

RAPPORT LNR 4418-2001

Kjemisk/økotoksikologisk karakterisering
av avløpsvann fra Sande
Paper Mill AS



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Kjemisk/økotoksikologisk karakterisering av avløpsvann fra Sande Paper Mill AS	Løpenr. (for bestilling) 4418	Dato 28.08.01
	Prosjektnr. Undernr. 21175	Sider Pris 34
Forfatter(e) Torsten Källqvist	Fagområde 37	Distribusjon
	Geografisk område Vestfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Kjeleforeningen Norsk Energi	Oppdragsreferanse Marit Borge-Skar
--	---------------------------------------

Sammendrag

Avløpsvann fra Sande Paper Mill AS papirfabrikk i Sande er blitt karakterisert ved kjemiske analyser og økotoksikologiske tester. En prøve av utgående avløpsvann fra fabrikk ble tatt i juli 2001. Prøvens innhold av organisk karbon var 315 mg/l. Innholdet av total fosfor og nitrogen var hhv. 0.6 og 2.3 mg/l. Konsentrasjonene av tungmetaller var lave.

Toksisitetstester med marine planktonalger (*Skeletonema costatum*) og krepsdyr (*Acartia tonsa*) viste giftighet ved høye konsentrasjoner av avløpsvann. EC₅₀ for veksthemming av *S. costatum* var 40% og LC₅₀ for *A. tonsa* 34% konsentrasjon av avløpsvann. Testene ble utført med tilsetning av salter for å unngå effekter av for lav saltholdighet i utfortynnet avløpsvann. Ingen dødelighet av fisk (piggvar) ble observert i 50% avløpsvann fortynnet i sjøvann.

En enkel risikoanalyse indikerer at avløpsvannet må fortynnes ca. 30 ganger for å unngå fare for akutt giftvirkning. Tilsvarende er fortynningsbehovet for å unngå kroniske gifteffekter ca. 60 ganger. På grunn av at utslippet skjer i åpent vann vil kroniske effekter kun ramme frittsvømmende organismer som aktivt oppholder seg i utslippsområdet.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Industriavløpsvann	1. Industrial waste water
2. Papirindustri	2. Pulp and Paper industry
3. Toksisitet	3. Toxicity
4. Kjemi	4. Chemistry


Prosjektleder


Forskningsleder
ISBN 82-557-4061-6


Forskningssjef

**Kjemisk/økotoksikologisk karakterisering av
avløpsvann fra Sande Paper Mill AS**

Forord

Kjeleforeningen Norsk Energi henvendte seg i juli 2001 til NIVA NIVA for å få utført en karakterisering av avløpsvann fra Sande Paper Mill, Sande i forbindelse med søknad om revidert utslippstillatelse. Opplegget for undersøkelsen ble foreslått 17 juli og bestilling ble mottatt 26 juli.

En prøve av avløpsvannet ble tatt 19 juli 2001 og mottatt på NIVA, Solbergstrand samme dag. Kjemiske analyser og økotoksikologiske tester av avløpsvannet ble foretatt på NIVAs laboratorier ved Solbergstrand Forskningsstasjon og i Oslo.

Oslo, 28.07.01

Torsten Källqvist

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Bakgrunn	7
2. Program for undersøkelsen	8
2.1 Prøvetaking	8
2.2 Kjemisk karakterisering	8
2.3 Økotoksikologisk karakterisering	9
2.3.1 Toksitetester	9
2.4 Prøvetaking	10
3. Resultat	11
3.1 Kjemisk karakterisering	11
3.2 Toksitetester	11
4. Diskusjon	13
5. Referanser	15
Vedlegg 1: Beskrivelse av produksjon, avløpssystemer og utslipp til vann	16
Vedlegg 2: Testrapporter	22

Sammendrag

Avløpsvann ved Sande Paper Mill AS i Sande er blitt karakterisert ved kjemiske analyser og økotoxikologiske tester. En prøve av utgående avløpsvannet fra fabrikkens i juli 2001. Avløpsvannet var fra produksjon av papir av typen testliner med 100 % returfiber som råstoff. Prøvens innhold av organisk karbon var 315 mg/l. Innholdet av total fosfor og nitrogen var hhv. 0.6 og 2.3 mg/l. Konsentrasjonene av tungmetaller var lave.

Toksisitetstester med marine planktonalger (*Skeletonema costatum*) og krepsdyr (*Acartia tonsa*) viste giftighet ved høye konsentrasjoner av avløpsvann. EC₅₀ for veksthemming av *S. costatum* var 40% og LC₅₀ for *A. tonsa* 34% konsentrasjon av avløpsvann. Testene ble utført med tilsetning av salter for å unngå effekter av for lav saltholdighet i ufortynnet avløpsvann. Ingen dødelighet av fisk (piggvar) ble observert i 50% avløpsvann fortynt i sjøvann.

Stabilisering av avløpsvannet ved biologisk nedbrytning ved 20 °C i 9 døgn førte til en reduksjon av giftvirkningen overfor alger. Dette tyder på at i hvert fall noen av de komponenter som bidrar til toksisiteten er nedbrytbare.

En enkel risikoanalyse indikerer at avløpsvannet må fortynnes ca. 30 ganger for å unngå fare for akutt giftvirkning. Tilsvarende er fortynningsbehovet for å unngå kroniske gifteffekter ca. 60 ganger. På grunn av at utslippet skjer i åpent vann vil kroniske effekter kun ramme frittsvømmende organismer som aktivt oppholder seg i utslippsområdet.

Summary

Title: Chemical/ecotoxicological characterization of wastewater from Sande Paper Mill AS

Year: 2001

Author: Torsten Källqvist

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4061-6

Wastewater from Sande Paper Mill, located in S-E Norway has been characterized by chemical analyses and ecotoxicological testing. A sample of the effluent from the plant was taken in July 2001. The content of total organic carbon was 315 mg/l. The contents of total phosphorus and total nitrogen were 0.6 and 2.3 mg/l respectively. The concentrations of heavy metals were low.

Toxicity tests with marine plankton algae (*Skeletonema costatum*) and crustacean zooplankton (*Acartia tonsa*) showed toxic effects at high concentrations of the wastewater to which salts had been added to compensate for the low salinity. The 72 h EC₅₀ for growth inhibition of *S. costatum* was at 40% wastewater concentration, and 48 h LC₅₀ for *A. tonsa* was 34 %. No lethality of turbot (*Scophthalmus maximus*) was observed after 96 hours exposure at up to 50% concentration of wastewater in seawater.

Stabilisation of the wastewater through storage at 20 °C for nine days caused a reduction of the toxicity to algae, probably as a result of biological degradation of toxic components.

A simple risk analysis indicated that approx. 30 times dilution is required to avoid acute toxic effects in the receiving water. To avoid chronic toxicity, approx. 60 times dilution is required. Since the wastewater is discharged in the pelagic zone, only organisms that actively stay near the outlet are likely to show chronic effects.

1. Bakgrunn

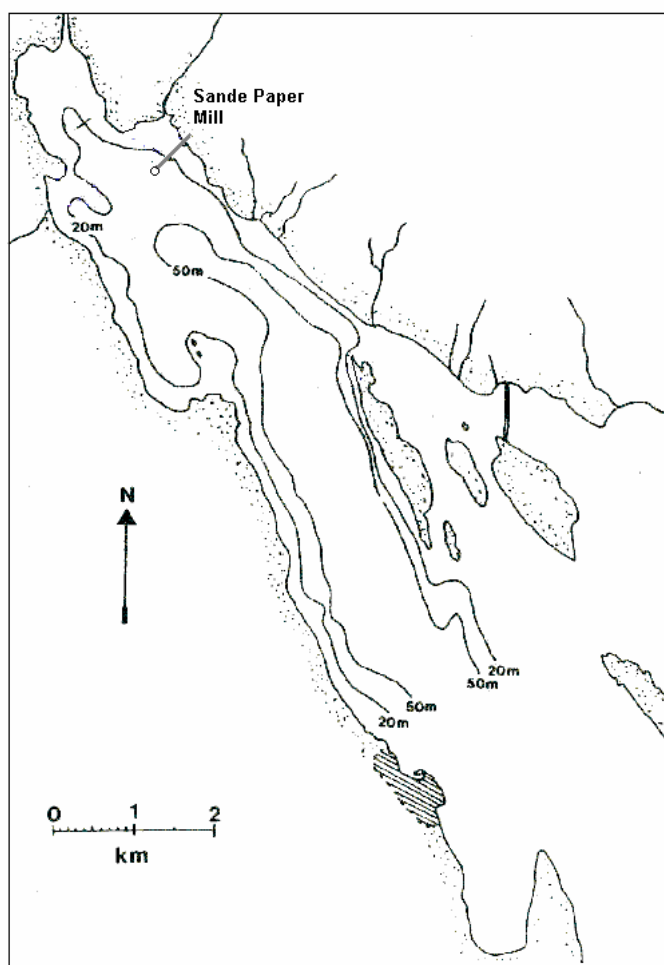
Produksjonen ved Sande Paper Mill skjer som kampanjer, med papirkvalitetene "halvkjemisk fluting" og "testliner". Ved produksjon av fluting benyttes 75 % flis + 25 % returfiber, hovedsaklig brun papp og papir samt noe melkekartong. Ved produksjon av testliner og wellenstoff benyttes 100 % returfiber, hovedsaklig brun papp og papir samt noe melkekartong.

Den foreliggende undersøkelsen omfatter kun avløpsvann fra papirproduksjon basert på returmasse. Returmassen fremstilles ved pulping av returpapir med oppvarmet bakvann fra papirmaskinen. Massesuspensjonen siles og renses i flere trinn. Vannstrømmen med fraseparert materiale (rejektet) ledes til renseanlegget.

I papirmaskinen siles og presses massen til papir. Alt bakvann fra papirmaskinene går via bakvannssystemet og benyttes i stor grad som prosess i resten av fabrikk. Overskuddet går til vannrenseanlegget.

Renseanlegget består av to skivefiltere, utjevningstank, silbåndspresse og flotasjonsanlegg. Flotasjonsanlegget har en kapasitet på 3000 l/min. Ved normal produksjon er belastningen ca. 2700 l/min. Flotasjonsanlegget er utstyrt med 12 stk nålventiler, hvor det blåses inn luft. Suspendert materiale og delvis oppløst organisk materiale skummes av fra toppen ved hjelp av skyfler/skraper. Det tilsettes ikke kjemikalier i flotasjonsanlegget. Slammet fra flotasjonsanlegget pumpes til en silbåndspresse og avvannes. Filtratet pumpes tilbake til flotasjonsanlegget.

