

2019:00217 - Åpen

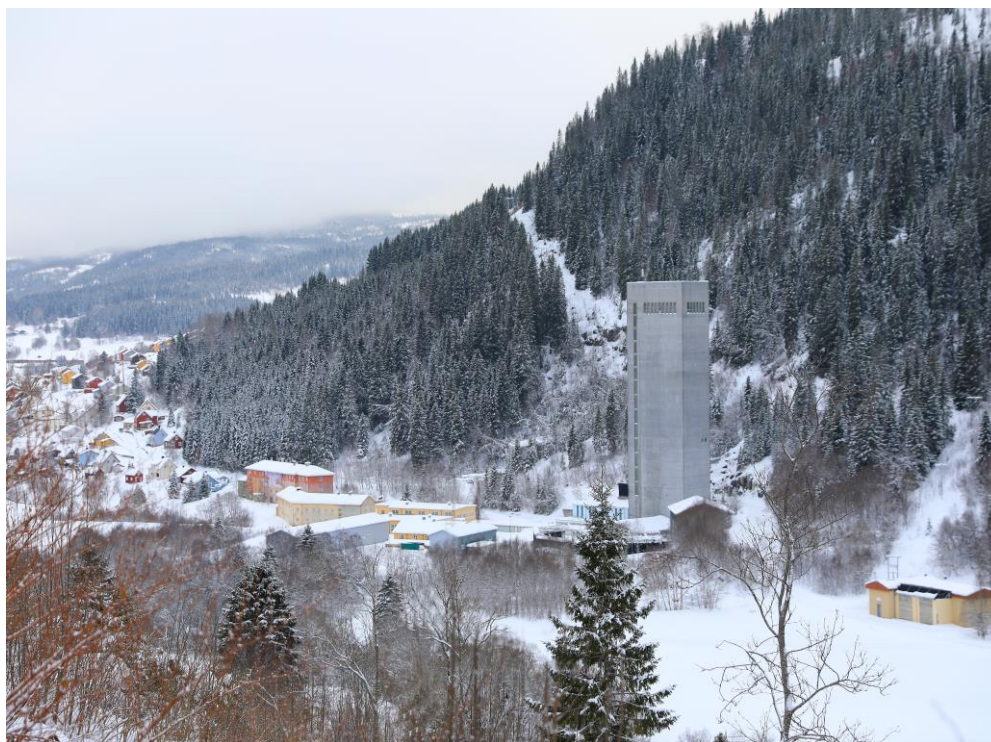
Rapport

Bruk av temperert vann fra gruvene i Malm til akvakulturformål

Utredning for Verran kommune

Forfatter

Jan Ove Evjemo



SINTEF Ocean AS

Postadresse:
Postboks 4762 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 46415000Foretaksregister:
NO 937 357 370 MVA

Rapport

Bruk av temperert vann fra gruvene i Malm til akvakulturformål

RAPPORTNR	PROSJEKTNR	VERSJON	DATO
2019:00217	302003904	1	2019-06-11

EMNEORD:Akvakultur
Gruvevann
Temperert vann
Marin fisk
Laks
Nye arter i akvakultur**FORFATTER**

Jan Ove Evjemo

OPPDRAGSGIVER

Verran Kommune

OPPDRAGSGIVERS REF.
VK15082018**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**
50 + vedlegg**GRADERING**
Åpen**GRADERING DENNE SIDE**
Åpen**ISBN****SAMMENDRAG**

Formålet med denne utredningen har vært å beskrive hvilke muligheter som er tilstede for å utnytte det tempererte vannet i gruvene i Malm til akvakulturformål. I prosjektet ble det gjennomført temperaturmålinger og analyser av vannkvalitetene i Østgruva og Vestgruva, og foretatt beregninger på hvilke vannvolum som kan hentes ut av Østgruva og benyttes inn i et oppdrettskonsept, uten at vannmengde og temperatur på gruvevannet endres. Videre er det beskrevet en rekke tekniske løsninger om hvordan det tempererte gruvevannet kan brukes inn i et oppdrettssystem, og hvilke oppdrettsarter som har størst potensiale i et slikt system.

På bakgrunn av den energimengden som ligger i det tempererte gruvevannet og de tekniske vurderingene som er gjort i denne utredningen bidrar dette til at akvakulturproduksjon er et interessant konsept som absolutt kan realiseres. Ved å ta i bruk moderne teknologi innen vannbehandling (varmeveksling, RAS-teknologi) å la gruvevannet gå i en lukket sløyfe tilbake til gruva, etter varmeveksling, er det mulig å produsere et betydelig volum av allerede etablerte marine oppdrettsarter. Minst like viktig er det å se på oppdrettsorganismer som krever høyere temperatur enn det vi normalt har langs kysten. Tropiske reker (scampi) er en gruppe krepsdyr som her vil være av stor interesse. Disse organismene produseres i landbaserte anlegg og kjennetegnes ved at de har kort generasjonstid, gir god pris og finnes ikke som fersk vare på det Europeiske markedet.

UTARBEIDET AV

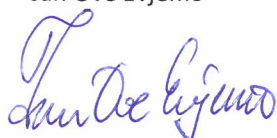
Jan Ove Evjemo

KONTROLLERT AV

Aleksander Handå

GODKJENT AV

Gunvor Øie

PROSJEKTNR
302003904RAPPORTNR
2019:00217VERSJON
1

Side 1 av 57

Historikk

Den 21. desember 2017 hadde SINTEF Ocean møte med representanter fra Verran kommune, lokale næringsaktører og Jostein Strand, tidligere ansatt i Fosdalen Bergverk, der temaet var mulig utnyttelse av varmtvannet fra Malm gruver til akvakulturformål.

SINTEF Ocean leverte prosjektforslag til kommunen og i et senere møte med Jacob Br. Almlid og Jarle Kirkeberg (27. mai 2018) ble SINTEF Ocean bedt om å skrive en utredning der målet var å se på alternative anvendelsesmuligheter av varmtvannet fra gruvene, ikke bare rettet mot akvakulturformål. Verran kommune og SINTEF Ocean signerte kontrakt den 15. august og prosjektet ble igangsatt samme dag.

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1	2019-01-10	[Tekst]

Bakgrunn

Utnyttelse av energien som ligger i gruvevannet i Malm har vært tema helt siden gruvene ble nedlagt i 1997. I samband med nedstengningen ble enkelte etasjer/orter muret igjen før gruvene ble fylt med vann. Dette ble gjennomført for å få sirkulasjon av vannet gjennom gruva. I praksis betyr det at overflatevannet og alt annet tilsig av vann som går inn i Østgruva først ledes ned til bunnen av gruva, før det går opp gjennom Hovedsjakt V i Østgruva. Gruva er 1177 meter dyp og i bunnen er bergtemperaturen 27 °C. Vannet vil ta opp varme fra berget og det tempererte vannet som kommer opp gjennom Hovedsjakt V kan deretter kan bli brukt til ulike formål, eksempelvis fjernvarmeanlegg eller som temperert vann til mulige akvakulturinstallasjoner for produksjon av sjømat.

Det har vært gjennomført flere utredninger om hvordan det tempererte vannet kan utnyttes. I 1997, samme år som gruvene ble nedlagt, gjennomførte SINTEF Energi et prosjekt, "Utnyttelse av varme fra Malm gruver", der hensikten var å foreta en teknisk/økonomisk vurdering av gruvene i Malm som varmekilde til ulike formål. Konklusjonen den gang var at gruvene i Malm er svært godt egnet som varmekilde for varmepumper til bygningsoppvarming og for temperering av vann til fiskeoppdrett. I en senere rapport skrevet av Interconsult viser beregninger at det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å etablere et gruvevarmeanlegg for oppvarming av Malm Samfunnshus, Malm Skole og Verran Helsetun. Den siste utredningen ble skrevet av Multiconsult i 2007, og konkluderer også med at fjernvarme basert på varmepumpe ved gruva i Malm vil være et fornuftig og lønnsomt tiltak for kommunen.

Situasjonen er fortsatt slik at denne ressursen går til spille, uten at den utnyttes til noen form for næringsvirksomhet. Økt etterspørsel etter sjømat globalt, og endringer i reguleringene av norsk havbruksnæring, har ført til en fornyet interesse for landbasert oppdrett i Norge. Dette omfatter både produksjon av laks og marin fisk og i tillegg kommer flere arter med både krepsdyr og bløtdyr.

I Malm er tilgjengeligheten på det tempererte gruvevannet langt mindre krevende enn det er fra industribedrifter som bruker vann i kjøleprosesser slik som Nyhamna på Aukra, Tjeldbergodden i Møre og Romsdal og Mongstad utenfor Bergen. Gruvevannet i Malm tempereres av jordvarmen og utgjør en betydelig energiressurs med et stort potensial som absolutt burde utnyttes. Sentrale spørsmål vil være hvor store investeringer som må gjøres, og finnes det fornuftige oppdrettskonsepter som kan etableres og videreutvikles i et intensivt landbasert system som benytter temperert vann fra Østgruva.

Målet med dette prosjektet var å levere en utredning som beskriver ulike produksjonskonsepter innen akvakultur/havbruk som har potensiale for å utnytte temperert vann fra gruvene i produksjonen. I tillegg vurdere alternative muligheter for å utnytte varmtvannsressursen eller selve gruvene.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	6
1.1	Gruvene i Malm	6
2	Østgruva som ressurs	7
2.1	Bergtekniske og geologiske forhold	7
2.2	Vurdering av total vannmengde i Østgruva	7
2.3	Hovedsjakt V	7
2.4	Bruk av bergrom til oppdrett i Grundstollområdet	8
2.5	Rammebetingelser og forutsetninger for bruk av oppvarmet vann fra gruvne i Malm	10
3	Tekniske løsninger for uttak av temperert vann fra Østgruva	12
3.1	Alternativ 1. Direkte bruk av temperert vann til bruk i oppdrettsanlegg	12
3.2	Alternativ 2: Ett-trinns varmeveksling – indirekte bruk av gruvevann til akvakulturformål	13
3.3	Alternativ 3: To-trinns varmeveksling – indirekte bruk av gruvevann til akvakulturformål	14
3.4	Ett-trinns varmeveksling – indirekte bruk av temperert gruvevann til akvakulturformål med varmeveksler plassert nede i gruvesjakt	16
3.5	Ett-trinns varmeveksling – indirekte bruk av temperert gruvevann med varmeveksler, varmepumpe og RAS-anlegg	16
3.6	Økonomiske betraktninger om bruk av temperert gruvevann til produksjon av sjømat	17
3.7	Eksempler på aktuelle oppdrettskonsepter	18
3.8	Utnyttelse av gruvevann - bruk av varmeveksler/energianlegg	20
4	Vannkvaliteten i Østgruva og Vestgruva	22
4.1	Vannkvalitet og vanntemperatur i Østgruva	22
4.2	Vanntemperaturen i Østgruva	23
4.3	Vannkvaliteten i Vestgruva	30
5	Produksjonskonsepter for akvakultur basert på bruk av temperert vann fra Østgruva	32
5.1	Kartlegging av mulige oppdrettsarter	32
5.2	Kategori 1. Laksefisk	34
5.3	Kategori 2. Kveite, torsk, piggvar og rensefisk	34
5.4	Kategori 2. Varmtvannsarter	38
5.5	Kategori 3. Aktuelle fremtidige arter	40
5.6	Utnyttelse av slam	41
6	Ringvirkninger av akvakulturkonsepter	43
7	Plan for videre prosess	43
7.1	Tekniske forutsetninger for å utnytte det tempererte gruvevannet	43
7.2	Aktuelle oppdrettsarter	44
7.3	Anbefaling for videre arbeid	45

8	Konklusjoner	47
9	Referanser:	49

VEDLEGG

Vedlegg I. Reguleringsplan og reguleringsbestemmelser for Fosdalen kulturbergverk og næringsområde.
Vedlegg II. Temperaturmålinger fra Malmsundet (SINTEF, 1999 – 2000).
Vedlegg III. Teknisk spesifisering av SIGMA varmeveksler.
Vedlegg IV. Analyserapporter fra Eurofins (analyser av vannprøver fra Østgruva og Vestgruva).
Vedlegg V. Kopi av nettside fra Yr (nedbørsdata fra Malm i perioden 20. september - 3. oktober).
Vedlegg VI. Utklipp av regneark med temperaturdata fra perioden 12.07.2018 – 12.08.2018.

1 Innledning

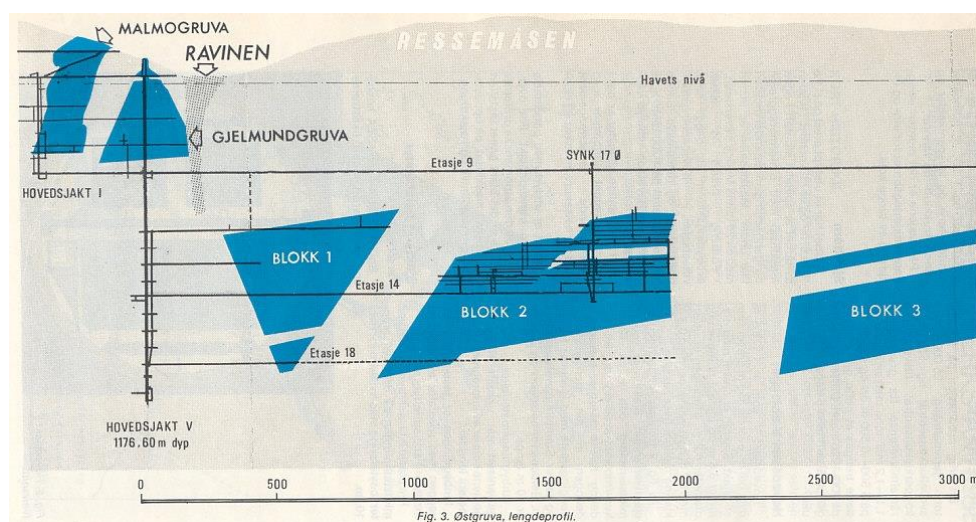
Arbeidet med dette prosjektet har vært preget av store velvilje fra Verran Kommune som har bidratt med all mulig informasjon og dokumentasjon for å få ferdigstilt rapporten. En stor takk til Jostein Strand som har vært til uvurderlig hjelp i samband med alle prøveuttak, temperaturmålinger og alle befaringer i både Østgruva og Vestgruva. Takk også til Professor emeritus Arne M. Myrvang som har skrevet kapitlene 2.1 – 2.4 og Øyvind Hilmarssen fra SINTEF Nord som har bidratt med tekniske beregninger i kap. 3.1 – 3.3.

1.1 Gruvene i Malm

Østgruva i Malm består av en hovedsjakt og flere horisontale etasjer med synk imellom. Hovedsjakten er 1176,6 meter dyp og har en innvendig diameter på 6,2 meter (Amdal, 1975). Den står i forbindelse med den gamle gruva (Vestgruva) via flere etasjer. I etasje 9 (345 meters dyp) er det forbindelse mellom Vestgruva og Østgruva med stigort til blokk 2 og 3 som ligger henholdsvis 1700 meter og 3000 meter fra hovedsjakta (Fig. 1). Begge disse stigortene har forbindelse til hovedsjakten på 1040 meters dyp (etasje 18). Da gruvedriften ble avsluttet ble enkelte etasjer muret igjen for å skape sirkulasjon av vann gjennom en større del av gruveanlegget. På den måten utveksler berget varme med vannet når det strømmer gjennom de horisontale etasjene og ned gjennom blokk 1 og 2, før vannet når bunnen gjennom den nederste etasjen på 1040 meters dyp inn mot hovedsjakt V (Amdal, 1975; Eggan, 1997). Det totale volumet i gruvene er antatt å være over 8 250 000 m³, enkelte hevder at det er betydelig mer. Det naturlige tilsiget av vann inn i gruvesystemet oppgis til å være 400 liter/min (Eggan, 1997), mens utpumping av vann fra den gang gruva var i drift er anslått til å være 550 liter/min (Jostein Strand pers. med.).

Gruvevannet er temperert ferskvann som varmes opp av jordvarmen i bunnen av gruvesjakta der det antas at temperaturen er 27 °C (Hoggen og Jørgensen, 2007). I Østgruva ble det på 60-tallet gjort tempermålinger i dype borehull og resultatene viste at når man gikk dypere ned enn 900 meter var temperaturen i borehullene > 20 °C. I bunnen av sjakta ble temperaturen den gang målt til 23,2 °C (Logn, 1964). Temperaturkurven som beskrives fra den gang er noe uregelmessig nedover i selve sjakta, men fra 800 meters dyp og ned mot bunnen er det en tilnærmet lineær økning av temperaturen fra 18,5 til 23,0 °C.

I denne utredningen blir Hovedsjakt V referert til som Østgruva. Det ble foretatt temperatur målinger i denne sjakta og hentet vannprøver for å analysere innholdet av tungmetaller. Dersom det skal benyttes temperert vann fra av gruvene i Malm til næringsvirksomhet må dette pumpes ut fra hovedsjakt V (Østgruva).



Figur 1. Lengdeprofil av Østgruva og hovedsjakt V.

2 Østgruva som ressurs

2.1 Bergtekniske og geologiske forhold

Et Øst - Vest lengdesnitt gjennom Østgruva er vist i Figur 1. Gruvedrifta i Malm begynte i Vestgruva som startet øverst til venstre i figuren. Her er den såkalte Grundstollen drevet nesten 8 km vestover, og fra Grundstollen er det drevet 3 vertikale hovedsjakter med jevne mellomrom ned til et nivå omtrent det som kalles Etasje 9 på figuren.

Det som kalles Ravinen på figuren er en stor forkastning (dvs. en sprekk i jordskorpa). Her er Østmalmen presset ca. 700 m nedover i jordskorpa. Blokkene 1, 2 og 3 er malmkroppene det ble drevet på fra 1969 til 1997. Blokkene står som skiver med tykkelse (mektighet) 5 – 8 m, og med et fall ca. 70 ° (dvs. vinkel med horisontalplanet). De nyttbare mineralene i malmen er magnetitt (Fe_3O_4), svovelkis (FeS_2) og kopperkis (CuFeS_2) med innhold henholdsvis 30 % jern (Fe), 1,8 % svovel (S) og 0,03 % kobber (Cu). Av dette ble det i oppredningsverket produsert jernmalmslig med 65 % Fe, svovelkiskonsentrat med 49 % S og kopperkiskonsentrat med 20 % Cu. Malmen ble brutt med såkalt skiverasbrytning. Det betyr at malmen sprenges og lastes ut fra skiveorter (tuneller) på ulike nivåer på en slik måte at sideberget raser kontrollert inn i det utsprengte volumet. Det betyr at det ikke finnes store åpne rom etter at brytningen er fullført i et område, men mere et volum fylt med større og mindre blokker. Generelt ble Østgruva vurdert som ganske tørr, og mye av det vannet som ble pumpet opp kom fra drifta (spylevann i forbindelse med boring).

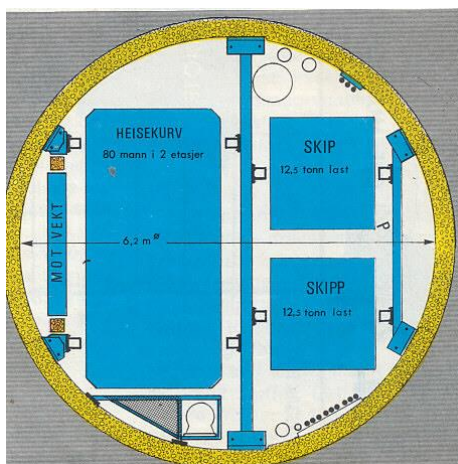
Tidligere stiger i gruva Jostein Strand mener imidlertid at det i ettertid kan ha kommet saltvann inn gjennom dype kjerneborhull dvs. over 1000 m lange hull. Dette er basert på at fyllingen av Østgruva gikk raskere enn forventet.

2.2 Vurdering av total vannmengde i Østgruva

Det er ikke mulig å gi et nøyaktig mål av vannmengden, men volumet er stort. De viktigste etasjestollene har et volum på ca. 100 000 kubikkmeter. Hvis en antar at 50 % av det opprinnelige malmvolumet er tilgjengelig, dreier dette seg om i størrelsesorden 5 000 000 kubikkmeter.

2.3 Hovedsjakt V

Hovedsjakt V ble avsenket i årene 1961 – 1965 ned til et dyp på 1176,5 m. I Østgruva startet malmproduksjonen i 1969. Figur 2 viser et tverrsnitt av sjakten.



Figur 2. Tverrsnitt av Hovedsjakt V.

Sjakten er drevet med et sirkulært tverrsnitt med ytre diameter 6,8 m. Veggene er i hele lengden sikret med 30 cm høykvalitet betong, slik at indre diameter er 6,2 m. I den venstre delen kjørte person- og materialheisen med hastighet 10 m/s, og i den høyre delen malmheisen med to såkalte skiper med hastighet 12 m/s. Begge heisene var såkalte friksjonsheiser. Personheisen er forbundet med en motvekt via stålliner (wirer) i et «endeløst rep» over en friksjonsskive i toppen av heisetårnet. Malmskipene er forbundet med hverandre i et tilsvarende endeløst rep av stålliner slik at når den ene er i bunnen av sjakten er den andre i toppen. Med 2 eller 4 parallelle liner i hver av heistypene vil det sammenlagt dreie seg om mange kilometer med line.

Alle stålkonstruksjoner nedover i sjakten er galvanisert, og det samme gjelder heislinene. I løpet av driftsperioden i Østgruva har det ikke forekommet stabilitetsproblemer i sjaktveggene. Det er ikke foretatt malmbrytning i umiddelbar nærhet av sjakten, noe som kan være forstyrrende for en sjakt. Dette var tilfelle med sjakten Synk 17 Ø (Fig. 1), som ble alvorlig skadet på grunn av nærliggende malmbrytning. Derfor kan det med rimelig sikkerhet antas at sjaktveggene i Hovedsjakt V fortsatt er stabile.

Etter at driften ble nedlagt i 1997, ble heislinene kuttet slik at heiskurv og malmskip sammen med alle heislinene ble sendt til bunns i sjakten. Det er ikke mulig å finne ut hvordan det ser ut nedover i sjakten f.eks. hvor heisliner har hengt seg opp i stålkonstruksjoner eller hvilken skade dette har påført konstruksjoner. Derfor er det vel temmelig sikkert at det ikke vil være mulig å sende en målesonde helt til bunns i sjakten.

Analyser av vannprøver tatt på forskjellige dyp nær vannspeilet i sjakten har vist et meget høyt innhold av sink. Hverken malm eller sideberg har påvist innhold av sink. Årsaken er derfor sannsynligvis at både heisliner og stålkonstruksjoner nedover i sjakten er galvanisert, noe som representerer en stor sinkkilde.

Generelt er den såkalte temperaturgradienten i jordskorpa i Skandinavia mellom 2 – 3 °C pr. 100 m dyp. I bunnen av Hovedsjakt V er det målt en bergtemperatur på 27 °C, noe som bekrefter denne regelen. Vannet på dette dypet vil ha samme temperatur, og dette er bakgrunnen for tanken om en mulig utnyttelse av dette.

2.4 Bruk av bergrom til oppdrett i Grundstollområdet

Under møtet i Malm 12. november 2018 ble det fra SINTEF Berg- og geoteknikk sin side foreslått å opprette et eventuelt oppdrettsanlegg i bergrom knyttet til Grundstollen. Denne ble opprinnelig påbegynt i 1929, men ble oppgradert i 1954 i forbindelse med at det da ble introdusert elektriske lokomotiver med kjøreledning i stedet for batteridrevne lokomotiver. Dette krevde bl.a. noe større høyde i stollen.

Det ble besluttet å foreta en befarings i Grundstollen (Fig. 3). På befaringsen deltok Jan Ove Evjemo, SINTEF Ocean og Arne Myrvang, Nghia Thrinh og Mario Morales, SINTEF Berg- og geoteknikk. Det ble gått innover Grundstollen til et stykke forbi Hovedsjakt 1. Videre ble det gamle tilfluktsrommet befart. Dette har inngang fra Grundstollen.

Tatt i betraktning at stollen har stått slik siden 1954 er det generelle inntrykket at bergmessig sett er forholdene nesten utrolig bra. Det finnes stort sett ingen bergsikring som f.eks. bergbolting, det er nesten ingen vanddrypp og det var ikke mulig å se nedfall fra stolltaket. Dette indikerer en meget god bergmassekvalitet. Bergarten antas å være kvartskeratofyr/grønnskifer. Stollen har et tverrsnitt ca. 3,5 x 3,5 m, men med spenn 6 -7 m i krysset ved Hovedsjakt 1. I tilfluktsrommet er forholdene nesten like bra, men bærer preg av at det er drevet på tvers av bergets lagdeling, og det ble også observert en markert sleppe (eller sprekk) med bl.a. noe svovelkis (Fig. 4). Denne har ikke forårsaket noe utfall av betydning. Det

er drevet ut en rekke nisjer/siderom i for forskjellige formål langs tilfluktsrommet, nødvendig for å huse 1000 personer (som var tilfluktsrommets kapasitet).



Figur 3. Utsyn innover Grundstollen.



Figur 4. Utsyn over en del av tilfluktsrommet. I forgrunnen svovelkisholdig sleppe.

Ut fra observasjonene gjort så langt anses det mulig å bygge bergrom med betydelig større spenn enn Grundstollen og tilfluktsrommet. Det enkleste er antakelig å utvide Grundstollen. For etablering av oppdrett kan det dreie seg om to hovedtyper produksjonskar; lengdestrømsrenner er vanligvis 0,5 – 1 m dype, 10 – 30 m lange og 3 – 6 m brede. Vanligvis er det en svak helning på rennene 0,2 – 0,5 % for å få en svak vannstrøm i karsystemet. Sirkulære kar diameter 4 – 10 meter og 2 – 3 meter dype. Bergteknisk vil det

sannsynligvis ikke være problemer med å lage bergrom store nok for dette formålet. Det vil imidlertid være nødvendig med mere grundige bergmekaniske undersøkelser for å bestemme endelige dimensjoner.

2.5 Rammebetingelser og forutsetninger for bruk av oppvarmet vann fra gruvene i Malm

Østgruva eies av Verran kommune. En eventuell pris på det tempererte vannet er aldri vurdert, men dersom det blir aktuelt å utnytte vannet til næringsvirksomhet opplyser kommunen at det må foretas en vurdering av dette i en større sammenheng, gjerne med en kommersiell aktør.

Området ved Gruva (Bergmannsparken) og Tjuin industriområde er ferdig regulert (Fig. 5), og akvakultur kan etableres på begge områdene. I Bergmannsparken er det et industriområde på ca 27 daa fordelt på to arealer (20 + 7 daa) og på Tjuin er det pr dato (februar 2019) ca. 106 daa ledig areal. Kommunen forventer en avklaring som reduserer ledig areal på Tjuin innen kort tid. Etter en slik avgjørelse vil ca. 90 daa være ledig. Verran kommune opplyser at det ikke foreligger rettigheter eller begrensninger som påvirker mulighetene til å starte ny akvakulturvirksomhet i området. Reguleringsplan og reguleringsbestemmelser for Fosdalen kulturbergverk og næringsområde er vist i Vedlegg I.



Figur 5. Området ved Gruvene i Malm, Bergmannsparken (markert med rød farge) og Tjuin industriområde (markert med gul farge).

På spørsmål til kommunen om hvilke prinsipper som legges til grunn for tildeling/bruk av det tempererte vannet, om enkeltaktør kan få enerett på vannet og om tildelingen må ut på anbud så svarer kommunen følgende; *vi legger til grunn at det kreves betydelig samhandling mellom eier (Verran kommune) og en eller flere kommersielle aktører knyttet til beslutning om oppbygging av virksomhet som skal/kan utnytte vannressursen (varme). Vi vil etter vurdering av SINTEF OCEAN sin rapport starte et arbeid med å identifisere potensielle kommersielle aktører. Vi bedømmer at det ikke er naturlig å sette ut bruk av vannet på anbud.*

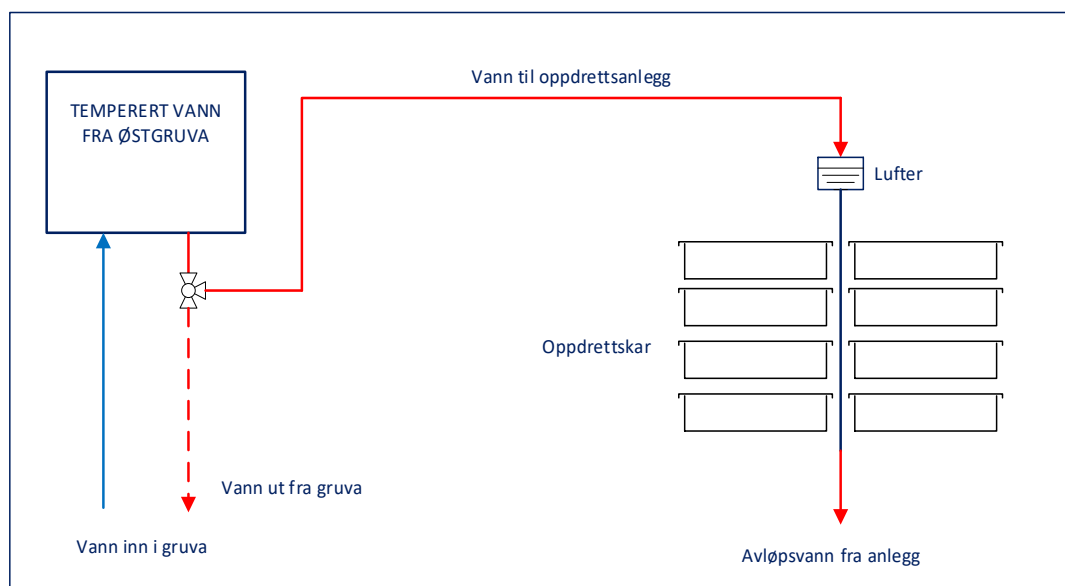
3 Tekniske løsninger for uttak av temperert vann fra Østgruva

Det tempererte ferskvannet i Østgruva er relativt lett tilgjengelig, men det kan ikke brukes direkte til oppdrettsvirksomhet uten at det varmeveksles mot ferskvann eller sjøvann på grunn av høyt innhold av enkelte tungmetaller (kap. 2.3). Dette avhenger selvfølgelig om det skal brukes til produksjon av ferskvanns eller saltvannsorganismer. Et annet forhold er hvor dypt ned i sjakta man må for å hente det vannet man ønsker å benytte. Dette bestemmes av hvilken vanntemperatur som er ønskelig å bruke som igjen er avhengig av hvilken oppdrettsorganisme man ønsker å produsere. De målinger som er gjort viser at temperaturen i overflata ligger omkring 16 °C, men denne påvirkes av overflatevann som kommer inn i gruva, og denne effekten er merkbar helt ned på 10 meters dybde, kanskje dypere. Dette vet man ikke med sikkerhet på grunn av det ikke er tatt langtidsmålinger dypere enn 10 meter. Hvor langt ned man må for å finne vann som har stabil temperatur på 16 – 17 °C vet man ikke før det er foretatt nye temperaturmålinger over en lengre tidsperiode. Ønsker man høyere temperatur må man dypere ned i gruva for å hente vann og der er vanntemperaturen trolig langt mer stabil enn nær overflaten.

