

NITRAT I DANSK GRUNDVAND GENNEM DE SIDSTE 60 ÅR

Seniorforsker Birgitte Hansen
Seniorrådgiver Lærke Thorling
Afdeling for Grundvands- og Kvantærgeologisk Kortlægning
GEUS

Forskningsleder, Tommy Dalgaard
Integrerede Geografiske og Sociale Studier
Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø, Aarhus Universitet

Lektor Mogens Erlandsen
Afdeling for Biostatistik, Institut for Folkesundhed
Aarhus Universitet

ATV JORD OG GRUNDVAND

Vintermøde om jord- og grundvandsforurening
Vingstedcentret

8. – 9. marts 2011

RESUMÉ

En ny analyse af udviklingen i nitratkoncentrationerne i iltet grundvand og kvælstof- (N) overskuddet i dansk landbrug siden 1950 viser tydelig evidens for en effekt af reduceret nitratudvaskning på iltet grundvands nitratkoncentrationer i Danmark. Resultaterne er for nylig publiceret i *Environmental Science & Technology* (Hansen m.fl., 2011).

INDLEDNING OG BAGGRUND

I Danmark skal vi mestre balancegangen mellem en drikkevandsforsyning, som er baseret på næsten 100 % grundvand og et intensivt landbrug. Det er velkendt, at intensiv landbrugsproduktion og et stort forbrug af kvælstof resulterer i tab af kvælstof til jord, vand og atmosfæren. For eksempel er mange indvindingsboringer lukket på grund af nitratforurening, og ca. 15 % af Danmarks areal var i 2005 udpeget som nitratfølsomme indvindingsområder (Hansen & Thorling, 2008). Miljøeffekterne ved tab af kvælstof fra landbrugsproduktionen er veldokumenterede og inkluderer bl.a.: fald i biodiversitet, eutroficerings af økosystemer og vandmiljø, forsuring, global opvarmning via emission af N_2O og diffus forurening af grundvandet. Både den danske lovgivning og EU's direktiver har netop til formål at regulere landbruget og beskytte natur og miljø. Men hvordan er det gået med udviklingen i nitratindholdet i grundvandet de sidste 60 år?

Igennem de sidste 100 år, og særligt efter anden verdenskrig, har udviklingen i dansk landbrug medvirket til en stigende velfærd i samfundet ved en stigende landbrugsproduktion og forbedret udnyttelse af næringsstofferne. Udviklingen i landbrugsproduktionen op til 1980'erne har været styret af et stigende forbrug af kunstgødning og importeret foder til dyrene hvilket har resulteret i et højt gødningsforbrug og en høj omsætning af kvælstof.

Dansk landbrug har oplevet en kraftig strukturel udvikling mod større og mere intensive landbrug ligesom i andre industrielle lande. Især har den danske husdyrproduktion haft en voldsom vækst, og siden 1970 har den danske svineproduktion for eksempel udgjort den største animalske produktionsgren i Danmark. Svineproduktionen er steget fra 3.2 millioner svin per år i 1950 over 11.2 millioner svin per år i 1967 til 20.9 millioner svin i 2007. Den danske fødevarerproduktion stod i 2010 for 23 % af den private sektors omsætning og investering, 21 % af eksporten og 16 % af beskæftigelsen (Danmarks Statistik, 2010).

Intensiv landbrugsproduktion vil resultere i udvaskning af nitrat på grund af mineralisering af kvælstof i jorden, og fordi mængden af kvælstof i jorden oftest overstiger planternes behov. Dette resulterer i forurening af grundvand, som dermed truer drikkevandsressourcerne og økosystemerne som modtager grundvand.

Nitrat, som udvaskes til grundvandet, opfører sig som et kemisk inert stof i iltet grundvand, idet reaktiviteten af organisk stof generelt er lav under rodzonen. Derfor er der i dette indlæg fokuseret på iltet grundvand, da nitratkoncentrationer her repræsenterer nitratudvaskningen fra rodzonen.

