


NGU Rapport 2006.096

Klausulering rundt løsmassebrønner -
oppsummering forprosjekt

Rapport nr.: 2006.096		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Klausulering rundt løsmassebrønner - oppsummering forprosjekt			
Forfatter: Sylvi Gaut		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke:		Kommune:	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 25 Kartbilag:	Pris: 45,-
Feltarbeid utført:	Rapportdato: 31.01.2007	Prosjektnr.: 314700	Ansvarlig: 
Sammendrag:			
<p>NGU startet i 2006 opp prosjektet "Klausulering rundt løsmassebrønner". Denne rapporten inneholder en oppsummering av forprosjektet gjennomført i 2006 og en fremdriftsplan for hovedfasen som skal gjennomføres i 2007 og 2008.</p> <p>Prosjektets mål er å bedre forståelsen av grunnvannsstrømning, infiltrasjon/nydannelse og grunnvannets faktiske oppholdstid i løsmassene for å kunne fastlegge grensene for områdebeskyttelse. Et viktig delmål er å revidere GiN-veileder nr 7 "Beskyttelse av grunnvannskilder".</p> <p>For at prosjektet også skal ha mest mulig nytteverdi er det tatt kontakt med både Mattilsynet som godkjenningsmyndighet, vannverksbransjen og konsulenter for å høre om de har innspill i forhold til prosjektets innhold. Tilbakemeldingene viser et klart behov for revidering av GiN-veilederen. En revidert veileder må ta for seg hvilke og hvor grundige (omfanget) undersøkelser som bør gjennomføres i forbindelse med etablering av sikringssoner rundt grunnvannsanlegg.</p> <p>Gjennom forprosjekt i 2006 er det gått igjennom en del eksisterende litteratur vedrørende klausulering og sårbarhetskartlegging. Det er også gjort en vurdering av hvor mange grunnvannsverk registrert i vannverksregisteret som har etablert arealklausulering. Resultater herfra viser at om lag 2/3 av vannverkene basert på borebrønner i løsmasser har klausulering. De fleste har 2-3 soner + brønnsonen, mens noen få bare har markert et areal i kommuneplan/arealplan.</p> <p>Målet med hovedfasen av prosjektet er å kunne få en større forståelse av hva som er viktig/viktigst i forholdt til beskyttelse av grunnvannsbrønner i løsmasser. Hvilke feltundersøkelser er nødvendig og hvilken fremgangsmåte bør benyttes ved etablering av klausuleringssoner? Foreløpig er det valgt ut et undersøkelsesområde ved Svean i Klæbu, der NGU har arbeidet tidligere, og hvor det nå arbeides med å utvikle en konseptuel grunnvannsmodell for å se hvilke tilleggsundersøkelser som er nødvendig for å etablere en numerisk modell. I tillegg vil det bli valgt ut ett til to ekstra områder, hvor av ett bør være for et nedbørsinfiltrert grunnvannsmagasin.</p>			
Emneord: Hydrogeologi	Vannverk	Beskyttelse	
Grunnvann	Sikringstiltak		
		Fagrapport	

INNHOLDSFORTEGNELSE

1.	Innledning.....	4
1.1	Bakgrunn, behov og nytteverdi	4
1.2	Mål	4
1.3	Opprinnelig prosjektbeskrivelse.....	5
1.4	Brukerkontakt.....	5
1.5	Publisering.....	5
1.6	Tidsplan.....	6
2.	Litteraturstudie – beskyttelse av grunnvannskilder.....	6
2.1	Bruk av klausuleringssoner utenfor Norge.....	7
2.2	Bruk av klausuleringssoner i Norge	7
2.2.1	Dagens praksis.....	8
3.	60 døgns grensen.....	9
3.1	Mikrobiologisk grense.....	9
3.2	Andre stoffer	9
4.	Nærmere beskrivelse av brukerkontakt.....	10
4.1	Kontakt med Mattilsynet og Folkehelseinstituttet	10
4.2	Kontakt med vannverk	11
4.3	Kontakt med NVE.....	11
4.4	Kontakt med konsulenter	12
4.5	Kontakt med NTNU og NORVAR	12
4.5.1	Institutt for geologi og bergteknikk.....	12
4.5.2	NORVAR og Institutt for vann- og miljøteknikk	13
5.	Utvelgelse av områder for hovedfasen.....	14
6.	Fremdriftsplan hovedfasen.....	16
6.1	Karakterisering av grunnvannsmagasinet	16
6.1.1	Geofysiske metoder.....	17
6.1.2	Anbefalte undersøkelser Svean	17
6.2	Samspillet overflatevann – grunnvann	18
6.3	Minste nødvendige datagrunnlag (for konsekvensutredning).....	18
6.4	Revidert veileder	18
7.	Referanser.....	18

VEDLEGG

Vedlegg 1	Referat prosjektmøte "Klausulering rundt løsmassebrønner" 20. november 2006.....	21
Vedlegg 2	Hydrogeologisk modellering Svean, Klæbu kommune.....	23

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn, behov og nytteverdi

For å oppnå en tilfredsstillende mikrobiologisk kvalitet på drikkevannet, samtidig som beskyttelsen rundt grunnvannsverket skal kunne fungere som en av to hygieniske barrierer, skal vannets oppholdstid i mettet sone være minst 60 døgn fra ytterkant av sone 1 til vannet når brønnen. Men følgende spørsmål stilles med jevne mellomrom i det hydrogeologiske fagmiljøet:

- Overholdes 60-døgnskravet ved de mange norske grunnvannverk som har produksjonsbrønner plassert nært inntil vassdrag?
- Hva med de vannverkene som benytter kunstig infiltrasjon? Har de tilstrekkelig oppholdstid på vannet eller benytter de desinfeksjon for å oppnå tilfredsstillende mikrobiologisk vannkvalitet?
- Hva med organiske og uorganiske stoffer som kan være akutt giftige, allergifremkallende, kreftfremkallende eller som kan hope seg opp i organismen og gi helseskade? Gir klausuleringssonene tilstrekkelig beskyttelse mot slike stoffer?

Svært mange grunnvannverk i Norge er plassert i nærheten av en elv for å sikre god vanntilførsel til løsmassebrønnene, og ofte ligger elva i en dal med dype dalfyllinger. NGUs prosjekt i Numedalen ved Hvittingfoss vannverk har satt fokus på følgende spørsmål: "Hvor er matningsområdet til akviferen og hvordan foregår tilstrømningen til brønnene". Stemmer det at vannet hovedsakelig kommer fra vassdrag og løsmasser nær brønnen i et hvert tilfelle? For Hvittingfoss vannverk gjør 20-30 m leiroverdekke det lite sannsynlig at vannet kommer fra elva. I stedet arbeides det nå med en hypotese om at akviferen (og brønnene) mates fra de omliggende fjellssidene. Dermed blir det også satt spørsmålsteget ved de eksisterende klausuleringssonene rundt brønnene. Er det riktig at sone 2 er plassert i dalbunnen og sone 3 oppover i fjellssidene, eller skulle det vært endret ut i fra ny viten om de hydrogeologiske forholdene? I tillegg til spørsmål rundt utbredelsen av de ulike beskyttelsessonene, er det også eksempler på mangelfull oppfølging av de pålagte arealrestriksjonene innenfor de ulike sonene.

Med bakgrunn i dette er det et klart behov for mer kunnskap om hvordan klausuleringssoner etableres rundt drikkevannsbrønner i løsmasser. Dette gjelder både etablering av sonene og hvordan arealbegrensningene overholdes og følges opp av vannverkseier. Det finnes dessverre flere eksempler fra grunnvannverk der pålagte aktivitetsrestriksjoner innenfor én eller flere soner ikke overholdes i praksis.

1.2 Mål

Prosjektets hovedmål er å bedre forståelsen av grunnvannsstrømning, infiltrasjon/nydannelse og grunnvannets faktiske oppholdstid i løsmassene for å kunne fastlegge grensene for områdebeskyttelse.

Et viktig delmål er å revidere GiN-veiler nr 7 "Grunnvann: Beskyttelse av drikkevannskilder" som ble laget i 1992. Det er ønskelig å blant annet presentere ulike undersøkelsesmetoder som kan brukes i forbindelse med fastlegging av klausuleringssoner, for eksempel geofysiske metoder.

1.3 Opprinnelig prosjektbeskrivelse

Forprosjekt

I 2006 vil det bli gjennomført et forprosjekt for å få oversikt over hvilke kunnskapsbehov Mattilsynet, Folkehelseinstituttet, vannverkseier og konsulenter har når det gjelder klausulering av grunnvannsbrønner. Dette gjelder spesielt brønner plassert nær vassdrag og ofte i en av Norges mange dalbunner.

