

Grundvandets hovedbestanddele

Nitrat

Udviklingen i grundvandets indhold af nitrat

I rapporten er nitratdata fra **alle aktive** indtag blevet benyttet til bedømmelse af udviklingen i grundvandets nitratindhold for hele perioden 1990-2002. Denne praksis betyder, at der vil indgå et varierende antal indtag i de årlige beregninger. Hvis kun indtag der var analyseret kontinuerligt fra 1990 og frem blev anvendt, ville det betyde væsentlige færre data og dermed tab af informationer, samt at nye GRUMO-boringer ikke vil blive inddraget i databehandlingen. For indtagene er der beregnet en medianværdi for prøveårene, hvilket dog har fået mindre og mindre betydning, da de fleste indtag, 88%, kun analyseres én gang om året. Dette betyder, at indtagenes eventuelle årlige variation i nitratindhold ikke kan beskrives.

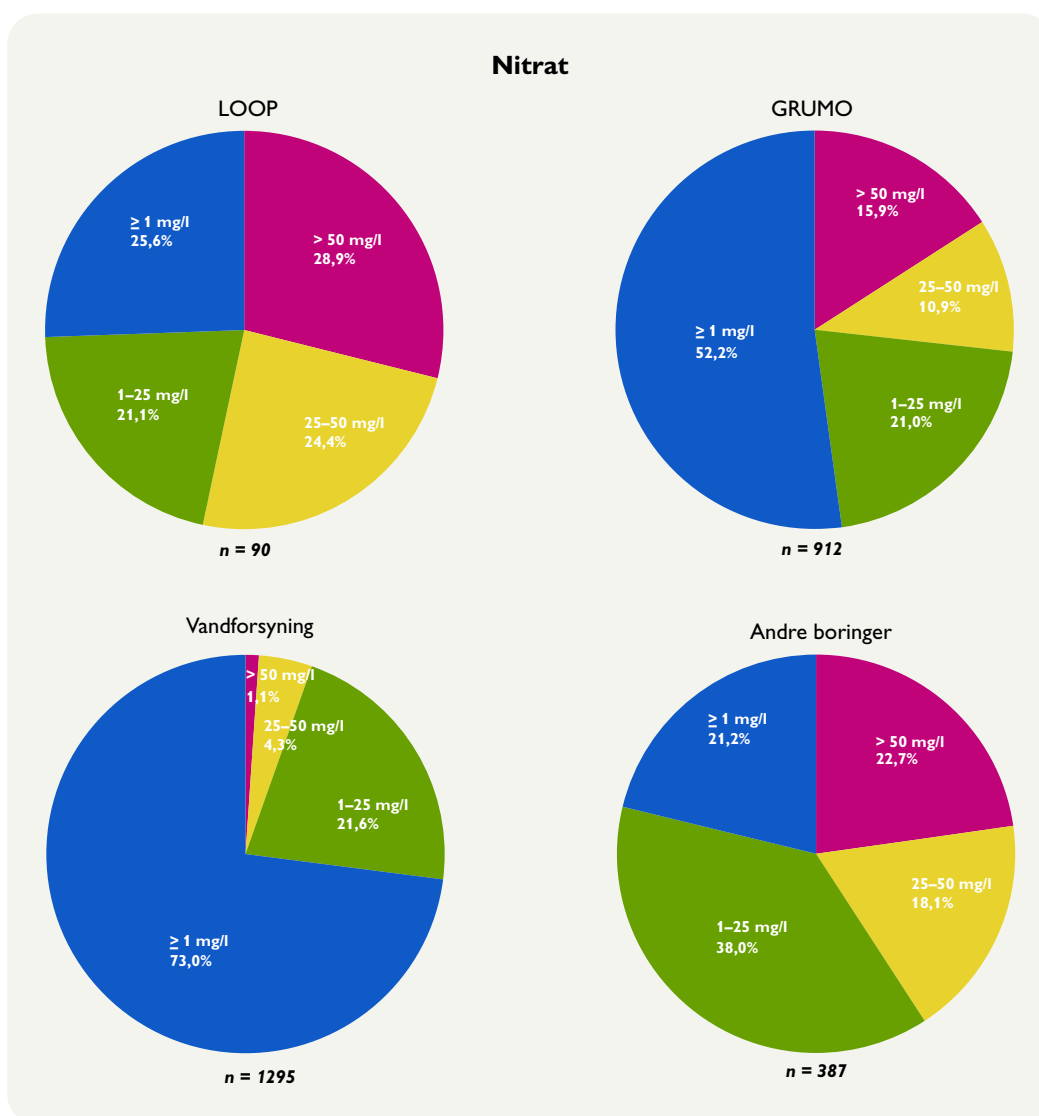
Antallet af nitratanalyser i 2002 for GRUMO ligger på 1.633, hvoraf 458 stammer fra redoxboringerne. Der er i alt analyseret på 1.060 indtag, hvoraf de 75 tilhører redoxboringer. For GRUMO er 932 indtag analyseret én gang, 16 indtag 2 gange, 3 indtag 3 gange, 12 indtag 4 gange og 22 indtag 5 gange eller mere. For boringskontrollen er der i alt 1.412 nitrat analyser i 2002 fordelt på 1.295 boringer. Analysefrekvensen for de i 2002 indberettede boringer, er fortrinsvist én årlig analyse (94% af boringerne). 51 boringer er analyseret 2 gange for nitrat og 29 boringer er analyseret 3 gange eller mere. For LOOP indtagene foreligger der 482 analyser fordelt på 90 indtag for 2002. Hovedparten (59%) af indtagene er analyseret 6 gange for nitrat, enkelte flere gange, mens hovedparten af de resterende indtag er analyseret mindre, hvilket delvist skyldes, at grundvandsspejlet i perioder står under de øverste indtag. Der er ligeledes indberettet boringer klassificeret som 'Andre boringer'. For denne gruppe er der indberettet 595 nitratanalyser for 387 boringer. Disse boringer (99%) er hovedsageligt analyseret 1 eller 2 gange.

Det faldende antal nitratanalyser for indtagene i GRUMO betyder generelt et tyndere datagrundlag til bedømmelse af udviklingen af nitratudviklingen i det danske grundvand. En oversigt over fordelingen af nitratindholdet for de ovennævnte grupperinger i 2002 er vist i figur 2.1.

Som det fremgår af figur 2.1 er det LOOP-områderne med det yngste grundvand, der har det største andel af indtag med nitrat over 25 mg/l (den tidligere vejledende max. værdi for drikkevand jf. Miljøministeriet, 1988) – ca. 53%. For linie- og punktmoniterende indtag i GRUMO er det ca. 27%, mens det for vandforsyningsboringerne er nede på 5,4%. Denne fordeling har stort set været uændret siden overvågningsprogrammets start. Klassen med 'Andre boringer' har en nitratfordeling, som ligner fordelingen i LOOP områderne mest. Dette skyldes, at alle data fra 2002 stammer fra små vandforsyninger – korte boringer og brønde, og derfor repræsenterer det øverste grundvand. Den højst tilladelige værdi for nitrat i drikkevand er 50 mg/l nitrat (Miljø- og Energiministeriet, 2001).

For 2002 foreligger der nitratanalyser for i alt 2.426 indtag fra LOOP, GRUMO, boringskontrol og 'Andre boringer'. Fordeling af disse nitratdata opdelt i tre grupper – ≤ 1 , 1-50 og > 50 mg/l er i figur 2.2 plottet mod toppen af indtaget (m.u.t.). Den største del af analyserne med nitrat kommer fra indtag, der ligger ned til 30 - 40 meter under terræn, og de højeste nitratindhold findes ikke uventet i de øverste 10 meter af jordsøjlen med nitrat (> 1 mg/l) i over 50% af indtagene.

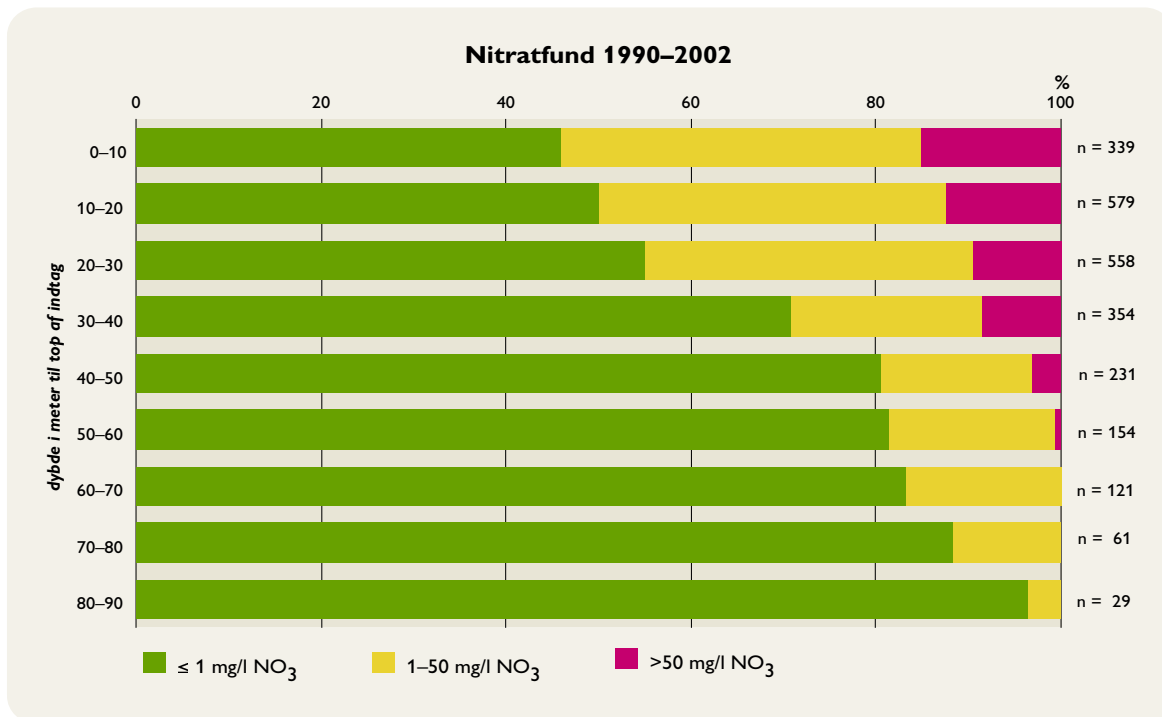
Geokemisk kan grundvandet opdeles i 4 redoxzoner, hvor den øverste - ilt-zonen - har et højt iltindhold svarende til iltindholdet i regnvand. Desuden kan nitratinholdet være højt på grund af udvaskning fra rodzonen. Som oxidationsmiddel forbruges ilt før nitrat, og iltindholdet falder ned mod den næste zone – nitrat-zonen, hvor iltindholdet er meget lavt, og hvor det er nitrat, der bliver omsat (anoxiske forhold). Under denne zone findes så jern- og sulfat-zonen med jern og sulfat, men uden nitrat og ilt. Endelig findes der dybest den stærkt reducerede sulfidholdige/sulfatreducerende zone – metan-zonen. I den anoxiske zone hvor nitratomsætningen sker med pyrit som reduktionsmiddel, vil der blive dannet sulfat. Ud fra det gennemsnitlige sulfatindhold i den oxiske zone kan man lave et skøn over, hvor højt nitratinholdet oprindeligt har været i de anoxiske prøver, idet der ca. dannes 1 mg/l sulfat pr. 1 mg/l omsat nitrat. (Thorling, 2003). I den øverste del af den reducerede zone kan man på samme måde få en indikation af størrelsesordenen af udvasket nitrat på baggrund af sulfatindholdet, men en analyse af N₂ gas ville give et bedre skøn. Organisk stof og jern kan også spille en vis rolle, afhængig af de lokale geologiske forhold.