Bestemmelse af grundvandets alder ved datering muliggør sammenligning af tabet af kvælstof fra landbruget med det målte nitratindhold i grundvandet. Datering af grundvandet er dermed vigtig i forhold til f.eks. at kunne vurdere effekten af de danske vandmiljøplaner på grundvandets kvalitet.

FORMÅL

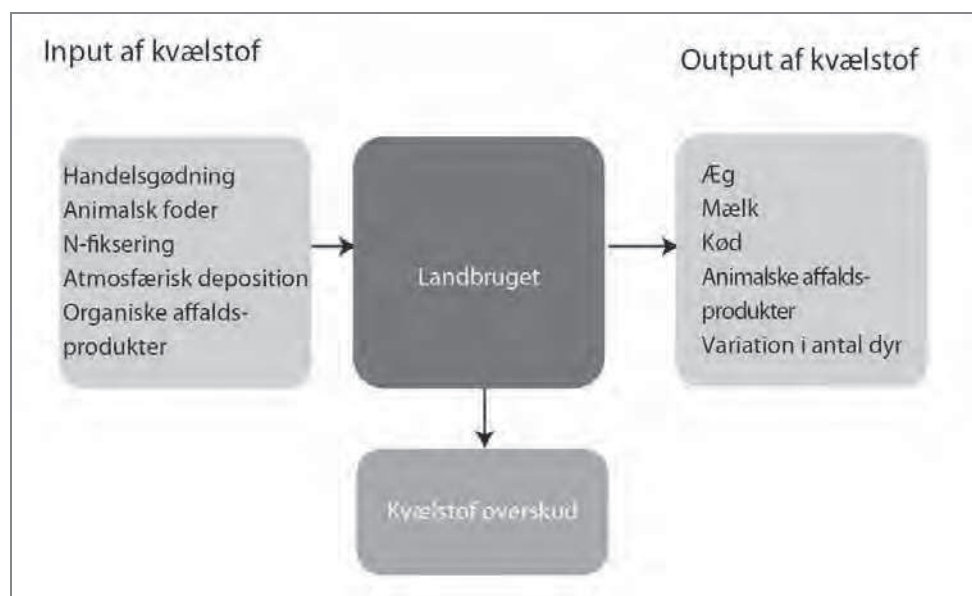
Dette indlæg vil sammenstille nitrattrends i iltet dansk grundvand siden 1950 med strukturelle ændringer i landbruget som er relateret til det årlige nationale N overskud i landbruget, baseret på data fra den nationale overvågning. Formålet er at præsentere to forskellige statistiske metoder:

- Bestemmelse af den generelle nitrattrend i dansk iltet grundvand.
- Aggregering af de individuelle nitrattrends i indtag med iltet grundvand i forhold til alderen af grundvandet.

METODER

Det danske overvågningsprogram har nu produceret ca. 20 års tidsserier af nitratindholdet i grundvandet. Desuden findes der nationale opgørelser over kvælstofoverskuddet (se definition i figur 1) i dansk landbrug gennem de sidste 60 år fra Danmarks Statistik (2010). Bestemmelse af alderen af grundvandet er udført med CFC (chlorofluorocarbon) metoden. Den statistiske dataanalyse er udført med SAS software systemet (SAS, 2008).

Bestemmelse af den generelle trend er udført ved en stykkevis lineær regressionsanalyse med ukendt knæpunkt med PROC MCMC. Trendanalyse af udviklingen i nitratkoncentrationerne i individuelle borer er udført som en simpel lineær regression med PROC REG. Fordelingen af trends i forhold til 3 aldersgrupper af grundvandet er sammenlignet i en regressionsmodel med separate regressionslinjer for hver aldersgruppe ved PROC MIXED rutinen.



