

Kombinert MOM B og MOM C- resipientundersøkelse av Salpevika, Tysnes kommune, sommeren 2005





Rådgivende Biologer AS

RAPPORTENS TITTEL:

Kombinert MOM B og MOM C-resipientundersøkelse av Salpevika,
Tysnes kommune, sommeren 2005

FORFATTERE:

Erling Brekke, Geir Helge Johnsen & Bjarte Tveranger

OPPDRAKSGIVER:

Heggland Smolt AS, ved Rasmus Kåre Storebø, 5392 Storebø

OPPDRAGET GITT:

2. juni 2005

ARBEIDET UTFØRT:

2005

RAPPORT DATO:

30. november 2005

RAPPORT NR:

858

ANTALL SIDER:

33

ISBN NR:

ISBN 82-7658-452-7

EMNEORD:

- Resipientundersøkelse
- MOM C
- Sjø-områder
- Tysnes kommune

SUBJECT ITEMS:

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen
Foretaksnummer 843667082-MVA
www.radgivende-biologer.no
Telefon: 55 31 02 78 **Telefax:** 55 31 62 75 **E-post:** post@radgivende-biologer.no

FORORD

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag fra Heggland Smolt AS gjennomført en kombinert MOM B og C-resipientvurdering av Salpevika i Tysnes kommune sommeren 2005. Heggland Smolt AS slipper avløpet fra settefiskanlegget ut på 13 meters dyp i Salpevika. Resipientforholdene i Salpevika er undersøkt fire ganger tidligere, henholdsvis **17. januar 1989** av Universitetet i Bergen (Johannessen 1989), **28. april 1999** av Sunnhordland Havbruksring (Tveranger 2000) og av Rådgivende Biologer AS **29. november 2000** (Johnsen 2001) og **12. juni 2002** (Johnsen m.fl. 2001). Den foreliggende undersøkelsen er gjennomført på tilsvarende vis som undersøkelsen i 2002, som inneholdt elementer fra alle de tre forutgående undersøkelsene.

Feltbefaringen ble foretatt 22. juni 2005. Det ble det målt temperatur, saltholdighet og oksygenforhold i vannsøylen, samlet inn vannprøver og det ble foretatt prøvetaking og vurdering av sediment, samt samlet inn prøver av bunnfauna ved og utenfor avløpet fra anlegget.

Rådgivende Biologer AS takker Heggland Smolt AS, ved Rasmus Kåre Storebø, for oppdraget.

Bergen, 30. november 2005.

INNHALDSFORTEGNELSE

Forord	Side 2
Innholdsfortegnelse	Side 2
Sammendrag	Side 3
Innledning	Side 4
Heggland Smolt AS	Side 6
Salpevika og Humlevika	Side 7
Metode	Side 9
Miljøtilstanden 22. juni 2005	Side 14
Sjiktning og oksygenforhold	Side 14
Næringsrikhet	Side 15
Sedimentanalyser	Side 16
Utvidet MOM B-undersøkelse ved avløp	Side 20
Vurdering av resultater	Side 25
Referanser	Side 30
Vedleggstabeller	Side 31

SAMMENDRAG

Brekke, E., G. H. Johnsen & B. Tveranger 2005

Kombinert MOM B og MOM C-resipientundersøkelse av Salpevika, Tysnes kommune, sommeren 2005. Rådgivende Biologer AS, rapport 858, 33 sider, ISBN 82-7658-452-7

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag fra Heggland Smolt AS gjennomført en kombinert MOM B og MOM C resipientundersøkelse av Salpevika. Heggland Smolt AS har en konsesjon på 2.000.000 stk sjødyktig settefisk. Utslippsledningen fra Heggland Smolt AS er plassert på 14 meters dyp nær det dypeste punktet på 15 meter i Salpevika, og det er gjennomslag til overflaten som et oppkomme. Feltbefaringen ble foretatt 22. juni 2005, og undersøkelsene er gjennomført i henhold til Norsk Standard (NS 9410). Resultatene er også vurdert i henhold til SFTs klassifisering.

Salpevika ligger mellom Kjærefjorden og Humlevika utenfor, og munningen mot Humlevika har et største terskeldyp på seks meter. Forholdene i Salpevika er i dag vesentlig forskjellig fra den opprinnelige naturtilstanden, da det var korte hyppige perioder med oksygenfritt, H₂S-holdig dypvann i bassenget og uten dyreliv i sedimentet. Slik er det ikke i Salpevika i dag, fordi utslippet fra Heggland Smolt AS fører til at dypvannet bak terskelen i munningen ikke får stagnere. Det ble målt tilnærmet samme saltholdighet i vannsøylen fra topp til bunn, noe som også ble funnet ved undersøkelsene juni 2002 (Johnsen m.fl. 2002), november 2000 (Johnsen 2001) og januar 1989 (Johannessen 1989).

Målingene av næringsstoff viste i hovedsak lave konsentrasjoner både i Salpevika og Humlevika, og tilsvarende resultat ble funnet i 2000 og 2002, begge gangene hovedsakelig klassifisert til SFTs beste tilstandsklasse I= ”meget god” (SFT 1997). Oppholdstid på alt vannet i Salpevika er omtrent 2 døgn, og det dykkete ferskvannsutslippet medfører at også dypvannet i Salpevika inngår i denne hyppige utskiftingen. I den utenforliggende Humlevika har overflatevannet over terskeldypet en beregnet oppholdstid på 3,0 døgn. Det betyr at tilførslene av næringsstoff til overflatevannet ikke får tid til å virke særlig lenge her, og resultatene viser at fortynningen av utslippet er betydelig allerede i utløpet av Salpevika. Sjøområdene ved utslippet har således en meget god resipientkapasitet for tilførsler av næringsstoff.

Sedimentet ved det dypeste i Salpevika var tydelig preget av tilførslene, reflektert både i glødetap, bunnfauna og sedimentkvalitet for øvrig. Vurdert med hensyn på forekomst av bunndyr på 0,2 m² tilsvarer det henholdsvis SFT-tilstand III = ”mindre god” for prøven i Salpevika mot I = ”meget god” for prøven ute i Humlevika. Etter MOM-vurdering tilsvarer de to henholdsvis miljøtilstand 2 = ”middels påvirket” og miljøtilstand 1= ”lite påvirket”. Den observerte tilstanden i dypområdet i Salpevika er imidlertid ikke hovedsaklig et resultat av tilførslene fra fiskeanlegget, fordi tidligere store tilførsler av sagflis til vika i seg selv gir et høyt innhold av ikke nedbrutt organisk materiale, og dermed høyt glødetap. Denne type sediment gir heller ikke næringsgrunnlag for en rik bunnfauna. Det var en klar forbedring av forholdene i sedimentet mellom 1989 og 1999, mens tilstanden har endret seg mindre mellom de fire undersøkelsene de siste seks årene.

Utslipet fra Heggland Smolt AS har en lokal effekt i Salpevika, men resultatene viser at utenfor terskelen mot Humlevika var det gode forhold med lite akkumulering av organisk materiale og ”meget god” tilstand for dyresamfunnet. Innholdet av næringssalter i overflatevannet var også lavere inne i Salpevika enn i Humlevika, noe som viser at utslippet i liten grad påvirker forholdene i Humlevika. Resultatene samsvarer med tidligere undersøkelser. Det er ikke sannsynlig at tilstanden i dypvannet i Humlevika påvirkes av tilførsler fra Heggland Smolt AS.

Dagens utslipp av organisk materiale og næringsstoff til Salpevika fra Heggland Smolt AS har ikke store miljømessige konsekvenser for dyrelivet i resipienten. Både denne og foregående undersøkelser utført i 1999 (Tveranger 2000), 2000 (Johnsen 2001) og 2002 (Johnsen m.fl. 2002), viser at det er dyreliv i Salpevika, og ikke fraværende som for 16 år siden (Johannessen 1989), til tross for en betydelig økning i utslippene fra Heggland Smolt AS i perioden.

INNLEDNING

Fjorder og poller er pr. definisjon adskilt fra de tilgrensende utenforliggende sjøområder med en terskel i munningen/utløpet. Dette gjør at vannmassene innenfor ofte er sjiktet, der dypvannet som er innestengt bak terskelen kan være stagnerende, mens overflatevannet hyppig skiftes ut fordi tidevannet to ganger daglig strømmer fritt inn og ut. Salpevika er resipient for Heggland Smolt AS. I Salpevika har man en terskel som stenger "dypvannet" inne, men denne er så lav at man trolig aldri har stagnerende vannmasser i de dypereliggende områdene. I Humlevika har man en terskel som stenger dypvannet inne, slik at en her periodevis kan ha stagnerende vannmasser i de dypereliggende områdene.

"Overflatelaget" vil ofte kunne være preget av ferskvannstilrenning slik at det utgjør et varierende tykt *brakkvannslag* på toppen. Under dette finner vi "*tidevannslaget*" som er påvirket av det to ganger daglige inn- og utstrømmende tidevannet. Fra noen meter under terskelnivået finner vi "*dypvannet*", som også ofte kan være sjiktet i et "*øvre- og nedre- dypvannslag*" grunnet forskjeller i temperatur, saltholdighet og oksygenforbruk. I Humlevika har man et *dypvannslag*, dvs et sjikt med periodevis stagnerende vannmasser fra ca 50 - 60 m dyp og nedover.

I det stabile dypvannet innenfor tersklene i slike sjøbasseng (poller), er tettheten vanligvis større enn i det daglig innstrømmende tidevannet, og her foregår det to viktige prosesser. For det første forbrukes oksygenet i vannmassene jevnt på grunn av biologisk aktivitet knyttet til nedbryting av organisk materiale. For det andre skjer det en jevn tetthetsreduksjon i dypvannet på grunn av daglig påvirkning av det inn- og utstrømmende tidevannet. Dersom munningen er kanalformet, vil det inn- og utstrømmende tidevannet kunne få en betydelig fart, og påvirkningen på de underliggende vannmassene vil kunne bli stor. Når tettheten i dypvannet er blitt så lav at den tilsvarende tidevannets tetthet, kan dypvannet skiftes ut med tilførsel av friskt vann helt til bunns i bassenget.

Vinterstid kan også tyngre og saltre vannmasser komme nærmere overflaten i sjøområdene langs kysten, fordi ferskvannspåvirkningen til kystområdene da er liten og brakkvannslaget blir tynnere. Dersom dette tyngre vannet kommer opp over terskelnivå, vil en kunne få en fullstendig utskifting av dypvannet innenfor terskelen. Hyppigheten av slike utskiftinger avhenger i stor grad av terskelens dyp,- jo grunnere terskel jo sjeldnere forekommer utskiftinger av denne typen. I Humlevika får man bunnvannsfornyng trolig en gang i året.

I slike innestengte dypvannsområder, som altså finnes naturlig i alle fjorder under fjordens terskelnivå, vil balansen mellom disse to nevnte prosessene avgjøre miljøtilstanden i dypvannet. Dersom oksygenforbruket er stort, slik at oksygenet blir brukt opp raskere enn tidsintervallet mellom dypvannsutskifting, vil det oppstå oksygenfrie forhold med dannelse av hydrogensulfid i dypvannet. Under slike forhold er den biologiske aktiviteten mye lavere, slik at nedbryting av organisk materiale blir sterkt redusert. Motsatt vil en hele tiden ha oksygen i dypvannet dersom oksygenforbruket i dypvannet enten er lavt eller tidsintervallet mellom dypvannsutskiftingene er kort. Det er utviklet modeller for teoretisk beregning av balansen mellom disse to forholdene (Stigebrandt 1992).

Alt organisk materiale som blir tilført et sjøområde, enten fra de omkringliggende landområder, fra det daglig innstrømmende tidevannet, eller fra sjøområdets egen produksjon av alger og dyr i vannmassene, bidrar til en sedimentasjon av dødt organisk materiale som legger seg på bunnen. Dette er en naturlig prosess, som kan øke i omfang dersom store mengder organisk materiale tilføres. Viktige kilder kan være kloakk eller for eksempel spillfôr og fekalier fra fiskeoppdrettsanlegg. Store eksterne tilførsler av organisk nedbrytbart materiale til dypvannet i sjøområdene vil imidlertid øke oksygenforbruket i dypvannet. Dersom oksygenet i dypet er brukt opp, vil sulfatreducerende bakterier fortsette nedbrytingen, og den giftige gassen hydrogensulfid (H_2S) dannes. Dyreliv vil ikke forekomme under slike betingelser. Mange bassenger vil også fra naturens side ha en balanse som gjør at slike situasjoner vil opptre uten ekstra ytre påvirkning. Det behøver derfor ikke være et tegn på "overbelastning" at det forekommer hydrogensulfid i dypvannet og i sedimentene. I Humlevika vil det kunne

bli oksygenfrie forhold nedover i dypet, fordi de dypereliggende vannmassene (som ikke er resipient for Heggland Smolt AS) er stengt inne bak flere terskler.

Glødetap er et mål for mengde organisk stoff i sedimentet, og en regner med at det vanligvis er 10% eller mindre i sedimenter der det foregår normal nedbryting av organisk materiale. Høyere verdier forekommer i sedimenter der det enten er så store tilførsler av organisk stoff at den biologiske nedbrytingen ikke greier å holde følge med tilførslene, eller i områder der nedbrytingen er naturlig begrenset av for eksempel oksygenfattige forhold. Innhold av organisk karbon (TOC) i sedimentet er et annet mål på mengde organisk stoff, og dette er vanligvis omtrent 0,4 x glødetapet. Den forventede naturtilstanden for sedimenter i sjøbasseng der det er gode nedbrytingsforhold ligger på rundt 30 mg C/g eller mindre.

Sedimentprøver og bunndyrprøver fra de dypeste områdene i de undersøkte sjøbassengene gjenspeiler derfor disse forholdene på en utfyllende måte. Basseng som har periodevis og langvarige oksygenfrie forhold, vil ikke ha noe dyreliv av betydning i de dypeste områdene, og vil dermed ha en sterkt redusert nedbryting av organisk materiale på bunnen. Da vil innholdet av ikke-nedbrutt organisk materiale være høyt i sedimentprøver. Statens forurensningstilsyn (SFT) har utarbeidet oversiktlige klassifikasjonssystemer for vurdering av disse forholdene.

