

Grunnvannskilden som hygienisk barriere. Styrker og svakheter i et klima i endring

Av Dr. ing. Sylvi Gaut

Sylvi Gaut er hydrogeolog/miljørådgiver hos Sweco Norge AS, Region Trondheim.

Innlegg på fagtreff i Norsk Vannforening 21. november 2016.

Sammendrag

Grunnvann regnes for godt beskyttet sammenliknet med overflatevann. Spørsmålet er om dette vil vedvare når klimaet endres. Endringer i nedbørmengde og intensitet vil kunne innvirke på både vannkvaliteten og grunnvannsnivået.

Det har i de senere årene vært fokus på vannkildenes hygieniske barrierer og hvilke faktorer som er bestemmende for disse barrierene. For grunnvann er de geologiske forholdene rundt brønnen og i brønnens influensområde avgjørende for hvor godt grunnvannet er beskyttet mot forurensning. Spesielt er et tykt løsmassedecke over berggrunnen, med stor umettet sone, viktig. I tillegg er det viktig med en god brønnutforming og plassering av brønnene i områder med lite forurensning.

For å opprettholde god vannkvalitet er det viktig å overvåke vannkvaliteten og gjennomføre regelmessige inspeksjoner av brønn, brønnområdet og influensområdet. Dette for å sikre at restriksjoner tilknyttet vannverksdriften overholdes og for å fjerne potensielle forurensningskilder.

Klimaendringer og grunnvann

Klima og klimaendringer har lenge vært et aktuelt tema i forbindelse med global oppvarming.

Klimavurderinger er viktig ved blant annet etablering av ny infrastruktur både over og under bakken. I dag forventer man at klimaet i Norge vil endres til "villere og våtere", og vi opplever allerede mer ekstremvær i form av intense, kortvarige regnskyll. Lange mildværsperioder opptrer også vinterstid der man tidligere hadde det stabilt kaldt i vintermånedene. Disse endringene innvirker allerede på overflatevannkildene, med blant annet økt humusinnhold. Spørsmålet er om, og eventuelt hvordan, klimaendringene vil virke inn på grunnvannet.

Økt lufttemperatur

I følge NVEs nettsider forventes lufttemperaturen i Norge å øke med 1,7-4,5 °C avhengig av hvilke prognoser som benyttes. Karakteristisk for grunnvann er at det har en stabil temperatur gjennom året. Denne tilsvarer midlere lufttemperatur i området. Dersom gjennomsnittstemperaturen øker betydelig, kan man på sikt få en tilsvarende høyere grunnvannstemperatur. Foreløpig har lufttemperaturen steget med ca. 1 °C, hvilket ikke har ført til registrerbare endringer i grunnvannstemperaturen.

Et mildere klima har ført til mer ustabile vintre med mindre snø og perioder med regn og snøsmelting i vinterhalvåret. For borebrønner i fjell, som ofte er etablert der det er lite løsmasser, vil dette føre til mer overflateavrenning på frosen mark og redusert infiltrasjon og nydannelse

av grunnvann om våren. Resultatet kan bli redusert grunnvannstand. Lokale forhold vil være viktige, og spesielt områder med skrånende terreng og tynt løsmassedekke vil være utsatt. I kyststrøk der lite snø og mildvær er normalen, vil man antagelig ikke merke noen endringer. Det samme kan gjelde for løsmassebrønner, da forskning viser at man i Finland ser en økt vinterinfiltrasjon grunnet mildvær vinterstid (Okkonen & Kløve 2010).

