

Til: **Skagerak Energi**

Fra: **Norconsult AS v/ Joseph Allen og Kevin J. Tuttle**

Dato: 26.11.2008, 1. rev. 12.01.2009

SAULAND KRAFTVERK KONSEKVENsutREDNING OM GRUNNVARME

SAMMENDRAG

Problemstilling

I dette notatet vurderes hvilke konsekvenser en utbygging av Sauland kraftverk vil ha for potensielle, åpne grunnvarme systemløsninger. Eventuelle endringer en utbygging kan ha for uttakskapasitet og temperatur i grunnvannet, samt grunnvannets innhold av mineraler jern, mangan og kalsium vurderes. Åpne løsninger er forholdsvis komplekse og dyre, og egner seg best til større installasjoner med høyt energibehov. Anslagsvis trengs det minst 5-10 l/s, for at et slikt system skal være drivverdig.

Andre systemløsninger som lukkede systemer blir ikke påvirket av en utbygging og utredes ikke.

Situasjonsbeskrivelse

Områder med løsmasseavsetninger som kan være egnet til grunnvarme ligger i forbindelse med Hjartdøla mellom Hjartsjø og foreslått utløp til turbinvann nedenfor Omnesfossen, samt den nedre del av Skogsåa ved utløpet til Hjartdøla. Avsetningene er lite undersøkt for løsmassesammensetning og potensial for grunnvannuttak med unntak av området rundt Sauland vv. Sauland vv består av to grunnvannsbrønner med filterdybde fra 14 til 26 m, og med dimensjonerende uttak på ca. 11 l/s.

Det er to mulige måter en utbygging kan påvirke grunnvarmepotensialet: 1) lavere vannstand i elvene som forplanter seg til grunnvannet og forårsaker en senkning av grunnvann og endringer i temperatur og grunnvannskjemi, og 2) lekkasje til nærliggende vanntunneler som senker grunnvann i fjell med redusert mating til løsmasseavsetninger som følge.

Konsekvenser

Den forventede reduksjon i grunnvannstand vil ikke være av betydning for potensialet for uttak av grunnvarme. Lavere vannstand i elvene kan forårsake en viss senkning i grunnvann, men avsenkningen vil skje i umiddelbar nærhet av elva og avta raskt med avstand fra elva. Det anses som lite sannsynlig at eventuelle endringer i grunnvannstanden vil ha noen betydning for avsetningens totale uttaks- og grunnvarmepotensial.

Det ventes heller ikke endringer i temperatur og/eller mineralinnhold i grunnvannet som vil ha nevneverdig konsekvenser for uttak av grunnvarme.

Tiltak

Foruten avsetningen ved Sauland vannverk er det svært lite informasjon om områdets løsmasse- og grunnvannsforekomster. Innhenting av bedre underlagsdata bør derfor vurderes. Det bør først og fremst omfatte en bedre overvåkning av eksisterende anlegg ved vannverket, men etablering/overvåking av flere borepunkter bør også vurderes.

For å redusere virkningen en redusert vannføring i Hjartdøla vil ha på grunnvannsmagasinet, bør en vurdere å etablere terskler i elva. Det er særdeles viktig å vurdere forholdet ved Sauland vv.

Avløpstunnelen bør tettes slik at en unngår uakseptabel avsenkning av grunnvann i fjell.

INNLEDNING

Skagerak Kraft AS (SK) planlegger i samarbeid med Notodden Energi AS og Tinfos AS å bygge Sauland kraftverk i Sauland i Hjartdal, Telemark. En eventuell utbygging vil utnytte fallene fra Hjartsjø og Sønnlandsvatnet til nedstrøms Omnefossen (Figur 2).

Som en del av evalueringsprosessen er SK pålagt å utrede konsekvenser en utbygging vil ha mht. en rekke fagområder, bl. a. hydrologi og hydrogeologi (grunnvann). I et brev til NVE datert 30.06.2008 ber Hjartdal kommune om at den hydrogeologiske evalueringen utvides til å inkludere en utredning om energipotensialet i grunnvannet (heretter kalt grunnvarme), og hvordan dette potensialet kan bli påvirket av en utbygging.

Problemstillingen omhandlet i dette notatet gjelder grunnvarme fra grunnvann i løsmasser, såkalte åpne systemløsninger hvor grunnvannet pumpes opp, brukes "direkte", og slippes ut som returvann (se Figur 1). Slike løsninger kan ha stort potensiale for uttak av energi, og brukes gjerne i større sammenhenger med høyt energibehov. Andre systemløsninger som åpne løsninger basert på grunnvann i fjell og lukkede løsninger er ikke aktuelt her. Det er for lite grunnvann i fjell for å bruke det i åpne løsninger, og lukkede løsninger, som i Norge er basert utelukkende på grunnvann i fjell, vil ikke bli påvirket nevneverdig av en utbygging. Grunnen er at en endring i grunnvannstand her blir små i forhold til dybde på borehull i fjell, som er normalt 100m eller dypere.

Forut for en evaluering er det viktig å være klar over at åpne løsninger, i forhold til lukkede løsninger, både er mer komplekse og dyrere, og egner seg normalt til installasjoner med relativt store energiutgifter, og ikke til mindre, private applikasjoner. Det er usikkert om det er, eller om det i fremtiden vil etableres applikasjoner med et energibehov tilstrekkelig til å gjøre en åpen løsning interessant.

