



O-94151

Utslipp fra Borregaards
Svovelsyrefabrikk
til Glomma

Resipientvurdering
i forbindelse med eventuell
konsesjonsendring

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

| | |
|-------------------------|-----------------|
| Prosjektnr.: O-94151 | Undernr.: |
| Løpenr.: 3119 | Begr. distrib.: |

| Hovedkontor | Sørlandsavdelingen | Østlandsavdelingen | Vestlandsavdelingen | Akvaplan-NIVA A/S |
|--|--|---|---|--|
| Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00 | Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13 | Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53 | Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33 | Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09 |

| | | |
|--|--------------------------------|-----------------------|
| Rapportens tittel: Utslipp fra Borregaards Svovelsyrefabrikk til Glomma. Resipientvurdering i forbindelse med eventuell konsesjonsendring. | Dato: 12/8-94 | Trykket: NIVA 1994 |
| | Faggruppe: Marin økologi. | |
| Forfatter(e): John Arthur Berge Magne Grande Morten T. Schaanning Torulv Tjomsland | Geografisk område: Østfold. | |
| | Antall sider: 30 | Opplag: |

| | |
|--|------------------|
| Oppdragsgiver: Borregaard Industries Ltd. | Oppdragsg. ref.: |
|--|------------------|

Ekstrakt:

SFT har bedt Borregaard om en resipientvurdering før en eventuell justering/modifisering av konsesjonskrav for utslipp til Glomma fra bedriftens Svovelsyrefabrikk. Utslippene av metaller er små i forhold til totaltransporten i Glomma (relativ økning: 1 - 4 ‰ for Cu, Zn, Hg, Pb og Cr og 18 ‰ for Cd). Dette vil ikke medføre detekterbare økninger av nivåer hverken i sediment, vann eller biota andre steder enn eventuelt ved selve utslippspunktet og der kun i vann. For å øke effektiviteten på renseanlegget er det aktuelt å øke pH i utslippet fra 6 - 10 til 6 - 11. En slik utvidelse vil ikke få noen konsekvenser for miljøforholdene i Glomma med unntak av muligens i noen titalls meter nedstrøms utslippspunktet. Mengden metaller og pH i utslippet anses å være uten reell betydning for miljøforholdene i Glomma og estuarier utenfor.

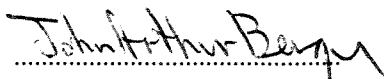
4 emneord, norske

1. Konsekvensvurdering
2. Svovelsyrefabrikk
3. Glomma
4. Metaller
5. pH

4 emneord, engelske

1. Hazard assessment
2. Sulfur acid plant
3. Glomma
4. Metals
5. pH

Prosjektleder



John Arthur Berge

For administrasjonen



Torgeir Bakke

ISBN82-577-2578-1

Norsk institutt for vannforskning

O-94151

**UTSLIPP FRA BORREGAARDs SVOVELSYREFABRIKK TIL
GLOMMA**

**RESIPIENTVURDERING I FORBINDELSE MED EVENTUELL
KONSESJONSENDRING**

Oslo,

12. august 1994

Prosjektleder:

John Arthur Berge

Medarbeidere:

Liv Berg
Magne Grande
Morten T. Schaanning
Torulv Tjomsland

Forord

NIVA ble i brev av 30. mai 1994 fra Borregaard Industries Ltd. bedt om å utarbeide et tilbud på en resipientvurdering knyttet til utslipp til vann (Glomma) fra bedriftens Svovelsyrefabrikk i Sarpsborg. NIVA ble i brev av 27. juni 1994 (ordre nr. 03970) formelt bedt om å gjennomføre resipientvurdringen i henhold til pristilbud av 6. juni 1994 fra NIVA.

Bakgrunnen for oppdraget er at SFT har bedt Borregaard om en enkel resipientvurdering før en eventuell justering/modifisering av eksisterende konsesjonskrav.

Foreliggende rapport presenterer premisser og resultater av den gjennomførte resipientvurderingen.

Fortynningsberegningene er utført av Torulf Tjomsland. Modellering av pH og konsentrasjoner av metaller i vann er utført av Morten T. Schaanning. Vurderinger av eventuelle effekter i ferskvann og sjøvann er gjort av henholdsvis Magne Grande og John Arthur Berge. Jon Knutzen har lest og kommentert rapporten. Liv Berg har hatt ansvar for rapportens layout.

John Arthur Berge har vært prosjektleder.

Oslo 12/8-94

*John Arthur Berge
Prosjektleder*

INNHOOLD

SIDE

| | |
|--|----|
| FORORD | 2 |
| SAMMENDRAG | 4 |
| 1. INNLEDNING | 6 |
| 1.1 Utslippsarrangement | 6 |
| 1.2 Utslippets sammensetning 1993/1994 | 6 |
| 1.3 Resipientbeskrivelse | 8 |
| 2. MODELLERING AV FORTYNNING | 13 |
| 3. MODELLERING AV pH I RESIPIENTEN | 15 |
| 3.1 Metode | 15 |
| 3.2 Resultater pH | 17 |
| 3.3 Vurdering | 19 |
| 4. EFFEKTER I FERSKVANN | 20 |
| 4.1 Fisk og pelagiske organismer | 20 |
| 4.2 Strand/sediment | 21 |
| 5. EFFEKTER I SJØVANN | 22 |
| 5.1 Strandsonen | 22 |
| 5.2 Sediment | 22 |
| 6. SAMLET VURDERING | 24 |
| 7. REFERANSER | 25 |
| VEDLEGG | 27 |

SAMMENDRAG

Utslippene av metaller fra Svovelsyrefabrikken til Borregaard er meget små i forhold til totaltransporten i Glomma.

Økningen i metallkonsentrasjonen som avløpsvannet fra Svovelsyrefabrikken vil gi i Glomma ($\approx 0.1 - 2\%$) er ubetydelig og vil neppe medføre detekterbare økninger av nivåer av metaller hverken i sediment, vann eller biota andre steder enn eventuelt ved utslippspunktets umiddelbare nærhet og der sannsynligvis kun i vann.

En utvidelse av pH i utslippet fra 6 - 10 til 6 - 11 vil ikke få noen konsekvenser for miljøforholdene i Glomma med unntak av muligens i noen titalls meter nedstrøms utslippspunktet.

Totalt sett anses både mengden metaller og pH i dagens utslipp fra Borregaards Svovelsyrefabrikk å være av liten betydning for miljøforholdene i Glomma og estuariet utenfor.

I forbindelse med krav fra SFT utvidet Borregaard renseanlegget ved sin Svovelsyrefabrikk i Sarpsborg. Borregaard oppfattet kravene i konsesjonen til å gjelde oppløste metaller i avløpsvannet og ikke totalutslippet av oppløste metaller og metaller bundet i partikulært materiale, slik SFT hadde lagt til grunn. Ved dette godtok Borregaard utslippskrav som det av tekniske grunner var vanskelig å oppnå i renseanlegget.

Med denne bakgrunn har SFT bedt Borregaard om en enkel resipientvurdering før en eventuell justering/modifisering av eksisterende konsesjonskrav.

Foreliggende rapport presenterer premisser og resultater av den gjennomførte resipientvurderingen.

Målsetningen for undersøkelsen har vært

1. å vurdere virkningen av utslipp fra svovelsyrefabrikken på resipienten.
2. å vurdere en eventuell virkning i resipienten av å utvide pH-området for avløpet fra 6-10 til 6-11.

Svovelsyrefabrikken hadde i 1993/94 på gjennomsnittlig ukebasis følgende utslipp:

| | |
|----------------|--------------|
| Jern (Fe) | 476 kg/uke |
| Kobber (Cu) | 1.6 kg/uke |
| Sink (Zn) | 4.2 kg/uke |
| Bly (Pb) | 0.3 kg/uke |
| Kadmium (Cd) | <0.1 kg/uke |
| Krom (Cr) | <0.1 kg/uke |
| Kvikksølv (Hg) | 0.01 kg/uke |
| pH | 8.5 (6 - 10) |
| Restslam | 1027 kg/uke |

Basert på ukemiddel for utslipp er det kun jern som overstiger konsesjonsgrensen (5 kg/uke) betydelig. Uke-maksimum av utslipp av kobber og sink vil imidlertid også overstige eksisterende

konsesjonsgrense noe (max ca. 100 %).

Gjennomsnittlig årsvannføring i Glomma (Solbergfoss) er 690 m³/s. Sjøvann kan i perioder og avhengig av vannføring i elven og vannstand i Hvalerområdet, trenge inn som en saltvannskile under det lettere ferskvannet i Glomma. Ved midlere og lave vannføringer vil saltvannskilen kunne strekke seg helt opp til Sarpsborg. En kunne derfor for elvestrekningen i utgangspunktet ikke utelukke effekter også i saltvann.

Vannet i Glomma ved Sarpsfossen har en pH som ligger relativt stabilt rundt 7. Vannets innhold av jern er relativt høyt, men konsentrasjonen av kobber, sink, bly, krom og kadmium er vanligvis lave og ligger på gjennomsnittsbasis ikke over det som er naturlig for ferskvann. Mengden suspendert materiale er relativt høy.

Elvestrekningen nedenfor Sarpsborg og spesielt estuarieområdet utenfor Glommas munning, har hatt og har til dels fremdeles en klar sivilisatorisk påvirkning. I estuarieområdet har metaller og organiske miljøgifter utgjort hovedproblemet når det gjelder miljøgifter.

