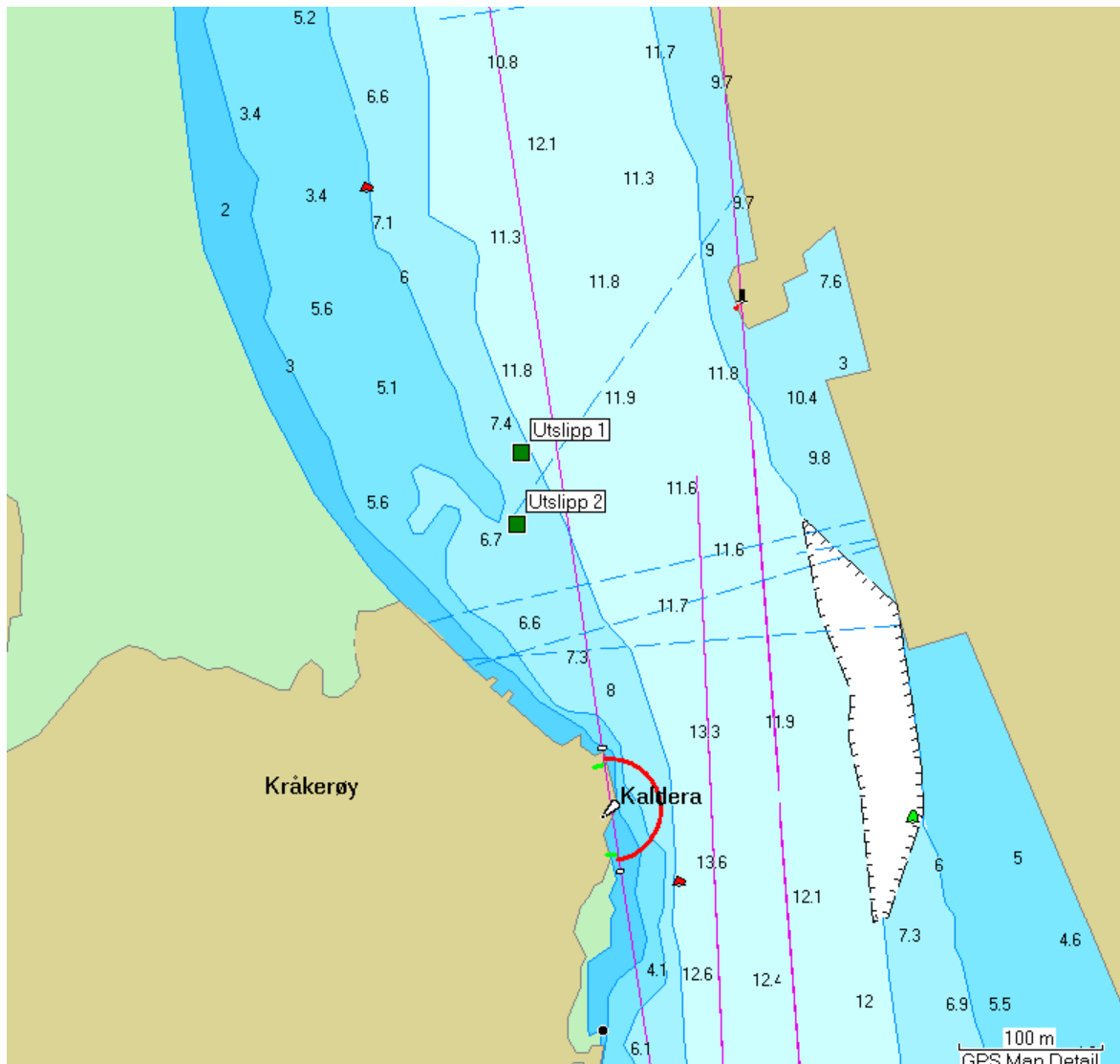


# Undersøkelser i Glomma utenfor Kronos Titan AS - 2007



**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Postboks 2026  
5817 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 55 30 22 51

**NIVA Midt-Norge**

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

Tittel Undersøkelser i Glomma utenfor Kronos Titan AS - 2007	Løpenr. (for bestilling) 5519-2008	Dato 05/03-2008
	Prosjektnr. Undernr. O-27306	Sider Pris 42
Forfatter(e) John Arthur Berge Jan Magnusson Torulv Tjomsland	Fagområde Miljøgifter i marint miljø	Distribusjon Fri
	Geografisk område Østfold	Trykket CopyCat

Oppdragsgiver(e) Kronos Titan AS	Oppdragsreferanse
-------------------------------------	-------------------

**Sammendrag**

Kronos Titan AS (KT) har utslipp av prosessavløpsvann (svovelsyre, titanoksid og jernsulfat og en del metaller) fra anlegget på Øra. Hovedutslippet går ut på 6 m dyp i Glomma. Bedriften er pålagt av SFT å utarbeide et overvåkingsprogram for å gi supplerende data om effekter av bedriftens utslipp. I denne rapporten redegjøres det for 2007-resultatene for pH og forekomst av metaller i Glomma. Det er også gitt en vurdering av betydningen av utslippene fra bedriften i forhold til andre tilførsler. Ved målingene i juli (flomsituasjon) var det ikke mulig å påvise redusert pH i resipienten fra utslippene fra KT. Den laveste pH ble målt i overflatevannet på en stasjon ved Gamlebyen og ved Vaterland (ca. 6.6 – 7.3). Laveste pH nær KT var 7.3. Også i september (lav vannføring) ble den laveste pH observert ved Gamlebyen og Vaterland, men på dette tidspunktet var det mulig å spore en lokal reduksjon av pH (7.45-7.6) på 4-5 m dyp nær utslippspunktet. Tilførslene av jern (Fe) og titan (Ti) fra bedriften kunne ikke spores i vannprøvene som ble tatt i juli, men i september ble det observert forhøyete konsentrasjoner på 5 m dyp på en stasjon nær hovedutslippet. Totalkonsentrasjonene av kobber (Cu), kadmium (Cd), krom (Cr) og bly (Pb) var svært høye på alle stasjoner uten at dette kunne knyttes til KT. Sammenlignet med totaltransporten ved Glommas utløp, utgjorde utslippene fra KT 5,1 % for Cr, 2,6 % for kvikksølv (Hg) og 0,002-0,8 % for arsen (As), Cd, Cu, nikkel (Ni), Pb, sink (Zn). Klassifisering i hht SFTs miljøkvalitetskriterier for ferskvann, viste at vannet ved Sarpfossen (oppstrøms utslippet) var moderat-markert forurenset med Cu, Hg og Pb. Tilførslene fra KT bidro ikke tilstrekkelig til å endre tilstandsklassene ved Glommas munning (nedstrøms utslippet). Tilførslene av Fe fra KT utgjorde 5-10 % av transporten i Glomma ovenfor bedriften og tilførslene av Ti ca 50-100 % av det som tilføres oppstrøms. For tilførslene av Ti til Glommas munningsområde er derfor bidraget fra KT betydelig, men har trolig liten miljømessig betydning.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. pH	1. pH
2. Metaller	2. Metals
3. Utslipp	3. Effluents
4. Brakkvann	4. Brackish water



John Arthur Berge  
Prosjektleder



Kristoffer Næs  
Forskningsleder



Jarle Nygard  
Fag- og markedsdirektør

**Undersøkelser i Glomma utenfor Kronos Titan AS -  
2007**

## Forord

Etter et møte med Kronos Titan AS utarbeidet NIVA et tilbud på undersøkelser utenfor bedriften i nedre del av Glomma. Tilbudet datert 27. juni 2007 ble akseptert i e-post fra Per Thoen samme dag. Undersøkelsene omfatter pH-målinger, analyse av metaller i vannprøver og en vurdering av Kronos Titan sine utslipp til Glomma i forhold til andre kilder. Innsamling av vannprøver og pH-målinger ble foretatt fra båt tilhørende havnevesenet i Fredrikstad. Innsamlingen i juli ble foretatt av Arne Veidel fra NIVA med assistanse av personell fra Kronos Titan AS, mens feltarbeidet i september ble foretatt av Kronos Titan AS med prøvetakingsutstyr fra NIVA.

Alle kjemiske analyser er gjort ved NIVAs laboratorium. Bearbeidingen av pH-data er gjort av Jan Magnusson. Vurdering av resultatene fra metallanalysene er gjort av John Arthur Berge og sammenstilling av dataene for tilførsler er gjort av Torulv Tjomsland.

Ved NIVA har John Arthur Berge hatt prosjektlederansvaret. Per Thoen har vært hovedkontaktmann hos Kronos Titan AS.

Oslo, 05. mars 2008

*John Arthur Berge*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2. pH i vann</b>	<b>8</b>
2.1 Bakgrunn	8
2.1.1 Utslipp fra Kronos Titan AS	8
2.1.2 Vannføringen i Glomma	9
2.1.3 Bakgrunnsinformasjon om pH-variasjoner	10
2.2 Materiale og metode	10
2.3 Resultater	17
2.3.1 Kontroll av pH-observasjoner	17
2.3.2 pH-observasjoner	18
2.3.3 pH og effekter på organismer	23
<b>3. Metaller i vann</b>	<b>24</b>
3.1 Resultater	24
<b>4. Utslipp fra Kronos Titan AS – betydningen for nedre Glomma og Hvalerområdet</b>	<b>33</b>
<b>5. Referanser</b>	<b>39</b>
<b>Vedlegg A.</b>	<b>40</b>

---

## Sammendrag

Kronos Titan AS (KT) har utslipp av surt prosessavløpsvann fra sitt produksjonsanlegg på Øra. Hovedutslippet og utslippet fra SO<sub>2</sub>-rensanlegget går ut svært nær hverandre på 7-8 m dyp i Glomma syd for bedriften. Vannmassene på dette dypet er ofte dominert av saltvannskilen som trenger inn under det utstrømmende ellevannet. Utslippet består i hovedsak av svovelsyre, titanoksid, jernsulfat og en del metaller. KT er pålagt av SFT å utarbeide et overvåkingsprogram for å kunne dokumentere eventuelle effekter av bedriftens utslipp. Overvåkingsprogrammet skal også gi jevnlig status for tilstand og utvikling i resipienten og avdekke behovet for eventuelle ytterligere reduksjoner i utslippene fra bedriften.

I denne rapporten redegjøres det for 2007-resultatene av et overvåkingsprogram som er utarbeidet av NIVA for KT. Programmet dekker undersøkelser av pH og forekomst av metaller i nedre del av Glomma. Det er også gitt en vurdering av den relative betydningen av utslippene fra bedriften i forhold til andre tilførsler til Glomma. Resultatene skal brukes som grunnlag for utarbeidelse av et mer langsiktig overvåkingsprogram.

**pH:** Det ble gjennomført to tokt til området for observasjoner av pH, saltholdighet og temperatur. Antall stasjoner ble noe redusert i forhold til observasjonene i 2006. Sammenlagt ble det tatt 19 stasjoner på hvert tokt med profilerende instrument (YSI 600). Resultatene fra de to toktene i 2007 (3.7 og 18.9.2007) viste lavest pH i Glommavann oppstrøms utslippet til KT (stasjon 1 ved Gamlebyen, pH fra 6.7 til 7.6, saltholdighet 0-2). Ved stasjonene nærmest utslippene (stasjon 10 og 6) var pH 7.4-7.6 og saltholdigheten var 20-27 på 4-5 meters dyp. Det var bare ved lav vannføring i Glomma at det var mulig å se effekter på pH fra selve utslippet og da i sjøvannet under sprangsjiktet. Observasjoner med lavere pH enn ellevannets fortykning med saltvann (saltholdighet) skulle tilsi, ble også observert på stasjon 1 på 6-8 meters dyp, på stasjon 2 (nær Vaterland) på 6-8 meters dyp samt på stasjon 4 på 6-7 meters dyp. Også disse observasjonene viste at pH var klart høyere enn i Glommavann ved Gamlebyen. Konklusjonen fra årets observasjoner blir lik de fra 2006, nemlig at influensområdet til utslippet fra Kronos Titan AS m.h.t. pH er begrenset til selve nærområdet til utslippene og til vannmassene under sprangsjiktet og at påvirkningen er meget beskjeden. De lavere pH verdiene i dypet ved de øverste stasjonene (1 og 2) kan muligens være en effekt av lavere oksygeninnhold.

**Metaller i vann:** Ved målingene er tidligere undersøkelser av forekomst av metaller i vann i resipienten gjentatt. I alt ble det foretatt analyse av vann fra 7 stasjoner. Prøvene ble i hovedsak tatt av overflatevannet, men enkelte prøver ble også tatt fra 5 m dyp. Analyser ble foretatt av den løste fraksjonen og på det partikulære materialet i vannet. Vi har fokusert på analyse av aluminium (Al), jern (Fe) og titan (Ti), men har også rapportert resultatene for en del andre metaller som fremkom ved analysen. Beregningene av "ekstra titan og "ekstra jern" (dvs. titan og jern som ikke kan knyttes til naturlig forekomst) basert på prøvene fra juli viser relativt lave verdier på alle stasjoner og en kunne ikke se noen tydelig økning ved de stasjoner som lå nærmest utslippspunktet til KT. I prøvene fra september kunne en imidlertid spore utslippene fra KT som forhøyede verdier av "ekstra jern" og "ekstra titan" nær hovedutslippet.

Totalkonsentrasjonene av kobber (Cu) som ble observert var alle svært høye. For arsen (As) og Cu var det en tendens til noe høyere konsentrasjoner i september enn i juli, mens for kadmium (Cd), krom (Cr), Cu og bly (Pb) var det vanskeligere å se noen slik tendens. De observerte konsentrasjonene av As i den partikulære fasen var relativt lave i alle vannprøvene. Deteksjonsgrensen var for høy til å kunne si noe om den løste fraksjonen av As. I den partikulære fraksjonen ble det imidlertid observert en svak økning av As nær utslippet.

Det ble observert høye konsentrasjoner av både Cd, Cr og Pb i alle prøver uavhengig av om prøvene ble tatt oppstrøms eller nedstrøms Kronos Titan AS. Vi konkluderer derfor med at de observerte høye

nivåene ikke skyldes tilførsler fra bedriften. De observerte konsentrasjonene var klart høyere enn det som er beregnet ut fra de totale tilførslene.

**Betydning av utslippene:** KT er ikke den eneste kilden til utslipp av metaller til Glomma. For å sette utslippene fra bedriften i perspektiv ble det gjennomført en vurdering av bedriftens utslipp sett i relasjon til andre tilførsler. For metallene As, Cd, Cr, Cu, kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), Pb og sink (Zn) utgjør KT sine utslipp til Glommas utløp fra 0,002 til 5,1 %. Cr og Hg var de eneste metaller der tilførslene utgjorde mer enn 1 % (5,1 % for Cr og 2,8 % for Hg). For Cr var tilførslene fra KT klart større enn de øvrige tilførsler nedenfor Sarpsfossen, mens tilførslene av Hg var klart lavere. Tilførslene av kobber nedstrøms Sarpsfossen var relativt store (13,5 %), men skyldes ikke tilførsler fra KT (0,2 %). Tilførslene av metaller til Glomma nedenfor Sarpsfossen og i særdeleshet tilførslene fra KT bidrar ikke til noen endret tilstandsklasse ved Glommas munning i forhold til ved Sarpsfossen.

Målingene som er foretatt tyder på at jern- og titankonsentrasjonen i vann oppstrøms KT ofte ligger i området 100-200 µg/L og 10-20 µg/L, mens tilførslene fra KT bidrar til konsentrasjoner av jern som i gjennomsnitt ligger på ca 9,6 µg/L og for titan på 10,9 µg/L. Dette betyr at tilførslene av jern fra KT utgjør i størrelsesorden 5-10 % av transporten i Glomma ovenfor bedriften og tilførslene av titan er 50-100 % av det som tilføres oppstrøms. For tilførslene til Glommas munningsområde av titan er derfor KT en betydelig kilde, men har pga metalllets lave giftighet trolig liten miljømessig betydning.