De ulike typer tilførsler inneholder også plantenæringsstoffer, der de ulike typene kilder har hver sin spesifikke sammensetning av næringsstoffene, uttrykt ved forholdstallet mellom nitrogen og fosfor. Vanligvis venter en å finne et forholdstall på 15 - 20 i lite påvirkete systemer (vassdrag og overflatelag i fjorder), altså at en har 15 til 20 ganger så høye konsentrasjoner av nitrogen som fosfor. Dersom en finner betydelige avvik fra dette, tyder det på at en har dominans av enkelte tilførselskilder til denne aktuelle resipienten. For eksempel vil avrenning fra fjell, myr og skog på Vestlandet kunne ha et N:P-forholdstall på hele 70, mens avløp fra boliger og for eksempel gjødsel fra kyr har et forholdstall på rundt 7. Særlig fosfor-rike utslipp er silosaft, med et forholdstall på 1,5 mens tilførsler fra fiskeoppdrett ligger rundt 5. Det samme gjør gjødsel fra gris.

Næringsmengdene måles direkte ved å ta vannprøver av overflatelaget, dit det meste av tilførslene kommer, og analysere disse for innhold av næringsstoffene fosfor og nitrogen. Disse stoffene utgjør viktige deler av næringsgrunnlaget for algeplanktonet i sjøområdene, og beskriver sjøområdets "næringsrikhet". SFT har utarbeidet oversiktlige klassifikasjonssystemer for vurdering av disse forholdene også.

Den målbare påvirkningen av næringstilførsler vil imidlertid være svært avhengig av hyppigheten av overflatevannets utskifting. Selv store tilførsler kan "skylles bort" dersom vannmassene skiftes ut nærmest daglig, og vannkvaliteten vil i større grad være preget av kystvannets kvalitet enn av de lokale tilførslene. Motsatt blir det dersom vannutskiftingen er ekstremt liten, - da kan selv små tilførsler utgjøre en betydelig påvirkning på miljøkvaliteten i sjøområdet. Det finnes også gode modeller for å beregne vannutskiftingen i slike sjøområder (Stigebrandt 1992).

Det er utviklet en standardisert prøvetakingsmetodikk for vurdering av belastning fra fiskeoppdrettsanlegg, som også inkluderer undersøkelser i resipienter (MOM-undersøkelsene). MOM (Matfiskanlegg, Overvåking og Modelling) består av et overvåkingsprogram (A, B og C-undersøkelser) og en modell for beregning av lokalitetens bæreevne og fastsetting av lokalitetens produksjonskapasitet. For nærmere beskrivelse av overvåkingsprogrammet vises til «Konsept og revidert utgave av overvåkningsprogrammet 1997» (Hansen m. fl., 1997) og Norsk Standard for miljøovervåking av marine matfiskanlegg (NS 9410). Denne resipientundersøkelsen følger i all hovedsak opplegget for en MOM C-undersøkelse, som er en undersøkelse av bunntilstanden fra anlegget/utslippet (nærsonen) og utover i resipienten (fjernsonen). Det er i tillegg utført en utvidet MOM B-undersøkelse fra umiddelbart ved utslippet og i økende avstand utover i resipienten for å kartlegge det lokale påvirkningsområdet.

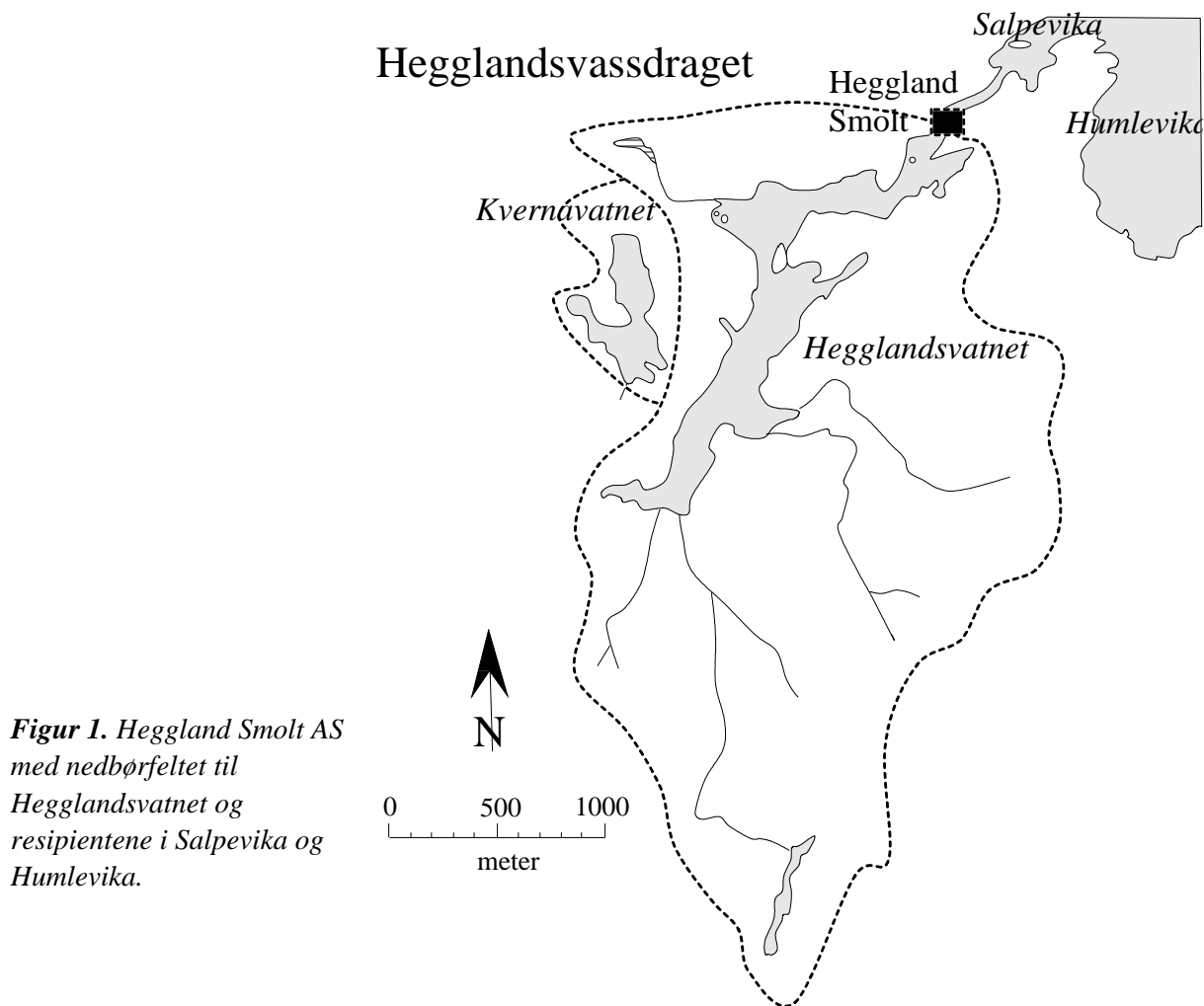
HEGGLAND SMOLT AS

Hegglan Smolt AS har vært i drift siden 1986 og har i dag en konsesjon på 2.000.000 stk sjødyktig settefisk. Anlegget ligger ved Kjærefjorden ved utløpet av Hegglandsvatnet nord i Tysnes (**figur 1**). Anlegget har denne innsjøen som hovedvannkilde, men har i tillegg et sjøvannsinntak 1100 meter fra anlegget ute på 30 meters dyp i Humlevika.

Nedbørsfeltet til Hegglandsvatnet, med tillegg av reservemagasinet i Kvernavatnet, er på 6,2 km² med en spesifikk avrenning på omtrent 60 l / sekund / km² (NVE 1987). Dette gir en samlet årlig avrenning på 11,73 millioner m³, eller 22,3 m³/minutt i gjennomsnitt over året.

Anlegget er i høyde plassert midt mellom Hegglandsvatnet og sjøen, slik at det er naturlig fall på ca 3 meter ut av anlegget. Avløpsvannet blir ført urensset ut 320 meter fra anlegget på 14 meters dyp i Salpevika. Avløpsrøret er et 500 mm PEH-rør.

Antall fisk i anlegget var ca 950 000 i 2004, og det har vært utført ca 70 tonn årlig ved anlegget de tre foregående årene (2002 - 2004). Også i årene 1996 - 1998 ble det utført i underkant av 70 tonn årlig (Tveranger 2000), så produksjonen har vært ganske stabil det siste tiåret.



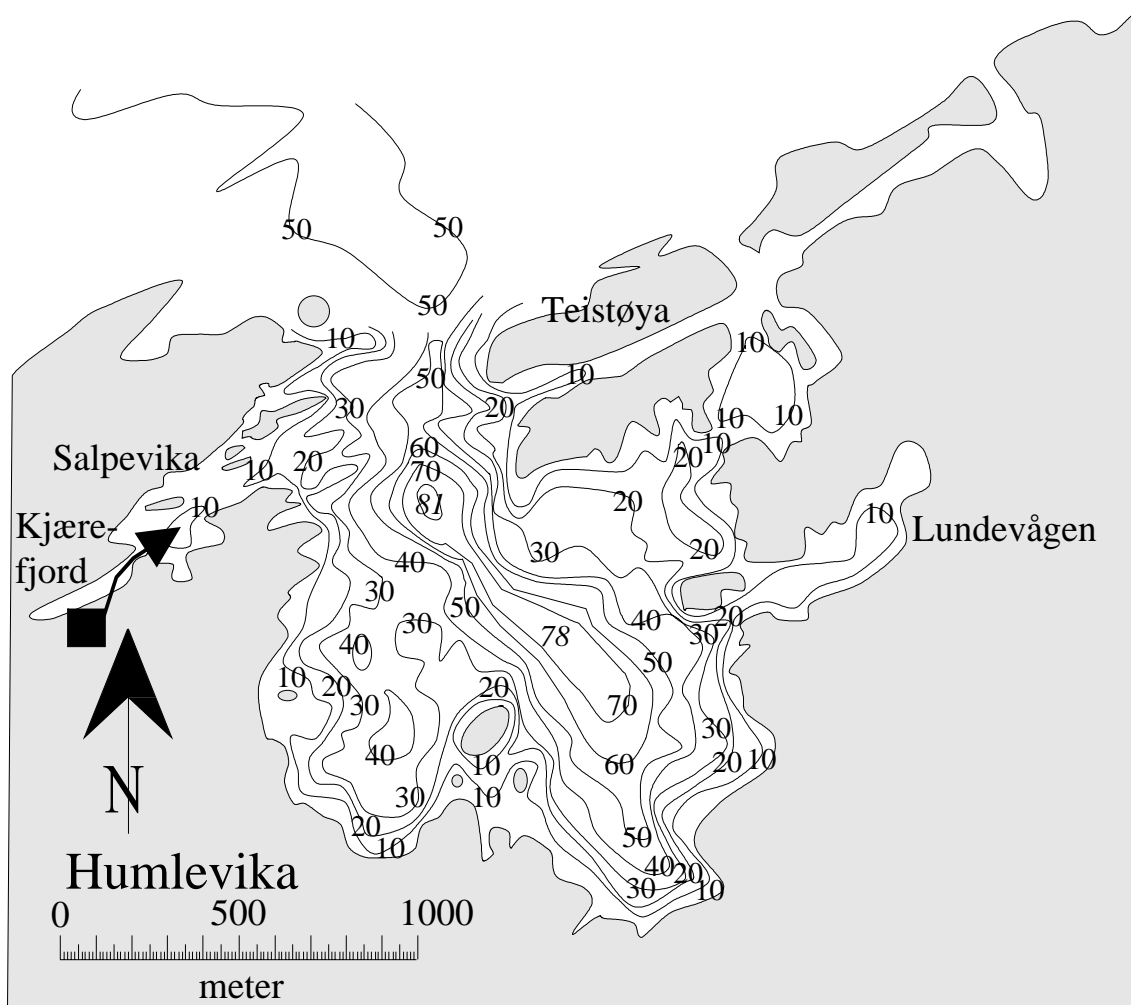
Figur 1. Heggland Smolt AS med nedbørfeltet til Hegglandsvatnet og resipientene i Salpevika og Humlevika.

SALPEVIKA OG HUMLEVIKA

Heggland Smolt AS ligger ved Kjærefjorden, en 300 meter lang og 6 meter dyp fjord inn fra Salpevika. Terskelen mellom Kjærefjorden og Salpevika er på under 2 meters dybde og vel 10 meters bredde.

Salpevika ligger mellom Kjærefjorden og Humlevika utenfor, som er omtrent 400 meter lang og oppunder 250 meter bred, og har et overflateareal på 0,09 km². Største dyp er 15 meter, og volumet innenfor terskelen er på 560.000 m³ (**figur 2 og tabell 1**). Salpevika er nesten delt i to på langs av en nordøstlig rygg mellom den innerste øyen og øyrekken ytterst ved munningen av Salpevika. Her er det dybder på mellom 1 og 2 meter. Munningen ut mot Humlevika har det største terskeldyp på seks meter langs fjellet på sørsiden i sundet, mens det blir jevnt grunnere inn mot øygruppen nord i sundet. På innsiden av øyene er det dybder på under 5 meter. Sundet har en samlet bredde i overflaten på omtrent 100 meter (**tabell 3**).

Salpevika munner ut nordvest i Humlevika, som igjen har sin åpning nordover mot Bjørnefjorden. Humlevika er 81 meter dyp, har et samlet overflateareal på nesten 2 km², og et volum innenfor terskelen på hele 54 millioner m³ (**figur 2 og tabell 2**). Humlevika har et terskeldyp på omtrent 40 meter, og munningen er omtrent 500 meter vid. Det er i tillegg også noen trange passasjer ut av Humlevika i nordøst (**tabell 4**).



