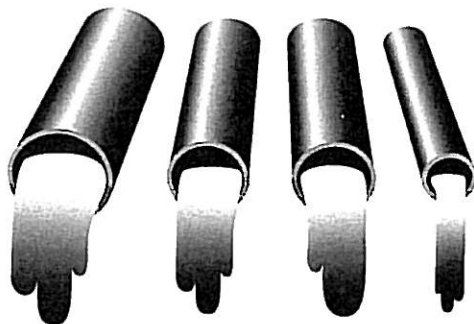
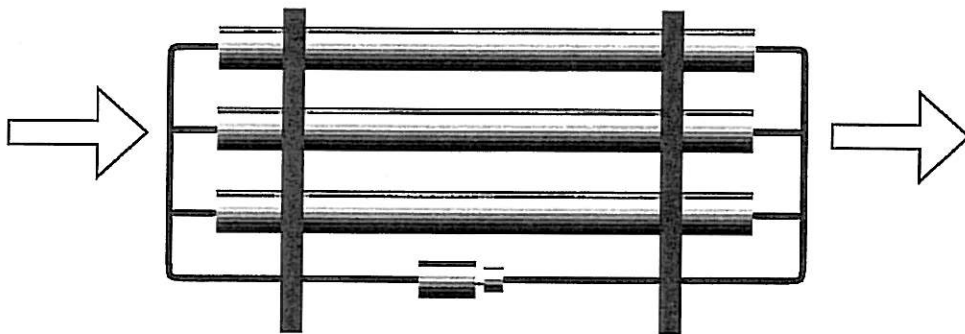


RAPPORT LNR 4043-99

# Membrananlegg for humusfjerning - Avløpets sammensetning og betydning for resipient

Del 1



Konsentrat    Rutinevask    Hovedvask    Konservering

**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 A/S**  
9015 Tromsø  
Telefon (47) 77 68 52 80  
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel <b>Membrananlegg for humusfjerning – Avløpets sammensetning og betydning for resipient, Del I</b>	Løpenr. (for bestilling) 4043 - 99	Dato april 1999
	Prosjektnr. Undernr. 97209/98198	Sider Pris 33
Forfatter(e) Tor Håkonsen Gösta Kjellberg Eli-Anne Lindstrøm Harry Efraimssen	Fagområde Vannforsyning	Distribusjon Åpen
	Geografisk område N-Oppland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Vestre Toten kommune ved Teknisk Driftsavdeling	Oppdragsreferanse Gunnar Fosso
---	-----------------------------------

**Sammendrag**

Vestre Toten kommune har av Fylkesmannen i Oppland fått pålegg om analyseprogram for avløpet fra Skjellbreia Vannverk samt et biologisk undersøkelsesprogram for resipienten Hunnselva. Skjellbreia Vannverk er Norges største membranfilteranlegg for reduksjon av NOM med en kapasitet på 600 m<sup>3</sup>/h. Konsentratet fra filtreringsprosessen føres kontinuerlig til resipienten Hunnselva. Det kjemikalieholdige avløpet fra den daglig rutinevasken føres til en oppsamlingkum og fordroyes og fortynnes derfra inn på konsentratet. Dette samlede avløpet av konsentrat og fortynnet kjemikalieavløp er undersøkt for å avdekke en eventuell trussel for resipienten. Analysene inkluderte toksisitet, nedbrytbarhet, THM, farge, fosfor, pH, TOC, og diverse metaller. Den biologiske undersøkelsen av resipienten omfattet en kartlegging av begroing og bunndyr før etablering av vannverket, med tilsvarende årlige undersøkelser for å dokumentere eventuelle biologisk endringer pga. vannverkets avløp.

**Konklusjon fra foreliggende resultater:**

Begroings- og bunndyrsorganismer i Hunnselvas øvre deler var før oppstart av vannverket noe påvirket av tilførsel av næringssalter og lett nedbrytbart organisk materiale. Den naturgitte biodiversitet var likevel intakt, selv om dette hadde medført økt biologisk produksjonskapasitet. Effekten av foreliggende forurensningsbelastning bedømmes derfor som liten (påvirkningsklasse I-II). Den biologiske undersøkelsen viste også at nåværende utslipp av prosessvann fra vannverket så langt ikke har medført akutte skadeeffekter på flora eller fauna.

Dette støttes av analyser av avløpsvannet som tilsier at vannverket ikke vil medføre noen trussel for resipienten eller noen av dens brukerinteresser, enten man snakker om dyre- og planteliv eller kvalitet for rekreasjonsformål.

Denne rapporten etterfølges av en Del II, som omhandler tilsvarende undersøkelse av uforyttnet avløp fra den daglige rutinevask og årlig hovedvask i tillegg til langtidsresultater fra resipienten.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Membranfiltrering</li> <li>2. Humusfjerning</li> <li>3. Avløp</li> <li>4. Resipient</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ultrafiltration</li> <li>2. NOM reduction</li> <li>3. Effluent</li> <li>4. Recipient</li> </ol>
---	--



Tor Håkonsen

Prosjektleder

Tor.haakonsen@niva.no



Svein Stene-Johansen

Forskningsleder

ISBN 82-577-3645-7



Bente M. Wathne

Forskningsjef

# **Membrananlegg for humusfjerning**

**- Avløpets sammensetning og betydning for  
resipient**

**Del I**

## Forord

Tradisjonelt løses oppgaver som beskrives i denne oppgaven av flere aktører, hvor analyse av vann fra vannverk og vurdering av de tekniske anlegg gjennomføres separat fra vurderinger av resipienten. De som utfører resipientvureringen har da gjerne heller ingen forutsetning for å vurdere tekniske anliggender på vannverk og omvendt for de som vurderer den vannrensetekniske delen. Det blir deretter opp til oppdragsgiver å tolke sammenhengen mellom disse resultatene.

Norsk Institutt for Vannforskning, NIVA, står i så måte i en særstilling gjennom kompetanse på alle relevante vannfaglige problemstillinger samlet under ett. Dette muliggjør gjennomføring av oppgaver på enklest mulig måte for oppdragsgivere fordi alle vannfaglige forhold blir vurdert av en instans. En slik helhetlig forståelse innebærer også at investeringer i tiltak blir satt inn der de har størst effekt.

Undersøkelsene gjennomført i denne rapporten er et praktisk eksempel, hvor arbeidet har vært et samarbeid mellom NIVAs seksjon for Vannforsynings- og Avløpsteknikk, seksjon for Biologisk Mangfold og Eutrofiering samt seksjon for Økotoksikologi og Riskovurdering.

Vi vil for øvrig rette en takk til Gunnar Fosso og Lars Arne Mjølum i Vestre Toten kommune for deres velvilje i forbindelse med undersøkelsene.

Oslo, 27 april 1999



*Tor Håkonsen og Gösta Kjellberg*



# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>7</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>9</b>
<b>2. Avløp fra membranlegg for NOM-reduksjon</b>	<b>10</b>
<b>3. Skjellbreia Vannverk – Vestre Toten</b>	<b>12</b>
<b>4. Prøvetakingsprogram for resipienten</b>	<b>14</b>
4.1 Tidligere undersøkelser fra området	15
<b>5. Analyser av vannverkets avløp</b>	<b>16</b>
<b>6. Resultater</b>	<b>17</b>
6.1 Fysisk/kjemiske analyser	17
6.2 Toksisitet (Giftighet)	18
6.3 Nedbrytbarhet	19
6.4 Karakteristiske klor-organiske stoffer	20
6.5 Næringssalter	20
6.6 Begroing	21
6.7 Bunndyr	23
<b>7. Konklusjon</b>	<b>25</b>
<b>8. Merknader</b>	<b>26</b>
<b>9. Litteratur</b>	<b>27</b>
<b>Vedlegg A. Veksthemmings test (toksisitet)</b>	<b>28</b>
<b>Vedlegg B. Nedbrytbarhet</b>	<b>31</b>

---

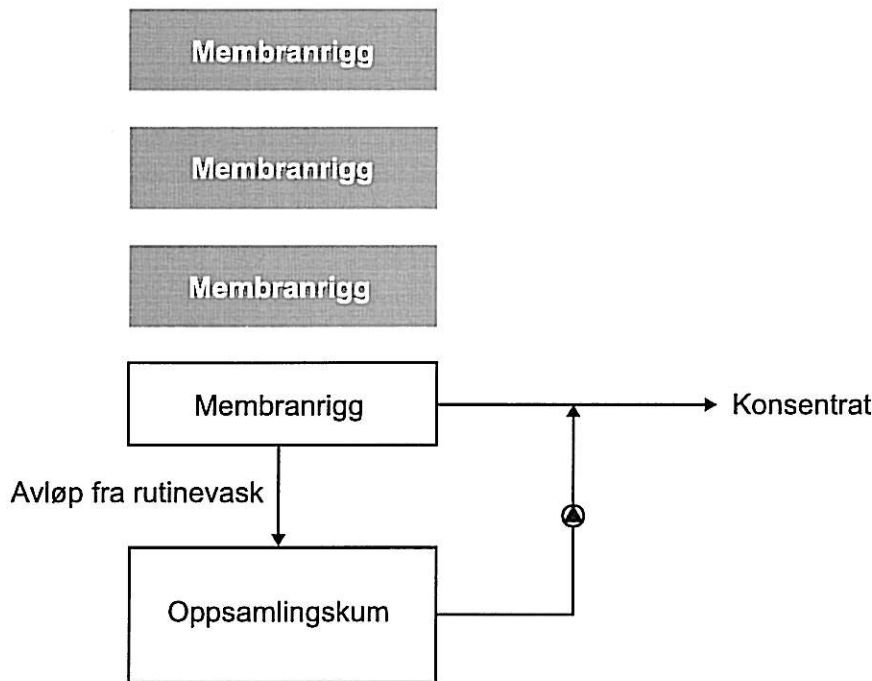
## Sammendrag

Vestre Toten kommune har av Fylkesmannen i Oppland fått pålegg om gjennomføring av et analyseprogram for avløpet fra Skjellbreia Vannverk samt et biologisk undersøkelsesprogram for resipienten. Skjellbreia Vannverk er Norges største membranfilteranlegg for reduksjon av Naturlig Organisk Materiale, NOM (tidligere omtalt som humus) med en kapasitet på 600 m<sup>3</sup>/h.