For åpne løsninger basert på grunnvann fra løsmasser er det tre forhold som kan bli påvirket av en utbygging, og som blir drøftet i dette notatet:

- 1) en endring i uttakskapasitet av grunnvann
- 2) en endring i temperatur
- 3) en endring i vannkvalitet.

Utredningen presentert i dette notatet baserer seg på en rekke fagtemarapporter og notater, samt kart og informasjon om geologi, hydrogeologi og hydrologi som er å finne på internett hos ansvarshavende fagetater. Viktigste kilder er som følger:

- Fagrapport Hydrologi (Norconsult, 2008).
- Fagrapport Hydrogeologi (Norconsult, 2008).
- Sauland vannverk grunnundersøkelser (Eckholdt E. Wahl S., 2004) og "Prøvepumping av brønn 2". (Eckholdt, 2005).
- Virkninger på vanntemperatur- og isforhold (NVE, 2008).
- Websiden til Norges geologiske undersøkelser (www.ngu.no), Geologiske og hydrogeologiske kart og info.
- Websiden til Norges vassdrags- og energivesen (www.nve.no). Hydrologiske kart og info.

GRUNNVARME OG ÅPNE LØSNINGER

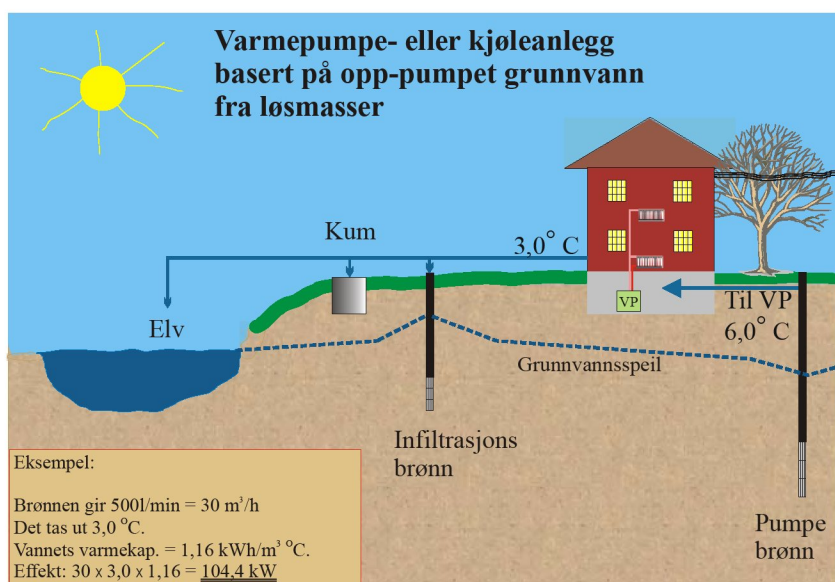
Grunnvarmen er betegnelsen på energi lagret i grunnen, dvs. under bakken. Energien kommer fra soloppvarming og/eller geotermisk energi fra jordas indre. Den kan tas ut fra fjell, løsmasser og jord, hvor jord angir de øvre meterne i løsmassene. Potensialet fra jordvarmen blir ikke påvirket av utbyggingen og omtales ikke mer i dette notatet.

Utnyttelsen av energien til grunnvarmen kan skje enten ved varmeveksling med en varmpumpe, eller gjennom direkte utnyttelse av varmen eller kulden, f. eks. ved frikjøling hvor grunnvannet kan brukes direkte til luftkondisjonering av bygg.

Grunnvarmen deles gjerne i to typer av systemløsninger: åpne og lukkede løsninger. Grunnvarmen i dette notatet omhandler åpne systemløsninger fra løsmasseavsetninger.

En åpen løsning er vist i Figur 1. Generelt er åpne løsninger både mer komplekse og dyre, og egner seg best til større installasjoner med høyt energibehov. Anslagsvis trengs det minst 5-10 l/s for at et slikt system skal være drivverdig. Ulemper med å forbruke grunnvann på denne måten kan være:

- **Uttakskapasitet.** Man er avhengig av en avsetning med stor uttakskapasitet.
- **Vannkvalitet.** Grunnvann kan inneholde ioner/mineraler, f. eks. jern, mangan, kalsium og magnesium, som kan felles ut under anleggsdrift og forårsake belegg og gjentetting av rør, varmepumpe og infiltrasjonsbasseng.
- **Returvann.** Normalt stilles det krav til at det oppumpede vannet skal føres tilbake til grunnvannsmagasinet, såkalt re-infiltrasjon. Re-infiltrasjon av grunnvannet som er kaldere (eller varmere) enn det som er pumpet opp, og som kan være mineralinnholdig, er en relativ vanskelig prosess og må utformes med nøyaktighet. Dette er et kompliserende og fordyrende ledd i åpne løsninger.



