

# Innkapsling og korrosjon i borebrønner i løsmasser — et forsømt biologisk problem

Av David Banks.

David Banks er forsker ved Norges geologiske undersøkelse.

## Innledning

En brønn i løsmasser er ikke bare et hull i grunnen. Den er et redskap for å ta ut vann fra en akvifer. Akkurat som de fleste typer utstyr — TV'er, biler, gressklippere — trenger en brønn en viss grad av overvåking og vedlikehold. Ellers kan brønnens effektivitet minke, driftskostnader stige, og i akutte tilfeller kan hele brønnen bli ødelagt.

## Hva er problemet ?

Lokalisering og boring av en grunnvannsbrønn, og installasjon av pumpe og elektrisk utstyr, koster ofte mange titusen kroner. Men etter dette blir borehullet ofte glemt. Oftest blir det ikke foretatt logging av vannivået eller brønnens ytelse, og driftskostnadene for borehullet blir heller ikke vurdert. Man glemmer ofte at borehullets kapasitet sjelden vil holde seg på et konstant nivå gjennom tid. Årsaken til reduksjon i ytelsen kan være:

- i) Stadig senkning av grunnvannspeil i akviferen pga. overpumping.
- ii) Tilstopping av aquiferens porerom på grunn av finkornede stoffer som trekkes inn.
- iii) Kjemisk utfelling i akviferen, grusfilter, på filterrør, eller på pumpen.
- iv) Bakteriebelegg (biofouling) i akviferen, grusfilter på filterrør eller på pumpen.

iii) og iv) kan stort sett betraktes under ett. I den senere tid har man oppdaget at innkapsling i borehull svært sjelden er et kjemisk problem alene, men også har biologiske årsaker. Bakteriebelegg er ikke noe uvanlig problem og det opptrer i svært mange hydrogeologiske miljø og akviferer.

## Bakterier kan trives i grunnvann !

Akviferer og brønner blir ofte betraktet som sterile miljø. Når det gjelder f.eks. koliforme eller patogene bakterier er grunnvann vanligvis langt renere enn overflatevann. Men det finnes endel andre, fastsittende, bakterier som kan trives ganske godt i brønner. Det er imidlertid uklart om de kan overleve i akviferen selv og kan stimuleres ved inntregning av næringstoffer eller oksygen under pumping av en brønn, eller om de eventuelt kan smitte akviferen / brønnen under boring og skifting av pumpe osv. (Howsam, 1988).

Bakteriene utvikler en *biofilm* som er sammensatt av levende og døde bakterier, polysakkarid-slim, sediment, og utfelte metallforbindelser (hydroksider/oxyhydroksider). Utfelt jernhydroksid gir vanligvis filmen en rød-brun farge. I begynnelsen er den også slimaktig, men etter en tid kan den bli ganske hard og «sementert» (Tyrrel & Howsam, 1990). Det finnes ofte flere typer bakterier i

biofilmen, men såkalte metall-okserende- og slim-dannende-bakterier er de mest fremtredende. Biofilmer kan tette akviferens eller grusfilterets porerom eller selve filterrøret. Bakteriene er stort sett fastsittende og påvises sjelden i standard vannprøver (Howsam 1988).

Under biofilmen kan det ofte finnes anaerobe forhold, med utvikling av f.eks. sulfat-reduserende bakterier (Howsam 1990). Disse kan føre til korrosjon av filterrør, pumper, stigerør osv. Dette gjør det mulig å finne både innkapsling og korrosive forhold i ett og samme borehull.

Forenklet kan vi si at de fleste biofilmer trenger følgende for å utvikles: vann, noe oksygen, organisk karbon og næringsstoffer, og muligens noe jern/andre tungmetaller, men det siste er sjelden en kontrollfaktor. Det er mulig at brønner med beliggenhet nær elver er spesielt sårbare mht. bakteriebelegg. Dette fordi inntrengningen av ellevann tilfører næringsstoffene som bakteriene trenger. Diskontinuerlig pumping eller overpumping kan føre til inntrengning av oksygen til borehullet, og dermed mer optimale forhold for bakterievekst. Konstant pumping av brønner med redusert fart kan hindre vekst av biofilmer (Howsam 1990; Van Beek, 1989).

### **Hva kan gjøres ?**

Howsam (1988) mener at en fullgod metode til å rengjøre et bakteriebelagt borhull må omfatte fire trinn:

- i) Bakterier må drepes
- ii) Biofilm og mineralavsetninger må fjernes
- iii) Evt. rester som har blitt dannet på grunn av rengjørings-prosessen må fjernes.
- iv) Sterile forhold i borhullet må gjenopprettes (desinfeksjon).

