

BÆREDYGTIG VANDINDVINDING -
NU OGSÅ UDEN NIKKEL

Henrik Aktor
AKTOR innovation

ATV MØDE
GRUNDVANDSDIREKTIVET

H.C.ANDERSEN HOTEL, ODENSE
27. maj 2004

DISCLAIMER

I denne artikel indgår data fra Københavns Energi, Københavns Amt og Roskilde Amt som velvilligt er udlånt og stillet til rådighed. Disse virksomheder/myndigheder har ikke været inddraget i databehandlingen og kan ikke tages til indtægt for de synspunkter der udtrykkes i denne artikel.

FORMÅL

Det der skubbede dette indlæg i gang var et indslag på landsdækkende TV (*DRI TV Avisen d. 23/01/04*), hvor Miljøstyrelsen (med små forbehold) meldte ud, at blot man sørger for at forhindre den såkaldte barometerånding i boringerne til kalkmagasinet vil nikkelproblemet i Hovedstadsområdet stort set være løst /ref. 1/. Der blev anslået meget optimistiske toner omkring rækkevidden og betydningen af de enkle forslag i projektet og vandforsyningerne var selvfølgelig begejstrede. Imidlertid har jeg en række indvendinger mod det faglige indhold i projektet. Jeg har indset, at Miljøstyrelsen og projektgruppens må have overset de andre forhold som er af afgørende betydning for vandforsyningen i Hovedstadsområdet. Det handler denne artikel om.

BÆREDYGTIG UDNYTTELSE AF VANDRESSOURCEN

Når bæredygtigheden skal defineres

Det har længe stået bøjet i neon, at forholdet mellem vandforbrug og grundvandsressourcer af høj kvalitet i Hovedstadsområdet er ude af balance. Dette til trods for en intensiv indsats for at formindske vandforbrug, ledningstab, oprydning af forurenede lokaliteter, anvendelse af sekunda vand osv.

Når vandforsyningssituationen i Hovedstadsområdet diskuteres – så burde det være denne delikate balance der blev diskuteret. Et af de problemer der knytter sig til den manglende balance er nikkelproblemet – en ganske unik situation som næppe er kendt i tilsvarende regionale udstrækning andre steder i Europa. Imidlertid har et polemisk præg i de senere år bredt sig ud over den efterhånden 15 år gamle faglige diskussion om årsag og virkning bag nikkelproblemerne for vandforsyninger i Køge Bugt området. Fokus er flyttet fra den ubalancerede lokale overudnyttelse af grundvandsressourcen til mere eller mindre fortænkte tekniske løsninger.

Overskriften ”*bæredygtig vandindvinding*” anvendes meget fleksibelt til at retfærdiggøre driften af overdimensionerede indvindingsanlæg, men ikke altid med blik for den overordnede situation. Påstanden er, at det ikke er *bæredygtigt* at indvinde godt grundvand ude under Sjællands vandløb og importere det til København. Hovedstaden skal ikke eksportere sine problemer og forarme naturen hos sagesløse borgere andre steder på Sjælland.

