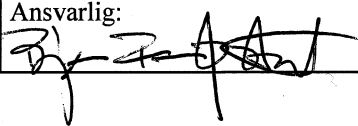


NGU Rapport 2008.060

Verktøy for vurdering av vannkilden som  
hygienisk barriere. Grunnvann i fjell

Rapport nr.: 2008.060		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Verktøy for vurdering av vannkilden som hygienisk barriere. Grunnvann i fjell			
Forfatter: Sylvi Gaut		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke:		Kommune:	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 20	Pris: 50 NOK
Feltarbeid utført:		Rapportdato: 25. november 2010	Prosjektnr.: 328900
		Ansvarlig: 	
Konklusjon/oppsummering:			
<p>Denne rapporten presenterer et forslag til en metode for å vurdere om et grunnvannsanlegg basert på borebrønner i fjell har riktig teknisk utforming og har tilstrekkelig naturlig beskyttelse til å inneha én hygienisk barriere i henhold til krav i Drikkevannsforskriften § 14. Målgruppene er vannverkseiere, hydrogeologer og andre med tilsvarende kompetanse, samt Mattilsynet som godkjenningsmyndighet for vannverk.</p> <p>Vannkildens barriereeffekt (grad av barriere) bedømmes ut fra fire kriterier:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Historisk mikrobiologisk vannkvalitet (vannkvalitet over tid)</li> <li>2. Drikkevannskilden (brønnutforming, brønnens influensområde og det fjerne tilsigsområde)</li> <li>3. Overvåking og respons ved avvik</li> <li>4. Vannverkets størrelse.</li> </ol> <p>Kriteriesettet brukes for å vurdere om vannets mikrobiologiske kvalitet er god og om grunnvannet er godt nok beskyttet mot forurensning. Dersom dette er tilfelle, kan grunnvannskilden utgjøre én hygienisk barriere. Ønsker man å bygge inn to hygieniske barrierer må den andre barrieren bestå av en godkjent klausulering kombinert med tilstrekkelig mektighet og utbredelse av løsmassene i brønnområdet. Dersom løsmassene i brønnens nærområde er usammenhengende eller har mindre mektighet (tykkelse) enn 1 m, vil ikke grunnvannskilden inneha to fullverdige barrierer.</p> <p><b>Merk at:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapporten er ment som et verktøy for å vurdere vannverkets sårbarhet og barriereeffekt (grad av barriere). Vannverkseier kan bruke rapporten til en første vurdering av vannverket.</li> <li>• Det er knyttet usikkerhet til beskrivelse av hydrogeologiske forhold. Endelig vurdering av brønnutforming og områdehygieniske betraktninger må derfor gjøres av en fagperson med relevant erfaring.</li> <li>• Risikobasert prøvetaking er viktig. Ingen vannkilde er lik og overvåkingsprogrammet må derfor tilpasses den enkelte vannkilden og de problemstillinger som er aktuelle</li> <li>• Et godt datagrunnlag danner et godt utgangspunkt for å handle riktig i forhold til blant annet vannbehandling, prøvetaking og analyser ved framtidige forurensingssituasjoner.</li> </ul>			
Emneord: Hydrogeologi	Grunnvannsforsyning	Fjell	
Metode	Hygienisk barriere	Beskyttelse	
Sårbarhet		Fagrapport	

## INNHOLDSFORTEGNELSE

Forord .....	4
1. Viktige prinsipper i norsk drikkevannsforsyning .....	5
2. Grunnvannskilden som hygienisk barriere .....	6
2.1 Kriteriesett for vurdering av vannkilden som en hygienisk barriere .....	6
2.2 Hvordan dokumentere eller etablere to hygieniske barrierer i kilden? .....	7
3. Bruk av kriteriesettet .....	8
3.1 Kriterium 1 - Historisk mikrobiologisk vannkvalitet .....	8
3.2 Kriterium 2 – Drikkevannskilden .....	10
3.2.1 Geologiske forhold (naturlig beskyttelse) .....	10
3.2.2 Brønnutforming og plassering i terrenget. ....	10
3.2.3 Arealbruk .....	14
3.3 Kriterium 3 - Overvåking og oppfølging .....	15
3.4 Kriterium 4 – Vannverkets størrelse .....	17
3.5 Beregning av kildens barriereeffekt .....	17
4. Kopling mot "veileder for god desinfeksjonspraksis" .....	18
5. Definisjoner .....	19
6. Referanser .....	19

## TABELLER

Tabell 2.1 Kriteriesett for vurdering av vannkildens barriereeffekt .....	6
Tabell 3.1 Historisk vurdering av vannkvaliteten, kriterium 1. ....	9
Tabell 3.2 Geologiske forhold, kriterium 2.1 .....	11
Tabell 3.3 Brønnutforming, kriterium 2.2 .....	11
Tabell 3.4 Brønnhodebeskyttelsen, kriterium 2.3 .....	13
Tabell 3.5 Arealbruk i brønnens nære og fjerne tilsigsområde, kriterium 2.4 .....	14
Tabell 3.6 Overvåking og oppfølging, kriterium 3 .....	16

## FORORD

Denne rapporten ble initiert av Norsk Vanns prosjekt "Vannkilden som hygienisk barriere", og er et resultat av flere NGU prosjekter om sårbarhet av akviferer. Innholdet bygger i hovedsak på prosjektene "Sårbarhet av grunnvannsbrønner i fjell" (Gaut 2005) og "Brønnkvalitetsprosjektet" (Storrø et al. 2006).

Rapporten presenterer et forslag til en metode for å vurdere om en grunnvannskilde i fjell er godt nok beskyttet til å fungere som én hygienisk barriere i henhold til krav i Drikkevannsforskriften § 14. Metoden er opprinnelig utarbeidet av Hem et al. (2008) gjennom Norsk Vann sitt prosjekt "Vannkilden som hygienisk barriere", men kriteriesettet er tilpasset vannverk med vannuttak fra borebrønner i fjell. Kriteriesettet vurderer kun vannkilden som hygienisk barriere mot mikrobiologisk forurensning.

Målgruppene er vannverkseiere, hydrogeologer og andre med tilsvarende kompetanse, samt Mattilsynet som godkjenningsmyndighet for vannverk. Rapporten er tenkt som et verktøy. Vannverkseier kan blant annet benytte metoden til å gjøre en første vurdering av vannverkets sårbarhet og hvilke barriereeffekt (grad av barriere) som kan forventes ut fra de gitte forholdene. Det er derimot nødvendig at den endelige vurderingen av brønnutforming og de områdehygieniske betraktningene gjøres av en fagperson med relevant erfaring.

Bruk av kriteriesettet vil for en del drikkevannskilder konkludere med at grunnvannskilden ikke utgjør noen fullstendig hygienisk barriere. I stedet for å utføre nødvendige tiltak i nedslagsfeltet eller utbedre brønnutforming for å oppnå en fullstendig hygienisk barriere, vil det være en del vannverk som velger å benytte eller øke graden av vannbehandling og desinfeksjon. I disse tilfellene er det viktig at man ikke reduserer beskyttelsen av vannkilden fordi dette på sikt kan føre til dårligere råvannskvalitet og økt behov for vannbehandling.

