

# Tiltak for å redusere belastninger fra fiskeoppdrett

Av Terje Farestveit og Håkon Kryvi

Terje Farestveit er ansatt i Statens forurensningstilsyn og Håkon Kryvi hos fylkesmannen i Hordaland.

Foreliggende artikkel er et utdrag fra en rapport utarbeidet av miljøvernavdelingen i Hordaland. Den er ment å være en veiledning for miljøvernavdelinger og andre som vurderer forurensningsbelastninger fra fiskeoppdrettsanlegg og tiltak for å redusere disse.

Rapporten er skrevet på et tidspunkt da vi har svært få data om de ulike renseprinsipp, og da flere metoder er på et idéstadium. Det er derfor viktig at kunnskap om renseteknikk innen fiskeoppdrett ajourføres jevnlig den nærmeste tid.

Det finnes flere, i første rekke mekaniske metoder for rensing, som er både gode og rimelige. Slamhåndtering er imidlertid et uløst problem. Etter SFTs mening vil derfor lokalisering av oppdrettsanlegg til egnede resipienter være riktigere foreløpig, framfor rensing som ikke tar hånd om slam forsvarlig.

## 1. REDUKSJON AV FORFORBRUK

Det meste av forurensningsbelastningene fra dagens fiskeoppdrettsanlegg stammer fra forspill, og kun en mindre del fra fiskens ekskresjon. Det høye forforbruket skyldes ofte at oppdrettere mangler kunnskaper om hvilke formengder som kreves, og hvordan utforing bør skje. Reduksjon av forspill vil derfor være det mest effektive

tiltak for å begrense forurensing fra fiskeoppdrettsanlegg. Generelt vil det være lettere å oppnå en lav forfaktor (fortørrstoff pr. kg tilvekst) i settefiskanlegg enn i mæranlegg, og bruk av tørr- eller mjukfor gir mindre spill enn våtfor.

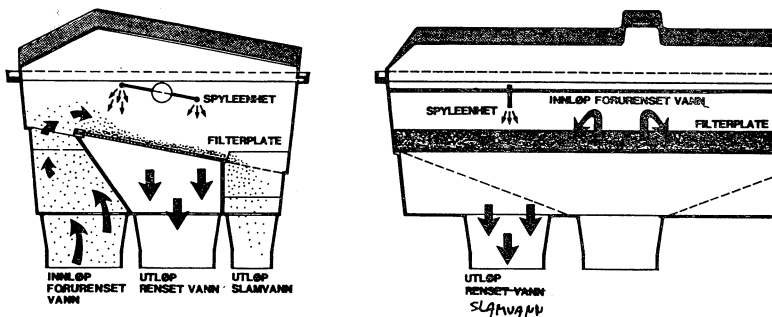
Hvilken forfaktor som kan kreves vil avhenge av anleggstype og fortype. Når det gjelder settefisk bør normale krav være:

- forfaktor lavere enn 1.5
- foret bør siktes før utmating da forstøvet likevel ikke er tilgjengelig for fisken
- bruk for med lavt fosforinnhold.

Ved bruk av for med god kvalitet bør det være mulig å overholde slike krav.

## 2. MEKANISKE RENSEMETODER

En effektiv partikkelfjerning vil ha en relativt god effekt også når det gjelder fjerning av næringssalter og organisk stoff. Dette fordi en stor del av disse stoffer er partikkelbundet så lenge avløpet er ferskt. En betingelse for god effekt er at rensanlegget fanger opp partiklene før disse går i oppløsning (sjørensene kar og kort avstand), og at anlegget plasseres på en slik måte at partiklene ikke blir knust og på den måten unnslipper rensenheten. Det er videre en forutsetning at slamm



Figur 1. Prinsippskisse for triangelfilter.

fjernes fra renseanlegget før næringssalter og organisk stoff føres tilbake til vannfasen (20—60 minutter).

Slammet som produseres er svært tynt og må viderebehandles på stedet, noe som medfører at den totale renseseffekten reduseres. Samlet sett er det vanskelig å komme over 60% rensing når det gjelder fosfor, og over 60—80% for organisk og sedimenterbart stoff når slammene avvannes ved samme resipient.