Et litteraturstudie skal skaffe til veie informasjon om eksisterende norske grunnvannverk, både elveinfiltrerte, nedbørsinfiltrerte og de som benytter kunstig infiltrasjon. Aktuell informasjon er utbredelsen av klausuleringssoner, hvordan sonene er fastlagt (fast areal, hydrogeologiske undersøkelser, modellering), type arealrestriksjon og hvordan disse overholdes. Annen viktig informasjon er detaljer rundt brønnutforming og sikring mot direkte innsig av forurensning (overbygning, plassering). Litteraturstudiet skal også gi en oversikt over eksisterende praksis for etablering av klausuleringssoner og hvilke krav som stilles til godkjenning av vannverk i Norge i dag. I første omgang vil det derfor bli satset på de store vannverkene som er registrert i vannverksregisteret (VREG) og som har oppgitt at de har klausulering rundt vannverkets brønner.

Ut fra litteraturstudiet skal det plukkes ut aktuelle vannverk for videre studier i en hovedfase. Det vil bli foretatt en innledende modellering av de valgte områdene for å få inntrykk av hva som påvirker akviferen/infiltrasjonsområdet til brønnene, og finne hvilke parametere som er viktige (elvevannstand, topografi, løsmasser, osv.) for strømningsforholdene i akviferen. Modelleringen skal også brukes til å skaffe "grunnlagsdata" for videre testing og innhenting av informasjon i hovedfasen. Ut fra modelleringsresultatene vil det bli valgt ut ett eller flere vannverk som skal benyttes i hovedfasen. Forprosjektet vil bli rapportert og rapporten skal inneholde en fremdriftsplan for hovedfasen.

Hovedfasen

Hovedfasen skal ha oppstart i januar 2007 og er tenkt å omfatte feltundersøkelser, inkludert blant annet pumpe tester og sporstoffforsøk. Geofysiske undersøkelser vil også kunne være aktuelt. Beregning av oppholdstid, vurdering av strømningsretninger og infiltrasjonsområder vil også være sentralt. Dette vil bli gjort både gjennom en mer nøyaktig modellering av de hydrogeologiske forholdene og analytiske metoder. Hovedfasen vil så langt det er mulig ta hensyn til ønsker og behov som er kommet frem i forprosjektet.

1.4 Brukerkontakt

I løpet av 2006 er det tatt kontakt med representanter for Mattilsynet, Folkehelseinstituttet og konsulentbransjen for å avdekke deres behov for forskning på området klausulering av grunnvannsbrønner. En nærmere beskrivelse er gjort i kapittel 4.

1.5 Publisering

Resultatene fra prosjektet vil bli rapportert og publisert (artikler, veileder o.l.). I tillegg vil hovedpunkter bli presentert på internett via Grunnvann i Norge (www.grunnvann.no).

1.6 Tidsplan

Forprosjektet har foregått i tidsrommet 1.april – 31. desember 2006. Selve hovedfasen av prosjektet vil gå fra 1. januar 2007 – 31. desember 2008. En mer detaljert fremdriftsplan med milepæler er vist i kapittel 6.

2. LITTERATURSTUDIE – BESKYTTELSE AV GRUNNVANNSKILDER

Flere kongresser arrangert av (IAH) har siden 1970-tallet satt fokus på beskyttelse av grunnvann og klausuleringssoner. Emnet er også presentert i to hefter av International Contributions to Hydrogeology (Matthess et al. 1985; Verba & Zaporozec 1994). Heftene tar for seg sårbarhetskartlegging kombinert med fastlegging/konstruksjon av klausuleringssoner. Denne kombinasjonen er brukt både i USA og flere europeiske land (Verba & Zaporozec 1994; U.S. Environmental Protection Agency 1997; DoELG/EPA/GSI 1999; U.S. Environmental Protection Agency 1999).

Sårbarhetskartlegging baserer seg på at de geologiske forholdene gir en naturlig beskyttelse av grunnvannet og at noen områder er mer sårbare enn andre (Verba & Zaporozec 1994). Sårbarheten til hver homogene enhet i et område vurderes og resultatet presenteres som et sårbarhetskart. Kun relativ sårbarhet estimeres og sårbarheten bør relateres til spesifikke forurensningskilder.

Ulike metoder, alene eller i kombinasjon, brukes for å bestemme størrelsen på klausuleringssonene rundt en borebrønn (Bradbury et al. 1991; Muldoon & Payton 1993; DoELG/EPA/GSI 1999; Robinson & Barker 2000):

- Konstant radius (ved skjønn eller beregnet) – radius for influensområdet settes enten ut fra skjønn eller det beregnes ut fra brønnens kapasitet. Ved beregning antas det at akviferen tilsvare et uniformt porøst medium. Influensområdets radius (r) kan dermed beregnes ut fra følgende likning:

$$r = \sqrt{\frac{Qt}{\pi nH}}$$

Der Q er brønnens kapasitet, t er vannets oppholdstid i bakken, n er akviferens porøsitet og H er brønnens lengde.

- Analytiske metoder – Utbredelsen av klausuleringssonene bestemmes ut fra beregninger som benytter oppholdstid eller "uniform flow equation" (Todd 1980). Det antas at akviferen kan beskrives som et uniformt porøst medium.
- Hydrogeologiske kart med strømningsforhold – Informasjon om grunnvannsnivå og grensebetingelser rundt grunnvannsstrømning benyttes for å konstruere grunnvannskotekart og tegne strømningslinjer for å beregne brønnens influensområde. Grunnvannsskille benyttes som grenser for influensområde og klausuleringssonene kan fastsettes basert på oppholdstid eller "uniform flow equation".
- Oppholdstid – Vannkjemi eller isotoper benyttes for å identifisere strømningsretninger og hastigheter og minimum alder på vannet som pumpes ut kan beregnes. Metoden gir ingen beskyttelsessoner, men kan brukes i kombinasjon med de andre metodene.
- Semi-analytiske metoder
- Numerisk modellering

2.1 Bruk av klausuleringssoner utenfor Norge

I USA er det etablert et nasjonalt regelverk (the Safe Drinking Water Act (SDWA)) som ivaretar beskyttelse av drikkevannsbrønner, med unntak av private brønner som forsyner færre enn 25 personer. Under SDWA er det etablert to andre program "Wellhead Protection Program (WHPP)" og "Source Water Assessment Program (SWAP)" som har sørget for at alle stater har etablert beskyttelsessoner, registrert forurensningskilder og drikkevannets sårbarhet i forhold til disse kildene (U.S. Environmental Protection Agency 1997; U.S. Environmental Protection Agency 1999). Nærmere beskrivelse av hvordan dette er gjort med eksempler fra Wisconsin og New Hampshire er beskrevet i Gaut (2005).

Bruk av klausuleringssoner i Europa er oppsummert av Lallemand-Barrès og Roux (1989), mens en mer detaljert beskrivelse av forholdene i Irland, England & Wales og Skottland er gitt i Gaut (2005). De fleste europeiske land bruker tre beskyttelsessoner:

1. Den nærmeste sonen, normalt fra 10-50 m
2. Beskyttelsesområde definert av 50-400 dagers oppholdstid for grunnvannet fra yttergrensen frem til borebrønnen. Som oftest benyttes 50-60 dager
3. Ytre beskyttelses sone. Denne sonene defineres forskjellig fra land til land. Den tilsvarer enten tilsigsområde, en maksimumsavstand på 1-2 km eller den er tidsavhengig (400 dager til 10 år).

Noen få land bruker også en fjerde sone definert som tilsigsområde eller det ytre verneområde.

2.2 Bruk av klausuleringssoner i Norge

I Norge har man benyttet klausuleringssoner i større eller mindre grad siden tidlig på 1970-tallet. En gjennomgang av metoder for bestemmelse av sonegrenser ble gjort av Bernt Malme i hans hovedoppgave fra 1985 (Malme 1985). Oppgaven tar spesielt for seg fremgangsmåtene benyttet i Vest-Tyskland og Sveits. Gjennom hydrogeologiske undersøkelser ved vannverk i Norge prøves disse metodene ut og sammenliknes med hverandre. I tillegg vurderes anvendbarheten i forhold til en norsk akvifer. Det konkluderes med at selv små forandringer i de hydrogeologiske parameterne, som effektiv porøsitet og hydraulisk konduktivitet fører til store variasjoner i beregningene. Metodene som tar hensyn til hydraulisk gradient spriker minst i forhold til hverandre. Oppgaven viser at det er nødvendig med utvikling av metoder og framgangsmåter som kan være til hjelp ved utarbeidelse av klausuleringssoner.

Folkehelseinstituttet utarbeidet i 1987 en veileder (Folkehelsa 1987) som omhandler beskyttelse av grunnvannskilder. Inndeling i klausuleringssoner bygget på eksisterende retningsgivende normer i Norge med inndeling i 4 soner. Det ble også innført 60 døgn oppholdstid i sone 1. Det ble henvist til hovedoppgaven til Malme (1985) for bestemmelse av klausuleringssoner. Veilederen er i dag, sammen med flere andre veiledere om vannforsyning utarbeidet av folkehelsa, oppdatert og omstrukturert og finnes som "Vannforsyningens ABC" (Folkehelseinstituttet 2006). Det vesentligste tilknyttet klausulering finnes i kapittel C, som inneholder informasjon både om vannkilde, soneinndeling relatert til vannkilde, liste over forurensningstrusler og hva som bør unngås i de ulike sonene. Inndeling i soner er ikke endret siden 1987, og veilederen sier lite om hvordan utbredelsen av sonene skal fastlegges.

