

NIVA



RAPPORT LNR 4755-2003

**K**jemisk og biologisk  
karakterisering av  
avløpsstrømmer fra  
Skjelbreia Vannverk

**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  
5005 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 og biologisk karakterisering av avløpsstrømmer fra Skjelbreia Vannverk	Løpenr. (for bestilling) 4755-2003	Dato 15.12.2003
	Prosjektnr. Undernr. O-98198	Sider Pris 22 + vedlegg
Forfatter(e) Helge Liltved Tor Gunnar Jantsch Harry Efraimsen	Fagområde Miljøteknologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oppland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Vestre Toten kommune	Oppdragsreferanse Driftssjef Harry Jørgensen
--	--

Sammenheng Skjelbreia Vannverk i Vestre Toten kommune er et av landets største membranfilteranlegg med en kapasitet på 600 m <sup>3</sup> /h. I tillegg til membranfiltreringen føres vannet gjennom marmorfiltre for alkalisering. Fylkesmannen i Oppland har gitt tillatelse for utslipp av avløpsvann fra vannverket til Hunnselva. Arbeidet som rapporteres her, er en del av de undersøkelsene som skal gjennomføres for å tilfredstille kravene i utslippstillatelsen.  Det er blitt tatt prøver av <u>vann fra den daglige rutinevasken</u> , av <u>vann fra den årlige hovedvasken</u> , og av <u>spylevannet fra marmorfiltrene</u> . De ulike avløpsstrømmene er karakterisert kjemisk og biologisk, og det er gjort vurderinger med tanke på hvordan utslippene kan påvirke vannkvaliteten i Hunnselva. Konsentrasjonsøkninger i Hunnselva er beregnet ved minstevannføring (1 m <sup>3</sup> /s), d.v.s. i en "verste fall" situasjon.
---

Fire norske emneord 1. Humusfjerning 2. Membranfiltrering 3. Avløp 4. Vannkvalitet	Fire engelske emneord 1. Color removal 2. Membrane filtration 3. Discharge 4. Water quality
--	---

*Helge Liltved*  
Prosjektleder

*Helge Liltved*  
Forskningsleder  
ISBN 82-577-4429-8

*Nils Roar Sælthun*  
Forskningsdirektør

# Kjemisk og biologisk karakterisering av avløpsstrømmer fra Skjelbreia Vannverk

## Forord

Fylkesmannen i Oppland har gitt Vestre Toten kommune tillatelse til utslipp av prosessvann fra Skellbreia vannverk til Hunnselva. I utslippstillatelsen er det bl.a. stilt krav til karakterisering av prosessvannet som slippes ut, samt til overvåking av eventuelle effekter i Hunnselva. NIVA har fått i oppdrag av teknisk etat i Vestre Toten kommune å gjennomføre undersøkelser for karakterisering av de ulike prosessvannstrømmene, samt gjøre enkle beregninger for å kartlegge hvordan disse avløpene påvirker kvaliteten på ellevannet. Oppdraget ble kontraktfestet den 12. mai 1999.

Ved NIVA var Tor Håkonsen og Svein Stene-Johansen involvert i prosjektet i en tidlig fase. Begge disse er imidlertid sluttet ved NIVA. Ansvarlig for ferdigstilling av arbeidet har vært Helge Liltved, med assistanse fra Tor Gunnar Jantsch og Harry Efraimsen. De aller fleste kjemiske prøvene er analysert ved NIVAs laboratorium i Oslo, mens Eurofins Norge AS har foretatt noen av de organiske analysene. Torsten Kallqvist har gjennomført de toksikologiske testene.

Kontaktperson for Vestre Toten kommune er Harry Jørgensen, mens Viggo Arnesen har bidratt ved prøvetaking og vært behjelpelig med informasjon om vannverkets drift.

Grimstad, 15. desember 2003

*Helge Liltved*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Bakgrunn</b>	<b>7</b>
<b>2. Materialer og metoder</b>	<b>9</b>
2.1 Vannkjemi og mikrobiologi	9
2.2 Partikkeltellinger	10
2.3 Toksisitetstester	10
2.4 Tester for biologisk nedbrytbarhet	10
2.5 Vannføringer i resipienten (Hunnselva)	11
<b>3. Resultater og diskusjon</b>	<b>12</b>
3.1 Karakterisering av vann fra rutinevask	12
3.1.1 Generell vannkjemi og mikrobiologi	12
3.1.2 Organiske forbindelser	12
3.1.3 Toksisitet overfor alger	13
3.1.4 Nedbrytbarhet	13
3.2 Karakterisering av vann fra hovedvask	14
3.2.1 Generell vannkjemi og mikrobiologi	14
3.2.2 Organiske forbindelser	14
3.2.3 Toksisitet overfor alger	15
3.2.4 Nedbrytbarhet	15
3.3 Karakterisering av spylevann fra marmorfiltrene	16
3.4 Rentvann	17
<b>4. Utslippenes betydning for vannkvaliteten i Hunnselva</b>	<b>18</b>
4.1 Vann fra rutinevask	18
4.2 Vann fra hovedvask	19
4.3 Spylevann fra marmorfiltrene	20
<b>5. Referanser</b>	<b>21</b>
<b>6. Vedlegg – analyserapporter</b>	<b>22</b>

---

## Sammendrag

Skjelbreia Vannverk i Vestre Toten kommune er et av landets største membranfilteranlegg med en kapasitet på 600 m<sup>3</sup>/h. I tillegg til membranfiltreringen føres vannet gjennom marmorfiltre for alkalisering. Fylkesmannen i Oppland har gitt tillatelse for utslipp av avløpsvann fra vannverket til Hunnselva. Arbeidet som rapporteres her, er en del av de undersøkelsene som skal gjennomføres for å tilfredstille kravene i utslippstillatelsen.

Det er blitt tatt prøver av vann fra den daglige rutinevasken, av vann fra den årlige hovedvasken, og av spylevannet fra marmorfiltrene. De ulike avløpsstrømmene er karakterisert kjemisk og toksikologisk, og det er gjort vurderinger med tanke på hvordan utslippene kan påvirke vannkvaliteten i Hunnselva. Konsentrasjonsøkninger i Hunnselva er beregnet ved minstevannføring (1 m<sup>3</sup>/s), d.v.s. i en ”verste fall” situasjon. I tillegg er det gjort en enkel undersøkelse for å sjekke eventuell lekkasje av klororganiske forbindelser gjennom membranen og ut på rentvannssiden etter rutinevask.

### Vann fra rutinevask

Avløpsmengde som slippes til Hunnselva utgjør 152 m<sup>3</sup>/døgn som tilføres i løpet av ca. 8 timer, sammen med konsentrat fra de membranmodulene som er i drift.

- Vannet fra rutinevask er relativt lite konsentrert, og vil bare gi ubetydelige konsentrasjonsøkninger for parametere som fosfor, nitrogen og organisk stoff ved utslipp til Hunnselva.
- Det ble målt relativt lave verdier for klororganiske forbindelser. Konsentrasjonen av trihalometaner var lavere enn grenseverdiene i Drikkevannsforskriften, og representerer ikke fare for akvatisk liv.
- Det ble registrert toksiske effekter av uforynnet vaskevann overfor alger, men effekten ble raskt redusert ved fortykning.
- Som forventet var vaskevannet relativt tungt biologisk nedbrytbart, og vil ikke representere betydelig oksygenforbruk i resipienten.

Det konkluderes med at vann fra rutinevask i liten grad forringer vannkvaliteten i Hunnselva, og bør fortsatt kunne ledes til denne resipienten etter fordrøyning.

### Vann fra hovedvask

Det konsentrerte vaskevannet fra hovedvask slippes i dag ikke direkte ut i Hunnselva, men transporteres til kommunalt avløpsrensaneanlegg for behandling før utslipp. For å vurdere mulighetene til å slippe avløpsvannet direkte til Hunnselva, er det gjort noen beregninger for å kartlegge effektene m.h.p. vannkvaliteten i elva. Det er tatt utgangspunkt i de målte konsentrasjoner, og en total årlig avløpsmengde på 16 m<sup>3</sup> fra de 4 membranfiltermodulene. Bare en modul vaskes pr. dag. Mengden på 4 m<sup>3</sup> ledes ut i løpet av ca. 1 time.

- Da det brukes fosfatholdige vaskemidler i forbindelse med den årlige hovedvasken, er konsentrasjonen av fosfor i vaskevannet svært høy. I forbindelse med utslipp vil fosforkonsentrasjonen i Hunnselva kunne øke dramatisk.
- I tillegg til fosfor, inneholder avløpsvannet overflateaktive stoffer som også vil kunne ha negative effekter.
- Det ble målt lave verdier for klororganiske forbindelser i vaskevannet, inkludert trihalometaner. Det ble heller ikke vist toksiske effekter overfor alger. I likhet med vannet fra rutinevask, var vann fra hovedvask vanskelig å bryte ned ved hjelp av bakterier, noe som antyder et beskjedent oksygenforbruk i resipienten som følge av utslippet.

Det anbefales ikke å slippe vannet fra hovedvask direkte til Hunnselva, men å fortsette med eksisterende praksis som innebærer transport til, og behandling i, kommunalt avløpsrensaneanlegg.

#### Spylevannet fra marmorfiltrene

Vannverke har 4 marmorfiltre. Hvert filter spyles en gang pr. uke. Spylevannet går ikke direkte til Hunnselva, men til innsjøen Skjelbreia, som har utløp til Einavatn og videre til Hunnselva. Spylevannsmengden pr. filter er ca. 3 m<sup>3</sup>.

Spylevannet inneholder mye partikler (høy turbiditet og høye verdier for suspendert stoff), har relativt høy pH, alkalitet og kalsiuminnhold. Det ble vist at opptil 96% av kalsiuminnholdet var på partikulær form (kalsiumkarbonat), og at opptil 70% av suspenderte stoffet består av partikulært kalsiumkarbonat med en gjennomsnittlig diameter på 2,5 µm.

Hoveddelen av de større partiklene sedimentere i nærheten av utslippspunktet, mens de mindre fraksjonene vil sveve i vannmassene og etterhvert løses opp til fritt kalsium og karbonat. Partiklene som sedimenterer vil kunne påvirke bunnforholdene og bunndyrssammensetningen lokalt, mens fritt kalsium og karbonat vil kunne påvirke vannkjemien lokalt (pH- og alkalitetsheving). En slik pH- og alkalitetsheving vil trolig ikke ha negative effekter.

Det er imidlertid påvist at partikler av kalsiumkarbonat kan gi gjellebetennelse hos fisk. Det er lite trolig at dette vil være et problem for fisk i Skjelbreia. Økningen i partikkelbelastning som følge av utslippet er relativt liten, og partikkelmengden vil reduseres med tid og avstand fra utslippet. Belastningen i området rundt utslippet vil heller ikke være kontinuerlig, men foregår i kortvarige pulser mens spylingen av filtrene pågår. Villfisk vil kunne flykte fra lokale problematiske vannkvaliteter, og derved ha en mulighet for redusert partikkeleksponeringen.

For å avklare eventuelle effekter av sedimentert materiale fra utslippet overfor bunndyr, kan det i kommende undersøkelser i Hunnselva legges opp til noen enkle bunndyrsundersøkelser nær utslippspunktet i Skjelbreia. Disse kan tas fra isen tidlig på våren.

# 1. Bakgrunn

Skjelbreia Vannverk i Vestre Toten kommune er et av landets største membranfilteranlegg med en kapasitet på 600 m<sup>3</sup>/h. I tillegg til membranfiltreringen føres vannet gjennom marmorfiltre for alkalisering. Vannverket ble etablert i 1998 ved innsjøen Skjelbreia. Vannverket bruker 10000-12000 m<sup>3</sup> råvann per døgn. Råvannet tas fra ca 15 meters dyp ca. 800 meter ut i innsjøen.

Fylkesmannen i Oppland har gitt utslippstillatelse for avløpsvann fra Skjelbreia Vannverk, forutsatt at det gjennomføres et undersøkelsesprogram for avløpsstrømmene fra anlegget, og at resipientundersøkelser viser tilfredstillende resultater. Vestre Toten kommune har engasjert NIVA for å gjennomføre slike undersøkelser.

I forbindelse med utslippet fra Skjelbreia Vannverk har NIVA tidligere rapportert følgende arbeider: ”Membrananlegg for humusfjerning – avløpets sammensetning og betydning for resipient (Håkonsen og medarb. 1999) og ”Undersøkelser av begroingsorganismer og makrobunndyr i Hunnselva ved to lokaliteter nedstrøms utslippet av prosessvann fra Skjelbreia Vannverk” (Kjellberg og medarb. 2002).

Membranfiltrering gir en strøm filtrert vann (filtrat) og en oppkonsentrert strøm med råvann (konsentrat). Normalt er mengden konsentrat ca. 25% av innløpsmengden. Filtreringen innebærer at partikulært materiale og humusforbindelser oppkonsentreres og skylles ut med konsentratet, eller holdes tilbake på membranoverflaten. For å unngå at belegget med forurensinger blir for tett og fastsittende og hindrer vanngjennomstrømmingen i filteret, vaskes membranene rutinemessig med kjemikalier.

Ved såkalt rutinevask, som ved Skjelbreia Vannverk gjennomføres 1 gang pr. døgn, vaskes membranene med natriumhypokloritt for å drepe mikroorganismer og biofilm. Deretter benyttes et skyllemiddel for å fjerne rester av biofilm og klor. Til tross for rutinevasken vil det over tid bygge seg opp et lag med naturlig organisk materiale (NOM) og andre forurensninger på membranene som ikke fjernes ved rutinevasken. Derfor er det nødvendig med en hovedvask, som er en mer grundig vask, etter behov (1-2 ganger per år) for å unngå stort trykkfall over membranen, eller degradering av selve materialet i membranene. Vaskekjemikalierne er basert på tensider og fosfat.

