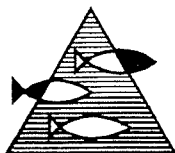


403003682

PROSJEKTRAPPORT

ISSN 0071-5638



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

MILJØ - RESSURS - HAVBRUK

Nordnesparken 2 Postboks 1870 5024 Bergen

Tlf 55 23 85 00 Faks 55 23 85 31

Forskningsstasjonen

Flødevigen

4817 His

Tlf 37 05 90 00

Faks 37 05 90 01

Austevoll

Havbruksstasjon

5392 Storebø

Tlf 56 18 03 42

Faks 56 18 03 98

Matre

Havbruksstasjon

5198 Matredal

Tlf 56 36 60 40

Faks 56 36 61 43

Distribusjon:

ÅPEN

HI-prosjektnr.:

9304.4

Oppdragsgiver(e):

Fiskeridepartementet,
Statens forurensnings-
tilsyn(SFT) og
Norske fiskeoppdretteres
forening (NFF)

(Oppdragsgivers referanse)

Rapport

FISKEN OG HAVET

NR. 5 - 1997

Tittel

MOM - Konsept og revidert utgave av
overvåkningsprogrammet.
1997

Senter:

Havbruk

Seksjon:

Helse og sykdom

Forfatter(e):

Pia Kupka Hansen, Arne Ervik, Jan Aure, Per Johan-
nessen (UiB), Terje Jahnsen (F.dir), Anders Stige-
brandt (Ancylus) og Morten Schaanning (NIVA).

Antall sider, vedlegg inkl.:

55

Dato:

28.04.97

Sammendrag:

MOM er et system som kan brukes til å regulere miljøvirkningene av oppdrettsanlegg etter bæreevnene i området. Systemet består av et standardisert overvåkningsprogram med tilhørende grenseverdier for påvirkning (miljøstandarder), en simuleringsmodell som kan beregne påvirkning og av en prosedyre som binder delene sammen. Rapporten forklarer oppbygging og virkemåte for MOM og inneholder brukerveiledning for en utprøvd og revidert versjon av overvåkningsprogram og miljøstandarder.

Emneord - norsk:

1. Oppdrettsanlegg
2. Miljøvirkning
3. Overvåkning

Emneord - engelsk:

1. Fish farm
2. Environmental impact
3. Monitoring

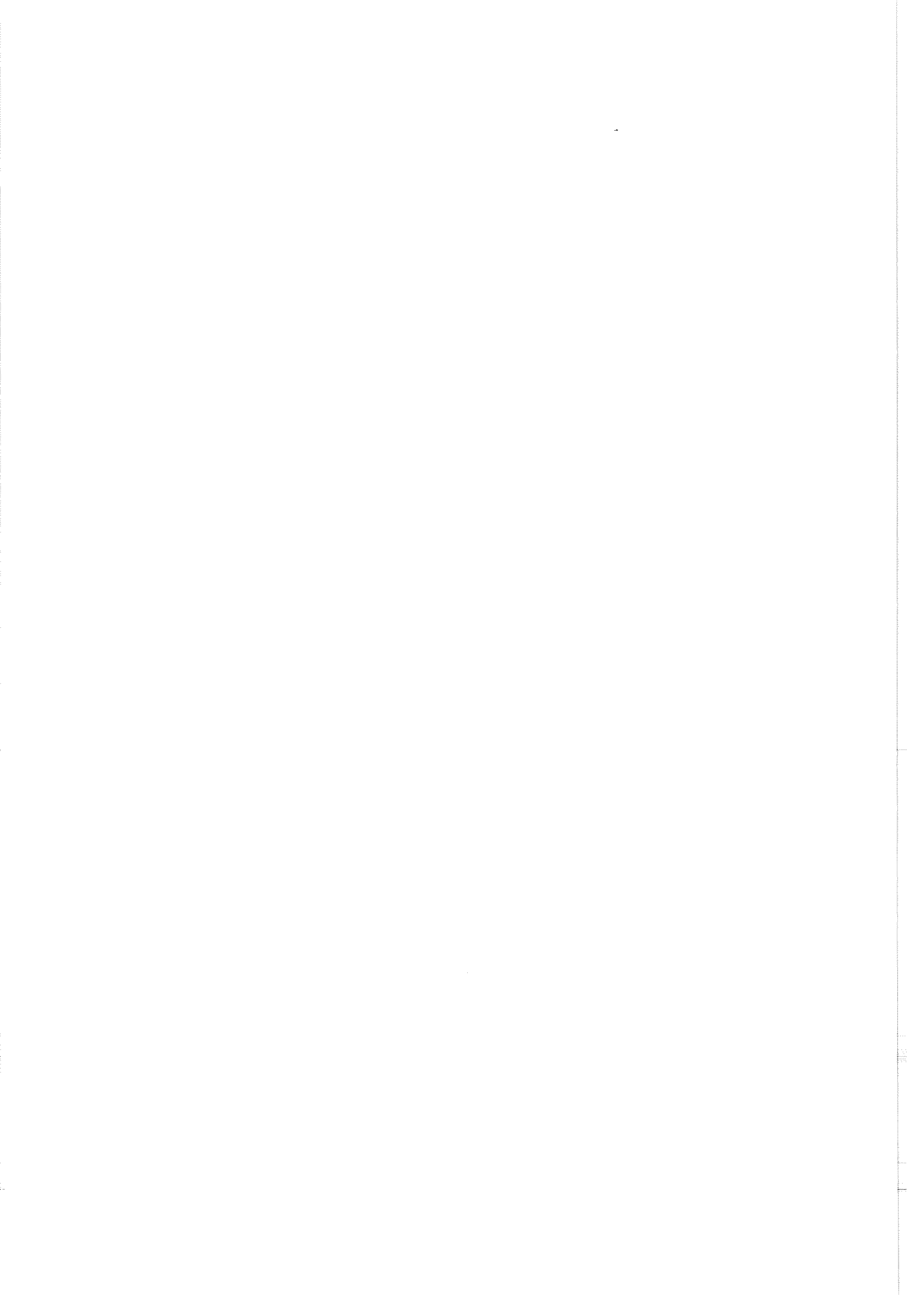
Arne Ervik

Prosjektleder

Johan Gull

Seksjonsleder

4977



MOM

(MATFISKANLEGG - OVERVÅKNING - MODELLERING)

KONSEPT OG REVIDERT UTGAVE AV OVERVÅKNINGSPROGRAMMET 1997

Av

Pia Kupka Hansen

Arne Ervik

Jan Aure

Per Johannessen (Univ. i Bergen)

Terje Jahnsen (Fiskeridirektoratet)

Anders Stigebrandt (Ancylus)

Morten Schaanning (NIVA)



SAMMENDRAG

Rapporten beskriver et system (MOM) som kan brukes til å regulere miljøvirkningene fra marine oppdrettsanlegg, slik at fisken sikres gode levetilstander og slik at unødig miljøpåvirkning unngås. Siste del av rapporten inneholder en brukerveiledning for overvåkningsprogrammet.

MOM bygger på et generelt konsept for regulering av miljøvirkning. Hovedelementene er et prognoseverktøy som beregner miljøvirkningene av et oppdrettsanlegg (**simuleringsmodell**), et kontrollverktøy som undersøker den faktiske påvirkningen (**overvåkningsprogram**) og grenseverdier for tillatt påvirkning (**miljøstandarder**). Disse tre elementene er integrert i ett system, og forkortingen **MOM** står for **M**atfiskanlegg, **O**vervåkning og **M**odellering.

MOM legger til grunn at lokalitetene skal kunne brukes over lang tid uten at påvirkningen blir større enn at gravende bunndyr kan leve under anleggene. Systemet opererer med tre **utnyttelsesgrader** for oppdrettslokaliteter, og for hver utnyttelsesgrad svarer et **overvåkningsnivå**. Dersom tredje utnyttelsesgrad overskrides, er lokaliteten overbelastet.

Overvåkningsprogrammet består av tre typer undersøkelser: A, B og C. A-undersøkelsen er en enkel måling av sedimentasjonsraten under anlegget, og nytter ikke noen miljøstandard. B-undersøkelsen er en kartlegging av sedimenttilstanden under anlegget og nytter egne miljøstandarder utviklet for MOM. Den er justert på grunnlag av utprøvingen ved 31 oppdrettsanlegg. C-undersøkelsen er en bunndyrsundersøkelse langs en gradient fra anlegget og utover i resipienten. Den bruker generelle miljøstandarder for bunndyrsundersøkelser.

MOM skiller mellom nærsone, overgangssone og fjernsone. Påvirkningen er størst i nærsonen der de store partiklene bunnfeller. Her nyttes både A-, B- og C-undersøkelse. Overgangssonen belastes mest av svevepartikler, og påvirkningen er mindre enn nær anlegget. Denne sonen overvåkes med C- og i noen tilfeller B-undersøkelse. Fjernsonen påvirkes mest av oppløste næringssalter, og følsomme deler av den overvåkes med C-undersøkelsen. Fjernsonen inngår ellers i den generelle kystovervåkingen.

Siste delen av rapporten er en brukerveiledning for overvåkningsprogrammet og miljøstandardene. Det er en forutsetning at de som skal utføre B-undersøkelsen har fått godkjent at de har gjennomgått kurs. C-undersøkelsen kan bare gjennomføres av spesialist.

MOM kan inngå som en del av reguleringen av oppdrettsnæringen og kan bidra til å holde miljøpåvirkningen fra oppdrettsanleggene innenfor omforente grenser slik at unødige miljøproblemer kan unngås. Bedret miljø i anleggene kan forbedre produksjonen, og det blir mulig å dokumentere hvilke miljø fisken har levd i.

SUMMARY

This report describes a management system (MOM) which can be used to regulate the environmental effects of marine fish farming, ensure good rearing conditions for the fish and avoid pollution. The latter part of the report contains a manual for the monitoring programme.

MOM is based on a general concept for regulating environmental impact and its main elements are: simulation of impact (model), control of the impact (monitoring programme), and permissible limits for environmental impact (environmental quality standards (EQS)). Two terms link the three elements: the degree of exploitation and the level of monitoring. Through the two terms the monitoring effort is adjusted according to the environmental impact on the site.

MOM is based on agreement that fish farm sites should not deteriorate over time and that the impact must not lead to the extinction of the benthic infauna beneath the farm. The system recognises three degrees of exploitation of a site, each of which is linked to a level of monitoring. If the third degree of exploitation is exceeded the site is being overexploited.

The monitoring programme consists of three types of investigation: A, B and C. The A-investigation is a simple sedimentation measurement beneath the net pens. The B-investigation is a characterisation of the sediment conditions beneath the fish farm, and a set of EQS has been set in MOM. The C-investigation is a sediment fauna study, and general EQS for infauna investigations are used.

MOM distinguishes between three zones of impact around a fish farm: the local, the intermediate and the regional impact zones. The environmental impact is largest in the local impact zone where the larger particles settle. Here both the A-, the B- and the C-investigations are used. In the intermediate impact zone the impact is less and primarily due to the sedimentation of smaller particles. This zone is monitored by the B- and C-investigations. In the regional impact zone the more sensitive areas are monitored by the C-investigation.

The latter part of this report is a manual for the monitoring programme including EQS. It is essential that the persons who perform the B-investigation should have experience of sediment investigations. The C-investigation can only be performed by specialists.

MOM may be part of the scheme for regulating marine fish farming. The system is intended to keep the environmental impact from fish farming within agreed limits and avoid detrimental effects. Improved environmental conditions may increase fish production, and documentation of rearing conditions can be provided.

FORORD

MOM (Matfiskanlegg - Overvåkning - Modellering) er et system som kan brukes til å regulere miljøvirkningene fra marine oppdrettsanlegg etter bæreevnen på lokaliteten. Systemet er utviklet på oppdrag fra Fiskeridepartementet og SFT, og kan inngå som en del av reguleringen av oppdrettsnæringen.

Foruten Havforskningsinstituttet har Universitetet i Bergen, Ancylus i Göteborg og Fiskeridirektoratet deltatt i utviklingen av MOM. Norsk institutt for vannforskning har utviklet gruppe 2 parametrene (pH og redokspotensial (Eh)) i B-undersøkelsen.

Rapporten inneholder en innføring i MOM, samt en mer omfattende brukerveiledning for overvåkningsprogrammet med tilhørende miljøstandarder. Det er en forutsetning at de som skal bruke B-undersøkelsen og simuleringsmodellen skal ha godkjent gjennomføring av opplæringskurs.

Den foreliggende rapporten erstatter de tidligere rapportene "MOM. Et system for regulering av miljøvirkninger fra oppdrettsanlegg" Havforskningsinstituttet, Rapport fra Senter for havbruk 1993 nr 23, og "Brukerveiledning og miljøstandarder for overvåkningsprogram i oppdrett", Fisken og Havet nr 12, 1993. Rapporten "Modell for kritisk organisk belastning under fiskeoppdrettsanlegg", Fisken og Havet nr 26 1995, som beskriver modellen for beregning av bæreevnen på en lokalitet, gjelder fortsatt.

