

Sirkulasjonsstudie i Glitre høsten 2011



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

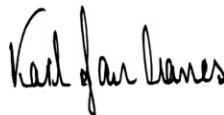
Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Sirkulasjonsstudie i Glitre høsten 2011	Løpenr. (for bestilling) 6355-2012	Dato 25.04.2012
	Prosjektnr. Undernr. 11450	Sider Pris 25
Forfatter(e) Dag Berge	Fagområde VRf	Distribusjon Fri
	Geografisk område Buskerud	Trykket NIVA
Oppdragsgiver(e) Glitrevannverket IKS	Oppdragsreferanse Jarle E. Skaret	
<p>Sammendrag</p> <p>Det ble gjort en undersøkelse av temperatur, bakterier, turbiditet og farge i Glitre fra drikkevannsinntaket og utover mot dypeste punkt under siklasjonsperioden høsten 2011. Samtidig ble bekkene som munner ut i nærheten undersøkt for de samme parameterne. Det ble ikke funnet noe som kunne tyde på at bekkene dannet såkalte tetthetsbestemte kortslutningsstrømmer som kunne kontaminere vanninntaket. Konsentrasjonene i Glitre av de nevnte parametere var lave i hele undersøkelsesperioden, og vannet var kvalitetsmessig blant det beste vi finner blant norske råvannskilder for disse parameterne. Fargen i råvannet har øket fra ca. 6 til 12 mg Pt/l fra 1990-årene og fram til i dag, mens konsentrasjonen av total organisk karbon bare har øket fra 2,2 til 2,8 mg C/l i samme periode. Ser man på perioden fra 2000 og fram til i dag har farge-økningen vært liten. Det meste av økningen skyldes trolig redusert forsurening som fant sted i 1990-årene, og avtok sterkt deretter. Men mildere klima og mer nedbør vil gjøre at fargen kan øke svakt framover også, men man kan regne med at det vil ta lang tid, anslagsvis 50 år, før Glitre kommer over 20 mg Pt/l i farge, og vil trenge fargefjerning i vannbehandlingen. Men dette er det vanskelig å forutsi noe helt sikkert om. For de andre fysiske kjemiske parameterne var det ingen endring over tid i overvåkningsdataene.</p>		

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Drikkevannskilde 2. Humus 3. Turbiditet 4. Bakterier 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Drinking water source 2. Humic matter 3. Turbidity 4. Bacteria
---	---



Dag Berge
Prosjektleder



Karl Jan Aanes
Forskningsleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsdirektør

Norsk institutt for vannforskning
Oslo

Sirkulasjonsstudie i Glitre høsten 2011

Oslo 25.04.2012

Saksbehandler: Dag Berge
Medarbeidere: *Jarle E. Skaret, Glitrevannverket*
Svein Kjenner, «

Forord

I e-mail av 20.10. 2011 bes NIVA av Glitrevannverket IKS om å lage et forslag til et program for en undersøkelse som kan belyse hvor sårbart råvannsinntaket til Glitrevannverket er for inntak av forurensninger under høstsirkulasjonen. Programmet ble godkjent 11. november og avtale undertegnet 15. november.

Feltarbeidet ble ledet av Svein Kjenner, Glitrevannverket, etter at NIVA ved Dag Berge var med og instruerte ved først tokt. Dag Berge har sammenstilt materialet til rapport. Hovedkontakt hos Glitrevannverket har vært Jarle E. Skaret.

Alle takkes for godt og interessant samarbeid.

Oslo, 25.04.2012

Dag Berge

Innhold

Innhold	5
Sammendrag	6
Summary	7
1. Innledning	8
1.1 Bakgrunn	8
1.2 Program	8
2. Resultater	10
2.1 Vær og temperatur i måleperioden	10
2.2 Resultater fra bekkene	11
2.2.1 Bekkenes innbyrdes størrelse	11
2.2.2 Humuspåvirkning	12
2.2.3 Turbiditet	13
2.2.4 Kimtallbakterier i bekken	13
2.2.5 Tarmbakterier i bekkene	14
2.3 Resultater fra innsjøstasjonene	15
2.3.1 Temperaturforholdene i innsjøen i perioden	15
2.3.2 Farge	16
2.4 Turbiditet	17
2.5 Bakterier	18
2.6 Utvikling av råvannskvaliteten i Glitre	19
2.6.1 Farge og organisk karbon i råvannet	19
2.6.2 Alkalitet, surhetsgrad og kalsium i råvannet fra 1998-2012	21
2.6.3 Jern og mangan	23
3. Litteraturreferanser	25

Sammendrag

Det ble gjort en undersøkelse av temperatur, bakterier, turbiditet og farge i Glitre fra drikkevannsinntaket og utover mot dypeste punkt under sirkulasjonsperioden i november og desember 2011. Samtidig ble bekkene som munner ut i nærheten, undersøkt for de samme parameterne. Det ble ikke funnet noe som kunne tyde på at bekkene dannet såkalte tetthetsbestemte kortslutningsstrømmer som kunne dykke ned og kontaminere vanninntaket. I så måte bekrefter denne undersøkelsen resultatene og modelleringene som ble gjort ved undersøkelsene i 2004. Konsentrasjonene i Glitre av de nevnte parametere var lave i hele undersøkelsesperioden, og vannet var kvalitetsmessig blant det beste man finner i norske råvannskilder for disse parameterne.

Fargen i råvannet har øket fra ca. 6 til 12 mg Pt/l fra 1990-årene og fram til i dag, mens konsentrasjonen av total organisk karbon bare har øket fra 2,2 til 2,8 mg C/l i samme periode. Ser man på perioden fra 2000 og fram til i dag har farge-økningen vært liten. Det meste av økningen skyldes trolig redusert forsurening som fant sted i 1990-årene, og avtok sterkt deretter. Men mildere klima og mer nedbør vil gjøre at fargen kan øke svakt framover også, men man kan regne med at det vil ta lang tid, anslagsvis 50 år, før Glitre kommer over 20 mg Pt/l i farge, og vil trenge fargefjerning i vannbehandlingen. Men dette er det vanskelig å forutsi noe helt sikkert om. For de andre fysisk kjemiske parameterne var det ingen endring over tid i overvåkningsdataene.

Summary

Title: Circulation Study in Lake Glitre the autumn 2011.

Year: 2012

Author: Dag Berge

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6090-8

A study of temperature, bacteria, turbidity and water color was carried out in Lake Glitre at the site for the drinking water intake, and outwards to the deepest point, during the autumn circulation period, November and December, 2011. At the same time the streams that enter the lake close to the water intake were monitored for the same parameters. Nothing was found that indicates that the streams formed density determined currents (so called short circuit currents) that dived and contaminated the water intake. By this, the study confirms the results from 2004 when similar monitoring were made, and a modeling study also indicated that the nearby situated brooks were not a threat to the water intake. The concentrations of the mentioned parameters were all very low, and the water quality of Lake Glitre was among the best raw water that can be found in Norwegian drinking water lakes.

The color of the raw water has increased from 6 to 12 mg Pt/l from the mid 1990ies to 2000, whereas the concentration of total organic carbon only has increased from 2.2 to 2.8 in the same period. Most of the color increase is due to reduced acid rain, particularly reduction in sulfate deposition, which took place throughout the 1990ies and stabilized thereafter. However, projected milder climate and increased rain will most likely give a slight increase in color also in the years to come, but 50 years from now may be a reasonable anticipation of the time it will take before the raw water from Glitre will exceed 20 mg Pt/l and thus will need color reduction in the water treatment. But it is difficult to give exact predictions on this. For the other physical/chemical parameters now changes over time could be detected in the monitoring data.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Innsjøen Glitre er en god råvannskilde for drikkevann. Den ble grundig utredet i 2002-2004 (Berge et al 2004) og det var få problemer man fant med selve kilden. Det munner imidlertid ut flere større og mindre bekker nokså nær vanninntaket, og man fant at det kunne være av interesse å se om noen av disse kunne forurense inntaket hvis det var flom under høstsirkulasjonsperioden. Da undersøkelsene i 2003 ble gjennomført var det tørt og stille vær under høstfullsirkulasjonen, så den gang fikk man ikke belyst denne eventuelle forurensningsfaren.

Målsettingen med prosjektet er å belyse hvor sårbart råvannsinntaket til Glitrevannverket er for inntak av forurensninger i perioden med høstfullsirkulasjon som er fra slutten av november til årsskiftet desember/januar. Det er ofte høstregn og flom i bekkene i denne perioden da innsjøens vannmasser sirkulerer.

1.2 Program

Undersøkelsen ble gjennomført på samme sted som ved den såkalte kortslutningsundersøkelsen ved de forrige utredning (sitert over). Dvs. det ble tatt prøver i bekkene Gampedalsbekken, Langevannsbekken og Sandungsbekken samt fra innsjøstasjonen 2, 4 og 5 gitt i **Figur 1**.

Prøver ble tatt en gang pr. uke i november og desember fram til islegging. I bekkene ble prøvene tatt ved å dyppe flaska godt ute i strømmen slik at den ikke påvirkes av tilgrusning fra prøvetakeren. Det vil i praksis si at disse prøvene ble tatt fra ca. 10 cm dyp. Ute i innsjøen ble det tatt prøver fra overflaten (ca. 0,5 m), og for hver 10. m ned mot bunnen på de tre stasjonene.