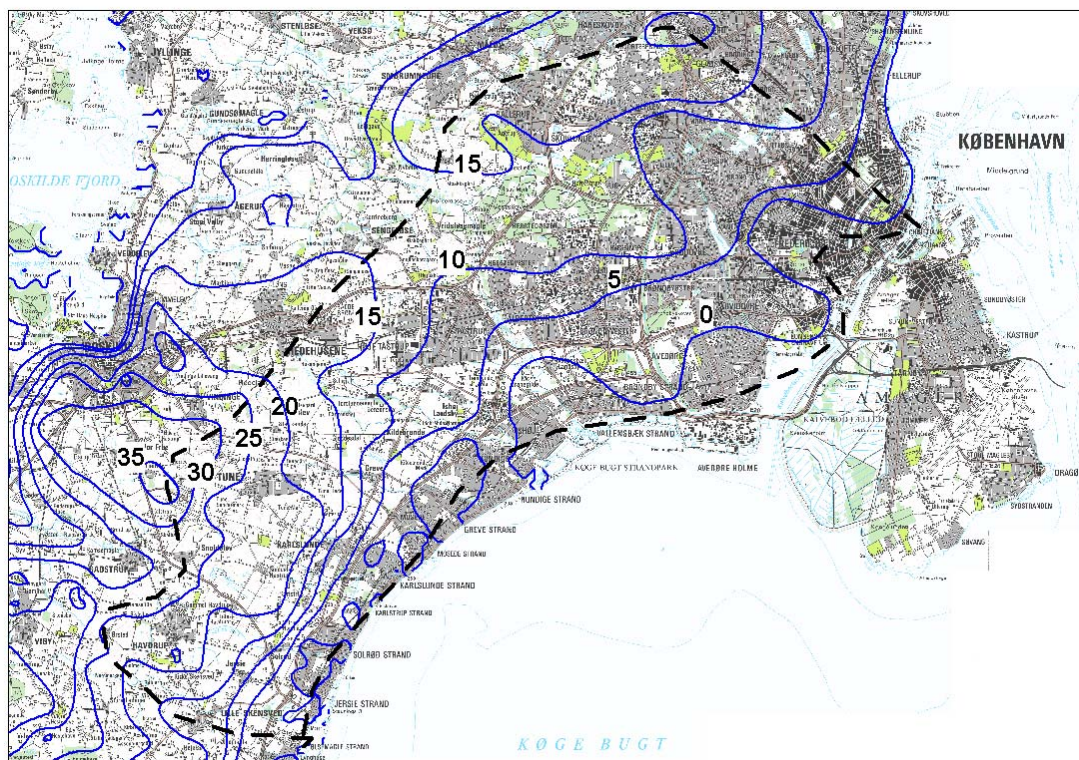
Blandt Hovedstadsrådets mange aktører fra enkeltindvindinger, private, offentlige og regionale vandforsyninger til amter, HUR, naturfredningsforeninger, industri og landmænd findes formentlig mange og modstridende meninger om hvor balancepunktet befinder sig. Der præsenteres mange formuleringer af bæredygtig vandindvinding på alle skalaer fra FN til den

enkelte kommune i Danmark. Internationalt ønsker man at kunne finde frem til sådanne balancer selvom de lokale forudsætninger varierer kolossalt.

Vi kan jo ty til EU Kommissionens opfølgning af vandrammedirektivet ”Prissætning for og bæredygtig forvaltning af vandressourcer”. Her opfordres til at anvende prissætning og afgifter for at tilskynde brugerne til at anvende vandressourcerne på en mere bæredygtig måde...../ref. 3/. Den igangværende diskussion om vandprisen i Hovedstadsområdet og i det hele taget balancen mellem vandrensning og forurening kommer i et interessant perspektiv med denne politik. Hvordan kan man gennemføre en økonomisk optimering på et område, hvor man opfordres til at anvende prisstigninger for at beskytte ressourcen ??

Jeg er fuldt og fast overbevist om at vandindvindingen i Hovedstadsområdet kræver en masterplan – Vandplan Sjælland er en rigtig god ide. Og hvis ikke man er i stand til at overbevise aktørerne i vores egen Hovedstad om at vandindvindingen skal afbalanceres med en række andre hensyn, så tror da pokker om at sende såkaldte eksperter fra Danmark ud i den store verden for at fortælle dem hvordan de skal gøre (bare ikke som hjemme hos os ???)

Udnyttelse af vandressourcen i Køge bugt området



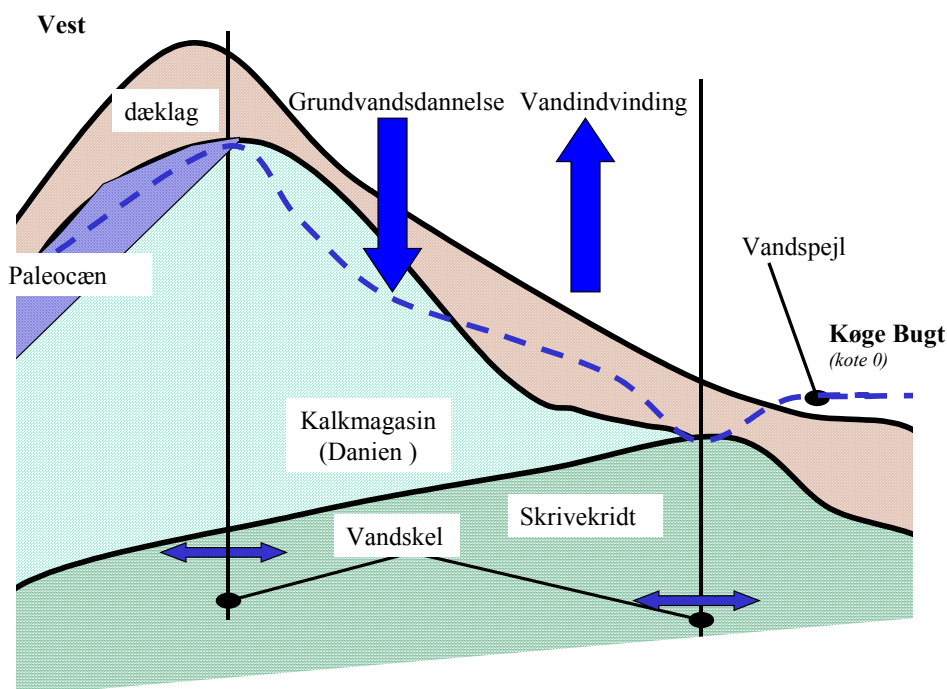
Figur 1. Potentialeforhold (fuldt optrukne linier) og grundvandsskel (stiplet linie)