Figur 2.1 Indtag fordelt efter nitratinholdet i mg/l for LOOP, GRUMO (linie + punkt), boringskontrol samt 'Andre boringer'. Medianværdier for nitratdata kun for 2002.

Denne opdeling i redoxzoner er anvendt i rapporten i den udstrækning, der er foretaget ilt-analyser af prøverne. Der er i rapporten anvendt 1 mg/l ilt som grænse mellem det oxiderede

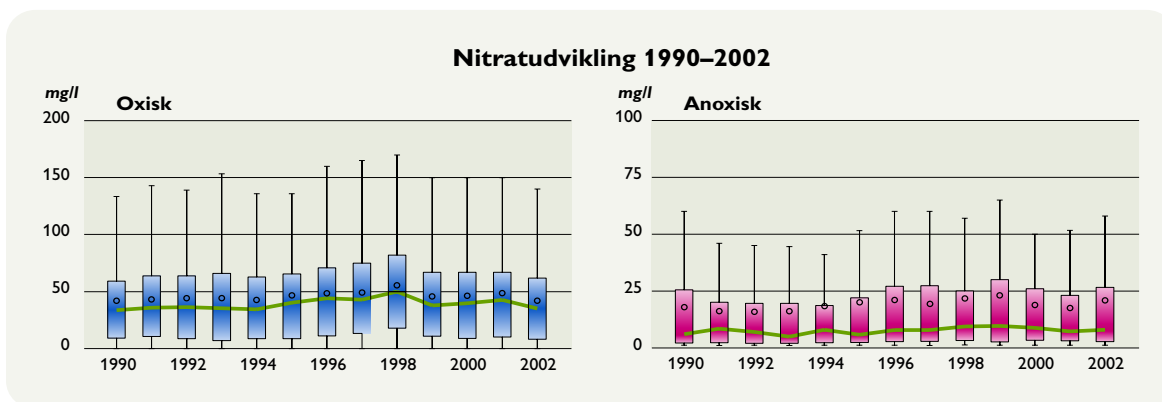
og det anoxiske grundvand. Hvor der ikke foreligger ilt analyser fra feltet anvendes laboratorier analyserne.



Figur 2.2 Indtag fordelt efter nitratindholdet i mg/l og indtagsdybde under terræn for LOOP, GRUMO, boringskontrol (vandværksboringer) og 'Andre boringer'. Kun data for 2002 er medtaget.

Nitratudvikling i grundvandsovervågningsområderne

Til vurdering af den tidsmæssige udvikling af nitratindholdet i det øverste ofte nitratbelastede grundvand er anvendt data fra grundvand med oxiske og anoxiske forhold, dvs. iltholdigt grundvand og iltfattigt men nitratholdigt grundvand. Nitrat er omregnet til årlige medianværdier for indtag med mere end én analyse pr. år. Redoxboringerne er ikke medtaget her.



Figur 2.3 Nitratudviklingen i mg/l i perioden 1990-2002. Redoxzonerne er: Oxisk (med ilt) med 213-358 indtag og anoxisk (med nitrat men uden ilt) med 90-131 indtag. Den enkelte søjle repræsenterer grundvand fra flere indtag med vidt forskellige aldre.

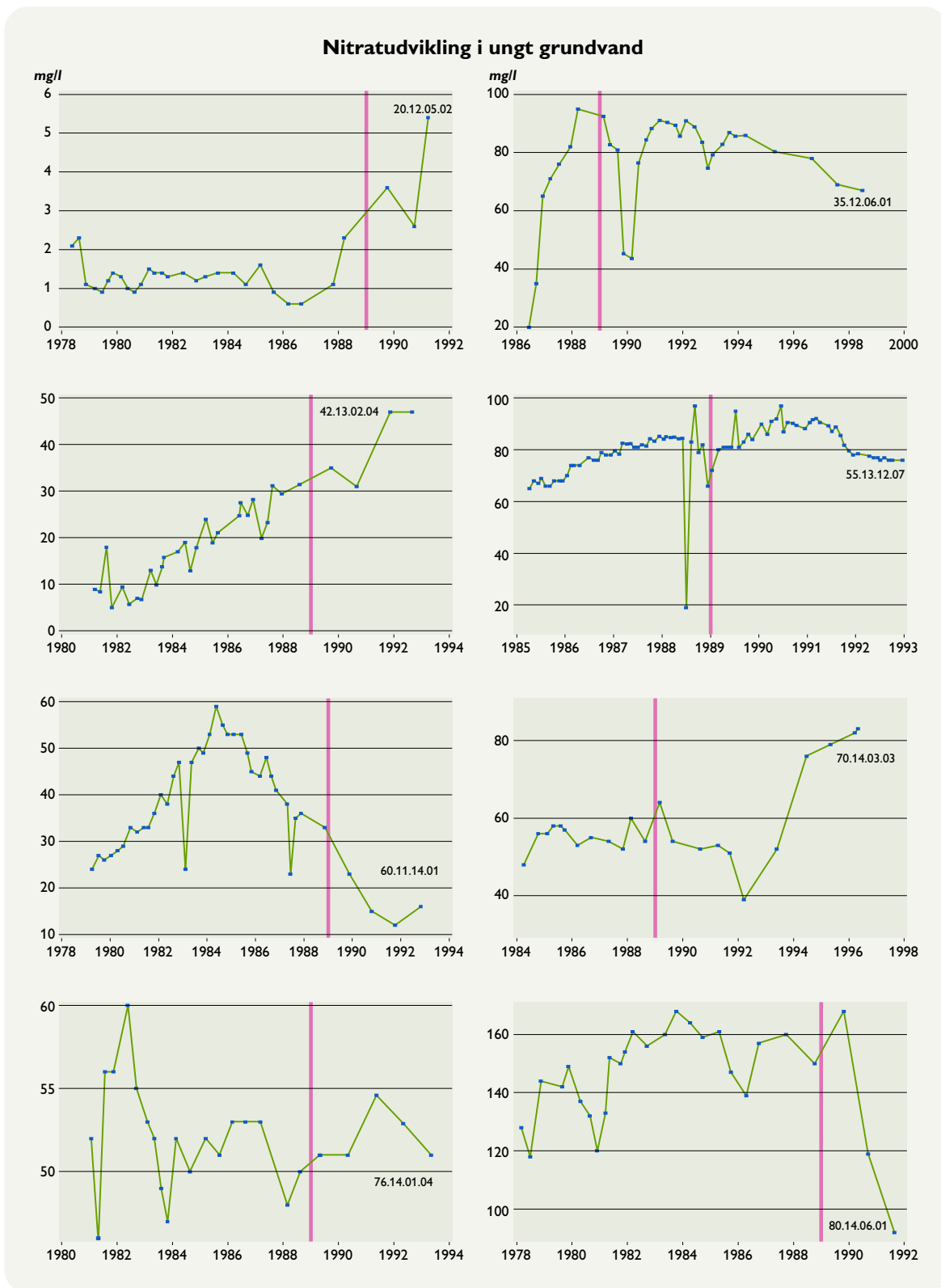
Antallet af indtag anvendt for det oxiske grundvand svinger mellem 358 (2002) og 213 (1998), og for det anoxiske grundvand mellem 131 (1995) og 90 (1998). Udviklingen fra 1990 til 2002 inden for disse 2 redoxkategorier er vist i figur 2.3. Grundvandets nitratindhold i de to redoxzoner varierer meget for de enkelte år, mens variationen i medianværdien (50% over og 50% under) for perioden 1990 – 2002 kun viser mindre udsving. For det oxiske grundvand ses fra 1990 en svag stigning fra ca. 34 mg/l op til 50 mg/l nitrat frem til 1998, hvorpå der ses en faldende tendens til ca. 35 mg/l i 2002. Det anoxiske vand – nitrat-zonen - har et lavere nitratindhold end den oxiske zone på grund af omsætning af nitrat, bl.a. ved oxidation af pyrit. Variationen i denne zones nitratindhold følger delvist den i ilt-zonen

Langt den største del af grundvandet i GRUMO-indtagene er dateret til at være dannet før 1990. Derfor kan en effekt af de tiltag, der blev gennemført som en del af Vandmiljøplanen, ikke forventes at kunne erkendes i grundvandets gennemsnitlige indhold af nitrat. Det iltholdige grundvand er det yngste, men de gennemsnitlige nitratindhold består af grundvand med forskellige aldre. Figur 2.3 giver derfor kun en **generel status** af grundvandets nitratindhold for de enkelte år, hvor der er analyseret. Den generelle udvikling viser en faldende tendens fra 1998, idet der dog er en ret stor spredning i indtagenes nitratindhold. Undersøges variationen i nitratindholdet i de enkelte indtag, ses der store variationer uanset om disse viser et faldende, stigende eller har et meget fluktuerende nitratindhold. Disse forhold kan skyldes vandspejlsændringer, ændringer i nedbøren eller landbrugspraksis og dermed i udvaskningen af nitrat fra rodzonen.