# 1. VIKTIGE PRINSIPPER I NORSK DRIKKEVANNSFORSYNING

Viktige prinsipper i norsk drikkevannsforsyning er at:

- Drikkevannet skal ha god hygienisk standard
- Man skal så langt som mulig velge drikkevannskilder som er godt beskyttet mot forurensning
- Det er krav om minst to uavhengige hygieniske barrierer i drikkevannssystemet

Disse tre punktene står nærmere beskrevet i Vannforsyningens ABC - kapittel A (Folkehelseinstituttet 2006). Med god hygienisk standard menes at drikkevannet ikke inneholder:

- Protozoer, bakterier, virus eller andre organismer som kan forårsake infeksjonssykdommer eller hudirritasjoner.
- Organiske og uorganiske stoffer som kan være akutt giftige, allergifremkallende, kreftfremkallende eller som kan oppkonsentreres i kroppen og gi helseskade.

Ved å velge drikkevannskilder som ut fra naturgitte forhold er godt beskyttet mot forurensning, og som dermed har god råvannskvalitet, får man en sikrere drikkevannsforsyning enn om man må fjerne eller uskadeliggjøre uønskede komponenter gjennom vannbehandling.

Tilstrekkelig sikkerhet krever minst to forskjellige og uavhengige hygieniske barrierer i drikkevannssystemet. En hygienisk barriere defineres som en naturlig eller tillaget fysisk eller kjemisk hindring, herunder tiltak for å fjerne, uskadeliggjøre eller drepe bakterier, virus, parasitter mv., og/eller fortynne, nedbryte eller fjerne kjemiske eller fysiske stoffer til et nivå hvor de aktuelle stoffene ikke lenger representerer noen helsemessig risiko. Det er et krav at en av barrierene skal være desinfeksjon eller vannbehandling. For godt beskyttet grunnvann kan Mattilsynet fravike dette kravet, dersom vannkvalitetskravene i drikkevannsforskriften oppnås. Det forutsettes at vannverket har desinfeksjon i beredskap.

## 2. GRUNNVANNSKILDEN SOM HYGIENISK BARRIERE

### 2.1 Kriteriesett for vurdering av vannkilden som en hygienisk barriere

Gjennom å velge godt beskyttede drikkevannskilder med god råvannskvalitet er det vanlig i Norge at selve drikkevannskilden utgjør den ene hygieniske barrieren. Gjennom Norsk Vanns prosjekt "Vannkilden som hygienisk barriere" (Hem et al. 2008) ble det satt fokus på:

- hvilke krav som bør stilles for at råvannskilden skal kunne utgjøre en hygienisk barriere mot mikrobiologisk forurensning
- hvordan barriereeffekten skal dokumenteres eller sannsynliggjøres

Prosjektet tok for seg overflatevannskilder. Norges geologiske undersøkelse (NGU) skal på grunnlag av sine prosjekter "Sårbarhetskartlegging av grunnvannsbrønner i fjell" (Gaut 2005), "Klausulering av løsmassebrønner" og "Sårbarhetskartlegging av grunnvannsbrønner i løsmasser", gjøre en tilsvarende vurdering for grunnvannskilder. I første omgang er det valgt å fokusere på grunnvann i fjell (presentert i denne rapporten) da mye av grunnlagsmaterialet for en slik vurdering allerede eksisterer.

Hem et al. (2008) har utarbeidet et kriteriesett for vurdering av overflatevannskildenes barriereeffekt. Kriteriene er:

1. Historisk mikrobiologisk vannkvalitet
2. Kilden, nedbørfeltet og vanninntak
3. Overvåking og respons ved avvik
4. Vannverkets størrelse.

Det er naturlig å ta utgangspunkt i det samme overordnede kriteriesettet for grunnvann. På den måten etablerer man ett system for alle norske vannverk der vannverkseiere og andre involverte har én metode å forholde seg til, uansett vannkilde. De største tilpassningene har vært nødvendig under kriterium 2, som vist i tabell 2.1.

**Tabell 2.1 Kriteriesett satt opp av Hem et al. (2008) for vannverk basert på overflatevannskilder, sammenliknet med tilsvarende kriterier foreslått for grunnvannskilder.**

Kriterium	Overflatevann (Hem et al. 2008)	Grunnvann
1	Historisk mikrobiologisk vannkvalitet	Historisk mikrobiologisk vannkvalitet
2	Kilden, nedslagsfeltet og vanninntak	Brønnen (brønnutforming), influensområdet og det fjerne tilsigsområdet
3	Overvåking av råvannskvalitet og respons ved avvik	Overvåking av råvannskvalitet og respons ved avvik
4	Vannverkets størrelse	Vannverkets størrelse

Forslaget til kriteriesett bygger i stor grad på en skotsk metode (The Scottish Government 2004). Metoden er valgt tildels fordi råvannskildene i Skottland og Norge ha mye til felles og fordi metoden, med litt tilpasning, kan benyttes til å beregne log-kreditt for råvannskilder. Log-kreditt vurdering eller vektning var en målsetning for Hem et al. (2008) da det kunne brukes i prosjektet "Optimal desinfeksjonspraksis" (Ødegaard et al. 2006, Ødegaard et al. 2009a, Ødegaard et al. 2009b). Kriteriesettet bygger derfor også på dette prosjektets modell for å evaluere nødvendig barrierehøyde ved norske vannverk i forkant av vannbehandling. Begrepet barrierehøyde defineres som det antall log-reduksjoner for bakterier, virus og parasitter som et vannbehandlingsanlegg eller desinfeksjon må håndtere ved et gitt kvalitetsnivå. For at vannbehandlingen skal telle som en fullstendig hygienisk barriere, må den for bakterier og virus inaktivere minimum 99,9 % (3-log) og for eventuelle parasitter 99 % (2-log) ([Veileder til Drikkevannsforskriften § 14, Mattilsynet 2005](#)).

## **2.2 Hvordan dokumentere eller etablere to hygieniske barrierer i kilden?**

I utgangspunktet er det et krav at en av de to hygieniske barrierene skal være desinfeksjon eller vannbehandling. I grunnvannssammenheng kan Mattilsynet fravike dette kravet dersom grunnvannskilden er dokumentert godt beskyttet mot forurensning. En del grunnvannverk ønsker å benytte seg av denne muligheten. Det er derfor satt strengere krav til mikrobiologisk vannkvalitet for grunnvann i denne rapporten enn Hem et al (2008) har foreslått for overflatevann.

Ved hjelp av kriteriesettet beskrevet i kapittel 2.1, gjøres det en vurdering av drikkevannskilden og vannets mikrobiologiske vannkvalitet for å avgjøre om vannkvaliteten er god og om grunnvannet er godt nok beskyttet mot forurensning. Dersom dette er tilfelle, kan grunnvannskilden utgjøre én hygienisk barriere. Ønsker man å bygge inn to hygieniske barrierer i selve grunnvannskilden må den andre barrieren bestå av en godkjent [klausulering](#) kombinert med tilstrekkelig mengde løsmasser i brønnområdet. Det vil si tykkelsen og utbredelsen av løsmassene over fjell (borebrønner i fjell) eller mektigheten av umettet sone (borebrønner i løsmasser). Dette for å sikre god nok beskyttelse av grunnvannet.