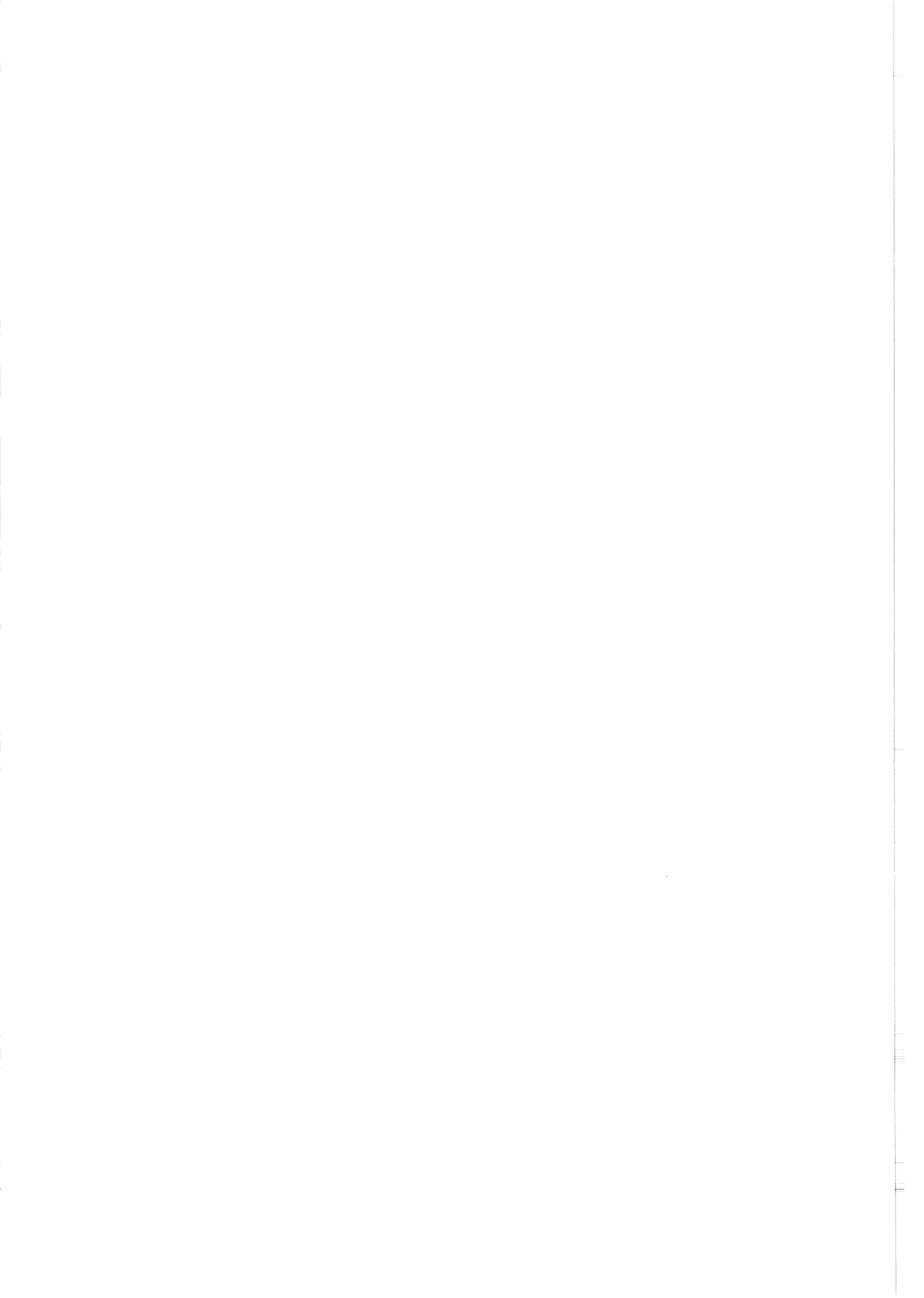
I 1996 ble B-undersøkelsen i overvåkningsprogrammet testet ut ved 31 anlegg i Sør-, Midt- og Nord-Norge, og justert på grunnlag av de erfaringene som ble gjort.

Norsk almenstandardisering (NAS) arbeider med å lage en norsk standard av overvåkningsprogrammet og miljøstandardene i MOM. NAS har også initiert en standardisering av undersøkelse av bløtbunnsfauna. C-undersøkelsen vil bli justert i samsvar med denne standarden når den foreligger høsten 1997.

MOM vil generere mye data gjennom overvåkningsprogrammet. Disse dataene gir grunnlag for forbedringer, og en tar sikte på å revidere overvåkningsprogrammet og miljøstandardene innen utgangen av 1999.

INNHold

| | | |
|--|------|----|
| Innledning | side | 9 |
| Beskrivelse av MOM | " | 10 |
| Overvåkningsprogram | " | 11 |
| Modell | " | 15 |
| Bruk av MOM | " | 17 |
| Soneinndeling | " | 18 |
| Utprøving av B-undersøkelsen | " | 18 |
| Brukerveiledning for overvåkningsprogrammet: | " | 23 |
| A-undersøkelsen | " | 25 |
| B-undersøkelsen | " | 27 |
| Undersøkelse av gruppe 3 parametre | " | 30 |
| Undersøkelse av gruppe 2 parametre | " | 30 |
| Undersøkelse av gruppe 1 parameter | " | 32 |
| Vurdering av resultatene | " | 32 |
| C-undersøkelsen | " | 35 |
| Litteraturliste | " | 39 |
| | | |
| Vedlegg 1 - pH- og redoks (Eh) målinger | | |
| Kalibrering og måling av pH | " | 43 |
| Teori for redoksmålinger | " | 44 |
| Måling av redokspotensial | " | 45 |
| Vedlegg 2 - Skjemaer og diagrammer | | |
| Skjema for prøvetakingssted | " | 49 |
| Skjema for kjerneprøver | " | 50 |
| Skjema for pH- og Eh-målinger | " | 51 |
| Skjema for grabbprøver | " | 52 |
| Poengavlesning for pH/Eh | " | 53 |
| Diagram 1 (gruppe 2 parametre (pH/Eh)) | " | 54 |
| Diagram 2 (gruppe 3 parametre) | " | 55 |



INNLEDNING

De overordnede miljømålene for havbruksnæringen er å sikre fisken gode miljøforhold slik at grunnlaget legges for god vekst og helse, samt å unngå at anleggene påvirker miljøet unødvendig, eller at oppdrettsvirksomheten skader naturen på annen måte. Vi må derfor sette grenser som sikrer både fisken og omgivelsene, og vi må ha rammebetingelser og virkemidler som hjelper oss å holde påvirkningen innenfor disse grensene.

Problemområdene innen havbruk er størst innen sykdom, rømming, kjemikalier, legemidler og organisk stoff, som er utslipp av spillfôr og ekskrementer (Miljømål for norsk havbruk, 1993, Resultatrapport, 1994 og 1995). Problemområdene må imidlertid ses i sammenheng, og overbelastning av lokalitetene og opphoping av fôrrester og ekskrementer kan være en bakenforliggende årsak til mistriksel og dårlig vekst med etterfølgende sykdom, spredning av smittestoffer og bruk av legemidler.

Organisk stoff kan dermed ha betydning for flere typer miljøpåvirkning. Effekten er imidlertid størst på bunnen under anleggene. MOM legger derfor hovedvekten på bunnpåvirkningen av organisk stoff. Dersom andre påvirkningstyper får økt betydning i framtiden, er det fullt mulig å integrere disse i MOM uten å endre konseptet som systemet bygger på.

Grenseverdiene for miljøpåvirkning er fastsatt ut fra kravet om at lokalitetene skal kunne brukes over lang tid uten at påvirkningen blir større enn at gravende bunndyr kan leve under anlegget. I tillegg kan det bli aktuelt å angi maksimumskonsentrasjoner av kjemikalier som antigroemidler eller legemidler i sedimentene.

Den gjentatte og systematiske overvåkingen i MOM gir godt kjennskap til endringer i sedimenttilstanden både nær anlegget og regionalt. En kan da følge miljøpåvirkningen fortløpende og korrigere utviklingen dersom den går i uønsket retning.

MOM kan inngå i rammebetingelsene for oppdrettsnæringen og bli et hjelpemiddel i kystzoneplanlegging. Systemet vil gi nye muligheter til å undersøke sammenhengene mellom miljø og vekst/helse fordi det gir opplysninger om miljøforholdene i alle våre oppdrettsanlegg. Opplysningene kan også brukes til å dokumentere hvilke miljøforhold fisken er produsert under.

BESKRIVELSE AV MOM

I forbindelse med MOM er det utviklet et generelt konsept for regulering av miljøpåvirkning. Systemet er altså ikke begrenset til fiskeoppdrett, men kan nyttes i tilfeller der det er en direkte sammenheng mellom dose og respons. Hovedelementene i konseptet er:

- **Det er selve miljøeffekten som reguleres, ikke bare mengden utslipp.**
- **Hovedelementene i en styringsprosess er integrert i en enhet:**
 - * **prognoseredskap (simuleringsmodell).**
 - * **kontrollverktøy (overvåkningsprogram).**
 - * **grenseverdier for miljøpåvirkning (miljøstandarder).**
- **Overvåkingen avpasses etter påvirkningen.**
- **Systemet er bygd opp av moduler som kan skiftes ut når ny kunnskap eller nye bestemmelser gjør det ønskelig.**

Følgende elementer og begreper er sentrale i MOM:

- **Bæreevne** - angir hvor stor produksjon man kan ha per arealenhet overflate på en gitt lokalitet uten at påvirkningen overskrider fastsatte grenseverdier (miljøstandarder).
- **Overvåkningsprogram** - rutinemålinger av parametre som beskriver miljøvirkningene av et oppdrettsanlegg. Overvåkningsprogrammet består av tre

typer undersøkelser, A, B og C, hvor den første er ganske enkel og den siste omfattende.

- **Grenseverdier** - en gruppe maksimums- eller minimumsverdier for parametrene i overvåkningsprogrammet som skiller mellom ulike påvirkningsgrader.
- **Simuleringsmodell** - en matematisk beskrivelse av forholdet mellom utslipp fra et anlegg og påvirkningen på lokaliteten og som kan brukes til å beregne (simulere, modellere) påvirkningen.
- **Utnyttelsesgrad** - angir hvor stor påvirkningen er i forhold til bæreevnen. Til hver utnyttelsesgrad hører et tilsvarende overvåkningsnivå.
- **Overvåkningsnivå** - angir hvor omfattende overvåking som er nødvendig for å sikre at grenseverdiene ikke overskrides.

MOM skiller mellom tre utnyttelsesgrader. Dersom et lokalitet ligger i utnyttelsesgrad 1, er påvirkningen av anlegget liten i forhold til bæreevnen, faren for forurensning er liten, og det er tilstrekkelig med en enkel overvåking. Ved utnyttelsesgrad 2 er påvirkningen større, men fortsatt moderat og overvåkingen er noe mer omfattende. Ved utnyttelsesgrad 3 ligger påvirkningen opp mot grensen for det som aksepteres, og det er nødvendig med en grundigere overvåking. Overskrides grensen for tredje utnyttelsesgrad, er påvirkningen uakseptabelt stor og lokaliteten er overbelastet.

OVERVÅKNINGSPROGRAM

Overvåkningsprogrammet omfatter forholdene i sedimentet under og rundt fiskeoppdrettsanlegg, og skal kunne avdekke endringer som skyldes økt organisk belastning. Slik belastning endrer de kjemiske forholdene i sedimentet og påvirker mengde og type bunnlevende dyr. Som nevnt i forrige kapittel er overvåkningsinnsatsen avpasset etter hvor stor sannsynligheten er for påvirkning.

Hvor hyppig de enkelte undersøkelsene utføres avhenger av overvåkningsnivået (Tabell 1). På selve lokaliteten består overvåkingen av A- og B-undersøkelsen, så disse er koblet og er alltid i samme overvåkningsnivå. Imidlertid kan utnyttelsesgraden

av lokaliteten være forskjellig fra recipienten, og C-undersøkelsen kan dermed ligge i et annet overvåkningsnivå enn A- og B-undersøkelsen.

Tabell 1 Sammenheng mellom utnyttelsesgrad (UTN) og overvåkningsnivå (OVN) og hyppighet av gjennomføring av A-, B- og C-undersøkelsene. (*The frequency of performing the A, B and C investigations of the monitoring programme for each degree of exploitation (UTN) and level of monitoring (OVN).*)

| | | Type undersøkelse | | |
|-------|-------|-------------------|----------------------------------|-------------|
| | | A | B | C |
| UTN 1 | OVN 1 | hver 3. måned | hvert 2. år | hvert 8. år |
| UTN 2 | OVN 2 | hver 2. måned | hvert år | hvert 5. år |
| UTN 3 | OVN 3 | hver måned | 2 ganger per år (vår og høst) | hvert 2. år |

A-undersøkelsen

Består av en måling av sedimentasjonsraten ved bunnen under et anlegg. Undersøkelsen er relativt enkel å utføre, men beheftet med en del usikkerhet. Målt over tid kan den likevel gi opplysning om hvor mye som bunnfeller under anlegget og en viss informasjon om overføring. For A-undersøkelsen brukes det ikke miljøstandarder, men etter som oppdretteren vinner erfaring, kan han sammenligne sedimentering under de ulike delene av anlegget og fra år til år.

B-undersøkelsen

Gir en enkel beskrivelse av sedimenttilstanden. Informasjonsmengden er langt høyere enn i A-undersøkelsen. B-undersøkelsen er likevel en hurtig kontroll av sedimenttilstanden og ikke en grundig undersøkelse eller beskrivelse. Undersøkelsen er mest følsom i områder der belastningen er middels til høy. For å trekke inn mest mulig informasjon og få en sikrest mulig vurdering av sedimenttilstanden, brukes det i

MOM tre grupper av parametre som er nærmere forklart nedenfor. Det er utarbeidet egne miljøstandarder for denne undersøkelsen.

