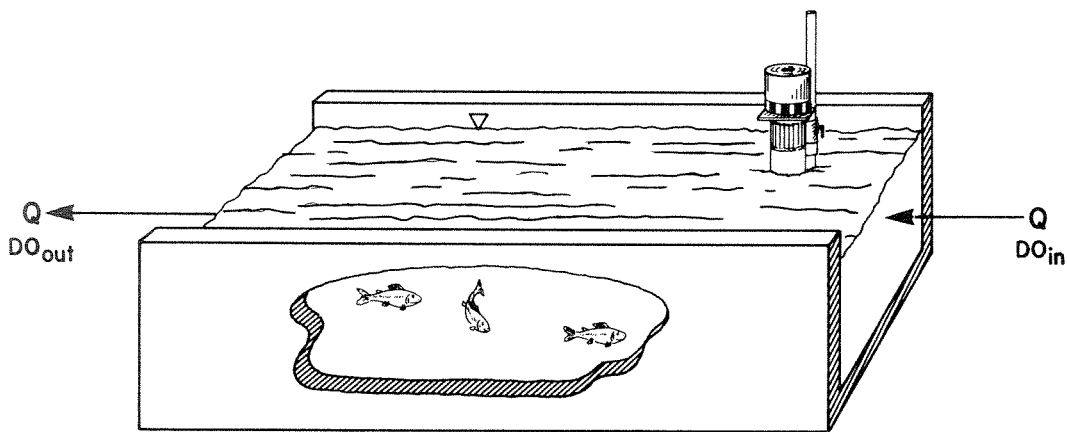


O-88145

LENKA

Lukket oppdrettsteknologi
Metode for typifisering av sjøområder



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor

Postboks 33, Blindern
0313 Oslo 3

Telefon (02) 23 52 80
Telefax (02) 39 41 29

Sørlandsavdelingen

Grooseveien 36
4890 Grimstad

Telefon (041) 43 033
Telefax (041) 42 709

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad

Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen

Brevikven 5
5035 Bergen - Sandviken

Telefon (05) 95 17 00
Telefax (05) 25 78 90

Prosjektnr.:
88145
Undernummer:
Løpenummer:
2269
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:	Dato:
LENKA	Februar 1989
Lukket oppdrettsteknologi. Metode for typifisering av sjøområder.	Prosjektnummer:
	88145
Forfatter (e):	Faggruppe:
Hans Olav Ibrek Bjørn Braaten	VRF / Akvakultur
	Geografisk område:
	Antall sider (inkl. bilag):
	45

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
Miljøverndepartementet / LENKA	

Ekstrakt:
Rapporten beskriver aktuell lukket oppdrettsteknologi. Hovedvekten er lagt på en vurdering av dagens teknologi for lukkede anlegg, både på sjø og land. Driftserfaringer fra lukkede anlegg er også presentert. Rapporten kommer med anbefalinger om endringer i LENKA-metoden for å typifisere sjøområder.

4 emneord, norske:

1. Oppdrettsteknologi
2. Lukkede anlegg
3. Erfaringer
4. LENKA-metode

4 emneord, engelske:

1. Fish farming technology
2. Closed systems
3. Experiences
4. LENKA-method

Prosjektleder:

Hans Olav Ibrek

For administrasjonen:

Bjørn Olav Rosseland

ISBN 82-577-1568-9

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
OSLO

L E N K A

LUKKET OPPDRETTSTEKNOLOGI

METODE FOR TYPIFISERING AV SJØMRÅDER

Oslo, februar 1989

Prosjektleder: Hans Olav Ibrenk

Medarbeider : Bjørn Braaten

FORORD

Denne rapporten har sett nærmere på om LENKA-metoden (landsomfattende egnethetsvurdering av den norske kystsonen for akvakultur) for typifisering av sjømråder også kan brukes for å vurdere mulighetene for å etablere lukkede oppdrettsanlegg på Skagerrak-kysten. Prosjektet er en direkte følge av algeoppblomstringen forsommeren 1988.

LENKAs sentralsekretariat bestemte seg for å vurdere mulighetene for å etablere lukkede anlegg som et alternativ til tradisjonelt merdoppdrett. Norsk institutt for vannforskning ble bedt om å utarbeide en rapport som skulle ta for seg tekniske løsninger, erfaringer så langt og vurdere om LENKAs metodeverktøy kunne brukes.

LENKAs sjøsekretariat har gått gjennom rapporten og bidratt med mange nyttige kommentarer. Bjørn Berthelsen og Henning Rød fra LENKAs sentralsekretariat har vært oppdragsgiverens kontaktpersoner for prosjektet. De har kommet med verdifulle synspunkter.

Prosjektet er utført av Bjørn Braaten og Hans Olav Ibrek ved NIVA. Sistnevnte var prosjektleder. Vi håper at rapporten vil komme til nytte i det videre arbeidet.

Oslo, februar 1989

Hans Olav Ibrek

INNHold

	Side
FORORD	
0. SAMMENDRAG	4
1. INNLEDNING/BAKGRUNN	5
2. NATURLIGE RAMMEBETINGELSER FOR FISKEOPPDRETT LANGS SKAGERRAK	6
2.1 Topografi og strømforhold	6
2.2 Temperaturforhold	7
2.3 Saltholdighetsforhold	7
2.4 Oksygenforhold	9
2.5 Strømforhold	9
2.6 Forurensning	9
2.7 Algeoppblomstring	9
2.8 Oppsummering	10
3. LUKKET OPDRETTSANLEGG - AKTUELL TEKNOLOGI	11
3.1 De viktigste komponentene i et lukket oppdrettsanlegg	11
3.1.1 Vannbehov	13
3.1.2 Rensing av vannet	13
3.1.3 Biofilter for resirkuleringsanlegg	14
3.1.4 Sandfilter	14
3.1.5 Slambehandling	14
3.1.6 Desinfisering	15
3.1.7 Lufting	17
3.1.8 Oksygenering	17
3.1.9 Oppvarming og varmeveksling	18
3.1.10 Føring	18
3.1.11 Overvåking og styring	18
3.2 Anlegg på land med full gjennomstrømming	19
3.2.1 Fisketanker	20
3.2.2 Strømningsforhold og selvrensing	20
3.3 Anlegg på land med resirkulering	23
3.3.1 Oppdrettsenheter for resirkulering	24
3.4 Anlegg med tette poser/tanker i sjøen	24
3.5 Store flytende plattformer og skipskonstruksjoner med lukkede tanker	25
4. ERFARINGER FRA LUKKEDE ANLEGG	27
4.1 Landbaserte anlegg i Nord-Europa	27
4.2 Biologiske og driftstekniske erfaringer	27
4.2.1 Vanntilførsel	27
4.2.2 Tilvekst	28
4.2.3 Fisketetthet	29
4.3 Kvalitet	29
4.4 Andre miljøfaktorer	30
4.4.1 Lys	30
4.4.2 Fôrforbruk	30
4.5 Drift	30
4.6 Tekniske erfaringer	31
4.7 Økonomiske erfaringer	32
5. NØDVENDIGE TILLEGG/ENDRINGER I LENKA-METODEN	34
5.2 Endringer/tillegg ved typifisering - lukket sjøanlegg	34
5.2.1 Typifisering miljø	34
5.2.2 Typifisering bruk	37
5.2.3 Typifisering infrastruktur	37
5.2.4 Typifisering spesialområder	38
5.3 Egnethet for landbaserte anlegg	39
5.3.1 Innledning	39
5.3.2 Metode for vurdering av egnethet for landbaserte anlegg ...	40
6. LITTERATUR	43

0. SAMMENDRAG

Oppblomstringen av Chrysochromulina polylepis forsommeren 1988 har aktualisert bruken av lukket oppdrettsteknologi på Skagerrakkysten. De naturlige forutsetningene for fiskeoppdrett er langt dårligere på Skagerrakkysten enn f.eks. på Vestlandet og i Nord-Norge.

Denne rapporten har vurdert fire hovedtyper av lukkede oppdrettsanlegg:

- anlegg på land med full gjennomstrømning
- anlegg på land med resirkulering eller delvis gjennbruk
- anlegg med tette poser/tanker i sjøen
- store flytende plattformer og skipskonstruksjoner med lukkede tanker

Valg av teknologi er avhengig av oppdrettsart, lokalitetens beskaffenhet, kvalitet og kvantitet av vann og økonomi. Kostnadene for lukkede anlegg er vesentlig høyere enn for merd-anlegg.

Rapporten beskriver anleggsprinsippene, krav til lokalitet, driftserfaringer etc. Slik teknologien er i dag og spesielt ut fra kostnadene, ser det ut til at lukkede oppdrettsanlegg er lite konkurransedyktige.

LENKA-metoden for typifisering av sjøområder er gjennomgått og det er foreslått endringer i metoden som gjør det mulig å foreta en typifisering av sjøområder for lukkede oppdrettsanlegg. Det er foreslått en egen metode for landbasert anlegg.

Lukkede anlegg stiller strengere krav til lokaliteten enn merd-anlegg. Derfor er det nødvendig å bruke data om enkeltlokaliteter i langt større enn ved vurdering av merd-anlegg. Dette innebærer at LENKA-metoden som er basert på bruk av regionale data, må tilpasses. Generelt kan en si at bruk av lukket teknologi krever mer omfattende forundersøkelser enn etablering av merd-anlegg.

1. INNLEDNING/BAKGRUNN

Oppdrettsteknologien har utviklet seg svært mye den senere tiden. Ny teknologi har gjort at mer værharde lokaliteter kan utnyttes, noe som også gir bedre oppdrettsmiljø.

På Sørlandskysten har, som i landet forøvrig, "vanlig" oppdrettsteknologi vært i bruk så langt. Tradisjonelt merd-oppdrett har dominert. De fysiske forutsetningene for matfiskoppdrett på Sørlandskysten er dårligere enn for store deler av den øvrige norske kysten. I tillegg er Sørlandskysten et meget populært friluftsområde. Dette kan resultere i store konflikter mellom oppdrett og annen bruk av sjøarealene. Dette har også vært en medvirkende årsak til at omfanget av matfiskoppdrett er beskjedent på denne kyststrekningen.

Forsommeren 1988 oppstod en stor oppblomstring av algen Chrysochromulina polylepis. Denne algeoppblomstringen resulterte i store skader på plante- og dyrelivet og oppdrett langs Skagerakkysten.

Nordsjølandene vedtok i 1987 å redusere sine utslipp av næringsalter til Nordsjøen med 50 % innen 1995. Det er utarbeidet en tiltaksplan av sentrale myndigheter som viser hva som må gjøres for å oppnå dette.

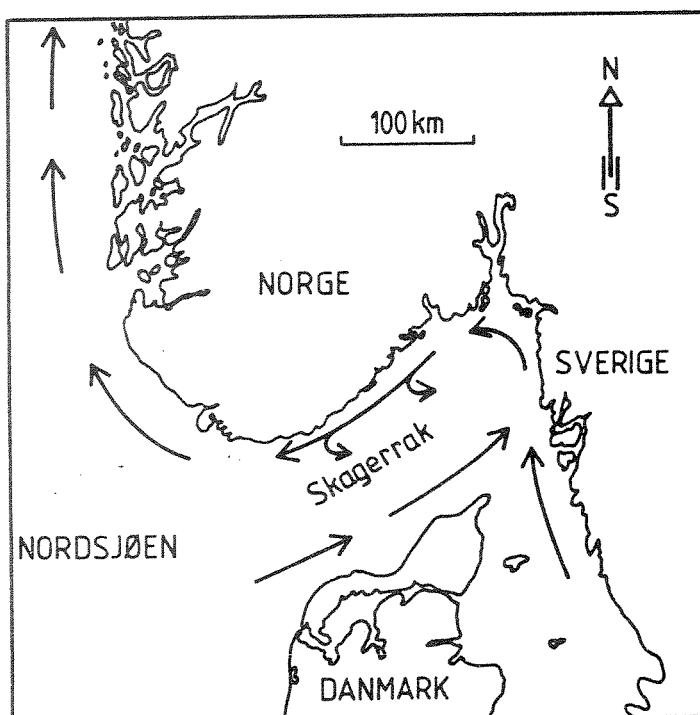
Nordsjøavtalen innebærer at det må settes begrensninger på etablering av nye forurensende aktiviteter innenfor dette området. Dette innebærer også at det er tvilsomt om nye fiskeoppdrettsanlegg basert på tradisjonell teknologi, kan etableres innenfor området. Når store og kostbare tiltak skal gjennomføres innenfor andre sektorer er det meget tvilsomt om det vil bli akseptert at nye matfiskanlegg kan etableres da disse forurenser betydelig. Alternativet vil være at myndighetene setter strenge utslippskrav til akvakulturnæringen. En måte å kontrollere forurensningene fra oppdrettsanlegg på, er å benytte lukket teknologi, enten på sjø eller på land. Lukket teknologi fører til at det er enklere å kontrollere og eventuelt redusere forurensningsmengdene fra et anlegg. Derfor har LENKA-prosjektet valgt å se nærmere på om slik teknologi kan benyttes på Sørlandskysten.

Etablering av matfiskanlegg på Skagerrak-kysten krever kontroll av utslippene og kontroll med inntaksvannet p.g.a temperatur og faren for algeoppblomstring. Lukket anlegg, enten sjøanlegg eller på land, som utnytter det varme dypvannet synes å være det mest aktuelle alternativet i dag. Derfor blir dette vurdert nærmere spesielt for Skagerrak-kysten.