Beregninger av pH i resipienten ved ulike fortyngninger av utslipp med pH = 11.0, viste at de naturlige variasjoner av pH og alkalinitet i Glomma har liten betydning for nøytralisering av pH etter utslippet. Under de minst gunstige forhold i resipienten var en fortyngning på 20x tilstrekkelig til å oppnå pH < 9.0. En økning av pH i utslippet fra 10 til 11 medførte en beregnet økning av pH på utslippstedet fra 8.5 til 10.7. En fortyngning i resipienten på 5x til 50x vil gi mindre enn 0.2 pH-enheter økning nedenfor utslippet. Ved fullstendig innblanding (4000x fortyngning), vil økningen av pH i resipienten være mindre enn 0.01 pH-enheter. Miljøkvalitetskriterier for akvatiske organismer i ferskvann angir at en kan få skader ved pH over ca. 9. Modellering viste at utslippet kan gi pH over 9 innenfor en avstand på mindre enn noen titalls meter fra utslippet dersom utslippet har en pH på mellom 10 og 11. Mulige skader på ferskvannsorganismer som følge av endringer i konsesjonskravene for pH, vil derfor være begrenset til et lite område, trolig mindre enn 20 m nedenfor utslippstedet. Utslipp med pH i område 6 - 10 vil neppe ha noen effekt overhode. Ingen effekter av pH er sannsynlige på organismer i saltvann.

Etter fullstendig innblanding av vannet i Svovelsyrefabrikken, økes stoffkonsentrasjonene i Glomma som følge av utslippet med karakteristiske verdier omkring 1/1.000 av vanlig forekommende verdier i ferskvann i Norge.

Utslippene av metaller fra Svovelsyrefabrikken til Borregaard er således meget små i forhold til totaltransporten i Glomma.

Dersom en tar utgangspunkt i konsentrasjonen av metaller i Glomma og lave vannføringstall (300 m³/s), vil den relative økningen forårsaket av utslippet ved fullstendig innblanding ligge i størrelsesorden 1 - 4‰ for Cu, Zn, Hg, Pb, og Cr og 18‰ for Cd. Økningen i metallkonsentrasjon som avløpsvannet fra Svovelsyrefabrikken vil gi i Glomma ved full innblanding, er således ubetydelige og vil neppe medføre detekterbare økninger av nivåer av metaller hverken i sediment, vann eller biota andre steder enn eventuelt ved utslippspunktets umiddelbare nærhet og der sannsynligvis kun i vann.

Utslippene av metaller er også små i forhold til de utslippsreduksjoner som er foretatt frem til 1990. Dette betyr at utslippene fra Svovelsyrefabrikken heller ikke i påvisbar grad vil forsinke eller redusere de miljøforbedringer som er observert i Glommas munningsområde over perioden 1980 - 90 og som en også har sett etter 1990.

1. INNLEDNING

I forbindelse med krav fra SFT (konesjonskrav av 1. mai 1993) utvidet Borregaard renseanlegget ved Svovelsyrefabrikken i Sarpsborg. Borregaard oppfattet (misforstod) imidlertid kravene i konsesjonen til å gjelde bare oppløste metaller i avløpsvannet og ikke totalutslippet av oppløste metaller og metaller bundet i partikulært materiale, slik SFT hadde lagt til grunn. Ved dette godtok Borregaard utslippskrav som det av tekniske grunner var vanskelig å oppnå i renseanlegget.

Ifølge opplysninger fra bedriften vil det gjøre det lettere å oppnå gode renseresultater dersom konsesjonskravet for pH utvides fra pH 6 - 10 til pH området 6 - 11.

Målsetningen for foreliggende rapport er:

1. Vurdere virkningen av utslipp fra svovelsyrefabrikken på resipienten (hovedspørsmål).
2. Vurdere en eventuell virkning i resipienten av å utvide pH-området for avløpet fra 6 - 10 til 6 - 11 (bispørsmål).

1.1. Utslippsarrangement

Utslippet fra Svovelsyrefabrikken går ut i Glomma noe nedenfor Sarpsfossen neddykket på ca. 1 m dyp (avhengig av vannstand) (se kart i vedlegg 1). Utslippsrøret har en diameter på 500 mm og er støpt ned i et betongfundament som går ut oppstrøms en steil bergodde. Utslippet er lokalisert til et område der Glomma er relativt smal. På oversiden av utslippsstedet er det en rolig vik som ender i den nevnte bergodde. Fra denne bergodden og nedover og forbi utslippet har elva stor hastighet og er turbulent pga. innsnevringen. Den kraftige strømmen fortsetter flere hundre meter nedenfor utslippet. Opplysninger fra bedriften antyder en vannhastighet ved utslippsstedet på omtrent 3 - 4 m/s ved en vannføring på 800 m³/s.

Avløpsvannet fra Svovelsyrefabrikken (ca. 150 m³/t) blir samlet i et felles avløp med unntak av sanitærkloakken. I tillegg til vannet fra renseanlegget er det kjølevann fra motorer/varmevekslere/redlere som vil utgjøre hoveddelen av avløpsvannet. Som kjølevann brukes filtrert elvevann. Forbruket av kjølevann vil variere med årstiden og kan på bakgrunn av opplysninger fra bedriften grovt sett anslås til ca. 100 m³/h på årsbasis. Pga. dette vil konsentrasjonen i avløpsvannet fra Svovelsyre- fabrikken ikke være identisk med konsentrasjonen i utslippet til Glomma.

1.2. Utslippets sammensetning 1993/1994

Midlere konsentrasjoner av metaller i avløpsvannet fra Svovesyrefabrikken (tabell 1) danner sammen med vannvolumsdata (tabell 2) basis for de reelle utslipp til resipienten som så kan sammenlignes med konsesjonskravet (tabell 3). For å få et grov estimat av konsentrasjonen i enden å avløpsrøret, må konsentrasjonen i avløpet fra Svovelsyrefabrikken multipliseres med en faktor på 0.6 for å ta hensyn til fortyningen som kjølevannet representerer. Basert på ukemiddel for utslipp av metaller, er det kun utslippet av jern som overstiger konsesjonsgrensen (tabell 3). Maksimalutslipp av kobber og sink vil imidlertid enkelte uker også overstige konsesjonsgrensen noe. Det opprinnelige kravet mht. utslipp av kvikksølv er fra SFT oppgitt på årsbasis og betyr at maksimalverdien for utslipp av dette metallet pr. uke i tabell 3 ikke representerer en overskridelse av konsesjonsgrensen.

I avløpsvannet fra Svovelsyrefabrikken vil det aller meste av metallene bly (Pb), krom (Cr), kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg) foreligge i løst form. For kobber (Cu) og sink (Zn) vil 50 - 90% foreligge bundet i partikler, og for jern (Fe) vil over 99% foreligge i partikulær form.

Konsentrasjonen av metaller i utslippet lå betydelig over det som anses som bakgrunnsverdier i diffust belastede kystområder og i ferskvann (tabell 1).

Gjennomsnittlig pH lå innenfor konsesjonen (tabell 3). Kun én verdi (4.7) lå utenfor nåværende konsesjonskrav for pH (6 - 10).

Tabell 1. Konsentrasjonen av metaller og pH i avløpsvannet er beregnet på basis av analyser av avløp fra Svovelsyrefabrikken (ukeprøver) i perioden uke 49 (1993) til uke 20 (1994). Data for utslipp er oversendt av bedriften. Tabellen viser også bakgrunnsverdier i norske fjorder og kystfarvann (Rygg og Thélin, 1993, Knutzen et al., 1993) og ferskvann (Holtan og Rosland, 1992). **Merk:** Konsentrasjonen i avløpsvannet fra Svovelsyrefabrikken ikke er identisk med konsentrasjonen i utslippet til Glomma. For å få et estimat av konsentrasjonen i enden av avløprøret må konsentrasjonen i tabellen multipliseres med en faktor på 0.6.

| Parameter | Midlere konsentrasjon (min.-max.) i avløp fra Svovelsyrefabrikken | Bakgrunnsverdi i fjorder og kystfarvann | Bakgrunn i ferskvann ²⁾ |
|----------------------|---|---|------------------------------------|
| Jern (Fe), mg/l | 19.0 (6.8-63.3) | - | 50 |
| Kobber (Cu), µg/l | 62.1 (11.9-251.2) | <0.3 | <2 |
| Sink (Zn), µg/l | 167.7 (34.8-379.9) | <1.5 | <10 |
| Bly (Pb), µg/l | 12.4 (2.7-36.1) | <0.05 | <1 |
| Kadmium (Cd), µg/l | <3 (<3-5) | <0.03 | <0.04 |
| Krom (Cr), µg/l | <3 (<3-7) | <0.2 | <1 |
| Kvikksølv (Hg), µg/l | 0.4 (0.05-1.3) | <0.002 | <0.01 |
| pH | 8.5 (4.7-9.8) | - ¹⁾ | >6.7 |
| Restslam, mg/l | 41.2 (19.9-173.3) | - | - |

1) Rapporterte pH-verdier målt i europeisk kystnært overflatevann (tidal waters) ligger i området 6.4 - 9.2 med et middel på ca. 7.8 (Wolff et al., 1988).

2) Oppgitte bakgrunnsverdier er sannsynligvis noe høye (cf. Knutzen og Skei, 1990).

Tabell 2. Gjennomsnittlig antall driftstimer, vannmengde pr. time og utslipp for rensanlegget knyttet til Svovelsyrefabrikken i perioden uke 49 (1993) til uke 20 (1994). Data som danner grunnlaget for beregningene i tabellen er oversendt av bedriften.

| Parameter | Gjennomsnitt (min.-max.) |
|---|--------------------------------|
| Driftstimer pr. uke | 167.8(166 - 168) |
| Vannmengde gjennom anlegget (m ³ /t) | 150.3 ¹⁾ (94 - 170) |

1) For å få et estimat av totalmengden av utslipp til Glomma, må en legge til kjølevannsforsbruket på ca. 100 m³/h.

Tabell 3. Konesjonskravene for utslipp av metaller restslam og pH til vann fra Svovel-syrefabrikken til Borregaard, samt midlere utslipp (ukeprøver) beregnet på basis av analyser av avløp i perioden uke 49 (1993) til uke 20 (1994). Data for utslipp er oversendt av bedriften.

| Parameter | Maksimalt utslipp i henhold til konsesjon (kg/uke) | Midlere utslipp (min.-maks.) i (kg/uke) |
|----------------|--|---|
| Jern (Fe) | 5 | 476 (175 - 1660) |
| Kobber (Cu) | 4 | 1.6 (0.34 - 6.5) |
| Sink (Zn) | 5 | 4.2 (0.9 - 10.5) |
| Bly (Pb) | 6 | 0.3 (0.06 - 0.85) |
| Kadmium (Cd) | 0.4 ¹⁾ | <0.1 |
| Krom (Cr) | 0.4 ¹⁾ | <0.1 |
| Kvikksølv (Hg) | 0.01 ²⁾ | 0.01 (0.001- 0.034) |
| pH | 6-10 | 8.5 (4.7 - 9.8) |
| Restslam | Ingen begrensning | 1027 (484 - 4076) |

1) Omregnet til utslipp pr. uke fra konsesjonskrav som er 20 kg/år.