Gjennom programmet Grunnvann i Norge (GiN) fra 1989-1995 ble det satt fokus på å få en helhetlig strategi for forvaltning av grunnvann i Norge. Det ble særlig fokusert på mer bruk og bedre beskyttelse av grunnvann. Et viktig produkt var 13 GiN-veiledere om grunnvannsforsyning, blant annet GiN-veileder nr. 7 "Grunnvann. Beskyttelse av drikkevannskilder"

(Eckholdt & Snilsberg 1992). Denne veilederen benytter samme inndeling i klausuleringssoner som veilederen fra Folkehelsa (Folkehelsa 1987), men omhandler i tillegg mer utførlig de hydrogeologiske forholdene rundt borebrønner i fjell og gir forslag til klausulering rundt disse.

2.2.1 Dagens praksis

Det finnes pr i dag ingen enhetlig praksis i Norge i forhold til utforming av klausuleringssoner, men de fleste bruker inndelingen i klausuleringssoner som beskrevet i veilederne fra Folkehelseinstituttet og NGU. Det er ganske vanlig at to soner blir slått sammen eller at én eller flere soner splittes opp i undersoner som så får da litt forskjellige arealbegrensninger. En sammenstilling av klausuleringssonene slik de hovedsaklig praktiseres i dag og også er beskrevet i GiN-veilederen fra NGU (Eckholdt & Snilsberg 1992) og i Vannforsyningens ABC (Folkehelseinstituttet 2006) er:

- **Sone 0:** Brønnområdet. Området er inngjerdet og skal beskyttet selve brønnpunktet og tekniske installasjoner. Det har en utstrekning på 10-30 m fra brønnpunktet. Eneste aktivitet tillatt er den som er nødvendig for drift av vannverket.
- **Sone 1:** Det nære tilsigsområdet. Ytre grense begrenses av en beregnet oppholdstid for grunnvann i mettet sone på minst 60 døgn før det når fram til brønnen(e) under maksimal pumpebelastning.
- **Sone 2:** Det fjerne tilsigsområdet. Området utenfor 60 døgnsonen hvorfra grunnvann permanent eller tidvis med sikkerhet når fram til brønnen og kan påvirke vannkvaliteten.
- **Sone 3:** Ytre beskyttelsesområde eller sikringssone som omfatter:
 - eventuelle arealer som kanskje kan være en del av influensområdet
 - lokale overflatenedbørfelt utenfor sone II hvor fremtidig utbygging kan tenkes å påvirke forurensningssituasjonen i sone I og II
 - øvrige arealer hvor ulik aktivitet kan tenkes å påvirke forurensningssituasjonen i sone I og II

Størrelsen på sonene 1 og 2 har tradisjonelt blitt estimert ut fra analytiske metoder, som oftest sylindermethoden med isotrope konduktivitetsforhold der en fast radius beregnes. Modellering har etter hvert blitt tatt i bruk, og interessen for slike beregningsverktøy er økende (f.eks. Segar 1994; Segar et al. 1997; Soldal et al. 2001; Rudolph-Lund & Sørli 2002). Det er også utført prosjekter for å belyse bruken av grunnvannsmodellering som beslutningsverktøy (Heidenstrøm & Colleuille 2000; Colleuille et al. 2004b) der det konkluderes med at modelleringsverktøy er et godt verktøy for å bestemme beskyttelsessonenes utstrekning.

En numerisk modell krever derimot gode felldata fra akviferen for å gi fornuftige svar. Utarbeidelse av en pålitelig grunnvannsmodell kan derfor være tidkrevende og kostbar å utføre både i innsamling av data og oppbygging av modellen. Fordelen med en numerisk modell er at den først laget og kalibrert, kan pumpekapasitet, akviferparametere og eventuelt elvevannstand endres for å studere hvordan dette innvirker på oppholdstiden og strømningsforholdene i akviferen. Det er også mulig å simulere påvirkning fra ulike forurensningskilder.

3. 60 DØGNS GRENSEN

Kravet om 60 døgns oppholdstid (sone 1) er i første rekke definert for å ivareta en mikrobiologisk sikring av brønnområdet/oppkomme. Det vil si at vannet ikke inneholder smittestoff som kan forårsake sykdom. I tillegg til det mikrobiologiske aspektet, er det mange andre stoffer som utgjør en forurensningsfare for grunnvannet og som det i forhold til oppholdstid ikke direkte er tatt hensyn til. I stedet er det lagt restriksjoner på hvilke stoffer som er tillatt brukt/lagret innenfor de ulike sonene.

3.1 Mikrobiologisk grense

Svært mange norske grunnvannsverk er plassert nær et vassdrag. Det er også klart at flere av disse neppe oppnår minimum 60 døgns oppholdstid på vannet fra overflatevanskilden til grunnvannsbrønnen(e). På samme måte er det mange vannverk som på tross av dette har stabil og god mikrobiologisk kvalitet på vannet ut fra de retningslinjer som er gitt i Drikkevannsforskriften (Helse- og omsorgsdepartementet 2001).

På grunnlag av dette bør man vurdere hensikten med 60 døgns oppholdstid og foreta undersøkelser som kan gi svar på om man eventuelt kan redusere denne oppholdstiden. Gjennom undersøkelsene er det viktig at man vurderer smittefaren ikke bare fra bakterier og virus, men også fra andre typer mikroorganismer som parasitter.

Vurdering av 60 døgns grensen og dens gyldighet i forhold til mikrobiologisk avdødning vil ikke bli omhandlet i NGU-prosjektet "Klausulering rundt løsmassebrønner". Prosjektet vil derimot ha samarbeid med doktorstipendiat Hanne Kvitsand ved Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU. Hun har som hovedmål i sitt prosjekt "å bestemme effekten av interaksjoner mellom overflatevann og grunnvann med hensyn på mikrobiologisk vannkvalitet, samt finne nødvendig oppholdstid for vann i ulike typer løsmasser for fjerning av sykdomsfremmende smittestoffer under norske naturforhold". To viktige delmål er:

1. Bestemme hvilke fysiske, kjemiske og biologiske betingelser som har størst innvirkning på patogene smittestoffers levetid i grunnvann.
2. Bestemme hvilke løsmassetyper som er best egnet til nedbrytning av smittestoffer.

3.2 Andre stoffer

Grunnvannsakviferens sårbarhet er avhengig av overliggende jordsmonn og umettet sone. Jordforsk utførte i 1996 et forprosjekt på "Sårbarhetskartlegging av grunnvann i løsmasser" (Kværner 1996) der jordsmonnkart og jorddata ble brukt som grunnlag for sårbarhetsklassifisering og tiltaksplanlegging på selvdrenert jord. I prosjektrapporten foreligger det en oversikt over utvikling og utbredelse av grunnvannsårbarhetskart i utlandet. Flere land som Storbritannia, Tyskland og Nederland benytter jordsmonnskart og geologiske kart som basis for utarbeidelsen av sårbarhetskart. De første kartene som ble utarbeidet var oversiktskart i stor skala (f. eks. 1:1 000 000, 1:250 000), men etter hvert har blant annet Tyskland laget kart i større målestokk (f. eks. 1:25 000).

For å kunne utføre en sårbarhetskartlegging må man kjenne jordas hydrauliske egenskaper. I Norge finnes det jordsmonnskart for områder med dyrka mark og data er presentert på nettsidene til Norsk institutt for skog og landskap. De fleste kvartærgeologiske kart ved NGU

har ikke samme detaljeringsgrad, men vil kunne være nyttige til en mer generell sårbarhetskartlegging. Spesielt i områder der det ikke finnes dyrka mark.

I NGU prosjektet vil det kunne være aktuelt å benytte modellering for å simulere forurensningstransport. Kværner (1996) henviser blant annet til metoder for å simulere transport av nitrat og pesticider i jord (Willigen 1991; National Research Council (US) 1993; Crowe & Booty 1995; Styczen & Storm 1995).

4. NÆRMERE BESKRIVELSE AV BRUKERKONTAKT

For at prosjektet skal ha mest mulig nytteverdi, er det i forprosjektet tatt kontakt med ulike instanser som Mattilsynet, konsulenter og vannverksbransjen for å høre hvilke problemstillinger, erfaringer og kunnskapsbehov de har rundt klausulering av løsmassebrønner. En oppsummering av tilbakemeldingen er lagt frem i dette kapittelet.

4.1 Kontakt med Mattilsynet og Folkehelseinstituttet

Prosjektskisse ble presentert på møter med Mattilsynet og Folkehelseinstituttet i januar 2006. Som oppfølging ble brev sendt ut til begge instanser etter prosjektoppstart i april 2006.

Tilbakemelding fra Mattilsynet var:

- De vil kreve klausulering om de anser det som nødvendig
- Informasjon om restriksjoner i tilsigsområdet vil være en del av godkjenningen
- Informasjon om vannkvalitet, mektighet på løsmassene, strømningsretning og oppholdstid vil være av interesse

Etter klarering med Mattilsynets hovedkontor har enkelte distriktskontor blitt kontaktet for å innhente opplysninger om klausuleringssoner. Dessverre har distriktskontorene ofte liten informasjon om dette.