Gruppe 1 parameteren omfatter forekomst eller fravær av bunndyr. Hvis et sediment blir sterk påvirket av organisk stoff, vil bunndyrsamfunnet endre seg og dyrene vil til sist forsvinne. Ved å sikte sediment, kan det rimelig lett konstateres om det inneholder bunndyr eller ikke. Denne undersøkelsen skiller kun mellom akseptable og uakseptable forhold. Men det arbeides med å inkludere en identifisering av enkelte lett gjenkjennelige dyregrupper som kan vise hvor mye påvirket sedimentet er

Gruppe 2 parametrene omfatter to kvantitative kjemiske parametre, pH og redokspotensial (Eh). Når et sediment belastes med organisk stoff, endres både redokspotensialet og pH som en funksjon av nedbrytningsprosessene. Redokspotensialet beskriver best endringen fra nedbrytning med oksygen til anoksisk nedbrytning, særlig med sulfat. Endringene i pH er særlig beskrivende når sedimentet er sterkt påvirket og det dannes metan. Grunnlaget for å benytte disse parametre er undersøkelser av pH og redokspotensial i sedimenter under oppdrettsanlegg (Schaanning 1991, Schaanning og Dragesund 1993). Undersøkelsene viste en sammenheng mellom de to parametrene i oppdrettssedimenter og at verdiene lå innen gitte intervall. Ut fra måling av de to parametrene er det derfor mulig å plassere et sediment i et koordinatsystem og finne hvor påvirket det er. For at systemet skulle passe inn i MOM, ble intervallet delt i forskjellige påvirkningsgrader som ble gitt poeng slik at sedimenttilstanden kan fastsettes.

Gruppe 3 parametrene utgjøres av en gruppe av kvalitative variabler som endrer seg når et sediment belastes med økende mengder organisk materiale. Disse variablene har inngått som visuelle observasjoner i mange sedimentundersøkelser og består av gassbobler, slamtykkelse, farge, lukt og konsistens. Gassbobler i oppdrettssediment består primært av metan og karbondioksid som dannes når organisk stoff brytes ned uten tilgang på oksygen og indikerer sterk påvirkning. Slamtykkelsen (avsetning av fôr og fekalier) kan måles og gir en indikasjon på akkumuleringen av organisk stoff. Mykt eller løst sediment indikerer også at det foregår en akkumulering. Sedimentets

farge endrer seg med økt organisk belastning, og sterkt belastede sedimenter er enten farget sorte grunnet utfelling av jernsulfid, eller brune fordi de inneholder mye organisk stoff. Hvis et sediment lukter, skyldes det enten hydrogensulfid som lett kan kjennes igjen med litt øvelse, eller det er en egen "fôrlukt" som er karakteristisk for oppdrettsedimenter. Gruppe 3 parametrene gir vesentlig informasjon, men kunne tidligere ikke kvantifiseres. Ved å nytte en poengskala er det gjennom MOM introdusert et kvantitativt element slik at parametrene kan uttrykke sedimenttilstanden. Poengene er satt på bakgrunn av tidligere erfaring med oppdrettsedimenter. Det bygger på den antagelse at endringer i parametrene kan uttrykkes på en skala, og at disse endringene vil følge endringen i pH og redokspotensial i sedimentet. Et av målene med utprøvingen var nettopp å undersøke dette samsvaret mellom gruppe 2 og gruppe 3 parametrene. Alle parametrene i gruppe 3 blir vurdert samlet for å gjøre vurderingen mer robust, slik at eventuelle avvik i en enkelt parameter ikke får stor innflytelse.

C-undersøkelsen

Et studie av faunasammensetningen i sedimentet. Bunnfaunaen er følsom for organisk belastning og strukturen i bunndyrssamfunnet gir et godt inntrykk av belastningen (Pearson og Rosenberg, 1978). Undersøkelse av bunndyr har derfor vært hovedmetoden i forbindelse overvåkning av utslipp av organisk stoff, herunder også fiskeoppdrett. C-undersøkelsen skal fange opp langtidsendringer omkring oppdrettsanlegg og utover i resipienten. Undersøkelsen er mest følsom for lav til middels belastning. På nye lokaliteter gjennomføres det en C-undersøkelse som referanseundersøkelse før anlegget kommer i drift. I resipienten nyttes de generelle miljøstandardene som er utarbeidet for SFT: "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Artsmangfold for bløtbunnsfauna" (Rygg og Thelín 1993). Nær anleggene (nærsone og overgangssone) nyttes egne standarder som er utarbeidet for MOM.

MODELL

For bruk i MOM er utviklet en modell som er sammensatt av flere delmodeller. Denne har to hoved anvendelser: å beregne miljøpåvirkningen av et gitt oppdrettsanlegg på en lokalitet og resipient, og å beregne hvordan et anlegg kan drives uten at lokaliteten og resipienten blir overbelastet.

Belastningsmodell

Modell for beregning av kritisk organisk belastning under fiskeoppsdretts-anlegg. Modellen er nyutviklet under MOM og beregner maksimal fiskeproduksjon som tillater levende bunndyr under oppdrettsanlegg på en gitt lokalitet (bæreevne). Beregningene bygger på to underliggende modeller for spredning sedimentering av fôrspill og fekalier og oksygentransport til sedimentene under anleggene (Stigebrandt og Aure, 1995).

Modellen er lagt inn i et dataprogram (PC-DOS). Bunnens bæreevne m.h.t. karbon beregnes som en funksjon av bunnstrøm og oksygeninnhold i bunnvannet. Én av modulene beregner spredning av organisk materiale fra anlegget, som en funksjon av dybde, strøm, synkehastighet for organisk materiale og selve anleggets utforming. Med utgangspunkt i fôrfaktor og forannevnte simulerte bæreevne foretar programmet en «kvalifisert gjetning» angående fiskemengden som årlig kan produseres under forutsetning av at bunndyr fortsatt skal kunne leve under anlegget. Simuleringene kan utføres for forskjellige merdavstander og for anlegg plassert i h.h.v. en, to og tre rekker. Modellen er fortsatt under utvikling, men ser allerede nå ut til å gi realistiske resultater. Dens største nytteverdi i sin nåværende form vil trolig være mulighetene til å beregne de relative endringer m.h.p. bæreevne ved sammenligning av lokalitetsalternativer. Dette enten ved behandling av konkrete søknader eller i arbeid med kystsoneplaner.

Modellen finnes også i en Windows-versjon, utviklet av Terje Jahnsen ved Fiskeridirektoratet, som inneholder en modifisert- og i noen grad forenklet utgave av

MS-DOS-versjonen. Anleggets utforming er eksempelvis låst til 12.000 m³ i to rekker. På den annen side er programmet mer brukervennlig i det endringer som følge av endrede «input-parametre» vises direkte på skjermen.

Windows versjonen inneholder i tillegg følgende moduler:

- Beregning av utslipp av fosfor og nitrogen fra fisk i oppdrettsanlegg med utgangspunkt i forets sammensetning, fiskens absorpsjon og retensjonsverdier for aktuelle komponenter. Beregningene er basert på tilgjengelig informasjon. Foruten utslipp beregnes også den laveste teoretisk mulige förfaktor. Både förfaktor og utslipp av næringssalter er dramatisk redusert de senere år som følge av endringer i fiskeföret.
- Tilvekst for laks og örret ved ulike temperaturer og fiskestörrelser. Modellen baserer seg på resultater fra et prosjekt i regi av Akvaforsk og Nutreco, hvor varmesummen (DGR) i tillegg til miljøfaktorer/genetiske forhold (VF3-faktor) inngår som parametre (Holmefjord et al. 1994).
- Bølgemodell. Enkel modell for beregning av bølgehöyde ved ulike vindhastigheter, ströklengder og strökbredde.

Fjordmodell.

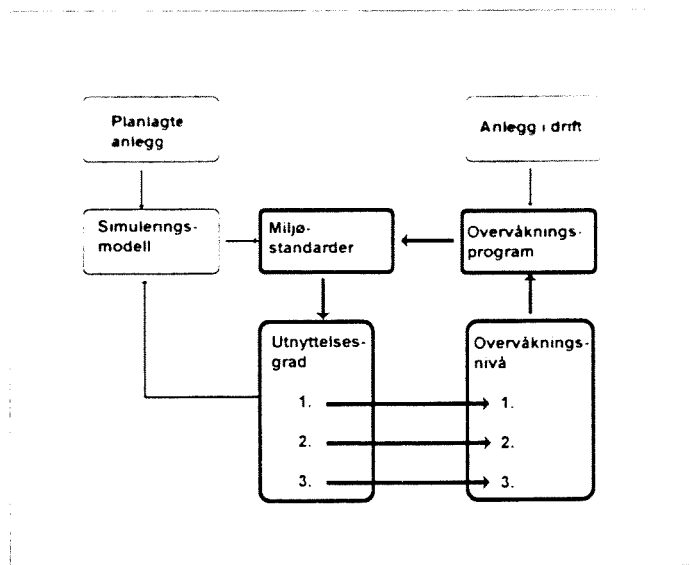
Beregner bæreevnen m.h.p fiskeoppdrett i fjorder og terskelbasseng, og er basert på Aure og Stigebrandt (1989). En rekke parametre angående fjorden (volum, terskeldyp m.m.) og vannmassene må være kjent før beregningene kan foretas. Utover i PC-DOS finnes modellen også i en Windows versjon som er koblet til Windows versjonen av modellen for beregning av kritisk organisk belastning.

Vannkvalitetsmodell

Modell for beregning av vannkvalitet i fiskeoppdrettsanlegg. Modellen er videreutviklet under MOM ut fra en modell presentert av Stigebrandt (1986). Modellen beregnes ferdig videreutviklet og lagt inn i et dataprogram i løpet av sommeren 1997.

BRUK AV MOM

Anlegg som er i drift føres inn i MOM-regimet ved at det gjennomføres en B-undersøkelse. Resultatene vurderes i forhold til miljøstandardene, og utnyttelsesgraden og overvåkningsnivået fastsettes (Figur 1). Anlegget befinner seg i dette overvåkningsnivået inntil seinere undersøkelser eventuelt fører det over i et annet.



Figur 1 Oversikt over virkemåten for MOM. Utnyttelsesgraden fastsettes først på grunnlag av innledende undersøkelser eller simulering, og justeres seinere på grunnlag av resultatene fra overvåkingen. *(The application of MOM. The degree of exploitation is initially determined by a baseline investigation or a model simulation and will be adjusted later according to the results of the monitoring.)*

Denne fortløpende vekslingen mellom undersøkelse, vurdering og fastsetting av videre undersøkelse er ryggraden i MOM, og i figuren er denne "sløyfen" markert med tykk strek. Dersom oppdretteren finner det nødvendig å gå over i et annet overvåkningsnivå eller å forandre på driftsopplegget eller produksjonen, kan han bruke modellen til å simulere miljøpåvirkningen av endringene.

For nye anlegg simuleres påvirkning, og utnyttelsesgraden og overvåkningsnivået for de første undersøkelsene fastsettes. Seinere vurderes overvåkningsnivået fortløpende på grunnlag av foregående B- og C-undersøkelse slik som forklart ovenfor.

SONEINDELING

Utslippene fra et oppdrettsanlegg består av store partikler (spillfôr og intakte fekalier), svevepartikler (fôrstøv og knuste fekalier) og oppløste stoffer (næringsstoffer, organiske stoffer etc.) Disse utslippene har forskjellig spredningspotensiale, og påvirker vannmassene og bunnen i ulik avstand fra anlegget. Rundt et oppdrettsanlegg danner det seg derfor soner som påvirkes forskjellig (Tabell 2). Tabellen gir opplysninger om dominerende påvirkningskilde og potensiell påvirkning, hvilke undersøkelser som inngår i overvåkingen og hvilke miljøstandarder som kommer til anvendelse.

UTPRØVING AV B-UNDERSØKELSEN

I 1996 ble B-undersøkelsen prøvd ut ved 31 anlegg fordelt på Vest-Agder, Hordaland, Nord-Trøndelag og Nordland. To personer fra hver region, tilknyttet hhv. Fiskerisjefen og Fylkesmannens miljøvernavdeling, gjennomgikk kurs og var med på utprøvingen. Utprøvingen hadde tre mål: å vurdere om man ved et mindre kurs kunne lære å utføre B-undersøkelsen, å prøve ut utstyr og feltprosedyrer, samt å sammenlikne resultatene fra de tre parametergruppene i undersøkelsen. De tilpassinger som ble foretatt på grunnlag av utprøvingen er inkludert i den foreliggende manualen for B-undersøkelsen.

Anleggene ble valgt ut slik at de dekket ulike typer lokaliteter og resipienter. De er derfor ikke nødvendigvis representative for flertallet av norske oppdrettsanlegg. Av de 31 undersøkte anleggene lå 3 i åpne fjordmunninger, 19 lå på middels eksponerte fjordlokaliteter, 4 lå i sund, 1 lå mellom småøyer, 3 lå i terskelområder og 1 lå i en fjordbunn. Dybden varierte fra 20 til 120 meter. Strømmen ble ikke målt. Anleggene omfattet både kompaktanlegg og frittliggende merder. Det som produserte minst slaktet ut 180 tonn fisk 1995, det største 1330 tonn.