2) Omregnet til utslipp pr. uke fra konsesjonskrav som er 0.5 kg/år.

1.3. Resipientbeskrivelse

Glomma har ved Sarpsfossen et nedbørfelt på 41218 km². Avstanden fra Sarpsfossen og ned til utløpet i sjøen ved Fredrikstad (Ringeverven) er ca.15 km. Et vestre elveløp som renner fra Furulund ovenfor Sarpsborg gjennom Mingevatn, Vestvatn (Ågårdselva) og Vesterflo, renner ut i Glomma ved Greåker.

Det er ytterligere en gren av Glomma som tar veien ut gjennom Skinnarflo og det delvis gjengrodde elveløpet Gølbergelva (Seutelva) som munner ut ved Fredrikstad. Elva renner på strekningen fra Sarpsborg til Fredrikstad gjennom industri- og bymessige områder, samt jordbruksarealer.

Av viktige bruksinteresser kan nevnes rekreasjon, fiske, transport og resipient for avløp fra industri- og boligområder.

Gjennomsnittlig årsvannføring i perioden 1950 - 1988 ved Langnes (Solbergfoss) var 690 m³/s (min.: 500, max.: 910) (Miljøverndepartementet, 1992). I flomsituasjoner kan imidlertid vannføringen være betydelig høyere. Eksempelvis var gjennomsnittsvannføringen for mai måned ved Solbergfoss i 1983 1770 m³/s (Lingsten, 1984) og kan også i korte perioder være under 100 m³/s (Holtan et al., 1993).

Ved Sarpsborg er vannkvaliteten i Glomma slik at den representerer begrensninger mht. egnethet (tabell 4) og avviker tildels meget fra sin naturtilstand mht. forurensningsgrad (tabell 5) (Miljøverndepartementet, 1992).

Vannkvaliteten i Glomma ovenfor Sarpsfossen i Sarpsborg er bl.a. undersøkt av Lingsten et al. (1984) og Holtan et al. (1993), og noen aktuelle resultater herfra er oppstilt i tabell 1.6.

Vannet i Glomma ved Sarpsfossen har en pH som ligger relativt stabilt rundt 7 og en alkalinitet rundt 0.2 mekv./l (Lingsten, 1984). Innholdet av en del metaller i vannet ved Sarpsfossen ses i tabell 6. Vannets innhold av jern er relativt høyt, men konsentrasjonen av kobber, sink, bly, krom og kadmium

er vanligvis lave (Lingsten, 1984) og ligger på gjennomsnittsbasis ikke over det som er naturlig for ferskvann (se tabell 1). Mengden suspendert materiale er relativt høyt. De høyeste verdier opptrer i flomsituasjoner. Transporten av suspendert materiale ved Sarpsborg er beregnet til 360.000 t/år (Miljøverndepartementet, 1992).

Tabell 4. Klassifisering av egnethet av Glommavann ved Sarpsborg. 1: Godt egnet, 2: Egnet, 3: Mindre godt egnet, 4: Ikke egnet. (Etter Miljøverndepartementet, 1992).

| Bruksområde | Egnehetsklasse |
|--------------------------------|----------------|
| Drikkevann | 4 |
| Jordvanning (bær, frukt, etc.) | 4 |
| Jordvanning (åker, eng) | 1 |
| Friluftsbad | 2 |
| Båtsport | 1 |
| Sportsfiske | 2 |

Tabell 5. Klassifisering av forurensningsgrad av Glommavann ved Sarpsborg. 1: Lite avvik fra naturtilstand, 2: Moderat avvik fra naturtilstand, 3: Markert avvik fra naturtilstand, 4: Stort avvik fra naturtilstand. (Etter Miljøverndepartementet, 1992).

| Bruksområde | Egnehetsklasse |
|---------------------------|----------------|
| Eutrofi | 3 |
| Virkn. org. stoff | 2 |
| Forsuring | 1 |
| Giftvirkning | 1 |
| Virkn. av partikler | 4 |
| Mikrobiologisk belastning | 2 |

Tabell 6. Konsentrasjonen av metaller, suspendert tørrstoff, samt pH i vann fra Glomma (Sarpsfossen). A: Data er fra Lingsten, 1984. B: Data fra Holtan et al., 1993.

| Parameter | Gjennomsnitt (min. - max.) | |
|------------------------|--|--------------------|
| | A | B |
| Jern (Fe), µg/l | 297 (66 - 640) | |
| Kobber (Cu), µg/l | 2.78 (2.1 - 4.2) | 2.18 (0.71 - 5.96) |
| Sink (Zn), µg/l | 10 | 5.86 (1.43 - 15.3) |
| Bly (Pb) | 0.67 (0.6.-0.75) | 0.63 (0.13 - 4.28) |
| Kadmium (Cd), µg/l | <0.1 | 0.03 (0.01 - 0.06) |
| Krom (Cr), µg/l | 0.98 (0.5 - 1.8) | 1.07 (0.5 - 2.33) |
| Kvikksølv (Hg) ng/l | | 2.68 (2 - 8) |
| pH | 7.12 (6.56 - 7.49) | |
| Mengde tørrstoff, mg/l | 10.38 (1 - 16.2) ¹⁾ 6.8 (0.9 - 25.4) ²⁾ | 15.3 (1.62 - 155) |

1) Målinger gjort av NIVA.

2) Målinger gjort av Fylkeslaboratoriet i Østfold.

Sjøvann kan i perioder og avhengig av vannføring i elven og vannstanden i Hvalerområdet trenge inn som en saltvannskile under det lettere ferskvannet i Glomma. Ved midlere og lave vannføringer vil saltvannskilen kunne strekke seg helt opp til Sarpsborg og kan der i 1 m dyp måles som en dramatisk økning i ledningsevne og kloridinnhold (NIVA, 1970). Ved økende vannføring skyves saltvannskilen utover mot munningen, og ved store vannføringer (1000 - 1500 m³/s) trenger ikke saltvannet opp i elven i det hele tatt (NIVA, 1970, Skei, 1987). Transmisjonsmålinger i Glomma nedenfor Greåker antyder at svært lite av de partikler som transporteres med Glomma kommer ned i saltvannskilen og sedimenterer på elvebunnen. Det er imidlertid påvist at tidligere regelmessige utslipp fra Borregaard har forårsaket forhøyede nivåer av kvikksølv i sedimentet nedenfor Greåker (Skei, 1987). Også innholdet av jern i bunnsedimentene antyder at tidligere industriutslipp (eksempelvis utslipp av kisavbrand) har påvirket metallnivået i sedimentet (Nybakken, 1978). Saltvannskilen kan imidlertid ta med seg partikler fra munningsområdet og oppover elven, og som sammen med annet sedimenterende materiale igjen kan bli "spylt" ut i påfølgende flomperioder (Skei, 1987).

I nedre del av Glomma og Løperen er det tidligere påvist store mengder partikulært bundet jern i overflatevannet, noe som er et resultat av et generelt høyt jerninnhold i Glomma og på grunn av store utslipp fra Kronos Titan A/S i Fredrikstad frem til mai 1989, da utslippet ble redusert med mer enn 90% (se figur 1). Utslppsreduksjonen som den senere tid er foretatt av Kronos Titan omfatter også andre metaller enn jern (se tabell 7). Kronos Titans utslipp av jernforbindelser var sannsynligvis hovedårsaken til at en i Glommas munningsområde har observert vekstreduksjoner på blåskjell (Kirkerud og Bakketun, 1988).

De biologiske forholdene i Glomma mellom Sarpsborg og Fredrikstad er lite undersøkt i de senere år (Fylkesmannen i Østfold, Miljøvern avdelingen, pers. oppl.). I perioden 1965 - 1967 ble det utført en undersøkelse av Glomma som også omfattet alger, høyere vegetasjon og fisk. Resultatene ble sammenfattet i en rapport (NIVA, 1970), og de følgende opplysninger er hentet derfra. En må imidlertid bemerke at forholdene i elva kan ha forandret seg betydelig siden 1970.

Undersøkelsene viste at Glomma fra Mjøsa og ned til Fredrikstad i biologisk betydning i store trekk utgjorde et sammenhengende system. Organismesamfunnene i de strømmende vannmassene fikk sin utforming i Mjøsa og Øyeren og ble utviklet på de mer eller mindre stilleflytende deler av vassdraget. Helt ut i sjøområdet mellom Østfoldlandet og Hvalerøy-gruppen var det Mjøsas og Øyerens arter som preget algesamfunnene. På lokalitetene (Sandesund og Ringeverven) nedenfor Sarpsborg som ble undersøkt, besto sestonmaterialet (svevende materiale) i tillegg av fiber og løsrevde trådbakterier (*Sphaerotilus natans*). Dette viste en markert påvirkning av forurensninger med partikulært og løst organisk stoff. Av fastsittende organismer var også *Sphaerotilus natans* fremtredende og tildels enerådende. Det ble imidlertid også påvist relativt store mengder av blågrønnalger, særlig *Lyngbya* sp. ved Sandesund. Elvestrekningen var fattig på høyere vegetasjon, noe som delvis kunne forklares med "sivilisatorisk" belastning. I nedre del av Glomma fantes et stort antall fiskearter. I hele vassdraget er det påvist 32 fiskearter. Fiskebestandene mellom Sarpsborg og Fredrikstad ble dominert av karpefisk som mort, vederbuk, stam, brasme, flire og gullbust. Gjedde, abbor, gjørs, lake og ål fantes også i tildels betydelige mengder. Laks og sjøørret gikk naturlig opp til Sarpsfossen og Sølvstufossen i Ågårdselva. I Sølvstufossen er bygget laksetrapp. Det foregikk et betydelig ålefiske i nedre Glomma. Noe sportsfiske etter laks og sjøørret foregår også i dag nedenfor Sarpsfossen og i Ågårdselva. I 1992 ble det f.eks. fisket 459 kg laks ifølge den offisielle statistikken. Det er stor interesse for å gjøre nedre Glomma til en bedre lakseelv.