2. NATURLIGE RAMMEBETINGELSER FOR FISKEOPPDRETT LANGS SKAGERRAK

2.1 Topografi og strømforhold

Skagerrak grenser mot Nordsjøen og Kattegat (figur 1). I sør er området grunt, men utenfor kysten av Norge går Norskerenna ned til ca. 700 m dyp. Skagerrak mottar det meste av vannet sitt fra Nordsjøen. I løpet av 1 år passerer ca. 70 % av vannvolumet fra Nordsjøen gjennom Skagerrak og videre opp langs Vestlandet. I tillegg kommer det betydelig med brakkvann fra Østersjøen via Kattegat og en del ferskvann kommer fra større elver i Sør-Norge og Sverige. Det fremherskende strømsystemet i Skagerrak er skissert ved piler i figur 1. Overflatestrømmen fra munningen av Oslofjorden vestover og videre opp langs vestkysten av Norge kalles den Den Norske Kyststrømmen, her omtalt som Kyststrømmen. I store trekk går den vestover med middelhastighet på ca 25 cm/sek. Den kan sammenlignes med en elv som transporterer ca. 1 mill. m³ vann pr sek. i gjennomsnitt. Østlige vinder akselererer strømhastigheten og gir store utbrudd av Skagerrakvann til Vestlandet, mens vestlige vinder bremses opp strømmen og gir større grad av resirkulering i Skagerrak (Dahl og Danielsen, 1987).



Figur 1. Kart over Skagerrak med tilgrensede farvann. Pilene viser fremherskende overflatestrømmer i området (Dahl og Danielsen, 1987).

2.2 Temperaturforhold

Sjøtemperaturen i overflaten fra Svenskegrensen til Rogaland viser stor variasjon gjennom året (figur 2.). Østover er variasjonen noen grader større enn vestover. Mer lokalt vil temperaturen variere mer gjennom året inne i en beskyttet fjord enn ute i åpen skjærgård. Beskyttede lokaliteter vil normalt ha en lengre periode med kaldt vann i løpet av vinterhalvåret og høyere sommertemperaturer enn mer åpne lokaliteter. I perioden 1960 - 1987 var det i Flødevigen, som ligger åpent til, 23 vintre med minusgrader i overflaten og 12 vintre med minusgrader i 20 m dyp (figur 3.) (Dahl og Danielssen, 1987).

Sommeroppvarmingen kan, avhengig av topografien, gå ned til ca. 30 m dyp i innelukkede områder, som for eksempel Søndeledfjorden ved Risør (Dahl og Danielssen, 1987). I Kyststrømmen går sommeroppvarmingen dypere, minst 50 - 100 m (Dahl og Danielssen, 1987).

Vinteravkjølingen går også dypest i åpent farvann. I kalde vintre kan det være minusgrader i kystvannet helt ned til 20 - 30 m (figur 2.), og i ekstreme tilfeller er det målt temperaturer under 0 °C helt ned til 50 m dyp, for eksempel vinteren 1979 (Dahl og Danielssen, 1986).

Foruten de skisserte temperatursvingningene gjennom året, er det langs kysten store korttidssvingninger, mest utpreget på lokaliteter i god kontakt med kyststrømmen. Mange lokaliteter har også utpregede temperatursprangsjikt nær overflaten slik at fisken kan oppleve store variasjoner bare innenfor det dybdeintervallet en merd rommer.

Lave vintertemperaturer gir årvisst islegging på ferskvannspåvirkede og innestengte lokaliteter.

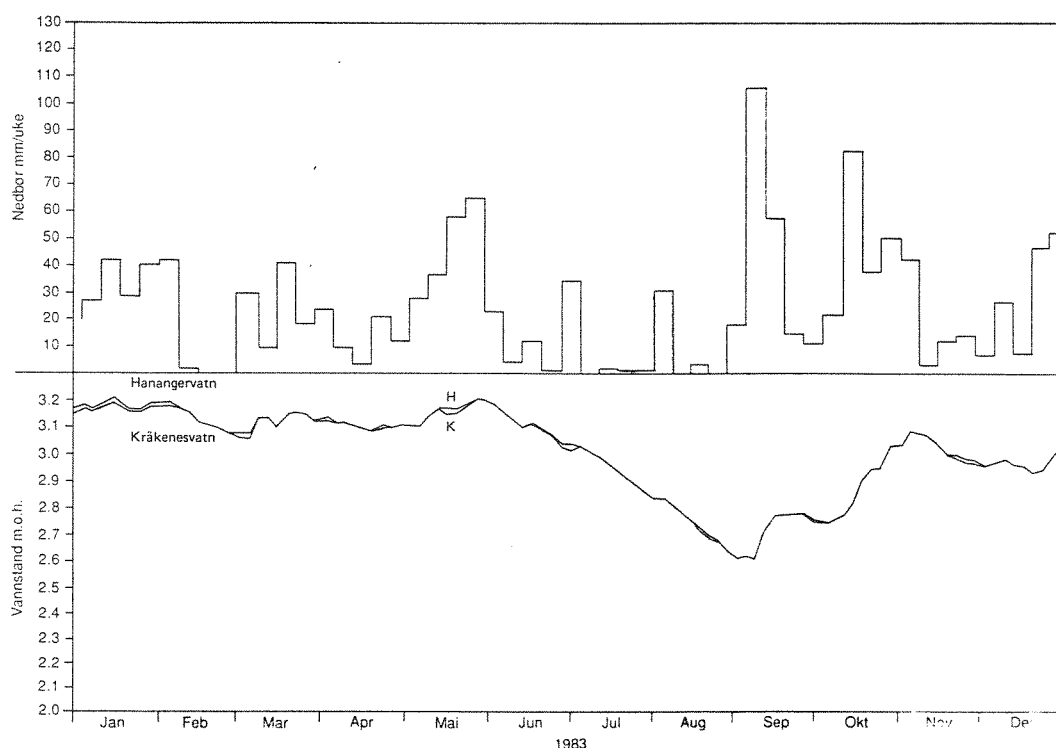
2.3 Saltholdighetsforhold

Saltholdigheten i overflaten av Kyststrømmen varierer mindre og lagdeling blir også mindre utpreget ettersom Kyststrømmen renner vestover. Det betyr at saltholdigheten i overflaten varierer mest gjennom året i det østlige Skagerrak og at variasjonen avtar vestover. Korttidsvariasjonene i saltholdighet kan også være store, særlig i overflaten, men også i 20 m dyp kan saltholdigheten variere betydelig, 2 - 4 promille innenfor et døgn er ganske vanlig. I en del områder er det en stor lokal tilførsel av ferskvann. På slike lokaliteter vil det ofte være utpregede saltsprangsjikt ganske nær overflaten (Dahl og Danielssen, 1987).

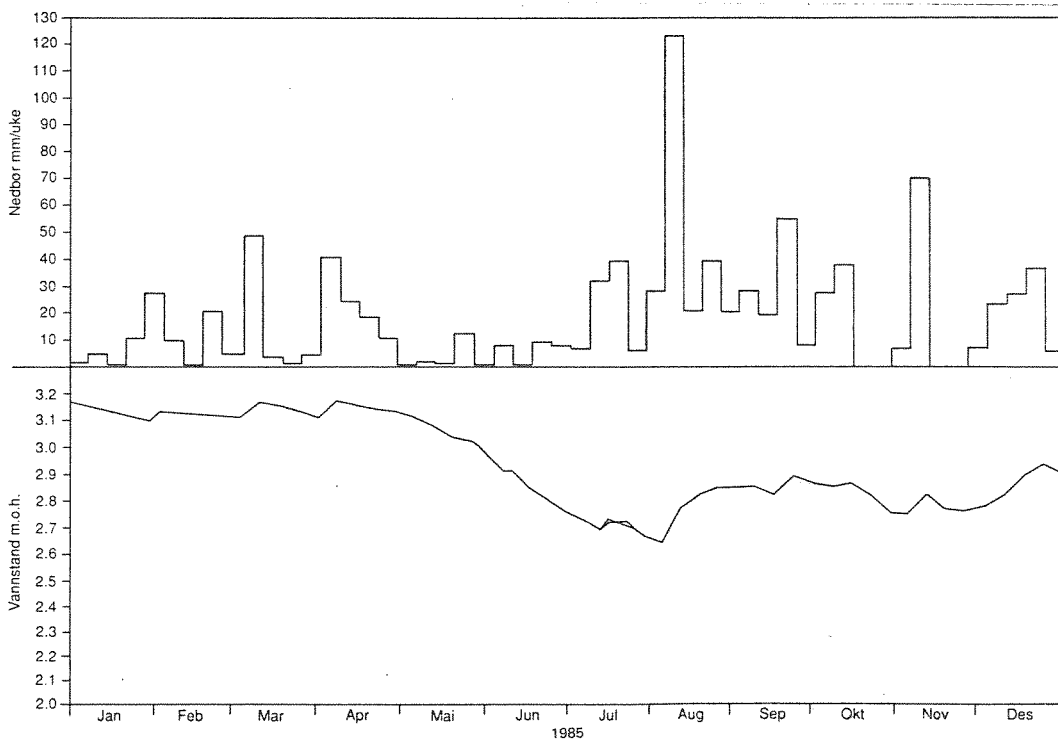
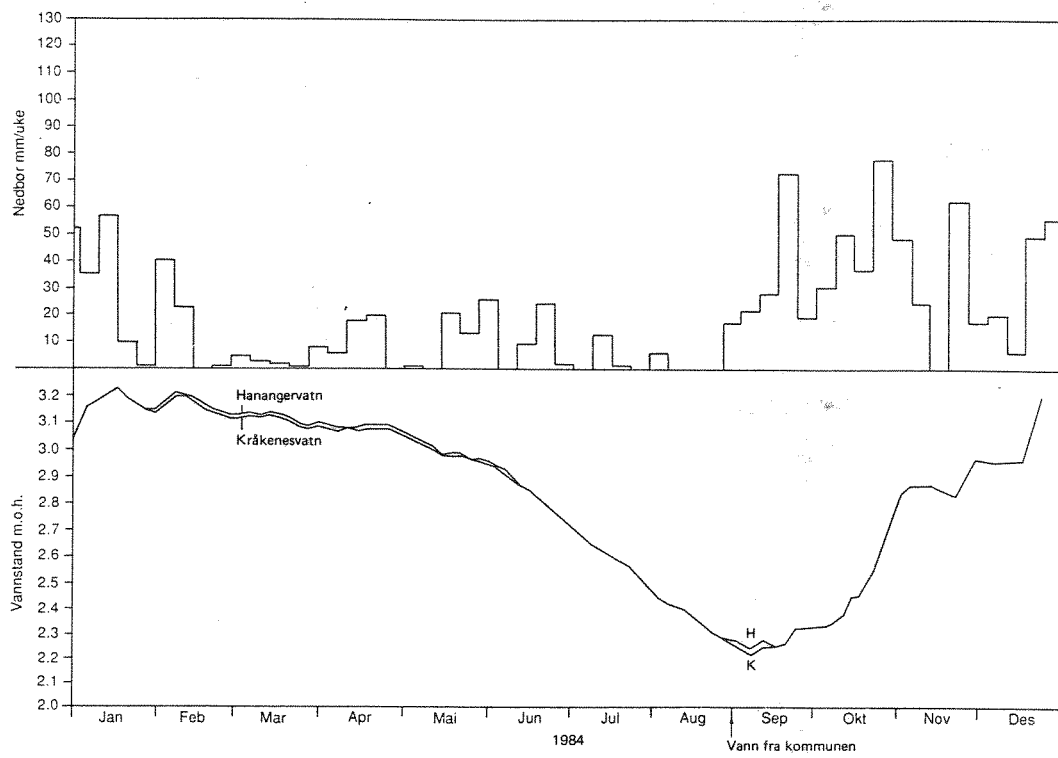
Tidspunkt for laveste vannstand varierer også fra år til år. Det inntreffer vanligvis i tiden juli-september og kan best korreleres med forutgående perioder med lite nedbør. Nivået for laveste vannstand varierer fra år til år, i 1984 var det 2.25 m o.h. i 1986 var det 2.79 m o.h.

I lange perioder med lite nedbør og vedvarende uttak av kjølevann kan vannstanden i Kråkenesvatn komme ned mot nedre konsesjonsgrensen, 2.10 m o.h. I månedsskiftet august/september 1984 fikk bedriften i en periode kjølevann fra kommunen for å holde vannstanden i innsjøene over nedre konsesjonsgrense. Dersom netto uttak av kjølevann i en periode er forholdsvis høyt kan det etter lange perioder med lite nedbør oppstå problemer p.g.a. raskt synkende vannstand. Regnet som årsforbruk anslås "høyt netto uttak" til 2.5 mill. m³ eller høyere.

Midlere vannstand som også varierer fra år til år er vanligvis mellom 2.75 og 3.00 m o.h. Siden bedriften tok innsjøene i bruk som kjølevannsresipient er midlere vannstand ikke merkbart endret (Lindstrøm et al. 1983). Med et netto uttak av kjølevann på 2.5-4.6 mill/l pr. år ser det ikke ut til å være noen korrelasjon mellom midlere vannstand, årsnedbør og netto uttak av kjølevann, tabell 1. Avrenningen fra innsjøene, bl.a. via Oteråna, er selvfølgelig endret.



Figur 2 Vannstand i Kråkenesvatn (og Hanangervatn) korelert med nedbør målt ved Lista værstasjon 1983-87.



Figur 2 (forts.)

rammet var kyststrekningen Grimstad-Kristiansand og Farsund-Flekkefjord. Generelt sett ble områder ytterst i kystområdene mer utsatt enn de innerste fjordområdene. Dødlighet og skader ble registrert fra overflaten og ned til en største dybde på ca. 30 m (NIVA, 1988).