Over Hovedsjakt V står sjakttårnet (se foto på forsiden) og fra gulvet i tårnet og ned til vannoverflaten varierer vann-nivået noe. I desember (16.12.2019) ble høyden anslått til å være ca 25 meter og ved inspeksjon av gruva ca 45 dager senere var vann-nivået i gruva betydelig høyere og anslått til å være mellom 3 og 4 meter under gulvet i tårnet. Dersom vannet stiger til samme nivå som gulvet i tårnet vil overløpsvannet gå via en kulvert og ned i Ressemelva. Varierende vannhøyde i sjakta gjør at det er nødvendig med ytterligere temperaturmålinger på ulike dyp for å se i hvor stor grad disse fluktuasjonene påvirker stabiliteten av temperaturen.

3.1 Alternativ 1. Direkte bruk av temperert vann til bruk i oppdrettsanlegg

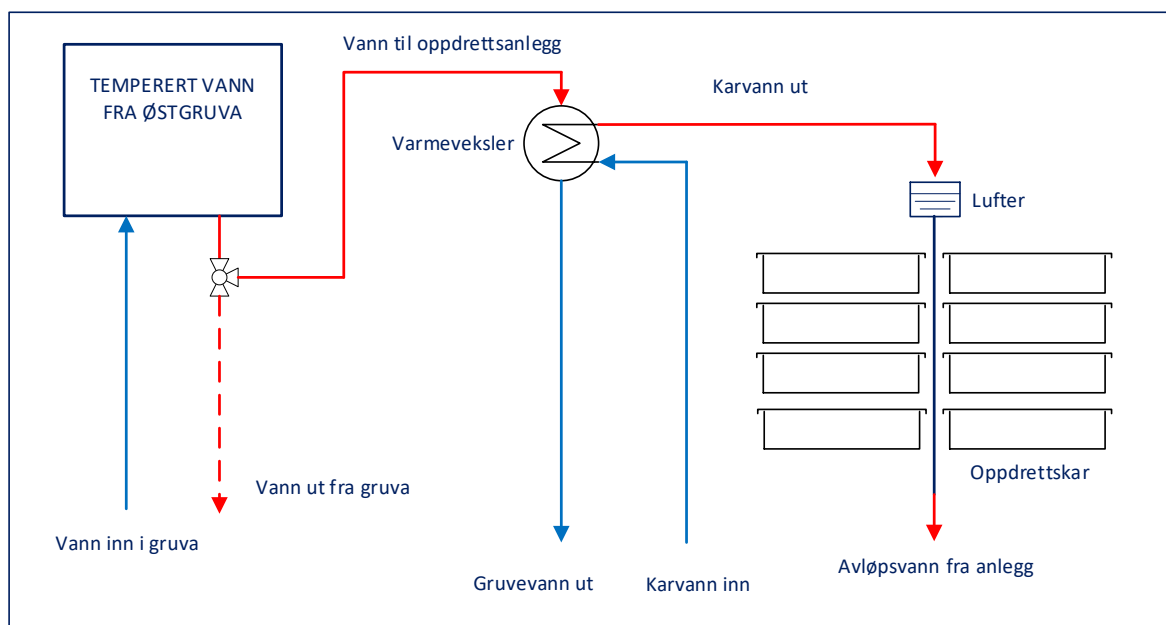
Dersom det tempererte vannet hadde vært fritt for tungmetaller kunne det ha blitt bruket direkte i produksjonskar med fisk, eventuelt andre organismer, uten noen form for behandling (Figur 6). Selv om dette alternativet er uaktuelt å bruke i Malm er det tatt med for å illustrere selve prinsippet hvor vannet pumpes ut fra gruvesjakta, via en lufter som hindrer gassovermetning og inn i oppdrettskarene. Dette er den enkleste metoden for å utnytte det tempererte vannet og med lavest investerings- og driftskostnad.



Figur 6. Prinsippskisse for alternativ 1, direkte bruk av temperert gruvevann til akvakultur.

3.2 Alternativ 2: Ett-trinns varmeveksling – indirekte bruk av gruvevann til akvakulturformål

I alternativ 2 vil en varmeveksler overføre energien fra det tempererte gruvevannet til oppdrettsvannet som går inn i anlegget og fordeles i oppdrettskarene (Figur 7).



Figur 7. Prinsippskisse for alternativ 2, indirekte bruk av temperert gruvevann til akvakultur. Normalt varmetap i et slikt system vil være 2 °C i varmevekslingsprosessen.

Figur 7 viser at gruvevannet varmeveksles med rent sjøvann eller ferskvann (karvann inn). Det er mulig å gjenvinne opp mot 80 prosent av energien i gruvevannet. Avhengig av temperatur på gruvevannet kan det være nødvendig å justere temperatur etter varmeveksling.

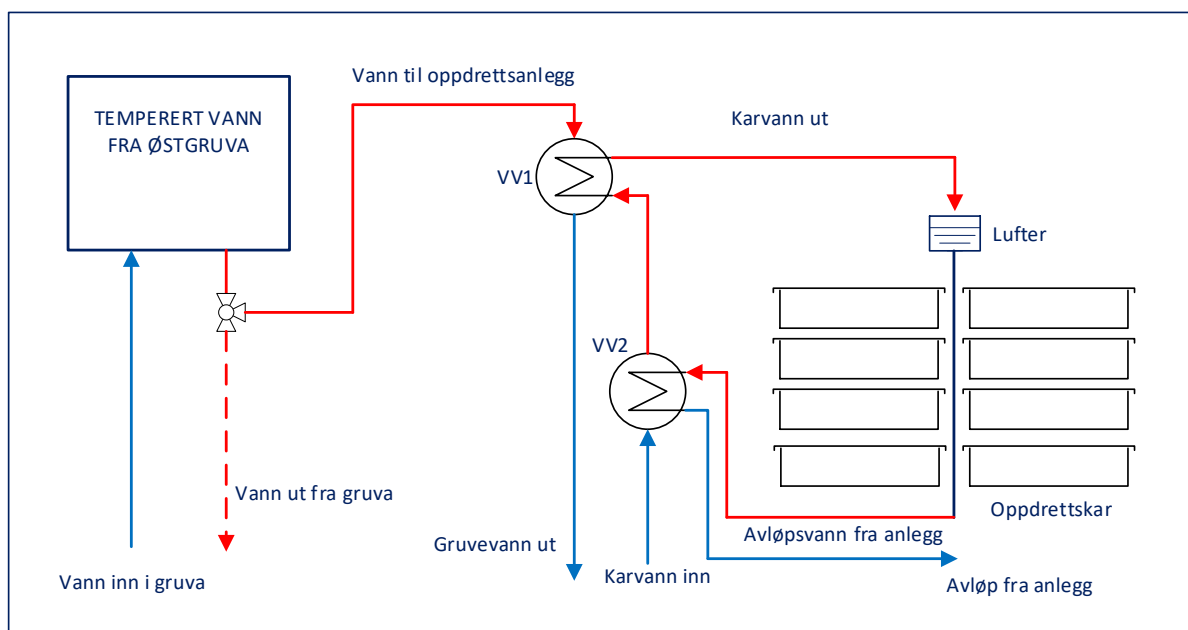
Dersom det blir lagt til grunn at det naturlige tilsiget av vann inn i Østgruva er 33 m³/t (opplysninger fra Jostein Strand, 550 l/min), og at tilsvarende vannmengde pumpes ut av gruva, varmeveksles og deretter går inn i en oppdrettsenhet vil en slik løsning (Fig. 7) gi følgende vannmengder (m³/time) for oppdrett i vann med temperatur på 13 °C (Tabell 1). I dette eksemplet er gruvevannet vekslet mot råvann som kommer fjorden, og det er brukt gjennomsnittlige temperaturverdier fra målinger på 25 meters dyp i Malmsundet (foretatt av SINTEF 1999 – 2000), Vedlegg II.

Tabell 1. Tilgjengelig vannmengde (m³/time) til oppdrettsanlegg med 1- trinns varmeveksling.

	Jan	Feb	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Des
Temp. råvann	6	7	7,5	7	7,1	11	12	12,5	10	10	9	9
Temp. gruvevann	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Vannmengde (m ³ /t) (fra gruva)	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Temp. i oppdrettsanlegg	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Vannmengde til oppdrettskar (m ³ /t)	42	44	45	44	44	66	99	165	55	55	50	50

3.3 Alternativ 3: To-trinns varmeveksling – indirekte bruk av gruvevann til akvakulturformål

I alternativ 3 varmeveksles vannet som går inn i oppdrettsanlegget to ganger (Figur 8). Vannet som går ut av anlegget (avløpsvannet fra anlegget) varmeveksles med karvann inn i anlegget (råvann) (VV2). Størrelsen på varmeveksleren (VV2) bestemmer hvor effektivt dette er men temperaturen på vannet inn i anlegget (karvann inn) heves til mellom to og tre grader lavere enn temperaturen i avløpsvannet ut av anlegget. I neste trinn varmeveksles karvannet med det tempererte vannet fra Østgruva (VV1) og temperaturen i karvannet økes til 13 °C (denne temperaturen er valgt som et eksempel).



Figur 8. Prinsippskisse for alternativ 3, to-trinns varmeveksling. Første trinn veksles avløpsvannet fra anlegget med karvann inn (rent vann som går inn i anlegget, VV2), og i trinn 2 varmeveksles karvannet med det tempererte gruvevannet (VV1).

Dette alternativet vil gi størst mengde varmt vann inn i oppdrettsanlegget, men vil også kreve de største investeringene i varmeveksleranlegg og pumpesystemer. Som i forrige eksempel blir det lagt til grunn at det naturlige tilsiget av vann inn i Østgruva er 33 m³/t (opplysninger fra Jostein Strand, 550 l/min), og at tilsvarende vannmengde pumpes ut av gruva, varmeveksles og går inn i en oppdrettsenhet (Fig. 8). Dette vil gi følgende vannmengder (m³/time) for oppdrett i vann med temperatur på 13 °C (Tabell 1). Også i dette eksemplet er gruvevannet vekslet mot råvann som kommer fjorden (gjennomsnittlige temperaturverdier fra målinger på 25 meters dyp i Malsundet (foretatt av SINTEF 1999 – 2000), Vedlegg II.

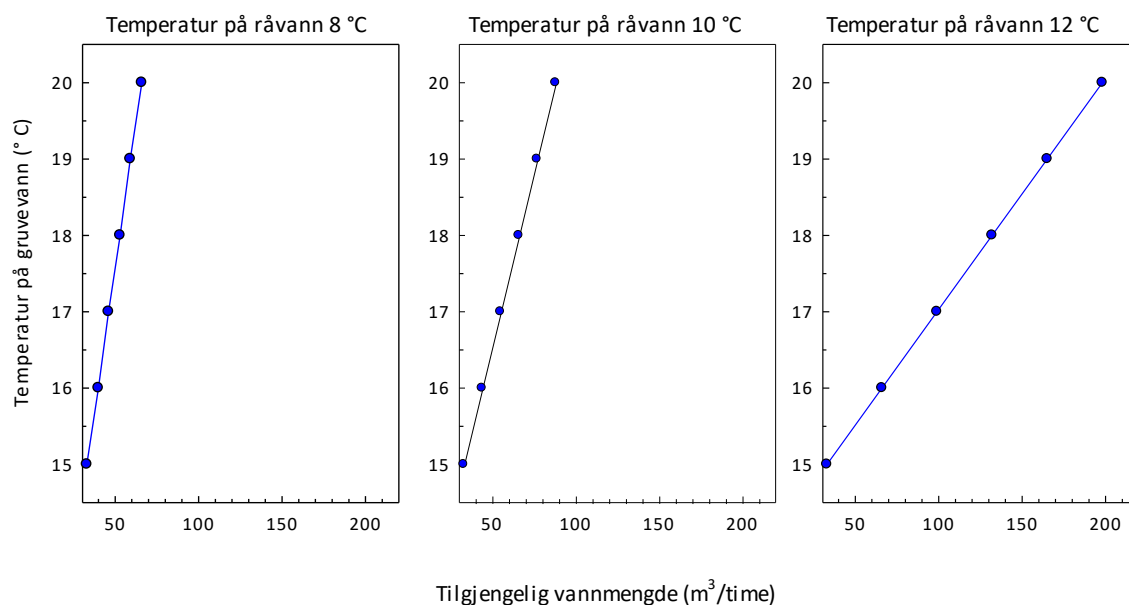
Tabell 2. Tilgjengelig vannmengde (m³/time) til oppdrettsanlegg med 2- trinns varmeveksling.

	Jan	Feb	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Des
Temp. råvann	6	7	7,5	7	7,1	11	12	12,5	10	10	9	9
Temp. gruvevann	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Vannmengde (m ³ /t) (fra gruva)	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Temp. i oppdrettsanlegg	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Vannmengde til oppdrettskar (m ³ /t)	42	44	45	44	44	66	99	165	55	55	50	50

Nøyaktig hvor mye vann med temperatur på 16 - 17 °C som er tilgjengelig (fra Østgruva) til akvakulturformål vil variere gjennom året (naturlig temperaturvariasjon), men normalt vil alternativ 3, med to varmevekslere, gi 3 - 4 ganger så mye vann (med temperatur på 13 °C i mulig oppdrettsanlegg) som alternativ 2. Størrelsen på varmeveksleranlegget må detaljprosjekteres og optimaliseres mellom trinn 1 og 2 for en spesifikk oppdrettsproduksjon. Ved oppstart av anlegget må varmeveksleren i trinn 2 dimensjoneres for å løfte temperaturen på vannet som skal inn i oppdrettsanlegget.

Ut fra de beregninger som er vist i Tabell 2 betyr det at den vannmengden som er tilgjengelig for akvakulturformål (dersom man velger 13 °C på vannet i oppdrettsanlegget), variere mellom 72 til 130 m³/time. Dette bestemmes av vannmengden som kommer inn i gruva (tilsig på 550 liter/min tilsvarende 33 m³/time), råvannstemperatur og temperaturen på gruvevannet.

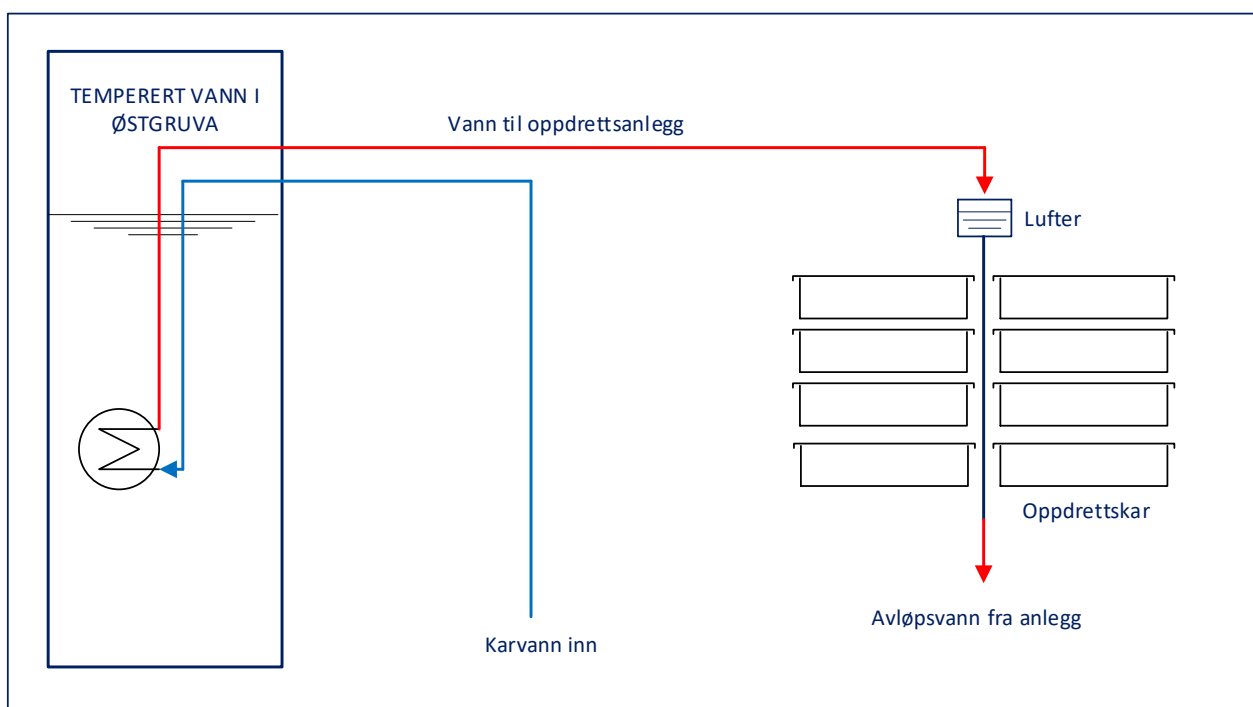
Hvordan den tilgjengelige vannmengden endrer seg med temperaturen på råvannet er vist i Figur 9. Her er det lagt til grunn at vann-nivået i gruva holdes konstant (innsig i gruva er det samme som det som pumpes ut).



Figur 9. Eksempel på tilgjengelig vannmengde (m³/time) for bruk i et oppdrettssystem dersom temperaturen på gruvevannet er mellom 15 og 20 °C, og veksles via et 2-trinns system hvor temperaturen på råvannet som tas inn i anlegget er henholdsvis 8, 10 og 12 °C.

3.4 Ett-trinns varmeveksling – indirekte bruk av temperert gruvevann til akvakulturformål med varmeveksler plassert nede i gruvesjakt

Alternativ 4 krever i likhet med alternativ 2 et varmeveksleranlegg for å overføre energien fra gruvevannet til oppdrettsvannet (Figur 10a). Den store forskjellen er at her plasseres varmeveksleren nede i gruvesjakt hvor råvann pumpes inn i veksleren og temperert vann kommer i retur og går inn i oppdrettsenheten (Fig. 10a). Alternativt kan varmeveksleren stå i umiddelbar nærhet til Østgruva slik at vannet som har gått gjennom veksleren går tilbake til gruva (Fig. 10b). På den måten tar man kontinuerlig varme ut av vannet fra gruva uten at vannvolumet endres.

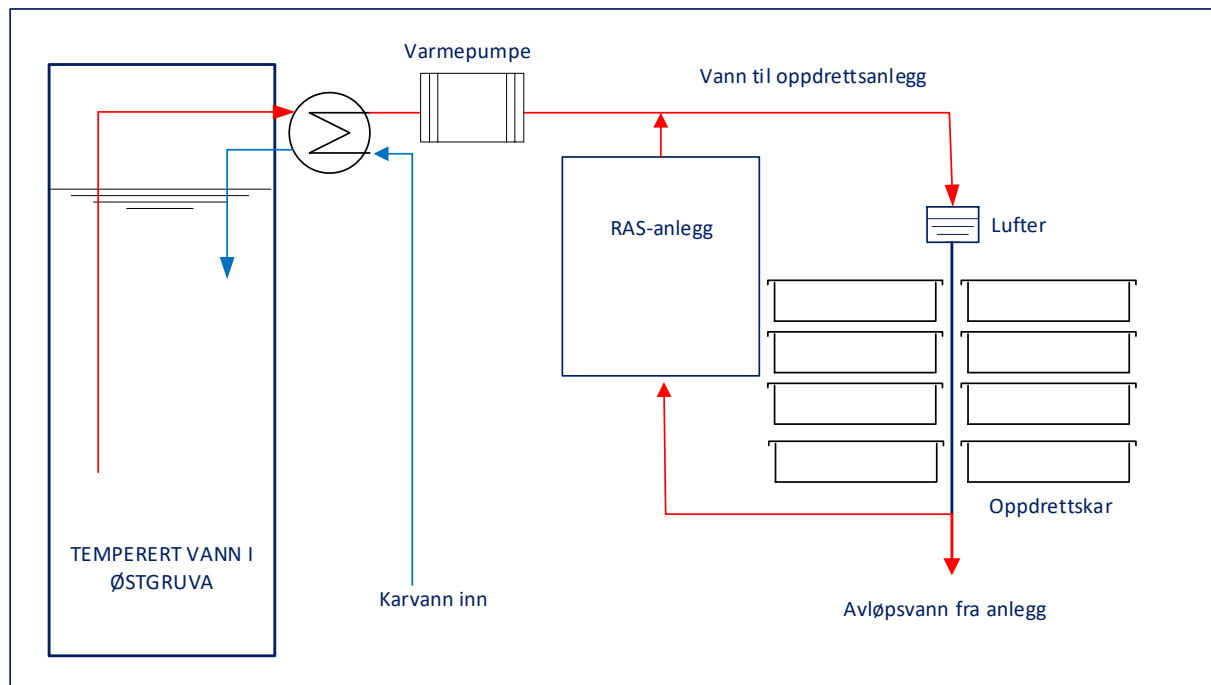


Figur 10a. Prinsipp tegning alternativ 4, ett-trinns varmeveksling av vann til akvakulturformål hvor varmeveksleren plasseres i selve gruvesjakt. Denne løsningen bidrar til at vannvolumet i gruva holdes konstant.

3.5 Ett-trinns varmeveksling – indirekte bruk av temperert gruvevann med varmeveksler, varmepumpe og RAS-anlegg

Det beste alternativet er trolig å plassere varmeveksleren i nær tilknytning til Hovedsjakt V, og la gruvevannet, etter at det har gått gjennom varmeveksleren, ledes tilbake til gruva. Dette er beskrevet i tidligere SINTEF rapport i samband med utnyttelse av varme fra Malm gruver (Eggan, 1997). Dersom slik løsning kombineres med en varmepumpe vil det være mulig å øke temperaturen på oppdrettsvannet med 10 - 12 °C. For å redusere vannbehovet bør/må vannet gå gjennom et RAS-anlegg (RAS, Recirculating Aquaculture Systems, gjenbruk av vann) og på den måten vil det være mulig å produsere oppdrettsarter som har temperaturoptimum mellom 12 og 28 °C. I praksis åpner det muligheter for å kultivere et bredt spekter av ulike oppdrettsorganismer i et landbasert anlegg.

Tidligere beregninger viser at det er mulig å ta ut betydelige energimengder fra vannet uten at temperaturen på gruvevannet går ned. Eksempelvis uttak av 1,8 GWh/år vil ikke påvirke temperaturen på gruvevannet (Eggan, 1997). Beregninger som er beskrevet i samme rapport viser at det kan tas ut opp mot 5 GWh/år, og at større varmeuttak vil få vanntemperaturen i gruva til å synke.



Figur 10b. Prinsipp tegning alternativ 5, ett-trinns varmeveksling av vann til akvakulturformål hvor varmeveksleren plasseres i nær tilknytning til Hovedsjakt V. Denne løsningen bidrar til at vannvolumet i gruva holdes konstant, varmepumpa sørger for økning av temperaturen på oppdrettsvannet (dersom man velger arter som krever temperatur over 15 °C), og vannet resirkuleres via RAS-anlegget.

3.6 Økonomiske betraktninger om bruk av temperert gruvevann til produksjon av sjømat

Sjøbaserte merdanlegg med oppdrettsfisk er avhengig av temperaturen i sjøen mens i landbaserte anlegg kan vanntemperatur tilpasses den spesifikke art og dermed oppnås gunstige temperaturbetingelser gjennom hele vekstfasen. I et landbasert anlegg vil man i tillegg unngå problematikken knyttet til parasitter som lakselus, algeoppblomstringer og andre ytre miljøpåvirkninger, samt at man har langt større kontroll på avløpsvann og utslipp av slam (rester av fôr og fecalier).

Landbasert produksjon av sjømat er kapitalintensivt og investeringskostnadene er høye. Dersom et slikt anlegg baserer driften på oppvarmet vann for å gi fisken rask vekst, må anlegget bruke store energimengder på å øke temperaturen i vannet. Disse kostnadene er avhengig av oppdrettsart og oppdrettsvolum, vannbehov og hvilke teknologiske løsninger som blir tatt i bruk. Det er hovedsakelig to driftsformer som er aktuelle, enten at anlegget etableres som et gjennomstrømningsanlegg, hvor vannet oksygeneres og luftes for CO₂ for å redusere det totale vannbehovet, eller at det benyttes moderne resirkuleringsteknologi (RAS-anlegg) med biologisk filtre. I et slikt system blir bare en mindre del av vannet erstattet med nytt vann slik at behovet for nytt temperert vann er svært forskjellig i disse to produksjonsformene. Det betyr også at den økonomiske gevinsten av utnyttelsen av temperert vann blir svært forskjellig (Tabell 3).

Her i landet er det gjennomført en rekke utredninger om hvordan temperert industrivann kan utnyttes til landbaserte oppdrettsformål, spesielt i samband med ilandføringsbaser for olje og gass og fra flere industrianlegg langs kysten som benytter store mengder sjøvann som kjølemedium i produksjonen. Det er skissert flere alternative måter å utnytte industrivann og felles for alle er at vann som er kontaminert med tungmetaller eller andre komponenter som kan forringe kvaliteten på vannet, ikke kan brukes direkte i et oppdrettsanlegg. I slike tilfeller må det etableres løsninger for varmeveksling mellom det tempererte vannet og oppdrettsvannet (Fig. 7, 8, 10a og 10b). Dette krever store investeringer i varmevekslere og medfører betydelige driftskostnader for pumping av vann gjennom slike varmevekslere. Dersom vannet kunne bli brukt direkte i fiskekarene slik som vist i Figur 6 var det ikke behov for varmeveksleranlegg. Dersom råvannet tas inn og tempereres (varmeveksles) må det luftes før det går inn i oppdrettsanlegget for å hindre gassovermetning. Denne prosessen krever også energi, og vil være lik for alle som benytter oppvarmet vann. I råvann som brukes direkte fra sjø/elv/innsjø uten oppvarming er slik lufting ikke nødvendig.

I Tabell 3 er det gjort en sammenlikning av investeringskostnadene for et anlegg med gjennomstrømning (Fig. 10a) og et anlegg som benytter resirkuleringsteknologi (Fig 10b). For å få utnyttet det tempererte vannet i gruvene i Malm kan begge alternativene være aktuelle men i et gjennomstrømningsanlegg vil det bli betydelig høyere investeringskostnader på grunn av høyere vannforbruk med dertil høyere kostnader knyttet til pumper, inntaks- og utslippsledninger som må være tilstrekkelig dimensjonert. Vannforbruket kan reduseres noe dersom vannet tilsette oksygen og lufting av CO₂.

Dersom varmevekslet vann blir brukt i et RAS-anlegg vil vannbehovet bli sterkt redusert og pumper, inntaks- og utslippsledningene får dermed mindre dimensjoner og lavere kostnader. Et slik anlegg må ha en vannbehandlingsenhet som fjerner nitrogenforbindelser (biofilter) og partikulært materiale fra vannet og det medfører høyere investeringskostnader i behandling av vann enn i et gjennomstrømningsanlegg. Arealbehovet vil være noe høyere for et RAS-anlegg mens infrastruktur knyttet til driften av anleggene vil være den samme for disse alternativene.

Tabell 3. Sammenlikning av investeringskostnader i gjennomstrømningsanlegg og et anlegg som benytter resirkuleringsteknologi (RAS-anlegg).

	Gjennomstrømnings-anlegg	Resirkuleringsanlegg
Tilførsel av vann	høyt	lav
Behandling av vann	lav	høyt
Behov for temperert vann	høyt	lavt

Det er ulik risiko knyttet til ulike teknologiske løsninger for landbasert oppdrett. Ved økende saltholdighet i oppdrettsvannet vil risikoen for dannelselse av giftig H₂S-gass i RAS-anlegg øke. H₂S-gass har ført til en rekke tilfeller av akutt dødelighet i RAS-anlegg. Valg av teknologi for landbasert oppdrett er en avveining mellom risiko, investeringskostnader og driftskostnader og dette vil igjen være avhengig av hvilken oppdrettsart som produseres i anlegget.

3.7 Eksempler på aktuelle oppdrettskonsepter

På bakgrunn av den tilgjengelige vannmengden i gruva bør det for en rekke oppdrettskonsepter vurderes å bruke RAS-anlegg i kombinasjon med varmevekslet vann fra gruva. Ut fra det man vet i dag om hvor store vannmengder som er tilgjengelig, uten at vannnivået i gruva synker, virker en slik løsning mest realistisk.

Dette er avhengig av oppdrettsorganisme og det spesifikke oksygenforbruket til de ulike livsstadier av den enkelte art.

Marin fisk

Produksjon av marin fisk krever etablering av et klekkeri. Det betyr investeringskostnader på mellom 8 og 10 millioner kroner. Et marint klekkeri til for eksempel torsk, kveite, piggvar eller rensefisk med et middelsstort RAS-anlegg, et oppdrettsvolum på ca 2000 m³, og en produksjon på et par millioner settefisk på 70 - 80 gram, vil vannbehovet i et ordinært RAS-anlegg ligge omkring 15 - 20 m³/time. Dersom det etableres RAS-anlegg med denitrifikasjons prosess i tillegg, vil vannforbruket komme ned på 2-3 m³/ time. Normalt anbefales ikke denitrifikasjon hvis man ikke må, grunnet høyere investering og mer kompliserende drift.

Produksjonen av matfisk fra marine arter foregår hovedsakelig i merdanlegg i sjø bortsett fra kveite, piggvar og rensefisk. Piggvar produseres i både lengdestrømsrenner og sirkulære kar hvor tettheten er opp mot 300 kg/m³. I et gjennomstrømningsanlegg med piggvar med stående biomasse på 20 tonn betyr det et vannforbruk på mellom 4 og 6 m³/min (tilsvarende 0,2 – 0,3 l/min/kg fisk). I et RAS-anlegg derimot vil vannforbruket reduseres til mellom 0,2 og 0,3 m³/min.

Laks

Ved å legge til grunn at et tradisjonelt gjennomstrømningsanlegg for postsmolt/laks med oksygentilsetting og et spesifikt vannforbruk på 18 l/time/kg fisk, som benytter totrinns varmevekslet vann fra Østgruva, og der vannmengde som blir brukt i anlegget tilsvarer innsiget av vann i gruva (33 m³/t, Tabell 2), vil den stående biomassen av postsmolt/laks bli svært lav. Produksjonen av laks kan økes litt ved å gjenbruke noe av vannet og fjerne CO₂. Det spesifikke vannforbruket vil da halveres til 9 l/time/kg fisk men fremdeles vil den stående biomasse av laks være mindre enn 12 tonn i anlegget. Dersom dette overføres til produksjon av smolt betyr det at det kan stå 120 000 smolt i anlegget, der hver smolt er 100 g. Dersom man antar at smolten når 100 g i løpet av 3 måneder kan det produseres totalt 480 000 smolt pr år.