Tabell 2. Oversikt over soneinndelingen i MOM. Tabellen beskriver videre påvirkningskilde og potensiell påvirkning, samt hvilke undersøkelser som inngår i overvåkningen og hvilke typer miljøstandarder som anvendes. *(A overview of the three impact zones around a fish farm with a description of the potential environmental impact and the types of monitoring and EQS employed)*

| | Nærsonen | Overgangssonen | Fjernsonen |
|------------------------------|--|--|---|
| Definisjon | Område under og nær anlegget der storparten av spillfôret sedimenterer. Nærsonen strekker seg normalt fra 5 til 15 m fra anlegget. | Området utenfor nærsonen der bunnen i hovedsak belastes av svevepartikler (fôrstøv og rester av fekalier) og av stoff som virvles opp under anlegget. Utbredelsen av overgangssonen varierer med strøm, dyp og bunnform, men den vil normalt ikke strekke seg lenger enn 100 - 150 m utenfor nærsonen. | Området uten for overgangssonen. |
| Påvirkningskilde | Miljøforholdene er totalt dominert av oppdrettsanlegget. | Oppdrettsanlegget er hovedpåvirker, men andre påvirkere kan ha betydning. | Oppdrettsanlegg er blant mange påvirkere. |
| Potensiell påvirkning | Store kjemiske (organisk innhold, pH, Eh) og biologiske endringer (bakterier, fauna) i bunnen, reduserte oksygen- og forhøyede ammoniummengder i vannet. | Mindre endringer i kjemiske (pH, Eh) og biologiske (faunastruktur) i bunnen. | Økt primærproduksjon og økt oksygenforbruk i dypvannet. Virkningen av dette er resipientavhengig. |
| Overvåkning | A-, B- og C-undersøkelse. | C-undersøkelse. | C-undersøkelse samt generell kyst overvåkning, inkl. måling av oksygen. |
| Miljøstandarder | A-undersøkelse - ingen. B-undersøkelse - MOM. C-undersøkelse - modifisert SFT "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, artsmangfold for bløtbunnsfauna". | SFT "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, artsmangfold for bløtbunnsfauna" | SFI "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, artsmangfold for bløtbunnsfauna". |

Et flertall av anleggene lå over hardbunn eller fast sand der kjerneheter ikke kunne anvendes. Ved 25 anlegg ble alle prøvene tatt med grabb, ved 5 ble alle tatt med kjerneheter og ved ett anlegg ble det brukt både grabb og kjerneheter. Av de 31 undersøkte anleggene endte 19 i overvåkningsnivå (tilstand 1), 7 i overvåkningsnivå 2 (tilstand 2) og ingen i overvåkningsnivå 3. Ved 5 anlegg var forholdene uakseptable.

De tre anleggene som lå i relativt små terskelområder hadde alle uakseptable forhold. I tillegg lå to anlegg med uakseptable forhold i fjorder. Resultatene synes ikke å indikere noen sammenheng mellom påvirkning og bunntype eller dyp. Det ble heller ikke påvist noen klar sammenheng mellom påvirkning og produksjon.

B-undersøkelsen ble opprinnelig laget for prøver tatt med kjerneheter der man får opp et relativt uforstyrret sediment. Utprøvingen viste at mange av oppdrettsanleggene lå over bunn der det ikke er mulig å få opp kjerneprøver (sand, stein, fjell). Ved slike anlegg må prøvene tas med håndgrabb, og med en god grabb fungerer dette godt.

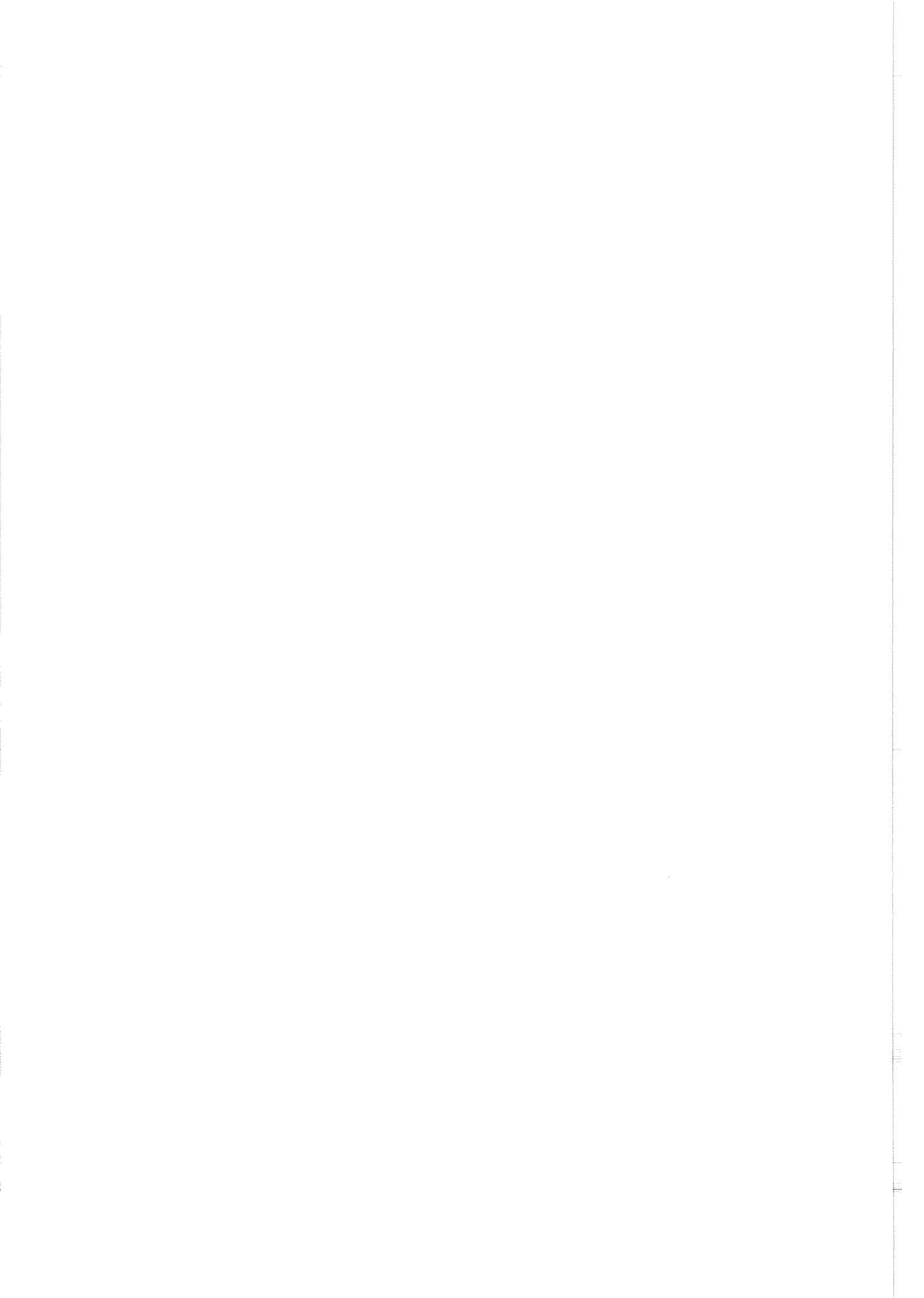
Det viste seg under utprøvingen at en art børstemakk (*Malacoceros fuliginosus*) kunne leve selv i sterkt påvirkede sedimenter. Denne arten, som er relativt lett å kjenne igjen, lever trolig både i og over sedimentet og unnslipper dermed de dårlige forholdene. Den lever dermed ikke bare nede i sedimentet, og kan følgelig ikke brukes som indikasjon på at fauna er tilstede i sedimentet.

Undersøkelse av pH og Eh er utviklet for kjerneprøver. Prosedyrer for målingene fungerte bra, dersom det fantes et sted på eller nær anlegget hvor man kunne stå, helst under tak. Når anleggene bestod av frittliggende ringer, var det mer problematisk, da det er vanskelig å sette opp utstyret og utføre målingene i mindre båter. Det er imidlertid mulig å gjøre elektrodemålingene enklere ved å utvikle et sammenbygget, kompakt elektrodeoppsett slik at måling kan gjøres der prøvene er tatt. Det arbeides også med å tilpasse måling av pH og Eh til grabbprøver.

Målinger av pH og redokspotensial kunne kun gjøres i kjerneprøver. Disse målingene var mer følsomme og indikerte ofte dårligere forhold i sedimentet enn gruppe 3 parametrene. At gruppe 3 parametrene var mindre følsomme og ikke fanget opp små endringer i sedimentet var ventet, fordi de bare deler sedimentet inn i grove kategorier, mens pH/redokspotensial dekker en kontinuerlig skala. Sammenlikning mellom pH-verdier og målinger av gruppe 3 parametrene både samlet og hver for seg tydet dog på at skalaen for gruppe 3 parametrene var rimelig hensiktsmessig, men pH skiller bedre under dårlige forhold. Resultatene fra ut prøvingen viste at de målte verdiene av pH og redokspotensial la i samme intervall som i de opprinnelige undersøkelsene (Schaanning 1991, Schaanning og Dragesund 1993).

I ett område ble det gjennomført B- og C-undersøkelser ved de samme anleggene. Videre sammenlikning og justering av de to undersøkelsene vil bli utført når C-undersøkelsen er standardisert gjennom det arbeidet Norsk almenstandardisering har satt i gang.

Hvor omfattende framtidige opplæringskurs i B-undersøkelsen vil bli, avhenger av hvilken basiskunnskap man vil forlange av dem som skal gjennomføre undersøkelsen. Det vil videre være nødvendig med en jevnlig sammenlikning av undersøkelser utført av forskjellige personer.

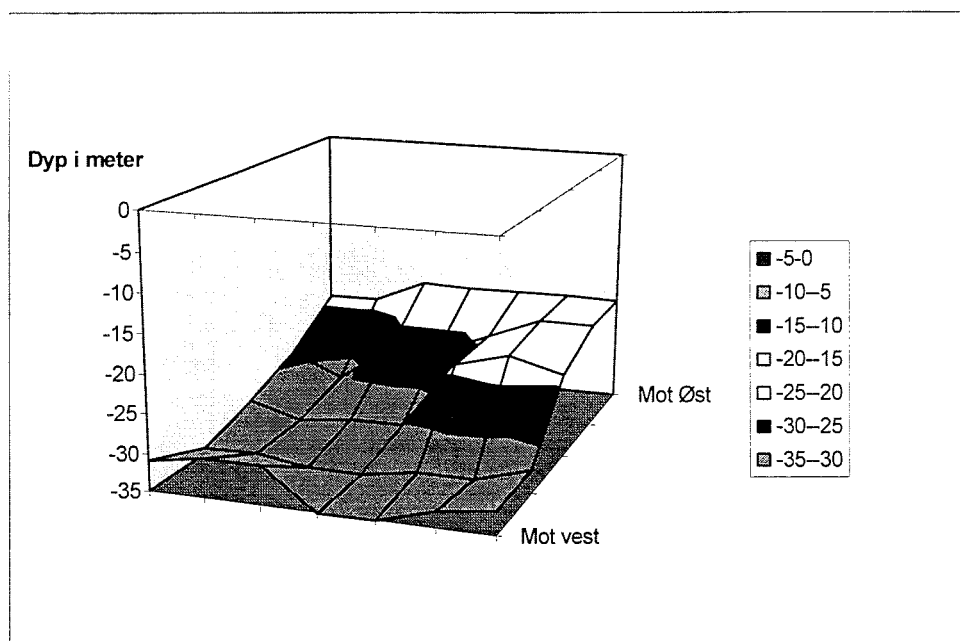


BRUKERVEILEDNING FOR OVERVÅKNINGSPROGRAMMET OG MILJØSTANDARDENE

Kart

Følgende kart må være tilgjengelig innen overvåkningsprogrammet settes igang.

- Sjøkart (1 : 50.000) hvor lokaliteten og anleggets plassering er inntegnet. I tillegg bør man ha hydrografisk original som dekker anlegget og området omkring.
- Kart over bunntopografien i anleggsområdet. Dette kartet brukes til å fastslå hvor på anleggsområdet prøvene skal tas. Kartet lages på grunnlag av opplodding av lokaliteten i forbindelse med den første B-undersøkelsen. Det skal dekke anlegget og minimum 10 m omkring (Fig 2). Hvis anlegget består av frittliggende ringer, skal hele området hvor det finnes ringer dekkes.



Figur 2. Eksempel på kart over bunntopografi. (An example of a topographic map of the bottom under a fish farm)

- Anleggskart som gir en oversikt over anleggets utforming og dimensjoner (lengde, bredde, merder, diameter på merder, avstand mellom løse ringer). Dette kartet

brukes til å merke av steder for prøvetaking og skaffes til veie av oppdretter. Kartet må dekke en avstand på minst 10 m fra anlegget.

Desinfisering

Overføring av utstyr og personell mellom oppdrettsanlegg medfører fare for smittespredning. Utstyr og arbeidstøy skal derfor desinfiseres, og prøver som tas skal destrueres eller graves ned. Som desinfeksjonsmiddel anbefales jodoforer, men før bruk bør de testes ut på utstyret. Dersom man er i tvil, kontaktes veterinær.