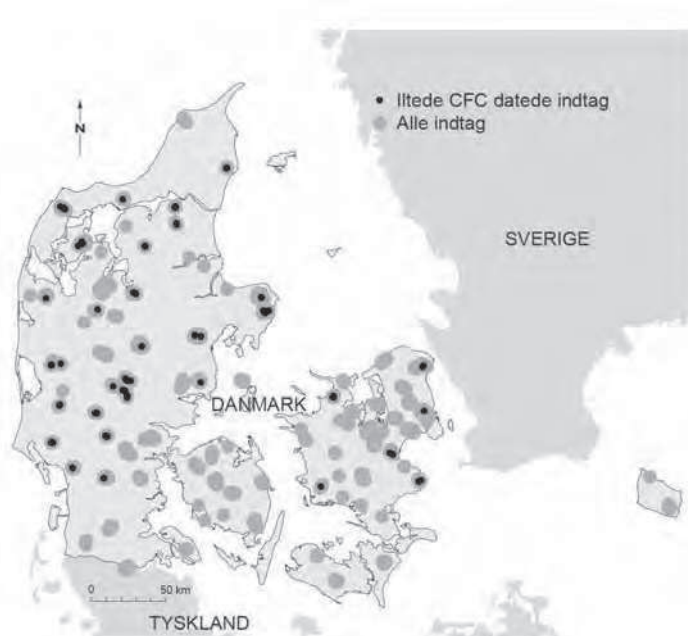
Figur 1. Input-output princip til beregning af kvælstofoverskud i landbruget på en årlig national skala.

DATA

Grundvandsanalyserne som præsenteres i dette indlæg, er downloadet fra JUPITER i oktober 2009. I alt består data af 37.372 nitratanalyser fra 1189 indtag fra den danske grundvandsovervågning, prøvetaget i perioden fra 1973-2009 (se figur 2). Der er udvalgt en undergruppe af data efter de følgende kriterier:

1. Indtag med iltet CFC dateret grundvand udvælges (iltet grundvand defineres som: nitrat > 1 mg/l, jern < 0,2 mg/l og ilt > 1 mg/l)
2. Indtag med mere end 8 års tidsserier udvælges
3. Indtag med ustabile redoxforhold fravælges
4. Outliers fravælges (f.eks. etableringseffekt)

Undergruppen af data består af 5321 nitratanalyser fra 152 indtag prøvetaget i perioden fra 1988-2009.



Figur 2. Placeringen af alle indtag i den nationale grundvandsovervågning og indtag med iltet CFC dateret grundvand.