## 2.1. Triangelfilter.

Triangelfilteret er et sildufilter som er utviklet i Sverige. Vi har ingen driftserfaring med filteret ut over forsøksdrift. Dette kan først ventes i løpet av 1987.

Vannet føres opp i bakre ende på anlegget (fig. 1) over en skråstilt filterduk/ filterplate, hvor partikler med diameter større enn poreåpningen avsettes. Det rensede vannet renner gjennom duken og ut i resipient, eventuelt går videre til ytterligere behandling. Partikler som avsettes på duken skli ved gravitasjon, og blir skjøvet av avløpsvannet ned mot en slam-lomme. Fordelingen av partikler avhenger av hvordan vannet ledes over silflaten. En elektronisk giver registrerer når filterplaten

er mettet. Da starter en automatisk spyling hvor rensed avløpsvann kan benyttes.

Trykkfallet over filteret er 0.3 m. Deler av anlegget er bygget inne i en kasse hvor varmetræder er innlagt for å hindre ising. Leverandøren oppgir at om temperaturen i avløpsvannet holdes over 2°C, så vil ikke ising bli noe problem.

Renseresultatene vil variere med hydrauliske betingelser, og er gode om vannet kan ledes skånsomt fram til filteret uten at partiklene blir knust. Forsøk tyder på reduksjoner i størrelsesorden 80—95% med hensyn på suspendert stoff (SS) og 70—80% når det gjelder total fosfor. Tørrstoffprosenten i slammene ligger i området 0.8—1.0%.

### Vurderinger og anbefalinger.

Vi har kun erfaringer under kontrollerte forhold når det gjelder triangelfilteret. Hvor stabil driften er, hvor store begrensingsproblemer er, osv., kan bare avklares ved videre utprøving. Triangelfilteret fortøner seg likevel som den mest effektive form for mekanisk rensing vi kjenner i dag. For rensing av fosfor og organisk stoff, synes anlegget å være det klart mest kosteffektive.

## 2.2. Virvelseparator (Virveloverløp)

Virvelseparatorer kjenner vi fra kommunal renseteknikk, der de har vært utprøvd noen år. Også for fiskeoppdrettsanlegg er ulike typer utprøvd i en tid, både i Norge og spesielt i Finland og Danmark. Mest data har vi fra den «kommunaltekniske» utgaven med kontinuerlig slamavdrag, noe mindre med den spissbunnede med diskontinuerlig avdrag.

I en virvelseparator blir vannet ledet tangensielt inn i en sylinderformet tank via et kvadratisk innløpsrør nær bunnen. Vannet trekkes av ved overflaten over en sirkulær kant. Etterhvert som vannet går rundt i sylindere, avtar hastigheten radielt, og nær sentrum vil partiklene kunne sedimentere i en rolig sone. Partiklene faller ned i en slamlomme hvor de diskontinuerlig eller kontinuerlig dras ut av anlegget.

Med intermitterent utpumping blir slamproduksjonen lav, men om uttakene skjer med intervaller større enn hvert 20. minutt vil dette gå ut over renseseffekten. Foreløpig vil vi tro at en renseseffekt på 30—50% for fosfor og 60—80% for SS vil være realistisk. Støtbelastninger ved vasking vil redusere effekten, mens lavt forspill vil øke den.

### *Vurdering og anbefalinger*

Ut fra de erfaringer vi har, kan vi vente en noe lavere renseseffekt fra virvelseparator enn fra filterdukrensing. Selv om separatoren ikke har bevegelige deler, krever den såpass jevnlig rengjøring (1—2 ganger pr. uke) at denne fordelen ikke nødvendigvis vil gi seg utslag i høy driftsstabilitet.

Er forurensningsproblemet nedslamming i nærsoner, vil en virvelseparator være den rimeligste og beste løsning, men om problemet er for høy belastning med fosfor

eller organisk stoff, vil trolig anlegg med bedre renseseffekter være påkrevd.