Landbaserte oppdrettsanlegg for laks kan også realiseres som et RAS-anlegg hvor oppdrettsvannet resirkuleres 95 - 99 prosent og behovet for nytt vann reduseres kraftig. Eksempler på dette er Langsand Laks, Danish Salmon, Fredrikstad Seafood og Salmon Evolution ved Harøy i Fræna. Ved en slik løsning vil behovet for tilførsel av temperert vann reduseres tilsvarende, og dermed også behovet for å utnytte temperert vann fra Hovedsjakt V. I et RAS-anlegg må det i tillegg investeres i biologiske filter, som øker vannvolumet i oppdrettsanlegget med mellom 30-40 prosent. Det samme er tilfellet for produksjon av smolt som kan økes betydelig dersom temperert vann fra gruva benyttes i et RAS-anlegg.

Tropiske reker

Intensiv produksjon av tropiske reker (ofte referert til som scampi) foregår i moderne landbaserte anlegg. Dette er et produkt som ikke finnes som fersk vare på det europeiske markedet og interessen er derfor stor for å få etablert slike anlegg i Europa. De tropiske rekene er godt betalt, det kan produseres opptil 3 sykluser pr år og både biologisk og teknologiske kompetansen finnes i Norge. Produksjonen foregår i lengdestrømsrenner, runde eller oktagonale tanker med lav vannsøyle.

Det er vanskelig å si noe om hvilket produksjonsvolum som er nødvendig for lønnsom drift, men generelt ser man at fiskeoppdrett må passere 1000 tonn for å få et betydelig årlig overskudd. På reker kan man trolig gå noe lavere, men dette avhenger av hvilken margin det er mulig å oppnå på denne arten. De europeiske anleggene som er etablert ligger i overkant av 60 – 70 tonn som årlig produksjon. AquaOptima i Trondheim har nylig designet et pilotanlegg i Bangladesh med RAS-teknologi som vil ha en årlig produksjonskapasitet

på 200 tonn, noe som kan være en basis for et norsk pilotanlegg. Vannbehovet i et slikt anlegg vil være lavt på grunn av at det benytter RAS teknologi (> 99 % gjenbruk av vann).

Tropiske reker krever høyere vanntemperaturer enn det som er gruvevannet har og en etablering av en slik produksjon vil kreve store investeringer i utstyr for å heve temperaturen opp mot 28 °C, som er nødvendig for å ha optimale betingelser. Varmepumpeteknologi vil være nødvendig og å kombinere dette med RAS-teknologi for å redusere de totale energikostnadene.

Sjøpølser

Interessen for å starte produksjon av norsk rød sjøpølse de siste årene økt betraktelig. Råstoff fra sjøpølser er svært interessant for helsekostindustrien og tørkede sjøpølser selges på Kinesiske supermarkeder for over 5000 NOK/kg. Dette betyr at sjøpølser er et av de høyest betalte sjømatprodukter.

Råstoff som den europeiske helsekostindustrien benytter i dag kommer fra fangst av sjøpølser fra naturlige bestander i Nord Atlanteren, og det dreier seg om fangst og utnyttelse av både brun og rød sjøpølse. Sjøpølser er forholdsvis saktevoksende arter og en betydelig fangst fra naturlige populasjoner på sikt ikke være bærekraftig. Skal vi ha kommersiell utnyttelse av disse organismene må vi gjøre som asiatene å produsere de i intensive anlegg på land. Dette er enkle organismer å ha i kultur, de krever vanntemperaturer mellom 10 og 15 °C og trolig et vannbehov som er langt lavere enn det mer høytstående organismer krever (fisk og krepsdyr). Dette betyr at sjøpølser er en art som kan produseres i et anlegg som ikke er knyttet opp mot et RAS-anlegg. Produksjon av sjøpølser ligger noen få år frem i tid på grunn av at det ikke er gjennomført forskning som beskriver reproduksjon og definerte produksjonsparametere for vekst frem til kommersiell størrelse.

3.8 Utnyttelse av gruvevann - bruk av varmeveksler/energianlegg

Tidligere beregninger viser at det er mulig å ta ut betydelige energimengder fra vannet uten at temperaturen på gruvevannet går ned. Eksempelvis uttak av 1,8 GWh/år vil ikke påvirke temperaturen på gruvevannet (Eggan, 1997). Beregninger som er beskrevet i samme rapport viser at det kan tas ut opp mot 5 GWh/år, og at større varmeuttak vil få vanntemperaturen i gruva til å synke.

Følgende eksempel illustrerer hvordan råvann fra sjøen veksles mot gruvevann for å få en temperatur på oppdrettsvannet tilsvarende 14 °C, (bruk av varmeveksler (Plate Heat Exchanger SIGMA M36 NBL), Vedlegg III). Med utgangspunkt i det naturlige tilsiget av vann inn i gruva (33 m³/t) som har 17 °C og pumpes fra 200 meters dybde i Hovedsjakt V.

Vanntemperatur på råvann økes fra 8 °C til 14 °C

Vanntemperaturen på gruvevannet reduseres fra 17 °C til 10 °C

Energimengden som tas ut fra gruvevannet blir 268 kW/t som tilsvarer 2,3 Gwh/år.

Dersom gruvevannet går i en lukket krets, det vil si tilbake til gruva, vil vannvolumet i gruva være stabil. Hvis oppdrettsenheten er tilkopledd et RAS-anlegg vil det bli en betydelig reduksjon i vannforbruket, og dermed også lavere uttak av energi fra gruvevannet. På det nåværende tidspunkt er det vanskelig å skissere et konkret eksempel på hvordan dette skal/kan etableres fordi man ikke har bestemt oppdrettsart og heller ikke størrelse på en fremtidig produksjon. Viktige parametere som har betydning for dimensjonering og oppbygging av et slikt anlegg er stående biomasse i oppdrettsenheten, oppdrettsartens oksygenforbruk, føring, produksjonstid og vannforbruk som kan variere avhengig av størrelse/livsstadium på aktuell art.

For å sette dette eksemplet i perspektiv kan det nevnes at et piggvarianlegg (tilknyttet RAS) med en stående biomasse på 20 tonn har et vannforbruk på mellom 12 og 18 m³/time (se side 37). Denne vannmengden utgjør i omtrent halvparten av det naturlige innsiget av vann i Østgruva. Et moderne rognkjeksanlegg med tilsvarende biomasse (20 tonn) har et vannforbruk mellom 60 - 70 m³/time, dersom det er tilsluttet RAS-anlegg. Til sammenligning kan nevnes at et landbasert anlegg med tropiske reker har betydelig lavere vannforbruk enn et piggvarianlegg med samme biomasse.

I et anlegg som krever høyere vanntemperatur, slik tilfellet er med tropiske reker, vil det være nødvendig med et energianlegg i tillegg til varmevekslere. De utstyrsleverandører SINTEF Ocean har vært i kontakt med (Artec Aqua, Therma Industri AS, AquaOptima AS) opplyser at dette er fullt mulig. Selve vannbehandlingen må gjennomføres i to trinn, først veksle gruvevannet på 17 °C mot råvann for å få oppdrettsvann som er 14 °C. I neste trinn går dette vannet (14 °C) inn på et energianlegg som løfter temperaturen opp til 27 °C, og deretter inn på RAS-anlegg og inn i produksjonskarene i oppdrettsanlegget. Vannmengden som varmes opp til 27 °C er det vannvolumet (spedevannet) som går inn i anlegget og som tilsvarer den vannmengden som går ut (spillvann). Normalt resirkuleres mer enn 95 % av vannvolumet i et slikt RAS-anlegg (opp mot 99,3 %). I dette tilfellet er det ikke gjort konkrete beregninger på energimengden som tas ut fra gruvevannet, men på grunn av relativt lavt vannforbruk i et rekeanlegg vil energimengde som tas ut av gruvevannet bli betydelig lavere enn det som er skissert i tidligere eksempel (2,3 Gwh/år). De mindre rekeanleggene man kjenner til i dag produserer årlig mellom 50 og 100 tonn tropiske reker og har et vannforbruk på henholdsvis 15 og 25 m³/time.

Som nevnt er det pr i dag vanskelig å beskrive kostnader knyttet til etablering av disse tekniske installasjonene, men investeringskostnadene til varmepumper og et energianlegg vil ligge et sted mellom 750 000 og 1 300 000 kroner (opplysninger fra Therma Industri AS). På samme måte er det vanskelig å bestemme total kostnadene på et RAS-anlegg og pumper når man ikke vet dimensjonene på anlegget, men bygging at et moderne RAS-anlegg er en investering på flere millioner kroner.

4 Vannkvaliteten i Østgruva og Vestgruva

I både Østgruva og Vestgruva er det ferskvann og i løpet av høsten 2018 ble det tatt vannprøver fra begge gruvene som ble analysert for innhold av ulike tungmetaller. Samtidig som det ble satt ut temperatursensorer på 1, 5 og 10 meters dyp i Hovedsjakt V (Østgruva) som registrerte vanntemperaturene hver time fra den 28. august til den 13. desember.

For å dokumentere vanntemperaturen nedover i Hovedsjakt V ble det senket en sensor (AADI-RCM7 sensor, Andrae Data Instruments) ned til 694 meter for å beskrive temperaturprofilen nedover i vannsøyla. I tillegg til temperatur registrerte den også saltinnholdet i vannet. Årsaken til at den ikke ble senket helt ned på bunnen av gruva (1177 meter) var faren for at den kunne bli sittende fast i deler fra blant annet heissystemet som var blitt sluppet ned mot bunnen av gruva da den ble stengt.

4.1 Vannkvalitet og vanntemperatur i Østgruva

Vannprøvene ble tatt i overflaten og viser forholdsvis stor variasjon mellom de ulike prøvetidspunktene. I alle prøvene er det spesielt høye konsentrasjoner av bly, kobber, krom og sink. Alle disse tungmetallene har så høye konsentrasjoner at de har akutt toksisk eller omfattende toksisk effekt på vannlevende organismer. I tillegg var det som forventet høy konsentrasjon av jern.

I Tabell 4 er analyseresultatene av vannet fra Østgruva sammenlignet med naturlige verdier for de samme tungmetallene i ferskvann, og det som betegnes som miljøkvalitetsstandarter for ferskvann. Disse standardene er hentet fra Miljødirektoratet sine retningslinjer for konsentrasjon av tungmetaller i ferskvann og er delt inn i 5 tilstandsklasser basert på hvilken effekt mengden av hvert enkelt tungmetall har på vannlevende organismer (det vil si; tilstandsklasse I og II er konsentrasjoner av tungmetaller i ferskvann som ikke har noen negativ effekt på de organismene som lever der, tilstandsklasse III har moderat kroniske effekt, klasse IV og V har henholdsvis akutt toksiske effekt og omfattende toksisk effekt).

Verdier fra Østgruva		Miljøkvalitetsstandard i ferskvann				
		Tilstandsklasse I	Tilstandsklasse II	Tilstandsklasse III	Tilstandsklasse IV	Tilstandsklasse V
Substans	overflatevann	Bakgrunn	God, Ingen effekter	Moderat, kroniske effekter	Dårlig, akutt toksisk effekt	Svært dårlig, omfattende toksisk effekt
Arsen	1,5 - 11	0,15	0,5	8,5	85	> 85
Bly	11,0 - 26,0	0,02	1,2	14	57	> 57
Kadmium	0,17 - 1,9	0,03	0,08	0,45 - 0,9*	≤ 4,5 - 15*	> 15*
Kobber	15,0 - 63,0	0,3	7,8	7,8	15,6	> 15,6
Krom	1,5 - 7,5	0,1	3,4	3,4	3,4	> 3,4
Kvikksølv	< 0,005 - 0,018	0,001	0,047	0,07	0,14	> 0,14
Nikkel	5,4 - 10,0	0,5	4	34	67	> 67
Jern	1200 - 4000					
Sink	760 - 2100	1,5	11	11	60	> 60

Tabell 4. Innhold av ulike tungmetaller i vannprøver tatt i overflaten av Hovedsjakt V. Alt sammenlignende tallmateriale som er brukt i Tabellen er hentet fra Miljødirektoratets Veileder (M-608/2016; Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. Tilstandsklasser for ferskvann). Alle verdier er oppgitt som µg/liter (*avhengig av vannets hardhet (CaCO₃/l)).

Konsentrasjonen av bly var ved første prøveuttak (27. august) 24 µg/liter, en måned senere var konsentrasjonen betydelig lavere (11 µg/liter), og ved siste prøveuttak (26. oktober) var den igjen steget til omtrent samme nivå som ved første prøveuttak (26 µg/liter). De høyeste verdiene av bly ligger mellom tilstandsklasse III og IV og vil ha kroniske og/eller akutt toksiske effekter på vannlevende organismer (Tabell 4).

Konsentrasjonen av kobber var i alle prøveuttakene svært høye. Ved første prøveuttak 15 µg/liter som økte til 26 µg/liter en måned senere, og en ytterligere økning til 63 µg/liter ved siste uttak. Her vil de laveste verdiene som ble registrert ha omfattende toksisk effekt på dyr i vann (Tabell 4). Årsaken til det høye innholdet av kobber kan være at det ble dumpet svovelkis ned i gruva på det tidspunktet den ble stengt, og at kobber avgis til vannet i bunnen av gruva.

Sink er det tungmetallet som har de høyeste verdiene i vannprøvene fra Østgruva. Den laveste verdien som ble registrert (760 µg/liter) er mer enn 10 ganger høyere enn de konsentrasjonene som gir omfattende toksiske effekter på levende organismer i ferskvann (Tabell 4). Også her var det stor variasjon mellom de enkelte vannprøvene, 1600, 760 og 2100 µg/liter (henholdsvis august, september og oktober).

I Miljødirektoratet sine retningslinjer for tilstandsklasser for ferskvann er jern ikke tatt med men de grenseverdier for jern som oppgis i drikkevannsforskriften angir en grenseverdi på 200 µg/l (Lovdata, Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften)). I vannprøvene var fra Østgruva var jerninnholdet 2500 µg/l (27. august), 1200 µg/l (27. september) og 4000 µg/l (26. oktober). Disse resultatene viser at laveste målte verdi for jerninnhold var seks ganger høyere enn grenseverdien i drikkevannsforskriften.

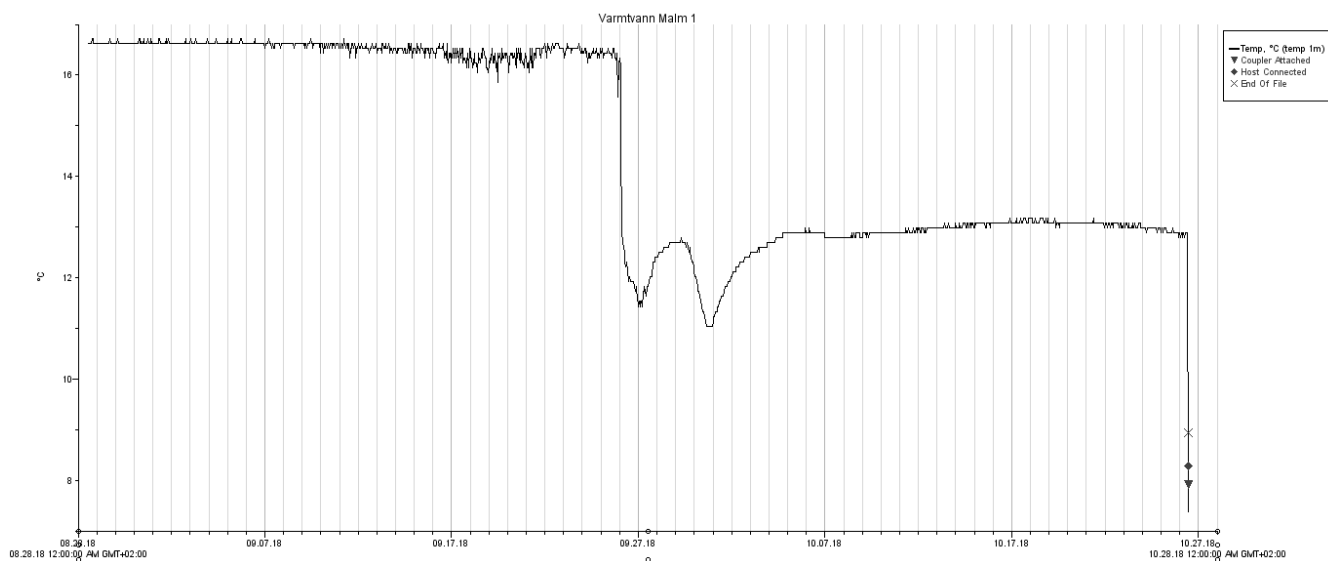
Turbiditet er et mål på uklarheten i vannet, hovedsakelig mengden av finpartikulært materiale som kan bestå av for eksempel sand, leire og jern. Måleenheten som brukes i norske forskrifter for turbiditet er FNU som er en forkortelse for Formazine Nephelometric Unit. I Østgruva varierte turbiditeten fra 4,9 til 17 FNU og for drikkevann bør denne verdien ligge under 4.

Totalt organisk karbon (TOC) er et mål for organisk materiale som gjerne er rester av gamle, delvis nedbrutte planterester, myr eller tilsig av forurenset overflatevann. Organisk materiale i vannet kan skape bruksmessige problemer med farge, begroing, lukt og smak på vannet. Mengden organisk materiale i vannprøvene fra Østgruva varierte mellom 1,6 til 3,0 mg/l. Mattilsynet anbefaler at turbiditeten ikke overskrider 1 NTU ved vannforsyningssystemer som benytter overflatevann. Grenseverdien for TOC er satt til 5,0 mg/l som betyr at innholdet av organisk karbon var lavt i alle vannprøvene fra Østgruva.

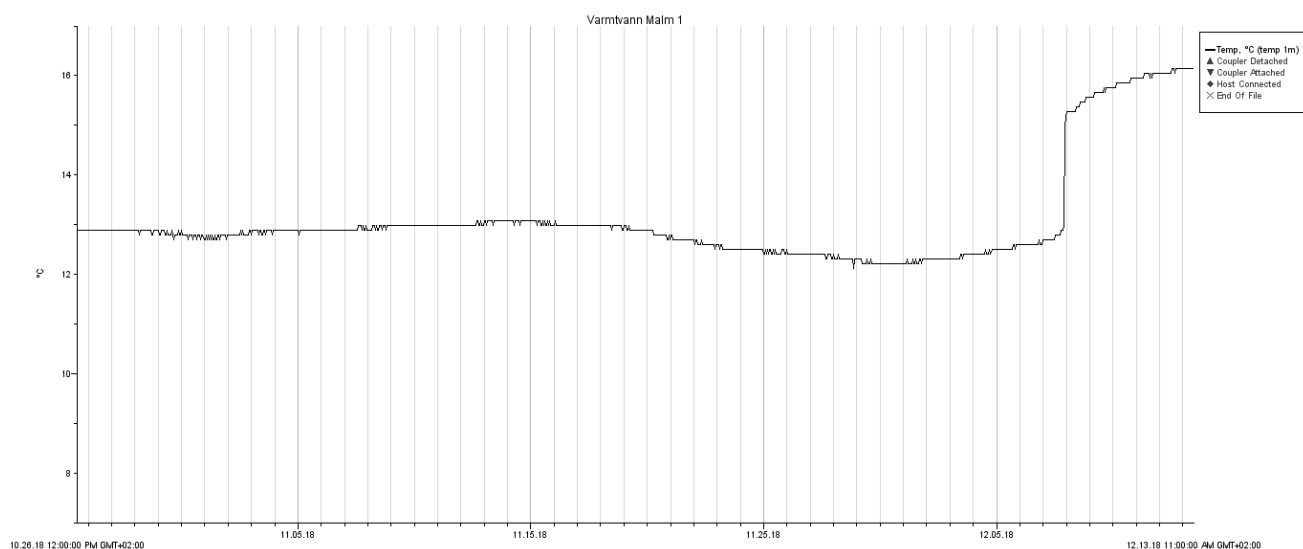
Vannets surhet, pH-verdien er et mål på vannets innhold av hydrogenioner (H^+), og angis på en log-skala fra 0-14. En pH-verdi på 7 indikerer nøytralt vann, mens pH-verdier <7 er surt og pH-verdier >7 er basisk. Vann med lav pH-verdi kan virke tærende på rørsystemer og armaturer og kan derfor forårsake at helseskadelige stoffer som tungmetaller løses i vannet. Korrosjon er imidlertid et komplekst problem med flere faktorer. I vannet fra Østgruva varierte pH fra 7,8 til 8,1 og er litt høyere enn det som forventes. Årsaken kan være at selve pH-målingene ble foretatt flere uker etter at prøvene hadde blitt oppbevart på flaker i kjøleskap. Dette skal normalt foretas innen 48 timer etter at vannprøvene blir tatt. Alle vannanalysene ble gjennomført hos Eurofins sine laboratorier i Moss analyserapportene er vist i Vedlegg IV.

4.2 Vanntemperaturen i Østgruva

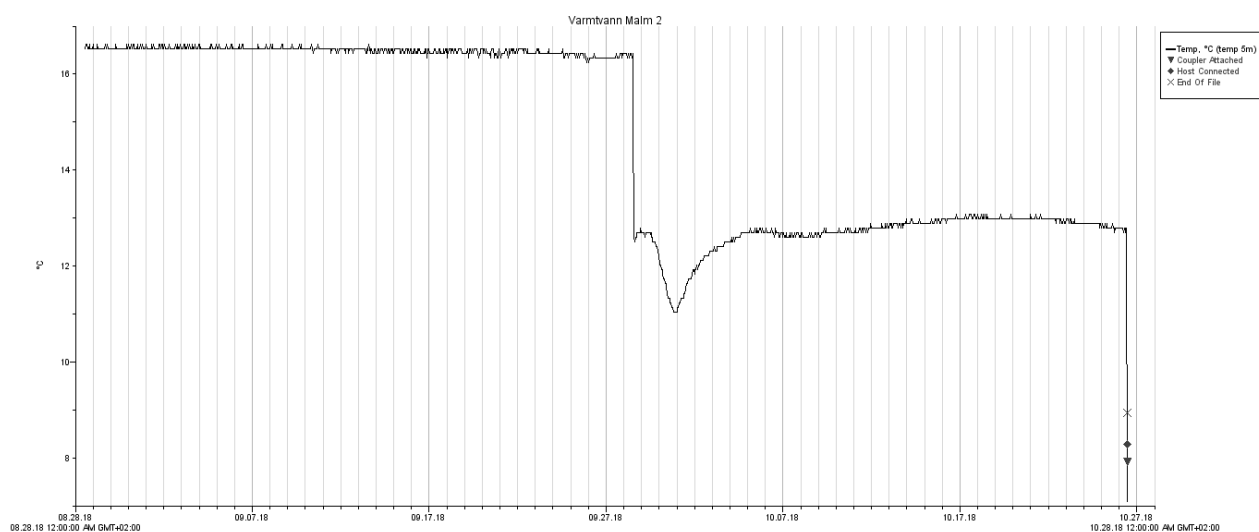
Temperatursensorene som ble satt ut i Hovedsjakt V (Østgruva) målte vanntemperaturene på 1, 5 og 10 meters dyp hver time fra den 28. august til den 13. desember. Alle sensorer ble tatt opp og avlest den 26. oktober og satt ut igjen på samme dyp samme dag. Derfor er temperaturforløpet vist i to figurer for hvert enkelt dyp (Fig. 11 – 15). Dette gjelder ikke for temperaturmålingene på 5 meters dyp. Her ble det ikke gjennomført temperaturmålinger etter 26. oktober på grunn av at temperatursensoren hadde sluttet å fungere.



Figur 11. Registrering av temperatur på 1 meters dyp i Hovedsjakt V fra 28. august til 26. oktober.

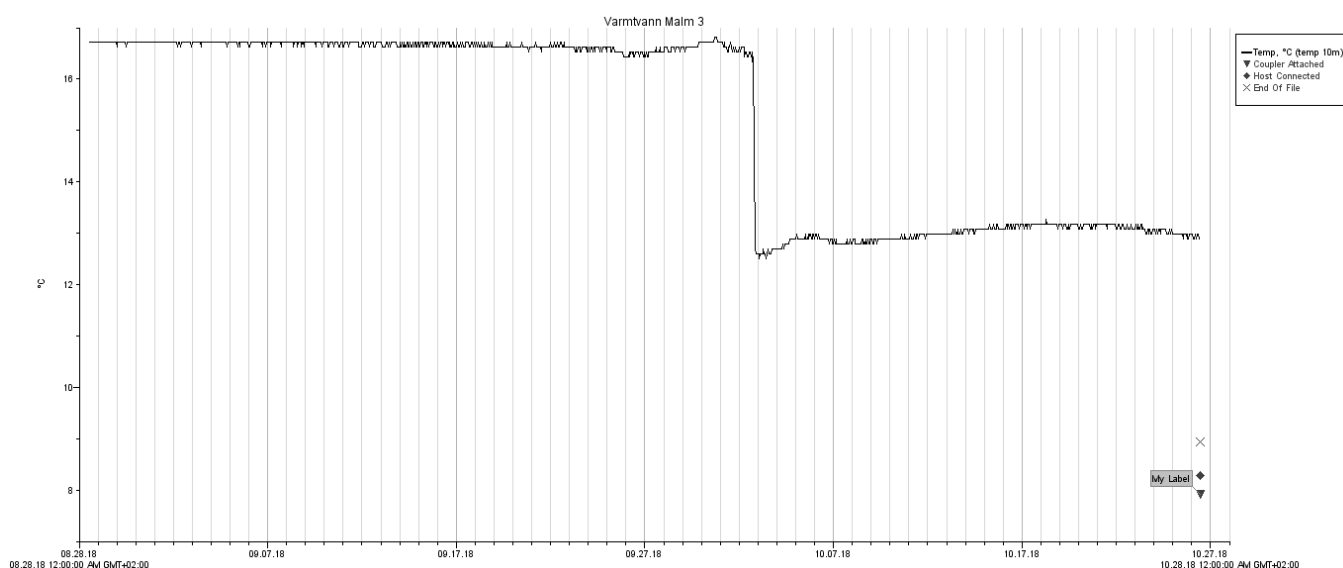


Figur 12. Registrering av temperatur på 1 meters dyp i Hovedsjakt V fra 26. oktober til 13. desember.

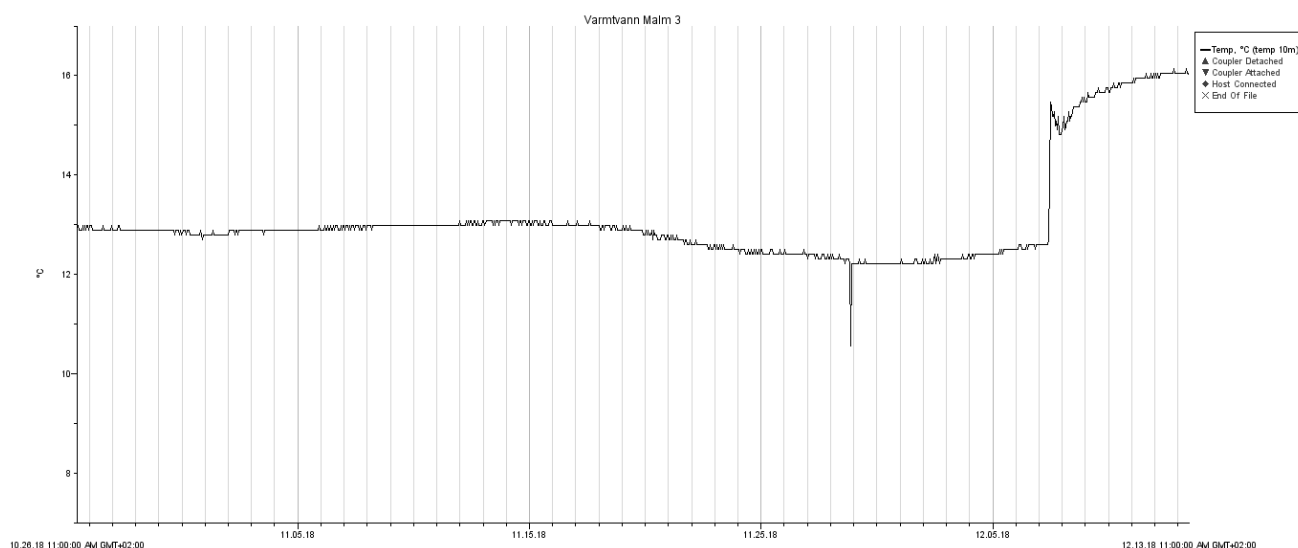


Figur 13. Registrering av temperatur på 5 meters dyp i Hovedsjakt V fra 28. august til 26. oktober.

Registrering av temperaturen på 5 meters dyp i Østgruva fra 26. oktober til 13. desember ble ikke gjennomført på grunn av at temperatursensoren sluttet å fungere.



Figur 14. Registrering av temperatur på 10 meters dyp i Hovedsjakt V fra 28. august til 26. oktober.



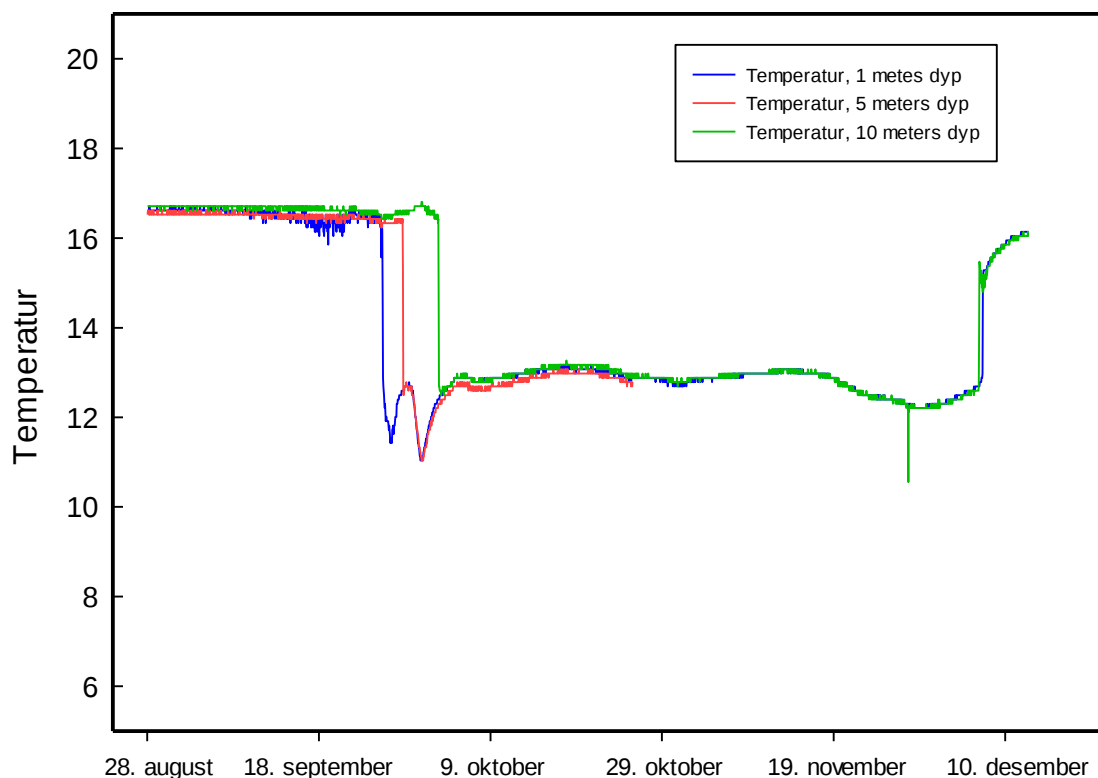
Figur 15. Registrering av temperatur på 10 meters dyp i Hovedsjakt V fra 26. oktober til 13. desember.