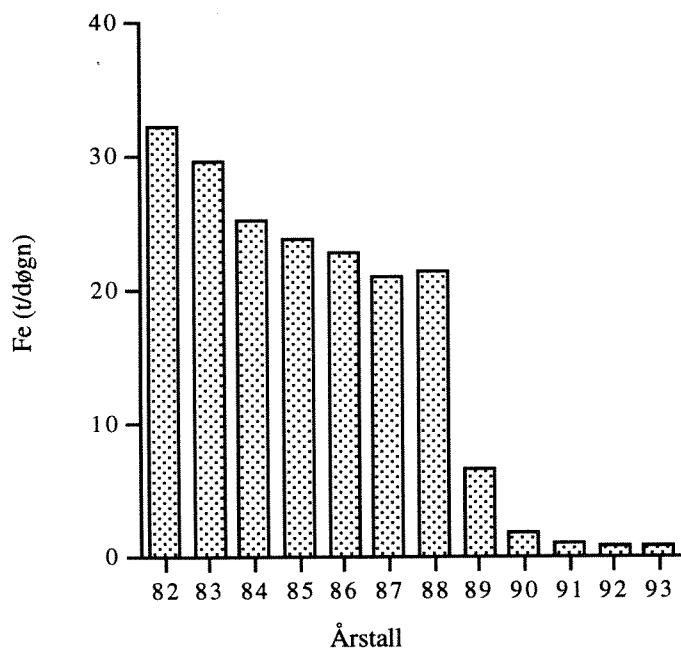
I de senere år har det vært utført et betydelig arbeid for å redusere forurensningene i Nedre Glomma. Dette medfører nok at de biologiske forholdene er noe forandret siden undersøkelsene i 1960-årene.

Strandsamfunnet i den nedre del mer påvirkede del av Glomma (Isegran - Kaldera) kan beskrives som

et artsfattig grønnalge/diatomé-samfunn med spredt forekomst av rur (Moy og Walday, 1990). Også i Glommas munningsområde har en tidligere hatt et fattig strandsamfunn med fravær av mindre krepsdyr, snegl, muslinger og fisk (Notini et al., 1987) og generelt få alger og virvelløse dyr nær munningsområdet, - noe som tildels kunne tilskrives jernutslippet fra Kronos Titan A/S (Bokn et al., 1989). En har også på strender i nedre del av Glomma og i Løperen tidligere kunnet spore et rødbrunt belegg (hovedsakelig jernholdig) som skyltes utslipp fra Kronos Titan A/S (Knutzen og Skei, 1988). Pågående undersøkelser i området antyder imidlertid klare forbedringer i munningsområdet, som sannsynligvis i stor grad kan tilskrives utslippsreduksjonen ved Kronos Titan A/S (figur 1, tabell 7).

Oksygenforholdene i dypbassengene i Glomma (nedenfor Greåker) og i munningsområdet (nord for Kjøkkø) er tidvis dårlige (Skei, 1987) og har sannsynligvis gitt opphav til de effektene en har sett på bløtbunnsfauna i munningsområdet (Hektoen et al., 1992). Tydelige miljøgiftproblemer er avdekket innenfor Hvalerøyene og ved munningen av Glomma (Berge, 1991). En metallpåvirkning kunne spores i blåskjell og blæretang langs Glommas hovedløp, og innholdet av HCB, PCB og DDT i fisk lå over bakgrunnsnivå på stasjoner nær Glommas munning.

Totalt sett har både elvestrekningen nedenfor Sarpsborg og estuarieområdet utenfor Glommas munning hatt en klar sivilisatorisk påvirkning. Pågående undersøkelser i munningsområdet antyder imidlertid klare forbedringer de siste årene.



Figur 1. Utslipp av jern fra Kronos Titan A/S i perioden 1982 - 1993. (Omregnet fra data over utslipp av FeSO_4 oppgitt av Kronos Titan A/S).

Tabell 7. Utslipp av metaller fra Kronos Titan A/S i 1988 og 1990 (dvs. før og etter at utslippsreduksjonene i 1989 ble foretatt) og i 1993. Data er oppgitt av Kronos Titan A/S. i.d = data ikke tilgjengelig

| Parameter | Utslipp i 1988 | Utslipp i 1990 | Utslipp i 1993 |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|
| TiO ₂ t/døgn | 5.2 | 1.8 | 1 |
| MgSO ₄ t/døgn) | 7 | 2.2 | 1 |
| Cr kg/døgn | 98.6 | 3.4 | 2.7 |
| V kg/døgn | 202.7 | 2.7 | 1.8 |
| Zn kg/døgn | 32.9 | 4.3 | 1.5 |
| Cu kg/døgn | 2.8 | 1.6 | 0.7 |
| Mn kg/døgn | 320.5 | 15.1 | 7.6 |
| Co kg/døgn | 5.8 | 0.5 | i.d |
| Ni kg/døgn | 11.2 | 1.2 | i.d |
| Pb kg/døgn | <1.7 | 0.5 | <0.2 |
| Hg kg/døgn | <4.4 | i.d. | i.d. |
| Cd kg/døgn | <90 | <2 | <15 |

2. MODELLERING AV FORTYNNING

Ved utslippet og videre nedover i flere hundre meter strømmer vannet i Glomma med stor fart og er meget turbulent. Det foreligger ikke målinger av hvor raskt utslippsvannet blandes med ellevannet. På grunn av strømningsforholdene antar vi at utslippsvannet blandes tilnærmet fullstendig med ellevannet i løpet av noen hundre meter. Enkle modellberegninger støtter denne antagelsen.

Avløpsvannet fra Svovelsyrefabrikken blir fortynnet av kjølevann før det slippes ut i Glomma. Midlere vannføring ut av Svovelsyrefabrikken og av tilført kjølevann er henholdsvis 0.042 m³/s og 0.028 m³/s i arbeidstiden. Avløpet fra Svovelsyrefabrikken blir følgelig i snitt redusert med en faktor på 0.6, dvs. en fortykning på 1.7 ganger, se tabell 8.

Vi antar at utslippet blandes fullstendig med vannet i Glomma.

$$Q_{ut} C_{ut} = Q_G C_G$$

$$C_G = \frac{Q_{ut} C_{ut}}{Q_G}$$

Q_{ut} : utslippsvannføringen (m³/s)

C_{ut} : stoffkonsentrasjonen i utslipp (µg/l)

Q_G : vannføring i Glomma

C_G : stoffkonsentrasjonen fra utslippsvannet i Glomma.

Ved midlere vannføring i Glomma, 690 m³/s, blir konsentrasjonene i utslippsvannet til Glomma redusert med en faktor på ca. 10⁻⁴, dvs. fortynt 10.000 ganger. Ved en vannføring i Glomma på 300 m³/s, som er nær minimum vannføring, blir utslippskonsentrasjonene redusert med en faktor på 2.3 · 10⁻⁴, dvs. fortynt ca. 4.300 ganger.

Vi har antatt at utslippsvannet kan anses som fullstendig blandet med vannet i Glomma i løpet av noen hundre meter. Fortynningen vil være meget stor nær utslippsstedet. Enkle modellberegninger anslår en fortykning på 100 etter noen ti-metre.

Ved å nytte observerte middelkonsentrasjoner i vannet ut fra Svovelsyrefabrikken fra tabell 1, har vi beregnet karakteristiske verdier i utslippsvannet til Glomma og i Glomma etter fullstendig innblanding, tabell 8. Stort sett er de ulike stoffkonsentrasjonene i utslippsvannet mindre enn 10 ganger større enn hva som kan forventes å finnes i ferskvann i Norge (Holtan og Rosland, 1992). Etter fullstendig innblanding økes konsentrasjonene i Glomma med karakteristiske verdier omkring 1/1.000 av disse ferskvannsverdiene. I løpet av de første ti metre vil konsentrasjonsøkningen sannsynligvis være redusert til under 1/10 av ferskvannsverdiene.

Stoffutslippene fra Svovelsyrefabrikken (tabell 1.1) synes å være såpass konstante i tid at de i liten grad endrer de ovenstående generelle betraktningene basert på middelverdier.

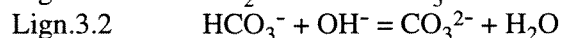
Tabell 8. Karakteristiske konsentrasjoner i utløpsvann, etter fullstendig innblanding i Glomma.

| | Ut av fabrikken Middelvannf. = 0.042 m ³ /s. µg/l | Utslipp til Glomma Middelvannf. = 0.070 m ³ /s. µg/l | Økning i Glomma etter fullstendig innblanding | | Bakgrunnsverdier | |
|-----------|--|---|---|---|-------------------|------------------|
| | | | Middelvannf. = 690 m ³ /s. 10 ⁻³ µg/l | Lav vannf. = 300 m ³ /s. 10 ⁻³ µg/l | Ferskvann µg/l | Kystvann µg/l |
| Jern | 19000 | 11000 | 1000 | 2.600 | | 50000 |
| Kobber | 62 | 37 | 4 | 9 | < 3 | < 0.3 |
| Sink | 168 | 100 | 10 | 23 | < 30 | < 1.5 |
| Bly | 12 | 7.5 | 0.8 | 1.8 | < 1 | < 0.05 |
| Kadmium | < 3 | < 2 | < 0.2 | 0.5 | < 0.2 | < 0.03 |
| Krom | < 3 | < 2 | < 0.2 | 0.5 | < 5 | < 0.2 |
| Kvikksølv | 0.4 | 0.24 | 0.024 | 0.06 | < 0.05? | < 0.002 |
| Restslam | 41 | 25 | 2.5 | 6 | | |
| pH | 8.5 | | | | | |

3. MODELLERING AV pH I RESIPIENTEN

3.1. Metode

pH vil avta med økende fortykning i resipienten, men forløpet vil variere med utslippets innhold av baser og elvevannets evne til å nøytralisere disse. Denne evne (bufferkapasitet) skyldes først og fremst innholdet av karbondioksyd, som vil foreligge som oppløst CO₂-gass i likevekt med karbonsyrens (H₂CO₃) dissosiasjonsprodukter HCO₃⁻ og CO₃²⁻. Når dette systemet tilføres base, vil likevektene forskyves mot høyre:



Dermed motvirkes endringer i pH.

pH i en gitt blanding av elvevann og baseutslipp kan beregnes v.h.a. blandingens alkalinitet (Alk) og totalt innhold av CO₂ (C_T). Disse begrepene er definert ved:

$$\text{Lign. 3.3} \quad \text{Alk} = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + ([\text{OH}^-] - [\text{H}^+])$$

og

$$\text{Lign. 3.4} \quad \text{C}_T = [\text{CO}_2] + [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$$

Konsentrasjonen av H₂CO₃ vil alltid være neglisjerbar sammenlignet med konsentrasjonen av oppløst CO₂-gass. Systemet er fullstendig definert ved de tre størrelsene pH, Alk og C_T. Hvis to er kjent, kan den tredje beregnes.