Figur 1 Åpenløsning: Grunnvann fra løsmasse med retur enten til elv eller avsetning. (kilde: NGU)

Utnyttbar energieffekt fra grunnvann uttrykkes som følger:

$$Effekt (kW) = C_{H2O} \times Q \times \Delta T, \text{ hvor}$$

$$C_{H2O} = \text{spesifikk varmekapasitet av vann,} = 4,2,$$

$$Q = \text{uttak av grunnvann i l/sekund, og}$$

$$\Delta T = \text{utnyttbar temperatur av grunnvannet}$$

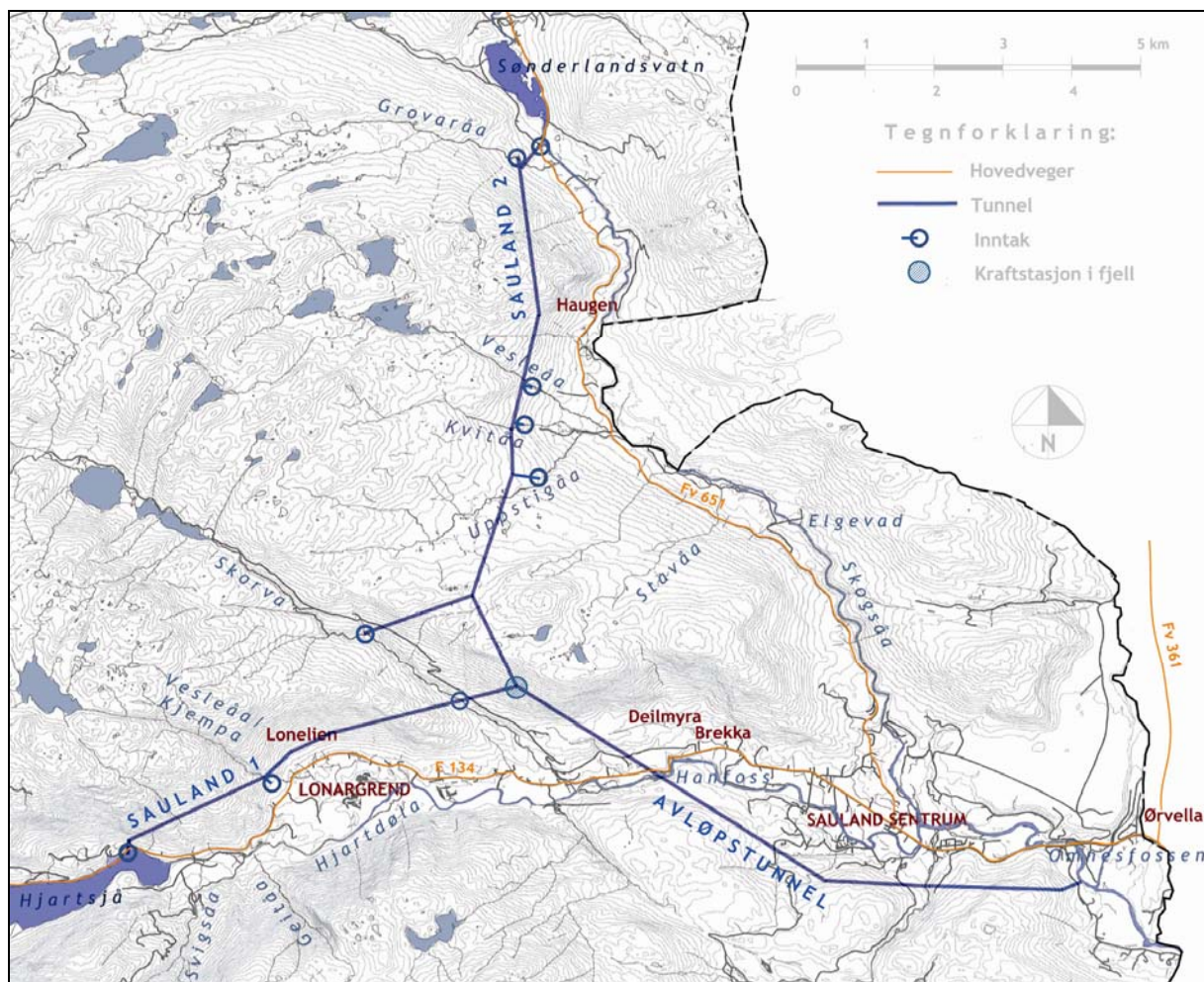
En ΔT på 3 grader gir 12,6 kW pr. l/s oppumpet grunnvann, eller 1 088 kW/døgn i en brønn som gir 1 l/s kontinuerlig.

For frikjøling kan man regne med høyere utnyttelsesgrad, minst 2 ganger effekten som er beregnet over (ref: pers. komm. Siv. Ing. Vidar Havellen, Norconsult AS).

Det er viktig å være klar over at den endelige oppnåelige effekten er avhengig av ΔT . For varmeuttak vil temperaturen i grunnvannet være begrensende for effekten. Grunnvannstemperaturen registrert i perioden mellom 01.03.2005 og 01.05.2005 ved Sauland vv er målt til mellom 4 og 6 °C. Dette er kanskje noe lavere enn forventet (1-2 °C), og er en mulig følge av brønnenes nærhet til elva. Dette vil bety lavere utnyttelseseffekt enn om grunnvannet var 8 °C. Ved frikjøling vil returtemperaturen (se fig. 1) av det utnyttede vannet være begrensende. Dersom returvannet skal ledes tilbake til grunnen (istedenfor til et overflatevann), må returtemperaturen være lavere og effekten blir redusert.

