

**”BASELINE-PROJEKTET”
EN VURDERING AF DEN NATURLIGE
GRUNDVANDSKVALITET**

Civilingeniør, ph.d. Claus Kjøller, Miljø & Ressourcer DTU/Rambøll
Adjunkt, ph.d. Martin Søgaard Andersen, Miljø & Ressourcer DTU
Docent, ph.d. Dieke Postma, Miljø & Ressourcer DTU
Seniorforsker Klaus Hinsby, GEUS

**ATV MØDE
GRUNDVANDSDIREKTIVET**

Radisson SAS, H.C. Andersen Hotel
27. maj 2004

RESUMÉ

Det fælleseuropæiske forskningsprojekt BASELINE har haft som overordnet målsætning at bidrage til definitionen af hvorvidt en grundvandsforekomst er i god kemisk tilstand samt bidrage til at forstå baggrundsniveauer af naturligt forekommende stoffer i europæiske grundvandsmagasiner. Den centrale del af BASELINE projektet udgøres af detaljerede studier af 25 europæiske referencegrundvandsmagasiner. En af de væsentlige konklusioner fra BASELINE projektet er, at der er behov for en koblet forståelse af den fysiske grundvandsstrømning med en forståelse af de geokemiske processer der naturligt forårsager variationer i vandkvaliteten, hvis man ønsker at kunne vurdere en grundvandsforekomsts naturlige kemiske tilstand samt naturlige såvel som menneskeligt inducerede udviklingstendenser i denne.

1. BAGGRUND

BASELINE forskningsprojektet blev sat i gang under EU's femte rammeprogram med det overordnede formål, at skabe et fælleseuropæisk, videnskabeligt grundlag for definition og vurdering af naturlig grundvandskvalitet. Projektet har i henhold til Vandrammedirektivet og Grundvandsdirektivet endvidere haft som målsætning at bidrage til definitionen af, hvorvidt en grundvandsforekomst er i god kemisk tilstand samt at bidrage til angivelse af baggrundsniveauer for naturligt forekommende stoffer i europæiske grundvandsmagasiner.



Figur 1. Placering af de oprindelige 16 referencegrundvandsmagasiner i BASELINE.

I BASELINE projektet, som er udført i perioden 2000-2003, har der deltaget grundvandsforskere fra otte EU-stater (Estland, Polen, Danmark, Belgien, Storbritannien, Frankrig, Spanien

og Portugal) samt tre af de nye EU-stater (Tjekkiet, Bulgarien og Malta) og Schweiz. Projektet har været organiseret i en række arbejdsgrupper, der med udgangspunkt i hydrogeologiske og grundvandsgeokemiske studier af 25 europæiske grundvandsmagasiner (oprindeligt 16, figur 1) har arbejdet med emner som definition af baggrundsværdier, uorganisk og organisk grundvandskvalitet, geokemisk modellering, datering, naturlige geokemiske tendenser og overvågning af naturlig grundvandskvalitet.

2. FORMÅL

De specifikke formål med BASELINE projektet har været:

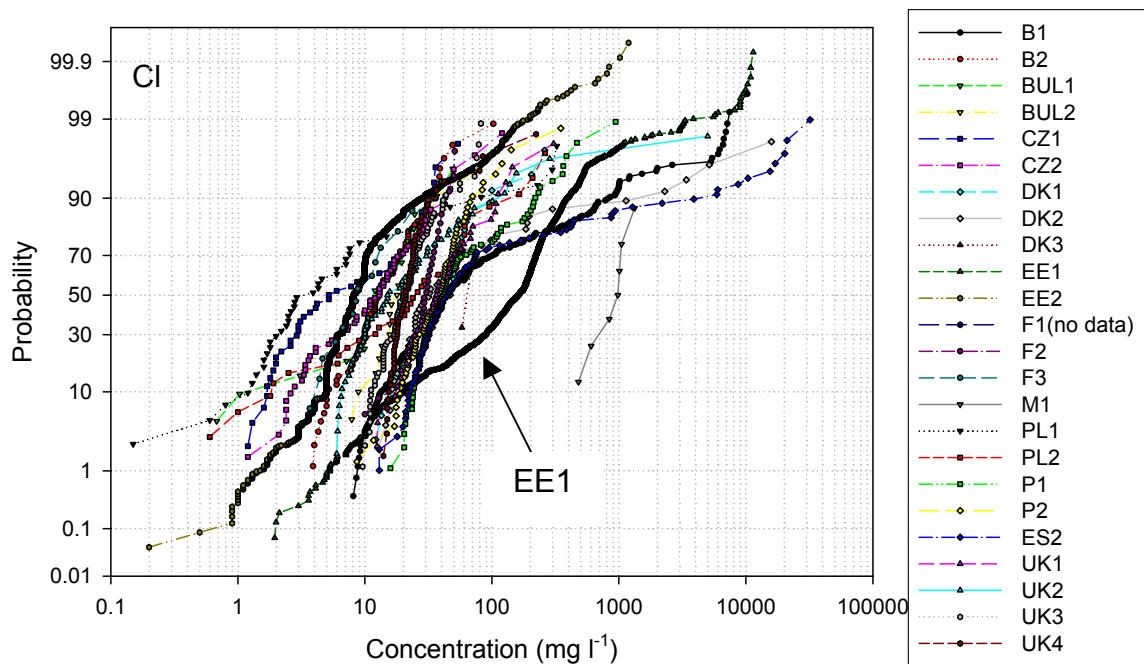
- At opstille kriterier for fastlæggelse af naturlige baggrundskoncentrationer for en lang række naturligt forekommende stoffer i grundvand, samt på baggrund af almindelige geokemiske principper at beskrive de geokemiske processer der kontrollerer indholdet af disse stoffer i grundvand.
- At gennemføre en række studier af referencegrundvandsmagasiner i Europa, som kan illustrere variationer i den naturlige grundvandskvalitet, og herigennem danne grundlag for forståelse af både udviklingstendenser i den naturlige grundvandskvalitet og hvor grænsefladen til ungt grundvand påvirket af menneskelig aktivitet findes. Det er tilstræbt at referencestudierne er baseret på en koblet forståelse af såvel den fysiske grundvandsstrømning som grundvandsgeokemiske processer.
- At beskrive udviklingstendenser i den kemiske tilstand af udvalgte referencegrundvandsmagasiner og vurdere disse i forhold til både tidligere og mulige fremtidige ændringer i den kemiske tilstand – som følge af både naturlige geokemiske processer og antropogene effekter.
- Specielt med henblik på beskyttelsen af grundvandsressourcen, at danne et videnskabeligt grundlag til brug for gennemførelse af målene i Vandrammedirektivet.