Membrananleggene for NOM-reduksjon tar i bruk en rekke kjemikalier fordelt på flere prosesser, og generer derfor flere typer avløp. Prosessene er listet opp i tabellen under, sammen med typer kjemikalier i bruk. Tabellen viser en typisk situasjon som også er gyldig for Skjellbreia vannverk, men er ikke lik for alle leverandører av membrananlegg. Eksempelvis vil enkelte leverandører ikke benytte vaskekjemikalie i den rutinemessige vasken, bare klor. Likeledes vil noen av leverandørene benytte egenkomponerte kjemikalier, mens noen benytter ferdige standard produkt. Oppstillingen under vil allikevel gi et dekkende inntrykk av majoriteten av de norske anleggene.

Prosess	Hensikt	Kjemikalier
Filtrering av vann	Rensingen av drikkevannet innebærer en filtrering. Denne filtreringen gir en strøm rensset og filtrert vann, og en strøm med oppkonsentrert råvann kalt konsentrat, normalt 25% av innløpsmengden.	Ingen
<u>Rutine vask</u> alt. daglig vask alt. skylling	Filtreringen innebærer at forurensninger og partikulært stoff holdes tilbake på membranoverflaten. For å unngå at dette belegget blir for tett og for fastsittende (fouling), vaskes membranene rutinemessig med en kjemikalieløsning. Samtidig desinfiseres membranene for å unngå oppblomstring av mikroorganismer på membranene	<u>Vaskekjemikalie:</u> Disse er ofte produsert av leverandørene etter egen oppskrift, og er basert på fosfat og tensider. <u>Desinfeksjon:</u> Klor, vanligvis natriumhypokloritt eller kaliumhypokloritt
<u>Hovedvask</u> alt. årlig vask alt. membranvask	Til tross for rutinevask av membranene vil det over tid bygge seg opp et lag med NOM og forurensninger på membranene som ikke lar seg fjerne av rutinevasken. For å unngå for stort trykkfall over membranene eller degradering av selve materialet i membranene utføres det en mer grundig vask periodemessig. Dette utføres etter behov, eller etter faste intervaller som f.eks. 1-2 ganger årlig.	Vaskekjemikalie med større styrke og effekt enn ved rutinevask, eventuelt større konsentrasjoner over en lenger periode. Det brukes både ferdig innkjøpte vaskemidler for formålet og egenproduserte produkter. Kjemikaliene er også her gjerne basert på tensider og fosfat
Konservering	Lengre driftstans av membranfiltreringen vil gi bedre forhold for oppblomstring av mikroorganismer i membranhusene. Disse mikroorganismer vil påbegynne nedbrytning av membranmaterialet, som normalt består av ulike former for nedbrytbar celluloseacetat. For å unngå denne nedbrytningen under driftstans foretas en kjemisk konservering av membranene gjennom tilsetning av konserveringsmiddel.	Konserveringsmiddel, f.eks. ulike former for aldehyd eller sulfitt.

På Skjellbreia vannverk føres konsentratet fra filtreringsprosessen til resipienten Hunnselva. Det kjemikalieholdige avløpet fra den daglig rutinevasken føres til en oppsamlingskum og fordrøyes og fortynnes derfra inn på konsentratet som vist på figuren under.



Dette samlede avløpet av konsentrat og fortynnet kjemikalieavløp er undersøkt for å avdekke en eventuell trussel mot resipienten. Analysene inkluderte toksisitet, nedbrytbarhet, THM, farge, fosfor, pH, TOC, og diverse metaller.

Det biologiske undersøkelsesprogrammet har som hovedmål å avdekke om- og i tilfelle i hvilken grad utslippet fra vannverket har virkninger for Hunnselva generelt som vassdrag og fiskeelv og spesielt som vannkilde for A.L. Settefisk.

#### Konklusjon:

Begroings- og bunndyrsamfunnene i Hunnselvas øvre deler var opprinnelig noe påvirket av økt tilførsel av næringssalter og lett nedbrytbart organisk materiale. Dette har ført til økt produksjonskapasitet med bl.a. økt individantall som resultat. Den naturgitte biodiversiteten var likevel intakt. Effekten av forurensningsbelastningen før oppstart av vannverket bedømmes derfor som liten (påvirkningsklasse I – II).

Avløpet er ikke funnet å ha toksisk virkning og er relativt tungt omsettelig. Nivåene som i dette tilfellet er funnet av THM, næringssalter og pH vil ikke ha betydning for resipienten. Fargetallet er høyt men her vurderes fargen som hovedsaklig av estetisk betydning, noe som for denne resipienten ikke skulle være av betydning.

Med bakgrunn i de utførte analyser og den biologiske undersøkelse vil avløpet fra vannverket ikke medføre noen akutte skadeeffekter for resipienten eller noen av dens brukerinteresser, enten man snakker om flora, fauna eller kvalitet for rekreasjonsformål.

## Summary

Title: **Ultrafiltration plant for removal of NOM in potable water –  
Characterization of discharge and the consequence for the recipient  
Part I**

Year: 1999

Author: Tor Håkonsen, Gösta Kjellberg, Eli-Anne Lindstrøm and Harry Efraimsen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3645-7

The use of ultrafiltration for removal of natural organic matter (NOM) is commonly used for water treatment in Norway. Such plants use a variety of chemicals during several processes of cleaning and other treatment of the membranes. These processes can be listed as follows:

Process	Purpose of process	Chemicals used
Filtration of water	The purification process implies an ultrafiltration (UF) of the raw water. This creates two flows out of the UF unit. One filtered flow with potable water and one consisting of rejected and concentrated raw water called Concentrate, with a flow of about 25% of inlet water.	Non
<u>Daily cleaning and rinsing</u>	Impurities and particles are being rejected by the membrane itself, leaving a layer on the membrane surface. The membranes are cleaned regularly, usually on a daily basis, with an appropriate cleaning solution to avoid layer build-up resulting in fouling. Chlorine is used in the same cleaning process to disinfect the membranes hence avoiding microbiological growth.	<u>Cleaning solution:</u> The cleaning solutions are usually based on phosphorous and tensides and are commonly being made by the manufacturer of the UF plants based on their own recipes. Disinfection agent: Chlorine
<u>Main Cleaning</u>	The daily cleaning is unable to fully restore the membranes, and eventually, fouling will occur. The main cleaning is a more thorough process than the daily cleaning and is needed to avoid damage to the membrane material and operating disadvantages. This should be carried out on a regular basis, often once or twice a year or as needed.	A stronger cleaning solution and/or stronger concentration over a longer period of time. The cleaning solution can be a standard cleaning solution made especially for the task or made by the manufacturer of the UF. These solutions are based on tensides and phosphorous.
Concervation	Long periods of standstill of the operation of the UF will increase the microbiological growth in the membrane units. This growth leads to a microbiological degradation of the membrane material itself, which usually consists of some form of degradable cellulose acetate. To avoid such degradation during operational break down, a concervation solution is added.	Concervation solution, such as aldehyd or sulphite



All of these processes leads to different kinds of effluents from a UF plant and makes it difficult to make decisions on effluent discharge permits.

Norwegian Institute for Water Research, NIVA, has investigated the effluent from Norway's largest UF plant for NOM removal with a capacity of 600 m<sup>3</sup>/h, called Skjellbreia Waterworks at Vestre Toten in central Norway. The retentate from the plant is being lead directly to a nearby river recipient. The effluent from the daily cleaning is collected in a tank before being added to the retentate flow at specified rates in order to obtain dilution.

The effluent investigated was the retentate during the time of adding the effluent from the daily cleaning and should hence represent the most unfavourable state when it comes to being a threat to the recipient.

The effluent was investigated using an extended toxicological test, testing of degradability, analysis of nutrients as eutrofication agents as well as analysis of THM, TOC, colour, pH and some metals.

Simultaneously, a surveillance programme for the recipient Hunnselva has been executed and is still active.

Based on the investigations performed, it is concluded that the effluent from Skjellbreia Waterworks does not represent any acute threat to the flora or fauna in the recipient or its recreational value.

This report is to be followed by a part II, investigating the undiluted effluent from the daily routine cleaning as well as the yearly main cleaning which currently is being handled by transportation to a waste water treatment plant by a tank lorry.

# 1. Innledning

Bruk av membranfiltrering for reduksjon av naturlig organisk materiale, NOM (tidligere referert til som humus), har i de senere år blitt svært utbredt, og det er nå flere anlegg av denne typen enn noen av de andre metodene for fullrensing. Det er også en klar tendens til at membranfiltrering tas i bruk på stadig større anlegg. Llikevel er lite gjort for å få systematisk kjennskap til konsekvensene i forbindelse med avløp fra anleggene.

Denne rapporten omhandler avløpet fra Skjellbreia Vannverk i Vestre Toten, som er landets største membranfiltreringsanlegg for humus med en kapasitet på 600 m<sup>3</sup>/h.

Til tross for det store antall slike anlegg som finnes i Norge i dag, har avløpet fra anleggene tidligere ikke blitt nærmere undersøkt eller karakterisert. Utslippstillatelser begrunnes derfor med bakgrunn i informasjon fra leverandører alene. Det er derimot flere typer avløp fra disse anleggene, og også flere måter å konstruere disse på med tanke på utslippet. Utslippmyndighetene har dermed en vanskelig oppgave med å gi utslippstillatelser, og man risikerer beslutninger tatt på ufullstendig grunnlag. Denne rapporten er først og fremst en publisering av resultater fra en konkret undersøkelse av avløp fra Skjellbreia Vannverk, men søker også å gi en mer generell oversikt over avløpstypene fra slike anlegg og en vurdering av hvordan disse bør håndteres.

Det er av Fylkesmannen i Oppland gitt utslippstillatelse av avløpet fra Skjellbreia Vannverk, forutsatt et undersøkelsesprogram for dette avløpet og av resipienten hvor avløpet slippes ut. Resipienten er Hunnselva, med sterke brukerinteresser gjennom settefiskanlegg, brukseierforening og vilt- og innlandsfiskeremda samt fiskeutvalg. Norsk Institutt for Vannforskning, NIVA, har av Vestre Toten kommune fått i oppdrag å utføre et slikt undersøkelsesprogram. Programmet innebærer en undersøkelse av begroingsorganismer og bunndyr i resipienten før anlegget settes i drift og et oppfølgingsprogram i en tid etter at anlegget er satt i drift for å kartlegge eventuelle påvirkninger fra avløpet. Samtidig blir det utført analyser av avløpet fra membran-anlegget direkte, for å kunne være føre var på eventuelle skadelige stoffer i avløpet.