På Figur 1 har jeg ved Hovedstaden afgrænset et område med stiplet linie (ca. 390 km²); her var der en grundvandsindvinding på ca. 31 mio. m³ i 1999. De fuldt optrukne kurver viser trykniveauet i det primære kalkmagasin (Skrivekridt, Danienkalk og Grønsandskalk), hvorfra langt hovedparten af grundvandet indvindes.

Området er afgrænset på grundlag af trykniveaukurverne (med stiplede linie), således at grænsen er trukket ved "naturlige" vandskel jf. Figur 2, der viser en simpel hydrogeologisk model for jordlagene fra vandskellet mod Roskilde fjord (vest) ud mod Køge Bugt kysten.

Det er meget væsentligt, at trykniveauet i kalkmagasinet kommer under kote 0 på vej mod kysten. Der er netop dette fænomen, der skaber det kystnære vandskel og dermed lukker problemområdet for afstrømning af fersk grundvand mod havet – der kan ikke være strømning med en vandret trykgradient. Denne situation er samtidigt betinget af tilstedeværelsen af Skrivekridtet, der med lav permeabilitet virker som en hydraulisk barriere langs stort set hele Køge Bugt. Skrivekridtet har faktisk beskyttet den tilbageværende grundvandsressource mod saltvandsindtrængning, da der faktisk er en indadrettet trykgradient fra hav mod land.

I Køge Bugt området er der stort set ingen grundvandsbetinget afstrømning gennem vandløb (baseflow) bortset fra oppumpet grundvand fra afværgeanlæg. Dette betyder, at alt grundvand der infiltrerer til det primære magasin indenfor området rent faktisk oppumpes inden det når et vandløb eller havet og der er ikke yderligere ferskvandsressourcer til rådighed bortset fra sekundære magasiner eller overfladevand. Dette svarer til, at indvindingen i det primære magasin er på ca. 80 mm pr. år, som gennemsnit for området baseret på 1999 data.



Figur 2. En simpel model for den hydrogeologiske situation i Køge Bugt området. Grundvandsdannelse til og vandindvinding i det primære magasin balancerer hinanden indenfor vandskellet.

Konsekvensen af overudnyttelsen af det ferske grundvand

Nu er indvindingen af grundvand i området blevet reduceret en del i de sidste 10 – 15 år på grund af vandbesparelser og forurening. På trods af de mulige stagnerende eller svagt stigende positive tendenser, så er grundvandsspejlet – set i et historisk perspektiv – i området faldet med 5 – 10 meter i de sidste 100 år.

Det er ikke i overensstemmelse med de overordnede strømningsforhold for grundvandet at konkludere, at det er muligt at finde nye bæredygtig ressourcer i området, som kan danne grundlag for en vandindvinding. Det er der ellers en del modeller og projekter, der har forsøgt at overbevise om. Det betyder ikke, at det er umuligt at indvinde den nuværende mængde af grundvand, men derimod at det ikke er muligt at indvinde fersk grundvand i de mængder. Det er samtidigt en vigtig pointe, at de hydrologiske begrænsninger ikke giver soleklare indikationer på, hvornår grænsen for bæredygtighed er overskredet. Man er nødt til ud fra andre kriterier – vandføring i åer, grundvandskvalitet, dræning osv. – at beslutte hvor det bæredygtige niveau ligger.