Lengre driftsstans av membranene vil gi bedre forhold for oppblomstring av mikroorganismer i membranhusene som vil kunne bryte ned membranmaterialet. For å unngå mikrobiell oppblomstring konserveres membranene med feks ulike former for aldehyd eller sulfitt.

Angående utslipp av avløpsstrømmer fra membranfiltreringsanlegg vil resipientens fortynningsforhold være avgjørende med tanke på eventuelle negative effekter. Ved Skjelbreia vannverk blir vann fra hovedvask, og eventuelt vann fra konservering, transporteres med tankbil til kommunens kjemiske avløpsrensianlegg for behandling før utslipp. Vann fra rutinevask, sammen med konsentratet fra membranmodulene, samles opp i fordrøyningstank og ledes direkte til Hunnselva. Spylevannet fra marmorfiltrene ledes tilbake til råvannskilden, innsjøen Skjelbreia.

Rapporten fra Håkonsen og medarb. (1999) konkluderer med at resipienten (Hunnselva) ikke var påvirket av utslippene fra rutinevasken.

Målsettingen med arbeidet som rapporteres her var å undersøke den kjemiske sammensetningen til de ulike avløpsstrømmene fra Skjelbreia Vannverk (vann fra den daglige rutinevasken, vann fra den årlige hovedvasken, og av spylevannet fra marmorfiltrene), og gjennomføre tester for å avdekke giftigheten til de samme avløpsstrømmene. Det er også gjort beregninger for å kartlegge hvordan vann fra



rutinevask, og et eventuelt utslipp av vann fra hovedvask, vil påvirker vannkvaliteten i Hunnselva i en ”i verste fall” situasjon, d.v.s. ved miniumunsvannføring i elva.

**Figur 1.** Flytskjema for prosessvann (konsentrat og vann fra rutinevask) fra membranriggene ved Skjelbreia vannverk (etter Kjellberg og medarb. 2002)

## 2. Materialer og metoder

NIVA har stått for prøvetakingen ved Skjelbreia Vannverk. Driftspersonalet ved vannverket har bistått ved prøvetaking, og gitt nødvendige opplysninger om driftsmessige forhold.

Representative stikkprøver er blitt tatt ut på egnet emallasje og transportert til NIVAs laboratorier i Oslo for analyse. Enkeltre prøver er blitt sent til andre laboratorier for analyse av spesielle organiske parametre. I tabell 1 er det gitt en oversikt over hvilke analyser og tester som er foretatt med prøver fra de ulike avløpene. Prøver fra rutinevask og spylevann fra marmorfiltre ble tatt 27.05.2003 og 14.08.2003, mens vann fra hovedvask ble tatt 05.04.2001.

**Tabell 1.** Analyseparametere og antall analyser fra hver avløpsstrøm

Analyseparameter	Vann fra rutinevask	Vann fra hovedvask	Spylevann fra marmorfiltre
<b>Generell vannkjemi</b>			
pH	2	-	2
Alkalitet, mmol/l	-	-	2
Turbiditet, FNU	2	1	2
Konduktivitet, mS/m	2	-	-
Fargetall, mg Pt/l	2	1	-
TOC, mg C/l	2	1	-
Susp.stoff, mg/l	2	-	2
Tot-P, mg P/l	2	1	-
Orto-P, mg P/l	2	1	-
Tot-N, mg N/l	2	1	-
Nitrat, mg N/l	2	1	-
Jern, mg Fe/l	2	1	-
Mangan, mg Mn/l	2	1	-
Magnesium, mg Mg/l	-	-	2
Kalsium, mg Ca/l	2	-	2
<b>Organiske forbindelser</b>			
AOX, mg/l	1	1	-
Anioniske overfl.aktive, mg/l	1	1	-
Triklorediksyre, µg/l	1	1	-
Trihalometaner, µg/l	1	1	-
EDTA, µg/l	-	1	-
<b>Andre</b>			
Kimtall	2	1	2
Partikkel telling	-	-	2
Toksistetstest, alger	1	1	-
Test for biol. nedbrytbarhet	1	1	-

### 2.1 Vannkjemi og mikrobiologi

Analysene for generelle vannkjemiske parametre er foretatt ved NIVAs laboratorium i Oslo etter akkrediterte standarder. Metaller ble analysert v.h.a. ICP-MS teknikk. ICP-MS teknikk er en

bredspektrert analyseteknikk der en identifiserer og kvantifiserer en rekke metaller, og hvor deteksjonsgrensen er lav.

Ved bruk av klorholdige desinfeksjonsmidler kan det dannes klorerte organiske forbindelser. Noen av disse kan være toksiske overfor akvatiske organismer, og ha karsinogene og mutagene egenskaper. Blant de klororganiske forbindelsene finnes også stoffer som er tungt nedbrytbare og som kan akkumuleres i næringskjeder.

Adsorberbar organisk halogen (AOX) er en samleparameter for klororganiske forbindelser. AOX bestemmelsen er basert på adsorpsjon av organiske molekyler til aktivt karbon. Uorganisk klorid fjernes fra karbonet ved HNO<sub>3</sub>-vasking. Karbonet forbrennes og mengden organisk bundet halogen blir bestemt med mikrocoulometrisk titrering med sølvioner. AOX-analysen omfatter ikke alle typer klororganiske forbindelser. Trihalometanene er for polare til å bli adsorbert på aktivt karbon, og blir derfor ikke inkludert i analysen.

Stoffgruppen som betegnes trihalometaner (THM), en gruppe av klororganiske forbindelser som kan dannes ved klorering av humusforbindelser i vann. Da enkelte av forbindelsene kan være karsinogene, er man spesielt oppmerksom på stoffgruppen i forbindelse med klorering av drikkevann. Det er satt en grenseverdi på 50 µg/l for summen av trihalometaner i Drikkevannsforskriften (Helsedepartementet 2001).

Av de klororganiske forbindelser, er trihalometaner analysert ved NIVA, mens EDTA (ethylenedinitrilotetraacetate acid), adsorberbare halogenerte organiske forbindelser (AOX) og trikloreddiksyre er analysert Eurofins Norge AS.

## 2.2 Partikkeltellinger

Partikkeltellinger med partikkelstørrelsesfordeling ble utført av spylevann fra marmorfiltrene. Tellingene ble utført med Beckman Multisizer™ 3 Coulter counter, med 0,9 % NaCl (MF 0,22 µm filtrert) som elektrolytt. Det ble benyttet 50 µm hulltubus (Orifice tube).

## 2.3 Toksisitetstester

Eventuelle akutt-toksiske effekter i avløpsvannet ble undersøkt ved toksisitetstester med alger (*Selenastrum capricornutum*) i henhold til OECD Guidelines 201. Testene ble utført på vann fra rutinevask og vann fra hovedvask.

Veksthemningstesten ble utført ved at testorganismen *Selenastrum capricornutum* ble eksponert for en fortyningsserie av avløpsvannet. Testorganismenes vekst blir så målt over en viss tid. Resultatene tegnes opp i et diagram som viser hvordan veksthemmingen endres med konsentrasjonen av teststoffet. Fra diagrammet avleses den konsentrasjon som gir 10% eller 50% veksthemming i forhold til vekst i en upåvirket kontroll. Disse konsentrasjonene betegnes EC<sub>10</sub> eller EC<sub>50</sub>.

## 2.4 Tester for biologisk nedbrytbarhet

Undersøkelsen hadde som formål å belyse biologisk nedbryting av humusstoffer og vaskemidler fra hovedvask av membranfilter for drikkevann. Undersøkelsen ble utført i henhold til: ISO/FDIS 14593.

Utviklingen av CO<sub>2</sub> under nedbrytningen av teststoffet er anvendt som måleparameter i testen, og ble bestemt som uorganisk karbon (TIC). De naturlig tilstedeværende mikroorganismene i råvannet ble anrikt ved filtrering for å oppnå akseptabel tetthet av bakterier til selve testen.

160 ml serumflasker (Weaton) ble fylt med 100 ml preparert testmedium og hermetisk lukket.

Utviklingen i nedbrytningen ble bestemt ved måling av netto økning i TIC over tid og med korreksjon for utviklingen i en blank løsning. Inkubasjonstid ble satt til 28 dager. Bionedbrytningen blir uttrykt som prosent av teoretisk uorganisk karbon (ThIC) basert på mengde totalt organisk stoff i testmediet.

## 2.5 Vannføringer i resipienten (Hunnselva)

For å vurdere effektene av et eventuelt utslipp av avløpsvann fra membranfilteranlegget i Hunnselva, må man kjenne til vannføringen under ulike situasjoner. Spesielt viktig er minstevannføring. Vannføringen i Hunnselva er jevnet ut ved at 50% av nedbørfeltet er regulert med innsjøene Einavatn, Skjelbreia og Skumsjøen. Som eksempel på vannføringsforløpet i Hunnselva har vi i figur 2 fremstilt døgnmiddel fra 2002. Som det fremgår av figuren er vannføringen forholdsvis jevn i lange perioder av året. Det blir likevel høye vannføringer i forbindelse med snøsmelting og nedbør.

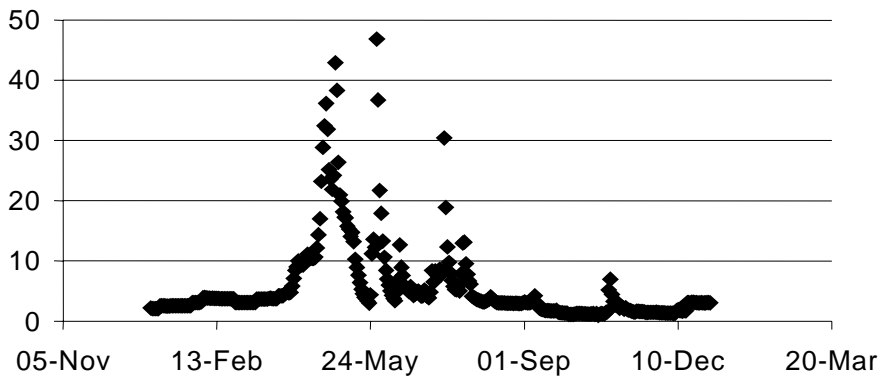
For 2002 ble følgende vannføringer registrert:

Middelvannføring:  $5.56 \text{ m}^3/\text{s}$

Minste vannføring 19. oktober:  $1.00 \text{ m}^3/\text{s}$

Maksimum vannføring 28 mai:  $46.85 \text{ m}^3/\text{s}$

Også andre års vannføringsdata viser minstevannføringer på ca.  $1 \text{ m}^3/\text{sek}$ .



**Figur 2.** Middelvannføring pr. døgn i Hunnselva 2002

## 3. Resultater og diskusjon

### 3.1 Karakterisering av vann fra rutinevask

#### 3.1.1 Generell vannkjemi og mikrobiologi

De 4 membranfiltermodulene vaskes en gang pr. døgn på nattestid. Vaskeprosessen foregår fortløpende, og er overstått i løpet av ca. 8 timer. Totalt produseres ca. 152 m<sup>3</sup> vaskevann pr. døgn som ledes til resipient sammen med konsentratet fra resten av membranene som er i normal drift. Utledningen gjøres i løpet av 8 timer, d.v.s. at resipienten tilføres ca. 19 m<sup>3</sup> vaskevann pr. time i den tiden vaskingen pågår. Pr. døgn benyttes 16 liter 25% natriumhypokloritt, og 44 liter skyllemiddel til rengjøringen.

I tabell 2 framkommer kvaliteten på vann fra rutinevask m.h.p. generelle vannkjemiske parametere og kimtall. Som forventet er verdiene for de fleste parametere høyere i vannet fra rutinevask enn i råvannet. Dette gjelder spesielt fargetall og organisk stoff, som reflekterer organiske forbindelser som blir løst fra membranen i vaskeprosessen. Det er svært lavt innhold av totalt fosfor og fosfat, noe som tyder på at det ikke blir benyttet fosfatholdige vaskemidler.

**Tabell 2.** Kvaliteten på vann fra rutinevask

Analyseparameter	Råvann 1999	Rutinevask 27.05.2003	Rutinevask 14.08.2003	Middelverdi
pH	6,8	7,3	6,8	7,1
Alkalitet, mmol/l		0,67	-	0,67
Turbiditet, FNU		6,4	0,98	3,7
Konduktivitet, mS/m		8,23	5,15	6,69
Fargetall, mgPt/l	40	142	130	136
Organisk karbon, mgC/l	6,8	30,6	19,9	25,3
Susp.stoff, mg/l		7,6	1,2	4,4
Tot-P, µg/l		6	14	10
Orto-P, µg P/l		5	1	3
Tot-N, µg N/l		895	865	880
Nitrat, µg N/l		19	300	160
Jern, mg Fe/l	0,087	1,36	0,248	0,804
Mangan, mg Mn/l	0,008	0,173	0,029	0,101
Magnesium, mg Mg/l		0,743	-	0,743
Kalsium, mg Ca/l		6,64	7,19	6,92
Kimtall 22° C		3100	1200	2150

#### 3.1.2 Organiske forbindelser

Av analysen for de klororganiske forbindelsene framgår at det dannes noe AOX, triklorediksyre og kloroform (tabell 3). Konsentrasjonene er på mikrogram-nivå for alle parametere.