Det rensede vannet ledes via prøvestasjon "KOF-avløp" hvor avløpsmengden måles ved hjelp av en parshall-renne og hvor det er innstallert en mengdeproporsjonal prøvehenter. Avløpet føres via en utjevnings-/avløftningstank og ut i utslippsledningen i Sandebukta. Avløpsledningen, som går 500 meter ut i vestlig retning, har en 15 m lang diffusor med 13 hull (diameter 100 mm). Avløpsvannet slippes ut på ca. 5 meters dyp. Totaldybden på utslippsstedet er ca. 40 m. Utslippsstedet er markert på kartskissen i Figur 1. Teknisk beskrivelse av prosesser og avløpssystem er gitt i vedlegg 1.



Figur 1. Kartskisse over Sandebukta med markering av utslippsstedet for avløpsvann fra Sande Paper Mill.

2. Program for undersøkelsen

2.1 Prøvetaking

En øyeblikksprøve av avløpsvannet fra prøvestasjonen (KOF avløp) ble tatt 19 juli 2001. Avløpet var fra produksjon av testliner med 100 % returfiber som råstoff.

Avløpsmengden når prøven ble tatt ut i ved KOF avløpet var 37 l/sek, som tilsvarer 3200 m³/døgn. Totalt avløpsmengde i KOF avløpet dette døgnet utgjorde 4176 m³/døgn.

2.2 Kjemisk karakterisering

Den kjemiske karakteriseringen omfatter samleparametre som gir viktig basisinformasjon om utslippets innhold av organisk stoff, løst og suspendert materiale og næringssalter. I tillegg er det utført analyse av metaller. Spesifikke analyser av organiske komponenter i avløpsvannet er ikke foretatt.

Sammenfatningsvis omfattet den kjemiske karakteriseringen følgende analyser:

	Analysemetode
pH verdi	NS 4720
konduktivitet	NS-ISO 7888
kjemisk oksygenforbruk (COD _{Cr})	NS 4748
biokjemisk oksygenforbruk (BOD ₅ , BOD ₇)	NS 4749
totalt organisk karbon (TOC)	NS-ISO 8245
løst organisk karbon (DOC)	NS-ISO 8245
suspendert materiale	NS 4733
total nitrogen	NS 4743
total fosfor	NS 4725
tungmetaller (Cu, Cr, Ni, Cd, Pb, Zn)	ICP, ISO/DIS 11885
kvikksølv	Perkin Elmer FIMS-400

2.3 Økotoksikologisk karakterisering

Økotoksikologisk karakterisering av industriavløpsvann blir utført for å finne ut om det inneholder komponenter som kan ha miljøskadelige effekter. Avgjørende egenskaper i denne forbindelse er giftighet eller toksisitet, nedbrytbarhet og bioakkumuleringspotensiale. Biologiske tester er utviklet for å undersøke disse egenskaper hos kjemikalier og sammensatte avløpsvann. Karakteriseringen av avløpsvannet har bare omfattet undersøkelse av toksisitet.

2.3.1 Toksisitetstester

Ved undersøkelser av kjemikaliers eller avløpsvanns gifteffekter på vannlevende organismer er det vanlig å bruke et batteri av testorganismer fra ulike viktige organismegrupper fordi det kan forekomme stor forskjell i følsomhet mellom ulike organismer. Den mest benyttede testkombinasjonen er giftighetstester med mikroorganismer, alger, krepsdyr og fisk. I tillegg til at disse organismene representerer ulike fylogenetiske grupper og derfor kan ventes å reagere forskjellig på en giftpåvirkning, så representerer de samtidig ulike ledd i en næringskjede. Algene er planter og de viktigste primærprodusentene i de fleste akvatiske økosystemer. Planktonkreps lever av planktonalger og representerer derfor det første konsumentleddet. Fisken lever av bl. a. krepsdyr og er dermed et annet konsumentledd. Testene kan utføres med ferskvanns- eller marine organismer avhengig av om utslippet som skal karakteriseres går til ferskvann eller sjøvann. Det aktuelle avløpsvannet fra Sande Paper Mill slippes Sandebukta i Ytre Oslofjord. Det ble derfor benyttet marine testorganismer ved toksisitetstestene.

Toksisitetstestene utføres ved at testorganismene eksponeres for en konsentrasjonsserie av avløpsvannet fortynnet i et kontrollvann. Testorganismenes respons (f. eks. vekst eller dødelighet) blir så målt over en viss tid. Resultatene kan tegnes opp i et konsentrasjon/responsdiagram, som viser hvordan gifteffekten endres med konsentrasjonen av teststoffet. Fra responsdiagrammet kan den konsentrasjon som gir 50% effekt på den målte responsen avleses. Denne konsentrasjonen betegnes LC₅₀, hvis den målte respons er dødelighet (letalitet) eller EC₅₀, hvis andre responser enn dødelighet, s.k. subletale responser blir undersøkt (f. eks. vekst). EC står her for "effect concentration".

Analogt med LC_{50} og EC_{50} representerer LC_{10} og EC_{10} de konsentrasjoner som gir 10% dødelighet eller effekt på testorganismene.

Toksisitetstesten med sjøvannsalger ble utført i henhold til ISO 10253 "Marine Algal growth inhibition test", med *Skeletonema costatum* som testorganisme. En konsentrasjonsserie av prøven i et algevekstmedium ble podet med aktivt voksende testalger fra en stamkultur og inkubert under standard betingelser på et gyngebord med kontinuerlig belysning. For å kunne undersøke toksisiteten ved høye konsentrasjoner av avløpsvann uten at algene ble påvirket av lav salinitet ble salter tilsvarende naturlig sjøvann tilsatt avløpsvannet slik at saltholdigheten var lik i alle konsentrasjoner som ble testet.

Veksten i kulturene ble fulgt ved telling av algeceller etter 24, 48 og 72 timer. Fra vekstkurvene kan man se om veksten har vært hemmet i forhold til kontrollkulturene under noen del av eksponeringstiden. Algenes veksthastighet ble beregnet fra økningen i antall celler fra start til slutt (3 døgn). Veksthastighetene ved ulike konsentrasjoner av avløpsvannet ble tegnet opp i et konsentrasjon/responsdiagram. En responskurve ble tilpasset observasjonspunktene ved ikke-lineær regresjon og fra denne ble EC_{50} -verdien avledet.

For å undersøke om toksisiteten ble redusert som følge av biologisk nedbrytning eller fordampning av flyktige komponenter ble en delprøve av avløpsvannet satt på risting i 9 døgn for stabilisering og deretter testet på nytt med *S. costatum*.

Giftighetstesten med krepsdyr (*Acartia tonsa*) ble gjort i henhold til ISO 14669 "Determination of acute lethal toxicity to marine copepods (Copepoda, Crustacea). Ca. tre uker gamle forsøksdyr ble eksponert i en konsentrasjonsserie av avløpsvannet, og antall overlevende etter 24 og 48 timer ble registrert. Salter ble tilsatt for å opprettholde lik salinitet i konsentrasjonsserien. Testen ble utført ved 20 °C. Etter 24 og 48 timer ble antall døde dyr registrert. LC_{50} -verdien ble beregnet ved probit-analyse.

Giftighetstesten med fisk ble utført i overensstemmelse med PARCOM-test for offshore-kjemikalier. Testorganismen var piggvar (*Scophthalmus maximus*). Dødeligheten av fisken ble undersøkt over 4 døgn i avløpsvann fortynnet til 10, 30 og 50% konsentrasjon i naturlig sjøvann fra Oslofjorden. Fiskene ble overført til ny testløsning hvert døgn (semistatisk metode). Fisketesten ble utført uten tilsetning av salter.

2.4 Prøvetaking

En prøve av utgående avløpsvann fra Sande Paper Mill ble tatt av Kjeleforeningen 19 juli 2001 og transportert til NIVAs forskningsstasjon, Solbergstrand samme dag. Delprøver til toksisitetstester og kjemiske analyser ble tatt ut påfølgende dag. Vannprøvene ble oppbevart i kjølerom ved temperatur 2-5 °C i intill tre døgn før toksisitetstester med alger og krepsdyr ble startet. Delprøver til tester som ble startet senere ble oppbevart frosset ved -20 °C. Delprøver til kjemiske analyser ble tatt ut og konserverte dagen etter prøvetaking.

3. Resultat

3.1 Kjemisk karakterisering

Resultatene av de kjemiske analysene av avløpsvannet er sammenstillet i **Tabell 1**. Avløpsvannet har en svakt sur pH-verdi. Konduktiviteten tyder på at innholdet av mineralsalter er ca. 450 mg/l. Det kjemiske oksygenforbruket (874 mg/l) og konsentrasjonen av totalt organisk karbon (315 mg/l) viser at avløpsvannet inneholder forholdsvis mye organisk materiale, hovedsakelig i løst form. Det biokjemiske oksygenforbruket (BOD₇) er 57% av det kjemiske oksygenforbruket. Det betyr at hovedparten av det organiske materialet er lett nedbrytbart. Innholdet av suspendert materiale var 71 mg/l. Av tungmetallene er det bare kobber og sink som opptrer over deteksjonsgrensen for analysen med hhv. 14 og 42 µg/l.

Tabell 1. Resultat av kjemiske analyser av avløpsvann.

pH	5.4	
konduktivitet	70.1	mS/m
suspendert tørrstoff	71	mg/l
Total fosfor	600	µg/l
Total nitrogen	2.3	mg/l
Total organisk karbon	315	mg/l
Løst organisk karbon	309	mg/l
Kjemisk oksygenforbruk (KOF _{Cr})	874	mg/l
Biokjemisk oksygenforbruk (BOF ₅)	430	mg/l
Biokjemisk oksygenforbruk (BOF ₇)	500	mg/l
Kadmium (Cd)	<5	µg/l
Krom (Cr)	<5	µg/l
Kobber (Cu)	14	µg/l
Kvikksølv (Hg)	<0.1	µg/l
Nikkel (Ni)	<5	µg/l
Bly (Pb)	<10	µg/l
Sink (Zn)	42	µg/l

3.2 Toksisitetstester

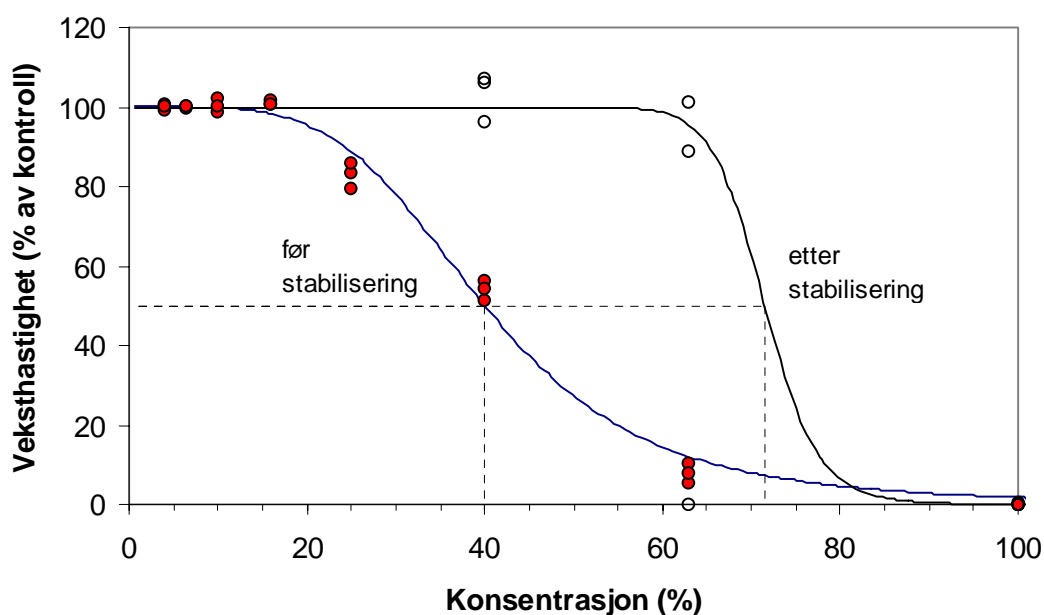
Resultatene av toksisitetstestene med alger (*Skeletonema costatum*), krepsdyr (*Acartia tonsa*) og fisk (piggvar, *Scophthalmus maximus*) er sammenstilt i **Tabell 2**. Fullstendige testrapporter fins i vedlegg 1.