Nitrat i ungt grundvand

I et stort antal indtag (643) blev der fra 1998 og frem til 2002 udtaget vandprøver med henblik på CFC-datering af grundvandet (GEUS, 1999). I alt er der indberettet 922 CFC-analyser, hvoraf de 816 er over detektionsgrænsen. Dobbeltbestemmelser viser en variation på op til 4 år. CFC-dateringerne viste, at kun ca. 40 indtag indeholdt vand, som i 1997-1998 var yngre eller samtidig med Vandmiljøplanens igangsættelse i 1988. For at kunne se en eventuel effekt af planen er nitratdata fra 39 indtag med det yngste grundvand og med kontinuerlige nitratanalyser undersøgt. Kun indtag med mindst 2 analyser af grundvand, som skønnet ud fra CFC-data er yngre end 1989, er medtaget. I figur 2.4 er vist 8 eksempler. Data er blevet tidskorrigeret efter CFC-dateringerne, hvor der må regnes med en vis usikkerhed bl.a. afhængig, hvor tyk den umættede zone er. Data med 5-10 m umættet zone kan derfor være 3-5 ældre end CFC-dateringen viser.

GRUMO-indtag 20.12.05.02 (fig. 2.4) viser en begyndende stigning fra ca. 1987, mens GRUMO-indtag 35.12.06.01 viser en kraftig stigning fra 1986 til 1988 og derpå et langsomt fald frem til 1998. GRUMO-indtag 42.13.02.04 viser en nogenlunde konstant stigning. GRUMO-indtag 55.13.12.07 viser en jævn stigning frem til ca. 1990, som så efterfølges af et jævnt fald frem til 1993. Indtag 60.11.14.01 viser først en jævn stigning frem til ca. 1984, og derpå et tydeligt fald frem til 1993. GRUMO-indtag 70.14.03.03 viser en svag stigning frem til 1988, derpå et fald til 1992 efterfulgt af en mere markant stigning frem til 1996. Indtag 76.14.01.04 fluktuerer omkring 55 mg/l nitrat og viser ingen udvikling. GRUMO-indtag 80.14.06.01 viser en fluktuerende stigning frem til 1990, hvorpå der sker et kraftigt fald frem til 1992. De viste GRUMO-indtag i fig. 2.4 giver eksempler på, hvordan nitratindholdet kan variere i grundvandet i de enkelte indtag. Hvorvidt faldet i grundvandets nitratindhold i de enkelte indtag skyldes Vandmiljøplanen eller andre faktorer, kan kun fastslås, hvis lokale faktorer inddrages. En del ændringer sker omkring Vandmiljøplanens igangsættelse og ud fra tidsserierne er det skønnet, at ca. 1/3-del af indtagene har en faldende tendens fra omkring Vandmiljøplanens igangsættelse eller senere. En oversigt er vist i tabel 2.1.

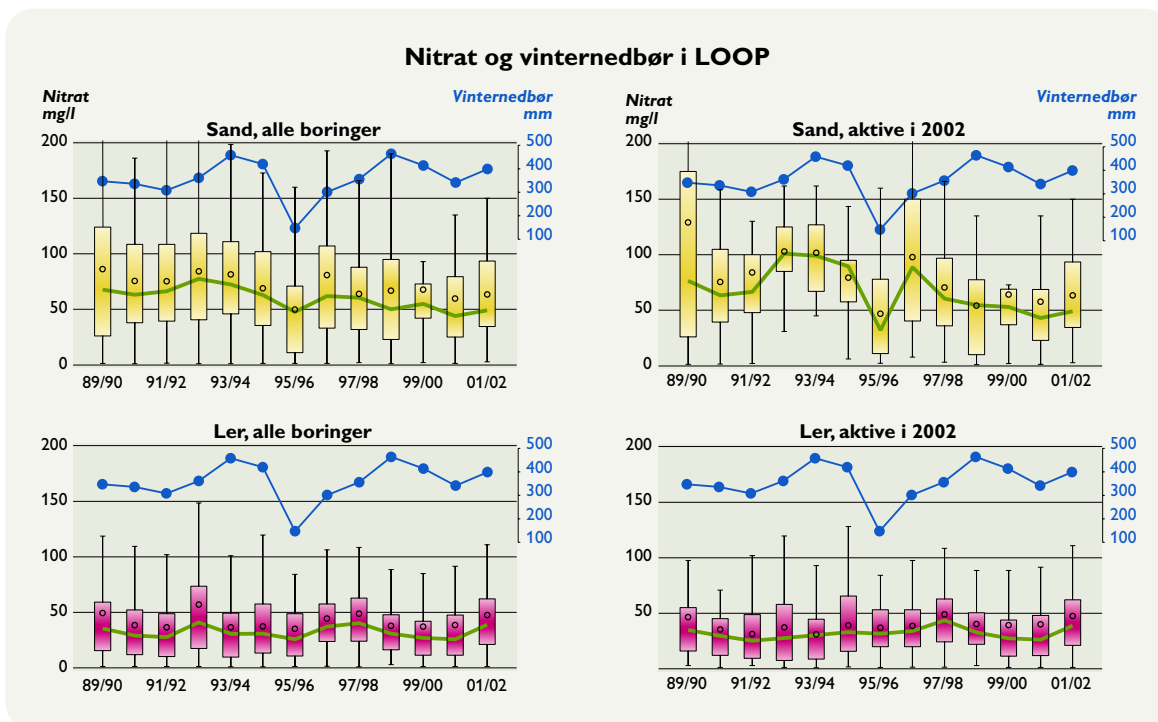


Figur 2.4 Eksempel på nitratudviklingen i ungt grundvand. 8 indtag med grundvand (CFC-dateret) dannet efter Vandmiljøplanens igangsættelse (markeret med rød linie) og med kontinuerlig prøvetagning. **BEMÆRK: Varierende skala på y-aksen.**

| Amt | Antal indtag | GRUMO-nr | Variationen i ungt grundvands nitratindhold Årstal er CFC-skønnet dannelsesår |
|--|--------------|--|--|
| Københavns/ Fr.berg komm Fredensborg | 1 | 13.11.14.03 | Indtaget viser meget store fluktuationer – 100 mg/l |
| | 2 | 20.12.05.02 20.12.07.01 | Stigende fra 1 til 6 mg/l fra 1988 til 1991 Meget svagt stigende fra 1 til 2 mg/l fra 1989 til 1992 |
| Vestsjælland | 1 | 30.01.02.01 | Fald fra ca. 100 til ca. 60 mg/l fra 1990 til 1998 |
| Storstrøm | 3 | 35.12.06.01 35.13.05.02 35.13.10.02 | Jævnt faldende fra ca. 95 til ca. 65 mg/l 1988 til 1991 Stigning fra ca. 10 til ca. 60 mg/l fra 1986 til 1991 Fald fra ca. 60 til 10 mg/l fra 1991 til 1992 |
| Bornholm | 1 | 40.01.06.02 | Fald fra ca. 100 til ca. 40 mg/l fra 1991 til 1994 |
| Fyn | 1 | 42.13.02.04 | Jævnt stigende fra ca. 10 til ca. 50 mg/l siden 1981 til 1992 |
| Ribe | 7 | 55.01.11.01 55.01.15.01 55.01.18.05 55.11.06.03 55.12.05.01 55.13.12.06 55.13.12.07 | Indtaget viser meget store fluktuationer – fra 0 til 50 mg/l Jævnt fald fra ca. 100 til 20 mg/l fra 1989 til 1994 Stigning fra ca. 25 til ca. 70 mg/l fra 1989 til 1992 – har tidligere været højere Ujævnt stigende fra ca. 40 til ca. 100 mg/l fra 1978 til 1991 Meget fluktuerende men med stigning fra ca. 1 til 120 mg/l fra 1988 til 1991 Har et fald fra ca. 60 til ca. 40 mg/l fra 1991 til 1993. Har tidligere været så lavt Jævnt fald fra ca. 90 til ca. 75 mg/l fra 1991 til 1993. Har tidligere været lavere |
| Vejle | 5 | 60.11.10.03 60.11.11.01 60.11.13.01 60.11.14.01 60.14.14.02 | Fald fra ca. 65 til ca. 35 mg/l fra 1983 til 1997 Meget fluktuerende men med fald fra ca. 100 til 70 mg/l fra 1990 til 1994 Fluktuerende men med fald fra ca. 55 til 10 mg/l fra 1985 til 1993 Jævnt fald fra ca. 60 til ca. 10 mg/l fra 1984 til 1993 Jævnt fald fra ca. 45 til ca. 30 mg/l fra 1988 til 1993 |
| Ringkøbing Århus | 1 7 | 65.13.01.03 70.01.21.01 70.02.09.01 70.12.20.02 70.14.03.04 70.14.11.02 70.14.15.01 | Fluktuerende mellem 0 og 5 mg/l Stærkt faldende fra ca. 320 til 150 mg/l fra 1987 til 1991 Faldende fra ca. 95 til ca. 75 mg/l fra 1987 til 1991 Fluktuerende, men faldende fra ca. 70 til ca. 10 mg/l fra 1980 til 1990 Faldende fra ca. 60 til ca. 40 mg/l fra 1988 frem til 1992 så stigende fra ca. 40 til ca. 80 mg/l frem til 1996 Fluktuerende, men stigning fra ca. 25 til ca. 35 mg/l fra 1988 til 1992 Stigende fra ca. 90 til ca. 160 mg/l fra 1979 til 1991 Fluktuerende men stigning fra ca. 60 til 130 mg/l fra 1989 til 1991 |
| Viborg | 2 | 76.14.01.04 76.14.02.02 | Ingen tendens Fluktuerende men fald fra ca. 30 til ca. 5 fra 1988 til 1992 |
| Nordjylland | 8 | 80.02.10.03 80.11.03.01 80.11.07.01 80.11.18.01 80.13.09.03 80.13.10.01 80.13.12.01 80.14.06.01 | Fluktuerer omkring 40 mg/l Fluktuerer omkring 25 mg/l men med en svag stigning fra 1978 til 1993 Fald fra ca. 15 til 5 mg/l fra 1988 til 1995 Fald fra ca. 15 til 5 mg/l fra 1988 til 1994 Stor fluktuation Fald fra ca. 40 til ca. 15 mg/l fra 1994 til 1991 Fald fra ca. 160 til ca. 40 mg/l fra 1982 til 1992 Fald fra ca. 170 til 90 mg/l fra 1990 til 1992 |

Tabel 2.1 Nitratvariationen i de 39 indtag med ungt grundvand.