Masseoppblomstringen av Chrysochromulina polylepis medførte massive skadevirkninger på oppdrettsfisk, strandnær villfisk, virvelløse dyr og fastsittende alger på hardbunn. Skadevirkningene på bløtbunnens dyresamfunn og på dyreplankton i de frie vannmasser var betydelig mindre (NIVA, 1988).

2.8 Oppsummering

Denne beskrivelsen av de naturlige rammebetingelsene for fiskeoppdrett langs kysten av Skagerrak danner bakgrunn for en mer detaljert vurdering av om landbaserte oppdrettsanlegg kan etableres i dette området. Beskrivelsen viser at dette området sammenlignet med andre deler av den norske kysten, er mindre godt egnet for oppdrett på grunn av problemer med temperatur og vannkvalitet. Det er likevel klart at noen av disse problemene kan overkommes ved en god lokalisering av anlegg og bruk av ny teknologi.

Oppblomstringen av Chrysochromulina viste at oppdrettsnæringen er meget sårbar for slike oppblomstringer med bruk av dagens teknologi. Andre teknologier bør derfor vurderes nærmere.

Nordsjølandene vedtok i 1987 å redusere sine utslipp til Nordsjøen med 50 %. Dette gjør at det vil bli satt strenge krav til nyetableringer på Skagerrak-kysten. Etablering av matfiskanlegg basert på tradisjonell teknologi vil sannsynligvis ikke bli tillatt.

3. LUKKET OPPDRETTSANLEGG – AKTUELL TEKNOLOGI

Med begrepet "lukket oppdrettsanlegg" menes en teknologi som oppbevarer fisken i tette poser og/eller kar, og pumper vannet gjennom systemet. Anlegget kan bruke vannet en eller flere ganger (gjenbruk), og kan variere fra full gjennomstrømming til nær 100 % resirkulering. Både inntaksdyp og utslippsdyp kan velges fritt ut i fra lokalitetenes beskaffenhet. I et "lukket oppdrettsanlegg" kan man i motsetning til et åpent anlegg, kontrollere vanninntak og avløp, og til en viss grad påvirke og forandre miljøbetingelsene. For å beskytte det ytre miljø mot uønskede utslipp av næringssalter, giftstoffer og antibiotika, kan et lukket anlegg pålegges rensekrav. På den annen side kan kravene til rensing være vanskelig å innfri fordi det mangler egnet teknologi eller det blir for dyrt. En stor del av forurensingene fra fiskeoppdrett foreligger i løst form og er derfor meget vanskelig å fjerne.

En kan skille mellom fire hovedtyper:

- anlegg på land med full gjennomstrømming
- anlegg på land med resirkulering eller delvis gjenbruk
- anlegg med tette poser/tanker i sjøen
- store flytende plattformer og skipskonstruksjoner med lukkede tanker

Før de enkelte anleggstyper beskrives blir det gitt en kort omtale av de viktigste komponentene i lukkede anlegg. Hovedtypene kan inneholde et fåtall eller de fleste av de omtalte komponenter.

3.1 De viktigste komponentene i et lukket oppdrettsanlegg

Et lukket anlegg kan bestå av et ulikt antall komponenter avhengig av valg av teknologi og hvilke arbeidsoperasjoner en ønsker å utføre på stedet. Komponentene kan deles i tre grupper, A. nødvendige, B. valgfrie og C. tilleggsfasiliteter.

A. Nødvendige komponenter i et lukket oppdrettsanlegg

- Oppdrettstanker, bassenger eller lengdestrømsrenner
- Pumpehus med pumpe, nødstrømsgenerator og El-anlegg

- Vannluftere
- Tilførselskanaler eller rør
- Avløpskanaler eller rør
- Fôrhus, lagring av fôr/kjølelager/siloer
- Kontor og servicefunksjoner

B. Valgfrie komponenter

- Oksygeneringssentral
- Oksygenatorer
- Sedimenteringsanlegg/siler for fjerning av partikler
- Biofilter for fjerning av ammonium og oppløst organisk stoff
- Sandfilter
- Automatisk foringsanlegg og styringssentral
- Vannreservoar - trykktank
- Lager - maskinhall
- Verksted - garasje, truck
- Fôrkjøkken (for lagring av mykfôr/våtfôr)
- Varmeveksler/varmepumpe
- Desinfiseringsenhet
- Karanteneenhet
- Overvåking og miljøstyringsenhet

C. Tilleggsfasiliteter

- Klekkeri
- Settefiskanlegg
- Stamfiskanlegg
- Slakterianlegg
- Pakkeanlegg - prosessanlegg
- Fryseri

Valg av teknologi er avhengig av opdrechtsart, lokalitetens beskaffenhet, kvalitet og kvantitet av vann og økonomi. Med alle kostnader innberegnet koster et merdanlegg ca. kr. 200 - 600/m³, et lukket anlegg i sjøen kr. 1000/m³ og et landbasert anlegg kr. 2000/m³. Resirkuleringsanlegg har mindre volum og ofte større produksjonskapasitet pr. volumenhet og blir enda dyrere.

Hvis man skal velge anlegg og drift ut i fra miljøhensyn vil et resirkuleringsanlegg være å foretrekke. Et landbasert anlegg er sannsynligvis også lettere å håndtere enn et lukket sjøbasert system fordi mange

av de funksjoner og komponenter som bør inngå i et oppdrettsanlegg er enklere å håndtere på land.

I det følgende gis en kort beskrivelse av de viktigste tilleggsfunksjonene som kan inngå i fire ulike hovedtyper anlegg. Selve oppdrettsenhetene, kar, tanker og poser omtales ved beskrivelse av den generelle teknologi.

3.1.1 Vannbehov

Et lukket anlegg på 8000 m³ for produksjon av stor laks, og uten gjenbruk av vannet, har behov for store mengder rent vann. Vannbehovet kan beregnes på ulike måter (Wedum et al. 1987), men vil primært være avhengig av fiskens oksygenbehov. Fiskens oksygenforbruk varierer for ulike arter og gjennom året, der de viktigste variable er vannets temperatur, fiskens størrelse og aktivitet. Hvis vi antar en tetthet av laks på 40 kg/m³, ett oksygenbehov på 150 mg O₂/kg/t (vanntemperatur 6,2 - 7,5 °C) og at fisken kan utnytte 4 mg O₂ fra vannet, vil vi med en viss sikkerhetsmargin få et vannbehov på 4,3 m³/s. Selv om vannmengdene reduseres med 50-80 % ved gjenbruk og oksygenering er det likevel behov for store vannmengder.

3.1.2 Rensing av vannet

Ved bruk av dagens teknologi er det ikke mulig å rense vannmengder av størrelsesorden 1-5 m³/s på en tilfredstillende, praktisk og økonomisk måte.

De store vannmengder som benyttes medfører at vannrensingen primært må konsentreres om siling og/eller filtrering av partikulært stoff. Hvis mulig bør vannet fordeles i to delstrømmer, et bunnuttak for slam og fôrrester, og ett sentralt toppavløp for det "rene vannet". Det finnes en rekke ulike alternativer for partikkelseparasjon som alle er utviklet for settefiskanlegg og betydelig mindre vannmengder. (Mäkinen 1985, Eikebrokk 1986, Heerfordt 1987, Ohren 1987, Liltved 1988, Rusten 1988).

Ved resirkulering har avløpsvannet et så lite volum at det kan renses tilfredstillende uten for store kostnader. Ved delvis gjenbruk og oksygenering bør det være mulig å behandle delstrømmer med avfall på en forsvarlig måte. Hovedvannstrømmer lar seg vanskelig behandle uten

store kostnader med dagens teknologi, men det er ønskelig å finne fram til praktiske løsninger.

3.1.3 Biofilter for resirkuleringsanlegg

Ved lav resirkuleringsgrad (50-70 %) kan det ifølge Ødegaard (1986) og Rusten (1988) være tilstrekkelig å fjerne bare de partikulære forurensningene, avhengig av hvilke krav vi stiller til vannkvaliteten. Ved høy grad av resirkulering (> 80 %) må man i tillegg fjerne ammonium for å hindre toksiske effekter av ammoniakk (NH_3) og nitritt (NH_2).

Det finnes flere måter å fjerne ammonium på, men det mest praktiske og hyppigst benyttede, er ved biologisk nitrifikasjon der ammonium (NH_4^+) oksyderes ved hjelp av bakterier til nitritt og videre til nitrat. I anleggene som er beskrevet for ål og smolt er det benyttet et dykket biologisk filter som består av et plastmedium med stor overflate. I anlegg med høy grad av resirkulering vil biofilteret utgjøre et stort volum, og størrelsen på biofilteret bestemmes av tilført mengde fôr. I Farsund Aqua Holding A/S er forholdet mellom karvolum og biofiltervolum 1:0,6 (Forchammer, 1988).

Mesteparten av det organiske materialet bør fjernes før det når biofilteret, og raskest mulig før det går i oppløsning.

Det oppløste organiske materialet og finere partikler fjernes i et biologisk rensetrinn der videre nedbrytning av proteinholdige stoffer gir opphav til store mengder ammonium. Fisker skiller ut mesteparten av sitt overskuddsnitrogen over gjellene i form av ammonium.

3.1.4 Sandfilter

For å fjerne finere partikler, som ikke fjernes av biofilter eller med sildeuk kan det være aktuelt å benytte sandfilter. Sandfilteret må tilbakespyles og rengjøres regelmessig. Ikke alle resirkuleringsanlegg benytter sandfilter.

3.1.5 Slambehandling

Fjerning av partikulært organisk stoff fra avløpsvann setter krav til en effektiv slambehandling, som er en nødvendig forutsetning for å ta hånd om avfallsproduktene fra anleggene. Som eksempel kan nevnes at slammengden fra en produksjon på 100 tonn vil være i størrelsesorden 1

m³ pr. dag. Slammet vil ha et vanninnhold på nær 90-95 %. I slambe-handlingsprosessen er rensing av filtratvannet en viktig del. Slambe-handlingsteknologi for fiskeoppdrett er lite kjent og det er stort behov for utvikling av praktiske håndterbare og kostnadseffektive anlegg.

I deler av landet og på spesielle lokaliteter kan det forventes krav om rensing av vannet med etterfølgende slambehandling.

Slam som ikke inneholder antibiotika eller giftstoffer representerer en verdifull ressurs som bør kunne utnyttes kommersielt.

Slambehandling er lite benyttet i fiskeoppdrett. Et fullstendig slam-behandlingsopplegg finnes på Aquatech Systems A/S, Marigold Aquacul-ture A/S og Farsund Aqua Holding A/S. De to siste er resirkulerings-anlegg for ål i ferskvann.

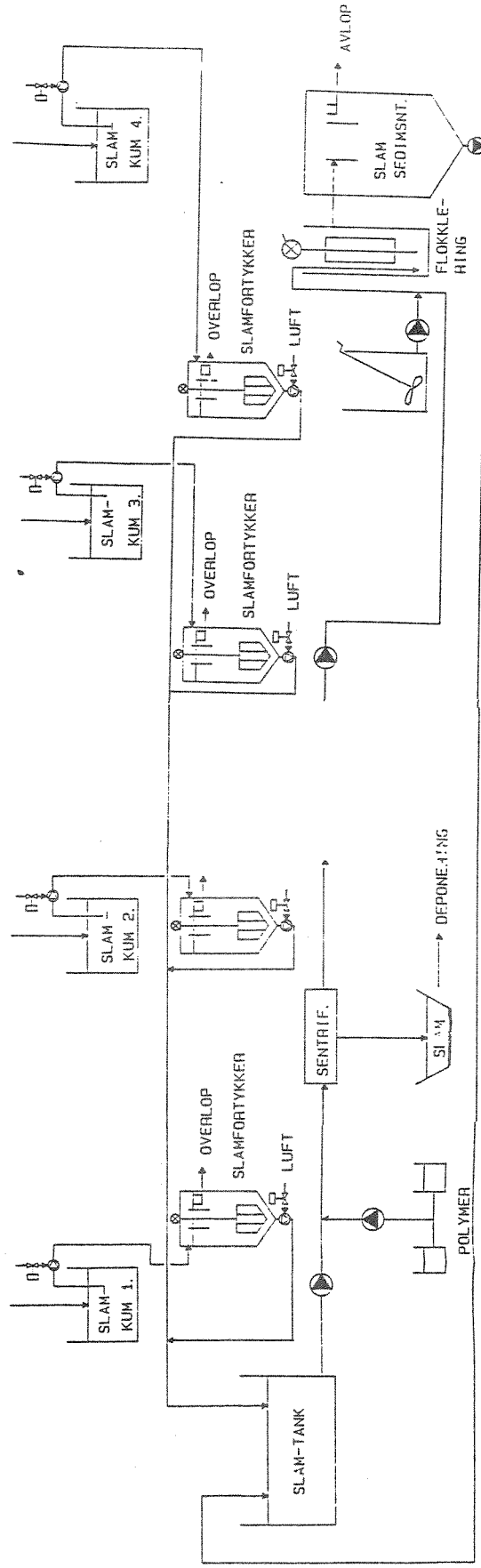
Slambehandlingssystemet er basert på alment kjente prinsipper og tek-nologi fra avløpsvann og renseanlegg, men tilpasset fiskeoppdrett. Figur 4 viser prinsippene for slambehandling fra fiskeoppdrett.