Følgende registreringer og analyser ble gjort:

Temperatur

Farge (samt noen analyser av TOC, og/ev UV-transmisjon)

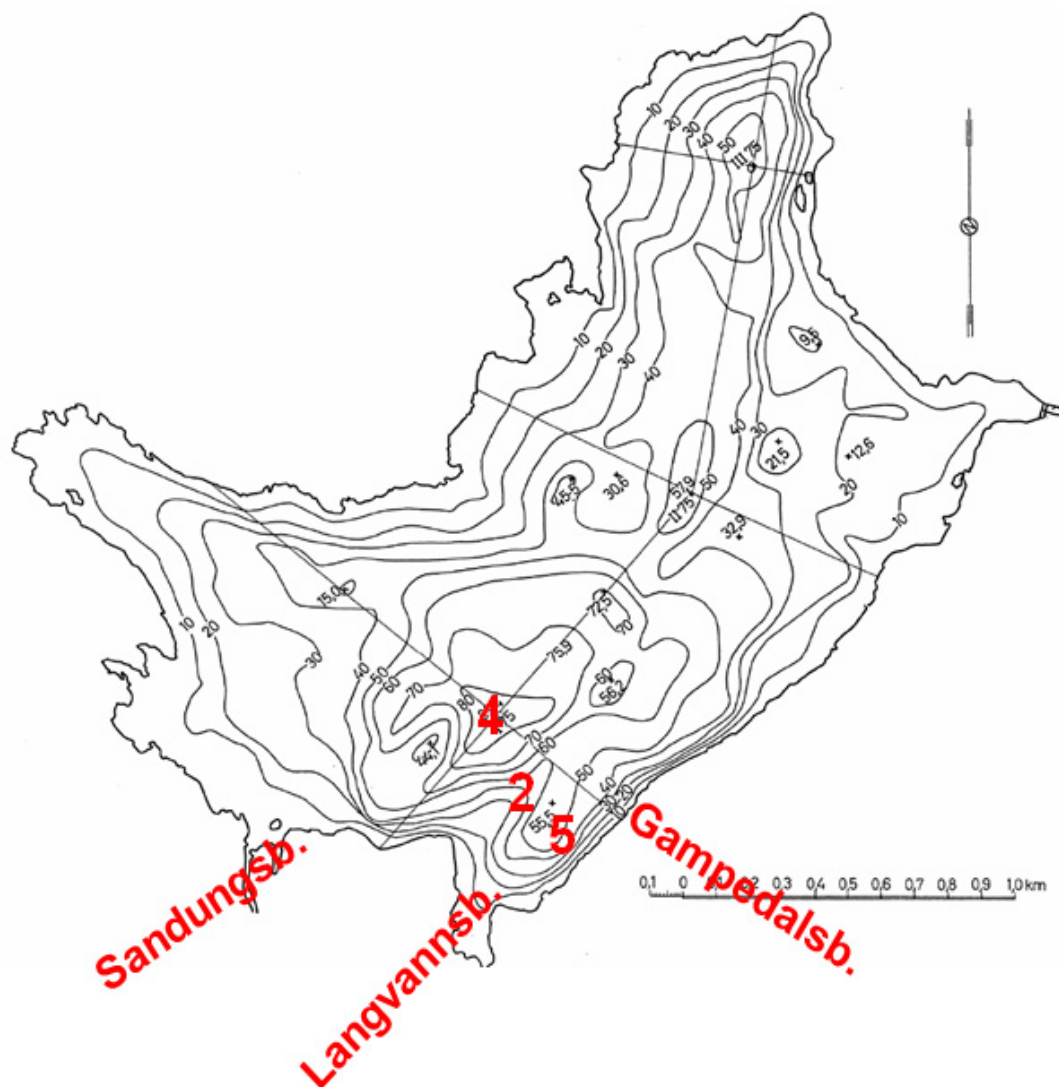
Turbiditet

Kimtallsbakterier

Tarbakterier (*E. coli*)

Vannprøvene ble tatt med en vannhenter av Ruttner-typen, og temperaturen avlest fra et termometer som er montert inne i vannhenteren. Da overflatevannet normalt er mer bakterielt forurenset enn dypere ned i innsjøen, har man passet på å la vannet renne litt fra slangen før man fylte bakterieflasken. Likeledes har man holdt vannhenteren litt på skrå, slik at drypping fra vannhenterens utside drypper ned fra nedkanten av vannhenteren og ikke kan komme inn i prøveflaska. Egentlig burde prøvetaking fra innsjøer gjøres med en spesial dypvannshenter hvor pre-steriliserte flasker åpnes nede på det aktuelle dyp ved at et glassrør knuses vha. et

slippelodd. Men, erfaring har vist, at man ikke får nevneverdig kontaminering av en vanlig Ruttner-vannhenter hvis man gjør som skissert over.

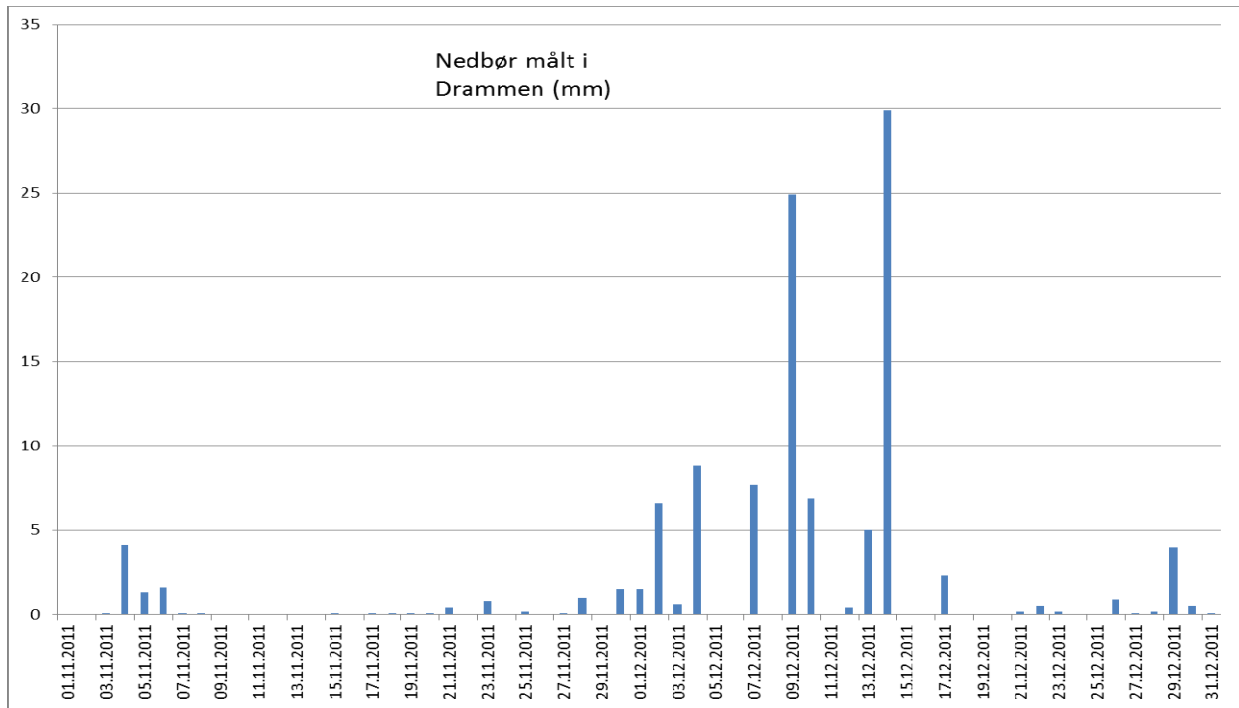


Figur 1. Prøver i innsjøen er tatt fra pkt. 5 (dagens inntak), pkt. 4 (over dypeste punkt) og pkt. 2 (utenfor dagens inntak, der det kan være aktuelt å forlenge inntaket hvis man finner det aktuelt). Prøvene er tatt i dypene angitt i figuren, mens i bekkene er prøvene tatt på ca. 10 cm dyp.

2. Resultater

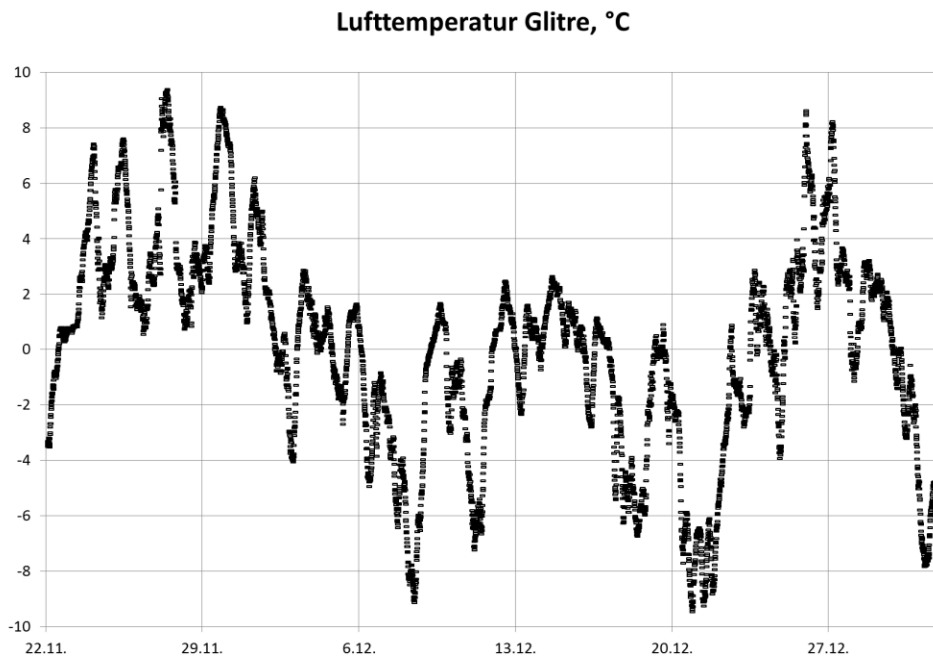
2.1 Vær og temperatur i måleperioden

Det er en nedbørmåler ved Glitre, men denne tømmes ikke daglig. Derfor har vi brukt nedbørsdata fra stasjon 26900 Drammen - Berskog, se **Figur 2**, mens lufttemperaturen er målt oppe ved Glitre, se **Figur 3**.