Fra temperaturmålingene startet den 28. august og frem til 26. september lå temperaturene på alle 3 dyp mellom 16,0 og 16,8 °C. Temperaturen på 1 meters dyp viste relativt sett større variasjon enn temperaturene på 5 og 10 meter men totalt sett var det små variasjoner i denne perioden (28/08 – 26/09; snitt-temperatur på 1 meters dyp 16,53 °C, SD $\pm$ 0,14 og på 10 meter 16,63 °C, SD $\pm$ 0,07 (Fig. 11, 13 og 14).

De laveste temperaturene som ble målt i denne perioden var 11,0 °C på 1 og 5 meters dyp, henholdsvis den 30. september og 1. oktober.

Som det går frem av Figur 11, 13 og 14 gikk vanntemperaturen gikk brått ned den 26. september, og dette skyldes kraftig regnfall i området, og at det kom store mengder overflatevann ned i gruva denne dagen og de påfølgende dagene (se utskrift fra Yr sine nettsider, Vedlegg V).

Sammenligning av temperaturmålingene på 1, 5 og 10 meters dyp viser at overflatevannet påvirket vanntemperaturen både på 5 og 10 meters dyp. Figur 16 viser at det tar 2 dager før temperaturen ble endret på 5 meters dyp i forhold til overflaten (1 meters dyp), og etter ytterligere 4 dager på 10 meters dyp. Dersom det kommer betydelige mengder overflatevann inn i gruva er det vanskelig å si hvor langt ned i vannsøyla (Hovedsjakt V) man må for å unngå å se endring av vanntemperaturen. Trolig har det vært jevn tilførsel av overflatevann en lengre periode på grunn av temperaturen var relativt stabil fra den 4. oktober 15. november (snittverdier i denne perioden, 1 meter; 12,94 °C, SD $\pm 0,10$ og 10 meter; 12,97 °C, SD $\pm 0,15$) (Fig. 16).



Figur 16. Sammenligning av registrerte vanntemperaturer i Hovedsjakt V på 1, 5 og 10 meters dyp i perioden 28. august til 13. desember.

Fra den 15. november og frem til 2. desember sank temperaturen gradvis fra 12,9 til 12,2 °C. Deretter økte temperaturen og den 7. desember var den 12,7 °C. Samme dag økte temperaturen til 15,3 °C i løpet av 3 timer (Fig. 16). En slik temperaturøkning på 2,8 °C i løpet av så kort tid kan bare forklares ved at det har kommet opp varmere vann fra dypere lag lengre nede i Hovedsjakt V. Det som underbygger en slik

forklaring er at vanntemperaturen på 10 meters dyp begynte å øke 11 timer før man så en tilsvarende økning av temperaturen på 1 meters dyp. På Figur 16 er det også mulig å se at temperaturen økte på 10 meters dyp før en tilsvarende temperaturøkning kom i overflaten. Enda tydeligere blir dette dersom man ser på rådata fra de to temperatursensorene på 1 og 10 meter (Vedlegg VI (utklipp av regneark med temperaturdata fra 12.07.2018 – 12.08.2018)), en klar økning i temperaturen på 10 meter før man ser en tilsvarende temperaturøkning i overflaten.

Fra den 7. desember og frem til temperaturmålingene ble avsluttet den 13. desember var det en jevn økning av temperaturen til 16,1 °C. Denne temperaturøkningen er også en tydelig indikasjon på at det er tilførsel av varmere vann fra dypere nede i gruva.

Vanntemperatur på ulike dyp av Østgruva

For å bestemme vanntemperaturen på de ulike dyp i Hovedsjakt V (13. desember) ble det brukt en AADI-RCM7 sonde (Anderaa Data Instruments), som ble heist ned i sjakta gjennom en av lukene på golvet i bunnen av tårnet (Fig. 17). Denne sonden har en trykksensor som gjør at det blir registrert vanntemperatur for hver 10. meter, både når den ble senket ned og når den ble heist opp (Fig. 18). I tillegg til temperatur registrerte den også saltholdigheten i vannet. Sensoren ble aktivert med det samme den kom under vann.

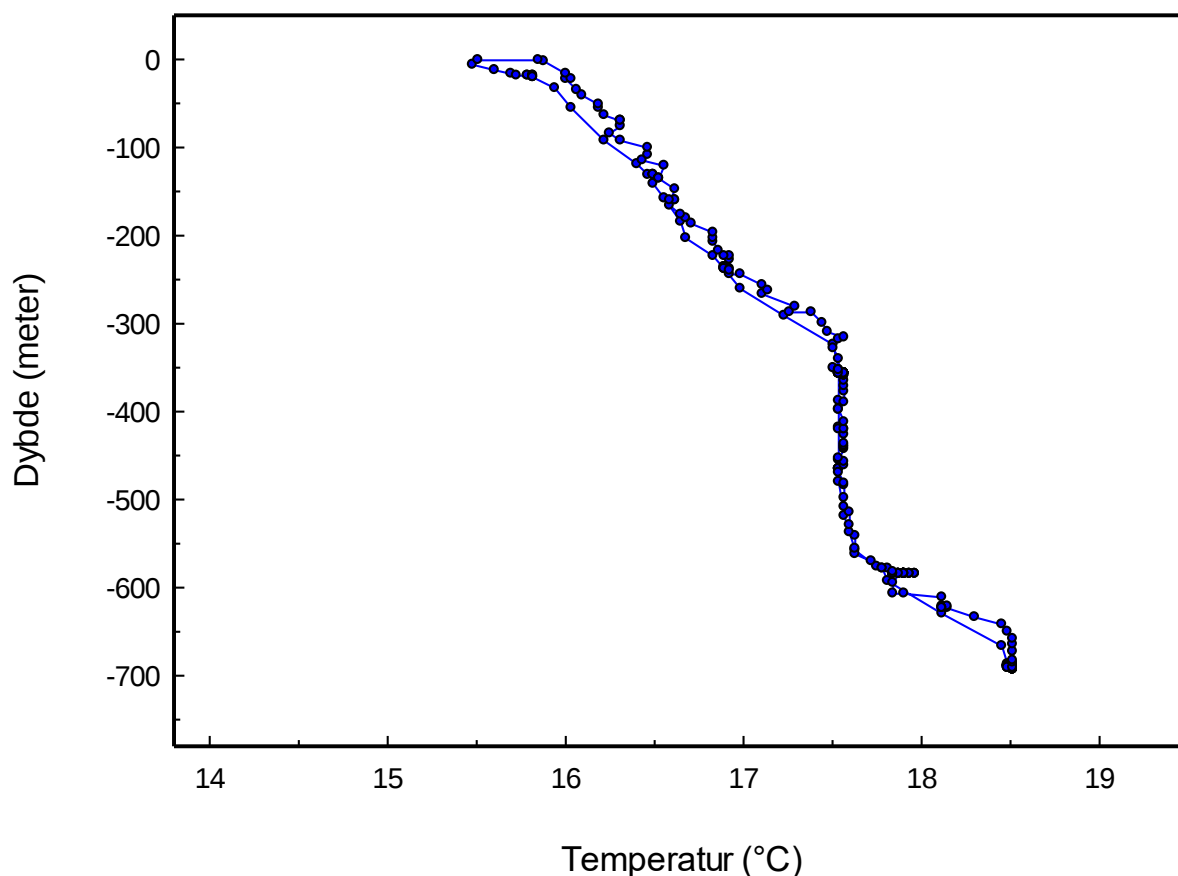


Figur 17. En av de 4 inspeksjonslukene på golvet over Hovedsjakt V (Østgruva) hvor sonden ble heist ned. Bildet er tatt ved en senere anledning og viser dannelse av is i selve åpningen til luka og på stålkonstruksjoner ved siden av åpningen. Dette er på grunn av at det stiger varmt damp fra det tempererte vannet i gruva.

Helt i overflaten var vanntemperaturen 15,8 °C og på 10 meter 16,0 °C som er 0,3 og 0,1 °C lavere enn det som ble målt av temperatursensorene som var plassert på henholdsvis 1 og 10 meters dyp (Fig. 12 og 15). Hele temperaturprofilen nedover vannsøylen i Hovedsjakt V er vist i Figur 18.

Fra overflaten og ned til 346 meter var det en tilnærmet lineær økning av temperaturen fra 15,52 °C til 17,51 °C. Derfra og ned til 580 meter var temperaturen forholdsvis stabil (17,50 – 17,63 °C). Fra 580 meter og ned til det dypeste målepunktet (694 meter) økte temperaturen fra 17,63 °C til 18,53 °C. På vanddybder under 630 meter var temperaturen > 18,0 °C (Fig. 18). Det ble ikke registrert innhold av salt i vannet. Normalt sjøvann inneholder 35 ppt og verdiene nedover i vannsøylen mot det dypeste målepunktet var 1,7 ppt eller lavere.

Årsaken til at temperaturen i vannet øker ned mot 346 meter og deretter stabiliseres på omkring 17,5 °C nedover til 580 meters dyp, kan forklares ved at det kommer inn kjøligere vann inn i Hovedsjakt V fra Blokk 1 (se Fig. 1).



Figur 18. Vanntemperatur i Hovedsjakt V registrert fra overflaten og ned til 694 meter (målingene ble foretatt 13. desember 2018). Sensoren ble kontrollert mot standard måleutstyr på SINTEF som var kalibrert av Scalibra AS som har kalibreringstjenester akkreditert av Norsk Akkreditering (CAL 031). Avvikene som ble funnet varierte mellom 0,10 - 0,30 °C, og dette er korrigert for i figuren.

4.3 Vannkvaliteten i Vestgruva

Prøvene ble tatt i overflaten der det var rennende vann inne i selve gruvegangen. Analysene viser også her betydelig variasjon mellom de ulike prøveuttakene men generelt var konsentrasjonen av tungmetallene betydelig lavere enn i Østgruva. Det er kun verdiene av kobber og sink som ligger i den øvre del av grenseområdet mellom tilstandsklasse III og IV, som i praksis betyr at vannkvaliteten har moderate effekter på vannlevende organismer (Tabell 2).

I Miljødirektoratet sine retningslinjer for tilstandsklasser for ferskvann er jern ikke tatt med men de grenseverdier for jern som oppgis i drikkevannsforskriften (Lovdata, Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften)) angir en grenseverdi på 200 µg/l. I vannprøvene var fra Vestgruva var jerninnholdet 1100 µg/l (30. august), 3600 µg/l (28. september) og 2500 µg/l (26. oktober). Dette viser at laveste målte verdi for jerninnhold var i overkant fem ganger høyere enn grenseverdien i drikkevannsforskriften.

Verdier fra Vestgruva		Miljøkvalitetsstandard i ferskvann				
		Tilstandsklasse I	Tilstandsklasse II	Tilstandsklasse III	Tilstandsklasse IV	Tilstandsklasse V
Substans	overflatevann	Bakgrunn	God, Ingen effekter	Moderat, kroniske effekter	Dårlig, akutt toksisk effekt	Svært dårlig, omfattende toksisk effekt
Arsen	0,70 - 1,60	0,15	0,5	8,5	85	> 85
Bly	< 0,20	0,02	1,2	14	57	> 57
Kadmium	0,019 - 0,052	0,03	0,08	0,45 - 0,9*	≤ 4,5 - 15*	> 15*
Kobber	4,10 - 11,0	0,3	7,8	7,8	15,6	> 15,6
Krom	< 0,50	0,1	3,4	3,4	3,4	> 3,4
Kvikksølv	< 0,005	0,001	0,047	0,07	0,14	> 0,14
Nikkel	0,69 - 0,83	0,5	4	34	67	> 67
Jern	1100 - 3600					
Sink	4,7 - 14	1,5	11	11	60	> 60

Tabell 5. Innhold av ulike tungmetaller i vannprøver tatt i overflatevann fra Vestgruva. Som nevnt tidligere er alt sammenlignende tallmateriale i Tabellen er hentet fra Miljødirektoratets Veileder (M-608/2016; Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. Tilstandsklasser for ferskvann). Alle verdier er oppgitt som µg/liter (*avhengig av vannets hardhet (CaCO₃/l)).

I Vestgruva varierte turbiditeten fra 6,7 til 20 FNU. For drikkevann bør denne verdien ligge under 4. Verdiene indikerer at det er et innslag av finpartikulært materiale som kan bestå av for eksempel sand, leire og jern. Nivåene var noe høyere her enn i Østgruva (Tabell 6).

Mengden organisk karbon (TOC) i vannprøvene fra Vestgruva varierte mellom 1,6 til 2,4 mg/l. Mattilsynet anbefaler at turbiditeten ikke overskrider 1 NTU ved vannforsyningssystemer som benytter overflatevann. Grenseverdien for TOC er satt til 5,0 mg/l som betyr at innholdet av organisk karbon var lavt i alle prøvene fra Vestgruva.

I vannet fra Vestgruva varierte pH fra 7,9 til 8,1. Verdiene er også her litt høyere enn det som forventes med samme årsak som nevnt tidligere.

Tabell 6 gir en sameligning av tungmetallverdiene i vannprøvene fra Østgruva og Vestgruva samt turbiditet, totalt organisk karbon og pH. Generelt var det lavere konsentrasjonen av tungmetaller i vannprøvene fra Vestgruva sammenlignet med Østgruva, noe som trolig skyldes at det er større innslag av overflatevann som kommer inn her, mens vannet i Østgruva har hatt betydelig lengre oppholdstid i gruva og dermed tatt opp mer av de ulike metallene. I Vestgruva var det kun verdiene av kobber og sink som lå i den øvre del av grenseområdet mellom tilstandsklasse III og IV, mens i Østgruva var konsentrasjonene av bly, kobber, krom og sink på et så høyt nivå at de har akutt toksisk effekt på vannlevende organismer (Tabell 6).

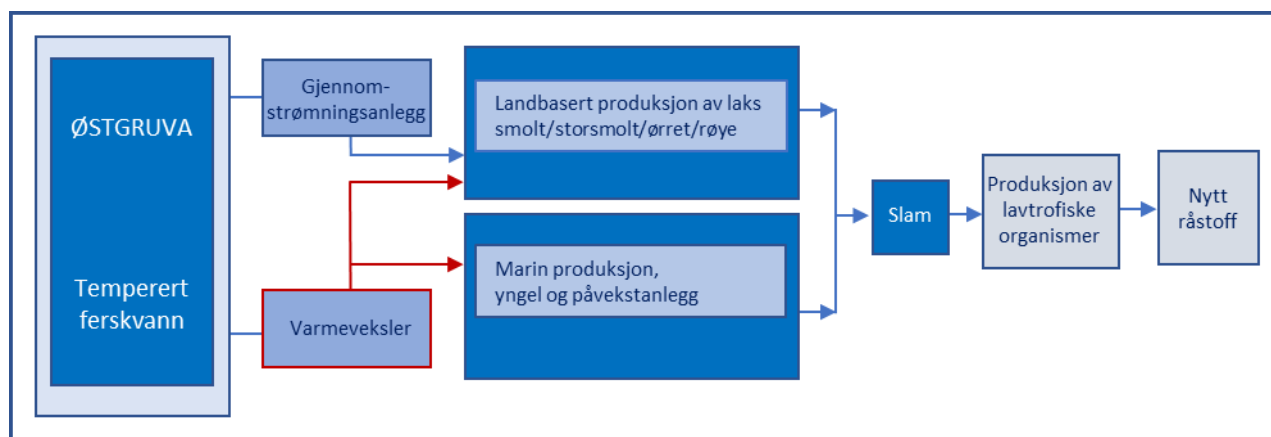
Tabell 6. Innhold av tungmetaller i vannprøver fra Østgruva og Vestgruva samt turbiditet, totalt organisk karbon (TOC) og pH. Alle tungmetaller er oppgitt som µg/liter.

	Østgruva	Vestgruva
Arsen	1,50 – 11,0	0,70 - 1,60
Bly	11,0 - 26,0	< 0,20
Kadmium	0,17 - 1,90	0,019 - 0,052
Kobber	15,0 - 63,0	4,10 - 11,0
Kvikksølv	< 0,005 - 0,018	< 0,005
Nikkel	5,40 - 10,0	0,69 - 0,83
Jern	1200 - 4000	1100 - 3600
Sink	760 - 2100	4,7 - 14
Turbiditet (FNU)	4,9 - 17,0	6,7 - 20
Totalt organisk karbon (mg/l)	1,6 - 3,0	1,6 - 2,4
pH	7,8 - 8,1	7,9 - 8,1

5 Produksjonskonsepter for akvakultur basert på bruk av temperert vann fra Østgruva

I denne rapporten er ulike oppdrettskonsepter for produksjon av forskjellige oppdrettsorganismer delt inn i 2 kategorier. Det er ferskvannsarter og marine arter (fisk/krepsdyr/tare). Kategorien ferskvannsarter omfatter laksefisk mens gruppen marine arter er delt inn i 3 underkategorier; 1) arter som er i kommersiell produksjon i Norge, 2) arter som er inne i en utviklingsfase og som kan være i produksjon om noe tid og 3) interessante arter som kan ha stort potensiale som fremtidig oppdrettsart her i landet, men der noe forskning/utviklingsarbeid gjenstår.

For å utnytte slam fra ulike typer oppdrettsvirksomhet er det tatt med beskrivelse om hvordan lavtrofiske organismer (børstemark og *Gammaridaer*) kan omdanne slam (fôrrester og fiskeavføring) til ny biomasse som kan inngå som viktige komponenter i en fremtidig fôrproduksjon (proteiner, lipider/n-3-fettsyrer, karotenoider osv.), eller eventuelt andre anvendelsesområder (Figur 19). Dagens regelverk tillater ikke sekundær produksjon av organismer på avfall fra oppdrett, men vi er kjent med at det arbeides både på faglig og politisk hold for å få endret forskrifter som begrenser omsetning av produkter som er drevet fram på denne måten.



Figur 19. Skisse som viser hvordan temperert ferskvann fra Østgruva kan benyttes til produksjon av laksefisk (smolt/storsmolt) og marine oppdrettsarter (fisk/krepsdyr). Det tempererte vannet kan ikke brukes direkte inn i karene for produksjon av laksefisk (gjennomstrømningsanlegg), men må varmeveksles mot enten ferskvann eller sjøvann før det går inn i oppdrettsenhetene. Slam fra produksjonen av de forskjellige oppdrettsorganismene behandles og brukes som fôr til lavtrofiske organismer (børstemark eller *Gammaridaer*) som senere kan høstes/prosesseres og råstoffet senere benyttes som komponenter i for eksempel fiskefôr.

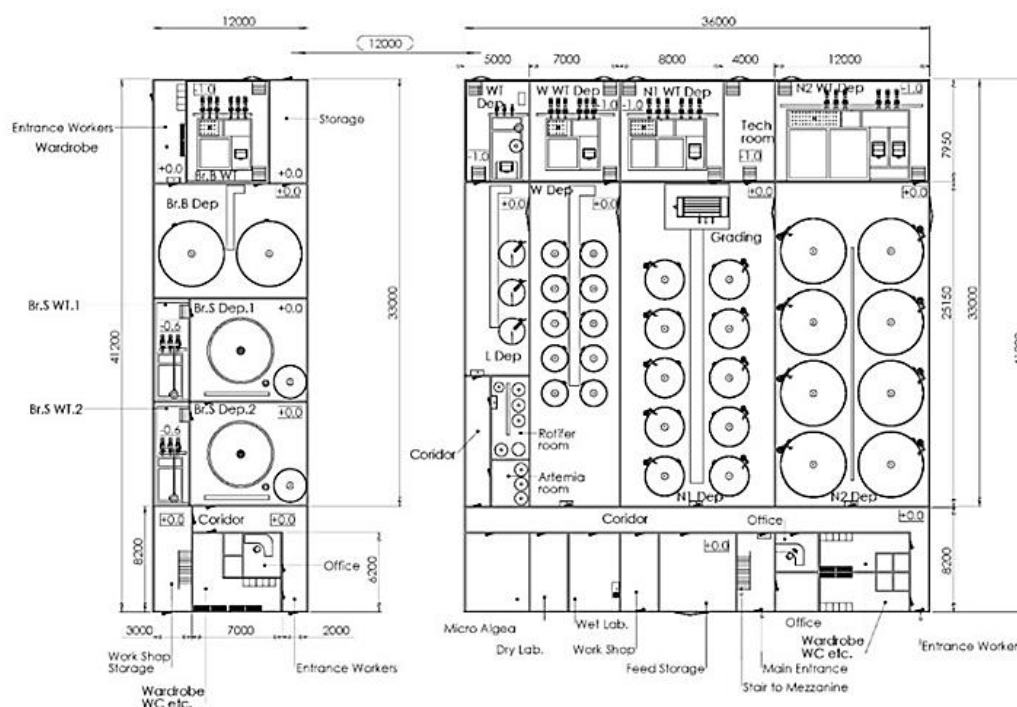
5.1 Kartlegging av mulige oppdrettsarter

For alle oppdrettsorganismer som skal inn i kommersiell produksjon er det helt nødvendig å ha kontroll på organismes livssyklus. Det betyr at bygging av et yngelanlegg og etablering av en stamfisk/stamdyrpopulasjon vil være helt nødvendig så lenge yngel/larver ikke kan leveres fra allerede etablerte kleskerier.

Et yngelanlegg består av 4 hovedelementer. Det er stamfiskavdeling, startfôringsdel og påvekstavdeling, som kan være tilknyttet et RAS-anlegg, og en levendefôravdeling som produserer levende fôrorganismer (copepoder, *Artemia*/rotatorier) som fisken føres med i den første tiden etter at den er klekket (Figur 20). I motsetning til laks som spiser tørrfôr fra klekking og frem til den slaktes må de aller fleste nyklekte marine fiskeslagene føres med levende organismer en periode før det tilvennes tørrfôr. Dette på grunn av

størrelsen til de marine fiskelarvene er betydelig mindre enn hos laks, og i tillegg er lite utviklet i den første fasen av livssyklus når de skal begynne å ta til seg fôr.

Et klekkeri kan tilpasses en rekke ulike fiskeslag/eventuelt andre arter bare ved å foreta små justeringer, siden det som avgjør hvilken art som kan produseres i anlegget hovedsakelig er vanntemperaturen. Det betyr i praksis at torskeyngel og piggvayngel kan produseres i samme type anlegg, mens den store forskjellen er at optimaltemperaturen for torsk er 10 °C og piggvar 18 °C. Et moderne yngelanlegg kan være modulbasert slik at de ulike delene/elementene i anlegget kan flyttes og dermed tilpasses ulike fiskearter og ulike produksjonskonsepter mot en eller flere arter. Intensiv yngelproduksjon er helt avhengig av en stamfiskpopulasjon som produserer befruktede egg, fortrinnsvis flere ganger i løpet av året. Ved å manipulere stamfisken med lys/temperatur slik at det blir klekket yngelgrupper til ulike tidspunkter gjennom året, medfører dette kontinuerlig produksjon og samtidig blir kapasiteten i anlegget maksimalt utnyttet.



Figur 20. Moderne klekkeri for marin fisk bestående av stamfiskadeling med egen vannbehandling som har kar for fisk som går i påvekst for å bli gyteklare (brood bank Br.B), og fisk som går inn som aktive gytere (broodstock (Br.S)). Selve yngelanlegget består av larveavdelingen (L. Dep), weaning-avdeling der fisken tilvennes tørrfôr (W. Dep), og to avdelinger hvor fisken flyttes til etterhvert som den vokser (N1 og N2 Dep) (eksempel på anlegg designet av AquaOptima AS).

Somkjent utgjør produksjonen av marin fisk bare en liten del av den totale akvakulturvirksomheten i Norge (< 1 %, Statistisk Sentralbyrå). Årsaken til dette er at tilgangen på yngel er den faktor som begrenset matfiskproduksjonen av blant annet torsk og kveite. SINTEF og NTNU har i løpet av de siste 10 årene utviklet et nytt konsept for produksjon av marin yngel slik som kveite, torsk, piggvar, makrellstørje, berggylt og hummer. Dette konseptet er basert på at de nyklekte marine larvene blir føret med de organismene som utgjør det naturlige føden for dem i den marine næringskjeden, og dette har medført at de artene der dette er blitt testet har fått bedre vekst og overlevelse, langt færre deformiteter og bedre stresstoleranse sammenliknet med larver føret med tradisjonelt levendefôr.

Dette nye fôringskonseptet har vært banebrytende for produksjonen av blant annet tunfisk, og viser med all tydelighet at tunfisk som har vært karakterisert som en krevende oppdrettsart etterhvert kan produseres i landbaserte anlegg. Dette gjelder også andre fiskearter som finnes både i Europa og Asia. Det er i dag stor forskningsaktivitet innenfor dette feltet og det er forventet at det i løpet av få år kommer en rekke nye arter inn i kommersiell produksjon på grunn av at utfordringene med startfôring og larve/ungelfasen har blitt betydelig redusert. Potensielt nye arter vil bidra til at en i Norge kan etablere en mer større portefølje av kommersielle oppdrettsarter, og spesielt gjelder dette arter som krever temperaturer som er høyere enn det som er naturlig i våre farvann. En rekke av disse artene er rasktvoksende og har høy pris. I tillegg vil bruk av temperert vann i en lukket landbasert enheter på land føre til en optimalisering og bedre forutsigbarhet for flere av de kommersielle oppdrettsartene som produseres i Norge i dag.

5.2 Kategori 1. Laksefisk

Førstehåndsverdien på norsk oppdrettslaks var i 2017 på 61,6 milliarder kroner (Statistisk Sentralbyrå, 2018) og er dermed verdens største produsent av atlantisk laks. En framtidsrettet og bærekraftig produksjon av settefisk er avgjørende for videre vekst. Produksjonen av smolt og post-smolt viser at industrien har et økende fokus mot å produsere stadig større fisk før den sette ut i merdanlegg, det vil si post-smolt (200 gram – 1000 gram). En tydelig bekreftelse på dette er de siste 5 - 10 års økning i investeringer og store utbygginger knyttet til etablering av nye anlegg, men også utvidelse og oppgradering av eksisterende. Samtidig har det vært stadig mer fokus mot valg av produksjonsteknologi for nye anlegg hvor man ser en tydelig dreining over mot Resirkulerende Akvakultur Systemer (RAS). Dette til tross for at det fortsatt er betydelige utfordringer knyttet til slike anlegg.

Utsett av større smolt gir også mulighet for økt utnyttelse av maksimalt tillatt biomasse (MTB), samtidig som man ved å øke produksjonstiden på land får større kontroll på produksjonsprosessen, raskere vekst, bedre fiskehelse og redusert risiko. Det investeres stort i bygging av anlegg for post-smolt, og bare siden 2015 er det bygget fem anlegg med en samlet kapasitet på 26,5 millioner postsmolt. Landbasert oppdrett av matfisk er ansett å være et alternativ til produksjon av matfisk i sjø, med reduksjon i utfordringer som rømming og lusesmitte. Regjeringen åpnet i 2016 for vederlagsfrie konsesjoner til landbasert oppdrett av matfisk, som et ledd i utvikling og økning innen havbruk.

5.3 Kategori 2. Kveite, torsk, piggvar og rensefisk

Dersom det skal benyttes temperert vann fra Østgruva til produksjon av marin fisk krever dette at sjøvannet pumpes inn i anlegget og varmeveksler mot det tempererte ferskvannet fra gruva. En varmeveksler vil på den måten overføre varmen fra vannet i Østgruva til oppdrettsenheten. For å redusere pumpekostnader og forbruk av vann bør vannet inn i anlegget resirkuleres. Moderne RAS-teknologi gjør det mulig å gjenvinne mer enn 95 % av vannet i anlegget slik at behovet for vann reduseres betydelig og vil i stor grad balansere den vannmengden som kommer inn i Østgruva med den vannmengden som tas ut, varmeveksles og overføres til oppdrettsenheten.

I dag er kveite, torsk, piggvar og rensefisk etablerte arter som er i kommersiell produksjon i Norge. Disse artene har optimaltemperaturer mellom 6 og 18 °C i larve/ungelfasen og 9 – 18 °C i påvekstfasen. For alle disse artene foregår yngelproduksjonen i landbaserte anlegg (klekkerier, Fig. 20) og det er fullt mulig å produsere flere av disse artene i lukkede oppdrettsenheter på land hvor det tilføres temperert, varmevekslet vann fra Østgruva direkte inn i oppdrettsenheten. I et landbasert anlegg er det mulig å justere vanntemperaturen inn mot det som er best mulig for den spesifikke art for å optimalisere veksten og dermed redusere tiden det tar for fisken å nå slakbar størrelse.

Rensefisk og piggvar produseres allerede i landbaserte anlegg, mens torsk og kveite i merdanlegg i sjø. Et unntak er Sogn Aqua AS som har et landbasert påvekstanlegg for kveite. Der har de bedre kontroll på fisken og langt bedre kontroll på fôring og utnyttelse av fôr sammenlignet med et sjøanlegg.

Det vil være av stor betydning å kunne etablere en stamfiskbase i en tidlig fase av en prosess der man ønsker å starte intensiv produksjon av en oppdrettsorganisme. Stamfisk for produksjon av marin yngel blir nesten uten unntak holdt i landbaserte anlegg hvor vanntemperatur og fotoperiode (varighet av lysperiode) er med på å styre fiskens gyting slik at det er befruktede egg tilgjengelig flere ganger i løpet av året. Dette vil bidra til å øke kapasiteten og utnyttelsen av produksjonsfasilitetene i anlegget, og i tillegg sikre kontinuerlig tilgang av fisk til markedene.

Kveite

Kveite ble introdusert som ny oppdrettsart art på 1980-tallet, men på grunn av komplisert utviklingsbiologi i den første fasen av livssyklus har ikke kveite blitt noen stor oppdrettsart. I Europa finnes det i dag 4 anlegg som produserer yngel. Tre av disse ligger i Norge og et i Skottland og tilsammen produserer de i overkant av én million yngel årlig. De største yngelprodusentene har egne påvekstanlegg, mens noen matfiskprodusenter importerer yngel fra Canada. I dag blir stamfisken lysmanipulert som betyr at det kontinuerlig blir produsert kveiteyngel uavhengig av årstid (opptil fire innsett pr. år).

Fôringsstrategien for larver og yngel har hatt en betydelig utvikling de siste årene og dette har resultert i høyere andel yngel med korrekt pigmentering, utvikling og bedre vekst. Temperaturen i den første fasen av produksjonen er 6 °C ved klekking som gradvis øker til 12 °C når fisken begynner å ta til seg tørrfôr.