Overudnyttelsen af grundvandsressourcen har negativ konsekvens for vigtige indikatorer af den bæredygtige forvaltning af vandressourcerne, her blot nogle eksempler:

1. Forarmelse af den del af det økosystem der er baseret på overfladevand.
2. Grundvandets beskyttelse overfor nedsivende forurening og indtrængende saltvand er kraftigt reduceret.
3. Den tekniske vandkvalitet er forringet.
4. Grundvandets indhold af nikkel er forøget – nogle steder til over gældende grænseværdi (20 µg/l)

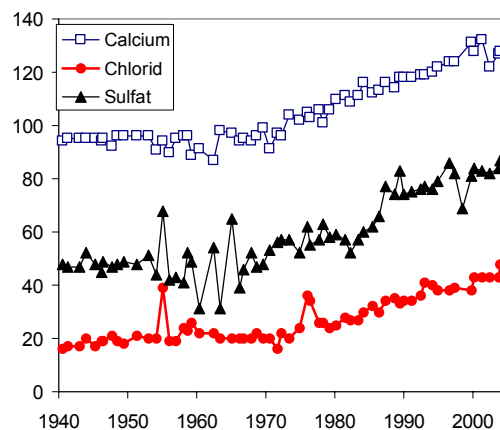
Punkt 4 er jo det centrale emne for denne artikel og jeg har allerede ovenfor berørt punkt 1 men lad mig kort diskutere punkt 2 og 3.

Grundvandets beskyttelse er et af de centrale elementer i vandrammedirektivet. Den største grundvandsdannelse indenfor Køge Bugt området sker længst inde i landet, hvor der også foregår en kraftig råstofudnyttelse (bl.a. Hedeland og Vor Frue). Kombinationen af råstof-indvinding ned til grundvandsspejlet, ringe dæklagstykkelse, opsprækket reservoirbjergart og stedvis frit vandspejl indenfor hele Køge Bugt området gør vandindvindingen meget sårbar overfor nedsivende forurening. Det er i stort omfang muligt at forebygge forurening ved indgreb ved kilden, men effekten af landbrug, nedsivningsanlæg, utætte kloaker gør beskyttelsen af grundvandet vanskelig. Det er værd at bemærke, at netop den kraftige udnyttelse har ført til store område med frit vandspejl, som repræsenterer den dårligst mulige *naturlige* beskyttelse af grundvandsressourcen /ref. 4/.

En anden effekt af overudnyttelsen af grundvandsressourcen er det stærkt forøgede indhold af salte i grundvandet. Det ferske grundvand forsvinder efterhånden som det presses som en citron fra oven og ned. Det betyder, at det unge grundvands hårdhed og indhold af sulfat stiger (som følge af pyritoxidation) og gennemsnitligt vil også indholdet af klorid og fluorid stige efterhånden som de ferske vandtyper indvindes hurtigere end de dannes. Resultatet er overordnet, at grundvandets indhold af opløste stoffer forøges og drikkevandets tekniske

anvendelighed formindskes. Effekten er store samfundsmæssige omkostninger til blødgøring, kompleksbindere i sæbe og vaskepulver (fosfater), forøget energitab i varmevekslere og korrosionsskader på husinstallationer. Disse omkostninger overstiger formentlig den egentlige vandpris med en væsentlig margin, men er overraskende nok endnu ikke vurderet for danske forhold. Det er imidlertid et faktum for de rådgivende ingeniører, der projekter VVS installationer i Hovedstadsområdet, at det ikke længere er muligt at anvende kobberør eller varmforzinket stål – selv rustfrit stål er nogle steder tvivlsomt.

Det er hydrogeologien der styrer denne udvikling – eller rettere geokemi i sammenhæng med transport processerne for vand i underjorden. Overgangen fra fersk grundvandstype (der nærmest kan beskrives som kildevand) til en moderne saltpåvirket grundvandstype kan illustreres med udviklingen i vandkvaliteten ved Solhøj kildeplads. Her har der siden 1920 har været en betydningsfuld indvinding (3 – 6 mio. m³ årligt) og man har et godt datagrundlag i form af regelmæssig kvalitetskontrol siden 1940 (se Figur 3).