## 2.3. Siler

Vi kjenner til at fire siltyper er utprøvd i Norden; Anebra skivefilter, Roto-Sieve, Roto-Strainer og Mecana trommelsil. Forsøkene med skivefilteret falt ikke heldig ut da silflaten ble gjentettet av fett. Forsøkene med Roto-Sieve ble oppgitt da andre metoder viste seg mer kost/effektive.

Mecana trommelsil hadde problemer med gjentetting og løste det med å gå over til større poreåpning, noe som selsvagt reduserer renseseffekten. Den er den nest på markedet i dag.

Prinsippet for silanlegg er det samme som for filterduker; partikler med diameter større enn poreåpningen holdes tilbake på silflaten og føres til slamlager ved hjelp av gravitasjon og vannets gang over silflaten.

### *Vurdering og anbefalinger*

Vil neppe være aktuell som rensemetode i særlig utstrekning så lenge vi kan oppnå like god eller bedre rensing til lavere pris.

## 2.4. Sedimentering.

Data fra USA, Danmark og England, tyder på at avløpsvann fra fiskeoppdrett har gode sedimenteringssegenskaper i forhold til kommunalt avløpsvann. Metoden er kjent fra kommunalteknikk, og er helt dominerende innen fiskeoppdrett i mellom-Europa og Nord-Amerika. Den er imidlertid svært lite brukt i Norge. Renseseffekter oppgis til 30—60% for SS og 20—40% for organisk stoff.

### *Vurdering og anbefalinger*

Metoden vil bare være aktuell for fiskeoppdrett der det ikke stilles krav om høygradig rensing, og der vi har tilgang på

arealer som relativt lett kan opparbeides. Lamellsedimentering vil kunne eliminere arealproblemet, men vil trolig bli en dyr metode. Både i USA og Danmark opereres det med sedimentering som den mest kost/effektive rensemetode. Dette dels fordi nedslamming av nærsoner i resipienter defineres som det største forurensningsproblem, og dels fordi mange anlegg er plassert ved elver hvor en tillater etablering ut fra filosofien om at «The solution to pollution is dilution», dvs. at en ikke tillater større utslipp enn resipienten greier å omsette selv uten negative konsekvenser. Dette vil føre til at elvas selvrensingsevne vil være det «høygradige rensenanlegget» og enkle jordammer eller sedimenteringsbasseng skal hindre tilslamming i nærheten av anleggene.

## 2.5. Dybdefiltrering.

De sandfiltre som er introdusert på det norske marked er opprinnelig laget for drikkevannsbehandling. De er beregnet for vann med lavt partikkelinnhold, og har store problemer med urensset avløpsvann fra fiskeoppdrett.

Prinsippet består i at vann ledes gjennom et sandsjikt, mens partikler avsettes. Etterhvert vil filteret bli mett med partikler, og må vaskes ved kontinuerlig eller intermittert returspyling.

### *Vurdering og anbefalinger*

De utgavene som til nå er presentert på markedet er alle beregnet for et renere vann enn urensset avløp fra oppdrettsanlegg. Sandfiltre ser bare ut til å være aktuelle som poleringstrinn, i første rekke i resirkuleringsanlegg.

## 2.6. Infiltrasjonsanlegg.

Et infiltrasjonsanlegg skal viderebehandle mekanisk rensset avløpsvann, ved at dette

ledes gjennom jordmasser som oppfyller krav til kornfordeling og kapasitet. Infiltrasjon er altså en form for høygradig rensing som kan være aktuell ved ømfintlige resipienter i områder hvor egnede masser er tilstede.

Anleggene kan utformes som et tradisjonelt infiltrasjonsanlegg som vi kjenner fra anlegg for spredt bebyggelse, eller som åpne basseng som vi med jevne mellomrom tømmer for vann og fjerner slammet og det øverste sandlaget i bunnen. Den siste metoden gir bedre kontroll med renseprosessen og noe mindre aktivt areal. Det krever imidlertid reserveareal, og bedre tilsyn.