# 1. Innledning

Kronos Titan AS har utslipp av surt prosessavløpsvann fra sitt produksjonsanlegg på Øra. Hovedutslippet og utslippet av vann fra SO<sub>2</sub>-rensanlegget går ut svært nær hverandre på 6 m dyp i Glomma syd for bedriften. Disse utslippene består i hovedsak av svovelsyre, titanoksid, jernsulfat og en del metaller. Bedriften har imidlertid også utslipp av kjølevann og vann fra en gassvasker som går ut på ca 2 m dyp under kaien ved bedriften.

Resipienten i utslippsområdet har et brakt overflatevann med middel saltholdighet 5,8 og et saltere vann under med middel saltholdighet 21,6 PSU på 6 m dyp (Magnusson mfl. 1993). Saltholdigheten varierer med, blant annet, vannføringen i Glomma.

Kronos Titan AS er pålagt av SFT å utarbeide et overvåkingsprogram for å supplere data om effekter av bedriftens utslipp i Glomma, Glommas munningsområde og Hvaler. Hensikten er å oppdatere kunnskap om utslippsforholdene relatert til tidligere gjennomførte undersøkelser (vannkvalitet, bunnsedimenter og effekter av tynnsyre og miljøgifter i organismer). Overvåkingsprogrammet skal også gi jevnlig status for tilstand og utvikling i resipienten og avdekke behovet for eventuelle ytterligere reduksjoner i utslippene fra bedriften.

I følge SFTs pålegg skal overvåkingsprogrammet beskrive:

- hvilke fysiske og biologiske parametere og hvilke utslippskomponenter som skal undersøkes
- prøvetakingsstrategi (frekvens, plassering av prøvetakingspunkter)
- kvalitetssikring av analyser
- kriterier for vurdering av resultatene
- forslag til tidsplan og varighet av program.

I denne rapporten redegjøres det for 2007-resultatene av et overvåkingsprogram som er utarbeidet av Jan Magnusson og John Arthur Berge for Kronos Titan AS. Programmet dekker undersøkelser av pH og forekomst av metaller i Glomma. Det er også gitt en vurdering av den relative betydningen av utslippene fra bedriften i forhold til andre tilførsler. Resultatene skal brukes som grunnlag for utarbeidelse av et mer langsiktig overvåkingsprogram.



## 2. pH i vann

### 2.1 Bakgrunn

Vannkjemiske analyser har som formål å beskrive influensområdet til utslippet fra Kronos Titan AS m.h.t. eventuell redusert pH, samt å gjenta tidligere undersøkelser av forekomst av metaller i vann (Fe, Ti) i resipienten. Sistnevnte undersøkelser er tidligere gjennomført i 1980, 1986-87, 1990-91 og 1993-94 (Magnusson og Sørensen, 1996). Den 31.8.2006 ble det gjennomført undersøkelser av temperatur, saltholdighet, pH og turbiditet i Østerelva på oppdrag av Kronos Titan AS. Hensikten var å undersøke hvor store deler av området som var påvirket av utslippet fra fabrikk. Observasjonene viste at lave pH-verdier kun ble observert i et meget begrenset område nær utslippsstedet. Oppfølgende undersøkelser ble gjennomført 2 ganger i 2007, den 3. juli ved høy vannføring og den 18. september ved en lavere vannføring. Her rapporteres de oppfølgende undersøkelsene.

#### 2.1.1 Utslipp fra Kronos Titan AS

I Glomma utenfor Kronos Titan AS er det i alt 4 punkter hvor det slippes ut avløpsvann fra bedriften. To av disse går ut på ca 6 m dyp i Glomma ca 700 m syd for bedriften (se **Figur 2** og **Figur 7**) og to andre går ut på ca 2 m dyp under kaien ved bedriften (**Figur 3**).

De to utslippene som går ut på 6 m dyp er hovedutslippet fra prosessanlegget (også omtalt som sort avløp) og utslipp fra SO<sub>2</sub>-rensanlegget. Hovedutslippet består vesentlig av scrubbevann fra vasking av avgassene fra glødevovner, filtrat fra Moorefilter-1 (siste del av filtratet fra vaskesyklus hvor første del går til Langøya) og overløp fra fortykkere. Både hovedutslippet og utslippet fra SO<sub>2</sub>-rensanlegget er sure (se **Tabell 1.**) og går ut i dyp der en normalt har sjøvann til stede (inngående strøm).

Avløpsvannet føres ut gjennom diffusorer slik at det raskt fortynnes med sjøvann for å innlagres i den utgående brakkvannstrømmen. Hensikten er å benytte seg av sjøvannets bufferkapasitet for raskt å øke pH i avløpsvannet, samt å benytte den utgående overflatestrømmen.

De to utslippene som går ut under kaien ved bedriften er kjølevann (også omtalt som hvitt avløp) og sprayvannsavløp (scrubbevann fra avgassene i oppslutningstrinnet). Kjølevannet består vesentlig av ellevann fra kondensere til krystallere (elvevann som er brukt til å kondensere damp på krystallasjonstrinnet).

Normalt har kjølevannsutslippet en vannstrøm på 350-380 m<sup>3</sup>/time med en pH på 5-7.

Sprayvannsavløpet er ellevann benyttet i en scrubber (gassvasker) på oppslutningstrinnet.

Vannstrømmen som benyttes til dette er totalt ca 1000 m<sup>3</sup>/h over en 25-35 minutters periode 6-8 ganger i døgnet i forbindelse med oppslutningsreaksjoner. pH i sprayvannsavløpet varierer med momentanverdier mellom 2 og 7. Den laveste pH (pH=2) opptrer i korte perioder (3-5 minutter) ved starten av reaksjonen. Sprayvannet fordeles ca 2/3 til eget avløp på 2 m dyp ved kaikanten ved bedriften og 1/3 til hovedavløpet på 6 m dyp i Glomma (utslipp 2, **Figur 7**).

**Tabell 1.** *Utslipp til Glomma fra Kronos Titan AS. A: hovedavløp, B: utslipp fra SO<sub>2</sub>-renseanlegg. (Data fra Kronos Titan AS).*

**A:**

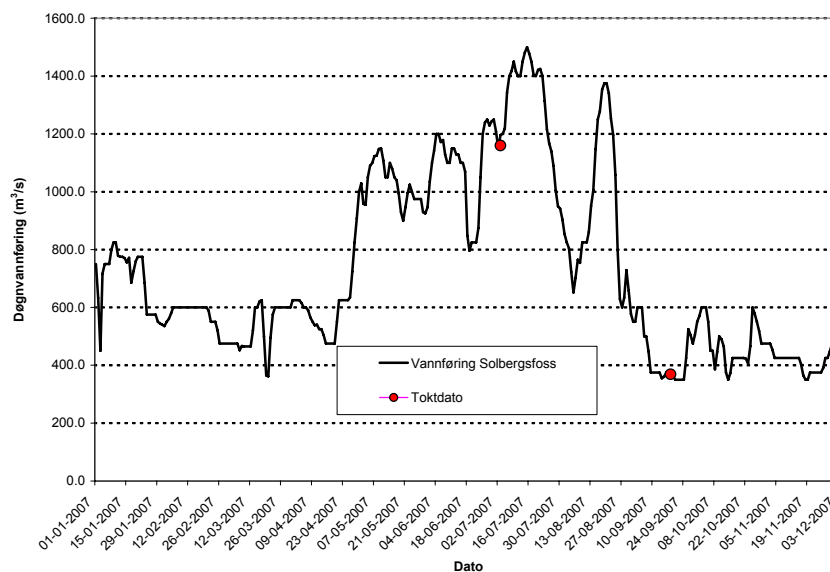
Dato	Hovedavløp (utslipp 2)	
	Volum, m <sup>3</sup> /h	pH
30.6.2007	329	4.3
01.7.2007	312	3.4
02.7.2007	313	3.0
03.7.2007	279	4.0
04.7.2007	284	3,1
05.7.2007	317	2,5
06.7.2007	294	2,5
15.9.2007	335	2.8
16.9.2007	340	2.3
17.9.2007	346	2.9
18.9.2007	320	2.2
19.2007	293	3,0
20.9.2007	311	2,5
21.9.2007	341	2,1

**B**

Dato	Avløp fra SO <sub>2</sub> -renseanlegg (utslipp 1)	
	Volum, m <sup>3</sup> /h	pH
30.6.2007	240	
1.7.2007	240	
2.7.2007	240	
3.7.2007	240	
4.7.2007	240	
5.7.2007	240	
6.7.2007	240	
15.9.2007	240	2,7
16.9.2007	240	2,7
17.9.2007	240	2,8
18.9.2007	240	2,8
19.9.2007	240	3,1
20.9.2007	240	3,1
21.9.2007	240	2,8

### 2.1.2 Vannføringen i Glomma

Hensikten med de to toktene var å gjennomføre observasjoner både ved høy og lav vannføring i Glomma. **Figur 1** viser vannføringen i Glomma i 2007 og hvor tidspunktet for gjennomføringen av de to toktene er markert. Vannføringen de fire dagene før det første toktet den 3.7. var ca. 1160 m<sup>3</sup>/s, hvilket er omtrent gjennomsnittlig vårflom for Glomma. Den 18.9. var vannføringen de fire foregående døgnene 374 m<sup>3</sup>/s, hvilket representerer lav vannføring i Glomma, dvs. betydelig lavere enn gjennomsnittlig vannføring for denne årstiden.



**Figur 1.** Vannføringen i Glomma (Solbergsfoss) i 2007 (Data fra Glommens og Laagens Brukseierforening). Toktdato er markert med rød sirkel.

### 2.1.3 Bakgrunnsinformasjon om pH-variasjoner

Normal pH i sjøvann (saltholdighet 35) er 7.8 -8.2 (Bjerkeng og Knutzen, 1980, Knutzen, 1981). Åpent hav har mindre variasjon i pH enn kystnære, estuarine områder hvor pH kan variere naturlig i hele området 6.5-8.5 (EPA, 1986). Sjøvann har i utgangspunktet relativt gode bufferegenskaper. Disse egenskapene skyldes følgende likevektsreaksjoner

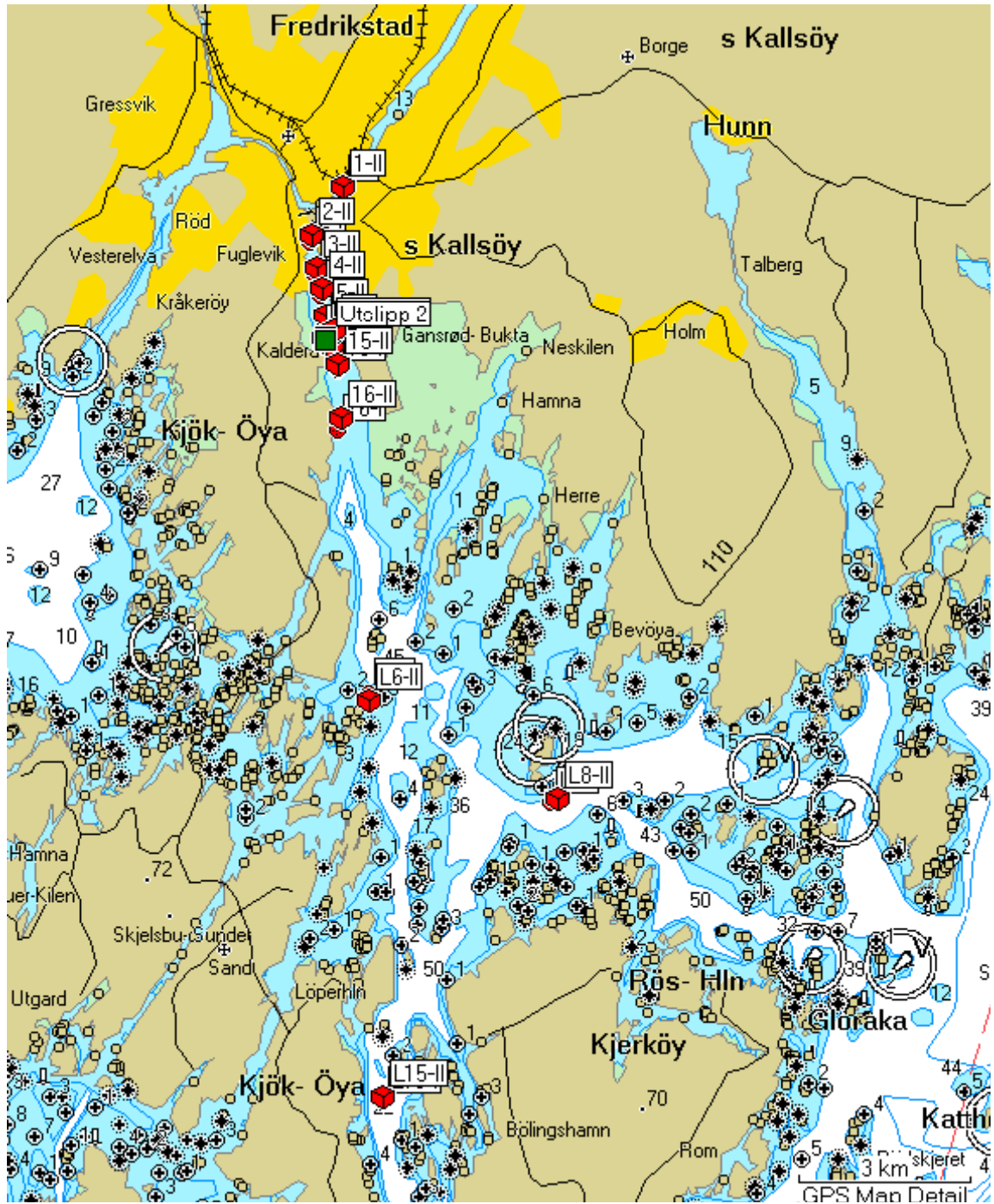


I Glomma varierer pH mellom 6.7-7.5.