Prinsippielt bør det være mulig å samle opp en vesentlig del av det partikulære materialet for videre slambehandling ved alle metoder for lukket oppdrettsteknologi. Slammet bør konsentreres og føres vekk i en delstrøm med en liten vannmengde. Slambehandling er et kostnadsspørsmål. Slam fra oppdrett i sjøvann kan brukes som jordforbedringsmiddel. Etter avrenning inneholder slammet så lite salt at det normalt kan brukes direkte uten videre avsalting.

3.1.6 Desinfisering

På grunn av de store vannmengdene i gjennomstrømmingssystemer er det kun aktuelt å desinfisere delstrømmer og separate kar. Desinfisering er en prosess for selektiv inaktivering av patogene mikroorganismer. I resirkuleringsanlegg er det aktuelt å desinfisere deler av vann-strømmen for å holde mengden av patogener nede på et forsvarlig nivå. En fullstendig sterilisering av miljøet er ikke ønskelig. Ikke alle resirkuleringsanlegg desinfiserer regelmessig. I enkelte tilfelle som ved sykdom eller fra karanteneanlegg, kan det være aktuelt å desin-fisere avløpsvannet. De hyppigst benyttede metoder er bruk av UV-be-handling, photozon (UV-generert ozon) eller ozon. Desinfisering er også aktuelt for å hindre biologisk vekst i sandfiltere.

Figur 4. Slambehandlingsopplegg ved Farsund Aqua Holding A/S. Total produksjon av ål er 250 t/år. Total slammengde 3-400 m³/år.



3.1.7 Lufting

Vann som passerer et biofilter har et lavt oksygeninnhold og må tilføres oksygen. Det må også luftes, for å fjerne overskudd av CO_2 og N_2 , ved å benytte rislefilter, kolonneluftere eller ved å benytte Inka luftere. Ved sistnevnte teknikk ledes vannet over en perforert plate som det blåses luft opp gjennom. Vann av ulike temperaturer som blandes, må luftes før det tilføres forsøksenhetene for å unngå overmetning.

Alle lukkede anlegg bør installere et system for lufting av vannet før vannet kommer inn i fisketankene.

3.1.8 Oksygenering

En vesentlig forutsetning for utvikling av lukket oppdrettsteknologi er mulighetene for kontinuerlig oksygenovermetning av inntaksvannet. Oksygenering kan gi store økonomiske besparelser i investeringskostnader. Ved riktig oksygenering kan fisketettheten og produksjonen pr. volumenhet økes, samtidig som anleggs- og driftskostander reduseres. Det antas at vannbehovet kan reduseres med 50-80 %, men det mangler normtall for anbefalt biologisk drift og en vurdering av de økonomiske konsekvenser ved redusert vannbehov og økt oksygenering.

Ved vanlig lufting kan vannet nå 100 % metning, og det bør ikke overmettes på grunn av fare for gassboblesyke ved nitrogenovermetning.

Tilsetningsmetoden for rent oksygen er basert på at vannets totale gassmetning holdes konstant på 100 %. Det vil si at nitrogengassen i vannet fjernes og erstattes av oksyngengass. Ved normalt atmosfærisk trykk kan det løses nesten 5 ganger mer oksygen enn ved lufting, og øker trykket - øker løsligheten tilsvarende. Dersom det gjennomføres 100 % overmetning i ferskvann blir konsentrasjonen 20 mg O_2 /l som disponerer minst 12 ganger mer oksygen for fisken pr. liter vann. Det betyr at vannforbruket kan reduseres 2-3 ganger som medfører kostnader på ca. 1 kr. pr. smolt. (Bergheim og Dahle, 1986).

Det finnes en rekke ulike systemer for innblanding av oksygen i vann som overrislingskolonner, diffusorsystemer, oksygeneringskjegler, dyp brønn, venturisystemer og hvirvelkammer (Sowerbutts and Forster, 1981, Liltved og Maroni, 1987). Vanligvis overmettes en delstrøm med oksygen og føres til hovedvannstrømmen.

Ved bruk av oksygen til drift er det viktig med god styring av tilsetningsmengden og effektiv overføring. Ved automatisk regulering av oksygenkonsentrasjonen kan man sikre at man alltid ligger over en ønsket grenseverdi (f.eks. 7 mg O₂/l for laksefisk). Ved automatisk regulering av oksygeninnholdet kan man gi fisken et bedre miljø enn ved konvensjonell merddrift.

3.1.9 Oppvarming og varmeveksling

Store gjennomstrømningsanlegg må enten baseres på varmt avløpsvann fra kraftverk, fabrikker o.l., eller inntak av dypvann av ønsket temperatur. Hvis vannkvaliteten på det oppvarmede vannet ikke er bra nok kan det varmeveksles med rent sjøvann. Hensikten med å utnytte varmt vann er å øke produksjonskapasiteten i anlegget. Varmere vann gir generelt høyere produksjon inntil et visst nivå.

Anlegg med høy grad av resirkulering har ofte lite behov for oppvarming av vannet fordi energi fra pumper og biofilter tilfører vannet varme. Åleanleggene i Greåker og Farsund holder 26 °C kontinuerlig året rundt uten oppvarming.

I resirkuleringsanlegg reguleres vanntemperaturen med lufttemperaturen som bør være ca. 2 °C høyere. Bygningen bør derfor ha et effektivt ventilasjonssystem som i perioder vil kreve energi for å ha en temperatur som hele tiden er høyere enn vannet.

3.1.10 Fôring

Lukket oppdrettsanlegg benytter idag samme utstyr for utfôring som merdanlegg og settefiskanlegg. Ved resirkuleringsanlegg er det særlig viktig å ikke overføre fisken fordi alt vannet må renses av biofilteret. Dimensjonering av biofilteret gjøres i relasjon til maksimalt fôrforbruk. Lukkede anlegg gir bedre kontroll med fôrforbruket. Det er lettere å observere om riktig fôrmengde benyttes. Fôrets oppholdstid blir lengre i karet og dermed blir en større mengde utnyttet av fisken.

3.1.11 Overvåking og styring

Lukkede anlegg har behov for en absolutt kontroll og styring av vannstrømmen gjennom anlegget. Alle pumpesystemer må være sikret med reservepumper, nødaggregat og kontinuerlig overvåking mot driftstans. Anlegg som benytter oksygenering, ved nedsatt vannforbruk eller resirkulering, må legge stor vekt på et oksygeneringssystem som til enhver tid kan dekke fiskens behov. Systemet må automatisk kunne registrere

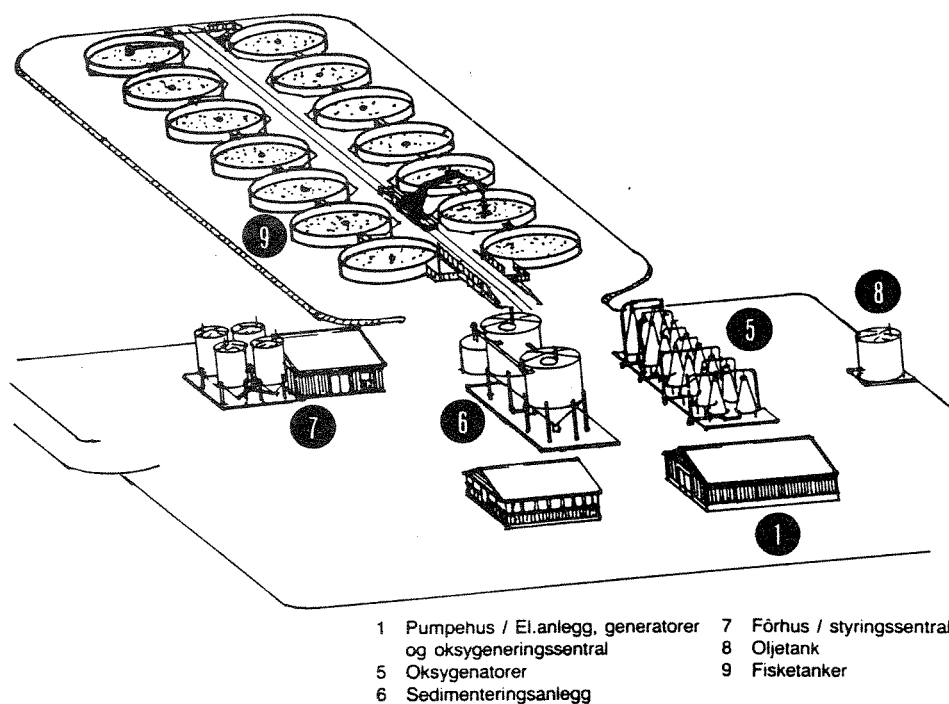
endringer i vannets oksygeninnhold og justere tilførsel etter forbruket.

Reservesystemer må kobles automatisk inn ved feil på hovedsystem. Alle lukkede anlegg må ha kontinuerlig overvåking enten ved døgndrift eller en alarmfunksjon som garanterer sikker drift til enhver tid.

Enkelte anlegg baserer driften på et minimum av kontroll og målepunkter og minst mulig automatikk. Andre anlegg setter krav til individuell overvåking av alle enheter og en kombinasjon av automatisk og manuell overvåking.

3.2 Anlegg på land med full gjennomstrømming

Alle landanlegg med full gjennomstrømming fungerer prinsipielt på samme måte, men den tekniske løsning kan variere betydelig. Anleggene er kostbare å bygge og for å forsvare de store anleggsinvesteringene bør anlegget være 8000 m³ eller større. Det er behov for store vannmengder som skal pumpes inn og ut av anlegget, og det er behov for kostbart tilleggsutstyr for å innfri krav til sikkerhet og eventuelle miljøkrav. De viktigste komponentene i et landbasert anlegg er vist i figur 5.



Figur 5. Planskisse av et landbasert oppdrettsanlegg med A og B komponenter(jmfr.kap.3.1) (informasjon fra Aquatech System A/S).

3.2.1 Fisketanker

De fleste anlegg på land i Norge, Skottland og Island består av sirkulære basseng, helt eller delvis nedgravd og godt med plass rundt bassengene for transport og håndtering. Anleggene har bassenger som varierer i størrelse fra 5-45 m i diameter.

Karene plasseres på en slik måte at transporten av fisk fra utsetting til slakt og ved sortering blir mest mulig hensiktsmessig. Figur 6 viser mulige typer av sirkulasjonskar som kjennetegnes ved en stabil bunnstrøm (sekundærstrøm) og noe forsinket vannutskifting midt i karet. De minste karene er vanligvis produsert i glassfiberarmert plast mens mellomstore og store tanker ofte utføres i prefabrikkert betong. Karene kan også lages i stål med et innvendig glatt belegg av permaglass eller epoxy. En tredje mulighet er bruk av en universal profil som er co-ekstrudert profil med en innvendig kjerne av PVC-skum og en ytre kappe av PVC-laminat som støpes og monteres på stedet.

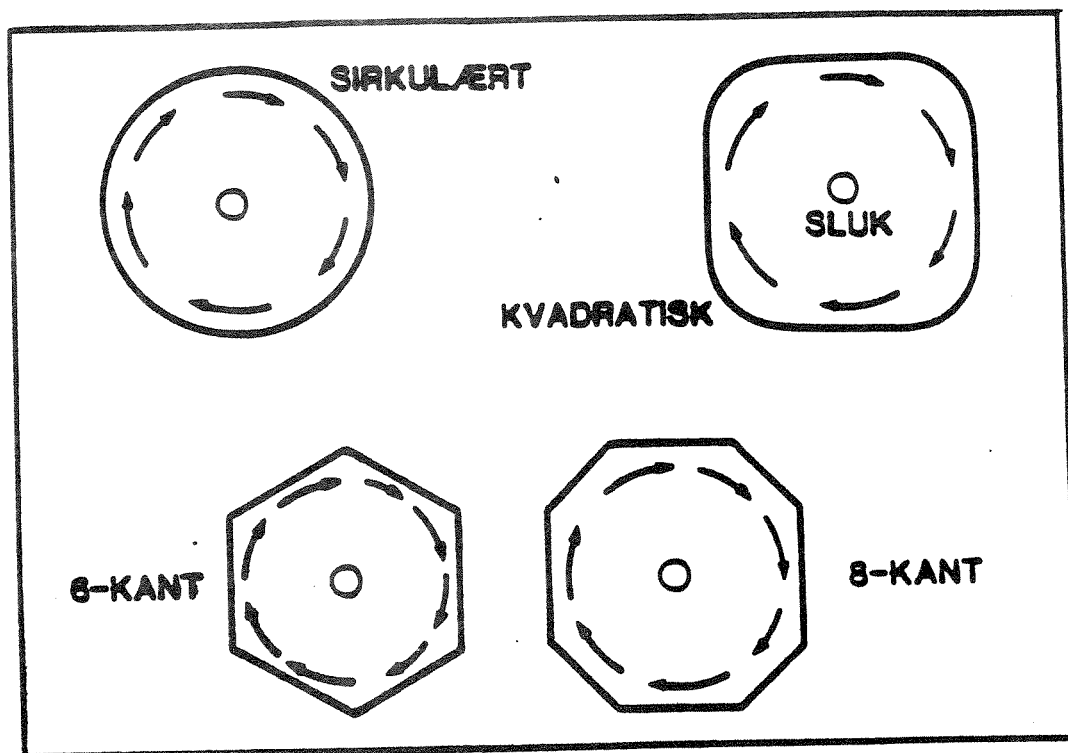
Andre løsninger er bruk av lengdestrømsbassenger (figur 7), siloer (figur 8) eller andre typer avlange kar der fisken svømmer kontinuerlig i en strømrinne (figur 9).