Nedbørsmengde og intensitet

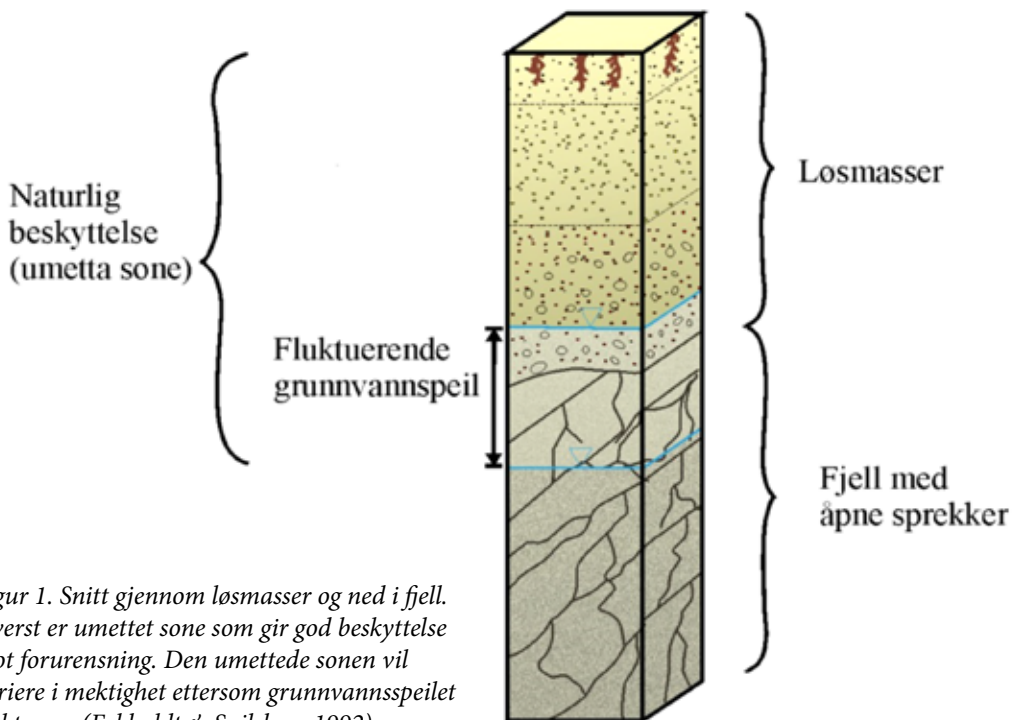
Endringer i nedbørsmengde og intensitet vil kunne innvirke på både vannkvaliteten og grunnvannsnivået. Klimamessig forventer man økt nedbør i hele Norge (Miljødirektoratet 2015). Mengde og intensitet vil variere både med årstid og landsdel. Ulike scenarier og modeller gir forskjellig resultat. Det forventes også lengre perioder med tørke både meteorologisk (reduert nedbørsmengde) og hydrologisk (virkningen av redusert vannstand i et reservoar).

Grunnvann regnes som godt beskyttet sammenliknet med overflatevann, da det har en

naturlig beskyttelse via overliggende umettet sone (Figur 1). Her foregår ulike prosesser og mekanismer som beskytter grunnvannet. Disse er: 1) Prosesser som fører til dispersjon av forurensning, 2) prosesser som hindrer forurensning, 3) nedbrytning og 4) desimering/ utkonkurrering (Gaut 2009).

Erfaringsmessig oppnås best beskyttelse når det er minst 3 m tykke løsmasser over grunnvannsmagasinet (Gaut 2005). I løsmassene er strømningshastigheten lav og det er god tilgang på luft. I krystallinske bergarter, som er mest vanlig i Norge, strømmer vannet i sprekker. Hastigheten øker og renseeffekten minker selv der sprekken ikke er fylt med vann.

Mye nedbør fører til høy grunnvannstand og mindre umettede sone. Høyere grunnvannstand fører dermed til mindre renseeffekt og økt fare for forurensning. Økt nedbør og kraftigere nedbørsepisoder kan også føre til at grunnvannets turbiditet og fargetall øker, slik man i dag opplever i flere overflatevannkilder. Borebrønner i fjell, med lite løsmasseoverdekning, vil være spesielt utsatt. Spesielt der overflatesprekkene er



Figur 1. Snitt gjennom løsmasser og ned i fjell. Øverst er umettet sone som gir god beskyttelse mot forurensning. Den umettede sonen vil variere i mektighet ettersom grunnvannsspeilet fluktuierer (Eckholdt & Snilsberg 1992).

store og åpne. På den positive siden vil derimot mer vann kunne føre til økt fortykning av eventuell forurensning. For borebrønner i fjell gjelder dette spesielt oppløste sprekkemineraler, som for eksempel fluor.