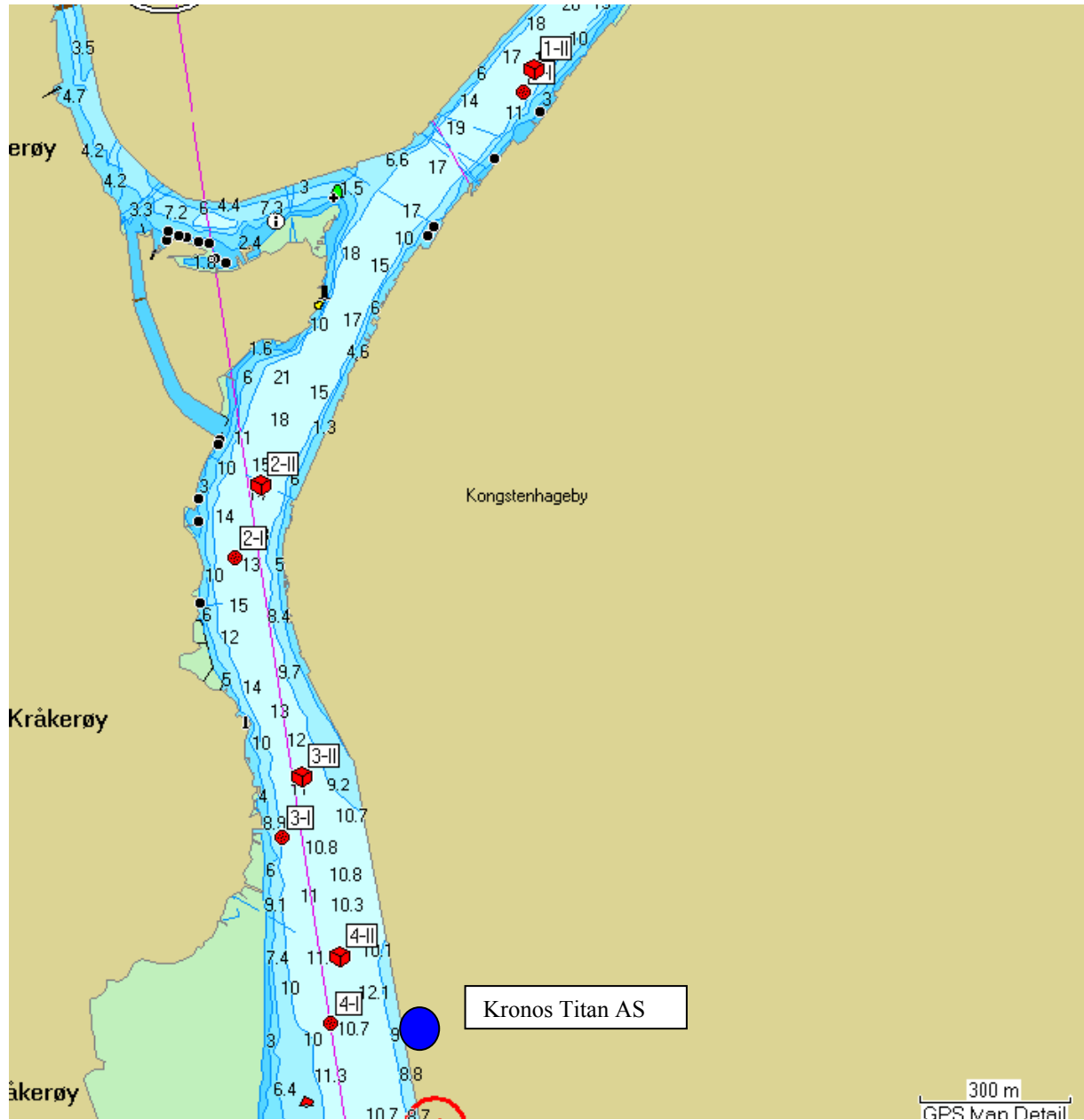
## 2.2 Materiale og metode

Feltarbeidet ble foretatt 3. juli og 18. september 2007. **Figur 2** viser en oversikt over undersøkelsesområdet. I **Figur 3** ses beliggenheten til Kronos Titan AS. I **Figur 3** til **Figur 6** ses stasjonsnettet som ble brukt under prøvetakingen i mer detalj. Stasjonsposisjonene finnes i **Tabell 2** og et detaljkart over de to utslippene på 6 m dyp i **Figur 7**. Stasjonsnettet er noe redusert i forhold til undersøkelsene i 2006.

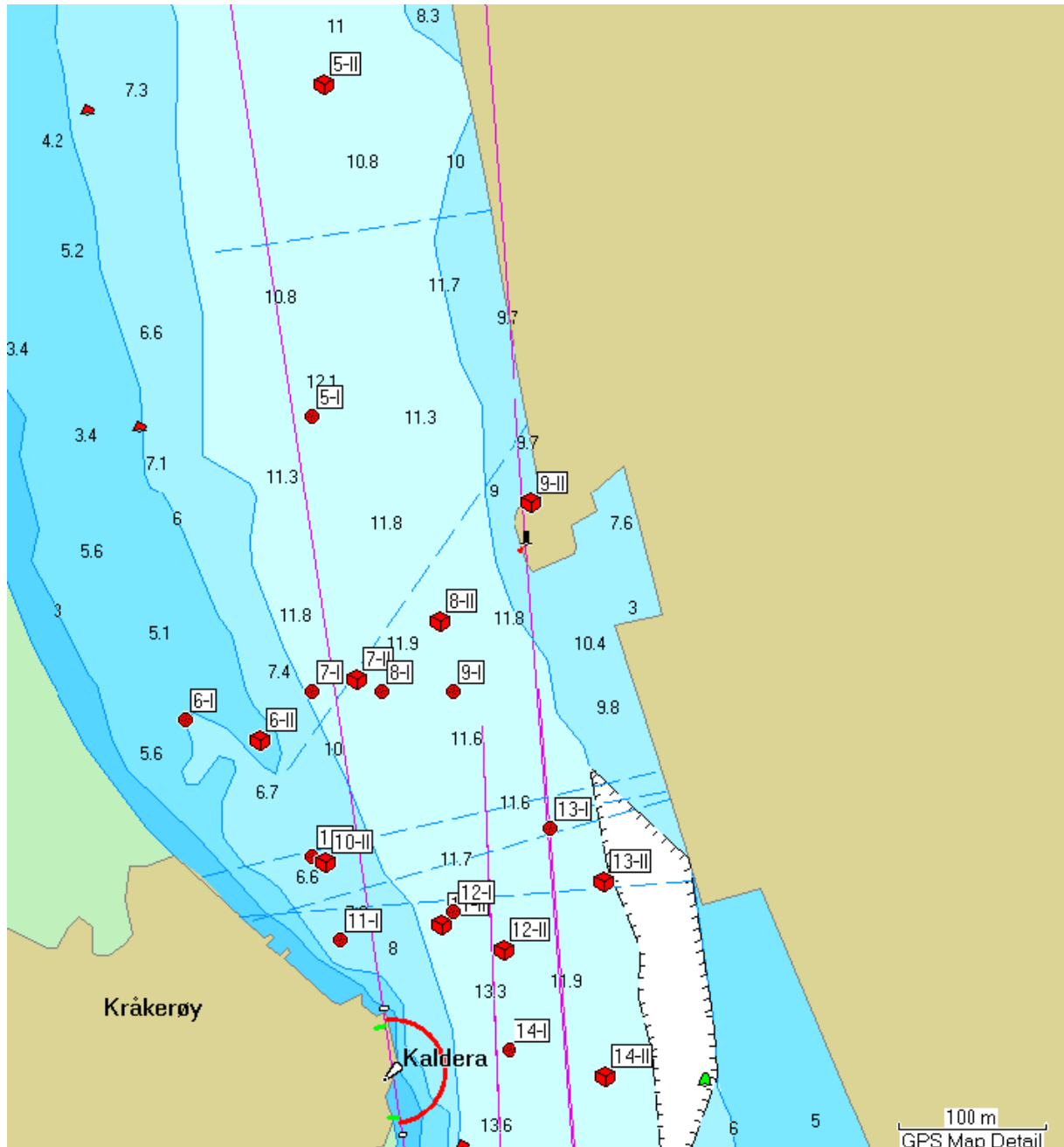
Observasjoner ble foretatt med YSI-sonde (YSI 600) utstyrt med sonder for observasjoner av trykk (dyp), temperatur, saltholdighet og pH. Observasjonsfrekvens er 2 ganger pr sek. Det ble foretatt målinger på 19 stasjoner (se kart i **Figur 2** til **Figur 6**) Det ble også tatt vannprøver for analyser på laboratoriet som kontroll av sondemålingene i felt. Under feltarbeidet i juli deltok en medarbeider fra NIVA sammen med en representant fra Kronos Titan AS, mens feltarbeidet i september ble gjennomført av Kronos Titan AS alene med utstyr fra NIVA.



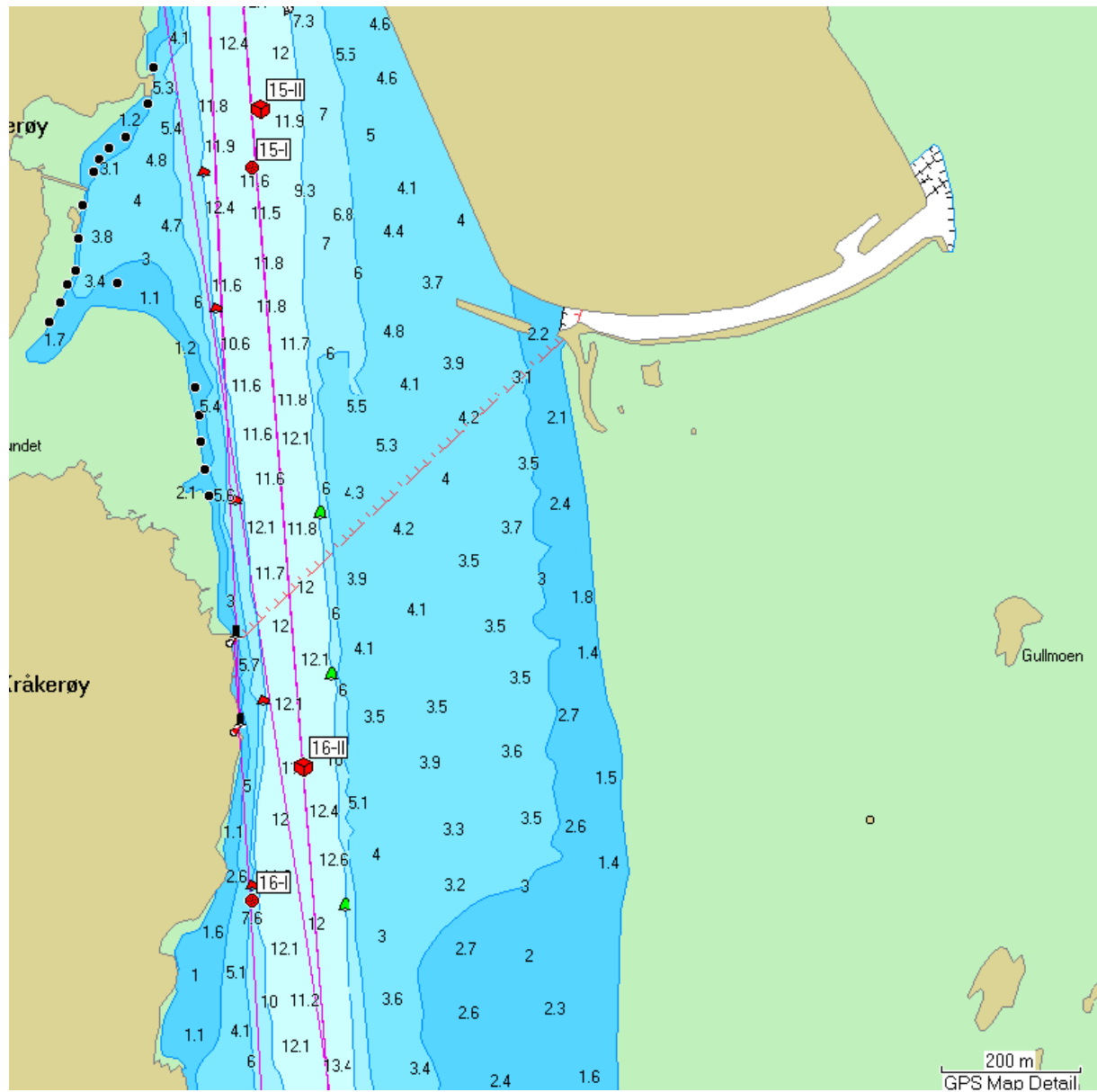
Figur 2. Oversiktskart over undersøkelsesområdet. Se Figur 3 til Figur 7 for detaljer.



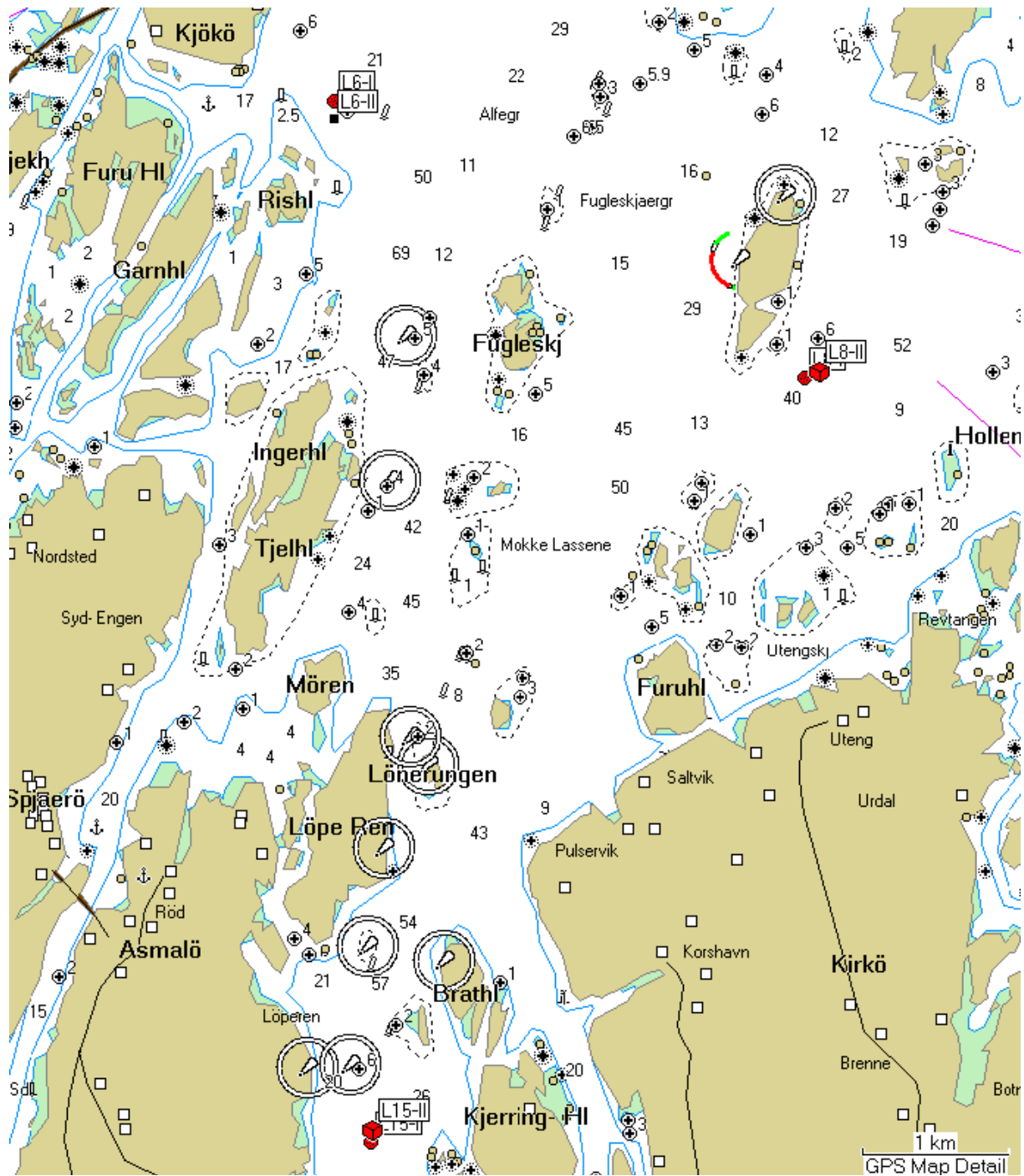
**Figur 3.** Stasjoner for måling av pH i området fra utslippet og nordover i Glomma. I = prøve tatt 3. juli 2007, II = prøve tatt 18. september 2007. Bedriftens beliggenhet er markert med en blå sirkel. Kjølevannsutslipp og utslipp av sprayvann gå ut under kaien ved bedriften.



