand interaktion.
- Hyung-Sik et al 2004: [www.snupharm.ac.kr/lbi/erp/erpmenus/professor\\_thesis/upLoadFiles/29.pdf](http://www.snupharm.ac.kr/lbi/erp/erpmenus/professor_thesis/upLoadFiles/29.pdf)
- Hvid, S. Kolind, 2011., Vindencentret for Landbrug. Markvandingsbehov 1987-2010, [http://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Vanding/Sider/pl\\_11\\_616.aspx](http://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Vanding/Sider/pl_11_616.aspx)
- Hultberg, H., 1988: Critical Loads for sulphur to lakes and streams, In: Nilsson, J. and Grenfeld, P. (eds): Critical loads of sulphur and nitrogen. Report from a workshop held at Skokloster, Sweden, 19.-24. marts 1988, Miljørapport 1988:15. Nordic Council of Ministers, København, pp 185-200.
- Jacobsen, O.S., Laier, T., Juhler, R.K., Kristiansen, S.M., Dichmann, E., Brinck, K., Juhl, M.M, Grøn, G., 2007: Forekomst og naturlig produktion af chloroform I grundvand. BLST, 2007 120 pp.
- Jensen, T. F. m.fl., 2003: Nikkelfrigivelse ved pyritoxidation forårsaget af barometerånding., Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 5, 2003.
- Kjær, J. Rosenbom, A. E., Brusch, W., Juhler, R. K., Gudmundsson, L., Plauborg, F., Grant, R. og Olsen, P., 2011: The Danish Pesticide Leaching Assessment Programme, Monitoring Results May 1999-june 2010. GEUS rapport, 109 pp + bilag. (Varslingssystemet)
- Knudsen, C., 1997: Nikkel og Fluor i grundvand. Kildeopsporing i Roskilde og Storstrøms amter. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, Rapport 1997/115.
- Laier, T. og Thorling, L., 2005: Tidsserier og datering, anvendelse af overvågningsdata. ATV møde 5. okt. 2005; Grundvandsmonitoring, teori, metoder og cases.
- Laier, T, Jacobsen, O.S., Thomsen, O., Grøn, C., Hunkeler, D. & Larnus, F. 2005: Chloroform production in spruce forest soils - a potential problem for groundwater use in drinking water supply in Denmark. EGU General Assembly 2005. 24-29 April, 2005. Vienna, Austria. European Geosciences Union. Geophysical Research Abstracts 7
- Langtofte, C., 1994: Danske aflejrings sporelementindhold. En status. GEUS – DGU Datadokumentation nr. 7, 1994, 3. genoptryk.
- Larsen, C.L. og Larsen, F., 2003: Arsen i danske sedimenter og grundvand. Vand og Jord 10. årgang nr. 4, side 147-151.
- Larsen, F., Kjølner, C. og Gram, M., 2009: Arsen i dansk grundvand og drikkevand – Bind 1: Arsen i dansk grundvand. By- og Landskabsstyrelsen, 2009.
- Larsen, M.M., Bak, J. og Scott-Fordsmand, J., 1996: Monitoring af tungmetaller i danske dyrknings- og naturjorde. Faglig rapport fra DMU, nr. 157.
- Mielby, S., Ditlefsen, C. og Olesen, H., 2009: "Geovejledning 4. Potentialekortlægning. Vejledning i udarbejdelse af potentialekort". Geus, 2009:
- Miljøcenter Roskilde, 2009: Mette Moser. "Vurdering af det nationale pejlenet 2007-2009".