De som skal utføre MOM-undersøkelser skal rådføre seg med distriktsveterinæren i området for å få vite om det er nødvendig med særlige forholdsregler på de anleggene som skal undersøkes. Man skal spesielt være oppmerksom på om anleggene er båndlagt eller om det er mistanke om smittsom sykdom.

A-UNDERSØKELSEN

Undersøkelsen går ut på å måle mengden partikler som bunnfeller under anlegget. Målingene gjøres ved hjelp av to sedimentfeller som henges rett over bunnen.

Mål Å gi oppdretter opplysninger om belastningen under anlegget. Sett i sammenheng med resultatene fra B-undersøkelsen, og kunnskap om hvilke merder som inneholder mest fisk og hvor det føres mest, vil dette sette oppdretteren i stand til å spre belastningen og unnga overbelastning.

Personell A-undersøkelsen utføres av oppdretteren selv, og undersøkelsen inngår som en del av internkontrollen ved anleggene.

Utstyr 2 sedimentfeller for oppsamling av spillfôr og ekskrementer (Figur 4). Diameteren skal være minimum 10 cm og høyden skal være 6 ganger diameteren. Fellene kan lages av PVC. Avstanden mellom fella og undervannsbøya må være minst 5 m, og toppen av sedimentfella skal være 2 m over bunnen.

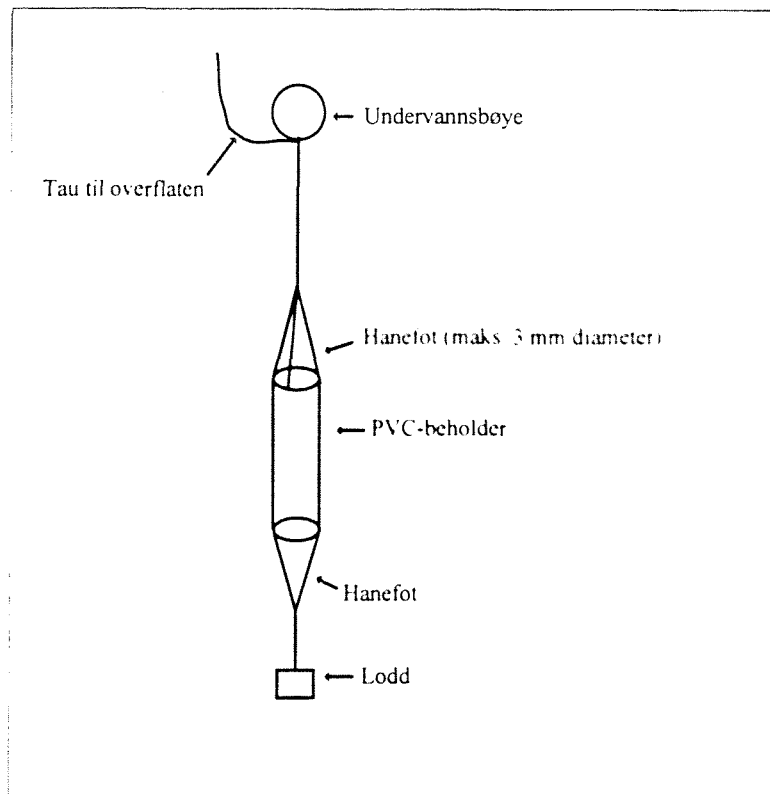
Sted for prøvetaking:

En sedimentfelle henges ned fra kanten av den nota som inneholder mest fisk eller der det føres mest, den andre fra kanten av en not der fiskemengden er middels. I kompaktanlegg henges fellene ned fra midtgangen.

Prøvetaking

Mengde avfall som er samlet opp i fellene i løpet av 14 dager måles. Vannet øverst i fella helles forsiktig av og bunnfallet med noe vann slås over i en målesylinder der mengden sediment kan avleses etter at det har satt seg. Resultatene skal journalføres. Størrelsen av målesylinderen avpasses etter størrelsen av fella og erfaring om hvor mye sediment som

fanges opp. Sedimentet kan være skadelig for fisken og skal ikke helles ut i anlegget.



Figur 4. Sedimentfelle med opphenging.
(Sediment trap with rig).

B-UNDERSØKELSEN

Undersøkelsen er en enkel kartlegging av bunnforholdene under oppdrettsanlegg. Den omfatter tre grupper sedimentparametre med egne miljøstandarder. Innsamlingen gjøres med lett utstyr fra selve anlegget og prøvene tas med kjerneprøvehenter eller grabb.

Mål Målet med B-undersøkelsen er å gjennomføre en enkel og kostnadseffektiv overvåkning av bunnen i nærsonen. Fordi den er billig og frekvensen reguleres etter påvirkningen, kan B-undersøkelsen gjennomføres så hyppig at den gir fortløpende kontroll av utviklingen. En har da mulighet til å sette inn tiltak for å snu en uheldig trend eller for å hindre uønskede tilstander.

Personell Undersøkelsen utføres av personell som har godkjent gjennomføring av kurs for B-undersøkelsen.

Parametre - Kjerneprøver:

- **Fauna:** Kvantitativ undersøkelse der forekomst eller fravær av dyr påvises etter at sedimentet er siktet gjennom 1 mm sikt. Børstemarken *Malacoceros fuliginosus* kan leve på overflaten av sterkt belastede sedimenter og regnes ikke med.
- **pH og rekoksipotensial (Eh):** kvantitativ undersøkelse der verdiene måles med elektrode i oppsnittet kjerneprøve
- **Lukt, farge, konsistens:** Kvalitativ undersøkelse der parametrene vurderes etter skala fra 0 til 4.
- **Gassbobler:** Undersøkelse der forekomst eller fravær noteres.
- **Sedimenttykkelse:** Kvantitativ undersøkelse der tykkelsen måles og verdiene deles i skala fra 0 til 4.

Parametre - Grabbprøver:

- **Fauna:** Kvantitativ undersøkelse der forekomst eller fravær av dyr påvises etter at sedimentet er siktet gjennom 1 mm sikt. Børstemarken *Malacoceros fuliginosus* kan leve på overflaten av sterkt belastede sedimenter og regnes ikke med.
- **Lukt, farge, konsistens:** Kvalitativ undersøkelse der parametrene vurderes etter

skala fra 0 til 4.

- Gassbobler: Undersøkelse der forekomst eller fravær noteres.
- Grabbvolum: Kvantitativ undersøkelse der volumet måles og verdiene deles i skala fra 0 til 4.

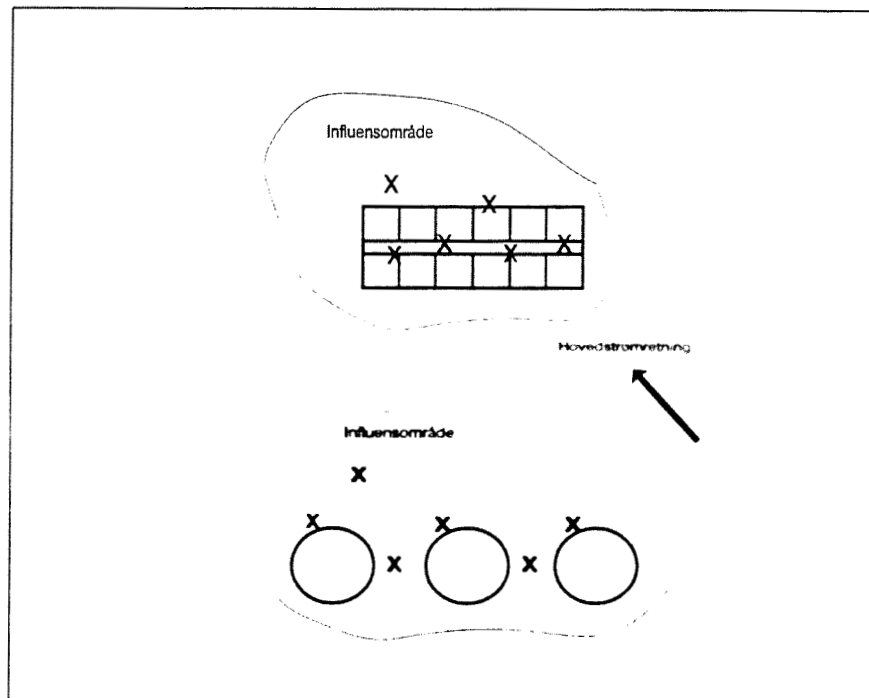
Utstyr

Følgende utstyr er nødvendig for å utføre en full B-undersøkelse.

- Vinsj. Til å hente opp kjerne- eller grabbprøver kan brukes en portabel vinsj. På grunt vann kan vinsj utgå.
- Kjernehefteren. Den som ble benyttet under utprøvingen av B-undersøkelsen var spesialutviklet av Havforskningsinstituttet, men andre kjerneheftere kan brukes.
- Grabb. Det er vesentlig for prøvetaking at grabben lukker helt tett. Dessuten er det en fordel om grabben har luker så det kan tas delprøver av sedimentet. Under utprøvingen av B-undersøkelsen ble benyttet van Veen grabb, 250 cm².
- pH-måling. Til pH-målingene kan brukes en vanlig glass-kombinasjonselektrode. Disse har høy presisjon, men de er lette å knuse, glass-overflaten slites i sandete sedimenter og saltbroen kan tettes pga utfellinger eller fine partikler. pH-elektroden koples til et vanlig felt-pH-meter med mulighet for avlesning av to desimaler. Under utprøvingen av B-undersøkelsen ble den nye såkalte ISFET (Ion Specific Field Effect Transistor) pH sensor teknologien nyttet (Sentron 1001 transportabel pH-meter med ISFET pH-elektrode). Presisjonen er tilstrekkelig, sensoren er robust, uten saltbro, vedlikeholdsfri og kan lagres tørt. Utstyret fungerte bra selv under sulfidrike forhold.
- Redoksmålinger. Redokspotensialet måles med en redokselektrode og en referanseelektrode eller en redoks- kombinasjonselektrode. Ag|AgCl (sølv-sølvklorid) referanseelektroder er mindre temperaturfølsomme og derfor bedre egnet enn kalomel referanseelektroder. Under utprøvingen av B-undersøkelsen ble det anvendt et PHM201 transportabel Radiometer pH-meter med en M21Pt platina-elektrode og en REF201 Ag|AgCl referanseelektroden.
- Diverse. 1 mm sikt, hvit plastbalje til grabbprøver, grabb volummåler, elektrodeoppsats, desinfeksjonsveske og -kar.

Prøvetaking

- Første gang anlegget besøkes er det viktig å få en oversikt over bunntypen under anlegget og hvor det er mulig å få prøver. Det gjøres derfor innsamling med grabb på minst 10 forskjellige steder, og resultatene føres inn i "Skjema for prøvetakingssted". Dersom prøven viser bløt bunn, gjøres det forsøk med kjernehefter. Ved seinere undersøkelser brukes kjernehefter der det er mulig, ellers brukes grabb. Ved hjelp av denne undersøkelsen av bunntype, det topografiske kartet og eventuelle strømmålinger tegnes det området det organiske materialet fra anlegget ventes å bunnfelle (influensområdet) inn på kartet over anlegget. Influensområdet kan også eventuelt beregnes ved hjelp av modellen
- Ved seinere undersøkelser tas det prøver fra minst 6 steder jevnt fordelt ut over anleggsområdet, og disse stedene tegnes inn på anleggskartet. For sammenlikningen er det viktig å ta prøvene på samme sted fra gang til gang.
Kompaktanlegg: Prøvene tas fra gangbroen som vist på figur 4. Merdene i begge ender av anlegget utelates fra prøveområdet.
Frittliggende ringer: Prøvene tas så tett opp mot ringkanten som mulig nedstrøms i forhold til primær strømretning og mellom ringene (Figur 4). Det tas totalt 6 prøver, om mulig ved forskjellige merder. På svært store anlegg bør det tas mer enn 6 prøver.
- Grabbprøver: Det gjøres to forsøk med grabb. Er grabben tom begge gangene, er det sannsynligvis fjellbunn uten akkumulering med organisk materiale. Inneholder grabben sediment, vurderes dette og føres inn i "Skjema for grabbprøver".
- Kjerneprøver: Dersom prøven indikerer bløtbunn, gjøres to forsøk på å ta kjerneprøve. Får man opp kjerneprøve, måles og vurderes denne og føres inn i "Skjema for kjerneprøver".
 - Støt og brå bevegelser må unngås slik at sedimentet ikke virvles opp inne i rørene.
 - Kjernene må alltid oppbevares loddrett.
 - Pass alltid på at proppene sitter godt fast.
 - Kjernene oppbevares mørkt og kjølig, unngå oppvarming og direkte sollys.
 - Målingene skal utføres raskest mulig etter prøvetaking.



Figur 4. Eksempel på influensområder og prøvetakingsteder (kryss) på kompaktanlegg og anlegg med frittliggende ringer. (*Areas of influence (shaded) and sampling sites (x) on compact fish farms and fish farms with separate net cages*).

Undersøkelse av gruppe 3 parametre (gass, farge, lukt, konsistens, tykkelse av slamlag/volum av grabbprøve).

Disse vurderingene forstyrrer ikke prøven og gjøres derfor først. For grabbprøver kan det lette vurderingen om man har en grabb med luke på toppen slik at man kan ta ut en liten kjerneprøve før sedimentet helles over i en bakke. Poeng noteres i "Skjema for kjerneprøver" hhv. "Skjema for grabbprøver" (Vedlegg 2). Summen av poengene for hver kjerne eller grabbprøve noteres under "SUM".