Tilbakeholdelse av for eksempel mikroorganismer og nedbrytning av forurensende stoffer skjer mest effektivt i løsmasser og spesielt godt i den umettede sonen. Tilstedeværelsen av løsmasser er derfor vurdert som så viktig, at dersom løsmassene i brønnens nærområde er usammenhengende eller har mindre mektighet (tykkelse) enn 1 m, bør det ikke være mulig å knytte to fullverdige barrierer til grunnvannskilden. Dette gjelder også i de tilfeller der historisk mikrobiologisk vannkvalitet er god og det er etablert godkjente klausuleringssoner rundt brønnområdet. Dersom løsmassene er sammenhengende og 1-2,5 m tykt, må det gjøres en faglig hydrogeologisk vurdering for å avgjøre om det kan knyttes to fullverdige barrierer til grunnvannskilden.

Klausuleringen skal omfatte fullstendig inngjerding av brønnområdet med minimum 10 m til brønnene og områdesikringen skal være godkjent av Mattilsynet. Beskyttelse og klausulering av grunnvannskilder er beskrevet i "Beskyttelse av grunnvannsanlegg – en veileder (kapitlene 5 og 6 i Gaut 2010). Det forutsettes også at vannverket har desinfeksjon i beredskap.

### 3. BRUK AV KRITERIESETTET

Kriteriene 1-4 er et overordnet kriteriesett der kriteriene 1-3 er inndelt i undergrupper (kapitlene 3.1-3.3), mens kriterium 4, vannverkets størrelse, er en formel (kapittel 3.4). Samlet barriereeffekt for grunnvannskilden inkluderer alle kriteriene, og beregnes som vist i kapittel 3.5. Det er en forutsetning at graden av barriere for hver enkelt av kriteriene 1-3 er tilfredsstillende for at grunnvannskilden kan utgjøre en hygienisk barriere.

Graden av barriere for hver undergruppe av kriteriene 1-3 evalueres på en skala fra 0-10 der verdien 0 betyr ingen barriere og 10 betyr full barriereeffekt (Hem et al. 2008). For å minske detaljeringsgraden i de ulike tabellene, er det for grunnvannskilder valgt å gi kreditt (tillegg i verdi) for noen positive forhold eller fratrukk for negative forhold, som vist i tabell 3.6. Total barriereeffekt for hvert kriterium er summen av hver undergruppe dividert på antall undergrupper. For eksempel er barriereeffekten for kriterium 2 = (kriterium 2.1+ kriterium 2.2 + kriterium 2.3 + kriterium 2.4)/4.

#### 3.1 Kriterium 1 - Historisk mikrobiologisk vannkvalitet

Historisk mikrobiologisk vannkvalitet skal gjenspeile grunnvannskvaliteten over tid og bør være representativ for alle årstider. Vannkvaliteten bestemmes ut fra analyser av råvann. Vannprøvene må derfor tas fra hver enkelt brønn og før eventuell vannbehandling.

Historisk mikrobiologisk vannkvalitet er delt inn i tre undergrupper (tabell 3.1). Kriterium 1.1 (1.1a eller 1.1b) er analyse på *Escherichia coli* (*E. coli*), kriterium 1.2 er analyse på intestinale enterokokker og kriterium 1.3 er analyse på kimtall. Analyse på parasitter er utelatt fordi det ikke foretas noen rutinekontroll av parasitter i Norge og svært få grunnvannsverk har noen gang analysert på disse parasittene. EUs ekspertgruppe på mikrobiologi (Expert group on microbiology) anbefaler heller ikke en slik rutinekontroll. I stedet er det foreslått analyse på intestinale enterokokker og kimtall. Intestinale enterokokker har ikke kun fekal opprinnelse, men overlever lenger i grunnen enn *E. coli* og kan derfor påvises over et lengre tidsrom. Kimtall har ikke fekal opprinnelse, men beskriver mengden naturlige mikroorganismer i vannet. Høye verdier er likevel uønsket da det antyder at grunnvannet er sårbart overfor overflateforurensning, dersom dette skulle forekomme. I tillegg kan de heterotrofe bakteriene føre til økt begroing på ledningsnett.

I [veilederen til Drikkevannsforskriften](#) (§ 14) står det at nedbørsfelt og vannkilde kan anses å ha akseptabel hygienisk barriere med hensyn på fekal forurensning dersom man i råvannet bare har sporadiske funn av termotolerante koliforme bakterier (*E. coli*) i antall  $\leq 3/100$  ml vann. Hva som legges i ordet "sporadisk" defineres ikke nærmere, men det henvises til risikovurdering i hvert enkelt tilfelle. Videre står det at vannkilder som skal utgjøre en hygienisk barriere, normalt må ha et mer omfattende prøvetakingsprogram enn minstekravet i tabell 7.

For å dokumentere at en vannkilde med kontinuerlig god mikrobiologisk vannkvalitet har et potensial for å utgjøre en hygienisk barriere, er det nødvendig å analysere minst én råvannsprøve per brønn per måned over to år (tabell 3.1). Alternativt analyseres et tilsvarende antall prøver dersom man benytter en risikobasert prøvetaking. Dette er å foretrekke. Risikobasert prøvetaking vil si at hyppigere prøvetaking iverksettes ved spesielle hendelser, for eksempel ekstremvær. Dermed øker sjansen for å fange opp eventuell mikrobiologisk forurensning. Dette er likevel ikke nødvendig for å dokumentere den mikrobiologiske vannkvaliteten. Prøvefrekvensen forutsatt i tabell 3.1 tilsvarer at antallet prøver tredobles i forhold til minste-



kravet i drikkevannsforskriftens tabell 7 for vannverk som forsyner < 10 000 personer. Tre-doblingen bør også gjelde for vannverk som forsyner > 10 000 personer.