Müller, D., Blum, A., Hart, A., Hookey, J., Kunkel, R., Scheidleder, A., Tomlin, C., Wendland, F., 2006: "D18: Final proposal for a methodology to set up Groundwater threshold values in Europe", dec. 2006 (<http://nfp-at.eionet.europa.eu/irc/eionet-circle/bridge/info/data/en/index.htm>) BRIDGE-Background Criteria for the Identification of Groundwater Thresholds

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

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

Thorling, L., 2012a: Pejling af grundvandsstanden i felten. Teknisk anvisning. GEUS, 2012. [http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/g03\\_pejlinger.pdf](http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/g03_pejlinger.pdf)

Thorling, L., 2012b: Prøvetagning af grundvand i felten. Teknisk anvisning. GEUS 2012. [http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/g02\\_provetagning.pdf](http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/g02_provetagning.pdf)

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

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

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brüsch, W., Møller, R.R., Mielby, S. og Højberg, A.L., 2010b: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2009. Teknisk rapport, GEUS 2010. [http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989\\_2009.htm](http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2009.htm)

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brüsch, W., Møller, R.R., Mielby, S. og Højberg, A.L., 2011: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2010. Teknisk rapport, GEUS 2011. [http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989\\_2010.htm](http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/1989_2010.htm)

Thorling, L., Hansen, B. og Magid, J., 2010: Opløst organisk fosfor i grundvand? Vand og Jord pp. 20-23, vol. 17, feb. 2010.

#### Links og hjemmesider:

Arbejdstilsynets hjemmeside: <http://arbejdstilsynet.dk/da/regler/at-vejledninger-mv/stoffer-og-materialer/at-vejledninger-om-stoffer-og-materialer/c1-kemiske-agenser/rloia-c11-trykimpraegneret-trae.aspx>

BRIDGE-Background Criteria for the Identification of Groundwater Thresholds (<http://nfp-at.eionet.europa.eu/irc/eionet-circle/bridge/info/data/en/index.htm>)

Energi og olieforum, 2012: [www.eof.dk/Home/OM.aspx](http://www.eof.dk/Home/OM.aspx)

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

Grundvandsovervågningens hjemmeside: [www.grundvandsovervaagning.dk](http://www.grundvandsovervaagning.dk)

Jordforurening, hjemmeside: [www.jordforurening.info](http://www.jordforurening.info)

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

NOVANA hjemmeside: [www.naturstyrelsen.dk/Naturbeskyttelse/National\\_naturbeskyttelse/Overvaagning\\_af\\_vand\\_og\\_natur/NOVANA/novana.htm](http://www.naturstyrelsen.dk/Naturbeskyttelse/National_naturbeskyttelse/Overvaagning_af_vand_og_natur/NOVANA/novana.htm)

NOVANA modellens hjemmeside [www.vandmodel.dk/](http://www.vandmodel.dk/)

Ministeriet for fødevarer, Landbrug og Fiskeri.2008. Årlig redegørelse. Gødningsregnskaber mm. Statistik 2003/04. [http://pdir.fvm.dk/Fysisk\\_kontrol\\_af\\_g%C3%B8dningsregnskaber.aspx?ID=7433](http://pdir.fvm.dk/Fysisk_kontrol_af_g%C3%B8dningsregnskaber.aspx?ID=7433)

Standat hjemmesiden, DCE, 2012: [www.dmu.dk/Myndighedsbetjening/Overvaagning/Standat/Standatbiblioteket/](http://www.dmu.dk/Myndighedsbetjening/Overvaagning/Standat/Standatbiblioteket/)

TV2Fyn, 2011: [www.tv2fyn.dk/article/322722:Kompost-med-tungmetaller-i-Stige](http://www.tv2fyn.dk/article/322722:Kompost-med-tungmetaller-i-Stige)

Vandplanernes hjemmeside: [Naturstyrelsen 2012: www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vandplaner/Se\\_vandplanerne/](http://Naturstyrelsen 2012: www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vandplaner/Se_vandplanerne/)