Undersøkelse av gruppe 2 parametre (pH/Eh)

Oppsetning av elektroder: Elektrodene settes opp før prøvetaking. De monteres i en elektrodeholder, kalibreres og står i sjøvann til de er stabile.

- Redokselektroden kontrolleres ved å sjekke potensialet i en redoks-standard løsning, hvor avvik fra oppgitt verdi ikke bør være større enn 10 mV.
- pH-elektroden kalibreres med buffer 7.0 og 4.0 og bufferne må ha samme temperatur som sedimentprøvene (5 °C forskjell er akseptabelt, se Vedlegg 1 “Kalibrering og måling av pH”).
- Etter kalibrering settes elektrodene i et beger med frisk sjøvann til pH er stabil (ca. 30-60 min.). Omrøring kan korte ventetiden. Unnga direkte sollys på pH-elektroden og sjøvannet.
- Etter prøvetaking og før måling noteres sjøvannets pH og redokspotensiale (Eh) i “Skjema for pH og Eh målinger” (Vedlegg 2). pH i sjøvann ligger vanligvis mellom 7.9 og 8.2, og Eh mellom +250 mV og +450 mV.

Prosedyre for måling av pH og redokspotensial (Eh)

- Unngå innånding av hydrogensulfid, bruk pustevern eller sørg for god ventilasjon.
- Kjernen med sedimentprøven festes til stativ. Nedre propp løsnes forsiktig og kjernen sklis over på stampelet. Øvre propp fjernes. Med stampelet presses kjernen oppover i røret til vannet er drenert vekk. Elektrodene monteres slik at sensorene kommer i nøyaktig samme nivå og stikkes forsiktig ned i sedimentet til sensorene er 0.5 - 1.5 cm under sedimentoverflaten.
- pH avleses ved stabil verdi og noteres i “Skjema for pH og Eh målinger” (Vedlegg 2).
- Redokspotensialet avleses når driften er mindre enn 0.2 mV per sekund. Dersom dette ikke oppnås i løpet av noen minutter, avleses verdien (se Vedlegg 1 “Måling av redokspotensial”). Noter verdien i “Skjema for pH og Eh målinger”. Drift kan markeres med pil opp eller ned etter tallet. Referanseelektrodens halvcelle potensial legges til de avleste verdiene.
- Ved avlesinger i flere dyp, tas elektrodene ut, kjernen skyves opp i seksjoneringskoppen til ønsket nivå og snittes ved å føre en tynn plate inn mellom prøverøret og seksjoneringskoppen. Det avkuttete kjernesegmentet oppbevares for seinere påvisning av dyr. Elektrodene skylles i sjøvann, vanddråpe fjernes med trekkpapir og elektrodene skyves ned gjennom den blottlagte snittflaten til neste måledyp. Kjernen snittes i 2 cm seksjoner og måles ned til 7 cm dyp.

- Laveste pH-verdi og tilhørende Eh-verdi for hver kjerne føres inn i “Skjema for kjerneprøver”. Tallparet plottes i “Diagram for poengavlesning for pH og Eh” (Vedlegg 2) og poengavlesningen noteres i “Skjema for kjerneprøver”.
- Etter endt prøvetaking på anlegget noteres pH i sjøvannet og redokselektroden korrigeres mot standardløsning. Målingene korrigeres for evt. drift.

Undersøkelse av gruppe 1 parameter (fauna)

Sedimentet fra hver kjerne- eller grabbprøve siktes gjennom 1 mm sikt og forekomst av dyr utenom nematoder og *Malacoceros fuliginosus* noteres i “Skjema for kjerneprøver”/“Skjema for grabbprøver”. Sedimentet skal ikke tømmes i anlegget.

Vurdering av resultatene

Dersom man har både kjerne- og grabbprøver på samme anlegg fyller man ut ett skjema for hver redskap. På disse skjemaene (for kjerne- eller grabbprøver) mangler det nå kun å fylle ut de to siste kolonnene: “Indeks” og “Tilstand”. Det er ved hjelp av disse man kan bestemme lokalitetens tilstand.

Utfylling av “Indeks”-kolonnen

- Gruppe 1 parameter (fauna): Summen av antall prøver med fauna og summen av antall prøver uten fauna føres inn i “Indeks”kolonnen.
- Gruppe 2 parametre (pH/Eh): Summen av poengene for kjernene føres inn i “Indeks”-kolonnen. Ønsker man å kjenne sedimenttilstanden for hver enkelt kjerneprøve, gjøres følgende: tallet for “pH/Eh” for den enkelte kjerneprøven i skjemaet avleses på y-aksen i “Diagram 1” (Vedlegg 2). Sedimenttilstanden avleses ved å gå inn på tallet 1 (en prøve) på x-aksen. Tilstanden noteres i skjemaet under “Tilstand for hver kjerneprøve”.
- Gruppe 3 parametre: Summen av poengene i linjen SUM nederst i skjemaet føres inn i “Indeks”-kolonnen. Ønsker man å kjenne sedimenttilstanden for hver enkelt kjerne- eller grabbprøve, gjøres følgende: tallet i “SUM” nederst i skjemaet for den enkelte kjerne- eller grabbprøve avleses på y-aksen i “Diagram 2” (Vedlegg

2). Sedimenttilstanden avleses ved tilstanden ved tallet 1 (1 prøve) på x-aksen. Tilstanden noteres i skjemaet under "Tilstand for hver kjerne/grabbprøve".

Utfylling av "Tilstand"-kolonnen

- Gruppe 1 parameter (fauna): Hvis "Indeks"et viser at minst halvparten av kjerneprøvene inneholder dyr, er tilstanden akseptabel og en **A** noteres ved SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 1. Dersom "Indeks"et viser at under halvparten av kjerneprøvene inneholder dyr, er tilstanden uakseptabel og en **U** noteres.
- Gruppe 2 parametre (pH/Eh): I "Diagram 1" (Vedlegg 2) plottes antallet av kjerner mot "Indeks"et og tilstanden avleses og noteres ved SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 2 i skjemaet.
- Gruppe 3 parametre: I "Diagram 2" (Vedlegg 2) plottes antallet av kjerneprøver eller grabbprøver mot "Indeks"et og tilstanden avleses og noteres ved SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 3 i skjemaet.

LOKALITETENS TILSTAND fastsettes som følger:

På grunnlag av de tilstandene som er fastsatt for gruppe 1, 2 og 3 fastsettes LOKALITETENS TILSTAND. Da tilstandene for de enkelte gruppene vektlegges forskjellig, brukes følgende prosedyre:

- Dersom gruppe 1 parameteren (fauna) angir akseptabel tilstand (A): Hvis gruppe 2 og 3 angir samme tilstand, settes LOKALITETENS TILSTAND lik denne. Dersom gruppe 2 og 3 angir forskjellig tilstand, settes LOKALITETENS TILSTAND lik tilstanden i gruppe 2. Ett unntak er at dersom gruppe 3 viser uakseptabel, skal LOKALITETENS TILSTAND settes som uakseptabel.
- Dersom gruppe 1 parameteren (fauna) angir uakseptabel tilstand (U): Dette kan skyldes enten dårlig tilstand, eller at bunndyrene ikke har kommet med i prøvene. Dersom gruppe 2 eller 3 angir tilstand 3 eller uakseptabel, settes LOKALITETENS TILSTAND som uakseptabel. Dersom gruppe 2 og 3 angir tilstand 1 eller 2, settes LOKALITETENS TILSTAND lik tilstanden i gruppe 2.

LOKALITETENS TILSTAND angir den endelige bedømmelsen av bunnen under oppdrettsanlegget. Benyttes det både kjerneheter og grabb på samme lokalitet, ender man opp med to lokalitetstilstander. Er disse identiske er lokalitetes tilstand gitt. Er de forskjellige blir begge stående. Den endelige vurdering av lokalitetens tilstand (og dermed overvåkningsnivået) vil være avhengig av forholdet mellom antall kjerne- og grabbprøver.

Rapportering

Efter endt undersøkelse skal det lages en kort rapport som gir de opplysninger som er nødvendig for å gjennomføre en identisk undersøkelse seinere. Rapporten skal inneholde topografisk bunnkart, og anleggskart der prøvetakingsstedene er avmerket, og alle skjema som er utfylt i forbindelse med undersøkelsen. Videre skal den gi en kort beskrivelse av tilstanden under anlegget og en sammenligning av resultatene fra de ulike prøvetakingsstedene. En viktig del av rapporten er å sammenligne resultatene med tidligere undersøkelser og klargjøre eventuelle utviklingstrender.

C-UNDERSØKELSEN

Undersøkelsen er en inngående kartlegging av påvirkningen fra anlegget og utover i resipienten. Den gjøres ved å analysere strukturen i bunndyrssamfunnet. Innsamlingen gjøres fra større fartøy, og prøvene tas med stor grabb. Prøvetaking og kvantifisering av marin bløtbunnsfauna er nå under revisjon i regi av Norsk almenstandardisering. Resultatet vil foreligge som en standard høsten 1997. C-undersøkelsen vil da bli justert i samsvar med denne standarden.

Målet med C-undersøkelsen er å få et best mulig kjennskap til påvirkningen nær anlegget og i følsomme områder i resipienten. I motsetning til B-undersøkelsen er den meget følsom, også overfor endringer i lite påvirkede områder. Den er derfor egnet til å spore små endringer som går over lang tid, og som referanseundersøkelse før man påvirker et område.

Personell Undersøkelsen må utføres av marinbiolog som er spesialisert på klassifisering av bunndyr og vurdering av bunndyrsdata.

Parametre

- **Fauna:** Kvantitativ og kvalitativ undersøkelse av makrofauna (dyr større enn 1 mm).
- **Glødetap:** Måling av den relative mengden av organisk materiale i sedimentet.
- **Kornfordeling:** Måling av relativ andel av leire, silt, sand og grus i sedimentet.
- **Oksygeninnhold:** Måling av oksygeninnhold i vannsøylen.
- **Visuell beskrivelse:** Karakterisering av sedimentet på grunnlag av farge, lukt, fekalier og fôrpellets. Denne karakteriseringen omfatter ikke en kvantitativ vurdering på samme måte som i B-undersøkelsen, men nyttes bare som en støtte for vurderingen av bunndyrsundersøkelsene.

Utstyr

- Grabb med åpning på 0,1 eller 0,2 m²
- Sikter med runde hull (diameter 1 mm)
- 4 % nøytralisert formalin for konservering av siktede prøver
- Vannhenter og utstyr for Winkler-analyse

Sted for prøvetaking

Ett sett prøver tas nedstrøms så nær anlegget som mulig, og ett i det dypeste partiet i området, uavhengig av om det kommer i nær-, overgangs- eller fjernsonen. Det første settet skal være representativt for påvirkningene nær anlegget, det andre skal avdekke den største påvirkningen av resipienten og nedstrøms fra anlegget. Dersom de innsamlede prøvene gir inntrykk av dårlige miljøforhold, skal det tas prøver fra et område som ligger mellom anlegget og det dypeste partiet. Posisjon og dyp noteres for hvert innsamlingssted, og markeres på kartskisse sammen med anleggets plassering.

Prøvetaking

Fra hvert innsamlingssted tas 2-3 grabbhugg til bunndyrsundersøkelsene. Fra den første grabben på hvert sted for prøvetaking tas det prøver til undersøkelse av glødetap og partikkelfordeling. Dersom bunnen er sterkt påvirket med kraftig lukt av hydrogensulfid og uten dyreliv, tas bare ett grabbhugg til måling av glødetap og partikkelfordeling. Volumet av prøven måles og sedimentet vaskes over rist med hulldiameter 1 mm. Ristfanget konserveres i 4 % formalin nøytralisert med boraks.

Undersøkelse av prøve

- Faunastruktur bestemmes ved at dyrene klassifiseres (helst til art) og telles.
- Glødetap bestemmes som vekttapet av prøven mellom tørking ved 105 °C i ca. 12 timer og brenning ved 550 °C i 1 time. Glødetapet oppgis i %.
- Partikkelfordeling bestemmes ved at prøver løst i vann siktes gjennom 0,063 mm

sikt. Partikler større enn 0,063 mm tørkes og tørrsiktet. For partikler mindre enn 0,063 mm anvendes pipetteanalyse.

Vurdering av resultatene

I fjernsonen vurderes resultatene i henhold til SFT-veiledning 93:02 "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Artsmangfold for bløtbunnsfauna" (Rygg og Thelin 1993). I overgangssonen og nærsonen nyttes de miljøstandardene som er nevnt nedenfor. Dersom det foreligger resultater fra lignende undersøkelser fra tiden før etablering av oppdrettsanlegget, sammenlignes disse med de nye resultatene ved hjelp av multivariat analyse. Når det er relativt få arter med jevn individfordeling i prøvene, som det ofte kan være tilfelle nær anleggene, er diversitetsindekser lite egnet til å angi miljøtilstand. Helt opp til anlegget gjøres vurderingen derfor på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen som skissert nedenfor.

Bunntilstand 1

- Minst 20 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m².
- Ingen av artene må ha mer enn 65% av det totale individantallet.

Bunntilstand 2

- 19 - 4 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m².
- Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m².
- Ingen av artene må ha mer enn 90 % av det totale individ-antallet i prøvene.

Bunntilstand 3

- 1 til 4 arter makrofauna utenom nematoder og børstemakken *Malacoceros fuliginosus* i et prøveareal på 0,2 m².

