

# UTGJØR GLITRE EN FULLGOD HYGIENISK BARRIERE?

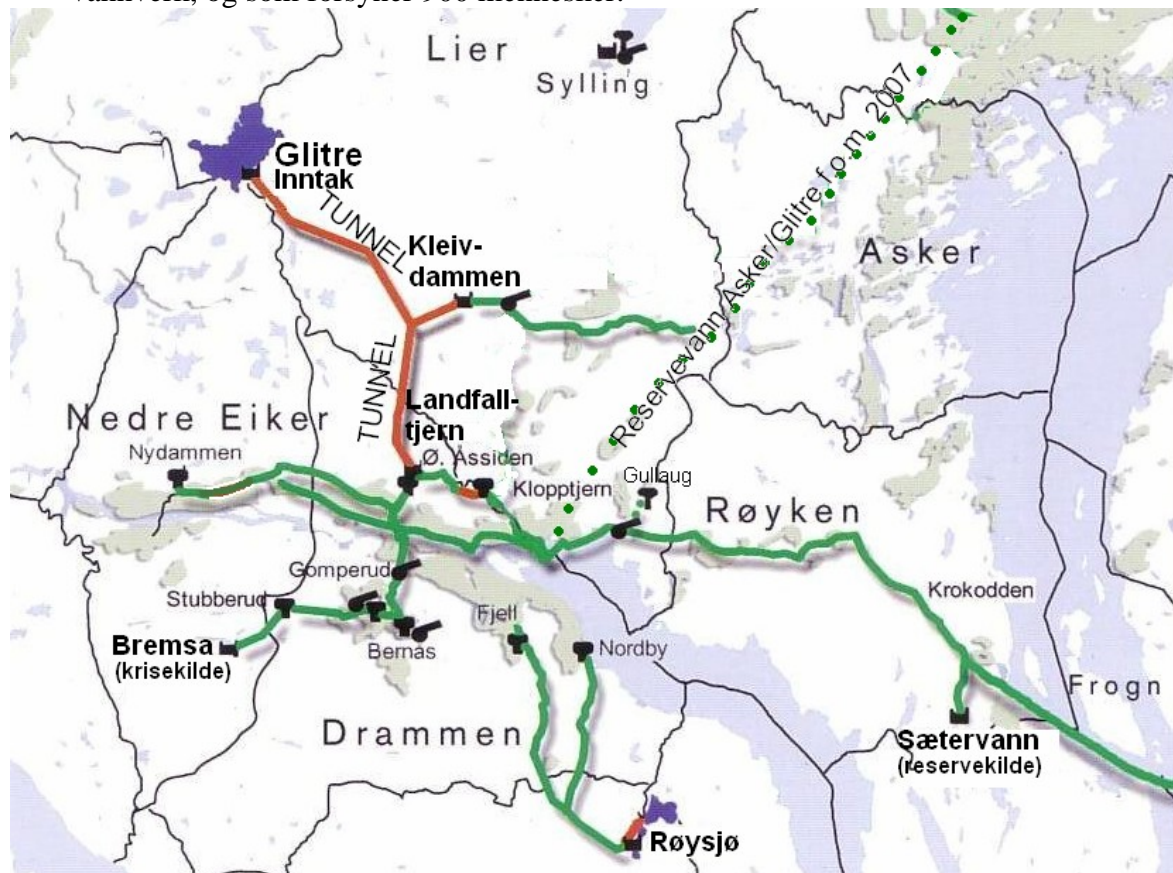
Av Jarle Eirik Skaret og Dag Berge  
Innlegg på Vannforeningens Fagtreff 17.10.2005

Jarle E. Skaret er utredningsleder i Glitrevannverket  
Dag Berge er forsker i NIVA

## 1. Innledning

Glitre er hovedvannkilden til ca. 2/3-del av Drammen, nesten hele Lier, Nedre Eiker, Røyken og Frogn, til sammen ca. 105 000 personer. Se fig. 1, som også viser Glitrevannverkets 2 andre hovedvannkilder:

- Røysjø, som ligger i et skogsområde sørvest for Drammensfjorden og forsyner 20 000 mennesker.
- Sylling vannverk, som har sitt inntak i Holsfjorden, 5 km. fra inntaket til Asker og Bærum vannverk, og som forsyner 900 mennesker.



Figur 1. Beliggenheten til Glitrevannverkets vannkilder

Glitre ligger midt i Finnemarka, dvs. mellom Drammen, Hokksund, Vikersund og Sylling. Glitre er delt mellom 4 kommuner: Øvre Eiker, Nedre Eiker, Modum og Lier.

Fram til vannbehandlingsanleggene ved hh.vis Drammen (Landfalltjern) og Lier (Kleivdammen) går vannet gjennom en 12 km. lang råsprengt tunnel.

Det er ingen fastboende i nedbørfeltet. Ved selve innsjøen er det 3 gamle setrer, ombygd til hytter, pluss noen hytter langs Gjæssjøvassdraget i vest. Ellers er det ingen bebyggelse i nedbørfeltet.



Finnemarka beiter det anslagsvis 500 storfe og 5 000 sauer, hvorav ca. 10-20 % i Glitres nedbørfelt.

Glitre ligger 360 meter over havet, har et areal på 3,8 km<sup>2</sup>, og nedbørfeltet et areal på 45 km<sup>2</sup>.

Hele Finnemarka utgjør 430 km<sup>2</sup>.

Råvannet i Glitre er av svært god kvalitet og kilden er godt beskyttet mot forurensninger. Vannet er klart, med et fargetall på ca. 8, men litt surt, med pH på 6.5 - 6.7, og det har litt lav alkalitet og lavt kalsiuminnhold. Pga. innlekking i grunnvann i råvannntunnelen inneholder det noe mer mangan enn ønskelig. (Komplette vannkvalitetsdata finnes på [www.glitre.no](http://www.glitre.no)).