Klimaendringene kan også føre til periodevis tørke (Miljødirektoratet 2015). Norges vassdrags og energidirektorat (NVE) har allerede observert flere og lengre tørrværsperioder (Wong et al. 2011). Dette vil føre til lavere grunnvannstand og dermed en større umettet sone. Generelt gir dette en bedre naturlig rensing og økt beskyttelse av grunnvannet. Ulempen er at man kan oppleve en økt konsentrasjon av kjemiske stoffer i vannet, som følge av lavere fortykning. I kystnære strøk vil man også kunne oppleve en økt problematikk rundt saltvannsinntrengning grunnet mindre tilførsel av ferskvann. Faren øker ved dype borer og/eller stort vannuttak.

Man må også være oppmerksom på muligheten for å få tørkesprekker i finkornede løsmasser. Disse kan føre til rask transport av vann og eventuell forurensning fra overflaten ned mot grunnvannsspeilet, ved påfølgende regn, spesielt om det er kraftig nedbør.

NVE ser foreløpig ingen tydelige trender på landsbasis når det gjelder endring i grunnvannstanden relatert til klimaendringer. Derimot observeres endringer i grunnvannstanden i de dype store akviferene, som korresponderer med våte og tørre perioder, blant annet for Hauer seter ved Gardermoen.

Hygieniske barrierer – grunnvann i fjell

Det ble gjennom Norsk Vanns prosjekt “Vannkilden som hygienisk barriere” (Hem et al. 2008) satt fokus på hvilke krav som bør stilles for at

råvannskilden (overflatevann) skal kunne utgjøre en hygienisk barriere mot mikrobiologisk forurensning. I rapporten ble vannkilders barriereeffekt vurdert ut fra fire kriterier som vist i tabell 1.

Gjennom ulike prosjekter har Norges geologiske undersøkelse (NGU) fokusert på sårbarhet av grunnvannskilder og brønner. I 2010 utarbeidet NGU en veileder eller verktøy for å vurdere om et grunnvannsanlegg basert på borebrønner i fjell har riktig teknisk utforming og tilstrekkelig naturlig beskyttelse til å inneha én hygienisk barriere i henhold til krav i Drikkevannsforskriftens §14 (Gaut 2010). Veilederen er utarbeidet hovedsakelig med utgangspunkt i NGUs prosjekter “Sårbarhet av grunnvannsbrønner i fjell” (Gaut 2005) og “Brønnkvalitetsprosjektet” (Storrø et al. 2006). Veilederen tar for seg hva som gjør drikkevannsbrønnene sårbare og hvilken barriereeffekt som oppnås. Hovedkriteriene som benyttes, er de samme som for overflatevann, men tilpasset grunnvann. Dette er spesielt knyttet opp mot kriterium 2, drikkevannskilden som vist i tabell 1.

Kriteriene 1 og 4 – Historisk vannkvalitet og vannverkets størrelse

Historisk mikrobiologisk vannkvalitet gjenspeiler vannkvaliteten ved vannverket over tid. Skal vannanalysene kunne benyttes til å vurdere sårbarhet, er det viktig at vannprøvene representerer råvann fra de enkelte borebrønnene. I tillegg må vannprøvene være representative for alle årtidene.

Vannverkets størrelse sier noe om risiko. Konsekvensene ved mikrobiologisk forurensning, er mye større for et vannverk som forsyner mange personer, kontra ett som bare forsyner noen få. Mange flere personer kan bli syke, og et

Kriterium	Overflatevann	Grunnvann
1	Historisk mikrobiologisk vannkvalitet	Historisk mikrobiologisk vannkvalitet
2	Kilden, nedslagsfeltet og vanninntaket	Brønnen (brønnutforming), brønnområdet, influensområdet og det fjerne tilsigsområdet
3	Overvåking og respons ved avvik	Overvåking og respons ved avvik
4	Vannverkets størrelse	Vannverkets størrelse

Tabell 1. Kriteriesett benyttet for å vurdere grunnvannets hygieniske barriere (Gaut 2010).

stort antall syke skaper en større belastning på samfunnet.