Grundvandet i landovervågningsoplandene (LOOP) er det yngste vand, som overvåges. Nitratindholdet i dette grundvand, fordelt på sand- og lerområder, er vist som et boxdiagram i figur 2.5 sammen med vinternedbøren. Da det er den relative variation, som er interessant og ikke mængden af nedbør, er det valgt at benytte et gennemsnit af DMI's 40x40 km nedbørsdata for de grid, hvori LOOP-områderne ligger. Der er kun medtaget nitratdata fra grundvandsprøver indsamlet i kvartal 4 og 1. For de indtag, hvorfra der foreligger data for 2002, varierer antallet af data for de enkelte perioder fra 17 til 22 indtag i sandområderne, og fra 26 til 50 indtag i lerområderne. Hvis alle data i basen benyttes varierer antallet af indtag fra 20 til 138 i sandområderne og fra 40 til 133 i lerområderne.



Figur 2.5 Nitrat i landovervågningsoplandene, LOOP, fordelt på sand- og lerområder, sammenlignet med vinternedbøren (øverste kurve). Kun nitratdata fra kvartalerne 4 og 1, nitratanalyser over 1 mg/l og indtag over 5 meter er medtaget.

Af box-diagrammet i figur 2.5 fremgår det, at der er en stor spredning i nitratdata for vinterperioderne, hvor der i sandområderne er et noget højere nitratindhold i grundvandet end i lerområderne, hvor der er en større reduktionskapacitet. Da der ikke foreligger iltmålinger, kan data ikke adskilles i oxiske og anoxiske prøver. Sammenlignes medianværdien for nitrat med kurven for vinternedbøren, ses en tydelig sammenhæng mellem vinternedbør og nitratindhold i sandområderne frem til vinteren 97/98, hvor nitratindholdet i sandområderne falder. Hvert år efter høst og evt. nedvisning af markerne er der ved mineralisering af plantedelene ophobet et stort kvælstofoverskud i jorden i den såkaldte nitratpulje. Kommer der herefter et efterår og en vinter med stor nedbør, giver det et højt nitratindhold i det nydannede grundvand. Det reducerer kvælstofindholdet i nitratpuljen, og har det næste efterår/vinter også stor nedbør, vil nitratindholdet i det nydannede grundvand være betydeligt mindre, fordi bidraget fra tidligere års nitratpulje nu er formindsket ved udvaskning og/eller denitrifikation. Det vurderes således, at grundvandet i LOOP-områderne har et nitratindhold, som i høj grad er præget af vinternedbøren, men at der synes at vise sig et begyndende fald i det øverste grundvand i sandområderne. Det skal dog bemærkes, at det gennemsnitlige indhold de fleste år ligger over grænseværdien for drikkevand på 50 mg/l. For lerområderne ses ikke en tilsvarende klar tendens.

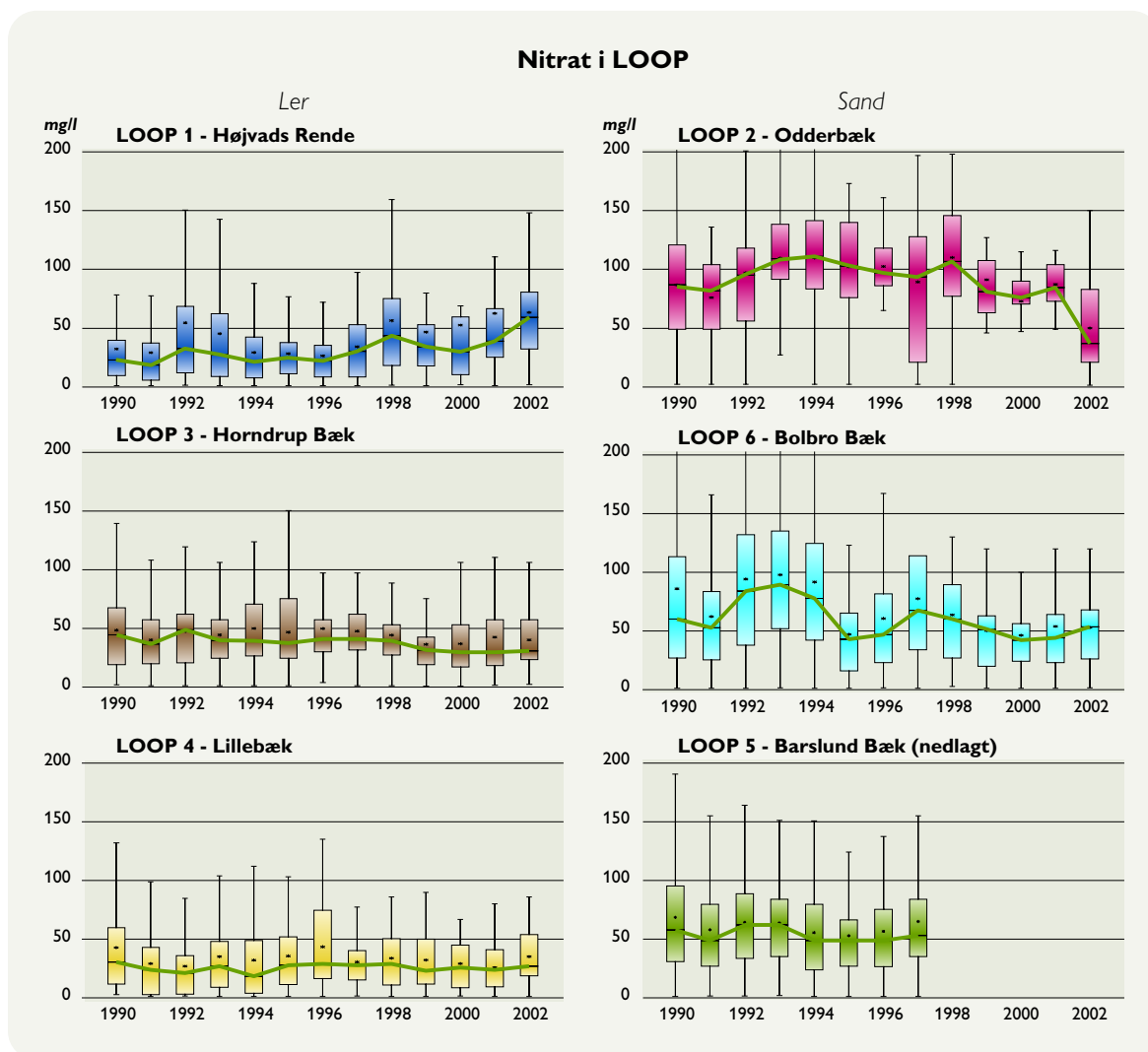
Udviklingen i de enkelte LOOP-områder er på årsbasis vist i fig. 2.6 for nitratdata (over 1 mg/l) og indtag højere beliggende end 5 m under terræn. For lerområderne ses en stigning i Højvads Rende, uændret i Lillebæk og et svagt fald for Horndrup Bæk. For sandområderne viser begge aktive områder en faldende tendens.

Nitrat i vandværksboringer

Der er fra 1990 til og med 2003 indberettet i alt 7.125 vandværksboringer/pejleboringer med i alt 20.600 nitratanalyser til GEUS's database. Hovedparten af boringerne, ca. 75%, er nitratfrie

– dvs. med et nitratindhold under 1 mg/l nitrat. I basen, registreret som 'Andre boringer' findes i alt indberettet 5.479 nitrat analyser fra 3.084 boringer siden 1990.