**Figur 4.** Stasjoner for måling av pH i utslippsområdet. Se også **Figur 7.** I = prøve tatt 3. juli 2007, II = prøve tatt 18. september 2007. NB: Utslippene er ikke inntegnet, men ses i **Figur 7.**

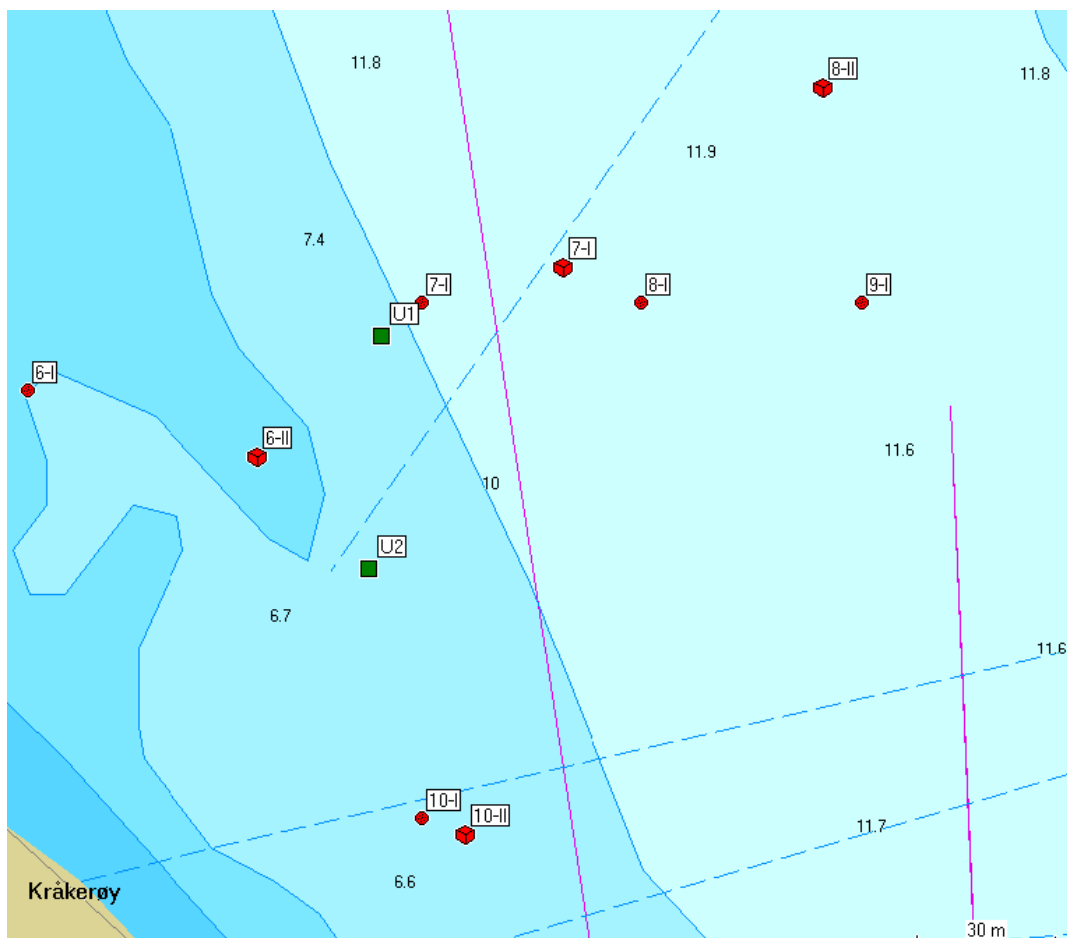


**Figur 5.** Stasjoner for måling av pH syd for utslippsområdet. I = prøve tatt 3. juli 2007, II = prøve tatt 18. september 2007.



**Figur 6.** Stasjoner for måling av pH i den sydligste delen av undersøkelsesområdet. Se også **Figur 2.** I = prøve tatt 3. juli 2007, II = prøve tatt 18. september 2007.





**Figur 7.** Kart som viser posisjonene til de to utslippene fra Kronos Titan AS (U1 = Avløp fra SO<sub>2</sub>-rensaneanlegg og U2 = hovedavløp eller sort avløp) i forhold til nærliggende stasjoner. Se **Figur 2** for oversiktskart. I = prøve tatt 3. juli 2007, II = prøve tatt 18. september 2007.

Tabell 2. Stasjonsposisjoner

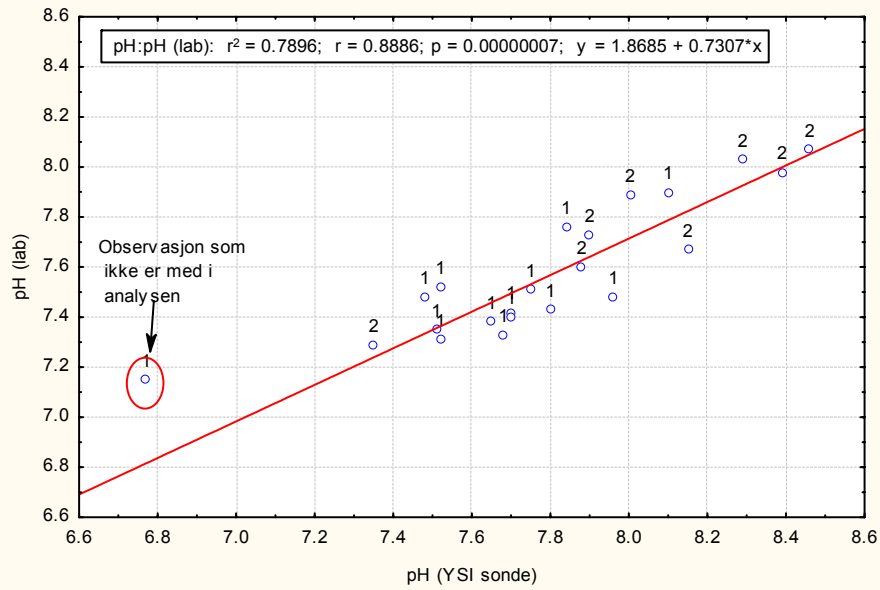
Stasjonsnavn	Posisjon, tokt I	Posisjon tokt II
1 (L1)	N59 12.400 E10 57.300	N59 12.424 E10 57.323
2	N59 11.900 E10 56.700	N59 11.977 E10 56.754
3	N59 11.600 E10 56.800	N59 11.665 E10 56.839
4	N59 11.400 E10 56.900	N59 11.471 E10 56.919
5	N59 11.100 E10 57.000	N59 11.220 E10 57.009
6	N59 10.990 E10 56.911 <sup>1)</sup>	N59 10.982 E10 56.963
7	N59 11.000 E10 57.000	N59 11.004 E10 57.032
8	N59 11.000 E10 57.050	N59 11.025 E10 57.091
9	N59 11.000 E10 57.100	N59 11.068 E10 57.156
10	N59 10.940 E10 57.000	N59 10.938 E10 57.010
11	N59 10.910 E10 57.020	N59 10.915 E10 57.092
12	N59 10.920 E10 57.100	N59 10.906 E10 57.136
13	N59 10.950 E10 57.170	N59 10.931 E10 57.208
14 (L2)	N59 10.870 E10 57.140	N59 10.860 E10 57.209
15	N59 10.700 E10 57.200	N59 10.746 E10 57.214
16	N59 10.130 E10 57.200	N59 10.235 E10 57.278
L6	N59 07.660 E10 57.770	N59 07.596 E10 57.771
L8	N59 06.640 E11 01.140	N59 06.664 E11 01.244
L15	N59 03.820 E10 58.030	N59 03.865 E10 58.034

1) Opprinnelig posisjon nedskrevet under feltarbeidet var feil (på land). Posisjon er bestemt ut fra dyp og plassering av øvrige stasjoner og er derfor usikker.

## 2.3 Resultater

### 2.3.1 Kontroll av pH-observasjoner

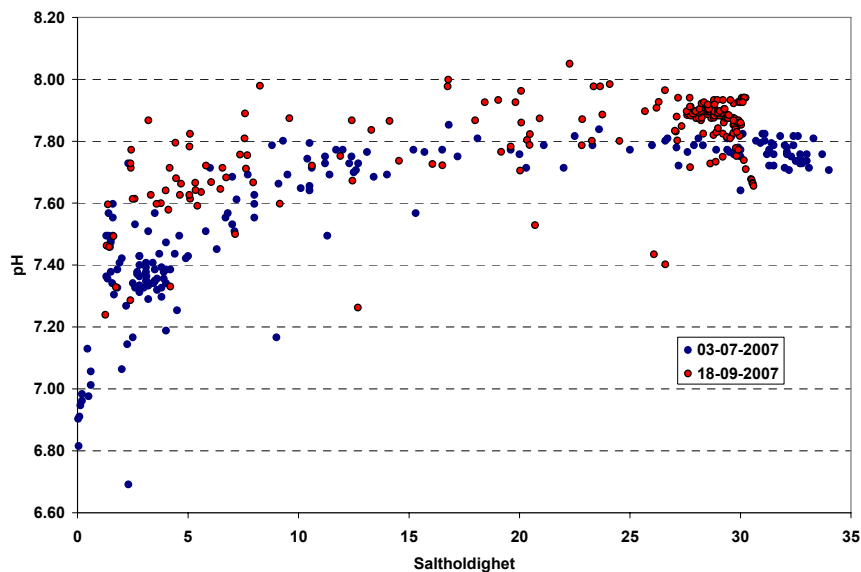
Sammenlagt ble det gjennomført 22 analyser på laboratoriet av pH fra vannprøver (i hovedsak overflatevann fra de to toktene), 14 prøver fra den 3.7.2007 og 8 prøver fra den 18.9.2007. **Figur 8** viser resultatene. Det er liten variasjon mellom de to toktene. En observasjon i Glomma den 3.7. avviker, men feltobservasjonene viser at pH på 1 meters dyp i stedet for overflateverdien hadde havnet omtrent på regresjonslinjen. Når vannprøver innsamles fra vannhenter vil den samle vann fra 0.1-0.5 meters dyp og derved kunne gi en blandvannmasse som ikke direkte tilsvarer sondeavlesninger når det er gradienter mellom observasjonsdypene. Det er sannsynligvis dette som forklarer avviket her. Derfor er samtlige feltobservasjoner korrigert i henhold til resultatene i **Figur 8**.



**Figur 8** Sammenstilling av pH analyser foretatt i felt med YSI-sonde og analyser foretatt på laboratoriet på vannprøver. Observasjonene ble foretatt på tokt nr 1 og 2 (antydnet i figuren). Ett punkt (stasjon nr. 1, 3.7.2007) er ikke tatt med i analysen.

### 2.3.2 pH-observasjoner

**Figur 9** viser samtlige observasjoner av pH plottet mot saltholdighet. Den større vannføringen i Glomma i juli gir gjennomgående lavere saltholdigheter enn ved den mindre vannføringen i september. Laveste pH er i overflatelaget i Glomma ved Fredrikstad (oppstrøms utslippene til Kronos Titan AS). Ved samme saltholdighet er det få observasjoner som peker seg ut med spesielt lav pH. Ved saltholdigheter under ca 10 ble det under jultoktet observert lavere pH enn under septembertoktet.

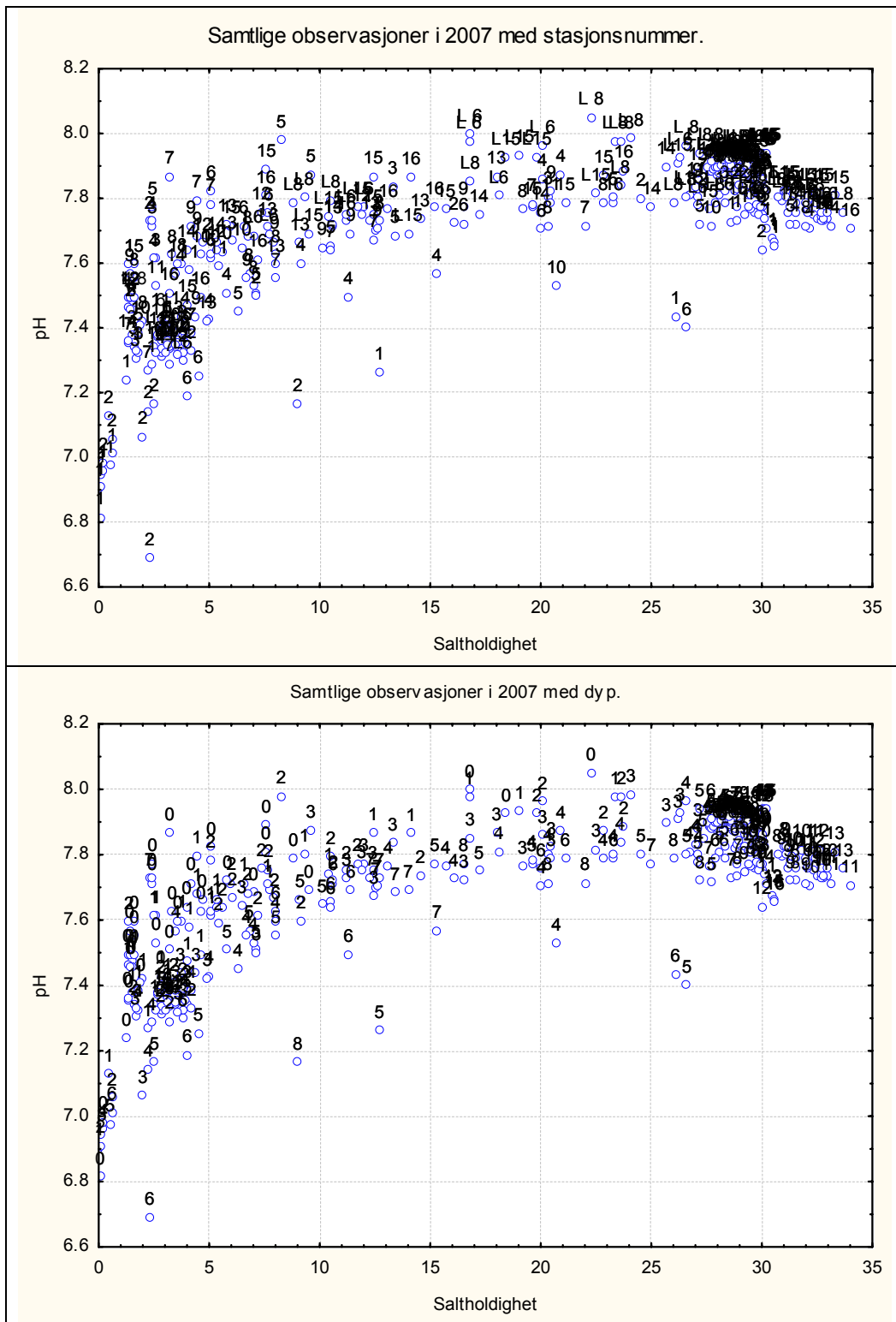


**Figur 9.** Samtlige observasjoner av pH-plottet mot saltholdighet.

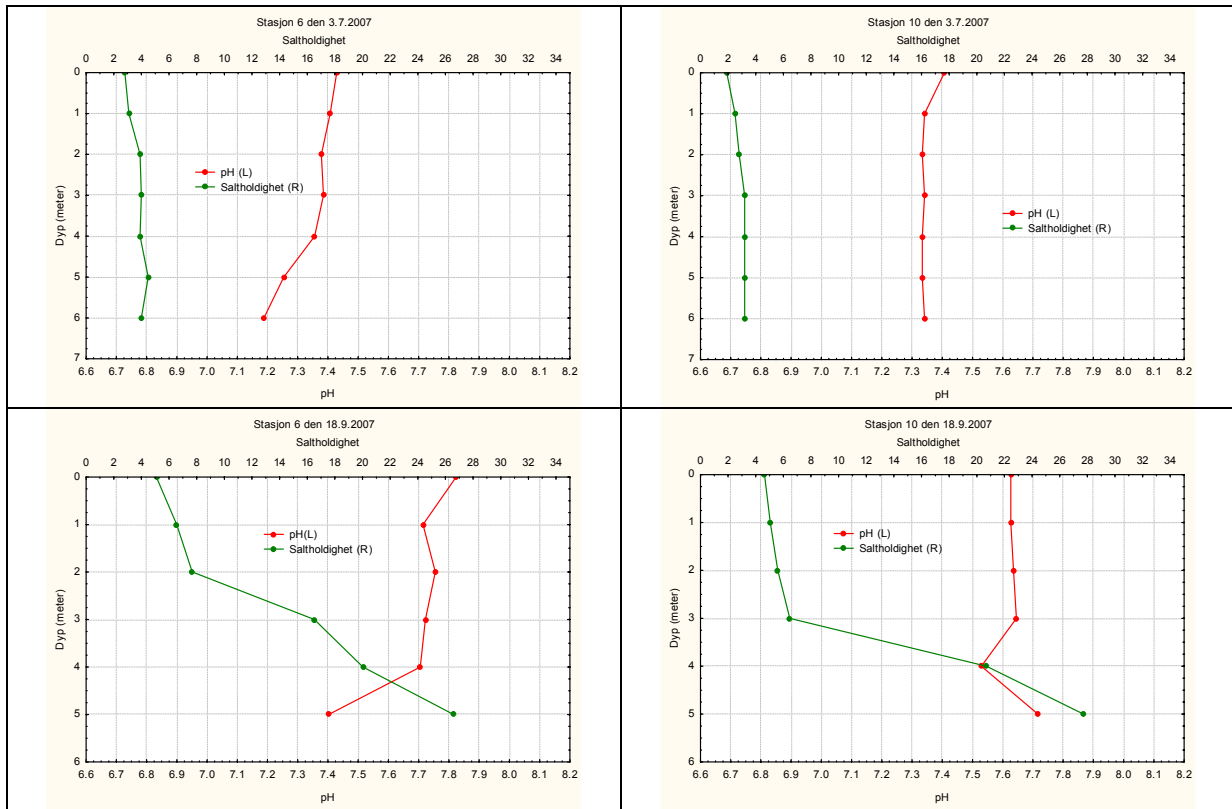
**Figur 10** viser pH og saltholdighet for alle observasjonene med stasjonsnummer og dyp. Laveste pH ved høy saltholdighet er på stasjon 1 på 6 meters dyp og på stasjon 6 på 5 meters dyp. Observasjonene fra stasjon 6 på 5 meters dyp er like ved utslippet fra Kronos Titan AS og er sammen med stasjon 10 på 4 meters dyp de observasjoner som viser en direkte influens fra utslippet. De øvrige punkter som skiller seg ut er fra stasjon 1, 2 og 4 på dypene 5, 8 og 6-7 meter. Sammenlignet med pH i Glomma ved stasjon 1 i overflaten er pH høyere på alle stasjoner og dyp. De lavere pH-verdier på stasjon 1 i dypet kan være en effekt av lavere oksygenkonsentrasjoner, men dette er sannsynligvis ikke forklaringen på resultatene fra stasjon 2 og 4. Konklusjonen er at influensområdet til utslippet fra Kronos Titan AS bedømt ut fra pH observasjonene er begrenset til utslippenes umiddelbare nærområde og til vannmassene under sprangsjiktet og at det er ved lav vannføring i Glomma at dette er mest synlig.

