

546.17  
B25

# NPo-forskning fra Miljøstyrelsen

Nr. B8 1990

## Nitratreduktions- processer i Rabis hedesletteaquifer



Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

# Om NPo-forskningsprogrammet

*NPo-forskningsprogrammet skal tilvejebringe viden om, hvordan kvælstof (N), fosfor (P) og organisk stof (o) omsættes i jord og påvirker søer, vandløb, fjorde, hav og grundvand.*

Denne rapport er een af de ca. 50, der udsendes som et resultat af NPo-forskningsprogrammet. Med Miljøstyrelsen som ansvarlig for programmets gennemførelse er der sat ca. 70 NPo-projekter i gang ved 25-30 institutioner.

Op gennem 1970'erne og i 80'ernes begyndelse kom der en stigende erkendelse af, at udledninger af næringsstoffer kunne blive en trussel mod livet i vandløb m.v. – og af at der kunne ske en nitratforurening af grundvandet. Den eksisterende viden blev i 1984 samlet af Miljøstyrelsen i den såkaldte NPo-rapport.

Rapporten førte til, at Folketinget i 1985 vedtog de første indgreb for at begrænse forureningen med næringsstoffer – ved at stille krav om, hvordan landbruget skal opbevare og sprede husdyrgødningen.

For at skaffe en større viden om næringsstoffernes indvirkning på naturen afsatte Folketinget samtidig 50 mill. kr. til dette forskningsprogram – som løber fra 1985 og frem til udgangen af 1990.

NPo-forskningsprogrammet blev yderligere aktuelt med Folketingets vedtagelse af Vandmiljøplanen i 1987. Her vil NPo-programmets resultater indgå som et vigtigt baggrundsmateriale for vurderingen af Vandmiljøplanens virkninger.

Til at sikre den faglige og økonomiske afvejning af forskningen blev der nedsat en styringsgruppe, som således har haft det øverste ansvar for NPo-programmets gennemførelse. Desuden blev der nedsat tre koordinationsgrupper, som hver har haft det faglige ansvar for deres område: jord og luft, grundvand og overfladevand.

Rapporterne udsendes i serien »NPo-forskning fra Miljøstyrelsen« – som er opdelt i A, B og C publikationer:

- A er rapporter om jord og luft
- B er rapporter om grundvand
- C er rapporter om vandløb, søer og marine områder

Miljøstyrelsen har været sekretariat for arbejdet og har sammen med koordinationsgrupperne stået for redaktionen af denne rapportserie.

**NPo-forskning fra Miljøstyrelsen  
Nr. B8 1990**

# **Nitratreduktions- processer i Rabis hedesletteaquifer**

**Grundvandskemi og modellering**

Dieke Postma, Carsten T. Boesen

Danmarks Tekniske Højskole.  
Institutet for Teknisk Geologi

**MILJØSTYRELSEN  
BIBLIOTEKET  
Strandgade 29  
1401 København K**

**Miljøministeriet  
Miljøstyrelsen**



## Indhold

	<u>Sammendrag</u>	5
<u>1.</u>	<u>Formål og introduktion</u>	6
<u>2.</u>	<u>Resultater</u>	7
2.1	Grundvandskemi	7
2.2	Sedimentkemi	11
<u>3.</u>	<u>Diskussion</u>	13
<u>4.</u>	<u>Modellering</u>	15
<u>5.</u>	<u>Konklusion</u>	19
	<u>Referencer</u>	20
	<u>Registreringsblad</u>	21



## Sammendrag

Der er etableret 8 multisampler-boringer med mulighed for udtagning af vandprøve for hver meter i Rabisbæk hedeslette-aquifer. Boringerne er placeret langs en strømlinie for at kunne følge grundvand med samme oprindelse gennem aquiferen.

Aquiferen kan på grundlag af vandkemi opdeles i en øvre oxideret og en nedre reduceret zone. Den oxiderede zone er næsten iltmættet og indeholder betydelige mængder nitrat under og nedstrøms landbrugsarealer. Den reducerede zone er ilt- og nitratfri og indeholder opløst jern (II). Grænsen mellem den oxiderede og den reducerede zone er således skarp og benævnes redoxfronten.

Sedimentets reducerede zone indeholder betydelige mængder organisk materiale og pyrit, der begge er potentielle nitratreduktionsmidler. Koncentrationsvariationer i grundvandsindhold af især sulfat og uorganisk kulstof over redoxfronten viser imidlertid, at pyrit er det helt dominerende ilt- og nitratreduktionsmiddel i Rabisbæk sedimenterne.

Sedimentets pyritkoncentration ligger i gennemsnit på ca. 3,6 mmol/kg, hvilket med de nuværende input-koncentrationer af ilt og nitrat (ca. 0,33 og 1,25 mM) resulterer i en vertikal nedtrængning af redoxfronten på knap 2 cm/år. Dette er ca. fem gange så hurtigt som uden nitratforurening.

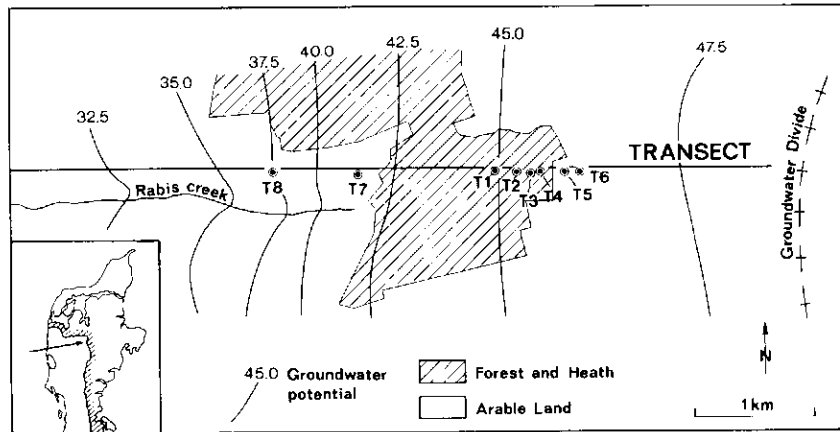
Den lodrette variation i grundvands kemiske sammensætning blev modelleret ved hjælp af computer modellen PHREEQM. PHREEQM er en ligevægtskemisk model kombineret med en en-dimensionel strømningsmodel, og modelkørslerne indeholder både nitrat- og iltreduktionsprocesserne ved redoxfronten.