Lengdebassengene fungerer godt ved et stort vannforbruk, men vil lett få problemer med sedimentavsetninger ved reduserte vannmengder. Anlegg i sløyfer vil lett få bakevje og dødsoner (Skybakmoen, 1988). Siloer gir størst volum pr. flateenhet, men har et dårligere strømmingsmiljø enn grunne kar.

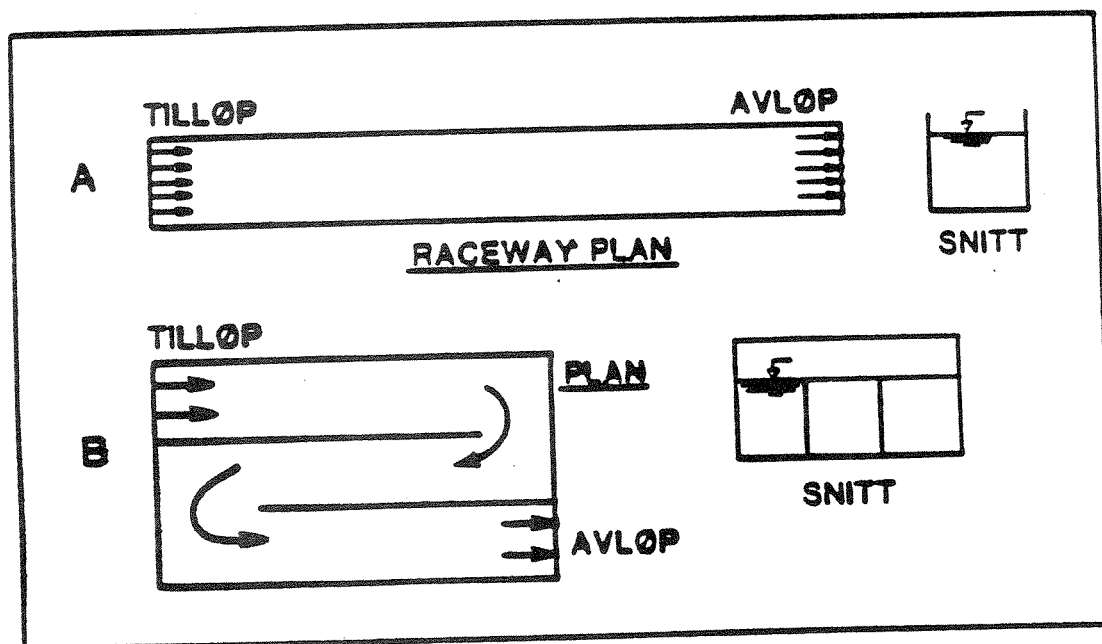
De øvrige kartyper (figur 9) krever systematisk utprøving for å fungere optimalt, men kan gi driftsmessige fordeler. Disse typer kar benyttes i USA til produksjon av yngel og porsjonsfisk og lages i hovedsak av betong.

3.2.2 Strømningsforhold og selvrensing

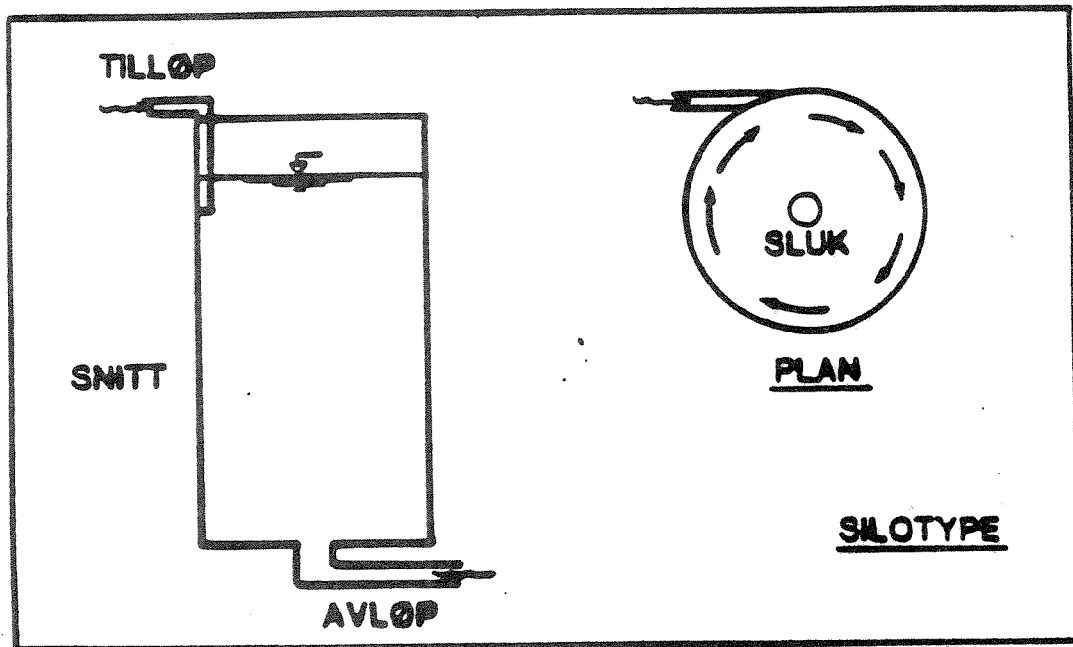
Erfaringer fra detaljerte undersøkelser som SINTEF har utført på sirkulære kar (Tvinnereim og Skybakmoen, 1986), viser at det er mulig å etablere gode strømningsforhold og tilfredstillende selvrensing ved å velge riktig tilløps- og avløpsarrangement. Flere av disse forsøkene er utført uten fisk i karene slik at resultatene ikke nødvendigvis er holdbare. Nyere forsøk er blitt gjort med fisk i karet. I sirkulære kar sveiper vannet over bunnen et 10-talls ganger før vannet når utløp og samme vannet vil brukes mange ganger for å fjerne partikler (svinghjul-effekt). Hvis først partiklene er kommet i bevegelse er det bare nødvendig med en strøm ved bunnen på 4-8 cm/sek. for å oppnå en selv-



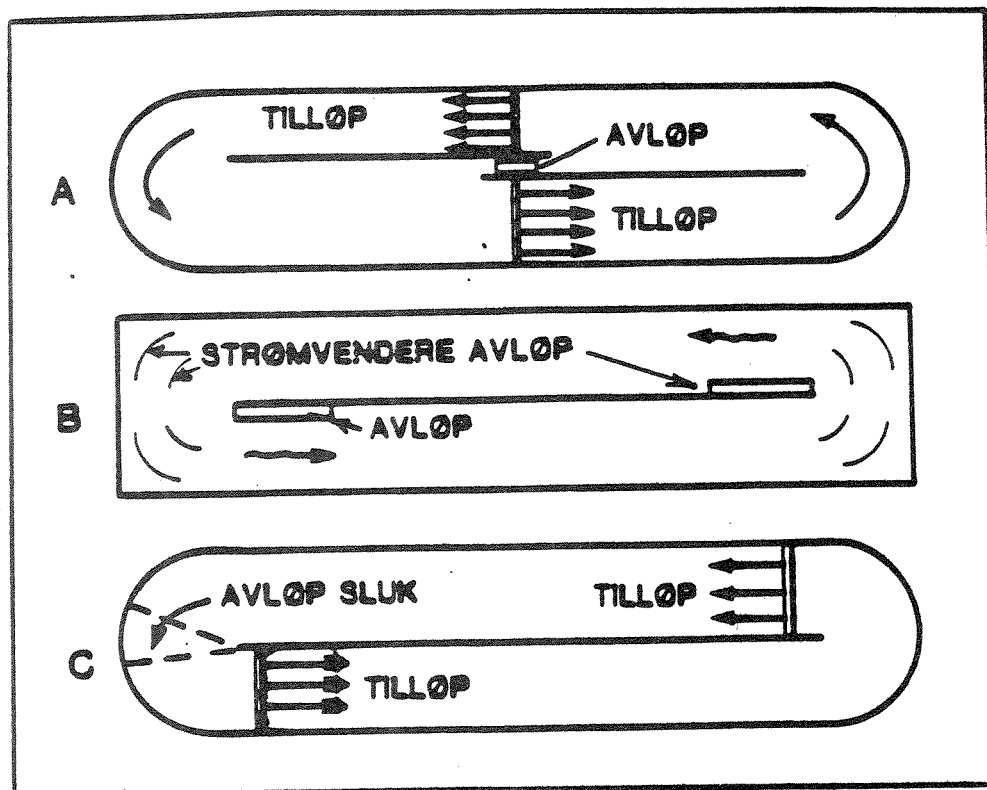
Figur 6. Kar av sirkulasjonstypen (Skybakmoen, 1988).



Figur 7. Lengdestrømsbasseng, a) Raceway-typen og b) Lengdestrømsbasseng i sløyfer (Skybakmoen, 1988).



Figur 8. Silokar (Skybakmoen, 1988).



Figur 9. Andre kartyper a), b) og c) (Skybakmoen, 1988).

rensende effekt. I et lengdestrømskar vil vannet bare brukes en gang og det vil gå fram som et "stempel". Det betyr at for å fjerne partikler er det behov for en vannstrøm på 24-30 cm/sek. for å oppnå selvrensende effekt og det må brukes ca. 30-40 ganger mer vann. I tillegg beregnet Noraqua (Wedum pers.inf.) at lengdestrømsdammen ville koste ca. 30 % mer enn sirkulære bassenger.

3.3 Anlegg på land med resirkulering

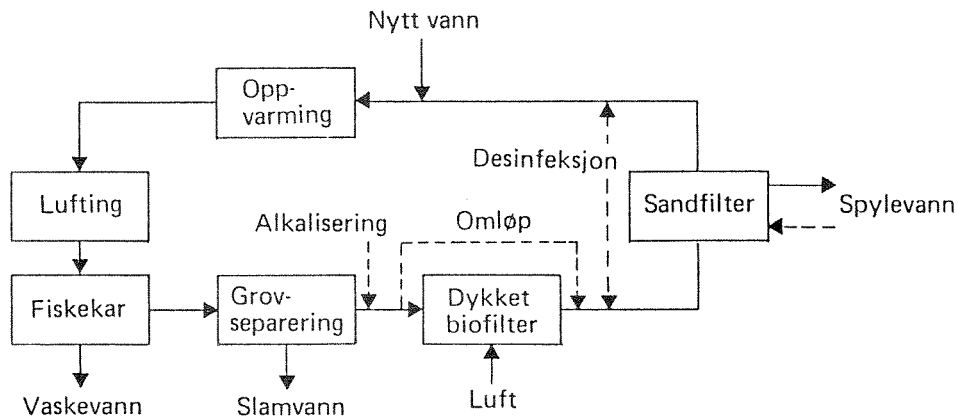
Resirkuleringsteknologi har vært ansett for å være vanskelig og risikofyllt. I de senere år er det bygget flere anlegg i Norge, to for produksjon av ål i matfiskstørrelse, ett for produksjon av havbrasme og havabbor (seabass, seabream) og flere for smoltproduksjon. Erfaringene fra disse anlegg har i stor grad vært positive, men driften har ikke vært uten problemer.

Figur 10 viser et flytskjema for resirkuleringsanlegg, hvor ammonium fjernes med et dykket biofilter.

Driftserfaringer fra norske resirkuleringsanlegg som er bygget i løpet av de siste 2-3 år viser at anleggene virker tilfredstillende (Forchammer,1988, Maroni,1988, Rusten,1988).

Det stilles imidlertid strenge krav til at anleggene er riktig dimensjonert og at personellet har den nødvendige kunnskap og opplæring både når det gjelder biologi, teknikk, kjemi og økonomi. Anleggene er komplekse og kan betraktes som høyteknologiske enheter (Rusten 1988).

Denne type anlegg er i langt større grad enn andre oppdrettsformer avhengig av et dyktig driftspersonell som skjønner hva de gjør, har interesse for arbeidet og overvåker vannkvaliteten nøye.



Figur 10. Eksempel på flytskjema for resirkuleringsanlegg, hvor ammonium fjernes med et dykket biologisk filter (Rusten, 1988).

3.3.1 Oppdrettsenheter for resirkulering

Alle resirkuleringsanlegg som er bygget i Norge er plassert innendørs i fullisolerte bygninger. Karene er derfor betydelig mindre enn ved gjennomstrømmende systemer.

Kar er laget i plast eller glassfiber av varierende størrelse, 4-25 m³, runde eller firkantede med avrundede hjørner. Anlegget deles opp i separate linjer, hver på 100-250 m³ i størrelse.

I Norge vil det være aktuelt å benytte resirkuleringsteknologi til høyprisarter, som tåler høy tetthet og som må ha høy temperatur for å sikre god tilvekst og overleving. Høy temperatur gir rask produksjon.

Aktuelle arter er ål, havabbor, havbrasme, piggvar og tropiske reker. Teknologien kan også benyttes for smolt- og yngelproduksjon der vannmengdene er begrensede eller krav til utslipp er meget strenge.

3.4 Anlegg med tette poser/tanker i sjøen

I stedet for å flytte oppdrettsanlegget på land for å oppnå full kontroll kan anlegget plasseres i sjøen ved bruk av tette poser eller tanker. Det finnes flere ulike løsninger som Maremør-systemet (Vadset, 1988) Noraqua's Ocean River System (Christie, 1987, Baklien, 1988) og Neptun merden som er lansert av Aquacare. I prinsipp bygger alle disse systemer på samme teknologi som et landbasert anlegg, men valg av materialer til oppdrettsenhetene er enklere og rimeligere.