De to stasjonene som er nærmest dyputslippene til Kronos Titan AS (nummer 6 og 10) er vist for de to toktene i **Figur 11**. Ved toktet den 3.7 var det flom i Glomma og saltholdigheten i hele vannsøylen var lav (2-4), mens det den 18.9. var relativt liten vannføring i Glomma og betydelig høyere saltholdighet i dypet. pH signalene fra utslippet er meget svake (stasjon 6) eller fraværende (stasjon 10) ved den høye vannføringen, mens det var klarere signaler ved lav vannføring. Allikevel er det små endringer i pH. **Figur 12** viser observasjoner ved lav vannføring i 2006, hvor også signalet fra utslippet var tydelig.

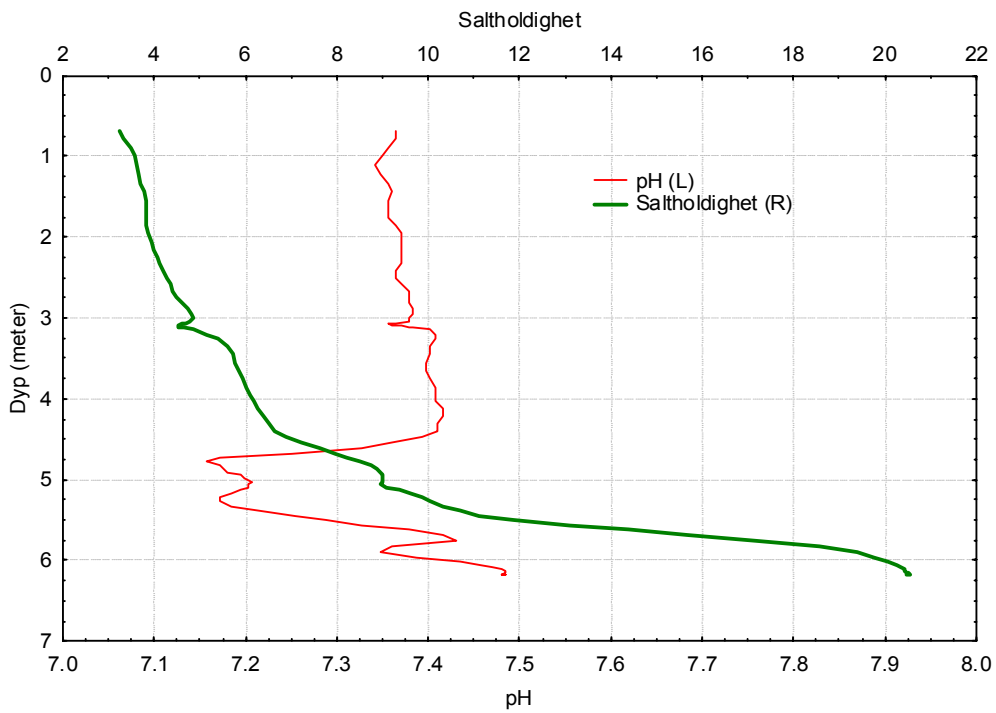
Observasjonene foretatt i 2006 og 2007 viser at pH i Glomma oppstrøms Kronos Titan AS og mengden innblandet sjøvann (saltholdigheten) er bestemmende for pH-variasjonen i Glommas munningsområde. Bare i selve utslippsområdet (området nær U1 og U2) ble det observert noe lavere pH og da fortrinnsvis ved lav vannføring i Glomma.



**Figur 10.** Samtlige observasjoner av pH-plottet mot saltholdighet. I figuren øverst er stasjonsnumre vist og i figuren nederst er observasjonsdyp vist.

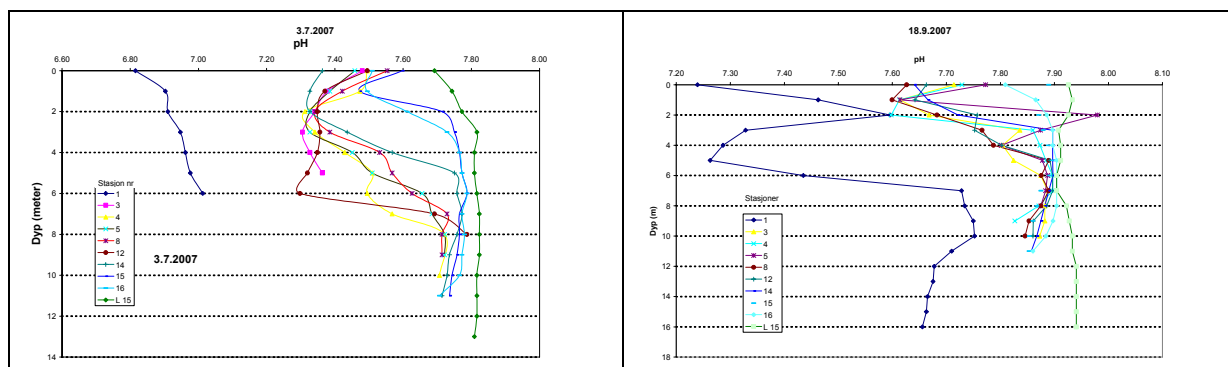


Figur 11. Saltholdighet og pH i Glomma (stasjon 6 og 10) den 3.7 og 18.9 2007.

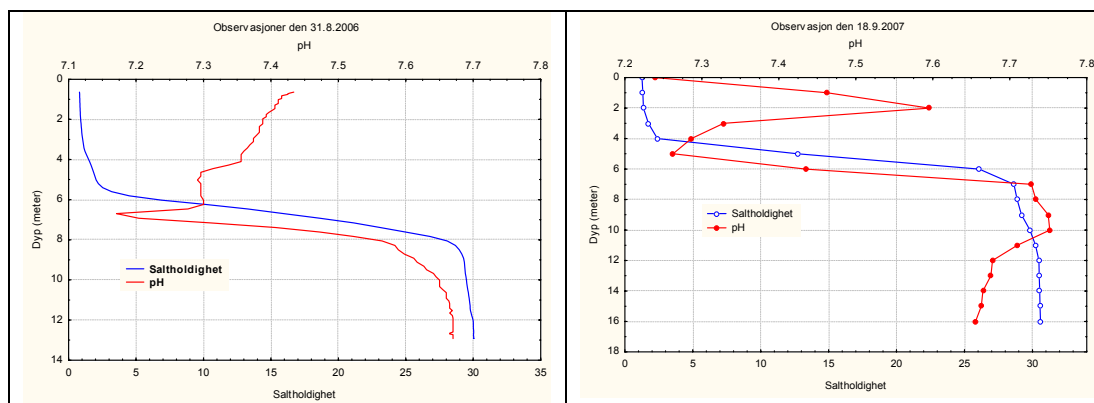


Figur 12. Saltholdighet og pH i Glomma nær utslippet til Kronos Titan AS (omtrent ved stasjon 10) den 31.8.2006.

**Figur 13** viser pH-observasjoner fra et utvalg av stasjoner fra Glomma i Fredrikstad til Løperen. Ved begge toktene ble den laveste pH observert i Glomma ved Fredrikstad (stasjon 1) ca 3 km ovenfor hovedutslippene fra Kronos Titan AS. Imidlertid er observasjonene av relativt lav pH på stasjon 1 i Glomma ikke enkle å forklare. **Figur 14** viser en reduksjon i pH i selve sprangsjiktet og i september 2007 også i de dypere vannmasser. Forklaringen på avtakende pH nær bunnen kan være variasjoner i oksygenkonsentrasjonen, men vi finner ikke noen god forklaring på reduksjonen i sprangsjiktet eller reduksjonen i overflatelaget i 2007. Det foreslås derfor et ekstra tokt ved lavvannføring i 2008 hvor et mindre antall stasjoner blir observert på ny (fra Glomma i Fredrikstad ned til utslippet til Kronos Titan AS), hvor pH-observasjonene blir komplettert med observasjoner av oksygen og titan/aluminium i vertikalen. Hypotesen er at hvis reduksjonen i pH skyldtes utslippet fra Kronos Titan AS ville spesielt titan-/aluminiumsobservasjoner gi tilsvarende signal.



**Figur 13.** Dybdeprofiler av pH på utvalgte stasjoner i Glomma den 3.7.(venstre) og 18.9.2007 (høyre).



**Figur 14.** Observasjoner av saltholdighet og pH i ulike dyp i Glomma ved Fredrikstad (ved Gamlebyen) i 2006 (venstre figur) og i september 2007 (høyre figur). Observasjonene er gjort ved relativt lav vannføring.

### **2.3.3 pH og effekter på organismer**

Når det gjelder effekter av lav pH på organismer, har det inntil ca 2000 foreligget ganske mye informasjon om ferskvannsorganismer, men svært lite om saltvannsorganismer. På grunn av bekymring for fremtidig marin forsuring som en konsekvens av øket CO<sub>2</sub> i atmosfæren har det imidlertid de senere år fremkommet mer kunnskap om effekter av lav pH på saltvannsorganismer.

I et brakkvannsområde med naturlig veksling i pH vil sannsynligvis etablerte planter og dyr være tilpasset de svingninger i pH som forekommer mellom nivået i ferskvann og sjøvann. Østerelva og nærområdet til utslippet fra Kronos Titan AS er således i utgangspunktet et ”stressende” område for marine organismer og ferskvannsarter fordi saltholdigheten og pH naturlig kan variere relativt mye på kort tid. Ettersom pH i området, med noen få unntak i nærområdet til utslippspunktene på vestsiden av Østerelva, som oftest så ut til å være gitt av blandingsforholdet mellom sjøvann og det utstrømmende elvevannet, vil mulige effekter av utslippet fra Kronos Titan AS være begrenset til et område nærmest utslippet (muligens i en avstand på 50 -100 meter begrenset til vestsiden av Østerelva nord for Kaldera).



### 3. Metaller i vann

Ved disse vannkjemiske analyser ble tidligere undersøkelser av forekomst av metaller i vann i resipienten gjentatt. Slike undersøkelser er tidligere gjennomført i 1980, 1986-87, 1990-91 og 1993-94 (Magnusson og Sørensen, 1996).

Tidligere undersøkelser (Magnusson og Sørensen, 1996) viste at både partikulært jern og titan som kan knyttes til utslippet fra Kronos Titan AS hadde avtatt signifikant fra 1980 til 1994. Imidlertid var reduksjonen av jern større enn for titan.

Vannprøver for analyse av metaller ble tatt på et utvalg av de stasjonene som vises i **Figur 3** til **Figur 7**. I 1993-94 ble det tatt observasjoner både om vinteren og sommeren, sammenlagt 9-14 sommerobservasjoner og 7 observasjoner vinterstid. Resultatene viste at det var lite behov for å gjennomføre både vinter- og sommerobservasjoner og prøvetaking ble derfor kun foretatt i juli og september 2007.

I de tidligere undersøkelser ble analysene foretatt med røntgenfluorescens spektrofotometer. Dette er en metode som nå ikke anvendes i særlig grad på vannprøver. Vi har derfor foretatt analysene på ICP-AES (NIVA metode E 9-5 ved bruk av følgende instrument: Perkin-Elmer Optima 4300 DV, Perkin-Elmer Autosampler AS 93, Hewlett Packard LaserJet 100, Polyscience Chiller (kjøler).

På hver stasjon hvor det ble tatt vannprøver til metallanalyser ble det også foretatt måling av total mengde suspendert materiale og turbiditet.

De innsamlede vannprøvene for metallanalyser (1 L) ble filtrert. Filtrering ble foretatt med nukleopore filter eller ved membranfiltrering. Analyser ble foretatt på det partikulære materialet på filtret etter total opplutning på filtratet. Sammenlagt gir dette 2 analyser pr prøve. Tidligere undersøkelser i vann er gjort på aluminium, jern og titan. Vi har også denne gang fokusert på å analysere disse 3 metallene, men vil også rapportere resultatene for en del andre metaller som fremkom ved analysen.

I alt ble det foretatt analyse på 7 stasjoner (L1, L2, L6, L8, L15 samt to ekstra stasjoner nær L2)

På basis av resultatene fra 2007 vil bedriften (eventuelt i samråd med SFT) ta stilling til om det er behov for flere runder med metallanalyser i 2008. Prøvene ble i hovedsak tatt av overflatevannet, men enkelte prøver ble også tatt fra 5 m dyp.

#### 3.1 Resultater

Innholdet av partikulært materiale i vannprøvene var høyere i juli (1,6-5,5 mg/L) enn i september med mindre vannføring (1,1-2,1 mg/L).

**Tabell 3** viser total forekomst av aluminium (Al), jern (Fe) og titan (Ti) i vannprøver fra en del stasjoner fra Glommas nedre del og munningsområde i 2007 og tidligere år.

**Figur 15** viser middelverdiene fra tabellen plottet mot saltholdigheten.

For alle stasjoner hvor det er blitt tatt vannprøver over flere år har det vært en nedgang i metallkonsentrasjonen (Al, Fe og Ti) siden 1980-tallet (også overflatelaget på stasjon 1 som ikke antas å være påvirket fra utslipp fra Kronos Titan AS), mens det fra 1990-tallet til 2007 er vanskeligere å spore noen trend fordi en kun har 2 observasjoner i 2007 (**Tabell 3**). Siden konsentrasjonen av både Al, Fe og Ti også er redusert på stasjon 1 som ikke antas å være påvirket fra utslipp fra Kronos Titan

AS i særlig grad, må nedgangen fra 80-tallet også skyldes andre forhold enn utslippene fra Kronos Titan AS. Ti/Al-forholdet viser påvirkning fra utslippet til KT (**Figur 15**). Det høyeste Ti/Al-forholdet ble i 2007 observert på 5 m dyp på stasjon 10 nær utslippet, også overflatevannet i området har høyere forholdstall i 2007. Unntatt disse utslippsnære stasjoner (som ikke ble observert i tidligere undersøkelser) ligger både konsentrasjonsnivåer og forholdstall i et nivå som i store deler bestemmes av de "naturlige" forholdene i Glomma.