AOX-konsentrasjonen er lav sammenliknet med andre typer avløp hvor det benyttes klorforbindelser (treforedlingsindustrien, slakterier for oppdrettsfisk) (Fløgstad og Torgersen 1992). Kloroform er den eneste trihalometanforbindelsen som finnes i noe nivå i avløpet. Konsentrasjonen er lav (22 µg/l). Summen av trihalometaner er lavere enn grenseverdien i Drikkevannsforskriften (Helsedepartementet

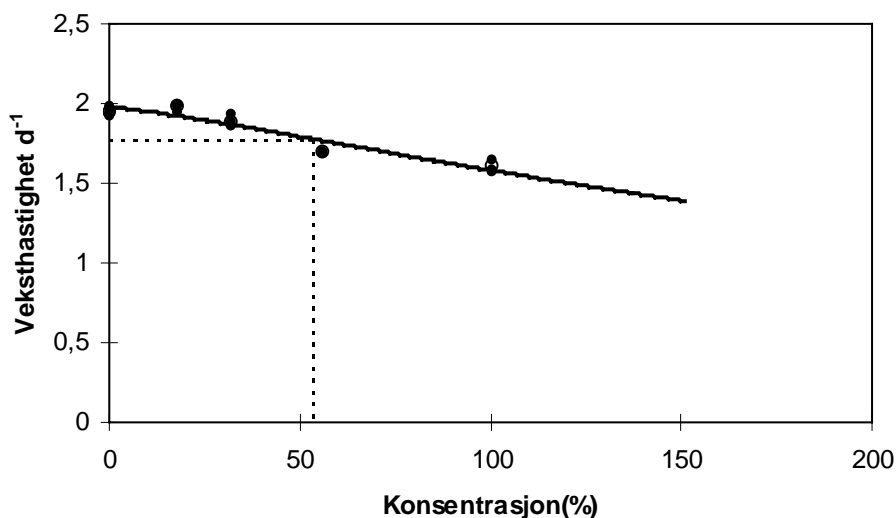
2001), noe som tyder på at stoffgruppen er uproblematisk i forhold til eventuelle effekter overfor organismer og planter i resipienten.

**Tabell 3.** Klororganiske forbindelser i vann fra rutinevask

Analyseparameter	Rutinevask 27.05.2003
AOX, $\mu\text{gCl/l}$	220
Trikloredikksyre, $\mu\text{g/l}$	27
<i>Trihalometaner</i>	
Bromoform, $\mu\text{g/l}$	<0,02
Kloroform, $\mu\text{g/l}$	22
Dibromoklormetan, $\mu\text{g/l}$	<0,02
Diklorbromometan, $\mu\text{g/l}$	0,10
Sum trihalometaner, $\mu\text{g/l}$	22,1

### 3.1.3 Toksisitet overfor alger

Resultatene fra toksisitetstesten viser at uforynnet vann fra rutinevask (100% konsentrasjon) vil redusere veksthastigheten til test-algene med ca. 20% i forhold til en kontroll (figur 3). Figuren viser også at en konsentrasjon på 53% gir 10% reduksjon i veksthastighet, d.v.s.  $EC_{10}$ -verdien er 53%. Tallene sier at vannet er noe giftig overfor test-algene, men at giftigheten forsvinner når vannet fortynnes.



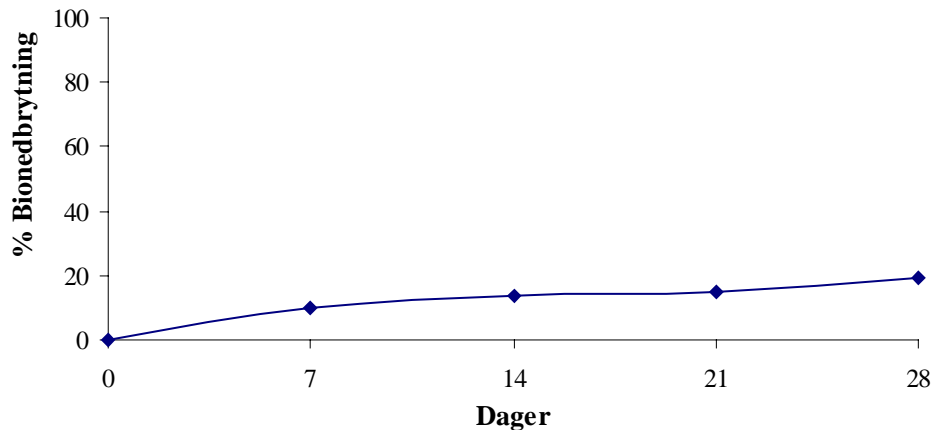
**Figur 3.** Effekt av vann fra rutinevask (27.05.2003) på veksthastigheten til *Selenastrum capricornutum*.

### 3.1.4 Nedbrytbarhet

Uorganisk karbon dannet er ekvivalent med organisk karbon som er mineralisert. Uorganisk karbon produsert er 5,6 mg/L. Dette gir 19% eliminering etter 28 døgn (figur 4). Analysert verdi for oppløst organisk karbon (DOC) i testvannet var 16,0 mg/L. Basert på DOC ved start representerer dette en DOC-reduksjon på 46 %. Disse analyseverdiene indikerer at organisk karbon er delvis bundet i

organisk biomasse og (eller) at kolloidale partikler (humus) har agglomerert til filtrerbart materiale og blitt fjernet ved DOC bestemmelsen etter 28 døgn.

Resultatene viser at det organiske materialet i vann fra rutinevask er forholdsvis tungt biologisk nedbrytbart. Dette er ikke overraskende da de humusforbindelser man finner i ferskvannsføremster generelt er relativt resistente overfor mikrobiologisk nedbrytning, spesielt de kolloidale og tyngre fraksjonene som avsettes på membraner.



**Figur 4.** Viser % nedbrytning av organisk stoff i løpet av testperioden, basert på fullstendig mineralisering.

## 3.2 Karakterisering av vann fra hovedvask

### 3.2.1 Generell vannkjemi og mikrobiologi

Etter opplysninger fra anlegget, foregår hovedvasken ved at det blandes vaskemidler som pumpes inn på den modulen som skal vaskes. Vaskemidlene får virke 7-8 timer før vaskevannet pumpes ut. Dette vaskevannet utgjør ca. 4 m<sup>3</sup> pr. modul. Deretter skylles membranene. Vaskingen tar 1 dag pr. modul, så hele vaskesedyren av anlegget er gjennomført i løpet av 4 dager.

Konsentrasjonene i vannet fra hovedvasken er langt høyere enn i vann fra rutinevask, men mengdene er langt mer beskjedne (4 m<sup>3</sup> pr. modul pr. år). Tabell 4 viser at hovedvasken har et høyt innhold av fosfor og karbon. De høye fosfor og fosfatverdiene gjenspeiler bruken av fosfatholdige vaskemidler, mens det organiske stoffet stammer fra organisk materiale som blir vasket av membranene og organiske forbindelser i vaskemidlene.

### 3.2.2 Organiske forbindelser

Konsentrasjonene for ulike organiske forbindelser i avløpet fra hovedvask er vist i tabell 5. Konsentrasjonen av AOX er i samme størrelsesorden som i avløp fra rutinevask, mens konsentrasjonene av trikloreddiksyre og trihalometaner er betydelig lavere. Vi ser at det er spor av vaskemidler (10 mg/l anioniske overflateaktive forbindelser), mens konsentrasjonen av EDTA (ethylenedinitrilotetraacetic acid) er under deteksjonsgrensen. Konsentrasjonene av de målte organiske forbindelsene er så lave at de ikke representerer noen helserisiko.

**Tabell 4.** Kvaliteten på vann fra hovedvask

Analyseparameter Generell vannkjemi	Hovedvask 05.04.2001
Turbiditet, FNU	61
Fargetall, mgPt/l	302
TOC, mg C/l	156
Totalt tørrstoff, mg/l	0,90
Tot-P, mg P/l	48,85
Orto-P, mg P/l	33,11
Tot-N, mg N/l	0,390
Nitrat, mg N/l	0,200
Jern, mg Fe/l	8,82
Mangan, mg Mn/l	0,92
Kalsium, mg Ca/l	5,99
Kimtall 22° C pr. ml	> 56000

**Tabell 5.** Konsentrasjoner av organiske forbindelser i vann fra hovedvask

Analyseparameter Organiske forb.	Hovedvask 05.04.2001
AOX, µg/l	265
Anioniske overflateaktive forbindelser, mg/l	10
Karbonetraklorid, µg/l	<0,04
Triklorediksyre, µg/l	2,4
EDTA, mg/l	<0,30
<i>Trihalometaner</i>	
Bromoform, µg/l	<0,04
Kloroform, µg/l	3,1
Dibromoklormetan, µg/l	<0,04
Diklorbromometan, µg/l	<0,04
Tetrakloretylen, µg/l	<0,02
Trikloretylen, µg/l	<0,04
<i>Sum trihalometaner, µg/l</i>	3,1

### 3.2.3 Toksisitet overfor alger

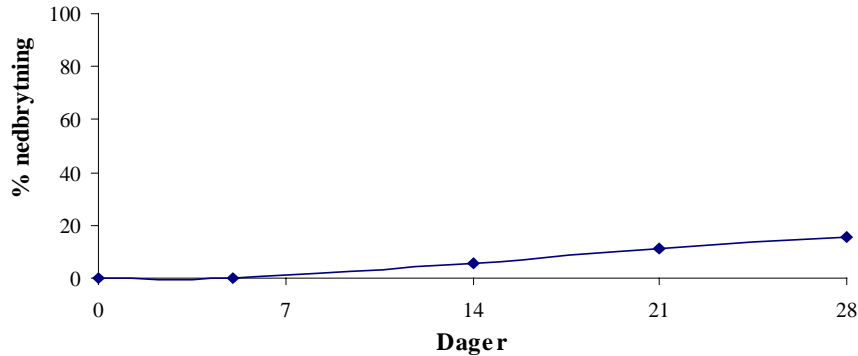
Toksisitetstesten ble utført på vann som ble uttatt fra hovedvask 27.05.03. Det viste seg at avløpsvannet ikke hemmet algevekst, selv i uforynnet form. Dette antyder at vannet fra hovedvask er mindre giftig enn vannet fra rutinevask. Selv om vannet fra hovedvask hadde høyere verdier for næringsalter og organisk stoff enn vann fra rutinevask, var innholdet av klororganiske forbindelser lavere. Dette kan tyde på at det brukes mindre klor i forbindelse med hovedvask, noe som kan forklare fraværet av giftighet overfor alger.

### 3.2.4 Nedbrytbarhet

En nedbrytningstest av vann fra hovedvask viste at det organiske materialet i vaskevannet er forholdsvis tungt biologisk nedbrytbart. I løpet av testperioden på 28 døgn ble gjennomsnittlig 15,3 % av det organiske stoffet brutt ned av mikroorganismer. Dette viser at vaskevannet ikke inneholdt lett nedbrytbare fraksjoner som kunne ha blitt tilført ved vaskeprosessen eller dannet ved kjemisk oksidasjon av det tilstedeværende organiske materialet.



Det oppnådde resultat fra nedbrytningstesten indikerer at det organiske materialet vil brytes ned over forholdsvis lang tid (flere måneder, selv under gunstige temperaturbetingelser) og vil ikke forårsake merkbar effekt på oksygenforholdene i resipienten.



**Figur 5.** Bionedbrytning av organisk stoff i vann fra hovedvask 05.04.2001

### 3.3 Karakterisering av spylevann fra marmorfiltrene

Vannverket har 4 marmorfiltre. Hvert marmorfilter blir tilbakespylt 1 gang pr. uke (ett filter pr. dag). Spylevannsmengden med mye partikulært kalsiumkarbonat er ca. 3 m<sup>3</sup> pr. filter. Vannet passerer utjevningstank på 10 m<sup>3</sup>, før det ledes til innsjøen Skjelbreia.

Kvaliteten på spylevann fra marmorfiltrene framgår av tabell 6. Spylevannet inneholder mye partikler (høy turbiditet og høye verdier for suspendert stoff), har relativt høy pH, alkalitet og kalsiuminnhold. Det ble vist at opptil 96% av kalsiuminnholdet som ble målt i spylevannet var på partikulær form, noe som viser at uløst kalsiumkarbonat fra marmor Massen bidrar betydelig til partikkelinnholdet. Tallene antyder at opptil 70% av det målte suspenderte stoffet består av partikulært kalsiumkarbonat.

Partikkelfordelingsanalysen viser at 10% av partiklene hadde en diameter mindre enn 1,2 µm, og 90% hadde en diameter mindre enn 3,7 µm (figur 6). Partiklene gjennomsnittlige diameter var 2,5 µm (tabell 7).

I forhold til resipienten kan partikkelmengden være et potensielt problem, da det er vist at partikler av kalsiumkarbonat kan gi gjellebetennelse hos fisk i oppdrett. Problemet vil trolig være begrenset da partikkelbelastningen vil reduseres med tid og avstand fra utslippet. Avhengig av lokale strømningsforhold vil en fraksjon av de større partiklene sedimentere, mens de mindre vil løses over tid i innsjøen. Belastningen i området rundt utslippet vil heller ikke være kontinuerlig, men foregår i kortvarige pulser, mens utledning av spylevann pågår. Villfisk vil kunne flykte fra lokale problematiske vannkvaliteter, og derved ha en mulighet for redusert partikkelkonsentrasjonen.