Matfiskproduksjonen foregår i sjøanlegg etter at yngelen blir fôret opp til omtrent en kilo i kar på land. Oppdrettskveite selges når den er 5 - 7 kg (etter ca 5 år) enten hel eller som filet. Prisen er godt over 200 kr/kg. Den ideelle temperaturen i et påvekstanlegg for kveite ligger mellom 9 og 10 °C. For kveite som oppdrettsart er det ikke store utfordringer når det gjelder vanntemperatur for yngel og matfiskproduksjon, men for et landbasert kveiteanlegg med egen stamfiskavdeling vil det allikevel være store fordeler å knytte seg til en vannkilde der temperaturen kan justeres inn mot det som er mest gunstig langs hele produksjonslinjen.

Torsk

Torsk har i mange år vært den økonomisk viktigste saltvannsfisken i Norge. Etter en kraftig satsing på torskeoppdrett for 10 – 15 år siden, er det nå svært begrenset aktivitet innen produksjon av torsk. Nasjonal Avlsstasjon for torsk i Tromsø driver oppdrett av torsk og deres oppgave er å ta vare på det avlsmaterialet som de har fått fram over de siste 15 årene. Det har vært mange utfordringer knyttet til oppdrett av torsk, som i likhet med mange andre marine fiskeslag har vist høy dødelighet i samband med levendefôrfasen, og perioden før den blir tilvendt tørrfôr.

I likhet med de fleste marine fiskeslag har de nyklekte torskelarvene et lite utviklet fordøyelsessystem, og dette gjør at det stilles helt spesielle krav til ernæring. I løpet av de siste årene har en rekke studier vist at en forbedring av fôringsstrategien i larve/yngelfasen i stor grad har gjort yngelproduksjonen bedre og langt mer forutsigbar. Torskelarver klekkes ved 6 °C og temperaturen økes til 12 °C i løpet at de første 20 dagene av startfôringsperioden.

Større torsk som går i sjøanlegg spiser formulert fôr, men det er viktig at fôret er tilpasset denne arten og at det har lavere fettinnhold enn laksefôr for å unngå fettlever og for å fremme muskelvekst. Torsk i oppdrettsanlegg når markedsstørrelse etter 2 - 3 år og fisken veier da 3 - 4 kg. Mellom 2009 og 2012 ble det i Norge hvert år produsert omkring 20 000 tonn oppdrettstorsk til en pris mellom 33 og 40 kr/kg.

For å gi mest mulig optimal vekst for torsk i sjøanlegg, må tidspunkt for utsetting samsvare med sjøtemperaturen. Dette er også årsaken til at oppdretterne ville ha settefisk så stor som mulig når den går fra yngelanlegg til sjøanlegg. I påvekstfasen vil temperaturer mellom 12 og 14 °C være det som er ideelt for torsk. Dette betyr at et landbasert anlegg som blir tilført temperert vann med stabil temperatur vil ha kortere produksjonstid for å få fisken opp i slaktevekt enn fisk i et sjøanlegg hvor temperaturen varierer gjennom året. Dette kan gi betydelige utslag i total produksjon over tid når man vet at torsk produsert i sjøanlegg når markedsstørrelse etter 2 – 3 år.

Rensefisk

Laksenæringen er i dag helt avhengig av rensefisk for å redusere mengden lus på laksen og derfor behov for sikker tilgang av et høyt antall rognkjeks og berggyllt for å holde laksen fri for lus. Antall selskap som bruker rensefisk har økt kraftig de siste årene, og i 2017 ble antallet rensefisk brukt i lakseanlegg estimert til nesten 32 millioner individer (oppdrettet, 41 % og villfanget, 59 %). De vanligste artene er berggyllt og rognkjeks, hvorav rognkjeks var den mest brukte arten i 2017 (12 millioner individer). I dag er rognkjeks den tredje viktigste oppdrettsarten i Norge etter laks og regnbueørret med hensyn til verdi, og flere selskaper har startet med produksjon av rognkjeks, eller har søkt om konsesjon (Fiskeridirektoratet, 2016). Yngelproduksjonen av rognkjeks og berggyllt foregår ved henholdsvis 7 – 10 °C og 8 – 12 °C, og over i påvekstfasen økes temperaturen hos begge artene til henholdsvis 7 – 12 °C og 12 – 16 °C.

De fleste yngelprodusentene bruker formulert fôr til rognkjeks-larvene fra start (2 dager etter klekking) noe som forenkler produksjonen i forhold til bruk av levendefôr, men flere oppdrettere hevder at levendefôr øker overlevelsen med minst 15 %, og samtidig gir en mer robust fisk utover i vekstfasen. Berggyllt er avhengig av en periode på mellom 30 - 40 dager med levendefôr. Rognkjeks og berggyllt går i anlegget henholdsvis 8 – 12 og 14 - 18 måneder før de settes over i laksemerder. Produksjonen av rognkjeks preges av variabel overlevelse og størrelse, og for berggyllt er de største utfordringene at de krever spesialfôr, komplisert røkting og fisken blir lett stresset ved håndtering.

All produksjon av rensefisk foregår i landbaserte anlegg og de produsentene SINTEF har vært i kontakt med har RAS anlegg og sier tilførsel av temperert vann vil ha liten effekt når det gjelder produksjon av rognkjeks. Berggyllt må ha vanntemperatur på minimum 14 °C for å ha god vekst, og når produksjonsperioden strekker seg opp mot 18 måneder vil tilførsel av temperert vann i et landbasert anlegg ha positive effekter.

Piggvar

Norge var på slutten av 80-tallet en av de ledende nasjonene i utviklingen av piggvaroppdrett. Hovedsakelig var det anlegg på Vestlandet som dominerte og mye av yngelen de produsert ble solgt til Spania. Den store fordelene de norske anleggene hadde lå i tilgangen på naturlig plankton som ble brukt som startfôr til larver/yngel, og dette resulterte i god kvalitet både med tanke på vekst, overlevelse og pigmentering. Denne semi-intensive teknologien hadde andre produsenter ikke muligheten til å kopiere. De spanske piggvarprodusentene gikk etter hvert over til intensive metoder og ble i stand til å gjennomføre opp til 5 produksjonssykluser per år. På slutten av 90-tallet fikk de norske produsentene problemer med sykdom og produksjonen ble etter hvert overtatt av et anlegg i Kvinesdal som er eneste produsent av piggvar i Norge. De benytter spillvarme fra et nærliggende smelteverk og har en årlig produksjon på omkring 250 tonn. Piggvar bruker litt over 30 måneder på å vokse fra 5 g yngel til 2 kg matfisk. Beregninger viser at produksjonstiden fra yngel til slakteferdig fisk kan bli redusert med 20 - 30 % dersom anlegget har optimal og stabil vanntemperatur i hele vekstperioden.

Yngelproduksjon av piggvar er lik andre marine fiskeslag med en levendefôrperiode før de tilvennes tørrfôr. Klekking og startfôring foregår ved temperaturer omkring 18 °C, mens gunstig temperatur i påvekstfasen ligger mellom 16 og 18 °C. Dette betyr at piggvar er en av de oppdrettsartene som vil ha et betydelig potensial for å utnytte temperert vann. Som tidligere nevnt kan vanntemperaturen i et landbasert anlegg

holdes på et gunstig nivå i hele produksjonsfasen, og dette vil gi store fordeler i forhold til anlegg i Middelhavsområdet som pumper sjøvann inn fra havet og har temperaturvariasjoner gjennom året som påvirker både vekst og tidlig kjønnsmodning. Dette er trolig hovedårsaken til at piggvar som kommer på markedet fra anlegg i den sørlige delen av Europa blir slaktet når den har oppnådd en vekt på mellom 1,5 og 2,0 kg. Fisk som er over 2,5 kg oppnår betydelig høyere pris og blir også foretrukket på fiskemarkedene i Sør i Europa.

I Norge er erfaringene med piggvaroppdrett noe varierende, blant annet basert på erfaringene fra Tjeldbergodden for mer enn 15 år siden. Anlegget var det første med industriell utnyttelse av kjølevann fra den petrokjemiske industrien her i landet. På det tidspunktet var teknologien for denne typen oppdrett umoden og selskapet fikk etterhvert utfordringer knyttet til fôringsmetoder, sorteringssystemer, gjenbruk av vann og avgassing av kjølevannet som kom fra Metanolfabrikken og skulle benyttes i oppdrettskarene. I dag er situasjonen en helt annen, ny teknologi er utviklet for denne arten, vannbehandling og nye fôringsstrategier er etablert og det er gjort betydelige fremskritt i å få produsert yngel av god kvalitet.

Mye av piggvarproduksjonen foregår i lengdestrømsrenner (Fig. 21). Størrelsen på rennene er veldig variabel. For små fisk små er de mellom 2 - 4 meter lange, 30 - 40 cm brede, 10 - 20 cm dype. For matfisk kan de være opp til 50 meter lange, 2 - 4 meter brede og 20 - 40 cm dype. Det er mulig å ha svært høy tetthet av piggvar, opp mot 300 kg /m² hvor de gjerne ligger i flere lag og trives med det. Vanligvis blir vannet fra lengdestrømsrennene i et piggvaranlegg resirkulert via et RAS-anlegg. Med en stående biomasse på 20 tonn piggvar vil vannforbruket i et RAS-anlegg bli redusert fra mellom 4000 og 6000 l/min i et gjennomstrømningsanlegg til mellom 200 og 300 l/min i et RAS-anlegg.



Figur 21. Moderne piggvaranlegg med lengdestrømsrenner. Ofte står disse rennene i etasjer for å redusere arealbruken. I 2016 ble det produsert i overkant av 10 000 tonn piggvar i Europa til en verdi av 730 millioner kroner (Foto, Kjersti Sandvik/Fiskeribladet).

På grunn av fiskens behov for høye temperaturer er matfiskoppdrett av piggvar i Norge utelukkende knyttet til landbaserte anlegg som utnytter oppvarmet kjølevann. Fisken kan også produseres i sirkulære kar med stabilt oppvarmet vann til omkring 16 °C. Produksjonstiden fra yngel til slakteferdig fisk (30 g – 2,0 kg) er i dag ca 2 år. Den norske produsenten slakter fisk som er mellom 0,5 til 3 kg. Produksjonen av piggvar er relativt arbeidsintensivt og et høyt investeringsbehov gir produksjonskostnader som ligger over det man kjenner til fra andre marine oppdrettsarter.

Hummer

Europeisk hummer ble produsert intensivt i Bioparken på Tjeldbergodden i perioden 2009 til 2015. Både startfôring, yngelproduksjon og påvekst av hummer krever temperaturer mellom 17 - 20 °C. Produksjonen på Tjeldbergodden foregikk i temperert vann som kom fra Statoil sin metanolfabrikk. Norsk Hummer AS som drev anlegget hadde planer om å produsere porsjonshummer mellom 250 og 300 g i løpet av 2 – 3 år. På grunn av en del tekniske utfordringer, og det faktum at hummeren er kannibalistisk, gjorde at produksjonen ble svært ressurskrevende både rent driftsteknisk, men også på grunn av hummerens biologi. Selskapet gikk deretter over til å sette små hummer ut på havbeite. Så langt er finnes det ikke data som kan gi noen indikasjoner på om dette har bidratt til å styrke de lokale bestandene i de havbeiteområdene der dette ble gjennomført.

Hummer er et av de sjømatproduktene som har høyest markedspris. Dersom man lykkes med produksjonen er potensialet stort, men det forutsetter at ny teknologi blir utviklet og at det for eksempel settes i gang avlsprogram som selekterer ut de minst aggressive individene fra en populasjon slik at et større antall hummer kan gå i samme kar uten at de skader hverandre. Et slikt avlsprogram vil måtte gå gjennom flere generasjoner der hummer med lav aggressivitet aktivt selekteres ut. Kanskje kan man på denne måten produsere hummer mer effektivt ved å ha flere individer sammen i større enheter, og ikke i enkelt kammer slik som det er prøvd på frem til nå. Et slikt avlsprogram for hummer planlegges av NTNU og SINTEF.

To tidligere rapporter som er utarbeidet i samband med utnyttelse av kjølevann fra Nyhamna i Møre og Romsdal har konkludert med at det kan være vanskelig å få lønnsomhet i produksjonen (NTNU, TMR4850), og at det er et stort behov for utvikling av ny teknologi spesifikt for denne arten (IRIS, 2012/116). Hummer har et stort potensial, men lønnsom produksjon ligger trolig en del år frem i tid.

5.4 Kategori 2. Varmtvannsarter

Både havbruksnæringen og ulike forskningsinstitusjoner ser stadig etter alternative organismer til produksjon av sjømat. Det finnes en rekke varmekjære arter som har et stort og betydelig potensial for fremtidig sjømatproduksjon i Norge, men som ikke finnes naturlig i våre farvann. Dette er arter som krever høyere vanntemperatur enn det som finnes langs vår kyst og som det drives intensivt oppdrett på andre steder vi verden. Bakgrunnen for å starte slik produksjon i Norge er at vi har varmtvannsressurser som kan benyttes samtidig som vi har svært god kompetanse innenfor marin akvakultur og marin produksjon. Vi har utviklet teknologiske løsninger for en rekke prosesser innenfor havbruksnæringa, ikke minst gjelder dette vann og vannbehandling, fôr og fôringsstrategier, nye startfôringskonsept for marin yngelproduksjon, hydrodynamikk og karteknologi. For varmekjære arter betyr dette at en betydelig del av både det biologiske og teknologiske grunnlaget er på plass for at vi skal lykkes med en slik produksjon, og vi mener at forholdene ligger godt til rette for etablering av et pilotanlegg der målet er å starte produksjon av en eller flere arter fra subtropiske/tropiske områder.

Tropiske reker

Litopenaeus vannamei er en stor tropisk reke som kan bli opptil 230 mm lang og som ofte omtales som scampi (Fig. 22). Den selges ikke som fersk vare på det Europeiske markedet og dette har bidratt til at det stadig har blitt større interesse for å produsere denne arten i Europa. Tigerreke, som den også omtales som, og en rekke andre tropiske reker hører naturlig hjemme i Asia og Mellom-Amerika. Kraftig vekst i løpet av noen få tiår har ført til at det på verdensbasis omsettes 4,2 millioner tonn reker per år (2017). I Europa finnes det i dag 10 anlegg som produserer tropiske reker som alle driver småskala produksjon og leverer til lokale kunder. Felles for alle er at de tropiske rekeartene som er aktuelle for oppdrett har kort produksjonssyklus (opptil 3 sykluser/år), de er godt betalt av et stort internasjonalt marked (300 – 350 NOK/kg), og de finnes ikke som fersk vare på det europeiske markedet. Tropiske reker importeres frosne fra Asia og Latin-Amerika, og kvaliteten er svært variabel.

Rekeindustrien har generelt et svært dårlig rykte på grunn av produksjonsmetoder som i dag hovedsakelig går ut på å grave store jorddammer som fylles med saltvann. Saltet ødelegger jordsmonn, nedhugging av mangroveskog resulterer i tap av fauna (Nature, 2016), forurensing av grunnvann og bruk av antibiotika har ført til at en rekke norske naturvernforeninger har gått sammen om en kampanje mot kjøp av scampi som blir produsert under de nevnte forhold. Naturskyddsforeningen i Sverige har gjort det samme (Oikos 2016).

Landbasert produksjon av tropiske reker i kontrollerte betingelser vil derimot bidra til å gjøre produksjonen både miljøvennlig, bærekraftig, mer effektiv og ikke minst mer lønnsom. Dette vil være et svært interessant konsept å videreutvikle i Norge for å øke produksjonen av særdeles attraktiv sjømat.



Figur 22. Tropiske reker (*Litopenaeus vannamei*) produseres i småskala anlegg flere steder i Europa. Anleggene bruker RAS-teknologi på grunn av at rekene trenger temperaturer opp mot 28 °C for å vokse optimalt.

Ved å ta i bruk moderne resirkuleringsteknologi og SINTEF's nye startfôringskonsept for marine larver, vil dette bidra til å øke kvaliteten på rekeyngelen i betydelig grad (overlevelse, vekst og utvikling), som vil være av stor betydning i den videre vekstfasen frem til markedsstørrelse. De bedriftene SINTEF har vært i dialog

med (både i Asia og Mellom-Amerika), er entydige i at den største utfordringen næringen har i dag er kvaliteten på yngelen som produseres. I Norge har vi både den teknologiske og biologiske kompetansen som er nødvendig for at tropiske reker kan bli en viktig art for norsk sjømatnæring og vil kunne resultere i et betydelig vekstgrunnlag for både produsenter og norsk fôrindustri.

Etablering av en slik produksjon kan skje i 2 trinn; rekeyngelproduksjon (trinn 1), og deretter utvide til matrekeproduksjon (trinn 2), kan være en fornuftig strategi i en oppbyggingsfase. Hold av stamreker og et klekkeri vil inneholde de samme hovedelementene som et klekkeri for marin fiskeyngel men betydelig mindre kostnadskrevende. Moderne produksjon av matreker (fra de er tilvendt tørrfôr og til de når markedsstørrelse) kan foregå i store innendørs kar eller lengdestrømsrenner. En slik etablering vil bidra til produksjon av en ny art innen norsk akvakulturnæring forankret i innovative, økologiske og vitenskapelige løsninger.

5.5 Kategori 3. Aktuelle fremtidige arter

Dette er i hovedsak varmekjære fiskeslag som er etterspurt av et stort marked og som har høy pris. I mange tilfeller er de naturlige populasjonene av disse artene overfisket, eller sterkt regulert, slik at etterspørselen er langt større enn det som er tilgjengelig for salg.

En av de aktuelle fremtidige artene for kommersiell produksjon i Norge er sjøpølser. Langs norskekysten er det hovedsakelig to arter med sjøpølser som dominerer. Den ene er brunpølser som er alminnelig på grunt vann og på dypere vann med bløt bunn finnes rødpølser som kan bli opptil 0,5 meter lang (Fig. 23), og som lever av dødt organisk materiale som ligger langs bunnen og i selve bunnsubstratet. I Norge har vi ingen tradisjon for å spise sjøpølser selv om det er relativt høye tettheter flere steder langs kysten. Heller ikke sjøpølser som blir tatt som bifangst, hovedsakelig reketralere, blir utnyttet.

I løpet av de siste tiårene har det vært økende interesse for fiske, bearbeiding og eksport av norske sjøpølser til Asia, spesielt røde sjøpølser. Sjøpølser anses som en delikatesse og mange arter oppnår svært høy pris spesielt på det asiatiske markedet, hvor tørkede sjøpølser betales med over 5000 NOK/kg.



Figur 23. Norsk rød sjøpølse kan om få år produseres intensivt i lukkede enheter på land. Dette kan skape en ny industri innen norsk sjømatnæring. De naturlige bestandene langs kysten er så små at kommersiell høsting av disse bestandene på sikt ikke vil være bærekraftig.

Det som gjør sjøpølser spesielt interessante er den kjemiske sammensetningen, og det er dette aspektet som gjør disse organismene til et produkt som betales med en høy pris av et stort marked. I tillegg til å ha høy næringsverdi har sjøpølser som kosttilskudd lenge vært anerkjent i folkemedisinen i asiatiske land. Et imponerende utvalg av medisinske helsefunksjoner, som for eksempel nærende for kroppen, positive effekter på nyrer, hindrer uttørking av tarm, behandling av magesår, astma, hypertensjon, revmatisme og sårheling har vært assosiert med sjøpølser (Chen, 2003, Chen et al, 2011; Hamaguchi, 2010; Collin, 1998). Aller viktigst er de mulige medisinske fordelene, hvor flere biologiske egenskaper til sjøpølser, nå får anerkjennelse i moderne biomedisinsk forskning. En rekke forskningsinstitusjoner mener at ekstrakter fra sjøpølser er gunstige for menneskers helse på forskjellige måter, og kan bidra til å redusere veksten av kreftceller (Althunibat et al, 2009; Collin, 1999; Tian et al, 2005). Med tanke på det medisinske potensialet, er moderne mat og farmasøytisk industri svært interessert i å utvikle funksjonelle matvarer og nutraceuticals fra ulike deler av sjøpølser. Nylig har flere farmasøytiske firmaer i Australia initiert bruk av sjøpølser for å hindre betennelse (Mehmet et al, 2011). Et utvalg av mat og farmasøytiske produkter av sjøpølser er tilgjengelig på en rekke asiatiske markeder, inkludert Kina, Japan, Malaysia og Indonesia (Mehmet et al, 2011; Fredalina et al, 1999). I Asia og Amerika blir tabletter fremstilt fra kroppsveggen fra sjøpølser og konsumert som næringsstoffer til fysiologisk fordel hos mennesker. I Malaysia konsumeres kokte hud ekstrakter for å behandle astma, hypertensjon, revmatisme, sårkutt og brannskader (Mehmet et al, 2011; Fredalina et al, 1999).

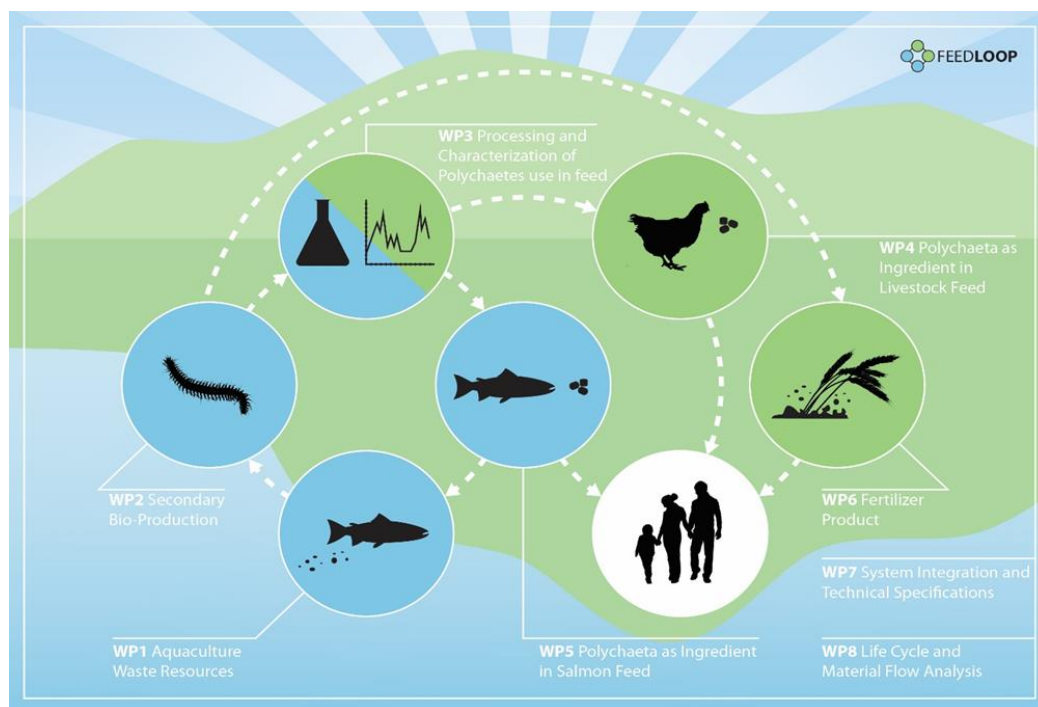
Siden norske sjøpølser er fremtidige oppdrettsarter finnes det lite eksisterende kunnskap knyttet til selve produksjonen av disse organismene, og en del forskningsrelatert arbeid er derfor helt nødvendig. Dette gjelder både innenfor biologi, men også teknologi for hvordan en slik produksjon skal utvikles og industrialiseres. Derimot finnes det vel etablerte prosedyrer for hvordan asiatiske sjøpølser produseres i intensive anlegg og noe av denne kunnskapen kan til en viss grad overføres til norske forhold. Spesielt gjelder dette noe av det forsknings- og utviklingsarbeidet som er gjort på den japanske og kinesiske sjøpølsearter.

5.6 Utnyttelse av slam

Marine *Gammaridaer* (tanglopper) og polychaeter (børstemark) spiller en viktig rolle i naturlige økosystemer i samband med dekomponering og mineralisering av organisk materiale. Begge disse lavtrofiske marine organismene har et betydelig potensial for bioremediering av deponert avfall fra settefiskanlegg, merdanlegg, fiskedammer og RAS-anlegg i akvakulturinstallasjoner (Kinoshita et al., 2008, Brown et al., 2011). Flere studier har vist at marine børstemark kan spise og assimilere fekal-partikler, rester av fôrpartikler og avfall fra forskjellige fiskearter slik at verdifulle proteiner og lipider kan gjenvinnes. Slike studier er gjennomført med en rekke arter av børstemark (Bischoff et al., 2009, Palmer, 2010, Brown et al., 2011). På samme måte har *Gammaridaer* blitt testet gjennom flere prosjekter hos SINTEF der det er dokumentert at de har evnen til å dekomponere restprodukter fra marin industri til biomasse som er rik på proteiner og n-3 fettsyrer. Målet med disse forsknings- og utviklingsprosjektene har vært å utrede mulighetene for intensiv produksjon av *Gammaridaer* til ulike anvendelser. Dette har omfattet human ernæring, innenfor VMS (Vitamins, Minerals and Supplements), og selekterte nisjer av fôr til oppdrettsfisk slik som weaning-fôr til fiskelarver/ungel, samt fôr til laksefisk og økologisk akvakultur.

Av disse to gruppene med lavtrofiske organismer er det produksjon av børstemark som er kommet lengst i utviklingen mot kommersiell utnyttelse. Visse arter børstemark er høyt verdsatt som fôr innenfor havbruksnæringen, og dyrkes kommersielt (D'Asaro 1976, Costa 1999, Olive 1999). Flere arter blir betraktet som gode kilder til flerumettede fettsyrer (PUFAs), og de har potensial til å supplere fiskeolje som kilde til essensielle lipidkomponenter i ulike typer fôr (Narciso and da Fonseca 2000, Olive et al. 2000). Disse fettsyrene spiller en svært viktig rolle i fôret til larvestadier av både oppdrettsfisk og tropiske reker (Izquierdo et al. 2001, Wouters et al. 2001). Fiskemel og fiskeoljer brukes i fôret til alle oppdrettsarter på

grunn av høyt innhold av proteiner, egnet aminosyreprofil og innhold av essensielle flerumettede fettsyrer (HUFA n-3). Evnen til å gjenvinne disse verdifulle næringsstoffene effektivt fra avfallsstrømmer kan bidra til å forbedre bærekraft i integrerte akvakulturprosesser. I denne prosessen vil børstemark ha en sentral funksjon ved at restråstoffer (rester av fôrpartikler, fekalier og andre avfallsprodukter) kan brukes som fôr i en intensiv produksjonslinje. Ved å utvikle industriell produksjon av børstemarkbiomasse gjennom bruk av overskuddsnæring fra akvakultur, og på denne måten redusere avfallsstrømmen, og samtidig forbedre ressursutnyttelsen gjennom produksjon av nytt fôrråstoff, vil det bidra til økt matproduksjon i blå-grønne verdikjeder (Figur 24).



Figur 24. Biologisk resirkulering av næringsstoffer fra akvakultur for økt matproduksjon i blå-grønne verdikjeder. Figuren viser hvordan SINTEF Ocean AS tenker konseptuelt i utviklingen av et prosjekt der målet er å videreutvikle teknologi og biologiske prosesser for å utnytte næringsrike avfallsstrømmer fra akvakultur til produksjon av mer mat i blå-grønne verdikjeder.

I dag tapes en betydelig del av fôret som gis i fiskeoppdrett til omgivelsene, og det er store utfordringer knyttet til håndteringen av årlige utslipp på mange hundre tusen tonn slam fra landbaserte anlegg. Nye løsninger som kombinerer effektiv slamhåndtering, reduisering av vanninnhold/tørking, og transportlogistikk med oppgradering og utnyttelse av biologiske prosesser, er derfor svært ettertraktede. Børstemark har rask vekst under gunstige betingelser, og kapasitet til å omdanne store mengder partikulært organisk avfall til biomasse av høy kvalitet som er rik på proteiner og ettertraktede marine fettsyrer.

Beregninger basert på nitrogeninnhold i slam og organismenes assimilasjonseffektivitet over en dyrkningsperiode på 25 dager under optimale betingelser, viser at fra 1 kg slam (1 kg slam (tørrestoff) fra produksjon av 5 kg laks fra 6 kg fôr), er det teoretisk mulig å produsere 250 – 300 g børstemark (tørrestoff) (SINTEF, upubliserte data).

Slamproduksjon i et anlegg beregnes ut fra biomasseproduksjon, fôrfaktor og teoretiske omregningsfaktorer kjent fra litteraturen. Den spesifikke slamproduksjon som er å finne i vitenskapelige arbeider ligger typisk mellom 0,7 og 2,0 kg slam (10 prosent tørrstoffinnhold (TS)) pr. kg fôr, mens en typisk fôrfaktor vil være mellom 0,8 - 1,1 (Blytt et al., 2011). I tillegg til å resirkulere næringsstoffer fra slam slik det er vist i Figur 24, er fiskeslam godt egnet til forbrenning. Analyser av brennverdien for slam fra settefiskanlegg viser at 1 kg slam med 100 % TS inneholder 20 MJ (Ytrestøyl et al., 2016). Dette forutsetter at slammet har gjennomgått en energikrevende tørkeprosess (teoretisk kreves det 2257 kJ for å fordampe 1 kg vann).

6 Ringvirkninger av akvakulturkonsepter

Oppdrettsvirksomhet skaper store ringvirkninger i lokalt, regionalt og nasjonalt næringsliv. SINTEF har gjennom mange år kartlagt ringvirkningene for norsk fiskeri- og havbruksnæring. For hver krone som omsettes i oppdrett skapes det omsetning i tilknyttet næringsliv for 0,98 kr. Dette er ringvirkningseffekter av hele verdikjeden. For hvert årsverk i primærleddet (yngel/påvekst) skapes det 0,34 årsverk i slakt/foredling av oppdrettsfisk. Det er vanskelig å anslå hvor mange arbeidsplasser en sekundærproduksjon basert på slam til lavtrofiske organismer kan skape, da denne formen for akvatisk produksjon ikke er etablert i kommersiell skala.

7 Plan for videre prosess

7.1 Tekniske forutsetninger for å utnytte det tempererte gruvevannet

Slik de tekniske rammebetingelsene er i dag er det ingen terskel for å ta i bruk det tempererte gruvevannet og heller ingen arealmessige forhold i området som hindrer etablering. Østgruva eies av Verran kommune og de har brukt betydelige ressurser på å få i gang næringsvirksomhet og utnyttelse av denne varmtvannsressursen. Dette er en betydelig energikilde som i dag ikke blir brukt til verdiskaping.

Hovedutfordringen for utnyttelse av det tempererte gruvevannet fra Østgruva er knyttet til kostnader som skyldes at gruvevannet ikke kan brukes direkte til oppdrettsvirksomhet pga. høyt innhold av enkelte tungmetaller. Det betyr at vannet må varmeveksles og betydelige kostnader er forbundet med en slik etablering. Dette er derfor den største hindringen for etablering av kommersielt oppdrett som tar i bruk denne ressursen.