De sjøbaserte systemene må plasseres på skjermede lokaliteter med tilgang på dypvann for å unngå problemer med lave temperaturer, giftige alger, forurensninger og overflatesmitte.

Kriteriene for valg av lokalitet er ganske likt et vanlig merdsystem, men anlegget stiller strengere krav til en beskyttet lokalitet. Anlegget bør ligge nær land for tilgang til strøm/eventuelt ferskvann. Noraqua's erfaringer med systemene er at de er betydelig rimeligere å bygge med ca. 50 % lavere investeringskostnader enn et landbasert anlegg (Wedum, 1988).

Ved å benytte en myk duk som oppdrettsenhet er det nødvendig å ha et lite overtrykk innvendig i posen for å sikre utspiling av duken.

Videre er det viktig å sikre tilstrekkelig oppdrift fordi salt dypvann er betydelig tyngre enn brakkvannssjiktet i overflaten. Et lukket sjøbasert system må ha tilgang til dypvann av god kvalitet og ikke vann fra terskelfjorder med risiko for stagnasjon og redusert oksygeninnhold.

Maremørsystemet har vært utviklet og testet siden 1985. Oppdrettsenheten er en PVC-belagt tekstilduk. En mammutpumpe som pumper luft i et stigerør sørger for vanntilførselen. Slam suges ut i bunnen for fortykning. Det er ikke utviklet et fullstendig slambehandlingssystem for dette anlegget. I følge Vadseth (1988) er Maremørsystemet et driftsikkert anlegg som godt tåler grov sjø, sterk vind og isforhold på rimlig beskyttende lokaliteter.

Noraqua's flytende lengdestrømsdam (Ocean River System A/S) er en nyutviklet prototype på 2500 m³ størrelse. Anlegget er et lukket merd-anlegg, som testes ut ved Averøya fiskeoppdrett før det settes i kommersiell produksjon. Forsøkene startet i 1984/85 og fortsatte i 85/86 med et 9 mnd. pilotforsøk med fisk. Kanalen er laget av plastduk og anlegget består av 2 kanaler som ligger parallellt (60 x 14 m), slik at vannet strømmer fra den ene kanalen og over den andre. For å skape tilstrekkelig strøm for selvrensing må vannet resirkuleres.

Friskt vann tas inn fra dypet og inntaket er ca. 1 m³/s. Anlegget samler opp slam, men har pr. idag ikke utstyr for viderebehandling av slammet. Dette føres tilbake til sjøen under kontrollerte betingelser.

To strømsettere med propelldiameter på 2,7 m, én i hver kanal, sørger for vannstrømmen. Noraqua (Wedum pers. med.) mener at både bygging og drift av dette anlegget er mer komplisert enn et landbasert anlegg. Det kan oppstå problemer med både innvendig og utvendig begroing og det er visse praktiske problemer med en oppdeling av kanalen i seksjoner (støttevegger).

3.5 Store flytende plattformer og skipskonstruksjoner med lukkede tanker

I det senere er det kommet forslag om bygging av store plattformenheter og skipsliknende anlegg som kan benytte åpne merder eller lukkede poser/tanker for oppdrett i eksponerte områder. De fleste løsninger befinner seg fremdeles på tegnebordet, men flere er under bygging og planlegging.

Oppdrettsplattformen Seacon ble bygget for oppdrett av sea bream i Middelhavet med åpne merder og ligger i dag ved Formentera i Spania. Seaconsystemet er idag videreutviklet for bruk av tette sirkulære tanker og oppumping av dypvann. Andre systemer har benyttet seg av båtformer, og foreslått å bygge store lektere, som Noratec og Viking Seafood Ltd A/S (Schei,1986), eller katamaran skrog, som Freya 502 (Øyvind Simonsen, pers,.med.). Flere av systemene er konstruert med tanke på fjerning av organisk materiale både ved hjelp av mekaniske og biologiske filtre (Freya 502, Viking Seafood). Alle systemer har foreslått oppsamling av slam for senere deponering.

De ovennevnte systemene er kostbare med anleggsinvesteringer tilsvarende et område som et landbasert anlegg. Fordelen er at de er mobile og flere er bygget for å tåle eksponerte lokaliteter. Kriterier for lokalisering kan sammenliknes med merdanlegg på dypt vann og havmerder på eksponerte lokaliteter. Flere av konseptene er beregnet for utenlandsetablering.

4. ERFARINGER FRA LUKKEDE ANLEGG

4.1 Landbaserte anlegg i Nord-Europa

Enkle landbaserte konstruksjoner på land ved bruk av ferskvann, er den eldste og mest benyttede form for oppdrett i global målestokk. Den er basert på utgraving av jorddammer og en spesiell teknologi er utviklet i Danmark til oppdrett av porsjonsørret.

Også i Norge har ulike typer enkle dammer og kar på land blitt benyttet gjennom en årrekke, men når begrepet landbasert oppdrett benyttes her menes en moderne teknologi som omfatter oppdrett av stor fisk i gjennomstrømmende systemer.

Tre anlegg av denne type er bygget i Norge, Maritech (nå Aquatech Systems A/S) på Averøy, Møre og Romsdal, Helland laks i Rogaland og Midnor Seafood A/S på Hemnskjel, Sør-Trøndelag. Sistnevnte anlegg fungerer også som en forskningsanlegg for SINTEF og Akvaforsk. Alle anlegg er nye og det er en begrenset erfaring fra disse anlegg.

Island har bygget 19 landbaserte anlegg, de fleste av disse er små, basert på matfisk-produksjon av laks, mens Skottland, Orkenøyene og Shetland har 16 anlegg hvorav 11 har vært i drift med laks, tre er under bygging og to er bygget for piggvar. Danmark har også bygget landanlegg for stor laks og ørret.

I det følgende vil noen driftserfaringer fra landbasert/lukkede anlegg bli presentert. Erfaringsgrunnlaget er foreløpig lite, men vi har forsøkt å trekke inn flest mulig forhold i vår vurdering.

4.2 Biologiske og driftstekniske erfaringer fra landbasert/lukket teknologi

Det er fullt mulig å produsere laks av meget god kvalitet i et landbasert anlegg. Forutsetningene er imidlertid forskjellige fra konvensjonell merdteknologi og de viktigste erfaringer blir referert og omtalt.

4.2.1 Vanntilførsel

På Island og i Norge pumpes det opp dypvann, og erfaringene hittil har vist at dødeligheten er svært lav. Det er rapportert om 1-2 % dødelighet ved moderat tetthet (20-40 kg/m³) og ca. 10 % ved høy tetthet (>40

kg/m³). Det er usikkert om dette skyldes mindre smitte eller mindre stress på grunn av et stabilt miljø. Dypvann inneholder generelt mindre partikler og organisk materiale og har færre bakterier. Vanlige merdanlegg vil i langt større grad bli utsatt for smittespredning vannveien. En kjenner heller ikke til rapporter om angrep av lakselus ved pumping av dypvann.

De aller fleste planktonalger holder til i lyssonen og de største konsentrasjoner er registrert i de øvre vannmasser. Store konsentrasjoner av Chrysochromulina ble også registrert ned til 30 m dyp, men konsentrasjonen avtok betydelig på dypere lag. Andre alger har vist samme mønster.

Anleggene i Skottland har bare tilgang på gruntvann, bortsett fra ett anlegg. Derfor er det vanskelig å sammenlikne drift og miljø i norske og islandske anlegg med skotske.

Stabile miljøforhold gir mindre variasjoner og påfører fisken mindre stress. Dette gjør det lettere å beregne tilvekst og produksjonen generelt.

Islandske erfaringer tyder også på færre problemer med tidlig kjønnsmodning.

Ved full gjennomstrømming vil miljøforholdene i et landbasert anlegg generelt bli meget gode. Det er en forutsetning at karene er selvrensende. For å unngå problemer er det viktig at inntak og utløp holdes godt adskilt både med hensyn på lokalitet og dyp, og at inntaket ligger dypere enn utløpet.

4.2.2 Tilvekst

Tilveksten i et landbasert anlegg med temperaturer på 6.5–7.2 °C (Wedum, 1988) sammenlignet med forsøksresultater fra Akvaforsk, er funnet å være lavere for liten fisk, og bedre for større fisk. Etter 12 måneder i sjøen, hadde fisken nådd 1.33 kg mot 1.36 kg (Akvaforsk) og etter 18 måneder, 3.24 kg mot 2.79 kg (Akvaforsk). Også Aquatech's anlegg har bedre vekst enn Akvaforsk's normtall. Dette er et eksempel som ikke skal tillegges for stor betydning, men det viser at en kan oppnå fullt ut tilfredsstillende tilvekst ved oppumping av dypvann og at denne teknologi kan konkurrere med vanlig merddrift. For å oppnå bedre tilvekst på smolten, kan det være aktuelt å ta inn vann fra dyp med høyere temperatur.

4.2.3 Fisketetthet

Fisketetthet er en faktor av stor økonomisk betydning som det hersker til dels stor usikkerhet om. Iceland Salmon er dimensjonert for maksimalt 40 kg/m^3 for større fisk. For mindre fisk er tettheten lavere. Islandske anlegg benytter generelt en normal tetthet på $20\text{-}25 \text{ kg/m}^3$. Skotske anlegg anbefaler en maksimal tetthet på 40 kg/m^3 . Aquacare antyder en maksimal tetthet på 55 kg/m^3 med regnbue-ørret uten problemer i et anlegg på Prince Edward Island, Nova Scotia i Canada. Forsøk på Aquatech's anlegg i små kar har vist at en tetthet på $100\text{-}125 \text{ kg/m}^3$ for laks på 1.7 kg , har gitt tilfredsstillende resultat med hensyn på tilvekst og fisken viste ingen fysiologiske indikasjoner på stress. Storskala forsøk på samme anlegg med oksygenering har vist at en tetthet på over 100 kg/m^3 er akseptabelt og forsvarlig (Michael Smith pers. med).

For beregning av fisketetthet, benyttes nettovolum. En rekke forsøk med yngel og smolt av laksefisk tyder på at ved tilsetning av oksygen kan fisketettheten økes betydelig uten at dette går ut over tilvekst og fiskens velbefinnende. Resultatene må ennå betraktes som veiledende og flere undersøkelser er nødvendig før sikre konklusjoner kan trekkes.

4.3 Kvalitet

Fisk som får anledning til å svømme aktivt vil generelt få en bedre helsestatus, tilvekst, fasong og kvalitet. Dette er blitt bekreftet av en rekke vitenskaplige forsøk og gjennom erfaringer fra vanlig merdriфт og landbaserte anlegg. Både i en sirkulær tank og renner er det lett å skape gode strøm-forhold som gir fisken optimale forhold. Dette er ifølge skotske forskere særlig viktig etter smoltutsetting og i laksens hovedvekstfase. Noraqua bekrefter denne påstand ved drift i landbaserte anlegg og flytende raceway systemer med strømsetter. Andre islandske anlegg har samme erfaring. Den ideelle svømmehastighet syntes å ligge i området $0.5\text{-}1.0$ fiskelengde pr. sekund. Årsaken til en forbedring av tilveksten, syntes bl.a. å være en stimulering av proteinsyntesen (Houlihan and Laurent, 1987). I tillegg ble fisken av bedre kvalitet, med økt muskeltilvekst, en bedre fettfordeling og en høyere andel superior-kvalitet (Baklien, 1988).

4.4 Andre miljøfaktorer

4.4.1 Lys

Skotske erfaringer viser også at lyset er en viktig miljøfaktor som lett kan reguleres i tankanlegg. Laksen foretrekker mørke og den for-deler seg bedre under slike forhold. Lys ser ut til å være en helse-faktor som er grovt underestimert i oppdrettssammenheng. Lys påvirker også laksens kjønnsmodning. Flere norske forskningsprosjekter på lys har vært i gang i de siste 3 år i regi av Havforskningsinstituttet (Matre), Rogalandsforskning og SINTEF.

4.4.2 Fôrforbruk

Det har vært hevdet at fôrforbruket er mindre i landbaserte anlegg enn i merder. Noraqua hevder at fôrfaktoren på Iceland Salmon ligger i området 1.0-1.1. Aquatech Systems på Averøy, mener en faktor på 1.0 er normalt og at de ofte har enda lavere verdier. Beregningen av det totale fôrforbruk i landet viser at det ble brukt i gjennomsnitt 1.91 kg fôr pr. kg. produkt-fisk i 1987 (Minsaas, 1988). Med dagens kunn-skap bør norske fiskeoppdrettere ha en fôrfaktor under 1.5, og stan-dard bør være i området 1.2-1.3. Fiskeoppdretterens Salgslag opplyser at gjennomsnittlig fôrfaktor nå er ca. 1,5 (pers.med.). Korrekt fôring er en prosess som krever nøye opplæring uansett teknologi, men er lettere å kontrollere i en tank enn i en merd. Det benyttes både håndfôring og automater i landbaserte anlegg. Fôrkostnadene utgjør ca. 30 - 40 % av kostnadene.

4.5 Drift

Ved å gå over fra merddrift til et landbasert eller et pumpebasert sjøanlegg, forandres hele driftsopplegget. Derfor er det vanskelig å trekke direkte sammenlikninger. Et anlegg med høye investeringer må drives rasjonelt og krever helt spesifikke driftsrutiner.

- Kontinuerlig slakt hele året. Bruk av en slakteplan som optimali-serer driften.
- Innsetting av smolt/smålaks flere ganger i året.
- Anleggsvolumet må utnyttes maksimalt, gjennom hele året og tilpasses miljøforholdene. Ingen kar eller poser bør stå tomme over lengre perioder.