Kriterium 2 – Drikkevannskilden

De geologiske forholdene i området er vesentlig for grunnvannets naturlige beskyttelse og dermed den hygieniske barrieren. Mange vannverk basert på grunnvann i fjell har utfordringer med tynt løsmassedekke. Dette er en kombinasjon av mangel på løsmassedekke i det aktuelle området og plassering av brønnen ut fra kostnad (billigere uten fôringsrør), enkelhet for brønnborer og mangel på kunnskap om sårbarhet da brønnen ble plassert. De vannverk som har brønnen plassert i et område med tykt løsmassedekke (> 3 m), har et fortrinn. Noen vannverk, lokalisert under marin grense, har overdekning av leire. Dersom dette laget ikke har tørkesprekker, gir det ekstra beskyttelse med tanke på forurensning. Et slikt tett lag forutsetter at man har tilsig fra andre områder. Dermed er det viktig å vite hvor dette området er, og om det finnes forurensningskilder man må ta høyde for. I de tilfellene der brønnen er artesisk minsker sjansen for forurensning fra brønnens nærområde ytterligere.

En viktig forutsetning for god mikrobiologisk vannkvalitet er brønnens utforming. For borebrønner i fjell gjelder dette i første rekke hvordan fôringsrøret er etablert under og over bakkenivå, men også om brønnen har en tilfredsstillende brønnhodebeskyttelse. NGU gjennomførte i 2004/2005 et prosjekt for å fremskaffe landsdekkende statistiske data som kunne benyttes for vurdering av brønnutformingen til borebrønner i fjell (Storrø et al. 2006). I alt 240 brønner ble vurdert og drøyt 210 av disse ble filmet med videokamera.