## 2. Servitutter for Glitres nedbørfelt

Det er omfattende innskrenkninger i allmennhetens og grunneiernes bruk av nedbørfeltet.

Her er et forkortet utdrag av servituttene, Fylkesmannen i Buskerud (2003):

- All ny bygging i vannverkets nedbørfelt er forbudt.
- Bruksendring for bebyggelse er ikke tillatt
- Det er forbudt å legge inn vann i all bebyggelse i nedbørfeltet
- Kjemitoaletter er ikke tillatt. Alle priveter for øvrig i nedbørfeltet skal utstyres med tette bøtter
- Spillvannsavløp direkte til Glitrevann eller tilløpene er forbudt
- Deponering av slam og avfall er forbudt
- Alle veier inn i nedbørfeltet skal ha låst bom
- All motorisert ferdsel med kjøretøy på isen og med motorbåt på vannene i nedbørfeltet er forbudt
- Det er forbudt med bruk av kano og andre transportable båter på alle vann i nedbørfeltet
- Bading er forbudt i Glitrevann.
- Badeflåter og tilrettelegging for bading i de andre vannene i nedbørfeltet er forbudt.
- Telting og leirslaging innenfor 100 meter fra Glitrevann er forbudt

- Stevner, konkurranser og liknende arrangementer i nedbørfeltet, kan ikke avvikles uten godkjenning fra tilsynsmyndighetene
- Organisert riding og tilrettelegging for slik aktivitet i nedbørfeltet er forbudt.
- Glitrevannverket skal om nødvendig vurdere inngjerding, økt skilting og lignende.
- Glitrevannverket skal i samarbeid med grunneierne etterstrebe en mest mulig inntakt vegetasjonssone med variert innslag av bartre, lauvskog, busker og krattsjikt på 100 m rundt Glitre, for å dempe eroderende og mulig forurensende avrenning til drikkevannsmagasinet.
- Glitrevannverket skal sørge for tilfredsstillende informasjon i området med tavler, plakater osv

Det innføres ikke restriksjoner på beiting i nedslagsfeltet. Saltsteiner, utsettings- og innsamlingsplasser skal imidlertid, i følge servituttene, legges i rimelig avstand fra selve Glitrevannet. Det legges ingen ytterligere restriksjoner på skogsdrift, veier, masseuttak og grusing i området, utover det som er nedfelt i gjeldene lovverk og som har vært praktisert fram til nå.

Fiske er tillatt i vann i nedbørfeltet, inkludert Glitre. Tilsynsmyndighet kan innføre fiskeforbud i Glitrevann hvis råvannskvaliteten av hensyn til drikkevann skulle tilsi dette. Det er ikke innført spesielle innskrenkninger på jaktutøvelse, viltpleie, vilttoppsyn utover gjeldende lover og forskrifter. Fiske og jakt utgjør imidlertid en meget beskjeden forurensningsfare.

### 3. Glitrevannverkets hovedvannkilder - Nøkkeltall

I tabell 1 gis noen nøkkeltall for Glitrevannverkets hovedkilder.

Vannverk:	Nedbørfelt areal: km <sup>2</sup>	Vannflate-areal: km <sup>2</sup>	Inntaksdyp: m	Magasin-volum: mill. m <sup>3</sup>	Regulert vannføring: mill. m <sup>3</sup> /år	Maksimal kapasitet: l/s
Glitre	45,1	3,8	30	32,6	24,0	ca. 2 000
Røysjø	8,4	1,2	30	3,9	4,0	150
Sylling	-	-	60	-	-	9

Vannverk:	Kapasitet, l/s:	Sil / Filter:	Korrosjonskontroll:	Desinfisering:
Glitre- Landfall	ca. 1 800	Sil, 0,3 mm.	-	Klorgass
Glitre-Kleivdammen	200	Sil, 0,3 mm.	-	Natriumhypokloritt
Røysjø	150	Marmorfilter	Marmorfilter+CO <sub>2</sub>	Klorgass
Sylling	9	Selvspylende sil, 0,3 mm	Vannglass	Natr.hypokloritt + UV

Tabell 1. Nøkkeltall for Glitrevannverkets hovedkilder

## 4. Mikrobiologisk vannkvalitet

### 4.1 Giardia og Cryptosporidium, råvann

I perioden 1998-2000 gjennomførte vi i alt 23 prøvetakinger á 10 liter i Glitres nedbørfelt mht. hh.vís *Giardia* og *Cryptosporidium*. *Giardia* ble i gjennomsnitt påvist i 9 % av prøvene, med en maksimalverdi på 1 pr. 10 liter. *Cryptosporidium* ble i gjennomsnitt påvist i 26 % av prøvene, med en maksimalverdi på 3 pr. 10 liter. Det ble ikke påvist parasitter i Glitres råvann ved inntaket etter i alt 6 prøver.

I 2005 ble tatt 1 råvannsprøve á 10 liter fra hver av de 3 hovedkildene. Her ble *Cryptosporidium* påvist i alle 3 prøvene, mens *Giardia* ble påvist på Glitre og Røysjø. Maksimalverdi: 1 pr. 10 liter.

## 4.2 Clostridium perfringens

Da Clostridiumsporer er mer resistente overfor UV-bestråling enn Cryptosporidiumoocyster og Giardia-cyster, og dessuten enklere å analysere på, har en i den nye drikkevannsforskriften stilt krav om analyser av *Clostridium perfringens*, og bruker dette også som en indikator på at det kan være cyster/oocyster i drikkevannet. *Clostridium perfringens* er resistent overfor klorering ved de dosene som er aktuelle for vannforsyning, og dersom vannbehandlingen ikke har noe annet rensetrinn som fjerner disse bakteriesporene vil en, dersom en påviser bakteriesporene i råvannet, også finne dem i nettprøver.