Det følger at C_T i elvevannet (C_{T1}) kan beregnes fra målinger av pH (pH₁) og alkalinitet (Alk₁). Dersom elvevannet tilsettes en gitt mengde base ([OH⁻]) øker alkaliniteten, slik at alkaliniteten i blandingen (Alk₂) er gitt ved,

$$\text{Lign. 3.5} \quad \text{Alk}_2 = \text{Alk}_1 + [\text{OH}^-]$$

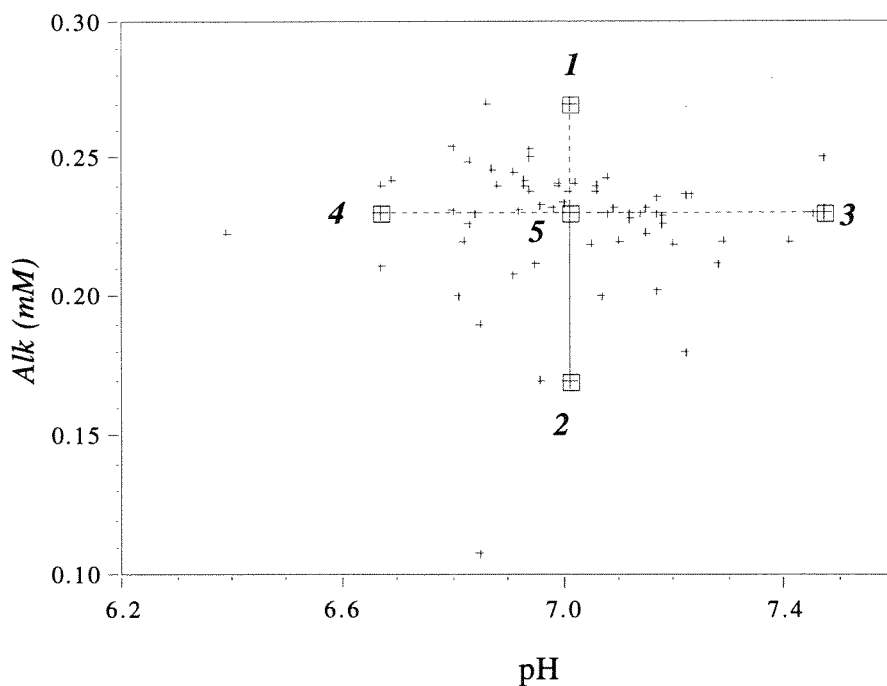
men C_T endres ikke,

$$\text{Lign.3.6} \quad \text{C}_{T2} = \text{C}_{T1}$$

Siden økningen av alkaliniteten kan beregnes fra tilsatt mengde base (utslippsvann), kan pH etter innblanding (pH₂) beregnes fra Alk₂ og C_{T2}.

Teknisk ble disse beregningene utført v.h.a. en PC-basert beregningsmodell. I modellen inngår likevektskonstantene for 1. og 2. dissosiasjonstrinn for karbonsyre. Disse er avhengige av temperatur og saltinnhold. Alle beregninger ble her gjort ved 10°C og en saltholdighet på 3 PSU (Practical salinity units).

pH og alkalinitet ble målt regelmessig på en stasjon ved Sarpsfossen i perioden januar 1978 - november 1983 (Lingsten, 1982a, 1982b, 1983 og 1984). Målingene er gjengitt i figur 2. De totalt 60 observasjonene var jevnt fordelt over alle årets måneder og ga middelerdi for pH = 7.01 og Alk = 0.23 mM.



Figur 2. Observasjoner av pH og alkalinitet i Glomma, Sarpsfossen, i perioden 1978 - 1983. Stiplede linjer angir middelerverdier for pH og alkalinitet. Kvadratiske symboler viser modell-input for scenariene 1 - 5 (se figur 3 og 4).

Tabell 9. Scenarier for beregning av pH i nærheten av utslippspunktet.

| Scenario | Resipient pH | Alk (mM) | Utslipp pH |
|----------|-----------------|----------|---------------|
| 1 | 7.01 | .27 | 11.0 |
| 2 | " | .17 | " |
| 3 | 7.47 | .23 | " |
| 4 | 6.67 | " | " |
| 5 | 7.01 | " | " |
| 6 | " | " | 10.0 |
| 7 | " | " | 10.5 |
| 8 | " | " | 11.5 |
| 9 | " | " | 12.0 |

På grunnlag av observasjonene ved Sarpsfossen (figur 2) ble det valgt fem scenarier for å undersøke hvordan pH i nærheten av utslippet påvirkes av variasjoner i elvevannets pH og alkalinitet. Scenariene er vist grafisk i figur 2 og numerisk i tabell 9. Scenariene 1 - 4 representerer ekstreme verdier, forårsaket av ekstreme forhold mht. vannføring og biologisk aktivitet. Det ble valgt å se bort fra de to enkeltobservasjonene som lå betydelig utenfor det dominerende variasjonsområdet (se figur 2). Scenario 5 er normalsituasjonen representert ved middelerdiene for de 60 observasjonene. Resultatene for scenariene 1 - 5 er vist i figur 3.

Derneft ble det undersøkt hvordan pH i nærheten av utslippet påvirkes av variasjoner i utslippsvannet.

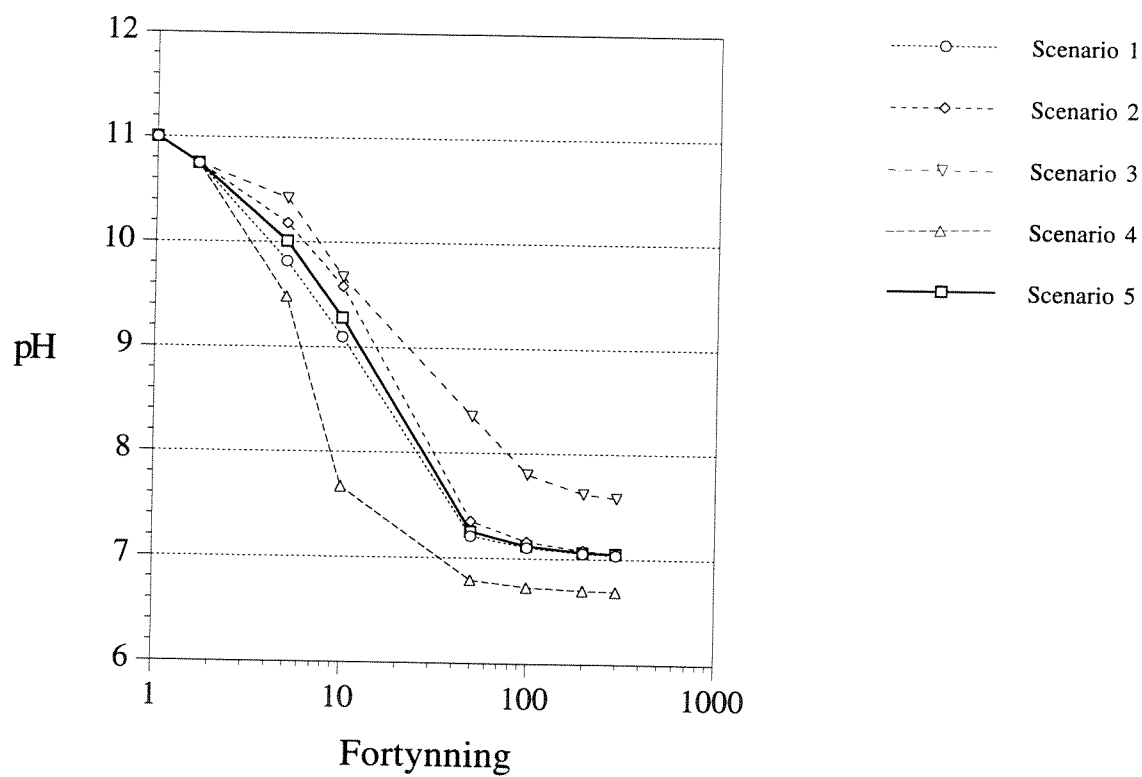
I disse scenariene, 5 - 9 (tabell 9), ble det forutsatt normal vannkvalitet i Glomma, dvs. pH = 7.01 og Alk = 0.23. Modellberegningene for varierende pH i utslippet er vist i figur 4.

Utslippsvannets bufferkapasitet er ikke nødvendigvis gitt av pH, men avhenger av det totale innhold av baser som nøytraliserer syre i det aktuelle pH-området (pH >7). I grunn-lagsmaterialet fra oppdragsgiver (vedlegg 4) ble det vist titreringskurver for prøver av utslippsvannet med pH mellom 10 og 12. Disse viste at utslippsvannets bufferkapasitet med god tilnærming kunne beregnes som summen av $[\text{OH}^-]$ (gitt ved pH) og et innhold av karbonat-ioner (CO_3^{2-}) tilsvarende C_T i Glomma. Betydningen av det sistnevnte bidraget avtar med økende pH og blir relativt lite ved pH > 10.5.