Prøvene fra juli 2007 viser relativt jevne konsentrasjoner av aluminium og jern i prøvene fra stasjon 1, 6, 10 og 14 og reduseres først ved stasjon L6 og lenger ut (**Figur 16**). Ettersom aluminium i hovedsak er et mål for naturlig leirinnhold i vannet vil forholdet mellom de andre metallene og aluminium indikere om disse foreligger i unormale konsentrasjoner. Dette skyldes at jern og titan oftest foreligger i leirminerale i et bestemt forhold til aluminium. Vi har derfor beregnet mengden "ekstra jern" og "ekstra titan" som altså er den mengden metall (Fe og Ti) som ikke kan forklares ved innholdet av aluminium. "Ekstra metall" er beregnet som:

Observert metallkonsentrasjon - (a/b)\*observert aluminiumskonsentrasjon

Hvor a/b = observerte forholdstallet mellom det aktuelle metall og aluminium ved stasjon 1.

"Ekstra metall" er beregnet på grunnlag av analysene som er gjort på det partikulære materialet. I prøvene fra juni 2007 som ble tatt i en periode med relativt stor vannføring i Glomma (1160 m<sup>3</sup>/s) lå alle konsentrasjoner av Ti i vannfasen under deteksjonsgrensen. Beregningene av "ekstra titan" og "ekstra jern" viser relativt lave verdier på alle stasjoner (**Figur 16** nederst) og en kunne ikke se noen tydelig økning ved de stasjoner som lå nærmest utslippspunktene til Kronos Titan AS på 6 m dyp. Vi kunne med andre ord ikke påvise utslippsvann i resipienten med målingene.

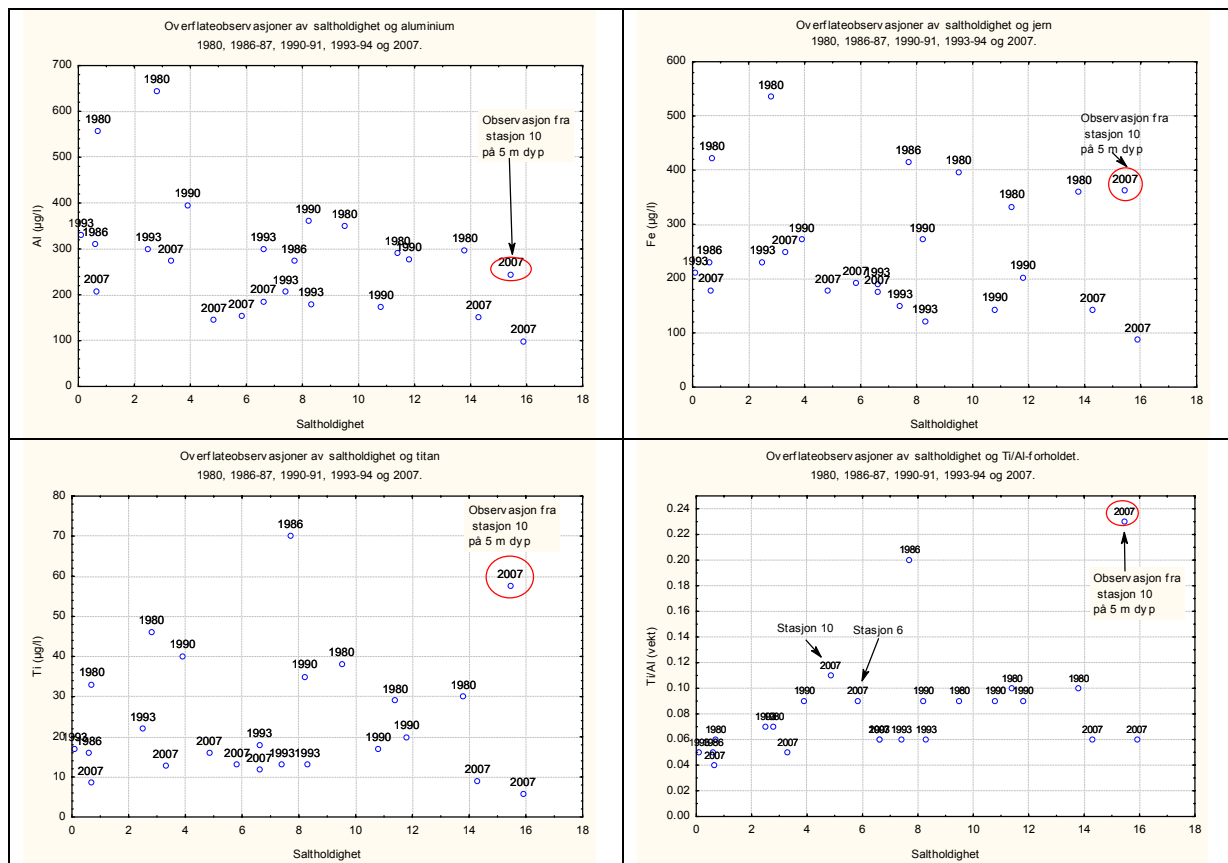
I prøven fra september 2007 som ble tatt i en periode med lav vannføring (374 m<sup>3</sup>/s) var det med unntak av for Fe i prøven fra 5 m dyp på stasjon 10 relativt jevne metallkonsentrasjoner (**Figur 17**). Også når det gjelder "ekstra jern" og "ekstra titan" avviker stasjon 10 med mye høyere verdier. Vi tolker dette som et resultat av at i alle fall denne ene prøven må være påvirket av utslippet fra Kronos Titan AS. Vi ser også at "ekstra jern" i overflatevann er noe høyere på stasjon 14 (L2), L6 og L15 enn på stasjon 6 og 10 (**Figur 17**) som ligger høyere opp i Glomma enn Kronos Titan AS. Muligens er derfor også stasjonene (L2), L6 og L15 noe influert av utslipp fra bedriften.

**Tabell 3.** Observerte totalkonsentrasjoner (løst + partikulært) av aluminium, jern og titan i vann fra Glomma i juli og september 2007. I tabellen vises også medianverdi av saltholdighet, aluminium, jern og titan i overflatevann, mai - september 1980, 1986-87, 1990/91 og 1993/94. N= antall observasjoner. Alle metallkonsentrasjoner er oppgitt i µg/L.

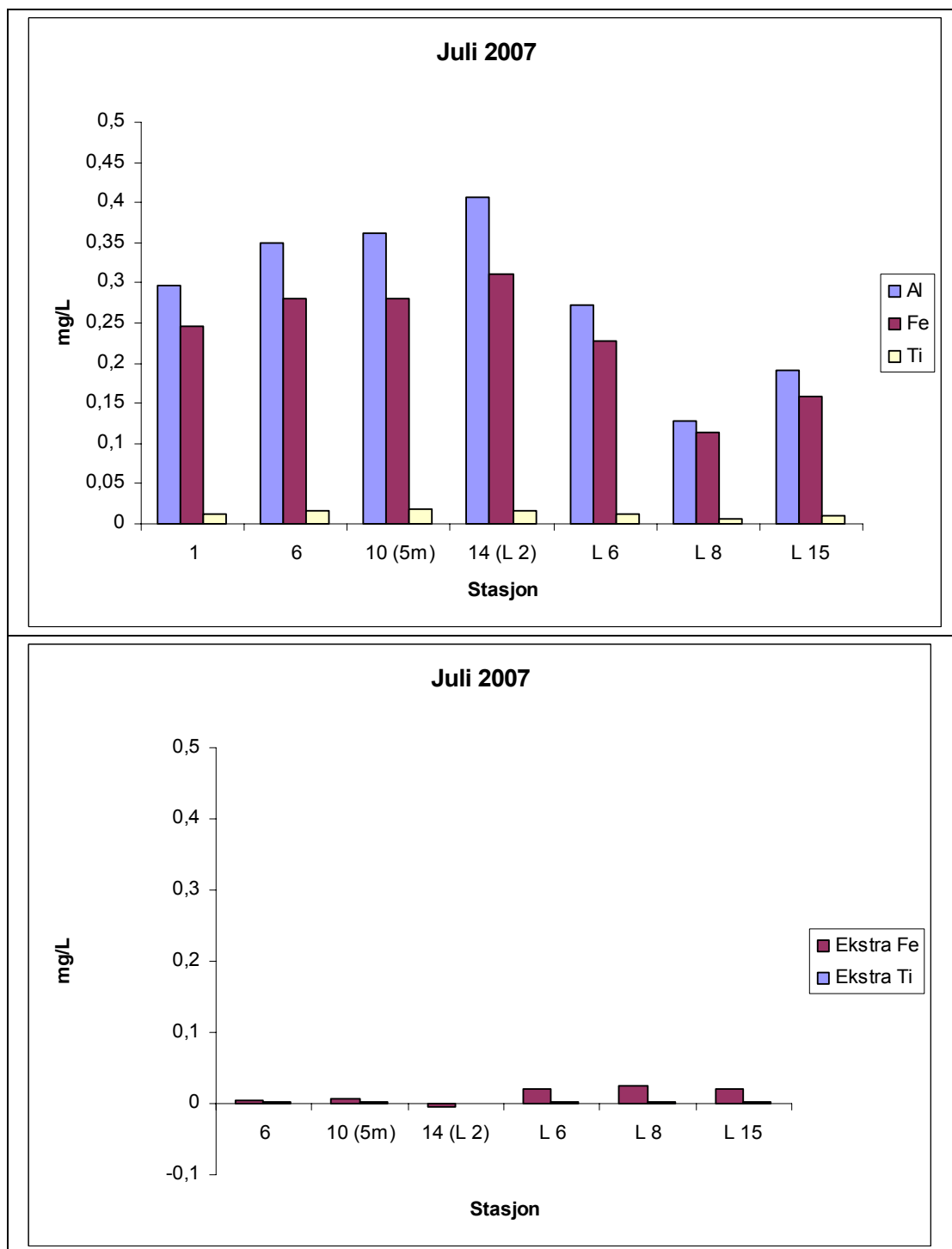
Stasjon	År	PSU	Al	Fe	Ti	Fe/Al	Ti/Al	N
L1	1980	0.7	557	423	33	0.75	0.06	4
L1	1986/87	0.6	311	230	16	0.62	0.05	5
L1	1993/94	0.1	330	210	17	0.64	0.05	9
L1	Juli 2007	0.04	297	246	12#	0,83	0,04	1
L1	Sep. 2007	1.29	119*	110*	5*	0,92	0,05	1
6	Sep. 2007	5.82	153	191	13	1,25	0,09	
L2	1980	2.8	645	535	46	0.7	0.07	4
L2	1986/87	7.7	274	415	70	1.32	0.2	5
L2	1990/91	3.9	395	272	40	0.71	0.09	14
L2	1993/94	2.5	300	230	22	0.66	0.07	9
14 (L2)	Juli 2007	1.9	407	310	16#	0,76	0,04	1
14 (L2)	Sep. 2007	4.65	142	186	9,6	1,31	0,07	1
10 (5m)	Juli 2007	3.2	362	281	18#	0,78	0,05	1
10	Sep. 2007	4.84	146	177	16	1,21	0,11	1
10 (5m)	Sep. 2007	27.7	129	443	97	3,44	0,75	1
L6	1980	9.5	350	397	38	0.99	0.09	4
L6	1990/91	8.2	360	272	35	0.74	0.09	14
L6	1993/94	6.6	300	190	18	0.62	0.06	9
L6	Juli 2007	7.4	273	227	13#	0,83	0,05	1
L6	Sep. 2007	5.8	100	124	10,6	1,23	0,11	1
L8	1980	11.4	290	333	29	1.1	0.1	4
L8	1990/91	10.8	173	143	17	0.8	0.09	14
L8	1993/94	8.3	180	121	13	0.68	0.06	9
L8	Juli 2007	9.0	129	114	7#	0,88	0,05	1
L8	Sep. 2007	22.8	67*	61*	4,3*	0,9	0,06	1
L15	1980	13.8	298	360	30	1.04	0.1	4
L15	1990/91	11.8	277	202	20	0.78	0.09	14
L15	1993/94	7.4	207	150	13	0.64	0.06	9
L15	Juli 2007	9.9	191	159	10#	0,83	0,05	1
L15	Sep. 2007	18.7	114	125	8	1,09	0,07	1

\* inkluderer kun den partikulære fraksjonen

# Den løste fraksjonen lå under deteksjonsgrensen



**Figur 15.** Data fra **Tabell 3**, hvor observasjoner (middelverdier) av aluminium, jern og titan fra ulike perioder er plottet mot saltholdighet. Samtlige observasjoner er fra overflaten unntatt en observasjon som er nær utslippet fra KT på 6 meters dyp (stasjon 10). Mittelverdi fra 2007 baserer seg bare på 2 observasjoner. Årstallene henviser til begynnelsen av perioden når det foreligger mer enn ett års observasjoner.

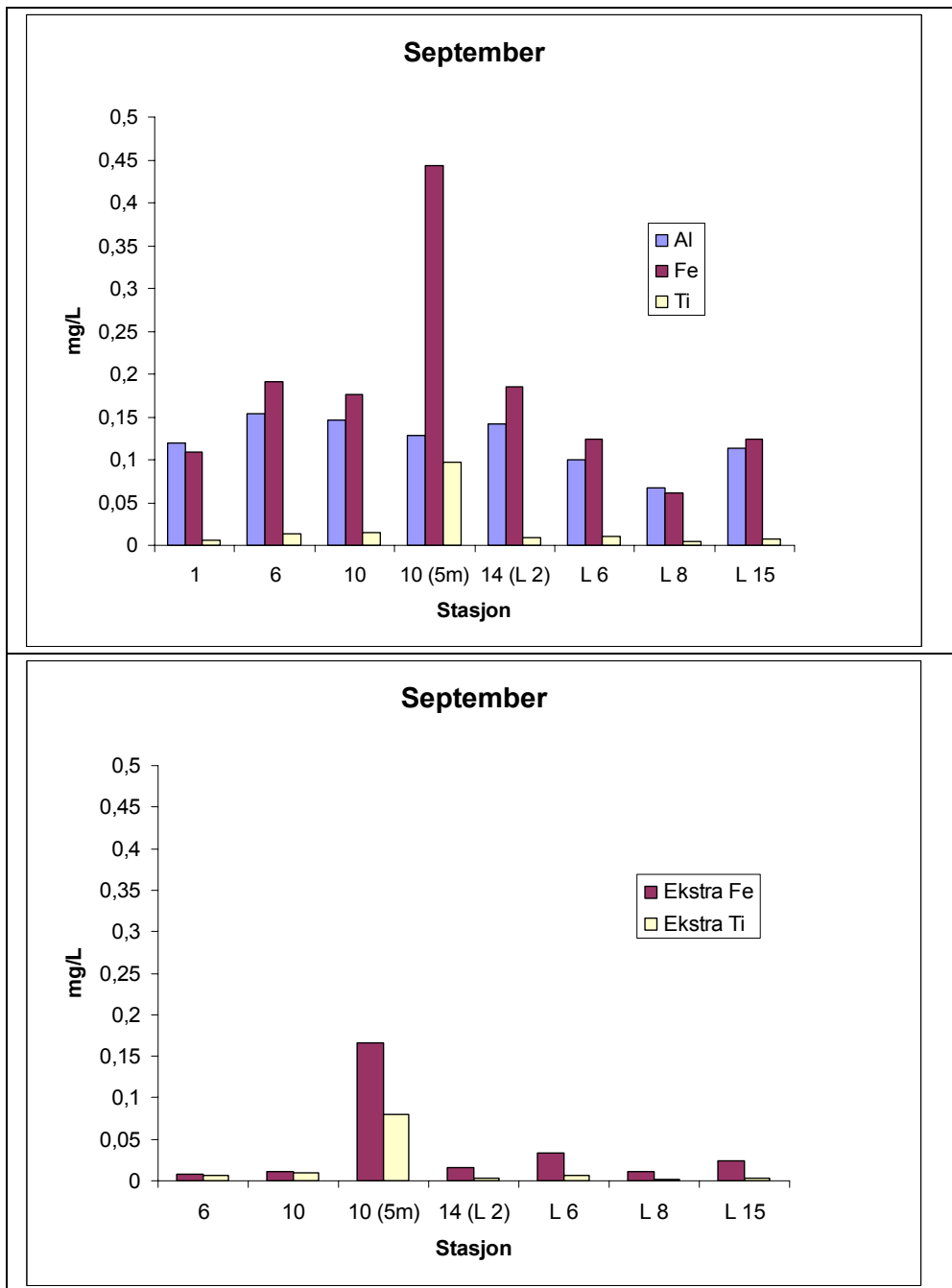


**Figur 16.** Resultater fra metallanalyser av vannprøver innsamlet i juli 2007.

Øverst: total konsentrasjonen (løst + partikulært) av aluminium, jern og titan. NB:

Titankonsentrasjonen i vannfasen lå under deteksjonsgrensen ( $<0,3-1 \mu\text{g/L}$ ) i alle prøver og en har derfor benyttet halve deteksjonsgrensen for beregning av totalkonsentrasjonen.