Tabell 2. Resultater av toksisitetstester av avløpsvann.

Organisme	Konsentrasjon avløpsvann	
<i>Skeletonema costatum</i>	EC ₅₀ 72 timer	40 %
<i>Acartia tonsa</i>	LC ₅₀ 48 timer	34 %
<i>Scopthalmus maximus</i>	LC ₅₀ 96 timer	>50 %

I algetesten ble det observert en svak stimulering av algeveksten i forhold til kontrollen ved konsentrasjoner opp til 16 % avløpsvann. Ved høyere konsentrasjoner ble algeveksten hemmet. EC₅₀ for hemming av veksthastighet ble beregnet til 40% og EC₁₀ til 24% konsentrasjon av avløpsvannet.

Ved algetesten ble det observert bakterievekst i kulturene ved de høyeste konsentrasjonene av avløpsvann. En delprøve av avløpsvannet som var tilsatt salter og algevekstmedium ble satt på risting i mørke ved 20 °C i 9 døgn. Etter sentrifugering og filtrering for å fjerne bakterieveksten ble en ny algetest foretatt på denne prøven. Toksisiteten i prøven etter 9 døgns stabilisering var lavere enn i den opprinnelige prøven. Ingen veksthemming ble registrert opp til 63% konsentrasjon, men veksten var fullstendig inhibert ved 100%. EC₅₀ ble bestemt til 72 % og EC₁₀ til 65%. En sammenligning av konsentrasjon/responskurvene ved algetestene før og etter stabilisering er vist i Figur 2.



Figur 2. Effekten av avløpsvann fra Sande Paper Mill på veksthastigheten til sjøvannsalgen *Skeletonema costatum* før og etter 9 døgns stabilisering.

Ved toksisitetstesten med piggvar, som ble utført ved konsentrasjonene 10, 30 og 50% avløpsvann ble det ikke registrert dødelighet eller andre effekter på fisken i noen av akvariene i løpet av testperioden (4 døgn). Det ble ikke tilsatt salter, og høyere konsentrasjoner av avløpsvannet ble ikke testet fordi fisken da ville blitt påvirket av lav saltholdighet. LC₅₀-verdien kan derfor ikke beregnes. Når det ikke ble registrert noen effekter på fisken ved 50% konsentrasjon tyder det på piggvar er mindre følsom for avløpsvannet enn de andre testorganismene.

4. Diskusjon

Karakteriseringen viser at avløpsvannet fra Sande Paper Mill inneholder organisk materiale som gir utslag i kjemisk oksygenforbruk. Forholdet mellom det kjemiske oksygenforbruket (KOF) og innholdet av totalt organisk karbon (TOC) er normalt. Avløpsvannet er turbid som følge av suspendert tørrstoff (71 mg/l), trolig mest i form av papirfibre. Likevel er det liten forskjell i konsentrasjonen av totalt og løst organisk karbon. Dette skyldes at analysemetoden ikke gir fullstendig oksidasjon av det suspenderte organiske materialet. KOF- og TOC-verdiene er 2-3 ganger høyere enn hva som er vanlig i urensset kommunalt avløpsvann. Det høye biokjemiske oksygenforbruket ($BOF_7 = 500$ mg/l) viser at mesteparten av det organiske materialet er lett nedbrytbart.

Av metallene som er undersøkt, ble bare sink og kopper påvist over deteksjonsgrensen for analysen. Konsentrasjonene av sink (42 μ g/l) og kobber (14 μ g/l) er lave og utgjør ingen miljørisiko i resipienten.

Utslippsmengdene av bestemte komponenter beregnet fra konsentrasjonen i avløpsvannet og målt vannføring i avløpet er vist i Tabell 3. Beregningene er utført dels for den aktuelle vannføringen ved prøvetakingstilfellet og for målt døgnvannføring den dagen prøven ble tatt.

Tabell 3. Beregnede utslippsmengder for stoffer i avløpsvannet. Beregningene er basert på målt vannføring ved prøvetakingstidpunktet (3200 m³/d) og døgnvannføringen den dagen prøven ble tatt ut (4176 m³/d).

Parameter	Konsentrasjon	Utslippsmengde	
		(3200 m ³ /d)	(4176 m ³ /d)
KOF	874 mg/l	2797 kg/d	3650 kg/d
BOF ₅	430 mg/l	1360 kg/d	1925 kg/d
BOF ₇	500 mg/l	1600 kg/d	2088 kg/d
TOC	315 mg/l	1008 kg/d	1315 kg/d
Suspendert tørrstoff	71 mg/l	227 kg/d	297 kg/d
Tot. P	0.6 mg/l	1.92 kg/d	2.51 kg/d
Tot. N	2.3 mg/l	7.36 kg/d	9.60 kg/d
Cu	14 μ g/l	0.048 kg/d	0.058 kg/d
Zn	42 μ g/l	0.134 kg/d	0.180 kg/d

Sammenlignet med kommunalt avløpsvann (før rensing) tilsvarer utslippsmengdene 1200 -1600 personekvivalenter for fosfor og 600-800 personekvivalenter for nitrogen.

Det biokjemiske oksygenforbruket (BOF_7) utgjør ca. 1600-2100 kg/d. Beregning av utslippets betydning for oksygenforholdene i resipienten krever kjennskap til de lokale fortynnings- og spredningsforhold, men fortynningsbehovet for å unngå kritisk lave oksygenkonsentrasjoner i resipienten kan anslås grovt på det eksisterende datagrunnlaget. Dersom man antar at det totale oksygenforbruket i løpet av 5 døgn, som er 1925 kg/d er jevnt fordelt over tid, blir forbruket per døgn 385 kg O₂. Videre antas at oksygenkonsentrasjonen i fortynningsvannet er 8 mg/l. Kritisk grense for oksygen kan settes til 4 mg/l. Hver liter av fortynningsvannet kan altså bidra med 4 mg O₂ til

nedbrytning av organisk stoff i avløpsvannet. Fortynningsbehovet for hele utslippet blir da 96250 m³/d.

Toksisitetstestene tyder på en viss toksisk effekt på alger og krepsdyr ved høye konsentrasjoner av avløpsvannet. Konsentrasjonen av metaller som ble funnet ved analysene er for lave til å kunne forklare gifteffekten. Det er derfor trolig at toksisiteten skyldes organiske komponenter i avløpsvannet.

Reduksjonen av gifteffekten som ble observert ved 9 døgns stabilisering viser at de toksiske komponentene i hvert fall delvis blir fjernet over tid. Årsaken til den reduserte gifteffekten er trolig biologisk nedbrytning. Kvantifisering av toksisitetreduksjonen er usikker fordi formen på responskurvene før og etter stabilisering er forskjellig (se fig). Dersom man tar utgangspunkt i EC₅₀-verdiene reduseres toksisiteten med ca. 45% ved 9 døgns stabilisering.

Resultatene av toksisitetstestene tyder på at avløpsvannet må fortynnes ca. 10 ganger for å unngå gifteffekter på den mest følsomme av de benyttede testorganismene, krepsdyret *Acartia tonsa*. Fordi man må regne med at enkelte organismer kan være mer følsomme enn de som er testet, og at effekter ved langtidseksponering kan opptre ved lavere konsentrasjoner enn hva som gir akutte gifteffekter er det vanlig å benytte usikkerhetsfaktorer for beregning av "null-effektkonsentrasjon" i resipienten (PNEC= predicted no effect concentration) på grunnlag av toksisitetstester med enkeltarter. I samsvar med praksisen fra Danmark (Pedersen et al. 1994), er det foreslått retningslinjer for beregning av PNEC for avløpsvann (SFT 2000). Når man har data fra tester med alger, krepsdyr og fisk er usikkerhetsfaktoren for PNEC_{akutt} satt til 10. Usikkerhetsfaktoren tar hensyn til forskjeller i følsomhet hos ulike organismer. PNEC_{akutt} beregnes ved å dividere den laveste EC₅₀- eller LC₅₀-verdien med usikkerhetsfaktoren. For å beregne null-effektkonsentrasjonen for kroniske effekter må man i tillegg ta hensyn til at kroniske effekter vanligvis opptrer ved lavere konsentrasjoner enn akutte effekter. Usikkerhetsfaktoren økes derfor til 20.

Beregninger av PNEC-verdier for utslippet fra Sande Paper Mill:

$$\text{PNEC}_{\text{akutt}} = \frac{34}{10} = 3.4 \%$$

$$\text{PNEC}_{\text{kronisk}} = \frac{3.4}{20} = 1.7 \%$$

Fortynningsbehovet for å komme under PNEC_{akutt} er således ca 30 ggr. og PNEC_{kronisk} 60 ganger. Dersom utslippet er på 37 l/s kreves altså ca. 2.2 m³/s fortynningsvann.

Beregningen indikerer at akutte toksiske effekter kan oppstå i en sone utenfor utslippes punkten hvor fortynningsgraden er mindre enn ca. 30 ganger. I området hvor fortynningen er mindre enn 60 ganger foreligger fare for kroniske effekter. Spredningsberegninger av avløpsvannet i resipienten vil kunne vise omfanget av disse effekt-sonene.

Det presiseres at denne enkle risikoanalysen bare angir konsentrasjonsintervaller som kan gi toksiske effekter. Hvorvidt gifteffekter faktisk forekommer i resipienten avhenger av i hveiket omfang ulike organismer oppholder seg i risikozonen. Ved at utslippet skjer i pelagialen vil ingen bunnområder med stasjonær flora og fauna bli berørt. Planktonorganismer som driver inn i det berørte området vil oppleve en eksponering som minker over tid etterhvert som avløpsvannet fortynnes. Faren for at de blir eksponert lenge nok til at kroniske effekter oppstår blir derfor bedømt som liten. For disse

organismene ventes effektene være begrenset til området hvor fortynningen av avløpsvannet er mindre enn 30 ganger.