Resultaterne giver en god kvantitativ beskrivelse af grundvandskemi, hvilket tyder på en tilfredsstillende procesforståelse, og gør det muligt at give et bud på den fremtidige udvikling.

## 1. Formål og introduktion

### Hydrogeologi

Formålet med nærværende delprojekt har været at identificere, kvantificere og modellere nitrat-reducerende processer i et hedeslette-grundvandsmagasin. En nærmere diskussion af undersøgelsens procesmæssige del er givet i Postma et.al, 1990. og modelleringsdelen er behandlet i Postma & Boesen, 1990. Andre aspekter af undersøgelsens data er behandlet i Engesgård & Jensen, 1990 og Pedersen 1990. Undersøgelokaliteten er Rabisbæk-området på Karup Hedeslette (fig. 1). Det undersøgte grundvandsmagasin er frit, mægtigheden af den umættede zone er 10-15 m, og grundvandsstrømningen er vestlig.



Figur 1

Lokalisering af Rabisbæk værkstedsområdet med angivelse af arealanvendelse, boringsplacering og potentialeforhold.

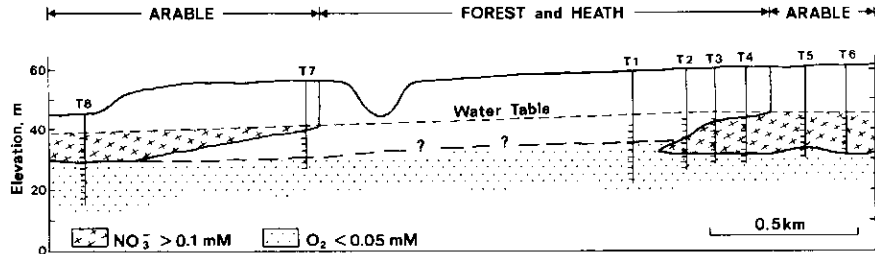
### Undersøgelingsboringer

Der er etableret 8 multisampler boringer, der giver mulighed for gentagende udtagning af vandprøver med en meters interval ned igennem den mættede zone. Boringerne er placeret langs en strømlinie for at kunne følge vand med samme oprindelse og sedimentpåvirkning igennem grundvandsmagasinet. Strømlinien er valgt således, at den dækker både landbrugs- og naturarealer, og således, at grænsen mellem de forskellige arealanvendelser så vidt muligt er vinkelret på grundvandets strømningsretning.



## 2. Resultater

Hovedtrækkene af profilet's arealanvendelse, hydrogeologi og grundvandskemi, dvs. spredning af nitratforurenede vand under og nedstrøms landbrugsarealer fremgår af fig. 2. Boringerne T1-T6 giver den bedste datadækning for en detaljeret beskrivelse af nitratreduktionsprocessen, hvorfor resultatbeskrivelse og den efterfølgende diskussion vil fokusere på denne del af profilet.



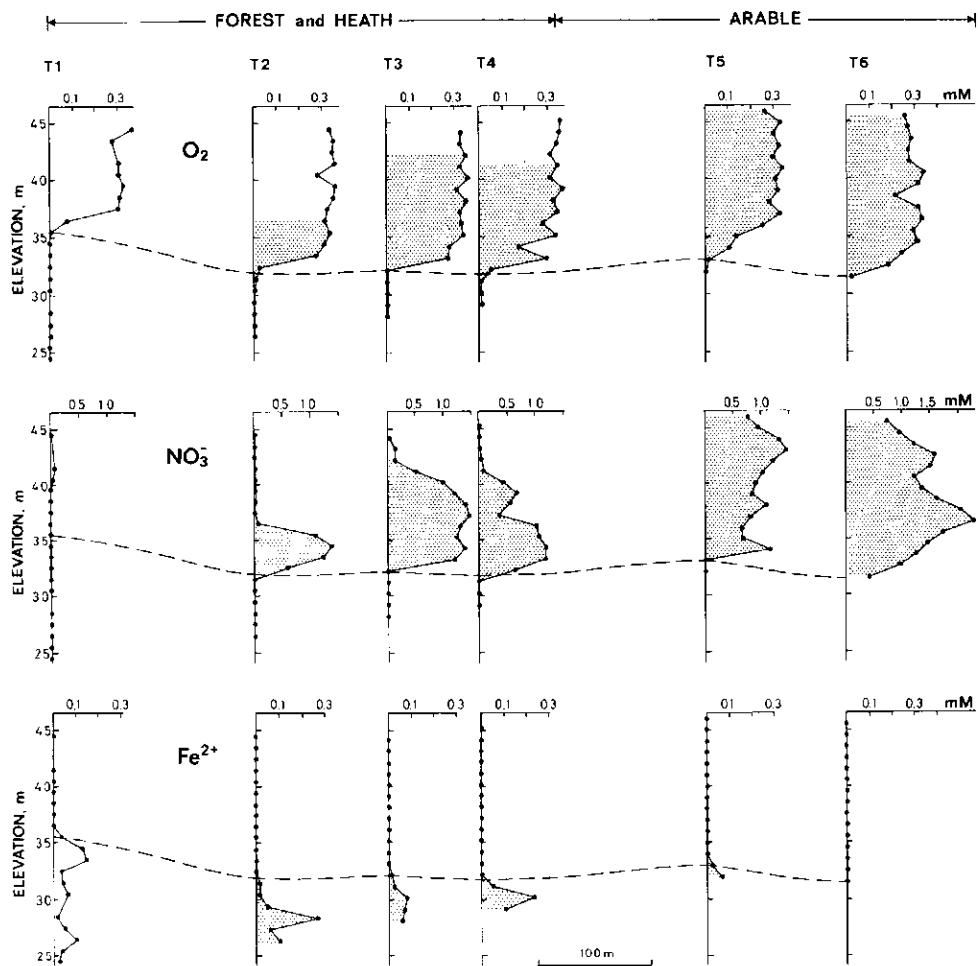
**Figur 2**

Spredning af nitratforurening fra landbrugsarealer med grundvandsstrømmen i det øvre hedeslettemagasin. (Arable = landbrugsarealer, forest and heath = skov- og hedearealer, water table = grundvandsspejl, elevation = kote).