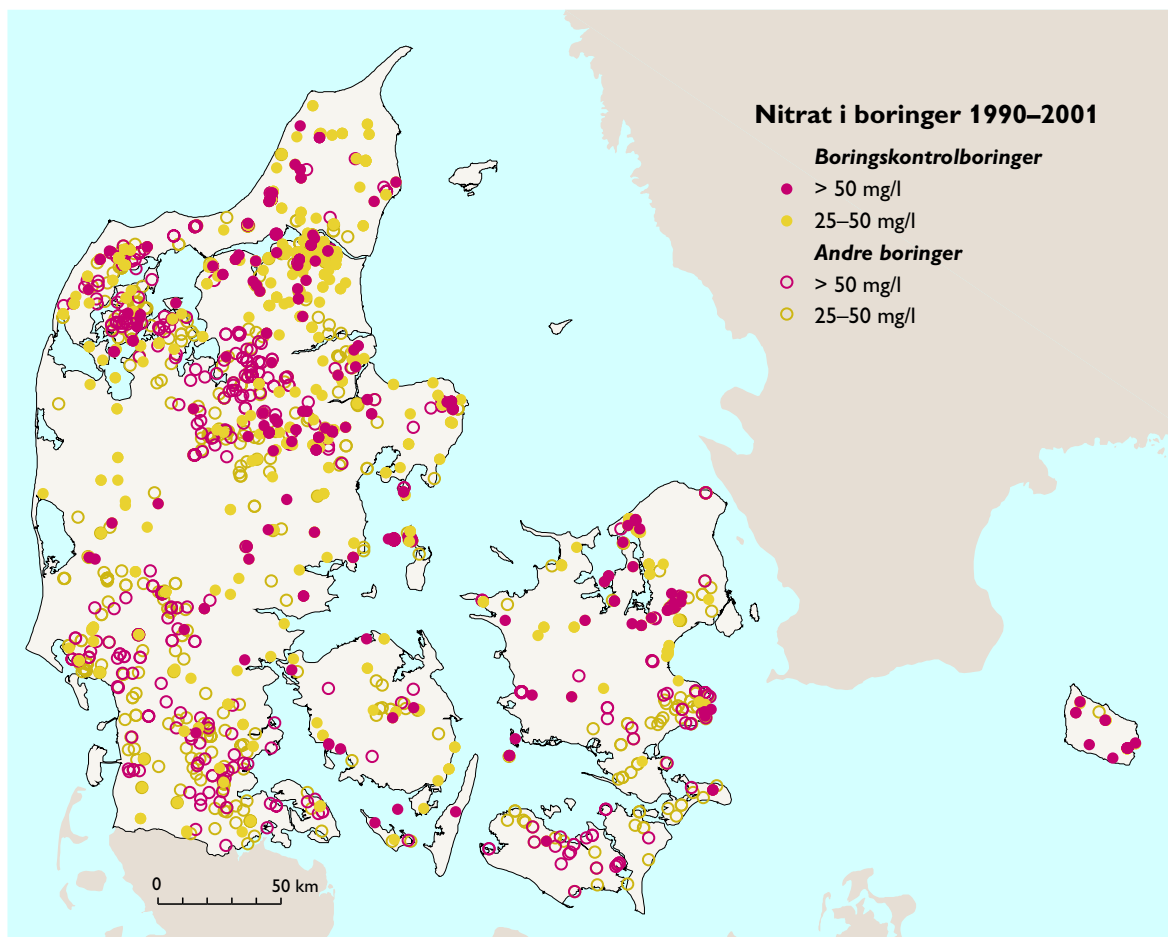
Den procentvise andel af nitratbelastede boringer (>25 mg/l nitrat) har ikke ændret sig væsentligt siden Vandmiljøplanens start, mens andelen af nitratfrie boringer er svagt stigende. Dette skyldes sandsynligvis, at boringer med over 50 mg/l nitrat bliver nedlagt, og nye boringer uden eller med lavt nitratindhold bliver taget i anvendelse. Nitratindholdet i det grundvand, som benyttes til drikkevandsproduktionen, har således ikke ændret sig nævneværdigt gennem de sidste 13 år.



Figur 2.6 Nitrat på årsbasis i landovervågningsoplandene, LOOP. Kun nitratanalyser over 1 mg/l og indtag beliggende højere end 5 meter under terræn er medtaget.

På grund af kombinationen af stor nitratbelastning og geologi (ringe reduktionskapacitet) er det som de tidligere år stadig i Nordjylland, Viborg og Århus amter, der har den største andel af indtag med over 25 mg/l nitrat i boringskontrollata – især det såkaldte 'Nitrat-bælte', der strækker sig fra det nordvestlige Århus Amt in i Viborg Amt (figur 2.7). Grundvand, der indvindes til drikkevand i dårligt beskyttede områder som på Mors, ved Ålborg, på Djursland, omkring Roskilde Fjord og på Bornholm, har også et højt nitratindhold. Det er således stadigvæk i Jylland - med de mest sandede områder - at andelen af boringer med relativt meget nitrat i det oppumpede grundvand er størst

Data fra gruppen 'Andre boringer' er skævt fordelt, idet de fleste oplysninger stammer fra Storstrøms, Sønderjyllands, Ribe, Viborg og Nordjyllands amter. 'Nitratbæltet' ses også i disse data, men desuden ses højt nitratindhold i grundvandet i det sydlige Jylland og i Storstrøms Amt. Der mangler oplysninger om indtag i mange af disse boringerne, som sandsynligvis stammer fra brønde, og derfor repræsenterer højtliggende grundvand, især i Sønderjylland, Viborg og Storstrøms amter.



Figur 2.7 Nitratkoncentrationen i vandværksboringer og 'Andre boringer' baseret på samtlige analyser fra perioden 1990-2002, hvor kun den højeste nitratanalyse er anvendt. Kun boringer med mere end 25 mg/l nitrat er medtaget.

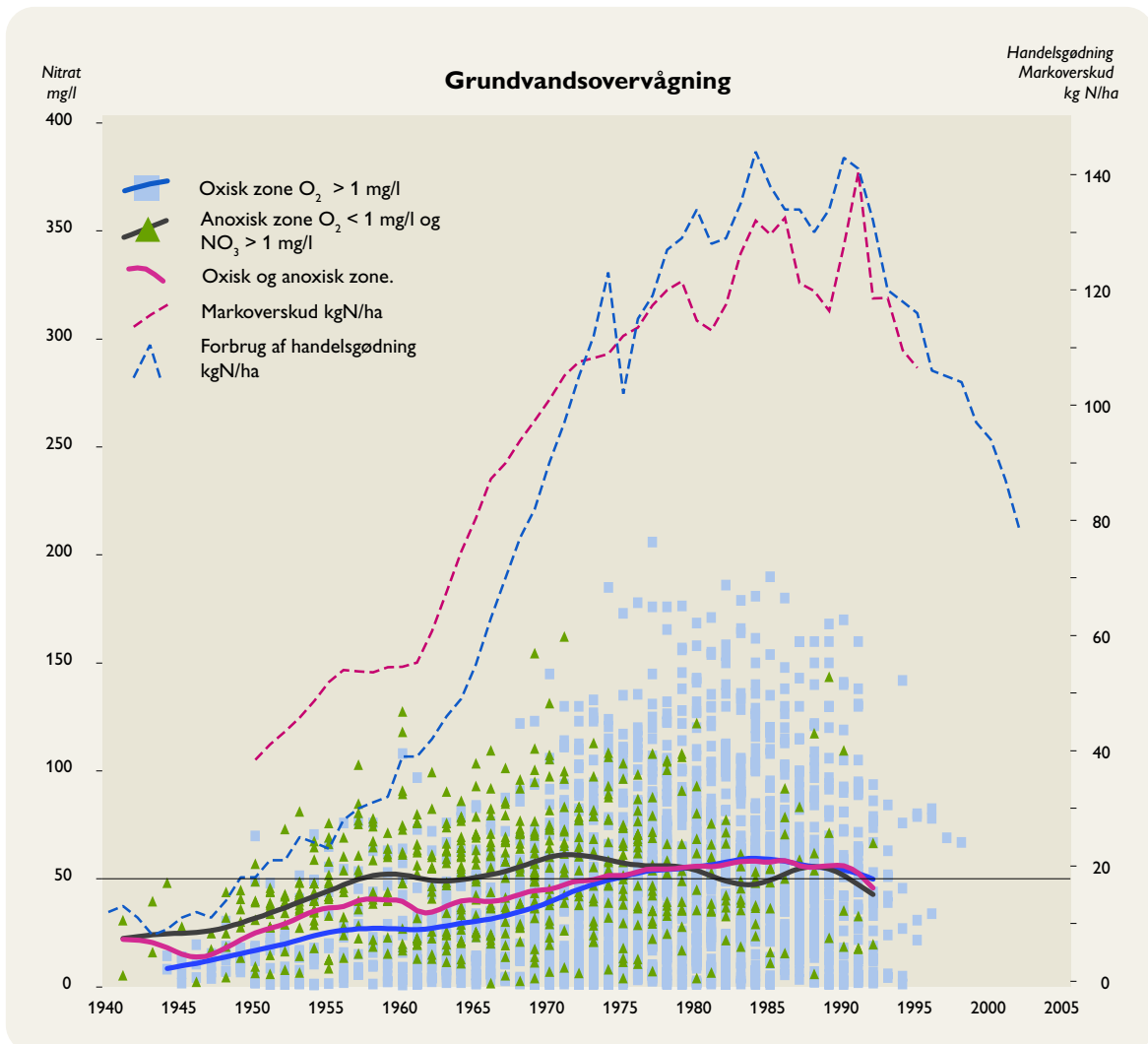
Nitratdata associeret med CFC-dateringer

CFC-dateringerne kan bruges til at finde en tids-differens mellem prøvetagningsåret og CFC-alderen på grundvandet. Nitratdata kan derfor relateres til en CFC-alder, således at nitratanalyser for indtag, hvor der er foretaget en CFC-datering, kan anvendes til at få et indblik i udviklingen af nitrat i det danske grundvand. I alt har 643 GRUMO-indtag en CFC-alder over detektionsgrænsen. Ud over analyseusikkerheden må der yderligere regnes med en usikkerhed ved tilbageskrivningen, idet strømningerne i grundvandet kan variere. Desuden kan indtag med reduceret grundvand ikke benyttes, idet nitrat er omsat.

Nitratdata fra ilt-zonen kan benyttes som de er, men nitratdata fra den anoxiske zone har et reduceret nitratindhold. Det er muligt at få et skøn over, hvor meget nitrat der er omsat ved at se på sulfatindholdet, idet der ved nitratomsætning ved hjælp af pyrit dannes ca. 1 mg/l sulfat pr. 1 mg/l nitrat. Ved at tage sulfatgennemsnittet for et GRUMO-område (oxiske indtag) kan

nitratindholdet i de enkelte indtag opjusteres med det 'overskydende' sulfatindhold. Indtag med et sulfatindhold under gennemsnittet benyttes ikke. Denne opjustering af nitratindholdet for data fra den anoxiske zone betyder dog, at der tilføjes en ekstra usikkerhed til beregningen. Data dækker perioden 1945 frem til ca. 1992. Efter 1992 er der relativt få datapunkter. Data fra 2 GRUMO-områder er ikke medtaget – Nordsø og Københavns/Frederiksberg kommuner og et indtag fra Gladsaxe, idet data fra disse to områder er anormalt høje, muligvis pga. gartnerbrug eller beliggenheden i bymæssig bebyggelse.