Tilbakemeldingen fra Folkehelseinstituttet er oppsummert under og samsvarer mye med det NGU selv har erfart kan skape utilfredstillende drikkevann:

- Utforming av selve brønnen, brønntoppen og nærmeste brønnområde for å hindre direkte nedsiving av overflatevann
- Sikring av at selvrensingsevnen i umettet sone i infiltrasjonsområdet ikke blir redusert eller ødelagt på grunn av fysiske inngrep, for eksempel grøfting, rørlegging, byggegroper/husbygging, masseuttak og lignende
- Plassering av forurensende eller mulig forurensende innretninger/virksomheter for nær brønnområdet. Lagring vil kunne medføre at det som lagres, kan ende opp som forurensning, jevnfør at en oljetank ikke er forurensende før den springer lekk.

Folkehelseinstituttet har bidratt med liste over vannverk i Vannverksregisteret (VREG) som benytter grunnvann fra borebrønn i løsmasser. Totalt er det 280 vannverk registrert som benytter rørbrønn i løsmasser.

4.2 Kontakt med vannverk

Vannverk registrert i VREG skal oppgi om nedbørfeltet er belagt med klausuler for å beskytte mot forurensninger. I første omgang er vannverk som har gitt bekreftende opplysning om klausulering blitt kontaktet for å klarlegge hvilken type klausulering som er innført. Tilbakemelding fra vannverkene har også avdekket at opplysningene i VREG ikke nødvendigvis er korrekte, og at vannverk som i VREG står oppført som ikke klausulert, faktisk kan være det.

Ringerunden er en tidkrevende prosess og er ikke ferdig, men kort oppsummert ser det ut til at ca 2/3 av vannverkene basert på borebrønner i løsmasser, registrert i VREG, har etablert klausulering i en eller annen form rundt grunnvannsbrønnene. De fleste har 2-3 soner + brønnsone, mens noen få bare har markert et areal i kommune- eller arealplan. Kart som viser utbredelsen av sonene er mottatt fra flere vannverk. NGU vil gjennom prosjektet sette opp en oversikt over disse og andre vannverk med klausuleringssoner, samt digitalisere klausuleringssonene.

4.3 Kontakt med NVE

NVE har ansvaret for konsesjonsbehandling av grunnvannsuttak og vassdragsregulering, og har som en følge av dette jobbet med temaet klausulering i flere år, fordelt på to FoU-prosjekter "Beskyttelse av grunnvannsanlegg" (1999-2001) og "Interaksjon grunnvann/elvevann" under forskningsprogrammet "Miljøbasert vannføring (2001-2005)". Det første prosjektet hadde som mål å utvikle standardisert metodikk for sårbarhetsvurdering av grunnvannsforekomster med spesiell vekt på bestemmelse av beskyttelsessoner rundt grunnvannsverk i løsmasser og i fjell. I følge et notat fra NVE skulle dette blant annet innebære:

- detaljundersøkelser ved to-tre grunnvannsverk (løsmasser/fjell) for demonstrasjon av egnete metoder og utvikling av undersøkelsesstrategier;
- utarbeidelse av rutiner for datainnsamling, prosessering og rapportering;
- evaluering av metodenes følsomhet og usikkerheten ved resultatene.

Opprinnelig var det ment å ha et større prosjekt i samarbeid med NGU, men prosjektet fikk ikke midler fra Norsk Forskningsråd (NFR). I stedet videreførte NVE sitt prosjekt gjennom "Miljøbasert vannføring". Gjennom dette prosjektet har NVE utført en rekke grunnvannsundersøkelser der den generelle målsetningen har vært å øke kunnskapen om samspillet mellom grunnvann og elvevann (Colleuille et al. 2005). Det er jobbet mot en bedre forståelse av de fysiske prosessene som styrer dette samspillet og utviklet en modell som kan beregne grunnvannets bidrag til elvevannføringen. Grunnvannsundersøkelser er foretatt ved to vannverk, der NGU har vært behjelpelig med å beskrive de hydrokjemiske forholdene på Rena. Metoder som er benyttet, inklusive sporstofforsøk og modellering er beskrevet i Colleuille et al. (Colleuille et al. 2004a).

Resultater fra NVE-prosjektet viser blant annet at en stor andel av grunnvannet som mater de undersøkte akviferene ikke stammer fra elva, men fra dalsidene i bakkant av vannverkene. Når vannstanden i elva øker, vil vann strømme fra elva inn i akviferen gjennom en overgangssone. Slik oppstår det en midlertidig lagring av elvevann i løsmassene ("riverbank storage"). Dette er spesielt viktig i forbindelse med flom, da denne magasineringsen vil kunne redusere flomtoppene. Lagringen kan vare fra noen dager (Colleuille et al. 2004b) til noen uker (Colleuille 2005). Prosjektet har vist at overgangssonen er en viktig del av samspillet mellom overflatevann og grunnvann, da det her foregår biologiske, fysiske og geokjemiske prosesser som er avgjørende for vannkvaliteten både i elva og akviferen. Det er også viktig å merke seg

at ikke bare endringer i vannføring, men også endringer i temperatur innvirker på overgangssonens egenskaper i hvert enkelt tilfelle (Colleuille et al. 2004a).

4.4 Kontakt med konsulenter

Forskjellige konsulentfirma (COWI, Miljøgeologi, Sweco Grøner, Jordforsk, Asplan Viak) er kontaktet for å høre om hvilke problemer og erfaringer de har rundt klausulering av løsmassebrønner. I de fleste tilfellene er prosjektbeskrivelsen til dette prosjektet sendt ut slik at de kan kommentere i forhold til den.

Tilbakemeldingene viser et klart behov for revidering av GiN-veilederen. En revidert veileder må ta for seg hvilke og hvor grundige undersøkelser som bør gjennomføres. Mange har kommentert på hvor vidt dagens 60-døgns grense er fornuftig, spesielt med tanke på kjemisk forurensning. I denne forbindelse kan det være nyttig med kunnskap om infiltrasjons-egenskaper i umetta sone, gjerne relatert til vanlige forurensningskomponenter.

Klausulering er ofte relatert til konflikt i forhold til arealbegrensninger og det er ofte nødvendig med stedsspesifikke risikovurderinger og finjustering av sonegrensene. Det mangler verktøy for å kunne si noe om sikkerheten/nøyaktigheten av en sonegrense. Konsulentene opplever også problemer knyttet til overholdelse av gitte arealrestriksjoner og det mangler ofte en oppfølging av dette fra vannverkseier/godkjenningsmyndighet.

Andre innspill er vurdering av oppholdstid som funksjon av årstid, nedbør og vannuttak, men også temperaturmålinger i elv og grunnvannsbrønn der dette er aktuelt, da det er enkelt og billig å måle temperaturen.

4.5 Kontakt med NTNU og NORVAR

4.5.1 Institutt for geologi og bergteknikk

Det er startet opp et doktorgradsprosjekt ved Institutt for geologi og bergteknikk ved NTNU. Doktorstipendiat er Hanne Kvitsand med hovedveileder professor Bjørge Brattli og biveiledere Bernt Olav Hilmo (Asplan Viak) og Liv Fiksdal (NTNU). Oppgaven har tittelen "Sykdomsfremmende smittestoffer i vann – sikrere drikkevannsforsyning ved naturlig rensing i løsmasser". Den har som overordnet mål å "undersøke levetid og nedbrytning av sykdomsfremmende smittestoffer (patogener) i norsk grunnvann i løsmasser. Hovedfokus rettes mot hvordan endringer i vannkvaliteten ved infiltrasjon av norsk overflatevann vil påvirke vannets innhold av patogener. Dette kan blant annet bidra til å gi et bedre grunnlag for angivelse av nødvendig oppholdstid for vann i ulike typer løsmasser for fjerning av sykdomsfremmende smittestoffer under norske naturforhold."

Følgende delmål anses som nødvendige for å nå hovedmålet:

1. Bestemme hvilke fysiske, kjemiske og biologiske betingelser som har stor innvirkning på patogene smittestoffers levetid i grunnvann.
2. Bestemme hvilke løsmassetyper som kan være egnet til nedbrytning av smittestoffer.

Det er planlagt et tett samarbeid med Hanne Kvitsand, blant annet med bruk av felles testområde på Svean i Klæbu. Det er et håp at doktorgradsprosjektet kan gi noen svar når det gjelder bruken av 60 døgns oppholdstid i forhold til mikrobiologisk vannkvalitet.

4.5.2 NORVAR og Institutt for vann- og miljøteknikk

Siden det er ønskelig at prosjektet skal være nyttig også for vannverkseiere har det vært naturlig å ta kontakt med vannverkene bransjeorganisasjon NORVAR. I 2005 finansierte NORVAR et prosjekt "Optimal desinfeksjonspraksis for drikkevann" og resultatene er gitt ut i NORVAR-rapport 147/2006 med samme navn. Rapporten er utarbeidet av ansatte ved Institutt for vann- og miljøteknikk ved NTNU (Halvard Ødegaard, Liv Fiksdal og Stein Østerhus). I rapporten gjennomgås forskjellige desinfeksjonsmetoder, redskap for risikoanalyse, beskrivelse av norsk desinfeksjonspraksis, vurdering av amerikanske regler basert på "multiple barrier" og Ct-prinsippet i dimensjonering av desinfeksjonsprosesser. Ut fra dette er det i kapittel 8 foreslått en metode for planlegging og tilrettelegging av valg og dimensjonering av desinfeksjonsløsning (sikring av hygienisk barriere). Metoden tar hensyn til kildetype, deriblant grunnvann, og den mikrobiologiske kvaliteten i kilden med hensyn på patogener, ved å tillegge kildene log-kreditt for ulike kildeegenskaper.