Dersom bunndyr mangler er bunntilstanden uakseptabel.

Oksygeninnholdet i vannsøylen måles i forbindelse med innsamling av bunndyr. Målingene inngår ikke i en lengre måleserie, og kan ikke brukes til å beregne oksygenforbruk eller å følge utviklingen i dypvannet over tid. Vurdert ut fra årstiden og de topografiske forholdene på lokaliteten gir de likevel en tilleggsinformasjon som kan brukes ved vurderingen av bunndyrssamfunnet. Sedimentkarakteristikken gir opplysninger som er viktig i vurderingen av de øvrige resultatene. Det utarbeides en rapport med faglig vurdering som skal inneholde alle originaldata.

LITTERATURLISTE

Ann. 1993. Miljøsmål for norsk havbruk. SFT. 17 pp.

Ann. 1994. Miljøsmål for norsk havbruk. Resultatrapport 1994. SFT.

Ann. 1995. Miljøsmål for norsk havbruk. Resultatrapport 1995. SFT.

Aure, J., Stigebrandt, A. 1989. En konsekvensanalyse av miljøbelastning for 30 fjorder i Møre og Romsdal. F.dir. Havforskningsinstitutt, rapport nr. FO 8803. 116 pp.

Ervik, A., Kupka Hansen, P., Stigebrandt, A., Aure, J., Jahnsen, T., Johannessen, P. 1993. MOM. Et system for regulering av miljøvirkninger fra oppdrettsanlegg. Havforskningsinstituttet, Rapport fra Senter for havbruk nr. 23. 20 pp.

Ervik, A., Kupka Hansen, P., Aure, J., Johannessen, P. (UiB), Jahnsen, T. (F.dir.), Morten Schaanning (NIVA). 1995. Brukerveiledning og miljøstandarder for overvåkningsprogram i oppdrett (MOM). Fisken og Havet nr. 12. 32 pp.

Holmefjord, I., Åsgård, T., Einen, O., Thodesen, J., Roem, A. 1994. Vekstfaktor, VF3 - eit nytt og betre mål for vekst. Norsk fiskeoppdrett 12: 42-43

Pearson, T. H., Rosenberg, R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 16: 229-311

Rygg, B., Thelín, I. 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT. 20 pp.

Schaanning, M. 1991. Effekter av fiskeoppdrett på marine sedimenter. Jordforsk-rapport 212.409-1, 44 pp.

Schaanning, M., Dragsund, E. 1993. Sammenhengen mellom strømforhold og sedimentkjemi på oppdrettslokaliteter. NIVA/OCEANOR rapport nr. OCN R-93051, 44 pp.

Stigebrandt, A. 1986. Modellberäkningar av en fiskodlings miljöbelastning. NIVA rapport. O-86004. 28 pp.

Stigebrandt, A., Aure, J. 1995. Modell for kritisk organisk belastning under fiskeoppdrettsanlegg (MOM). Fisken og Havet nr. 26. 60 pp.

VEDLEGG 1

pH og redoks (Eh) målinger

Kalibrering og måling av pH

Før målingene begynner må pH kalibreres mot to buffere. Følg bruksanvisningen som følger med instrumentet. Det er mest vanlig å bruke buffere med pH = 7,0 og pH = 4,0. Det bør være så lik temperatur som mulig i prøver og buffere. Temperaturen i bunnvannet under de fleste norske oppdrettsanlegg ligger på om lag 5-10°C. Dette er derfor anbefalt arbeidstemperatur ved kalibrering og måling. Hvis pH-meteret er utstyrt med temperaturkompensasjon, kompenseres for variasjoner mellom prøver og mellom prøver og buffer, men det kompenseres ikke for endringer av pH som følge av temperaturendring i prøven under lagring. Vi sier derfor at prøvene skal males ved *in situ* temperatur, dvs den temperatur de har før de fjernes fra sjøbunnen.

Etter kalibreringen settes elektroden i sjøvann. Sjøvann har et langt høyere saltinnhold enn bufferløsningene. Dette forårsaker flere problemer, bl.a. at det tar lang tid før elektroden gir stabil pH-avlesing. En må derfor organisere arbeidet slik at elektrodene får stå en halv til en time i sjøvann før målingene begynner. God omrøring kan korte ventetiden noe. Under målingene oppbevares og renses elektroden kun i sjøvann eller vann tilsatt 30 g vanlig koksalt per liter. Lange ventetider og stor tålmodighet må utvises dersom pH-elektroden flyttes mellom væsker med store forskjeller i saltinnhold.

pH i sjøvann er omtrent 8.0 og varierer lite. I bunnvannet kan pH være noe lavere, men er sjelden under 7.6-7.7. En bøtte med sjøvann kan derfor brukes som arbeidsbuffer i løpet av måleseansen. Dersom pH i en slik sjøvannsbuffer fra overflaten måles til mindre enn 7.9 eller større enn 8.2, skyldes det som oftest at elektroden ikke er kommet i balanse med den høyere ionstyrken eller feil ved kalibreringen. I så fall bør kalibreringen gjentas eller en bør undersøke om det er spesielle forhold (forurensning, algeoppblomstring, ferskvannstilførsel) i nærheten av det stedet sjøvannet ble hentet fra.

Det skal ikke være nødvendig å rekalibrere elektroden mellom målingene. Elektroden bør sjekkes regelmessig, f.eks. hver 1/2 time, i sjøvannsbufferen. Dersom det på denne måten oppdages systematisk drift, kan resultatene korrigeres etter at målingene er avsluttet. Hvis det oppstår større avvik enn 0.2 pH-enheter fra den verdien som ble målt første gang, bør en vurdere å rekalibrere elektroden.

Ustabile avlesinger av pH kan skyldes dårlig batteri, fuktighet eller korrosjon i koblinger, at saltbroen ikke er dekket av prøven, statisk elektrisitet eller støy fra nærliggende elektriske installasjoner. Hvis ingen feil kan finnes, og man ikke anvender en ISFET elektrode, er sannsynligvis saltbroen tett og det må byttes til reserve elektrode.

Teori for redoksmålinger

Teoretiske tolkninger av potensialer målt med platina-elektroder fører vanligvis galt av sted. Parameteren har sin store betydning først og fremst fordi den kan knyttes empirisk til en miljøgradient. I det marine miljø varierer potensialene fra +400 mV i godt luftet overflatevann til -200 mV i overbelastede sedimenter eller bunnvann i fjorder og poller med dårlig vannutskifting.

Cellepotensialet E_{celle} er den spenningen som måles med et millivoltmeter koplet inn i en krets med en indikatorelektrode og en referanselektrode forbundet med prøven. Det er sammensatt av halvcellepotensialene på indikatorelektroden (E_{ind}) og referanselektroden (E_{ref}) slik at:

$$\text{Ligning 1} \quad E_{\text{celle}} = E_{\text{ind}} - E_{\text{ref}}$$

Dersom indikatorelektroden er laget av et kjemisk inert materiale, som f.eks. platina, gull eller grafitt, er halvcellepotensialet E_{ind} det samme som redokspotensialet eller E_h . Ved erstatning av E_{ind} med E_h og omorganisering av Ligning 1 fås:

$$\text{Ligning 2} \quad E_h = E_{\text{celle}} + E_{\text{ref}}$$

Ligningen viser at referanse elektrodens halv-celle potensial må legges til det avleste cellepotensialet for å få redokspotensialet. E_{ref} er avhengig av elektrodetype og hva slags løsning elektroden er fylt med. Leverandøren av elektroden skal kunne opplyse om verdien av E_{ref} ved ulike temperaturer. Det finnes løsninger med veldefinert E_h , men det anbefales å bruke den gitte verdien for E_{ref} .

Med andre ord, redokselektroden skal ikke kalibreres. Dersom det oppstår tvil om hva slags referanselektrode en har eller om det er feil på instrument eller elektroder, kan oppsettet kontrolleres i en redoks standard løsning. Slik kontroll bør alltid foretas før og etter en måleserie.

Måling av redokspotensialer

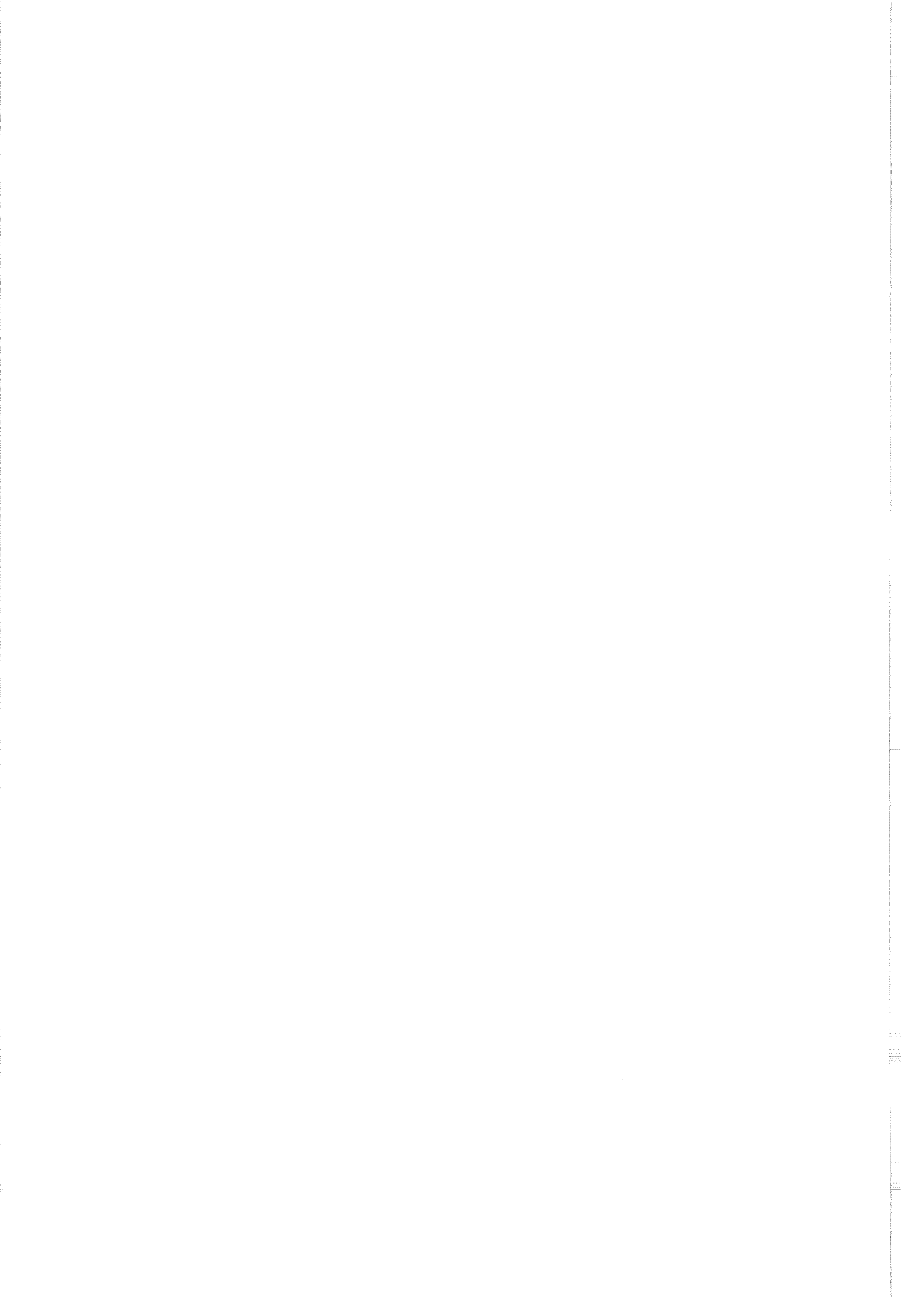
Responstiden, eller den tiden det tar før instrumentet viser en stabil verdi, kan være meget lang for denne type elektroder. Dette er et problem som kan forårsake mye frustrasjon og tvil hos den som skal utføre målingene. Dersom det forutsettes at en har maksimum 4-5 minutter til rådighet per prøve, er det om å gjøre å etablere rutiner som gir mest mulig reproducerbare resultater innenfor dette tidsrom

Responstiden vil være avhengig av hvilke elektroder som benyttes, så vel som av komponenter i prøvene. Vanligvis oppnås 90% av den endelige verdien i løpet av 1-2 minutter. Dersom en tillater en drift på inntil 0.2 mV per sekund i avlesingsøyeblikket, vil en i de aller fleste tilfeller kunne avlese et redokspotensial innenfor $\pm 50\text{mV}$ i forhold til sann verdi, i løpet av 4-5 minutter. $\pm 50\text{mV}$ tilsvarer den absolutte usikkerhet som oppgis i litteraturen for målinger av redoks potensial i naturlige prøver.

I spesielle situasjoner vil selv ikke et såvidt "snilt" krav til drift oppnås i løpet av 4-5 minutter. Dette er særlig aktuelt ved måling av sulfid-frie prøver etter en prøve som inneholdt sulfid. Platina-elektroden kan "huske" sulfid i flere timer etter eksponering i en sulfidholdig prøve. Dette kan føre til at prøver som før sulfid-eksponeringen ble målt til en E_h på 400 mV, gir 100-200 mV lavere potensialer dersom målingen gjentas etter at elektroden har vært i kontakt med H_2S og potensialet avleses innenfor den maksimalt akseptable ventetiden på 5 minutter. Dersom en alltid begynner målingene med en sulfidholdig prøve, eventuelt sjøvann tilsatt en liten krystall natriumsulfid (Na_2S), reduseres måleområdet noe i øvre ende, men det oppnås bedre reproducerbarhet over hele måleområdet. Er E_h for lav kan man prøve å skifte sjøvannet og rense redokselektroden.