Rapporten omhandler karakterisering av avløp fra daglig kjemikalievask fortynnet i konsentrat og resultater fra et biologisk undersøkelsesprogram for resipienten. Dette arbeidet videreføres med en Del II som omhandler karakterisering av ufortynnet avløp både fra daglig kjemikalievask og årlig hovedvask, samt langtidsresultater fra det biologiske undersøkelsesprogrammet.



## 2. Avløp fra membranlegg for NOM-reduksjon

Membrananleggene for NOM-reduksjon tar i bruk en rekke kjemikalier fordelt på flere prosesser, og hvert enkelt anlegg generer derfor flere typer avløp. Prosessene er listet opp i tabellen under, sammen med typer kjemikalier i bruk. Tabellen viser en typisk situasjon, men er ikke lik for alle leverandører. Eksempelvis vil enkelte leverandører ikke benytte vaskekjemikalie i den rutinemessige vasken, bare klor. Likeledes vil noen av leverandørene benytte egenkomponerte kjemikalier, mens noen benytter ferdige standard produkt. Opplistingen under vil allikevel gi et rimelig dekkende inntrykk av majoriteten av de norske anleggene.

Prosess	Hensikt	Kjemikalier
Filtrering av vann	Rensingen av drikkevannet innebærer en filtrering. Denne filtreringen gir en strøm rensert og filtrert vann, og en strøm med oppkonsentrert råvann kalt konsentrat, normalt 25% av innløpsmengden.	Ingen
<u>Rutine vask</u> alt. daglig vask alt. skylling	Filtreringen innebærer at forurensninger og partikulært stoff holdes tilbake på membranoverflaten. For å unngå at dette belegget blir for tett og for fastsittende (fouling), vaskes membranene rutinemessig med en kjemikalieløsning. Samtidig desinfiseres membranene for å unngå oppblomstring av mikroorganismer på membranene	<u>Vaskekjemikalie:</u> Disse er ofte produsert av leverandørene etter egen oppskrift, og er basert på fosfat og tensider. <u>Desinfeksjon:</u> Klor, vanligvis natriumhypokloritt eller kaliumhypokloritt
<u>Hovedvask</u> alt. årlig vask alt. membranvask	Til tross for rutinevask av membranene vil det over tid bygge seg opp et lag med NOM og forurensninger på membranene som ikke lar seg fjerne av rutinevasken. For å unngå for stort trykkfall over membranene eller degradering av selve materialet i membranene utføres det en mer grundig vask periodemessig. Dette utføres etter behov, eller etter faste intervaller som f.eks. 1-2 ganger årlig.	Vaskekjemikalie med større styrke og effekt enn ved rutinevask, eventuelt større konsentrasjoner over en lenger periode. Det brukes både ferdig innkjøpte vaskemidler for formålet og egenproduserte produkter. Kjemikaliene er også her gjerne basert på tensider og fosfat
Konservering	Lengre driftstans av membranfiltreringen vil gi bedre forhold for oppblomstring av mikroorganismer i membranhusene. Disse mikroorganismene vil påbegynne nedbrytning av membranmaterialet, som normalt består av ulike former for nedbrytbar celluloseacetat. For å unngå denne nedbrytningen under driftstans foretas en kjemisk konservering av membranene gjennom tilsetning av konserveringsmiddel.	Konserveringsmiddel, f.eks. ulike former for aldehyd eller sulfitt.

Avløpets betydning er selvsagt avhengig av resipientens sårbarhet, og er avhengig av en rekke faktorer som for eksempel vannføring, vanntype og brukerinteresser. En vurdering av utslipp må alltid tas med utgangspunkt i kjennskap til både utslippet og forholdene i resipienten.

I tillegg til selve avløpets sammensetning vil også fortynning av selve avløpet dempe belastningen på resipienten. Noen av vannverkene tar i bruk dette ved at kjemikalieholdig avløp samles opp og doseres ut i resipienten over lenger tid, gjerne sammen med konsentratet.

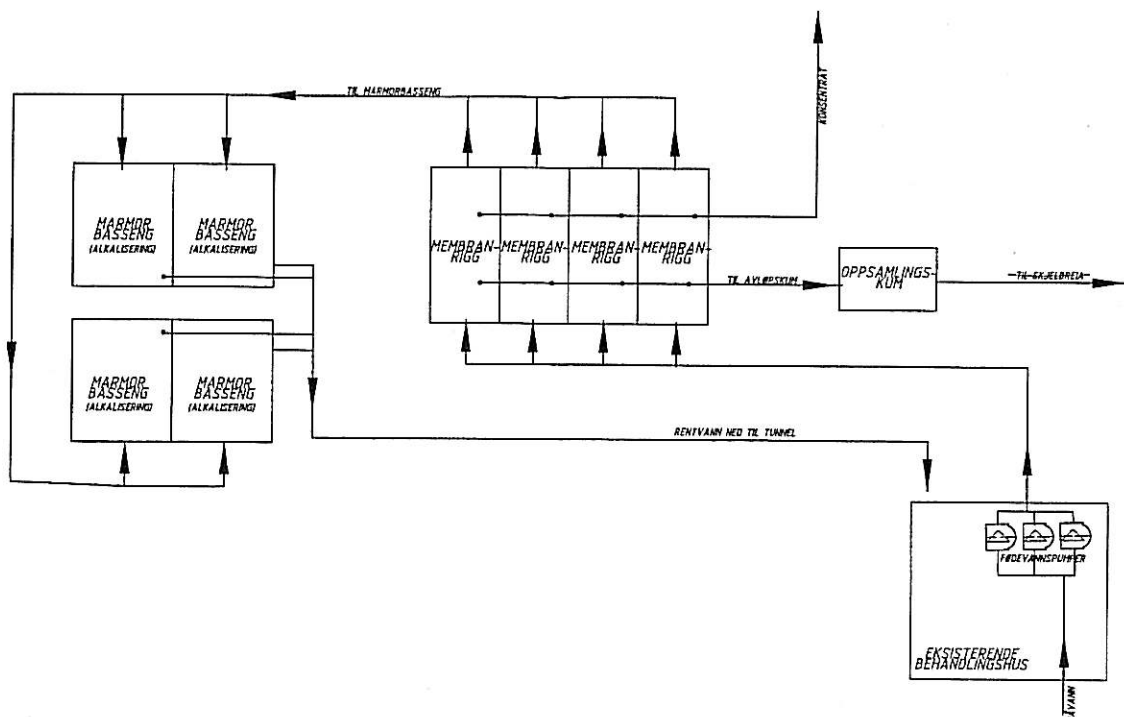
I mange tilfeller vil dette kunne være en god og tilstrekkelig metode. Er resipienten spesielt sårbar vil det allikevel kunne være aktuelt å føre avløpet til avløpsnett. Dette vil uansett være naturlig der man allerede er tilkoblet.

### 3. Skjellbreia Vannverk – Vestre Toten

Skjellbreia vannbehandlingsanlegg er levert av Viodd A/S og ble satt i drift oktober 1998. Anlegget har en kapasitet på 600 m<sup>3</sup>/h, og er dermed Norges største membranfiltreringsanlegg. Anlegget er bygget opp med hva vi etterhvert kan kalle standard konfigurasjon:

- ➔ Forfiltrering i automatisk trykksil med filtreringsgrad 50 µm
- ➔ Membranfiltreringsanlegg basert på 75% gjenvinning

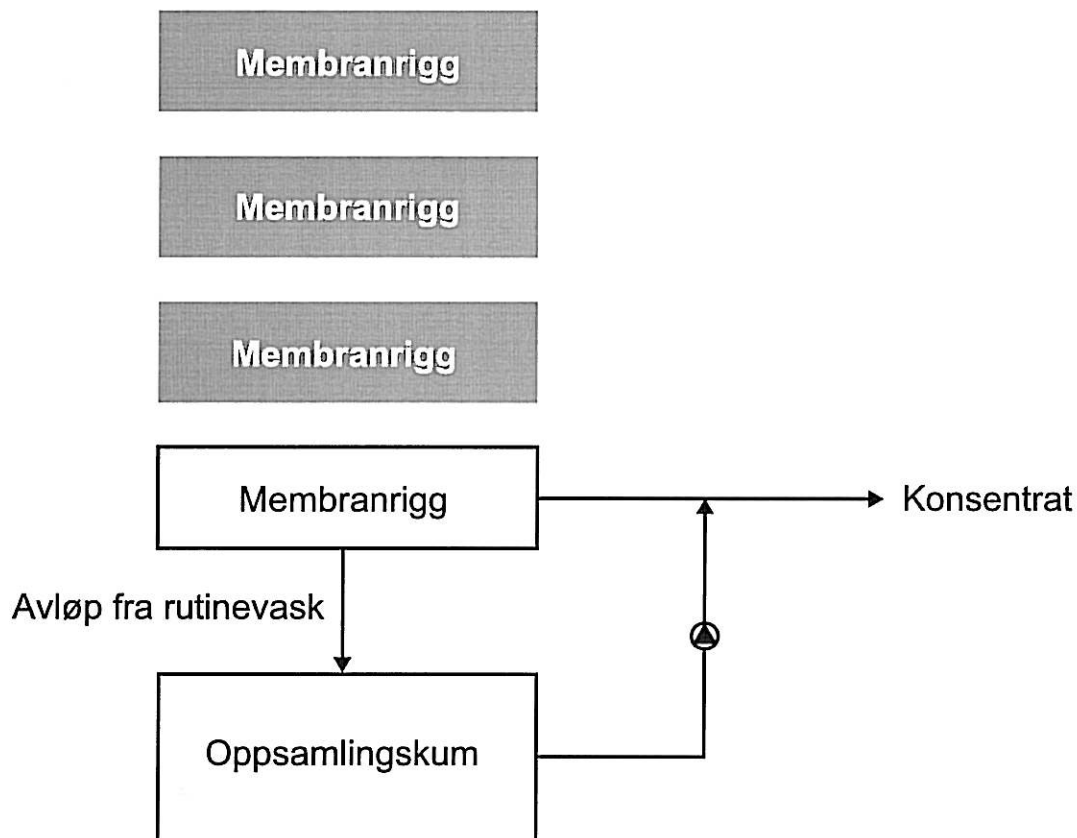
Membranfiltreringsanlegget består av fire like rigger á 150 m<sup>3</sup>/h. Etterfølgende behandling består i korrosjonskontroll med marmorfiltre.