SITUASJONSBEKRIVELSE

Utbyggingsprosjektet Sauland kraftverk er vist i Figur 2. Det berører Hjartdal- og Tuddalsvassdraget som er en gren av Skiensvassdraget. Hjartdal- og Tuddalsvassdraget har samlet et nedbørfelt på ca. 1000 km² og har utløp i Heddalsvatn ved Notodden. De berørte hovedelvestrekningene er Hjartdøla og Skogsåa. Samløpet mellom de to vassdragene er ved Åmot/Sauland i Hjartdal kommune. Midlere vannføring ved utløp Heddalsvatn er ca. 25 m³/s.



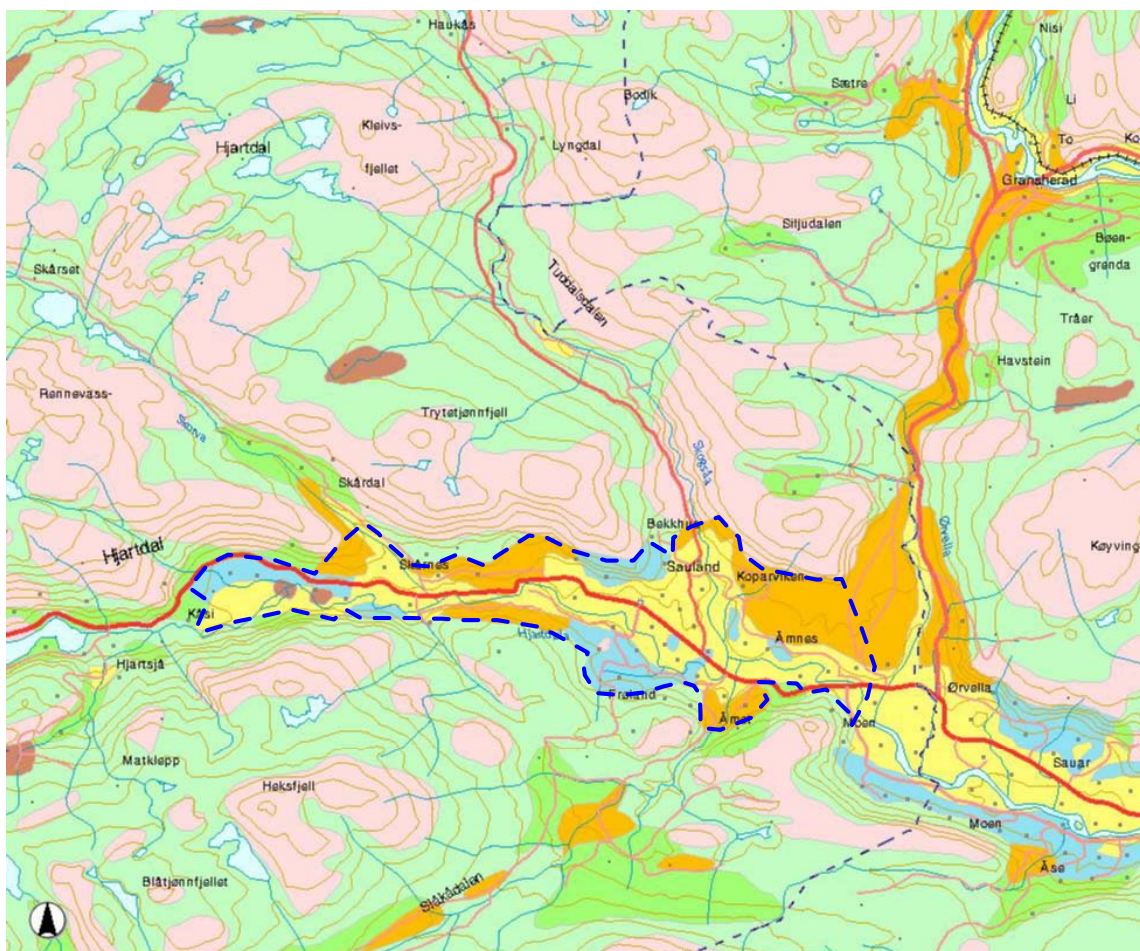
Figur 2 Prosjektområdet Sauland Kraftverk.

HYDROGEOLOGI OG HYDROLOGI

Geologi, hydrogeologi og hydrologi er kort beskrevet i seksjonen under. Løsmasseavsetning ved elvestrekninger Hjartdøla og Skogsåa hvor grunnvannet kan bli påvirket av utbyggingen er vist i Figur 3, omringet med en blå stiplet linje.

Avsetningstyper etter farge fra kartet er gitt under. De yngste, eller overliggende avsetningene gis først.