**Tabell 3.1 Historisk vurdering av vannkvaliteten, kriterium 1. Tabellen forutsetter at selv de minste vannverkene prøvetar minimum 1 prøve per måned over 2 år eller et tilsvarende antall i form av risikobasert prøvetaking. For analyse på *E.coli* skal man velge enten 1.1a eller 1.1b.**

Kriterium		Verdi
1.1a <i>E.coli</i> (der begge barrierer ønskes bygd inn i vannkilden)	Ikke påvist. Eller påvist i 1 prøve <sup>1</sup> og da < 1/100 ml og slik at det antas å skyldes forurensning i forbindelse med prøvetaking og/eller analyse.	10
	Påvist i > 1 prøve <sup>1</sup> eller påvist ≥ 3/100 ml.	0
1.1b <i>E. coli</i> (der én barriere er vannbehandling eller desinfeksjon)	Ikke påvist. Eller påvist i 1 prøve <sup>1</sup> og da < 3/100 ml og slik at det antas å skyldes forurensning i forbindelse med prøvetaking og/eller analyse.	10
	Påvist i <10 % av prøvene og ikke påvist > 1/100 ml i mer enn 3 % av prøvene.	5
	Påvist i > 10 % av prøvene eller påvist i > 1/100 ml i mer enn 3 % av prøvene	0
1.2 Intestinale enterokokker	Ikke påvist. Eller påvist i 1 prøve <sup>1</sup> og da < 1/100 ml og slik at det antas å skyldes forurensning i forbindelse med prøvetaking og/eller analyse.	10
	Påvist i > 1 prøve <sup>1</sup> eller påvist ≥ 1/100 ml.	0
1.3 Kimtall	Påvist < 10/ml	10
	Påvist > 50/ml	5
	Påvist > 100/ml	0

Barriereeffekt K1 = (kriterium 1.1a eller 1.1b + kriterium 1.2 + kriterium 1.3)/3

<sup>1</sup>For vannverk som prøvetar > 12 prøver pr år skal man i stedet for én prøve regne 3 %.

Kravene til mikrobiologisk vannkvalitet er satt strengere for grunnvann enn for overflatevann. Dette er både fordi en del vannverk ønsker å unngå vannbehandling eller desinfeksjon (kapittel 2.2) og fordi grunnvannet, fra naturens side, er bedre beskyttet mot forurensning enn overflatevann. Den naturlige beskyttelsen er en del av den hygieniske barrieren. Funn av fekale bakterier eller høyt kimtall i drikkevannet viser derfor en svikt i barriereeffekten, det vil si beskyttelsen er for dårlig.

For analyse på *E. coli* velger man enten kriterium 1.1a eller 1.1b. Dette er avhengig av om man ønsker å bygge begge de hygieniske barrierene inn i vannkilden (1.1a) eller om en barriere skal være vannbehandling eller desinfeksjon (1.1b). I det siste tilfelle kan man tillate at noen prøver inneholder *E.coli* da disse vil bli fjernet eller inaktivert gjennom

vannbehandlingen eller desinfeksjonen. For begge kriteriene (1.1a og 1.1b) tas det høyde for at 1 prøve (eventuelt 3 % der prøveantallet er > 12/år) kan ha blitt forurenset under prøvetaking, frakt eller analyse. Kravene for denne prøven er strengere for kriterium 1.1a enn for 1.1b. Intestinale enterokokker skal ikke være påvist, men det tas også her høyde for at en prøve kan ha blitt forurenset under prøvetaking, frakt eller analyse. Normalt ligger kimtallet under 10/ml for gode drikkevannsbrønner. Høyere verdier, og spesielt periodevise, indikerer sårbarhet for overflateforurensning. Full uttelling oppnås derfor kun hvis antallet er < 10/ml.

### 3.2 Kriterium 2 – Drikkevanskilden

Kriterium 2 drikkevanskilden, omfatter brønnutforming, brønnens influensområde og det fjerne tilsigsområde. Sett i sammenheng med områdeklausulering, omfatter det sonene 0-2 for borebrønner i fjell (kapittel 6.2 Gaut 2010).

Akviferens sårbarhet, det vil si graden av naturlig beskyttelse, er viktig når det gjelder vurdering av forurensningsrisiko. Hvorvidt en grunnvannskilde kan fungere som en hygienisk barriere er derfor i stor grad knyttet opp til kriterium 2, drikkevanskilden. For borebrønner i fjell er løsmassedekkets tykkelse og utbredelse, brønnens plassering og utforming samt arealbruk de viktigste faktorene som innvirker på den mikrobiologiske grunnvannskvaliteten (Gaut 2005). Løsmassenes permeabilitet og sammensetning er også viktig (Vrba & Zaporozec 1994).

Hver av faktorene omtalt ovenfor, er delt inn i undergrupper og omtales i kapitlene 3.2.1 til 3.2.3. Barriereeffekten for kriterium 2 ( $K_2$ ) =  $(K_{2.1} + K_{2.2} + K_{2.3} + K_{2.4})/4$ .

#### 3.2.1 Geologiske forhold (naturlig beskyttelse).

De geologiske forholdene er avgjørende for akviferens sårbarhet. Tilbakeholdelse av mikroorganismer og nedbrytning av forurensende stoffer skjer hovedsakelig i løsmasser og da i umettet sone. Renseeffekten er derimot begrenset når forurensningen/forurenset vann strømmer i sprekker i fjellet eller er kommet ned i mettet sone.

For grunnvann i fjell er det i første rekke tykkelsen av løsmasseoverdekningen som er viktig (tabell 3.2). Gaut (2005) viste at borebrønner i fjell er langt bedre beskyttet mot mikrobiologisk forurensning dersom løsmassedekket var kontinuerlig og hadde en minimums-tykkelse på 2,5 m i området rundt brønnen. Datasettet var dessverre for lite til å vurdere sammenhengen mellom typen løsmasser og beskyttelse mot mikrobiologisk forurensning. Derimot ser det ut til at borebrønner boret under marin grense, er bedre beskyttet enn de som er boret over marin grense. Dette henger trolig sammen med at leirholdige marine sedimenter er lite permeable og et toppdekke av dette over fjell vil gi bedre beskyttelse av grunnvannet. I tabell 3.2 er det derfor gitt en bonus dersom brønnen er plassert under marin grense og løsmassedekket er tykkere enn 1 m.

Det er også gitt en bonus dersom borebrønnen er [artesisisk](#) (tabell 3.2). Ved artesiske forhold er trykknivået i akviferen så høyt at det ikke er noen nedadrettet strømming (infiltrasjon) i området rundt selve borebrønnen og faren for nedtrengning av forurensninger fra terrengoverflaten reduseres.

#### 3.2.2 Brønnutforming og plassering i terrenget.

En viktig forutsetning for god mikrobiologisk vannkvalitet er at brønnen har skikkelig utforming (figur 3.1). Det vil si at brønnen er boret på en tilfredsstillende måte (kriterium 2.2, tabell 3.3) og har en skikkelig brønnhodebeskyttelse (kriterium 2.3, tabell 3.4). Disse to

faktorene skal til sammen hindre at potensielt forurenset overflatevann eller overflatenært grunnvann trenger inn i brønnen via brønnhodet eller langs foringsrøret.