### 2.1 Grundvandskemi

Fig. 3, 4 og 5 viser porevandets indhold af ilt, jern (II), nitrat, klorid, sulfat og total opløst uorganisk kulstof (TIC) samt summen af anioner udtrykt i meq/l ( $\Sigma$ -anioner) og pH i profilet T1-T6. Profilerne er konstrueret, så afstanden mellem de enkelte grafer relativt svarer til boringernes virkelige afstand, og arealanvendelsen er markeret øverst i figurerne.

Iltindholdet i de øverste 10-15 m af grundvandsmagasinet ligger relativt konstant på godt 0,3 mM, dvs. tæt på mætning. Magasinets nedre del er iltfri og overgangszonen er bemærkelsesværdi skarp (fig. 3).



**Figur 3**

Grundvandskemi i profilet T1-T6: indhold af opløst ilt, jern(II) og nitrat. Den stiplede linie indikerer niveauet, hvor ilt forsvinder (redoxfronten) og de rastede områder indikerer vand fra landbrugsområder.

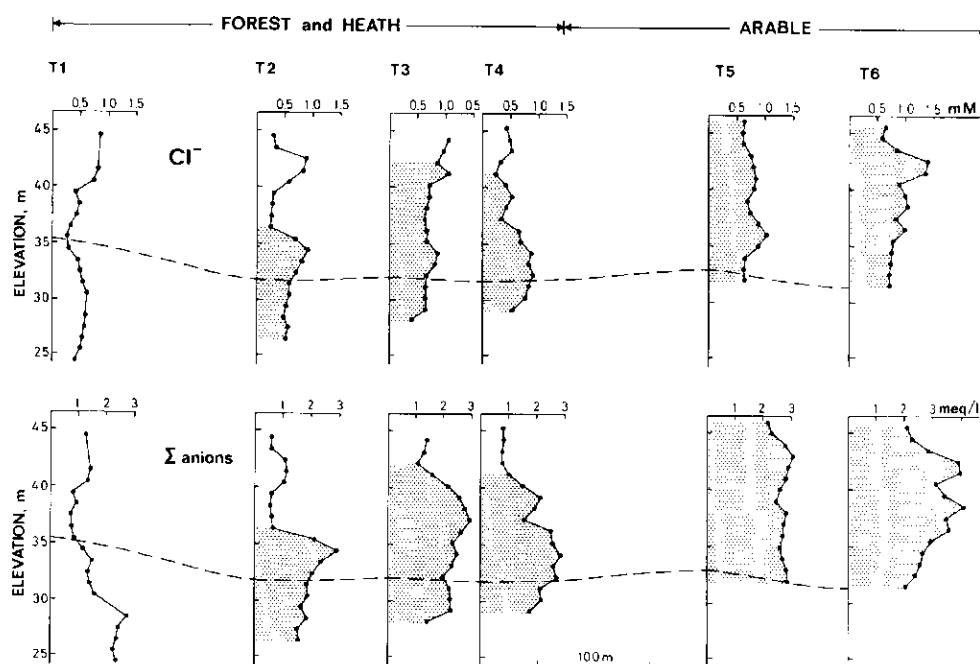
### Redoxfronten

Jern(II) viser det omvendte koncentrationsmøn-  
stre med meget lave værdier i den øvre zone og  
en brat stigning til omkring 0,1 mM i den nedre  
del. Grænsen mellem øvre iltholdigt (oxideret)  
og den nedre anoxiske zone med jern(II)holdigt  
(reduceret) vand er markeret med en stiple  
linie i de følgende figurer og vil blive  
refereret til som redoxfronten.

### Landbrugsvand

Nitratprofilet afspejler nøje arealanvendelsen,  
strømningsretningen og redoxfrontens placering,  
med høje og varierende koncentrationer (0,4-  
2,0 mM) under og nedstrøms landbrugsarealer,  
lave værdier under naturarealer og et brat fald  
til nul i den reducerede zone. Nitratresulta-  
terne viser, at selv grundvand med oprindelse  
fra samme mark kan variere meget i nitratind-  
hold.