Nederst: Forekomst av partikulært "ekstra jern" og "ekstra titan" i forhold til det som er observert ved stasjon 1. Ekstra jern er beregnet som observert metallkonsentrasjon -  $a/b$  \* observert aluminiumkonsentrasjon, hvor  $a/b$  er det observerte forholdet mellom jern og aluminium i partikler på stasjon 1. Ekstra titan er beregnet som observert metallkonsentrasjon -  $a/b$  \* observert aluminiumkonsentrasjon, hvor  $a/b$  er det observerte forholdet mellom titan og aluminium på stasjon 1.



**Figur 17.** Resultater fra analyse av metaller i vannprøver innsamlet i september 2007. Øverst: total konsentrasjonen (løst + partikulært) av aluminium og jern og titan. Nederst: Forekomst av partikulært "ekstra jern" og "ekstra titan" i forhold til det som er observert ved stasjon 1. Ekstra jern er beregnet som observert metallkonsentrasjon -  $a/b$  \* observert aluminiumkonsentrasjon, hvor  $a/b$  er det observerte forholdet mellom jern og aluminium i partikler på stasjon 1. Ekstra titan er beregnet som observert metallkonsentrasjon -  $a/b$  \* observert aluminiumkonsentrasjon, hvor  $a/b$  er det observerte forholdet mellom titan og aluminium på stasjon 1.

I **Tabell 4** ses konsentrasjonen av de samme metaller fordelt på løst og partikulær fraksjon. I tabellen vises også noen resultater fra analyse av arsen (As), kadmium (Cd), kobber (Cu) og bly (Pb). Analyse av disse metallene var i utgangspunktet ikke en del av prosjektet, men dataene ble generert automatisk ved den anvendte analysemetoden. På oppfordring fra Kronos Titan AS har vi derfor også presentert disse dataene. For flesteparten av resultatene fra disse analysene og særlig de fra vannfasen, var imidlertid deteksjonsgrensen for høy til å gi reelle verdier og derfor heller ikke fullt ut anvendelig til å vurdere miljøstatus. Vi har imidlertid i noen få tilfeller for Cu kunnet foreta en klassifisering på basis av reelle verdier for totalkonsentrasjonen. Vi har imidlertid også, for å gi en viss indikasjon på størrelsesordenen på miljøkvalitet, foretatt en klassifisering på grunnlag av partikulærfraksjonen alene. I klassifiseringen har vi anvendt SFTs klassifiseringssystem for sjøvann.

Foruten Al, Fe og Ti som er omtalt tidligere så var kobber det eneste metallet der en oppnådde reelle tall for både partikulær og løst fraksjon (**Tabell 4**).

De totalkonsentrasjonene av kobber som ble observert var alle svært høye (**Tabell 4**). Vi mistenker imidlertid at den ekstremt høye verdien for kobber i vannfasen på stasjon 8 i september (21 µg/L) må bero på en uavklart feil. Generelt sett lå de observerte kobberkonsentrasjonene i samme nivå som det som er beregnet som middelvei ut fra alle kjente tilførsler til Glomma (**Tabell 9**).

For As og Cu var det en tendens til noe høyere konsentrasjoner i september enn i juli, mens det for Cd, Cr, Cu og Pb var vanskeligere å se noen slik tendens (**Tabell 4**). Dersom en tenker seg at tilførselene av metaller er de samme og vannføringen øker skulle en forvente at konsentrasjonen avtok med vannføringen. Imidlertid kan øket vannføring også ta med seg øket mengde partikulært materiale som inneholder metaller slik at sammenhengen nødvendigvis ikke er så enkel.

De observerte konsentrasjonene av arsen i den partikulære fasen var relativt lave i alle vannprøvene. Deteksjonsgrensen var for høy til å kunne si noe om den løste fraksjonen av As. I den partikulære fraksjonen ble det imidlertid observert en svak økning i 5 m dyp på stasjon 10 og i overflateprøven fra stasjon 14 (**Tabell 4**). Dette er begge stasjoner som ligger relativt nær og nedstrøms utslippet fra Kronos Titan AS.

Det ble observert høye konsentrasjoner av både Cd, Cr og Pb i alle prøver (**Tabell 4**) uavhengig av om prøvene ble tatt oppstrøms eller nedstrøms Kronos Titan AS. Vi konkluderer derfor med at de observerte høye nivåene ikke skyldes tilførsler fra bedriften. De observerte konsentrasjonene var klart høyere enn det som er beregnet ut fra de totale tilførsler (**Tabell 9**). Vi har ikke noen god forklaring på dette.

**Tabell 4.** Konsentrasjonen av metaller i vannprøver ( $\mu\text{g/L}$ ) innsamlet i Glommas munningsområde i juli og september 2007. Analysene er foretatt med ICP på vannfasen etter at partikulært materiale er frafiltrert og på det frafiltrerte partikulære materialet. Alle konsentrasjoner er oppgitt som mg/L. Merk at analysene først og fremst var gjennomført med tanke på analyse av Al, Fe og Ti. For de øvrige metallene er derfor deteksjonsgrensen i mange tilfeller for høy til å detektere reelle verdier. Analyseresultatene er klassifisert i tilstandsklasser i følge SFTs miljøkvalitetskriterier (Molvær mfl. 1997). Klassifiseringen er gjort på basis av totalkonsentrasjon der reelle verdier foreligger (Cu) og på partikulærfraksjon alene for de øvrige metaller. Merk at klassifiseringen basert på den partikulære fraksjonen alene er konservativ med hensyn til forurensningsgrad.

Fargekode brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	Ubetydelig -lite forurenset	
II	Moderat forurenset	
III	Markert forurenset	
IV	Sterkt forurenset	
V	Meget sterkt forurenset	

A: Juli 2007

Stasjon nr	Dyp		Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Ti
1	0-1 m	Vannfase	23	<20	<1	<2	<2	43,4	<10	<0,3
6	0-1 m	Vannfase	21	<20	<1	<2	<2	31	<10	<0,3
10	5 m	Vannfase	20	<20	<1	<2	<2	20	<10	<0,3
14	0-1 m	Vannfase	24	<20	<1	<2	<2	32	<10	<0,3
L-6	0-1 m	Vannfase	18	<20	<1	<2	<2	17	<10	<0,3
L-8	0-1 m	Vannfase	14	<30	<2	<3	21	5	<20	<1
L-15	0-1 m	Vannfase	18	<30	<2	<3	<2	11	<20	<1
Filter 1	0-1 m	Partikulært	274	<1	1,2	0,75	0,39	203	1	11,6
Filter 6	0-1 m	Partikulært	329	<1	1,1	0,85	0,54	249	1	15,5
Filter 10	5 m	Partikulært	342	<1	1,2	0,98	0,52	261	1	17,5
Filter 14	0-1 m	Partikulært	383	1	1,1	0,81	0,59	278	1	15,5
Filter L-6	0-1 m	Partikulært	255	<1	1,2	0,65	0,52	210	1	12,6
Filter L-8	0-1 m	Partikulært	115	<1	1,2	0,87	0,3	109	1	6,34
Filter L15	0-1 m	Partikulært	173	<1	1,2	0,62	0,39	148	1,7	9,81
1	0-1 m	Totalt	297					2464		
6	0-1 m	Totalt	350					280		
10	5 m	Totalt	362					281		
14	0-1 m	Totalt	407				2,59	310		
L-6	0-1 m	Totalt	273					227		
L-8	0-1 m	Totalt	129				21,3*	114		
L-15	0-1 m	Totalt	191					159		
Øvre grense for klasse I (Sjøvann)				2	0,03	0,2	0,3		0,05	
Øvre grense for klasse I (Ferskvann)					0,04	0,2	0,06		0,5	

\* Denne verdien er såpass høy at vi har mistanke om at beror på kontaminering eller en annen feil som vi ikke har kunnet avklare



Tabell 4 (fortsettelse)

B: September 2007

Stasjon nr	Dyp		Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Ti
1	0-1 m	Tom								
6	0-1 m	Vannfase	32	<30	<2	<3	2	71	<20	2
10	0-1 m	Vannfase	30	<30	<2	<3	3	59	<20	1
10	5 m	Vannfase	39	<30	<2	<3	2	194	<20	14
14	0-1 m	Vannfase	32	<30	<2	<3	3	68	<20	1
L6	0-1 m	Vannfase	28	<30	<2	<3	3	37	<20	1
L8	0-1 m	Vannfase								
L15	0-1 m	Vannfase	30	<30	<2	<3	3	38	<20	1
1	0-1 m	Partikulært	119	1	0,87	0,54	0,84	109,6	0,9	5,48
6	0-1 m	Partikulært	121	1	0,91	0,7	1,1	120,1	0,6	11,3
10	0-1 m	Partikulært	116	1	0,92	0,72	1,1	117,8	0,5	14,6
10	5 m	Partikulært	89,9	2	0,83	0,85	0,61	249	0,8	83,3
14	0-1 m	Partikulært	110,3	3	1,4	1,3	1	117,8	0,8	8,57
L6	0-1 m	Partikulært	72,4	1	0,84	0,4	0,67	86,5	0,9	9,64
L8	0-1 m	Partikulært	67,3	<1	0,81	0,93	0,52	60,7	0,7	4,29
L15	0-1 m	Partikulært	84,1	1	0,84	0,5	0,6	86,6	<0,5	6,99
1	0-1 m	Totalt								
6	0-1 m	Totalt	153				3,1	191		13,3
10	0-1 m	Totalt	146				4,1	177		15,6
10	5 m	Totalt	128,9				2,6	443		97,3
14	0-1 m	Totalt	142,3				4	186		9,6
L6	0-1 m	Totalt	100,4				3,7	124		10,6
L8	0-1 m	Totalt								
L15	0-1 m	Totalt	114,1				3,6	125		8
Øvre grense for klasse I (sjøvann)				2	0,03	0,2	0,3		0,05	
Øvre grense for klasse I (ferskvann)					0,04	0,2	0,6		0,5	

## 4. Utslipp fra Kronos Titan AS – betydningen for nedre Glomma og Hvalerområdet

Hovedfokus når det gjelder Kronos Titan AS' utslipp til Glommas munningsområde er metaller og pH som er omtalt i kapittel 2. Kronos Titan AS er ikke den eneste kilde til utslipp av metaller til Glomma. For å sette utslippene til bedriften i perspektiv ble det derfor gjennomført en vurdering av bedriftens utslipp sett i relasjon til andre tilførsler i området. Til dette benyttes eksisterende informasjon om alle tilførsler til området. Denne informasjonen er så sammenlignet med Kronos Titan AS' egne utslipp. Dataene er strukturert slik at man har informasjon om tilførslene av metaller i Glomma ved Sarpsfossen (**Tabell 5**), tilførslene til Glomma nedstrøms Sarpsfossen (eksklusiv tilførslene fra Kronos Titan AS) (**Tabell 6**) og tilførslene fra Kronos Titan AS (**Tabell 7**). På basis av disse data er midlere totaltilførsler til sjøområdet utenfor Glommas munning beregnet (**Tabell 8**). Den prosentvise andel av Kronos Titan AS' utslipp er også beregnet (**Figur 18**).

For metallene As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn er Kronos Titan AS' utslipp til Glommas utløp beskjedne (5,1 – 0,002 %) (**Tabell 8**). Cr og Hg var de eneste metaller der tilførslene utgjorde klart mer enn ca 1 % (5,1 % for Cr og 2,8 % for Hg). For Cr var tilførslene fra Kronos Titan AS klart større enn de øvrige tilførsler nedenfor Sarpsfossen, mens tilførslene av Hg var klart lavere (**Figur 18**). Tilførslene av kobber nedstrøms Sarpsfossen var relativt store (13,5 %), men skyldes ikke tilførsler fra Kronos Titan AS (0,2 %).

En har også beregnet hva de ulike tilførslene gir av metallkonsentrasjoner i Glomma (**Tabell 9**). Disse middelkonsentrasjoner er så klassifisert i tilstandsklasser i følge SFTs miljøkvalitets kriterier for sjøvann (Molvær mfl. 1997). Merk at grensene for klassifiseringen for bly i sjøvann avviker betydelig fra det som benyttes i ferskvann (Andersen mfl. 1997) og at de verdier som er beregnet for Pb ved Sarpsfossen ville ha falt i tilstandsklasse I dersom klassifiseringen for ferskvann hadde vært benyttet.

Klassifiseringen viser at vannet allerede ved Sarpsfossen er sterkt forurenset med kobber dersom en legger klassifiseringen for sjøvann til grunn og markert forurenset dersom en legger klassifiseringen for ferskvann til grunn (**Tabell 9**). Vannet ved Sarpsfossen er også forurenset med kvikksølv og bly (**Tabell 9**). Tilførslene nedenfor Sarpsfossen og i særdeleshet tilførslene fra Kronos Titan AS bidrar imidlertid ikke til noen endret tilstandsklasse ved Glommas munning i forhold til ved Sarpsfossen (**Tabell 9**).

Det er en del forbindelser som er relevante for Kronos Titan AS' utslipp, men som ikke inngår i overvåkingen av Glomma. Noen av disse er oppgitt i **Tabell 10**.

**Tabell 5.** Tilførsler (transport) i Glomma ved Sarpsfossen i perioden 2001-2006. (kilde: RID-prosjektet, se Borgvang mfl. 2007).

PARAMETER	ENHET	2001	2002	2003	2004	2005	2006	MIDDEL
Vannføring	m <sup>3</sup> /s	784	700	598	643	709	742	696
Arsen, As	kg/år	3778	4507	2903	4917	3960	5515	4263
Kadmium, Cd	kg/år	297	319	235	280	287	426	307
Krom, Cr	kg/år	6826	7226	5643	7290	8147	12276	7901
Kobber, Cu	kg/år	36587	40377	28631	44554	45189	52105	41241
Kvikksølv Hg	kg/år	239	464	149	26	25	37	157
Nikkel, Ni	kg/år	16061	20079	13802	19505	18656	21795	18316
Bly, Pb	kg/år	7479	9210	10886	5896	6030	8267	7961
Sink, Zn	kg/år	82069	95848	76846	75970	82551	105543	86471

**Tabell 6.** Andre tilførsler nedstrøms Sarpsfossen i perioden 2001-2006 (Kilde: SFTs industridatabase KOSTRA).

Parameter		2001	2002	2003	2004	2005	2006	Middel
Arsen, As	kg/år				0	1		0,3
Kadmium, Cd	kg/år	1,6	3,5	2	2,8	0		2
Krom, Cr	kg/år				140,6	135,6		138
Kobber, Cu	kg/år	5344	4475	6706	7698	8082		6461
Kvikksølv Hg	kg/år	20,4	25,1	16,8	20,9	0		17
Nikkel, Ni	kg/år				621	540		580
Bly, Pb	kg/år				295	358		327
Sink, Zn	kg/år				1447	1580		1513

**Tabell 7.** Tilførsler av metaller til Glommas munningsområde fra Kronos Titan AS for perioden 2001-2006 (Kilde: Kronos Titan AS). Ved "mindre enn verdier" (<) lå målingen under deteksjonsgrensen for vannanalysen og den virkelige tilførselen kan være betydelig mindre.