Prøvesteder:		Maks.:	Ant. prøver:	Antall >0:	% antall >0:
Råvann	Glitre	1	18	1	6
	Røysjø	0	9	0	0
	Sylling	3	8	2	25
	Bremsa *	3	2	1	50
	Sætervann*	2	10	1	10
Nettvann	Glitre	4	200	5	3
	Røysjø	1	24	1	4
	Sylling	1	26	1	4
	Sætervann*	2	6	1	17

**Tabell 2. Glitrevannverkets analyser på *Clostridium perfringens*, 2003-5 (ant./100 ml)**

\*) Sætervann er reservekilde. Bremsa er "krisekilde" (drikkevannsforskr. §18 om vannfors. i ekstraord. situasjoner)

Av tabell 2 ser en at på nettvann er *Clostridium perfringens* påvist i 3 % av prøvene på Glitre og 4 % av prøvene på Røysjø og Sylling vannverk.

På Sylling vannverk er ikke denne parameteren påvist på nettet det siste året, etter 22 prøver. UV-anlegget her skal forutsetningsvis ta *Clostridium perfringens*.

På råvann er tallene meget usikre da det er tatt så få vannprøver på denne parameteren.

## 4.3 Intestinale enterokokker

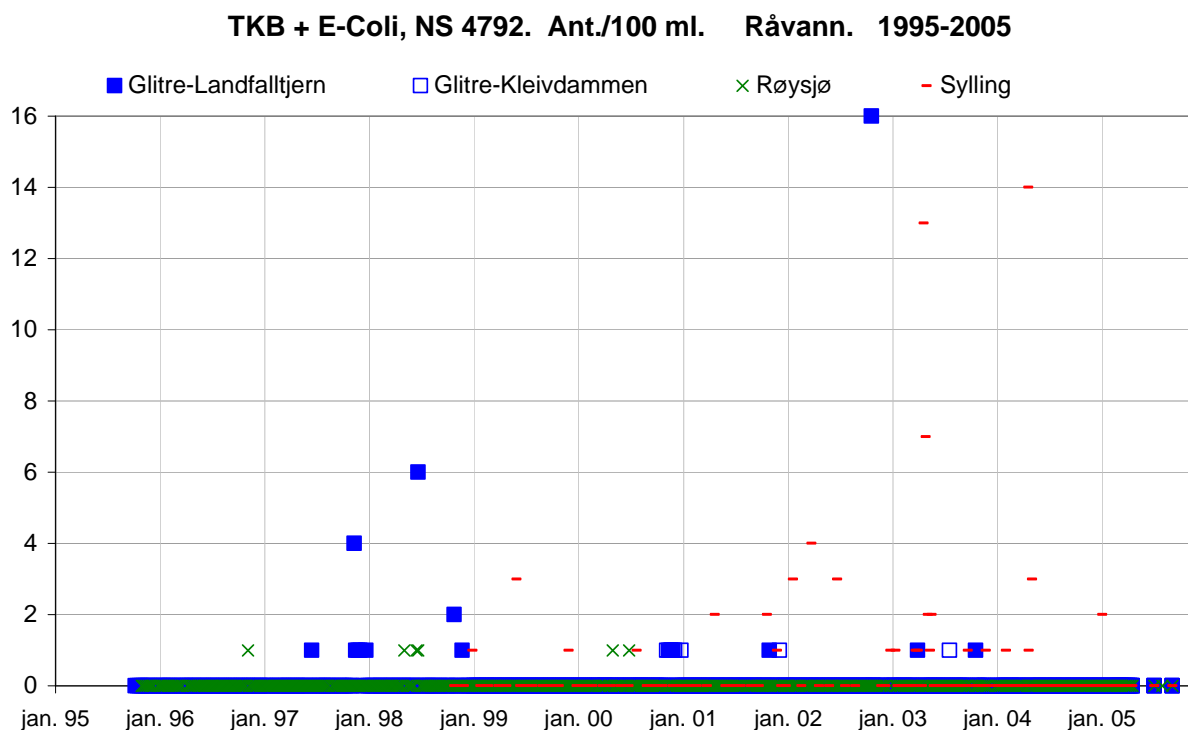
Enterokokker brukes som en indikator på fekal forurensning fra mennesker eller dyr i drikke- og badevann. De har lenger overlevelse i vann enn koliforme bakterier, og kan derfor avdekke eldre forurensning.

Vannverk:	Maks.	Ant. prøver	antall>0	% antall>0
Glitre, råvann	1	152	1	0.7
Røysjø, råvann	1	61	2	3.3
Sylling, råvann	8	65	9	13.8
Glitre nett	0	470	0	0
Røysjø, nett	2	125	2	1.6
Sylling, nett	62	76	4	5.3
Sætervann, råvann	0	8	0	0
Bremsa, råvann	0	4	0	0
Sætervann, nett	0	5	0	0
Hovjordet Årbogen	0	2	0	0
Nordal	0	16	0	0
Kloppstjern	0	3	0	0
Vasshella	2	1	1	100
SUM:		988	19	1.9

**Tabell 3. Analyser av intestinale enterokokker, 1999-2004 (ant./250 ml):**

Vi ser at på Glitres nettprøver (tabell 3) er det ikke påvist Instetinale enterokokker etter 470 prøvetakinger. Maksimalverdien på 62 ved Sylling, nett er skyldes én enkeltstående prøve. De andre prøvene ved Sylling viser maks. 1.