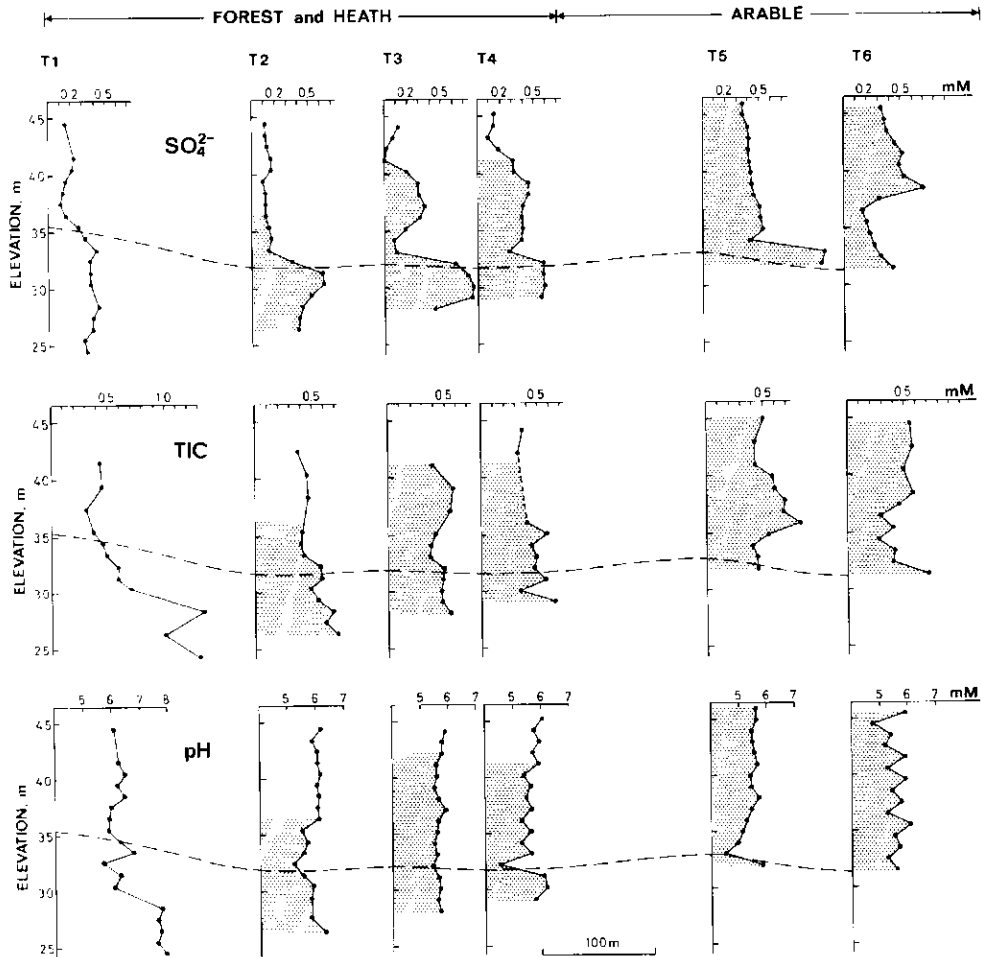
Grundvand med oprindelse fra landbrugsarealer  
er rastet, og kriterierne for identifikationen  
fremgår af det følgende.



**Figur 4**

Grundvandskemi i profilet T1-T6: indhold af  
opløste anioner,  $\Sigma$ -anioner, og klorid.

Grundvandets ionstyrke, afbildet som summen af anioner ( $\Sigma$ -anioner, fig. 4), afspejler tydeligt arealanvendelsen med værdier på ca. 1 meqv/l under naturarealer og værdier på 2-4 meqv/l under og nedstrøms landbrugsarealer. Udover nitrat er  $\Sigma$ -anioner den mest velegnede parameter til adskillelse af natur- og landbrugsvand i kalkfri sedimentter, mens klorid, der hyppigt nævnes som "landbrugsindikator", ikke er anvendelig i det undersøgt område (fig. 4).



Figur 5

Grundvandskemi i profilet T1-T6: indhold af sulfat, opløst organisk kulstof (TIC) samt pH.

Sulfatindholdet er ret varierende, men en nærmere granskning afslører en markant stigning på ca. 0,5 mM ved redoxfronten. Stigningen er størst under nitratbelastede områder. Grundvandet's TIC-indhold, dvs. summen af karbonat, bikarbonat og kulsyre ( $\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{CO}_3$ ) ligger relativt konstant på 0,5 mM, bortset fra den nederste del af T1, hvor koncentrationen stiger til 1,2 mM. pH ligger på 5,5-6 under landbrugsarealer og omkring 6 under naturarealer. Denne overraskende beherskede forsurelse under landbrugsarealer er sandsynligvis en konsekvens af omhyggelig uført kalkning i området. Ved redoxfronten ses en tendens til endnu lavere pH-værdier. I bunden af T1 ses, sammenfaldene med TIC-stigningen, en markant pH stigning til ca. 7,8 (se herom senere).

Kalkning

## 2.2 Sedimentkemi

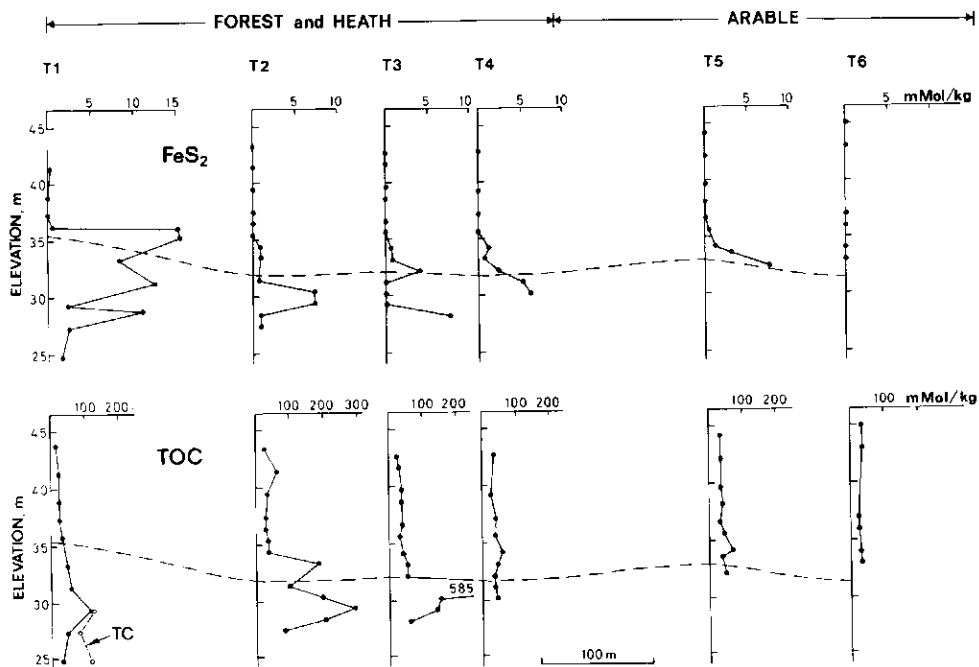
Sedimentet er analyseret for reduceret svovl, organisk- og uorganisk kulstof. Resultaterne omregnet til pyrit ( $\text{FeS}_2$ ) og kulstof er afbildet i fig. 6.