RESULTATER OG DISKUSSION

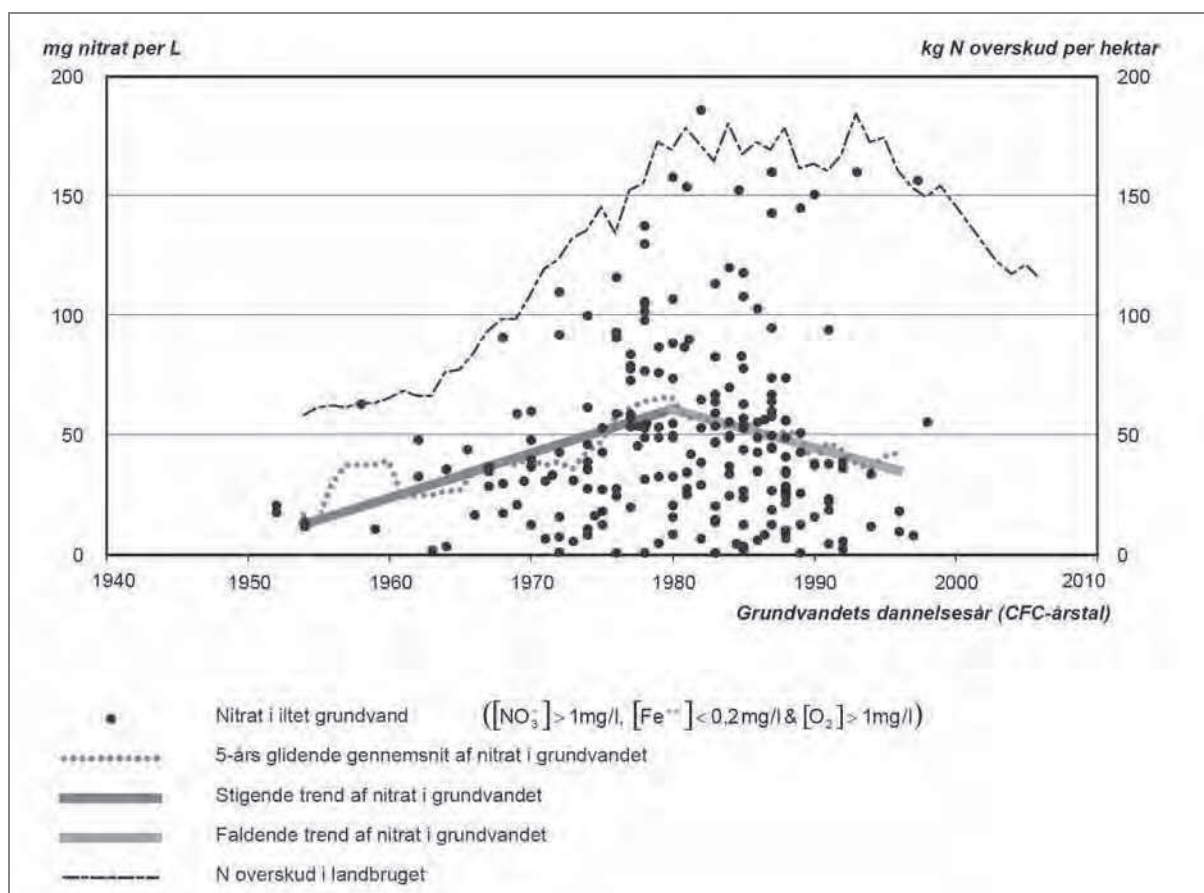
Den generelle trend

I figur 3 er vist den generelle nitratrend i dansk iltet grundvand baseret på nitratkoncentrationen i 194 iltede CFC-daterede indtag, fundet ved kriterium 1 omtalt i forrige afsnit om "DATA". Placeringen af disse indtag er også vist i figur 2 (iltede CFC daterede indtag).

Statistisk trendanalyse viser at udviklingen i nitratindholdet i iltet grundvand kan beskrives med en stykkevis lineær funktion med knæpunkt i 1980 ($\pm 3,4$ år) med en signifikant stigende trend (ca. 1,83 mg/l/år) før og en signifikant faldende trend (ca. -1,61 mg/l/år) efter 1980 (95 % konfidensniveau).

Udviklingen i nitratinholdet i iltet dansk grundvand reflekterer tydeligt udviklingen i det nationale kvælstofoverskud med et knæpunkt omkring 1980 (se figur 3). Regulering og tekniske forbedringer i det intensive danske landbrug har succesfuldt resulteret i en reduktion af kvælstofoverskuddet med 40 % siden 1980'erne. På samme tid er niveauet for afgrødeudbytterne opretholdt, og den animalske produktion af især svin er steget markant.

Opbremsningen omkring 1980 i dansk landbrugs kvælstofoverskud og nitratinholdet i iltet grundvand optræder dermed før igangsættelse af den 1. vandmiljøplan i 1985 og de efterfølgende aktionsplaner i 1987, 1991, 1998, 2000, 2001, 2004 osv. som har fokuseret på reduktion af landbrugets kvælstofoverskud som den vigtigste kilde til kvælstofudvaskning. Årsagen til opbremsningen omkring 1980 kan skyldes flere forhold omkring strukturudviklingen i landbruget, som f.eks. reduktion af N tab fra punktkilder ved bedre opbevaring og behandling af spildevand i landområder, og reduceret afstrømning fra stalde, ensilagekuler og møddinger.