#### 4.4 E-coli og TKB, råvann, 1995-2005

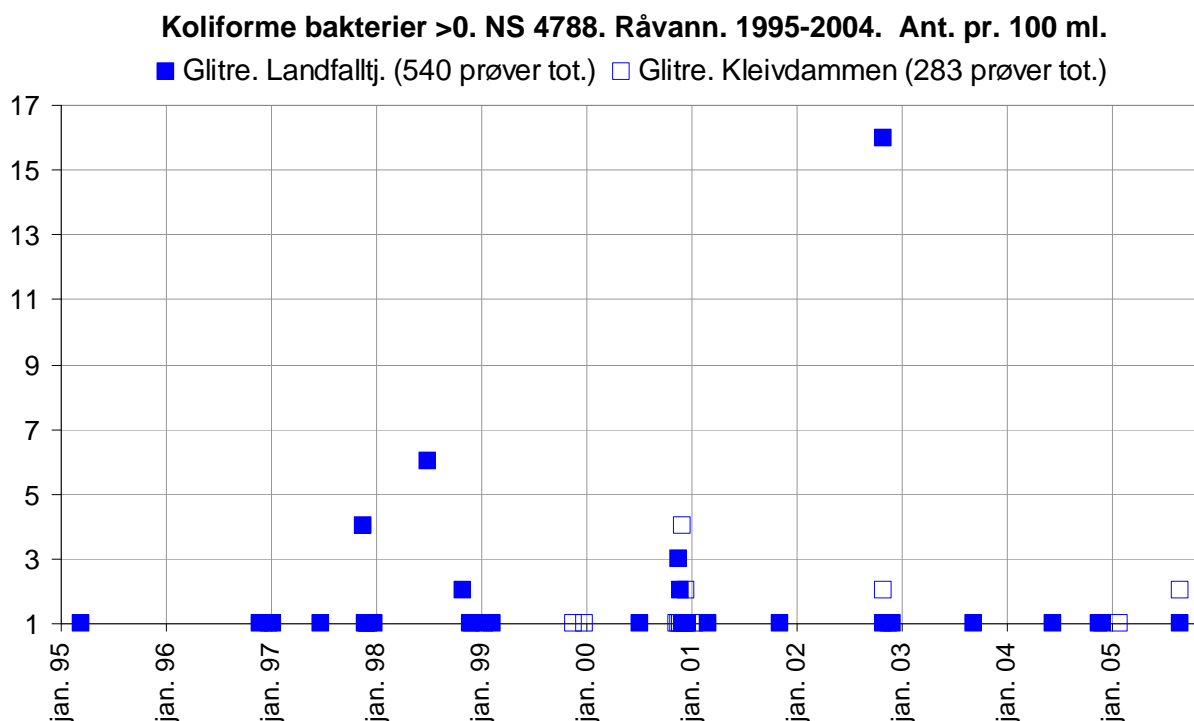


**Figur 2. E. Coli og Termotolerante koliforme bakterier (TKB) i råvann fra Glitrevannverkets hovedkilder i perioden 1995-2005.**

Figur 2 viser funn av E. Coli og Termotolerante koliforme bakterier (TKB) i råvann fra Glitrevannverkets hovedkilder i perioden 1995-2005. Av ca.1000 prøver på Glitres råvann er det kun påvist 4 tilfeller med E. Coli større enn 1/100 ml.

#### 4.5 Koliforme bakterier, råvann, 1995-2005

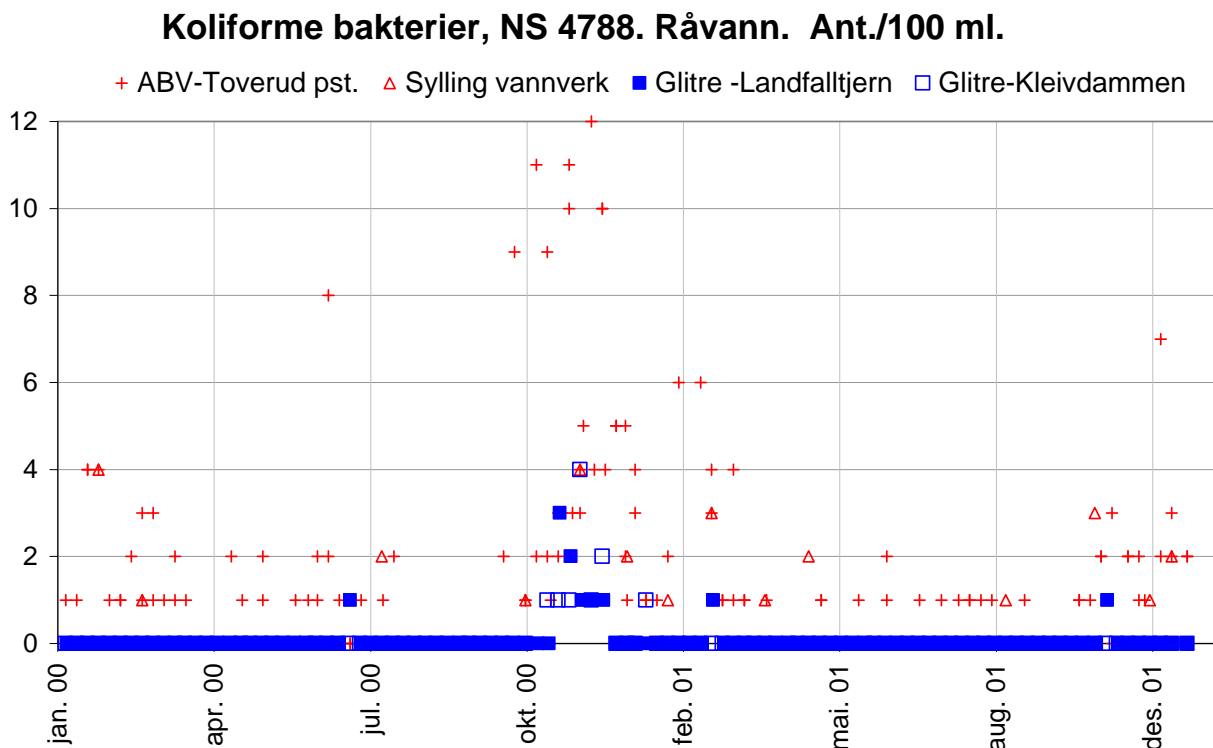
Figur 3 (neste side) viser funn av Koliforme bakterier (NS 4788) i råvann fra Glitre, målt ved Landfalltjern og ved Kleivdammen, i perioden 1995-2004.