Figur 3. Udviklingen i vandkemi på Solhøj Kildeplads 1940 - 2004

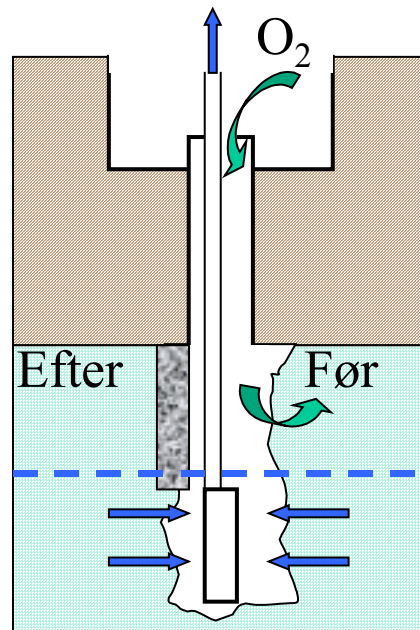
MILJØSTYRELSENS BAROMETERÅNDING PROJEKT

En løsning der batter ?

Nu er jeg nået frem til det centrale i denne artikel – nemlig en kritisk holdning til det man kunne kalde for *Løsningen der batter*: Miljøstyrelsens projektet om nikkelproblemer fremkaldt af barometerånding i boreriger /ref.1/.

Der er bred enighed om, at de væsentligste problemer med nikkel i det regionale kalkmagasin, stammer fra iltning af naturligt forekommende ”pyrit” (FeS₂) eller evt. bravoit (NiCoS₂). Kort fortalt består *Løsningen der batter* af en ombygning af eksisterende vandforsyningsboringer i det regionale kalkmagasin i Køge Bugt området. Disse ældre boreriger er som regel udført som åbne kalkboringer, hvor forerøret hviler på en boresko placeret i toppen af kalkmagasinet (se Figur 4).

Når vandspejlet i kalkmagasinet pga. vandindvinding og dræning afsænkes under top af kalkmagasinet, kan der via boreriger strømme store mængder af luft ind og ud af kalkmagasinet drevet af trykvariationer i atmosfæren. Der er tale om en ret lokal effekt – formentlig begrænset til en radius på op til 100 meter fra boreriger. Ved at tætte den åbne del af boreriger i den umættede zone, samt øverste del af den mættede zone kan man undgå, at der pumpes atmosfærisk ilt ned i kalkmagasinet lige rundt om boreriger /ref. 1/.



Figur 4. Løsningen der batter handler om, at stoppe luftudvekslingen igennem borerigerne

Projektgruppen bag *Løsningen der batter* mener, at det er indenfor borerigers nærrområde, at langt den væsentligste mobilisering af nikkel foregår og, at man med det forholdsvist simple afskærmende indgreb overfor den umættede zone kan reducere udvaskningen af nikkel væsentligt.

Den faglige kritik risikerer hurtigt at blive indforstået og uinteressant for alle andre end de direkte involverede, så jeg har valgt at skære kritikken til over 3 påstande bag *løsningen der batter*:

1. Du må ikke hæve vandspejlet
2. Myten om de tætte dæklag
3. Massebalancen (går den op ?)

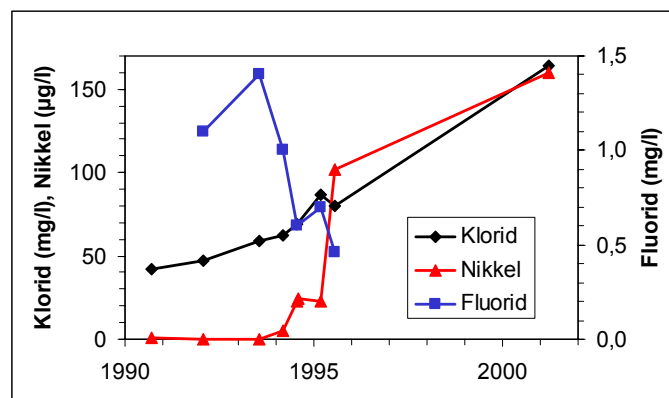
Logik for perlehøns og vandværker

Med baggrund i overudnyttelsen af grundvandsressourcen som diskuteret ovenfor ville jeg jo hævde, at man burde indvinde mindre, så grundvandspejlet hæves i de områder hvor der er opstået frit vandspejl,. Herved kan den umættede zone, hvor pyritoxidation foregår fjernes og man undgår frigivelsen af nikkel.

Men, nej må man sandelig ikke, det vil bare føre til endnu højere koncentrationer af nikkel, fordi der vil ske en dramatisk frigivelse af tilbageholdt nikkel fra sedimentet, hvis vandspejlet hæves /ref. 1/. Der ligger godt nok – ifølge projektgruppen – en desværre ukendt årsags sammenhæng bag denne observation, men som de siger: ”Man kan da godt bevise en teori empirisk” /ref. 5/ !?!