**Tabell 3.2 Kriterium 2.1 (K2.1) - Geologiske forhold**

Kriterium		Verdi
2.1a Tykkelse av løsmassedekket/ umettet sone	Løsmassedekket over fjell er > 2,5 m tykt. Sammenhengende dekke rundt brønnen	10
	Løsmassedekket over fjell er 1- 2,5 m tykt. Sammenhengende dekke rundt brønnen	5
	Løsmassedekket over fjell er > 2,5 m tykt i brønnpunktet, men usammenhengende rundt brønnen	2
	Løsmassedekket over fjell er 1-2,5 m tykt i brønnpunktet, men usammenhengende rundt brønnen	0
	Løsmassedekket over fjell er < 1 m	0
2.1b Marin grense	Brønnen er boret under marin grense og løsmassedekket er > 1 m.	+ 2
	Brønnen er boret over marin grense eller rett på fjell	+ 0
2.1c Artesisk brønn	Brønnen er artesisisk	+ 2
	Brønnen er ikke artesisisk	0

Barriereeffekt K2.1 = kriterium 2.1a + kriterium 2.1b + kriterium 2.1c.  
Maksimumsverdi 10

Brønnutformingen er i stor grad knyttet til brønnens foringsrør da flere problemer knyttet til denne delen av brønnen er oppdaget i Norge (Storrø et al. 2006). Dette gjelder spesielt tetting mellom foringsrør og fjell og lengden av foringsrøret. Det siste omfatter både total lengde, hvor langt foringsrøret er boret ned i fast fjell og hvor høyt det stikker opp over terrengnivå (tabell 3.3).

NGU inspiserte i perioden 2004-2005 150 brønner innvendig ved hjelp av et videokamera (Storrø et al. 2006). I totalt 40 % av brønnene ble det observert innlekkasje av overflatevann eller overflatenært grunnvann i overgangen mellom foringsrøret og fjell. Dette vannet kan være en potensiell kilde til mikrobiologisk forurensning av grunnvannet.

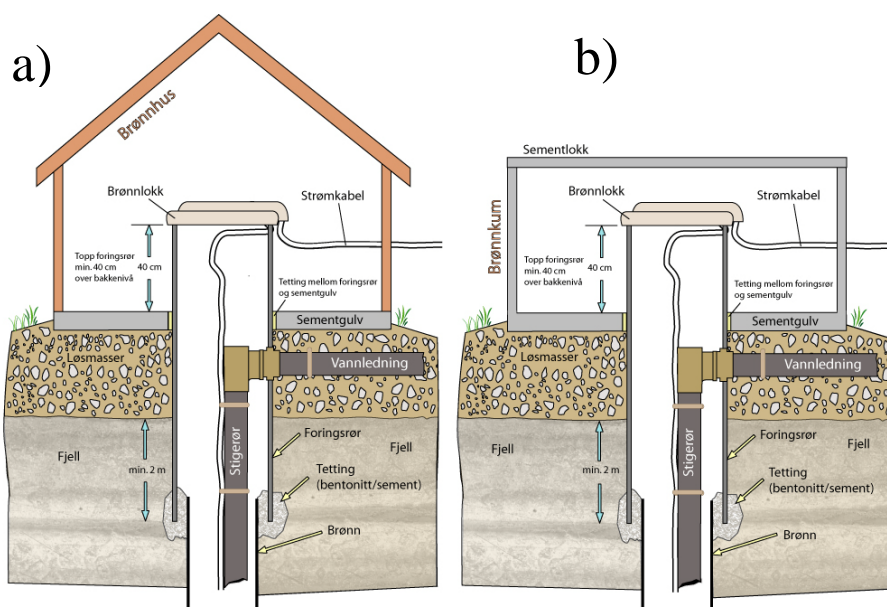
Basert på studiene til Gaut (2005) og Storrø et al. (2006) anbefaler NGU at:

1. Total lengde av foringsrøret skal være minimum 6 m.
2. Foringsrøret skal bores ned i fjellet til det dyp som er nødvendig for å finne tilnærmet uoppsprukket fjell. Uavhengig av fjellets homogenitet og oppsprekking skal foringsrøret minst bores 2 m ned i fjellet.
3. For å hindre innlekkasje av sigevann mellom foringsrør og fjell skal åpningen mellom rør og fjell alltid tettes med dertil egnet tettemasse.
4. Toppen av foringsrøret skal stikke minimum 0,5 m over bakkenivå og ha et solid og tett lokk.

**Tabell 3.3 Kriterium 2.2 (K2.2) - Brønnutforming. Se også Figur 3.1**

Kriterium		Verdi
2.2a Tetting mellom foringsrør og fjell	Det er grundig tettet mellom foringsrør og fjell <u>og/eller</u> det er ingen tegn til innlekkasje av vann og/eller løsmassene er finkornet og tykkere enn 5 m med umettet sone på minst 3 m	10
	Usikkert om det er tettet mellom foringsrør og fjell. Ikke undersøkt om vann lekker inn. Løsmassene er finkornet og med tykkelse 2,5-5 m.	5
	Usikkert om det er tettet mellom foringsrør og fjell. Ikke undersøkt om vann lekker inn. Løsmassene er < 2,5 m tykke.	0
	Innlekkasje mellom foringsrør og fjell mistenkes/er påvist	0
2.2b Lengde foringsrør	Foringsrøret er boret $\geq 2$ m ned i fast fjell	5
	Foringsrøret er boret < 2 m ned i fast fjell	0
	Foringsrøret er $\geq 6$ m langt	5
	Foringsrøret er kortere enn 6 m	0
2.2c Foringsrør i relasjon til bakkenivå	Foringsrøret stikker $\geq 50$ cm over terrengnivå. Tett lokk	10
	Foringsrøret stikker $\geq 50$ cm over terrengnivå. Lokk mangler eller er utett.	0
	Foringsrøret stikker 20-50 cm over terrengnivå. Tett lokk	5
	Foringsrøret stikker 20-50 cm over terrengnivå. Lokk mangler eller er utett.	0
	Foringsrøret stikker < 20 cm opp over terrengnivå.	0

Barriereeffekt K2.2 = (kriterium 2.2a + kriterium 2.2b + kriterium 2.2c)/3



**Figur 3.1** a) og b) viser en borebrønn i fjell med henholdsvis brønnhus og brønnkum. Etter Gaut (2005).

Brønnhodebeskyttelsen skal beskytte brønnen over bakkenivå mot inntrengning av overflatevann og annen forurensning. Samtidig skal inngjerding av brønnområdet holde uvedkommende borte fra brønnen(e). Det anbefales å benytte et lite hus over brønnen, men en godt vedlikeholdt brønnkum over bakkenivå, er like bra. Brønnhuset bør etableres slik at en borerigg kan komme til ved behov. Vedlikehold av brønnhus og brønnkum er viktig. Kriterium 2.3c (tabell 3.4) omfatter derfor også forhold som gir fratrukket poengverdi.