**Figur 3. Koliforme bakterier (NS 4788) i råvann fra Glitre, målt ved Landfalltjern og ved Kleivdammen, i perioden 1995-2004.**

Av ca. 850 prøver på Glitres råvann er det kun påvist 10 tilfeller med koliforme bakterier større enn 1/100 ml. Vi ser en viss tendens til flere påviste koliforme bakterier ved Landfalltjern enn ved Kleivdammen, men dette kan være en tilfeldighet.

I perioden 2000-2001, som omfatter den sterke nedbør-høsten 2000, ser vi at Holsfjorden, som forsyner Asker og Bærum vannverk og Sylling vannverk, har et vesentlig større innhold av TKB enn Glitre, se figur 4.



**Figur 4. Koliforme bakterier (NS 4788) i råvann fra Glitre og noen andre av Glitrevannverkets kilder i 2000-2001.**

	Koliforme bakterier:		TKB+E-Coli		Sum:		
	Ant. prøver	Verdi >0	Ant. prøver	Verdi >0	Ant. prøver	Verdi >0	Prosent >0
Landfall	540	32	490	16	1030	48	5 %
Kleivdammen	283	14	336	6	619	20	3 %

**Tabell 4. Funnfrekvens av koliforme bakterier i råvannsprøver fra Glitre**

Tabell 4 oppsummerer antall råvannsprøver de siste 10 år og antall prøver ( 3-5 %) hvor en har funnet koliforme bakterer eller TKB:

#### 4.6 E-coli, TKB og koliforme bakterier, nettvann Glitre, 1995-2005

Tabell 5 oppsummerer analyser av koliforme bakterier på ulike steder ute på drikkevannsnettet fra Glitre vannverket.

Parameter:	Ant. prøver:	Antall > 0		Maks. verdi:	
		Hovjordet:*	Andre steder:	Hovjordet:*	Andre steder:
Kolif. bakterier	6 900	14	18	97	2
E-coli + TKB	5 400	8	5	84	2

**Tabell 5. Funn frekvens av koliforme bakterier på angitte steder i drikkevannsnettet ut fra Glitrevannverket**

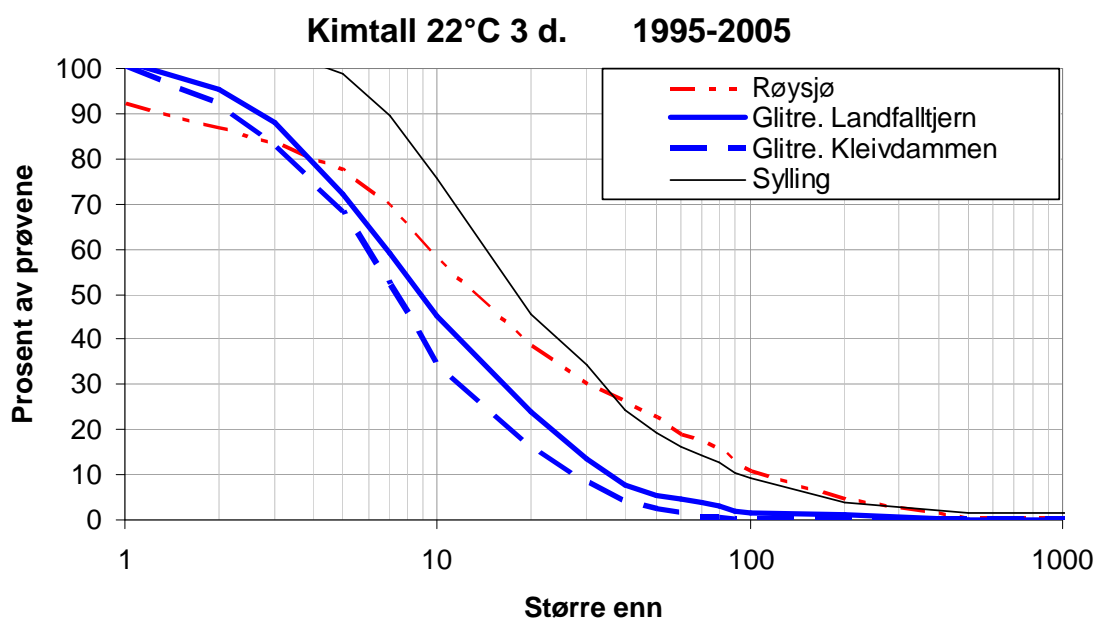
\*) : Et prøvepunkt hvor bakteriene skyldtes forhold på nettet på slutten av 1990-tallet.

Hvis vi ser bort fra prøvepunktet Hovjordet, er koliforme bakterier kun er påvist i 3 promille av prøvene, og e-coli/ TKB kun i 1 promille av prøvene. Maksimalverdien er 2 /100 ml.