**Figur 1.** Skjellbreia Vannverk

Konsentratet føres kontinuerlig til resipienten Hunnselva. Ved rutinevask vaskes en og en av membranmodulene mens de resterende moduler driftes som vanlig. Hver rigg produserer daglig omlag 38 m<sup>3</sup> avløp fra rutinevask, bestående av vaskekjemikalie produsert av leverandør etter egen oppskrift, samt kalsiumhypokloritt og vann til skylling.

Dette vaskevannet samles opp i et eget kammer og fordrøyes derfra inn på konsentratet fra de andre modulene. Man oppnår dermed både en fordrøyning og en fortynning på 5-7 ganger avløpet før dette når resipienten. Analyser av avløpet i denne rapporten er foretatt under denne fordrøyningen av vaskevann til konsentratet, og representerer dermed den tid på døgnet med størst belastning på resipienten. Denne fordrøyningen har en varighet på omlag 5 timer pr. døgn, mens avløpet resten av døgnet består av bare konsentrat.



**Figur 2.** Avløpsløsning for konsentrat og rutinevask

Avløp fra hovedvask og eventuell konservering transporteres med tankbil til kommunens kjemiske avløpsrensning. Dette avløpet blir behandlet i rapportens del II. Spylevann fra marmorfiltrene samles opp i fordrøyningstank og ledes tilbake til råvannskilden Skjellbreia og er i de videre vurderinger utelatt.

## 4. Prøvetakingsprogram for resipienten

Målet med de biologiske undersøkelsene i øvre del av Hunnselva er at disse skal danne et mest mulig omfattende grunnlag for å vurdere vassdragets forurensningssituasjon og resipientkapasitet/tålegrense samt for å se om utslippet fra vannverket akutt og/eller på sikt medfører skadeeffekter på det biologisk mangfold i elva nedstrøms utslippsstedet ved Fiskevollen. Det er som regel de biologiske effektene av forandret vannkjemi, som f.eks. økt forekomst av høyere vegetasjon, stor ”grønsevekst”, sjenerende sopp- og bakteriebegroing (s.k. ”lammehaler og lignende), gifteffekter med bl.a. fiske- og bunndyrsdød osv., som oppfattes som forurensning i selve vassdraget. Forandringer av biologisk mangfold står derfor sentralt og vi legger særlig vekt på forekomst evt. fravær av gode indikatororganismer dvs. organismer eller populasjoner som er følsomme ovenfor forurensningstilførsler eller andre inngrep. Avvik fra forventet naturtilstand eventuelt referanselokalitet står derfor sentralt ved bedømmelse av forurensningsgrad. Videre skal det innsamlede materialet tjene som referanse for fremtidige undersøkelser.

To ganger per år (juli/august, oktober) foretas en enklere biologisk befaringsundersøkelse i strykpartiene nedstrøms Fiskvoll dammen og ved Vollenga i strykpartiet nedsstrøms Vestbakken kraftstasjon. I forbindelse med befaringene blir det samlet inn semikvantitative begroings- og bunndyrprøver fra hver av de to lokalitetene. Stasjonen ved Fiskvoll dammen betegnes som HUNN8 og stasjonen nedstrøms Vestbakken kraftstasjon som HUNN7. I 1997 ble det tatt prøver den 17. oktober og i 1998 den 20. august og 21 oktober. Materialet blir innsamlet og bearbeidet etter standardiserte metoder ved NIVA.

Kort skissert omfatter begroingsundersøkelsen:

1. Feltobservasjoner og innsamling av prøver. Ved feltobservasjonen innsamles begroingselementene hver for seg og mengdemessig forekomst av hvert element angis i form av dekningsgrad. Dekningsgraden vurderes subjektivt ut fra hvor stor prosentdel av tilgjengelig elveleie som dekkes av hvert element. I praksis er det ofte bare bunnarealet nær elvebredden som er mulig å observere.
2. Laboratorieanalyse. Begroingsprøvene undersøkes først i lupe, deretter i mikroskop. Organismene identifiseres så langt mulig, fortrinnsvis til art. Hver arts mengdemessige betydning innen begroingselementet bedømmes.
3. Tolking av resultatene. På grunnlag av begroingssamfunnets sammensetning (biodiversitet) er stasjonene plassert i tilstandsklasse som angir grad av eutrofiering/saprobiering. Det legges her særlig vekt på gode indikatorarter og avvik fra forventet naturgitt biodiversitet.

For mer inngående informasjon om metodikk og klassifiseringssystem henvises til NIVA-rapp. Løpenr. 2640 (Kjellberg, Hessen og Romstad 1991).

Kort skissert omfatter bunndyrundersøkelsen:

1. Innsamling av bunndyr med handhåvteknikken (den såkalte ”sparke-metoden”). Prøvetakingen som kan betegnes som semi-kvantitativ, blir utført i samsvar med Norsk Standard NS 4719, og vi samler inn bunndyrmateriale i 3 minutter ved hvert prøvetakingstilfelle. Metoden registrerer de fleste artene som er tilstede og gir informasjon om den relative tettheten og det relative forhold mellom de ulike organismegruppene.
2. Analyse av innsamlet materiale i laboratoriet med utarbeidelse av artslistene for steinfluer, døgnfluer og vårfluer. Øvrige organismer føres til større grupper.

3. Vurdering av vannkvalitet og produksjonsevne på grunnlag av mengdeforhold og artssammensetning. Det blir særlig lagt vekt på forekomst av gode indikatororganismer og eventuell avvik fra forventet naturgitt biodiversitet.

For mer inngående informasjon om metodikk og klassifiseringssystem henvises til NIVA-rapp. Løpenr. 1816 (Kjellberg et al. 1985).

#### **4.1 Tidligere undersøkelser fra området**

De biologiske forhold i selve Hunnselva har blitt undersøkt ved flere tilfeller (Bergman-Paulsen 1961, Kjellberg og Rognerud 1985, Lien og Lindstrøm 1987, Kjellberg 1994, samt Kjellberg 1998). Det foreligger semikvantitative prøver av begroingsorganismer og bunndyr fra Hunnselva ved Fiskvolldammen i 1961. Ved Vollenga har det tidligere ikke blitt innsamlet semikvantitative eller kvantitative prøver av begroingsorganismer eller bunndyr. Både lokalitetene har likevel blitt benyttet i forbindelse med biologiske befaringsundersøkelser i 1982, 1993 og 1997. Resultatene fra disse undersøkelser viste at elva her var belastet med tarmbakterier, men forøvrig var det ingen forurensningsbelastning av betydning når det gjaldt forgiftning, saprobiering eller eutrofiering og elvestrekningene hadde en for vassdraget naturlig flora- og faunasammensetning. En viss eutrofipåvirkning høynet produksjonspotensialet.



## 5. Analyser av vannverkets avløp

Det ble foretatt analyser med det formål å avdekke forhold som eventuelt kunne påvirke resipienten og dens mange brukerinteresser.

På grunn av de mange brukerinteressene i resipienten var det av interesse å undersøke avløpets toksisitet (giftighet) for å kunne vurdere effekten av avløpet på resipientens naturlige organismer.

Det ble også foretatt en analyse av avløpets bionedbrytbarhet. Dette for å gi svar på nivået av eventuell omsetting i resipienten, og om det skulle være enkelte stoffer som skulle kunne akkumuleres.

I drikkevannssammenheng er det stor fokus på dannelsen av kreftfremkallende klororganiske stoffer ved klorering av NOM-holdig drikkevann. Ved rutinevask kløres membranene for desinfeksjon. Når dette foretas er membranene belagt med en film av tilbakeholdt materiale med stort innhold av NOM. Det vil derfor være naturlig å forvente at denne kloreringen vil føre til dannelsen av klororganiske stoffer deriblant trihalometaner, THM, som er inkludert i undersøkelsen.

Siden vaskekjemikaliene som brukes er fosfatbaserte er det naturlig å undersøke avløpets innhold av fosfat for å kunne vurdere faren for eutrofiering fra avløpet.

For en generell karakteristikk er det også inkludert vanlige fysisk/kjemiske parametre. Alle analysene ble foretatt på NIVAs akkrediterte nasjonale vannkvalitetslaboratorium basert på spesialpreparerte prøveflasker for de ulike analyseparametre.

## 6. Resultater

### 6.1 Fysisk/kjemiske analyser

For en generell karakterisering av avløpet ble det foretatt enkelte vanlige fysiske og kjemiske analyser. Resultatene fra avløpet er sammenstilt med data fra råvannet for å illustrere resultat av oppkonsentreringen under filtreringsprosessen:

Parameter	Enhet	Råvann	Avløp
<b>Fargetall</b>	mg Pt/l	<b>40</b>	<b>108</b>
<b>pH</b>	Surhetsgrader	<b>6,8</b>	<b>6,8</b>
<b>Konduktivitet</b>	mS/m	<b>3,3</b>	<b>5,6</b>
<b>TOC</b>	mg C/l	<b>6,8</b>	<b>17,4</b>
<b>Jern</b>	µg Fe/l	<b>87</b>	<b>228</b>
<b>Mangan</b>	µg Mn/l	<b>8</b>	<b>19</b>
<b>Aluminium</b>	µg Al/l	<b>100</b>	<b>178</b>

Avløpet er nær partikkelfritt, slik at verdiene i analysene ikke avviker nevneverdig fra filtrert og ufiltrert prøve. Det kjemikalieholdige vaskevannet som fordrøyes inn på konsentratet har en farge tilsvarende eluat fra ionebytteanlegg og ligner kaffegrut. Fordrøyningen og fortynningen er derimot så effektiv at økningen vi ser i fargetall og de andre parametrene i all hovedsak skyldes oppkonsentreringen i konsentratet.

## 6.2 Toksisitet (Giftighet)

Formålet med testen var å bestemme laveste konsentrasjon av avløpet som ga veksthemming på de anvendte bakteriestammer.