For større pelagiske organismer (f.eks. fisk) foreligger muligheten for lengre eksponering til konsentrasjoner som kan gi kroniske effekter, dersom de aktivt oppholder seg i området hvor fortynningen er mindre enn ca. 60 ganger. Dette vil altså ikke skje dersom fisken beveger seg vilkårlig rundt i området, eller dersom de aktivt unnviker utslippsområdet.

Avløpsvannets totale gifteffekt kan også uttrykkes som "Toxicity emission factor" eller TEF. TEF er et uttrykk for utslippets totale toksisitetspotensial, uavhengig av resipientforhold og derfor egnet for sammeligninger av ulike utlipp f. eks. innen en bransje. TEF-verdien beregnes ved å multiplisere avløpsvannets toksisitet med utslippsmengden (Q). Dette krever at EC/LC₅₀-verdiene omregnes til en enhet (TU) som gir økende verdi med økende giftighet. TU beregnes som:

$$TU = \frac{100}{EC / LC_{50}} \quad \text{med EC/LC}_{50} \text{ angitt som \% konsentrasjon}$$

TEF verdien beregnes som:

$$TEF = TU * Q \quad \text{med Q angitt f.eks. som m}^3/\text{time}$$

Vannføringen i utslippet den dagen prøven ble tatt ble målt til 4176 m³/døgn eller 174 m³/time. Med utgangspunkt i den laveste (E(L)C₅₀-verdien (34%, *Acartia tonsa*) blir TEF for avløpsvannet fra Sande Paper Mill:

$$TEF = \frac{100}{34} * 174 = 512 \text{ per time eller } 12280 \text{ per døgn.}$$

5. Referanser

Pedersen, F., A. Damborg og P. Kristensen (1994): Industrispildevands miljøfarlighed. Miljøstyrelsen, Miljøprosjekt nr. 260, 74 pp.

SFT 2000: Økotoksikologisk undersøkelse av industriavløp. Økotoksikologisk risikovurdering - Veiledning - Del I. SFT 1750/2000, 79 s.

VEDLEGG 1

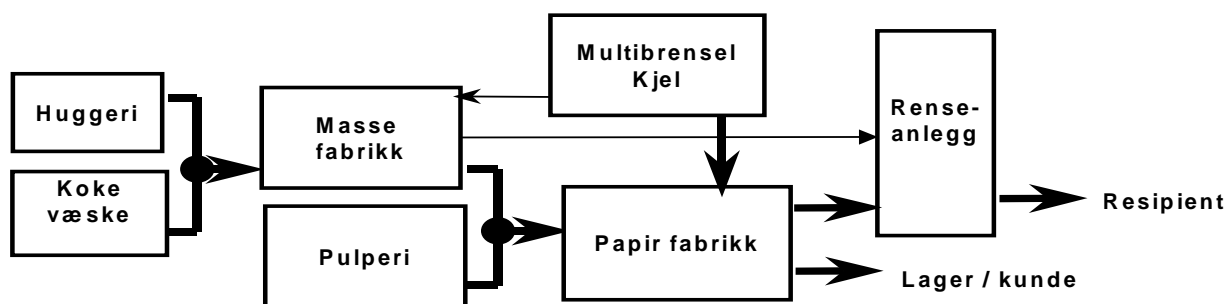
Beskrivelse av prosesser, avløpssystemer og utslipp til vann

**Sammenstilt av
Marit Borge-Skar
Norsk Energi**

1. Beskrivelse av produksjons- og renseanlegg.

Sande Paper Mill (SPM) produserer kampanjevis masse fra rundvirke av bjørk og returfiber fra brun papp/ papir. Etter hugging til flis fremstilles halvkjemisk tremasse ved koking og etterfølgende raffinering. Fra halvkjemisk masse produseres fluting. Ved produksjon av testliner og wellenstoff benyttes 100 % returfiber. Da avløpet som er karakterisert og testet er fra kampanjekjøring ved 100 % returfiberbasert produksjon er det kun denne prosessen som er beskrevet her. Prosessen for papirproduksjon er lik for begge massetyper. Figur 1.1 viser en enkel prosesskisse over produksjonsavdelingene.

Figur 1.1 viser enkel prosesskisse over produksjonen



Innsatsstoffer ved 100 % returfiberbasert produksjon er satt opp i tabell 1.1 nedenfor.

Tabell 1.1 Råstoff- og kjemikalieforbruket ved maksimal produksjon 100 % returfiberbasert (120.000 årstonn)

Innsatsfaktor	Spesifikt forb. [kg/tonn]	Totalmengde per år	Merknader
Returfiber	1166	140.000 tonn	Min. 85 % bølgepapp
Aluminiumsulfat (Al ₂ (SO ₄) ₃)	12,5	1.200 tonn	Alun
Lim	12	1.450 tonn	Benyttes ikke ved wellenstoff prod.
NP	7,5	900 tonn	
Stivelse	15	1.800 tonn	
Farge	2,9	350 tonn	
Bekdispergering	0,6	75 tonn	
Avfetting	0,025	3 tonn	
Filtvask	0,5	60 tonn	

1.1 Fremstilling av returmasse og papp/papir.

Pulperiet har i dag en kapasitet på i overkant av 150.000 tonn/år, dvs. ca 400 tonn/døgn. Returpapir slåes opp i pulperen ved tilsatts av oppvarmet bakvann fra papirmaskinen. Massesuspensjonen pumpes via flere parallell- og seriekoblede siler og filtre før opp-pumping til papirfabrikkens massetårn (1200 m³). Tørrstoffinnholdet er nå ca. 4 %. Avdelingen er utstyrt med flere masse- og buffertanker.

Grovere forurensninger fra pulperen og sluttrejektet fra silene føres til skivefilter og rejeptpresse i avløpsrenseanlegget før det går til forbrenning i bedriftens multibrenselkjel eller deponeres på godkjent deponi. Filtratet ledes til flotasjonsanlegget.

Vann til pulperiet resirkuleres hovedsakelig fra bakvannssystemet på papirmaskinen og benyttes til oppslåing i pulperen og fortynning av massestrømmer i sileriet.

Sande Paper Mill har en papirmaskin. Maskinen har en årlig kapasitet på 90 000 tonn fluting eller 120 000 tonn returfiberbasert produksjon. Fra massetårnet pumpes masse via to parallelle linjer (I/ II), til papirmaskinens primær- og sekundærinnløpskasse. Masselinjene er utstyrt med møller, "maskinkummer", "viregraver" og parallellkoblede trommelsiler. Massekonsistensen inn på papirmaskinens innløpskasser er ca. 1%. Akseptet fra linje I og II føres til henholdsvis primær- og sekundær innløpskasse.

Rejekt fra trommelsilene føres via flere rejektsiler. Akseptet føres tilbake til viregrav linje II, mens rejektet føres via plansil og sykron til Vargofiltere i avløpsrenseanlegget.

Massen "legges" på papirmaskinens vireparti via primær- og sekundær innløpskasse. Etter virepartiet og presspartiet har papirbanen et tørrstoff på ca. 38-42 %, avhengig av om det er fluting eller testliner som produseres. Vire -og presspartiet utgjør våtpartiet på papirmaskinen.

Tørrenden består av ei tørkehette med 40 tørkesylindere. Etter tørkehetta har papiret et tørrstoff innhold på ca. 92 %. Vann som følger papirbanen inn på tørkehetta, går over tak som vanddamp.

Alt vann fra våtpartiet på papirmaskinen ledes til viregravene hvor noe benyttes som spevann i papirmaskinavdelingen. Overskuddsvannet fra våtpartiet, ca. 3.500 l/min, går til det "det store bakvannssystemet" for gjenbruk i andre avdelinger. Overskuddsvann fra bakvannssystemet føres via renseanlegget til resipient.

1.2 Bakvannssystemet

Noe av bakvannet pumpes via buesil til utjevningstanken, hvorfra renset bakvann benyttes som prosessvann på papirmaskinen og som spevann i avdelingene pulperi og halvkjemisk masse. Overskuddsvannet fra buesilen går via overskudds vannkum til en buffertank for bakvann på 800 m³. Alle tanker og kummer i bakvannssystemet er nivåregulerte og utslippene til resipient styres av nivå i den store buffertanken.

Delstrømmer av bakvannet pumpes til to stk. Vargofiltre, over et planfilter til egen kum for dobbeltrenset vann. Dette er det reneste vannet i bakvannssystemet og kan enkelte steder benyttes som tetningsvann. Dette utgjør en ferskvannsbeparelse på ca. 1000 liter per min. Overskuddsvannet fra Vargofiltrene går til flotasjonsanlegget og utgjør hoveddelen av avløpsvannet.

1.3 Avløpsrenseanlegg.

Bedriftens prosessavløpsvann oppstår i avdelingene for halvkjemisk masse, pulperi, sileri og papirmaskinen.

Bedriftens avløpsrenseanlegg består av to Vargofiltre, to skivefiltre, utjevningstanker, buffertanker, flotasjonsanlegg, silbåndpresse og to målestasjoner (på bedriften kaldt "KOF- og Susp-avløp"). Målestasjonene er begge utstyrt med Parshallrenner for mengdemåling og mengdeproposjonale prøveopphentere.

Overskuddsvann fra bakvannssystemet føres via Vargofilterene (påleggsfiltre) og buesil til utjevningstank og flotasjonsanlegg.

Til skivefiltrene føres rejekt fra syklonene i papirmaskinavdelingen, rejekt fra tertiærslil i pulperiet og diverse avløp (gulvkanaler) i fabrikk. Filtratet fra skivefiltrene går via en sandsyklon til flotasjonsanlegget. Fiberkaka ledes til silbåndpresse.