Elvavsetning	Gul
Marinleire	Blå
Breelavsetning	Oransje
Morene	Grønn (lys - tynn og mørk - tykk)
Fjell	Rosa



Figur 3 Løsmasseavsetninger ved Hjørdøla og Skogsåa hvor grunnvann kan bli påvirket (omringet - blå stiplet linje), Sauland Kraftverk

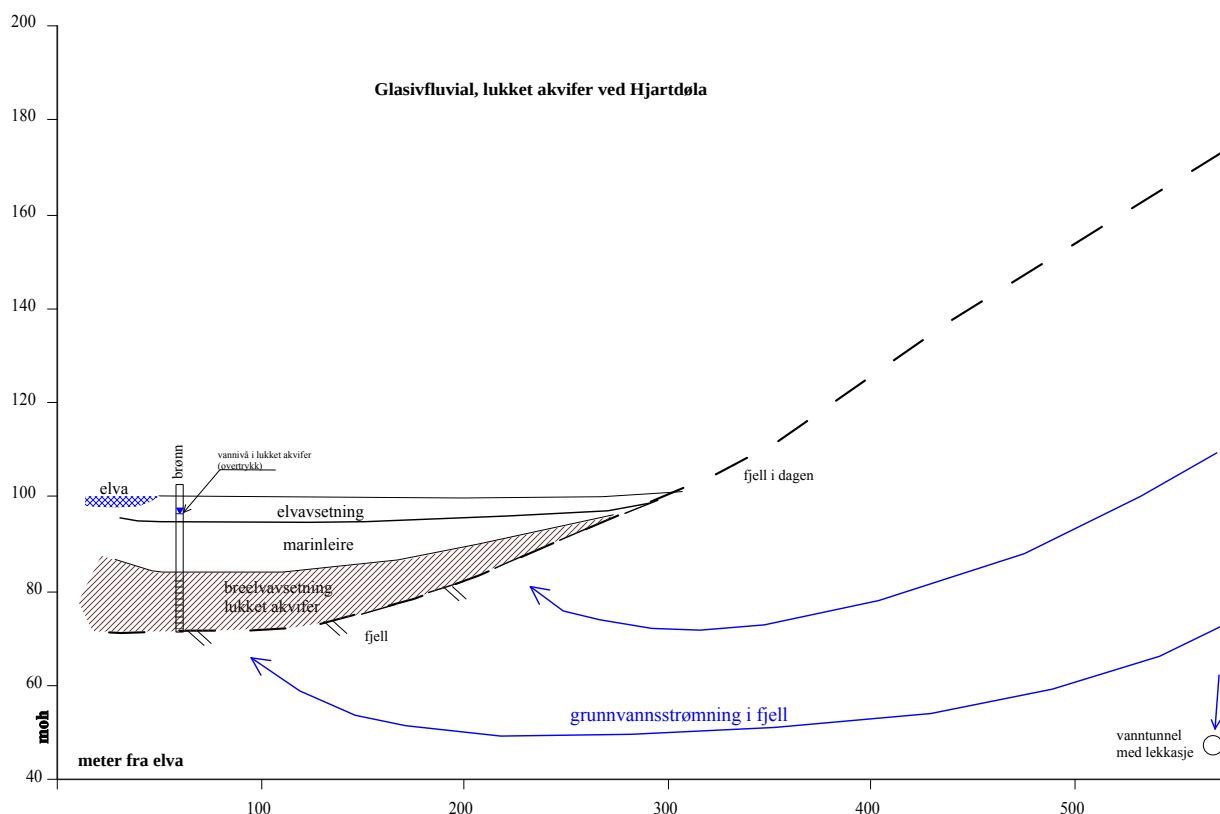
Løsmasseavsetninger egnet til grunnvannsuttak og grunnvarme med åpne løsninger er kvartære sedimenter avsatt ved slutten av og etter den siste istiden (ca. 10-12000 år siden). De bærer preg av isens tilbaketrekking, havets inntrengning og landhevingen som fant sted da isen smeltet. Typisk avsetningsmønster i området er morene og glasifluvialt (isbreevl) materiale over fjell, overlatt marine sedimenter og fluviale materialer avsatt etter landhevingen. Det er først og fremst glasifluviale materialer (oransje farge) som er grovest og utgjør det største potensialet for vannuttak og grunnvarme, men også fluviale materiale kan stedvis ha brukbare vanngiverevner.

Berggrunnen i det aktuelle området består for det meste av finkornet granittisk gneis med kvartsitt og kvartsskifer i den nordlige delen (nordlige Tuddalsdal). Dette er fjelltyper som normalt ikke er forbundet med større uttakspotensiale (f. eks. $> 0,1$ l/s) for grunnvann. Åpne systemløsninger basert på grunnvann fra fjell vil derfor være lite aktuelt.

Grunnvannsmagasiner som kan utnyttes til grunnvarme kan deles i to typer: 1) et dypere, lukket grunnvannsmagasin som har et impermeabel overlag, og 2) et åpent magasin som er overlatt permeable masser og har hydraulisk (strømnings) kontakt med elva. De er beskrevet under og illustrert i Figur 4 og Figur 5.

Lukket akvifer

En lukket akvifer av den typen som Sauland vannverk tapper består av glasifluviale avsetninger som er dekket av marin leire og stedvis med elvavsetning. Løsmassetykkelsen ved vannverket er målt til 30 m, men kan variere i området. Slike akviferer vil ofte ha grunnvann som er under trykk og over akviferens øvre begrensning (se grunnvannstand i brønnen i Figur 4). Elvens påvirkning på grunnvannstanden kan forventes å være mindre direkte enn ved åpne akviferer (se neste seksjonen). Effekten av en endring i elvens vannstand kan bli både mindre og noe forsinket.