VEDLEGG 2

Skjemaer og diagrammer



SKJEMA FOR PRØVETAKINGSSTED

Dato:

Firma:

Konsesjonsnr.:

Lokalitet:

| Prøvetakingssted (nr.) | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------------------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Grab/Kjerne (G/K) | | | | | | | | | | | |
| Dyp (m) | | | | | | | | | | | |
| Spontan bobling | | | | | | | | | | | |
| Antall forsøk | | | | | | | | | | | |
| Bobling (ved prøvetaking) | | | | | | | | | | | |
| Bobling (i prøve) | | | | | | | | | | | |
| Primær sediment | Skjellsand | | | | | | | | | | |
| | Sand/silt | | | | | | | | | | |
| | Leire | | | | | | | | | | |
| | Mudder | | | | | | | | | | |
| Fjellbunn | | | | | | | | | | | |
| Steinbunn | | | | | | | | | | | |
| For/fekalier | | | | | | | | | | | |
| Beggiatoa | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

MOM 1997

Fortype:

Formengde:

Produksjon:

Biomasse:

SKJEMA FOR KJERNEPRØVER

Dato:

Firma:

Konsesjonsnr.:

Lokalitet:

| Gruppe | Parameter | Poeng | Kjerneprøve nr. | | | | | Indeks | Til - stand |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|--|--|--|--|--------|-------------|
| | | | | | | | | | |
| 1 | Fauna | Ja (1) | | | | | | | |
| | | Nei (1) | | | | | | | |
| SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 1 | | | | | | | | | |
| 2 | Laveste pH | Fra skjema | | | | | | | |
| | Tilhørende Eh | Fra skjema | | | | | | | |
| | pH/Eh | Fra figur | | | | | | | |
| | Tilstand for hver kjerneprøve | | | | | | | | |
| SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 2 | | | | | | | | | |
| 3 | Gassbobler | Nei (0) | | | | | | | |
| | | Ja (4) | | | | | | | |
| | Farge | Lys/grå (0) | | | | | | | |
| | | Brun/sort (2) | | | | | | | |
| | Lukt | Ingen (0) | | | | | | | |
| | | Noe (2) | | | | | | | |
| | | Sterk (4) | | | | | | | |
| | Tykkelse slamlag | 0 - 2 cm (0) | | | | | | | |
| | | 2 - 4 cm (1) | | | | | | | |
| | | 4 - 6 cm (2) | | | | | | | |
| | | 6 - 8 cm (3) | | | | | | | |
| | Konsistens | >8 cm (4) | | | | | | | |
| | | Fast (0) | | | | | | | |
| | | Myk (2) | | | | | | | |
| | Løs (4) | | | | | | | | |
| | | SUM | | | | | | | |
| | | Tilstand for hver kjerneprøve | | | | | | | |
| SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 3 | | | | | | | | | |
| LOKALITETENS TILSTAND | | | | | | | | | |

SKJEMA FOR pH OG Eh MÅLINGER

Dato:

Firma:

Konsesjonsnr.:

Lokalitet:

Eh* = Eh avlesning + referense elektrodens potensial

| KJERNE NR. | | | | | | | | | |
|---------------|----|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|
| DYP (cm) | pH | Eh | Eh* | pH | Eh | Eh* | pH | Eh | Eh* |
| Vann | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| KJERNE NR. | | | | | | | | | |
| DYP (cm) | pH | Eh | Eh* | pH | Eh | Eh* | pH | Eh | Eh* |
| Vann | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

MOM 1997

Referense elektrode potensial:

Temperatur buffer:

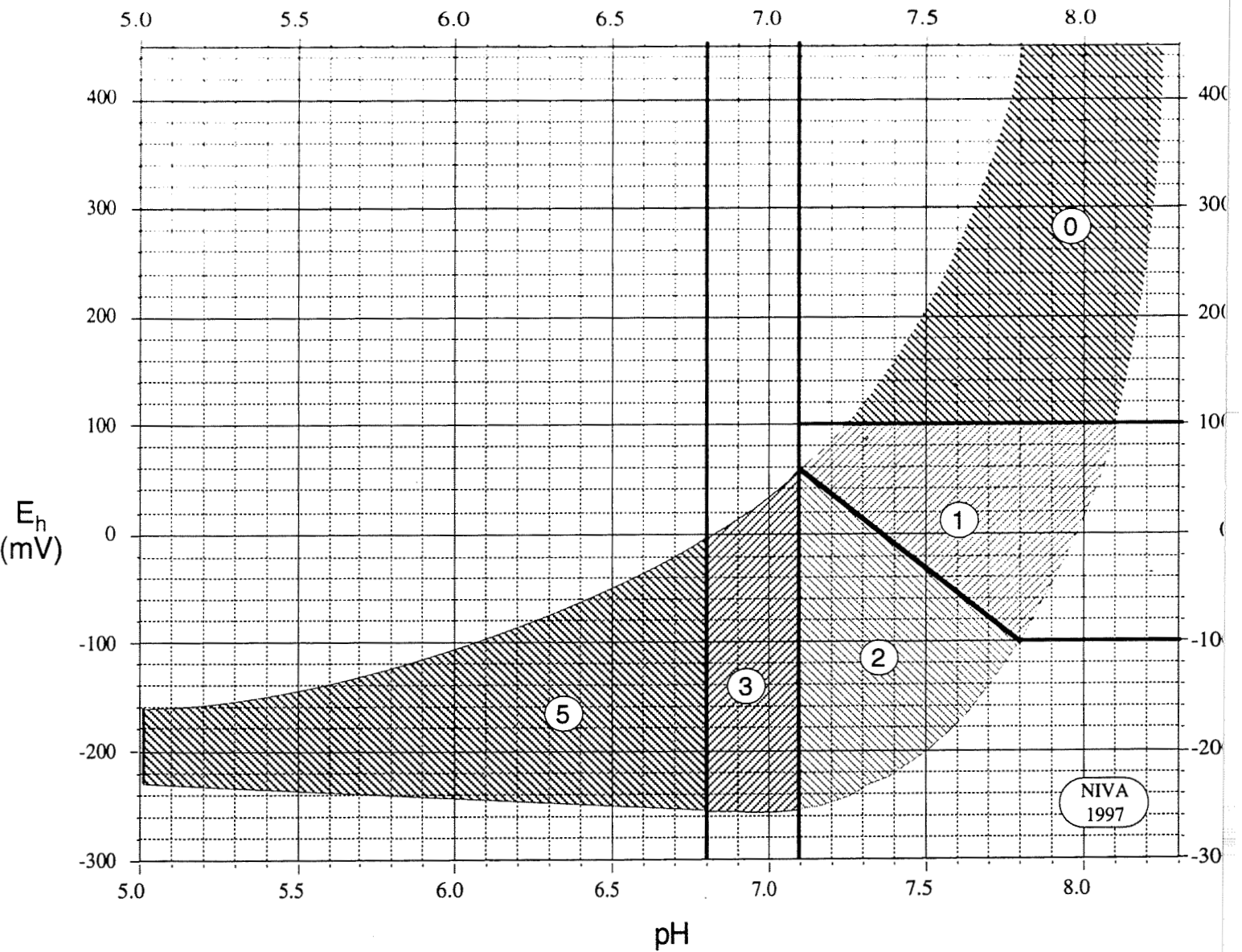
Temperatur sjøvann:

pH sjøvann:

Temperatur sediment:

Eh sjøvann:

Poengavlesning for pH/Eh. Tallene i sirkler angir poengverdien for hver av de skraverte områdene.



SKJEMA FOR GRABBPRØVER

Dato:

Firma:

Konsesjonsnr.:

Lokalitet:

| Gruppe | Parameter | Poeng | Grabbprøve nr. | | | | | Indeks | Til - stand |
|----------------------------------|-------------|-------------------------------------|----------------|--|--|--|--|--------|-------------|
| | | | | | | | | | |
| 1 | Fauna | Ja (1) | | | | | | | |
| | | Nei (1) | | | | | | | |
| SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 1 | | | | | | | | | |
| 3 | Gassbobler | Nei (0) | | | | | | | |
| | | Ja (4) | | | | | | | |
| | Farge | Lys/Grå (0) | | | | | | | |
| | | Brun/sort (2) | | | | | | | |
| | Lukt | Ingen (0) | | | | | | | |
| | | Noe (2) | | | | | | | |
| | | Sterk (4) | | | | | | | |
| | Prøve volum | < 1/4 full (0) | | | | | | | |
| | | 3/4 - 1/4 (2) | | | | | | | |
| | | 3/4 - full (4) | | | | | | | |
| | Konsistens | Fast (0) | | | | | | | |
| | | Myk (2) | | | | | | | |
| | | Løs (4) | | | | | | | |
| | | | SUM | | | | | | |
| | | Tilstand for hver grabbprøve | | | | | | | |
| SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 3 | | | | | | | | | |
| LOKALITETENS TILSTAND | | | | | | | | | |

DIAGRAM 1

Diagram for vurdering av sedimentets tilstand ut fra målinger av gruppe 2 parametre (pH og Eh)

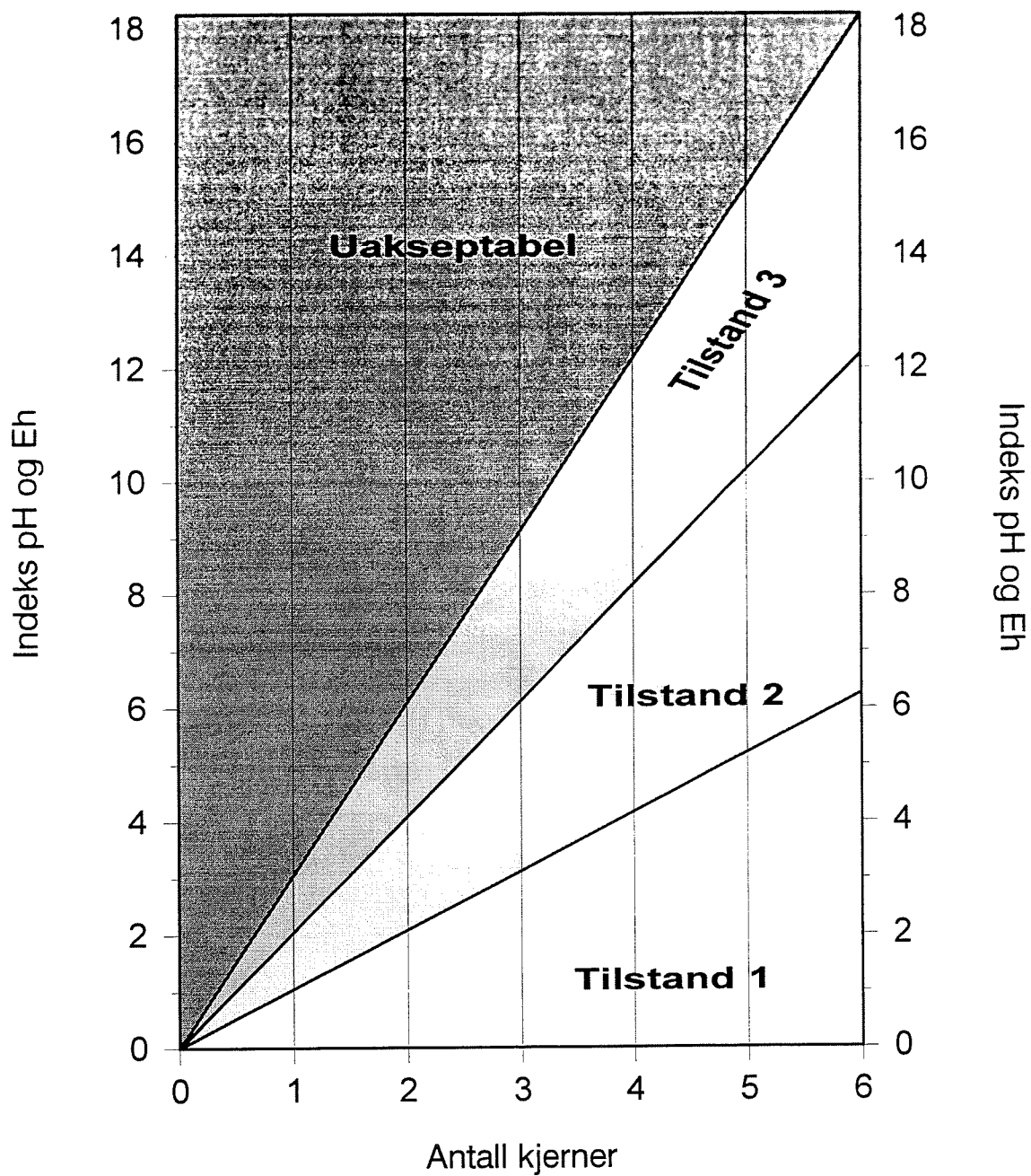


DIAGRAM 2

Diagram for vurdering av sedimentets tilstand ut fra gruppe 3 parametre (gass, farge, lukt, konsistens, tykkelse slamlag/grabb prøvevolum)