Etterhvert som partikulært kalsiumkarbonat går i løsning, vil konsentrasjonen av frie kalsiumioner og alkalitet i vannet stige. Dette kan bidra til økt alkalitet og pH i området rundt utslippet. Det er lite sannsynlig at dette kan gi negative effekter.

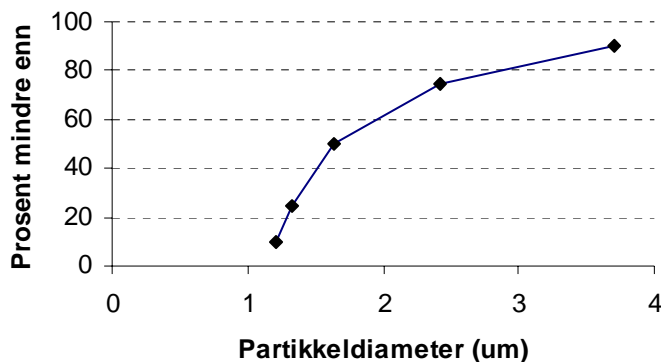
For å avklare eventuelle effekter av sedimenterbart partikulært materiale overfor bunndyr, kan det i kommende undersøkelser i Hunnselva legges opp til noen enkle bunndyrsundersøkelser nær utslippspunktet i Skjelbreia. Disse kan tas fra isen tidlig på våren.

**Tabell 6.** Kvaliteten på spylevann fra marmorfiltrene

Analyseparameter	Spylevann 27.05.2003	Spylevann 14.08.2003	Middelverdi
pH	8,4	8,3	8,4
Alkalitet, mmol/l	1,63	2,30	1,97
Turbiditet, FNU	102	270	186
Susp.stoff, mg/l	414	1002	708
Magnesium, mg Mg/l	0,61	2,42	1,52
Kalsium, mg Ca/l	60,9	302	181,5
Kimtall 22° C	6300	1300	3800

**Tabell 7.** Partikkelmengde og gjennomsnittlig partikkelstørrelse i spylevannet fra marmorfiltrene

	Antall mill/liter	Gjennomsnittlig størrelse, $\mu\text{m}$	Totalt volum, $\mu\text{m}^3$
Spylevann 27.05.03	705	2,74	$745,1 \times 10^3$
Spylevann 14.08.03	240	2,21	-
Middelverdier	473	2,48	-

**Figur 6.** Partikkelfordeling i spylevann fra 14.08.03

### 3.4 Rentvann

Det ble gjort en enkel undersøkelse for å sjekke en eventuell lekkasje av klororganiske forbindelser gjennom membranen og ut på rentvannssiden etter rutinevask. Det ble tatt ut prøve på nettet umiddelbart etter en gjennomført rutinevask. Som vist i tabell 8, ble det ikke funnet spor av trihalometaner på rentvannssiden. Alle de målte trihalometaner viste verdier under deteksjonsgrensen.

**Tabell 8.** Måling av trihalometaner på rentvannssiden etter rutinevask.

Trihalometaner	
Bromoform, $\mu\text{g/l}$	<0,1
Kloroform, $\mu\text{g/l}$	<0,1
Dibromoklormetan, $\mu\text{g/l}$	<0,1
Diklorbromometan, $\mu\text{g/l}$	<0,1
Tetrakloretylen, $\mu\text{g/l}$	<0,1
Triklloretylen, $\mu\text{g/l}$	<0,1

## 4. Utslippenes betydning for vannkvaliteten i Hunnselva

I det følgende er det gjort noen beregninger for å vurdere hvordan vann fra rutinevask og et eventuelt utslipp av vann fra hovedvask påvirker vannkvaliteten i Hunnselva. Spylevannet fra marmorfiltrene ledes ut i innsjøen Skjelbreia, og vil i liten grad påvirke Hunnselva.

### 4.1 Vann fra rutinevask

For vann fra rutinevask er det tatt utgangspunkt i de målte konsentrasjonene (tabell 2 og tabell 9), en avløpsmengde på 152 m<sup>3</sup>/døgn, og at dette vannet slippes ut i løpet av 8 timer, d.v.s. 19 m<sup>3</sup>/time. Konsentrasjonsøkningene i Hunnselva i disse 8 timene er beregnet ved minstevannføring (1 m<sup>3</sup>/s), d.v.s. i en "verste fall" situasjon.

Som det framgår av tabell 9 er det bare små konsentrasjonsøkninger for samtlige vannkvalitetsparametere som følge av vaskevannutslippet. I forhold til eksisterende P- og N-konsentrasjoner i Hunnselva, vil økningene som følge av utslippet være ubetydelige, og ikke gi negative effekter. Gjennomsnittlig nitrogenkonsentrasjon i Hunnselva i 1986 og 1987 (Lien og Lindstrøm 1987) var faktisk høyere enn den målte nitrogenkonsentrasjonen i vannet fra rutinevask. Utslippet pågår som tidligere nevnt bare 8 timer i døgnet.

Med hensyn på de øvrige målingene som ble gjort, er det heller ingen av de som tyder på at Hunnselva vil bli skadelidende som følge av utslipp av vann fra rutinevask. Dette begrunnes med følgende:

- Det ble målt relativt lave verdier for klororganiske forbindelser i vaskevannet, inkludert trihalometaner. Konsentrasjonen for sistnevnte var lavere enn grenseverdiene i Drikkevannsforskriften.
- Det ble registrert toksiske effekter av uforynnet vaskevann overfor alger, men effekten ble raskt redusert ved fortykning. I praksis vil vaskevannet bli fortyknet med konsentrat fra membranene og i Hunnselva slik at risiko for skade på vannlevende organismer og planter elimineres.
- Som forventet var vaskevannet relativt tungt biologisk nedbrytbart, og vil ikke representere betydelig oksygenforbruk i resipienten. Fosfor og nitrogen som er knyttet til humuskolloider vil være vanskelig tilgjengelig for algevekst.

Den toksiske effekten som ble funnet i uforynnet vaskevann kan stamme fra natriumhypokloritt (aktivt klor) og fra skyllemiddelet (SMN-1). Aktivt klor er akutt giftig for vannlevende organismer, men når klor benyttes i vaskesammenheng, vil forbindelsen raskt bli redusert til mindre giftige forbindelser som klororganiske forbindelser og kloraminer, samt klorid. Noen av kloreringsbiproduktene kan ha lang levetid, og kan forklare noe av den registrerte toksiske effekten overfor alger.

Skyllemiddelet SMN-1 er giftig for vannlevende organismer ved konsentrasjoner over 2 ml/l (Kjellberg og medarb. 2002). Ved normal drift av vannverket foreligger likevel ingen fare for skadeeffekter da konsentrasjonene i skyllevannet er lavere enn 2 ml/l, og konsentrasjonen i avløpsvannet som slippes ut i Hunnselva er mindre enn 0.05 ml/l. I Hunnselva, som har stor fortykningsevne, vil konsentrasjonen bli ytterligere redusert. Bruken av skyllemiddel SMN-1 skulle således ikke utgjøre noe problem for plante- og dyrelivet i vassdraget ved normal drift av vannverket.

Det konkluderes med at vann fra rutinevask i liten grad forringer vannkvaliteten i Hunnselva, og bør fortsatt kunne ledes til denne resipienten etter fordrøyning. Tidligere rapporterte resultatene fra

undersøkelser av begroingsorganismer og makrobunndyr i Hunnselva nedstrøms utslippet tilsier heller ikke at utslippet påvirker resipienten i negativ retning (Kjellberg og medarb. 2002).

**Tabell 9.** Beregnede konsentrasjonsøkninger i Hunnselva nedstrøms utslippet av vann fra rutinevask.

Parameter	Konsentrasjon i avløp fra rutinevask	Konsentrasjon i Hunnselva ved utløpet fra Einavatn i 1986-1987	Beregnet konsentrasjon i Hunnselva nedstrøms utslippet	Beregnet prosentvis økning
Farge, mg Pt/l	136	40	40,5	1
Turbiditet, FNU	3,7	0,49	0,51	2
Jern, µg Fe/l	804	79	82,8	5
Kalsium, mg Ca/l	6,92	10,3	10,3	0
Total fosfor, µg P/l	10	6,14	6,16	0
Total nitrogen, µg N/l	880	1558	1558	0
TOC, mg C/l	25,3	-	-	-

## 4.2 Vann fra hovedvask

Det konsentrerte vaskevannet fra hovedvask slippes i dag ikke direkte ut i Hunnselva, men transporteres til kommunalt avløpsrensingsanlegg for behandling før utslipp. Før å vurdere mulighetene til å slippe avløpsvannet direkte til Hunnselva, er det gjort noen beregninger for å vurdere effektene m.h.p. vannkvaliteten i elva. Det er tatt utgangspunkt i de målte konsentrasjonene i avløpsvannet fra hovedvask (tabell 4 og 10), en avløpsmengde på 4 m<sup>3</sup> pr. dag som ledes ut i løpet av 1 time.

Konsentrasjonsøkningene i Hunnselva i løpet av denne timen er beregnet ved minstevannføring (1 m<sup>3</sup>/s), d.v.s. i en "verste fall" situasjon.

På grunn av bruken av fosfatholdige vaskemidler i forbindelse med den årlige hovedvasken av membranene, er konsentrasjonen av fosfor svært høy i avløpsvannet. Som det framgår i tabell 10, vil pulsene av avløpsvann i perioder gi en kraftig økning av fosforkonsentrasjonen i Hunnselva. I tillegg til fosfor, inneholder avløpsvannet overflateaktive stoffer (tabell 5) som også vil kunne ha negative effekter. Det anbefales derfor ikke å slippe vannet fra hovedvask direkte til Hunnselva, men å fortsette med eksisterende praksis som innebærer transport til, og behandling i, kommunalt avløpsrensingsanlegg.

Det ble målt lave verdier for klororganiske forbindelser i vaskevannet, inkludert trihalometaner. Det ble heller ikke vist toksiske effekter overfor alger av avløpsvannet. I likhet med vannet fra rutinevask, var vann fra hovedvask vanskelig å bryte ned ved hjelp av bakterier, noe som antyder et beskjedent oksygenforbruk i resipienten som følge av utslippet.

**Tabell 10.** Beregnede konsentrasjonsøkninger i Hunnselva nedstrøms et eventuelt utslipp av vann fra hovedvask.

Parameter	Konsentrasjon i avløp fra hovedvask	Konsentrasjon i Hunnselva ved utløpet fra Einavatn 1986-1987	Beregnet konsentrasjon i Hunnselva nedstrøms utslippet	Beregnet prosentvis økning
Farge, mg Pt/l	302	40	40,5	1
Turbiditet, FNU	61	0,49	0,51	2
Jern, µg Fe/l	8820	79	82,8	5
Kalsium, mg Ca/l	5,99	10,3	10,3	0
Total fosfor, µg P/l	48850	6,14	60,6	887
Total nitrogen, µg N/l	390	1558	1558	0
TOC, mg C/l	156	-	-	-

### 4.3 Spylevann fra marmorfiltrene

Spylevannet fra marmorfiltrene ledes til innsjøen Skjelbreia.

Resultatene fra denne undersøkelsen viser at spylevannet fra marmorfiltrene har et høyt partikkelinnhold og høyt innhold av kalsium sammenliknet med vannet i Skjelbreia og i Hunnselva (tabell 11). Hoveddelen av det målte kalsium er på partikulær form (opptil 96%). Som tidligere nevnt er det forventet at hoveddelen av partiklene vil sedimentere i nærheten av utslippspunktet. Sedimentert materiale kan imidlertid påvirke bunnforhold og bunndyrs sammensetning lokalt. Finpartikulært materiale, og løst kalsium og karbonat, kan påvirke vannkvaliteten i utslippets nærhet i de periodene spylevann fra marmorfiltrene ledes ut.

**Tabell 11.** Konsentrasjoner i spylevannet fra marmorfiltrene sammenliknet med konsentrasjoner i Hunnselva.

Parameter	Konsentrasjon i spylevann fra marmorfiltre	Konsentrasjon i Hunnselva
Turbiditet, FNU	186	0,49
Susp. stoff, mg/l	708	-
Kalsium, mg Ca/l	181,5	10,3
Magnesium, mg Mg/l	1,52	1,11

Det er tidligere påvist at partikler av kalsiumkarbonat kan gi gjellebetennelse hos fisk i oppdrett. Det er lite trolig at dette vil være et problem for villfisk i innsjøen Skjelbreia, da hovedmengden av partiklene vil sedimentere, og da de gjenværende svevepartiklene vil løses opp og derved reduseres med tid og avstand fra utslippet. Belastningen i området rundt utslippet vil heller ikke være kontinuerlig, men foregår i kortvarige pulser. Villfisk vil kunne flykte fra lokale problematiske vannkvaliteter, og derved ha en mulighet for redusert partikkeleksponeringen.

Etterhvert som partikulært kalsiumkarbonat går i løsning, vil konsentrasjonen av frie kalsiumioner stige svakt, sammen med vannets alkalitet. En slik svak økning vil trolig ikke ha negative konsekvenser for vannkvaliteten i Skjelbreia og Hunnselva.

I kommende undersøkelser i Hunnselva kan det legges opp til noen enkle undersøkelser for om mulig å avdekke eventuelle effekter av sedimentert materiale på bunnforhold og bunndyrs sammensetning nær utslippspunktet i Skjelbreia. Disse kan tas fra isen tidlig på våren.

## 5. Referanser

Håkonsen T., Kjellberg G., Lindstrøm E.A. og Efraimsen H. 1999. Membrananlegg for humusfjerning – Avløpets sammenstning og betydning for resipient, Del 1. NIVA rapport nr. 4043, 33 s.