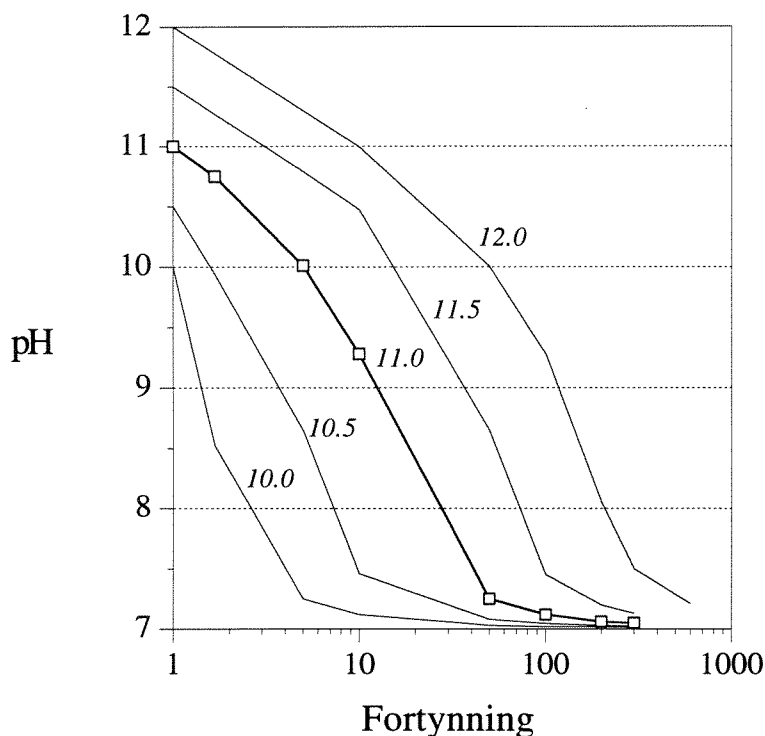
3.2. Resultater pH

Scenariene vist i figur 3 tok utgangspunkt i et utslippsvann fra syrefabrikken med pH = 11.0 som tilsvarer øvre grense for det utvidete konsesjonskravet. Det første punktet til høyre for y-aksen tilsvarer en fortynning på 1.7 ganger og viser dermed den pH som ved normal vannflyt gjennom fabrikken vil kunne forventes i enden av utslippsrøret. Figuren viser at pH ved utløpet til elva var høy i samtlige tilfeller og over grense for effekter på ferskvannsorganismer (= 9.0, EPA kriterier, 1987). Ved fortynning etter utløpet avtok pH raskt, og allerede ved 50x fortynning var pH mindre enn 9.0 i alle situasjoner. Ved 100x fortynning var avviket fra elva ovenfor utslippet mindre enn 0.2 pH-enheter i scenariene 1, 2, 3 og 5. Scenarie 3 som hadde den høyeste pH i elva før utslippet, ble sist normalisert ved fortynning. Ved 200x fortynning var pH-økningen mindre enn 0.2 i samtlige modellberegninger for utslipp med pH = 11.0 (jfr. tabell 9 og figur 3).

Effekten av øket pH i utslippet fra nåværende konsesjonskrav på 10, er vist i figur 4. Ved utløpet til elva vil en økning av pH i utslippet fra 10 til 11 medføre en økning av pH fra 8.5 til 10.7. Fortynningsbehovet for å oppnå normalisering til mindre enn 0.2 pH-enheter økning i resipienten nedenfor utslippet, økte fra ca 10x ved pH = 10 til ca. 100x fortynning ved pH = 11.



Figur 3. Fortynnings kurver for pH ved "normale" (scenario 5) og "ekstreme forhold" (scenarier 1 - 4) forhold med hensyn til pH og alkalinitet i Glomma.



Figur 4. Fortynningskurver for pH ved "normal" vannkvalitet i Glomma og varierende pH i utslippsvannet (jfr. tabell 9, scenarier 5 - 9).

3.3. Vurdering

Det foreligger relativt lite informasjon om effekter av høy pH på akvatisk liv i ferskvann (Wolff et al., 1988). I USEPAs miljøkvalitetskriterier for pH med henblikk på beskyttelse av akvatisk liv i ferskvann, er pH-området 6.5 - 9 (cf. Wolff et al., 1988). Bare på dette kriteriet vil skader på organismer i elva like ved utslippspunktet derfor ikke kunne utelukkes dersom utslippsgrensen økes fra pH = 10 til pH = 11 (figur 4). Det fremgår av figur 3 at dersom utslippet fortynnes 20x før utslippspunktet, vil pH reduseres til 9.0 i de aller fleste tilfeller. På den annen side vil 20x fortynning oppnås meget raskt i det turbulente elvevannet, og de kjemiske likevekter som kontrollerer pH vil innstille seg i løpet av få sekunder. Enkle modellberegninger ga en fortynning på 100x etter noen ti-metre (kapitel 2). Det området der pH i perioder vil kunne overstige 9.0, vil derfor begrense seg til en avstand fra utslippstedet som er mindre enn dette. Etter fullstendig innblanding (4000x fortynning) vil økningen av pH i resipienten være mindre enn 0.01 pH enheter.

4. EFFEKTER I FERSKVANN

4.1. Fisk og pelagiske organismer

Avløpsvannet fra Svovelsyrefabrikken vil slippes ut kontinuerlig, og eventuelle effekter i resipienten blir da av kronisk karakter. EIFAC (European Inland Fisheries Advisory Commission) har utarbeidet vannkvalitetskriterier for ferskvannsfisk (Alabaster and Lloyd, 1982, Howells, 1994). Det angis her grenseverdier for skader ved kroniske effekter, dvs. langtidspåvirkning av ulike parametre. Det tas da hensyn til enhver påvirkning som f.eks. effekter på fiskens næringsdyr, fiskens smak, direkte toksiske effekter på ulike stadier, reproduksjon, adferd, etc. Kriteriene kan således sies å være dekkende for det meste av livet i vann selv om fisken er hovedsaken. Enkelte stoffers giftvirkning er avhengig av vannkvalitet, og dette er det da også tatt hensyn til. I tabell 4.1 er det oppført kriterier for en del aktuelle parametre i avløpsvannet, samt analysedata fra Glomma og avløpsvannets bidrag.

Basert på miljøkvalitetskriterier for pH (tabell 10) et pH ved ulike fortyninger, kan en ikke utelukke lokale effekter like ved utslippet dersom en får utslipp med pH opp mot 11. Avstanden fra utslippet hvor slik effekt kan tenkes, er imidlertid begrenset til noen få titalls meter og synes således av liten betydning. Det er ikke sannsynlig at en vil få noen pH-effekt på ferskvannsorganismer ved utslipp med pH i området 6 - 9.

Tabell 10. Vannkvalitetskriterier fra EIFAC og Holtan og Rosland (1992*), sammenlignet med analysedata fra Glomma ovenfor Sarpsborg (kfr. tabell 6) og avløpsvannets bidrag. Konsentrasjonene angir 50 prosentiler av målte konsentrasjoner gjennom en periode (år). () 95 prosentiler.

| | Kriterier | Glomma | Økning 690 m ³ /sek | 300 ³ /sek |
|------------------|-----------|--------|--------------------------------|-----------------------|
| Jern µg/l | 50 | 297 | 0.001 | 0.003 |
| Kobber, µg/l | 1 (5) | 2.2 | 0.004 | 0.009 |
| Sink, µg/l | 10 (30) | 5.9 | 0.010 | 0.023 |
| Bly, µg/l | 1* | 0.6 | 0.0008 | 0.002 |
| Kadmium, µg/l | 0,3 (0.6) | 0.03 | <0.0002 | 0.0005 |
| Krom, µg/l | 25 (100) | 1.1 | <0.0002 | 0.0005 |
| Kvikksølv, ng/l | 10* | 2.7 | 0.002 | 0.06 |
| pH | 6 - 9 | 7.1 | | <0.01 |
| Suspendert stoff | 25 | 15 | 0.0025 | 0.006 |

EIFAC's kriterier gjelder "løst" metall, dvs. her definert som den delen av metall som passerer gjennom et millipore filter med en midlere poreåpning på 0.45 µm. Videre gjelder de for "bløtt" vann, dvs. vann med en hardhet på ca. 10 mg CaCO₃/l, dvs. omtrent som i Glomma (≈ 15 mg CaCO₃). Kriteriene for jern, kvikksølv og bly er hentet fra Holtan og Rosland (1992) og gjelder egnethet for sportsfiske ved grensen fra god til mindre god, og det dreier seg her om totalverdier. Alle oppgitte analysedata for Glomma og avløpsvannet er totalverdier, dvs. summen av oppløst og partikulært bundet metall. Det er ikke kjent hvor stor andel av metallene i Glomma er i oppløst form, men avløpsvannets innhold av partikulært og bundet metall er spesifisert (kapitel 1). Det fremgår av tabellen at analyseverdiene for Glomma til dels er av samme størrelsesorden og til dels over (jern, kobber) de angitte kriterieverdier. Det er i dag ingen grunn til å tro at en har skadelige effekter av metaller i nedre del av Glomma. Det er også eksempler fra norske vassdrag med betydelig høyere konsentrasjoner av metaller hvor de biologiske forhold i hovedtrekkene synes upåvirket.