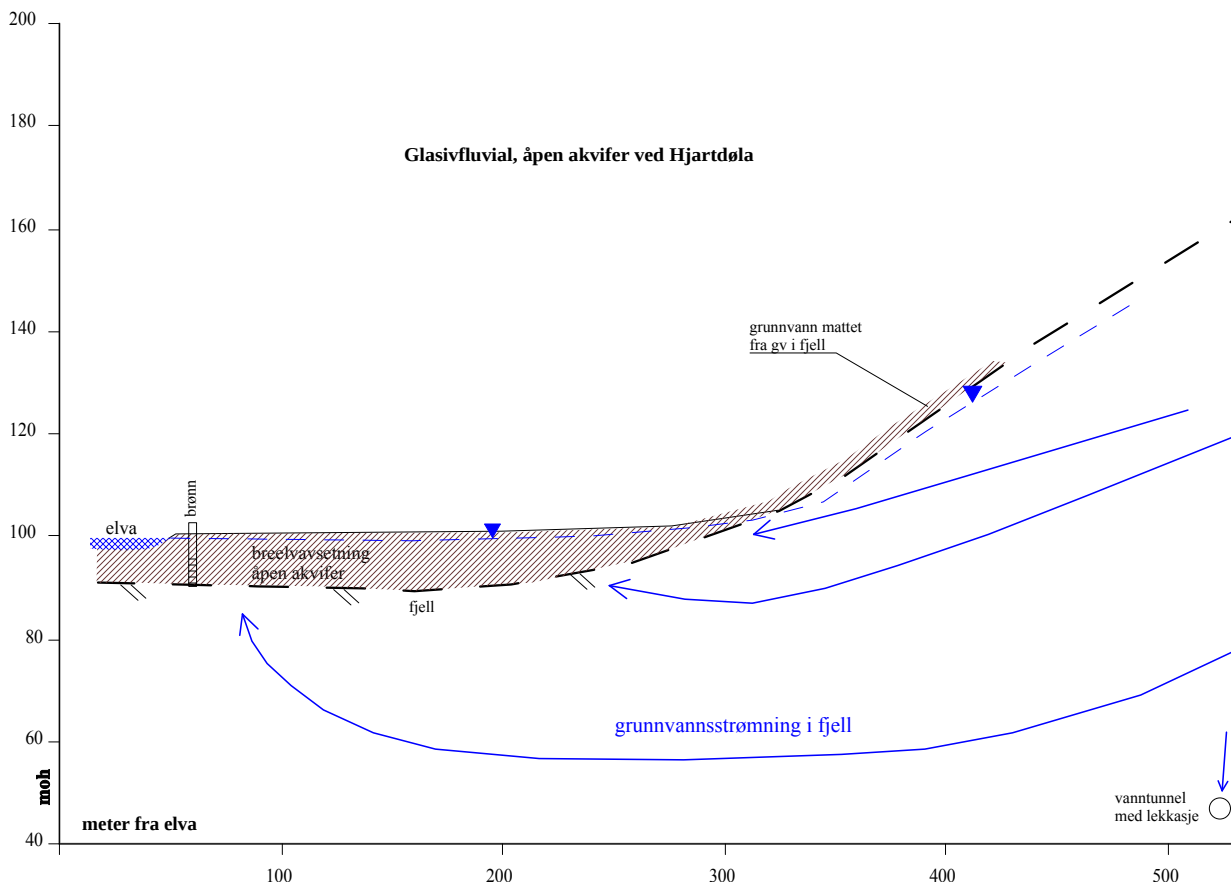


Figur 4 Lukket grunnvannsmagasin (akvifer) ved Hjartdøla, (av den typen som Sauland vannverk tapper). Vanntunnelen er illustrativ og vertikalplassering stemmer ikke med planer.

Åpen akvifer

En åpen akvifer er vist i Figur 5. I prosjektområdet består slike akviferer av glasifluviale avsetninger, men kan også bestå av elvavsetninger (fluviale) i enkelte områder hvor denne avsetningen er tilstrekkelig grov for å tillate uttak. I områder hvor glasifluviale materialer ligger øverst er marinleiren blitt erodert bort.

Endringer i elvens vannstand kan forventes å påvirke grunnvannstand mer og raskere i en slik akvifer enn en lukket.



Figur 5 Åpen akvifer ved Hjartdøla og nedre seksjon av Skogsåa. Vanntunnelen er illustrativ og vertikalplassering stemmer ikke med planer.

Infiltrasjon

Grunnvann i løsmasse kan mates fra tre kilder: 1) infiltrasjon fra nedbør og snøsmelting, 2) infiltrasjon fra elvene, og 3) tilsig fra vannførende sprekkesoner i fjell oppstrøms løsmassene. Infiltrasjon av elvevann vil hovedsakelig skje hvor brønner er i drift og grunnvann er i en avsenket tilstand. Infiltrasjon fra nedbør og snøsmelting vil ikke bli påvirket av en utbygging, mens infiltrasjon fra elva og tilsig fra grunnvann i fjell kan bli påvirket av en utbygging.