3. DEFINITION AF BAGGRUNDSVÆRDIER

Koncentrationen af et kemisk stof i en grundvandsforekomst er det kombinerede resultat af indholdet af stoffet i det infiltrerende regnvand og bidrag eller fjernelse af stoffet ved geokemiske processer i dæklag og grundvandsmagasin. Baggrundsværdien for et naturligt forekommende kemisk stof er således bl.a. afhængig af mineralogien i det betragtede grundvandsmagasin, koncentrationen af andre kemiske stoffer i grundvandet og grundvandets opholdstid i magasinet. Eksempler på dette er givet i afsnit 4-6.

Med ovenstående i erindring er det naturligt at forvente en vis variation i baggrundsværdierne for forskellige kemiske stoffer i forskellige grundvandsforekomster. Resultaterne af de detaljerede studier af de 25 referencegrundvandsmagasiner i BASELINE projektet viser da også, at naturligt forekommende koncentrationer af forskellige stoffer i grundvandsmagasiner ofte kan

variere op til flere størrelsesordener. Et eksempel på dette er vist i figur 2, som angiver den kumulative fordeling af kloridkoncentrationer i de 25 reference grundvandsmagasiner. Det ses, at kloridkoncentrationen varierer fra under 1 mg/L til mere end 10.000 mg/L i de 25 grundvandsmagasiner, og at variationen selv inden for et specifikt grundvandsmagasin kan være stor (se f.eks. kurven for det spanske grundvandsmagasin (EE1)).



Figur 2. Kumulativ frekvens af klorid koncentrationen i de 25 BASELINE referencegrundvandsmagasiner /9/.

På baggrund af de observerede variationer i baggrundsværdier for kemiske stoffer i grundvand er begrebet baggrundsværdi i BASELINE projektet defineret som:

Variationen i koncentrationer af et stof, forårsaget af bidrag fra naturlige geologiske, biologiske eller atmosfæriske kilder.

Den operative definition af baggrundsværdien for et kemisk stof i en bestemt grundvandsforekomst er medianværdien, og variationen er beskrevet ved 2,3 og 97,7 % percentilerne /9/.

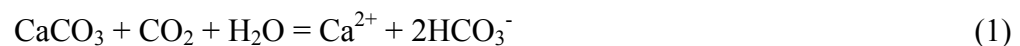
4. GRUNDVANDSFOREKOMSTER ER DYNAMISKE SYSTEMER

Geokemiske processer, der forårsager variationer i baggrundsværdier for kemiske stoffer i grundvandsmagasiner, er typisk mineralopløsning eller –udfældning, redox-processer og binding til eller frigivelse fra jordmatrixens overflade. Endvidere kan blanding - typisk af ferskt grundvand med residualt eller moderne havvand - forårsage variationer i den naturlige vandkvalitet. Disse processer tilsammen betinger den naturlige kemiske tilstand i et givent grundvandsmagasin - eller om man vil referencetilstanden. Det er dog ikke sikkert, at alle processer foregår i et givent grundvandsmagasin, og ofte er det ikke altid de samme typer af processer,