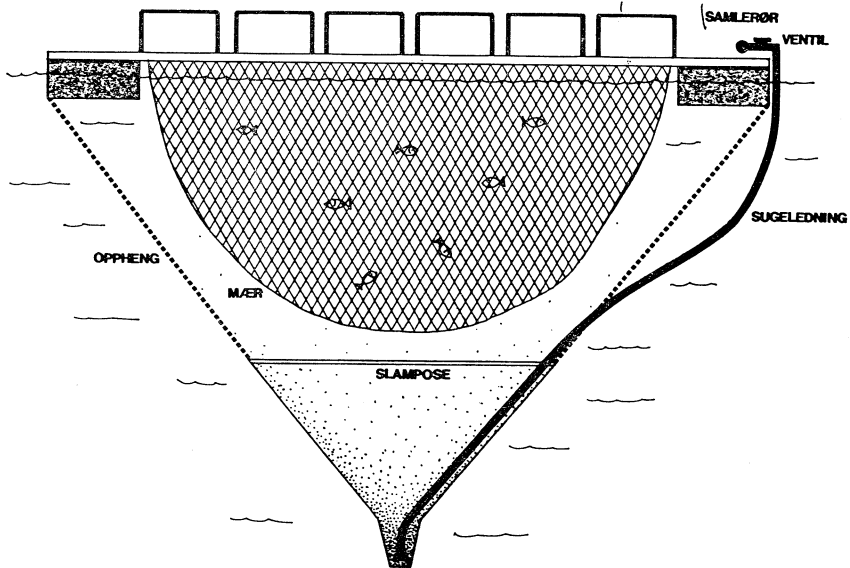
### *Vurdering og anbefalinger*

Infiltrasjonsanlegg vil bare unntaksvis være en aktuell metode pga. krav til areal og massekvalitet. Der er en god og sikker metode der forholdene ligger til rette for dette.

## 2.7. Oppsamlingsposer/sedimenteringsfeller

Presenningsposer henges opp under flytemærer for å samle opp sedimenterbart stoff (Figur 2). Siden mæranlegg stort sett benytter seg av naturlig gjennomstrømming, og strømningshastighetene er moderate, kan sedimenteringen bli effektiv. Imidlertid er vi avhengig av at slammet pumpes vekk fra bunnen av posene med jevne mellomrom for å hindre tilbakeføring av forurensning til vannmassene eller til mærene. Driftsdata vil kunne ventes når vi begynner å få erfaringer med metoden og målinger av eventuelle virkninger.

I mange tilfeller vil det være tilstrekkelig å samle opp slammet og pumpe det ut i bedre resipienter eller til hovedstrømmen i samme resipient. Foreløpige erfaringer



Figur 2. Prinsipp for oppsamling av sedimenterbart stoff under åpne mærer.

tyder på en renseeffekt på 75—80% av sedimenterbart materiale.

#### Vurdering og anbefalinger

I Norge har vi liten erfaring med bruk av metoden, men svenske erfaringer tyder på at selve oppsamlingsmetoden inklusive utpumping av slam bør kunne fungere effektivt. Problemet består i å pumpe slammet bort på en skånsom måte slik at videre behandling kan gjennomføres med god renseeffekt. Foreløpig vil flytting av oppdrettsanlegget være et mer realistisk alternativ enn rensing, dersom slammet ikke kan pumpes direkte til åpnere farvann.

#### 2.8. Tiltak for å bedre resipientforhold «Fjordforbedring»

I stedetfor å avlaste resipienter kan det ofte være aktuelt å styrke deres evne til å omsette belastninger. Dette kan gjøres ved

å tilføre bunnvannet oksygen og/eller ved å øke dypvannsutskiftingen. Dette er aktuelt i resipienter der tilstanden i overflatelaget er god, og der vi kan føre vannet ut til større og åpnere farvann. Det er flere metoder som kan anvendes for å oppnå en av disse effektene:

- Selektiv lufting, der bare bunnvannet luftes slik at naturlige tetthetsgradienter ikke blir påvirket.
- Total lufting, der en blander vannmassene og bryter ned sjiktingen i vannet. Luft eller en blanding av luft og vann føres til dypet og strømmer fritt mot overflaten.
- Pumping av overflatevann ned til dypet, dette reduserer dypvannets tetthet og medfører en omblending av vannmassene.