Fløgstad H. og Torgersen Y. 1992. Rensing og desinfeksjon av prosessvann fra slakteanlegg. SINTEF rapport STF60 A92038, 27 s. + vedlegg.

Helsedirektoratet 2001. Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften).

Kjellberg G., Bækken T., Lindstrøm E.A. og Romstad R. 2002. Undersøkelse av begroingsorganismer og makrobunndyr i Hunnselva ved to lokaliteter nedstrøms utslippet av prosessvann fra Skjelbreia Vannverk. NIVA rapport nr. 4524, 34 s.

Lien L. og Lindstrøm E.A. 1987. Tiltaksorientert overvåkning av Hunnselva 1985-1987. NIVA rapport 2076.99 s.

SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT publikasjon TA 1468/1997.

## **6. Vedlegg – analyserapporter**

**Kjemiske analyser**

**Partikkeltelling**

**Mikrobiologi**

**Algetester**

**Assimilerbart organisk stoff**

**Biologisk nedbrytbarhet**

Norsk  
 Institutt  
 for  
 Vannforskning

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

# ANALYSE RAPPORT



Navn **MF-rensing**  
 Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekv.nr. 2001-673	06.01.04
	O.nr. O 98198	

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet er gitt i eget dokument):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Humusvann (hovedvask)	2001.04.05	2001.04.06	2001.04.09-2001.06.05

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1
Turbiditet v/ 860 nm	FNU	A 4-2	61
Total tørrstoff	g/l	B 3	0,90
Farge	mg Pt/l	A 5	302
Fosfor	µg/l P	D 2-1	48854
Fosfat	µg/l P	D 1-1	33105
Nitrogen, total	µg/l N	D 6-1	390
Nitrat	µg/l N	D 3	200
Karbon, organisk	mg/l C	G 5-2	156
Kalsium	mg/l	E 9-1	5,99
Jern	mg/l	E 9*	8,82
Mangan	mg/l	E 9	0,92
AOX	mg/l	Ekstern	0,265
Anioniske overfl.akti	mg/l	G 7	10
Karbondetraklorid	µg/l	Intern*	<0,04
Bromoform	µg/l	Intern*	<0,04
Kloroform	µg/l	Intern*	3,1
Dibromoklormetan	µg/l	Intern*	<0,04
Diklorbromometan	µg/l	Intern*	<0,04
1,1,1-trikloreten	µg/l	Intern*	m
Tetrakloretylen	µg/l	Intern*	<0,02
Triklloretylen	µg/l	Intern*	<0,04

m : Analyseresultat mangler.

\* : Analysemetoden er ikke akkreditert.

### Kommentarer

- 1 1,2-dikloreten og 1,1,1-trikloreten ko-eluerer i GC-systemet og kan derfor ikke bestemmes. Det var ingen spor etter disse forbindelsene i prøven.

### Norsk institutt for vannforskning

Karin Lang-Ree  
 Laboratoriesekretær



Norsk  
 Institutt  
 for  
 Vannforskning

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

# ANALYSE RAPPORT



Navn **MF-rensing**  
 Adresse

<b>Deres referanse:</b>	<b>Vår referanse:</b>	<b>Dato</b>
	Rekv.nr. 2003-1243	06.01.04
	O.nr. O 98198	

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet er gitt i eget dokument):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Skylling av marmorfilt.	2003.05.27	2003.05.28	2003.06.02-2003.08.06
2	Skylllevann	2003.05.27	2003.05.28	2003.06.02-2003.08.06
3	Skylling av marmorfilt.	2003.05.27	2003.05.28	2003.06.11-2003.06.11

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3
Surhetsgrad		A 1	8,41	7,32	
Ledningsevne	mS/m	A 2		8,23	
Alkalitet	mmol/l	C 1	1,63	0,666	
Turbiditet v/ 860 nm	FNU	A 4-2	102	6,4	
Suspendert tørrstoff	mg/l	B 2	414	7,6	
Farge	mg Pt/l	A 5		142	
Fosfor	µg/l	P D 2-1		6	
Fosfat	µg/l	P D 1-1		5	
Nitrogen, total	µg/l	N D 6-1		895	
Nitrat	µg/l	N C 4-3		19	
Karbon, organisk	mg/l	C G 4-2		30,6	
Kalsium	mg/l	C 4-3	m	m	13,7
Kalsium	mg/l	E 9-5	60,9	6,64	
Jern	mg/l	E 9-5		1,36	
Magnesium	mg/l	C 4-3	m	m	
Magnesium	mg/l	E 9-5	0,611	0,743	
Mangan	µg/l	E 2		173	

m : Analyseresultat mangler.

### **Kommentarer**

1 m= Kjøres på ICP.

3 Prøven er membranfiltrert.

**Norsk institutt for vannforskning**

Karin Lang-Ree

Laboratoriesekretær

Norsk  
 Institutt  
 for  
 Vannforskning

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

# ANALYSE RAPPORT



Navn **MF-rensing**

Deres referanse:

Vår referanse:

Dato

Rekv.nr. 2003-1855

06.01.04

O.nr. O 98198

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet er gitt i eget dokument):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Skjellbreia Skyllervann	2003.08.14	2003.08.19	2003.08.19-2003.08.28
2	Skjellbreia vv spylevann	2003.08.14	2003.08.19	2003.08.19-2003.08.21
3	Skjellbreia vv spylevann	2003.08.14	2003.08.19	2003.08.20-2003.08.20
4	Skjellbreia vv oppsamling	2003.08.14	2003.08.19	2003.09.10-2003.09.11
5	Skjellbreia nett	2003.08.14	2003.08.19	2003.09.10-2003.09.11

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	Prøvenr				
			1	2	3	4	5
Surhetsgrad		A 1	6,88	8,32			
Ledningsevne	mS/m	A 2	5,15				
Alkalitet	mmol/l	C 1		2,30			
Turbiditet v/ 860 nm	FNU	A 4-2	0,98	270			
Suspendert tørrstoff	mg/l	B 1	1,2	1002			
Farge	mg Pt/l	A 5	130				
Fosfor	µg/l P	D 2-1	14				
Fosfat	µg/l P	D 1-1	1				
Nitrogen, total	µg/l N	D 6-1	865				
Nitrat	µg/l N	C 4-3	300				
Karbon, organisk	mg/l C	G 4-2	19,9				
Kalsium	mg/l	E 9-5	7,19	302	9,40		
Jern	mg/l	E 9-5	0,248				
Magnesium	mg/l	E 9-5		2,42			
Mangan	mg/l	E 9-5	0,0291				
Karbondetraklorid	µg/l	Intern*				<0,1	<0,1
Bromoform	µg/l	Intern*				<0,1	<0,1
Kloroform	µg/l	Intern*				4,6	<1,0
Dibromoklormetan	µg/l	Intern*				<0,1	<0,1
Diklorbromometan	µg/l	Intern*				<0,1	<0,1
1,1,1-trikloretan	µg/l	Intern*				<1,0	<1,0
Tetrakloretylen	µg/l	Intern*				<0,1	<0,1
Trikloretalen	µg/l	Intern*				<0,1	<0,1

\* : Analysemetoden er ikke akkreditert.

## Kommentarer

2 Marmorfilter

3 Marmorfilter (membranfiltrert Ca).

4 1,1,1-trikloretan og 1,2-dikloretan ko-eluerer i vårt

GC-system. Forbindelsene er kvantifisert i forhold til 1,2-dikloretan.

**Norsk institutt for vannforskning**

Karin Lang-Ree

Laboratoriesekretær

**NORSK INSTITUTT  
FOR VANNFORSKNING***Besøksadresse:**Brekkeveien 19**Postadresse:**Postboks 173 Kjelsås**0411 Oslo**Telefon 22 18 51 00**Telefax 22 18 52 00**Telex 74190 niva n**Postgiro 0813 5196712**Bankgiro 6094 05 11421*

Skjellbreia vannverk

**ANALYSERAPPORT****Partikkel telling**

<b>Prøve merket:</b>	<b>Lagring/transport:</b>	<b>Vår referanse:</b>	<b>Dato</b>
Innhold av partikler og størrelsesfordeling	Tatt: NIVA v/Anne Mellgren Mottatt NIVA 27.05.2003 Analysert: 31.05.2003 av EFR	Lab.kode: B 418 J.nr. O.nr. 89198	06.01.2004

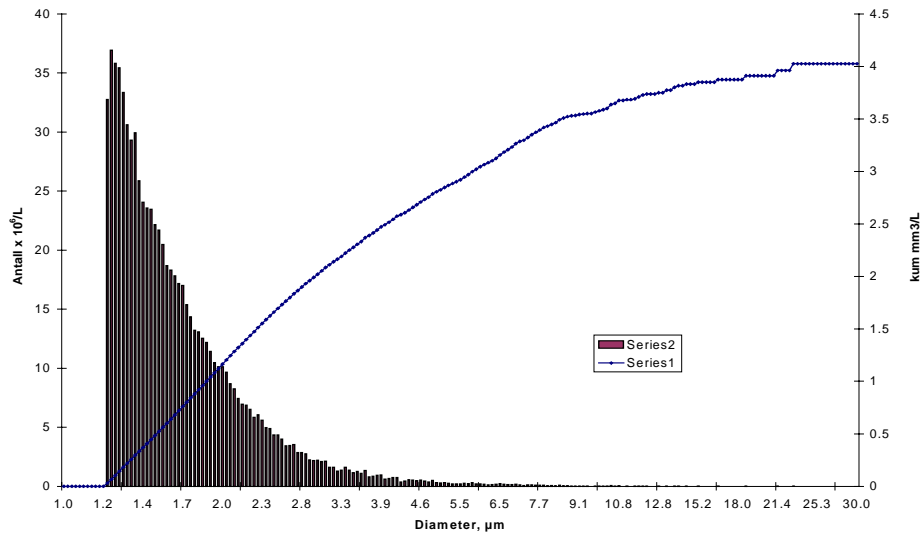
Prøvene var tatt på glassflasker og lagret ved 3-6 °C til den 31.05.2003. Partikkelfraksjoneringen etter størrelse og mengde ga følgende resultater:

**Resultater:**

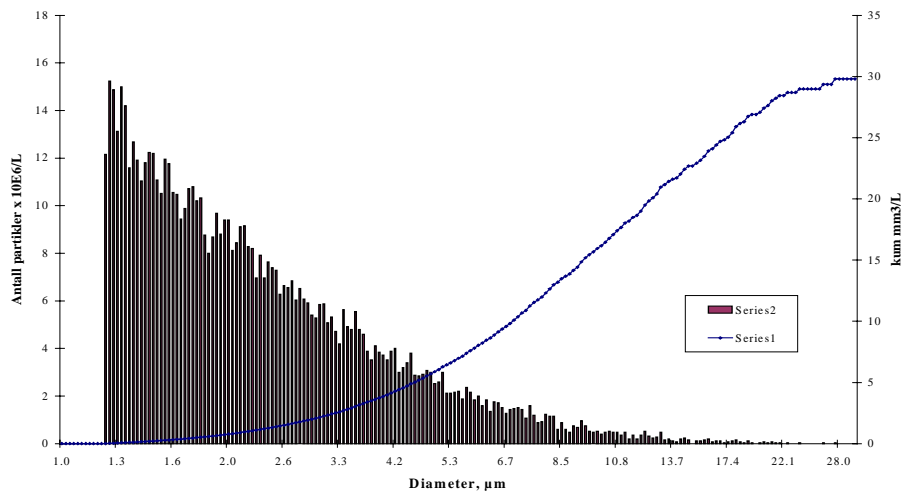
<b>Prøve/Parameter</b>	<b>Antall</b>	<b>Snitt</b>	<b>Tot. volum</b>	<b>Diameter µm</b>	
Partikkelstørrelsesfordeling	mill/L	<b>størrelse</b>	µm <sup>3</sup>	min.	maks.
		µm			
Skyllevann	792	1,73	402,6 x 10 <sup>3</sup>	1,27	30,0
Skyllevann fra marmorfilter	705,3	2,74	745,1 x 10 <sup>3</sup>	1,27	30,0

Tellingene ble utført med Beckman Multisizer™ 3 Coulter counter, med 0,9 % NaCl (MF 0,22 µm filtrert) som elektrolytt. Det ble benyttet 50 µm hulltubus (Orifice tube).