Når en ser på den økning som avløpsvannet vil gi i de angitte konsentrasjoner, synes disse isolert sett

å være ubetydelige. Det vil f.eks. med dagens prøvetakings- og analyseteknikker neppe være mulig å påvise endringer i elvevannets kjemiske forhold etter innblanding. Dette gjelder også de biologiske forhold. Det er helt usannsynlig at avløpsvannet vil kunne gi merkbare effekter av de angitte parametre. Det skal også tilføyes at de av EIFAC angitte kriterier skal sees isolert og antas å være uten synergistisk eller additiv virkning i disse lave nivåer. Ved full utblanding i Glommavannet kan en således ikke regne med samvirkende effekter av avløpsvannets komponenter overfor fisk eller andre organismer. En annen sak er om avløpsvannet skulle inneholde ikke angitte komponenter eller stoffkombinasjoner med sterk lukt, smak, farge, eller som er mer giftige. Økotoksikologiske tester kan til en viss grad gi svar på den samlede gifteffekt av det aktuelle avløpsvannet.

4.2. Strand/sediment

Lite er kjent om sedimentene i grunnområdene på elvestrekningen fra Sarpsborg til Fredrikstad. Fordi en har vekslende forhold med lav vannføring og sjøvannsinntilførsel og stor vannføring med utskylning av sedimenter og påfylling av nye ovenfra, blir dette et meget komplisert system. Dersom ikke avløpsvannet inneholder spesielt sterkt luktende, smakende eller fargede komponenter, er det lite sannsynlig at rekreasjonsmessige og estetiske ulemper vil oppstå, hverken i strandsone eller overflatevann som helhet pga. utslipp fra Svovelsyrefabrikken.

5. EFFEKTER I SJØVANN

Mulige effekter av utslippet fra Svovelsyrefabrikken kunne i utgangspunktet tenkes forårsaket av pH-endringer og endringer i partikkel-/metallbelastning i resipienten. For eventuelle effekter i marine økosystemer, er det saltkilen og estuariet utenfor Glommas munnings-områder som må vurderes.

Det er stor bufferkapasitet på sjøvann (saltkile, estuarieområdet) og marginal pH-effekt som er forårsaket av utslippet (0.01 enheter ved full innblanding i Glommavann). Da undersøkelser også antyder at marint liv har langt større toleransegrenser mht. pH (jfr. Wolff et al., 1988) enn det som kan tenkes forårsaket av utslippet, utenom muligens i nærsonen (noen titalls meter), er det utelukket at pH i området 6 - 11 i primæruutslippet vil kunne forårsake noen effekt på organismer, hverken i saltkilen eller i estuariet utenfor Glommas munning.

En vil derfor i resten av dette kapitlet kun omtale eventuelle effekter av metaller.

5.1. Strandsonen

Glommavann har et konsentrasjonsnivå av metaller (unntatt Cd) som ligger tildels betydelig over bakgrunnsverdier i kystvann (jf. tabell 8 og tabell 6). Dette fører til at den relative økningen av metaller i Glommavann ved fullstendig blanding er mindre enn hvis en rent hypotetisk antar at metaller fra utslippet ble blandet inn i kystvann med metallkonsentrasjoner i bakgrunnsnivå. Dersom en tar utgangspunkt i konsentrasjonen av de ulike metaller i Glomma (tabell 6), vil den relative økningen forårsaket av utslippet (tabell 8, lav vannføring) ligge i størrelsesorden 1 - 4‰ for Cu, Zn, Hg, Pb og Cr og 18‰ for Cd.

Beregnes økning i metallkonsentrasjon på tilsvarende måte, men med utgangspunkt i bakgrunnsverdier i kystvann (dvs. at en antar at Glommavann hadde konsentrasjon av metaller tilsvarende bakgrunnsverdiene i saltvann, se tabell 8), vil den relative konsentrasjonsøkningen forårsaket av utslipp fra Svovelsyrefabrikken ligge høyere og i størrelsesorden fra 0.3 % (Cr) til 1 - 4% (Cu, Zn, Pb, Cd, Hg).

Dette er konsentrasjonsøkninger som selv for Cd og Hg er så små at det er usannsynlig at de vil gi opphav til en påviselig forverring av miljøsituasjonen i marin strandsone eller i de frie vannmassene syd for Glommas munning utover det en i dag eventuelt måtte ha. Utslippet vil heller ikke medføre noen ytterligere forhøyelse av innhold av metaller utover det den samlede øvrige metallbelastning medfører (Berge, 1991).

5.2. Sediment

Sedimentering av partikulært materiale fra utslippet kunne potensielt medføre forhøyde konsentrasjoner i sedimentet. Pga. andelen av partikulært bundet metall i utslippet (se kapitel 1), er en vurdering av effekter i sedimentet hovedsakelig aktuelt for jern, sink og kobber. Jern er imidlertid ikke blant de metaller som en anser som noen stor miljøtrussel, hverken i marine eller fersvannssedimenter.

Både sedimentet som dekkes av saltkilen og sedimentet i områder utenfor munningen av Glomma kunne tenkes påvirket.

I nedre Glomma har en vekslende bunnforhold pga. varierende topografi, slik at sedimentering også vil variere (Skei, 1987). I praksis vil netto sedimentering av finpartikulært materiale hovedsakelig finne sted i forsenkninger i bunnen og i områder med relativt stille vann. Mengdemessig er det jern som dominerer utslippet fra Svovelsyrefabrikken (tabell 3). Glommavann inneholder også relativt store mengder jern (tabell 6), slik at bidraget fra utslippet ikke utgjør mer enn ca. 1/100000 del av transportert totalmengde ved lav vannføring (300 m³/s). Tilsvarende utgjør bidraget fra Zn og Cu henholdsvis 2/1000 og 3/1000 deler av total mengde transportert i Glommavann.

Det finnes lite informasjon som belyser avsetning av partikulært materiale på bunnen av Glomma nedenfor Sarpsborg. En antar imidlertid at hovedmengden av det partikulære materialet som slippes ut fra Svovelsyrefabrikken ikke deponeres permanent i Glomma, men transporteres ut i Hvaler-estuariet og området utenfor der det vil sedimentere. Således vil dagens utslipp (tabell 3) av metaller fra Svovelsyrefabrikken i liten grad påvirke konsentrasjonen av metaller i bunnen av Glomma, både fordi mesteparten transporteres ut i området utenfor og fordi andelen i utslippet er relativt lite i forhold til totaltransporten i Glomma.

Undersøkelser i nedre Glomma antyder imidlertid en effekt av Borregaards tidligere utslipp av jern (Nybakken, 1978) og kvikksølv (Skei, 1987). Det må imidlertid bemerkes at dette var i en periode da Borregaard slapp ut i størrelsesorden 200 ganger mer jern (i form av kisavbrand) og 100 ganger mer kvikksølv enn det som i dag slippes ut fra Svovelsyrefabrikken (tabell 3). Dagens utslipp fra Svovelsyrefabrikken (tabell 3) representerer således en helt annen situasjon.

Undersøkelser av sediment i Løperen viser at konsentrasjonen av både Fe, Zn og Cu (og andre) i sedimentet har økt siden preindustriell tid (Hektoen et al., 1992). Størst var økningen rundt 1940. Analysen antyder en markert nedgang i konsentrasjon av Zn (og andre) fra 1980 til 1990, mens konsentrasjonen av kobber og jern ikke hadde endret seg mye. Disse undersøkelser viser at en har en klar sedimentering av metallholdig industrirelatert partikulært materiale i estuariet innefor Hvalerøyene, og at nedgangen i utslipp av metaller over tid vil gi forbedringer i sedimentasjonsområdet. Det er åpenbart at de metallmengder som utslippet fra Svovelsyrefabrikken representerer, er forsvinnende små i forhold til det som idag transporteres med Glomma og det som tidligere er sluppet ut blant annet fra Borregaard.

Utslippet av Fe er også lite (3‰) i forhold til de utslippsreduksjoner som Kronos Titan A/S har gjennomført i perioden 1988 til 1993 (figur 1). Også for Cu og Zn er utslippet moderat (Cu: 10%, Zn: 2%) sammenlignet med utslippsreduksjonen foretatt av Kronos Titan A/S i samme periode (tabell 7).

Dette betyr at dagens utslipp fra Svovelsyrefabrikken i ubetydelig grad bidrar til å forsinke den forbedringstendensen en har sett antydnet i overflate-sediment i området (Hektoen et al., 1992), og som en i fremtiden forventer vil fortsette på grunnlag av utslippsreduksjonene til Kronos Titan A/S (se tabell 7 og figur 1).

Totalt sett kan en derfor konkludere med at utslippene av partikulært bundet jern og sannsynligvis også partikulært bundet Cu og Zn fra Svovelsyrefabrikken ikke vil påvirke sedimentene i Glomma og Hvalerområdet nevneverdig.

6. SAMLET VURDERING

Utslippene av metaller fra Svovelsyrefabrikken til Borregaard er meget små i forhold til totaltransporten i Glomma og anses pga. gunstige forhold for innblanding tilnærmet fullstendig blandet med elvevann i løpet av noen hundre meter.

Dersom en tar utgangspunkt i konsentrasjonen av metaller i Glomma (tabell 6) og lave vannføringstall (300 m³/s), vil den relative økningen forårsaket av utslippet ved fullstendig innblanding, ligge i størrelsesorden 1 - 4‰ for Cu, Zn, Hg, Pb, og Cr og 18‰ for Cd. Økningen i metallkonsentrasjon som avløpsvannet fra Svovelsyrefabrikken vil gi i Glomma ved full innblanding er således ubetydelige og vil neppe medføre detekterbare økninger av nivåer av metaller hverken i sediment, vann eller biota andre steder enn eventuelt ved utslippspunktets umiddelbare nærhet og der sannsynligvis kun i vann.

Utslippene av metaller er også små i forhold til de utslippsreduksjoner som tidligere (70 - 80-tallet) er foretatt av Borregaard og mer nylig (1988 - 90) av Kronos Titan A/S. Dette betyr at utslippene fra Svovelsyrefabrikken heller ikke i synlig grad vil forsinke eller redusere de miljøforbedringer som en har sett i Glommas munningsområde over perioden 1980 - 90, og som en også har sett etter 1990 (upubliserte pågående undersøkelser).