- Oppdriftsstråle i dypet; utslippet føres ned til dypet og stiger mot overflaten på grunn av tetthetsforskjell, og reduserer dermed sjiktingen.
- Borttapping av bunnvann. Dette er mest aktuelt i innsjøer og poller.
- Strømsettere som skaper vertikalsirkulasjon;
  - blanding av vannmasene og spredning av den forurensning som er samlet i næsonen.

Felles for alle metodene er at de reduserer dypvannets egenvekt. Dermed legges forholdene til rette for terskeloverskillinger og fornyelse av oksygenfattig dypvann. Terskeloverskillingene kan fortsette lenge etter at tiltaket er avsluttet.

#### *Vurdering og anbefalinger*

Metoden ser ut til å være anvendelig der de naturlige forhold ligger til rette; der vi har en markert terskel og strømningsforhold som muliggjør effekt av et slikt tiltak. Inngrepene bør også planlegges med hensyn på konsekvenser av eventuelt større tilførsler til overflaten og endret salinitet.

### **3. BIOLOGISKE METODER**

#### **3.1. Utnyttelse av økosystemer.**

Ved å optimalisere vekstbetingelser for alger eller førespisere som har evnen til å omsette næringsinnholdet i utslippet, kan tilførslene til en resipient tas hånd om uten negative konsekvenser. I tillegg kan en på denne måten dyrke arter som kan nyttiggjøres innen andre næringer, til humant konsum, som fôr eller som en energiresurs. Vi kan dyrke alger og arter som kan beite på algene igjen, dyrke makroalger (sjøsalat, tang o.l.) som høstes mekanisk, eller vi kan sette ut høyerestående arter, f.eks. regnbueørret eller flyndre.

#### *Vurderinger og anbefalinger.*

Foreløpig er de metodene det er forsket mest på, for kompliserte til at de kan nyttiggjøres i noen utstrekning. Direkte dyrking er mest realistisk på kort sikt, men metoder med styrt produksjon bør bli framtidens håndtering av avløp.

### **4. SLAMDISPONERING**

#### *Slamavvanning der fraskilt vann renses*

Avvanning innen fiskeoppdrett vil si å øke tørrstoffinnholdet i det tyntflytende slammet opp til 5—40%. Det rensede vannet, rejektvannet eller slamvannet, kan entes ledes tilbake til primærrenseneheten eller helst renses direkte i avvanningsprosessen.

Det bør være mulig å øke tørrstoffinnholdet i slammet til 5—10% ved hjelp av tradisjonell kjemisk og eventuelt i tillegg, biologisk rensing. Dette vil i tillegg kunne gi et rensert utløp direkte fra prosessen, og vi unngår problemer med forurenset slamvann. Anlegget kan kjøres intermittent, dvs. at vi fyller opp en tank, stenger av, eventuelt lufter, og tilsetter kjemikalier, mens nytt vann under denne prosessen tilføres en ny tank. Alternativt kan slanhånderingscontainere brukes, der det benyttes fellingskjemikalier i tillegg til polymer.

#### *Vurderinger og anbefalinger.*

Det bør prosessmessig være overkommelig å avvanne slam og rense slamvann med disse metodene. Selv om vi har få praktiske erfaringer med disse prosessene innen fiskeoppdrettsanlegg, bygger de på kjent og utprøvd teknologi. Svakheten vil være mange bevegelige deler som setter krav til driftsoppfølging og trolig kostnadene. Så lenge direkte avvanning til et høyt tørrstoffinnhold ikke fortøner seg rea-

listisk, vil avvanning med rensing, kombinert med lagune/tørkeseng se ut som det beste alternativet for slambehandling.