**Diagram: Partikler og størrelsesfordeling.**  
 Prøve: Skyllenvann



Skyllbann fra marmorfilter



Med vennlig hilsen  
**NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING**

Harry Efraimsen  
 Forsker

# TESTRAPPORT

Norsk  
 Institutt  
 for  
 Vannforskning

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

## Mikrobiologi

**Kunde: Skjellbreia vannverk**

<b>Lagring/transport:</b>	<b>Bestilling nr.</b>	<b>Vår referanse:</b>	<b>Dato</b>
Prøve tatt: 27.05.03		Lab.kode: M263/1-3	06.0603
Av: TKH		J.nr.	
Analysert: 27.05.03		O.nr. 98198	

### Analyseresultater

		Antall heterotrofe bakterier per ml			
Prøve merket	Labkode	22 °C	95 % konfidens- intervall	37 °C	95 % konfidens- intervall
Marmorfilter	M263/1	6300	4900 - 7976		
Skyllevann	M263/2	3100	2810 - 3483		
Hovedvask	M263/3	> 56000	-		

Med vennlig hilsen

**NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING**

Analytiker:

Åse Bakketun

Analysene er utført etter følgende standarder  
 Heterotrofe bakterier (kintall) 22 °C NS-EN 6222

# TESTRAPPORT

Norsk  
 Institutt  
 for  
 Vannforskning

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

## Mikrobiologi

**Kunde: Skjellbreia vannverk**

<b>Lagring/transport:</b>	<b>Bestilling nr.</b>	<b>Vår referanse:</b>	<b>Dato</b>
Prøve tatt: 15.08.03		Lab.kode: M277/1-2	25.09.03
Av: TKH		J.nr.	
Analysert: 15.08.03		O.nr. 98198	

### Analyseresultater

		Antall heterotrofe bakterier per ml, 22 °C	
Prøve merket	Labkode	Antall	95 % konfidens- intervall
Skyllevann	M277/1	1200	1020 - 1440
Spylevann - marmorfilter	M277/2	1400	1200 - 1680

Med vennlig hilsen

**NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING**

Analytiker:

Åse Bakketun

Analysene er utført etter følgende standarder  
 Heterotrofe bakterier (kimentall) 22 °C NS-EN 6222

# TESTRAPPORT



Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

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

**Alger, veksthemmingstest**  
***Selenastrum capricornutum***  
NIVA metode K4

**Teststoff:** Skyllervann, Skjelbreia  
**Kunde:** NIVA, O-98198

**Lab. kode:** B418/1  
**Prøve mottatt:** 27.05.2003

**Testmetode:** ISO 8692: Alga growth inhibition test  
**Organisme:** *Selenastrum capricornutum* NIVA CHL1  
**Testparameter:** Veksthastighet fra start til 72 timer  
**Stamkultur:** Semi-kontinuerlig i 10% Z8 vekstmedium (Staub 1961)  
**Start dato:** 28.05.2003  
**Konsentrasjoner:** 18, 32, 56, 100 %  
**Test medium:** ISO 8692  
**Inkuberingsutstyr:** Gyngbord  
**Dyrkingsflasker:** 100 ml ståkolber med 50 ml medium  
**Lys:** Ca. 75 mE m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>, kontinuerlig fra dagslys-type lysstoffrør  
**Temperatur:** 20,6 – 21,0°C  
**pH i kontroll** Start : 8,3 Slutt: 8,0  
**pH i høyeste konsentrasjon** Start : 7,9 Slutt: 8,1  
**Vekstmåling:** Partikkeltelling med Coulter Multisizer  
**Beregning av EC<sub>50</sub> \*** Probit transformering og lineær regresjon av probit verdier mot log. konsentrasjon  
**Beregning av NOEC \*\*** t-test (p < 0.01)

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

Parameter	Enhet	EC <sub>50</sub>	95% konf. int.	EC <sub>10</sub>	95% konf. int.
Veksthastighet	%	> 100	-	53	37 - 68

\* EC<sub>50</sub> = Den konsentrasjon som gir 50% reduksjon av testparameteren i forhold til kontrollkulturer

Oslo, 19.06.2003

Utført av: Randi Romstad

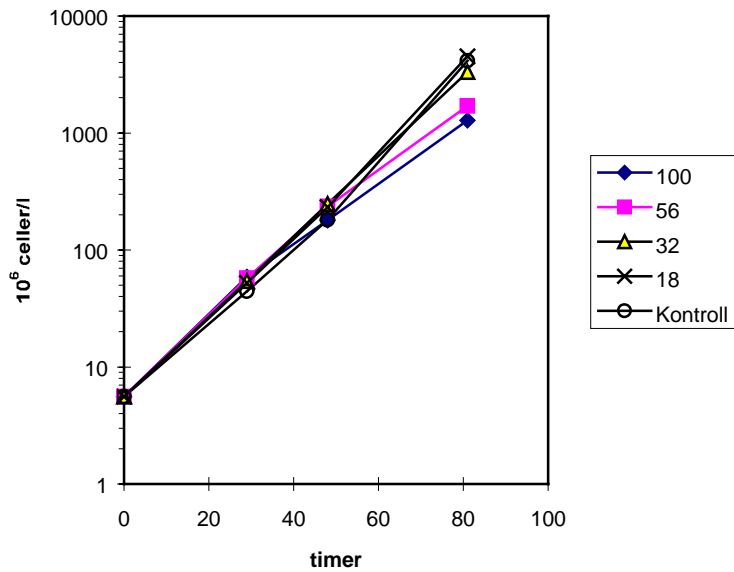


Fig. 1. Vekstkurver for *Selenastrum capricornutum* i ulike konsentrasjoner av skyllevann.

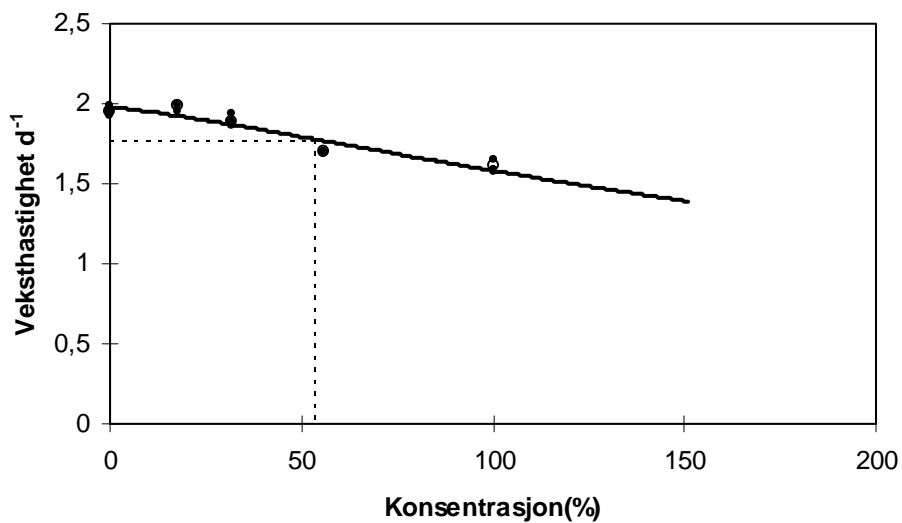


Fig. 2. Effekt av skyllevann på veksthastigheten til *Selenastrum capricornutum*.

### Referanser:

ISO/DIS 8692 : Water quality - Algal growth inhibition test

OECD 1984: Guidelines for testing of chemicals, no. 201; Alga, growth inhibition test. OECD, Paris

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



TEST: K4

Date: 28.5.03

COMPOUND: Skyllevann, Skjelbreia

Lab. code: B418-1

TEST ALGA: *Selenastrum capricornutum*

Medium: ISO

INOCULUM: 5,60 mill. cells/l

Conc.	Hours: %	Day 1	Day 2	Day 3	Area	Area %	G. rate	G. rate %
		29 mill/l	48 mill/l	81 mill/l				
100	"	59,0	182	1209	25724	35	1,59	81
100	"	59,0	174	1492	30186	41	1,65	85
100	"	59,0	183	1148	24744	34	1,58	81
56	"	59,0	228	1759	35995	49	1,70	87
56	"	57,0	239	1639	34253	47	1,68	86
56	"	56,0	240	1713	35476	48	1,70	87
32	"	60,0	254	2963	56561	77	1,86	95
32	"	54,0	259	3214	60689	83	1,88	96
32	"	49,0	229	3803	69507	95	1,93	99
18	"	50,0	218	4068	73618	100	1,95	100
18	"	57,0	245	4861	87572	119	2,00	103
18	"	50,0	233	4604	82852	113	1,99	102
Control		44,0	184	4485	79470	108	1,98	101
		43,0	192	4056	72576	99	1,95	100
		63,0	237	4607	83317	113	1,99	102
	<i>Forkastet</i>	24,0	94	1646	29807	41	1,68	86
		35,0	139	3663	64521	88	1,92	98
		37,0	152	3838	67795	92	1,93	99

## MEAN VALUES

%

100% Mv:		59,00	179,67	1283,00	26884	36,56	1,61	82,25
St. d.		0,00	4,93	183,55	2901	3,94	0,04	2,10
56% Mv.		57,33	235,67	1703,67	35241	47,92	1,69	86,64
St. d.		1,53	6,66	60,54	894	1,22	0,01	0,54
32% Mv.		54,33	247,33	3326,67	62252	84,66	1,89	96,70
St. d.		5,51	16,07	431,18	6613	8,99	0,04	1,93
18% Mv.		52,33	232,00	4511,00	81347	110,62	1,98	101,36
St. d.		4,04	13,53	404,60	7098	9,65	0,03	1,38
Control	Mv.	44,40	180,80	4129,80	73535,70	100,00	1,96	100,00
	St. d.	11,08	38,31	406,93	7842,80	10,67	0,03	1,49
	Coefficient of variation in controls (%):				10,67		1,49	

# TESTRAPPORT



Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

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

**Alger, veksthemmingstest**  
***Selenastrum capricornutum***  
NIVA metode K4

**Teststoff:** Vann fra hovedvask  
**Kunde:** NIVA, O-98198

**Lab. kode:** B418/2  
**Prøve mottatt:** 27.05.2003

**Testmetode:** ISO 8692: Alga growth inhibition test  
**Organisme:** *Selenastrum capricornutum* NIVA CHL1  
**Testparameter:** Veksthastighet fra start til 72 timer  
**Stamkultur:** Semi-kontinuerlig i 10% Z8 vekstmedium (Staub 1961)  
**Start dato:** 28.05.2003  
**Konsentrasjoner:** 18, 32, 56, 100 %  
**Test medium:** ISO 8692  
**Inkuberingsutstyr:** Gyngbord  
**Dyrkingsflasker:** 100 ml ståkolber med 50 ml medium  
**Lys:** Ca. 75 mE m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>, kontinuerlig fra dagslys-type lysstoffør  
**Temperatur:** 20,6 – 21,0°C  
**pH i kontroll** Start : 8,3 Slutt: 8,0  
**pH i høyeste konsentrasjon** Start : 8,2 Slutt: 9,2  
**Vekstmåling:** Partikkeltelling med Coulter Multisizer  
**Beregning av EC<sub>50</sub> \*** Probit transformering og lineær regresjon av probit verdier mot log. konsentrasjon  
**Beregning av NOEC \*\*** t-test (p < 0.01)

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

Parameter	Enhet	EC <sub>50</sub>	95% konf. int.	EC <sub>10</sub>	95% konf. int.
Veksthastighet	%	> 100	-	> 100	-

\* EC<sub>50</sub> = Den konsentrasjon som gir 50% reduksjon av testparameteren i forhold til kontrollkulturer

Oslo, 19.06.2003

Utført av: Randi Romstad

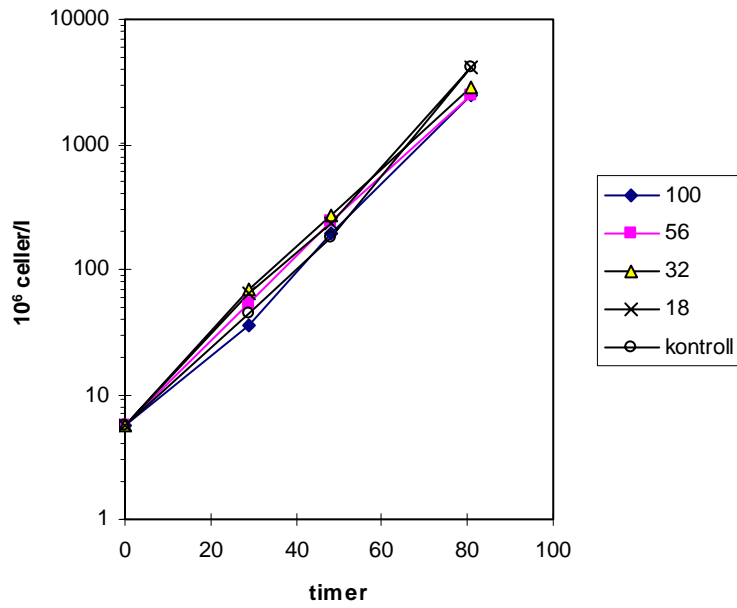


Fig. 1. Vekstkurver for *Selenastrum capricornutum* i ulike konsentrasjoner av skyllenvann.

