

550.4
B1

NPo-forskning fra Miljøstyrelsen

Nr. B10 1990

Geokemiske processer i et grundvandsmagasin



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. B10 1990**

Geokemiske processer i et grundvandsmagasin

Ole Stig Jacobsen
Hanne Verge Larsen
Lene Andreasen
Danmarks Geologiske Undersøgelse

MILJØSTYRELSEN
BIBLIOTEKET
Strandgade 29 /
1401 København K

**Miljøministeriet
Miljøstyrelsen**

INDHOLDSFORTEGNELSE.

<u>SAMMENDRAG</u>	5
<u>1. INDLEDNING.</u>	7
<u>2. MATERIALER OG METODER.</u>	8
2.1. Lokalitet	8
2.2. Feltarbejde	9
2.3. Prøvetagning	12
2.4. Laboratorieanalyser	13
2.5. Vandbalance	14
2.6. Eksperimenter	15
<u>3. RESULTATER.</u>	17
3.1. Opland og Geologi.	17
3.2. Landbrug, klima og afstrømning.	20
3.3. Vandbalance og udvaskning	22
3.4. Tracéen.	26
3.5. Tidsserier	31
3.6. Laboratorieforsøg	33
3.6.1. 1. Serie.	33
3.6.2. 2. Serie.	34
3.6.3. 3. Serie.	36
<u>4. DISKUSSION OG KONKLUSION.</u>	39
<u>5. REFERENCER.</u>	43
REGISTERBLAD	46

SAMMENDRAG

Denne rapport viser at til trods for meget stor udvaskning af nitrat fra landbrugsarealerne i Fladerne Bæks opland er nitratindholdet i bæk vandet meget lavt, og intet tyder på at dette vil ændre sig i lang årrække fremover. Fladerne Bæks opland ligger på Karup Hedeslette, og jorden er meget sandet, karakteriseret som JB1 jord. Grundvandsspejlet ligger i 1-3 meters dybde og reservoiret, der er 18-20 meter tykt består af smeltevandssand. Sandet har et vist indhold af pyrit og brunkul, især under en dybde på 6-9 meter.

Oplandet er opdyrket for 75 % vedkommende, mens der findes ca 12 % nåleskov.

Vandbalancen viser at af en gennemsnitsnedbør (1988-1990) på ca 800 mm infiltrerer ca 400 mm fra de dyrkede områder.

Udvaskningen fra landbrugsarealer, hvor rodfrugt, bælgssæd og korn er dominerende, er blevet målt til 120 kg N/ha år, svarende til en gennemsnitskoncentration på 25 mg NO₃-N/l, (110 mg nitrat /l).

Afstrømningen fra oplandet er blevet målt til 3,3 kg N/ha år, hvilket betyder at mere end 115 kg N/ha år reduceres i grundvandsreservoiret. Vandet i Fladerne Bæk er desuden stærkt surt og jern- og sulfatindholdet meget højt.

I grundvandsreservoiret findes en ca 3 meter tyk zone, hvor nitrat reduceres, sulfatindholdet stiger og pH falder. Dette er et indicium på at nitratreduktionen foregår netop her, og skyldes, at pyrit og brunkul oxideres.

Laboratorieforsøg med sedimenter fra forskellige dybder viser at de øvre sedimenter ingen

målelig potentiel reduktionskapacitet har, mens sedimenter fra den nedre del har en årlig reduktionskapacitet på ca 135 kg NO₃-N/ha m sedimenttykkelse (600 kg nitrat).

Hvis brunkul- og pyritindholdet i sedimentet forøges vil nitratreduktionshastigheden forøges tilsvarende, hvilket tolkes som, at der er tale om en 1.ordens reaktion for begge stoffer.

Ved tilsætning af bakteriocid til forsøgene ophører en hver form for nitratreduktion, hvorfor processen antages at være mikrobiologisk betinget, og at en kemisk nitratreduktion ikke har nogen afgørende betydning i sandjorden.

En beregning af grundvandsreservoirets samlede reduktionskapacitet viser, at brunkul og pyrit tilsammen kan reducere 80 000 kg N/ha, hvis man kun medtager sediment til 12 meters dybde - en mængde svarende til ca 650 års udvaskning fra rodzonen ved den nuværende dyrkningspraksis.

Herudover må der ske en nitratreduktion fra nedsivende organisk stof fra rodzonen.

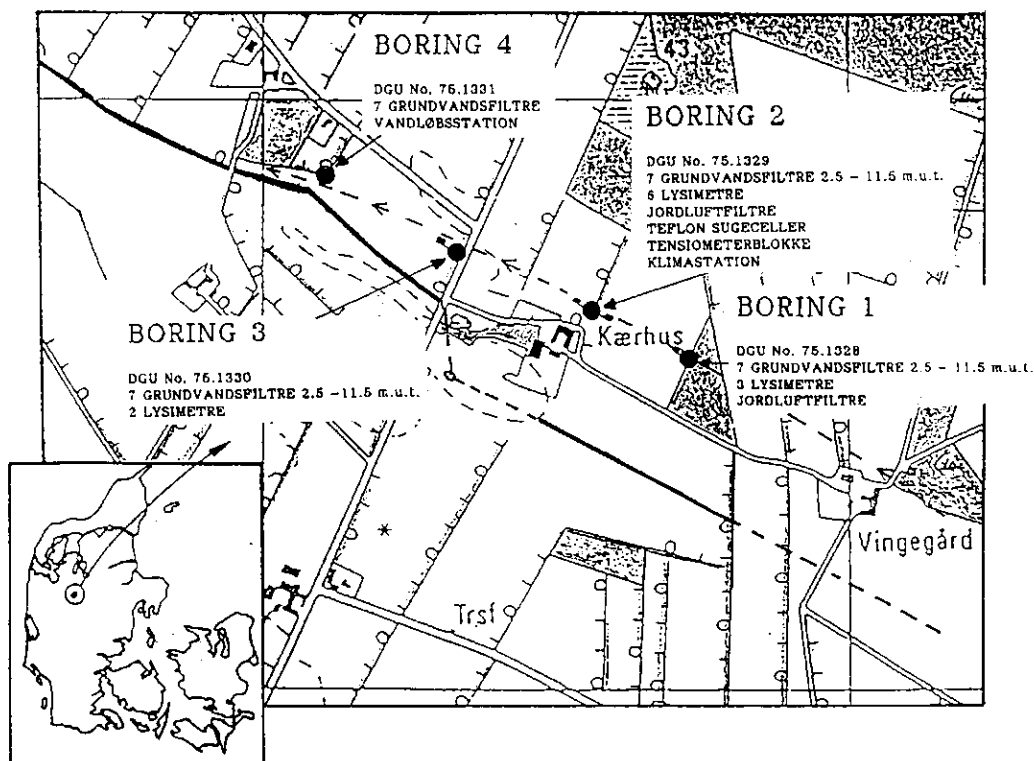
Det vurderes ud fra vandløbsanalyser, at mange oplande i dette område har nogenlunde samme reduktionskapacitet.

1. INDLEDNING.

Ingen nitrat i bækken	Tidligere undersøgelser i Fladerne Bæk har vist at vandløbsvandet kun i ringe grad indeholder nitrat til trods for, at oplandet til bækken er intensivt opdyrket, Hansen & Sommer (1987). Vandløbet fører i stedet surt okkerholdigt vand, uden at oplandet er drænet i betydelig omfang.
Pyrit og brunkul	Det antages derfor, at vandkvaliteten næsten udelukkende er bestemt af pyrit- og brunkuls-oxidation i grundvandsmagasinet som følge af nedsivning af nitratholdigt vand fra landbrugsarealerne. Den beregnede udsivning er ud fra tidligere undersøgelser blevet estimeret til ca 80 kg N /ha år, mens fraførslen med vandløbet udgjorde ca 3 kg N/ha.
Projektindhold	Projektet tager primært sigte på en belysning af de geokemiske og biologiske processer i grundvandszonen, der medfører en nitratreduktion, samt en vurdering af påvirkningen fra det intensive landbrug i oplandet. Yderligere vurderes den medfølgende forsurening, samt en eventuel fosfatfrigørelse ved brunkulsmineraliseringen. Målingerne udføres både i felten og som laboratorieforsøg.

2. MATERIALER OG METODER.

2.1. Lokalitet



Figur 1. Fladerne Bæks opland med tracéen angivet. Linien med pile angiver den beregnede grundvandsstrømretning. Bækken er angivet med tyk streg.

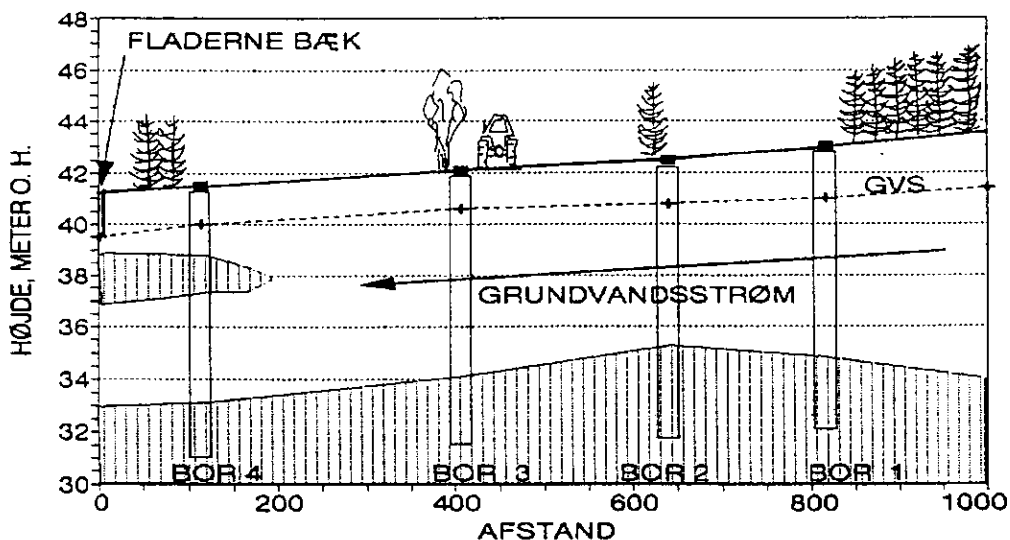
Opland

Fladerne Bæk er beliggende ca 5 km vest for Karup og er en del af Karup-Skive A's vandsystem. Det udvalgte opland har en størrelse på ca 250 ha, en længde på 2700 meter og en bredde på ca 900 meter. Terrænet er temmelig fladt med en kote i den østlige del på ca 45 m.o.h. til 39 m.o.h. i vest ved måleoverfaldet på bækken.

Ud fra en vurdering af de geokemiske og hydrologiske forhold i oplandet placeredes en tracé af fire boringer i grundvandsstrømretningen, som det fremgår af kortet, fig.1.

Tracéen

Tracéen har en samlet længde på 800 meter og strækker sig over fire marker, der er i normal omdrift, fig. 2.



Figur 2. Principskitse for tracéen i Fladerne Bæk. Det skravlerede område er den nitratfrie del af reservoiret.

Dyrkningsforhold og gødskningsmængder fremgår af markplanen, som udarbejdes af landbrugs-konsulent og landmand. Planer findes for denne ejendom mindst 7 år tilbage.