Figur 2. Nedbør (døgnssum i mm) målt i Drammen i november og desember 2011.

Måleperioden gikk fra 22. november til 20. desember. Det var lite nedbør i november og derav nokså lav vannføring i bekkene. I første halvdel av desember var det derimot nokså mye nedbør. Den første delen av denne perioden regnet det, mens det kom snø i den siste delen oppe ved Glitre. Det vil si at de høye nedbørtoppene f.eks. 9. og 14. desember ikke medførte så kraftig avrenningsøkning som det ville ha gjort om all nedbøren hadde kommet som regn. Den 14. var det så varmt at det trolig regnet en del også oppe ved Glitre, slik at avrenningen vil hø øket noe i bekkene.



Figur 3. Lufttemperatur ved Glitre i måleperioden. (°C).

2.2 Resultater fra bekkene

2.2.1 Bekkenes innbyrdes størrelse

For å kunne vurdere bekkenes betydning for påvirkning av drikkevannsinntaket, er det viktig å ha en forestilling om deres innbyrdes størrelsesforhold. Sandungsbekken er den aller største av bekkene, dernest følger Langevannsbekken, mens Gampedalsbekken er den minste, se **Tabell 1**. Sandungsbekken renner gjennom flere innsjøer før den, etter en relativt kort, siste bekkestrekning, renner ut i Glitre. De andre bekkene har færre innsjøer i nedbørfeltet samt at bekkestrekningen nedstrøms siste innsjø er forholdsvis lang.

Tabell 1. Bekkenes innbyrdes størrelse beskrevet ved areal av nedbørfelt og midlere vannføring (beregnet etter NVE-atlas).

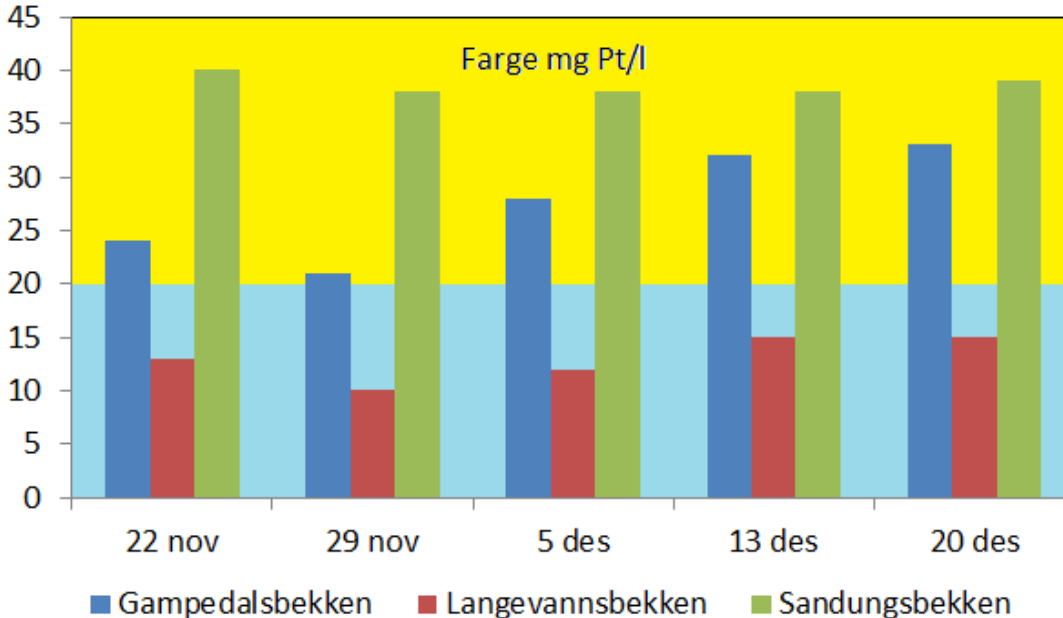
Navn	Areal nedb. Felt (km ²)	Årlig avløp (x10 ⁶ m ³ /år)	Middelvannføring (l/s)
Sandungsbekken	19,0	10,6	600
Langevannsbekken	4,0	2,2	70
Gampedalsbekken	1,7	0,94	29

2.2.2 Humuspåvirkning

Humus er brunfargede tungt nedbrytbare organiske stoffer som vaskes ut av jordens humussjikt. Særlig områder med myr har brunfarget avrenning, og humus holdig vann kalles derfor ofte for «brunt myrvann» blant folk flest.

Langevannsbekken er klart minst påvirket av humus, og har farge varierende fra 10-15 mg Pt/l, se **Figur 4**. Sandungsbekken er mest humøs og har farge varierende fra 37-40 mg Pt/l, mens i Gampedalsbekken varierer fargen fra 21-33 mg Pt/l. Grensen for drikkevann ligger på 20 mg Pt/l, noe bare Langevannsbekken tilfredsstiller. Sandungsbekken er nesten 10 ganger så stor som Langevannsbekken og konsentrasjonen av humus er to og en halv gang så høy. Det vil si at Sandungsbekken tilfører mer enn 20 ganger så mye humusstoffer til Glitre som Langevannsbekken. Hvor mye av vannet fra de ulike bekkene som når vanninntaket i Glitre er ikke lett å si, men siden de alle ligger nær inntaket, må vi anta det er Sandungsbekken som gir mest påvirkning under høst sirkulasjonen selv om denne bekken er den som ligger lengst unna av de tre.

Det var nedbør i første halvdel av desember, noe som har innvirket på humuskonsentrasjonen i de to minste bekkene, mens Sandungsbekken har en mer stabil farge konsentrasjon. Vannet i Sandungsbekken går gjennom mange innsjøer, hvor også vannmassene sirkulerer, før det kommer ut i Glitre. Dvs. vannet i Sandungsbekken er blandet opp med «eldre vann» fra de sirkulerende innsjøene, og ikke direkte et resultat av ny avrenning fra de terrestriske feltene under nevnte nedbørsperiode.

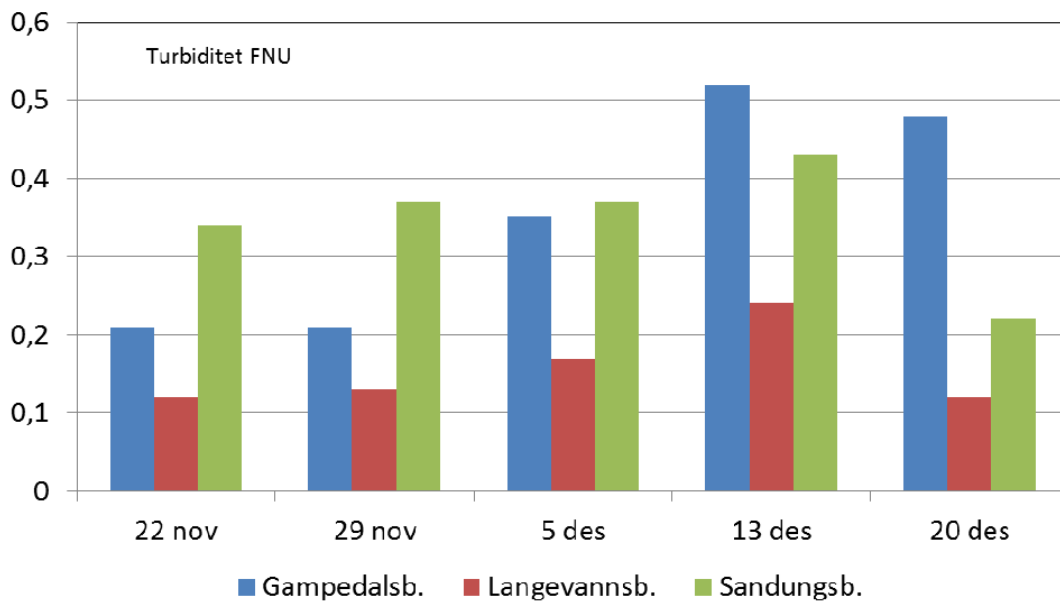


Figur 4. Farge i bekkene. 20 mg Pt/l er grense for der UV kan brukes som desinfeksjonsmetode.

2.2.3 Turbiditet

Turbiditet er et relativt mål på partikkelinnholdet i vann. Kravet til rentvannet i Drikkevannsforskriften er 1 FNU, mens de fleste vannverk leverer vann med turbiditet lavere enn 0,5 FNU, ofte ned mot 0,2 FNU. En av grunnene til at kravet i drikkevannsforskriften er såpass høyt, er at man ved mange vannverk karbonatiserer vannet ved først å overmette det med CO₂ og så lede vannet gjennom knust marmor, noe som kan generere kalkpartikler i rentvannet den første biten ut fra vannverket, hvor gjerne måleutstyret sitter.