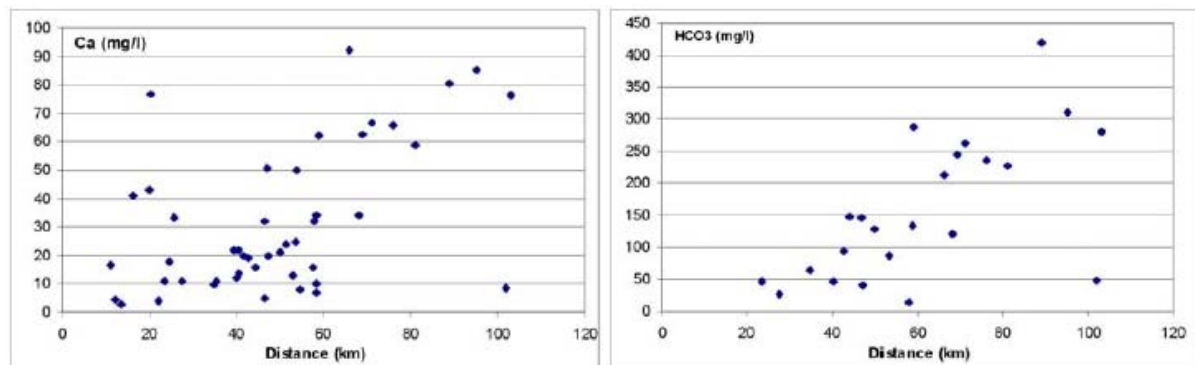
der er årsag til sammenlignelige koncentrationer af givne stoffer mellem forskellige grundvandsmagasiner. Det er derfor vigtigt, at de opstillede baggrundsværdier i et grundvandsmagasin følges af en beskrivelse af de mulige grundvandskemiske processer, der forårsager disse baggrundsværdier. De identificerede dominerende naturlige geokemiske processer i de 25 BASELINE referencegrundvandsmagasiner er: Karbonatopløsning (aragonit, kalcit og dolomit), silikatforvitring, pyritoxidation, organisk stof mineralisering, sulfatreduktion, ionbytning/sorption og blanding af ferskt og salt grundvand.

Ofte forløber de geokemiske processer hurtigt i forhold til grundvandets strømningshastighed, hvilket resulterer i, at der dannes kemiske fronter i grundvandsmagasinerne. Som regel sker der dramatiske skift i stofkoncentrationen henover sådanne fronter.

Et eksempel på udviklingen af en geokemisk front ses i det Neogene grundvandsmagasin i Belgien (figur 3). Figuren viser udviklingen i koncentrationen af calcium og bikarbonat langs en strømlinie i grundvandsmagasinet. I de opstrøms 40 km af magasinet ses lave koncentrationer af både calcium og bikarbonat, med undtagelse af et par afvigende målinger for calcium. Cirka 40 km nedstrøms i grundvandsmagasinet stiger calcium koncentrationen til mellem 60 og 80 mg/L mens bikarbonatkoncentrationen stiger til omkring 250 mg/L. Forklaringen på dannelsen af denne geokemiske front er kalkopløsning:



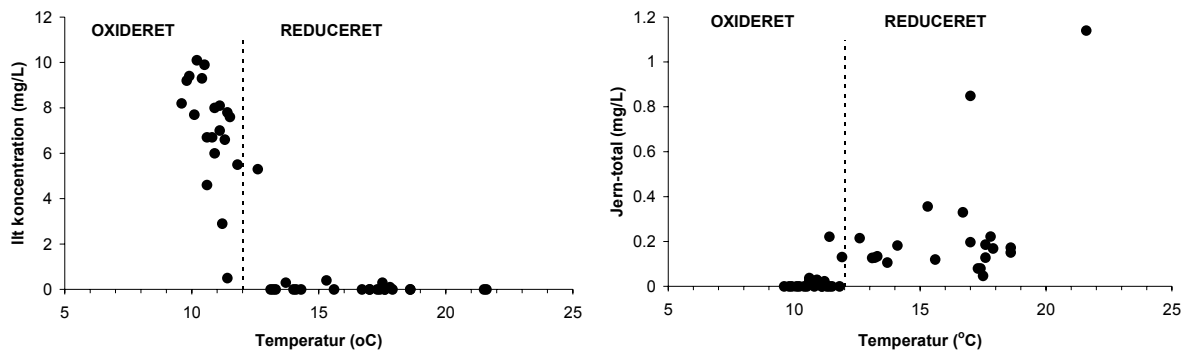
Det Neogene grundvandsmagasin er da også frit for karbonatminerale i den opstrøms ende, mens der findes karbonat i den del af magasinet, der er beliggende nedstrøms den observerede front.



Figur 3. Koncentrationer af calcium og bikarbonat langs en strømlinie i det Neogene grundvandsmagasin (Belgien) /9/. "Distance" i figuren refererer til afstanden fra grundvandsskellet.

Et andet eksempel på dannelsen af geokemiske fronter er dannelsen af redoxfronter. I figur 4 er vist koncentrationen af opløst ilt og jern som funktion af grundvandstemperaturen (i dette tilfælde proportionalt med afstanden til området, hvor der sker grundvandsdannelse) for det britiske East Midland grundvandsmagasin. Som vist, bliver grundvandsmagasinet anoxisk i en nedstrøms afstand svarende til grundvandstemperaturer på ca. 12°C. Samme sted i grund-

vandsmagasinet stiger koncentrationen af jern til ca. 0,2 mg/L, hvilket indikerer, at iltfjernelsen skyldes oxidation af jernsulfider.