Prinsippet for denne vekst hemmingstesten er basert på U.S. FDA Technical Assistant Document, Section 4.02 (Determination of Microbial Growth Inhibition).[Vedlegg B]

Det ble benyttet 3 organismer fra NIVAs renkultursamling, to stammer fra American Type Culture Collection (ATCC), og én stamme er fra Statens livsmedelsverk i Uppsala, (SLV) og to isolert fra resipienten. Gjennom å også bruke bakterier fra resipienten får man en enda mer reell vurdering av hvordan denne resipientens bakterieflora responderer på avløpet.

Tabellen nedenfor viser resultater fra giftighetstesten.

Avløpsvannets konsentrasjon	Bakteriestammer				
	R2A1-gul	R2A1-hvit	Pseudomonas fluorescense	Pseudomonas aeruginosa 37 C	Bacillus subtilis 30 C
Prøve, sterilisert	2.dag	2.dag	2.dag	1.dag	1.dag
90 %	+++	+++	+++	+++	+++
56 %	+++	+++	+++	+++	+++
32 %	+++	+++	+++	+++	+++
Prøve, ikke sterilisert					
80 %	+++	+++	+++	+++	+++
56 %	+++	+++	+++	+++	+++
32 %	+++	+++	+++	+++	+++

**Tabell 1.** Hemmingstest

+++ = god vekst  
 ++ = middels  
 + = dårlig  
 - = ikke vekst

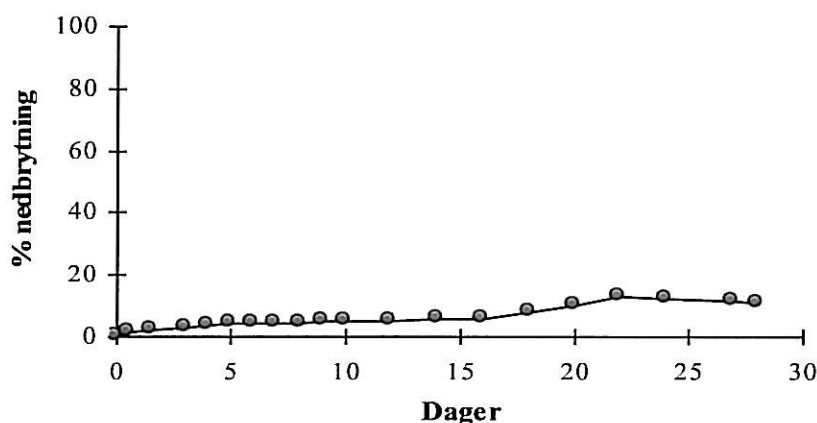
Det ble ikke påvist nedsatt tilvekst av kolonier for noen av de undersøkte bakteriestammene. At det tok to døgn før avlesningen ble foretatt for de to naturlige isolatene og *Pseudomonas fluorescense* skyldes deres naturlige langsommere tilvekst.

### 6.3 Nedbrytbarhet

Det ble benyttet en modifisert versjon av NS-EN ISO 9408 (NIVA metode L3) for påvisning av nedbrytbarhet i avløpet fra vannverket. Isolerte bakterier fra vannkilden, supplert med mikroorganismer fra laboratorieprodusert biologisk aktivt slam ble vasket med fortynningsløsning og anvendt som podemateriale i nedbrytbarhetstesten. Testperioden ble utført over 28 døgn ved 20 °C [Vedlegg A]

Løst organisk karbon (DOC) ble redusert med 9% under testperioden. For beregning av bionedbrytning er karbonbasert oksygenforbruk ( $BOD_{28}$ ) anvendt som funksjon av teoretisk oksygenforbruk, basert på at innholdet av organisk karbon (TOC) blir mineralisert til  $CO_2$ . Dette nedbrytningsforløpet er vist i figur 3.

Bionedbrytningskurve:



Bionedbrytbarhet:

$$\frac{BOD_{28}(mg/l) \cdot 100}{TOC(mg/l) \cdot 2,67} = 13 \%$$

**Figur 3.** Nedbrytningsforløp

Under siste del av inkubasjonsperioden ble det registrert en signifikant nitrifikasjon i avløpsvannet. Nitrifikasjonen representerte et oksygenforbruk på 2,1 mg oksygen per liter, som tilsvarer 0,46 mg  $NH_4-N/l$ . Ved å korrigere for tilsatt  $NH_4-N$  (i næringssalttilsetningen), er det beregnet at ca. 40% av total-nitrogenet i avløpsvannet ble nitrifisert (oksydert til nitrat).

Resultatet både registrert som DOC reduksjon og biokjemisk oksygenforbruk viste at bare en liten andel av det organiske materialet er forholdsvis lett biologisk nedbrytbart. Dette var også å forvente, da membranfiltrering av NOM ikke synes å redusere vannets innhold av assimilerbart organisk karbon (AOC). De små og lett omsettelige fraksjonene av NOM passerer membranene og ut i drikkevannet, mens de større og tungt nedbrytbare fraksjonene blir filtrert ut og ender opp i avløpet.

## 6.4 Karakteristiske klor-organiske stoffer

Ved kloring av organisk stoff kan det oppstå helseskadelige klor-organiske forbindelser. Når membranene desinfiseres med klor under rutinevask er membranene belagt med konsentrert NOM, filtrert fra vannet. Man kan derfor forvente dannelse av klor-organiske stoffer. Stoffgruppen som betegnes trihalometaner (THM) er en typisk gruppe av klor-organiske stoffer, som kan dannes ved kloring av NOM. Resultatet fra THM analyse er gjengitt i tabell 2:

THM komponent	Konsentrasjon [ $\mu\text{g/l}$ ]
Kloroform	1
1,1,1-trikloretan	<1
Karbontetraklorid	<1
Trikloretylen	<1
Diklorbromometan	<1
Dibromoklorometan	<1
Tetrakloretylen	<1
Bromoform	<1
<b>SUM</b>	<b>1</b>

**Tabell 2.** THM komponenter

Kloroform er eneste komponent som kan påvises, med en konsentrasjon på 1  $\mu\text{g/l}$ . Dette er på nivå med veiledende maksimal verdi for drikkevann og er følgelig uten betydning avløpsteknisk sett.

Klororganiske komponenter som dannes under kloring av membranene kan potensielt passere membranene og ut i drikkevannet dersom ikke skyllingen av membranene er tilstrekkelig. Denne problemstillingen er forøvrig ikke undersøkt i dette arbeidet.

## 6.5 Næringssalter

Kjemikaliene som brukes i forbindelse med vask av membranene er fosfatholdige. Fosfat er et næringsstoff som kan forårsake eutrofiering i resipienter ved tilstrekkelige konsentrasjoner. Konsentrasjonen totalfosfor ble målt til 19  $\mu\text{g/l}$ , som tilsvarer nivået i råvannskilden og er lavere enn nivået i resipienten.

Avløpet ble ikke analysert på orthofosfat som vil være den aktive form av fosfat, men de lave verdiene på totalfosfor tilsier at dette uansett ikke skulle innebære noen trussel mot resipienten.

## 6.6 Begroing

### ***Innledning.***

Begroing er en fellesbetegnelse for organismesamfunn festet til elvebunnen eller annet underlag – eller med naturlige tilholdssted nær elvebunnen, f.eks. blant andre begroingsorganismer. Funksjonelt er det tre ulike typer begroing:

- Primærprodusenter: Alger og moser (høyere planter regnes ikke med).
- Nedbrytere: Bakterier og sopp.
- Konsumenter: Primitive fastsittende dyr, f.eks. ciliater, fargeløse flagellater og svamp.

I norske elver som er lite til moderat forurensningsbelastet (tilstandsklasse I til III) utgjør vanligvis primærprodusentene det meste av begroingssamfunnet. Bare unntaksvis, i betydelig forurensede elver (tilstandsklasse IV til V), dominerer nedbrytere og konsumenter. Begroingssamfunnet vil, ved å være bundet til et voksested avspeile miljøfaktorene på voksestedet og intergrere denne påvirkningen over tid. Generasjonstiden for de fleste begroingsorganismer er dessuten ikke lengre enn at det gis rom for endringer fra ett år til neste, og i løpet av en vekstperiode. Derved oppfanges også kortvarige påvirkninger, f.eks. fra sesongdiregerte utslipp.

Begroingsundersøkelser er derfor blitt et nyttig og utsagnskraftig verktøy da det gjelder å bedømme forurensningsgrad/tilstandsklasse i våre vassdrag, og da særlig ved bedømmelse av virkningen av økt tilførsel av plantenæringsstoffer og lett nedbrytbart organisk materiale.

Målet med begroingsundersøkelsen ved de to lokaliteter i Hunnselvas øvre løp er at disse observasjoner sammen med resultatene over forekomst av bunndyr skal danne grunnlag for å vurdere vassdragets forurensningssituasjon og resipientkapasitet/tålegrense samt spesielt for å se om utslippet fra vannverket akutt og/eller på sikt medfører skadeeffekter på det biologisk mangfold.

### ***Begroing på de undersøkte stasjoner.***

#### Artssammensetning.

Begroingssamfunnet i de øvre deler av Hunnselva, st. HUNN8 ved Fiskvollen og st. HUNN7 ved Vollenga, preges av organismer som trives i elektrolyttrikt vann. Eksempler på dette er cyanobakteriene (blågrønnalgene) *Chamaesiphon incrustans* og *Tolypotrix distorta*, rødalgen *Chantransia hermanni* og riklig forekomst av kiselalger bl.a. *Didymosphenia geminata* og mange arter av slekten *Cymbella*. Vannet er også noe næringsrikt, det vises bl.a. ved stor forekomst av mosen *Fontinalis antipyretica*, ved riklig og vedvarende forekomst av den trådformede grønnalgen *Oedogonium c* (23-28 $\mu$ ) på begge prøvelokaliteter, og ved forekomst av kiselalgen *Cocconensis placentula*. Begroingssamfunnet tilsier dessuten at ingen av lokalitetene er markert forurenset, men en liten økning i forekomsten av kiselalgeslekten *Nitzschia* og av nedbrytere fra HUNN8 til HUNN7 tilsier en liten økning i belastningen med organisk stoff på strekningen mellom disse stasjonene.