For å rengjøre et bakteriebelagt borehull, anbefales en blanding av kjemiske og mekaniske metoder. Biocider (hypokloritt, peroksyd) kan brukes til å drepe bakteriene. Spyling, «surging» eller wire-børsting sammen med bruk av syre kan benyttes for å fjerne biofilmen. Hullet bør desinfiseres etterpå for å hindre rekolonisering av bakterier.

Ved god utforming av et borhull, kan evt. rengjøring gjøres lettere. Bruk av f.eks. en egnet «Johnson-type»-filter (kontinuerlig-slisset stålwire-filter) er gunstig. Disse har stor gjennomstrømningsflate som betyr at jetting/skylling kan fjerne bakteriebelegg på utsiden av filterrøret.

### **Hvordan kan problemene unngås ?**

Til tross for at biofilmer ser ut til å finnes i de fleste borehull i mange land, er det sjelden rapportert om slike i norske borehull. Årsaken til dette er trolig at man stort sett ikke har gjenkjent dem, og fordi det svært sjelden foretas overvåking av spesifikk kapasitet i Norge.

Clark (1990) har sammenlignet brønner med biler når det gjelder behov for overvåking og vedlikehold. I likhet med biler, trenger en brønn rutinemessig overvåking, sjekk og vedlikehold, dersom man ikke skal få ubehagelige overraskelser.

For å hindre problemer med biofilmer anbefales det at man ved kommunale grunnvannsverk gjør følgende:

- i) logger spesifikk kapasitet (dvs. vannstand i borehull under pumping, og den tilsvarende ytelsen) minst en gang hver annen måned.
- ii) utfører en kortvarig kapasitetstest (en dags varighet) som måler vannstands-senkning for fire ulike ytelser, minst en gang hvert annet år.

## Biofilmer i Norge

I Norge er bakteriebelegg til nå blitt observert bl.a. i kraftanleggssystem (Cullimore og McCann, 1977) og i undersjøiske tunneler. I Vardø-tunnelen har biofilmer skapt store problemer for drengmassene (Roska, 1986). I Hvaler-tunnelen vokser biofilmer på vannlekkasjer fra sprekker, og disse har oppkonsentrert innholdet av tungmetaller mange ganger. F.eks. viser analy-

seresultater fra tunnelens biofilmer at jern er oppkonsentrert ca. 50.000 ganger relativt til ikke-oppkonsentrerte ioner som natrium (Tabell 1). Industrien utnytter slike egenskaper ved å bruke biofilmer til å gjenvinne verdifulle metaller fra avløpsvann (Gadd 1990). Det er mulig at lignende metoder kan anvendes ved behandling av tungmetallholdig sigevann fra bl.a. avfallsfyllinger eller gruvedeponier.

Tabell 1. Oppkonsentrasjon av diverse elementer i biofilmen fra en prøve i den undersjøiske Hvaler-tunnelen.

Element	$K_{va}$	$K_{bio}/F$	Oppkons. faktor
Na	7400 ppm	7910 ppm	1,1
Mg	1100 ppm	1210 ppm	1,1
K	144 ppm	140 ppm	0,97
Ca	1100 ppm	1810 ppm	1,6
Sr	12,0 ppm	36 ppm	3,0
Si	4,5 ppm	1450 ppm	320
Mn	2,8 ppm	34 ppm	12
Fe	300 ppb	14900 ppm	50000
Pb	<90 ppb*	11 ppm	>120
Mo	<30 ppb*	3,1 ppm	>100
V	<27 ppb*	4,4 ppm	>160
Cd	<6 ppb*	630 ppb	>105

$K_{va}$  = konsentrasjon av elementet i lekkasjevann i tunnelen

$K_{bio}$  = konsentrasjon av elementet etter oppløsning av biofilmen i syre.

F = 19 = korrigeringsfaktor, med antakelsen at ioner som Na, K ikke er oppkonsentrert i biofilm.

Oppkonsentrasjonsfaktor = oppkonsentrering av elementet i biofilmen i forhold til ioner som Na, K. De siste er antakelig ikke oppkonsentrert og skyldes biofilmens innhold av lekkasjevann.

\* = antatt maks. konsentrasjon utifra andre målinger på sjøvann og grunnvann i nærheten av tunnelen, og deteksjonsgrensene til analyseutstyr. Ikke målt direkte på lekkasjevann i tunnelen.