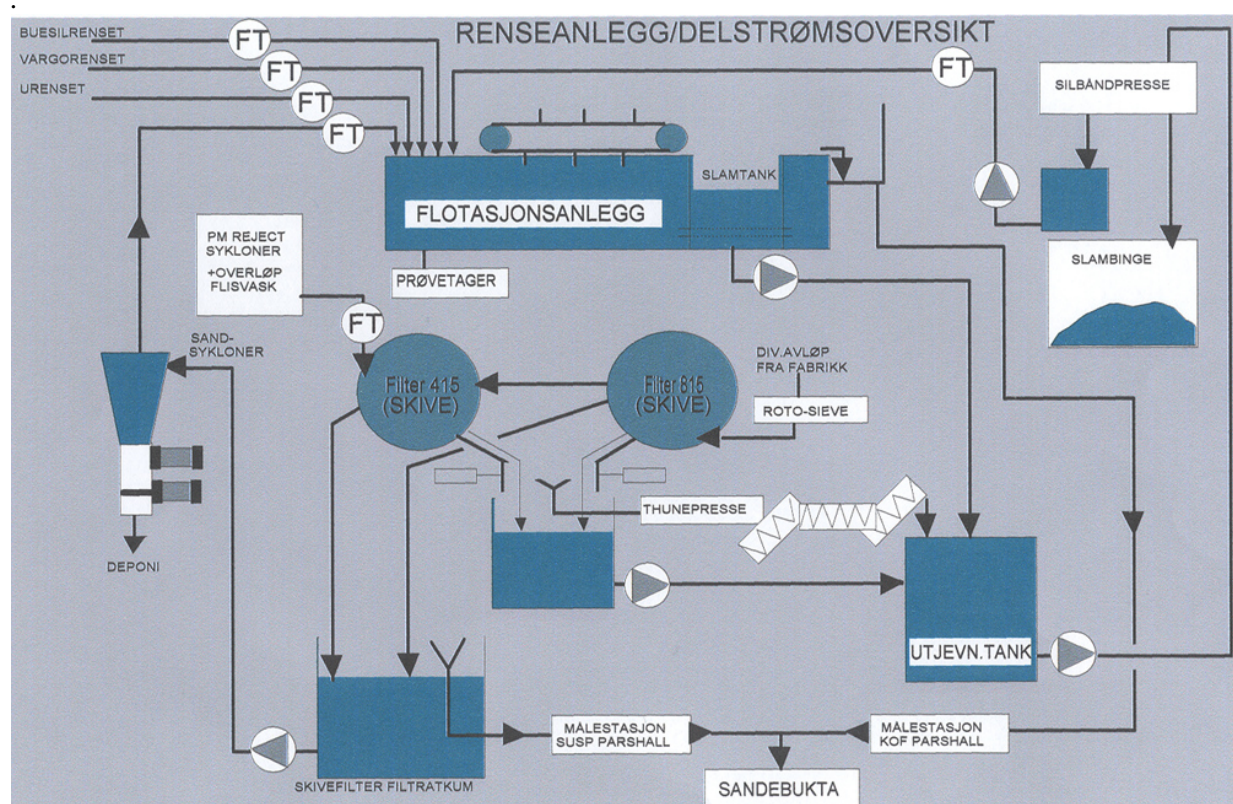
Tyngre partikler taes ut i sandsyklonen og sendes til godkjent deponi.

Avløpsstrømmene til flotasjonsanlegget kommer fra:

1. Vargofiltrene (hovedmengden av avløpsvannet).
2. Filtratet fra skivefiltrene etter sandsyklon
3. Overskuddsvann fra buesilen, via overskuddsvannkum, ved fullt ut benyttet kapasitet i bakvannssystemet, dvs. full buffertank.
4. Filtrat fra silbåndpresse
5. Urenset bakvann ledes til flotasjonsanlegget som en nødløsning.

Flotasjonsanlegget er av type Flotek SFB og har en optimal kapasitet på 3000 liter /min. Ved normal og jevn produksjon ligger belastningen på ca. 2700 liter/min. Flotasjonsanlegget er utstyrt med 12 stk luftdyser, for innblåsing av luft. Suspendert materiale og muligens noe oppløst organisk materiale "skummes" av på toppen ved hjelp av skyfler/skraper. Det tilsettes ikke kjemikalier til flotasjonsanlegget. Det rensede vannet ledes via prøvestasjon, KOF avløp, hvor avløpsmengden måles ved hjelp av Parshallrenne og hvor det er installert mengdeproposjonal prøvehenter. Avløpet føres via en utjevning-/avlufingstank til utslippsledningen i Sandebukta.

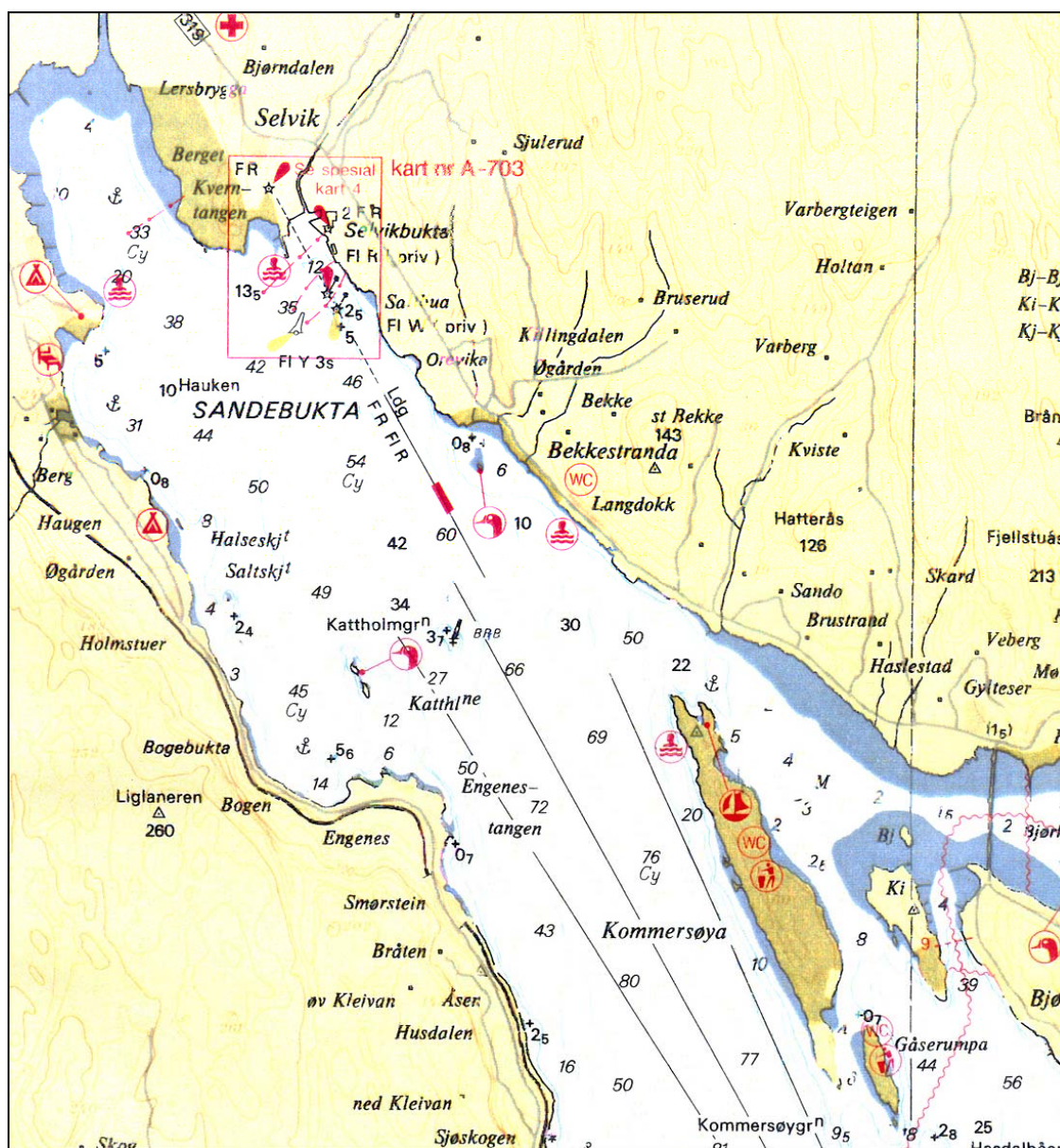
Slammet fra flotasjonsanlegget pumpes til en silbåndpresse og avvannes. Filtratet pumpes tilbake til flotasjonsanlegget, mens slammet som holder et tørrstoff på ca. 25-30 % enten brennes i bedriftens multibrenselkjel eller leveres avfallsanlegg for kompostering.



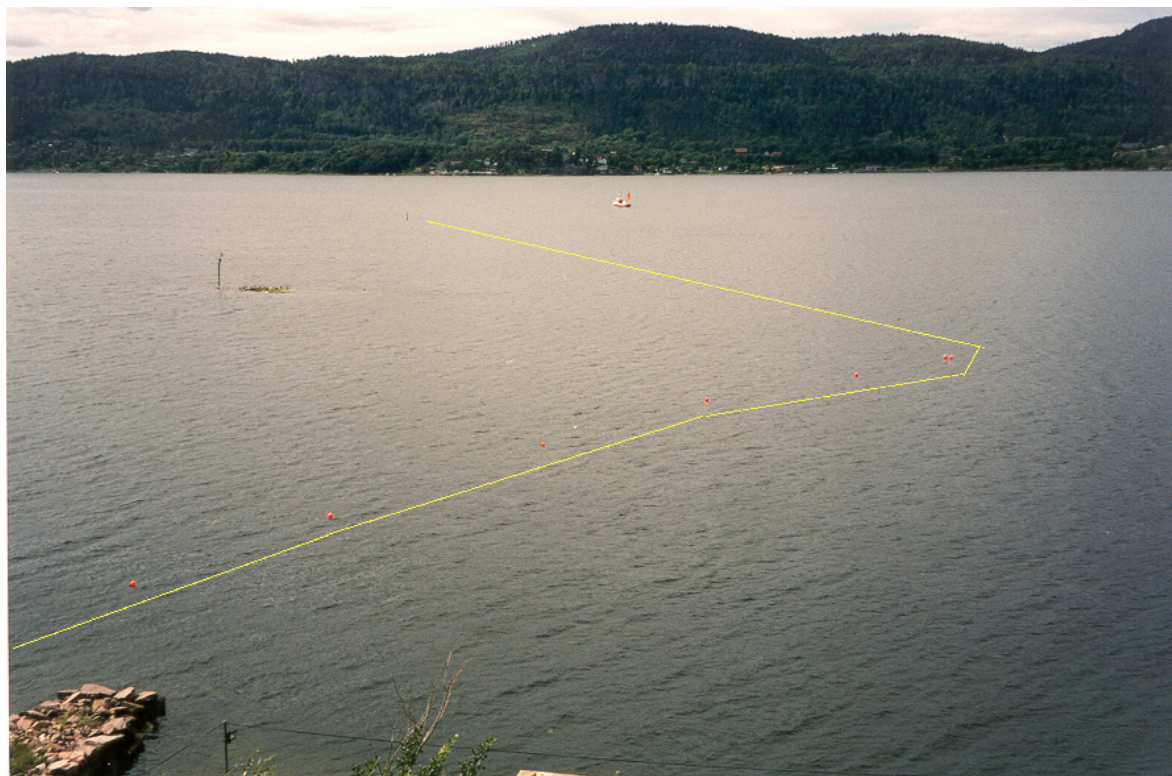
Figur 2.2 viser skisse over renseanlegget

2. Utslipp til vann

Bedriftens utslipp til vann deles inn i prosessavløpsvann og overvann. Alt prosessavløpsvann fra bedriften ledes til bedriftens avløpsrenseanlegg og renses før det føres via en utslippsledning 500 meter ut i Sandebukta i vestlig retning. Utslippsdybden er på ca. 5 meter hvor utslippsledningen ender i en 15 meter lang diffusor. Totalt dyp på utslippstedet er ca. 40 meter. Ved eventuelle problemer eller reparasjoner på utslippsledningen er det mulig å lede avløpet via en separat ledning 120 meter ut fra land. Rentvann ledes ut i en separat utslippsledning 430 meter ut i Sandebukta. Utslippsledningene er tegnet inn på draft vist i figur 2.1 og hovedledningen er tegnet inn på bilde 2.1.