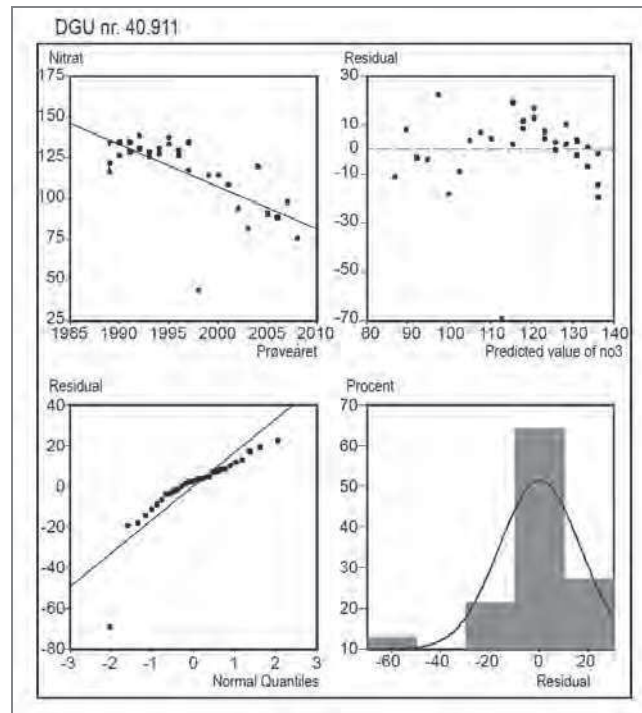


Figur 3. Den generelle nitrattrend i dansk iltet grundvand. Tidsserier af det årlige gennemsnitlige N overskud i landbruget er sammenstillet med nitratkoncentrationen i indtag med iltet CFC-dateret grundvand.

Individuelle trends

Det er vurderet, at fordelingen af residual nitratanalyser fra hvert indtag er typiske for normale fordelte data (se eksempel i figur 4). Derfor blev det valgt at bruge en simpel lineær re-

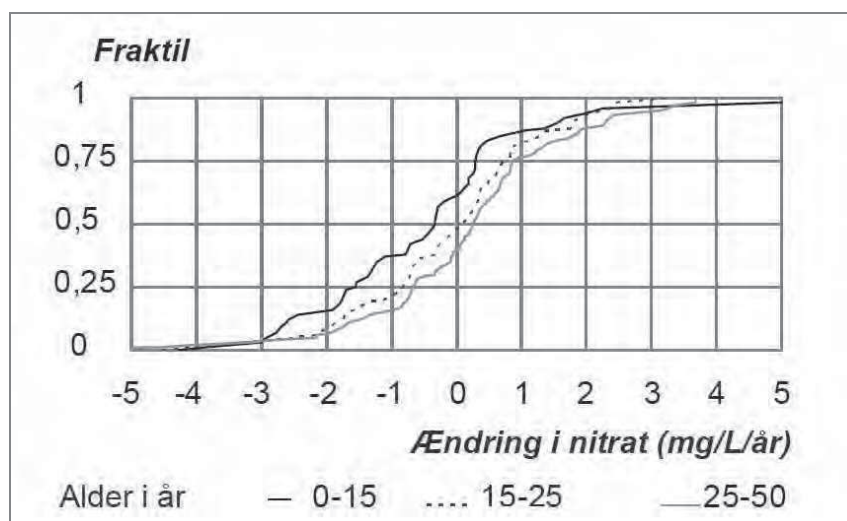
gressionsmodel til trendanalyserne af nitratkoncentrationerne i hvert af de 152 indtag fundet efter kriterierne i forrige afsnit om "DATA".



Figur 4. Eksempel på lineær regressionsanalyse og tjek for normalitet i et indtag med en signifikant faldende nitratkoncentration på 95 % konfidensniveau. Enheder er i mg nitrat per l.

Trendanalyse af nitratindholdet i de 152 indtag med iltet grundvand er i figur 5 vist som et fordelingsplot. Figuren viser de individuelle nitratrends (ændringer i nitrat, mg/l/år) i indtag med iltet grundvand grupperet i forhold til alderen af grundvandet.