2.2. Feltarbejde

Ellogging

De fire boringer i tracéen, samt en ellog-boring blev udført 13.-16. februar 1989 af et borehold fra Samfundsteknik A/S. Ellogboringen blev udført for at fastslå eventuelle lag-delinger inden for den del af grundvandszonen,

der påtænkes filtersat. Placeringen var kun 2 meter fra boring 2, der var udset som hovedboring.

Elloggen blev ført ned til 19 meter under terræn. Borehullet blev efter logging apteret med et 2" filter i 13 meter. Der blev i marts 1990 monteret en tryktransducer af eget fabrikat i boringen. Opløsningsevnen er ≈ 1 mm vandsøjle, og data blev opsamlet på klimastationens datalogger.

Boringer

Herefter udførtes boring 2 og boring 1, med henholdsvis snegl og sandspand, til en dybde af 12,5 meter.

Prøvetagning

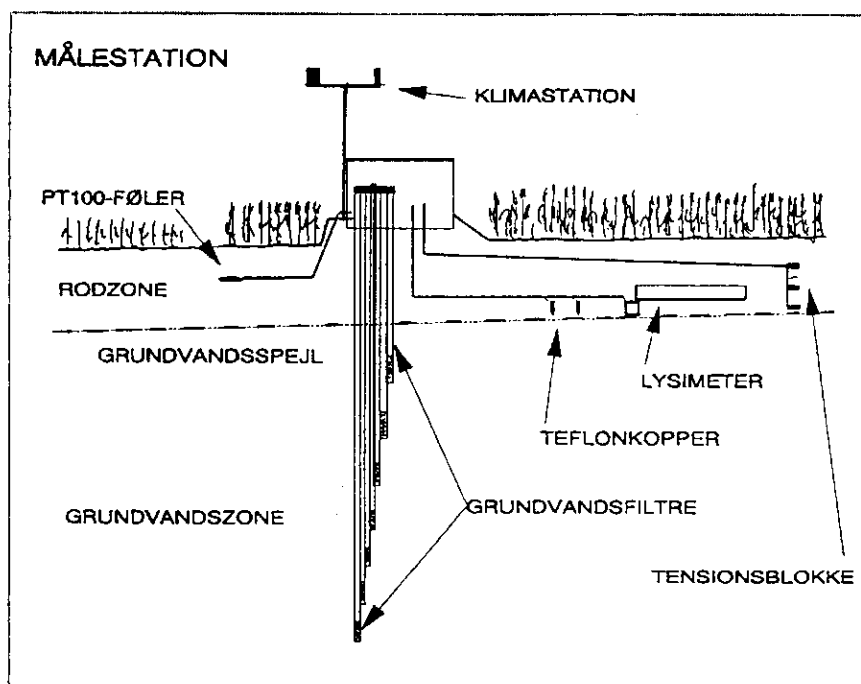
Materiale fra boringerne blev opsamlet i fire sæt blikspande, der straks blev hermetisk tilsluttet. Desuden blev der udtaget prøver i plastpose til en mere dybgående geologisk beskrivelse end den, der blev udført på stedet. Nogle sedimentprøver blev frosset til geochemiske analyser, mens andre køledes til experimentelt formål, således at bakterier ikke blev dræbt.

Boring 3 og 4 blev udført med hul snegl til en dybde af 12,5 meter, og der blev ikke taget prøver af jordlagene.

Filtre

Alle fire boringer blev filtersat i 7 niveauer, fra 2,5 meter til 11,5 meter under terræn, med 3/4" filterrør slidsede med 1 mm slids på de nederste 50 cm. Herefter gruskastning med grus 3.

Ved boring 1, 2 og 3 blev der oprettet en målestation (med tilsvarende nummer), hvori andre måleenheder blev ført hen, fig. 3.



Figur 3. Målestation no 2. Opbygning og indretning.

Lysimetre

I 0.8 meters dybde anbragtes et registrerende lysimeter (32 * 42 * 22 cm), der antages hovedsageligt at måle nedsivningen i grovpore-systemet, Gamble et al (1990a & 1990b), Jacobsen & Vinther (1990). Opbygning og placering af målestationer fremgår af fig. 3. Alle prøvetagningsenheder blev placeret 5-10 meter inde på markerne for at undgå randeffekter, og kabler og ledninger blev underjordisk ført ud til målebrønden i markskel.

På station 1 nedgravedes 3 selvregistrerende lysimetre til opsamling af makroporetransport-

	ten, samt et luftfilter i 1,8 meter til opsamling af jordluft.
	Station 3 indrettedes på lignende vis.
Målestation	Station 2 ('hovedstationen') monteredes med 2 gange 3 lysimetre fordelt på de to tilstødende marker. Desuden blev der monteret luftfiltre, tensiometerblokke i tre dybder (40, 80, 120 cm), samt 2 gange 2 teflonsugeceller i 1 meters dybde. Disse blev tilkoblet et tidsstyret vakuumpumpesystem til kontinuert opsamling af jordvand.
Klimadata	Klimatiske data til brug for beregning af nedsivningen e.g. luft- og jordtemperatur samt nedbørsmængde og -kvalitet målt på en opsat klimastation, der registrerede hvert 5. min og opsamlede data hver time på en Grant Squirrel 1202 logger. Temperaturfølerne var PT100-typen og nedbørsmåler samt lysimetermåler af tipping bucket-typen (Rain-O-matic) med en opløsning på 5 ml \approx 1 mm nedbør.
Vandføring	Ved station 4 blev i bækken bygget et Rehbock-overfald (rektangulært pladeoverfald) til måling af vandføringen. Dimensionen er 42 cm x 82 cm, med frifald på 20 cm. Niveaurør blev placeret 5 meter opstrøms.
Vandløbsprøvetager	Desuden blev der opstillet en tidsproportional autosampler for opsamling af vandprøver i bækken. Prøverne blev konserveret med thymol for at forhindre kvælstofomsætning under opsamlingsperioden.

2.3. Prøvetagning

Vandprøver fra grundvandsfiltre, teflonsugeceller, lysimetre og fra bækken indsamles hver måned.

Flowcelle Vandprøver fra filtrene blev suget op ved hjælp af en empellarpumpe direkte i en plastic flaske. Fra august 1989 blev vandet suget direkte gennem en flowcelle, således at vandets temperatur og pH målttes uden tilgang af luft. Umiddelbart efter optagningen blev der udtaget prøver til fosfatbestemmelse og analyseret for Fe^{2+} .

Jordgas Data fra klimastationen blev indsamlet, og alle boringer blev pejlet. Ved enkelte lejligheder blev der udtaget jordgasprøver i glasgaspipetter.

2.4. Laboratorieanalyser

Boreprøver Sedimentprøverne blev beskrevet geologisk på DGU's boreprøvelaboratorium. Ligeledes blev teksturanalyser foretaget efter standardprocedure (Landbrugsministeriet, 1988 og Gravesen & Knudsen, 1981).

Analysér Derudover er der blevet analyseret på udvalgte prøver fra boring 1 og 2 for total organisk carbon (TOC), $CaCO_3$, pyrit, reduceret svovl, samt mobilt organisk stof (MOM).

Vandprøverne analyseres i laboratoriet for: pH, alkalinitet/aciditet, NO_3 , SO_4 , Cl, PO_4 , HCO_3 , NH_4 , Fe^{2+} og SiO_2 , samt organisk N og total P.

Ved et par lejligheder er analyseprogrammet blevet udvidet med kationer: Ca, Mg, Na, K, Mn og Fe-total

Vandanalyser Vandanalyserne blev udført på ufiltrerede prøver. pH og alkalinitet målttes på Radiometer titrator system PHM 82/TTT8/ABU80/TTA80. NO_3 , NH_4 , SO_4 og Cl blev analyseret på et Tecator Flow Injection system 5020/5032/5007. PO_4 og

SiO₂ blev udført efter Standard Methods (1975). Total-N blev målt efter Dansk Standard No. 221. og total-P efter Koroleff (1968). Kationerne blev analyseret på et Perkin-Elmer atomabsorptionsspektrofotometer 3020.

Jordgasanalyse

N₂O-målingerne blev foretaget ved Statens Planteavls-Laboratorie på en Varian 3300 gaskromatograf forsynet med 63 Ni elektron-capture detektor og en Poropak T kolonne (1 m · 0,3 cm). Detektor og kolonnetemperatur var henholdsvis 350 og 45 °C. Som bæregas blev anvendt en gasblanding bestående af 95 % Ar og 5 % CH₄, og gennemstrømningshastigheden for bæregassen var 25 ml/min. CO₂-målingerne blev foretaget på en ML GC 82 gaskromatograf forsynet med en varmeledningsevnedetektor og en Poropak N kolonne (1,1 m · 0,6 cm). Detektor og kolonnetemperatur var henholdsvis 150 og 60 °C. Som bæregas blev anvendt He, og gennemstrømningshastigheden for bæregassen var 60 ml/min. O₂ blev målt på begge de ovenfor nævnte gaskromatografer.

2.5. Vandbalance

EVACROP

På grundlag af temperatur- og nedbørsmålinger, som er udført på stationerne, er det muligt at beregne en vandbalance på markerne, idet afgrødernes så- og høsttidspunkt er optegnet. Beregningen af rodzonens vandbalance er foretaget med EVACROP-simuleringsmodellen (Olesen & Heidmann 1990), udviklet på Statens Planteavlsforsøg i 1990.

Beregningsmodellen bygger på dele af WATCROS, Aslyng og Hansen (1982), og tildels på NITCROS, Hansen og Aslyng (1984).

Inddata til modellen udgør: klima, jord og afgrøde. For klimaet opgives døgnværdier for lufttemperatur, nedbør og potentiel fordampning. For jorden kræves kendskab til indhold af plantetilgængeligt vand for 25 cm tykke lag til 1 meters dybde, kapacitet for evaporationen ved jordoverfladen, samt afdræningshastigheder. Afgrødedata udgøres af afgrødetype, så-, høst- og slettidspunkter, samt vandingstidspunkter og -mængder.

2.6. Eksperimenter

Laboratorieforsøg

Laboratorieforsøg med reduktion af nitrat udførtes med henblik på en beskrivelse af proces-kinetikken. Endvidere undersøgte afhængigheden af brunkul og pyrit, samt let tilgængeligt organisk stof (glucose).

Et enkelt forsøg blev opstillet med iltmætning fra start og med og uden podning med pyritholdigt Haunstrup sediment.

Batchforsøg

De eksperimentelle opstillinger var af to forskellige typer:

1. Batchforsøg med 1000 ml bluecap flasker med to tilgangsventiler for udtagning af prøver til forskellige tider.
2. Batchforsøg med 100 ml bluecap flasker som blev udtaget til analyse efter forskellig tid.

Alle opstillinger kørte anoxisk ved gennembobling med ren N_2 ved opstart og ved hver prøveudtagning.

Prøvejorden var generelt kølet jord.

Batchforsøg blev kørt ved henholdsvis $10^\circ C$ og $22^\circ C$, (LAV og HØJ).

De udtagne vandprøver blev analyseret for pH, alkalinitet/aciditet, SO_4 , NO_3 og NH_4 .