Et annet viktig forhold er hvor mye temperert vann som kan pumpes ut av gruva og brukes til oppdrettsvirksomhet uten at vann-nivået i gruva reduseres. Det antas pr i dag at innsiget av vann ligger rundt 33 m³/time, men dette må verifiseres dersom en etablering blir aktuell. Ut ifra det men vet om hvilke vannmengder som er tilgjengelige, og dermed hvilke vannmengder som kan pumpes ut av gruva, er mengden tilgjengelig vann så lav at et potensielt oppdrettsanlegg ikke kan basere driften på gjennomstrømning av vann. Det vil det være helt nødvendig kople enhver oppdrettsvirksomhet som skal benytte varmevekslet gruvevann fra Østgruva til et RAS-anlegg og samtidig lede gruvevannet tilbake til gruva etter varmeveksling. På den måten vil man sikre god og forutsigbar tilførsel av vann inn i oppdrettsenheten. Det betyr ikke på noen måte at gruvevannet er overflødig men desto mer vann som resirkuleres i selve oppdrettsvirksomheten vil det være nødvendig å pumpe mindre mengder vann ut av gruva og mindre mengder råvann opp fra fjorden, som skal varmeveksles mot gruvevannet, og deretter inn i anlegget. Dette, selvsagt under forutsetning at det skal produseres marine organismer i oppdrettsenheten. Samme forhold vil gjelde dersom det skal brukes ferskvann i anlegget.

De planene som foreligger for området viser at et landbasert anlegg kan plasseres på 3 mulige lokaliteter. Det ene er området i Bergmannsparken like utenfor Hovedsjakt V, den andre er industriområdet på Tjuin som ligger helt nede ved fjorden og det tredje er inne i bergrom knyttet til selve Grundstollen. Uansett hvilket alternativ som velges vil det være nødvendig å pumpe vann. Alle alternativene krever at det pumpes temperert vann ut av Hovedsjakt V, enten ned til industriområdet på Tjuin eller at det brukes i området Bergmannsparken eller inne i selve Grundstollen. Skal oppdrettsanlegget benytte sjøvann fra fjorden er det kort avstand til industriområdet men betydelig lengre opp til Bergmannsparken. Å beregne pumpekostnader, rørdimensjoner, varmetap fra rør osv. er en viktig faktor som må utredes når man har kommet til hvilken oppdrettsorgansime det er mest realistisk å rette fokus mot, og hva som er mest gunstig plassering av anlegget.

I denne rapporten er varmeveksling av ferskvann/sjøvann nede i Hovedsjakt V et av alternativene for hvordan det tempererte gruvevannet kan utnyttes (Fig. 10a). Et nesten tilsvarende eksempel er skissert i Figur 10b men her er varmeveksleren plassert i nær tilknytning til sjakta. Teknisk sett er det enklere å ha varmeveksleren ved Hovedsjakt V enn nede i vannsøylen, og derfor er prinsipptegning alternativ 5 (Fig. 10b) den beste løsningen for etablering av et anlegg som benytter temperert gruvevann som energikilde. Som nevnt tidligere bidrar begge disse løsningene til at vannvolumet i gruva holdes konstant og dette gir betydelig mer forutsigbarhet. På den måten kan den enorme vannmengden i Østgruva betraktes som en evigvarende varmekilde hvor det pumpes råvann inn, dette veksles mot det tempererte gruvevannet, og deretter videre over i oppdrettsenheten.

Alternativ 5 har også inntegnet et RAS-anlegg for å redusere vannforbruket og et energianlegg for å øke temperaturen på oppdrettsvannet. Dette er aktuelt dersom temperaturen på oppdrettsvannet skal tilpasses tropiske reker. En slik løsning krever betydelige investeringer men rent teknisk er det realiserbart.

7.2 Aktuelle oppdrettsarter

Laksefisk

De beregninger som er gjort i forhold til tottrinns varmeveksling, temperatur på gruvevannet, temperatur på vann i oppdrettsanlegg samt tilgjengelig vannmengde fra Østgruva viser at den stående biomassen av laksefisk i et slikt anlegg blir svært lav (10 – 12 tonn). Dette gjelder både smolt og større laks, men kan også omfatte ørret. Dersom det bygges RAS-anlegg i tilknytning til anlegget vil den stående biomassen av laksefisk øke betydelig. Dette kan illustreres gjennom følgende eksempel (Hilmarsen et al, 2018); i et landbasert anlegg med en stående biomasse av laks på 500 tonn, tilknyttet RAS-anlegg, vil dette kreve tilførsel av omkring 1000 m³ nytt vann hvert døgn (41,7 m³/time). Dette er i god overensstemmelse med de beregninger som er vist i Tabell 2, hvor tilgjengelig vannmengde fra Østgruva (med to-trinns varmeveksling), på det laveste vil være 42 m³/time. Dette eksemplet viser også hvilket potensial som ligger i moderne RAS-teknologi med tanke på vannforbruk/vannbehandling.

Nye arter

Skal man tenke helt nytt er tropiske reker et interessant alternativ. Dette er et godt betalt produkt som kan produseres i opptil 3 sykluser pr år. Både biologisk og teknologiske kompetansen finnes i Norge. Produksjonen kan foregå i lengdestrømsrenner, runde eller oktagonale tanker. Etablering av et slikt produksjonsanlegg er betydelig rimeligere enn tilsvarene anlegg for laksefisk og marin fisk, og ikke minst vil et klekkeri være betydelig enklere og rimeligere i drift enn et klekkeri for marin fisk. Det kan nevnes at det tar like lang tid å produsere en marin fiskeyngel som det tar å produsere en tropisk reke frem til kommersiell størrelse. Den største utfordringen i dette alternativet er at vanntemperaturen som må opp mot 26 – 27 °C, og det vil kreve energianlegg/varmepumpe i kombinasjon med varmeveksler for å få optimale dyrkningsbetingelser. Det er foreslått å bygge et eventuelt oppdrettsanlegg for tropiske reker i

bergrom knyttet til Grundstollen. Dette kan være et alternativ for å hindre varmetap fra produksjonsfasilitetene ved temperaturer opp mot 27 °C.

Selv om produksjon av norsk rød sjøpølse ligger noen år frem i tid kan dette være et meget interessant alternativ. For helsekostindustrien er sjøpølser snart mangelvare på grunn av hard beskatning på naturlige bestander. Derfor vil landbasert intensiv produksjon av sjøpølser bli en ny oppdrettsart her i landet. Som kjent er tørkede sjøpølser blant de høyest betalte sjømatprodukter i verden og det er dokumentert en rekke effekter av virkestoffer fra sjøpølser har svært positive effekter på human helse. Sjøpølsene er enkle organismer å ha i kultur, de krever vanntemperaturer mellom 10 og 15 °C, og vannbehovet er langt lavere enn det men ser hos fisk. Et annet viktig aspekt med sjøpølsene er at de kan utnytte restprodukter fra industrien som fôrkilde. Kompetanse innenfor produksjon av sjøpølser finnes i Norge og i Asia der landbasert produksjon av sjøpølser overstiger flere tusen tonn.

Marin fisk

Det mest kostnadskrevende alternativet er produksjon av marin fisk. Dette krever betydelige investeringer i et marint klekkeri som er krevende å drifte. Bortsett fra rensefisk er det her i landet kun piggvar som produseres i landbaserte anlegg. Det er kun et anlegg, de har ikke yngelproduksjon men får denne fra Spania. De har en årlig produksjon på 250 tonn. Piggvar krever vanntemperatur på 16 – 18 °C og har lavere vannbehov enn laks. Tilgangen på temperert vann fra Østgruva, i kombinasjon med RAS-anlegg, tilsier at det er mulig å ha en stående biomasse av piggvar på mellom 40 og 50 tonn.

Torsk, kveite og rensefisk vurderes ikke som aktuelle arter i denne sammenhengen. Torsk og kveite krever lave vanntemperaturer og potensialet i det tempererte gruvevannet vil derfor ikke bli utnyttet. Dessuten er påvekstfasen for begge disse artene hovedsakelig i sjøanlegg. Rensefisk kan vurderes men det finnes allerede mange produsenter av både rognkjeks og berggyllt. Dessuten tror stadig flere at det om få år vil komme mer effektive avlusningsmetoder for laks, av mer teknisk karakter.

7.3 Anbefaling for videre arbeid

Veien videre

På grunnlag av de anbefalinger som er skissert i denne utredningen er det viktig at dette blir gjort kjent for mulige interessenter/gründere som kan ta dette konseptet videre og etablere kommersiell virksomhet. SINTEF Ocean har et stort kontaktnett og vil selvsagt bidra til at dette formidles via møter, konferanser eller i konkrete samtaler med aktører som etterspør temperert industrivann som en forutsetning for å starte landbasert produksjon. For SINTEF Ocean er etablering av nye oppdrettsarter og ny oppdrettsvirksomhet et av våre kjerneområder der vi ønsker å delta som FoU-partner sammen med etablerte eller nye næringsaktører. Det finnes flere ulike finansieringskilder som kan bidra til å få slik virksomhet i gang, både innenfor regionale utviklingsfond og Innovasjon Norge.

Det må understrekes at for de forslag som foreligger i denne rapporten, både når det gjelder tekniske løsninger og hvilke oppdrettsorganismer som er aktuelle for kommersiell produksjon, er det nødvendig med en mer omfattende utredning av den/de spesifikke artene før det blir bestemt hva som er det beste alternativet å gå videre med, og som kan produseres under de gitte betingelser. En slik utredning bør omfatte følgende punkter og vil utgjøre hovedinnholdet i et mulig forprosjekt rettet mot en spesifikk art, eventuelt flere arter;

1. **Infrastruktur.** Dimensjonering av og drift av anlegg og produksjonsenheter. Definere eksakte behov for vann og vanntemperatur til aktuell oppdrettsorganisme. Forbruk av strøm til oppvarming av lokaler og drift av teknisk utstyr.

2. **Markedsanalyse.** Potensielle kunder og priser på produktet (avgrenset til Skandinavia/Europa/Asia).
3. **Produksjonsplan.** Importtillatelse (dersom nye arter skal inn i anlegget), konsesjon for etablering av en produksjonslinje. Beskrive produksjonsprosessen og driften av anlegget (fra yngel til kommersielt produkt).
4. **Bemanningsplan.** Personell og bemanning (kompetanse) for drift av anlegget (hele produksjonslinjen fra yngel til kommersielt produkt).
5. **Driftsbudsjett.** Definere kostnadene knyttet til driften av anlegget (fra yngel til kommersielt produkt). Faste ansatte, lønn og personalkostnader.
6. **Investeringsbudsjett.** Beskrive nødvendig utstyr som må anskaffes. Varmervekslere, eventuelt varmepumper, RAS-anlegg, rør slanger, pumper osv.. Kar til stamdyr, produksjonskar/lengdestrømsrenner (totale produksjonskonseptet).
7. **Finansieringsplan.** Beskrive en finansieringsplan for etablering av et landbasert anlegg. Statlige støtteordninger, Innovasjon Norge, Enova, Miljøteknologiordningen og private investorer.
8. **Inntekter.** "Break even" og produksjonskapasitet som er nødvendig for å lage god butikk. Dette omfatter både hvor mange stamdyr man trenger, samt hvor mye yngel/ferdig produkt man må produsere for å få lønnsom drift.

8 Konklusjoner

Vanntemperatur, vannkvalitet og vannforbruk

Analyser av vannet fra Østgruva viser at dette er ferskvann. Saltinnholdet er så lavt ($< 1,7$ ppt) at innsig av sjøvann fra fjorden kan utelukkes. Vannet i Østgruva inneholder høye konsentrasjoner av tungmetallene bly, kobber og sink. Dette betyr at vannet ikke kan brukes direkte inn i et oppdrettsanlegg men må varmeveksles mot råvann (ferskvann eller sjøvann).

Vannet i Vestgruva inneholder lavere konsentrasjoner av bly, kobber og sink enn i Østgruva, men konsentrasjonene av kobber og sink er for høye til at det kan brukes i oppdrettssammenheng. I både Østgruva og Vestgruva var det som forventet høye konsentrasjoner av jern. Resultatene viser at jerninnholdet var mer enn 5 ganger høyere enn grenseverdien i drikkevannsforskriften.

Vanntemperaturen i Hovedsjakt V varierte noe de øverste vannlag. Dette skyldes overflatevann som kommer inn samband med nedbør. Man antar at temperaturen er mer stabil dypere nede i sjakta, men dette er ikke blitt dokumentert. Det er imidlertid gode indikasjoner på at det kommer varmere vann opp mot overflaten gjennom Hovedsjakt V, og at det dermed er en sirkulasjon av vann i gruvesystemet.

I Østgruva ble det gjennomført en måling av temperaturene fra overflaten og ned til 694 meter. Overflatetemperaturen lå mellom $16,0$ °C og var $16,8$ °C som gradvis økte til $17,5$ °C ved 346 meters dyp. Derfra og ned til 580 meter var temperaturen relativt stabil ($17,5 - 17,6$ °C). Fra 580 meters dybde og ned til 694 meter økte temperaturen i underkant av en grad ($17,6 - 18,5$ °C).

Tilgjengelige vannmengden i gruva er et sentralt spørsmål og på bakgrunn av det men vet i dag vil det være nødvendig å bygge et fremtidig oppdrettsanlegg i kombinasjon med et RAS-anlegg. På den måten kan vannmengden ut av gruva reduseres med over 90 %, og samtidig reduseres mengden råvann som skal varmeveksles. Dette vil redusere pumpekostnadene av vann, men det er betydelige kostnader knyttet til bygging av et RAS-anlegg.

Det er skissert ulike tekniske løsninger for hvordan det tempererte vannet fra Østgruva kan utnyttes i et fremtidig oppdrettsanlegg. Det er skissert gjennomstrømningsanlegg, en og to-trinns varmeveksling, varmeveksler plassert nede i Hovedsjakt V og varmeveksler plassert i nær tilknytning til denne. Det beste alternativet er trolig å plassere varmeveksleren i nær tilknytning til Hovedsjakt V, og la det tempererte gruvevannet ledes tilbake til gruva etter at det har blitt vekslet. Dette kombinert med varmepumpe vil gjøre det mulig å øke temperaturen på oppdrettsvannet og dermed ha mulighet til å kultivere arter som har temperaturoptimum mellom 12 og 27 °C.

Tidligere beregninger har vist at det er mulig å ta ut betydelige energimengder fra vannet uten at temperaturen på gruvevannet går ned. Beregninger som er beskrevet i Eggen, 1997 viser at det kan tas ut opp mot 5 GWh/år, og at større varmeuttak vil få vanntemperaturen i gruva til å synke. Med bakgrunn i det naturlige tilsiget av vann inn i gruva ($33 \text{ m}^3/\text{t}$), og et tilsvarende uttak av gruvevann fra Hovedsjakt V (17 °C), som varmeveksles og benyttes i et oppdrettssystem med RAS-anlegg vil det i den tilgjengelige mengden vann være tilstrekkelig for en betydelig produksjon.

Laksefisk

Tilgjengelig vannmengde fra Østgruva viser at den stående biomassen av laksefisk i et landbasert anlegg blir svært lav ($10 - 12$ tonn). Bygging av RAS-anlegg i tilknytning til anlegget vil øke den stående biomassen av laksefisk betydelig, men det finnes alternative marine arter som er enklere oppdrettsorganismer, med kortere produksjonstid, og som i tillegg krever mindre ressurser i forhold til produksjon av laksefisk.

Nye arter

Produksjon av tropiske reker kan trolig være det beste alternativet for å utnytte det tempererte gruvevannet til produksjon av sjømat. Produktet er godt betalt og rekene har kort generasjonstid som reduserer risikoen i anlegget. Etablering av et slikt anlegg er betydelig rimeligere enn tilsvarende anlegg for annen oppdrettsfisk, og spesielt er klekkeriet betydelig enklere og rimeligere i drift enn tilsvarende klekkeri for marin fisk. Den største utfordringen er vanntemperaturen men energianlegg/varmeveksler gjør produksjonen mulig. Eksempler på dette finnes i allerede etablerte rekeanlegg i Europa.

Man antar at norsk rød sjøpølse er en art som om få år vil være i kommersiell produksjon i Norge. Det er stor interesse for denne arten fra flere aktører, og Helsekostindustrien er svært interessert i råstoff fra disse organismene. Tørkede sjøpølser betales opp mot 5000 NOK/kg er blant de høyest betalte sjømatprodukter i verden. Det er dokumentert en rekke effekter av virkestoffer fra sjøpølser som har svært positive virkning på human helse. Sjøpølsene er enkle organismer å ha i kultur og de har et vannbehov som er langt lavere enn det man ser hos andre oppdrettsarter.

Marin fisk

Det mest kostnadskrevenende alternativet er produksjon av marin fisk som krever betydelige investeringer i et marint klekkeri som er krevende å drifte. Piggvar er trolig den mest aktuelle art for utnyttelse av temperert vann ved at den krever vanntemperaturer mellom 16 – 18 °C. Den har lavere oksygenforbruk og dermed et lavere vannbehov enn laks. Tilgangen på temperert vann fra Østgruva tilsier at det er mulig å ha en stående biomasse av piggvar på mellom 40 og 50 tonn.

Torsk, kveite og rensefisk vurderes ikke som aktuelle arter i denne sammenhengen. Torsk og kveite krever lave vanntemperaturer og potensialet i varmtvannsressursen vil ikke bli utnyttet. Rensefisk kan vurderes men det finnes allerede mange produsenter av både rognkjeks og berggylt.

9 Referanser:

Amdal, T. 1975. Fosdalens Bergverks-Aktieselskap. Bergverk 1975. Jubileumsskrift for Bergingeniørforeningen og Bergindustriforeningen.

Althunibat OY, Ridzwan BH, Taher M, Jamaludin MD, Ikeda MA, Zali BI. 2009. *In vitro* antioxidant and antiproliferative activities of three Malaysian sea cucumber species. Eur. J. Sci. Res. 2009; 37:376–387.

Bischoff, A. A., et al. 2009. The fatty acid composition of *Nereis diversicolor* cultured in an integrated recirculated system: Possible implications for aquaculture. Aquaculture 296(3): 271-276.

Brown, N., et al. 2011. Utilization of waste from a marine recirculating fish culture system as a feed source for the polychaete worm, *Nereis virens*. Aquaculture 322: 177-183.

Collin PD. Inhibition of angiogenesis by sea cucumber fractions. 5,985,330. United States Patent. 1999 16 November.

Collin PD. 1998. Tissue fraction of sea cucumber for the treatment of inflammation. 5,770,205. United State Patent. 1998 23 June; 34.

Costa, P. F. 1999. Reproduction and growth in captivity of the polychaete *Nereis diversicolor* OF Muller, 1776, using two different kinds of sediment: Preliminary assays. Boletin-Instituto Espanol de Oceanografia 15(1/4): 351-356.

Chen S, Xue C, Yin L, Tang Q, Yu G, Chai W. 2011. Comparison of structures and anticoagulant activities of fucosylated chondroitin sulfates from different sea cucumbers. Carbohydr. Polym. 2011; 83:688–696.

D'Asaro, C. 1976. A preliminary plan for a commercial bait worm hatchery to produce the lugworm, *Arenicola cristata* (Stimpson). Lugworm aquaculture, report (16): 1-46.

Forskrift om vannforsyning og drikkevann (drikkevannsforskriften) fra Helse- og omsorgsdepartementet (2016), (<https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2016-12-22-1868>).

Fredalina BD, Ridzwan BH, Zainal Abidin AA, Kaswandi MA, Zaiton H, Zali I, Kittakoo P, Jais AM. 1999. Fatty acid compositions in local sea cucumber, *Stichopus chloronotus* for wound healing. Gen. Pharmacol. 1999;33:337–340. [PubMed]

Eggan, G. 2003. Interconsult. Varmegjenvinning fra Malm gruver. Verran kommune, rapport 115210.

Hamaguchi P, Geirsdottir M, Vrac A, Kristinsson HG, Sveinsdottir H, Fridjonsson OH, Hreggvidsson GO. 2010. *In vitro* antioxidant and antihypertensive properties of Icelandic sea cucumber (*Cucumaria frondosa*). Presented at IFT 10 Annual Meeting & Food Expo; Chicago, IL, USA. 17–20 July 2010; presentation no. 282–04.

Hilmarsen Ø, Ambros Holte E, Brendeløkken H, Høyli R, Hognes ES. 2018. SINTEF-rapport, Konsekvensanalyse av landbasert oppdrett av laks – matfisk og post-smolt.

Hoggen, L. R. & Jørgensen, J. 2007. Multiconsult, Energi – Forprosjekt, Gruvevarme. Rapport nr. 412408-1.

Izquierdo, M., et al. 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture* 197(1): 25-42.

Kinoshita, K., et al. 2008. "Bioremediation of organically enriched sediment deposited below fish farms with artificially mass-cultured colonies of a deposit-feeding polychaete *Capitella* sp. I." *Fisheries science* 74(1): 77-87.

Logn, Ø. 1964. Temperaturer i dype borehull i Fosdalens gruver. Særtrykk av Norsk Geologisk Tidsskrift, bind 44, h. 2, pp. 235 – 242.

Lovdata, Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften)), Vedlegg 1, grenseverdier, https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2016-12-22-1868#KAPITTEL_1.

Chen J. Overview of sea cucumber farming and sea ranching practices in China. SPC Beche-de-mer Inf. Bull. 2003; 18:18–23.

Mehmet A, Hüseyin S, Bekir T, Yilmaz E, Sevim K. 2011. Proximate composition and fatty acid profile of three different fresh and dried commercial sea cucumbers from Turkey. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2011; 46: 500–508.

Narciso, L. and L. C. da Fonseca. 2000. Growth, survival and fatty acid profile of *Nereis diversicolor* (OF Müller, 1776) fed on six different diets. *Bulletin of Marine Science* 67(1): 337-343.

Olive, PJW. 1999. Polychaete aquaculture and polychaete science: a mutual synergism. *Hydrobiologia* 402: 175-183.

Olive, P., et al. 2000. "Cultured polychaete: a dietary resource to increase penaeid hatchery performance." *Eur Aquac Soc Spec publ* 28: 523.

Palmer, P J. 2010. Polychaete-assisted sand filters. *Aquaculture* 306(1): 369-377.

Tian F, Zhang X, Tong Y, Yi Y, Zhang S, Li L, Sun P, Lin L, Ding J. PE. 2005. A new sulfated saponin from sea cucumber, exhibits anti-angiogenic and anti-tumor activities *in vitro* and *in vivo*. *Cancer Biol. Ther.* 2005;4: 874–882. [[PubMed](#)]

Wouters, R., et al. 2001. Penaeid shrimp broodstock nutrition: an updated review on research and development. *Aquaculture* 202(1): 1-21.

Vedlegg I

Reguleringsplan og reguleringsbestemmelser for Fosdalen kulturbergverk og næringsområde

REGULERINGSBESTEMMELSER

REGULERINGSPLAN FOR FOSDALEN KULTURBERGVERK OG NÆRINGSOMRÅDE

Vedtatt av; Verran kommunestyre den 12.11.2008, K.sak nr. 93/08

§ 1 Generelt

Området reguleres til

- Byggeområde frittliggende småhusbebyggelse (B1)
- Byggeområde blokkbebyggelse/forretning/kontor (B2)
- Byggeområde Industri/forretning I 1
- Byggeområder Industri I2, I3, I4 og I5
- Landbruksområder L1, L2, L3 L4 og L5
- Offentlige trafikkområder
- Friområder
- Spesialområde bevaring

§ 2 Byggeområde frittliggende småhusbebyggelse (B1)

I boligområde B1 tillates frittliggende småhusbebyggelse. Gesimshøyden skal ikke overstige kote 21. Husene skal plasseres innenfor byggegrensen. Utnyttelsesgrad av tomte settes til 40 % BYA.

§ 3 Byggeområde blokkbebyggelse/forretning/kontor (B2)

Området kan benyttes til boligbebyggelse (blokkbebyggelse), forretnings- og/eller kontorer. Gesimshøyden skal ikke overstige kote 27. Utnyttelsesgrad av tomte settes til 40 % BYA.

§ 4 Byggeområde industri/forretning (I 1)

Området kan benyttes av lett industri-, forretnings- og / eller håndverksbedrifter med tilhørende anlegg samt til anlegg for bruk og foredling av jordvarme. Gesimshøyden skal ikke overstige kote 25. Utnyttelsesgrad av tomte settes til 60 % BYA.

Området kan benyttes til kulturaktiviteter som teater, markeder og andre tilstelninger. Midlertidige og varige installasjoner som er nødvendige for slik aktivitet kan tillates.

I området tillates ikke etablert bedrifter som vil være til vesentlig ulempe for beboerne i omkringliggende boligområder, ved støy, andre forurensninger eller trafikk.

I området tillates ikke oppført boligbygg.

§ 5 Byggeområde industri (I2, I3, I4,I5 og I6)

Områdene kan benyttes av lett industri- og / eller håndverksbedrifter med tilhørende anlegg. Gesimshøyden skal ikke overstige kote 25. Utnyttelsesgrad av tomte settes til 60 % BYA. All lagring av råstoffer, materialer mv skal skje under tak.

I området tillates ikke etablert bedrifter som vil være til vesentlig ulempe for beboerne i omkringliggende boligområder, ved støy, andre forurensninger eller trafikk.

I området tillates ikke oppført boligbygg, med unntak av vaktmesterbolig o.l.

§ 6 Landbruksområder (L1, L2, L3, L4 og L5)

Områdene kan benyttes til landbruksformål. Driftsbygninger i landbruket tillates oppført.

§ 7 Offentlige trafikkområder

Innregulerte veger kan benyttes til offentlige trafikkformål, veg.

§ 8 Friområder

Friområder kan benyttes til park/friarealer samt til turveg som vist på plankartet.

§ 9 Spesialområde bevaring

a) Eksisterende bygninger

Eksisterende bygninger innenfor spesialområdet tillates ikke revet, med unntak av de bygninger som er forutsatt fjernet i reguleringsplanen. Innenfor området kan eksisterende bygninger istandsettes under forutsetning av at målestokk, takform, fasader, vindusinndeling, dør- og vindutforming og materialbruk opprettholdes eller mest mulig tilbakeføres. Krav om bevaring gjelder også for anlegg som forstøtningsmur, port, gjerde og kjørearealer. Nye innhegninger skal godkjennes særskilt av plan- og bygningsmyndighetene og utformes og tilpasses området opprinnelige karakter.

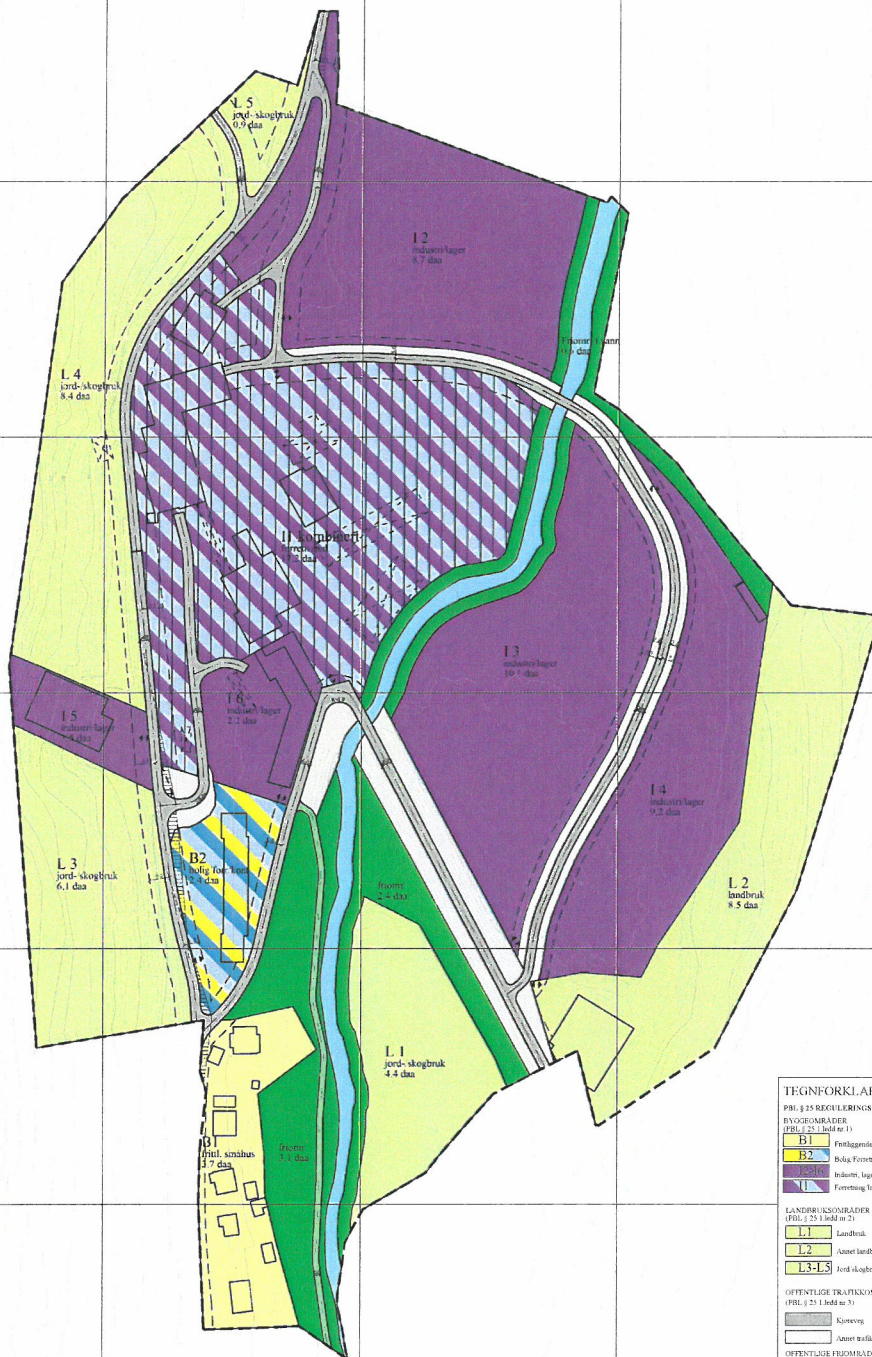
b) Nye bygninger

Det faste utvalget for plansaker kan tillate tilbygg og nybygg under forutsetning av at dette er tilpasset helheten i området med hensyn til størrelse, form, materialbruk og farge.

Ved totalskade etter brann eller tilsvarende, kan nybygg settes opp med samme krav til tilpasning som nevnt ovenfor.

c) Ubebygde områder

Den ubebygde delen av tomta tillates ikke nyttet til lagring. Eksempel på lagring som ikke tillates er kjøretøyer, kjøretøydeler, anleggsmaskiner mv. Midlertidige skur, haller m.v. tillates ikke.



TEGNFORKLARING

PBL § 25 REGULERINGSFORMÅL

BYGGESOMRÅDER
(PBL § 25 i hedd nr 3)

- B1 Pentagone småbustbyggeri
- B2 Bolig forretningskontor
- I Industri, lager
- U Forretningslokaler

LANDBRUKSOMRÅDER
(PBL § 25 i hedd nr 2)

- L.1 Landbruk
- L.2 Annet landbruksområde
- L.3-L.5 Jord-skogbruk

OFFENTLIGE TRAFIKKOMRÅDER
(PBL § 25 i hedd nr 3)

- Kiosker
- Annet trafikkareal

OFFENTLIGE FREKOMRÅDER
(PBL § 25 i hedd nr 4)

- Park, turveg
- Frimoride
- Frimoride og vanndrag

SPECIALOMRÅDER
(PBL § 25 i hedd nr 6)

- Børnegrønner, Fraktkontor
- Revmangsområder

STREKESYMBOLER M.V.