**Tabell 3.4 Kriterium 2.3 (K2.3) – Brønnhodebeskyttelsen. Se også figur 3.1**

Kriterium		Verdi
2.3a Plassering av brønnen i terrenget og drenering	Terrenget er utformet slik at vann ikke kan samle seg rundt brønnen	10
	Overflatevann renner mot brønnen/brønnområdet, men effektiv drenering leder vannet vekk.	5
	Terrenget er flatt. Vann samles ikke rundt brønnen	0
	Overflatevann samler seg eller kan samle seg i dreneringsgrøfter og dammer rundt brønnrøret, brønnkum eller -hus.	-5
2.3b Inngjerding	Fullstendig inngjerding <sup>1</sup> med avstand til brønnen $\geq 10$ m	10
	Fullstendig inngjerding <sup>1</sup> med avstand til brønnen 5-10 m	5
	Fullstendig inngjerding <sup>1</sup> med avstand til brønnen $< 5$ m	0
	Inngjerding mangler eller er ikke fullstendig	0
2.3c Brønnhus og brønnkum (Figur 3.1)	Brønnhus med tett gulv og god tetting rundt brønnrøret. Vannsøl ledes ut og vekk fra brønnen.	10
	Brønnhus med tett gulv, men det mangler tetting rundt brønnrøret. Vannsøl ledes ut og vekk fra brønnen.	5
	Kum med tett gulv og god tetting rundt brønnrøret. Vannsøl ledes ut og vekk fra brønnen. Bunn kum og topp foringsrør er over terrengnivå.	10
	Kum med tett gulv og god tetting rundt brønnrøret. Vannsøl ledes ut og vekk fra brønnen. Bunn kum er under terrengnivå, mens topp foringsrør er over terrengnivå.	7
	Kum med tett gulv og god tetting rundt brønnrøret. Vannsøl ledes ut og vekk fra brønnen. Kum og topp foringsrør er under terrengnivå.	5
	Brønnkummen har ikke bunn, men nederste del er plassert over eller i flukt med terrengnivå.	2
	Brønnen er ikke beskyttet av brønnhus eller brønnkum.	0
	Tetting mangler der foringsrøret kutter gulvet i kummen.	-5
	Brønnkummen er utett	-2
Brønnhuset er ikke låst, eller brønnkummen mangler lokk eller lokket er ikke tett.	-2	

Barriereeffekten for K2.3 = (kriterium 2.3a + kriterium 2.3b + kriterium 2.3c)/3

<sup>1</sup>Fullstendig inngjerding inkluderer låst port for å hindre tilgang til brønnområdet

### 3.2.3 Arealbruk

Arealbruken i brønnens influensområde og fjerne tilsigsområde kan innvirke på vannkvaliteten. Viktige faktorer er oppsummert og gitt en verdi i **tabell 3.5**.

Borebrønner i fjell som er plassert < 100 m fra jordbruksområder, beitedyr, infiltrasjonsanlegg, septiktanker eller avløpsledninger, har en signifikant større sjanse for å levere vann som er mikrobiologisk forurenset (Gaut 2005).

Studier viser at spesielt kalver og lam oftere har Cryptosporidiose eller Giardiasis enn voksne dyr (Olson et al. 1997). Potensialet for at vannet blir forurenset med parasittene *Cryptosporidium* og *Giardia* er derfor større når ungdyr er tilstedet. Kriterium 2.4a inneholder derfor dette som en faktor som gir fratrekk i poengverdien.

**Tabell 3.5 Kriterium 2.4 (K2.4) - Arealbruk i brønnens nære og fjerne tilsigsområde. Tilstedeværelsen av forureningskilder og arealrestriksjoner (klausulering) relatert til mikrobiologisk forurensning.**

Kriterium		Verdi
2.4a Forurenings- tilførsel i brønnens influensområde  (Arealbruk/ Aktiviteter)	Verken jordbruksareal, beitedyr <sup>1</sup> , infiltrasjonsanlegg, septiktanker eller avløpsledninger befinner seg nærmere brønnen enn 100 m	10
	Jordbruksareal, beitedyr, infiltrasjonsanlegg, septiktanker eller avløpsledninger befinner seg nærmere brønnen enn 100 m	0
	Jordbruksareal uten beiting eller bruk av naturgjødsel befinner seg 50-100 m fra brønnen	5
	Forureningskildene nevnt under 2.4a befinner seg 100-200 m fra brønnen, men oppstrøms.	- 2
	Beitedyr består også av kalver og lam eller andre typer ungdyr.	- 5
2.4b Storvilt og ville fugler	Moderat mengde storvilt og fugler i området rett rundt brønnen	10
	Svært mye storvilt og/eller fugler i området rett rundt brønnen	0
2.4c Avstand til bekker og elver	Ingen bekker/elver som renner på fjell, ligger nærmere brønnen enn 125 m	10
	Bekker/elver som renner på fjell, ligger 75-125 m fra brønnen	5
	Bekker/elver som renner på fjell, ligger < 75 m fra brønnen	0

Barriereeffekt K2.4 = (kriterium 2.4a + kriterium 2.4b + kriterium 2.4c)/3

<sup>1</sup>Beitedyr betyr alle typer husdyrhold

Vilt og fugler er også spredere av fekale mikroorganismer. Blant annet finnes *Giardia*-cyster og *Cryptosporidium*-oocyster i avføringen fra vilt (Hamnes et al. 2006). Fugler er et problem i forbindelse med åpne vannreservoar. Selv om grunnvannet ikke ligger åpent i dagen, kan store mengder fugler i brønnområdet (sone 0), likevel være et potensielt problem. Store mengder vilt og/eller fugler i området rundt brønnen innvirker derfor på poengverdien (kriterium 2.4b). Kvantifiseringen vil være subjektiv, men som regel har vannverkseier en formening om det er svært store mengde vilt i brønnområdet.

Elver eller bekker som renner på fjell bør unngås nær brønnområdet. Dette er fordi mangel på et tettende og/eller rensende sedimentlag i bunnen av elva fører til at en eventuell forurensning i elva vil infiltrere uhindret inn i akviferen. Gaut (2005) påviste en statistisk signifikant korrelasjon mellom forurensning i brønn og avstand til vassdrag. De fleste brønnene befant seg innenfor en avstand på 75 m fra overflatevannskilden, men basert på resultatene bør det settes en sikkerhetsavstand på 125 m.

### 3.3 Kriterium 3 - Overvåking og oppfølging

For å dokumentere kildens vedvarende egenskaper som hygienisk barriere, og sikre en stabil og god vannkvalitet, er det nødvendig å ha en tilrettelagt overvåking og oppfølging av vannverket. Dette gjelder blant annet vannprøvetaking, befaring av brønnområdet, oppfølging av arealrestriksjoner og tiltaksplaner ved avvik (tabell 3.6).

Et vannverk som ønsker å etablere en hygienisk barriere i tilknytning til vannkilden, må ha et prøvetakingsprogram som omfatter mer enn minstekravet i Drikkevannsforskriftens tabell 7 ([Drikkevannsforskriftens veileder](#)). Et minstekrav for samtlige vannverk bør være at råvannet prøvetas og analyseres på *E.coli* minst én gang per måned, som for kriterium 1 (tabell 3.1).

Risikobasert prøvetaking er viktig. Ingen vannkilde er lik og overvåkingsprogrammet må derfor tilpasses den enkelte vannkilden og de problemstillinger som er aktuelle. Et godt datagrunnlag danner et godt utgangspunkt for å handle riktig i forhold til blant annet vannbehandling, prøvetaking og analyser ved framtidige forurensingssituasjoner. Hyppig prøvetaking er nødvendig i perioder der det erfaringsmessig er stor sjanse for endringer i vannkvaliteten. Blant annet får man da testet om de hygieniske barrierene holder under ekstreme nedbørsforhold. Studier viser at sjansen for mikrobiologisk forurensning i grunnvannet er størst om høsten og etter perioder med mye eller intens nedbør (Gaut 2005). I vinterhalvåret kan mildværsperioder skape økt forurensningsfare og det samme gjelder under snøsmeltingen om våren. Hendelser i tilsigsområde som graving og flatehogst, bør også føre til hyppigere overvåking av råvannet.