Fosfat

Nogle af forsøgene blev ved start og slut analyseret for PO_4 , for at få indtryk af netto-frigivelsen af fosfat.

3. RESULTATER.

3.1. Opland og Geologi.

Fladerne Bæks opland ovenfor overfaldet ved station 4 er på ca 250 ha med svagt fald i kote på fra 46 meter (DNN) til ca 39 meter (DNN) ved station 4. Grundvandsspejlet er 1 - 3 meter under terræn.

Jordbund

Jordbunden er overalt en JB1 jord med undtagelse af de mest ånære arealer, der må betegnes som tørvejorde, JB11.

Oplandets længde er ca 2700 meter, og tracéen er beliggende på de sidste 900 meter.

Ingen dræn

Vandløbet er på sit øverste løb rørlagt og tilsluttet nogle mindre drænsystemer. På de nederste 1200 meter findes ingen drænsystemer. Det er konstateret, at den overvejende del af vandmængden kommer til bækken på disse 1200 meter. Bækkens bund er uddybet til ca 180 cm under terræn og vedligeholdes årligt af Aulum-Haderup Kommune.

Pyrit og brunkul

De geologiske forhold i området består af hedesletteaflejringer, det vil sige smeltevandssand med vekslende mængder pyrit (FeS_2) og brunkul, som stiger mod dybden. Disse elementer afspejler rester af Miocæne aflejringer, der befinder sig under smeltevandssandet.

Af den geologiske beskrivelse af boring 1 og 2 fremgår følgende:

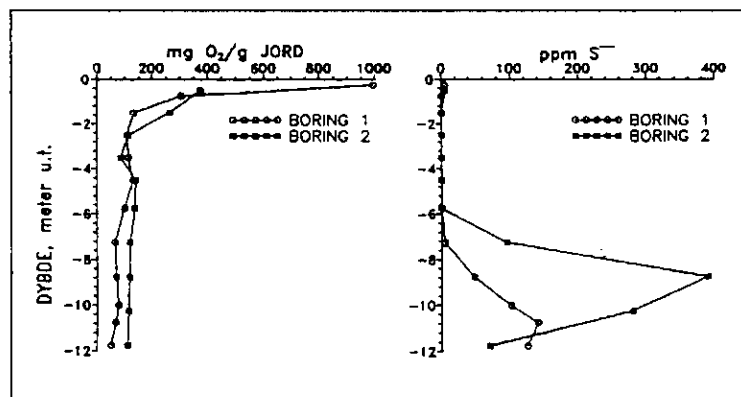
Dybde	Boring 2	Dybde	Boring 1
0-0,5	sand, muldet	0,0-0,5	sand, muldet
0,5-3,0	sand, gulbrunt	0,5-4,0	sand, gulbrunt
3,0-12,5	sand, gråbrunt	4,0-12,5	sand, gråbrunt

I boring 1 blev der konstateret mængder af brunkul i 4-8 meters dybde. I boring 2 fandtes brunkul i 4-5 meter og over 8 meter.

Intet ler

Sandet er fint sand med en middeldkornstørrelse på 0,3-0,5 mm og en ler-siltfraktion mindre end 1,2 %.

Analyser af sandmaterialets indhold af pyrit, reduceret-S, TOC og MOM viser, at der kun er ganske små mængder pyrit, ca 0,02-0,08 %. Tilsvarende er TOC mellem 0,04 og 0,09 %. Reduktionskapaciteten på den vandopløselige fraktion (MOM) ligger på 50-150 mg O₂/g jord, fig.4.



Figur 4. Jordprofilernes indhold af MOM, vandopløseligt organisk stof (venstre) og pyrit.

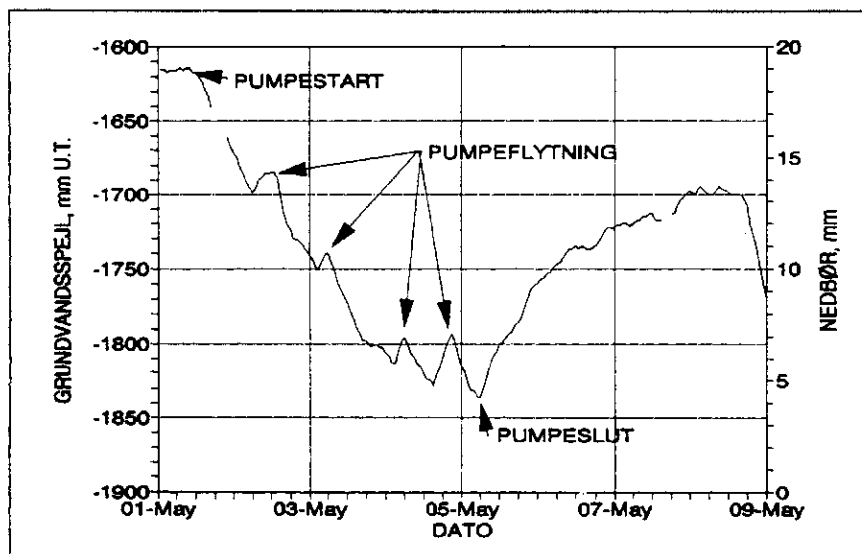
Grundvandsresevoiret er rimeligt homogent indenfor de øverste 12 meter, som er med i

Lerlag i 20 m

Hydraulisk
ledningsevne

undersøgelsen. Fra en nærliggende markvandsboring på Kærhus er det konstateret, at der ligger et lerlag i ca 20 meters dybde. Dette bekræftes af geoelektriske målinger udført sommeren 1989.

Det er derfor i det efterfølgende antaget, at reservoiret har en gennemsnitstykkelse på 18 meter. Samme boring er anvendt ved beregning af reservoiret hydrauliske ledningsevne, idet pumpen i nogle perioder i maj 1990 blev anvendt til markvanding med en ydelse på 60 m³/time. Denne periode var uden nedbør og kunne derfor bruges til beregningen, fig. 5.



Figur 5. Vandspejlsændring i boring 2 ved pumpning med 60 m³/time på markvandsboring 80 meter fra boring 2.

Ledningsevne er efter Theis-formlen beregnet til $6,5 \cdot 10^{-4}$ m/sec svarende til en transmisivitet på $1,2 \cdot 10^{-2}$ m²/sec.

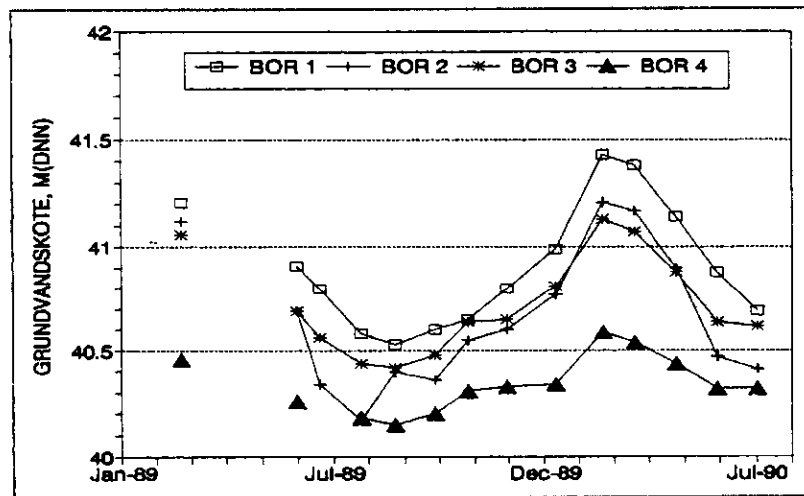
Ved anvendelse af nedbørs- og tryktransducerdata er den umættede ledningsevne beregnet i

Umættede zone

en periode med et vandindhold omkring markkapaciteten i overjorden.

På station 2 fås således en gennemsnitlig hydraulisk ledningsevne over de øverste 1,8 meter (umættede zone) på $1,2-1,5 \cdot 10^{-3}$ m/sec, svarende til at et nedbørsoverskud kan konstateres 28 til 36 timer efter i grundvandspejlet.

Trods store svingninger i nedbørsoverskuddet (se afsnit 3.2.) varierer grundvandspejlet mindre end en meter. Størst er udsvinget på boring 1 og 2, der ligger længst fra udstrømningsområdet til bækken, og mindst på boring 4 (ca 0,5 meter), der ligger umiddelbart før bækken, fig. 6.



Figur 6. Den årlige variation i grundvandskoten for de fire stationer. Terrænkoter: Bor. 1: 43.3 m, Bor. 2: 42.6 m, Bor. 3: 42.0 m, Bor. 4: 41.5 m.

3.2. Landbrug, klima og afstrømning.

Fladerne Bæks opland er for ca 90 % vedkommen-
de landbrugsjord. I 1984 blev arealanvendelsen
opgjort som følgende (Hansen & Sommer, 1987):

Afgrøde m.m.	1984	skøn 1989
Korn	34 %	10 %
Rodfrugter	31 %	35 %
Græs	5 %	3 %
Eng og fælle	3 %	4 %
Bælgsæd	2 %	27 %
Raps	4 %	0 %
Skov	12 %	12 %
Andet	9 %	9 %

Ændrede
afgrødevalg

Trods opgivelserne for 1989 er bygget på skøn ud fra markplaner, kan det konstateres, at der er sket en markant ændring, således at en meget høj procentdel af arealet nu er dækket med bælgsæd. Til gengæld er der sket et markant fald i kornafgrøder, som mest består af vinterhvede og vårbyg. Rodfrugterne er industri-kartofler og bederoer. Landbrugsarealerne er alle markvandet i perioder med stort vandunderskud.

Gødskning

Tracéen går over fire marker, regnet fra boring 1 til boring 4, med numrene 21, 20, 19 og 16. Afgrøderne var i samme rækkefølge: markært, markært, bederoe og vinterhvede. Gødskning på arealerne består af både gylle, staldgødning og handelsgødning. I undersøgelsesperioden er det kun bederoerne, der har modtaget husdyrgødning (25 tons staldgødning og 15 tons gylle /ha), svarende til 210 kg N/ha. Herudover er der tilført 360 kg kalkammonsalpeter svarende til ca 100 kg N/ha. Vinterhveden er tilført ca 160 kg N/ha, mens markærten, som anslås at kunne fikserer ca 100 kg N / ha, ingen kvælstofgødning har fået.

3.3. Vandbalance og udvaskning

Indsamlingen af klimadata fra station 2 blev påbegyndt 1. juni 1989 og har kørt kontinuert frem til dato.