## Fremtidig forskning

Norges geologiske undersøkelse har gitt støtte til et 3-års prosjekt for å:

- a) vurdere omfanget av problemer forbundet med biofilmer i norske grunnvannsbrønner og tunneler.
- b) undersøke effekten av biofilmer i borehull i oppsprukkede akvifere (dvs. fast fjell). Bakteriebelegg i porøse akvifere er godt kjent i de fleste i-land, men slike forhold i fast fjell er sjelden rapportert. Undersøkelsene vil inkludere overvåkning av bakterievekst i aktuelle borehull i Hvaler kommune og i Trondheim.

I fase a) er det planlagt utsendt et kort spørreskjema til kommuner og andre større brukere av Norges grunnvann. Hvis De mottar et slikt skjema, vær så snill å hjelpe oss med å fylle det ut. Hvis De ikke mottar skjemaet, men likevel har noen erfaring med problemer pga. innkapsling, bakteriebelegg, korrosjon eller reduksjon av spesifikk kapasitet i brønner, oppfordres De til å ta kontakt med: —

David Banks  
Norges Geologiske Undersøkelse  
Postboks 3006 — Lade  
7002 Trondheim

## Litteratur om biofilmer

Denne artikkelen bygger på informasjon og opplysninger innhentet på en internasjonal konferanse i sept.1990 i England og er basert på erfaringer gjort i mange land, samt på følgende litteratur:

- Banks, D. (1990). «A case study of screen failure and borehole rehabilitation in the Lower Greensand aquifer of southern England». Fra Howsam (1990a) — red.
- Clark, L. (1990). «Boreholes & wells: their monitoring, maintenance and rehabilitation.» Fra Howsam (1990a) — red.
- Cullimore D.R. & McCann A.E. (1977). «The identification, cultivation and control of iron bacteria in ground water». Fra «Aquatic Microbiology» av Skinner F.A. og Shewan J.M. (Red.), Academic Press, New York, 1977.
- Gadd G.M. (1990). «Biosorption». Chemistry & Industry, Nr.13, 2. juli 1990, ss. 421-426
- Howsam P. (1988). «Biofouling in wells and aquifers», Journal of the Institution of Water & Environmental Management, Vol.2, Nr.2, ss.209- 215, April 1988.
- Howsam P. (1990). «Well performance deterioration: an introduction to cause processes». Fra Howsam (1990a) — red.
- Howsam P. —Red. (1990a). «Water wells; monitoring, maintenance and rehabilitation». E. & F.N.Spon, Cambridge, U.K., 1990.
- Howsam P. —Red. (1990b). «Microbiology in civil engineering», FEMS symposium nr.59. E. & F.N.Spon, Cambridge, U.K., 1990.

- Roska, S.K. (1986). «Erfaringer fra fire års drift av Vardø tunnelen». Seksjon 4 i «Fjellsprenningsteknikk, Bergmekanikk, Geoteknikk, 1986», red. Heltzen A.M., Kjøberg R., Lauritzen R., Berg K.R., Tapir Forlag, Trondheim.
- Tyrell S.F. & Howsam P. (1990). «Monitoring and prevention of iron biofouling in groundwater abstraction systems». Fra Howsam (1990a) — red.
- Van Beek C.G.E.M. (1989). «Rehabilitation of clogged discharge wells in the Netherlands.» Quarterly Journal of Engineering Geology, Vol.22, 1989, ss.75-80.



**Berdal Strømme a.s. er et av landets største rådgivende ingeniørfirmaer med ca. 450 ansatte. Vårt firma dekker alle felter innen bygningsteknikk og elektroteknikk. Som medeier i Interconsult har vi også oppdrag i utlandet.**

## **VÅR DIVISJON FOR VEI - VAR - MILJØ**

### **Vi prosjekterer:**

- Vannverk
- Avløpsanlegg
- Ledningsanlegg
- Renovasjonsanlegg
- Biogassanlegg
- Veier
- Fjernvarmeanlegg

### **Vi utfører:**

- Forprosjektering
- Detaljprosjektering
- Anbudsdokumenter
- Kontroll
- Byggeledelse
- Undervannskontroll
- Saneringsplanlegging
- Lekkasjeundersøkelser
- Trafikkanalyser
- Konsekvensanalyser
- Vannbruksplanlegging
- Beredskapsplanlegging
- Tidsanalyser
- Driftsassistanse
- Vannanalyser
- Forskning
- Utredninger
- Støymålinger



**Berdal Strømme**

Rådgivende Ingeniører  
Kjørboveien 25, 1300 Sandvika

Oslo, Tønsberg, Larvik, Stathelle, Hønefoss, Hamar, Elverum, Lillehammer, Stavanger, Molde, Ålesund, Trondheim, Fauske, Harstad