Figur 2. Dybdekart over Humlevika med Salpevika og Kjærefjorden, dels basert på kotekart tegnet etter sjøkartverkets hydrografiske originaler, dels på opploddingen i Salpevika (Johnsen 2001).

Tabell 1. Morfologisk beskrivelse av Salpevika med Kjørffjorden innenfor Humlevika på Tysnes. Tabellen er hentet fra Johnsen (2001).

DYP / SJKT meter	AREAL km ²	VOLUM millioner m ³	VOLUM UNDER millioner m ³
0 / 0-5	0,088	0,345	0,560
5 / 5-10	0,049	0,168	0,218
10 / 10-15	0,018	0,047	0,047
15	0,001	-	0

Tabell 2. Morfologisk beskrivelse av Humlevika (inkludert Salpevika) på Tysnes. Tabellen er hentet fra Johnsen (2001).

DYP / SJKT meter	AREAL km ²	VOLUM millioner m ³	VOLUM UNDER millioner m ³
0 / 0-10	1,94	16,92	54,00
10 / 10-20	1,45	12,84	37,07
20 / 20-30	1,12	9,76	24,23
30 / 30-40	0,83	6,70	14,47
40 / 40-50	0,51	4,08	7,77
50 / 50-60	0,31	2,35	3,68
60 / 60-70	0,17	1,11	1,33
70 / 70-78	0,06	0,22	0,22
78	0	-	0

Tabell 3. Beskrivelse av sundet inn til Salpevika fra Humlevika. Målingene baserer seg på sjøkartverkets oppgitte dybder. Tabellen er hentet fra Johnsen (2001).

DYP meter	SAMLET BREDDE PÅ DYP meter	AREAL UNDER DYP m ²
0	100	300
3	50	75
6	0	0

Tabell 4. Beskrivelse av sundet inn til Humlevika. Målingene baserer seg på sjøkartverkets oppgitte dybder. Tabellen er hentet fra Johnsen (2001).

DYP meter	SAMLET BREDDE PÅ DYP meter	AREAL UNDER DYP m ²
0	600	9950
10	300	5450
20	220	2850
30	150	1000
40	50	0

METODE

Det ble gjennomført en kombinert MOM B- og MOM C-resipientundersøkelse 22. juni 2005 ved utslippet fra Heggland Smolt AS i Salpevika i forbindelse med utredningen av miljøpåvirkningen i nærsone og utover i resipienten (**tabell 5**). Hovedbestanddelene i undersøkelsen består av en analyse av hydrografi i vannsøylen, sedimentkvalitet (kornfordeling, kjemiske analyser) og bunndyrsamfunnets sammensetning. Ved denne resipientundersøkelsen analyseres i tillegg næringsrikhet i overflatevannet, og både prøvetaking og vurdering utføres etter NS 9410, NS 9422, NS 9423 og i henhold til SFTs klassifisering av miljøkvalitet (SFT 1993; 1997).

Tabell 5. Oversikt over soneinndelingen i MOM-systemet. Tabellen beskriver påvirkningskilde og potensiell påvirkning, samt hvilke undersøkelser som inngår i overvåkingen og hvilke typer miljøstandarder som anvendes (fra NS 9410).

	Nærsone	Overgangssone	Fjernsone
Definisjon	Område under og nær et anlegg der det meste av større partikler sedimenterer. Denne strekker seg normalt ikke mer enn 15 meter fra anlegget.	Område mellom nærsone og fjernsone der mindre partikler sedimenterer.	Område utenfor overgangssonen.
Påvirkningskilde	Oppdrettsanlegget.	Oppdrettsanlegget er hovedpåvirker, men andre kilder kan ha betydning.	Oppdrettsanlegget er en av flere kilder.
Potensiell påvirkning	Store endringer i dyresamfunn og kjemiske forhold i bunnen. Begroing av installasjoner, redusert oksygeninnhold i merdene	Gradvis mindre påvirkning	Økt primærproduksjon og oksygenforbruk i dypvannet.
Overvåking	Primært A og B	Primært C	Primært C
Miljøstandarder	Egne grenseverdier gitt i NS 9410	Egne grenseverdier gitt i NS 9410	SFT: Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann

MOM C-resipientundersøkelsen

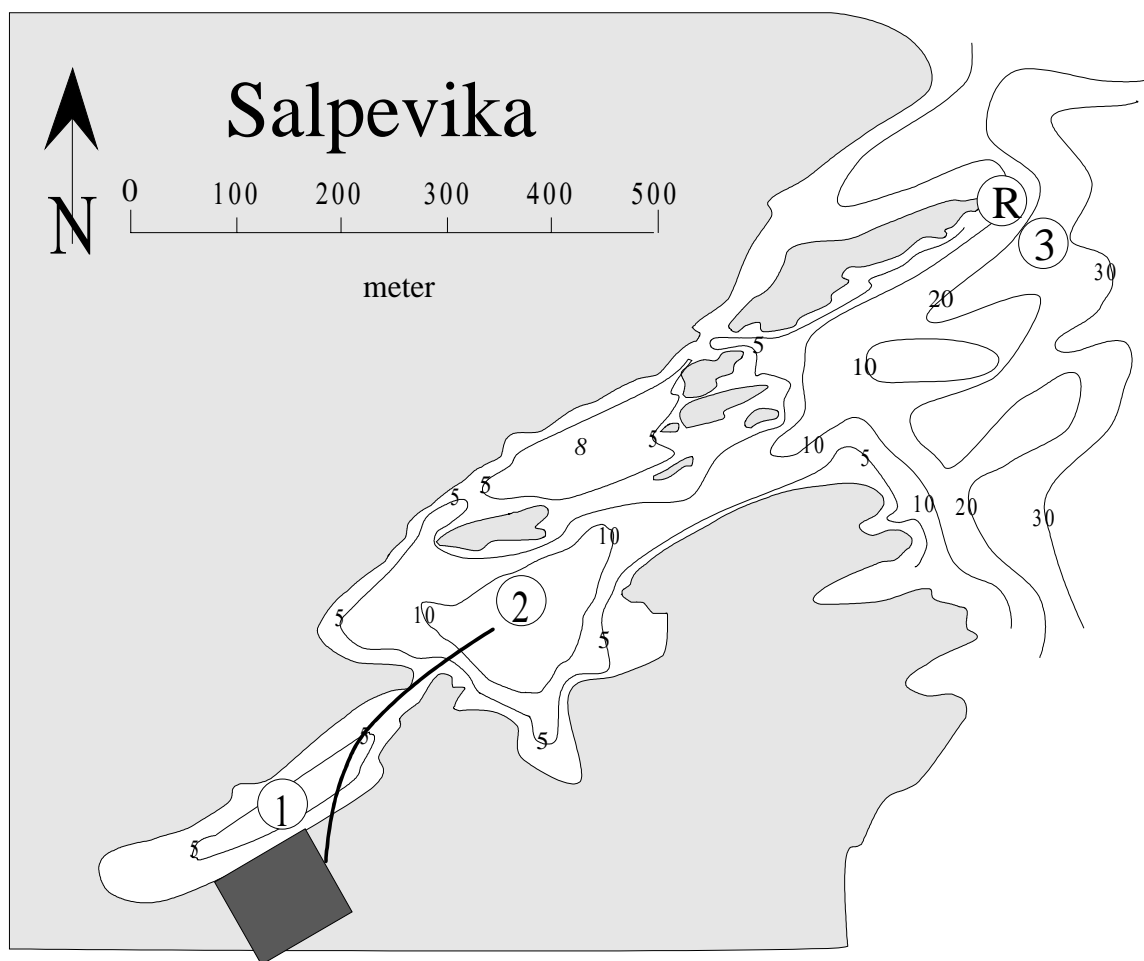
Undersøkelsene er utført på samme steder som ved undersøkelsen i 2002 (Johnsen m.fl. 2002), og posisjoner er tatt ut med GPS.

Overflatevannprøver for måling av næringsrikhet ble tatt på stasjon R1 (Kjærefjorden), stasjon R2 (Salpevika) og stasjon R3 (i Humlevika utenfor Salpevika), (**figur 3**). Prøvene ble innsamlet med vannhenter på 1 meters dyp og umiddelbart fiksert med 4 mol svovelsyre. Prøvene ble siden analysert for total fosfor, total nitrogen, fosfat -P og nitrat-N.

Temperatur, oksygeninnhold og saltinnhold i vannsøylen ble målt ved det dypeste punktet i henholdsvis Humlevika (ca 80 meters dyp) og Salpevika (ca 15 meters dyp) ved hjelp av en YSI 600 XLM nedsenkbar sonde som logget hvert 30. sekund (jf. **figur 2**).

Ved MOM C-undersøkelsen ble sedimentet undersøkt på to ulike steder, like ved utslippet i Salpevika (stasjon R2) og på stasjon R3, som ligger i skråningen mellom Salpevika og det dypeste partiet av Humlevika (**figur 3, tabell 6**). Stasjon R1 (Kjærefjorden) ligger rett utenfor anlegget til Heggland Smolt AS og har dybder på 6 meter og en grunn terskel på vel 2 meter ut til Salpevika. Avløpet fra anlegget ledes gjennom Kjærefjorden og ut i Salpevika, og i Kjærefjorden ble det derfor bare tatt overflatevannprøve og ingen grabbundersøkelser av bunnforholdene.

To parallelle sedimentprøver ble tatt med en 0,1 m² stor vanVeen-grabb på hvert av de to undersøkte stedene. En liten andel materiale ble tatt ut fra de 2-3 øverste cm i hver prøve for analyse av henholdsvis kornfordeling og kjemiske parametre der sediment fra de to parallellene ble slått sammen til en blandeprøve før analysering. Gjenværende sediment i prøvene for hver av de to parallelle prøvene ble vasket gjennom en rist med hull diameter 1 mm, og gjenværende materiale ble fiksert med formalin tilsatt bengalrosa og tatt med til lab for analyse av fauna.



Figur 3. Stasjonene R1 - R3 i MOM C-resipientundersøkelsen av sjøområdene utenfor avløpet fra Heggland Smolt AS, 22. juni 2005. Posisjonsreferansepunktet er markert med 'R' (N 60° 03,998' / Ø 5° 36,627' WGS 84).

Tabell 6. Posisjoner for stasjonene ved den utvidete MOM C-resipientundersøkelsen av Salpevika i Tysnes kommune, 22. juni 2005.

Stasjon:	Kjærefjorden - R1	Salpevika - R2	Humlevika - R3
Posisjon nord	60° 03,701'	60° 03,797'	60° 03,983'
Posisjon øst	5° 35,956'	5° 36,156'	5° 36,730'
Dybde	6	13	31

For vurdering av sedimentkvalitet ble det tatt ut prøvemateriale fra hver prøvestasjon for kornfordelingsanalyse og kjemiske analyser (tørstoff, glødetap, total nitrogen (totN) og total fosfor (totP)). Kornfordelingsanalysen måler den relative andelen av leire, silt, sand, og grus i sedimentet og utføres etter standard metoder (NS 9423). Bearbeiding av de resterende kjemiske analysene utføres også i henhold til NS 9423. Innholdet av organisk karbon (TOC) i sedimentet beregnes som $0,4 \times \text{glødetap}$, men for å kunne benytte klassifiseringen i SFT (1997) skal konsentrasjonen av TOC i tillegg standardiseres for teoretisk 100% finstoff etter nedenforstående formel, der F = andel av finstoff (leire + silt) i prøven.:

$$\text{Normalisert TOC} = \text{målt TOC} + 18 \times (1-F)$$

I forbindelse med MOM C-undersøkelsen ble det også foretatt sensoriske vurderinger av prøvematerialet samt måling av pH/Eh på samme måte som ved en MOM B-undersøkelse (se nedenfor). Disse opplysningene blir i hovedsak brukt som tilleggsopplysninger for å støtte oppunder en god og helhetlig vurdering av resipienten.

Det er utført en kvantitativ og kvalitativ undersøkelse av makrofauna (dyr større enn 1 mm). Vurderingen av bunndyrssammensetningen gjøres på bakgrunn av diversiteten i prøven. Diversitet omfatter to ting, artsrikdom og jevnhet, (fordelingen av antall individer pr art). Disse to komponentene er sammenfattet i Shannon-Wieners diversitetsindeks (Shannon & Weaver 1949), og denne er brukt for å angi diversitet for de prøvene (C1 og C2) som er tatt i anleggets fjernsone i resipienten:

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

der $p_i = n_i/N$, og n_i = antall individer av arten i , N = totalt antall individer og S = totalt antall arter.

Dersom artsantallet er høyt, og fordelingen mellom artene er jevn, blir verdien på denne indeksen (H') høy. Dersom en art dominerer og/eller prøven inneholder få arter blir verdien lav. Prøver med jevn fordeling av individene blant artene gir høy diversitet, også ved et lavt artsantall. En slik prøve vil dermed få god tilstandsklasse selv om det er få arter (Molvær m. fl. 1997). Diversitet er også et dårlig mål på miljøtilstand i prøver med mange arter, men hvor svært mange av individene tilhører en art. Diversiteten blir lav som følge av skjev fordeling av individene (lav jevnhet), mens mange arter viser at det er gode miljøforhold. Ved vurdering av miljøforholdene vil en i slike tilfeller legge større vekt på artsantallet og hvilke arter som er til stede enn på diversitet.

Jevnheten av prøven på stasjon C1 og C2 er også kalkulert, ved Pielous jevnhetsindeks (J):

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

der $H'_{\max} = \log_2 S$ = den maksimale diversitet som kan oppnåes ved et gitt antall arter, S.

Beregningen av diversitetsindekser m. m. er minimumsanslag, da en liten andel av hver prøve ble tatt ut til analysing av kornfordeling og kjemisk analyse før prøven ble analysert for innhold av dyr. Det reelle tallet på arter og individer i prøvene kan derfor trolig være litt høyere enn det som er påvist.

Helt opp til utslippet vil man på grunn av den store lokale påvirkningen ofte kunne finne få arter med ujevn individfordeling i prøvene. Diversitetsindekser blir da lite egnet til å angi miljøtilstand. Helt opp til utslippet (i nærsonen) og i overgangssonen gjøres vurderingen derfor på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen etter nærmere beskrivelse i NS 9410 (**tabell 7**).