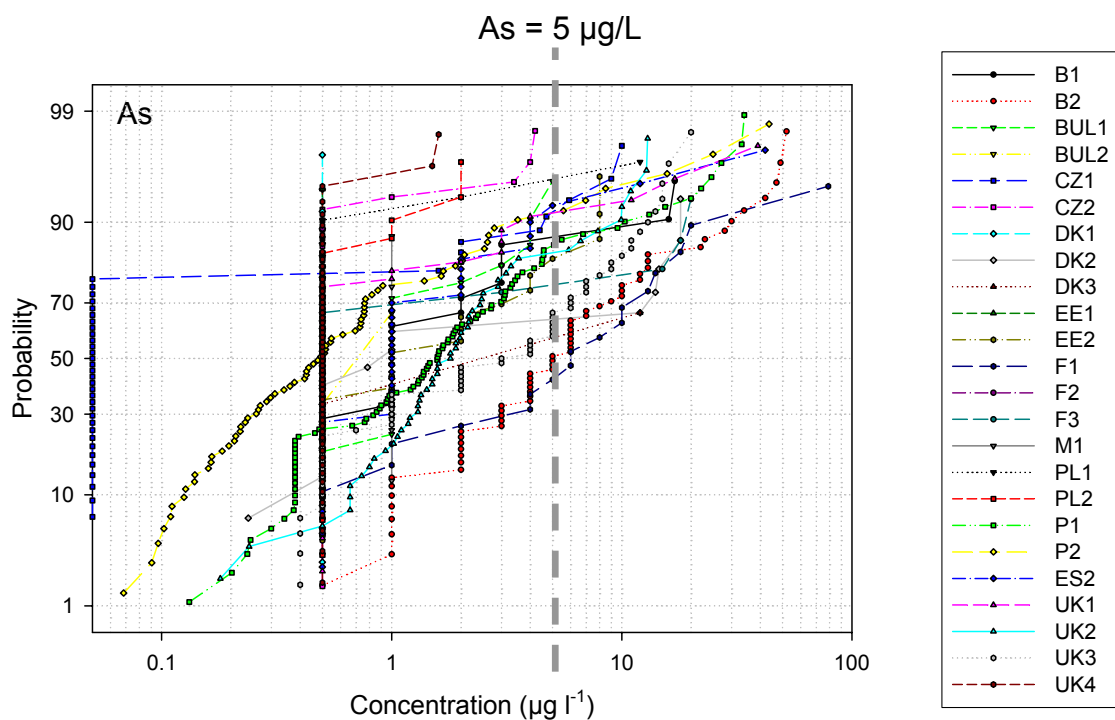
Figur 4. Ilt- og jernkoncentrationer som funktion af grundvandstemperaturen i East Midland grundvandsmagasinet (UK). I dette grundvandsmagasin stiger temperaturen proportionalt med afstanden fra grundvandsskellet (modificeret efter /1/).

Uanset hvilken geokemisk proces, der ligger til grund for dannelsen af geokemiske fronter, vil fronterne være under stadig bevægelse igennem grundvandsmagasinet. Kalkudvaskningsfronten flytter sig efterhånden som kalken bruges op og redoxfronter flytter sig, når elektron-donorerne (såsom pyrit og organisk stof) er opbrugt. En grundvandsforekomst er således et dynamisk system under stadig udvikling, hvilket bør tages i betragtning når den naturlige grundvandskvalitet for en given grundvandsforekomst skal vurderes.

5. TÆRSKELVÆRDIER OG NATURLIGE GEOKEMISKE PROCESSER

I det foreliggende udkast til Grundvandsdirektivet (artikel 4) angives det, at medlemsstaterne senest den 22. december 2005 skal opstille tærskelværdier for forurenende stoffer, der bidrager til at karakterisere en grundvandsforekomst som truet. Resultaterne fra BASELINE projektet viser, at afhængigt af valget af disse tærskelværdier, kan man i visse tilfælde risikere, at tærskelværdier overskrides udelukkende på grund af naturligt forekommende geokemiske processer.

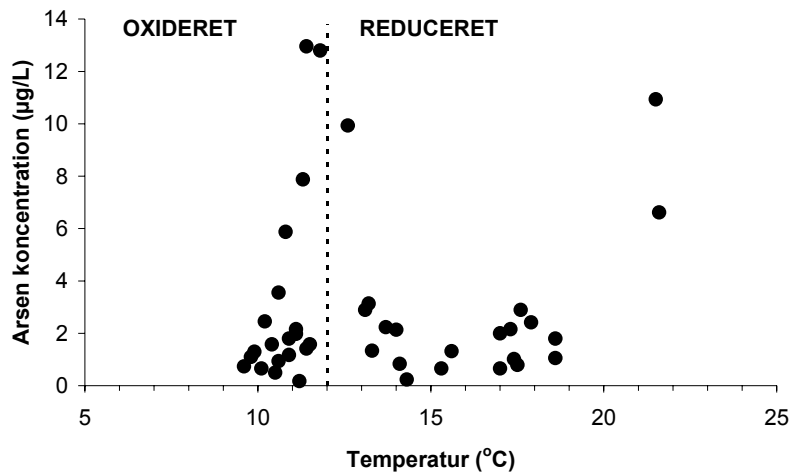
Figur 5 viser den kumulative fordeling af arsenkoncentrationer i de 25 referencegrundvandsmagasiner fra BASELINE projektet. Antager man arbitrært, at tærskelværdien for arsen bliver sat til den nye danske grænseværdi ved afgang fra vandværk på 5 µg/L, ses det af figur 5, at man i de fleste af BASELINE grundvandsmagasinerne vil have problemer med overskridelse af tærskelværdien et eller flere steder i grundvandsmagasinet.