Tilbakemelding fra NORVAR med hensyn til kunnskapsbehov er tett knyttet opp til behov som kom frem under utarbeidelse av rapporten og kan oppsummeres som følger:

- Litteraturstudie av eksisterende kunnskap om ulike patogener i løsmasser. Tilbakeholdelse bør beskrives ved hjelp av log-kreditt for å kunne brukes i forhold til "Optimal desinfeksjonspraksis for drikkevann"
- Krav til hydrogeologisk kartleggingsomfang i forhold til størrelsen eller viktigheten av vannverket.
- Utarbeide en beskrivelse av dokumentasjonskrav for løsmassebrønner
- Behov for et verktøy for kostnadseffektiv kartlegging av løsmassene

I et møte med NORVAR (Kjetil Furuberg) og Institutt for vann- og miljøteknikk i juni 2006 ble prosjektskissen for "Klausulering rundt løsmassebrønner" lagt frem sammen med en oversikt over hva NGU håper prosjektet kan bidra med i forhold til videre arbeid rundt optimal desinfeksjonspraksis. Kort oppsummert:

- Hvilke faktorer er viktigst/viktige i beregning av log-kreditt?
 - Brønnutforming
 - Løsmasstype
 - Umetta sone (infiltrasjonsegenskaper, mektighet)
- Hvilke undersøkelser er nødvendig?
 - Hva er tilstrekkelig?
 - "Dokumentasjonskrav"
- Fremgangsmåte ved klausulering?
 - Metode og verktøy
 - Revidering av GiN-veileder

5. UTVELGELSE AV OMRÅDER FOR HOVEDFASEN

Utvelgelse av områder for videre vurdering i en hovedfase ble diskutert på prosjektmøtet 20. november 2006. De valgte lokalitetene bør ha mulighet for hydrogeologiske undersøkelser som pumpetester, sonderboringer, geofysikk, infiltrasjonstester (og sporstofforsøk). Minst ett "vannverk" må gi mulighet for mikrobiologiske sporstofforsøk for å kunne brukes av Hanne Kvitsand. Oppsummering av møte er vist i vedlegg 1.

Prosjektet bør omfatte lokaliteter representative både for vassdragsinfiltrerte og nedbørsinfiltrerte vannverk. Når det gjelder vannverk basert på kunstig infiltrasjon, er det mer sjelden og bør antagelig ikke inngå i prosjektet. Et alternativ er et "litteraturstudie" av vannverket på Tynset. Spesielt tilfeller som også kan være aktuelle, men ikke har første prioritet, er: dype daler og leiroverdekning (Hvitvingfoss) og liggende brønner nær elv (Bolstad).

Det ble konkludert med at det er best å velge en lokalitet tilknyttet et vannverk fordi prosjektet da blir mest mulig likt virkeligheten. Svean virket mest lovende fordi lokaliteten:

- Ligger nær Trondheim, ca 30 min med bil
- Det er etablert brønner
- Det er gjort flere undersøkelser fra før
- Kan benyttes av Hanne Kvitsand i hennes doktorgrad fordi brønnene ikke er i bruk

Klæbu kommune er kontaktet og det er gitt positiv tilbakemelding på at området kan brukes som forsøksfelt. Kommunen har fortsatt planer om å ta brønnene i bruk som reservevannkilde.

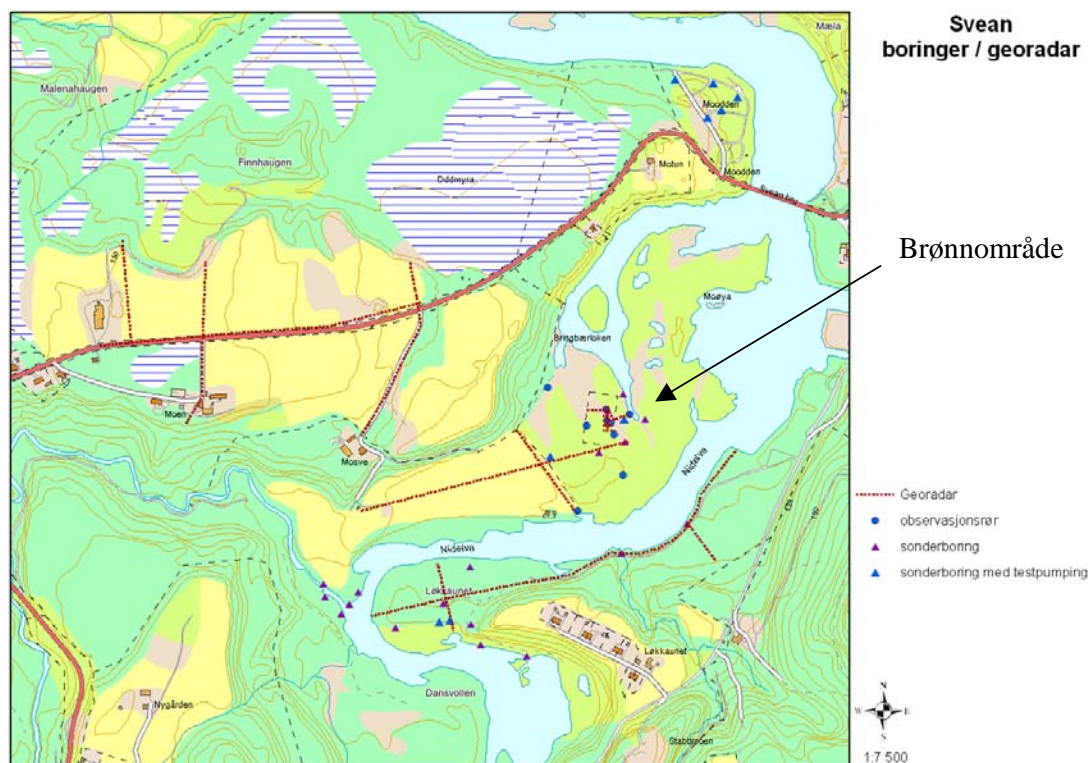
Området ble befart av Gaute Storrø, Hans de Beer og Sylvi Gaut mandag 27. november. Det ble da observert at brønnene var gravd igjen, men kommunen har bekreftet at det bare skal være å grave vekk overliggende masser før brønnene igjen kan tas i bruk. Det er antagelig mulig å låne pumper og avløpsrør fra kommunen. Strømskap ble observert tett ved brønnene og det antas at det ikke vil koste mye å koble opp strøm på nytt.

Befaring og gjennomgang av eksisterende rapporter (tabell 5.1) tyder på at området bør vurderes ytterligere og Hans de Beer er i gang med å sette opp en konseptuell grunnvannsmodell for området. Foreløpige tolkninger og kommentarer er presentert i vedlegg 2.

I tillegg til rapportene listet i tabell 5.1 er det utført georadarmålinger på terrassene NV for brønnområdet. Disse målingene ble utført i desember 2006 av NGU i forbindelse med et doktorgradsfag i kvartærgeologi ved NTNU (GB 8302). Målingene vil bli benyttet i en revisjon av det kvartærgeologiske kartet for området da studier andre steder på kartbladet har vist at antatte breelvavsetninger egentlig er elveavsetninger. Boringer og georadarmålinger utført fra 1995-2006 er vist i figur 5.1.

Tabell 5.1 Oversikt over eksisterende rapporter som beskriver undersøkelser for Svean.

Forfatter	Årstall	Tittel	Rapportnummer
Eirik Mauring, Jan Fr. Tønnesen og Oddveig Bredesen	1995	Grunnvannsundersøkelser i Klæbu kommune. Oppfølging av GiN-prosjektet i Sør-Trøndelag fylke.	NGU Rapport 95.098.
Gaute Storrø	1998	Langtidsprøvepumping av grunnvannsmagasin ved Mosve, Klæbu kommune, Sør-Trøndelag	NGU Rapport 98.030
Marianne Aase	1996	Grunnvannsundersøkelser ved Svean, Klæbu kommune, med hovedvekt på grunnvannsnydannelse og grunnvannskjemi	Hovedoppgave ved NTH, Institutt for geologi og bergteknikk



Figur 5.1 Oversikt over georadarprofiler og borer rundt Svean. Undersøkelsene er utført i perioden 1995 til 2006. Oversikt over rapporter er vist i tabell 5.1.

I tillegg til Svean i Klæbu må ytterligere 1-2 områder velges ut i 2007. Ett av disse områdene bør være helt eller hovedsakelig nedbørsinfiltrert. Fremme vannverk kan være ett mulig alternativ. Andre alternativer til undersøkelsesområde utover det som er nevnt i referatet i vedlegg 1, er vannverket på Kongsvinger og det gamle vannverket på Elverum. Disse vannverkene står i hydraulisk kontakt med vassdrag.