Alle bekkene har lav turbiditet, **Figur 5**, noe som indikerer at partikulært materiale herfra ikke er noe problem for vanninntaket, selv i sirkulasjonsperioden. Bekkene har reagert noe på nedbøren i første halvdel i desember, med ikke mye. Erosjon er ikke noe forurensningsproblem i disse områdene.



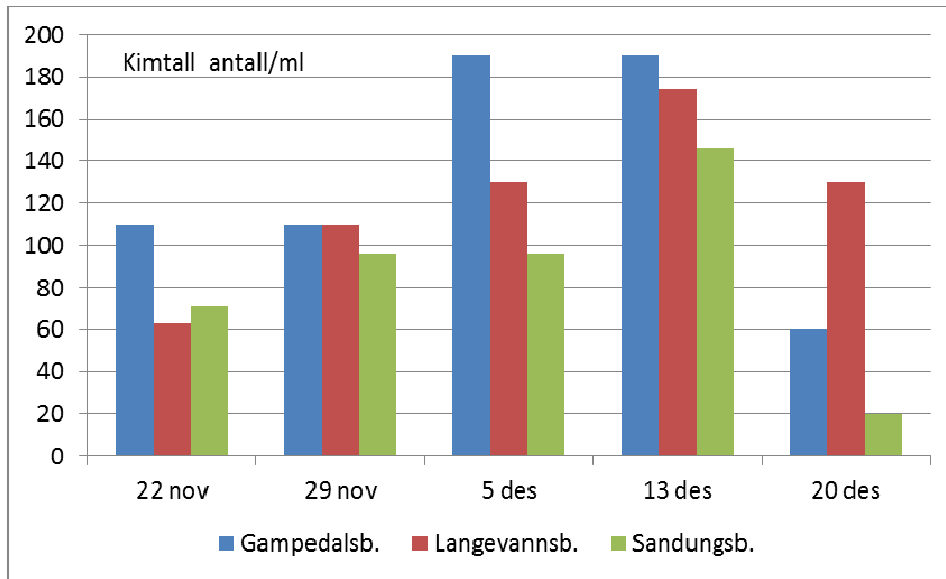
Figur 5. Turbiditet i bekkene.

2.2.4 Kimtallbakterier i bekken

Kimtall er et relativt mål på konsentrasjonen heterotrofe bakterier i vannet, dvs. bakterier som lever av å bryte ned organisk materiale. Det omfatter naturlige bakterier og bakterier som kommer fra utslipp fra kloakk og husdyrgjødsel, men også diverse industriutslipp kan inneholde mye kimtallbakterier. Er det noe utslipp til en bekk, blir kimtallet fort veldig høyt og utslagene er mye mer tydelig enn for eksempel tarmbakterier. I den nåværende drikkevannsforskriften er det ikke noe krav til innholdet i råvann, ved funn over 100 pr ml heter det at man skal undersøke kilden og finne årsaken.

Resultatene fra bekkene er gitt i **Figur 6**. De bekkene som har minst innsjøer i nedbørfeltet har høyest kimtall konsentrasjoner. Dette er naturlig da disse har mest kontakt med terrestriske vegetasjonsrester langs bekkeløpet. Regnværsperioden i første halvdel av desember har medført økt innhold av kimtallbakterier. Allikevel er konsentrasjonene lave til å

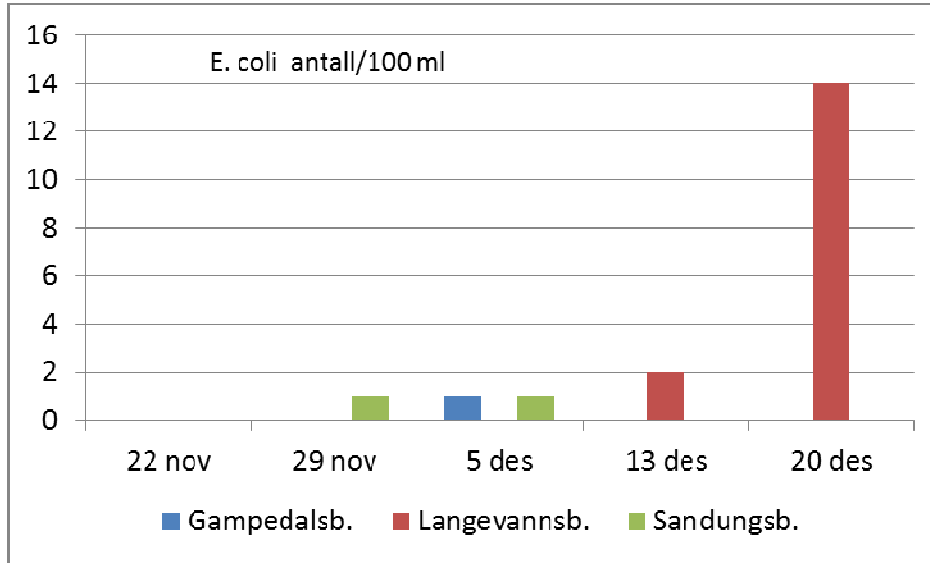
være i bekker, og indikerer at det ikke er noen påvirkning av utslipp av noe slag, eller avrenning fra for eksempel beiting.



Figur 6. Kimtallbakterier i bekkene

2.2.5 Tarmbakterier i bekkene

Escherichia coli er en av de viktigste nedbryterbakteriene som lever i tykktarmen til varmblodige dyr. Utenfor tarmen vil den imidlertid dø forholdsvis fort. Den benyttes derfor som indikator på forurensning fra avføring fra mennesker og dyr. Påvirkningen kan komme fra ville dyr og fugl, beitedyr og mennesker. I rent vann fra vannverk, skal de ikke finnes. I råvannet er det ikke lenger spesifikke krav til innholdet av *E. coli*, men i foregående versjoner av drikkevannsforskriften het det at de skulle finnes bare en sjelden gang og ikke i høyere konsentrasjoner enn det man kan finne i uforurenset vann i naturen, det vil si fra 1-5 pr 100 ml. Det bemerkes imidlertid at den i dag bruker mer følsomme analysemetoder (Colilert-18 Quantitray) enn tidligere. Konsentrasjoner av *E. coli* i bekkene er gitt i **Figur 7**.



Figur 7. Innhold av *E. coli* i bekkene. Antall per 100 ml.

Ved første prøvetaking den 22. november ble det ikke funnet *E. coli* i noen av bekkene, og med unntak av siste tokt fra Langevannsbekken var de få funnene som ble gjort innenfor det man finner i uforurensete bekker. Den ene høye konsentrasjonen i Sandungsbekken på 14 *E. coli* er høyere enn den man vanligvis finner i uforurensete bekker, men det behøver ikke bety forurensning fra menneskelig aktivitet av den grunn. Det kan komme av f.eks. fra en mink som har vært på fisketur etter oppgangsørret, og har gjort fra seg på en stein uti bekken, eller en and, eller en bever, etc. Eller det kan rett og slett være en feil analyse, eller kontaminering under prøvetaking eller prøvebehandling på laboratoriet.

2.3 Resultater fra innsjøstasjonene

2.3.1 Temperaturforholdene i innsjøen i perioden

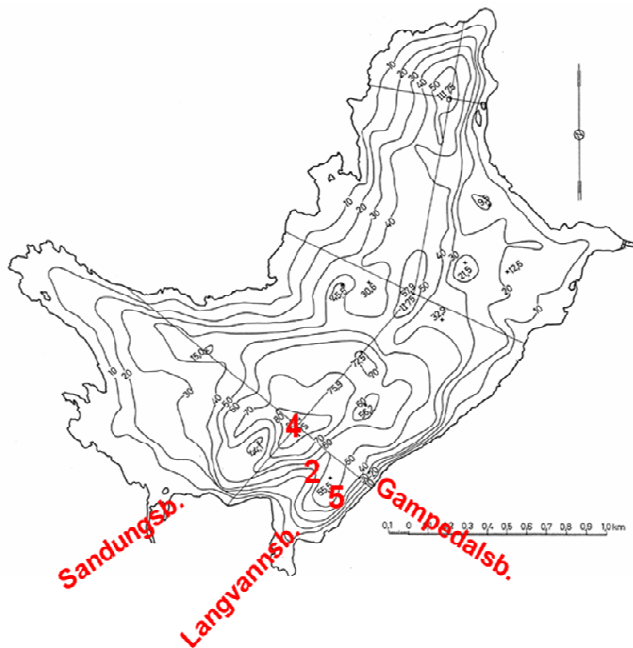
Innsjøen sirkulerte mer eller mindre gjennom hele undersøkelsesperioden, se **Tabell 2**. Det ble benyttet termometer som var montert inne i vannhenteren, og det ble benyttet en annen vannhenter (og dermed forskjellig termometer) ved det første toktet enn ved de tre andre toktene. Disse termometerne kan vise en tiendedels grad forskjellig, men nøyaktigheten er god nok til å avgjøre om innsjøen sirkulerer eller ikke. Ved det første toktet den 22. november var temperaturen 5,4 °C i overflaten, 5,0 °C ved 20 m og 4 °C derfra og ned til bunnen ved 80 m. Ved det neste toktet hadde innsjøen sirkulert og det ble ikke observert noen temperatursjiktning i vannmassene i resten av undersøkelsesperioden.