Figur 5. Kumulativ fordeling af arsenkoncentrationer i samtlige 25 referencegrundvandsmagasiner /9/.

En forståelse af de grundlæggende geokemiske processer, der forårsager høje koncentrationer af de ”forurenende” stoffer, kan bidrage både til fastsættelse af tærskelværdier, men også til at vurdere om man i en given grundvandsforekomst vil kunne forvente stigninger i koncentrationen af sådanne stoffer. Den grundlæggende geokemiske forståelse vil også danne grundlag for en vurdering af, hvorvidt sådanne stigninger vil være varige eller vil kunne aftage inden for en kortere periode.

Et eksempel på dette er givet ved udviklingen i arsenkoncentrationen i East Midland grundvandsmagasinet. Af figur 6 ses, at man ved grundvandstemperaturer på 10-12°C, svarende til stedet hvor grundvandsmagasinet bliver reduceret, kan observere en koncentrationstop for arsen med koncentrationer på op til 13 µg/L. En mulig forklaring på denne top er, at arsen - bundet i sulfidminerale - ved oxidation bliver frigivet til vandfasen i dette område og efterfølgende i den reducerede del af magasinet bliver bundet igen til sedimentet ved sorption. En anden mulig mekanisme er, at arsentoppen dannes som følge af pH-afhængig adsorption, idet der ved overgangen fra oxideret til reduceret miljø kan konstateres et fald i grundvandets pH-værdi /1/. Dette er analogt til, hvad vi ved om tungmetalmobilisering i forurede danske grundvandsmagasiner /2/. Uanset den egentlige frigivelsesmekanisme er det dog tydeligt, at arsentoppen er koblet til beliggenheden af redoxfronten, og at en forståelse af dennes fremtidige udvikling vil bidrage til vurderingen af mulige udviklingstendenser i arsenkoncentrationen i East Midland grundvandsmagasinet.



Figur 6. Arsenkoncentrationen som funktion af grundvandstemperaturen i East Midland grundvandsmagasinet (UK). I dette grundvandsmagasin stiger temperaturen proportionalt med afstanden fra grundvandsskellet (modificeret efter /9/).