- Driften nødvendiggjør bruk av produksjons/styrings/økonomiske modeller.

4.6 Tekniske erfaringer

Viktige kriterier ved valg av anleggskonsept er reduksjon av risikofaktorer, optimalisering, forenkling av driften og reduksjon av kostnadene. Erfaringer fra Norge, Island og Skottland er ikke alltid entydige noe som kan skyldes ulike driftsforhold. De teknologiske erfaringene er ennå ufullstendige, men de viktigste kan oppsummeres kort som følgende:

- Selvrensende tanker er et absolutt krav
- Vanntilførsel må være enkel, driftssikker og lett å vedlikeholde. Et kanalsystem er anbefalt av flere - andre fastholder bruk av rør.
- De fleste anlegg benytter sirkulære bassenger eller tilnærmet sirkulær form. Lengdestrømsdammer er et alternativ.
- Betong er hyppigst valgt materiale. Enkelte produsenter benytter ståltanker belagt med Permaglass, epoxy eller glassfiber vegg med epoxybelagt betongbunn.
- De fleste tanker graves ned, dels for å lette adkomst til tanken, dels for avstivning og støtte.
- Tankene er generelt blitt større og dypere. Vanlige dimensjoner er første år - 12-14 m i diameter, andre år 26-40 m. Dyp 3-5 m.
- Det er viktig å vurdere utforming og dimensjon av tank i relasjon til praktisk drift og stell og håndtering.
- På grunn av de store vannmengdene er det i dag praktisk og økonomisk umulig å rense eller desinfisere alt vann tilfedsstillende. Mange anlegg er bygget med tanke på direkte utslipp i resipienten.
- Enkelte hevder at vanntilførsel må baseres på full gjennomstrømming. Oksygenering legges inn for å ta hånd om produksjonstoppen eller for nødhjelp i varme, belastede perioder.

- Erfaringer tyder på at vannbehovet kan reduseres betydelig og erstattes med oksygenering. Tetthet kan økes ytterligere ved oksygenering.
- Energikostnader ved pumping er beregnet til kr 0,30 pr. Kwh. Utgjør 12-13 % av driftskostnadene.
- Alle pumpeystem må legges opp med maksimal sikkerhet (idiot-sikkert). I tillegg til nødaggregat må det innstalles lufte/ oksygeneringssystemer.
- Ved bruk av oksygen (ved nedsatt vanntilførsel) må nødoksygeneringssystemer innstalles i tillegg.
- Alarm må legges inn på vitale deler som pumper, strømforsyning, nødaggregat, oksygenering, vann-nivå.
- Automatiske overvåkingssystem og instrumentering reduseres til et nødvendig minimum. Man bør aldri stole fullt og helt på total automatisk kontroll og overvåking. Det må legges opp til hyppig manuell kontroll og manuelt styrte subsystemer.
- Automatisk utforing er vanlig og arbeids/tidsbesparende. Utforingssystemer må ikke tilkobles overvåking/alarmsystemer.
- Bruk av ventiler/kraner bør reduseres til et minimum.
- Kompetanse og opplæring av personale er en nøkkelfaktor og absolutt nødvendig ved bruk av nye kompliserte teknologiske løsninger.

4.7 Økonomiske erfaringer

Bygging på land er kostbart, men for å kunne sammenlikne kostnader er det nødvendig å kjenne forutsetningene for anlegget, som produksjonskapasitet, driftsrutiner, avskrivninger, lån, renter etc. I en rapport til NTNØ beregnet Aquateam investeringsbehovet til et landbasert anlegg eksklusive tomtekostnader til 13 mill.kr. (Wedum et al., 1987). Et slikt anlegg ble vurdert å kunne produsere minst 380 t. Produksjonskostnadene ble videre beregnet til kr. 32,- pr. kg. fisk i 3dje driftsår, synkende til kr. 25,- i 10 driftsår.

Aquatech Systems, Averøy antyder en pris på 30-40 mill.kr. for et 8000 m³ anlegg med slakte- og produksjonslinje samt et moderne oksygener-

ings- og overvåkingssystem. Produksjonstankene vil stå ute. Et slikt anlegget skal kunne produsere 1000 t/år (Michael Smith pers.med).

Flere produsenter har hevdet at et landbasert anlegg bør være større enn 8000 m³ for å være lønnsomt. Til sammenlikning kan nevnes at Lindalaks på Island skal bygge et anlegg på 22000 m² som skal produsere 1100 t.

Iceland Salmon har beregnet de totale produksjonskostnader til kr. 37,40 pr. kg (første driftsår) (Wedum, 1988). Til sammenlikning kan nevnes at Frode Blakstad STI har behandlet data fra 120 norske matfiskanlegg som ble fulgt i en 3 års-periode. Ved å beregne et gjennomsnitt av de totale kostnadene på et utvalg av 40 gode anlegg kom han fram til en beregnet produksjonspris på kr. 29,73 andre år, synkende til kr. 25,22 fjerde år.

Tallene viser at hvis landbasert teknologi skal kunne konkurrere må kostnadene reduseres, produksjonen effektiviseres og økes.

Landbasert teknologi er dyrt, og sannsynligvis for dyrt i øyeblikket, om vi velger en konservativ løsning med full vanngjennomstrømming uten oksygenering. Hvis derimot Michael Smiths resultater fra Averøy er reproduserbare og sikre, åpner dette helt nye perspektiver, som kan revolusjonere hele bransjen. Høy tetthet og oksygenering vil sette meget store krav både til teknologi, drift og personell. Akvakultur vil da definitivt gå over til å bli en moderne prosessindustri med behov for høyt kvalifisert personell - mange vil kanskje spørre seg om dette er en nødvendighet og en ønsket utvikling.

Pumpebaserte systemer i sjøen representerer en mellomting både teknologisk og økonomisk (jfr. side 11). De fleste krav og beregninger som er skissert ovenfor gjelder også for denne teknologi.

Det praktiske erfaringsmaterialet fra pumpebaserte anlegg i sjøen er begrenset, men det vurderes som meget interessert og lovende. Det er mulig at denne teknologien passer bedre for Norge i en periode med dårlig økonomi, høye renter og skeptiske banker.

5. NØDVENDIGE TILLEGG/ENDRINGER I LENKA-METODEN

5.1 Innledning

Gjennom en vurdering av LENKA-metode nr. 5 Typifisering av sjøområder og en vurdering av nye teknologiers krav, har vi kommet fram til at det er nødvendige å endre LENKA-metoden når typifisering av sjøområder skal gjøres for bruk av lukket teknologi. Disse endringer har mer karakter av å innføre tilleggsvurderinger samt at noen grenseverdier bør forandres.

Det som i første rekke skiller en vurdering av mulighetene for å etablere anlegg basert på bruk av nye teknologier, dvs. lukket anlegg, er at disse krever større grad av vurdering av spesifikke lokaliteter enn lokalisering av tradisjonelle merd-anlegg som LENKA-metoden er basert på. Det er langt lettere å basere en vurdering på bruk av regionale data for tradisjonelle merd-anlegg enn det er for bruk av lukket anlegg. Lukket sjøanlegg kan på mange måter sidestilles med merd-oppdrett, mens lukket landbaserte anlegg krever en egen vurdering. I det følgende er de konkrete endringene i LENKA-metoden satt opp.

Det er viktig å være klar over at et landbasert oppdrettsanlegg ikke kan flyttes. Endres vannkvaliteten i større områder vil det ikke være økonomisk mulig å bygge ny inntaksledning. Dette tilsier at lokaliseringen må gjennomføres meget grundig. Lukkede sjøanlegg kan flyttes på like linje med merder.

Denne beskrivelsen gjelder primært for Skagerrak-kysten. Metoden kan brukes andre steder i landet også, men det betinger at grenseverdiene må endres for det aktuelle området under vurdering.

5.2 Endringer/tillegg ved typifisering - lukket sjøanlegg

Der kriteriene ikke er foreslått endret, så forutsetter vi at LENKA-metoden blir brukt. Beskrivelsen er gjort for lukket sjøanlegg.

5.2.1 Typifisering miljø

• Forurensning

Ingen endringer i forhold til LENKA-metoden.

Lukket anlegg krever god vannkvalitet. For å sikre tilgang på godt vann med optimal temperatur er det forutsatt at inntaksvannet må hentes fra dypet. For å sikre optimal drift av anlegget bør flere dypvannsinntak etableres slik at en kan få tilgang på vann med optimal temperatur hele året. Dypvannsinntaket bør plasseres under den produktive sonen i områder som ikke er påvirket av forurensning.

Det er meget viktig å plassere inntak- og utslippsledning på en slik måte at utslippsvannet aldri kan blande seg med råvannsinntaket. Spesielle beregninger bør utføres for å sikre dette m.h.p. vandyp og lokalisering.

Det er viktig å gjennomføre detaljerte studier av vannkvaliteten i hvert enkelt tilfelle. Det finnes H_2S -lommer som en ved feil lokalisering av inntaket kan hente vann fra.

• Temperatur

Kriteriet brukes ikke i og med at det er forutsatt at sjøvann må tas fra stabile dype vannmasser som vil tilfredsstille kravene til vann-temperatur. Vi har valgt å bruke 50 meters dyp som veiledende dybde. Ved dette dypet vil det ikke oppstå temperaturproblemer og inntaket ligger under produktive sonen. Dypvann vil generelt sett være lite forurenset, og ha et lavt bakterieinnhold og en meget stabil vannkvalitet. Dette avhenger om inntaket ligger over eller under en eventuell terskel. Ligger inntaket under terskeldybden kan problemer oppstå.

Finnes det temperaturdata for dypvannet i LENKA-sonene bør disse presenteres. Temperaturdata vil være sentrale ved lokalisering av lukket anlegg.

• Islegging

Ingen endringer i forhold til LENKA-metoden.

Ved oppumping av dypvann med høyere temperatur, vil området rundt anlegget sannsynligvis ikke fryse til. Vi har likevel ikke valgt å trekke dette inn på dette stadiet. Lukkede anlegg representerer store verdier og derfor bør anlegget lokaliseres på steder hvor problemer med drivis ikke vil oppstå. Mulighetene for at anlegget blir skadet av drivis er også større for lukkede anlegg.

- Eksponering

Ingen endringer i forhold til LENKA-metoden er foreslått i denne omgang.

Lukkede anlegg er imidlertid utsatt for større krefter i sjøen i form av større strøm- og vindpåvirkning. Dette gjør at en må stille strengere krav til en lokalitet sammenlignet med tradisjonelt merd-oppdrett. Lukkede anlegg må tåle minst 2 meters bølgehøyde. Dette kravet er identisk med merd-anlegg.

- Dybdeforhold

Dybdeforhold er ikke et relevant kriterie for lokalisering av lukkede anlegg. Imidlertid vil dybdeforholdene ha betydning for hvor lang inntaks- og utslippsledning som må legges.

For lukkede sjøanlegg må dybden være større enn anleggets dybde. Her foreslås å bruke LENKA-metodens krav på minst 20 meters dyp. Teknisk sett er det ikke noe problem å forankre et anlegg på dypvann både med hensyn til styrke, stabilitet og posisjon.

- Bassenger

LENKA-metoden brukes. Typifiseringen baseres på terskeldybden. Det kreves at terskeldybden er minst 50 meter. Er terskelen høyere, anses området uegnet.

Utslipp av avløpsvann fra lukkede anlegg bør skje over terskeldybden slik at en sikrer en rask uttransport av avfallet.

- Saltholdighet

Kriteriet er ikke relevant ved en overordnet vurdering av lukkede anlegg da saltholdigheten ikke vil variere vesentlig i dypvannet.

5.2.2 Typifisering bruk

- Påvirkning fra bosetting

Ingen endringer i forhold til LENKA-metoden.

- Fritidsbruk

Ingen endringer i forhold til LENKA-metoden.

- Havneutbygging

Ingen endringer i forhold til LENKA-metoden.

- Fiskeriomfang

Ingen endringer i forhold til LENKA-metoden.

- Skipsleier/-trafikk

Ingen endringer i forhold til LENKA-metoden.

- Annen bruk

Ingen endringer i forhold til LENKA-metoden.

5.2.3 Typifisering infrastruktur

- Vegutbygging

Ingen forandringer i forhold til LENKA-metoden.

- Elektrisitet

Ingen forandringer i forhold til LENKA-metoden.

Lukkede sjøanlegg krever imidlertid stabil tilførsel av elektrisitet for å sikre vanntilførselen. Dette innebærer at mulighetene for å føre

fram strøm til sonen må vurderes mer i detalj for lukkede anlegg. Ved typifiseringen må mulighetene for å føre fram elektrisitet tillegges stor vekt.

- Fôrproduksjon/-distribusjon

Ingen forandringer i forhold til LENKA-metoden.

- Mottaksapparat

Ingen forandringer i forhold til LENKA-metoden.

- Helsetjeneste og rettledningstjeneste

Ingen forandringer i forhold til LENKA-metoden.

- Avfallshåndtering/Slambehandling

Ved bruk av lukkede anlegg vil avfallsmengden, dvs. slam som består av forrester og ekskrementer fra fisk, bli stor. Dette innebærer at slammet må deponeres på en forsvarlig måte. Kartlegging av eksisterende fyllplasser og egnede deponeringsområder må derfor tillegges større vekt. I praksis innebærer dette at avfallshåndtering vil bli et sentralt punkt ved typifisering av infrastruktur.

5.2.4 Typifisering spesialområder

- Områder inntil viktige vassdrag for anadrome fiskeslag

Ingen endringer i forhold til LENKA-metoden.