I tillegg er det i denne 10-årsperioden tatt ca. 950 prøver på desinfisert vann ved Glitres vannbehandlingsanlegg (Landfalltjern pluss Kleivdammen). På disse prøvene har klorkontakttiden vært foholdsvist kort, og det er påvist koliforme bakterier eller TKB i 5 promille av prøvene.

#### 4.7 Kimtall 22°C 3 d. i råvann i perioden 1995-2005

Figur 5 viser frekvensfordelingsdiagram av kimtall (22°C) i noen av Glitrevannverkets kilder i perioden 1995-2005.



**Figur 5. Frekvensfordelingsdiagram av kimtall (22°C) i noen av Glitrevannverkets kilder i perioden 1995-2005.**

Glitre har lave verdier. En ser at ca. 40 % av prøvene har kimtall over 10 og ca. 1% av prøvene har kimtall over 100. Vi ser en viss tendens til flere påviste kimtall ved Landfalltjern enn ved Kleivdammen, men dette kan være en tilfeldighet.

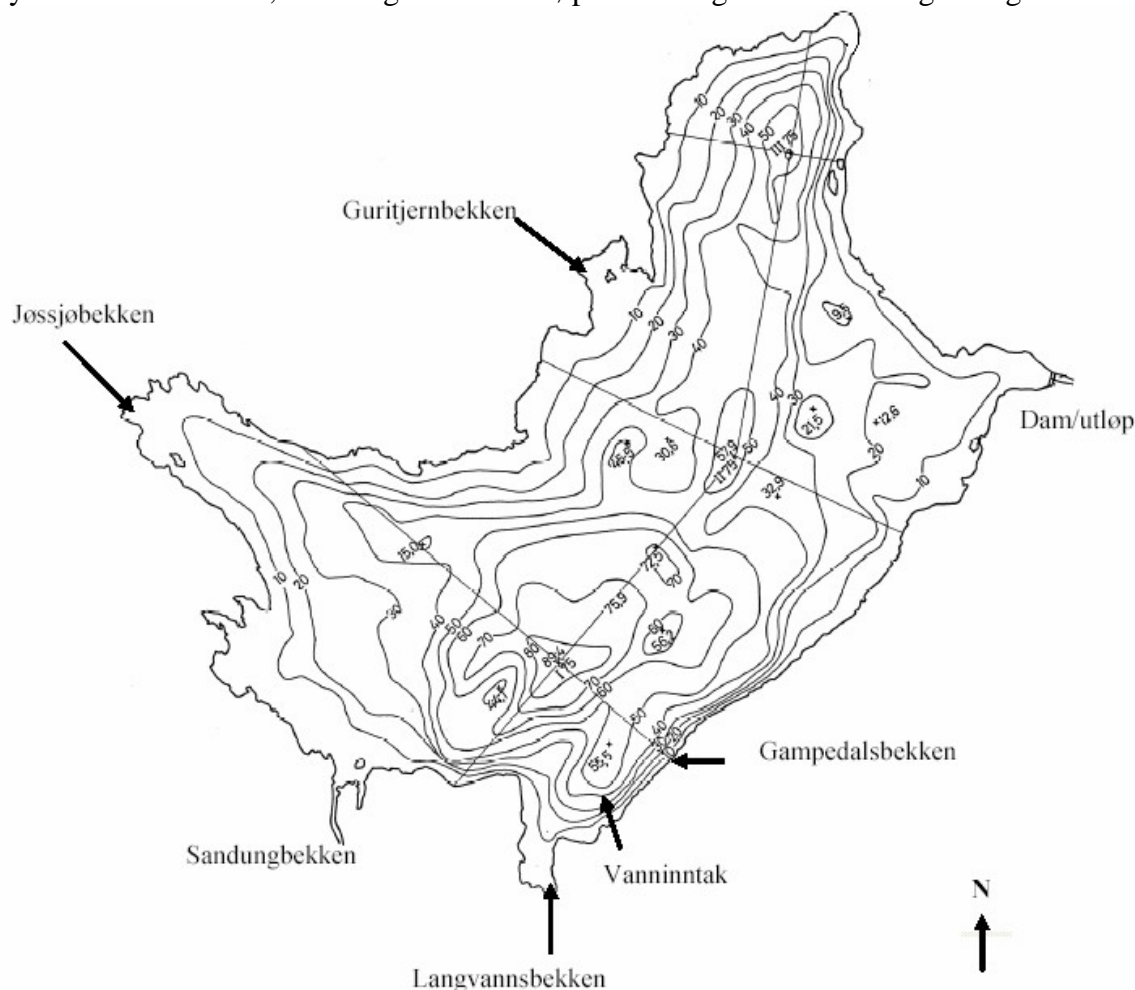
## 5. NIVA- rapport 4877-2004. Utredning om Glitre

I perioden 1998- 2004 ble det gjennomført et omfattende vannanalyseprogram for Glitres nedbørfelt. Det ble tatt vannprøver flere steder, og til forskjellige årstider, både Glitre og i tilløpsbekkene. Hver vannanalyse omfattet 7- 25 ulike parametre.

Hensikten med undersøkelsen var blant annet å kartlegge risikoforhold mht. mikrobiologisk forurensning av vannkilden, og vurdere evt. nye sikringstiltak. Det ble blant annet utført matematisk strøm- og spredningsundersøkelser (kalibrert med de aktuelle analysedata) for beregning av fare for bakterietilførsel til drikkevannsinntaket, på 30 meters dyp, fra nærliggende tilløpsbekker.