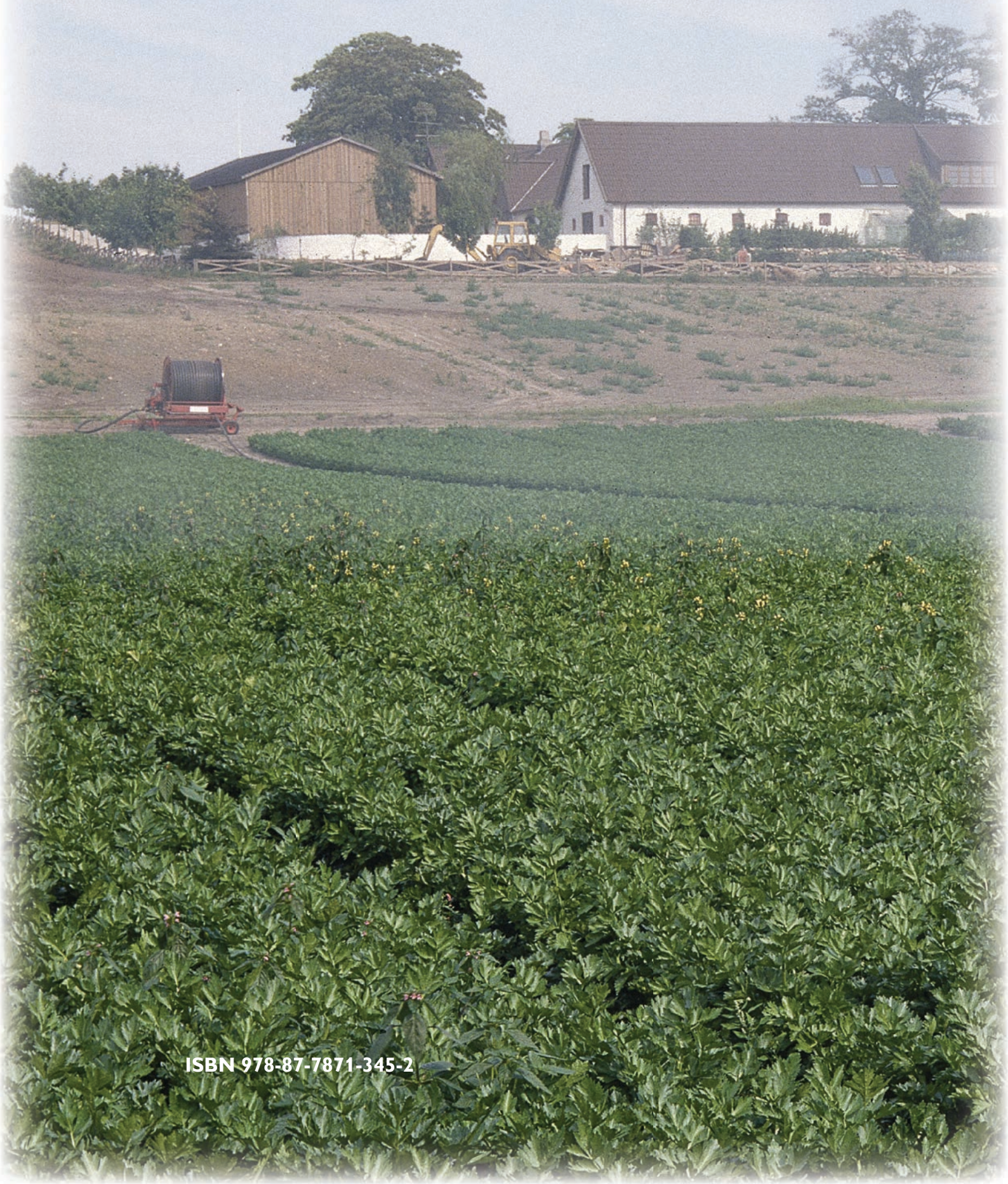
Varslingssystemet for pesticider: [www.pesticidvarsling.dk](http://www.pesticidvarsling.dk)



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

Telefon: 38 14 20 00  
Telefax: 38 14 20 50  
E-post: [geus@geus.dk](mailto:geus@geus.dk)  
Internet: [www.geus.dk](http://www.geus.dk)

Øster Voldgade 10  
1350 København K  
Danmark



ISBN 978-87-7871-345-2