Tabell 2. Temperaturmålinger foretatt under feltarbeidet ved termometer i vannhenteren

	22.11.2011	29.11.2011	05.12.2011	13.12.2011	20.12.2011
0,5 m	5,4			4,5	4,0
10m	5,4			4,5	4,0
20m	5,0	4,6		4,5	4,0
30m	4,0	4,6		4,5	4,0
40m	4,0	4,5		4,5	4,0
50m	4,0	4,5		4,5	4,0
60m	4,0	4,5		4,5	4,0
70m	4,0	4,5		4,6	4,0
80m	4,0	4,3		4,6	4,0

2.3.2 Farge

Resultatet av fargeanalysene fra de tre innsjøstasjonene (2, 4 og 5) er gitt i **Figur 8**. Det er vanskelig å se noen særlig forskjell på fargen i ulike dyp og ulike tidspunkt som kan indikere at de nærliggende bekkene kan ha noen uheldig innvirkning i sirkulasjonsperioden. Ved første tokt, før innsjøen hadde fullsirkulert, kan det ses tendens til høyere farge i de øverste vannlagene da fargen her er 15 mg Pt/l, mens fargen i dyplagene da ligger fra 11-12 mg Pt/l. Etter dette har innsjøen sirkulert og fargen er 13 mg Pt/l mer eller mindre over alt.



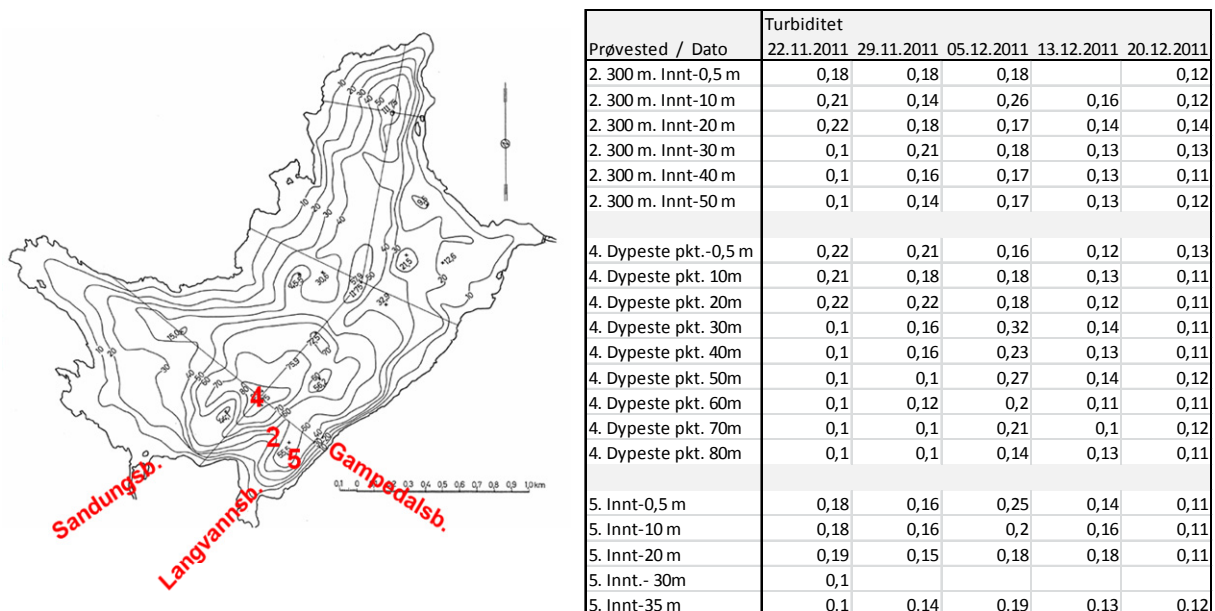
Prøvested / Dato	22.11.2011	29.11.2011	05.12.2011	13.12.2011	20.12.2011
2. 300 m. Innt-0,5 m	15	13	13		14
2. 300 m. Innt-10 m	15	13	13	13	14
2. 300 m. Innt-20 m	15	13	13	13	13
2. 300 m. Innt-30 m	12	13	13	13	13
2. 300 m. Innt-40 m	12	13	13	13	13
2. 300 m. Innt-50 m	12	13	13	13	13
4. Dypestet pkt.-0,5 m	15	13	13	13	13
4. Dypestet pkt. 10m	15	13	13	13	13
4. Dypestet pkt. 20m	15	13	13	13	13
4. Dypestet pkt. 30m	11	13	13	13	13
4. Dypestet pkt. 40m	11	13	13	13	13
4. Dypestet pkt. 50m	12	11	13	13	13
4. Dypestet pkt. 60m	12	11	13	13	13
4. Dypestet pkt. 70m	12	11	13	13	13
4. Dypestet pkt. 80m	12	11	13	13	13
5. Innt-0,5 m	15	13	13	13	13
5. Innt-10 m	15	13	13	13	13
5. Innt-20 m	15	13	13	13	13
5. Innt- 30m	11				
5. Innt-35 m	11	13	13	13	13

Figur 8. Farge målt som mg Pt/l de tre innsjøstasjonene (2, 4 og 5) ved ulike dyp ut i gjennom høst-sirkulasjonen 2011 i Glitre.

2.4 Turbiditet

Turbiditets analysene fra innsjøen er fremstilt i **Figur 9**. Generelt sett må det kunne sies at vannet i Glitre er meget klart, og det er meget lite partikler i vannet. Turbiditeten varierte fra 0,1 – 0,25 FNU, noe som er lavere enn de fleste innsjøer. De må kunne sies å være svært små variasjoner i turbiditeten i Glitre, både horisontalt og vertikalt, slik at å fin-diskutere på disse små variasjonene lett kan bare bli spekulasjoner mer enn beskrivelse av virkelige trender. Men noen trekk kan bemerkes.

Ved det første toktet, 22. november, da innsjøen ennå ikke hadde sirkulert, var det klart lavere turbiditet mot dypet, noe som er vanlig i næringsfattige innsjøer. Etter at innsjøen hadde sirkulert i slutten av november, var det litt mer variert bilde, men turbiditetene var fortsatt lave. Høyeste verdi er målt i overflaten inne ved vanninntaket den 5. desember med 0,25 FNU. Denne dagen blåste det kraftig, og den svakt forhøyede turbiditeten i overflaten skyldes høyst sannsynlig ansamling av overflaterusk fra bølgeslagserosjon fra strandsonen. På stasjon 4, samme dag over dypeste punkt ble det midt nede i vannsøylen funnet noe høyere turbiditet enn i lagene over og under dette midtre sjiktet. Variasjonene er imidlertid så små at de er innenfor målemetodens usikkerhet. Hvorvidt det kan være Sanungsbekken som fordeler seg inn i dette sjiktet, eller det er tilfeldigheter som følge av analyse variasjon, er ikke mulig å si. Det siste er imidlertid mest sannsynlig. En tredje forklaring kan være at det er tilbakestrømning fra downwelling av overflatevann siden det blåste kraftig denne dagen. Det er ikke noe i dette materiale som tyder på at kortslutningsstrømmer fra bekker er noe problem for vanninntaket.



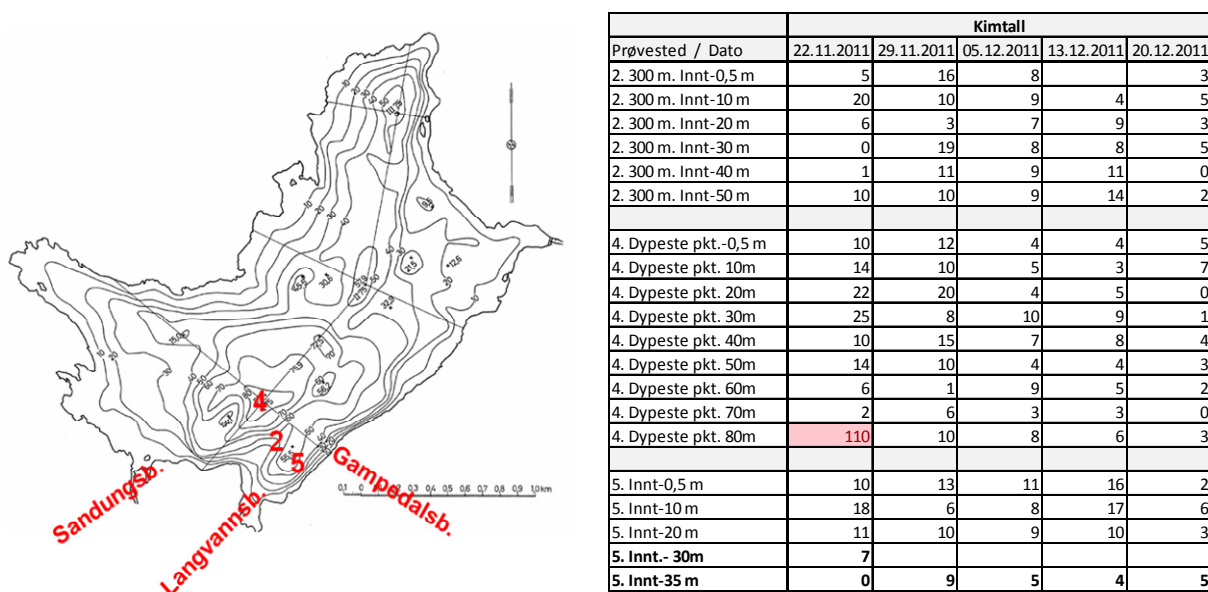
Figur 9. Turbiditet (FNU) i Glitre under høstsirkulasjonen 2011.