Jern(II)-  
forbindelser  
og pyrit

Sedimentet er også analyseret for forskellige jern(III) fraktioner og tilstedeværelsen af betydelige mængder jernhydroxider m.v. gennem hele profilet er dokumenteret. Den oxiderede zone er generelt pyritfri med en tendens til svagt stigende koncentrationer ned mod redoxfronten. Den reducerede zone indeholder pyrit i meget varierende koncentrationer (0-15 mmol/kg). Pyritkoncentrationsstigningen over redoxfronten er gennemsnitligt (inklusive resultaterne fra T7 og T8) ca. 3,6 mmol/kg.

Organisk og  
uorganisk  
kulstof

Bortset fra den nederste del af T1 er koncentrationen af organisk kulstof (TOC), bestående af omløjrede miocæne brunkulsfragmenter, lig den totale kulstofkoncentration (TC), hvilket betyder, at kun den nederste del af T1 indeholder karbonatminerale. De stigende pH- og TIC-værdier i porevandet i bunden af T1 er således forårsaget af  $\text{CaCO}_3$  opløsning. TOC-koncentrationen i T1, T4, T5 og T6 samt den øvre del af T2 og T3 ligger ret konstant omkring 30 mmol/kg, mens koncentrationen i den nedre del af T2 og T3 stiger til omkring 200 mmol/kg. Stigningen i T2 og T3 er ikke præcis sammenfaldende med redoxfronten.



**Figur 6**

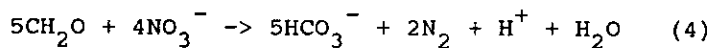
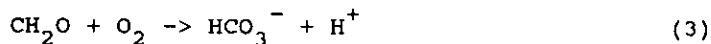
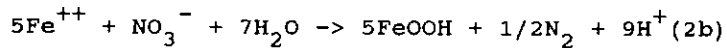
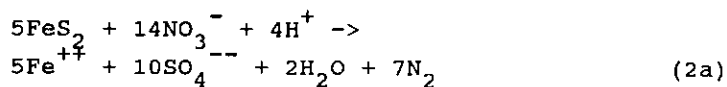
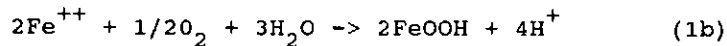
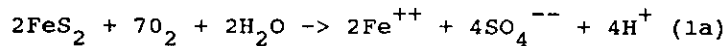
Sedimentkemi i profilet T1-T6: indhold af pyrit ( $\text{FeS}_2$ ), organisk kulstof (TOC) og total kulstof (TC).

### 3. Diskussion

Nitrat  
reduktions-  
midler

Sedimentets indhold af både reduceret svovl (pyrit) og organisk materiale (omlejrrede brunkulsfragmenter) er mulige nitrat- og iltreduktionsmidler. En tredje teoretisk mulighed, jern(II) silikater, er nøje undersøgt ved laboratorieeksperimenter (Postma, 1990), og vurderes som kvantitativt ubetydelig i nær-værende sammenhæng, hvilket bekræftes af porevandets silicium-, calcium- og magnesium-indhold (ikke vist).

Reaktionsligninger for nitrat- og iltreduktion med pyrit og org. C som reduktionsmiddel er givet i lign. 1-4.  $Fe^{++}$ , dannet ved pyrit-oxidation (ligning 1a og 2a) kan oxideres af ilt og nitrat (lign. 1b og 2b).



Det fremgår, at de, for redoxprocesserne, karakteristiske porevandskomponenter, foruden  $O_2$  og  $NO_3^-$ , er  $Fe^{++}$ ,  $SO_4^{--}$  og opløst carbonat (TIC).

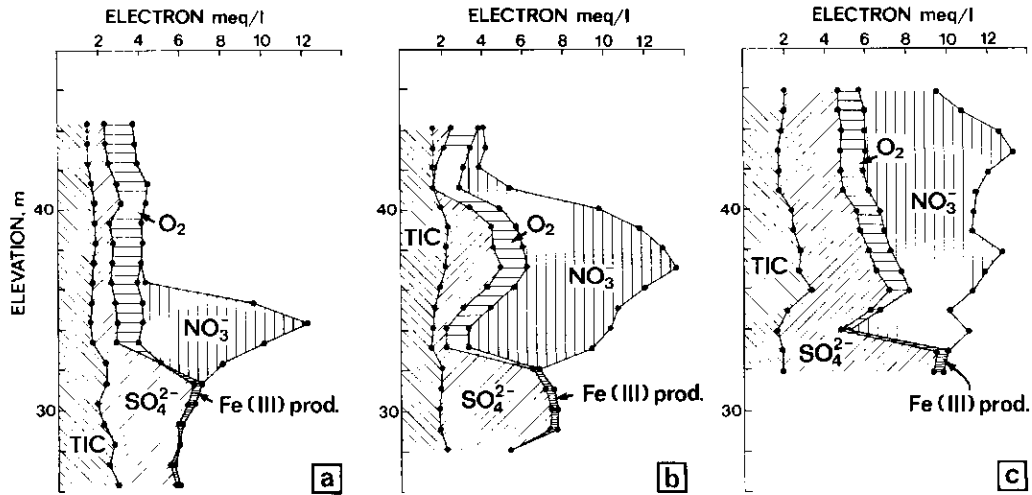
Elektron-  
equivalenter

For at kvantificere betydningen af de to reduktionsmidler er de karakteristiske porevandskomponenter omregnet til elektron-equivalenter og afbildet kumulativt. Omregningen er sket ved at multiplicere de målte molærekoncentrationer med elektronoverførslen som den fremgår af lign. 1-4 (dvs  $O_2 \times 4$ ,  $NO_3^- \times 5$ ,  $Fe(II) \times 1$ ,  $TIC \times 4$  og  $SO_4^{--} \times 7$ ). Denne omregning er naturligvis kun gyldig for ovenstående reaktionsligninger.