Tabell 7. Grenseverdier benyttet i nærsonen og overgangssonen til vurdering av prøvestasjonens tilstandsklasse (fra NS 9410).

Miljøtilstand 1	-Minst 20 arter av makrofauna (>1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² ; -Ingen av artene må utgjøre mer enn 65% av det totale individantallet.
Miljøtilstand 2	-5 til 19 arter av makrofauna (>1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² ; -Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² ; -Ingen av artene må utgjøre mer enn 90 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 3	-1 til 4 arter av makrofauna (>1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² .
Miljøtilstand 4 (uakseptabel)	-Ingen makrofauna (>1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ²

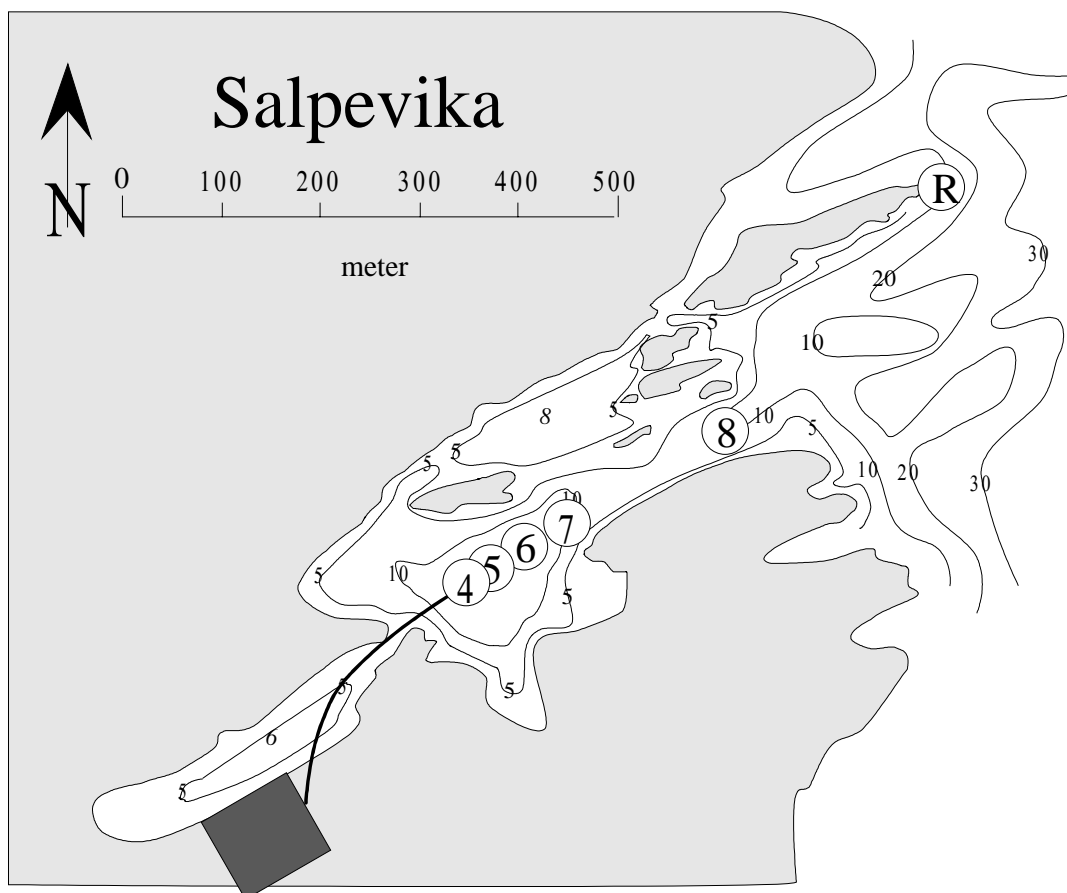
Alle kjemiske analyser samt kornfordelingsanalyse er utført av Chemlab Services AS. Bunndyrprøvene er sortert av Christine Johnsen og artsbestemt ved Lindesnes Biolab av cand. scient. Inger D. Saanum.

MOM B-undersøkelsen

For å få mer utfyllende informasjon om sedimenttilstanden rundt avløpet ble det tatt grabbhogg med en liten grabb på fem ulike stasjoner fra umiddelbart over avløpet og i økende avstand utover mot øst i resipienten i Salpevika (**figur 4**). Det ble benyttet en 0,028 m² stor vanVeen grabb, og prøvene ble i hovedsak undersøkt etter standard MOM B-metodikk (NS 9410).

I tillegg til den standard MOM B-metodikken, ble det også tatt ut en liten andel materiale fra hver enkelt prøve for analyse av tørrstoff og glødetap, og bunnfaunaen ble ikke vurdert i felt, men fiksert og tatt med til lab for videre analyse på samme måte som for C-undersøkelsen.

I en standard MOM B-undersøkelse blir bunnsedimentet undersøkt med hensyn på tre sedimentparametre, som alle blir tildelt poeng etter hvor mye sedimentet er påvirket av tilførsler av organisk stoff. **Faunaundersøkelse (gruppe I)** består i å konstatere om dyr større enn 1 mm er til stede i sedimentet eller ikke. Ved denne undersøkelsen ble dyrene i tillegg tatt med og artsbestemt i laboratoriet. **Kjemisk undersøkelse (gruppe II)** av surhet (pH) og redokspotensial (Eh) i overflaten av sedimentet blir gitt poeng etter en samlet vurdering av pH og Eh etter spesifisert bruksanvisning i NS 9410. **Sensorisk undersøkelse (gruppe III)** omfatter forekomst av gassbobler og lukt i sedimentet, og beskrivelse av sedimentets konsistens og farge, samt grabbvolum og tykkelse av deponert slam. Her blir det gitt opp til 4 poeng for hver av egenskapene. **Vurderingen** av lokalitetens tilstand blir fastsatt ved en samlet vurdering av gruppe I – III parametre etter NS 9410.



Figur 4. Prøvetakingsstasjoner (nummerert fra 4 - 8) for MOM B-undersøkelsen utenfor avløpet fra Hegglund Smolt AS 22. juni 2005. Posisjonsreferansepunktet (R) er det samme som for C-undersøkelsen.

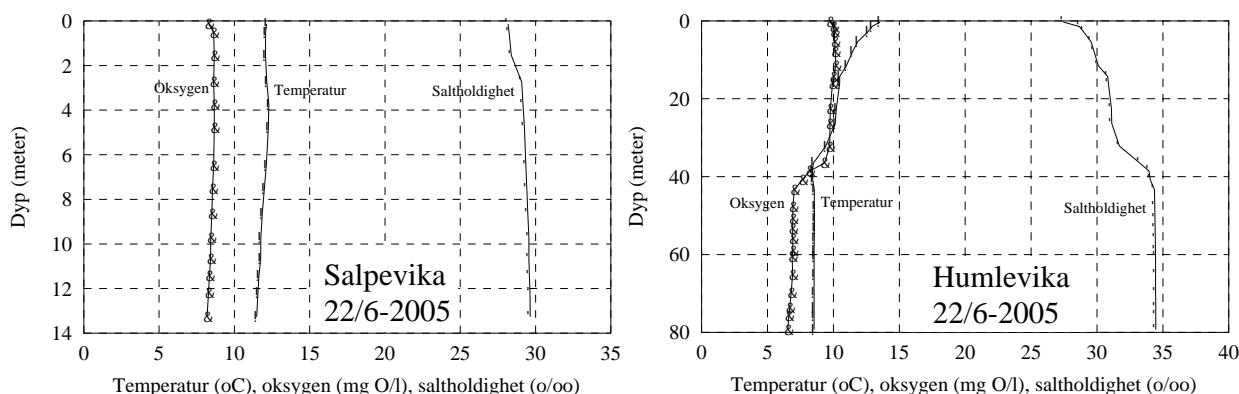
MILJØTILSTANDEN 22. JUNI 2005

SJKTNING OG OKSYGENFORHOLD

Den 22. juni 2005 ble det målt temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold i vannsøylen både ved det dypeste punktet i Salpevika (stasjon R2) og ved det dypeste i den utenforliggende Humlevika, ca 0,5 km sørøst for utløpet av Salpevika. Skillet mellom *overflatelaget* og *tidevannslaget* var ikke spesielt markert på prøvetakingstidspunktet, men det var noe ferskvannspåvirkning de øverste meterene, da saltholdigheten økte fra 27,5 i overflaten til 29 på 3 meters dyp, og videre til 30,8 på 14 meters dyp, der saltholdigheten stabiliserte seg noe (**figur 5**). *Tidevannslaget* gikk ned til ca 40 meters dyp i Humlevika, og det var en klar sjiktning mot *dypvannslaget*, der saltholdigheten raskt steg opp mot 34,0, og økte bare svakt videre ned mot bunnen, med 34,5 på ca 80 meters dyp. Temperaturen falt relativt jevnt nedover fra 13,5 °C til 10,5 °C de første 14 meterne, var stabil i et lite mellom sjikt, før den falt noe mer markert i sprangsjiktet. I dypvannet var temperaturen stabil på ca 8,5 °C under ca 40 meters dyp.

Oksygeninnholdet var jevnt høyt ned til sprangsjiktet, med konsentrasjoner på 9,7 til 10,2 mg O/l, tilsvarende en oksygenmetning på 104 til 114 %. Under sprangsjiktet var konsentrasjonen sunket til 7 mg O/l (75 %), mens konsentrasjonen ved bunnen var 6,5 mg O/l, tilsvarende en oksygenmetning på 70 %. Det tilsvarer SFT-tilstandsklasse I = "meget god" på dette tidspunktet.

Det var ikke noe sjiktning i vannmassene i den 14 meter dype Salpevika. Temperaturen, saltholdigheten og oksygeninnholdet tilsvarte omtrent de samme overflatenære vannmassene i Humlevika, men var gjennomgående noe mer homogene inne i Salpevika (**figur 5**). Det skyldes i hovedsak det store ferskvannsutslippet fra Heggland Smolt AS til bunnen av Salpevika, som effektivt hindrer stagnering av dypvannet bak den vel 6 meter dype terskelen. De opprinnelige forholdene i Salpevika er modellert ved hjelp av Fjordmiljø (Stigebrandt 1992). Naturlig ville det vært korte hyppige perioder med oksygenfritt, H₂S-holdig dypvann i bassenget og uten dyreliv i sedimentet, fordi tidsskala for oksygenforbruk er på 2,8 måneder mens tidsskala for vannutskifting er på 3,6 måneder. Dette beror seg på et beregnet naturlig oksygenforbruk (dO/dt) på 2,5 mgO/l/mnd og en beregnet tetthetsreduksjon i dypvannet (dro/dt) på 0,79 g/l/mnd.



Figur 5. Temperatur-, saltholdighets- og oksygenprofiler ved det dypeste i Salpevika (til venstre) og i Humlevika (til høyre) 22. juni 2005. Det var henholdsvis 14 og 79 meter dypt ved de to målestedene.

NÆRINGSRIKHET

Det ble samlet inn tre overflatevannprøver, en i Kjærefjorden (R1), en i Salpevika (R2) og en fra Humlevika like utenfor (R3), og disse ble analysert for næringsrikhet. Resultatene er vist i **tabell 8**. Prøver fra ett enkelt tidspunkt gir ikke grunnlag for tilstandsklassifisering etter SFT (1997), men kan brukes som indikasjoner på tilførsler. Kjærefjorden var middels næringsrik, og hadde konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse III = "mindre god" for alle de undersøkte næringsstoffene utenom nitrat-nitrogen, som hadde konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse II = "god". I Salpevika tilsvarte konsentrasjonen av alle næringsstoffene tilstandsklasse I = "meget god", mens på stasjon R3 i Humlevika lå konsentrasjonen av næringssaltene på grensen mellom tilstandsklasse I = "meget god" og II = "god", bortsett fra for total nitrogen, der konsentrasjonen tilsvarte tilstandsklasse III = "mindre god". Både Salpevika og Humlevika kan karakteriseres som næringsfattige. Forholdstallet mellom nitrogen og fosfor tyder ikke på spesielle tilførsler, og det meste av næringstilførslene skyldes trolig naturlig avrenning. Siktedypet var 10,5 meter i Salpevika (R2) og 9,0 meter i Humlevika (R3). Dette tilsvarer tilstandsklasse I = "meget god" på begge steder.

Tabell 8. Overflatevannkvalitet på tre stasjoner i sjøen utenfor Heggland Smolt AS 22. juni 2005. Prøvene er hentet på en meters dyp, og de er analysert ved det akkrediterte laboratoriet Chemlab Services AS.

PRØVESTED	Total-fosfor : g / l	Fosfat-fosfor : g / l	Total-nitrogen : g / l	Nitrat-nitrogen : g / l	N:P- forhold
Kjærefjord - R1	28	12	471	<20	16,8
Salpevika - R2	10	3	224	<20	22,4
Humlevika - R3	12	4	355	<20	29,6

SEDIMENTANALYSER

Stasjon R2 Salpevika ligger utenfor Kjærefjord og har dybder på 15 meter (**figur 3**). Utslippet fra anlegget går ut nær det dypeste, og har gjennomslag til overflaten. Prøvene ble tatt på tilnærmet flat bunn på 13 meters dyp omtrent 50 meter utenfor avløpet fra Heggland Smolt AS. Grabbhoggene inneholdt fulle grabber med 12 l brunt, mykt mudder med litt sagflis (ca 1 %). Sedimentet luktet noe til sterkt av hydrogensulfid (**tabell 9**).

Stasjon R3 Humlevika ligger utenfor Salpevika i en skråning med dybder på ca 26 - 31 meter. Humlevika er stor og har største dyp på 81 meter, men prøvetakingen er utført i nordvestre del av Humlevika like utenfor utløpet av Salpevika. Det var vanskelig å få opp en representativ prøve i området på grunn av mye stein i grabbåpningen, og det ble til sammen tatt åtte grabbhogg for å få opp to representative prøver. Begge disse inneholdt ca en tredelsfulle grabber med 4-5 l grågult, fast, luktfritt sediment, som besto av ca like deler skjellsand og sand (**tabell 9**).