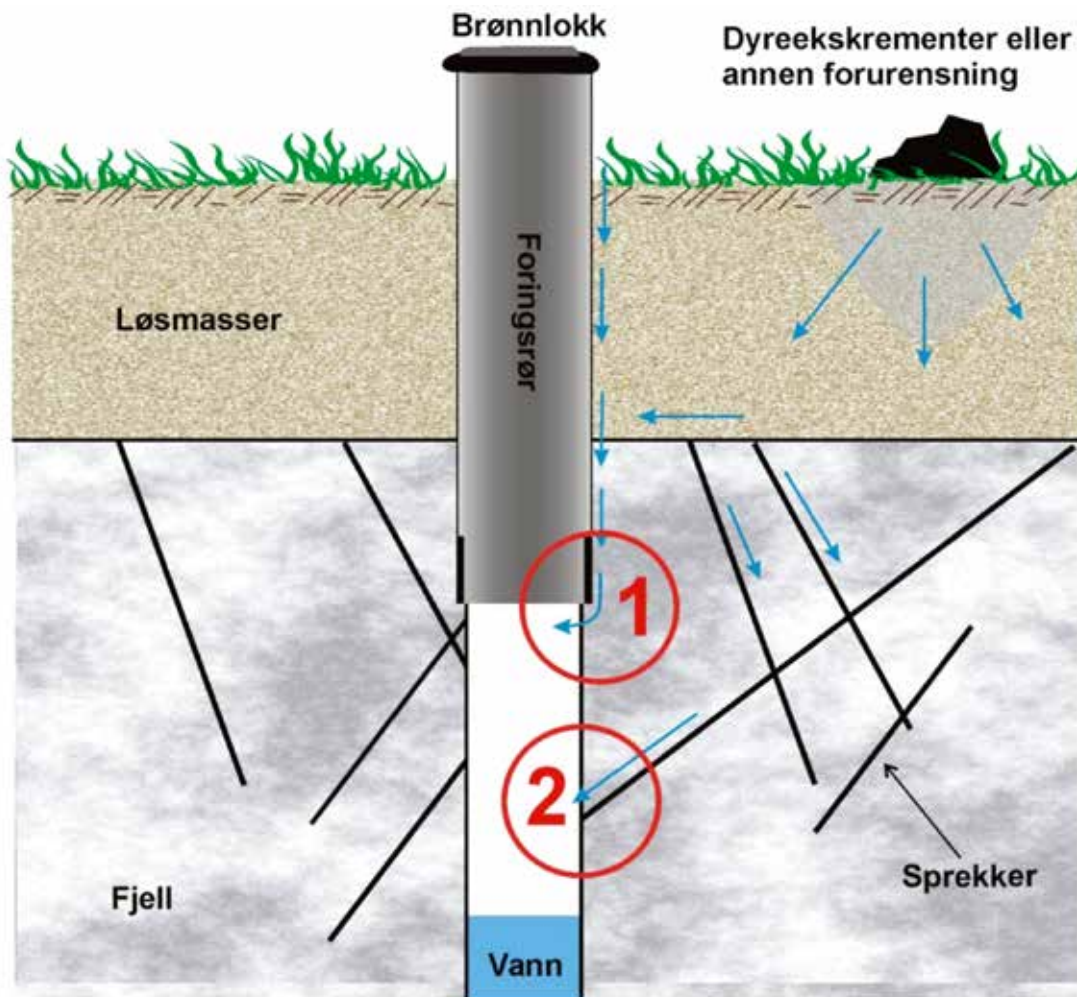
Gjennom prosjektet ble det identifisert ulike problemindikatorer knyttet til brønnens fôringsrør som vist i figur 2. Kun i én brønn ble det påvist tetting mellom fôringsrør og fjell, og innlekkasje ble observert i 40 % av 150 vurderte brønner (Figur 2, sirkel nr. 1). Ved utarbeidelse av ny norsk standard for borebrønner i fjell i 2012 (NS3056:2012) ble det fokusert på nettopp dette. I den nye standarden er det spesifisert at det skal være tett i overgangen mellom fjell og

fôringsrør. Dermed er det håp om at nye brønner vil få en bedre utforming med hensyn til denne parameteren.

En annen vanlig problemindikator var tydelig oppsprekking nær overflaten enten rett under fôringsrøret eller < 10 m under terrengnivå (Figur 2, sirkel nr. 2). Det ble ikke nødvendigvis observert innlekkasje langs disse sprekke, men de representerer potensielle kanaler for transport av mulig forurenset overvann inn i brønnen. Flere brønner er plassert på eller ved beitemark, noe som gjør dem ekstra sårbare i forhold forurensning. Her er det et stort potensiale for forbedring, både når det gjelder hvor langt fôringsrøret bores ned i fjell og plassering av selve brønnen i forhold til arealbruk.

Brønnhodebeskyttelsen skal beskytte brønnen over bakkenivå mot inntrengning av overflatevann og annen forurensning. Et solid, låsbart lokk er en god begynnelse, men ikke tilstrekkelig. Det er derfor viktig å etablere enten en kum eller et enkelt hus over brønnen. Utforming av brønnhodebeskyttelsen må tilpasses formålet og forholdene rundt brønnen slik at man blant annet sørger for at overflatevann renner vekk fra brønnen og ikke samles rundt brønnhodet. Det er også viktig å hindre tilgang for små dyr og insekter.

Erfaringsmessig bør man sørge for god dokumentasjon av brønnens utforming og egenskaper. I dette ligger at brønnen skal dokumenteres med en standardisert brønnlogg utfylt av brønnborer. Loggen skal inneholde blant annet informasjon om brønndyp, fôringsrør, hvor vann kommer inn i brønnen, vannkapasitet og vannstand. Brønnen, skal i henhold til forskrift, registreres i brønnboringsdatabasen. Både vannverkseiere og privatpersoner bør lære sin brønn å kjenne. Brønnloggen bør suppleres med en "som-bygget" tegning av brønnen, kapasitet beregnet ut fra pumpe-test/stigningstest og vannprøver. Flere store vannverk har dette på plass, men det er fortsatt en utfordring for små vannverk og privatpersoner. Her bør både konsulenter, mattilsyn og andre involverte bidra. Spesielt kommer manglende registrering i brønndata-basen frem ved utbygging av vei og jernbane.