"Ændring i nitratindhold" er lig hældningskoefficienten af de rette linjer fundet ved lineær regression af udviklingen i nitratindholdet som vist for ét indtag i figur 4. Negative x-værdier repræsenterer faldende trends mens positive værdier repræsenterer stigende trends. 71 % af indtagene har signifikante trends, og heraf er 38 % faldende mens 33 % er stigende. De resterende 29 % har ingen signifikante trends på 95 % konfidensniveau.



Figur 5. Fordelingen af individuelle nitratrends (ændringer i nitrat, mg/l/år) i indtag med iltet grundvand grupperet i forhold til alderen af grundvandet. "Ændring i nitratindhold" er lig hældningskoefficienten af de rette linjer fundet ved lineær regression af udviklingen i nitratindholdet som vist for ét indtag i figur 4.

Resultaterne viser, at der i det alleryngste iltede grundvand (0-15 år gammelt) er flest filtre med en faldende trend i nitratindholdet i forhold til ældre iltet grundvand (15-50 år gammelt) (se figur 5). Selvom den generelle trend vist i figur 3 viser et knækpunkt omkring 1980, så viser de individuelle resultater i figur 6 et mere komplekst billede. En signifikant faldende nitratrend (se tabel 1) er fundet i 44 % af det yngste iltede grundvand (0-15 år), 27 % af det medium gamle iltede grundvand (15-25 år) og 9 % af det ældste iltede grundvand (25-50 år). Til sammenligning er der fundet en signifikant stigende nitratrend i 18 % af det yngste iltede grundvand (0-15 år), 30 % af det medium gamle iltede grundvand (15-25 år) og 64 % af det ældste iltede grundvand (25-50 år). Den statistiske analyse viser desuden, at de 3 aldersgrupper af data er signifikant forskellige.

Grundvandets alder	Stigende trend	Faldende trend	Ikke-signifikant trend	Total
0-50 (alle)	50 (33 %)	44 (38 %)	58 (29 %)	152 (100 %)
0-15	10 (18 %)	24 (44 %)	21 (38 %)	55 (100 %)
15-25	19 (30 %)	17 (27 %)	28 (43 %)	64 (100 %)
25-50	21 (64 %)	3 (9 %)	9 (27 %)	33 (100 %)

Tabel 1. Antallet (%) af statistisk signifikante stigende og faldende nitratrends samt ikke-signifikante nitratrends på et 95 % konfidensniveau af iltede CFC-daterede indtag grupperet i forhold til alderen af grundvandet.

KONKLUSION OG PERSPEKTIVERING

De præsenterede resultater viser en tydelig effekt af reduceret nitratudvaskning på grundvandets nitratindhold i Danmark gennem de sidste 30 år. De danske overvågningsdata viser,

at "det gør en forskel" at reducere forureningen på jordoverfladen i forhold til at forbedre grundvandskvaliteten. Dog er det vigtigt at pointere at vi langt fra er i mål i Danmark i forhold til at forbedre miljø- og naturtilstanden. Evalueringen af Vandmiljøplan III viste, at målene ikke har haft den nødvendige og forventede effekt på alle dele af det danske miljø. For eksempel er de indre danske farvande blandt de marine områder i verden som oftest oplever iltmangel. I forhold til EU-lovgivningen er det derfor nødvendigt fortsat at mindske nitratindholdet i grundvandet for at sikre god økologisk status af de indre danske farvande og god kemisk status af grundvandet.

REFERENCER

Hansen, B. & Thorling, B., 2008. Use of geochemistry in groundwater vulnerability mapping in Denmark. Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin, 15, 45-48.
www.geus.dk/publications/bull.

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

SAS, 2008. SAS/STAT 9.2. 2008. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Danmarks Statistik, 2010. Statistikdatabasen. www.dst.dk.