Nedstrøms kraftverket, st. HUNN7 Vollenga, er det tett kantvegetasjon og liten lystilgang. Dette vises i begroingssamfunnet ved betydelig forekomst av grupper som vanligvis klarer seg i lite lys, cyanobakterier og rødalger. Grønnalger som vil ha mye lys, er på den annen side sparsomt representert. Det er viktigste forklaring til at flere grønnalger, bl.a. *Closterium* og *Ulothrix zonata*, hadde markert forekomst på st. HUNN8, men ikke ble observert nedstrøms kraftverket, på st. HUNN7.



Det svake lyset bidrar også til at forholdet mellom primærprodusenter og nedbrytere forskyves i retning av nedbrytere, og forklarer den markerte forekomsten av ciliater, fargeløse flagellater og ferskvanns-svampen *Spongilla* nedstrøms kraftverket. Et annet påfallende forhold, som vi ikke har noen forklaring på, var markert forekomst av den makroskopiske og lett synlige kiselalgen *Didymosphenia* i elveløpet som går på siden av kraftverksrøret. *Didymosphenia* ble ikke observert i elveløpet nedstrøms kraftverket og heller ikke etter samløp av disse to elveløpene.

#### Artsmangfold.

Hvis man ser bort fra de variasjoner i mangfoldet som trolig skyldes metodiske forhold, er både mangfold av alger og moser som en kan forvente. Et unntak er grønnalgesamfunnet nedstrøms kraftverket, som på grunn av omtalte dårlige lysforhold, er artsfattig og dårlig utviklet.

#### Endringer i miljøforhold i prøveperioden.

Bortsett fra variasjoner som høyst sannsynlig skyldes noe ulik plassering av prøveområdet innen stasjonen, ble det hverken på stasjonen ved Fiskevollen HUNN8 eller nedstrøms kraftverket, HUNN7 observert endringer i begroingsamfunnet i prøveperioden (oktober 1997 til oktober 1998) som tilsier store endringer i forholdene. Vannverket har i løpet av perioden bare vært i ordinær drift i kort tid, men utslippet fra vannverket har således ikke medført noen dramatisk akutte negative effekter på begroingsamfunnet.

## 6.7 Bunndyr

Ved bedømmelse av et vassdrags biologiske tilstand og produksjonsevne er kunnskapen om bunndyrenes mengde og artssammensetning dvs. biodiversiteten av stor verdi. Bunnfaunaen er sammensatt av mange arter med spesifikke krav til miljø og samtidig konsentrert til kontaktsjiktet mellom sediment og vann der mange viktige prosesser i omsetning av næringsstoffer og oksygen lett påvirkes av forurensningsbelastning. Dertil kommer at de fleste bunndyrarter har en lang livssyklus - ofte ett år - og således gjenspeiler miljøpåvirkningen under en lengre tidsperiode. Selv tilfeldig slamtilførsel, giftutslipp m.m. som ikke alltid kan dokumenteres gjennom vanlige vannprøver, kan bli påvist ved slike undersøkelser. Bunndyr er derfor i lang tid blitt anvent for å klassifisere vassdrag (Kolkwitz og Marsson 1908, Liebman 1951).

Målet med bunndyrundersøkelsen ved de to lokaliteter i Hunnselvas øvre løp er at disse observasjoner sammen med resultatene over forekomst av begroingsorganismer skal danne grunnlag for å vurdere vassdragets forurensningssituasjon og resipientkapasitet/tålegrense samt spesielt for å se om utslippet fra vannverket akutt og/eller på sikt medfører skadeeffekter på det biologisk mangfold.

### ***Bunndyrforekomst på de undersøkte stasjoner.***

#### Stasjon HUNN8. Hunnselva ved Fiskevollen.

Lokaliteten hadde en individrik og variert bunndyrfauna dominert av insektlarver og småmusslinger. Størst forekomst blant insektene hadde grupper som døgnfluer, vårfluer, knott og fjærmygg. Vanlig forekommende var også grupper som fåbørstemark, snegl, krepsdyr (asell), steinfluer, biller og stankelbein.

Døgnfluene var representert av følgende arter: *Baetis digitatus*, *Baetis muticus*, *Baetis niger*, *Baetis rhodani*, *Heptagenia dalecarlica*, *Heptagenia sulphurea*, *Ephemerella ignita*, *Leptophlebia vespertina* og *Leptophlebia marginata*. Størst forekomst hadde *Baetis rhodani*. Steinfluene var representert av følgende arter: *Isoperla difformis*, *Amphinemura* sp., *Protonemura meyeri* og *Leuctra hippopus*. Vårfluesamfunnet var dominert av filtrerere og følgende arter ble registrert: *Rhyacophila nubila*, *Hydroptila* sp., *Ithytrichia lammellaris*, *Polycentropus flavomaculatus*, *Hydropsyche siltalai*, *Hydropsyche pellucidula*, *Micrasema* sp., *Ceraclea dissimilis*, *Ceraclea nigronervosa* og *Lepidostoma hirtum*. Størst forekomst hadde den nettspinnende *Hydropsyche siltalai*.

Lokaliteten hadde et bunndyrsamfunn som var dominert av rentvannsarter i samsvar med forventet naturgitt biodiversitet. Typiske forurensningsindikatorer eller artsforskyvninger, som kan indikere direkte forurensningspåvirkning, ble ikke påvist. Indikasjon på økt næringstilgang (overgjødning/saprobiering) via økt individantall forelå likevel. En stor forekomst av forsuringfølsomme arter tilhørende bl.a. døgnflueslektene *Baetis*, *Heptagenia* og *Ephemerella* indikerte videre godt buffret vann dvs. at det ikke ble påvist noen skadeeffekter grunnet surt vann. Videre er det ikke registrert negative akutteffekter av avløpsvannet fra vannverket.

Stasjon HUNN7. Hunnselva ved Vollenga.

Lokaliteten hadde en meget individrik og variert bunndyrfauna dominert av insektlarver og småmusslinger. Størst forekomst blant insektene hadde grupper som døgnfluer, vårfluer, biller og fjærmygg. Vårflur og døgnfluer hadde størst forekomst. Vanlig forekommende var også grupper som fåbørstemark, snegl, krepsdyr (asell), steinfluer, knott og stankelbein. Døgnfluene var representert av følgende arter: *Baetis muticus*, *Baetis niger*, *Baetis rhodani*, *Heptagenia dalecarlica*, *Heptagenia sulphurea*, *Ephemerella ignita*, *Ephemerella danica*, *Leptophlebia vespertina* og *Leptophlebia marginata*. Størst forekomst hadde *Baetis rhodani* og *Baetis muticus*. Steinfluene var representert av følgende arter: *Isoperla difformis*, *Siphonoperla burmeisteri*, *Taeniopteryx nebulosa*, *Amphinemura sp.*, *Protonemura meyeri*, *Leuctra fusca* og *Leuctra hippopus*. Vårfluesamfunnet hadde stort innslag av filtrerere og følgende arter ble registrert: *Rhyacophila nubila*, *Wormaldia sp.*, *Ithytrichia lammularis*, *Plectrocnemia conspersa*, *Polycentropus flavomaculatus*, *Hydropsyche siltalai*, *Hydropsyche pellucidula*, *Micrasema sp.*, *Ceraclea dissimilis* og *Lepidostoma hirtum*. Størst forekomst hadde *Micrasema sp.* og den nettpinnende *Hydropsyche siltalai*.

Lokaliteten hadde et bunndyrsamfunn som var dominert av rentvannsarter i samsvar med forventet naturgitt biodiversitet. Typiske forurensningsindikatorer eller artsforskyvninger, som kan indikere direkte forurensningspåvirkning, ble ikke påvist. Klar indikasjon på økt næringstilgang (overgjødning/saprobiering) via markert økt individantall forelå likevel. En stor forekomst av forsuringsømfintlige arter tilhørende bl.a. døgnflueslektene *Baetis*, *Heptagenia* og *Ephemerella* samt vårfluen *Micrasema* indikerte videre godt buffret vann dvs. at det ikke ble påvist noen skadeeffekter grunnet surt vann. Videre er det ikke registrert negative akutte effekter av avløpsvannet fra vannverket.

## 7. Konklusjon

Avløpet fra membranfiltreringsanlegget på Skjellbreia Vannverk består av konsentrat og kjemikalieholdig avløp fra daglig rutinevask som fordrøyes og fortynnes i konsentratet før utslipp til resipienten.

Dette avløpet vil med bakgrunn i de utførte analyser og biologiske undersøkelsesprogram ikke medføre noen akutt trussel for resipienten eller noen av dens brukerinteresser, enten man snakker om flora, fauna eller kvalitet for rekreasjonsformål.

### Toksisitet:

Avløpet har ikke toksisk virkning verken på standard organismer i toksistetstest eller på naturlig tilstedeværende bakterier i resipienten.

### Nedbrytbarhet:

Avløpet er tungt nedbrytbart med en bionedbrytbarhet på 13%. Dette medfører at omsetningen av det organiske materialet foregår langsomt, og kun i liten grad vil påvirke oksygensituasjonen i resipienten.

### Karakteristiske klororganiske stoffer:

Konsentrasjonen av klororganiske stoffer her indikert ved trihalometaner (THM) er lavt på 1 µg/l og uten betydning avløpsteknisk sett.

### Næringssalter:

Innholdet av næringssalter er tilsvarende som for råvannet og skulle ikke medføre noen fare for eutrofiering i resipienten. Konsentrasjonen av total fosfor ligger på 19 µg/l.

### Fysisk/kjemiske analyser:

PH ligger på 6,8 og tilsvarer pH i både råvann og resipient og har dermed ingen innvirkning på resipienten.

Fargetallet i avløpet er høyt med 108 mg Pt/l. Dette innebærer en negativ estetisk kvalitet men for denne resipienten skulle dette være uten betydning. Fargen skyldes oppkonsentrert NOM. Resultater fra den biologisk nedbrytningen viser at dette er relativt stabilt og ikke vil føre til nevneverdig omsetning i resipienten.