Miljøkvalitetskriterier for akvatiske organismer i ferskvann antyder at en kan få skader ved pH over ca. 9. Modelleringen viste at utslippet kan gi pH over 9 innenfor en avstand på mindre enn noen titalls meter fra utslippet dersom utslippet har en pH på mellom 10 og 11. Dette betyr at en i utslippsrørets umiddelbare nærhet kan ha effekter på akvatiske organismer. Ved fullstendig innblanding (4000x fortykning), vil økningen av pH i resipienten være mindre enn 0.01 pH-enheter. Utslipp med pH i område 6 - 10 vil neppe ha noen effekt overhode.

Totalt sett anses både mengden metaller og pH i dagens utslipp fra Borregaards Svovelsyrefabrikk (tabell 3) å være uten betydning for miljøforholdene i Glomma og estuariet utenfor.

En utvidelse av pH i utslippet fra 6 - 10 til 6 - 11 vil ikke få noen konsekvenser for miljøforholdene i Glomma med unntak av muligens i noen titalls meter nedstrøms utslippspunktet.

7. REFERANSER

- Alabaster, J.S. and R. Lloyd (eds.), 1982. Water Quality Criteria for Freshwater Fish. - 2nd ed., Butterworths, London, 361 pp.
- Berge, J.A., 1991. Miljøgifter i organismer i Hvaler/Kosterområdet. NIVA-rapport nr. 2669 (feilaktig trykket med l.nr. 2560), 192 s.
- Bokn, T., P. Brettum, S. Fredriksen, P. Jacobsen og T. Källqvist, 1989. Kronos Titan A/S. Effekter av tynnsyre på gruntvannsorganismer. NIVA-rapport nr. 2286, 101 s.
- Hektoen, H., A. Helland, K. Næs og B. Rygg, 1992. Overvåking av Hvaler - Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990. Sedimenterende materiale, bunnsedimenter, bøtbnns-fauna og diagnostisk undersøkelse av skrubbe. NIVA-rapport nr. 2791, 95 s.
- Holtan, H. og D.S. Rosland, 1992. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Kortversjon. Rapport nr. TA-905/1992 fra SFT, 32 s.
- Holtan, H. og D.S. Rosland, 1992. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Kortversjon. SFT-veiledning nr. 92:06, 32 s.
- Holtan, G., D. Berge, H. Holtan and T. Hopen, 1993. Paris Convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1992. A: Principles, results and discussions. B: Data report. SFT-report 542/93. NIVA-report O-90001/No.: 2964. 137 s.
- Howells, G. (ed.), 1994. Water Quality for Freshwater Fish. Further Advisory Criteria, Gordon and Breack Science Publishers, Singapore, 222 pp.
- Knutzen, J., 1988. Kronos Titan A/S. Analyse og karakterisering av belegg på strender i Løperen - Hvaler området. NIVA-rapport nr. 2107, 31 s.
- Knutzen, J. og J. Skei, 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sediment og organismer, samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rapport nr. 2540, 139 s.
- Knutzen, J., B. Rygg og I. Thélin, 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Virkninger av miljøgifter. Rapport nr. TA 923/1993 fra SFT, 20 s.
- Lingsten, L., 1982a. Rutineundersøkelser i Glåma i Østfold 1978-80. NIVA-rapport nr. 1380, 87s.
- Lingsten, L., 1982b. Rutineundersøkelser i Glåma i Østfold 1981. NIVA-rapport nr. 1409, 27s.
- Lingsten, L., 1983. Rutineundersøkelser i Glomma i Østfold 1982. NIVA-rapport nr. 1601, 20s.
- Lingsten, L., 1984. Rutineundersøkelser i Glomma i Østfold 1983. NIVA-rapport nr. 1678, 24 s.
- Miljøverndepartementet, 1992. Handlingsplan for Glomma, R-09, Hovedrapport. Rapport fra Miljøverndepartementet. ISBN 82-7243-874-7, 154 s. + bilag.
- Moy, F. og M. Walday, 1990. Effekter på nærmiljøet etter utslipp av konsentrert svovelsyre fra Kronos Titan A/S 9/4-1990. NIVA-rapport nr. 2443, 6 s.

- NIVA, 1970. En undersøkelse av Glomma i Østfold. Delrapport 5, Sammenfattende del. Rapport fra NIVA, O-217, 95 s.
- Notini, M., C. Monfeldt og L. Landner, 1987. Inventering av Blåstång, *Fucus vesiculosus*, och andra dominerande organismer på grundbottarna utanför Glommas utlopp, juni 1987. Rapport fra Svenska Miljöforskar Gruppen AB, 10 s. + tabeller og figurer.
- Nybakken, S., 1978. Vann og sedimenter fra nedre del av Glomma. Kjemisk undersøkelse av elvevann og porevann, og undersøkelse av tekstur, mineralogi og tungmetallinnhold i sedimentet. Hovedoppgave i geologi, Universitetet i Oslo.
- Rygg, B. og I. Thélin, 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon. Rapport nr. TA-922/1993 fra SFT, 20 s.
- Skei, J., 1987. Kronos Titan A/S. Overvåking av vannkvalitet og bunnsedimenter i nedre Glomma (Greåker - Løperen), april - september 1986. NIVA-rapport nr. 1981, 153 s.
- Wolff, E.W., J. Seager, V.A. Cooper og J. Orr, 1988. Proposed environmental quality standards for list II substances in water, pH. Water Research Center, TR 259.

VEDLEGG 1

KARTSKISSE AV GLOMMA MED ANVISNING AV UTSLIPPSLEDNING FRA SVOVELSYREFABRIKKEN



| | | |
|---|-------------|-----------------|
| P | Norske Skog | Chem Cell |
| O | BS | Trading PVAc |
| N | Energ | Miljø- og verne |
| M | Transport | BFC |
| L | Innkjøp | EuroVanillin |
| K | Lignolech | Persohal |
| J | Klor | |
| I | EU-utleie | |
| H | Persohal | |
| G | | |
| F | | |
| E | | |
| D | | |
| C | | |
| B | | |
| A | | |

VEDLEGG 2

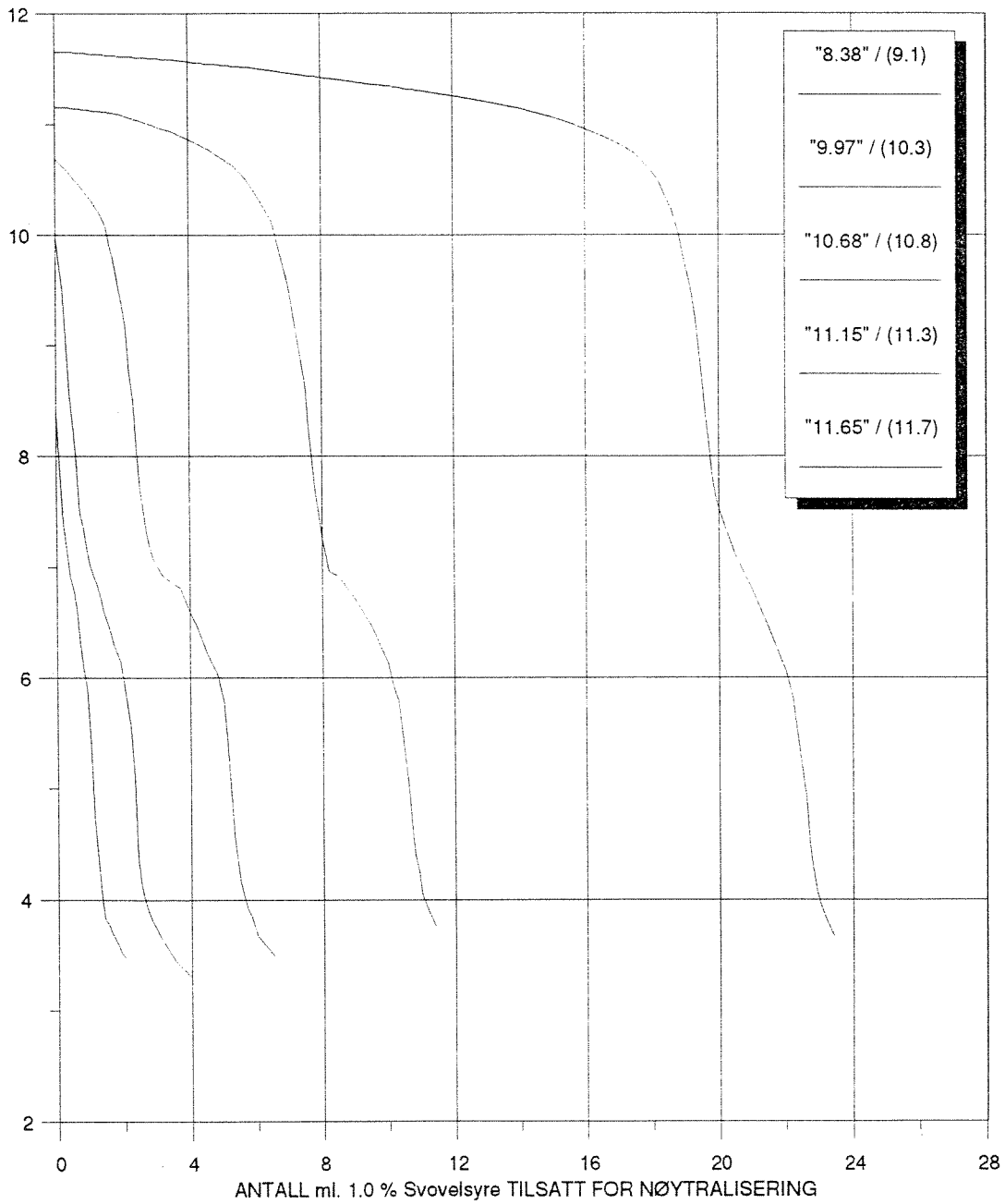
TITRERINGSKURVER FOR PRØVER AV UTSLIPPSVANN FRA SVOVELSYREFABRIKKEN MED pH MELLOM 10 OG 12 (OVERLEVERT AV BEDRIFTEN)

Nøytralisering av rensert vann fra samlestocken

NORMAL DRIFT PÅ KVELDEN, 500 ml. vannprøve

LØSNINGENS pH

"start pH" / (pH på film)





Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2578-1