2.5 Bakterier

Det er foretatt analyser av kimtall bakterier, **Figur 10** og ekte tarmbakterier, *E.coli*, **Figur 11**. Kimtall bakterier er et relativt mål på totalantallet av heterotrofe bakterier i vannmassene, dvs. bakterier som lever av å bryte ned organisk materiale. Disse er både naturlige og i tilknytning til forurensning, slik at de kan ikke direkte relateres til utslipp av hygienisk forurenset vann. Det er imidlertid masse kimtall-bakterier i sanitærutslipp, slik at man ofte kan se en kimtallsøkning i en forurenset vannmasse tidligere enn man kan se fra analyser av *E. coli* som har mye lavere konsentrasjoner. Derfor er det vanlig å ta med analyser av kimtall også i drikkevannsundersøkelser.

Men hensyn til kimtallsbakterier så er bildet at det er svært lave verdier i Glitre. Kun 1 analyse av hundre er over 100 kim per ml, som er rentvannsgrensen i drikkevannsforskriften.

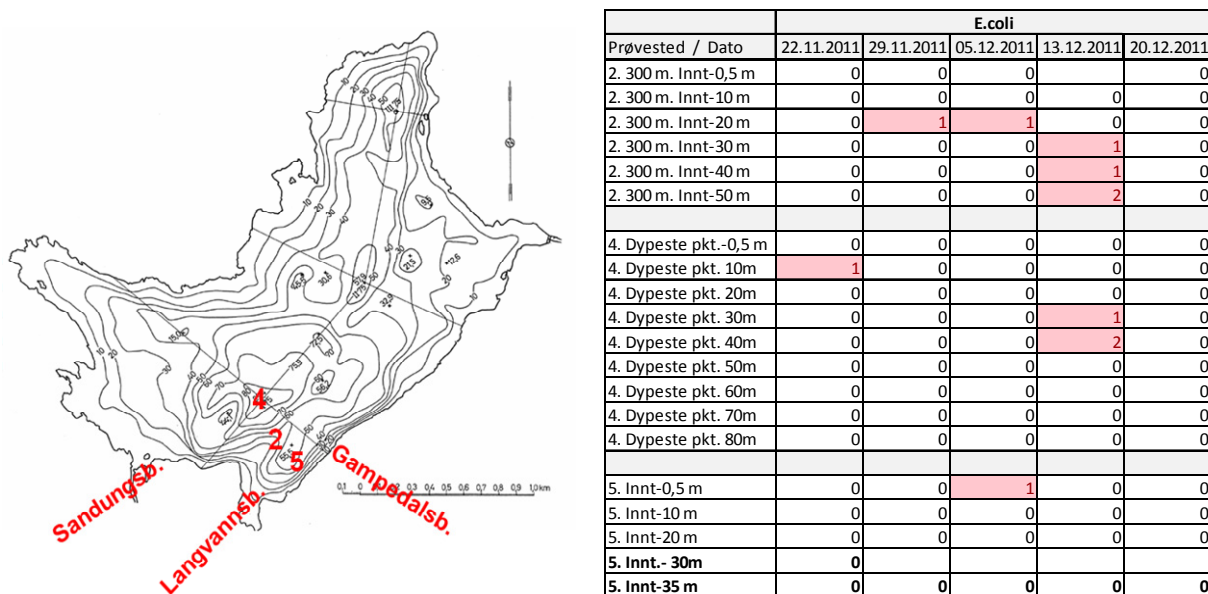
Det er høyere kimtall i vannmassene ved de to første toktene sammenliknet med det tre siste. Dette har nok sammenheng med at planktonproduksjonen bryter sammen i tidsrommet rundt det første toktet og at det er døende og råtnende planteplankton som gir de forhøyede verdiene i starten av undersøkelsen.



Figur 10. Kimtallbakterier (antall per ml) i Glitre under høstsirkulasjonen 2011.

Resultatene fra analysene av *E. coli* i innsjøen er gitt i **Figur 11**. Genrelt sett er det svært lite å finne av *E. coli* i Glitre. Av ca 100 prøver er de 7 funn av 1 bakterie og 2 funn av 2 bakterier. Ved vanninntaket og på stasjonen over dypeste punkt er det ikke funnet noen *E. coli* bakterier i dypvannet.

Selv i uforurenset vann i naturen, finner man alltid en og annen *E. coli*. Dette er ikke til å unngå, da det lever dyr i nedbørfeltet og det er fugler som flyr over og ligger på vannet. Et lite eksempel: En fuglebæsj kan inneholde 10^{10} *E. coli*. Når denne synker ned gjennom vannmassen løses den opp og det blir et *E. coli* spor etter den. Strømninger i vannet sender disse litt hit og dit, og noen kan komme inn i prøvetakeren nå og da. De få og spredte bakteriene vi ser i Glitre er slike man alltid finner selv i de reneste innsjøer. Man kan ikke se at det er noe som tyder på kortslutningsstrømmer fra bekkene i dette materialet.



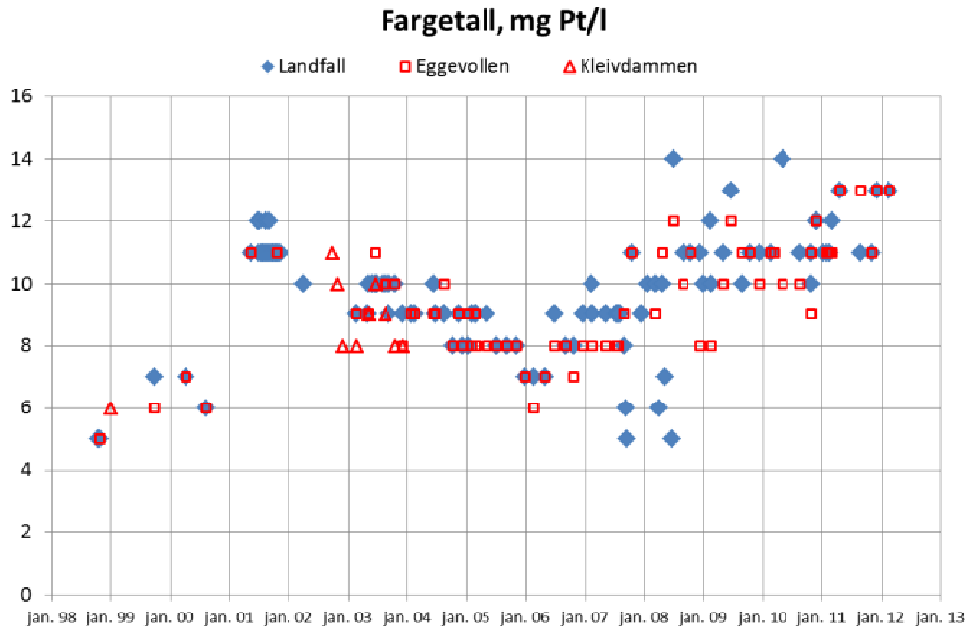
Figur 11. Innhold av ekte tarmbakterier, representert ved indikator bakterien *E. coli*, antall per 100 ml.

2.6 Utvikling av råvannskvaliteten i Glitre

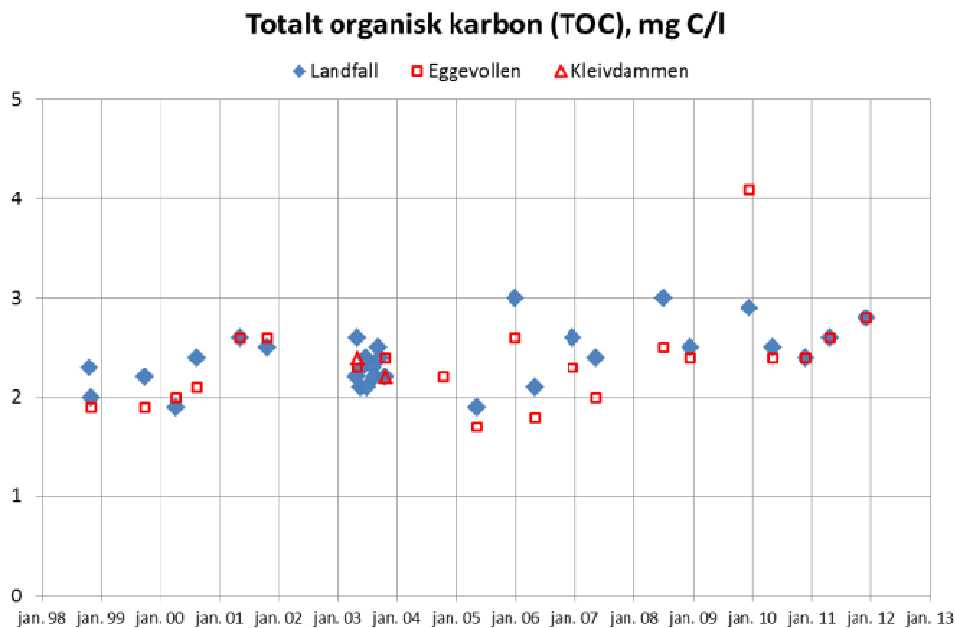
Det er ikke drevet systematisk overvåking av bekkene som leder inn til Glitre eller av selve innsjøen Glitre. Det har imidlertid vært tatt systematiske prøver av råvannet fra Glitre siden 1990-årene. Prøvene er tatt på tre steder i overføringstunnelen fra Glitre og til vannbehandlingsanlegget ved Landfall, nemlig ved Kleivdammen, via en sidetunnel som går til Lier vannverk, ved Eggevollen, en sidetunnel som går til Egga, egentlig laget for spylevannsutslipp, og til slutt fra hovedtunnelens ende nede ved Landfall. Resultatene er sammenstilt av Jarle Skaret ved Glitrevannverket, og de kommenteres i det følgende.