Mmh, se det er jo en interessant – argumentationen er altså at man kan kontrollere nikkelinholdet ved at holde vandspejlet nede. Men restpuljen af nikkel er der vel stadig, så den udvaskning der undgås bliver vel bare fordelt over nogle flere år. Problemet med disse observationer er at de er baseret på en meget ensidig fortolkning af de tilgængelige data. For at bevise, at en vandspejlshævning fører til en forøget frigivelse af nikkel er man nødt til at lave en massebalance af den oppumpede mængde af nikkel . En vandspejlshævning fremkaldes jo ved at reducere indvindingen, så det er helt naturligt at koncentrationen vil stige i en sådan indvindingsboring selvom kildestyrken er konstant.

I /ref.1;figur 2; side 23/, vises som *empirisk bevis*, hvorledes nikkelinholdet i en indvindingsboring DGU 207.2754 stiger dramatisk sammen med sulfat ved hævning af vandspejlet (læs reduktion af indvindingen). Imidlertid er der tale om et begrænset udsnit af den relevante kemitidsserie, som er gengivet nedenfor (Figur 5). Det fremgår at ændringen i boringens nikkelinhold netop er korreleret til et tilsvarende fald i indholdet af fluorid – en effekt som udelukkende kan forklares med hydrogeologisk effekter (ændring i indstrømning). Tilsvarende er det jo svært at forklare kloridstigningen med udvaskning.



Figur 5. Kemitidsserie for DGU 207.2754 viser at den kraftig stigning også fører til meget væsentlige ændringer i indholdet af fluorid og klorid, som ikke kan forklares med ændringer i vandspejlet.

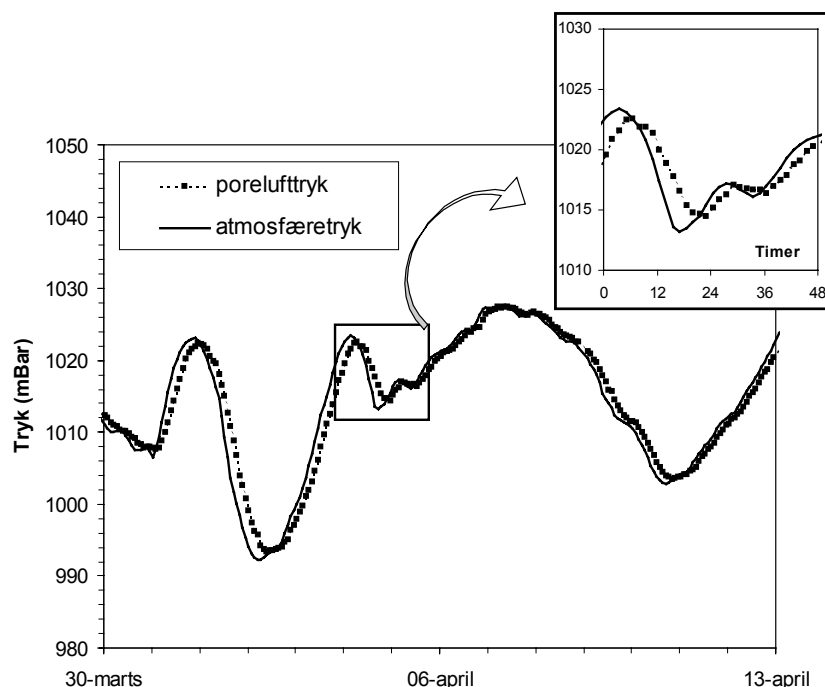
Der er således tale om dårligt belyste empiriske beviser for en teori uden årsagssammenhæng – det stiller den ikke godt i en klassisk videnskabelig analyse. Hvad værre er – så drages der særdeles vidtgående konklusioner på disse observationer. Konsekvensen er, at man på et mangelfuldt grundlag fraråder hævning af vandspejlet (læs: Reduktion af vandindvindingen). Selvom observationerne og teori var mere gennemarbejdede er det stadigvæk et dårligt råd, fordi frigivelsen af nikkel kun er én ud af en række negative konsekvenser af grundvandsressourcens overudnyttelse. Jeg skal her blot nævne de tre tidligere omtalte effekter: *vandøkosystemerne, den tekniske vandkvalitet og den naturlige beskyttelse af grundvandet.*

Myten om de tætte dæklag

En af de bærende teser bag *Løsningen der batter* er de tætte dæklag (af moræneler) som forhindrer transport af atmosfærisk ilt ned i kalkmagasinet. Dette er en myte, for de tynde dæklag over kalkmagasinet er fyldt med naturlige sprækkesystemer og geologiske huller, samt et utal af gamle borer, brønde, lodrette dræn og faskiner. Når vandspejlet i kalkmagasinet står under kalkens overflade er disse naturlige og menneskeskabte kortslutninger meget effektive transportveje for atmosfærisk ilt.