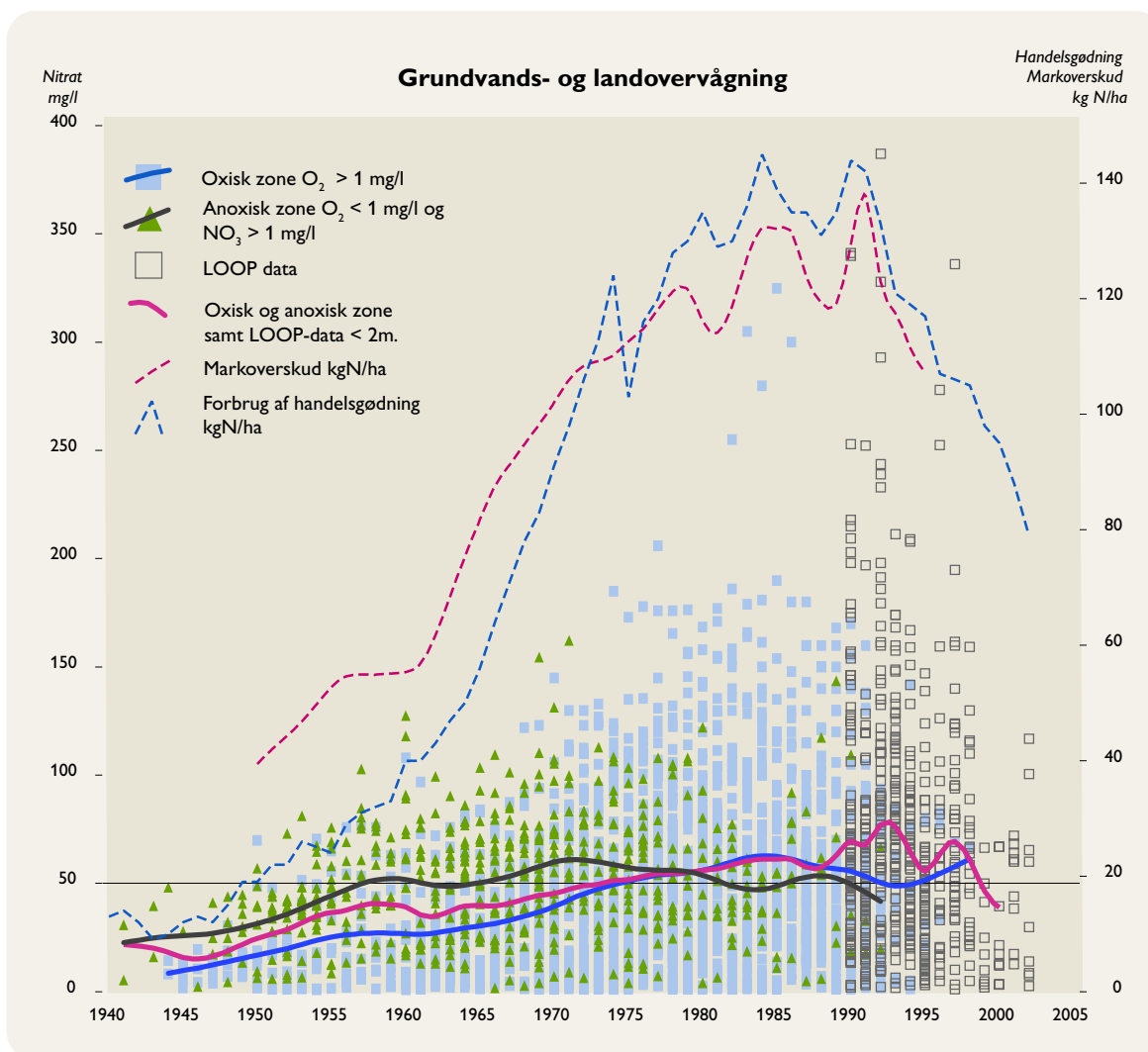
Data er plottet som et 'scatter'-diagram (fig. 2.8), hvor en udglattet linie gennem årsgennemsnit er tegnet. På figuren er også vist forbruget af handelsgødning i kg N pr. hektar samt 'Markoverskuddet' (forskellen mellem hvad der er tilført som husdyr- og handelsgødning, og hvad der er ført bort som foder og solgte planteprodukter samt fiksering og deposition (Knudsen et al, 2000). Som det fremgår af figuren (fig. 2.8), ligger data for den anoxiske zone over den oxiske zone frem til ca. 1975. Slås alle GRUMO data sammen fås en jævnt stigende gennemsnitskurve frem til ca. 1985, hvorefter kurven flader ud. Efter 1992 er der for få data.



Figur 2.8 Grundvandets udvikling i nitratindhold på basis af CFC-dateringer Data er fra den oxiske zone ($O_2 > 1$ mg/l) og den anoxiske zone med nitrat korrigeret på grundlag af sulfatindholdet. Udviklingen i gennemsnitsværdierne er vist som udglattede kurver. Bemærk at årstal angiver CFC-alder og ikke prøvetagningsår.

Ikke alle LOOP-indtag er CFC-daterede. Der er for denne gruppe kun benyttet indtag, som ikke ligger dybere end 2 meter, idet det antages, at alderen af det øverste grundvand i de fleste tilfælde vil være tæt på det år, prøven er udtaget. Der vil naturligvis være en vis usikkerhed på dette skøn af alder. Disse data dækker perioden 1990-1998. Efter 1998 er der relativt få datapunkter.

Hvis LOOP data bringes med ind på figuren (figur 2.8) – se figur 2.9 – ses gennemsnitskurven for alle data at stige frem til ca. 1992, hvorpå der følger et uregelmæssigt fald frem til 1998, hvorefter datagrundlaget bliver for sparsomt. Det bør bemærkes, at LOOP-områderne kun repræsenterer 5-6 steder i Danmark, og ikke nødvendigvis er repræsentative for hele landet. Nitratdata fra eet enkelt LOOP-område kan derfor have stor indflydelse på kurveforløbet. Især LOOP-området Bolbro i Sønderjyllands Amt har stor indflydelse på den sidste del af kurveforløbet bestemt af LOOP-data.



Figur 2.9 Grundvands udvikling i nitratindhold på basis af CFC-dateringer og LOOP data. Data er fra den oxiske zone ($I_{lt} > 1$ mg/l) og den anoxiske zone med nitrat korrigeret på grundlag af sulfatindholdet. Desuden er anvendt data fra LOOP indtag beliggende ned til 2 meter under terræn med alder skønnet til prøvetagningsår. LOOP data er fra meget højtliggende grundvand med en begrænset rumlig udbredelse og er ikke nødvendigvis repræsentativ for alt det yngste og øverste grundvand. Data vil være stærkt påvirket af nedbøren. Udviklingen i gennemsnitsværdierne er vist som udglattede kurver. Bemærk at årstal angiver CFC-alder og ikke prøvetagningsår.

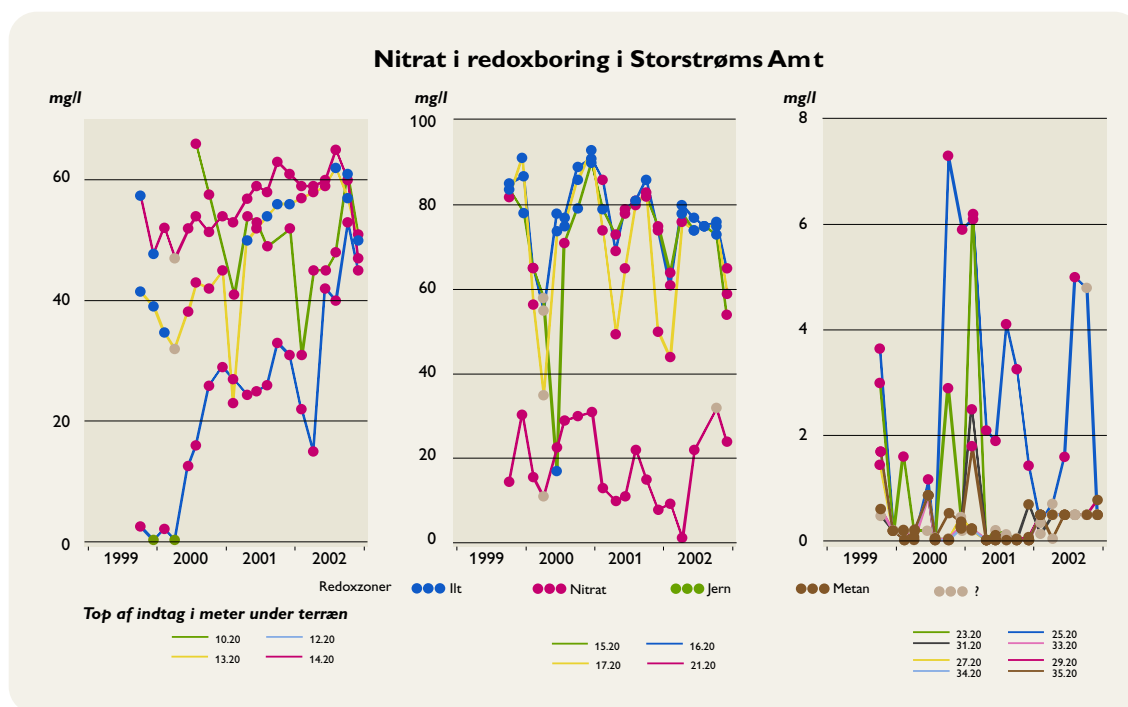
Som det fremgår af figuren er der et vist sammenfald mellem forbruget af handelsgødning og markoverskuddet, og at disse kurver har samme forløb som det gennemsnitlige nitratindhold i det danske grundvand for landet som helhed. En tilsvarende sammenfald i udvikling af nitrat i grundvandet og forbruget af handelsgødning er også påvist i Maryland, USA (Böhlke & Denver, 1995). Det skal dog erindres, at der er en del usikkerhed i forbindelse med skønnet på dannelsesåret for grundvandet og den spatiale fordeling af datapunkter, men kurveforløbet for især alle data antyder et begyndende fald i grundvandets nitratindhold – på landsplan. Data kan dog ikke anvendes til en vurdering af udviklingen i nitratbelastede områder, og det er derfor usikkert, hvornår et fald i nitratindholdet i grundvand vil slå igennem i vandindvindingsboringer.