2.6.1 Farge og organisk karbon i råvannet

Det er særlig farge man er bekymret for skal øke i fremtiden i de fleste vannverk. Dette kommer av at man ved farge over ca. 20 mg Pt/l, ikke lenger kan benytte UV som desinfeksjonsmetode da vannet absorberer for mye av UV-lyset som skal inaktivere mikroorganismene. Ved mange vannverk har man de siste 20 årene opplevd en økning i fargetallet i råvannet, så også i Glitre. Resultatene er fremstilt i **Figur 12** og **Figur 13**.



Figur 12. Utvikling av farge i råvannet til Glitrevannverket fra 1998-2012.



Figur 13. Utvikling av konsentrasjonen av organisk karbon i råvannet til Glitrevannverket fra 1998-2012.

Hvis man vurderer hele perioden ser man at fargen har doblet seg fra 6 mg Pt/l til ca. 12 mg Pt/l på disse 15 årene. Ser man fra 2000 og fram til i dag så har det bare vært en liten økning av fargen. For TOC har økningen vært mye mer moderat, fra ca. 2,2 til 2,8 mg C/l over hele perioden. Den største økningen i farge fikk man i mange norske drikkevannskjøer i 1990-

årene. Hovedårsaken til denne økningen hadde med reduksjon i nedfall av sulfat å gjøre, dvs. reduksjon av sur nedbør (se Monteith et al 2007). Det er tre forhold som gjør seg gjeldende mht. forsuring og farge:

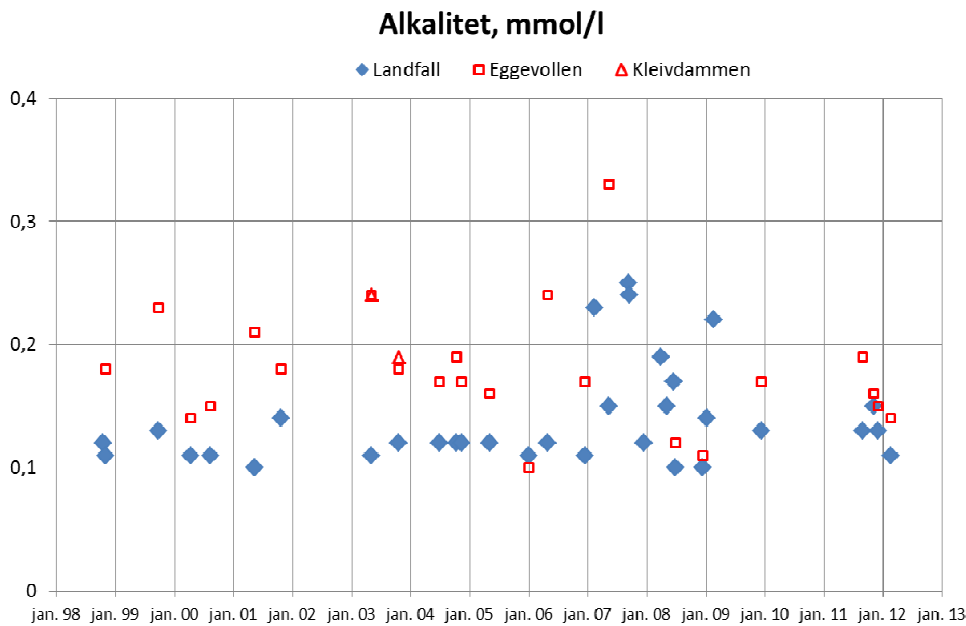
1. Økt forsuring fører til at det utløses reaktivt aluminium fra grunnen, noe som feller humus både i jordvannsløsningen og i vassdragene. Resultatet er at vannet blir klarere. Det omvendte skjer når forsuringen avtar- det blir mer humus i vassdragene.
2. Humus får sterkere farge i basisk vann enn i surt vann. Omtrent som te med og uten sitron.
3. Humus er mer løselig i basisk vann enn i surt vann.

Hvis man ser på innsjøer der man har lengere fargeovervåking enn i Glitre, for eksempel Farrisvannet, så hadde man høye fargeverdier også 50-60 årene, altså før den kraftige forsuringen startet. Vannet klarnet så opp utover mot 1980-årene og ble brunere igjen i 1990 årene (kfr. Berge 2011). I Farris har det vært liten farge-økning fra 2000 og fram til i dag. Det vil si at så kraftig farge-økning som man tilsynelatende har hatt i råvannet til Glitre fra 1998 og til i dag, vil ikke kunne fortsette.

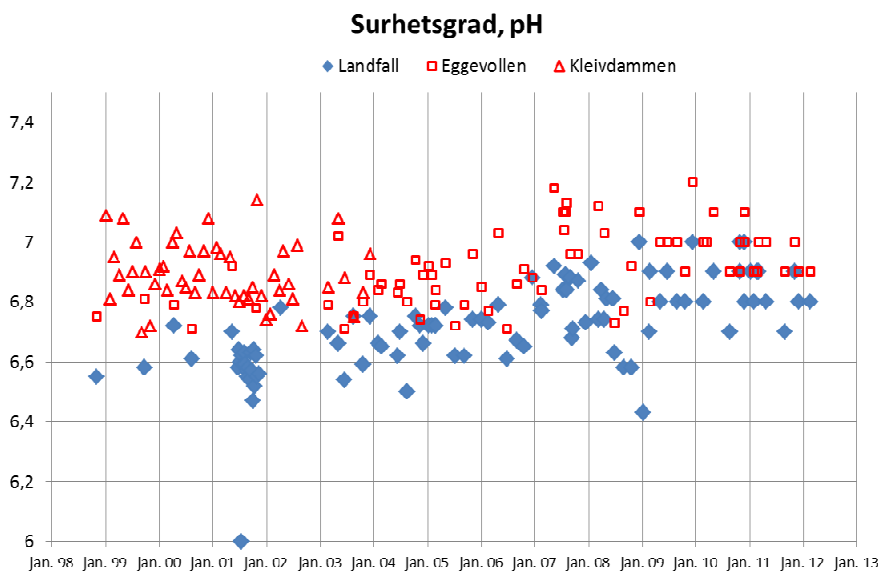
Men det varmere og fuktigere klimaet vil føre til mer dannelse av humus i nedbørfeltet, og mer avrenning av humus gjennom hyppigere smelteperioder om vinteren og flere avrenningsepisoder i sommerhalvåret. Man må derfor regne med en viss fargeøkning fremover, men at det skal bli over 20 mg Pt/l i Glitre, som er grensen for drikkevann uten fargefjerning, vil nok ta mange år. Kanskje 50 år eller mer er et rimelig anslag over tidsperspektiv for når man vil trenge å installere fargefjerning i vannbehandlingen ved Glitrevannverket. Men det er ikke lett å forutsi noe sikkert om dette. Hvis man overfører de to nabovassdragene Nykjua og Rotua, noe som det har vært snakk om av og til for å øke kapasiteten til vannverket, vil fargeutviklingen opp mot 20 mg Pt/l, skje mye raskere, kfr. Berge et al (2004).

2.6.2 Alkalitet, surhetsgrad og kalsium i råvannet fra 1998-2012

For disse parameterne kan man ikke se at det har vært noen utvikling i hverken økende eller avtakende retning, se **Figur 14** og **Figur 15**. Alle disse verdiene vitner om en vannkvalitet som er godt rustet mot forsuring. Alkaliteten ligger på 0,1-0,3 mekv/l, noe som er mer enn ti ganger høyere enn i de innsjøene som man hadde forsuringsproblemer i. pH ligger mellom 6,4 og 7,3 hvilket er i et meget gunstig nivå for oligotrofe innsjøer med hensyn til å være egnet levested for alle typer ferskvannsorganismer.

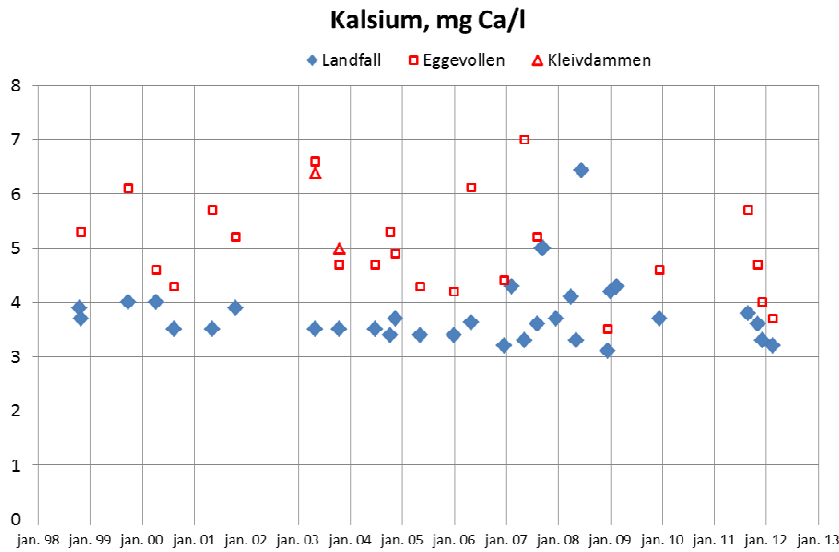


Figur 14. Utvikling av alkaliteten i råvannet til Glitrevannverket fra 1998- 2012.