6. FREMDRIFTSPLAN HOVEDFASEN

En grov fremdriftsplan med milepæler for hovedfasen er gitt i tabell 6.1. Videre er forslag til fremgangsmåte for karakterisering av grunnvannsmagasin med tanker rundt geofysiske metoder og anbefalte videre undersøkelser ved Svean, Klæbu presentert i kapittel 6.1. Kapittel 6.2 tar for seg samspillet overflatevann – grunnvann, kapittel 6.3 vurdering rundt minste nødvendige datagrunnlag mens ønsket innhold i revidert GiN-veileder er presentert i kapittel 6.4.

Tabell 6.1 Oversikt over fremdriftsplan (milepæler for hovedfasen)

Dato for oppstart		Milepæl
År	Dato	
2007	mars	Workshop
	31. mars	Første disposisjon revidert GiN-veileder
	30. april	Bestemt årets feltforsøk (Hva og Når)
	15. mai	Bestemt 1-2 andre grunnvannslokaliteter for undersøkelser i prosjektet
	01. juni	Start feltarbeid
	30. oktober	Utbedret strømningsmodell for Svean ferdig
	30. november	Andre disposisjon revidert GiN-veileder
	31. desember	Rapportering årets arbeid
2008	15. januar	Oppsummering av prosjektet – videre arbeid i 2008
	15. april	Første utkast til revidert GiN-veileder
	01. mai	Start årets feltforsøk
	30. september	Avsluttet mesteparten av feltarbeidet
	01. oktober	Oppsummering av prosjektet – hva gjenstår
	30. november	Andre utkast til revidert GiN-veileder
		31. desember

6.1 Karakterisering av grunnvannsmagasinet

1. Samle eksisterende data:
 - a. kart – kvartærgeologi, jordsmonnsskart, berggrunn/lineamenter
 - b. geofysikk
 - c. boringer
 - d. sediment- og vannprøver
 - e. pumpestester
 - f. eksisterende/kjent arealbruk
2. Sette opp konseptuel grunnvannsmodell
3. Hva trengs av ytterligere data
 - a. geofysikk – utprøving av ulike metoder
 - b. boringer – sedimentprøver
 - c. pumpestester
 - d. sårbarhetskartlegging

4. Feltarbeid
5. Oppsett av grunnvannsmodell med kalibrering
6. Beregning av klausuleringssoner
 - a. bruk av modell
 - b. bruk av enkle analytiske metoder (eks. sylindermetoden)
7. Sammenlikne resultater

6.1.1 Geofysiske metoder

Georadar benyttes ofte i grunnvannssammenheng og er en vel utprøvd metode. De siste årene er det også kommet andre metoder som 2D-resistivitet og Sky-TEM. Egnetheten i grunnvannssammenheng for disse og eventuelle andre metoder bør beskrives i GiN-veilederen. En mulighet er å bruke flere metoder i samme profil og sammenlikne.

6.1.2 Anbefalte undersøkelser Svean

Kvartærgeologien i nærområdet er noe komplisert men avgjørende for de hydrogeologiske forholdene. Det er ikke klart om det finnes en god hydraulisk kontakt mellom den høytliggende fluviale avsetningen ved Moen og den ca. 20 m lavere liggende elvesletta ved Mosve. Ifølge det kvartærgeologiske kartet er begge sandige avsetninger skilt fra hverandre av et tynt lag marin leire. Det er derimot ikke observert marin leire i dagen på denne strekningen. Det anbefales å etablere en del sonderboringer i både skråningen og på plataet ved Moen. Sonderboringen på plataet bør gjennomføres ned til et dyp på ca. 105 moh. (ca. 30 m under terreng) eller til det nivået marin leire blir påvist. Et alternativ er å gjennomføre et øst-vest orientert 2D resistivitetsprofil fra elvesletta opp mot skråningen og plataet ved Moen (ca. 1200 m).

Samspillet overflatevann – grunnvann, blant annet permeabiliteten til elvebunnen, bør kartlegges. Det er mulig NVE har forslag til hvordan dette kan gjøres utover innsamling av løsmasseprøver (kapittel 6.2).

Brønnene på Mosve må graves frem for å sjekke at de fortsatt er mulig å bruke. Antagelig må det sveises på ekstra rør for å få brønntopp over bakkenivå. Et problem med brønnplasingen var at koliforme bakterier ble påvist i vannprøver under tidligere prøvepumping. Dette skyldes antagelig inntrenging av overflatevann gjennom masser som ble fylt i brønngrøftene etter boring. Det bør vurderes om det her bør tettes med membran eller tette masser.

Kostnad forbundet med oppsett av strøm må påregnes, mens pumper og avløpsrør antagelig kan lånes av kommunen.

Videre feltarbeid på Svean bør diskuteres med stipendiat Hanne Kvitsand og hennes veiledere. Oppsummert er undersøkelser som er tenkt gjennomført blant annet:

- Geofysikk (2D-resistivitet, andre metoder?)
- Sonderboringer
- Pumpetester
- Sporstofforsøk

6.2 Samsillet overflatevann – grunnvann

NVE har gjennom prosjektet "Miljøbasert vannføring" utarbeidet metoder for å karakterisere elvekant/-bunn. Disse metodene bør prøves ut basert på NVEs erfaringer.

I tillegg bør NVEs metode for beregning av vannbidrag til brønnen benyttes for å finne hvor mange prosent av grunnvannet som er elveinfiltrert og hvor mange prosent som kommer fra terrassene i vest. Det vurderes å se på effekten av elveinfiltrasjon ved å grave vekk (punkttere) deler av elvebunnen.

6.3 Minste nødvendige datagrunnlag (for konsekvensutredning)

Hva er minste nødvendige datagrunnlag for å sette opp klausuleringssoner? Dette bør vurderes sammen med NVE og deres resultater og konklusjoner fra Miljøbasert vannføring. Prosjektet bør konkludere/anbefale om modellering er nødvendig, og i hvilke tilfeller dette eventuelt skal gjøres. Skal det være avhengig av vannverksstørrelsen som foreslått av NORVAR?

6.4 Revidert veileder

Et viktig delmål for prosjektet er å revidere GiN-veileder nr 7 "Beskyttelse av grunnvannskilder", som ble laget i 1992. Det er ønskelig å blant annet presentere ulike undersøkelsesmetoder som kan brukes i forbindelse med fastlegging av klausuleringssoner, for eksempel geofysiske metoder. Dette er blant annet gjort i Danmark gjennom Miljøstyrelsen (Miljøstyrelsen 2000). Numeriske grunnvannsmodeller bør også komme inn i veilederen som et nyttig verktøy i forbindelse med etablering av klausuleringssoner.

NVE har gjennom prosjektet "Miljøbasert vannføring" oppsummert en del metoder som de har benyttet. Dette kan sammen med eksisterende GiN-veileder brukes som grunnlag.

Veilederen må også si noe om hvilke faktorer som er viktigst i grunnvannssammenheng når det gjelder beskyttelse. Er det umetta sone, arealbruk, brønnutforming, osv... Det bør samarbeides med NORVAR, Hallvard Ødegård på Vann- og Miljøteknikk, NTNU og Hanne Kvitsand når det gjelder hva som kan gi log-kreditt i forbindelse med optimal desinfeksjonspraksis.

7. REFERANSER

Bradbury K.R., Muldoon M.A., Zaporozec A. & Levy J., 1991: Delineation of wellhead protection areas in fractured rocks. EPA 570/9-91-009, USEPA Office of Water, 144 pp

Colleuille H., 2005: Tiltaksvurdering mot oversvømmelser i Otta sentrum. Analyse av grunnvannsforholdene ved hjelp av modellverktøy. NVE rapport 12-2005, Norges vassdrags- og energidirektorat, 45 pp

Colleuille H., Dimakis P. & Wong W.K., 2005: Elv og grunnvann. Sluttrapport - Oppsummering og anbefalinger. Miljøbasert vannføring 8, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 43 pp