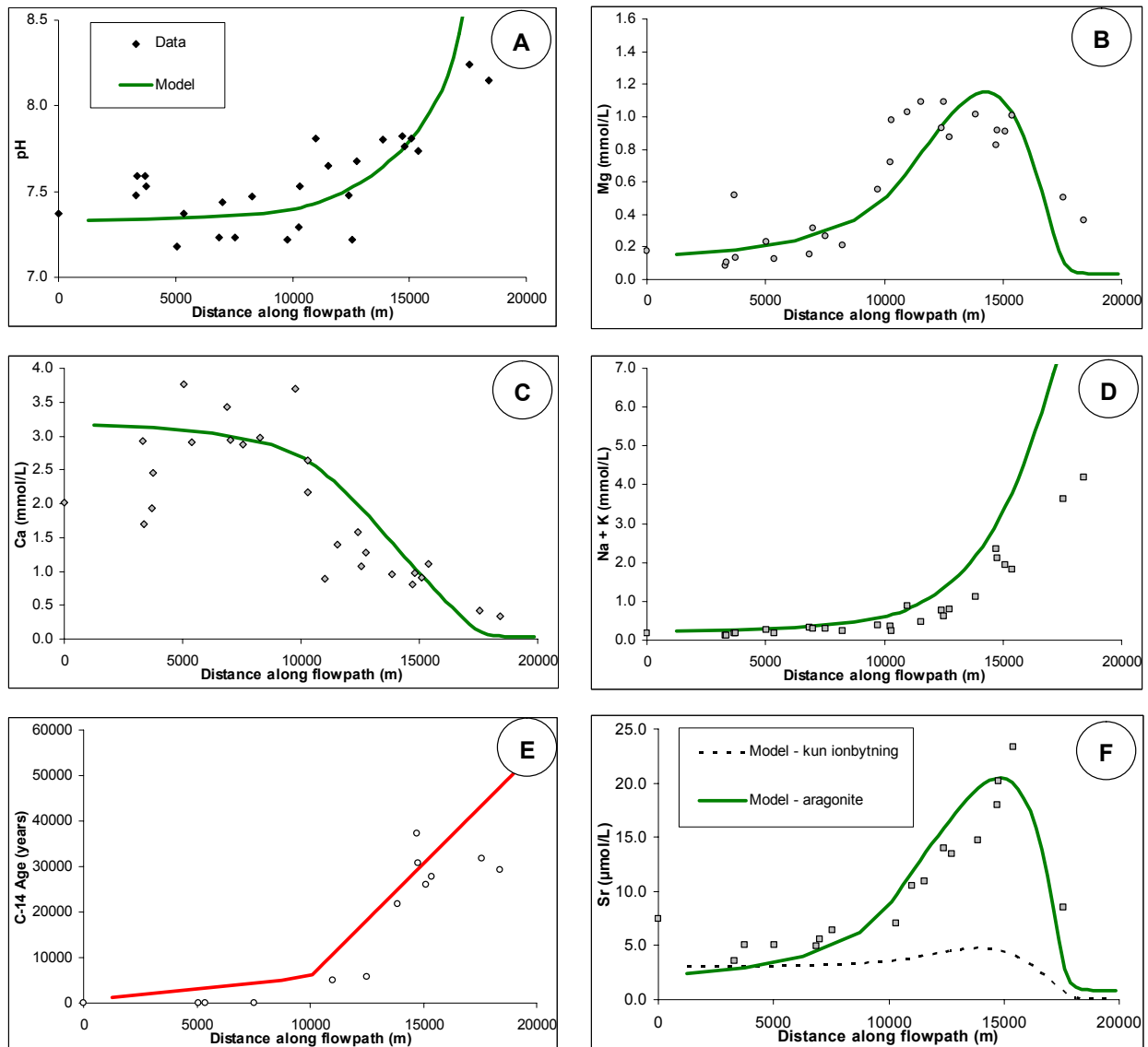
6. TIDSRAMMEN EN VÆSENTLIG PARAMETER

Kombinationen af datering af grundvandet og geokemisk modellering er sammen med en god forståelse af det fysiske flowsystem kernen til at forstå udviklingstendenser i vandkvaliteten i en grundvandsforekomst.

Kombinationen af datering med geokemisk modellering kan illustreres med et eksempel fra det franske Valreas grundvandsmagasin (figur 7). Dette grundvandsmagasin er umiddelbart et klassisk eksempel på et tidligere salt grundvandsmagasin, der siden hen er blevet ferskt af infiltrerende regnvand. De dominerende geokemiske processer i grundvandsmagasinet er karbonatopløsning og ionbytning, resulterende i en sekvens af vandtyper gående fra Ca-HCO_3 vand i den opstrøms ende af magasinet over Mg-HCO_3 til Na-HCO_3 vand i den nedstrøms ende af grundvandsmagasinet (figur 7A-D). Det specielle ved Valreas magasinet er imidlertid, at strømningshastigheden under naturlige forhold falder med en faktor 10 omtrent halvvejs i magasinet. Dette skift i den naturlige grundvandsstrømningshastighed kan erkendes ud fra de målte C-14 aldre af grundvandet i magasinet, idet der omkring 10 km nedstrøms i magasinet sker et skift i fordelingen af C-14 aldre på grund af den ændrede naturlige grundvandsstrømning (figur 7E). Anvendes denne viden i den geokemiske model, kan man, under antagelse af at de dominerende processer i magasinet er karbonatopløsning og ionbytning, opnå en særdeles god beskrivelse af udviklingen i den naturlige vandkemi i magasinet. Havde man ikke haft den opnåede viden fra C-14 dateringerne, ville det ikke være muligt at opstille en realistisk geokemisk model for dette grundvandsmagasin. C-14 dateringer og andre isotoper og miljøtracere kan desuden anvendes til at dokumentere og kortlægge grundvandsmagasiner med naturlig vandkvalitet eller modsat at dokumentere antropogen påvirkning af grundvandsmagasinet /7/.

Har man først en geokemisk model, der beskriver udviklingen i den overordnede kemi i et grundvandsmagasin, kan denne benyttes til at vurdere hvilke processer, der kan være kontrol-

lerende for forekomsten af andre kemiske stoffer i grundvandsmagasinet. I Valreas magasinet ses f.eks. en stigning i strontiumkoncentrationen i den nedstrøms ende af magasinet (figur 7F). Der er to mulige geokemiske processer, der kan forårsage denne stigning. Enten stammer det observerede strontium fra havvandet, der tidligere har været til stede i magasinet eller også frigives strontium som følge af rekrystallisering af karbonatmineralet aragonit til det mere stabile kalcit /3/. Som det ses af figur 7F, må det ud fra den geokemiske modellering antages, at det sidste er tilfældet.