- Naturvern- og friluftsområder

Ingen endringer i forhold til LENKA-metoden.

- Kartlagte gyte- og oppvekstområder

Ingen endringer i forhold til LENKA-metoden.

- Eksisterende oppdrettsanlegg

Ingen endringer i forhold til LENKA-metoden.

- Mottaksanlegg

Ingen endringer i forhold til LENKA-metoden.

- Sjøfugl

Ingen endringer i forhold til LENKA-metoden.

- Andre spesialområder

Ingen endringer i forhold til LENKA-metoden.

5.3 Egnethet for landbaserte anlegg

5.3.1 Innledning

Vi har i dette arbeidet valgt å utarbeide en egen metode for vurdering av et områdes egnethet for landbaserte oppdrettsanlegg. Denne metoden baserer seg ikke på LENKA-metoden for typifisering, selv om en del av de samme vurderingene må gjøres.

Landbaserte anlegg kan på mange måter sammenlignes med etablering av industri som primært stiller krav til infrastruktur og egnede arealer. Oppdrettsanlegg vil i tillegg kreve god tilgang på vann av god kvalitet. Når landbaserte anlegg er bygd, så kan de ikke flyttes. Det eneste reelle alternativet er nedlegging. Derfor må en også vurdere framtidige endringer i vannkvalitet og infrastruktur ved lokaliseringen.

Landbaserte anlegg er sammenlignet med sjøbaserte oppdrettsanlegg i langt sterkere grad løsrevet fra miljøparametre (sjø) og eksisterende bruk av sjøarealene. Miljøparametrene er viktige for å finne inntaksvann av akseptabel kvalitet, men lokaliseringen av anlegget er til en viss grad løsrevet fra dette, forutsatt at det er økonomisk og teknisk mulig å skaffe inntaksvann. Eksisterende bruk av sjøarealene vil ha

liten betydning for etablering av landbaserte oppdrettsanlegg. Landbaserte anlegg legger ikke beslag på sjøarealer med unntak av inntaks- og utslippsledningene. Det kan være aktuelt å etablere visse beskyttelsessoner rundt disse, men dette vil ha svært liten arealmessig betydning. Landbaserte anlegg stiller langt sterkere krav til infrastrukturen enn sjøbaserte anlegg. Det er nødvendig med god vegtilgang, sikker strømtilførsel, tilgang på prosessvann osv.. Dette gjør at infrastrukturen må vurderes i detalj når egnede lokaliteter skal vurderes. Når det gjelder spesialområder kan disse komme i konflikt med landbaserte anlegg. Dette gjelder primært spesialområder på land, men også i forbindelse med utslipp fra anleggene kan konflikter oppstå, for eksempel forurensningsmessige.

5.3.2 Metode for vurdering av egnethet for landbaserte anlegg

I det følgende vil en foreløpig metode for vurdering av egnethet for landbasert matfiskoppdrett bli presentert. Metoden omfatter både en grov vurdering av miljø og landareal.

- Grovvurdering av egnede sjøområder

Vi har i metoden tatt utgangspunkt i at inntaksvannet bør hentes fra dype stabile vannmasser. Veiledende karv til dybde er satt til 50 meters dyp. I allefall bør det dypeste inntaket ligge på dette dypet. For de fleste anleggene vil det være aktuelt å bygge flere inntak på ulike dyp slik at forskjeller i temperatur kan utnyttes.

Grovvurdering av et områdes miljømessige egnethet bør baseres på mulighetene for å skaffe sjøvann av tilfredsstillende kvalitet. Sjøområdene i hver LENKA-sone er inndelt i A-, B- og C-områder. Ved bruk av denne inndelingen vil det være aktuelt å hente inntaksvann fra følgende sjøområder:

- A1: Åpne kystområder med dyp større enn 50 m.
Lengde og terskler kommer ikke i betraktning.
- A2: Store fjorder med:
Lengde større enn 10 km og
Eventuelt terskeldyp større enn 50 m
- B2: Korte fjorder, våger og bukter med:
Lengde mindre enn 10 km
Terskeldyp større enn 50 m
Dybde større enn 50 m

A1-, A2- og B2- områdene finnes og danner utgangspunkt for den videre analysen.

- Forurensning

Disse områdenes forurensningstilstand må vurderes nærmere. Opplysninger innhentet i forbindelse med typifiseringen brukes her. Er området definert som forurenset anses det uaktuelt.

- Vurdering av areal

Når LENKA-områdene (A1, A2 og B2) er identifisert og graden av forurensning er vurdert, blir neste skritt i metoden å se nærmere på om det finnes aktuelle arealer for det enkelte anlegg. Dette innebærer en grov vurdering av enkeltlokaliteter.

En slik grov vurdering bør utføres på følgende måte:

1. Registrering av nedlagte industriområder som kan benyttes. Forutsetter her at infrastrukturen er inntakt.
2. Deretter bør en gjennom kartstudier finne fram til egnede flate områder nær sjøen. Dette gjøres ved en skjønnsmessig vurdering. Arealene bør være ca. 10 daa.
3. For å unngå store pumpehøyder og dermed store kostnader må det settes krav til arealenes høyde over høyeste vannstand. Vi har valgt å bruke en høyde på 1 - 4 meter over høyeste vannstand.
4. Deretter foretas en vurdering av mulighetene for vegtilknytning og strømfråmføring til området. Er det veg og strøm i rimelig nærhet av sjøen (LENKA bruker 1 km. Dette brukes også her) så kan arealer innenfor dette området være aktuelle. Det må legges spesiell vekt på mulighetene for en sikker strømforsyning ved identifisering av aktuelle arealer.
5. Dette antyder om det finnes egnede konfliktfrie areal innenfor en sone som kan benyttes til etablering av landbasert oppdrett. Dette innebærer at den enkelte lokalitet må grovvurderes med henblikk på annen infrastruktur.

- Temperaturmålinger

Når egnede lokaliteter for etablering av landbaserte oppdrettsanlegg er identifisert, vil det være nødvendig å se nærmere på vannkvaliteten ved den enkelte lokalitet. Innenfor LENKA vil det ikke være mulig å gjennomføre vannkvalitetsundersøkelser, men det kan være aktuelt å gjennomføre studier av temperaturforholdene ved den enkelte lokalitet.

Optimal vanntemperatur ved landbasert oppdrett er mellom 8^o og 15^oC. Derfor bør det undersøkes hvor det finnes "varme" dypvannsmasser langs Skagerrak-kysten. Egnede landlokaliteter ved "varme" dypvannsmasser vil være de klart mest aktuelle områdene for etablering av landbaserte oppdrettsanlegg.

- Inntaks- og utslippsledning

For å skaffe vann av god nok og sikker kvalitet er det nødvendig å legge inntaksledningen ned til et visst dyp (veilende krav 50 meter). Utslippsledningen må kunne legges slik at "kortslutninger" mellom inntak og utslipp unngås.

I A-områder er utskiftingsforholdene ansett å være gode. I slike områder vil det være lettere å legge inntaks- og utslippsledning slik at forurensning av inntaksvannet unngås. Undersøkelser må imidlertid gjøres.

I B-områdene er utskiftingsforholdene noe dårligere. Her må det stilles strengere krav til lokalisering av inntaks- og utslippsledning.

I metoden har vi forutsatt av C-områder ikke bør benyttes som inntakssted for driftsvann. Dette gjelder primært Skagerrak-kysten. Hvis det likevel er aktuelt å bruke C-områder er det helt nødvendig å gjennomføre grundige undersøkelser av strømretninger og utskiftingsforhold.

6. LITTERATUR

- Austreng, E., Storebakken, T. og Åsgård, T. 1987. Growth rate estimates for cultured Atlantic salmon and rainbow trout. Aquaculture (60),: 157-160.
- Baklien Å., 1988. Erfaringer fra lukkede sjøanlegg. Landbaserte oppdrettsanlegg og lukkede sjøanlegg. Fra NITO-konferanse 9.-10. mars 1988 (foredrag). 6 s.
- Bergheim, A. & Dahle, A.B. (1986): Vannforbruk i settefiskanlegg II. Norsk Fiskeoppdrett, 3: 34-35.
- Blakstad, F. 1988. Økonomiske fellesnevnerer for store merdanlegg i åpent farvann sammenliknet med tradisjonelt oppdrett. Fiskeoppdrett i åpent farvann. Konferanse NITO-14.-16. juni 1988 (foredrag). 23 s.
- Braaten B.R. og Sætre, R., 1973. Oppdrett av laksefisk i norske kystfarvann. Miljø og anleggstyper. Fiske og Havet Ser.B, 1973(2). 94 s.
- Christie, M., 1987: Flytende raceway - et nytt og bedre oppdrettssystem. Norsk Fiskeoppdrett (5): 33-35.
- Dahl, F.E. og Danielssen, D.S., 1986. Resipientundersøkelser i Arendalsområdet i perioden 1975-1979. Flødevigen meldinger nr. 5-1986.
- Dahl, F.E. og Danielssen, D.S., 1987. Egnethetsundersøkelser for fiskeoppdrett på Skagerrakkysten. Flødevigen meldinger nr. 6-1987.
- Eikebrokk, B., 1986: Rensing av avløpsvann fra landbaserte fiskeoppdrettsanlegg. Fra NITO-konferanse, 9.-10.mars 1986. Landbaserte oppdrettsanlegg og lukkede sjøanlegg. 18 s.
- Forchammer, K., 1988: Resirkuleringsanlegg for ål oppdrett. Fra NITO-konferanse, 9.-10. mars 1988. Landbaserte oppdrettsanlegg og lukkede sjøanlegg. Status, erfaringer og utviklingstrender. 13 s.
- Heerfordt, L., 1987: Afprøvning af triangelfilter. Notat. Dansk Akvakultur Institut ATV (Sag 7670), 10 s.

- Houlihan, D.F. og Laurent, P. 1987. Effects of exercise training on the performance on the rainbow trout (Salmo gairdneri). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 1614-1621.
- Knutzen, J., Green, N. og Lingsten, L., 1986. Forekomst av miljøgifter i norske vassdrag og fjorder. Rapport 1. Hovedrapport. NIVA-rapport 0-85281.
- Liltved, H. og Maroni, K., 1987: Oksygenering av vann i oppdrettsnæringen. Et veiledningshefte utgitt av AGA NORGAS A/S. 26 s.
- Liltved, H., 1988: Utprøving av Unik Hjulfilter for rensing av vann i settefiskanlegg. NIVA rapport 6/88, 31 s.
- Minsaas, J. 1988. Fôrressurser år 2000. FoU innen akvakultur. Fra NIF-konferanse, Trondheim 26.27. sept. 1988 (foredrag). 23 s.
- Mäkinen, T., 1985: Tekniska erfarenheter av reningsåtgärder vid fiskodlingsanläggningar. I.: Akvakultur - miljøproblem. NORDFORSKS 21 nordiska symposium om vatten forskning, OS, 7.-9. mai 1985. 185-196.
- Norsk Institutt for vannforskning, 1988. Invasjon av planktonalgen Chrysochromulina polylepis langs Sør-Norge i mai-juni 1988. Akutte virkninger på organismesamfunn langs kysten. Sammen-dragsrapport. SFT Overvåkingsrapport 328a/88. NIVA-rapport 0-88115.
- Ohren, J.A., 1987: Rensing av avløpsvann fra settefiskanlegg med Algas Microfilter, NIVA rapport VA - 20/87, 39 s.
- Rusten, B., 1988: Utvikling og utprøving av et resirkuleringsanlegg for oppdrett av laksesmolt. Rapport utarbeidet for NTNf (prosjekt 8532). 73 s.
- Schei, I., 1986: Lukkede anlegg, land- og sjøbaserte. Fra NIF-kurs, 2.-4. juni 1986. Akvakultur - Fiskeoppdrett, Trondheim. 19 s.

- Skybakmoen, S., 1988: Miljøkvalitet i oppdrettsenheter. Fra Nito-konferanse 9.-10. mars 1988. Landbaserte oppdrettsanlegg og lukkede sjøanlegg. Status, erfaringer og utviklingstrender. 41 s.
- Sowerbutts, B.J. og Forster, J.R.M., 1981: Gas exchange and reoxygenation. In: Aquaculture in heated effluents and recirculation systems, C. Tiews (ed.). Proceedings of a world symposium by EIFAC and ICES, may 28-30, 1980. Stavanger, Norway. Vol. I: 199-217.
- Tvinnereim, K. og Skybakmoen, S., 1986: Lukket, sirkulært anlegg for fiskeoppdrett. NHL rapport. STF 60 F86120. 17 s.
- Vadseth, R., 1988: Miljøkontrollert oppdrettsanlegg. Maremar-systemet. Fra Nito-konferanse, 9.-10. mars, 1988. Landbaserte oppdrettsanlegg og lukkede sjøanlegg. Status, erfaringer og utviklingstrender. 18 s.
- Wedum, K., Aarset, B. og Paulsrud, B. 1987. Analyser av landbaserte matfiskanlegg for laksefisk. Rapport utarbeidet for NTNf's Havbrukskomité, 68 s.
- Wedum, .K., 1988. Driftserfaringer fra landbaserte anlegg. Landbaserte oppdrettsanlegg og lukkede sjøanlegg. NITO-konferanse 9.-10. mars 1988. (Foredrag).
- Ødegaard, H., 1986: Dimensjoneringsgrunnlag for resirkuleringsanlegg i akvakultur. I: Vannbehandling i akvakultur. Hallvard Ødegaard (red.). Tapir Forlag, 83-99.