Tabell 9. Sensorisk beskrivelse av MOM-C prøver fra Salpevika og Humlevika 22. juni 2005.

Stasjon		Salpevika - R2		Humlevika - R3	
		replikat 1	replikat 2	replikat 1	replikat 2
Antall forsøk		1	1	4	4
Grabbvolum (liter)		12 (full)	12 (full)	4	5
Bobling i prøve		Nei		Nei	
H ₂ S lukt		Noe til sterk		Nei	
Primær sediment	Skjellsand	Nei		Ja	
	Grus	Nei		Nei	
	Sand/silt	Nei		Ja	
	Leire	Nei		Nei	
	Mudder	Ja		Nei	
Beskrivelse av prøven		Full grabb med brunt, mykt mudder med noe til sterk lukt av hydrogensulfid. Ca 1 % sagflis.		Fin, fast, grågul, luktfri prøve bestående av ca 50 % skjellsand og 50 % sand.	

Nedbrytingsforholdene i sedimentet kan beskrives ved både surhet og elektrodepotensial. Ved høy grad av akkumulering av organisk materiale vil sedimentet være surt og ha et negativt elektrodepotensial. Sedimentet ved stasjon R2 i Salpevika var noe surere og elektrodepotensialer var også negativt der i forhold til stasjon R3 i Humlevika. Sedimentet på stasjon R2 i Salpevika lå akkurat på grensen mellom tilstand 2 og 3, mens det på stasjon R3 i Humlevika ble klassifisert til tilstand 1, med verdier som indikerer oksygenrike forhold i sedimentet (**tabell 10**).

Tabell 10. Resultat fra måling av surhet (pH) og elektrodepotensial (Eh) i sediment i Salpevika og Humlevika 22. juni 2005. Forholdet mellom pH og Eh er hentet fra standard MOM-figur.

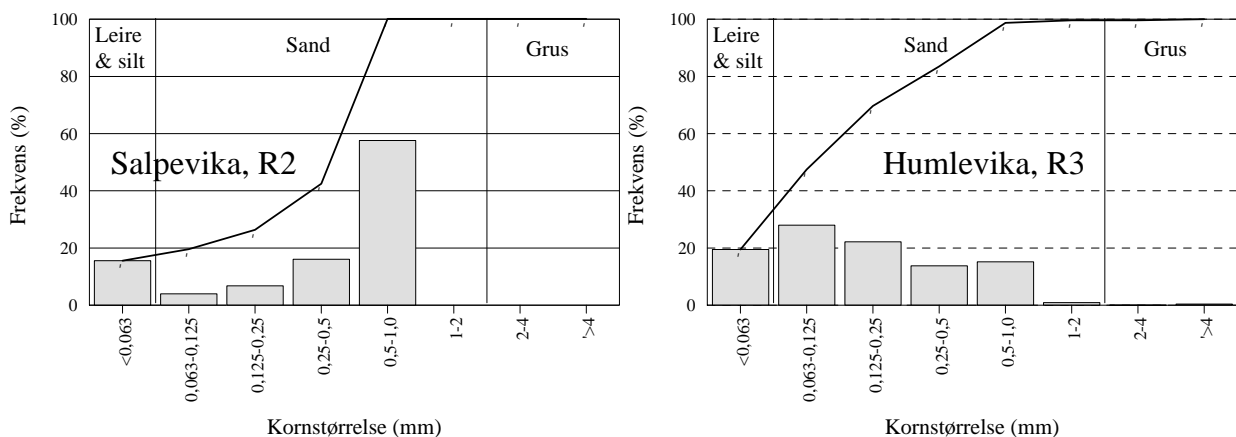
Parameter	Salpevika - R2		Humlevika - R3	
pH	7,08	7,14	7,52	7,70
Eh	-80	-45	195	110
pH/Eh-poeng (MOM B)	3	2	0	0
pH/Eh-tilstand (MOM B)	3	2	1	1

Kornfordeling

Det ble tatt prøver for analyse av kornfordeling av de øverste 2-3 cm av sedimentet på de to undersøkte stasjonene R2 i Salpevika og R3 i Humlevika (**tabell 11, figur 6**). I Salpevika var det svært høyt innhold av organisk materiale, med et glødetap på 39 %. Noe overraskende besto bare 16 % av prøvens vekt av finstoff (leire og silt), mens 84 % var sand, hvorav det aller meste var relativt grove partikler (1 - 2 mm kornstørrelse). Tidligere prøver fra samme område har gitt et innhold av finstoff på hele 93% (Johnsen m.fl. 2002). I Humlevika var innholdet av organisk materiale lavt, og andelen finstoff var 19 %.

Tabell 11. Organisk innhold og andel leire + silt, sand og grus i sedimentet fra de to undersøkte stasjonene utenfor avløpet fra Heggland smolt AS 22. juni 2005.

FORHOLD	Salpevika - R2	Humlevika - R3
Glødetap i %	39,00	2,57
Leire + silt i %	16	19
Sand i %	84	80
Grus i %	0	1



Figur 6. Kornfordeling i sedimentprøvene fra stasjon R2 i Salpevika (til venstre) og stasjon R3 i Humlevika (til høyre) 22. juni 2005 (jf. figur 3). Figurene viser kornstørrelse i mm langs x-aksen og henholdsvis akkumulert vektprosent og andel i hver størrelseskategori langs y-aksen.

Kjemiske analyser

Resultatene av analyser av sediment fra de ulike stasjonene er vist i **tabell 12**. Sedimentprøvene ble analysert med hensyn på tørrstoff, glødetap, nitrogen og fosfor, mens innholdet av TOC og normalisert TOC ble beregnet (se metodekapitlet).

Tabell 12. Sedimentkvalitet i prøvene tatt på to stasjoner i sjøen utenfor Heggland Smolt AS 22. juni 2005. Prøvene er analysert ved det akkrediterte laboratoriet Chemlab Services AS.

FORHOLD	Enhet	Metode	Salpevika - R2	Humlevika - R3
Tørrstoff	%	Chem-206	12,6	70,2
Glødetap	%	Chem-206	39,0	2,57
TOC	mg/g	beregnet	156,0	10,28
Normalisert TOC	mg/g	beregnet	171,2	24,77
Total Fosfor	mg/g	Chem-133	2,4	0,6
Kjeldahl Nitrogen	g N/kg	Chem-201	17,2	0,5

Tørrstoffinnholdet var lavt og glødetapet svært høyt på stasjon R2 i Salpevika, noe som bekrefter at det i dette området er sedimenterende forhold kombinert med lav nedbryting av organisk materiale og/eller at tilførslene er/har vært høyere enn nedbrytingsraten. På stasjon R3 i Humlevika var tørrstoffinnholdet vesentlig høyere og glødetapet lavt, noe som tyder på lite sedimentering og/eller god nedbryting av organisk materiale. Glødetapet er vanligvis 10 % eller mindre i sedimenter der det foregår normal nedbryting av organisk materiale. Høyere verdier forekommer i sediment der det enten er så store tilførsler av organisk stoff at nedbrytingen ikke greier å holde følge med tilførslene, eller i områder der nedbrytingen er naturlig begrenset av for eksempel oksygenfattige forhold.

Innholdet av normalisert TOC, som er TOC korrigert for andel finstoff i sedimentet, var svært høyt på stasjon R2, med 171 mg C/g (**tabell 12**). Dette gir SFT-tilstandsklasse V = “meget dårlig”. På stasjon R3 i Humlevika var innholdet av normalisert TOC mye lavere, med en verdi på ca 25 mg C/g, noe som plasserer denne stasjonen i tilstandsklasse II = “god” med hensyn på innholdet av organisk karbon.

Innholdet av organisk nitrogen og fosfor forteller også noe om nedbrytingsforholdene og omfanget av tilførsler til sedimentet. Det ble målt en høy konsentrasjon av nitrogen på stasjon R2 i Salpevika, med 17,2 mg N/g (tilsvarende g N/kg), mens det var lav konsentrasjon av nitrogen på stasjon R3 i Humlevika, med 0,5 mg N/g (**tabell 12**). Dette tilsvarer tilstandsklasse V = “meget dårlig” for stasjon R2 og tilstandsklasse I = “god” for stasjon R3 (SFT 1993). Innholdet av fosfor er vanligvis en del lavere enn innholdet av nitrogen, og det samsvarer godt med innholdet av disse i Salpevika. I Humlevika var det derimot nesten ikke forskjell i konsentrasjonene av fosfor og nitrogen, noe som hovedsakelig skyldes et lavt innhold av nitrogen her.

Bunndyrundersøkelse

Parallell 1 fra Salpevika (R2) inneholdt ingen dyr. I parallell 2 ble det registrert 20 individer fordelt på 8 arter. Shannon-Wieners diversitetsindeks, H' , ble beregnet til 2,46 som klassifiserer lokaliteten i tilstandsklasse III = "Mindre God" (**tabell 13**). Artene som ble registrert var hovedsakelig dyr som lever i overflaten av sedimentet, noe som tyder på dårlig oksygentilgang i sedimentet (**vedleggstabell 1**). Det at det ikke ble registrert noen dyr i parallell 1 vitner om dårlige forhold for bunnfaunaen og en flekkvis fordeling av gjenværende dyr.

Stasjon R3 i Humlevika hadde en rik bunnfauna. Det ble til sammen registrert 396 individer fordelt på 48 arter. Diversiteten ble beregnet til 4,12 som klassifiserer lokaliteten i tilstandsklasse I = "Meget God" (**tabell 13**). Det var noe høyere individtetthet og litt høyere antall arter i parallell 2 i forhold til i parallell 1, men i hovedsak var faunabildet ganske likt i de to prøvene. Noen av artene som forekom i høyt antall er typiske i sediment med moderat organisk belastning, men ingen av disse var totalt dominerende (**vedleggstabell 1**). Faunaen på denne lokaliteten kan karakteriseres som sunn og frisk.

Tabell 13. Antall arter og individer av bunndyr i de fire MOM C-grabbhoggene tatt i Salpevika og Humlevika 22. juni 2005, samt Shannon-Wieners diversitetsindeks, jevnhet (evenness), beregnet maksimal diversitet (H' -max) og SFT-tilstandsklasse. MOM C-vurdering av miljøtilstand er også presentert. Se **vedleggstabell 1** for artslistene.

FORHOLD	Salpevika - R2 (Prøve A+B)	Humlevika - R3 (Prøve A+B)
Antall individer	20	396
Antall arter	8	48
Shannon-Wiener, H'	2,46	4,12
Jevnhet, J	0,82	0,74
H' -max	3,00	5,58
SFT tilstandsklasse	III = "mindre god"	I = "meget god"
MOM C-vurdering dyr	Miljøtilstand 2	Miljøtilstand 1

UTVIDET MOM B-UNDERSØKELSE VED AVLØP

I tillegg til MOM C-undersøkelsen ble det gjennomført en utvidet MOM B-undersøkelse av sedimentet på fem stasjoner i en noenlunde rett linje fra utslippspunktet og utover mot munningen av Salpevika (jf. figur 4 & 7).

De fem stasjonene er nummerert fra 4 til 8 (**tabell 14 & 15**). **Prøve 4** ble tatt på ca 13 meters dyp midt i "fontenen" over selve avløpet. Prøven inneholdt over 3/4 grabb med et brunt, mykt, luktfritt mudder, som inneholdt ca 5 % sagflis, men var uten uten innslag av ferskere fekalier eller slam fra avløpet. **Prøve 5** ble tatt på ca 13 meters dyp omtrent 30 meter utenfor avløpet, og den inneholdt en full grabb med et brunt, mykt mudder med svak til noe lukt av H₂S. Prøven inneholdt ca 5 % sagflis og noen skjellrester, samt litt grønnalger. **Prøve 6** ble tatt ytterligere 30 meter lenger ut, fremdeles på 13 meters dyp, og den besto av nesten full grabb med et brunt, mykt til løst mudder med svak til noe lukt av H₂S. Prøven inneholdt 3-4 % sagflis. **Prøve 7** ble tatt omtrent 100 meter utenfor avløpet, på 12 meters dyp. Den inneholdt litt under 3/4 grabb med et brunt, mykt til løst mudder uten lukt. Prøven inneholdt 2-3 % sagflis og 2-3 % skjellsand. **Prøve 8** ble tatt ca 300 meter utenfor avløpet, på 10 meters dyp i selve munningen av Salpevika. Prøven inneholdt litt over 1/4 grabb med et fast, gulgrått, luktfritt sediment bestående av ca 90 % skjellsand og 10 % grus, samt noe brunalger og tare.