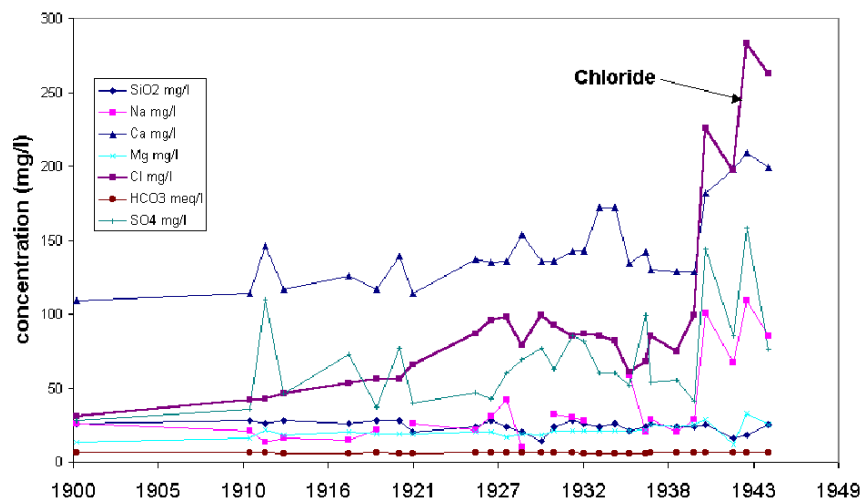


Figur 7. Observeret og modelleret grundvandskemi langs en strømningbane i Valreas grundvandsmagasinet (F) (se tekst for yderligere forklaring) /9/.

Den geokemiske model kan endvidere benyttes til at vurdere tidsrammen for ændringer i koncentrationer af givne stoffer. På grundlag af den opstillede geokemiske model for Valreas magasinet kan en stigning i calciumkoncentrationen på 40 mg/L et vilkårligt sted i den ned-

strøms ende af magasinet beregnes til at tage omkring 1000 år. At processerne i Valreas magasinet foregår over så lange tidsrum hænger sammen med, at det er et stort regionalt grundvandsmagasin med lange opholdstider (se f.eks. figur 7E). For mindre grundvandforekomster, såsom sekundære kvartære grundvandsmagasiner, med lavere opholdstider for grundvandet, vil processerne ofte forløbe over meget kortere tidsrum.

I visse tilfælde kan stigninger i stofkoncentrationer foregå så hurtigt, at man ikke kan nå at registrere disse som opadgående tendenser og derfor ikke kan træffe de nødvendige foranstaltninger for at vende disse før det er for sent. Dette kan f.eks. være ved optrængning af saltvand gennem sprækker i opsprækkede bjergarter, som illustreret for den gamle Carlsberg boring (DGU Nr. 201.27g) i figur 8. I denne boring kunne man fra 1940-1943 konstatere en stigning i kloridkoncentrationen fra 100 mg/L til 300 mg/L forårsaget af vandindvinding og optrængning af salt vand gennem Carlsberg forkastningen.



Figur 8. Udviklingen i koncentrationen af kemiske hovedkomponenter som funktion af tiden i Carlsberg boringen (DGU NR. 201.27g) /9/.

Vandindvinding kan således være medvirkende til indirekte at skabe en ”forureningssituation” med naturligt forekommende stoffer i et grundvandsmagasin. Hvorvidt dette er tilfældet afhænger ofte af forholdet mellem den oppumpede vandmængde og den totale vandmængde, der er tilstede i den betragtede grundvandsforekomst. I Valreas magasinet har der således siden 1950’erne været oppumpet store vandmængder til brug for overrisling af vinmarker beliggende i den nedstrøms ende af grundvandsmagasinet. Denne oppumpning er årsag til, at der i den nuværende situation er mere eller mindre konstante flowhastigheder i grundvandsmagasinet. På trods heraf indikerer både dateringerne og den geokemiske modellering, at de naturlige geokemiske processer i grundvandsmagasinet ikke er påvirket væsentligt af denne oppumpning. Dette skyldes at den tilgængelige vandressource i Valreas grundvandsmagasin er størrelsesordenen større end den hidtil oppumpede vandmængde.

Udover vandindvinding kan anden menneskelig aktivitet også bidrage til acceleration af naturlige grundvandskemiske processer, såsom en forøget grundvandsforsuring forårsaget af sur regn /4/ eller en forøget transport af redoxfronter via en forøgelse af elektrondonorer i grundvandet – hovedsageligt i form af nitrat (se f.eks. /5/).

7. BASELINE UNDERSØGELSER I DANSKE GRUNDVANDSMAGASINER

De tre væsentligste magasintyper i Danmark: Pleistocæne sandmagasiner, Miocæne sandmagasiner og Palæocæne kalkmagasiner blev undersøgt i BASELINE-projektet, hhv. på Fyn, i Sønderjylland og omkring København. Resultaterne fra undersøgelserne er foreløbigt beskrevet i tre rapporter til EU, som alle kan læses på Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelses hjemmeside (<http://www.geus.dk/vand-og-data/vd-dk.htm>). Resultaterne fra undersøgelserne viser, at det Miocæne sand i Sønderjylland generelt ikke er påvirket af menneskelige aktiviteter /7/, og at det dermed kan anvendes til at vurdere naturlige baggrundsværdier for dette grundvandsmagasin, og i et vist omfang også for Pleistocæne sandmagasiner herover. Grundvandsmagasinet er dybtliggende og relativt velbeskyttet og indeholder grundvand, som i det undersøgte område er dateret til at være flere tusind år gammelt ved hjælp af C-14 metoden /6/.