Nedbør og luft-
temperatur

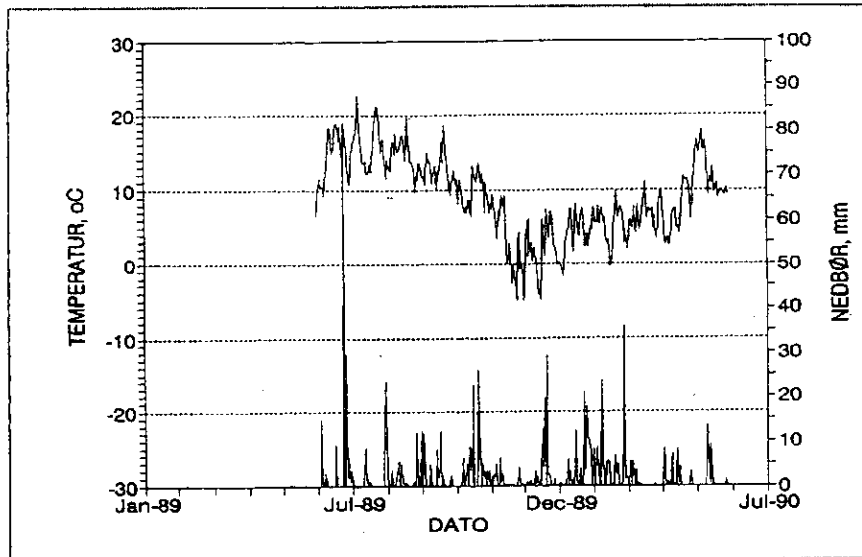
Herfra bruges lufttemperatur og nedbørsværdier til beregningen af vandbalancen, mens potentiel fordampning er beregnet på Jordbrugs-Meteorologisk Tjeneste, Foulum, på basis af daglig globalstråling. I perioden 1. januar 1988 til 1. juni 1989 er der anvendt data beregnet for Barslund Bæk opland, som er nordligt naboopland til Fladerne opland, Jørgen Olesen (pers. comm.). Afgrøder på de to marker ved station 2 har i perioden været som følger:

Afgrøde	Start	Slut
mark 20 og 21:		
Bar jord	01.01.1988	31.03.1988
Bederøe	01.04.1988	01.10.1989
Bar jord	02.10.1989	28.03.1989
Markært	29.03.1989	10.08.1989
Bar jord	11.08.1989	31.03.1990
Kartoffel	01.04.1990	-

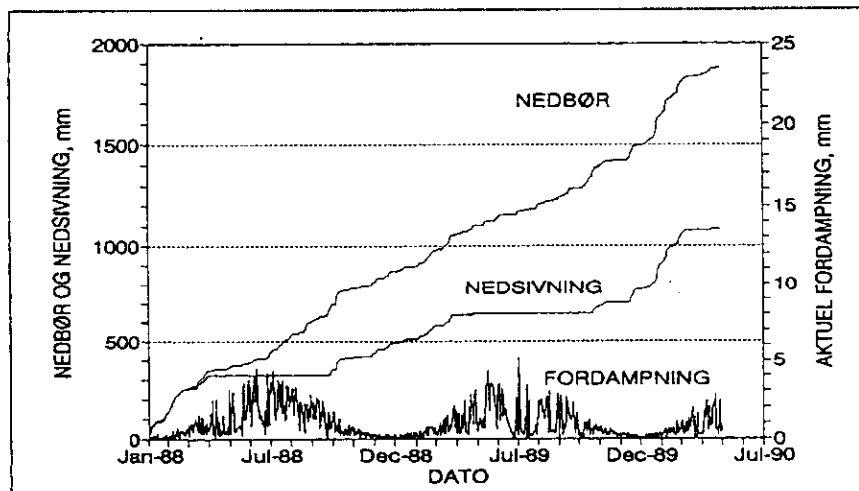
Klimadata

Gennem hele forsøgsperioden har både luft- og jordtemperatur været højere end normalt (100 års gennemsnit), fig. 7, hvilket har betydet en generelt højere biologisk aktivitet.

Hvad angår nedbørens fordeling har begge sommerperioder været nedbørsfattige, hvilket har betydet ganske lange perioder uden infiltration, fig. 8.



Figur 7. Lufttemperatur og nedbør på station 2.



Figur 8. Vandbalance for Fladerne Bæk simuleret med EVACROP.

Beregnes den samlede nedbør og infiltration i perioder med skæring 1. maj, fås følgende:

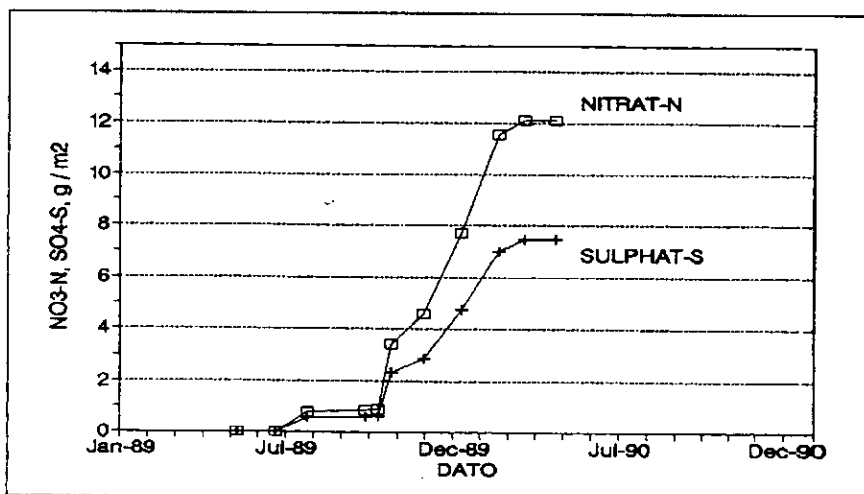
Periode	NEDBØR	FORDAMPNING	INFILTRATION
1988-89	739	410	327
1989-90	890	401	488
sum	1629	811	815

Infiltration

Antages infiltrationen at være repræsentativ for hele oplandet, svarende til ca 400 mm/år, vil der på station 2 være en grundvandsstrømning på ca 120 m/år. Ved den tidligere undersøgelse i 1984 fandtes en nedbør på ca 750 mm og en afstrømning på 300 mm, Hansen & Sommer (1987). Disse tal svarer godt til de her fundne.

Udvaskning

På basis af de beregnede infiltrationsmængder er udvaskningen af nitrat og sulfat fra rodzonen (1 meters dybde) beregnet. Beregningen er fremkommet ved periodevis at gange gennemsnitskoncentrationer for nitrat og sulfat fra



Figur 9. Udvaskningen af nitrat-N og sulfat-S fra rodzonen ved station 2.

teflonkopperne i 1 meters dybde med infiltrationsmængden. Herved fremkommer et realistisk estimat af udvaskningen for perioden, fig. 9.

Som det fremgår, udvaskes der fra 1 meters dybde 12,1 g NO₃-N/m² år og 7,5 g SO₄-S/m² år svarende til gennemsnitskoncentrationer på 25 mg NO₃-N/l og 15 mg SO₄-S/l.

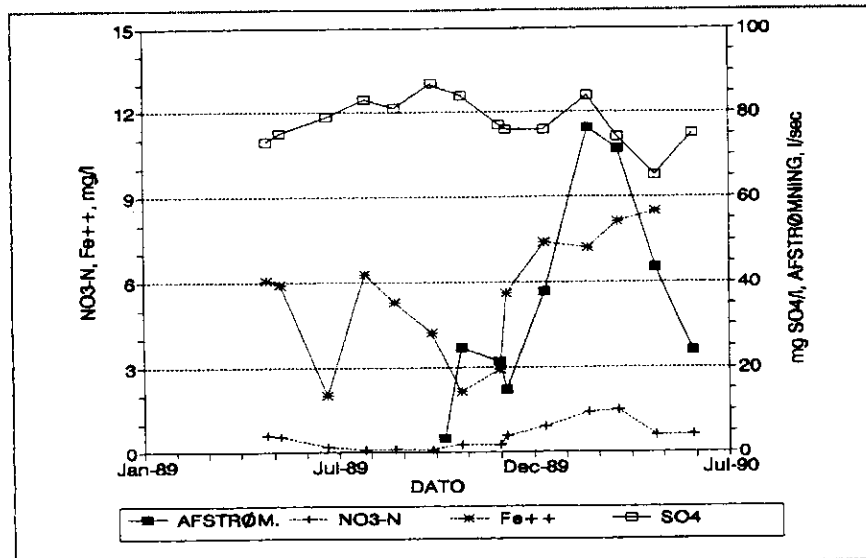
Denitrifikation
På grundlag af jordluftmålinger på station 1 og 2 kan man konstatere, at der sker en vis denitrifikation i den umættede zone eller ved overgangen til grundvandszonen.

Analyser for jordluft viser følgende:

Station	N ₂ O, ppm	CO ₂ %	O ₂ %
1	0,63	0,23	19,3
1	0,73	0,32	19,1
2, vest	0,85	0,38	18,9
2, vest	1,05	0,49	19,1
2, midt	0,99	0,41	19,1
2, midt	0,78	0,30	19,0
2, øst	1,36	0,45	19,3
2, øst	1,43	0,53	19,3
atmosfære	0,27	0,039	19,4

Jordluft
Det fremgår at trods stort luftskifte i den umættede zone er der en betydelig forhøjelse i N₂O og CO₂ koncentrationerne. Dette betyder at der må ske en denitrifikation, formentlig ved grundvandsspejlet af samme størrelsesorden som man har konstateret ved Vesterlind syd for Herning, Jacobsen & Vinther (1990). Endvidere er der i lighed med nævnte undersøgelse og tidligere undersøgelser, Lind (1986) og Jacobsen (1986), målt O₂ koncentrationer som i atmosfæren, hvilket betyder at der i makromiljøet over grundvandet er iltmættede forhold.

Afstrømningsmålingerne i bækken har kørt i perioden 1. oktober 1989 og til dato, fig. 10.



Figur 10. Afstrømningen fra oplandet og bækvandets koncentrationer af nitrat, jern(II) og sulfat. pH var i måleperioden mellem 4.2 og 5.4.