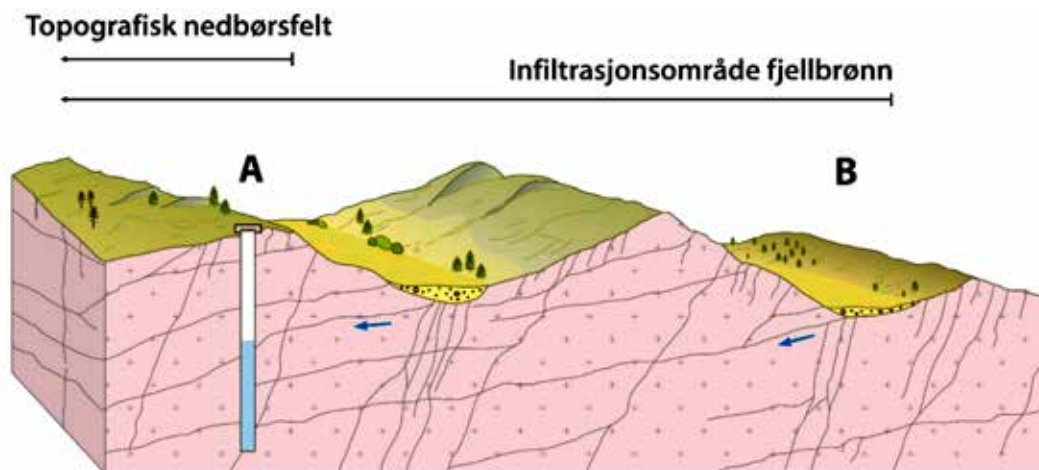
Figur 2 To av problemindikatorene identifisert i "Brønnkvalitetsprosjektet" til NGU er vist med nummererte røde sirkler. Nr. 1 viser manglende tetting mellom føringsrør og fjell og nr. 2 viser innlekkasje av vann gjennom overflatenære sprekker. Figuren er basert på Gundersen & Gaut 2005.

Arealbruken i brønnens influensområde og fjerne tilsigsområde kan innvirke på vannkvaliteten. Klausulering rundt drikkevannsbrønner er derfor viktig. Borebrønner i fjell er ofte plassert i områder med spredt bosetning slik at antallet forurensningskilder er begrenset. Likevel kan tilstedeværelse av beitemark, gjødselkjellere eller septiktanker være en utfordring. I forbindelse med klausulering må man huske at borebrønner i fjell tar vann fra sprekker i berggrunnen. Sprekkesystemet er uoversiktlig og kan strekke seg over store områder som vist i figur 3.

Figuren viser en brønn A som kan bli påvirket av eventuell forurensning i nabodalen ved B.

Kriterium 3 - Overvåking og oppfølging

For å sikre en vedvarende god vannkvalitet er det viktig å følge opp med overvåking og kunnskap om hvilke tiltak som skal settes i verk dersom det oppdages avvik. En sentral del av overvåkingen er gjennomføring av et prøvetakingsprogram. I dag har man gjerne fokus på det man kaller en risikobasert prøvetaking. Det vil si at man sørger for intensivert prøvetaking i perioder med økt



Figur 3 Borebrønner i fjell kan trekke til seg vann langt utover brønnens topografiske nedbørsfelt. Brønn A kan bli forurenset fra for eksempel et deponi ved B via berggrunnens sprekkesystem. Opprinnelig basert på Eckholdt & Snilsberg (1992), nytegnnet i Gaut (2010).

sannsynlighet for forurensning. For borebrønner i fjell vil dette for eksempel være ved intensive nedbørshendelser om høsten og under snøsmeltingen om våren.