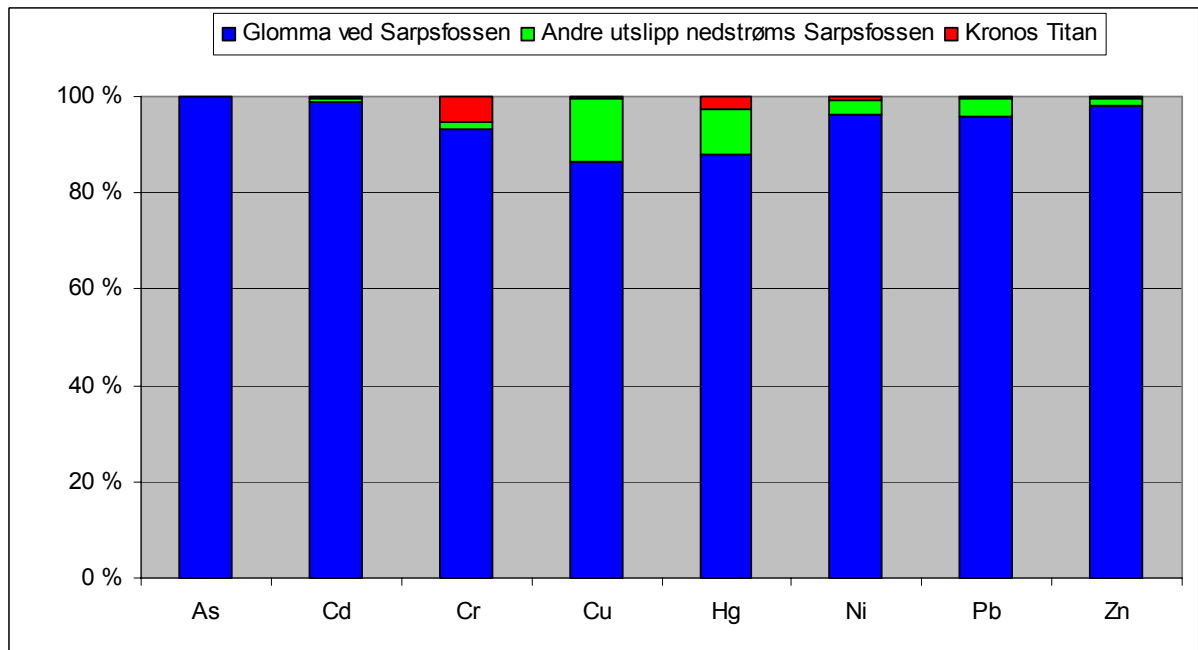
Parameter	Enhet	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Middel
Arsen, As	kg/år	<25	<50	<50	<50	<125	<0,13	<0,1 <sup>1</sup>
Kadmium, Cd	kg/år	0,2	<2,5	<2,5	<2,5	<1,2	<0,01	<1,5
Krom, Cr	kg/år	464	511	464	376	365	412	432
Kobber, Cu	kg/år	102	120	95	58	66	102	91
Kvikksølv Hg	kg/år	2		4	8	5	3	5
Nikkel, Ni	kg/år	139	181	144	162	186	153	161
Bly, Pb	kg/år	20	17	<25	<25	<25.	23	<23
Sink, Zn	kg/år	285	292	245	186	142	150	217
TiO <sub>2</sub>	tonn/år	387	464	365	383	405	394	400
Titan, Ti	tonn/år	232	278	220	227	242	236	239
FeSO <sub>4</sub>	tonn/år	522	635	529	602	558	595	574
V, kg/d	kg	657	803	818	774	913	913	813
F, kg/år	kg	5000	8875	10696	14569	19750	15080	12328
Co, kg/år	kg	58	57	40	63	42	42	50
Mn, kg/år	kg	1577	1875	1552	1461	1499	1968	1655
Mo, kg/år	kg	<25	<2,5	<25	<25	<2,5	15	<16

<sup>1</sup>Bedriften oppgir at det i perioden 2001-2006 ikke har vært variasjoner i prosessen. De store variasjoner i "mindre enn verdiene" for perioden reflekterer ulik deteksjonsgrense ved bestemmelse av konsentrasjonen i avløpet. Bedriften vurderer middelutslippene til å være <0,1 kg/år, dvs. nær verdien for 2006.

**Tabell 8.** Stofftransport og tilførsler av metaller i Glomma. Tabellen viser transport av metaller ved Sarpsfossen, tilførsler av metaller på elvestrekningen mellom Sarpsfossen og Glommas utløp, samt tilførsler av metaller fra Kronos Titan AS for perioden 2001-2006.

Parameter	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Enhet	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Glomma ved Sarpsfossen, observerte	4263	307	7901	41241	157	18316	7961	86471
+Andre utslipp nedstrøms Sarpsfossen	0	2	138	6461	17	580	327	1513
+Kronos Titan AS	0,1	1,5 <sup>1</sup>	432	91	5	161	23 <sup>1</sup>	217
=Glomma ved utløp til hav	4263,1	310,5	8471	47793	178	19058	8311	88201
Kronos Titan AS: andel av totaltilførslene (%)	0,002	0,5 <sup>1</sup>	5,1	0,2	2,6	0,8	0,3 <sup>1</sup>	0,2

<sup>1</sup>Må oppfattes som maksimalverdier



**Figur 18.** Andel av tilførsler av metaller fra Kronos Titan AS i forhold til observert transport i Glomma ved Sarpsfossen og andre kilder nedstrøms Sarpsfossen.

**Tabell 9.** Midlere konsentrasjon av metaller i Glomma 2001-2006 ( $\mu\text{g/L}$ ). Konsentrasjonen ved Sarpsfossen er observert, mens de øvrige konsentrasjoner er beregnet på grunnlag av utslippsmengde. De oppgitte konsentrasjoner er klassifisert i tilstandsklasser i følge SFTs miljøkvalitetskriterier for sjøvann (Molvær mfl. 1997) (A) og ferskvann (Andersen mfl. 1997) (B). Merk at grensene for klassifiseringen for enkelte metaller i sjøvann avviker betydelig fra det som benyttes i ferskvann.

Fargekode brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	Ubetydelig -lite forurenset	
II	Moderat forurenset	
III	Markert forurenset	
IV	Sterkt forurenset	
V	Meget sterkt forurenset	

*A: Klassifisering basert på kriterier for sjøvann..*

Parameter	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Glomma ved Sarpsfossen, observert	0,194	0,014	0,360	1,879	0,007	0,834	0,363	3,940
Andre utslipp nedstrøms Sarpsfossen#	0,002	0,000	0,020	0,004	0,000	0,007	0,001	0,010
Kronos Titan AS	0,000	0,000	0,006	0,294	0,001	0,026	0,015	0,069
Sum	0,197	0,014	0,386	2,177	0,008	0,868	0,379	4,018

#eks. Kronos Titan AS

*B: Klassifisering basert på kriterier for ferskvann.*

Parameter	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Glomma ved Sarpsfossen, observert	0,194	0,014	0,360	1,879	0,007	0,834	0,363	3,940
Andre utslipp nedstrøms Sarpsfossen#	0,002	0,000	0,020	0,004	0,000	0,007	0,001	0,010
Kronos Titan AS	0,000	0,000	0,006	0,294	0,001	0,026	0,015	0,069
Sum	0,197	0,014	0,386	2,177	0,008	0,868	0,379	4,018

#eks. Kronos Titan AS

Jern og titan og de øvrige forbindelser i **Tabell 10** inngår ikke den generelle overvåkingen av Glomma. Målingene som er foretatt tidligere år og i forbindelse med denne rapporten (**Tabell 3**, **Tabell 4**) viser varierende konsentrasjoner av jern og titan. For de øvrige forbindelser som vises i **Tabell 10** har en ingen data for tilførslene oppstrøms Kronos Titan AS. Målingene som er foretatt indikerer imidlertid at jern- og titankonsentrasjonen ovenfor Kronos Titan AS ofte ligger i området 100-200 µg/L og 10-20 µg/L, mens tilførslene fra Kronos Titan AS bidrar til konsentrasjoner av jern som i gjennomsnitt ligger på ca 9,6 µg/L og for titan på 10,9 µg/L (**Tabell 10**). Dette betyr at tilførslene av jern fra Kronos Titan utgjør i størrelsesorden 5-10 % av transporten i Glomma ovenfor bedriften og tilførslene av titan er 50-100 % av det som tilføres oppstrøms. For tilførslene av titan til Glommas munningsområde er derfor Kronos Titan AS en betydelig kilde, men tilførslene har pga metallens lave giftighet trolig liten miljømessig betydning.

**Tabell 10.** Tilførsler fra Kronos Titan AS - Stoffer som ikke inngår i overvåkingen av Glomma. Midlere tilførsler og bidrag til konsentrasjon i Glomma 2001-2006 (Kilde: Kronos Titan AS og SFTs industridatabase KOSTRA).

		<b>Titan- oksyd (TiO<sub>2</sub>)</b>	<b>Ti</b>	<b>Jern- sulfat (FeSO<sub>4</sub>)</b>	<b>Fe</b>
Tilførsler	kg/år	400000	240000	573658	210982
Bidrag til kons. i Glomma	µg/l	18,2	10,9	26,1	9,6

		<b>V</b>	<b>F</b>	<b>Co</b>	<b>Mn</b>	<b>Mo</b>
Tilførsler	kg/år	813	12328	50	1655	9
Bidrag til kons. i Glomma	µg/l	0,037	0,562	0,002	0,075	0,0004

## 5. Referanser

- Andersen, J.R., Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krog, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B., Aanes, K.J., 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT rapport nr TA 1468/1997.
- Bjerkeng, B. og Knutzen, J., 1980. Evaluation of ecological consequences of seawater scrubber effluent from Flåkt-Hydro sulfur dioxide removal process when applied to a 1200 MWe coal fired power plant. Rapport O-79086 fra Norsk institutt for vannforskning, 81sider.
- Borgvang, S., Stålnacke, P., Johansen, S.V., Skarbøvik, E., Beldring, S., Selvik, J.R., Tjomsland, T., Harsten, S., 2007. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters - 2005. OSPAR Commission, SFT rapport nr TA-2245.
- EPA, 1986. Quality Criteria for Water 1986. EPA 440/5-86-001.
- Knutzen, J., 1981. Effects of decreased pH on marine organisms. Marine Pollution Bulletin. 12: 25-29.
- Magnusson, J., Schaanning, M og Tjomsland, T., 1993. Vurdering av utslipp til Glomma fra sjøvannsvasker for SO<sub>2</sub>. NIVA rapport l.nr 2892.
- Magnusson; J. og Sørensen, K., 1996. Overvåking av Hvaler/Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990-94. Overflatevannets kvalitet og oksygenforholdene i dypvannet. NIVA rapport l.nr. 3538.
- Molvær J., J. Knutzen, J. Magnusson., B. Rygg, J. Skei og J. Sørensen. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT-veiledning nr. 97:03, TA-1467/1997.



## Vedlegg A.

Rapport for analyser av metaller i sjøvann innsamlet i september 2007.

Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Tel: 22 18 51 00  
Fax: 22 18 52 00

# ANALYSE RAPPORT



Navn            **Unders. Kronos,metaller**  
Adresse

---

**Deres referanse:**

**Vår referanse:**

***Dato***

Rekv.nr. 2007-2100

O.nr.    O 27306 02

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av saksbehandler, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Pos 1 0-1m	2007.09.18	2007.09.19	2007.09.19-2007.10.17
2	L6 0-1m	2007.09.18	2007.09.19	2007.09.19-2007.10.17
3	L8 0-1m	2007.09.18	2007.09.19	2007.09.19-2007.10.17
4	L15 0-1m	2007.09.18	2007.09.19	2007.09.19-2007.10.17
5	14 0-1m	2007.09.18	2007.09.19	2007.09.19-2007.11.02
6	10 0-1m	2007.09.18	2007.09.19	2007.09.19-2007.10.17
7	10 5m	2007.09.18	2007.09.19	2007.09.19-2007.10.17

Prøvenr Analysevariabel Enhet Metode	1	2	3	4	5	6	7
Surhetsgrad A 1	7,29	7,98	8,07	8,03	7,73	7,60	7,89
Turbiditet v/ 860 nm FNU A 4-2	1,66	1,13	1,53	1,55	1,67	2,10	2,70
Tot. susp. materiale mg/l B 4	1,83	1,12	1,46	1,65	1,93	2,07	2,13
Aluminium mg/l E 9-5	0,119	0,0724	0,0673	0,0841	0,1103	0,116	0,0899
Arsen mg/l E 9-5	0,001	0,001	<0,001	0,001	0,003	0,001	0,002
Kadmium mg/l E 9-5	0,00087	0,00084	0,00081	0,00084	0,0014	0,00092	0,00083
Krom mg/l E 9-5	0,00054	0,0004	0,00093	0,0005	0,0013	0,00072	0,00085
Kobber mg/l E 9-5	0,00084	0,00067	0,00052	0,00060	0,0010	0,0011	0,00061
Jern mg/l E 9-5	0,1096	0,0865	0,0607	0,0866	0,1178	0,1178	0,2490
Bly mg/l E 9-5	0,0009	0,0009	0,0007	<0,0005	0,0008	0,0005	0,0008
Titan mg/l E 9-5*	0,00548	0,00964	0,00429	0,00699	0,00857	0,0146	0,0833

\* : Metoden er ikke akkreditert.

### **Kommentarer**

- 1 Prøve 1-8 er totaloppløst filter før ICP analyse.  
Pos 1, 0-1m og L8, 0-1m var tomme etter filtrering,  
derfor ikke nok vann til direkte analyse.

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	6 0-1m	2007.09.18	2007.09.19	2007.09.19-2007.10.17
9	L6 0-1m	2007.09.18	2007.09.19	2007.10.24-2007.11.05
10	L15 0-1m	2007.09.18	2007.09.19	2007.10.24-2007.11.05
11	14 0-1m	2007.09.18	2007.09.19	2007.10.24-2007.11.05
12	10 0-1m	2007.09.18	2007.09.19	2007.10.24-2007.11.05
13	10 5m	2007.09.18	2007.09.19	2007.10.24-2007.11.05
14	6 0-1m	2007.09.18	2007.09.19	2007.10.24-2007.11.05

Prøvenr Analysevariabel Metode	Enhet	8	9	10	11	12	13	14
Surhetsgrad A 1		7,67						
Turbiditet v/ 860 nm FNU A 4-2		1,95						
Tot. susp. materiale mg/l B 4		2,11						
Aluminium E 9-5	mg/l	0,121						
Aluminium E 9-5	mg/l		0,028	0,030	0,032	0,030	0,039	0,032
Arsen E 9-5	mg/l	0,001	<0,03	<0,03				
Arsen E 9-5	mg/l				<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Kadmium E 9-5	mg/l	0,00091	<0,002	<0,002				
Kadmium E 9-5	mg/l				<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Krom E 9-5	mg/l	0,00070	<0,003	<0,003				
Krom E 9-5	mg/l				<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Kobber E 9-5	mg/l	0,0011	0,003	0,003				
Kobber E 9-5	mg/l				0,003	0,003	0,002	0,002
Jern E 9-5	mg/l	0,1201						
Jern E 9-5	mg/l		0,037	0,038	0,068	0,059	0,194	0,071
Bly E 9-5	mg/l	0,0006	<0,02	<0,02				
Bly E 9-5	mg/l				<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Titan E 9-5*	mg/l	0,0113						
Titan E 9-5	mg/l		0,001	0,001	0,001	0,001	0,014	0,002

\* : Metoden er ikke akkreditert.

Norsk institutt for vannforskning