- Planens begrensning
- Formålsgrense
- Byggesone
- Regulert innbyggings
- Regulert sentraliseringsveg
- Fraktkontor i vegkryss
- Regulert last kjørebane

 Område av eksisterende bebyggelse som angitt i plan

- Bygninger som foreslås fjernes
- Avkjøring

GRUNNKART

Kartprosjekt i M 1:1 000 (FKB B)

Elvutvidgning 1m

Kartstørrelse 1:1000



REGULERINGSPLAN
Fosdalen kulturborgverk og næringsområde
MED TILHØRANDE REGULERINGSBESTEMMELSER

Kartblad EUREF90
Kartprosjekt Oppm. av

SAKSBEHANDLING I F.G. PLAN- OG BYGNINGSLOVEN

Beskrivelse	SAKS- NR.	DATO	SIGN.
Kommunestyrets vedtak:	K. 93/08	12.11.08	A.P.R.

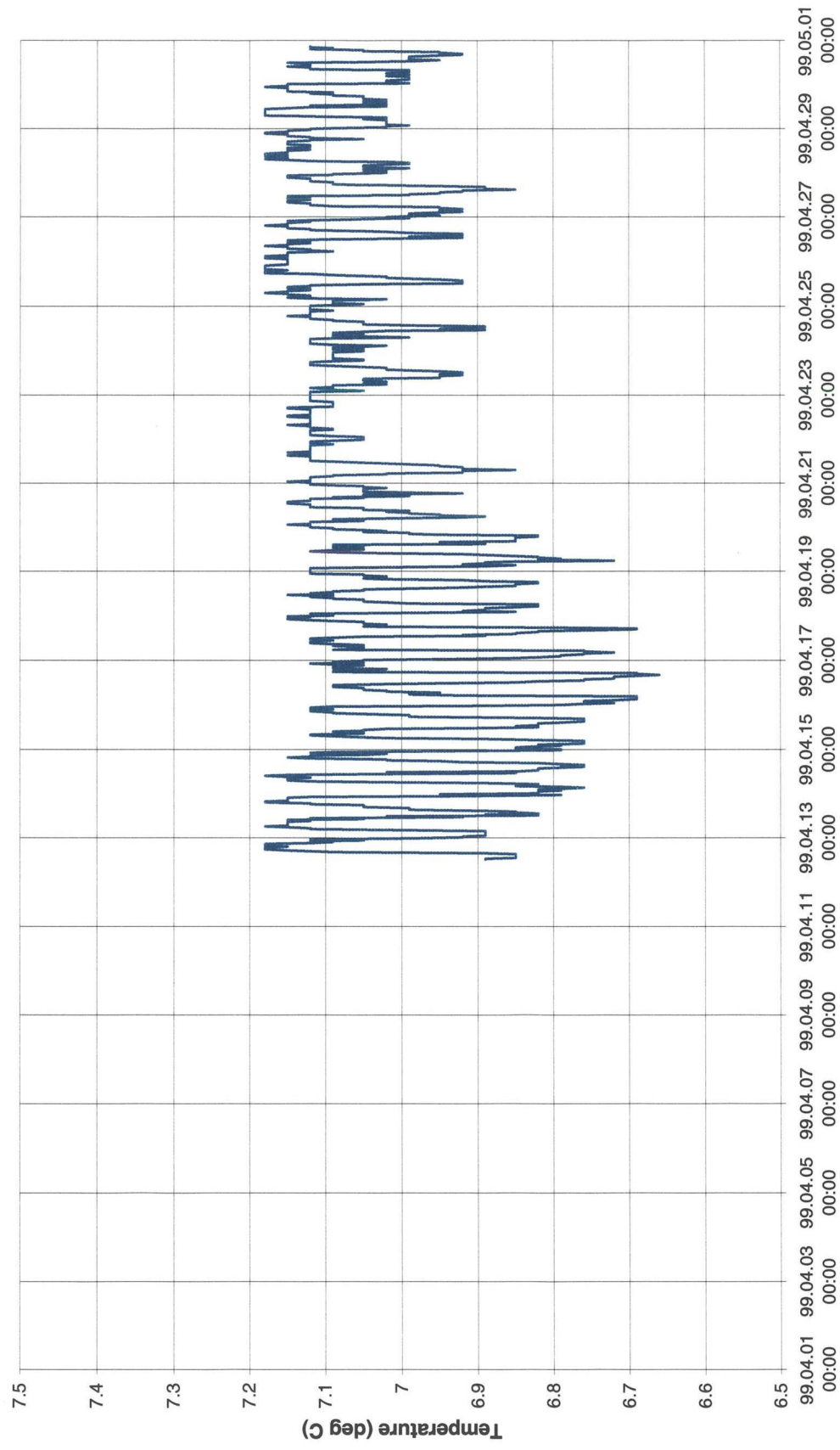
2. gangs behandling i det faste utvalget for planarbeid	F. 136/08	26.10.08	A.P.R.
Offentlig ettersyn fra 26.08.08 til 26.10.08			
1. gangs behandling i det faste utvalget for planarbeid	F. 68/08	27.03.08	A.P.R.
Kommisjon av oppnevnt av planarbeid		25.10.05	A.P.R.

PLANEN UTARBEIDET AV:	Verran Kommune	PLANNR.	Dato	SAKSBEH.
	Plan og Utsikling	200801	12.11.08	

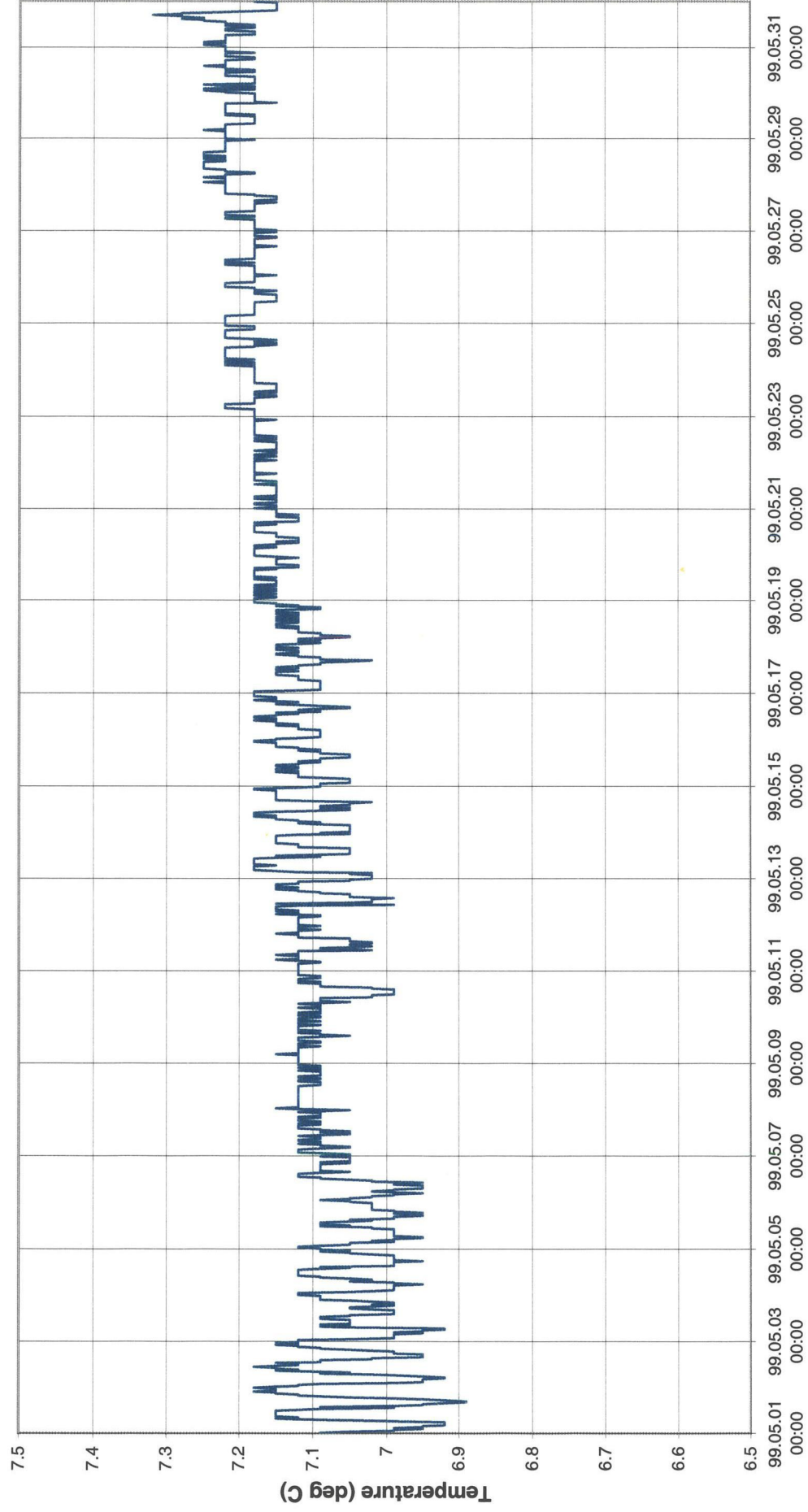
Vedlegg II

Temperaturmålinger fra Malmsundet (SINTEF, 1999 – 2000)