Som eksempel kan nævnes Tune området, hvor projektgruppen bag *Løsningen der batter* netop gennemførte de mest omfattende analyser af barometerændingen på Tune Vandværks borer. Tune Vandværk valgte efterfølgende at lukke af for forerørs afslutningerne, hvilket gav mulighed for at observere trykvariationerne i kalkmagasinet uden indflydelse af boringernes barometerænding /ref. 2/. Som det fremgår af Figur 6 følger trykket i kalkmagasinet slavisk efter atmosfæretrykket med en nogenlunde konstant tidsmæssig forsinkelse på ca. 3 timer. Denne forsinkelse skyldes, at luften skal bane sig vej igennem kanaler og sprækker og man kan faktisk udnytte denne forsinkelse til at beregne dæklagenes hydrauliske ledningsevne.

På baggrund af disse målinger kan transporten uden boringernes barometerænding beregnes til 0,6 – 6 kg luft/m²/år, hvilket er tilstrækkeligt til at brænde pyrit af i et omfang der er størrelsesorden over tærskelværdien for nikkelp problemerne.



Figur 6. Trykvariationer i atmosfære og kalkmagasin ved Tune i foråret 2003 /2/

Løsningen der batter har svært ved at forklare og vel også at løse nikkelp problemer på de to boringer i projektet som ikke har barometer ånding (DGU 208.14736 og 218.624), såvel som nikkelp problemerne i adskillige af Københavns Energis vakuumbævert boringer, der næppe kan transportere luft ned i kalkmagasinet.

I /ref. 5/ hævder projektgruppen at moræneler er tæt pga. vandmætning i få meters dybde. Dette er ikke i overensstemmelse med resultaterne af Miljøstyrelsens andet store barometeråndingsprojekt (passiv ventilation /ref. 6/), hvor man fandt 85 – 90 % vandmætning ned til 10 meter under terræn på tre lokaliteter. Der var altså 10 – 15 % luftfyldte porer i moræneler over magasiner med frit vandspejl. Ved passiv ventilation anvender man en kontraventil til at sikre at barometeråndingen kun giver udstrømning i de anvendte boringer. Denne poreluft kommer ned gennem jordlagene som – ja – er tætte nok til at fremkalde barometeråndingseffekten, men – nej – ikke er hermetisk tætte.

Hvad med kildestyrken ?

Den sidste kritikpunkt jeg vil berøre i denne artikel er beregningen af kildestyrken af nikkelludvaskningen fra det påvirkede nærområde rundt om boringer med barometerånding. Netop konceptet om en meget koncentreret udvaskning indenfor en radius på 25 – 100 meter gør det nødvendigt at sandsynliggøre muligheden for en effektiv massetransport.

Projektgruppen bag *Løsningen der batter* har i deres udmærkede hydrogeologiske og geokemiske undersøgelse på Tune lokaliteten beskrevet nikkellindholdet i porevæsken i den umættede zone. Nikkellindholdet varierer typisk i intervallet 20 – 50 µg/l og det vurderes i /ref. 1/, at influensradius for barometeråndingen er ca. 100 meter på grundlag af målinger af iltindholdet, samt den meget kraftige barometerånding (influensareal på 30.000 m²). Hvis vi antager en grundvandsdannelse på 250 mm/år kan kildestyrken vurderes til maksimalt

$$50 \text{ mg Ni/m}^3 * 0,25 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{år} * 30.000 \text{ m}^2 = 375.000 \text{ mg/år.}$$

Boringerne på Tune vandværks nordlige kildeplads har produceret ca. 25.000 m³/år, så udvaskningen i nærzonen giver altså et begrænset bidrag på ca. 15 µg/l. Dette er dog væsentlig under hvad der typisk måles i indvindingsboringen DGU 207.2638 (ca. 40 µg/l).