KONSEKVENSVURDERING

Som nevnt tidligere, så er det tre forhold i grunnvannet som kan påvirke potensialet for utnyttelse av grunnvarme.

1. Endring i grunnvannstand og uttakskapasitet
2. Endring i grunnvannstemperatur
3. Endring i grunnvannskjemi

Forhold 1 og 2 har direkte innvirkning på de energimengder (se ligning v/ Figur 1) en kan få ut av grunnvannsmagasinet, mens forhold 3 vil påvirke drift av grunnvarmeanlegget, herunder brønn/pumpeanlegg, varmeveksler og infiltrasjonsopplegg (tilbakeføring av returvann til avsetningen).

Endringer i grunnvannstand og uttakskapasitet

En utbygging kan endre/senke grunnvannstanden og redusere uttakskapasiteten i en akvifer på to måter:

1. En reduksjon i vannstand i Hjartdøla og Skogsåa som forplanter seg til grunnvannet
2. Lekkasje til vanntunneler som forårsaker en senkning av poretrykk på grunnvann i fjell med redusert mating til løsmasseavsetninger som følge.

Reduksjon i vannstand i elver

Endringer i vannføring og vannstand i elvene som en følge av en utbygging er blitt utredet i flere fagrapporter. Tabell 1 viser forventede reduksjoner i vannføring og i vannstand som gitt i hydrogeologi fagrapporten.

Tabell 1 Reduksjon i vannføring og vannstand som en følge av utbygging av Sauland kraftverk (estimert ved elvenes samløp ved Åmot)

Elva	Reduksjon i vannføring	Reduksjon i elvas vannstand
Hjartdøla	fra 15,88 til 2,3 m ³ /s, 85,5 % red.	37 - 57 cm
Skogsåa	5,74 m ³ /s til 1,87 m ³ /s, 67,4 % red.	14 - 34 cm

Reduksjon i elvas vannstand representerer den største reduksjonen som en kan forvente i grunnvannet i umiddelbar nærhet til elva. Senkningen vil være størst helt inntil elva, men vil avta med avstand fra elva. I grove løsmasser som er egnet til uttak til grunnvarme vil denne effekten avta raskest. Erfaringer med avsenkning i brønner tilsier at effekten blir relativ ubetydelig med avstand fra elva. Ved 10 m fra elva kan effekten ha kommet ned under 10 cm eller lavere.

I brønn 2 ved Sauland vannverk vil en grunnvannssenkning på 10-20 cm neppe ha noen effekt på vannuttak fra brønnen. I praksis vil en reduksjon av 10, 20 eller 50cm bety lite for en slik brønn. Normalt driftes brønner med sikkerhetsmargin, dvs. at all tilgjengelig avsenkning ikke benyttes.

Brønn 2 Sauland vv (dybder er fra brønntopp).

Brønnfilter:	24 - 26m
Laveste tillatt senkning (teoretisk)	23m
Grunnvannstand (22.02.05):	4 m
Tilgjengelig avsenkning:	19 m (23 - 4m)
Avsenkning under drift (11 l/s)	14 m

Det konkluderes med at grunnvann i løsmasser som er egnet til uttak for grunnvarme kan bli senket som følge av lavere elve-vannstand og grunnvannstand i fjell (som mater løsmasser). Effekten vil imidlertid ikke bli særlig stor, og ved behov vil dette kunne dempes med avbøtende tiltak.

Lekkasjer til vanntunneler

Løsmasser som kan være utnyttbare mates fra grunnvann i fjell (se Figur 4 og Figur 5). En senkning av grunnvannstanden her vil føre til en reduksjon i strømming til løsmassene og dermed en reduksjon i grunnvannstand. Avløpstunnelen går i fjell og vil med ukontrollert lekkasje ha potensiale til å påvirke grunnvann i løsmasser. Det er størst risiko for påvirkning der avløpstunnelen krysser Hjartdøla, og ved Sauland sentrum der tunneler går forholdsvis nære Hjartdøla.

Vi tror ikke at en slik effekt vil være særlig stor. Det finnes imidlertid ikke grunnlag for å vite hvorvidt en gitt tunnellekkasje vil slå ut på grunnvann i fjell og forplante seg til grunnvann i løsmasse. Det antas at risikoen for senkning av grunnvannet bør kunne reduseres til et akseptabelt nivå forutsatt tilstrekkelig tetting i avløpstunnelen (f. eks. tunnellekkasje som ikke overstiger 10 l/s pr. 100m tunnel).

Endring av grunnvannstemperatur

Grunnvannstemperaturen sammen med uttakskapasitet avgjør energipotensialet i en energibrønn, hvor varmere vann er å foretrekke om vinteren og kaldere vann er å foretrekke om sommeren. Grunnvannstemperaturen i en produksjonsbrønn vil være et produkt av hvilket vann brønnen trekker på. Brønner relativt nær elvene kan påvirkes av elvens temperatur.