Endringer i grunnvannets turbiditet og farge kan indikere mikrobiologisk forurensning (Gaut 2005). Kontinuerlig måling av disse parameterne ved hjelp av loggerutstyr kan derfor gi et tidlig varsel om at vannkvaliteten har endret seg (kriterium 3.2). Strakstiltak som desinfisering, dersom dette ikke er del av den dagelige vannverksdriften, kan dermed iverksettes som et sikkerhetstiltak. Temperatur og jerninnhold kan også være aktuelle parametere å overvåke. Kimtall 22 °C er en del av prøveprogrammet i Drikkevannsforskriften (Helse- og omsorgsdepartementet 2001). Selv om ikke koliforme bakterier eller *E.coli* påvises, indikerer endringer i kimtall at borebrønnene kan være sårbare for mikrobiologisk forurensning (Gaut 2005).

**Tabell 3.6 Kriterium 3 (K3) – Overvåking og oppfølging**

Kriterium		Verdi
3.1 Risikobasert prøvetaking og analyse av <i>E.coli</i> i råvann	Minst 12 prøver per år per brønn*	10
	Minst 6 prøver per år per brønn	5
	Sjeldnere enn 6 ganger per år per brønn	0
	Kontinuerlig måling av <i>E.coli</i> med varslings	+2
3.2 Måling av turbiditet eller farge for overvåking av endringer i råvannskvalitet.	Kontinuerlig måling for hver brønn. Alarm installert	10
	Kontinuerlig måling for hver brønn. Ingen alarm	5
	Kontinuerlig måling samlet for flere brønner. Alarm installert	5
	Kontinuerlig måling samlet for flere brønner. Ingen alarm	2
	Ingen måling	0
3.3a Inspeksjon av infiltrasjonsområdet (sone 1-3)	Minst 4 ganger i året.	5
	2 ganger i året	2
	Ingen, eller kun sporadisk	0
Inspeksjon av brønnområdet (sone 0) med inngjerding	Månedlig	5
	6 ganger i året	2
	< 6 ganger i året	0
Beredskapsplaner, internkontroll, prøvetakingsrutiner ved avvik osv.	Beredskapsplaner osv. mangler eller er ikke godkjent.	-5
3.4 Avhjelpende tiltak ved avvik i råvannskvaliteten	Stengning av vannet fra kilden. Automatisk	10
	Stengning av vannet fra kilden. Manuelt	8
	Bruk av godkjent reservevannkilde	10
	Desinfisering/økt desinfisering	5
	Kokevarsel	3
	Ingen avhjelpende tiltak	0

Barriereeffekt K3 = (kriterium 3.1 + kriterium 3.2 + kriterium 3.3 + kriterium 3.4)/4

\* Store vannverk > 10 000 abonnenter bør prøveta 20-24 ganger per år



Klausulering og arealrestriksjoner må jevnlig følges opp av vannverkseier (kriterium 3.3). Dette gjelder både kontroll av brønnenes nærområde, inkludert inngjerdingen, og sonene 1-3. Det er et krav at alle vannverk skal ha beredskapsplaner, internkontrollsystem osv. Dette er viktige momenter som viser om vannverkseier kjenner til styrker og svakheter i vannforsyningen, og det skal være på plass for å sikre trygt drikkevann. Dersom dette ikke er i orden, medfører det i tabell 3.6 et fratrekk i verdi.

Avhjelpende tiltak ved avvik i råvannskvaliteten kan omfatte flere ting (kriterium 3.4). Det beste er om man kan stenge av vannkilden, for eksempel enkeltbrønner, til man får bekreftet at vannkvaliteten er tilfredsstillende. Andre tiltak vil kunne omfatte igangsetting av desinfisering eller økt desinfisering og utsendelse av kokevarsel.

### 3.4 Kriterium 4 – Vannverkets størrelse

Vannverkets størrelse er tatt med for å legge inn en risikofaktor. Forurensning av drikkevannet fra et stort vannverk gir større konsekvenser enn om vannverket er lite med få abonnenter.

Kriterium 4 (K4) beregnes ut fra følgende formel (Hem et al. 2008):

$$K4 = 1 / \log(\text{antall\_abbonenter})$$

### 3.5 Beregning av kildens barriereeffekt

Graden av barriere som oppnås for grunnvannskilden beregnes som følger (Hem et al. 2008):

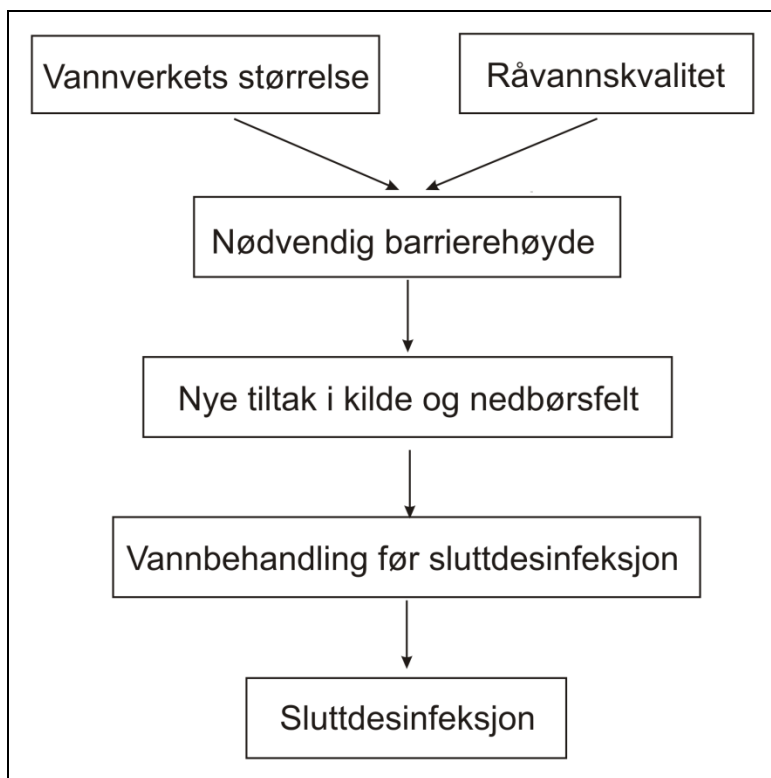
$$\text{Barriereeffekt} = \frac{K1 \times K2 \times K3 \times K4}{100}$$

For verdier  $\geq 1$  utgjør grunnvannskilden en fullstendig barriere, mens 0 tilsier ingen barriere. Det forutsettes i tillegg at samtlige av kriteriene 1-3 er tilfredsstillende for at grunnvannskilden skal kunne utgjøre en barriere.