Figur 15. Utvikling av surhetsgrad i råvannet til Glitrevannverket fra 1998- 2012.

Konsentrasjonen av kalsium, se **Figur 16**, varierer fra 3-7 mg Ca/l (middelerdi på ca 5) hvilket er på den kalkrike siden av den norske vannkvalitetsskalaen (middels kalkrik etter klassifiseringsveilederen til vannforskriften). Det at man finner mer kalsium ved Kleivdammen og Eggevollen enn ved enden av tunnelen ved Landfall, kommer av at prøvene fra utløpet av små sidetunneler fra hovedtunnelen, med liten vannstrøm, hvor vannet relativt sett har mye mer kontakttid med geologien i tunnelveggene enn i hovedtunnelen hvorfra Landfallprøven er tatt.

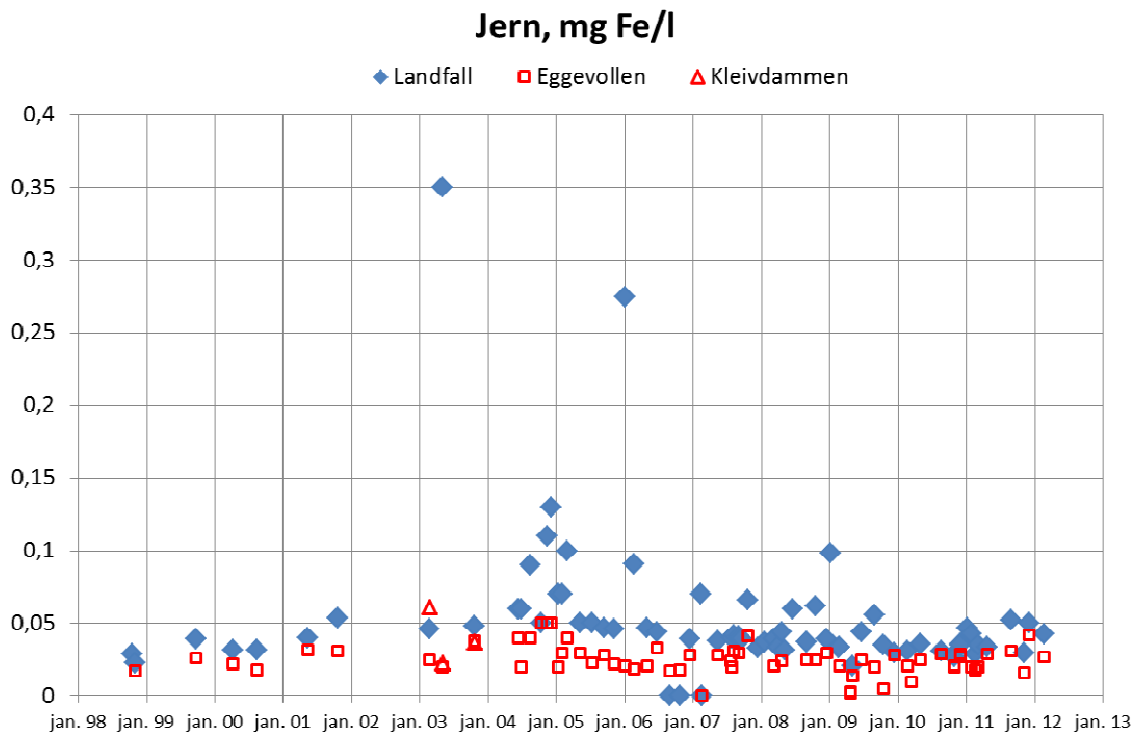


Figur 16. Utvikling av konsentrasjonen av kalsium i råvannet til Glitrevannverket fra 1998- 2012.

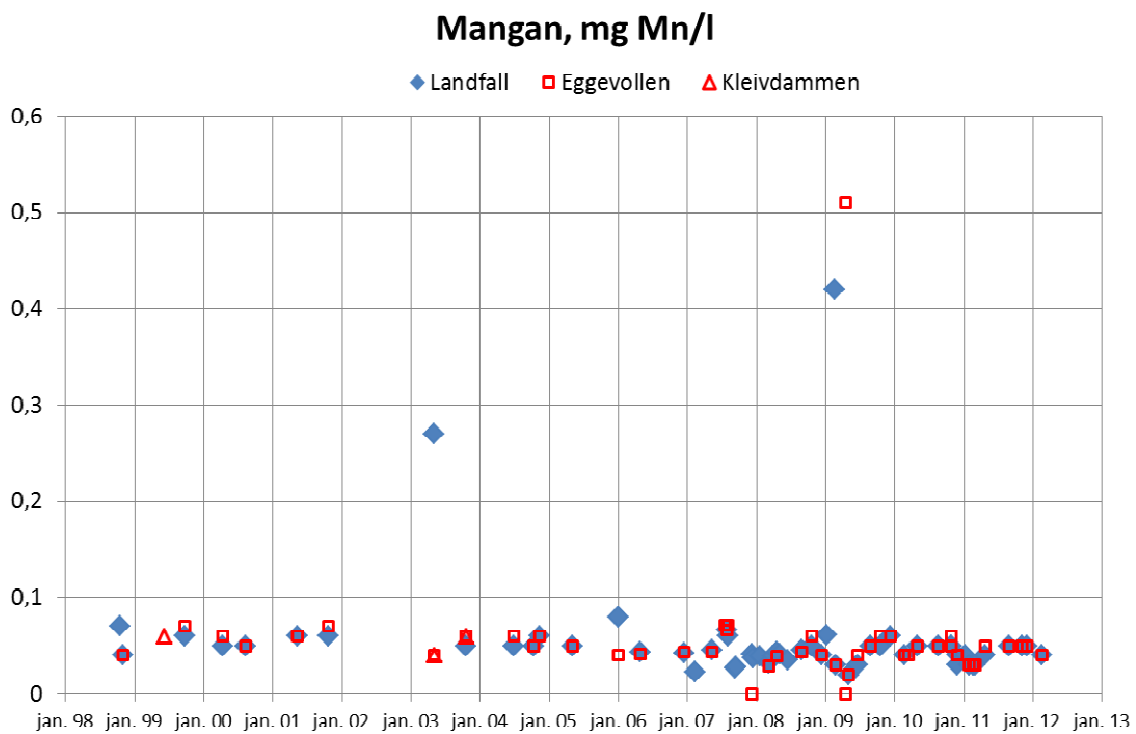
2.6.3 Jern og mangan

Konsentrasjoner av jern og mangan i råvannet fra de samme tre stedene er gitt i **Figur 17** og **Figur 18**. Det er ikke mulig å se at det har vært noen utvikling mot økende eller minkende konsentrasjoner av jern eller mangan i råvannet fra Glitre i overvåkingsperioden, og det er heller ikke noe som skal tilsi at det vil øke framover.

Konsentrasjonsnivået av mangan er relativt høyt ved Landfall, det ligger rundt 50 µg Mn/l, som er maksimumsgrensen for drikkevann. Jern har lave verdier som ligger godt under drikkevannsforskriftens verdier for rent vann. Med hensyn til Mn så er grenseverdien på 50 µg/l satt ut fra praktiske hensyn og ikke ut fra et helsemessig hensyn. Både jern og mangan er metaller vi trenger, og man skal opp i høye konsentrasjoner før de er giftige for mennesker. Imidlertid vil de lett kunne lage fellinger og slam i rørene på drikkevannsnettet og gi farget og grumset vann i springen i perioder om man har for høye konsentrasjoner i råvannet. De høye konsentrasjonene av mangan kommer fra tunnelen og ikke fra selve innsjøen Glitre. Der er konsentrasjonene mye lavere og rundt 15-25 i µg/l i dypvannet (Berge 2010). At jernkonsentrasjonen ved Landfall er høyere enn ved Kleivdammen og Eggevollen, kommer av at det lekker inn jernholdig grunnvann i tunnelen på den siste strekningen ned mot Landfall etter at man har passert side tunnelene til de nevnte prøvetakingsstasjoner.



Figur 17. Utvikling av konsentrasjonen av jern i råvannet til Glitrevannverket fra 1998- 2012.



Figur 18. Utvikling av konsentrasjonen av mangan i råvannet til Glitrevannverket fra 1998- 2012.

3. Litteraturreferanser

Berge, D. 2011. Overvåking av Farrisvannet med tilløp fra 1958-2011. NIVA-rapport nr 6175-2011., 32 sider.

Berge, D., T. Bækken, og T.E. Eriksen 2010. Miljøeffekter i vannforekomster som mottar spylevannsutslipp fra Glitretunnelen., NIVA-rapport Lnr. 5994-2010, 28 sider.

Berge, D., T. Tjomsland, T. Bækken, P. Brettum, R. Romstad, **2004**. Utredning om Glitre. Tilstand og utvikling – overføring av nye felter – vanninntakets plassering – behov for nye beskyttelsestiltak., NIVA-rapport Lnr 4877 – 2004: 116 sider.

Monteith, D. T., J.L. Stoddard, C.D. Evans, H.A. de Wit, M. Fosius, T. Høgåsen, A. Wilander, B.L. Skjelkvåle, D.S. Jeffries, F.Vuorenmaa, B. Keller, J.Kapacek, and J. Vesely. 2007. Dissolved organic carbon trends resulting from changes in atmospheric deposition chemistry., Nature, vol 450 (22), pp 537-541.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no