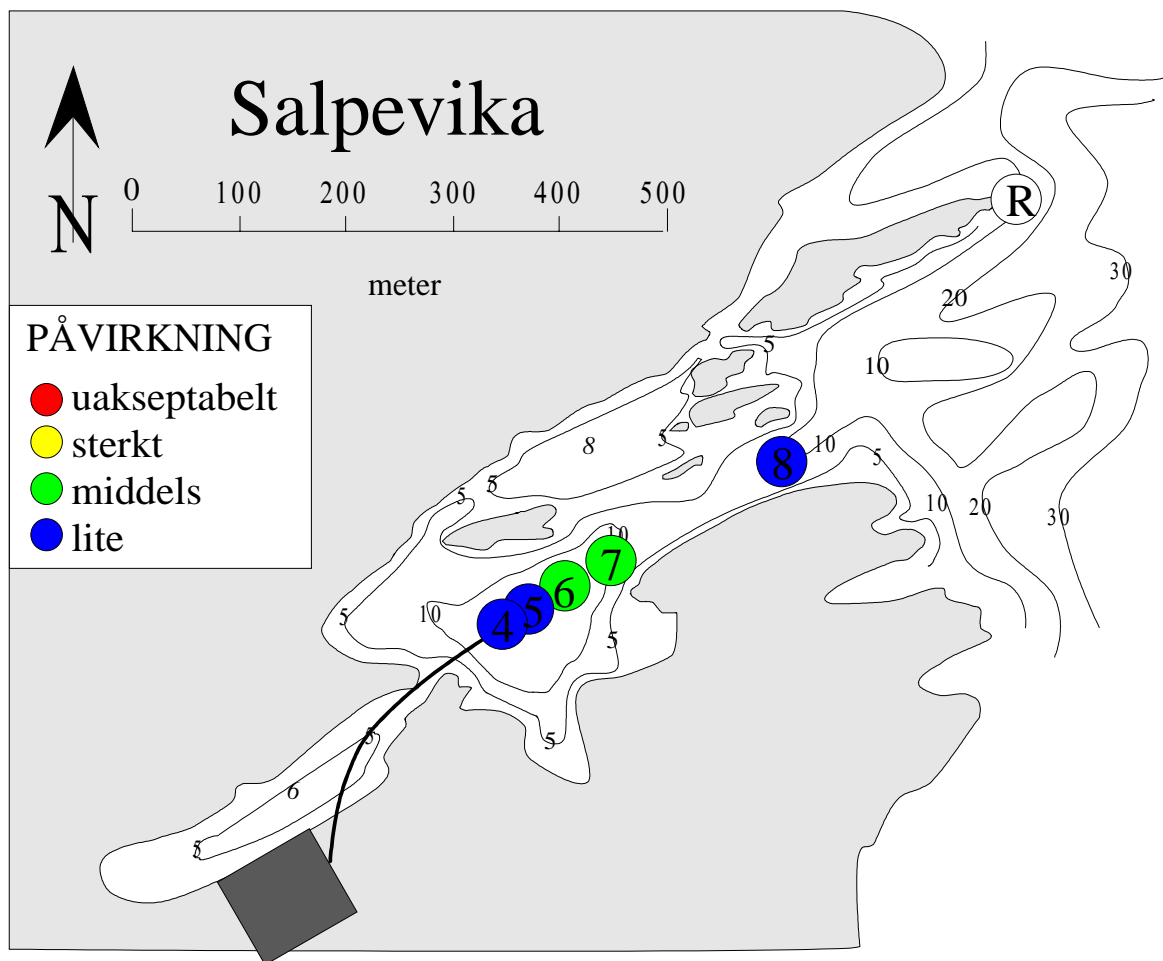
Tabell 14. Beskrivelse av de fem MOM B-prøvene tatt utenfor avløpet fra Heggland Smolt AS i Salpevika 22. juni 2005.

Prøvetakingssted:	Stasjon 4	Stasjon 5	Stasjon 6	Stasjon 7	Stasjon 8
Posisjon nord	60° 03,781'	60° 03,790'	60° 03,802'	60° 03,809'	60° 03,863'
Posisjon øst	5° 36,123'	5° 36,143'	5° 36,175'	5° 36,220'	5° 36,405'
Avstand fra avløp	0 meter	30 meter	60 meter	100 meter	300 meter
Dyp (meter)	13	13	13	12	10
Antall grabbhugg	1 x 0,028 m ²	1 x 0,028 m ²	1 x 0,028 m ²	1 x 0,028 m ²	1 x 0,028 m ²
Spontan bobling	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei
Bobling ved prøvetaking	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei
Bobling i prøve	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei
H ₂ S-Lukt	ingen	svak til noe	svak til noe	ingen	ingen
Skjellsand		spor		2-3 %	90 %
Primær sediment					10 %
Grus					
Sand/silt					
Leire					
Mudder	Ja	Ja	Ja	Ja	
Sagflis	ca 5 %	ca 5 %	3-4 %	2-3 %	-
Grabbvolum	> 3/4	full	nesten full	litt under 3/4	litt over 1/4

Tabell 15. Prøveskjema for MOM B- undersøkelsen utenfor avløpet fra Heggland Smolt AS 22. juni 2005.

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr					Indeks
			Stasjon 4	Stasjon 5	Stasjon 6	Stasjon 7	Stasjon 8	
I	Dyr	Ja=0 Nei=1	0	0	0	0	0	0
	Tilstand gruppe I		A					
II	pH	verdi	7.27	7.34	7.32	7.30	7.48	
	Eh	verdi	+160	+103	-5	+57	+100	
	pH/Eh	frå figur	0	0	2	1	0	0.6
	Tilstand prøve		1	1	2	1	1	
	Tilstand gruppe II		1					Buffer: 9,6°C Sjøvann: 12,6°C Sediment: 11,2°C pH sjø: 7,86 Eh sjø: +261 Referanseelektrode: +200 mV
III	Gassbobler	Ja=4 Nei=0	0	0	0	0	0	
	Farge	Lys/grå=0					0	
		Brun/svart=2	2	2	2	2		
	Lukt	Ingen=0	0			0	0	
		Noko=2		1	1			
		Sterk=4						
	Konsistens	Fast=0					0	
		Mjuk=2	2	2	3	3		
		Laus=4						
	Grabb- volum	<1/4 =0						
		1/4 - 3/4 = 1				1	1	
		> 3/4 = 2	2	2	2			
	Tjukkelse på slamlag	0 - 2 cm =0	0	0	0	0	0	
		2 - 8 cm = 2						
		> 8 cm = 4						
SUM:			6	7	8	6	1	
Korrigert sum (*0,22)			1.32	1.54	1.76	1.32	0.22	1.232
Tilstand prøve			2	2	2	2	1	
Tilstand gruppe III			2					
Middelverdi gruppe II & III			0.66	0.77	1.88	1.16	0.11	0.916
Tilstand gruppe II & III			1					
TABELL 1			TABELL 2					
"pH/Eh" "Korr.sum" "Indeks"		Tilstand	"Tilstand"		Lokalitet s tilstand			
			Gruppe I	Gruppe II & III				
< 1,1			1	A	1, 2, 3	1, 2, 3		
1,1 - 2,1			2	A	4	4		
2,1 - 3,1			3	4	1, 2	1, 2		
> 3,1		4	4	3	4			
			4	4	4			
1								

Nedbrytingsforholdene i sedimentet kan beskrives ved både surhet og elektrodepotensial. Ved høy grad av akkumulering av organisk materiale vil sedimentet være surt og ha et negativt elektrodepotensial. pH var relativt høy i alle prøvene, og bare på stasjon 6 fra dypområdet i Salpevika var elektrodepotensialet negativt, mens det var noe lavt på stasjon 7. På stasjon 6 fikk dermed sedimentet tilstand 2 = "middels påvirket" med hensyn på pH/Eh, mens de andre stasjonene fikk tilstand 1 = "lite påvirket" (tabell 15). Med hensyn på sedimenttilstand fikk alle prøvene inne i Salpevika tilstand 2 = "middels påvirket", mens stasjon 8 i utløpet fikk tilstand 1 = "lite påvirket". Samlet sett hadde prøvene fra stasjon 6 og 7 miljøtilstand 2 = "middels påvirket", mens prøvene fra stasjon 4, 5 og 8 hadde miljøtilstand 1 = "lite påvirket" (tabell 15, figur 7).



Figur 7. Prøvetakingsstasjoner for MOM B-undersøkelsen utenfor avløpet fra Hegglund Smolt AS 22. juni 2005. Stasjonene er nummerert fra 4 - 8, og MOM-tilstand er angitt ut fra middelveiden av gruppe II og III parametre (jf. tabell 15).

Kjemiske analyser

Resultatene av analyser av sediment fra de fem ulike MOM B-stasjonene er vist i **tabell 16**. Sedimentprøvene ble analysert med hensyn på tørrstoff og glødetap, mens innholdet av TOC ble beregnet. Normalisert TOC er ikke beregnet, da kornfordeling ikke er analysert i disse prøvene.

Tabell 16. Sedimentkvalitet i de fem MOM B-prøvene tatt utenfor avløpet til Heggland Smolt AS 22. juni 2005.

FORHOLD	Enhet	Metode	Stasjon 4	Stasjon 5	Stasjon 6	Stasjon 7	Stasjon 8
Tørrstoff	%	Chem-206	23.1	12.4	11.7	15.1	63.4
Glødetap	%	Chem-206	25.4	39.7	38.8	32.2	3.96
TOC	mg/g	beregnet	101.6	158.8	155.2	128.8	15.84
SFT-vurdering			(V)	(V)	(V)	(V)	(I)

Det var generelt et svært høyt glødetap i alle de fire innerste prøvene tatt i Salpevika ved og utenfor avløpet fra Heggland Smolt AS. Høyest innhold av ikke nedbrutt organisk materiale var det ca 30 - 60 meter fra utslippet, mens akkurat ved selve utslippspunktet var det noe mindre. I munningen av Salpevika, ca 300 meter utenfor utslippet, var glødetapet nede på naturlig nivå. Glødetapet er vanligvis 10 % eller mindre i sedimenter der det foregår normal nedbryting av organisk materiale.

For prøver tatt på slik sedimentbunn er det normalt en klar negativ sammenheng mellom tørrstoffinnhold og innhold av organisk stoff i sedimentet. Dette fordi uorganisk materiale som sand og skjellsand har et høyere tørrstoffinnhold enn organisk materiale. Tørrstoffinnholdet i prøven går dermed ned når mengden organisk innhold øker. Tørrstoffinnholdet i en prøve gir således en indikasjon på om det organiske innholdet i prøven er lavt, middels eller høyt. Levende biologisk materiale (dyr) har et tørrstoffinnhold på 30 - 35 %, mens dødt biologisk materiale som fekalier og fôrrester oppsamlet fra en oppdrettslokalitet kan ha et tørrstoffinnhold på ned mot 10 - 15 % på grunn av et høyt vanninnhold i prøven.

Bunndyr

Sedimentprøvene fra de fem ulike MOM B-stasjonene ble analysert for fauna (**tabell 17**). Resultatene er også vurdert i henhold til SFT og NS 9410, selv om arealet av den lille grabben bare er 0,028 m². En klassifisering blir vanligvis gjort ut fra et areal på henholdsvis 0,1 m² og 0,2 m² for disse to klassifiseringssystemene, og det er grunn til å anta at både antall arter og individer ville vært til dels vesentlig høyere med et større prøveareal. Resultatene gir imidlertid et godt sammenligningsgrunnlag mellom stasjonene, og i forhold til tidligere undersøkelser.

I prøven fra **stasjon 4** ble det registrert 7 arter. Det var her en klar dominans av de opportunistiske børstemarkene *Capitella capitata* og *Scolecopsis fuliginosa*. Det ble totalt registrert 355 individer av *C. capitata* og 60 individer av *S. fuliginosa*. Dette er en klar indikasjon på forurensningspåvirkning av lokaliteten. Shannon-Wieners diversitetsindeks ble beregnet til 0,74 som klassifiserer lokaliteten inn under tilstandsklasse V = "Meget dårlig", og verdien for jevnhet var så lav som 0,26. I prøven fra **stasjon 5** ble det registrert 20 individer som var forholdsvis jevnt fordelt på 9 arter. Diversiteten ble beregnet til 2,90 og

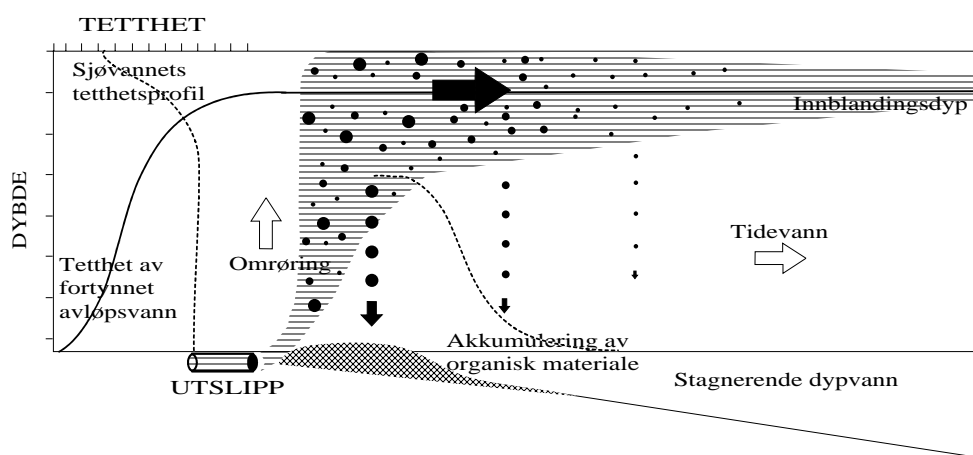
verdien for jevnhet var 0,92. Dette klassifiserer lokaliteten i tilstandsklasse III = "Mindre God". I prøven fra **stasjon 6** ble det kun registrert ett individ av muslingen *Corbula gibba*. Det er derfor ikke beregnet noen indeks for diversitet eller jevnhet. I prøven fra **stasjon 7** ble det registrert ett individ av hver av 4 arter. Derfor får verdien for jevnhet høyest mulig verdi, 1,00. Verdien for jevnhet (1,00) og diversitet (2,00) er så høy som den kan bli med 4 arter. Dette klassifiserer lokaliteten akkurat inn i tilstandsklasse mellom IV = "Dårlig" og III = "Mindre God". Prøven fra **stasjon 8** hadde rikest fauna av MOM B-prøvene fra Salpevika. Det ble registrert totalt 33 individer fordelt på 17 arter. Diversiteten ble beregnet til 3,87 og verdien for jevnhet var 0,95. Dette klassifiserer lokaliteten i tilstandsklasse II = "God".

Tabell 17. Antall arter og individer av bunndyr i de fem MOM B-grabbhoggene tatt i Salpevika 22. juni 2005, samt Shannon-Wieners diversitetsindeks, jevnhet (evenness) og beregnet maksimal diversitet (H' -max). SFT-vurdering og MOM C-vurdering av miljøtilstand er gjort ut fra et grabbareal på 0,028 m², mens en klassifisering vanligvis blir gjort ut fra et areal på henholdsvis 0,1 og 0,2 m² for disse to. Artslister er presentert i **vedleggstabell 2**.