### Referanser:

ISO/DIS 8692 : Water quality - Algal growth inhibition test

OECD 1984: Guidelines for testing of chemicals, no. 201; Alga, growth inhibition test. OECD, Paris

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

TEST: K4

Date: 28.5.03

COMPOUND: Vann fra hovedvask

Lab. code: B418-2

TEST ALGA: *Selenastrum capricornutum*

Medium: ISO

INOCULUM: 5,60 mill. cells/l

		Day 1	Day 2	Day 3	Area	Area %	G. rate	G. rate %
Conc.	Hours: %	29 mill/l	48 mill/l	81 mill./l				
100	"	36,0	191	2451	45899	62	1,80	92
100	"	35,0	188	2534	47167	64	1,81	93
100	"	37,0	211	2522	47615	65	1,81	93
56	"	51,0	239	2335	45593	62	1,79	91
56	"	51,0	235	2646	50621	69	1,82	93
56	"	57,0	249	2313	45634	62	1,78	91
32	"	65,0	257	2865	55142	75	1,85	95
32	"	58,0	268	2549	50046	68	1,81	93
32	"	84,0	282	3006	58575	80	1,86	95
18	"	62,0	232	4360	79088	108	1,97	101
18	"	68,0	232	4083	74661	102	1,95	100
18	"	64,0	235	3781	69660	95	1,93	99
Control		44,0	184	4485	79470	108	1,98	101
		43,0	192	4056	72576	99	1,95	100
		63,0	237	4607	83317	113	1,99	102
	forkastet	24,0	94	1646	29807	41	1,68	86
		35,0	139	3663	64521	88	1,92	98
		37,0	152	3838	67795	92	1,93	99

## MEAN VALUES

%

100 Mv.		36,00	196,67	2502,33	46893	63,77	1,81	92,47
	St. d.	1,00	12,50	44,86	890	1,21	0,01	0,27
56 Mv.		53,00	241,00	2431,33	47283	64,30	1,80	92,00
	St. d.	3,46	7,21	186,23	2891	3,93	0,02	1,14
32 Mv.		69,00	269,00	2806,67	54588	74,23	1,84	94,17
	St. d.	13,45	12,53	234,02	4291	5,84	0,03	1,29
18 Mv.		64,67	233,00	4074,67	74470	101,27	1,95	99,83
	St. d.	3,06	1,73	289,59	4717	6,41	0,02	1,08
Control	Mv.	44,40	180,80	4129,80	73535,70	100,00	1,96	100,00
	St. d.	11,08	38,31	406,93	7842,80	10,67	0,03	1,49
	Coefficient of variation in controls (%):				10,67		1,49	

## Undersøkelse av rensmiddel fra Skjellbreia vannverk

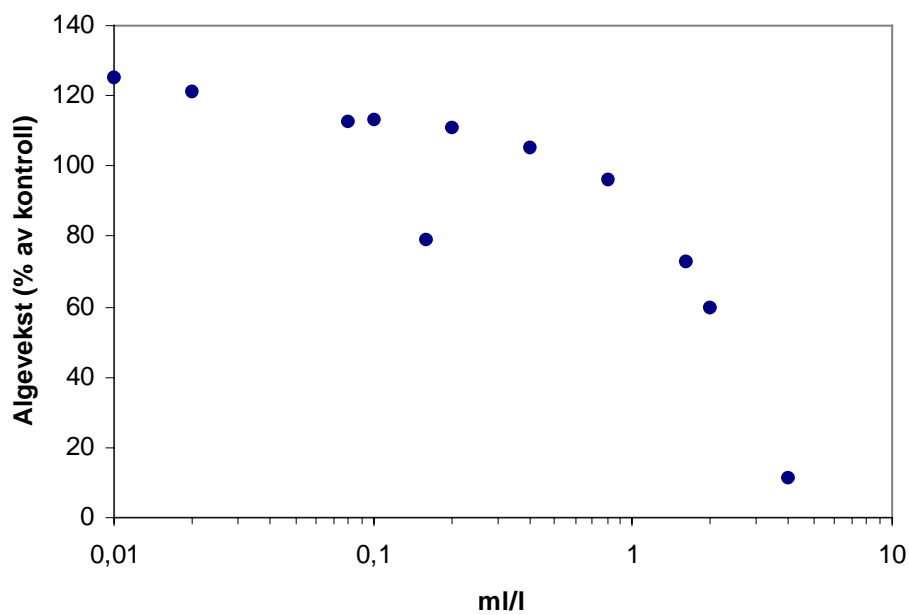
høst 2000

Det flytende rensmidlet har egenvekten 1.18 g/ml.

Inndamping ved 100 °C ga en tørrstoffrest på 0.334 g/ml.

Det er utført to screening-tester av stoffets giftighet for alger og dafnier (vannlopper).

Algetesten ble gjort i en konsentrasjonsserie fra 0.01 – 4 ml/l. Algeveksten var noe stimulert ved de laveste konsentrasjonene. Hemming av veksten i forhold til kontrollkulturer ble observert ved 1.6 ml/l og høyere konsentrasjoner (Se figur).



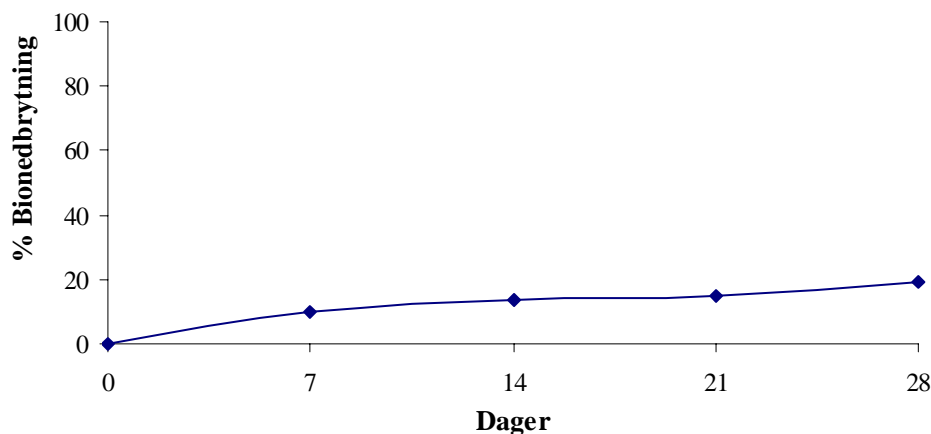
Daphniene ble testet ved konsentrasjonene 2-32 ml/l. Etter 3 døgn var det ingen dødelighet ved 2 ml/l. Ved 4 ml/l overlevde 1 av 5 dyr og ved høyere konsentrasjoner var samtlige dyr døde.

## Test rapport

### Biologisk nedbrytning av skyllevann tatt 26.mai 2003

- Metode:** Det ble brukt samme testopplegg som ved undersøkelsen utført i april 2001. ISO/FDIS 14593 Evaluation in an aqueous medium of the ultimate aerobic biodegradability of organic compounds - method by the analysis of released inorganic carbon in sealed vessels.
- Testløsning:** Skyllevann fra vaskeprosessen, lagret ved lav temperatur fra prøvetaking til teststart. Næringssalter tilsatt som angitt i metodebeskrivelse. Destillert vann som ble benyttet som BOD- fortynningsvann ble luftet ned CO<sub>2</sub>-fri luft i 2 timer før preparering.
- Inokulum:** I tillegg til tilstedeværende bakterier i skyllevannet ble det tilsatt spesialbehandlet laboratorieprodusert slamsuspensjon for å øke baktriefloras potensial for nedbrytning av organisk materiale. Væske fra luftetanken ble silt gjennom 10 µm planktonduk og sentrifugert ved 2500 G i 10 min. Biomassen ble resuspendert (vasket) i BOD-fortynningsvann to ganger for å eliminere løst organisk stoff. Antall bakterier i preparert testmedium ble analysert til;  $8,4 \cdot 10^3$  per ml
- Testløsning,** pH; start; 7,6. Slutt; 7,4. DOC; start; 29,7 mg/L. Slutt; 16,0 mg/L  
**Inkubasjon,** Tid; 28 dager Temperatur under testperioden; 20,1 - 21,1 °C

### Resultater:



Figur 1. Viser % nedbrytning under testperioden, basert på fullstendig mineralisering.

### Diskusjon

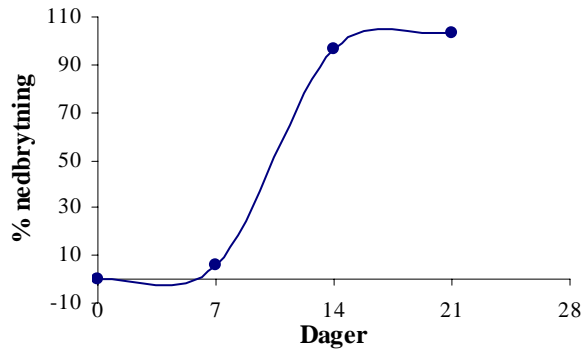
Beregningen er basert på innholdet av løst organisk stoff i skyllevannet, målt som DOC (preparert testvann filtrert gjennom 0,45 µm MF).

Uorganisk karbon (IC) dannet er ekvivalent med organisk karbon som er mineralisert.

Som det framgår av databeregningen (side 2) er netto IC produsert 5.6 mg/L. Dette gir 19% eliminering etter 28 døgn. Analysert verdi for DOC i testvannet var 16,0 mg/L. Basert på DOC ved start representerer dette en DOC-reduksjon på 46 %. Disse analyseverdiene indikerer at organisk karbon er delvis bundet i organisk biomasse og (eller) at kolloidale partikler (humus) har agglomerert til filtrerbart materiale og blitt fjernet ved DOC bestemmelsen etter 28 døgn.

**Nedbrytning av referansestoff**

Figur 2, viser nedbrytningen av anilin i testen. En stagnasjon i nedbrytningen ble oppnådd etter ca. 14 døgn, med over 90 % IC reduksjon. Kravet for gyldig test er 60 % etter 14 dager.

Figur 2. **Nedbrytning av anilin****VEDLEGG****Regneark; databeregning**

Prosjekt: 98198  
Start: 28.05.2003  
Slutt: 25.06.2003

NIVA metode: L12

Skyllevann, hovedv. 26.05.2003

TOC konsentrasjon: 29.7 mg/l

Forbehandling

Inkubasjon sted: K-10

Temperatur: min. 19.2 maks. 20.1 °C

Karbon kons. mg/l **29.7****TIC DATA**

Medium	Dager	0	7	14	21	28
	Fl.nr:	TIC mg/L	TIC mg/L	TIC mg/L	TIC mg/L	TIC mg/L
Blank (BOD-vann)		1.4	1.6	1.9	1.8	2.0
		1.4	1.7	1.8	2.0	2.1
	snitt	<b>1.4</b>	<b>1.7</b>	<b>1.8</b>	<b>1.9</b>	<b>2.0</b>
Testvann		11.6	15.1	16.9	17.1	18.4
		12.6	15.3	16.3	17.2	18.4
						18.4
	snitt	<b>12.1</b>	<b>15.2</b>	<b>16.6</b>	<b>17.1</b>	<b>18.4</b>
Bl.korreksjon		<b>0.0</b>	<b>2.9</b>	<b>4.11</b>	<b>4.5</b>	<b>5.6</b>
Biodeg. %		<b>0</b>	<b>9.7</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>19</b>
	Dager	0	7	14	21	
Referanse Anilin		1.4	1.8	19.4	22.6	
		1.4	3.9	22.9	22.5	
	snitt	<b>1.4</b>	<b>2.8</b>	<b>21.2</b>	<b>22.5</b>	
IC i testvann	korr.	<b>1.4</b>	<b>1.6</b>	<b>1.8</b>	<b>1.9</b>	
Bl. korreksjon		<b>0.0</b>	<b>1.2</b>	<b>19.4</b>	<b>20.6</b>	
Biodeg. %		<b>0</b>	<b>6</b>	<b>97</b>	<b>103</b>	

**Test rapport**

Biologisk nedbrytning  
av  
**humusvann fra hovedvask**

**Etter metode ISO/FDIS 14593**



Dato for start: 6. april 2001

Dato for avslutning: 4. mai 2001

Oppdragsgivers adresse:

Vestre Toten kommune  
Skjelbreia vannverk

Testing og rapportering utført av:

Harry R. Efraimsen  
Norsk Institutt for Vannforskning  
Postboks 173 Kjelsås  
N-0411 OSLO

Telefon: (47) 22 18 51 00

Telefaks: (47) 22 18 52 00

Rapport utgitt 1.12.2001

## **GVP, i overensstemmelse med kvalitetskrav**

Undertegnede bekrefter herved at denne testingen av bionedbrytbarhet er utført nøyaktig og i overensstemmelse med den anvendte metode. Data som er generert i undersøkelsen, og arbeidet som er utført er i henhold til EN 45000 og god vitenskapelig praksis (GVP).

Denne undersøkelsen er ikke utført i henhold til "Good Laboratory Practice Guideline".

Forskningsleder: \_\_\_\_\_

Torsten Källqvist  
Forskningsleder, Økotoksikologi  
Norsk Institutt for Vannforskning

Dato: \_\_\_\_\_

## Innledning

Undersøkelsen hadde som formål å belyse biologisk nedbryting av humusstoffer og vaskemidler fra hovedvask av membranfilter for drikkevann.

Undersøkelsen ble utført i henhold til: ISO/FDIS 14593. Evaluation in an aqueous medium of the ultimate aerobic biodegradability of organic compounds - method by the analysis of released inorganic carbon in sealed vessels.

Utviklingen av CO<sub>2</sub> under nedbrytningen av teststoffet er anvendt som måleparameter i testen, og ble bestemt som uorganisk karbon (TIC).

De naturlig tilstedeværende mikroorganismene i råvannet ble anriket ved filtrering for å oppnå akseptabel tetthet av bakterier til selve testen.

160 ml serumflasker (Weaton) ble fylt med 100 ml preparert testmedium og hermetisk lukket.

Utviklingen i nedbrytningen ble bestemt ved måling av netto økning i TIC over tid og med korreksjon for utviklingen i en blank løsning. Inkubasjonstid ble satt til 28 dager. Bionedbrytningen blir uttrykt som prosent av teoretisk uorganisk karbon (ThIC) basert på mengde totalt organisk stoff i testmediet.

## Materiale og testbetingelser

### Testmateriale

Vaskevann fra hovedvask av membraner utført ved Skjellbreia vannverk den 5.04.2001.

Konsentrasjon av organisk stoff (TOC) 17 mg/l.