Figur 2.1 viser draftskisse av Sandebukta hvor utslippsledningen er tegnet inn.



Bilde 2.1 viser området utenfor Samde Paper Mill med utslippsledningen tegnet inn.

*) Båt som sees på bilde foretar oksygenmålinger i Sandebukta.

Forurensningskomponenter i avløpsvannet fra bedriften består hovedsakelig av oppløst organisk materiale (løst ut fra veden i koke- og raffinørprosessen eller fra oppslåing av returpapir), suspendert stoff (hovedsakelig fiber) og næringssalter som nitrogen og fosfor. I dag er utslipp av næringssalter betydelig redusert, da disse tidligere var tilsetningsstoffer til det biologiske renseanlegget som var i drift fra 1993-98. Bedriften har fått tillatelse fra SFT til å stanse det biologiske renseanlegget.

Bedriften rapporterer i dag følgende utslipp til SFT: organisk materiale, angitt som KOF, suspendert materiale, nitrogen som N-tot, fosfor som P-tot.

Sande Paper Mill er inne i en omleggingsperiode med omlegging til større andel returfiberbasert produksjon. Utslippskomponentene i avløpet vil fortsatt hovedsakelig være oppløst organisk materiale, men utslippene vil være betydelig lavere enn ved produksjon av halvkjemisk fluting. Utslipp av suspendert stoff og tilsetningsstoffer vil fortsatt forekomme. Utslipp av næringssalter som nitrogen og fosfor vil reduseres, om avløpet ikke renses i et biologisk trinn med tilsetning av disse.

Utslipptall fra kampanjer kjørt i 2001 (april-juli) med 100 % returfiberbasert produksjon.

KOF:	6,6 tonn/døgn	30,8 kg/tonn papir
Susp _(GFA)	1,4 tonn/døgn	4,1 kg/tonn papir
Susp _(SS70)	0,5 tonn/døgn	2,3 kg/tonn papir

Kjemisk- og økotoxikologisk karakterisering på avløp er fra 100 % returfiberbasert produksjon.

VEDLEGG 2

Testrappporter



Teststoff: Avløpsvann Sande Paper Mill
Oppdragsgiver: Kjeleforeningen Norsk Energi
 Postboks 27 Skøyen
 0212 Oslo

Lab. kode: B401/1
Mottatt: 19.07.01

Testbetingelser

Organisme: *Skeletonema costatum* NIVA BAC1
 Testparameter: Veksthastighet fra start til 72 timer
 Stamkultur: Semi-kontinuerlig i nat. sjøvann +10% Z8 vekstmedium (Staub 1961)
 Start dato: 22.07.01
 Konsentrasjoner: 4, 6.3, 10, 16, 25, 40, 63, 100%
 Test medium: ISO 10253 med Zn redusert til 15 µg/l
 Forbrhandling av prøve: Sentrifugert, 6000 RPM 10 min, filtrert gjennom glassfiberfilter (Whatman GF/C) og tilsatt salter til 32 S. (NS 4717)
 Inkuberingsutstyr: Gyngebord
 Dyrkingsflasker: 100 ml ståkolber med 50 ml medium
 Lys: Ca. 70 mE m² s⁻¹, kontinuerlig fra dagslys-type lysstoffrør
 Temperatur: 22.0 - 23.1 °C
 pH i kontroll Start : 7.7 Slutt: 8.5
 pH i høyeste konsentrasjon Start : 7.5 Slutt: 7.9
 Vekstmåling: Coulter Multisizer og Millipore Cytofluor 2300
 Beregning av EC₅₀* Ikke-lineær regresjon (Hill)
 Beregning av NOEC * Dunnet's test

Resultater Celletetthet på hvert målepunkt, det beregnede areal under vekstkurve og veksthastighet i hver kolbe er vist på vedlagt skjema. Middelerverdier for kontroller og ved ulike konsentrasjoner av teststoff er listet lengst ned på skjemaet. Vekstkurver for hver konsentrasjon av teststoffet er vist i figur 1. Konsentrasjon/responskurven er vist i figur 2.

Parameter	Enhet	EC ₅₀	95% konf. int.	EC ₁₀	95% konf. int.	NOEC
Veksthastighet	%	40	39 - 41	24	23 - 26	16

Kommentarer Avløpsvannet ble filtrert for å fjerne fibre og annet partikulært materiale som kan interferere med tellingen med elektronisk partikkelteller. Testløsningene ble likevel turbide etter et døgn som følge av bakterievekst. Algeveksten i de høyeste konsentrasjonene ble derfor målt som klorofyll-fluorescens.

* EC₅₀ = Den konsentrasjon som gir 50% reduksjon av testparameteren i forhold til kontrollkulturer

* NOEC = Høyeste testede konsentrasjon uten signifikant effekt

Denne testrapport får kun kopieres i sin helhet og uten endringer
 Resultatene gjelder bare for den testede prøven

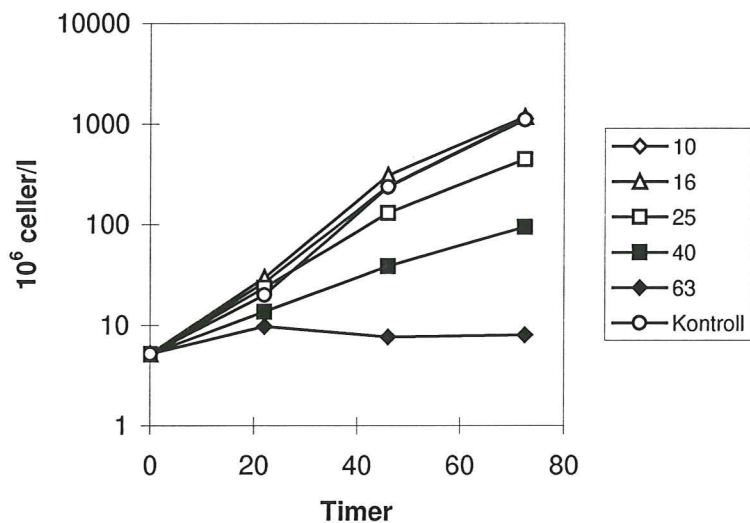


Fig. 1. Vekstkurver for *Skeletonema costatum* i ulike konsentrasjoner av avløpsvann.

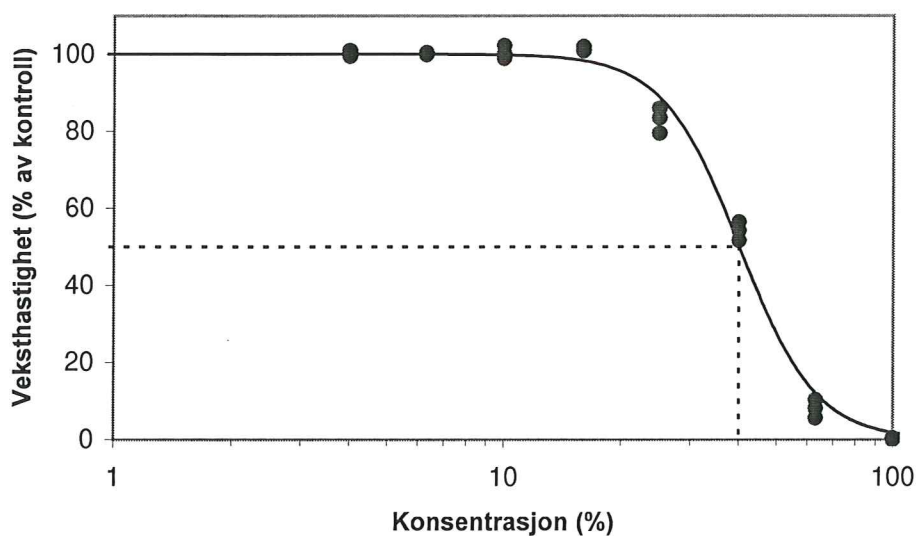


Fig. 2. Effekt av avløpsvann på veksthastigheten til *Skeletonema costatum*.

Testet av:

Torsten Källqvist

Testansvarlig:



Torsten Källqvist

Referanser:

ISO/DIS 10253 : Water quality - Marine algal growth inhibition test

Staub, R. (1961): Ernährungsphysiologische Untersuchungen an der planktischen Blaualge *Oscillatoria rubescens* D.C. Schweiz. Z. Hydrol. 23: 82-198.

NIVA

TEST: K6

Date: 22.7.01

COMPOUND: Avløpsvann Sande Paper Mill

Lab. code: B401/1

TEST ALGA: *Skeletonema costatum*

Medium: ISO 10253

INOCULUM: 5,20 mill. cells/l

Conc.	Hours: %	Day 1	Day 2	Day 3	Area	Area %	G. rate	G. rate %
		22 mill/l	46 mill/l	72,5 mill./l				
4	"	24,0	272	1147	22298	108	1,79	101
4	"	20,0	236	1067	20237	98	1,76	100
4	"	20,0	248	1117	21202	103	1,78	100
6,3	"	24,0	282	1087	21755	106	1,77	100
6,3	"	22,0	253	1119	21401	104	1,78	100
6,3	"	23,0	224	1120	20705	100	1,78	100
10	"	25,0	240	1031	19976	97	1,75	99
10	"	32,0	300	1234	24342	118	1,81	102
10	"	23,0	180	1105	19395	94	1,77	100
16	"	34,0	257	1144	22109	107	1,79	101
16	"	29,0	328	1218	24768	120	1,81	102
16	"	26,0	338	1150	24050	117	1,79	101
25	"	25	140	365	8626	42	1,41	79
25	"	24	136	451	9642	47	1,48	83
25	"	22	116	516	9952	48	1,52	86
40	"	13	41	82	2101	10	0,91	52
40	"	14	40	106	2417	12	1,00	56
40	"	14	35	94	2131	10	0,96	54
63	"	9,7	8	7	198	1	0,10	6
63	"	9,5	8	9	220	1	0,18	10
63	"	10	7	8	193	1	0,14	8
Control		18,0	234	1060	20048	97	1,76	99
		22,0	252	1132	21548	105	1,78	101
		19,0	240	1084	20540	100	1,77	100
		21,0	226	1116	20657	100	1,78	100
		17,0	220	1030	19274	94	1,75	99
		23,0	241	1153	21572	105	1,79	101