FORHOLD	Stasjon 4	Stasjon 5	Stasjon 6	Stasjon 7	Stasjon 8
Antall individer	422	20	1	4	33
Antall arter	7	9	1	4	17
Shannon-Wiener, H'	0,74	2,90	-	2,00	3,87
Jevnhet, J	0,26	0,92	-	1,00	0,95
H' -max	2,81	3,17	0	2,00	4,09
SFT-vurdering	V= "meget dårlig"	III = "mindre god"	V= "meget dårlig"	III = "mindre god"	II = "god"
MOM C-vurdering dyr	Tilstand 2	Tilstand 2	Tilstand 3	Tilstand 3	Tilstand 2

VURDERING AV RESULTATER

Utslippetsledningen fra Heggland Smolt AS er plassert på 14 meters dyp nær det dypeste punktet på 15 meter i Salpevika, og det er gjennomslag til overflaten som et oppkomme. Dette skyldes at ferskvannet er lettere enn det saltene sjøvannet, og derfor strømmer mot overflaten. Samtidig medfører det fullstendig omrøring i hele vannsøylen i Salpevika, og forhindrer dermed en stagnasjon av vannet som ellers ville være sperret inne av terskelen i munningen. Innblandingsdyppet for avløpsvannet vil således være i de øvre delene av vannsøylen, der tidevannet sørger for hyppig og god vannutskifting. På denne måten vil de finpartikulære tilførselene spres effektivt vekk fra utslippstedet med tidevannet (**figur 8**). Bare de største partiklene vil sedimentere helt lokalt ved selve utslippet. Det er derfor vanlig å observere en svært avgrenset punktbelastning i forbindelse med slike utslipp dersom utslippet skjer på dybder med relativt god vannutskifting og gode nedbrytingsforhold.



Figur 8. Prinsippkisse for et grunt ferskvannsutslipp i sjø, med delvis gjennomslag til overflaten og sedimentering av organiske tilførsler i resipienten.

Forholdene i Salpevika er i dag vesentlig forskjellig fra den opprinnelige naturtilstanden. De opprinnelige forholdene i Salpevika er modellert ved hjelp av Fjordmiljø (Stigebrandt 1992). Naturlig ville det vært korte hyppige perioder med oksygenfritt, H_2S -holdig dypvann i bassenget og uten dyreliv i sedimentet, fordi tidsskala for oksygenforbruk er på 2,8 måneder mens tidsskala for vannutskifting er på 3,6 måneder. Dette beror seg på et beregnet naturlig oksygenforbruk (dO/dt) på 2,5 mgO/l/mnd og en beregnet tetthetsreduksjon i dypvannet (dr/dt) på 0,79 g/l/mnd.

Slik er det ikke i Salpevika i dag, fordi utslippet fra Heggland Smolt AS fører til at dypvannet bak terskelen i munningen ikke får stagnere. Det ble målt tilnærmet samme saltholdighet og temperatur, og det var tilnærmet full oksygenmetning i vannsøylen fra topp til bunn både ved undersøkelsene 17. januar 1989 (Johannessen 1989), 29. november 2000 (Johnsen 2000), 12. juni 2002 (Johnsen m.fl. 2002) og nå den 22. juni 2005. Dette til tross for at produksjonen ved anlegget har økt betraktelig siden 1989.

Virkning av tilførsler av næringsstoff

Målingene av næringsstoff viste i hovedsak lave konsentrasjoner både i Salpevika og Humlevika, mens det var en god del mer fosfor og noe mer nitrogen i prøven fra Kjærefjorden innerst ved anlegget. Det er uklart om dette skyldes lokale diffuse tilførsler dit, f. eks. lekkasjer fra avløpsarrangementet. Tilførselene fra anlegget føres samlet ut i Salpevika, der de blandes med vannmassene og føres raskt ut av resipienten.

De foretatte målingene av næringsinnhold i juni 2005 viste at konsentrasjonene utenfor utslippet i Salpevika tilsvarte tilstandsklasse I = "meget god" for alle næringsstoffene, og næringsinnholdet var faktisk noe lavere enn det som ble funnet ute i Humlevika. Det tyder på at utskiftningen og omsetningen av næringsstoffer i Salpevika er god.

Ved undersøkelsene i november 2000 og juni 2002 var forholdene motsatt, ved at det da var noe mer næringsrikt inne i Salpevika enn i Humlevika utenfor. Det ble i 2000 målt et høyt innhold av næringsstoffet fosfor med hele 32 : g P/l i Salpevika, men denne prøven ble tatt akkurat i fontenen til utslippet. I munningen av Salpevika og utpå Humlevika var konsentrasjonene i 2000 betydelig lavere, med 13-14 : g P/l. I 2002 var konsentrasjonene av fosfor lave både i Salpevika og Humlevika med henholdsvis 12 og 8 : g P/l. Prøvene i juni 2002 og juni 2005 ble tatt ca 50 meter fra fontenen, og viser at et noe forhøyet innhold av næringsalter i avløpsvannet raskt blir fortynt utover i Salpevika.

Overflatevannet innenfor terskelen har en beregnet naturlig oppholdstid på 1,2 døgn. Dette skyldes i hovedsak den omfattende daglige tidevannsutskiftingen, som i kombinasjon med tilførselen av ferskvann fører til en netto uttransport av vann fra Salpevika til Humlevika. Dagens dykkete ferskvannsutslipp medfører at det ikke bare er overflatevannet som skiftes ut hyppig, men at også dypvannet i Salpevika inngår i denne hyppige utskiftingen. Siden volumet av den daglige ut-transporten av vann fra Salpevika styres av tidevannet, vil hyppigheten av overflatevannets utskifting være noe sjeldnere i dag enn teoretisk beregnet, siden også volumet av dypvannet skiftes ut. Dersom tidevannsutskiftingen nå omfatter hele Salpevikas vannvolum, tilsvarer dette en oppholdstid på alt vannet i Salpevika på omtrent 2 døgn.

I den utenforliggende Humlevika har overflatevannet over terskeldypet en beregnet oppholdstid på 3,0 døgn. Det betyr at tilførselen av næringsstoff til overflatevannet ikke får tid til å virke særlig lenge her, og resultatene viser at fortynningen av utslippet er betydelig allerede i utløpet av Salpevika. Bunnprøvene utført av Tveranger (2000) viser også at det ved terskelen og utenfor ikke er noen merkbar akkumulering av organisk materiale. Dette var også tilfellet ved P. J. Johannessen sin undersøkelse like utenfor terskelen i 1989 (Johannessen 1989), og ved undersøkelsen i 2002 (Johnsen m.fl. 2002) og nå i juni 2005.

Salpevika har således en meget god resipientkapasitet for tilførsler av nærings salt.

Virkning av tilførsler av organisk stoff

Sedimentet inne i Salpevika var tydelig preget av tilførsler. Glødetapet i sedimentprøvene, som gjenspeiler mengden ikke nedbrutt organisk stoff, var her 25 - 40 %, mens man vanligvis venter å finne et glødetap på rundt 10 % eller mindre i sediment med normale tilførsels- og nedbrytingsforhold. Utenfor terskelen til Salpevika var det gode forhold med et glødetap på 2,6 - 4 %, dvs. bare en tidel av hva det var innenfor terskelen. Uttrykt som normalisert TOC, som er TOC korrigert for andel finstoff i sedimentet, var innholdet av organisk stoff svært høyt på stasjon R2 i Salpevika, med 171 mg C/g, noe som gir SFT-tilstandsklasse V = "meget dårlig". På stasjon R3 i Humlevika var innholdet av normalisert TOC mye lavere, med en verdi på ca 25 mg C/g, noe som plasserer denne stasjonen i tilstandsklasse II = "god" med hensyn på innholdet av organisk karbon (SFT 1997). Innholdet av nitrogen i sedimentet gav det samme bildet, med tilstandsklasse V = "meget dårlig" for stasjon R2 og tilstandsklasse I = "god" for stasjon R3 (SFT 1993).

Også analyser av bunnfaunaen viste at sedimentet i dypområdet i Salpevika var belastet. På stasjon R2 ble Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') beregnet til 2,46 som klassifiserer lokaliteten i tilstandsklasse III = "Mindre God". Artene som ble registrert var hovedsakelig dyr som lever i overflaten av sedimentet, noe

som tyder på dårlig oksygentilgang i sedimentet. Det ble heller ikke registrert noen dyr i parallell 1, noe som vitner om dårlige forhold for bunnfaunaen og en flekkvis fordeling av gjenværende dyr. Stasjon R3 i Humlevika hadde derimot en rik bunnfauna, og med en diversitetsindeks på 4,12 klassifiseres denne lokaliteten i tilstandsklasse I = "Meget God". MOM C-vurderingen av de to lokalitetene gav henholdsvis miljøtilstand 2 og miljøtilstand 1 med hensyn på fauna (NS 9410).

Tilstanden i sedimentet i dypområdet i Salpevika er et resultat av flere ulike tilførsler, der dagens tilførsler fra smoltanlegget bare utgjør en mindre viktig del. Den viktigste tilførselen er store mengder sagflis som ble akkumulert på bunnen av Salpevika fra et nedlagt sagbruk i årene før smoltanlegget ble etablert. Sagbruket lå på samme sted som smoltanlegget ligger i dag. Sagflis er tungt nedbrytbart i marint miljø, og vil i seg selv gi et høyt innhold av ikke nedbrutt organisk materiale, og dermed høyt glødetap. Samtidig vil det høye innholdet av organisk materiale (sagflis) føre til bakteriell nedbryting og oksygenfrie forhold nedover i sedimentet. Fremdeles er det mye sagflis i sedimentet i Salpevika, og ved årets undersøkelse var opp mot 5 % av det totale prøvevolumet sagflis som var større enn 1 mm. Dette er omtrent som ved undersøkelsene i 2000 (Johnsen 2001) og 2002 (Johnsen m.fl. 2002), men er trolig noe mindre enn i 1989, da det ble oppgitt at "sedimentet inneholdt store mengder sagflis" (Johannessen 1989).

Utviklingen av det organiske innholdet (glødetapet) i sedimentet er presentert i **tabell 18**. Den viser at det generelt har vært liten endring siden den første undersøkelsen i 1989, med et svært høyt glødetap alle steder innenfor terskelen, og et lavt glødetap utenfor terskelen. Størst forskjell er det på stasjon 4, som er tatt rett ved "fontenen" til utslippet. Her er det store variasjoner i organisk innhold, trolig avhengig av hvor nærme selve utslippspunktet prøven ble tatt. Rett ved utslippspunktet vil det være stor vannutstrømning som nærmest "spyler" sedimentet og sørger for god utskifting og oksygentilgang. Her vil det være lite akkumulering av organisk materiale. Bare få meter fra dette punktet vil vannhastigheten langs bunnen avta mye, og større partikler vil sedimentere. Her kan man lokalt få høy akkumulering av organisk materiale (jf. **figur 8**). Bare noen få meters forskjell i treffpunkt med grabben kan dermed forklare forskjellene i glødetap i prøvene fra stasjon 4 mellom de ulike prøvetakingsårene.

Tabell 18. Organisk innhold målt som glødetap på ulike stasjoner i Salpevika og Humlevika. Stasjonene er tatt i en gradient fra direkte ved utslippet (stasjon 4) via terskelen (stasjon 8) og til et stykke ut i Humlevika (R3), jf. **figur 3** og **4**.

Stasjon	4	5	R2	6	7	8	R3
Meter fra utslipp	0	30	50	60	100	300	600
Glødetap (%) 1989			39,1				4,69
2000	36,0		31,5				
2002	88,7	44,3	41,6	40,2	29,1	5,3	6,36
2005	25,4	39,7	39,0	38,8	32,2	3,96	2,57

Tilstanden i den dypeste delen av Salpevika i 2005 var best rett ved utslippspunktet, noe som skyldes vanngjennomstrømningen fra smoltanleggets utslippsledning. Utslipet ser dermed ut til å ha en positiv effekt på bunnforholdene direkte ved utslippet. Hvor stort område som blir berørt av denne effekten er usikkert, men det er trolig nokså lokalt. I tillegg vil vanngjennomstrømningen føre til større sirkulasjon i dypvannet i hele Salpevika, slik at en som tidligere nevnt unngår de stagnerende forholdene som ellers ville

ha forekommet naturlig innenfor terskelen. Det ser en også av de hydrografiske profilene, som ved alle undersøkelsene siden 1989 har vist relativt homogene forhold i hele vannsøylen. Dagens utslippsarrangement ser dermed totalt sett ut til å virke positivt inn på bunnforholdene i Salpevika, med de store tilførselene som ligger der fra gammelt av. Tilførselene av organisk materiale fra smoltanlegget utgjør lite i forhold til dette.

Organisk materiale fra smoltanlegget er også lett nedbrytbart, og blir raskt omsatt av faunaen i området. Det ser man blant annet av den enorme tettheten av børstemark som ble påvist i prøven fra stasjon 4 ved utslippspunktet (**tabell 19**). Få arter gjør at diversitetsindeksen blir lav, men artene som er til stede er opportunistiske arter som er spesialister på å omsette organisk avfall. Selv om kvaliteten på dyresamfunnet i nærheten av avløpet ut fra artsantallet og artssammensetningen blir gradert til tilstandsklasse V ("Meget dårlig"), så er det nettopp en slik sammensetning av dyr som fra naturens side er spesialister i høy omsetning der en får store tilførsler av organisk materiale. Dersom det er god tilgang på oksygen vil disse spesialistene kontinuerlig kunne omsette store mengder organisk avfall fra anlegget. Det ble også observert store mengder glassmaneter i vannsøylen rundt utslippet og ellers inne i Salpevika. Disse beiter trolig på suspendert materiale fra avløpet, og vil også være med på å omsette og transportere bort organisk materiale fra anlegget. Det samme ble observert av Tveranger (2000), og det ble da oppgitt at oppblomstring av store mengder maneter er et årvisst fenomen inne i Salpevika.