- Colleuille H., Pedersen T.S. & Dimakis P., 2004a: Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z). Rapport 1. Formål og metoder. Miljøbasert vannføring 1, Norges vassdrags og energidirektorat (NVE), 68 pp
- Colleuille H., Wong W.K. & Dimakis P., 2004b: Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z). Rapport 3. Grunnvannsmodellering. Miljøbasert vannføring 3, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 117 pp
- Crowe A.S., Booty W.G., 1995: A multilevel assessment methodology for determining the potential for groundwater contamination by pesticides. *Environmental Monitoring and Assessment* 35:239-261
- DoELG/EPA/GSI (1999) Groundwater Protection Schemes. A joint publication by the Department of the Environment and Local Government, Environmental Protection Agency and Geological Survey of Ireland. Geological Survey of Ireland, 24 pp
- Eckholdt E., Snilsberg P., 1992: Grunnvann. Beskyttelse av drikkevannskilder. GiN-veileder nr. 7. NGU Skrifter 105:1-24
- Folkehelse, 1987: Beskyttelse av grunnvannskilder. Drikkevann A3, Statens Institutt for Folkehelse, 30 pp
- Folkehelseinstituttet, 2006: Vannforsyningens ABC - et oppslagsverk om drikkevann. :Desember 2006 (URL: <http://www.fhi.no/artikler/?id=46542>)
- Gaut S (2005) Factors influencing microbiological quality of groundwater from potable water supply wells in Norwegian crystalline bedrock aquifers. Doktor ingeniør, Department of Geology and Mineral Resources Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Norwegian University of Science and Technology, Norway
- Heidenstrøm B., Colleuille H., 2000: Beskyttelsessoner rundt grunnvannsværk. Dokument 21, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 30 pp
- Helse- og omsorgsdepartementet, 2001: Forskrift 4. desember 2001 nr 1372 om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften). [Directive on water supply and drinking water]. :23. March 2006 (<http://www.lovdata.no/for/sf/ho/ho-20011204-1372.html>)
- Kværner J., 1996: Sårbarhetskartlegging av grunnvann i løsmasser. Meoder for differensiering av arealer i sårbarhetsoner. Bruk av jordsmonnkart og jorddata som grunnlag for sårbarhetsklassifisering og tiltaksplanlegging på sjøldrenert jord. Forprosjekt. Rapport nr 13/96, Jordforsk, 49 pp
- Lallemant-Barrès A, Roux J (1989) Périmètres de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine. Guide méthodologique et réglementaire. Éditions BRGM, Manuels et methods n° 33. 222 pp
- Malme BA (1985) Beskyttelse av grunnvannskilder. Metoder for bestemmelse av sonengrenser. Hovedoppgave i Naturgeografi, Geografisk Institutt, Universitetet i Oslo

- Matthess G, Foster SSSKinner AC (1985) Theoretical background, hydrogeology and practice of groundwater protection zones. Heise, International Contribution to Hydrogeology, vol. 6, 204 pp
- Miljøstyrelsen, 2000: Zonering. Detailkortlægning af arealer til beskyttelse af grundvandsressourcen. Vejledning fra miljøstyrelsen 3, Miljøstyrelsen, Miljø- og energiministeriet, 154 pp
- Muldoon M., Payton J., 1993: Determining wellhead protection boundaries - An introduction. Publ WR313-92, Wisconsin Department of Natural Resources, 21 pp
- National Research Council (US) (1993) Ground water vulnerability assessment-predicting relative contamination potential under conditions of uncertainty. Committee on Techniques for Assessing Ground Water Vulnerability, National Research Council, National Academy Press, 204 pp
- Robinson N.J., Barker J.A., 2000: A Fractured/Fissured Rock Approach to GPZs. Project record W6/020/1, Environmental Agency, 312 pp
- Rudolph-Lund K, Sørlie JE (2002) Grunnvannsmodellering på Øvre Årdal. In: Anonymous Det 11. seminar om hydrogeologi og miljøkjemi. Norges geologiske undersøkelse, Trondheim, 7.-8. februar 2002. NGU Rapport 2002.012 49
- Segar D., 1994: A groundwater vulnerability study of the Korgen waterworks, Lillehammer kommune. NGU Rapport 94.010, Norges geologiske undersøkelse
- Segar D., Mauring E. & Jæger Ø, 1997: Oppfølgende grunnvannsundersøkelser og numerisk modellering, Birkelandsmoen, Sauda kommune. NGU Rapport 97.015, Norges geologiske undersøkelse
- Soldal O., Valen V. & Misund A., 2001: Osa Vanneksport AS. Hydrogeologiske undersøking i Osa, Ulvik herad. ICG, InterConsult RapportInterConsult
- Styczen M, Storm B (eds) (1995) Modelling the effects of management practices on nitrogen in soils and groundwater. In: Bacon PE (ed) Nitrogen fertilization in the environment.537-564
- Todd DK (1980) Groundwater hydrology. John Wiley & Sons, Inc., 535 pp
- U.S. Environmental Protection Agency, 1999: Understanding the Safe Drinking Water Act. EPA 810-F-99-008, U.S. Environmental Protection Agency, 3 pp
- U.S. Environmental Protection Agency, 1997: State source water assessment and protection programs: Final guidance. EPA 816-R-97-009, Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, 127 pp
- Verba J, Zaporozec A (eds) (1994) Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. International Contributions to Hydrogeology, Vol 6. Heise, 131 pp
- Willigen P.d., 1991: Nitrogen turnover in the soil-crop system, comparison of fourteen simulation models. Pert Res 27:141-149

Referat prosjektmøte "Klausulering rundt løsmassebrønner" 20. november 2006

Deltagere: Pål Gundersen, Hand deBeer, Atle Dagestad, Gaute Storrø, Sylvi Gaut, Jan Cramer, Hanne Kvitsand (stipendiat NTNU) og Bernt Olav Hilmo (Asplan Viak, Hannes veileder)

Fraværende: Bjørn Frengstad og Øystein Jæger

Mål for møtet: Utvelgelse av "vannverk" for videre studier.

Innhold:

Introduksjon ved prosjektleder (Sylvi)

1. Kort sammendrag av status for prosjektet
Ca 2/3 av vannverkene basert på borebrønner i løsmasser, registrert i VREG, har klausulering. De fleste har 2-3 soner + brønnsonen, mens noen få har bare markert et areal i kommuneplan/arealplan.

Tilbakemeldingene fra konsulenter viser et klart behov for revidering av GiN-veilederen. En revidert veileder må ta for seg hvilke og hvor grundige undersøkelser som bør gjennomføres. Mange har kommentert på hvor vidt dagens 60-døgns grense er fornuftig.

2. Noen kriterier rundt utvelgelse av "vannverk/lokaltitet"
Det bør være mulighet for hydrogeologiske undersøkelser som pumpeprøver, sonderboringer, geofysikk, infiltrasjonstester (og sporstofforsøk). Minst ett "vannverk" må gi mulighet for mikrobiologiske sporstofforsøk for å kunne brukes av Hanne Kvitsand.

Prosjektet bør omfatte lokaliteter representative både for vassdragsinfiltrerte og nedbørsinfiltrerte vannverk. Når det gjelder vannverk basert på kunstig infiltrasjon, er det mer sjelden og kanskje skal man da heller gå for et "litteraturstudie" av vannverket på Tynset. Spesielltilfeller som også kan være aktuelle, men ikke har første prioritet, er: dype daler og leiroverdekning (Hvitvingfoss) og liggende brønner nær elv (Bolstad)

Frihetsgrad: Skal det velges et vannverk i drift, reservevannskilde, nedlagt vannverk eller vannverk under utbygging?

Finansiering: Skal det velges et vannverk som er ferdig klausulert eller et som trenger klausulering/skal utbygges for å kunne få et samarbeidsprosjekt? Hvor stor grad av eksisterende bakgrunnsdata er nødvendig?

Løs diskusjon rundt aktuelle vannverk. Disse ble nevnt:

- Alvdal – vannverket skal bore en ekstra brønn (vassdragsinfiltrert)
- Kilemoen – delvis nedbørsinfiltrert, mulig kunstig infiltrasjon ved utvidelse (ikke aktuelt i første omgang)
- Sunndalsøra – liggende brønner
- Husbysjøen – Rissa kommune v/Osavatn
- Meldal – lokalitet undersøkt da det ble "lett" etter plassering av dagens vannverk
- Fremo – den delen som brukes av Klæbu kommune (nedbørsinfiltrert)
- Forsvaret: Hva med nedlagte leirer. Brukte noen av disse grunnvann?
 - Halsemoen (Sør for Elverum)
 - Ved Hønefoss
 - Fremo – gammelt militæranlegg tatt over av lokal flyklubb
- Bolstad – liggende brønn i Voss kommune. Kommunen ønsker å gjøre undersøkelser for å utarbeide en klausulering. COWI v/Oddmund Soldal skal gjøre undersøkelser. Atle har utført boringer for NGU.

- Selsverket – godt undersøkt av NGU og Asplan Viak. Mulig for modellering/"litteraturstudie" (vassdragsinfiltrert)
- Vannverk under utbygging:
 - Supplerende vannkilde Otta (Asplan Viak)
 - Støren – grunt inntak skråbrønner
 - Karasjok hovedvannverk – utbygging
 - Kautokeino – reservevannkilde
 - Svean i Klæbu – ikke tatt i bruk. Undersøkt av NGU rundt 1995
- Vannverk NGU jobber med:
 - Alta reservevannforsyning
 - Alta – vurdering av hovedkilden
 - Sauherad – grunnvarmeanlegg nær vannverk
 - Hvitvingfoss – GEOS-prosjektet

Løs diskusjon rundt sporstofforsøk:

Hvor nødvendig er det å benytte sporstoff? Vil dette være aktuelt i en reell situasjon?

DNA kan være en mulighet, men er dyrt. Eksempler på sporstoff som kan være lette å måle er salt og temperatur. Jan nevnte at de i Canada hadde benyttet varmeelement. Ikke direkte i grunnvannssammenheng, men det kan være en mulighet.