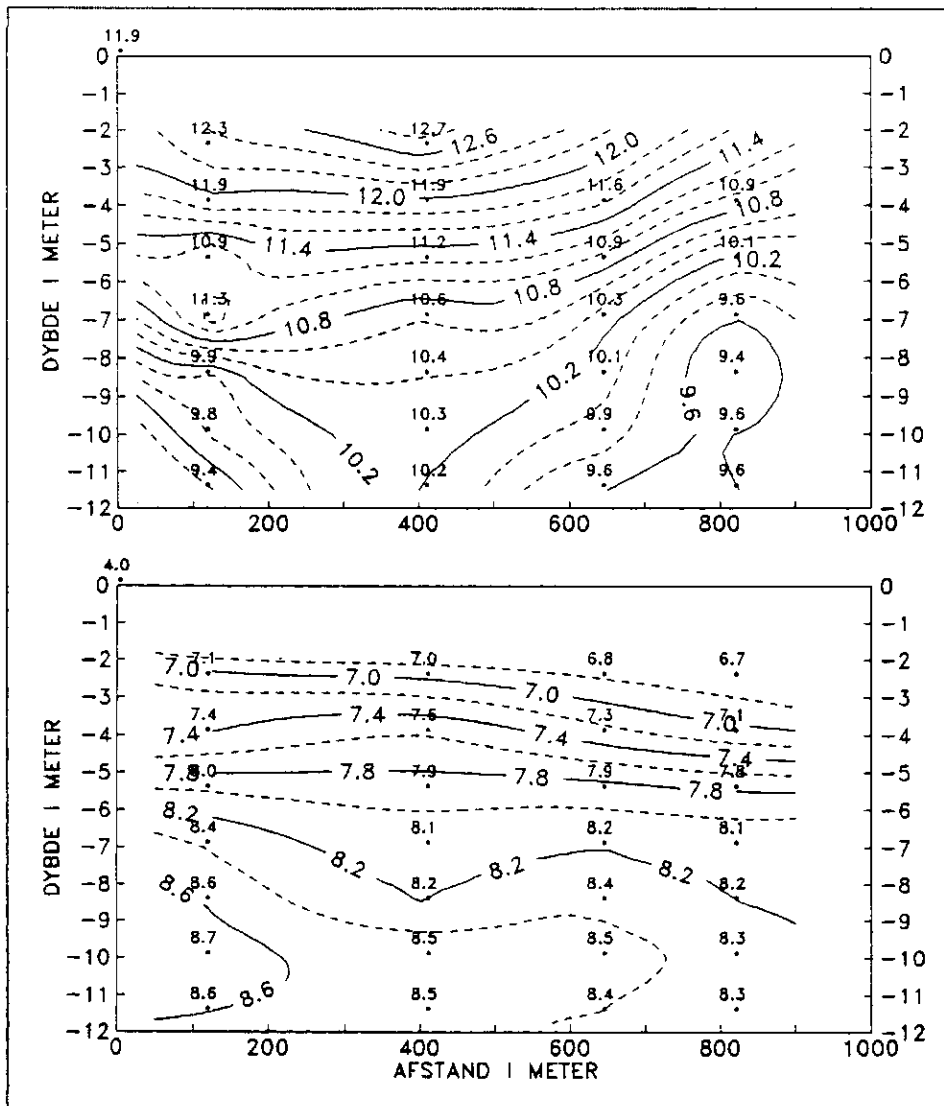
Afstrømning

Dette betyder, at den betragtede periode med skæring 1. maj ikke kan fuldt vurderes. Beregning af afstrømningen for 01.10.1989 til 30.05.1990 viser 375 mm mod de 488 mm infiltration.

I samme periode var afstrømningen af nitrat opgjort til 822 kg N \approx 3,3 kg / ha. Til gengæld var afstrømningen af sulfat beregnet til 21000 kg S \approx 84 kg / ha.

3.4. Tracéen.

Ved at betragte de kemiske parametre langs grundvandsstrømmen og over dybden er det muligt at få et indblik i den dynamik, der foregår langs strømningslinierne.

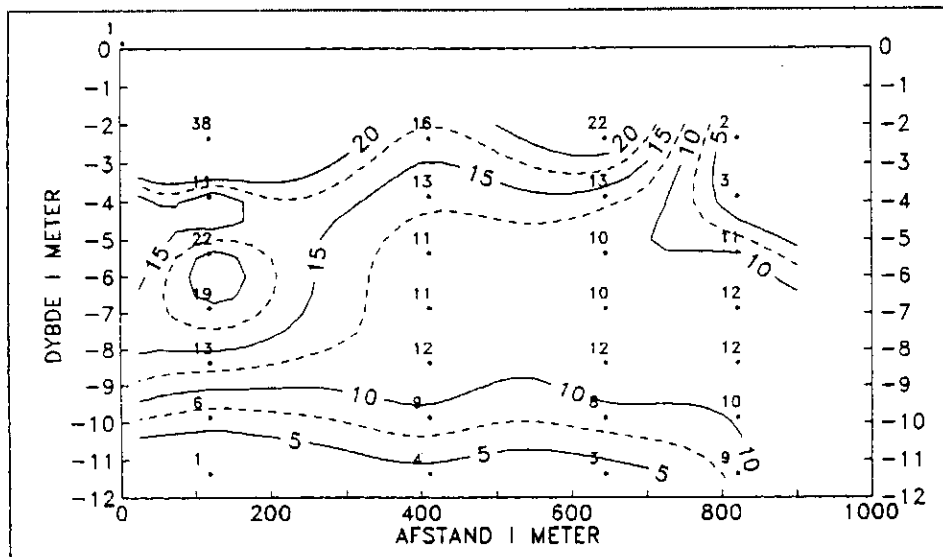


Figur 11. Grundvandstemperaturen i september 1989 (øverst) og marts 1990.

Grundvands-
temperatur

Det er generelt antaget, at grundvandstemperaturen ligger omkring 8°C i gennemsnit. Da den umættede zone er meget lille i hele oplandet, 1-3 meter, vil vand, der infiltrerer gennem den umættede zone, hurtigt bevæge sig mod grundvandet. Dette betyder, at den årlige

variation i temperaturen kan afspejles i grundvandet. Derudover sker der en varmetransport ned gennem jorden til grundvandet, som derfor kan ændre temperaturen i den øverste del af reservoiret, fig. 11.



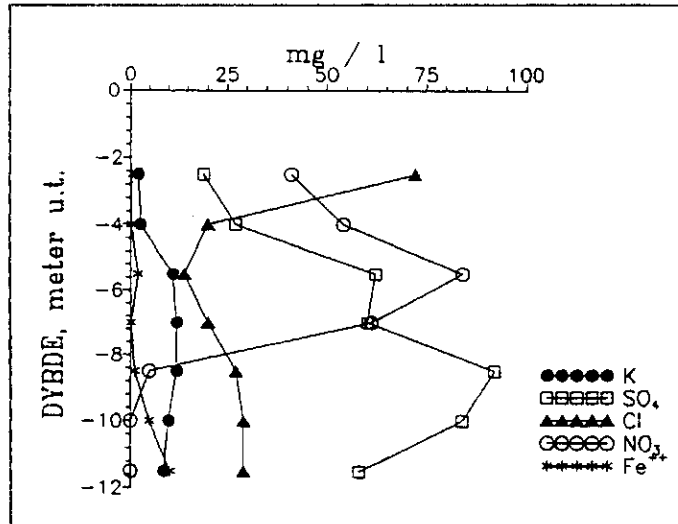
Figur 12. Grundvandets indhold af kalium, mg K/l, marts 1990.

I den dybeste del af tracéen synes temperaturen i langt højere grad at afspejle ældre vand med en anden udgangstemperatur end opstrøms i tracéen. Et muligt strømningssmønster i grundvandsreservoiret vil kunne afspejles i den årlige temperaturgang langs tracéen.

Landbrugsvand

En yderligere bekræftelse på strømningssmønstret fås ved at se på kalium i tracéen, da kaliumkoncentrationen i nogen grad afspejler landbrugsvand fremfor ikke-landbrugspåvirket vand. Da lerindholdet i alle undersøgte prøver er mindre end 1 % og derfor ikke vil influere på koncentrationen, antages det, at et højt kaliumindhold er udtryk for landbrugsvand, mens et lille indhold må være upåvirket af landbrug, fig. 12.

Sættes en grænse på 10 mg K/l er det tydeligt, at landbrugsvandet er trængt mere end 11 meter ned ved boring 1, mens det ved boring 4 kun er nået ned til ca 9 meter. Infiltrationsvand fra de undersøgte marker ligger i intervallet 15-40 mg K/l.

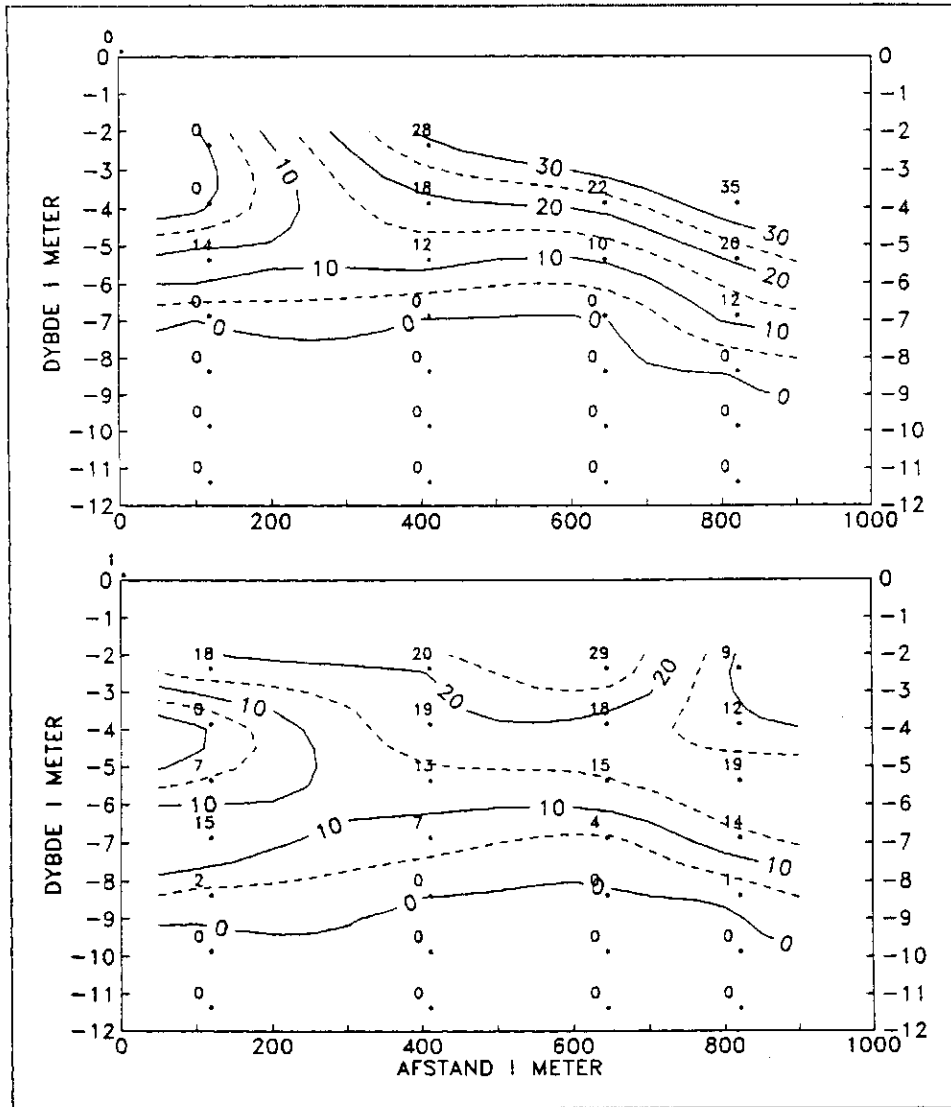


Figur 13. Kemisk grundvandsprofil på boring 1.

Sulfatindhold

Sulfatindholdet i infiltrationsvandet fra markerne er mellem 7 og 30 mg SO₄-S/l med et gennemsnit på 15 ≈ 45 mg SO₄/l. I grundvandet stiger koncentrationen med dybden til omkring 100 mg SO₄/l. Samtidig sker der et fald i nitrat, der forsvinder helt i 7-9 meters dybde, fig. 13 og fig. 14.

Det fremgår tydeligt, at reduktionsfronten for nitrat ikke ligger i samme dybde gennem hele perioden, men at der er en variation på ca 2 meter ved boring 4, mens der ved station 1 ikke er den store forskel.



Figur 14. Grundvandets indhold af nitrat-N i september 1989 (øverst) og marts 1990, mg NO₃-N/l.