Redoxboringer

Der er etableret 4 redoxboringer i forbindelse med grundvandsovervågningen, een i hvert af amterne Storstrøm, Ribe, Århus og Nordjylland. Formålet med boringerne er at få mere detaljerede oplysninger om nitratfrontens bevægelser i forskellige områder af Danmark og i forskellige geologiske scenarier.

Redoxboring ved GRUMO Sibirien, Storstrøms Amt.

Redoxboringen er etableret i 1999 med i alt 18 indtag, og der er prøvetaget fra oktober 1999 til december 2002 – i alt 20 prøvetagninger. Indtagene ligger i en kvartær lagsojle bestående af moræneler, smeltevandssand, -grus og -ler, og boringen slutter i skrivekridt. Der er dog ikke altid vand i det øverste indtag 7,7-7,8 m.u.t.



Figur 2.10 Variationer i indtagenes nitratindhold.

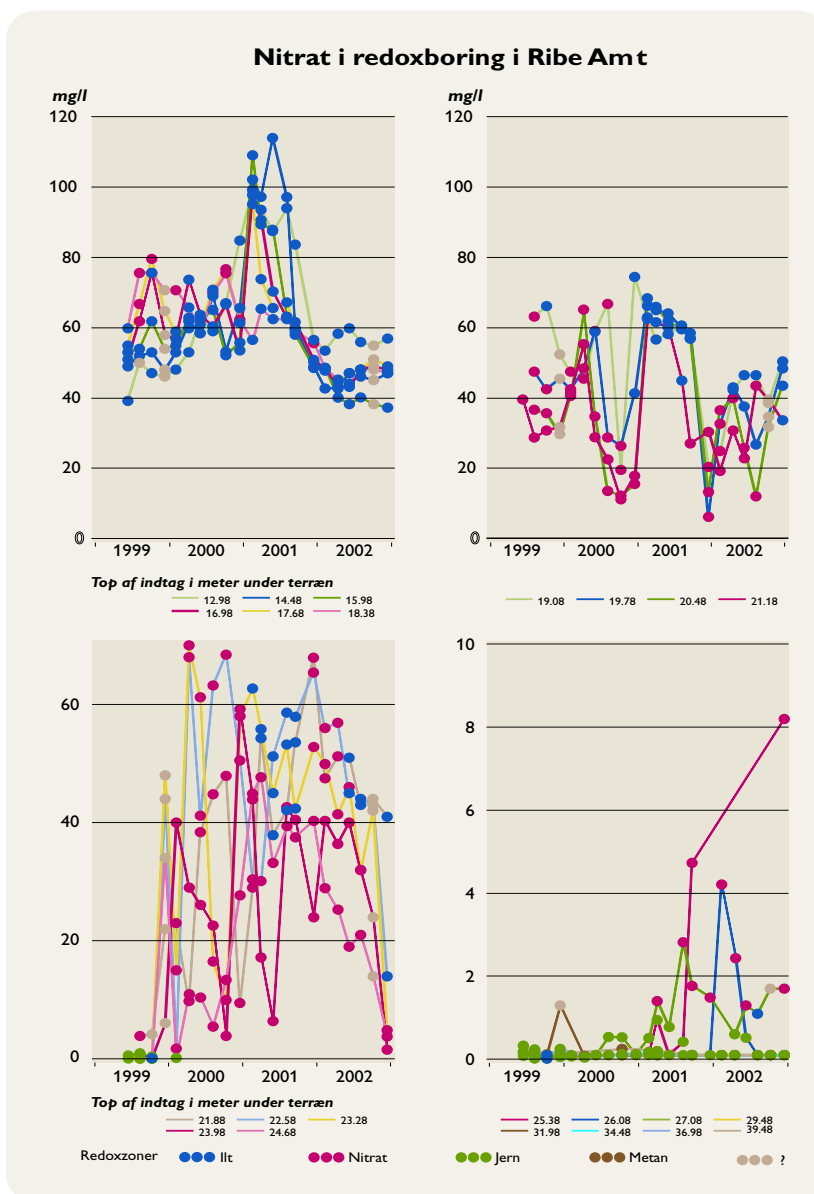
Fluktuationerne i nitratindholdet gennem tid (figur 2.10) er for en del af indtagene meget stor, og afhængig af hvilken formation vandprøven er taget i. Nitratindholdet i det øverste sandlag viser en stigning, mens variationen i moræneleret og indtaget i sand lige over morænen viser en stor fluktuation med en faldende tendens. Fluktuationerne i disse øverste indtag kan muligvis være årstidsbestemte. Indtaget lige under morænen (21.2 m) viser tilsvarende udsving. Re-

sten af indtagene i det nederste sandlag har et lavt indhold af nitrat, hvor 23.2 og 25.2 indtagene hovedsageligt ligger i nitrat-zonen, medens resten af indtagene ligger i jern/sulfat-zonen eller metan-zonen.

Beliggenheden af grænserne ilt/nitrat og nitrat/sulfat er ikke tydelig. Det øverste sandlag ligger hovedsageligt i nitrat-zonen. I det nederste sandlag har grænsen mellem nitrat og jern/sulfat-zonen gennem de sidste 2 år ligget ved ca. 22.5 meter. Grænsen til metan-zonen er ikke tydelig.

Redoxboring ved GRUMO Grindsted, Ribe Amt.

Boringen blev etableret i 1999 og er monteret med i alt 23 indtag fra 12,98 til 39,48 meter under terræn. Indtagene er placeret i smeltevandssand, som er underlejret af tertiære kvarts- og glimmersand med brunkul. Hovedparten af smeltevandssandet er mellemkornet, dog med enkelte indslag af en blanding af mellem- og grovkornet sand. Der er i alt gennemført 22 prøvetagningsrunder. Den umættede zone varierer fra ca. 1 m om vinteren til ca. 2,5 meter om sommeren.



Figur 2.11 Variationer i indtagenes nitratindhold.

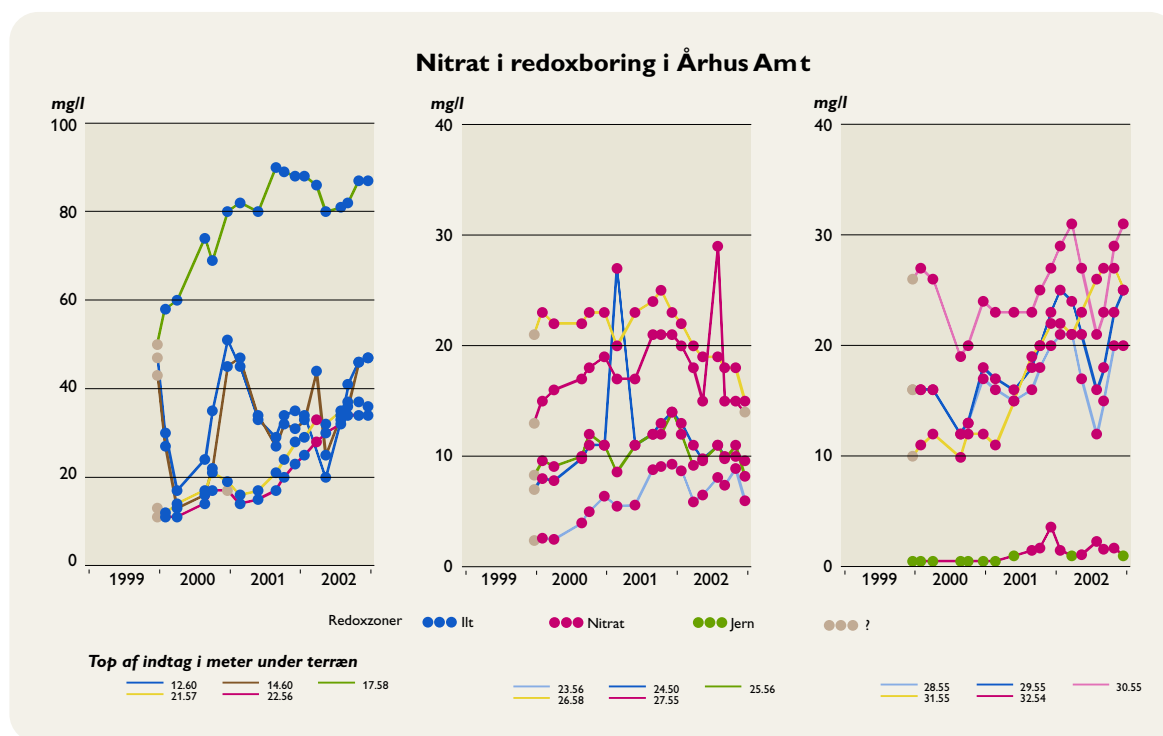
Nitratindholdet falder ned gennem ilt- og nitrat-zonen og fra omkring 100 mg/l i de øverste 5 indtag som det højeste. I disse indtag har nitratindholdet været stigende fra 1999 frem til begyndelsen af 2001, hvorefter der er sket et kraftigt fald på ca. 40-50 mg/l (figur 2.11). Disse indtag ligger hovedsageligt i ilt-zonen. De næste 5-8 indtag ned til 23,5 meter ligger i en zone, hvor grænsen mellem ilt- og nitrat-zonen har fluktueret. Nitratindholdet i disse indtag varierer lidt anderledes end i de øverste indtag. Svingningerne er på op til 60 mg/l, med et fald i 2003.

Beliggenheden af ilt-zonen varierer fra ca. 16 m.u.t. i slutningen af 1999, hvorpå den falder til ca. 24 m.u.t. i sommeren 2001, efterfulgt af en stigning til ca. 18 m.u.t. hvorpå den igen falder til ca. 22,5 meter ved udgangen af 2002. Ilt-zonens placering fluktuerer tilsyneladende delvist med årstiden med en stigning i vinterperioden og et fald i sommerperioden. Nitrat-zonens beliggenhed falder gennem prøvetagningsperioden fra ca. 22 m.u.t. i 1999 til ca. 25,5 m.u.t. i slutningen af 2002. Grænsen mellem jern- og sulfat-zonen synes diffus.

Redoxboring ved GRUMO Kasted, Århus Amt.