Kommentarer rundt dette med 60-døgns grensen:

Prosjektet vil ikke ta stilling til 60-døgns grensen. Vurdering av om grensen er god/dårlig ligger utenfor NGUs prosjekt. Gjennom en revidering av GiN-veilederen, må det likevel kommenteres rundt bruken av grensen i forhold til vannverk som ønsker å benytte desinfeksjon i stedet for et grundig klausuleringsarbeid. Forurensninger er ikke bare mikrobiologiske.

Konklusjon:

Det er antagelig best å velge en lokalitet tilknyttet et vannverk fordi da blir prosjektet mest mulig likt virkeligheten. Svean virker mest lovende

- nær Trondheim
- mulig også for Hanne Kvitsand
- finnes en del undersøkelser fra før
- finnes brønn

Videre arbeid: Gaute, Hans og Sylvi tar en befaring for å sjekke lokaliteten. I skrivende stund blir det torsdag 23. november. Gaute finner frem gamle rapporter slik at det kan gjøres en gjennomgang. Målet med befaring og rapport er å finne ut om lokaliteten kan brukes. Ser det slik ut og Klæbu kommune samtykker kan Hans sette opp en modell for å sjekke egnetheten ytterligere.

Gaute kontakter Klæbu kommune for å skaffe tillatelser.

Hydrogeologisk modellering Svean, Klæbu kommune

(Forfatter: Hans de Beer, NGU)

I forbindelse med NGUs prosjekt "Klausulering rundt løsmassebrønner" er det igangsatt hydrogeologisk modellering av området rundt ei elveslette ved Svean (Mosve) i Klæbu kommune.

Dette notatet beskriver tolkningen av tidligere utførte kvartærgeologiske, hydrogeologiske og geofysiske undersøkelser, som vil bli sammenstilt til en konseptuell hydrogeologisk modell. Den konseptuelle modellen skal benyttes til å lage en numerisk grunnvannsmodell senere i prosjektet.

Følgende undersøkelser er benyttet:

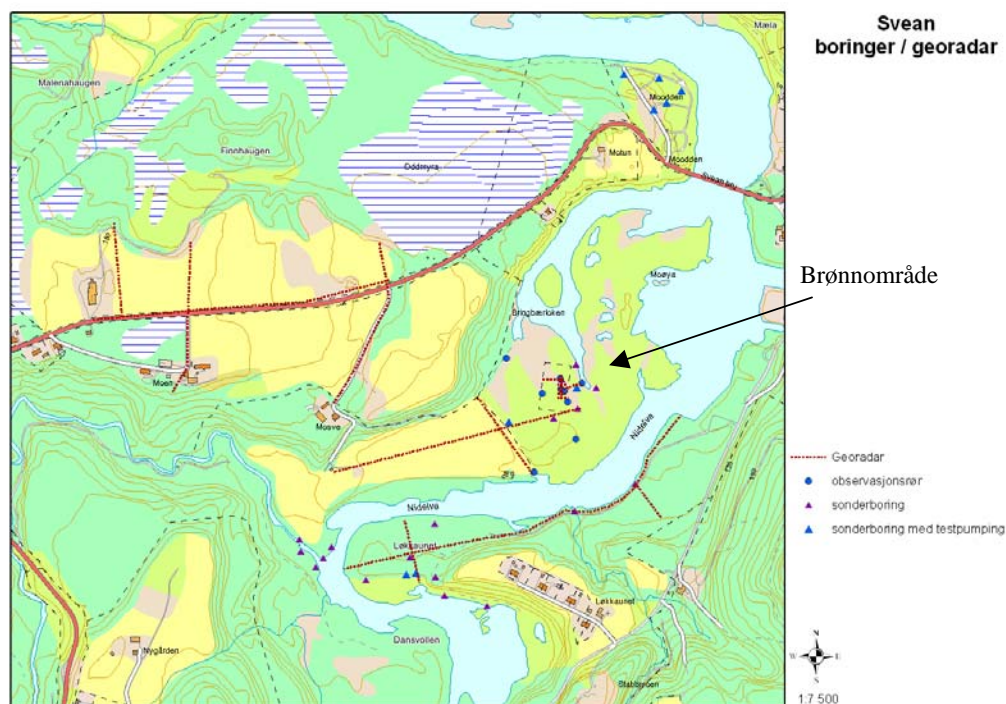
- Kvartærgeologisk kart, kartblad 1621-IV, NGU.
- Grunnvannsundersøkelser i Klæbu kommune. Oppfølging av GiN-prosjektet i Sør-Trøndelag fylke. NGU rapport 95.085, 25 oktober 1995.
- Grunnvannsundersøkelser ved Svean, Klæbu kommune, med hovedvekt på grunnvannsnydannelse og grunnvannskjemi. Hovedoppgave ved NTNU, Institutt for geologi og bergteknikk, Marianne Aase 1996
- Langtidsprøvepumping av grunnvannsmagasin ved Mosve, Klæbu kommune, Sør-Trøndelag. NGU rapport 98.030, 1 mars 1998.
- Georadar undersøkelser på Moen, november 2006.

Kvartærgeologi

Brønnområdet betraktet i denne undersøkelsen befinner seg ca. 500 m sør for Svean bru, ved Bringbærloken (se figur 1). Brønnene befinner seg i en åpen akvifer bestående av fluviale sedimenter; permeabel sand og grus, med mer finkornig sand og silt under ca. 6 meter. Ifølge det kvartærgeologiske kartet er avsetningen på vestsiden begrenset av marin leire, mens den på østsiden grenser mot en breelvavsetning og (delvis morenedekket) berggrunn.

Figur 1 fremstiller en oversikt over utførte sonderinger, boringer og georadarprofiler. Siste tolkningen av kvartærgeologiske data i sammenheng med utførte boringer og geofysikk i området tyder på at det kvartærgeologiske kartet ikke fremstiller geologien på en helt riktig måte. Det antas at avsetningen i undersøkelsesområdet som er tegnet inn som breelvavsetning på kartet, bør være fremstilt som fluviale avsetninger (pers kom. Harald Sveian, NGU, januar 2007).

Georadarprofilene som ble utført i forskjellige undersøkelser viser et klart fluvialt avsetningsmiljø for sedimentene. Mektigheten av de øverste grovere sedimentene varierer på grunn av kanalformige strukturer, som er et kjennetegn for et fluvialt avsetningsmiljø. Finsandige og siltige masser under 6 m tolkes å være avsatt i et lavenergi marint (?) avsetningsmiljø. På nordsida av brønnområdet, ved Svean bru, er det påvist marin leire under fluviale avsetninger. Det er uklart om disse marine avsetningene også finnes under brønnområdet og videre sørover. Ut fra hydrogeokjemiske analyser av Aase (hovedoppgave 1996) er de finkornige siltige massene under 6 meters dybde, av marint opphav.



Figur 1 Oversikt over georadarprofiler og boringer rundt Svean. Undersøkelsene er utført i perioden 1995 til 2006.

Hydrogeologisk tolkning

Naturlig grunnvannstrømning i brønnområdet (uten pumping) vil trolig generelt være i østlig retning, mot Nidelva, som drenerer vannet ut mot Trondheimsfjorden. I perioder vil det antagelig oppstå lokal infiltrasjon fra elva inn mot elvesletta, avhengig av nedbørsforholdene, tele og mating fra terrassen ved Moen. Både infiltrasjons- og dreneringsforholdene er sterkt avhengig av bunnetting i Nidelva.

Påvist marin leire på nordsida av terrassen og brønnområdet, samt dannelse av myr og skredskråninger tyder på utspring av grunnvann i nordlige retning, fra terrassen ved Moen. Det er ikke observert grunnvannskilder sør for terrassen.

Ved pumping vil grunnvannet som strømmer til brønnene, komme fra både Nidelva og terrassen ved Moen på vestsiden. Aase (hovedoppgave 1996) konkluderer ut fra forenklete hydrauliske betraktninger fra langtidsprøvepumping og hydrogeokjemisk modellering at bidraget til pumpevannet er fordelt som: elva omtrent 75 %, elvesletta og terrassen omtrent 15 %, det dypere finkornige laget 2 % og nedbøren 8 %. Det nevnes her en del usikkerheter med hensyn til de to benyttede metodene, som gir særlig usikkerhet i bidraget fra det underliggende finkornige laget.

Anbefalinger

Kvartærgeologien i nærområdet er meget komplisert og avgjørende for de hydrogeologiske forholdene. Det er ikke klart om det finnes en god hydraulisk

kontakt mellom den høytliggende fluviale avsetningen ved Moen og den ca. 20 m lavere liggende elvesletta ved Mosve. Ifølge det kvartærgeologiske kartet er begge sandige avsetninger skilt fra hverandre av et tynt lag marin leire. Det er derimot ikke observert marin leire i dagen på den strekningen. Det anbefales å etablere en del sonderboringer i både skråningen og på platået ved Moen. Sonderboringen på platået bør gjennomføres ned til et dyp på ca. 105 moh. (ca. 30 m under terreng) eller til det nivået marin leire blir påvist. Et alternativ er å gjennomføre et øst-vest orientert 2D resistivetsprofil fra elvesletta opp mot skråningen og platået ved Moen (ca. 1200 m).