I hvert fall større vannverk, bør vurdere å installere automatisk overvåking av temperatur, ledningsevne og turbiditet. Dette er parametere som bør være stabile gjennom året. Kjenner man brønnen, vil man kunne ta forholdsregler dersom man får en endring som er unormal. Dermed kan man iverksette tiltak, før man får svar på de mikrobiologiske analysene.

Det er viktig med jevnlig inspeksjon av brønner, brønnområdet og influensområdet. I dette ligger det blant annet å kontrollere at det som er av klausuleringstiltak overholdes. Frekvensen tilpasses vannverkets størrelse og graden av aktivitet rundt vannverket.

Oppsummering

Grunnvann er bedre beskyttet enn overflatevann. Likevel vil endringer i nedbørsmengde og intensitet kunne innvirke på både vannkvaliteten og grunnvannsnivået. Dersom lufttemperaturen øker med 4-5 °C, forventes det på sikt også en økning i grunnvannstemperaturen.

De geologiske forholdene er viktig for grunnvannets hygieniske barriere. Et tykt (minst 3 m)

løsmassedecke sørger for god naturlig beskyttelse. Brønnene må utformes skikkelig både med tanke på føringsrørets lengde, tetting mellom rør og fjell og avsluttende brønnehodebeskyttelse. I tillegg må brønnene plasseres på steder der forureningspotensialet er minst mulig.

Sørg for å dokumentere både brønnens utforming, kapasitet, vannkvalitet og plassering. Når brønnen først er etablert og i drift, må man følge opp med overvåking av både vannkvalitet og arealbruk.

Referanser

Eckholdt, E. & Snilsberg, P., 1992. Grunnvann. Beskyttelse av drikkevannskilder. GiN-veileder nr. 7. NGU Skrifter, 105, 24s.

Gaut, S. 2005. Factors influencing microbiological quality of groundwater from potable water supply wells in Norwegian crystalline bedrock aquifers. Doktor Ingeniør thesis 2005:99. Department of Geology and Mineral Resources Engineering, NTNU, 153 p and appendices.

Gaut, S. 2009. Naturlige avsetninger som rensemedium. Hvilke mekanismer gjør at tilstrekkelig oppholdstid i umettet sone utgjør 2 hygieniske barrierer? Innlegg på fagtreff i Norsk Vannforening 10. november 2008. VANN 1 2009, side 116-124.

Gaut, S. 2010 Verktøy for vurdering av vannkilden som hygienisk barriere. Grunnvann i fjell. NGU rapport 2008.060, 20 sider.

Gundersen, P. & Gaut, S. 2005. Grunnvann, del II. VA bulletin, nyheter og notiser nr. 4, NORVAR BA, 12-13.

Helse- og omsorgsdepartementet, 2001: Forskrift 4. desember 2001 nr. 1372 om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften). <http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2001-12-04-1372>

Hem, L., Eikebrokk, B., Røstum, J., Weideborg, M. og Østerhus, S. 2008. Vannkilden som hygienisk barriere. Norsk vann rapport B10-2008.

Miljødirektoratet 2015. Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015. Miljødirektoratet M-406/2015.

NS 3056:2012. krav til borede brønner i berg til vannforsyning og energiformål.

Okkonen, J. & Kløve, B. 2010. A conceptual and statistical approach for the analysis of climate impact on ground water table fluctuations patterns in cold conditions. *Journal of Hydrology*, 388(1-2),1-12.

Storrø, G., Gaut, S., Sivertsvik, F., Gundersen, P., Sørdal, T. og Berg, T. 2006. kvilaitet av borebrønner i fjell – video-inspeksjon av brønnutforming. NGU rapport nr. 2006.031.

Wong W.K., Beldring S., Engen-Skaugen T., Haddeland I. & Hisdal H. 2011. Climate change effects on spatiotemporal patterns of hydroclimatological summer droughts in Norway. *Journal of Hydrometeorology* 12: 1205-1220.