Oxidant-input

Fig. 7 viser resultatet for T2, T3 og T5, og det fremgår, at nitratforureningen forøger oxidant inputtet med en faktor fem, og at faldet i  $O_2$ - og  $NO_3^-$ -indhold ved redoxfronten kvantitativt modsvares af en stigende  $SO_4^{--}$ -koncentration, mens stigning i TIC nærmest er

uden betydning. Dette viser, at elektronoverførslen næsten udelukkende sker mellem nitrat, ilt og pyrit. Anvendelse af TIC som mål for produceret kulsyre (lign. 3 og 4) forudsætter, at opløsning/udfældninger af karbonatminerale ikke finder sted; opfyldelse af denne forudsætning er kontrolleret nøje.



Figur 7

Elektron-ækvivalent plot fra boring T2, T3 og T5. Se tekst for nærmere forklaring.

Pyrit er således det helt dominerende ilt- og nitratreduktionsmiddel i de undersøgte hedslettedesedimenter, mens den kvantitative betydning af organisk kulstof er helt underordnet (<15%). Den reducerede zones relativt lave pyritindhold er altså grundvandets vigtigste værn mod nitratforurening i Rabisbækområdet. Undersøgelser fra andre lokaliteter har imidlertid dokumenteret, at også organisk materiale kan optræde som det dominerende nitratreduktionsmiddel.



#### 4. Modellering

##### Modelværktøj

For at teste de identificerede reduktionsprocesser og give mulighed for vurdering af den fremtidige udvikling, er resultaterne fra T1-T6 modelleret ved hjælp af programmet PHREEQM. PHREEQM er en kombination af den ligevægtskemiske model PHREEQE med en en-dimensionel transportmodel, baseret på mixing cell-konceptet.

Det er valgt at modellere grundvandets vertikale flowkomponent, idet denne hastighed kan antages relativt konstant inden for det modellerede område, og datadækningen herved kan forbedres ved at pulje data fra flere kerner. Den gennemsnitlige vertikale flowhastighed er på grundlag af tritiumanalyser bestemt til ca. 0,75 m/år, hvorfor en cellestørrelse på 0,75 m er valgt i modellen, således at et skift svarer til et år.

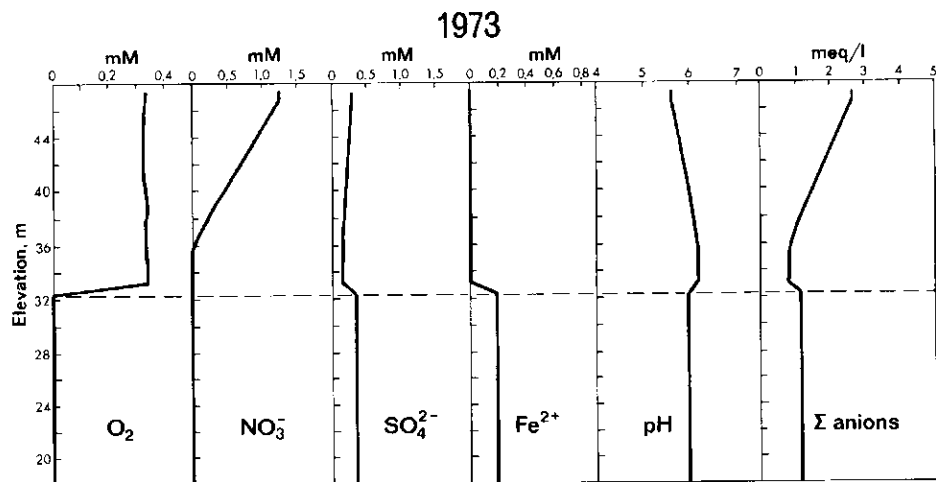
##### Modelopsætning

Modellen er til nærværende formål opbygget af et øvre oxideret lag bestående af 20 celler indeholdende goethit og et nedre reduceret lag på 20 celler indeholdende 3,6 mmol pyrit pr. kg og goethit. Som første trin i modelleringen gennemvaskes søjlen med iltholdigt nitratfrit naturvand, jvf. kerne T1, for at simulere situationen før nitratudvaskning.

##### Input-funktion landbrugsvand

Næste trin er introduktion af nitrat og iltholdigt landbrugsvand, jvf. kerne T5 og T6 m.fl. Inputfunktionen for landbrugsvand er rekonstrueret på grundlag af nitrat-, ionstyrke- og gødningsdata, og resultatet er en jævnt stigende nitratkoncentration fra 1958-1972, og herefter antages et konstant niveau frem til 1989. Bemærk, at det konstante niveau dækker over betydelige korttidsvariationer.

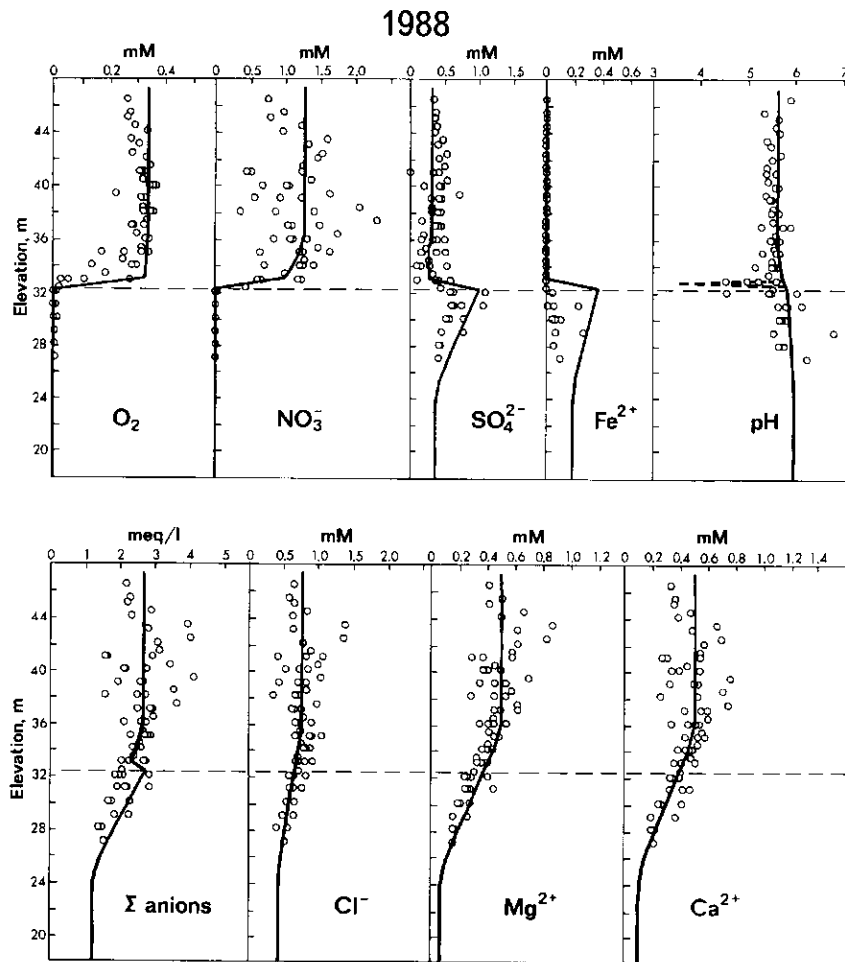
Der er udført modelberegninger for tidspunkterne: 1973, 1988 og 2003, og resultaterne fremgår af figurerne 8 til 10.