### Biologisk resipientundersøkelse:

Begroings- og bunndyrsamfunnene i Hunnselvas øvre deler var opprinnelig noe påvirket av økt tilførsel av næringssalter og lett nedbrytbart organisk materiale. Dette har ført til økt produksjonskapasitet med bl.a. økt individantall som resultat. Den naturgitte biodiversiteten er likevel intakt. Effekten av foreliggende forurensningsbelastningen bedømmes derfor som liten (påvirkningsklasse I – II). Den biologiske undersøkelse viste også at nåværende utslipp fra vannverket hittil ikke har medført akutte skadeeffekter på flora og fauna.

## 8. Merknader

Utslipet av konsentrat og avløp fra rutinevask fra Skjellbreia Vannverk vurderes utfra de gjennomførte undersøkelser som uproblematisk. Det er derimot viktig å merke seg at analysene er foretatt fra avløp som er sterkt fortennet med konsentrat fra flere parallelle rigger, og er i tillegg fordrøyet.

Dette innebærer dermed at resultatene ikke uten videre kan brukes i forbindelse med vurdering av utslipp av ufortynnet avløp fra andre anlegg . Denne rapporten er heller ikke basert på avløp fra den årlige hovedvasken eller på avløp som genereres gjennom konservering av membranene. Likeledes er det klart at de ulike leverandører bruker ulike produkter og rutiner i forbindelse med vaskeprosessene, og at denne rapporten bare omhandler avløp fra anleggene til Goodtech AS med bruk av deres egenproduserte ”Skyllemiddel”

Det er derfor viktig at man ved vurdering av avløpet fra slike anlegg skaffer seg en oversikt over alle avløpstypene og deres frekvens. Likeledes vil det være naturlig å skaffe seg en uavhengig dokumentasjon av kjemikalienes og avløpets sammensetning dersom dette tidligere ikke er undersøkt. Som for alle utslipp må avløpet også sees i sammenheng med resipienten og dennes brukerinteresser.

Fremdeles eksisterer ingen systematisk karakterisering av ufortynnet avløp fra rutinevask eller av avløpet fra den årlige hovedvasken. Dette vil bli derimot bli presentert i rapportens del II. Det biologiske undersøkelsesprogrammet vil fortsette. Selv om undersøkelsene i denne rapporten konkluderer med at avløpet ikke vil gi akutte skader, har resipientundersøkelsen bare dekket en kort periode av vannverkets ordinære drift. For å kunne avklare hvorvidt komponenter i avløpet som ikke er avdekket vil kunne føre til langtidseffekter må undersøkelsen pågå over lenger tid.

## 9. Litteratur

- Bergman-Paulsen, B. 1961. Undersøkelse av forurensningen i Hunnselva. NIVA. O-155.
- Kjellberg, G., S. Rognerud og O. Gillund 1985. Basisundersøkelse av Trysilelva 1981-1984. NIVA-rapport, Løpenr. 1816. 103 s.
- Kjellberg, G. og S. Rognerud 1985. Tiltaksorientert overvåking i Hunnselva 1984. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT), rapp. Nr. 203/85. NIVA O-8000224.
- Kjellberg, G. 1994. Biologiske befaringsundersøkelser av Hunnselva i 1993. NIVA-rapp. Løpenr. 3050. 30 s.
- Kjellberg, G. 1998. Tiltaksorientert overvåking av Mjøsa med tilløpselver. Årsrapport for 1997. NIVA-rapp. Løpenr. 3847-98. 70 s.
- Kolkwitz, R. & M. Marsson 1908. Ökologie der pflanzlichen Saprobien, Berichte Deutsch. Bot. Gess., 26 a, 505-519.
- Liebman, H. 1951. Handbuch der Frischwasser und Abwasserbiologie. I (2. Aufl. 1962). Vorlag von R. Oldenburg, München. 539 s.
- Lien, L. og E-A. Lindstrøm 1987. Tiltaksorientert overvåking av Hunnselva 1985-87. NIVA-rapp., løpenr. 2076.



## Vedlegg A. Veksthemmings test (toksisitet)

# TEST RAPPORT

Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

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

### Veksthemmingstest

#### Formål.

Formålet med testen var å bestemme laveste konsentrasjon av prøvevannet som ga veksthemming av en serie bakteriestammer.

#### Metode

Metoden er hentet fra U.S. FDA (Food and Drugs Administration) Technical Assistance Document, Section 4.02 Springborn Laboratories, Inc. Environmental Sciences Division, Wareham, Massachusetts. Tittel : Protocol for determination of Microbial Growth Inhibition.

Metodens prinsipp: Det lages agarplater av det ønskede medium tilsatt ønsket konsentrasjon av testmaterialet. Agarplatene podes med de aktuelle bakteriestammer. Den laveste konsentrasjon som gir hemming av vekst, registreres som "minimum inhibitory concentration" (MIC).

Fra den flytende kultur av de aktuelle stammer ble disse sådd ut med podenål på agarskålene. Inkubasjon ble foretatt ved optimal temperatur for de aktuelle stammer. Avlesning av vekst ble fortatt etter 1 og 2 dager og ble registrert som god, middels eller dårlig.

#### Prøvemateriale

Avløpsvann fra rengjøring av membranfiltre.

#### Test organismer

Det ble benyttet 3 organismer fra NIVAs renkultursamling, to stammer fra American Type Culture Collection (ATCC), og én stamme er fra Statens livsmedelsverk i Uppsala, (SLV) og to isolert fra vann i bekk ved anleggsområdet, spesifikasjon er vist i tabellen nedenfor.

Bakteriestamme,	Nr	Dyrkingsmedia	Inkubasjonstemp.
Bacillus subtilis	ATCC 23059	R <sub>2</sub> A-agar	30 °C
Pseudomonas aeruginosa	SLV-223	"	37 °C
Pseudomonas fluorescense	ATCC 49642	"	20 °C
Lokal isolat, R <sub>2</sub> A-gul	-	"	"
Lokal isloat, R <sub>2</sub> A-hvit	-	"	"

(Renkulturene oppbevares ved - 80 °C på Microbank kuler, spesielt tilpasset for oppbevaring av bakteriekulturer.)

Organismene ble dyrket i flytende medium, kimtallsmedium (NS 4791) med pepton og gjærekstrakt, 1/10 av normal konsentrasjon.

## Medium

Agarmediet som ble brukt til veksthemmingstesten for alle stammene var et dehydrert medium R<sub>2</sub>A-agar fra Difco, med relativt lav konsentrasjon av næringsstoffer.

## Test betingelser

Alle agarmedia og næringsbuljonger som ble brukt i testen ble autoklavert ved 121 °C i 15 min. og avkjølt til ca 55 C før bruk. Prøvevannet ble testet i to serier, en hvor prøvevannet ble sterilisert og en annen som ikke ble sterilisert. I første serie ble prøvevannet blandet med agar og sterilisert med agarmediet til følgende konsentrasjoner: 90, 56, og 32%. Den annen serien ble blandet i usterilisert form med agarmedium til høyere konsentrasjon av prøvevann på 80%. Dette var nødvendig for å oppnå samme næringsstyrke i mediet som ved høyeste testkonsentrasjon som i første serie.

Etter at agarmediet hadde stivnet, ble de forskjellige bakteriestammer podet ut på agarskålene med hjelp av en podenål og inkubert som vist i tabellen

Bakteriestammenes følsomhet ble testet med kaliumdikromat (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) som referankestoff.

Resultatet er vist i tabell

## Resultater

Tabellen nedenfor viser resultater fra giftighetstesten.

Prøvevann, Kons.	Bakteriestammer				
	R2A1- gul	R2A1- hvit	Pseudomonas fluorescence	Pseudomonas aeruginosa 37 C	Bacillus subtilis 30 C
Prøve, sterilisert	2.dag	2.dag	2.dag	1.dag	1.dag
90 %	+++	+++	+++	+++	+++
56 %	+++	+++	+++	+++	+++
32 %	+++	+++	+++	+++	+++
Prøve, ikke sterilisert					
80 %	+++	+++	+++	+++	+++
56 %	+++	+++	+++	+++	+++
32 %	+++	+++	+++	+++	+++

+++ = god vekst

++ = middels

+ = dårlig

- = ikke vekst

Det ble ikke påvist nedsatt tilvekst av kolonier for noen av de undersøkte bakteriestammene. At det tok to døgn før avlesningen ble foretatt for de to naturlige isolatene og *Pseudomonas fluorescense* skyldes deres naturlige langsommere tilvekst.

### Giftighetskontroll

Test på veksthemming med kaliumdikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) som giftighetskontroll.

Prøvevann, Konsentrasjon	Bakteriestammer				
	R <sub>2</sub> A1- gul	R <sub>2</sub> A1- hvit	Pseudomonas fluorescense	Pseudomonas aeruginosa	Bacillus subtilis
$K_2Cr_2O_7$	2.dag	2.dag	3.dag	1.dag	1.dag
1,00 g/l	-	-	-	-	-
0,56 ”	-	-	-	-	-
0,10	-	-	-	-	-
0,056	-	-	++	(+)	+++
0,01	-	++	+++	++	+++
Kontroll	+++	+++	+++	+++	+++

Resultatene fra veksthemming med giftkontrollen viste at de to naturlige bakterieisolatene fra anleggsområdet viste størst følsomhet. MIC ble påvist ved 10 mg/l for det ene isolatet, mens den andre bakterien ikke viste påviselig vekst ved denne laveste testkonsentrasjon. *Bacillus subtilis* viste størst toleranse i giftighetskontrollen med god vekst ved 56 mg/l, men ingen vekst ved 100 mg/l.

### Referanse:

U.S. FDA (Food and Drugs Administration) Technical Assistance Document, Section 4.02 Springborn Laboratories, Inc. Environmental Sciences Division, Wareham, Massachusetts. Tittel : Protocol for determination of Microbial Growth Inhibition.

## Vedlegg B. Nedbrytbarhet

# TEST RAPPORT

Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

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

Nedbrytbarhet  
OECD 301F  
NIVA metode L3

**Teststoff:** Humusvaskevann **Lab. kode:**

**Kunde:** O-98198

**Prøve mottatt:** 16.11.98 **Lagringsbetingelser:** nedkjølt. 5-10 °C.

**Test periode:** 17.11. til 15.12. 1998.

### Test betingelser:

**Apparatur:** Manometrisk respirometer, WTW 2001

**Nærings-  
løsning:** OECD 301 Standard mineral saltløsninger. Fosfatløsning; 1 ml/l, ammonium; 0,13 mg N/l, kalsiumklorid; 0,5 ml/l, magnesiumsulfat; 0,5 ml/l i preparert testløsning.