Ved en utbygging vil vannføringen i Hjartdøla reduseres kraftig. Lavere vannføring vil raskere oppnå temperaturlikevekt med omgivelsene. Dette vil bety kaldere vann i elva om vinteren, og muligens noe varmere vann om sommeren. Det er ikke forventet temperaturendring i Skogsåa (se NVE, 2008). Samtidig kan lavere vannstand i elva bety mindre strømming fra elva til f. eks. en pumpende energibrønn, altså mindre påvirkning fra overflatevann. Disse to forholdene motvirker hverandre slik at det er usikkert om det blir noen betydelig nettoeffekt.

Det konkluderes med at det ikke forventes større endringer i grunnvannstemperatur som en følge av utbyggingen.

Endring av grunnvannskjemi

Mineraler som jern, mangan og kalsium kan ha driftsbetydninger for et grunnvarmeanlegg, og spesielt for et anlegg hvor returvannet må tilbake i bakken. I utgangspunkt ønskes det et vann med lavt mineralinnhold (bløtt vann). Grunnvannet ved Sauland vannverk har ledningsevne mellom 200 og 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, noe som betegnes som middels hardt, ikke helt optimal.

En eventuell endring i grunnvannskjemi vedrører kun områder nær elvene hvor elven kan mate (og påvirker kjemisk) en pumpende brønn. Med lengre avstand fra elvene vil matingsmønsteret være stabilt både før og etter en utbygging. Det er to forhold som kan være med å endre vannkjemien i en produserende brønn:

1. Endring i vannkjemi matende vann (elva eller grunnvann oppstrøms)
2. Endring i eksisterende matingsfordeling mellom elva og grunnvannet

Det er ikke forventet endringer i vannkjemien i elva eller i grunnvannet. Eventuell endring i matingsfordelingen til en brønn som står nære elva er usikker, men det er mulig at mating fra elva (til en pumpende brønn) kan bli noe redusert. Det anses likevel som usannsynlig at dette vil ha nevneverdige konsekvenser for drift av et grunnvarmeanlegg.

Sannsynligheten for at det skal skje en endring i grunnkjemien anses å være liten og den begrenser seg til områder som ligger tett inntil elvene.

AVBØTENDE TILTAK

Ved en senere utbygging bør noen avbøtende tiltak vurderes. Tiltakene sammenfaller stort sett med den hydrogeologiske fagrapporten (Norconsult, 2008).

1. Det eksisterer svært lite underlagsdata om områdets grunnvannsforekomster. Vi anbefaler derfor at det vurderes en styrkning av eksisterende dataunderlag på følgende måte: a) Det igangsettes en mer omfattende overvåkning av det eksisterende anlegget ved Sauland vv, og b) supplerende undersøkelser / overvåkning i andre områder hvor løsmassesammensetning og grunnvannskapasitet vurderes.
2. For elvestrekninger / avsetninger som er verdifylt eller spesielt utsatt bør det vurderes etablering av terskler i elvene for å opprettholde vannstand i elvene. Dette vil være med på å redusere grunnvannssenkning.
3. Man bør være innstilt på å tette vanntunneler i tilstrekkelig grad slik at uakseptable lekkasjer som kan forårsake senkning av grunnvannet i fjell ikke forekommer.

Sandvika, 27. januar 2009

Joseph Allen
Senior Hydrogeolog
Norconsult AS

Kevin J. Tuttle
Senior Hydrogeolog
Norconsult AS

REFERANSER

BRUK AV GRUNNVARME TIL OPPVARMING AV ENEBOLIGER OG NÆRINGSBYGG.- Barrierer og muligheter. NTNU 2002. Arne Petter Krogstad, A. P., Elshaug, K. , Bringaker, K. Stensland, K.

Norconsult (2008) Rapport fagtema hydrogeologi, konsekvensutredning Sauland kraftverk

Norconsult (2008) Rapport fagtema hydrologi, konsekvensutredning Sauland kraftverk

Norges vassdrags- og energidirektoratet (NVE). Sauland kraftverk. Virkninger å vanntemperatur- og isforhold.

Eckholdt, E. (2005) Prøvepumping av brønn 2. Forslag til områdebeskyttelse. Hjartdal Kommune

Eckholdt, E., Wahl, S. (2004) Sauland vannverk. Grunnundersøkelser høsten 2004, Hjartdal kommune

Eckholdt, E. (2002) Ørvella vannverk - Forslag til beskyttelse av grunnvannsforekomst, Hjartdal Kommune, Telemark. VRL46_2007_014 (NGU)

Bjørnson G, Lind, O. (1999) VANNKVALITET OG FORURENSNING, Naturfaglige undersøkelser i forbindelse med planlagt bygging av Omnesfossen kraftverk i Hjartdal kommune

Klempe, H. Ragnhildstveit, J. (1991) Grunnvann i Hjartdal Kommune. 91.076 (NGU)

Huseby, S. (1979).Rapport etter undersøkelser vedrørende grunnvannsmuligheter for tettstedet Sauland i Hjartdal kommune. 0-78099 (NGU)

Fylkesmannen i Telemark (1978), Utslippstillatelse fra Sauland til Hjartdøla

Huseby, S. (1978) Rapport etter undersøkelser vedrørende grunnvannsmuligheter for tettstedet Tuddal i Hjartdal kommune. 0-76301 (NGU)

Bryn, K. Ø. (1970) Sauland vannverk. HY-00328 (NGU)