Boringen med 21 indtag blev etableret i 1999. Det øverste indtag sidder ca. 7 m.u.t. og det dybeste i ca. 44 m.u.t., og alle indtag sidder i smeltevandssand og -grus. I boringen findes desuden et indslag af morænesand og enkelte horisonter af smeltevandsler og -silt. Det øverste indtag sidder over grundvandsspejlet, men de resterende 20 indtag er prøvetaget i alt 18 gange.

Nitratindholdet i de to øverste indtag svinger med et-års intervaller (figur 2.12). Det næste indtag viser en stigning gennem perioden fra ca. 50 op til ca. 90 mg/l nitrat. Indtaget ligger i et sand-gruslag mellem to tynde (30 cm) lerlag. De næste to indtag mellem 21 og 23 meter har et stigende nitratindhold. Indtagene mellem 23 og 28 m.u.t. viser en sammenlignelig variation med en stigning frem til januar 2002 efterfulgt af et fald i 2002. Indtagene mellem 28 og 32 meter varierer ligeledes på samme måde med et fald i slutningen af 2000, en stigning omkring årsskiftet og endnu et fald efterfulgt af en stigning i resten af 2001. Indtaget ved 32,54 m.u.t. ligger lige mellem oxidationszone nitrat og jern/sulfat. De resterende indtag har nitrat under detektionsgrænsen.



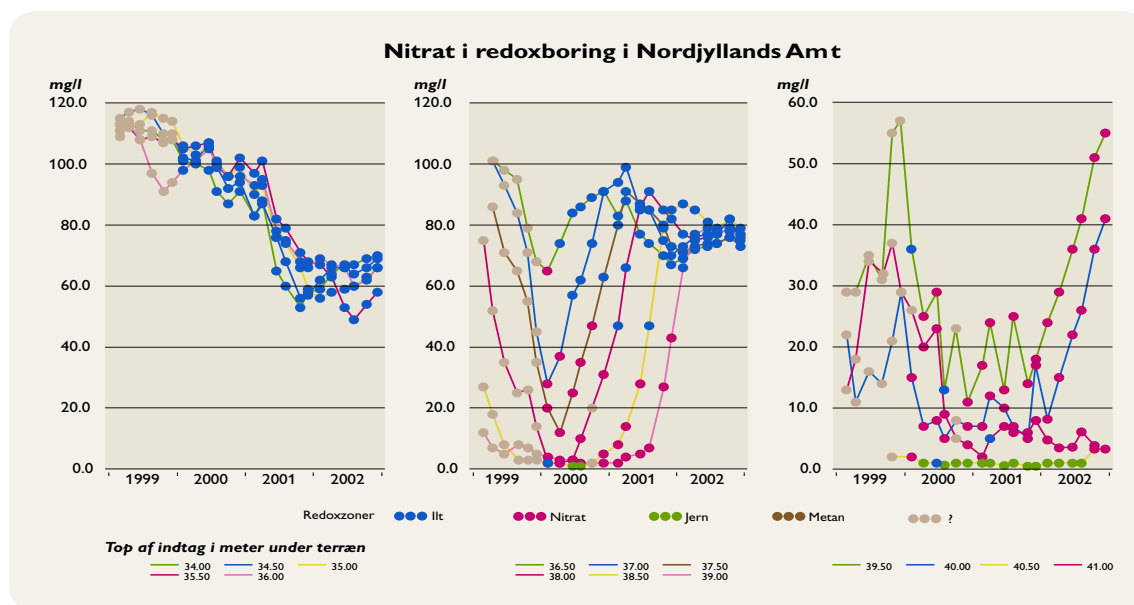
Figur 2.12 Variationer i indtagenes nitratindhold.

Ilt-zone udvikling ligger ved ca. 23 m.u.t. uden variationer. Derpå følger den anoxiske nitrat-zone, som har ligget stabilt omkring de 32 m.u.t. det meste af perioden. Den falder dog i første halvår af 2001 ca. 1 meter, hvorpå den igen ligger nogenlunde stabilt frem til slutningen af 2002. Herunder følger reduceret grundvand i jern- og sulfat-zonen. De øverste indtag er formentlig påvirkede af en svingende grundvandsstand, men ellers har boringen en veludviklet anoxisk nitrat-zone på ca. 10 meters tykkelse.

Redoxboring ved GRUMO Albæk, Nordjyllands Amt.

Denne redoxboring er etableret i 1998/99 med 15 indtag og dækker en zone på 7 meter fra 34 til 41 m.u.t. Hele boringen står i smeltevandssand med et enkelt indslag af smeltevandsler. Den umættede zone er ca. 16 meter tyk.

Udviklingen i nitratindholdet er vist i figur 2.13. De 4 øverste indtag viser et jævnt fald fra ca. 115 mg/l nitrat ved etableringen af boringen i 1998/99 til ca. 60 mg/l ved slutningen af 2001, hvorpå der sker en stigning på ca. 10 mg/l. De næste 9 indtag viser samme variation, men tidsmæssigt forskudt, således at jo dybere indtaget ligger jo senere kommer der et minimum i nitratindholdet. En beregning giver en forskydning på ca. 10 cm om måneden i vertikal retning. De øverste af disse indtag viser et fald frem til 2002, hvorpå der ske en svag stigning. Den meget store vertikale gradient kan være forårsaget af pumpning på nærliggende borer.



Figur 2.13 Variationer i indtagenes nitratindhold.

Den oxiske ilt-zone strakte sig ned til ca. 36 m.u.t. ved etableringen af boringen i 1998/99 og er nu nået ned til ca. 39,5 m.u.t. ved slutningen af 2002. Dette svarer til ca. 12,5 cm pr måned i 2001/02. Nitratfronten ligger omkring 41-42 m.u.t., men den er ikke klart afgrænset, idet der ikke er nogen indtag i en veldefineret jern- og sulfat-zone. Dette kan være forårsaget af, at indtaget 41 m.u.t. ligger i et lag af smeltevandsler. Det meget kraftige fald i grænsen mellem ilt- og nitrat-zonen kan evt. skyldes, at der pumpes på nærliggende vandværksboringer.

Sammenfatning om nitrat:

- De indberettede data for 2002 viser, at godt 50% af grundvandsovervågningsindtagene og ca. 75% af vandforsyningsboringerne, ikke indeholder nitrat (≤ 1 mg/l nitrat).

- For GRUMO indeholder ca. 27% af de aktive overvågningsindtag i 2002 mere nitrat end den tidligere vejledende grænseværdi på 25 mg/l for nitrat i drikkevand og ca. 16% mere end grænseværdien for drikkevand på 50 mg/l.
- Det gennemsnitlige (median) nitratindehold i indtag med oxiske forhold ligger for perioden 1990-2002 mellem 35 og 50 mg/l nitrat, men med en svag stigning frem til 1998, hvorpå det kommer et svagt fald frem til 2002. I indtag med anoxiske forhold ligger gennemsnittet (medianen) stabilt lige under 10 mg/l nitrat.
- Det unge grundvand (6-8 år gammelt) i GRUMO viser varierende udviklingstendenser, men ca. 1/3-del af de 39 indtag med ungt grundvand viser faldende nitratindehold.
- Nitratindeholdet i det unge grundvand i LOOP varierer med vinternefbøren, men med en faldende tendens for de 2 sandområder. Det skal dog bemærkes, at det gennemsnitlige indehold de fleste år ligger over grænseværdien for drikkevand på 50 mg/l. I et lerområde ses en svag stigning, mens de to andre er stort set uændrede.
- Amter med størst nitratproblemer i drikkevandsproduktionen er amterne i det såkaldte 'Nitrat-bælte' (Nordjylland, Viborg og Århus). Det øverste grundvand er dog nitratbelastet i de amter, hvorfra der er indberettet data fra små vandforsyninger (primært private brønde og borerer med begrænset dybde), hvilket antyder, at problemet er landsdækkende.
- Nitratudvikling det danske grundvand sammenholdt ved 'Markoverskuddet' eller forbruget af handelsgødning udviser parallelitet. Stigningen i forbruget af handelsgødning frem til begyndelsen af 90-erne efterfulgt af et fald ligner meget udviklingen af det gennemsnitlige nitratindehold i grundvandet for hele Danmark. De første tegn på et overordnet fald i grundvandets nitratindehold fremtræder, mens der må dog tages forbehold for stor usikkerhed i data og for de antagelser, der er gjort.
- Data fra de fire redoxboringer viser, i to af borererne, veludviklede og veldefinerede redoxzoner ned gennem lagsøjlen fra oxisk (ilt-zonen), anoxisk (nitrat-zonen) til reduceret (jern- og sulfat-zonen). Metan-zonen er konstateret i to af borererne. Ilt-zonen er ikke udviklet i en boring og jern- og sulfat-zonen er dårligt udviklet i den sidste boring. Nitratgrænsen ligger nogenlunde stabilt i 2002.
- Den generelle vurdering af nitratkoncentrationen i grundvandet er, at der på landsplan kan konstateres en begyndende tendens til et fald i nitratindeholdet i det yngste grundvand, som måske kan begrundes i vedtagelsen af Vandmiljøplanen i 1987.

En meget stor andel af det overvågede grundvand er ældre end Vandmiljøplanens igangsættelse. I år er det muligt at følge udviklingen i nitratindeholdet i vand yngre end Vandmiljøplanen i 39 indtag, hvoraf ca. 1/3-del af indtagene udviser fald. I det øverste og mest terrænnære grundvand (LOOP), hvor det må forventes at en eventuel effekt af Vandmiljøplanens tiltag til begrænsning af nitratudvaskningen først må kunne spores, ses en variation, som delvist varierer med vinternefbøren, dog med et overordnet fald i sandområderne. Da det gennemsnitlige indehold de fleste år stadig ligger over grænseværdien for drikkevand på 50 mg/l, må det konkluderes, at det går den rigtige vej med nitratindeholdet, men også at de hidtil iværksatte tiltag sandsynligvis ikke er fyldestgørende til at reducere nitratindeholdet i tilstrækkelig grad i grundvandet.

Fosfor

Udviklingen i grundvandets indhold af fosfor

Fosfor er ikke afrapporteret i år, da grundvandets indhold heraf ikke ændrer sig nævneværdigt.