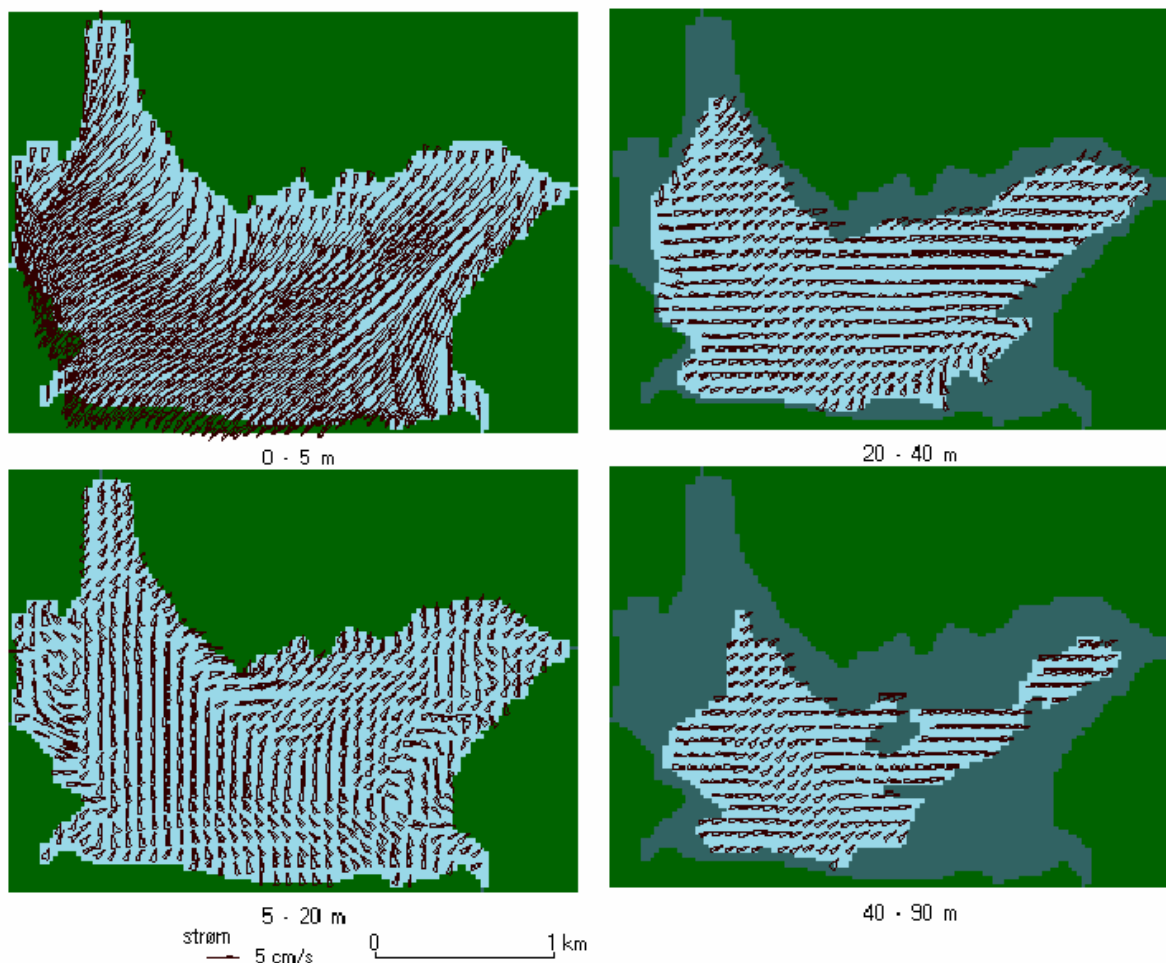
Hovedkonklusjonen er at Glitre er en meget robust vannkilde. Utenom sirkulasjonsperiodene, som er relativt kortvarige, har en et stabilt sprangskikt, som for Glitres vedkommende ikke påvirkes nevneverdig av vind og nedbør. Dette sprangskiktet, pluss de store vannmassene, som gir vannet en gjennomsnittlig oppholdstid på 4 år, gir en god beskyttelse mot forurensning fra beitedyr etc.

Dybdekart over Glitre, samt angivelse av tilløpsbekker og vanninntak er gitt i figur 6.



Figur 6. Dybdekart for Glitre (Opploddet av NIVA i 1961)

Figur 7, fra strømningsmodellen, viser strømningsretningen for vannet på ulike dyp ved vind fra nord. Vind medvirker til at overflatevann spres ut i de dypere vannmasser.



**Figur 7. Eksempel på hvordan strømmen fordeler seg i ulike deler, og dyp, av innsjøen som følge av vind (her vind fra nord, fra Berge og medarb. 2004).**

Undersøkelsen for Glitre viser imidlertid at følgende kriterier må samtidig være oppfylt for at vannkvaliteten ved drikkevannsinntaket i en viss grad skal kunne påvirkes:

- Ingen temperaturforskjeller i Glitres vannmasser, dvs. at det er sirkulasjonsperiode
- Sterk vind, 6 m/s (10 meter over overflaten)
- Sterk vannføring i tilløpsbekkene, 10 ganger middelvannføringen
- Sterk bakteriologisk forurensning i alle tilløpsbikker, 100 TKB pr. 100 ml.
- Glitre må være nedtappet med 10 meter i forhold til dagens nivå (noe som i alle fall ikke vil skje før om 20-30 år).

## 6. Hvilken risiko innebærer parasitter for denne type vannkilder

Det bør skaffes flere kunnskaper om hvilken risiko beiting innebærer mht. parasitter, både generelt (ansvar: sentrale myndigheter) og mht. de enkelte vannverk (ansvar: vannverkseier og lokale myndigheter). Når tilstrekkelige kunnskaper foreligger, bør en ta stilling til evt. utvidete rens tiltak/desinfeksjon. Pr. i dag ser det ut til at vannkilder uten risiko for kloakktilsig bør "frifinnes" mht. mistanke om patogen påvirkning fra parasitter.