MEAN VALUES

%

4,00 Mv:	21,33	252,00	1110,33	21246	103,10	1,78	100,25
St. d.	1,89	14,97	33,00	842	4,09	0,01	0,56
6,30 Mv.	23,00	253,00	1108,67	21287	103,30	1,78	100,23
St. d.	0,82	23,68	15,33	436	2,12	0,00	0,26
10,00 Mv.	26,67	240,00	1123,33	21238	103,06	1,78	100,43
St. d.	3,86	48,99	83,88	2208	10,71	0,02	1,38
16,00 Mv.	29,67	307,67	1170,67	23642	114,73	1,79	101,24
St. d.	3,30	36,06	33,56	1123	5,45	0,01	0,53
25,00 Mv.	23,67	130,67	444,00	9407	45,65	1,47	82,94
St. d.	1,25	10,50	61,84	566	2,75	0,05	2,66
40,00 Mv.	13,67	38,67	94,00	2216	10,76	0,96	54,00
St. d.	0,47	2,62	9,80	142	0,69	0,03	1,96
63,00 Mv.	9,73	7,67	8,00	204	0,99	0,14	7,95
St. d.	0,21	0,47	0,82	12	0,06	0,03	1,92
Control Mv.	20,00	235,50	1095,83	20606	100,00	1,77	100,00
St. d.	2,16	10,45	42,31	808	3,92	0,01	0,73
Coefficient of variation in controls (%):				3,92		0,73	

NIVA

TEST: K6

Date: 22-jul-01

COMPOUND: Avløpsvann Sande Paper Mill

Lab. code: B401/1

TEST ALGA: Skeletonema costatum

Medium: ISO 10253

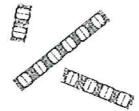
INOCULUM: 5,2 mill. cells/l

	Hours:	Day 1	Day 2	Day 3	Area	Area %	G. rate	G. rate %
Conc.	%	22 mill/l	46 mill/l	72,5 mill./l				
100	"	6,2	5,0	5,3	19	0	0,01	0
100	"	5,9	6,0	5,0	34	0	-0,01	-1
100	"	6,5	5,0	5,2	25	0	0,00	0
"	"							
"	"							
"	"							
"	"							
"	"							
"	"							
"	"							
"	"							
"	"							
Control		18	234	1060	20048	97	1,76	99
		22	252	1132	21548	105	1,78	101
		19	240	1084	20540	100	1,77	100
		21	226	1116	20657	100	1,78	100
		17	220	1030	19274	94	1,75	99
		23	241	1153	21572	105	1,79	101

MEAN VALUES

%

100,00	Mv.	6,20	5,33	5,17	26	0,13	0,00	-0,11
	St. d.	0,24	0,47	0,13	6	0,03	0,01	0,46
	Mv.	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
	St. d.	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
	Mv.	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
	St. d.	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
	Mv.	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
	St. d.	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
	Mv.	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
	St. d.	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
	Mv.	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
	St. d.	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Control	Mv.	20,00	235,50	1095,83	20606	100,00	1,77	100,00
	St. d.	2,16	10,45	42,31	808	3,92	0,01	0,73
	Coefficient of variation in controls (%):				3,92		0,73	



Teststoff: Stabilisert avløpsvann Sande Paper Mill **Lab. kode:** B401/1
Oppdragsgiver: Kjeleforeningen Norsk Energi **Mottatt:** 19.07.01
 Postboks 27 Skøyen
 0212 Oslo

Testbetingelser

Organisme: *Skeletonema costatum* NIVA BAC1
 Testparameter: Veksthastighet fra start til 72 timer
 Stamkultur: Semi-kontinuerlig i nat. sjøvann +10% Z8 vekstmedium (Staub 1961)
 Start dato: 31.07.01
 Konsentrasjoner: 40, 63, 100%
 Test medium: ISO 10253 med Zn redusert til 15 µg/l
 Forbrhandling av prøve: Sentrifugert, 6000 RPM 10 min, filtrert gjennom glassfiberfilter (Whatman GF/C) og tilsatt salter til 32 S. (NS 4717). Stabilisert ved risting i 9 døgn ved 20 °C. Deretter sentrifugert og filtrert på nytt (6000 RPM, 10 min. + GF/C)
 Inkuberingsutstyr: Gyngebord
 Dyrkingsflasker: 100 ml ståkolber med 50 ml medium
 Lys: Ca. 70 mE m² s⁻¹, kontinuerlig fra dagslys-type lysstoffrør
 Temperatur: 22.1- 23.5 °C
 pH i kontroll Start : 7.8 Slutt: 8.5
 pH i høyeste konsentrasjon Start : 8.0 Slutt: 8.4
 Vekstmåling: Coulter Multisizer
 Beregning av EC₅₀ *: Ikke-lineær regresjon (Hill)
 Beregning av NOEC * Dunnet's test

Resultater Celletetthet på hvert målepunkt, det beregnede areal under vekstkurve og veksthastighet i hver kolbe er vist på vedlagt skjema. Middelerverdier for kontroller og ved ulike konsentrasjoner av teststoff er listet lengst ned på skjemaet. Vekstkurver for hver konsentrasjon av teststoffet er vist i figur 1. Konsentrasjon/responskurven er vist i figur 2.

Parameter	Enhet	EC ₅₀	95% konf. int.	EC ₁₀	95% konf. int.	NOEC
Veksthastighet	%	72	69 - 84	65	63 - 81	63

Kommentarer

- * EC₅₀ = Den konsentrasjon som gir 50% reduksjon av testparameteren i forhold til kontrollkulturer
 * NOEC = Høyeste testede konsentrasjon uten signifikant effekt

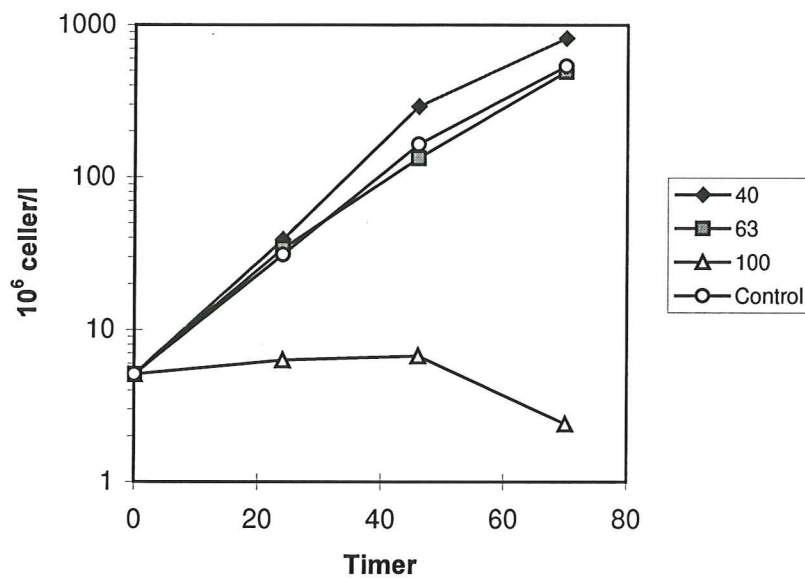


Fig. 1. Vekstkurver for *Skeletonema costatum* i ulike konsentrasjoner av stabilisert avløpsvann.

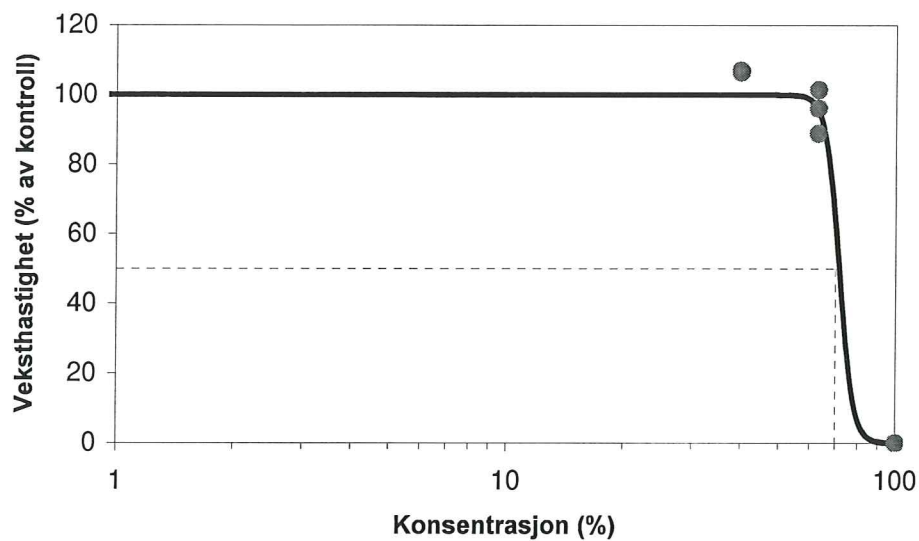


Fig. 2. Effekt av stabilisert avløpsvann på veksthastigheten til *Skeletonema costatum*.

Testet av:

Torsten Källqvist

Testansvarlig:



Torsten Källqvist

Referanser:

ISO/DIS 10253 : Water quality - Marine algal growth inhibition test

Staub. R. (1961): Ernährungsphysiologische Untersuchungen an der planktischen Blaualge *Oscillatoria rubescens* D.C. Schweiz. Z. Hydrol. 23: 82-198.