Projektgruppens resultater fra en anden boring (DGU 207.2753) viste, at barometeråndingens maksimale ind- og udblæsninger her lå væsentligt lavere – formentlig maksimalt 100 m³. Dette giver et begrænset influensareal på 740 m² svarende til en influensradius på 15 meter (baseret på en umættet zone på 4,5 meter og en sprække porøsitet på 3 %). Her er der ikke blevet udført målinger af nikkellindholdet i porevæsken, men vi antager som et maksimalt skøn værdien 500 mg/m³ svarende til de højst målte koncentrationer i grundvandet i det regionale kalkmagasin. Grundvandsdannelsen antages igen 250 mm/år. og vi får en kildestyrke på

$$500 \text{ mg Ni/m}^3 * 0,25 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{år} * 740 \text{ m}^2 = 137.000 \text{ mg/år.}$$

Indvindingen fra denne boring er ca. 175.000 m³/år, så nikkell bidraget fra barometeråndingsområdet til den samlede produktion er 0,8 µg/l. Dette er næppe et bidrag der er til at føle i en boring, hvor nikkellindholdet typisk ligger på 60 µg/l

OG SÅ DEN VIRKELIG STYGGE

Imidlertid er det ikke kun ilt, der kan fremprovokere nikkelfrigivelsen ved pyritoxidation – det kan nitrat også. Vandværkerne kan i princippet selv styre problemerne med atmosfærisk ilt gennem tilpasning af egen adfærd. Derimod er det langt vanskeligere at forklare landbruget, at udvaskning af nitrat ikke i sig selv udgør et vandkvalitetsproblem, men derimod indirekte gennem pyritoxidation kan fremkalde nikkel problemer i mange år. Den umættede zone øverst i kalken er jo begrænset og vi ville kunne drikke os igennem det nikkel, der måtte komme herfra indenfor en overskuelig periode. Men med nitratudvaskning kan nikkelmobilisering foregå over hele strømningshorisonten og dermed forøge problemernes tidsmæssige udstrækning mange gange.

Dette skal ikke forstås sådan, at jeg tror at nikkelproblemerne udelukkende skyldes nitratproblemer som det hævdes i /ref. 5/. Det kan påvises, at nitrat kun med rimelighed kan have afgørende betydning for sulfatindhold op til ca. 100 mg/l. Over denne værdi må atmosfærisk ilt være den væsentligste årsag til pyritoxidation.

Vi må imidlertid ikke kortslutte diskussionen på dette. Jeg anfægter blot projektgruppens konklusion og efterfølgende strategi: *Bloker boringerne for luftudveksling og hold vandspejlet*. Det første er fornuftigt selvom den overordnede effekt næppe bliver væsentlig. Det sidste er en katastrofal udmelding der legitimerer det nuværende overforbrug og samtidigt går imod alle de tiltag der i øvrigt skal til for at sikre en bæredygtig vandindvinding.

Det er forståeligt at en tilsyneladende teknisk enkel løsning på nikkelproblemet virker tillokkende, men jeg synes man må kræve at de regulerende myndigheder bevarer overblikket, så det imponerende korthus af vandrammedirektiv, grundvandsdirektiv, zoneringsvejledning, og generelle anprisninger af det danske princip med at basere drikkevandsforsyningen på uforurennet grundvand ikke falder sammen ved første host.

REFERENCER

- Ref. 1 Miljøstyrelsen (2003): Nikkelfrigivelse ved pyritoxidation forårsaget af barometerånding/-pumpning. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr.5, 2003
- Ref. 2 Roskilde Amt (2003): Tune Vandværks sydlige kildeplads, hydrogeologisk udredning. Rapport udarbejdet af AKTOR innovation og KANmiljø.
- Ref. 3 Meddelelse fra Kommissionen til Rådet, Europa-Parlamentet og Det Økonomiske og Sociale Udvalg: Prissætning for og bæredygtig forvaltning af vandressourcer; vedr. KOM(2000) 477 27.07.2000, <http://europa.eu.int/scadplus/leg/da/lvb/l28112.htm>
- Ref. 4 Miljøstyrelsen (2000): zonerings - Detailkortlægning af arealer til beskyttelse af grundvandsressourcen. Vejledning fra Miljøstyrelsen, 3/2000
- Ref. 5 Jensen, T. F. og Skriver, M. (2004): Nikkel i grundvand – løsningen der batter. *dansk VAND*, 72, 3, pp. 134 – 136.
- Ref. 6 Miljøstyrelsen (2003): Passiv ventilation til fjernelse af PCE fra den umættede zone. Teknologiudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening. Miljøprojekt nr. 805, 2003.