### Testbetingelser

#### Apparatur

Klare serumflasker, 160 ml	Fylt med 100 ml testmedium og lukket med septakork av butyl gummi, festet med aluminiumkapsel for forsegling av gasstett testporsjon.
Sprøyte for gassuttak	Høy presisjon 0-1 ml med lukkeventil. (Dynatech)
Sprøyte for syre tilsetning	Standard 5 ml med 0,8x 40 mm mål.
Glassflasker	1 og 5 liters volum.
pH-meter	Orion 720
Filtreringutstyr	Sartorius filterholder og membranfilter, med 0,45 µm poreåpning.
Produksjon av CO <sub>2</sub> fri luft	Gassvaske flasker (500ml) med 1,0 M NaOH løsning som CO <sub>2</sub> absorber.
Karbon analysator	Dohrmann DC 190 Tilsetning av 1 ml H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> /100 ml testmedium for frigivelse av CO <sub>2</sub> .
Inkubatorer	Klimarom K10, ved 20 °C
Analysevekt	Sartorius 2001 MP2

#### Test medium

Vaskevannet ble tilsatt en ml/l av stamløsningen A, for å øke bufferkapasiteten og løsning A-a, som bidrar med 0,13 mg/l NH<sub>4</sub>-N. Fra hver av stamløsningene B og D ble det tilsatt en ml per liter.

#### Inokulum

Råvann fra vannkilden ble filtrert gjennom membranfilter med 0,45 µm porestørrelse for å anrike mikroorganismer som podemateriale. Ca. 1,5 liter råvann ble filtrert til et partikkholdig volum på ca.

100 ml. Den suspenderte fraksjonen ble fylt i en 250 ml glassflaske og satt i en ristemaskin i 3 minutter for mekanisk dispergering av fnokker eller aggregater. Til slutt ble væsken filtrert gjennom ett membranfilter med 5 µm porestørrelse. Dette ble gjort for å fjerne større aggregater av humuspartikler. Filtratet ble benyttet som inokulum til selve testen.

#### **Preparering av testmedium**

Det ble preparert et totalvolum på 2 liter testmedium som ble podet med 40 ml inokulum (2.2.3.). testmediet viste pH 7,6 ved start. Etter god blanding av ble 100 ml ut porsjoner fordelt i serumflasker og forseglet. Flaskene ble plassert på ristemaskin og inkubert ved 20 °C.

#### **Preparering av testmedium fysisk/kjemisk kontroll**

Til sammen 3 flasker preparert med testmedium ble tilsatt 5 mg HgCl<sub>2</sub> for å stoppe biologisk aktivitet. Disse ble brukt til å vurdere abiotisk aktivitet og bakgrunnsnivå for TIC i testløsningen ved start og endt forsøk.

#### **Preparering av referanse medium**

Anilin (Anilin (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>)), ble preparert til en stamløsning på 260 mg/100 ml destillert vann. Til referanseløsningen ble det laget nytt testmedium av destillert vann, tilsatt stamløsningene A, A-a, B og D (nevnt under 2.2.2). 2 ml av stamløsning anilin ble tilsatt, tilsvarende 4 mg/l karbon. Etter blanding ble 100 ml porsjoner fordelt i serumflasker og forseglet. Flaskene ble inkubert sammen med testprøvene i maksimalt 14 dager.

#### **Analysemetodikk og beregninger**

Uttak av testflasker for TIC analyse

Ved hvert prøveuttak under inkubasjonstiden ble testflasker tilsatt 5 mg HgCl<sub>2</sub> (100µl konserveringsløsning) gjennom septum ved sprøyte. Flaskene ble så oppbevart ved 2-4 °C til analyse etter endt testperiode. Før analyse ble alle flaskene tilsatt 0,5 ml 7 mol NaOH ved bruk av gradert sprøyte. Alle flasker ble temperert i vannbad til 20°C og satt på ristemaskin, med frekvens 140 sykluser per min. i minst en time. Denne behandlingen ble utført for å få omdannet karbondioksid til bikarbonat.

#### **TIC analyse**

TIC analyser ble utført på Dohrmann DC 190 instrument. Én ml CO<sub>2</sub>-holdig gass ble tatt fra hver enkelt testflaske og injisert. Ved hver analysering ble det preparert kontrolløsninger som dekket det aktuelle konsentrasjonsområdet. En stamløsning av Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Merck nr. 6392), på 200 mg IC/L ble fortynnet i TIC-fritt avionisert vann til konsentrasjonsserier fra 1 til 40 mg TIC per l. Disse standardløsningene ble fylt i serumflasker og forseglet, tilsatt fosforsyre og behandlet likt med testflaskene.

Korrelasjonslikning fra standardkurve ble anvendt for beregning av TIC konsentrasjon i hver enkelt testflaske.

#### **Godkjent test**

Den prosentvise bionedbrytningen av referansestoffet skal være minst 60 % etter 14 døgn ved 20 °C.

#### **Beregning av analysedata**

Ved 100 % nedbrytning av teststoffet er teoretisk mengde uorganisk karbon (ThIC) lik mengde total organisk karbon tilsatt gjennom teststoffet ved start av testen. ThIC = TOC.

Total TIC i testflasken blir: TIC = (mg C i væskefasen + mg C i gassfasen).

eller TIC = (V<sub>L</sub> · C<sub>L</sub>) + (V<sub>H</sub> · C<sub>H</sub>)

hvor

V<sub>L</sub> er volum i liter av væske i testflasken

C<sub>L</sub> er konsentrasjon av TIC i væskefasen (mg C/l)

V<sub>H</sub> er volum i liter i gassfasen

$C_H$  er konsentrasjon av TIC i gassfasen (mg C/l).

Ved surgjøring til  $\text{pH} < 3$  etableres det en likevekt i konsentrasjon av TIC i gass og væskefase. Det er derfor tilstrekkelig å analysere i gassfasen fordi;  $C_L = C_H$ .

Beregning av prosentlig bionedbrytning  $D_t$  ved hvert trinn blir:

$$D_t = \frac{\text{TIC}_t - \text{TIC}_b}{\text{TOC}_i} \times 100$$

Hvor

$\text{TIC}_t$  er TIC i mg i testflasken ved tid  $t$ ;

$\text{TIC}_b$  er middel TIC i mg i blank flaskene ved tid  $t$ ;

$\text{TOC}_i$  er TOC i mg tilsatt ved start i testflaskene.

Nedbrytningen av referankestoffet er beregnet på tilsvarende måte.

Beregningen av middelverdier for utviklingen av TIC under inkubasjonen er utført i Microsoft EXCEL som vist i tabell 2.

Statistisk beregning av 95 % konfidensintervall er utført ved bruk av Microsoft Excel Descriptive Statistics.

## Resultater

Nedbrytning av materialet i vaskevann

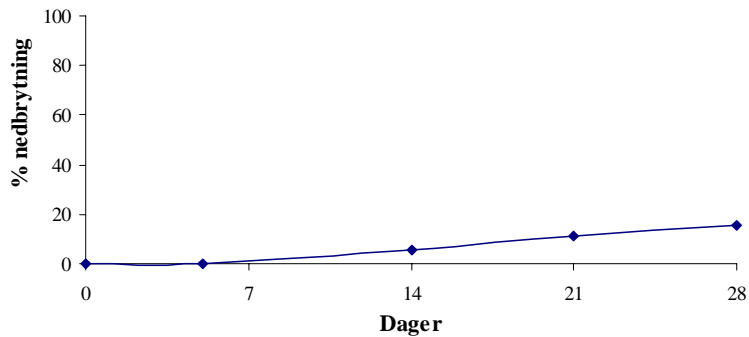
Resultatet som ble oppnådd etter 28 døgn inkubasjon ved 20 °C er vist i tabell 1. Det ble analysert 4 replikater, hvor enkeltverdier, middelverdier og konfidensgrense for nedbrytningsverdiene er vist i tabellen. Alle analysedata med beregnede verdier som ble generert i testen er vist i vedlegg.

Tabell 1 Netto IC-produksjon og beregnet nedbrytningsgrad.

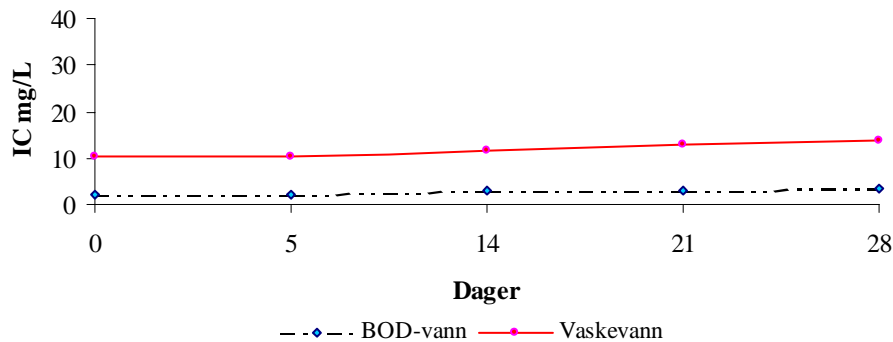
Repl.	IC mg/l	Biodeg.%	95 % konfidensintervall
1	2.12	12.4	
2	2.82	16.6	
3	2.84	16.7	
4	2.64	15.5	
Snitt	2.60	15.3	3.1 %

Figur 1, viser utviklingen i nedbrytningen av organisk materiale i vaskevannet under inkubasjonstiden.

Figur 1. Bionedbrytningskurve



Figur 2. TIC i testvannet og i preparert fortynningsvann (BOD-vann) benyttet i blank

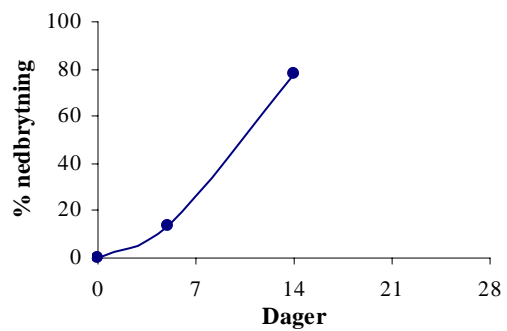


Figur 2, viser utviklingen for TIC i BOD-vann (blank), vist som streket kurve og for vaskevannet som er justert for TIC i vannet ved start av testen. Disse bakgrunnsverdiene er det korrigert for ved beregning av nedbrytningsgrad i vaskevannet.

### Nedbrytning av referansestoff

Figur 3, viser nedbrytningen av anilin i testen. Selv om stagnasjon i nedbrytningen ikke ble påvist etter 14 døgn ble kravet til 60 % nedbrytning oppnådd. Kriteriene for gyldig gjennomføring av testen er dermed oppfylt.

Figur 3. **Nedbrytning av anilin**



### Referanser

ISO/FDIS 14593 Evaluation in an aqueous medium of the ultimate aerobic biodegradability of organic compounds - method by the analysis of released inorganic carbon in sealed vessels.  
NS-ISO 8245 Retningslinjer for bestemmelse av totalt organisk karbon (TOC) Første utgave 1991.

**Vedlegg 1**

**Regneark**

Prosjekt: 98198  
 Start: 6.04.2001  
 Slutt: 4.05.2001

NIVA metode: L12

Vaskevann, årsvask 05.04.2001  
 TOC konsentrasjon: 17 mg/l  
 Forbehandling  
 Inkubasjon sted: K-10  
 Temperatur: min. 19.2 maks. 20.1 °C

Karbon kons. mg/l 17

**TIC DATA**

Medium	Dager	0	5	14	21	28
	Fl.nr:	TIC mg/L	TIC mg/L	TIC mg/L	TIC mg/L	TIC mg/L
Blank (BOD-vann)		2.11	2.11	2.85	2.98	3.36
						3.21
	snitt	<b>2.1</b>	<b>2.1</b>	<b>2.9</b>	<b>3.0</b>	<b>3.3</b>
Testvann		10.11	10.11	11.83	12.32	13.40
				11.72	13.34	14.10
						14.12
						13.92
	snitt	<b>10.1</b>	<b>10.1</b>	<b>11.8</b>	<b>12.8</b>	<b>13.9</b>
Bl.korreksjon		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.93</b>	<b>1.9</b>	<b>2.6</b>
Biodeg. %		<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>15</b>
	Dager	0	5	14		
Referanse Anilin		2.11	4.81	6.03		
	snitt	<b>2.1</b>	<b>4.8</b>	<b>6.0</b>		
IC i testvann	korr.	<b>2.1</b>	<b>2.1</b>	<b>2.9</b>		
Bl. korreksjon		<b>0.0</b>	<b>2.7</b>	<b>3.1</b>		
Biodeg. %		<b>0</b>	<b>14</b>	<b>78</b>		

2.12 12.4  
 2.82 16.6  
 2.84 16.7  
 2.64 15.5  
 95% konfidensgrense  
 3.10 %

**Vedlegg 2****Stamløsninger :**

- Løsning a)** Kaliumdihydrogenfosfat ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ), 8.5 g/l  
Dikaliumhydrogenfosfat ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ) 21.75 g/l  
Dinatriumhydrogenfosfat heptahydrat ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) 33,4 g/l  
(Alternativt dihydrat ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 22,2 g/l)  
  
Ammoniumklorid ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) 0,5 /l  
Løs kjemikaliene i destillert vann i en målekolbe og fyll til 1000 ml
- Løsning b)** Kalsium klorid dihydrat,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  36.40 g  
  
Løses i destillert vann til 1 liter.
- Løsning c)** Magnesium sulfat heptahydrat,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  22.50 g  
  
Løses i destillert vann til 1 liter.
- Løsning d)** Løs 0.25 g jern(III)klorid heksahydrat ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) i ca. 700 ml vann, tilsettes et par dråper konsentrert svovelsyre for å forhindre utfelling, og fyll til 1000 ml.  
  
Per liter testvann ble det tilsatt 1 ml av løsning a) og en ml av løsning b).