Grunnvannskildens barriereeffekt som beregnet ut fra kriteriene 1-4, utgjør inntil 1 barriere. For godt beskyttet grunnvann kan den andre barrieren bestå av en godkjent klausulering kombinert med tilstrekkelig mektighet av løsmasser i brønnområdet (se kapittel 0).

#### 4. KOPLING MOT "VEILEDER FOR GOD DESINFEKSJONSPRAKSIS"

Gjennom prosjektet "Optimal desinfeksjonspraksis" (Ødegaard et al. 2006, Ødegaard et al. 2009a) er det utarbeidet en veileder for god desinfeksjonspraksis (Ødegaard et al. 2009b) myntet på vannverkseiere, planleggere og saksbehandlere. Veilederen inneholder en prosedyre for vurdering av nødvendig inaktiveringsgrad for sluttdeinfeksjonen ved et vannverk. Prosedyren tar utgangspunkt i vannverkets barrierehøyde bestemt av råvannskvaliteten og vannverkets størrelse (figur 4.1). Gjennom nye barrieretiltak i drikkevannskilden (inntakspunkt og nedslagsfeltet) og vannbehandling før desinfeksjon med tilhørende overvåkings- og kontrolltiltak i både drikkevannskilden og vannbehandlingen, kan man oppnå log-kreditt som trekkes fra den opprinnelige barrierehøyden. Det gis i veilederen forslag til log-kreditt for ulike tiltak i brønn- og infiltrasjonsområde.



**Figur 4.1** Diagrammet viser prosedyre for beregning av nødvendig barrierehøyde og krav til sluttdeinfeksjon basert på nye tiltak i kilde og nedbørsfelt og vannbehandling før sluttdeinfeksjon. Etter Ødegaard et al. (2006, 2008) og Hem (2008).

Det er ikke gjort noe forsøk på å tilpasse denne rapporten til veilederen for optimal desinfeksjonspraksis. For grunnvannskilder vil naturen fungere som vannbehandling. Det er derfor nødvendig å se kildens vannkvalitet i tett sammenheng med vannkildens sårbarhet (naturlig beskyttelse) og arealbruk i stedet for i etterkant å gi kreditt for utbedringer. Det anbefales derfor at man for grunnvannskilder vurderer behovet for sluttdeinfeksjon etter at man har undersøkt grunnvannskildens barrieroeffekt slik det er vist i denne rapportens kapittel 4.

Ut fra resultatet har man da følgende alternativer:

1. Kilden utgjør én barriere og man vurderer om klausulering og løsmassenes tykkelse gir god nok beskyttelse til at begge barrierer kan knyttes til grunnvannskilden, eller om vannbehandling og/eller desinfeksjon skal utgjøre én barriere
2. Kilden utgjør ikke én fullstendig barriere. Valget står mellom å gjøre utbedringer med påfølgende ny 2-års vurdering av vannkvaliteten eller å benytte desinfeksjon eller tilsvarende vannbehandling.

Er vannbehandling og/eller desinfeksjon nødvendig benyttes veilederen for optimal desinfeksjonspraksis for å finne beste løsning.

## 5. DEFINISJONER

**Artesisk akvifer:** Lukket akvifer der den piezometriske overflaten (vanntrykket i akviferen) står over toppen av akviferen. Dette kan oppstå når en akvifer ligger mellom to tette lag i lavereliggende områder, samtidig som den tilføres vann (mates) i høyereliggende områder.

**Barriereeffekt:** Grad av hygienisk barriere

**Klausulering:** Begrensning av arealbruken rundt et vannverk eller en brønn slik at potensielt forurensende aktiviteter forbyes i tilsigsområdet. Må gjøres juridisk bindende.

**Risikobasert prøvetaking:** uttak av prøver i ekstremsituasjoner. Hyppigere prøvetaking iverksettes ved spesielle hendelser, for eksempel ekstremvær. Dermed øker sjansen for å fange opp eventuell mikrobiologisk forurensning.

## 6. REFERANSER

Folkehelseinstituttet, 2006: Vannforsyningens ABC - et oppslagsverk om drikkevann.  
(<http://www.fhi.no/artikler/?id=46542>)

Gaut, S., 2010: Beskyttelse av grunnvannsanlegg - en veileder. Norges geologiske undersøkelse, 58 s.

Gaut, S., 2005: Factors influencing microbiological quality of groundwater from potable water supply wells in Norwegian crystalline bedrock aquifers. Doctoral Theses 2005:99, Department of Geology and Mineral Resources Engineering, Norwegian University of Science and Technology, 153 s.

Hannes I.S., Gjerde B., Robertson L., Vikoren T. & Handeland K., 2006: Prevalence of Cryptosporidium and Giardia in free-ranging wild cervids in Norway. Veterinary parasitology 141:30-41

- Helse- og omsorgsdepartementet, 2001: Forskrift 4. desember 2001 nr 1372 om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften)  
(<http://www.lovdata.no/for/sf/ho/ho-20011204-1372.html>)
- Hem L., Eikebrokk B., Røstum J., Wideborg M. & Østerhus S.W., 2008: Vannkilden som hygienisk barriere. Norsk Vann rapport B10-2008
- Mattilsynet, 2005: Veileder til drikkevannsforskriften av 4. desember 2001, versjon 2.  
<http://www.mattilsynet.no/mattilsynet/multimedia/archive/00017/Drikkevannsforskrift17819a.pdf>
- Olson M.E., Thorlakson C.L., Deselliers L., Morck D.W. & McAllister T.A., 1997: Giardia and Cryptosporidium in Canadian farm animals. Veterinary parasitology 68(4):375-381  
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6TD7-3RGSY66-B/2/0504dd73c97d6a098d9c3349d70b90f3>)
- Storrø G., Gaut S., Sivertsvik F., Gundersen P., Sjørdal T. & Berg T., 2006: Kvalitet av borebrønner i fjell - inspeksjon av brønnutforming. NGU Rapport 2006.031  
([http://www.ngu.no/FileArchive/235/2006\\_031.pdf](http://www.ngu.no/FileArchive/235/2006_031.pdf))
- The Scottish Government, 2004: The *Cryptosporidium* (Scottish water) directions 2003.  
<http://www.scotland.gov.uk/Resource/Doc/26487/0013541.pdf>.
- Vrba, J. & Zaporozec, A. (eds), 1994: Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. International Contributions to Hydrogeology, Vol 6. Heise, 131 s.
- Ødegaard H., Østerhus S.W. & Melin E., 2009a: Optimal desinfeksjonspraksis fase 2. Norsk Vann Rapport 169/2009, 121 s.  
(<http://norskvann.no/content/download/45886/471714/file/Rapport%20169%20nettversjon.pdf>)
- Ødegaard H., Østerhus S.W. & Melin E., 2009b: Veiledning til bestemmelse av god desinfeksjonspraksis. Norsk Vann Rapport 170/2009
- Ødegaard H., Fiksdal L. & Østerhus S.W., 2006: Optimal desinfeksjonspraksis for drikkevann. NORVAR-rapport 147-2006, 136 s.