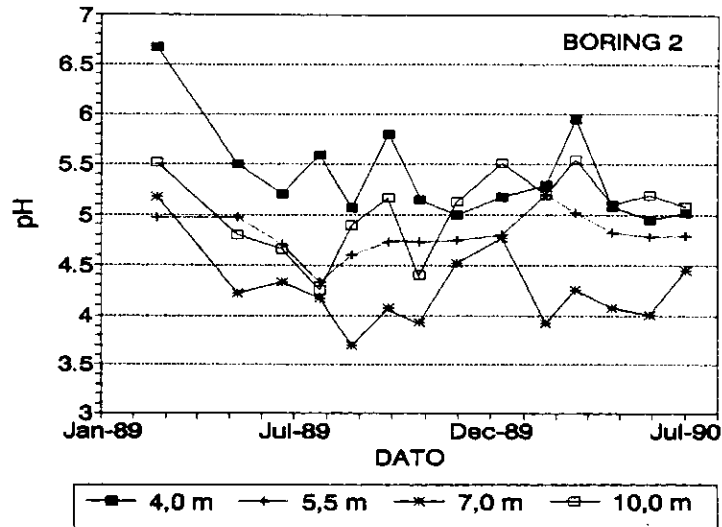
Nitratindhold

Den overvejende del af nitratreduktionen må ud fra dette foregå i et smalt lag i tracéen med en tykkelse på 2-4 meter, hvilket svarer godt til målinger af pyritindholdet i profilerne, fig. 4. Yderligere synes et område i 3-5 meters dybde tæt ved bækken at have meget stor reduktionskapacitet. Dette svarer godt til at

pyrit indholdet i sedimentet er mere end 5 gange højere end noget andetsteds i traceen.

3.5. Tidsserier

Dynamikken i grundvandsreservoiret afspejles godt i den tidsmæssige udvikling, der fremkommer ved at betragte ændringer i de kemiske parametre i et profil.



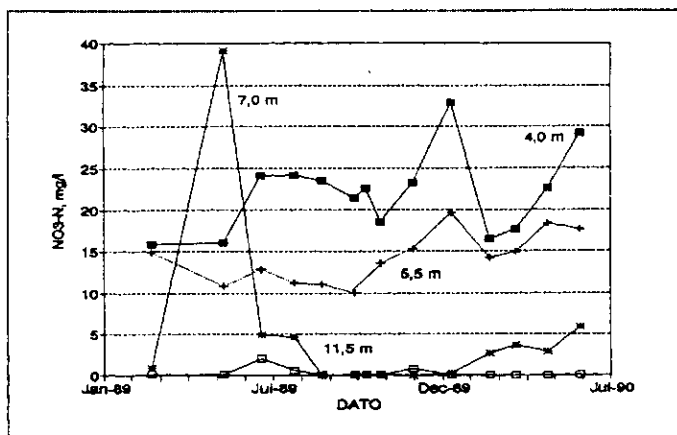
Figur 15. pH-variationen i fire grundvandsdybder.

pH På station 2 ses en betydelig variation gennem måleperioden, således som det fremgår for pH, SO_4 og $\text{NO}_3\text{-N}$, fig. 15, 16 og 17.

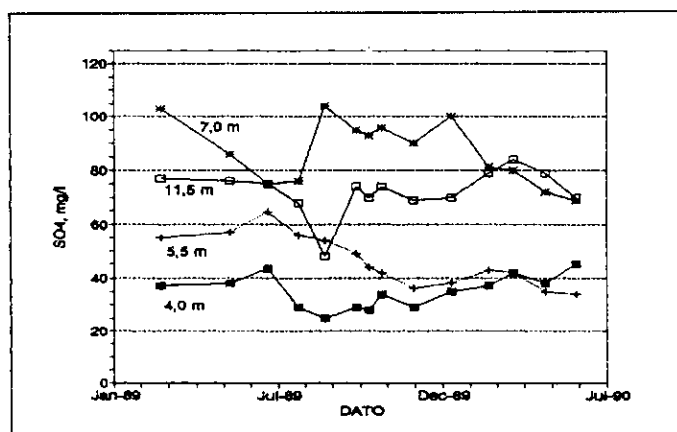
Nitrat For pH ses tydeligt et minimum i 7 meter med værdier mellem 4 og 4,5, der afspejler nitratreduktionsprocessen med pyrit, fig. 15.

Sulfat Det samme mønster genfindes i sulfatværdierne, hvor koncentrationerne er højest 7 meter med 80-100 mg $\text{SO}_4/1$, mens der i 4 meter findes koncentrationer af samme størrelse som i infiltrationsvandet, fig. 17.

I overensstemmelse hermed ses nitrat at forsvinde i 7 meters dybde. I 4 meter er koncentrationen 15-25 mg $\text{NO}_3\text{-N}/1$, fig. 16.



Figur 16. Nitrat-variationen i fire grundvandsdybder, mg NO₃-N/l.



Figur 17. Variationen i sulfat-indholdet i fire grundvandsdybder.

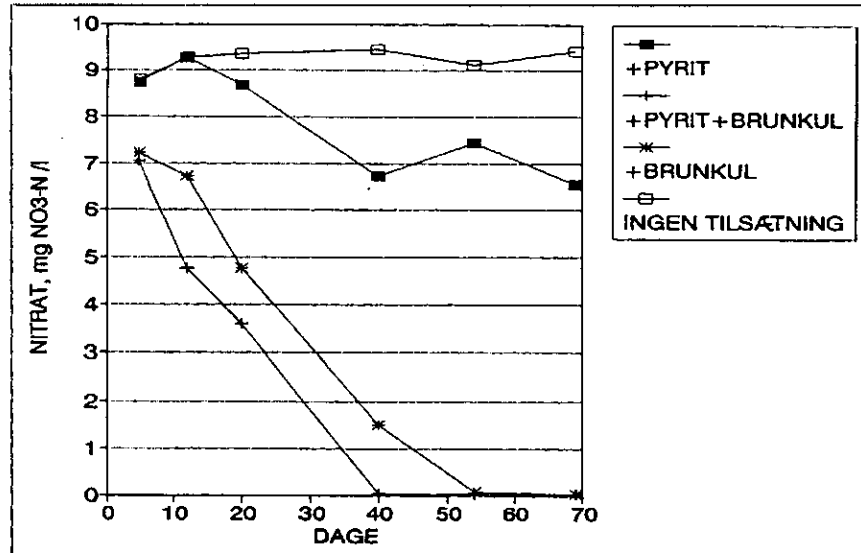
svarende til infiltrationsvandets koncentration.

I maj 1989 passerer en top på 40 mg NO₃-N/l i 7 meter. Årsagen til dette fænomen er ikke fuldt klarlagt.

3.6. Laboratorieforsøg

For at klarlægge sammenhængen mellem nitratreduktionen og de geologisk-kemiske parametre, der styrer forløbet, er der blevet udført 3 serier af laboratorieforsøg med sedimenter fra boring 1 og 2.

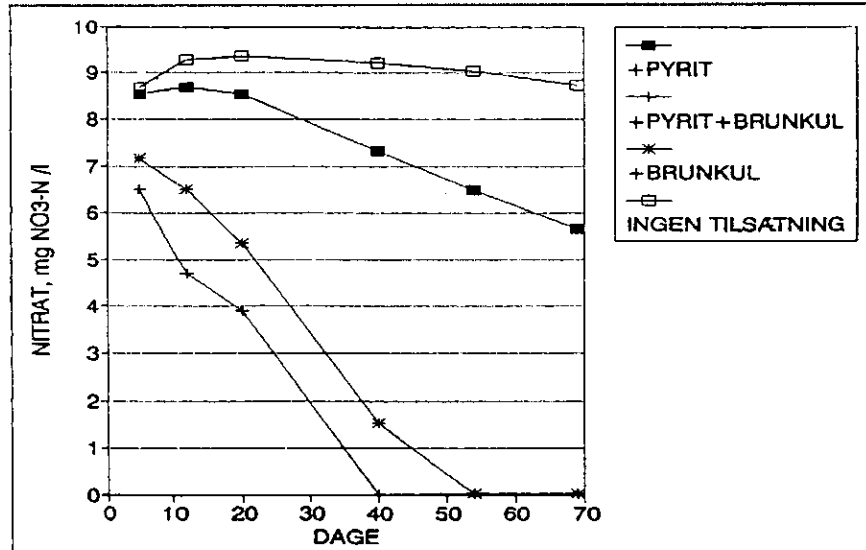
3.6.1. 1. Serie.



Figur 18. Udviklingen i nitratindholdet for sediment fra øvre del af reservoiret.

For at vurdere nitratreduktionskapaciteten (NRK) i sedimenter over og under reduktionsfronten (5-7 meter u.t.), blev sedimenter fra 2-4 meter og 7-9 meter inkuberet anaerobt i indtil 69 dage ved 22°C. For hver delserie blev der kørt fire parallelforsøg. Et med sediment uden tilsætning, et tilsat 1 % pyrit, et med 2 % brunkul og et med både pyrit og brunkul. Startkoncentrationen i forsøgene var 9,5 mg NO₃-N/l.

Nitratreduktion Sediment fra over reduktionsfronten var ikke i stand til at reducere målelige mængder nitrat, hvorimod sediment fra under fronten viste en reduktion på 0,75 mg N/l \approx 0,022 mg N/kg dag på sedimentvægt basis, fig. 18 og 19. Hvis der var tilsat pyrit og brunkul blev reduktionshastigheden øget til henholdsvis 0,48 mg N/kg dag og 0,40 mg N/kg dag.



Figur 19. Udviklingen i nitrat indholdet for sediment fra nedre del af reservoiret.

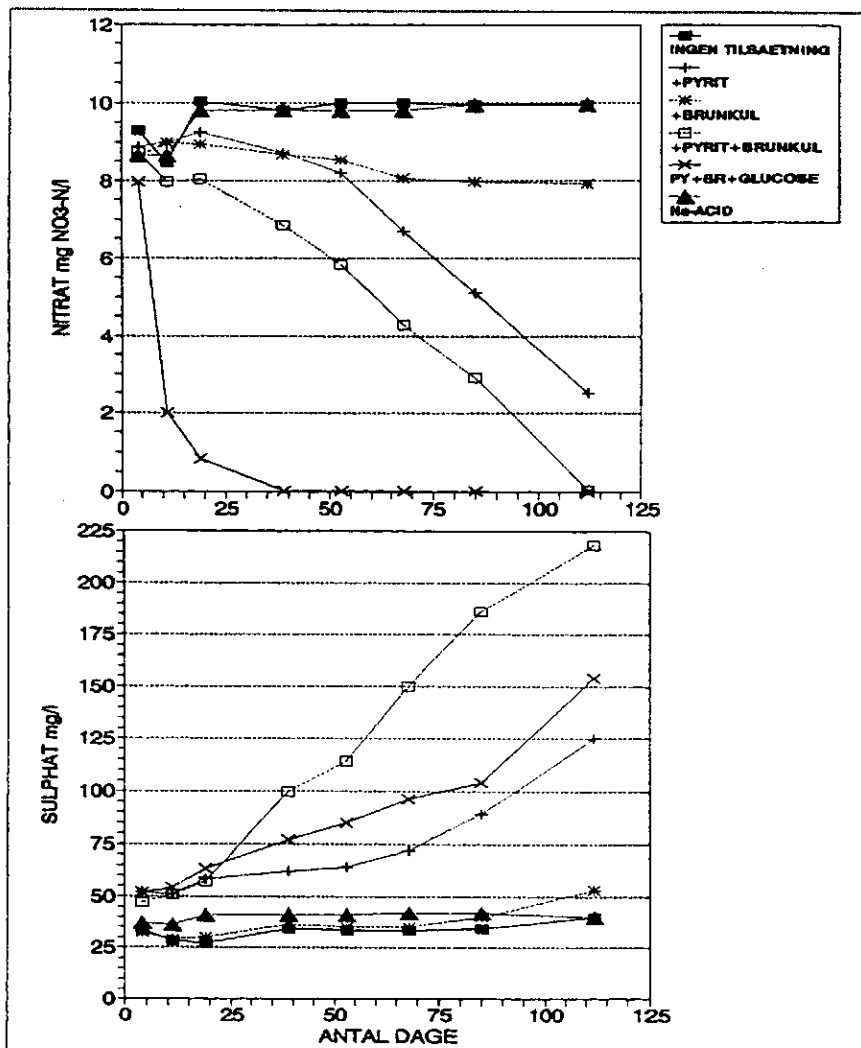
Ingen fosfat-
frigørelse

Forsøgene viser også, at både pyrit og brunkul hver for sig virker befordrende på nitratreduktionen. Nettofrigivelsen af fosfat fra sedimentet var så lille at den under disse forsøgsbetingelser ikke kunne måles, d.v.s. $<0,001$ mg P/kg dag.