Undersøgelserne i de to andre typer af grundvandsmagasiner, Pleistocænt sand og Paleocæn kalk, illustrerer nogle eksempler på ændringer i vandkvaliteten som følge af naturlige geokemiske processer, der er fremprovokeret af menneskelig aktivitet. I begge tilfælde er det sænkning af vandspejlet, som følge af vandindvinding, der er den egentlige årsag til de opståede vandkvalitetsproblemer /8/. Undersøgelserne demonstrerer, at grundvandskvaliteten ikke blot kan trues af forurening i det infiltrerende vand (f.eks. med pesticider og nitrat), men også fra processer i grundvandsmagasinet selv (f.eks. nikkelfrigivelse og arsenfrigivelse fra redoxreaktioner, saltvandsoptrængning samt opløsning af karbonatminerale (giver øget "hårdhed")). Alle disse naturlige processer kan medføre lukning eller omlægning af vandindvindinger.

Endelig er undersøgelsen på Fyn en af de eneste undersøgelser i BASELINE projektet, der også inkluderer en evaluering af interaktionen mellem grundvand og overfladevand, hvilket er af betydning for den integrerede forvaltning af vandressourcen, som beskrevet i Vandrammedirektivet. Undersøgelsen illustrerer blandt andet, hvordan udvaskning af næringsstofferne nitrat og fosfor giver problemer med vandkvaliteten i overfladevandet (Odense Å), selv om næringsstofferne i de målte koncentrationer generelt ikke medfører betydelige problemer for grundvand og vandforsyning på Fyn /8/.

8. PROCESKARAKTERISERING ER VIGTIG

På baggrund af resultaterne fra BASELINE projektet kan det sammenfattende siges, at en grundlæggende viden om de hydrologiske og geokemiske processer, der foregår i et bestemt grundvandsmagasin, er en forudsætning dels for at kunne vurdere variationer i koncentrationer af naturligt forekommende stoffer, og dels for at kunne beskrive fremtidige udviklingstendenser i den kemiske tilstand i magasinet. Den naturlige grundvandskemi og interaktionen med bjergarterne i grundvandsmagasinet kontrollerer ofte også betingelserne for transport og nedbrydning af miljøfremmede stoffer i grundvandsmagasinerne.

Hvis man ønsker at kunne beskrive de naturligt betingede udviklingstendenser er det vigtigt, at den kommende basisanalyse og den efterfølgende videregående karakterisering af grundvandsforekomster, i forbindelse med Vandrammedirektivet, bliver udført med resultaterne fra

BASELINE projektet i baghovedet. I konklusionerne fra BASELINE projektet angives det således bl.a., at der er behov for en koblet forståelse af den fysiske grundvandsstrømning med en forståelse af de geokemiske processer, hvis man ønsker at kunne vurdere en grundvandsførekoms naturlige kemiske tilstand samt naturlige såvel som menneskeligt inducerede udviklingstendenser i denne. Det er i mange tilfælde sandsynligt, at man med det foreliggende datamateriale ikke kan opnå en tilpas detaljeret forståelse og derfor i det videre forløb målrettet må indsamle supplerende viden.

9. REFERENCER

- /1/ Smedley, P. L. og Edmunds, W. M. 2002. Redox Patterns and Trace-Element Behavior in the East Midland Triassic Sandstone Aquifer, U.K. *Ground Water*, 40, p. 44-58.
- /2/ Kjølter, C., Larsen, F. og Postma, D. 2003. Skovrejsning og grundvandskvalitet i Vestjylland. *Vand & Jord*, nr. 2, 10. årgang, p. 44-47.
- /3/ Appelo, C.A.J.. og Postma, D. 1993. *Geochemistry, groundwater and pollution*. A.A.Balkema, Rotterdam.
- /4/ Hansen B.K. and Postma, D. 1995. Acidification, Buffering, and Salt Effects in the Unsaturated Zone of a Sandy Aquifer. *Water Resour. Res.*, 31, p. 2795-2809.
- /5/ Postma, D., Boesen, C., Kristiansen, H. og Larsen, F. 1991. Nitrate reduction in an unconfined sandy aquifer: Water chemistry, reduction, processes, and geochemical modeling. *Water Resour. Res.*, 27, p. 2027-2045.
- /6/ Hinsby, K., Harrar, W.G., Nyegaard, P., Konradi, P., Rasmussen, E.S., Bidstrup, T., Gregersen, U. & Boaretto, E. 2001. The Ribe Formation in western Denmark: Holocene and Pleistocene groundwaters in a coastal Miocene sand aquifer. In: Edmunds and Milne (Eds.): *Palaeowaters in Coastal Europe: evolution of groundwater since the late Pleistocene*. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 189, p. 29-48.
- /7/ Hinsby, K.; Edmunds, W.M.; Loosli, H.H; Manzano, M.; Melo, M.T.C. & Barbecot, F. 2001. The modern water interface: recognition, protection and development - Advance of modern waters in European coastal aquifer systems. In: Edmunds and Milne (Eds.): *Palaeowaters in Coastal Europe: evolution of groundwater since the late Pleistocene*. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 189, p. 271-288.
- /8/ Vand og Data nr. 2. 2003. (<http://www.geus.dk/vand-og-data/vd-dk.htm>).
- /9/ Samlet rapport for hele Baseline projektet. 2003. Rapporten kan erhverves elektronisk i pdf format ved henvendelse til forfatterne (fx: clak@ramboll.dk eller khi@geus.dk).