## 5. DISPONERING AV SLO OG FISKEAVFALL

### *Ensilering.*

10—20% av samlet fiskemengde blir avfall i form av slo, avskjær og død fisk. Dette avfallet kan forårsake problemer, både når det gjelder forurensning og smitte. Ensilering er en konserveringsprosess der fiskeavfall konserveres, fortrinnsvis med maursyre.

Resultatet vil være et bakteriefritt og næringsrikt produkt som kan brukes som for, i første rekke innen pelsdyrnæringen og til varmblodige dyr i landbruket. Ensilsjen anbefales ikke brukt som fiskefor, pga. fare for virusmitte. Innen fiskeindustrien har metoden vært anvendt i flere år og er godt dokumentert.

### *Vurderinger og anbefalinger.*

Metoden er svært godt egnet til å ta hånd om et potensielt forurensningsproblem, og til å redusere smittespredningen. Videre muliggjør metoden en bedre totalutnyttelse av for innen landbruket i perioder med liten tilgang på f.eks. lodde. Foreløpige erfaringer er svært lovende.

## 6. KONTROLL OG OPPFØLGING AV RENSETILTAK

Skal renseanlegg kunne fungere optimalt, bør de i tillegg til å være enkle å drive, følges opp av representanter for miljøvernmyndigheter og eventuelt utstyrslleverandører.

De fleste oppdrettsanlegg vil ha behov for oppfølging i en eller annen form, både for å følge opp eventuelle renseanlegg, og fordi det ofte er vanskelig å forutsi miljøvirkninger av utslipp. Det er derfor naturlig å dele anleggene inn i grupper etter antatt tilsynsbehov, f.eks. etter et system som tabell 2 indikerer.

Tabell 2. *Eksempel på kontrollopplegg for oppdrettsanlegg.*

<i>Klasse Anleggstype</i>	<i>Oppfølgingsiltak</i>
0 Anlegg ved svært gode resipienter	Ikke behov for oppfølging.
I Anlegg ved gode resipienter, uten renskrav	Årsrapporter sendes inn sammen med forbruk og tilvekst. Sedimentprøver og vannanalyser tas hvert 5. år.
II Anlegg ved mindre gode resipienter, miljøkrav stilt.	Årsrapporter sendes inn, vannprøver tas årlig og sedimentprøver hvert 3. år.
III Anlegg ved sårbare resipienter med krav om rensing.	Årsrapport sendes inn. Vannprøver tas 1—4 ganger pr. år og renseanlegget kontrolleres 2—4 ganger pr. år.

OVERSIKT OVER AKTUELLE RENSEMETODER OG DERES EFFEKTER.

Gjelder gjennomstrømningsanlegg og åpne mæranlegg.

Metode	Paramet.	SS	KOF	Fosfor	Bakterier	Pris	Drift	Erfaring
Virvelseseparator	++	+	0	-	+++	++	Mye	
Triangelfilter	+++	++	++	0	++	++	Lite	
Siler	+	+	-	-	0	++	Noe	
Sandfilter 1)	+++	+	+	+	-	+	Noe	
Oppsamlings- poser.	+++	++	++	-	0	+	Lite	
Infiltrasjon	0	++	++	++	0	+++	Lite	
Fjordforbedring	+	++	+	-	++	0	Noe	
Algedyrking 2)	(+)0	+++	+++	+	?	-	Lite 3)	

Tabell 1. Aktuelle rensemetoder og effekt på ulike parametre.

- 1) Sandfilteret forutsettes brukt som poleringstrinn, dvs. at avløpet på forhånd har gjennomgått mekanisk og gjerne biologisk rensing.
- 2) Bruk av mikroalger kan redusere både organisk belastning og næringssalter, mens makroalger bare fjerner næringssalter. Videre krever dyrking av makroalger forbehandling.
- 3) Vi har mye erfaring med høsting av makroalger.

	Rensing	Pris	Drift
+++	Meget god	meget rimelig	enkel
++	God	rimelig	relativt enkel
+	Egnet	akseptabel	noe krevende
0	Mindre egnet	dyr	komplisert
-	Ikke egnet	svært dyr	svært komplisert