Tabell 19. Diversitet og antall arter og individer av bunndyr i de ulike undersøkelsene som er utført i Salpevika og Humlevika. På stasjon R2 i Salpevika og R3 i Humlevika ble det i 1989 tatt ett grabbhogg med en 0,2 m² grabb, i 2000 som 4 x 0,023 m² og i 2002 og 2005 som 2 x 0,1 m². På stasjon 4 - 8 i Salpevika (jf. **figur 4**) ble det tatt ett grabbhogg med en 0,028 m² stor grabb på hvert av stedene, bortsett fra på stasjon 4 i 2000, da det ble tatt 4 grabbhogg på 0,023 m² hver.

	R2	R3	Stasjon 4	Stasjon 5	Stasjon 6	Stasjon 7	Stasjon 8
antall individer 1989	0	263					
2000	19		(62)				
2002	73	363	208	2	3	65	39
2005	20	396	422	20	1	4	33
antall arter 1989	0	45					
2000	11		(12)				
2002	12	69	5	1	2	18	16
2005	8	48	7	9	1	4	17
Diversitet (H') 1989	-	4,59					
2000	3,29		(2,58)				
2002	2,83	4,46	0,57	-	-	3,64	3,40
2005	2,46	4,12	0,74	2,90	-	2,00	3,87

Ved undersøkelsene i juni 2005 var det lukt av hydrogensulfid (H₂S) av sedimentet ved det dypeste i Salpevika, noe som også ble observert i januar 1989 og juni 2002, men ikke i april 1999 eller november 2000. Ved undersøkelsen i 1989 ble det ikke påvist dyr ved det dypeste i Salpevika, mens dette er påvist ved alle undersøkelsene siden 1999. Det ser ut til å ha skjedd en klar forbedring av forholdene i sedimentet mellom 1989 og 1999, mens tilstanden har endret seg mindre de siste seks årene. Forekomsten av H₂S og

diversitetsindeksen på stasjon R2 kan indikere at tilstanden gradvis har blitt noe dårligere siden 1999/2000, men noe ulike innsamlingsmetoder og -arealer gjør at konklusjonene blir usikre. En noe flekkvis fordeling av dyr kan gi forholdsvis store utslag på indeksen når antall arter og individer i prøvene i utgangspunktet er såpass beskjedne. Det kan man også se på stasjon 5 og 7, som har motsatt utvikling fra 2002 til 2005 (**tabell 19**). Produksjonen i anlegget har vært ganske stabil i hvert fall siden 1996, men er vesentlig større enn i 1989.

Forholdene i Salpevika synes ikke vesentlig endret de siste årene og er noe bedre enn i 1989, til tross for en betydelig økning i produksjon ved Heggland Smolt AS.

Humlevika ligger utenfor Salpevika, og hadde i juni 2005 god oksygenmetning ned til bunnen på vel 80 meters dyp. Dette står i kontrast til undersøkelsen i juni 2002, som viste at bunnvannet på 76 meters dyp var så godt som oksygenfritt (Johnsen m.fl. 2002). Humlevika har et betydelig dypvannsvolum, men beregninger viser at det ikke vil forekomme naturlig perioder med oksygenfrie forhold på bunnen. Teoretisk tidsskala for oksygenforbruk er nemlig på 18,9 måneder mens tidsskala for vannutskifting er på 16,5 måneder. Dette beror seg på et beregnet naturlig oksygenforbruk (dO/dt) på 0,37 mgO/l/mnd og en beregnet tetthetsreduksjon i dypvannet (dro/dt) på 0,07 g/l/mnd (Johnsen 2001). Det vil i tillegg trolig være årlig bunnvannsfornyning over terskelen vinterstid.

Utslippet fra Heggland Smolt AS har en lokal effekt i Salpevika, men resultatene viser at allerede rett utenfor terskelen (stasjon 8) og ca 300 meter utenfor terskelen (stasjon R3) var det gode forhold med lite akkumulering av organisk materiale. Tilstanden for dyresamfunnet var også "meget god", og faunaen kan karakteriseres som sunn og frisk. Innholdet av næringssalter i overflatevannet var også lavere inne i Salpevika enn på stasjon R3 i Humlevika, noe som viser at utslippet i liten grad påvirker forholdene i Humlevika. At det likevel ble observert oksygensvikt i dypvannet i Humlevika ved undersøkelsene i juni 2002, viser at det må være andre og tidligere betydelige tilførsler til dette dypvannet (sagflis) enn det som kommer fra Heggland Smolt AS.

Det er ikke sannsynlig at tilstanden i dypvannet i Humlevika påvirkes av tilførsler fra Heggland Smolt AS.

Konklusjon

Dagens utslipp av organisk materiale og næringsstoff til Salpevika fra Heggland Smolt AS har ikke store miljømessige konsekvenser for dyrelivet i resipienten. Både de foregående undersøkelsene utført av Sunnhordland Havbruksring (Tveranger 2000) og Rådgivende Biologer AS (Johnsen 2001, Johnsen m.fl. 2002) samt de her presenterte, viser at dyrelivet er relativt mangfoldig i Humlevika. Strukturen og artsmangfoldet på dyrelivet i Salpevika er mer preget av de store organiske tilførslene fra tidligere tider (sagflis), men dyrene er ikke fraværende som for 16 år siden (Johannessen 1989). Teoretiske beregninger viser også at forholdene i dypvannet i Salpevika er endret i forhold til det en kan vente fra naturens side, i og med at det i dag er dyreliv i bunnsedimentene og ikke er stagnerende og oksygenfritt dypvann innenfor terskelen i Salpevika. Denne endringen skyldes det dykkete ferskvannsutslippet som sikrer omrøring og hindrer stagnasjon av vannmassene innenfor terskelen i Salpevika.

REFERANSER

JOHANNESSEN, P.J. 1989.

Resipientundersøkelse ved Heggland Smolt AS i Salpevika, Tysnes kommune.
Institutt for Marinbiologi, Universitetet i Bergen, rapport 10/1989, 15 sider, ISSN 0802-3077

JOHNSEN, G.H. 2001.

Resipientvurdering av Salpevika for Heggland Smolt AS
Rådgivende Biologer AS Rapport nr 475, 16 sider, ISBN 82-7658-325-3.

JOHNSEN, G.H., E. BREKKE & B. TVERANGER 2002.

Kombinert MOM-B og MOM-C-resipientundersøkelse av Salpevika, Tysnes kommune, sommeren 2002.
Rådgivende Biologer AS Rapport nr 597, 26 sider, ISBN 82-7658-386-5.

MOLVÆR, J., J. KNUTZEN, J. MAGNUSSON, B. RYGG, J. SKEI & J. SØRENSEN 1997.

Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.
SFT Veiledning 97:03. TA-1467/1997, 36 sider. ISBN 82-7655-367-2.

NORSK STANDARD NS 9410

Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. 1.utgave mars 2000, 22 sider

NORSK STANDARD NS 9422

Vannundersøkelse. Retningslinjer for sedimentprøvetaking i marine områder. 1. utgave september 1998, 11 sider.

NORSK STANDARD NS 9423

Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitative undersøkelser av sublittoral bløtbunnsfauna i marint miljø. 1. utgave september 1998, 16 sider.

RYGG, B. & I. THÉLIN 1993.

Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon.
SFT Veiledning 93:02. TA-922/1993, 20 sider. ISBN 82-7655-102-5.

SHANNON, C.E. & W. WEAVER 1949. The mathematical theory of communication.

University of Illinois Press, Urbana, 117 sider.

STIGEBRANDT, A. 1992.

Beregning av miljøeffekter av menneskelige aktiviteter.
ANCYLUS, rapport nr. 9201, 58 sider.

TVERANGER, B. 2000

Hegglands Smolt AS. B-undersøkelse (MOM) i Salpevika i Tysnes kommune.
Sunnhordland Havbruksring, rapport datert 5. januar 2000, fire sider pluss kartvedlegg.

VEDLEGGSTABELLER

Vedleggstabell 1. Oversikt over bunndyr funnet i sedimentene i Salpevika og Humlevika 22. juni 2005. Prøvene er hentet ved hjelp av en 0,1 m² stor vanVeen-grabb, og det ble tatt to parallelle prøver på hver stasjon. Prøvetakingen dekker dermed et samlet bunnareal på 0,2 m² på hver stasjon. Prøvene er sortert av Christine Johnsen og artsbestemt ved Lindesnes Biolab av cand. scient. Inger D. Saanum. Tabellen fortsetter på neste side.

ART	Salpevika (R2)			Humlevika (R3)		
	Parallell 1	Parallell 2	Samlet	Parallell 1	Parallell 2	Samlet
ANTHOZOA						
<i>Edwardsia sp.</i>				7	22	29
<i>Cerianthus loydii</i>				3	7	10
<i>Acaulis primarius</i>				2		2
<i>Phoronis muelleri</i>					7	7
NEMERTINEA						
<i>Nemertinea spp.</i>		1	1	3	4	7
POLYCHAETA - Flerbørstemakk						
<i>Pholoe inornata</i>		6	6	1	1	2
<i>Glycera alba</i>		1	1	2	4	6
<i>Glycera lapidum</i>				1	1	2
<i>Goniada maculata</i>				3	1	4
<i>Autolytus sp.</i>				1		1
<i>Exogone hebes</i>					1	1
<i>Nephtys hombergi</i>				1		1
<i>Protodorvillea kefersteini</i>		7	7			
<i>Scoloplos armiger</i>					1	1
<i>Aricidea wassi</i>				1	1	2
<i>Prionospio cirrifera</i>				7	11	18
<i>Spio filicornis</i>		1	1			
<i>Polydora caeca</i>				1	6	7
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>				1	2	3
<i>Scoloelepis tridentata</i>					1	1
<i>Chaetozone setosa</i>				2	6	8
<i>Macrochaeta clavicornis</i>		2	2			
<i>Magelona alleni</i>				1	2	3
<i>Tharyx sp.</i>				1	2	3
<i>Diplocirrus glaucus</i>				4	5	9
<i>Scalibregma inflatum</i>						
<i>Heteromastus filiformis</i>		1	1		5	5
<i>Notomastus latericeus</i>				1	3	4
<i>Capitella capitata</i>					1	1
<i>Myriochele oculata</i>				26	28	54
<i>Myriochele danielsseni</i>					30	30
<i>Owenia fusiformis</i>				24	45	69
<i>Praxillella affinis</i>					1	1
<i>Euclymene sp.</i>				1		1
<i>Sosane sulcata</i>				2	4	6
<i>Sabellides octocirrata</i>				1	1	2
<i>Trichobranchus roseus</i>					2	2
<i>Streblosoma intestinale</i>				1		1

<i>Jasmineira caudata</i>				15	15
MOLLUSCA - Bløtdyr					
<i>Cylichna cyclindacea</i>				2	4
<i>Bullomorpha sp.</i>	1	1			
<i>Antalis entalis</i>				1	1
<i>Montacuta ferruginosa</i>				1	1
<i>Venus casina</i>				2	2
<i>Thyasira spp.</i>				7	23
<i>Gari fervensis</i>				1	1
<i>Cultellus pellucidus</i>				1	1
CRUSTACEA - krepsdyr					
<i>Nebalia bipes</i>				1	1
<i>Westwoodilla caecula</i>					1
<i>Ampelisca spp.</i>				2	7
<i>Cheirocratus sundevalli</i>				1	1
ECHINODERMATA - pigghuder					
<i>Amphiura filiformis</i>				2	2
<i>Lapidoplax buski</i>				13	33
Antall individer	0	20	20	128	396
Antall arter	0	8	8	34	48
Diversitet, H'		2.46	2.46	4.07	4.12
Jevnhet, J		0.82	0.82	0.8	0.74
H' max		3	3	5.09	5.58

Vedleggstabell 2. Oversikt over bunndyr funnet i de fem MOM B-sedimentprøvene tatt utenfor avløpet til Heggland Smolt AS i Salpevika 22. juni 2005. Prøvene er hentet ved hjelp av en 0,028 m² stor vanVeen-grabb i ulik avstand fra utslippet. Prøvene er sortert av Christine Johnsen og artsbestemt ved Lindesnes Biolab av cand. scient. Inger D. Saanum.

ART	Stasjon 4	Stasjon 5	Stasjon 6	Stasjon 7	Stasjon 8
ANTHOZOA					
<i>Edwardsia sp.</i>					2
NEMERTINEA					
<i>Nemertinea spp.</i>		1			3
POLYCHAETA - Flerbørstemakk					
<i>Harmothoe sp.</i>					1
<i>Pholoe inornata</i>			2		2
<i>Glycera alba</i>	1				
<i>Plathynereis dumelerii</i>				1	2
<i>Neiremyra punctata</i>			1		3
<i>Syllidia armata</i>					3
<i>Exogone hebes</i>					2
<i>Protodorvillea kefersteini</i>			3		1
<i>Schistomeringos caeca</i>	3				
<i>Aricidea sp.</i>					1
<i>Scolelepis fuliginosa</i>	60				
<i>Spio filicornis</i>					5
<i>Polydora caeca</i>					1
<i>Macrochaeta clavicornis</i>				1	1
<i>Heteromastus filiformis</i>			4		
<i>Capitella capitata</i>	355		1		
<i>Pectinaria koreni</i>			1		
<i>Polycirrus norvegica</i>					1
<i>Terebellides stroemi</i>				1	
MOLLUSCA - bløtdyr					
<i>Philine sp.</i>			1		
<i>Mysella bidentata</i>			2		
<i>Venus casina</i>					1
<i>Dosina exeoleta</i>				1	
<i>Corbula gibba</i>					1
CRUSTACEA - krepsdyr					
<i>Cheirocratus sundevalli</i>					3
<i>Corophium sp.</i>		1			
ECHINODERMATA - Pigguder					
<i>Pseudoarchaster Parellei</i>		1			1
<i>Leptosynapta inhærens</i>			5		
Antall individer	422	20	1	4	33
Antall arter	7	9	1	4	17
Diversitet, H'	0,74	2,90		2	3,87
Jevnhet, J	0,26	0,92		1	0,95
H' max	2,81	3,17	0	2	4,09