TEST: K6

Date: 11.6.01

COMPOUND: Stabilisert avløpsvann, Sande Paper Mill

Lab. code: B401/1

TEST ALGA: *Skeletonema costatum*

Medium: ISO 10253

INOCULUM: 5,10 mill. cells/l

Conc.	Hours: %	Day 1	Day 2	Day 3	Area	Area %	G. rate	G. rate %
		24 mill/l	46 mill/l	70 mill./l				
40	"	40,0	283	805	16793	158	1,74	109
40	"	43,0	299	826	17482	165	1,74	109
40	"	34,0			486	5		
63	"	31,0	115	493	8978	85	1,57	98
63	"	36,0	89	349	6767	64	1,45	91
63	"	35,0	195	635	12614	119	1,65	104
100	"	7,7	5	2	32	0	-0,29	-18
100	"	6,0	10	2	93	1	-0,38	-24
100	"	5,2	5	3	-29	0	-0,15	-9
"	"							
"	"							
"	"							
"	"							
"	"							
"	"							
Control		29,0	147	480	9512	90	1,56	98
		31,0	153	509	10044	95	1,58	99
		31,0	169	567	11108	105	1,62	101
		33,0	159	550	10720	101	1,60	101
		30,0	175	555	11079	105	1,61	101
		32,0	180	547	11144	105	1,60	101

MEAN VALUES

%

40,00 Mv.	39,00	291,00	815,50	11587	109,30	1,74	109,11
St. d.	3,74	8,00	10,50	7855	74,09	0,00	0,28
63,00 Mv.	34,00	133,00	492,33	9453	89,17	1,56	97,63
St. d.	2,16	45,11	116,76	2411	22,74	0,08	5,27
100,00 Mv.	6,30	6,70	2,40	32	0,30	-0,27	-17,02
St. d.	1,04	2,35	0,67	49	0,47	0,09	5,87
Mv.	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
St. d.	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Mv.	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
St. d.	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Mv.	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
St. d.	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Mv.	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
St. d.	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Control Mv.	31,00	163,83	534,67	10601	100,00	1,59	100,00
St. d.	1,29	11,81	30,26	618	5,83	0,02	1,25
Coefficient of variation in controls (%):				5,83		1,25	

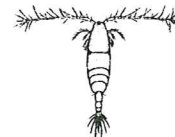
Norsk
Institutt
for
Vannforskning

Postboks 173
Kjelsås
0411 Oslo
Tel: 22 18 51 00
Fax: 22 18 52 00

Akutt toksisitet

Acartia tonsa

NIVA metode K13



Teststoff: Avløpsvann Sande Paper Mill
Kunde: Kjeleforeningen Norsk Energi
Adresse: Postboks 27 Skøyen
0212 OSLO

Lab. kode: B401
Prøve mottatt: 19.7.01

Test metode: ISO/DIS 14669 Water-Quality - Determination of acute lethal toxicity to marine copepods (Copepoda, Crustacea)

Test organisme: *Acartia tonsa*, Opprinnelse: Havforskningslaboratoriet, Helsingør. Stamkultur i naturlig sjøvann, med *Rhodomonas baltica* som fôr

Utviklingsstadium: Copepode, alder 17-30 døgn

Testperiode: 23-25.7.01

Fortynningsvann: Sjøvann fra 60 m dyp i Oslofjorden ved Solbergstrand. Saliniteten justert til 32 ‰

Testkonsentrasjoner: 5.6, 10, 18, 32, 56 mg/l

Antall enheter: 4 kar for hver konsentrasjon med 5 - 8 dyr pr. kar.

Temperatur: 19.1 – 20,2° C

pH i kontroll: Start: 7.8 Slutt: 8.0

PH ved høyeste kons.: Start: 7.8 Slutt: 7.9

Oksygenmetning 48 t: Kontroll: 99 % Høyeste konsentrasjon: 87 %


Beregning av LC₅₀*: Probit analyse (SNV Probit)

Resultater

Tid	Enhet	LC ₅₀	95% Konf. int.	0% Effekt	100% Effekt
48 t	%	34	29– 41	< 5.6	> 56

Utført av: Åse Bakketun

Testansvarlig:



- LC₅₀ = Den konsentrasjon som gir 50% dødelighet av testorganismer.

Norsk institutt for vannforskning

Tabell 1. Observert dødelighet av *Acartia tonsa* etter 24 og 48 timer med avløpsvann fra Sande Paper Mill, B401/1

Konsentrasjon	Antall dyr	Antall døde 24 timer	Antall døde 48 timer	Prosent overlevende 48 timer
Kontroll	79	0	2	97.5
5.6 %	26	0	1	96
10 "	23	0	3	87
18 "	25	0	5	80
32 "	21	1	8	68
56 "	23	11	21	9

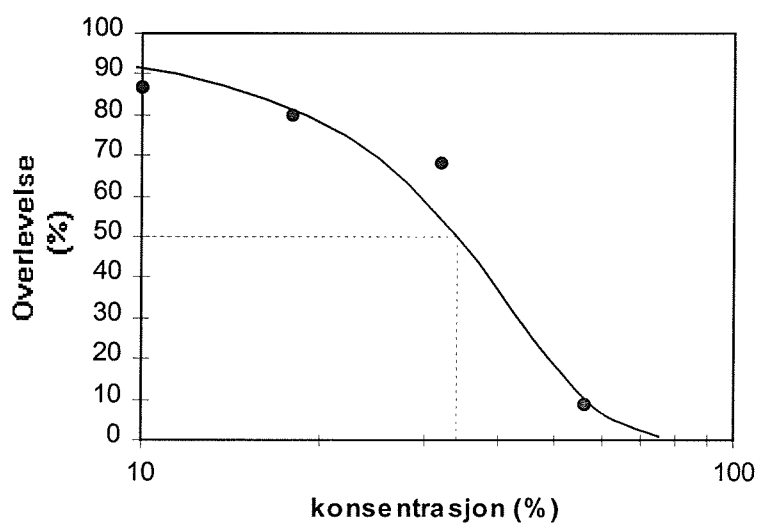


Fig. 1. Responssdiagram for effekt av avløpsvann Sande Paper Mill, B401/1, på overlevelse av *Acartia tonsa* etter 48 timer.



Norsk
Institutt
for
Vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo
Tel: 22 18 51 00
Fax: 22 18 52 00

TEST RAPPORT

Akutt toksisitet - juvenil Piggvar (Semistatisk eksponering) *Scophthalmus maximus*

Teststoff:	Avløpsvann Sande Paper Mill	Lab. kode:	B401
Kunde:	Kjeleforeningen Norsk Energi	Prøve mottatt:	19.07.01
Adresse:	Postboks 27, Skøyen 0212 Oslo		

Testmetode

Testen er utført i overensstemmelse med utkastet til PARCOM toksistets test slik det er beskrevet av Phil McWilliams, TERRA Environmental Laboratory A/S 1994 i "Draft procedure, Acute test with juvenile turbot, *Scophthalmus maximus*", testen bygger på "OECD Guidelines for testing of chemicals" (No. 203; Fish, acute toxicity test).

Testorganisme

Juvenile Piggvar (*Scophthalmus maximus*), med middelvekt 7,5 g og middel lengde 7,5 cm. Fisken var hentet fra Tinfos Aqua A/S i Rogaland. Godkjennelse av bruk og transport av piggvar ble gitt 2 november 1995 av Torill Malmstrøm, Fylkesveterinæren for Oslo, Akershus og Østfold.

TEST BETINGELSER

Test metode:	Draft PARCOM test Akutt test på juvenile piggvar
Test organisme:	Piggvar <i>Scophthalmus maximus</i>
Test parameter:	Mortalitet observert hvert døgn i 4 døgn.
Opprinnelse av fisk:	Stolt Sea Farm, Øyestranda, Piggvar klekket i uke 11
Ankomst Solbergstrand:	Piggvar ankom Solbergstrand 24.04.01
Start dato:	13.08.01
Test konsentrasjoner:	50, 30 og 10 %
Preparation of solutions	Avløpsvannet ble blandet med sjøvann direkte i akvarium
Test medium:	60 m dyp sjøvann fra Drøbak
Test vessels:	36 l glass akvarium plassert i et temperaturkontrollert vannbad
Test betingelser	
Lys:	12h lys : 12 h mørke med dagslys type lysstoffrør
Temperatur:	Målt med termometer i akvariet ved vannskift 15,2-15,9 °C.
pH:	kontroll: start: 8,2 slutt: 8,5, høyeste konsentrasjon: start: 8,3 slutt: 8.4
Oksygen:	>70% metning i alle kar under hele forsøket. Fordi teststoffet er et avløpsvann med høyt innhold av organisk materiale ble de luftet i alle akvarier.
Salinitet i kontroll:	i kontroll: 32,2 ‰ S, i høyeste konsentrasjon: 14,2 ‰ S
Calculation of LC ₅₀ *	Kumulativ prosent mortalitet er plottet mot log konsentrasjon på log papir. LC50 beregnes grafisk eller statistisk med Probit metoden når mulig.
Calculation of NOEC **	t-test (p<0.05)

*LC₅₀ = Den konsentrasjon som gir 50% dødelighet av testorganismen

** NOEC = Høyeste testede konsentrasjon uten signifikant effekt

Denne rapport får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endring.
Testresultatene gjelder kun for den prøve som er testet.

Test materiale

Testmateriale ble tatt og levert som en ferdigblandet døgnprøve samme dag (19.07.01) i 25 L plastdunker. Prøvene ble frosset inntil teststart 13.08.01

Utførelse

Forsøket ble utført i 36 l glassakvarier med 20 l vann og 7 fisk i hver konsentrasjon. Konsentrasjoner testet var 50, 30 og 10 %. Testfiskene ble overført til ny løsning hvert døgn (semistatisk metode) og forsøket pågikk i 4 døgn. Fiskemengden i forsøket var på 2,6 g fisk per liter. Dette er > 1.0 g fisk per liter som er foreskrevet i standarden. Da det ikke ble observert noen effekter på fisken har avviket i fiskemengde neppe hatt noen innflytelse på resultatet. Konsentrasjonen av løst oksygen ved vannskift var >70 % av metningskonsentrasjonen. Fisken ble observert hvert døgn. Temperaturen ble målt i området 15,2-15,9 °C ved vannbytte, dette er innenfor 2 °C intervallet som standarden forutsetter.

Resultater

Det ble ikke observert dødelighet eller andre toksiske effekter på fisken. Tabell 1 angir % dødelighet og estimert LC50.

Avvik fra protokoll

Fiskemengden var 2,6 g/l (skulle hva vært <1 g/l), det er usannsynlig at dette har hatt noen betydning for resultatet av testen.

Tabell 1. Kumulativt antall (%) døde fisk ved forskjellig eksponeringstid og konsentrasjon. LC50 ved ulike tidspunkt angitt nederst i tabellen.

Konsentrasjon (%)	Timer			
	24	48	72	96
0	0	0	0	0
10 %	0	0	0	0
30 %	0	0	0	0
50 %	0	0	0	0
LC50 %	>50	>50	>50	>50

Konklusjon

Testresultatene er summert i tabell 2. Fordi ingen konsentrasjon ga dødelighet er det ikke mulig å beregne en LC50 for Avløpsvannet fra Sande Paper Mill. NOEC kan også antas å være større enn høyeste testede konsentrasjon.

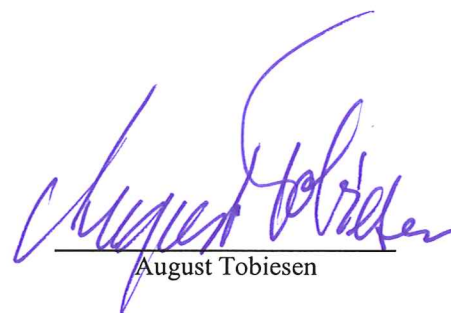
Tabell 2. Testresultater med Avløpsvann (Norske Skog Saugbruk)

Test parameter	Benevnelse	LC50	NOEC	LOEC*
Mortalitet	%	>50	>50	>50

*LOEC er Lowest concentration with effect

Testen utført av: August Tobiesen

Testansvarlig:


 August Tobiesen