3.6.2. 2. Serie.

Startkoncentrationen for nitrat var 10,0 mg $\text{NO}_3\text{-N/l}$.

Resultaterne viste det samme, som for serie 1. Denne forsøgsserie er identisk med den ovenstående med den undtagelse, at en del af for-



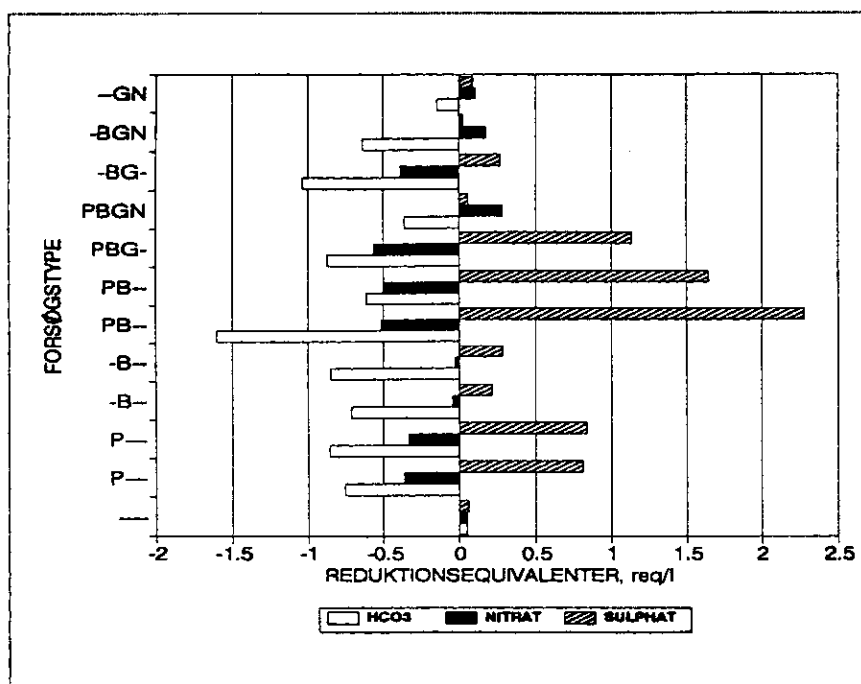
Figur 20. Endringerne i sulfat (øverst) og nitrat med sediment fra nedre del af reservoiret.

Bakterie til
nitratreduktion

søgene blev tilsat Na-acid (NaN_3) som bakteriocid og andre glucose som energi- og kulstofkilde for bakterier. Herudover viste tilsætning af glucose, at nitratreduktionen kunne forøges i takt med en forøget kulstofkilde.

Tilsætning af Na-acid viste, at en hver form for målelig nitratreduktion blev elimineret,

hvilket vil sige, at de målte processer udelukkende er styret af bakteriel aktivitet, fig. 20 og 21.



Figur 21. Nettoændringer i bicarbonat, nitrat og sulfat under forsøgsserie 2. Angivet reduktionsekvivalenter, red-meq/l.

Tilsætning: P = pyrit, B = brunkul, G = glucose, N = Na-acid.

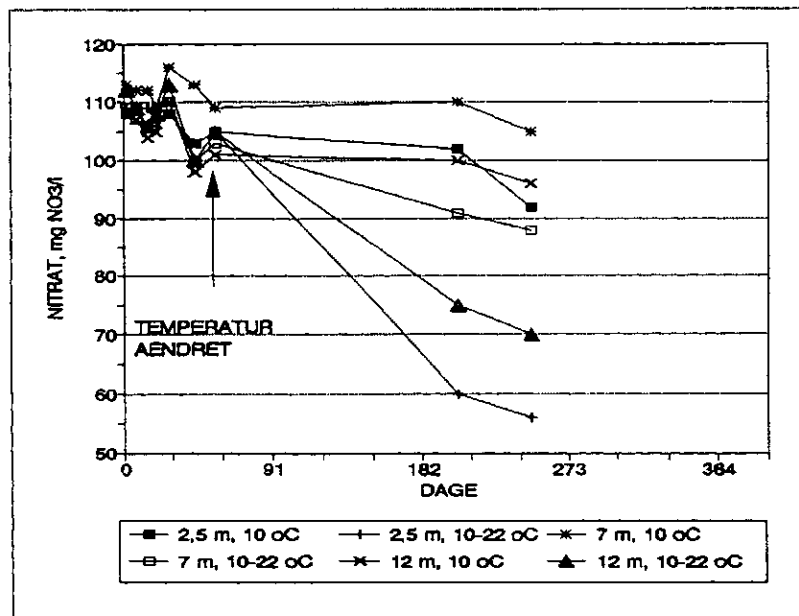
3.6.3. 3. Serie.

Denne serie havde til formål at vurdere temperaturens indflydelse, samt om tilgang af ilt ville ændre processen væsentligt. Der blev kørt ved henholdsvis 22°C og 10°C, og en startkoncentration på 25 mg NO₃-N/l.

Temperaturindflydelse

Resultaterne viste, at lav temperatur formodentlig ikke nedsætter proceshastigheden væsentligt, men til gengæld øger processens lagfase (tiden fra forsøgets start til processen når konstant hastighed) betydeligt. Ved

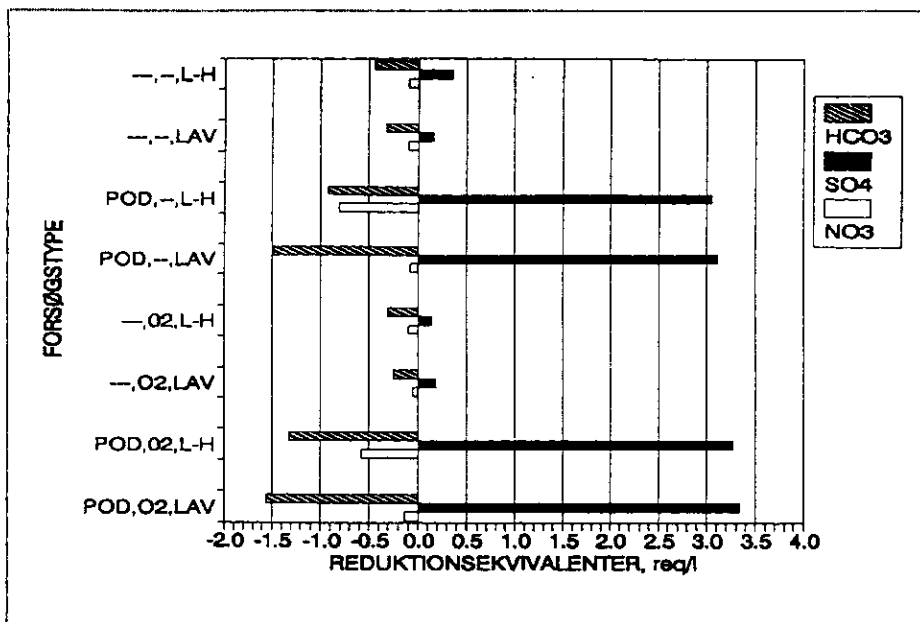
den høje temperatur var lagfasen 1-5 dage, mens ved lav temperatur blev denne periode øget til 140-160 dage. Efter lagfasen var proceshastigheden 2-3 gange højere ved høj temperatur, fig 22.



Figur 22. Forsøg med ændring i temperaturen efter 60 dage i halvdelen af prøverne.

Podning

I forsøg med podning med stærkt pyritholdigt sediment fra Haunstrup brunkulsleje, Andreasen & Larsen (1989a, 1989b, 1989c), forøgedes pyritoxidation og nitratreduktion betydeligt, formodentlig på grund af en tilførsel af bakterier. Til gengæld kunne der ikke konstateres nogen effekt af en iltmætning ved forsøgsstart, fig 23.



Figur 23. Nettoændringer i indhold af alkalinitet, nitrat og sulfat i forsøg med og uden podning (POD) med Haunstrup sediment. LAV: 10°C, L-H: 10°C til 22°C, O₂: start med iltmætning.

4. DISKUSSION OG KONKLUSION.

Projektets formål har primært været at vurdere belastningen med kvælstof fra nogle intensivt dyrkede landbrugsarealer og undersøge de biologiske og geokemiske mekanismer i grundvandet, der er i stand til at reducere kvælstofindholdet til det niveau, man finder i Fladerne Bæk.

Fladerne Bæk's opland er et intensivt landbrugsområde på let jord. Afgrøderne er overvejende rodfrugt, bælgsæd og kornavl. Specielt er der siden en tidligere undersøgelse i 1984, Hansen & Sommer (1987), sket en markant stigning i avlen af bælgsæd. Arealet i omdrift udgør mere end 75 % af det totale opland, som er på ca 250 ha.

Vandbalancen på oplandet viser, at nedbøren har ligget på ca 800 mm/år, og nedsivningen udgør ca 400 mm på de dyrkede områder. Dette er et noget lavere tal end ved den tidligere undersøgelse, hvor man kom frem til ca 300 mm.

Den landbrugsmæssige del af udvaskningen af nitrat og sulfat er opgjort til henholdsvis 120 kg NO₃-N / ha år og 75 kg SO₄-S /ha år, svarende til gennemsnitskoncentrationer på 25 mg NO₃-N /l og 15 mg SO₄-S/l. Dette er lidt mindre, end det man har fundet i et tilsvarende opland nær Hannover, Kölle et al. (1985). Til gengæld er værdierne noget højere end de tidligere værdier for hele oplandet, Hansen & Sommer (1987).

På grundlag af lattergasmålinger i jordluften fra den umættede zone har det kunnet godt-

Nitratreduktion i umættede zone gøres, at en denitrifikation finder sted ved grundvandsspejlet. Størrelsen af denitrifikationen kan ikke opgøres på det nuværende data-materiale, men kan være af størrelseordenen 5-10 kg N/ha år, som fundet ved Vesterlind nær Herning, Jacobsen & Vinther (1990).