**Figur 8**

Modelberegnet grundvandskemisk profil til tidspunktet 1973.

1973 (fig. 8), kort før nitratfronten når redoxfronten, dvs. at figurens nedre del (incl. redoxfronten) afspejler natursituationen, hvor grundvandets eneste elektronaccepter var opløst ilt og den pyritoxideringsbetingsende sulfatstigning således meget behersket. Formen af inputfunktionen for nitrat fremgår af figurens øvre del. Bemærk, at NO<sub>3</sub> først nåede den præeksisterende redoxfront midt i 70'erne.



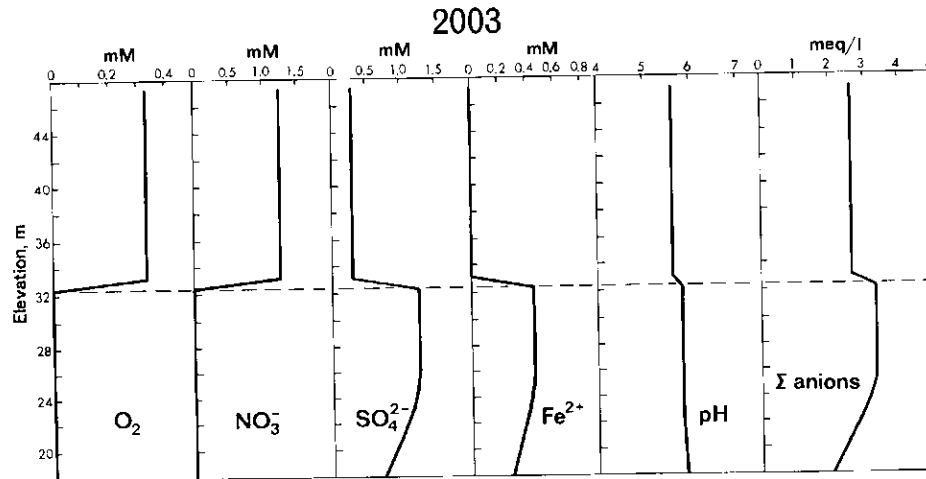
Figur 9

Modelberegnet grundvandskemisk profil til tidspunktet 1988. Analysedata fra 1988 er vist sammen med model beregningerne.

1988 (fig. 9), svarende til feltdata. Der er nu foregået nitrat (og ilt) reduktion ved redoxfronten i en 10-15-årig periode, og det fremgår, at modellen på fuldt tilfredsstillende vis simulerer feltdata. Indholdet af elektronacceptor er femdoblet, og sulfatstigningen samt pH-

faldet tilsvarende øget sammenlignet med 1973-situationen.

En fremskrivning af udviklingen til år 2003 viser, at den vigtigste effekt af nitratforurening, i den reducerede zone, er forøgede koncentrationer af sulfat og total ionstyrke.



**Figur 10**

Modelberegnet grundvandskemisk profil til tidspunktet 2003.

Nedtrængning af redoxfronten

De nuværende inputkoncentrationer af nitrat og ilt (1,25 og 0,33 mM) resulterer ved den herskende pyritkoncentration på gennemsnitligt 3,6 mol/kg i en vertikal nedtrængning af redoxfronten på knap 2 cm/år. Uden nitratforurening ville nedtrængningshastigheden være ca. en femtedel. Resultatet er meget følsomt over for pyritkoncentrationen, hvorfor variationer heri, for ikke at nævne en eventuel tilstedeværelse af andre reduktionsmidler, må undersøges før en eventuel generalisering af resultaterne.

## 5. Konklusion

På grundlag af de udførte undersøgelser kan følgende konklusioner omkring grundvandskemi, nitratreduktion og modellering drages for Rabisbæk-områdets hedeslettesedimenter:

- Det frie grundvandsmagasin er inddelt i en øvre 10-15 m tyk fuldt oxideret zone (ilt-mættet) og en nedre jern(II)-holdig reduceret zone.
- Under og nedstrøms landbrugsarealer har kvælstofudvaskningen medført en omfattende nitratforurening af den oxiderede zone med koncentrationsniveauer fra 50-125 mg NO<sub>3</sub>/l (gennemsnit ca. 75 mg/l). Ved overgangen til den reducerede zone, redoxfronten, falder nitratkoncentrationen brat til nul.
- Grundvand med oprindelse fra landbrugsarealer er kemisk set totalt ændret i forhold til naturvand og er foruden nitratindholdet kendetegnet ved en betydeligt større ionstyrke end naturvand (henholdsvis 2-4 og 1 meqv./l).
- Pyrit, i aquiferens reducerede zone, reducerer det nedsivende vands nitrat og iltindhold totalt. Den herved dannede sulfat vil øge grundvandets sulfatkoncentration med knap 100 mg/l op til et niveau på 125-150 mg/l.
- Organisk materiale har kun meget begrænset betydning som nitratreduktionsmiddel i Rabisbæk-området.
- Pyritkoncentrationen, der således udgør grundvandsmagasinets centrale værn mod nitratforurening, ligger gennemsnitligt på ca. 3,6 mmol/kg, hvilket med de nuværende inputkoncentrationer af nitrat og ilt (1,25 og 0,33 mM) resulterer i en vertikal nedtrængning af redoxfronten på knap 2 cm/år mod ca. en femtedel uden nitratforurening.
- Nitrat- og iltreduktionsprocesserne kan modelleres på tilfredsstillende vis med den kombinerede ligevægtskemiske en-dimensionelle strømningssmodel PHREEQM.