Hvor høyt nivå for *Cryptosporidium* / *Giardia* (oocyster / cyster pr.liter) er nødvendig for at folk skal bli syke?

- Bergen-hendelsen tyder på at tallet kanskje er >50 ?
- For mennesker med nedsatt immunforsvar er det kanskje tilstrekkelig med 1?

- Skal en her ta hensyn til mennesker med nedsatt immunforsvar, i det de uansett bør frarådes å drikke vann fra springen?
- I den grad det skjer en betydelig underrapportering av sykdomstilfeller, særlig mht. cryptosporidium, kan kanskje grensen for å bli syk likevel være forholdsvis lav?
- Finnes det noen statistikk, f. eks. fra England (og USA?), som har flere (og også kontinuerlige?) analyser av disse parasittene, som kan bidra til å belyse hvilken konsentrasjon disse må opptre i for at mennesker med normalt immunforsvar skal bli smittet?

Bjørn Gjerde skriver (SNT-Rapport 6-2000):- ” Ein spedkalv kan til dømes skilja ut mellom  $10^5$  og  $10^7$  oocyster pr. ml avføring i opptil to veker, noko som tilsvarar ein totalproduksjon på 10-50 milliarder oocyster.”

Hvis 50 milliarder oocyster (dvs. worst case fra ett dyr) blir fordelt helt jevnt i Glitres vannmagasin ( $110 \text{ mill m}^3$ ), utgjør dette imidlertid kun 0,5 oocyster/liter.

Dette gir grunn til å stille følgende spørsmål:

- Hvor ofte forekommer giardiose og cryptosporidiose blant husdyr? Er det i praksis bare spedkalver som rammes? I hvor stor grad skjer utbrudd i form av epedemier, dvs. at store deler av en besetning blir syke samtidig?
- Hvis det skulle skje at betydelige mengder av avføring fra dyr med giardiose eller cryptosporidiose kommer inn i råvannet, vil cystene/ oocystene kunne overleve i flere uker, t.o.m. fullsirkulasjonsperioden, og komme inn i vanninntaket?
- Bør det stilles spesielle krav til beiting i nedbørfeltene i denne forbindelse?
- Bør forholdene kartlegges nærmere av veterinærmyndighetene m.m.?
- Bør forholdene mht. ville dyr i denne sammenheng også kartlegges?

Vi vet at parasittene forekommer i enorme konsentrasjoner i kloakkvann (Bjørn. Gjerde, Kursdagene ved NTNU 2005: Giardia: 2700 pr liter Cryptosporidium: 240 pr liter).

Den landsomfattende Gjerde-undersøkelsen av drikkevannkilder (SNT-Rapport 6-2000) påviste til sammenligning en maks. konsentrasjon i råvann på kun 0,3 pr liter.

**Etter min mening gir dette en klar føring på at den største ressursbruken mht. parasitter i vannforsyningsammenheng bør rettes inn mot ledningsnett, dvs. å redusere risikoen for innsug av kloakk i vannledningsnett, samt sikring av nedbørfelt/vannkilde mot kloakklekkasjer.**

## 7. Konklusjon mht. Glitres egnethet som hygienisk barriere

- Mht. bakterier har vannkilden pluss desinfeksjon fram til nå utgjort effektive barrierer. (Koliforme bakterier /E-coli finnes i kun 3-5 % av råvannsprøvene og 1-3 % av nettprøvene).
- Parasitter er oppdaget i ca. 1/4-del av råvannsprøvene, og Clostridium perfringens i 3 % av nettprøvene. Dette er moderate tallverdier (1-3 cyster/ oocyster pr. 10 liter). Sannsynligvis trengs det i størrelsesorden 100 ganger så høy dose for å smitte et menneske med normalt immunforsvar.
- Glitrevannverket har krav om å installere UV-aggregat for Glitre innen 1.10.2010. Vi mener at dette kan være unødvendig investering, og at smitterisiko mht. parasitter bør utredes nærmere før en tar endelig beslutning.

Eventuelle fremtidige forhold:

- Ved evt. betydelig nedtapping av vannkilden, som gjør den mer sårbar, vil en kompensere for dette ved å forlenge inntaksledningen fra 30 til ca. 45 meters dyp.
- Ved evt. økt forurensingsfare pga. beitedyr vil en kompensere for dette gjennom sterkere restriksjoner, og evt. inngjerdning av vannet og nedre del av tilløpsbekkene.

## 8. Litteraturreferanser

- Berge, D., T. Tjomsland, T. Bækken, P. Brettum, R. Romstad og J. E. Løvik 2004: Utredning om Glitre. Tilstand og utvikling – overføring av nye felter – vanninntakets plassering – behov for nye beskyttelsestiltak., NIVA-rapport 4877-2004, 116 sider.
- Gjerde, B.: SNT-Rapport 6 - 2000. Cryptosporidium og Giardia i drikkevasskjelder i Noreg, 49 sider.
- Gjerde, B., Robertson L.: Cryptosporidium og Giardia i Noreg, Kursdagene ved NTNU 2005, 5 sider.
- Drikkevannsforskriften 2004. Forskrift for vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften). D FOR 2001-12-04 nr 1372., Helsedirektoratet, Folkehelseavdelingen.
- Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvern avdelingen 2003: Godkjenning av Glitrevannverket IKS for vannforsyning fra Glitre til Drammensregionen (Lier, Drammen, nedre Eiker og Røyken kommuner), Fylkesmannen i Buskerud, 20.09.2003, Arkiv nr 461.72. 15 sider.