Grundvandsreservoiret Udfra grundvandsspejlsændringer under en pumpning på en markvandsboring er transmissivitet for reservoiret beregnet til $1,2 \cdot 10^{-2}$ m²/sec. På grundlag af geoelektriske målinger og boreoptegnelser på en nærliggende boring er der skønnet en reservoirtykkelse på 18 meter. Af disse er de øverste 10 meter inddraget i den kemiske undersøgelse.

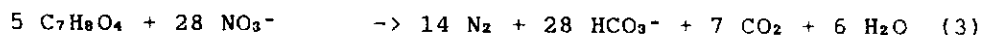
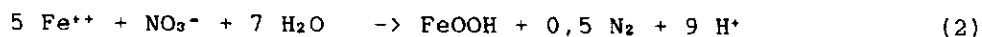
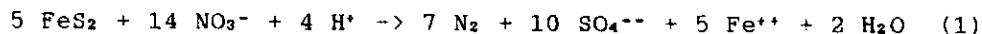
Afstrømning Afstrømningen fra oplandet har kun delvis kunnet gøres op, men i en 9 måneders periode var den totale afstrømning 375 mm. Der synes ikke at være nogen væsentlig divergens mellem dette og infiltrationens størrelse. Samtidig er der gennem denne periode sket en afstrømning af nitrat og sulfat på henholdsvis 3,3 kg N/ha og 84 kg S/ha. I forhold til udvaskningen fra rodzonen er der sket en reduktion på 115 kg N/ha og et tilskud på 9 kg S/ha.

Tyske undersøgelser Undersøgelse af grundvandstracéen ned til 12 meters dybde viser, at nitratreduktionen sker i en dybde på 6-9 meter, dybest i den opstrøms del af tracéen. Samtidig sker der et fald i pH og en stigning i sulfat, hvilket indikerer, at pyrit indgår i reaktionen, som også tidligere fundet i et tilsvarende reservoir ved Hannover, Kölle et al. (1985) og Kölle & Schreeck (1982).

Laboratorie-
forsøg

De dominerende processer ved nitratreduktionen er således blevet undersøgt ved laboratorieforsøg for at fastslå reaktionsforløbet og størrelsen.

De væsentligste processer i grundvandszonen er følgende:



Reaktion 1 og 2 er knyttet til oxidationen af pyrit og jern, mens reaktion 3 er en oxidation af humus/brunkul.

pH-fald

Som det fremgår, vil der ske et pH fald ved pyrit oxidationen, mens der vil ske en alkalinitetsstigning ved brunkuloxidation. Da de to processer ofte kan forløbe samtidigt, vil det samlede pH fald generelt være mindre end stigningen i sulfatkoncentrationen giver udtryk for.

Nitratreduktion

Laboratorieforsøgene viste, at kun sediment under reduktionszonen var i stand til til at reducere nitrat i målelige mængder, ca 0,022 mg N/kg dag. Dette svarer til, at et 1 meter tykt sedimentlag vil være i stand til at give en nitratreduktion på 135 kg N/ha år. Dette er af samme størrelse som belastningen fra rodzonen.

En forøgelse af brunkuls- og pyritindholdet viste en tilsvarende forøgelse i reduktionshastigheden, hvilket antyder, at der er tale om en 1. ordens reaktion med hensyn til disse komponenter.

Mikrobiologisk
aktivitet

Ved at tilsætte bacteriocid til nogle forsøg har det kunnet konstateres, at de målelige processer er fuldstændig mikrobielt styret. Tidligere undersøgelser indikation af en betydelig kemisk nitratreduktion i lerjorde, Lind 1980, mens andre har vist at reduktionen var bakteriel, Hendry et al. (1984). På sandjorde, hvor kun tungsandsminerale kunne tænkes at medvirke til kemisk reduktion, må det antages at være et kompliceret bakterielt forløb, som afstedkommer nitratreduktionen og at den også er stærkt temperaturafhængig, Vinther (1990).

Reduktionskapa-
citet

Hvis man beregner de tilgængelige mængder nitratreducerende komponenter i en 1 m² søjle fra grundvandsspejl til 12 meters dybde fås følgende størrelser:

pyrit	5500 g	≈ 1800 g NO ₃ -N
organisk kulstof	6100 g	≈ 6100 g NO ₃ -N

svarende til ialt 80 000 kg N/ha, hvilket igen svarer til ca 650 års udvaskning med den nuværende landbrugsaktivitet og uden at beregne den nedsivende mængde organisk stof fra rodzonen, som kan være betydelig, Jacobsen & Vinther (1990).

Da reservoiret er mindste 8 meter tykkere end medtaget i beregningerne, synes reduktionskapaciteten ikke umiddelbart at blive opbrugt.

5. REFERENCER.

- Andreasen, L. & Larsen, H.V (1989a). Nitratreducerende processer i grundvandszonen, Litteraturred rapport, D.I.A.-K 1989. 86pp.
- Andreasen, L. & Larsen, H.V. (1989b), Nitratreducerende processer i grundvandszonen, Fremskridtsrapport, D.I.A.-K 1989. 118pp.
- Andreasen, L. & Larsen, H.V, (1989c). Nitratreducerende processer i grundvandszonen, Intern artikel. D.I.A.-K 1989. 9pp.
- Aslyng, H.C. & Hansen, S. (1982): Water Balance and Crop Production Simulation. Hydrotechnical Laboratory. The Royal Veterinary and Agricultural University. Copenhagen. 200pp.
- Gravesen, P. & Knudsen, J. (1981): Beskrivelse af boreprøver fra vandforsyningsboringer ved Danmarks Geologiske Undersøgelse. Vandteknik 5 p.111-118.
- Hansen, B. (1986): Transport i vandløb af kvælstof, fosfor og organisk stof i 7 landbrugsområder. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 8.
- Hansen, B. & Sommer, S.G. (1987): Tilførsel af næringsstoffer til vandløb. Miljøprojekt nr. 85. Miljøstyrelsen. 82pp.
- Hansen, S. & Aslyng, H.C. (1984): Nitrogen Balance in Crop Production Simulation model NITCROS. Hydrotechnical Laboratory. The Royal Veterinary and Agricultural University. Copenhagen. 113 pp.

- Hendry, M.J., McCready, R.G.L. & Gould, W.D. (1984): Distribution, source and evolution of nitrate in a glacial till of Southern Alberta, Canada. *J. Hydrology*, 70, p. 177-198.
- Jacobsen, O.S. (1986): The Vulnerability Project ENV 703 DK, Subproject 2.2, General chemistry. Internal report DGU 41.1986, 127pp.
- Jacobsen, O.S. & Vinther, F.P. (1990): Grundvandsbelastning fra to landbrug på sandjord. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen Nr. B 11. 53pp.
- Koroleff, F. (1968). Determination of Total Phosphorus in Waters by means of Persulphate oxidation. - ICES, Hydrography Com. C.M. 33,1968 C.
- Kölle, W. & Schreeck, D. (1982): Effect of agricultural activity on the quality of groundwater in an reducing underground. *Int. Symp. IAH, Prague*, P. 191-202.
- Kölle, W., Strebel, O. & Böttcher, J. (1985): Formation of sulphate by microbial denitrification in a reducing aquifer. *Wat. Supply*, Vol. 3, p. 35-40.
- Landbrugsministeriet (1988): Fælles arbejdsmetoder for jordbundsanalyser. København.
- Lind, A.M. (1980): Denitrification in the root zone. *Tidsskr. f. Planteavl* 84, 101-110.
- Lind, A.M. (1986): The Vulnerability Project ENV 703 DK, Subproject 2.3, Special chemistry. Internal report DGU 42.1986, 23 pp.

Olesen, J.E. & Heidmann, T. (1990): EVACROP. Et program til beregning af aktuel fordampning og afstrømning i n g fra rodzonen. Version 1.00. AJMET. Arbejdsnotat No. 9. Statens Planteavlsvforsøg, Landbrugscenteret. 65pp.

Standard Methods For Examination of Water and Wastewater. 14th edition, APHA, Washington, 1975, 1193pp.

Vinther, F. P. (1990): Temperatur og denitrifikation. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. A3.

Registreringsblad

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K.

Serietitel, nr.: NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, B10

Udgivelsesår: 1990

Titel:

Geokemiske processer i et grundvandsmagasin

Undertitel:

Forfatter(e):

Jacobsen, Ole Stig; Larsen, Hanne Verge; Andreassen, Lene

Udførende institution(er):

Danmarks Geologiske Undersøgelse

Resumé:

Fladerne Bæks opland er et intensivt landbrugsområde, men trods dette er bækkens nitrathold lavt. Af en udvaskning på 120 kg N/ha pr år er afstrømningen med bækken kun 3 kg N/ha pr år. Forsøg med sediment fra grundvandsreservoiret viser da også en meget høj bakteriel nitratreduktion ved en iltning af pyrit og brunkul. Derfor bliver vandet i bækken surt og har et højt jernindhold. I de øverste 12 meter af reservoiret findes en reduktionskapacitet svarende til ca. 80000 kg NO₃-N/ha.

Emneord:

grundvand; vandressourcer; geokemi; denitrifikation; gødskning; nitrogen CAS 7727-37-9

ISBN: 87-503-8805-3

ISSN:

Pris: 55,- kr. (inkl. 22% moms)

Format: AS5

Sideantal: 48 s.

Md./år for redaktionens afslutning: oktober 1990

Oplag: 500

Andre oplysninger:

Rapport fra koordinationsgruppe B for grundvand

Tryk: Notex-Grafisk Service Center as

NPo-forskning fra Miljøstyrelsen

Rapporter fra koordinationsgruppe B for grundvand

- Nr. B1 : Kemisk nitratreduktion med jern(II)forbindelser
- Nr. B2 : Nitratreduktion i moræner
- Nr. B3 : Nitratreduktion og organisk stof i grundvandsmagasiner
- Nr. B4 : Nitrat og fosfat i grundvand/drikkevand fra områder i Danmark
- Nr. B5 : Transport og omsætning af N og P i Rabis Bæks opland
- Nr. B6 : Transport og omsætning af N og P i Langvad Ås opland - 1
- Nr. B7 : Transport og omsætning af N og P i Langvad Ås opland - 2
- Nr. B8 : Nitratreduktionsprocesser i Rabis hedesletteaquifer
- Nr. B9 : 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 næringssalttransport 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

Nr. B8 er tidligere annonceret med titlen:

Processes of nitrate reduction in a sandy aquifer

Geokemiske processer i et grundvandsmagasin

Fladerne Bæks opland er et intensivt landbrugsområde, men trods dette er bækkens nitratindhold lavt. Af en udvaskning på 120 kg N/ha pr år er afstrømningen med bækken kun 3 kg N/ha pr år. Forsøg med sediment fra grundvandsreservoiret viser da også en meget høj bakteriel nitratreduktion ved en iltning af pyrit og brunkul. Derfor bliver vandet i bækken surt og har et højt jernindhold. I de øverste 12 meter af reservoiret findes en reduktionskapacitet svarende til ca. 80000 kg NO₃-N/ha.



Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

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

Pris kr. 55.- inkl. 22% moms

ISBN nr. 87-503-8805-3