Det skal understreges, at ovenstående konklusioner er gældende for Rabisbæk-området, men bestemt ikke ukritisk kan generaliseres til hele Karup Hedeslette for slet ikke at tale om hele Vestjylland.

## Referencer

Engesgård, P. og K.H. Jensen, 1990. Flow and transport modelling, Rabis Creek. NPO forskning fra Miljøstyrelsen, B13.

Pedersen, J.K., 1990. Nitratreduktion og organisk stof i grundvandsmagasiner. NPO forskning fra Miljøstyrelsen.

Postma, D. 1990 Kinetics of nitrate reduction by detrital Fe(II)-silicates Geochim. Cosmochim. Acta, bind 54 side 903-908.

Postma, D., C.T. Boesen, H. Kristiansen and F. Larsen, 1990. Redox chemistry and nitrate reduction in an unconfined sandy aquifer: I, Water chemistry and processes. Submitted to Water Resources Research.

Postma, D. and C.T. Boesen, 1990. Redox chemistry and nitrate reduction in an unconfined sandy aquifer: II, Geochemical modelling. Submitted to Water Resources research.









## Registreringsblad

**Udgiver:** Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K.

**Serietitel, nr.:** NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, B8

**Udgivelsesår:** 1990

**Titel:**

Nitratreduktionsprocesser i Rabis hedesletteaquifer

**Undertitel:**

Grundvandskemi og modellering

**Forfatter(e):**

Postma, Dieke; Boesen, Carsten T.

**Udførende institution(er):** Danmarks Tekniske Højskole.

Instituttet for Teknisk Geologi

**Resumé:**

Nitratreduktionsprocesser i Rabis bæk hedesletteaquifer er studeret på grundlag af grundvands- og sedimentkemiske undersøgelser. Det dominerende nitratreduktionsmiddel er sedimentets pyritindhold, mens organisk materiale, skønt til stede i betydeligt højere koncentrationer, spiller en kvantitativt underordnet rolle. Nitratreduktionsprocesserne er modelleret ved anvendelse af programmet PHREEQM.

**Emneord:**

denitrifikation; akvifer; sammensætning; heder; sedimenter; grundvand; programmel; boringer; profiler; modelberegninger; pyrit CAS 1309-36-0; nitrogen CAS 7727-37-9

**ISBN:** 87-503-8766-9

**ISSN:**

**Pris:** 40,- (inkl. 22 % moms)

**Format:** A5

**Sideantal:** 24 s.

**Md./år for redaktionens afslutning:** oktober 1990

**Oplag:** 500

**Andre oplysninger:**

Rapport fra koordinationsgruppe B for grundvand

**Tryk:** Luna-Tryk ApS, København

# **NPo-forskning fra Miljøstyrelsen**

Rapporter fra koordinationsgruppe B for grundvand

- Nr. B 1 : Kemisk nitratreduktion med jern(II)forbindelser
- Nr. B 2 : Nitratreduktion i moræneler
- \*Nr. B 3 : Nitratreduktion og organisk stof i grundvandsmagasiner
- Nr. B 4 : Nitrat og fosfat i grundvand/drikkevand fra områder i Danmark
- \*Nr. B 5 : Transport og omsætning af N og P i Rabis Bæks opland
- \*Nr. B 6 : Transport og omsætning af N og P i Langvad Å's opland. I
- Nr. B 7 : Transport og omsætning af N og P i Langvad Å's opland. II
- Nr. B 8 : Nitratreduktionsprocesser i Rabis hedesletteaquifer
- Nr. B 9 : Afstrømning og transport til Rabis og Syv Bæk
- \*Nr. B10 : Geokemiske processer i et grundvandsmagasin
- \*Nr. B11 : Grundvandsbelastning fra to landbrug på sandjord
- \*Nr. B12 : Fluktuationer i grundvandets nitratindhold
- \*Nr. B13 : Flow and Transport Modelling - Rabis Field Site
- \*Nr. B14 : Drainage Flow Modelling - Syv Field Site
- \*Nr. B15 : Regional model for næringsalttransport og -omsætning
- \*Nr. B16 : Kortlægning af potentialet for nitratreduktion
- Nr. B17 : Klimastationer i NPo-værkstedsområder
- Nr. B18 : Grundvandsmoniteringsnet i Danmark
- Nr. B19 : Field Investigations of Preferential Flow Behaviour

De med \* mærkede titler er ikke trykt på udgivelsesdagen for denne rapport, men forventes trykt i løbet af 1990.

Nr. B8 er tidligere annonceret med titlen:  
Processes of nitrate reduction in a sandy aquifer

## Nitratreduktions- processer i Rabis hedesletteaquifer

Nitratreduktionsprocesser i Rabis bæk hedesletteaquifer er studeret på grundlag af grundvands- og sedimentkemiske undersøgelser. Det dominerende nitratreduktionsmiddel er sedimentets pyritindhold, mens organisk materiale, skønt til stede i betydeligt højere koncentrationer, spiller en kvantitativt underordnet rolle. Nitratreduktionsprocesserne er modelleret ved anvendelse af programmet PHREEQM.



Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Strandgade 29, 1401 København K, tlf. 31 57 83 10

**Pris kr. 40.- inkl. 22% moms**

ISBN nr. 87-503-8766-9