**Inokulum:** Spesialpreparert inokulum med mikroorganismer fra vannkilden, supplert med mikroorganismer fra laboratorieproduert biologisk aktivt slam.  
Antall bakterier i preparert "vasket" suspensjon:  $> 10^7$  CFU/ml.

**pH:** Start 7,5

Slutt: 7,0

**Referanse:** Anilin, 10 mg C/l.

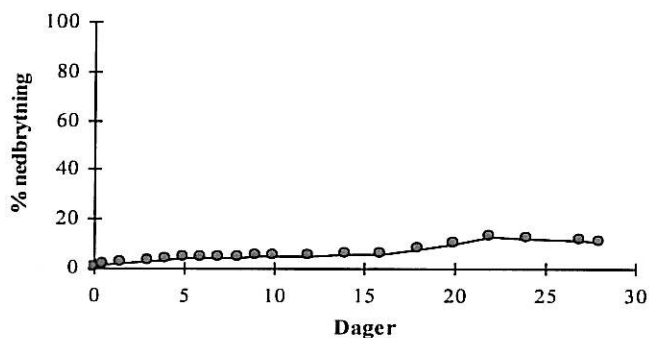
Lag-fase: 5 døgn.

**Konsentrasjon  
av testprøve:** Humusholdig vaskevann ble tilsatt næringssaltløsninger som angitt ovenfor og inokulert med én ml "vasket" bakteriesuspensjon per liter. Fire testflasker ble benyttet for bestemmelse av biokjemisk oksygenforbruk (BOD), og for bestemmelse av løst organisk karbon (DOC) ved endt inkubasjon.

### Resultater:

Parameter	BOD <sub>28</sub>	DOC <sub>0</sub>	DOC <sub>28</sub>	DOC-fjerning
Humusholdig testløsning	6,3 mg/l	15,9 mg/l	14,5 mg/l	9 %

Bionedbrytningskurve:



Bionedbrytbarhet:

$$\frac{BOD_{28}(\text{mg/l}) \cdot 100}{TOC(\text{mg/l}) \cdot 2,67} = 13 \%$$

## ANALYSER OG RESULTATER:

Teststoff: Humusvaskevann

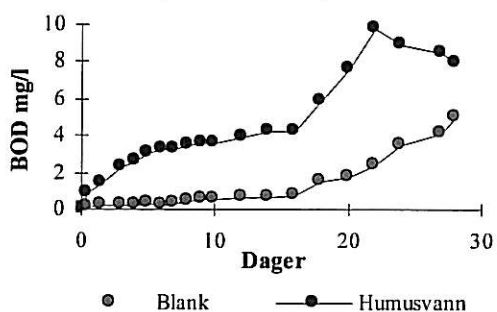
Lab. kode:

Løst organisk karbon (DOC) mg/l:

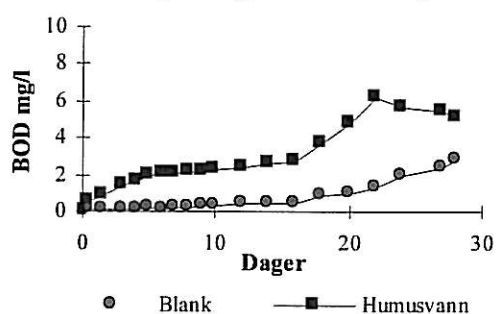
Medium	Flaske	Startverdi	28 døgn
Inokulum	C1	0.5	0.7
"	C2	0.4	0.6
"	Cmv.	<b>0.45</b>	<b>0.65</b>
Teststoff. (Fl. a)	A1		15.9
" (Fl. b)	A2		14.6
" (Fl. c)	A3	16.1	15.1
" (Fl. d)	A4	16.6	14.9
"	Amv.	<b>16.35</b>	<b>15.13</b>
Korrigert (Amv-Cmv)		15.90	14.48
DOC-reduksjon etter 28 døgn nedbrytning (%)			<b>9</b>

Bionedbrytning av referankestoffet (anilin) etter 14 døgn ( $BOD_{14} \cdot 100 / \text{ThOD}$ ): = 78 %

BOD-utvikling uten korreksjon for nitrifikasjon



BOD-utvikling korrigert for nitrifikasjon



### **Test prinsipp**

Testprøven inkuberes i en svakt bufret mineral næringsmedium over 28 døgn ved  $20 \pm 1$  °C. Testen ble utført i lukkede flasker koblet til et manometer. Nedbrytningsproduktet karbondioksid (CO<sub>2</sub>), som dannes under inkubasjon, absorberes i noen dråper av 10 mol KOH som er holdt i en spesiell kopp, ("sealing cup"). Det undertrykk som etableres i flasken blir registrert og transformert til BOD verdier.

BOD verdiene blir så korrigeret for oksygenforbruket som skyldes nitrifikasjon, basert på analyser av nitrat ved start og ved endt inkubasjon.

Graden av bionedbrytning er uttrykt som biokjemisk oksygen forbruk (BOD) målt ved endt inkubasjon (normalt 28 døgn) som prosent av totalt innhold av organisk stoff (TOC), multiplisert med faktor 2,67 som et grovt estimat for teoretisk oksygenforbruk. I tillegg ble det analysert for løst organisk karbon (DOC) ved start og slutt for å kunne beregne prosentlig DOC reduksjon.

**Teststoff: Humusvaskevann**

**Lab. kode:**

### **Preparering**

1950 ml humusvaskevann ble tilsatt én ml fra hver av næringssaltløsningene, og podet med 2 ml preparert bakteriesuspensjon. Testmediet ble kontrollert med hensyn til pH, og etterfylt med humusvaskevann til 2000 ml i målekolbe.

Etter god blanding av testprøven ble porsjoner på henholdsvis 365 (2 flasker) og 432 ml (2 flasker) fordelt i testflaskene med bruk av målesylinder. Testporsjonene ble inkubert ved  $20 \pm 1$  °C, under kontinuerlig omrøring i 28 døgn.

### **Inokulum**

Mikroorganismer tatt fra hvite og gule bakteriekolonier som ble fremdyrket på næringsagar inokulert fra vannkilden. Disse ble supplert med mikroorganismer i avløp fra biologisk aktivt slam (laboratorieproduert), dyrket i OECD syntetisk "kloakk" medium. Bakteriesuspensjonen ble sertrifugert ved 2100 G i 10 min., med etterfølgende fjerning av væskefase. Bakterie-massen ble så slemmet opp i mineralsaltløsning.

Antall heterotrofe bakterier i suspensjonen ble bestemt etter NS 4791, innstøpningsteknikk. Agarplatene ble inkubert i 3 døgn ved  $20 \pm 1$  °C, før telling.

### **Referansestoff**

Anilin ble brukt som referansestoff, ved en konsentrasjon på 10 mg/l karbon. Gyldig BOD resultat skal være minst 60 % av teoretisk oksygenforbruk (ThOD) etter 14 døgn.

### **Måling av oppløst oksygen**

Oppløst oksygen ble bestemt ved hjelp av et WTW OXI 2000 oksygen instrument. Avlesing ble foretatt i utvalgte testflasker ved start og i hver enkelt flaske etter inkubasjon. BOD-forløpet ble registrert ved manometeravlesing under inkubasjon. Verdien fra manometeravlesingen ble kalibrert mot oksygenverdien målt med elektrode etter 28 døgn.

### **Løst organisk karbon (DOC)**

Løst organisk karbon (DOC) i testløsningen ble analysert med Dohrmann DC 190 etter forbrenning ved 680 °C, med platina som katalysator (TC/TOC analyser). Det anvendte testmedium ble filtrert gjennom membranfilter (0,45 µm porestørrelse) ved start og ved endt forsøk. Prøvene ble konserverte med 4 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1 ml/100 ml prøve, og lagret ved 2-4 °C før analyse

### **Nitrat**

NO<sub>3</sub>-N konsentrasjon ble analysert i henhold til NS 4745 (Autoanalyser metode). Nitrat i testløsningen (ved start og endt forsøk) blir redusert til nitritt ved hjelp av kopper-impregnert kadmium i en bufferløsning ved pH 8.0 - 8.5. Dannet nitritt reagerer med sulfanilamid i sur løsning, og med tilstedeværelse av N-(1-naphthyl)-etylen diamin dannes et rødlig azo-fargesstoff. Absorbansen blir så målt spektrofotometrisk ved 540 nm.

### **REFERANSER:**

1. NS-EN ISO 9408 Bestemmelse av fullstendig aerob biologisk nedbrytbarhet av organiske forbindelser i akvatisk medium. Metode ved bestemmelse av oksygenforbruket i et lukket respirometer. 1. utgave 1993.
2. NS-ISO 8245 Retningslinjer for bestemmelse av totalt organisk karbon (TOC) Første utgave 1991.
3. NS 4745 Bestemmelse av summen av nitritt- og nitrat-nitrogen Spectrophotometric method. 2.utgave 1991.
4. NS 4791 Heterotrofe bakterier. Innstøpningsteknikk 1. utgave 1990.

### Diskusjon

Løst organisk stoff (DOC) i humusvannet representerte hele 90 % av total-karbon (TOC). DOC viste seg lite biologisk assimilerbart under de testbetingelser som ble valgt for denne testen. Det ble oppnådd ca 9 % DOC reduksjon. Dette bekrefter at lett omsettelige organiske substanser er assimilert på et tidligere stadium i humusutviklingen.

Nedbrytbarhetstesten viste en signifikant nitrifikasjon i humusvannet, spesielt under siste del av inkubasjonsperioden. Nitrifikasjonen representerte et oksygenforbruk på 2,1 mg oksygen per liter, som tilsvarer 0,46 mg NH<sub>4</sub>-N/l. Korrigert for tilsatt NH<sub>4</sub>-N ved næringssalttilsetning, ble ca 40 % av total-nitrogen i humusvannet nitrifisert (oksidert til nitrat).

Medbrytningen basert på oksygenforbruk som funksjon av TOC (nedbrytt til CO<sub>2</sub>) viste en nedbrytninggrad på 13 %. Dette er i akseptabel overensstemmelse med reduksjon av DOC.