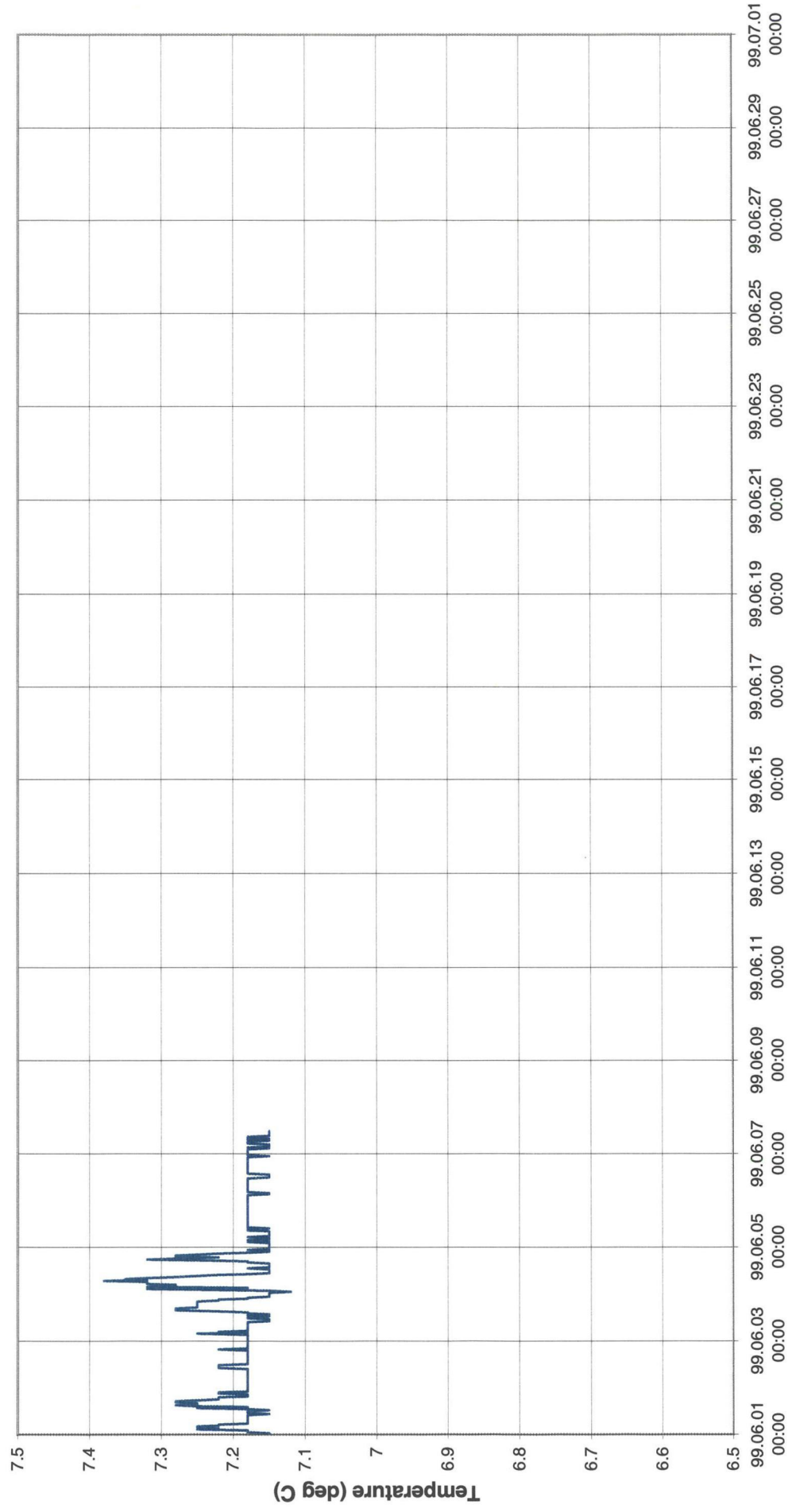
Malmsundet 12/4-30/4 -99
Måledyp 30m



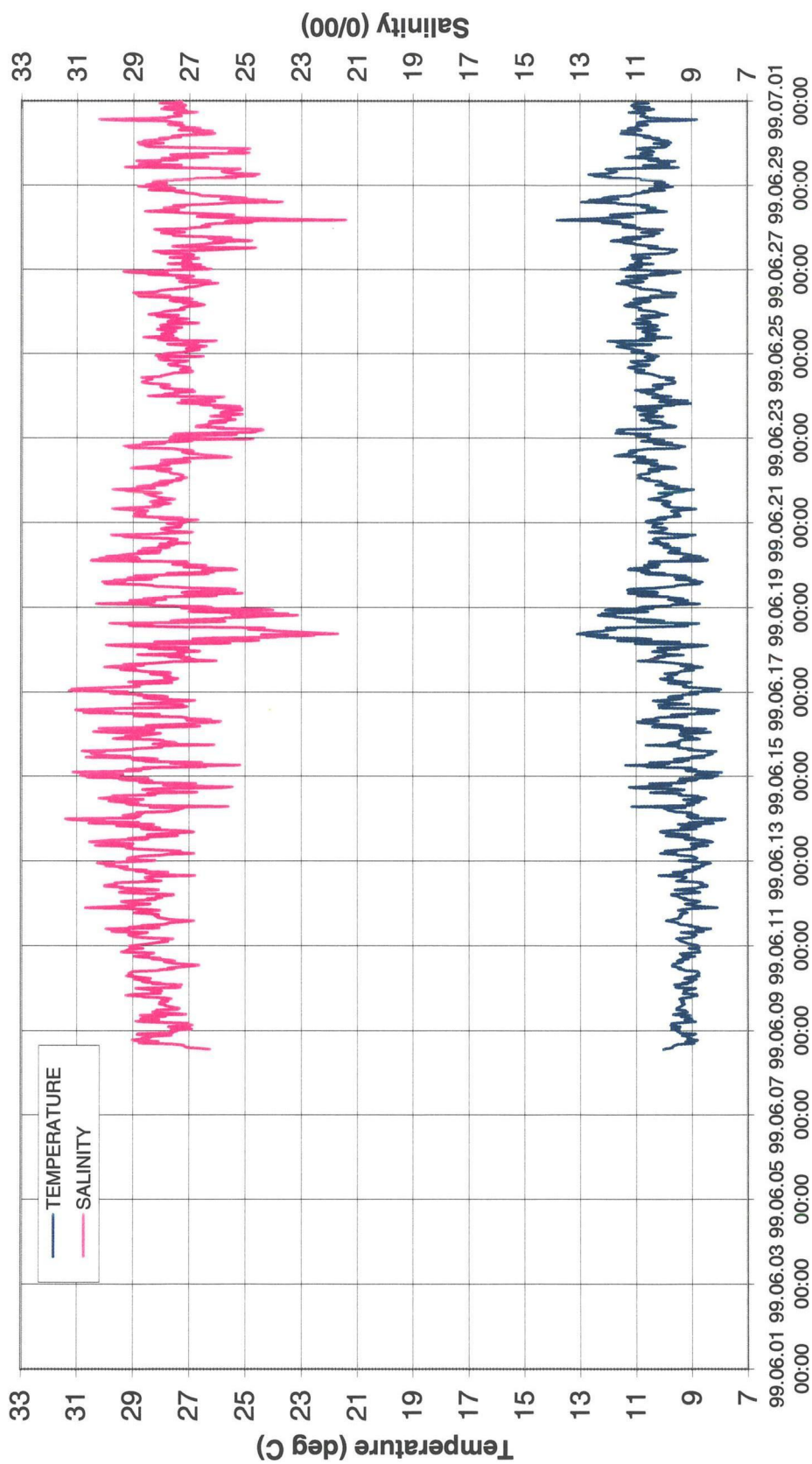
Malmsundet 1/5 - 31/5 -99
Måledyp 30m



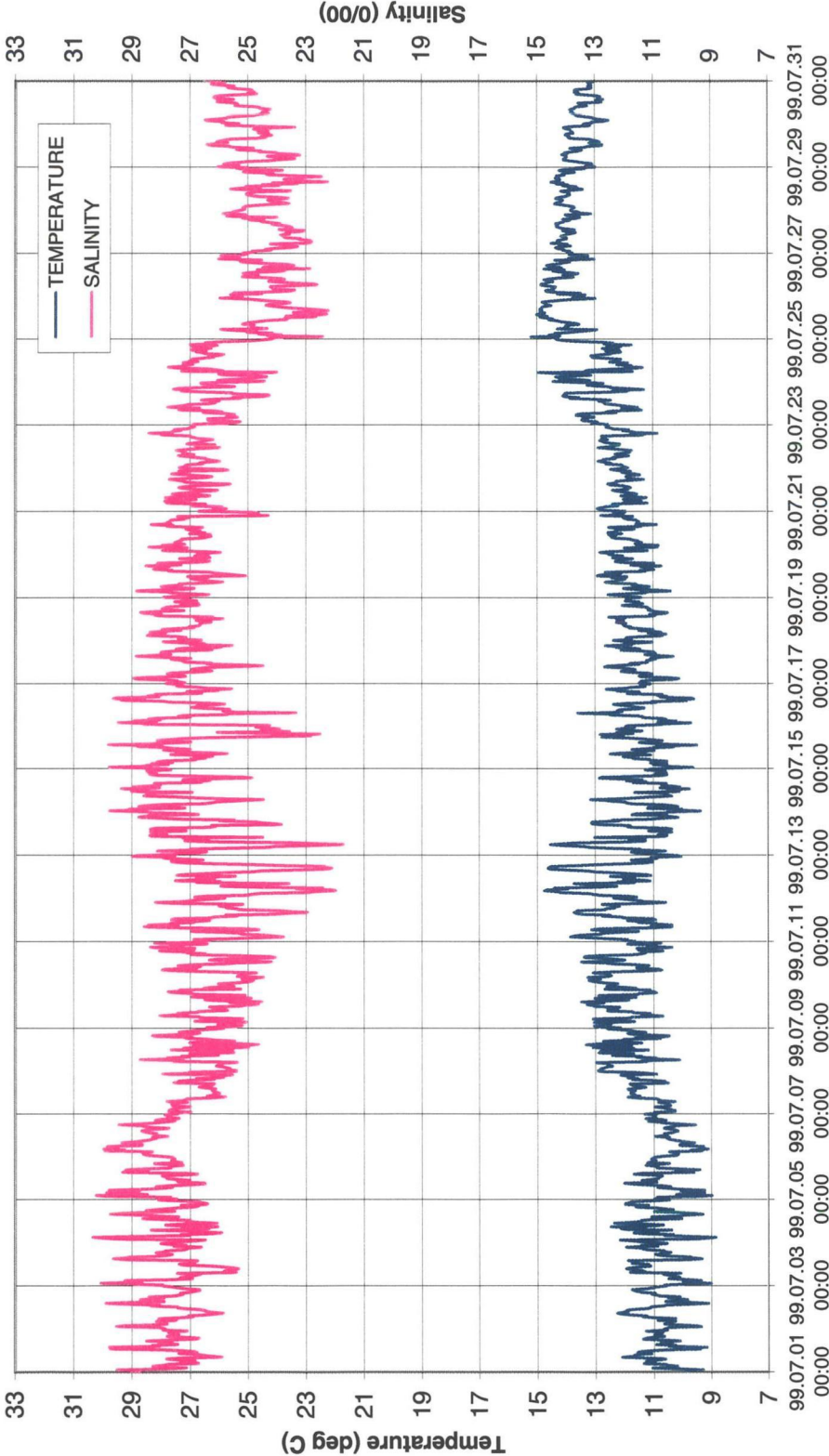
Malmsundet 1/6 - 8/6 -99
Måledyp 30m



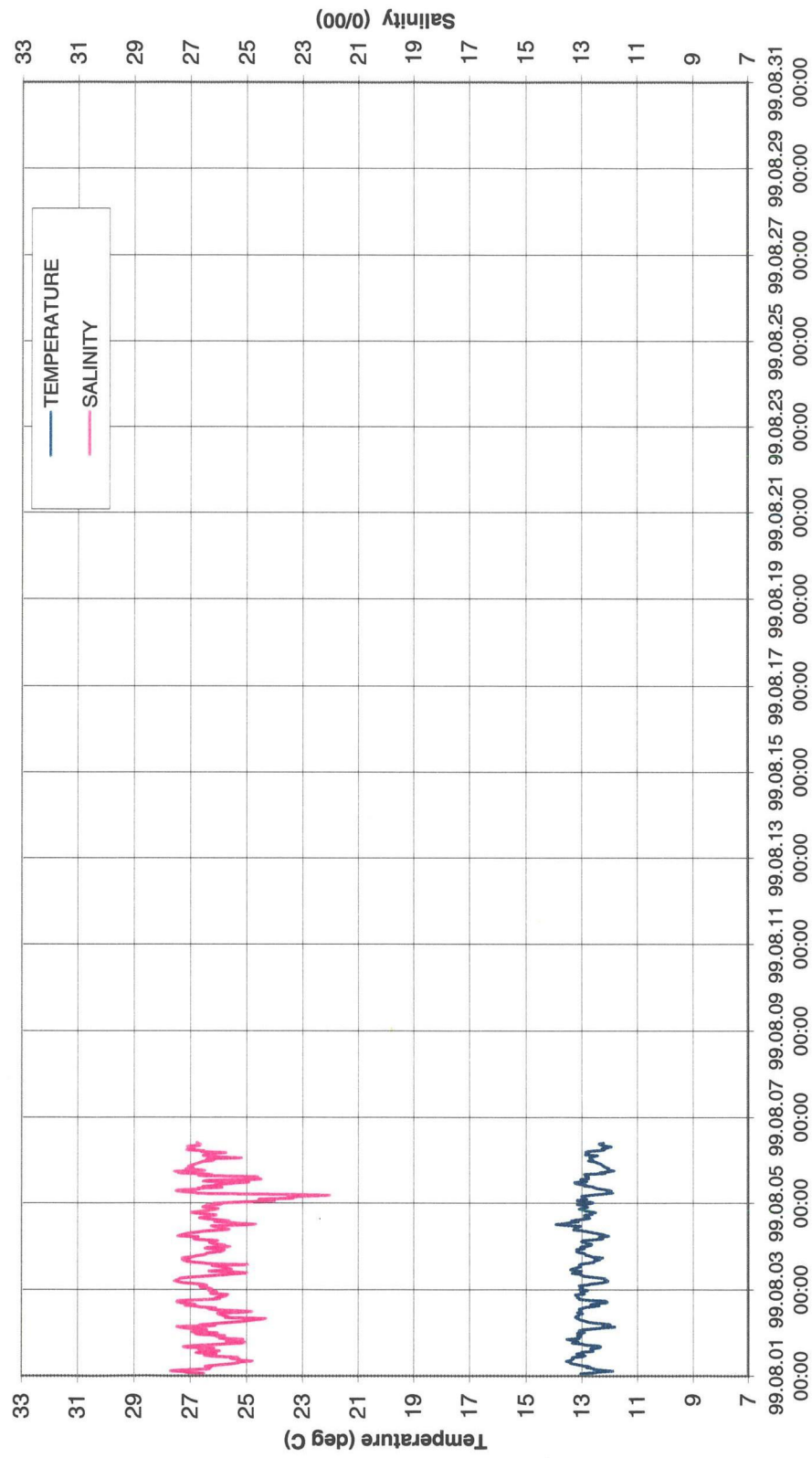
Malmsundet 8/6 -30/6 -99
Måledyp 15m



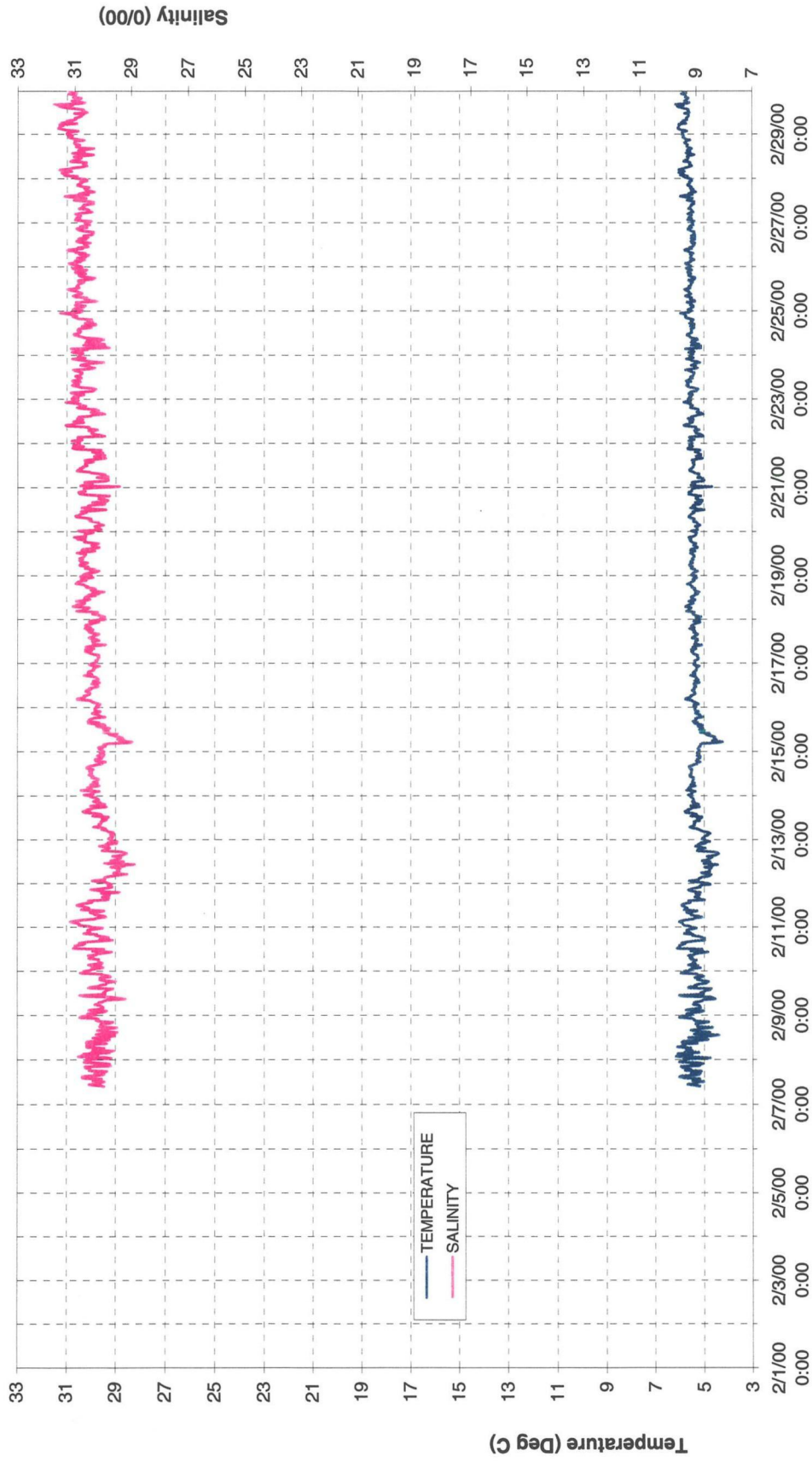
Malmsundet 1/7 -31/7 -99
Måledyp 15m



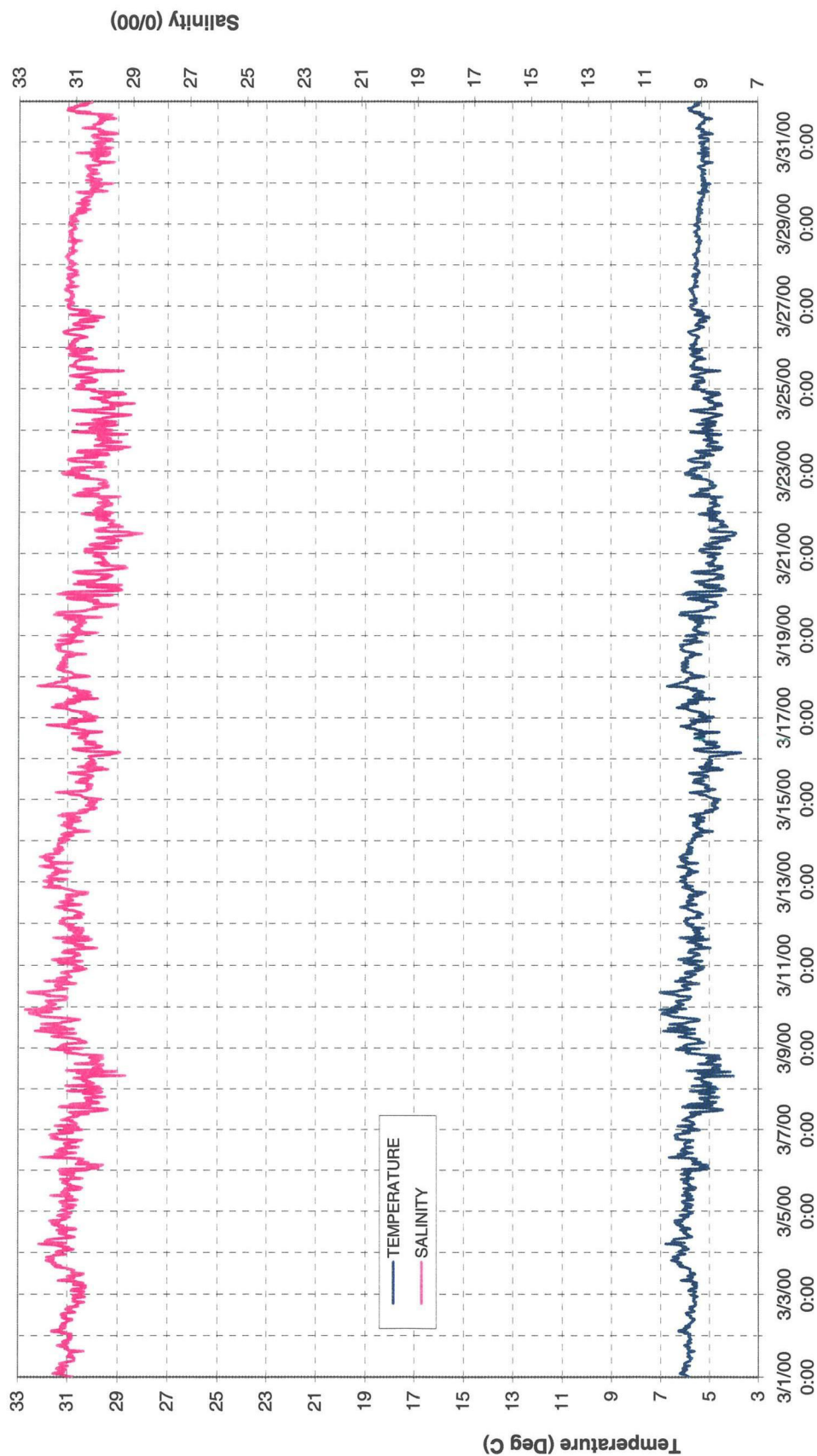
Malmsundet 1/8 -6/8 -99
Måledyp 15m



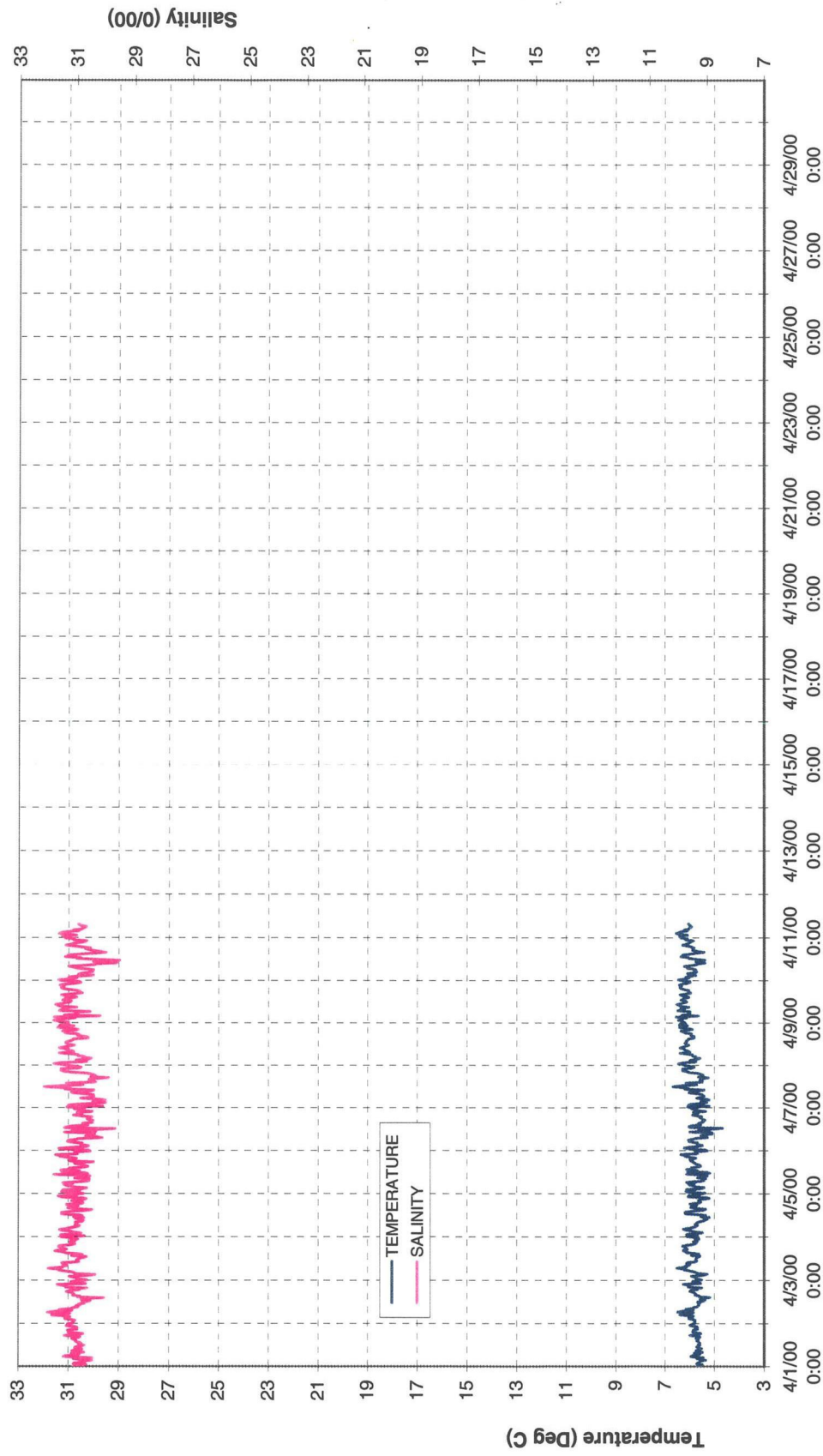
Malmsundet 7/2 -29/2 2000



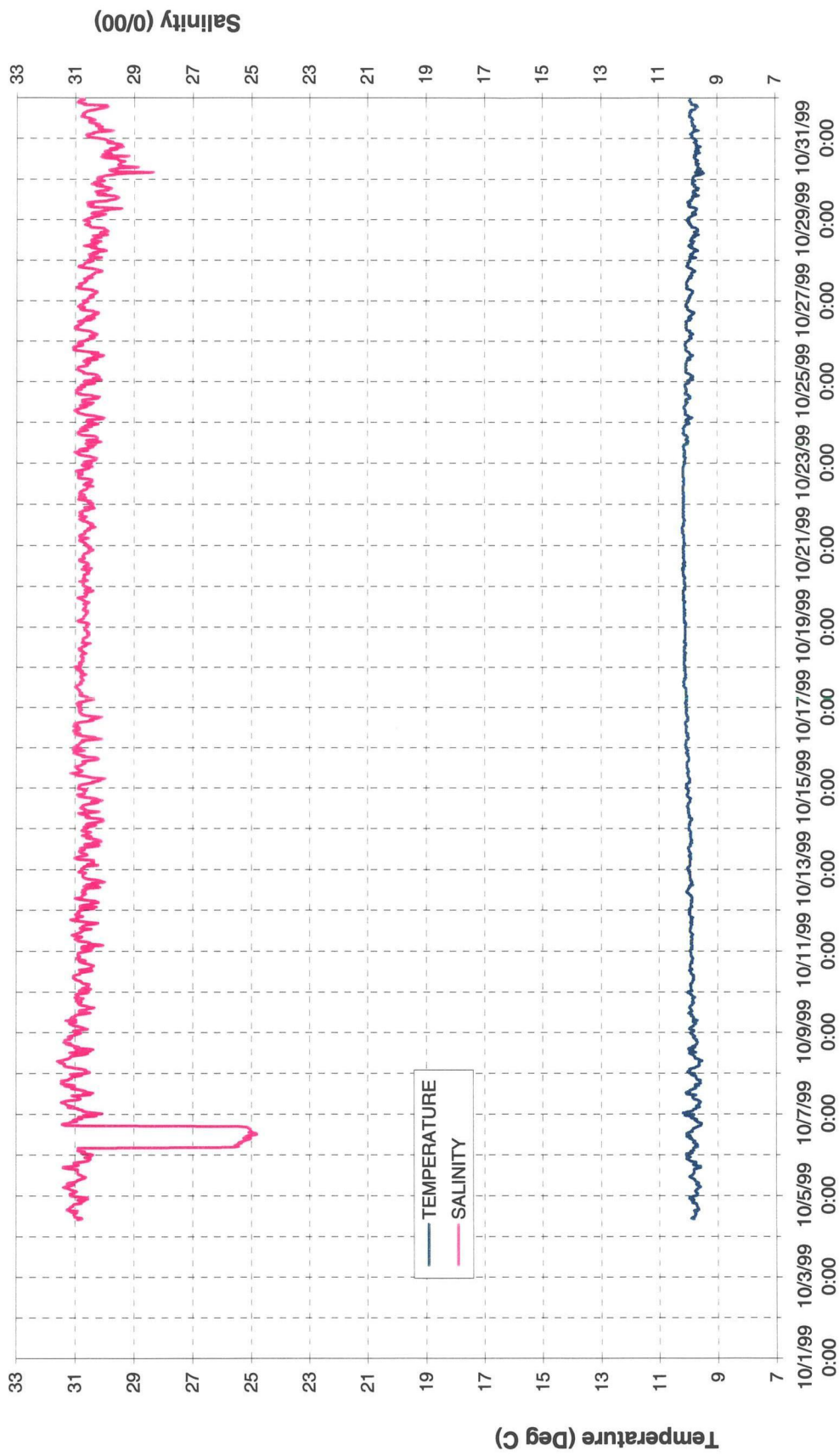
Malmsundet 1/3 - 31/3 2000



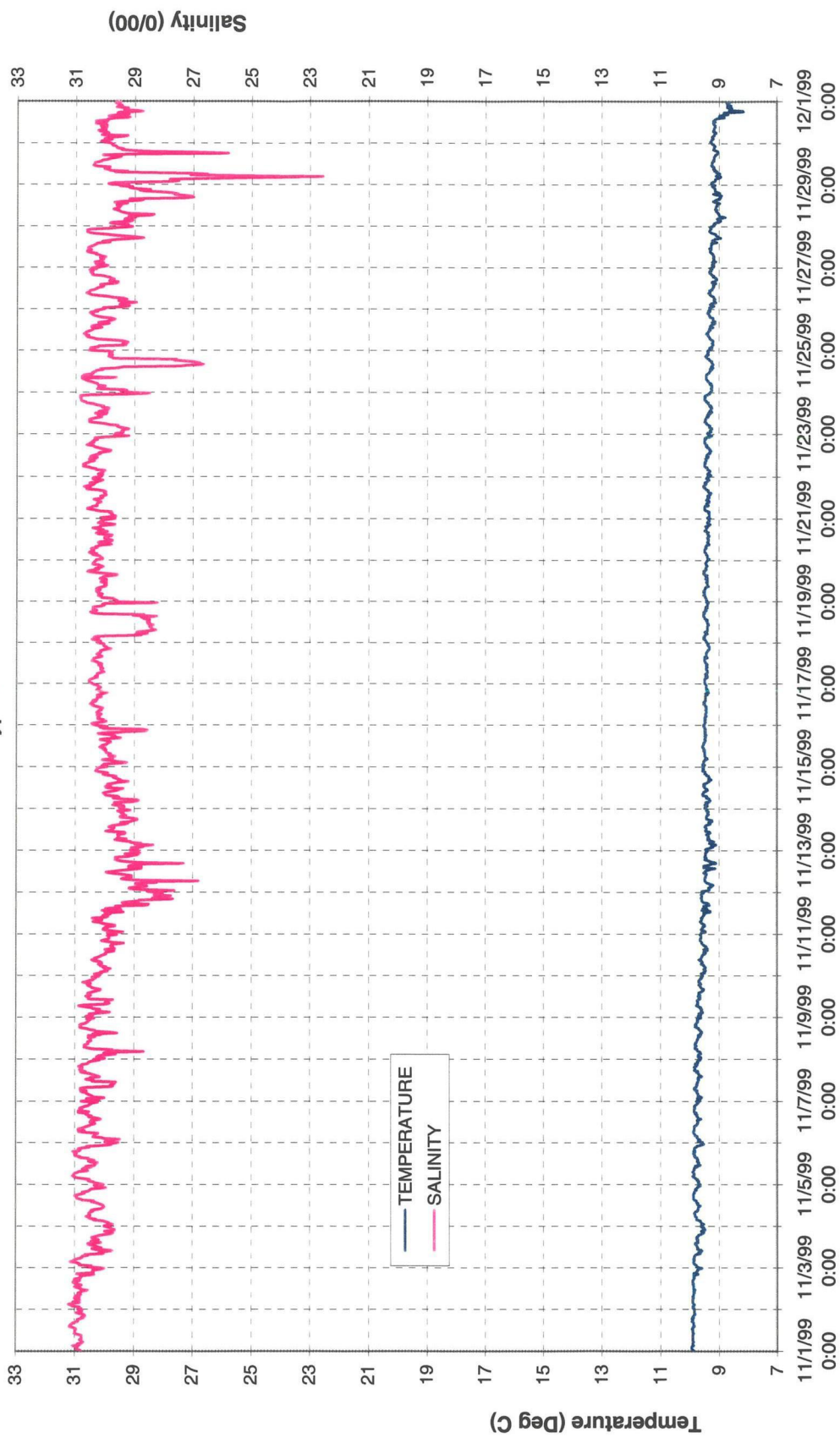
Malmsundet 1/4 - 11/4 2000



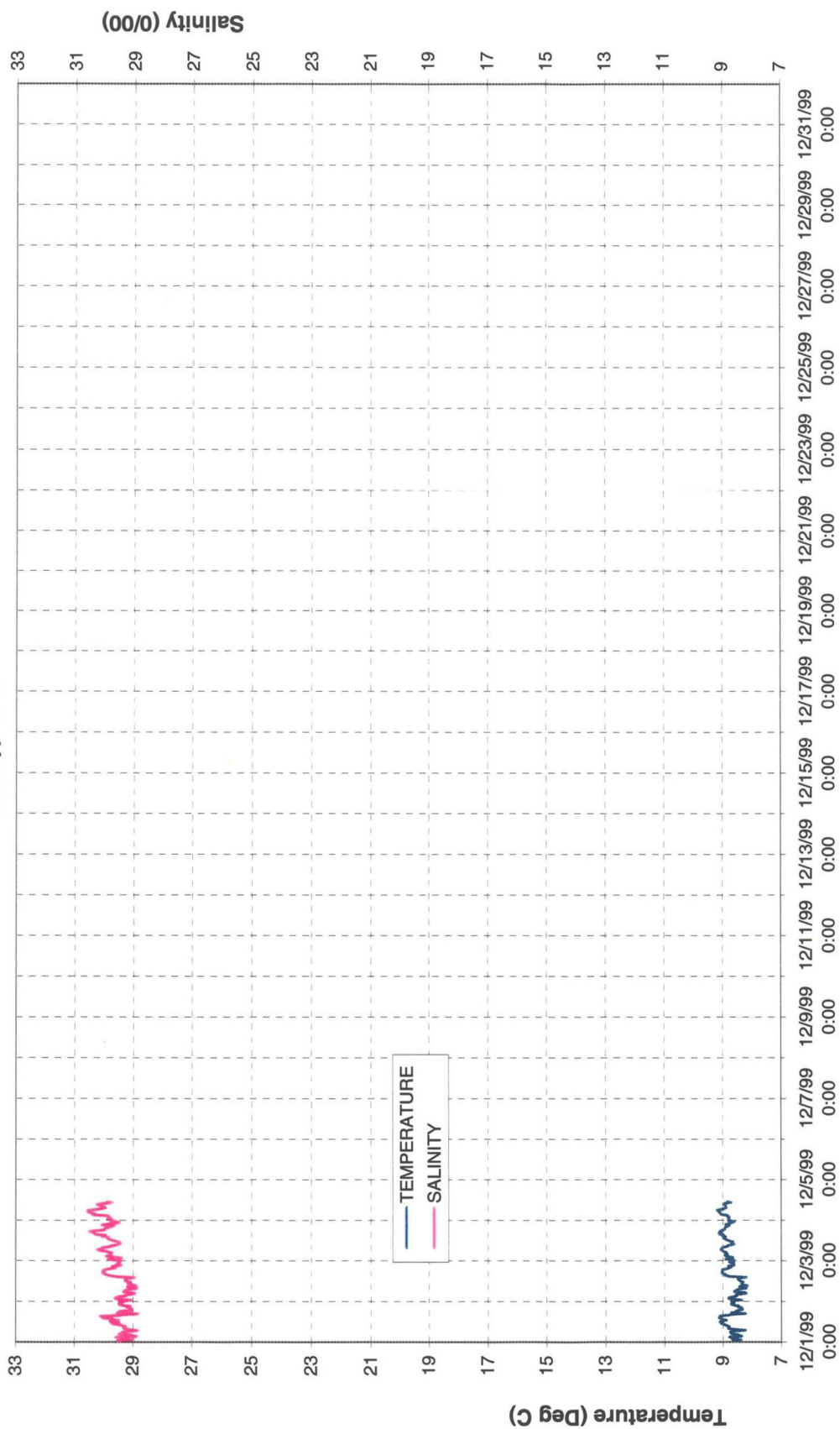
Malmsundet 4/10 -31/10 -99
Måledyp 25 m



Malmsundet 1/11 - 30/11 -99
Måledyp 25 m



Malmsundet 1/12 -4/12 -99
Måledyp 25 m



Vedlegg III

Teknisk spesifikasjon av SIGMA varmeveksler

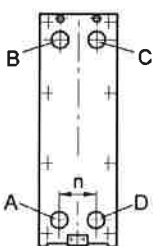
Plate Heat Exchanger SIGMA M 36 NBL

Customer : Huhnseal
 Your inquiry | Item : 09.04.2019 Fresh water heater
 Quote No. | Item : PND0025-19 V 01 121222 | Pos.: 1

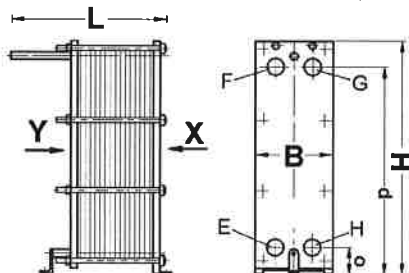
Technical Calculation				Cold side			Warm side				
Section: Austauscher				water			Fresh water				
Flow rate				38,474.1		l/h	33,000.0		l/h		
Mass flow				38,456.4		kg/h	32,972.4		kg/h		
Heat load		kW		268.39							
Temperature in →out		°C		8.0 → 14.0			17.0 → 10.0				
Media type				liquid		gaseous	liquid		gaseous		
Density		t/m³		1.000			0.999				
Specific Heat		kJ/kgK		4.188			4.186				
Thermal conductivity		W/mK		0.582			0.586				
Dynamic viscosity		cP		1.272			1.190				
Latent heat		kJ/kg		0.000			0.000				
Surface		m²		22.8							
K-Value		W/m²K		4,772.5							
Excess surface Fouling		% cm²K/W		8.94 0.1720							
Oper. pressure (min max) Test pressure		bar		0.00 10.00 12.50			0.00 10.00 12.50				
Gasket material				NBR			NBR				
Plate material Fixing				AISI 316L mechanically fixed							
No. of plates Sheet thickness		No. mm		66 0.50 / 0.50							
Pressure loss		bar bar		0.748			0.599				
Hold-up volume (water)		l		40.320			39.180				
No. of passes Plate arrangement		countercurrent		2 1 x 17 SH + 1 x 16 SH			2 1 x 16 SH + 1 x 16 SW				
Frame design		Carbon steel - primer and coating in color RAL 7001									
Rules Fluid group Category				2014/68/EU / AD2000 2 Art. 4 Paragraph 3							
Intermediate Plate Intermediate Frame		No.		0 0							
Oper. pressure (min max) Test pressure		bar		0.00 10.00 12.50							
Design temperature		min max		5.0 °C 60.0 °C							
Maximum fitting no. of plates				80							
Cold side				Connections				Warm side			
	Pos.	Type Size Material			Pos.	Type Size Material			Pos.	Type Size Material	
In	H	flange DIN EN 1092-1 type 37 plane/raw PN16 painted elbow DN-80 AISI 316Ti		In	D	stud.bolts DIN EN 1092-1 PN40 DN-80 facing plane/raw AISI 316Ti					
Out	A	stud.bolts DIN EN 1092-1 PN40 DN-80 facing plane/raw AISI 316Ti		Out	E	flange DIN EN 1092-1 type 37 plane/raw PN16 painted elbow DN-80 AISI 316Ti					
Accessories		No.	Description								

Sketch (Subject to technical changes upon placing the order !)

Ansicht/view X



Ansicht/view Y

**Dimensions**

		(mm)
length	(L)	855.00
width	(B)	450.00
height	(H)	1,387.00
measure	(n)	218.00
measure	(o)	160.00
measure	(p)	1,236.00

Net weight (kg)

539

The thermal resistance of the platepack materials is up to max. 60.0 °C .

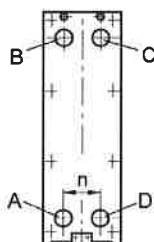
Plate Heat Exchanger SIGMA M 36 NBL

Customer : Huhnseal
 Your inquiry | Item : 09.04.2019 Sea water heater
 Quote No. | Item : PND0025-19 V 01 121222 | Pos.: 2

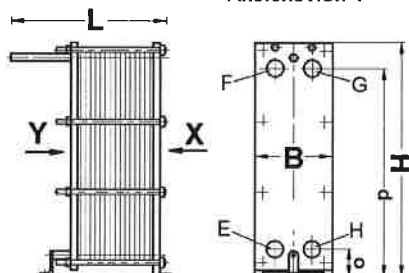
Technical Calculation				Cold side		Warm side	
Section: Austauscher				water		seawater	
Flow rate				37,774.8 l/h		33,000.0 l/h	
Mass flow				37,757.5 kg/h		34,263.9 kg/h	
Heat load			kW	263.52			
Temperature in →out			°C	8.0 → 14.0		17.0 → 10.0	
Media type				liquid	gaseous	liquid	gaseous
Density			t/m³	1.000		1.038	
Specific Heat			kJ/kgK	4.188		3.955	
Thermal conductivity			W/mK	0.582		0.588	
Dynamic viscosity			cP	1.272		1.288	
Latent heat			kJ/kg	0.000		0.000	
Surface			m²	22.1			
K-Value			W/m²K	4,836.9			
Excess surface Fouling		%	cm²K/W	5.43 0.1060			
Oper. pressure (min max) Test pressure			bar	0.00 10.00 12.50		0.00 10.00 12.50	
Gasket material				NBR		NBR	
Plate material Fixing				titanium mechanically fixed			
No. of plates Sheet thickness			No. mm	64 0.60 / 0.60			
Pressure loss			bar bar	0.779		0.648	
Hold-up volume (water)			l	39.180		38.040	
No. of passes Plate arrangement			countercurrent	2 2 x 16 SH		2 1 x 16 SH + 1 x 15 SW	
Frame design			Carbon steel - primer and coating in color RAL 7001				
Rules Fluid group Category				2014/68/EU / AD2000 2 Art. 4 Paragraph 3			
Intermediate Plate Intermediate Frame			No.	0 0			
Oper. pressure (min max) Test pressure			bar	0.00 10.00 12.50			
Design temperature			min max	5.0 °C 60.0 °C			
Maximum fitting no. of plates				80			
Cold side				Connections		Warm side	
	Pos.	Type Size Material			Pos.	Type Size Material	
In	H	flange DIN EN 1092-1 type 37 plane/raw PN16 painted elbow DN-80 Ti grade 2		In	D	stud.bolts DIN EN 1092-1 PN40 DN-80 facing plane/raw AISI 316Ti	
Out	A	stud.bolts DIN EN 1092-1 PN40 DN-80 facing plane/raw Ti grade 2		Out	E	flange DIN EN 1092-1 type 37 plane/raw PN16 painted elbow DN-80 AISI 316Ti	
Accessories		No.	Description				

Sketch (Subject to technical changes upon placing the order !)

Ansicht/view X



Ansicht/view Y



© API Schmidt-Breitan GmbH & Co. KG

Dimensions

		(mm)
length	(L)	855.00
width	(B)	450.00
height	(H)	1,387.00
measure	(n)	218.00
measure	(o)	160.00
measure	(p)	1,236.00

Net weight (kg)

498

The thermal resistance of the platepack materials is up to max. 60.0 °C .

The process calculation in particular the pressure loss calculation presumes equal operating pressures on both sides of the unit.

Vedlegg IV

Analyserapporter fra Eurofins (vannprøver fra Østgruva og Vestgruva)

SINTEF Ocean AS
Postboks 4762 Torgard
7465 TRONDHEIM
Attn: Jan Ove Evjemo

AR-18-MM-043901-01

EUNOMO-00211372

Prøvemottak: 01.11.2018

Temperatur:

Analyseperiode: 01.11.2018-08.11.2018

Referanse: Vannprøver

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2018-11010617	Prøvetakingsdato:	27.09.2018		
Prøvetype:	Overflatevann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Ø1	Analysestartdato:	01.11.2018		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) Kvikksølv (Hg), oppsluttet	< 0.005	µg/l	0.005		EN ISO 17852
a) Arsen (As), oppsluttet					
a) Arsen (As), oppsluttet ICP-MS	1.5	µg/l	0.2	35%	NS EN ISO 17294-2
a) Bly (Pb), oppsluttet					
a) Bly (Pb), oppsluttet ICP-MS	11	µg/l	0.2	25%	NS EN ISO 17294-2
a) Kadmium (Cd), oppsluttet					
a) Kadmium (Cd), oppsluttet ICP-MS	0.17	µg/l	0.01	35%	NS EN ISO 17294-2
a) Kobber (Cu), oppsluttet					
a) Kobber (Cu), oppsluttet ICP-MS	26	µg/l	0.5	15%	NS EN ISO 17294-2
a) Krom (Cr), oppsluttet					
a) Krom (Cr), oppsluttet ICP-MS	1.5	µg/l	0.5	25%	NS EN ISO 17294-2
a) Nikkel (Ni), oppsluttet					
a) Nikkel (Ni), oppsluttet ICP-MS	10	µg/l	0.5	15%	NS EN ISO 17294-2
a) Sink (Zn), oppsluttet					
a) Sink (Zn), oppsluttet ICP-MS	760	µg/l	2	15%	NS EN ISO 17294-2
* pH målt ved 23 +/- 2°C	7.9		1		NS-EN ISO 10523
* Turbiditet	4.9	FNU	0.1	30%	NS-EN ISO 7027
* Total organisk karbon (TOC/NPOC)	3.0	mg/l	0.3	30%	NS EN 1484
a) Jern (Fe), oppsluttet					
a) Jern (Fe), oppsluttet ICP-MS	1200	µg/l	2	25%	NS EN ISO 17294-2

Merknader:

pH oppgis uakkreditert pga at prøven er mottatt og analysert > 48 timer etter prøveuttak

Turb oppgis uakkreditert pga at prøven er mottatt og analysert > 24 timer etter prøveuttak

TOC oppgis uakkreditert pga at prøven er mottatt > 7 dager etter prøveuttak

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjölagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125,

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke

Estimat: Fra kunde.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Moss 08.11.2018

-----
Stig Tjomsland

ASM/Bachelor Kjemi

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke

påvist'
Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Estimat: Fra kunde.



eurofins



Eurofins Environment Testing Norway

AS (Moss)

F. reg. 965 141 618 MVA

Møllebakken 50

NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00

miljo@eurofins.no

SINTEF Ocean AS
Postboks 4762 Torgard
7465 TRONDHEIM
Attn: Jan Ove Evjemo

AR-18-MM-043902-01

EUNOMO-00211372

Prøvemottak: 01.11.2018

Temperatur:

Analyseperiode: 01.11.2018-08.11.2018

Referanse: Vannprøver

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2018-11010618	Prøvetakingsdato:	26.10.2018		
Prøvetype:	Overflatevann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Ø2	Analysestartdato:	01.11.2018		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) Kvikksølv (Hg), oppsluttet	0.018	µg/l	0.005	20%	EN ISO 17852
a) Arsen (As), oppsluttet					
a) Arsen (As), oppsluttet ICP-MS	11	µg/l	0.2	30%	NS EN ISO 17294-2
a) Bly (Pb), oppsluttet					
a) Bly (Pb), oppsluttet ICP-MS	26	µg/l	0.2	25%	NS EN ISO 17294-2
a) Kadmium (Cd), oppsluttet					
a) Kadmium (Cd), oppsluttet ICP-MS	1.9	µg/l	0.01	25%	NS EN ISO 17294-2
a) Kobber (Cu), oppsluttet					
a) Kobber (Cu), oppsluttet ICP-MS	63	µg/l	0.5	15%	NS EN ISO 17294-2
a) Krom (Cr), oppsluttet					
a) Krom (Cr), oppsluttet ICP-MS	7.5	µg/l	0.5	25%	NS EN ISO 17294-2
a) Nikkel (Ni), oppsluttet					
a) Nikkel (Ni), oppsluttet ICP-MS	4.7	µg/l	0.5	25%	NS EN ISO 17294-2
a) Sink (Zn), oppsluttet					
a) Sink (Zn), oppsluttet ICP-MS	2100	µg/l	2	15%	NS EN ISO 17294-2
* pH målt ved 23 +/- 2°C	7.8		1		NS-EN ISO 10523
* Turbiditet	14	FNU	0.1	30%	NS-EN ISO 7027
Total organisk karbon (TOC/NPOC)	2.2	mg/l	0.3	30%	NS EN 1484
a) Jern (Fe), oppsluttet					
a) Jern (Fe), oppsluttet ICP-MS	4000	µg/l	2	25%	NS EN ISO 17294-2

Merknader:

pH oppgis uakkreditert pga at prøven er mottatt og analysert > 48 timer etter prøveuttak

Turb oppgis uakkreditert pga at prøven er mottatt og analysert > 24 timer etter prøveuttak

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125,

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke

Estimat: Fra kunde.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 1 av 2

AR-001 v 148

Moss 08.11.2018

-----
Stig Tjomsland

ASM/Bachelor Kjemi

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke

Estimat: Fra kunde.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

SINTEF Ocean AS
Postboks 4762 Torgard
7465 TRONDHEIM
Attn: Jan Ove Evjemo

AR-18-MM-043903-01

EUNOMO-00211372

Prøvemottak: 01.11.2018

Temperatur:

Analyseperiode: 01.11.2018-08.11.2018

Referanse: Vannprøver

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.: 439-2018-11010619

Prøvetype: Overflatevann

Prøvemerkning: Ø3

Prøvetakingsdato: 27.08.2018

Prøvetaker: Oppdragsgiver

Analysestartdato: 01.11.2018

Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) Kvikksølv (Hg), oppsluttet	< 0.005	µg/l	0.005		EN ISO 17852
a) Arsen (As), oppsluttet					
a) Arsen (As), oppsluttet ICP-MS	5.0	µg/l	0.2	30%	NS EN ISO 17294-2
a) Bly (Pb), oppsluttet					
a) Bly (Pb), oppsluttet ICP-MS	24	µg/l	0.2	25%	NS EN ISO 17294-2
a) Kadmium (Cd), oppsluttet					
a) Kadmium (Cd), oppsluttet ICP-MS	0.25	µg/l	0.01	25%	NS EN ISO 17294-2
a) Kobber (Cu), oppsluttet					
a) Kobber (Cu), oppsluttet ICP-MS	15	µg/l	0.5	15%	NS EN ISO 17294-2
a) Krom (Cr), oppsluttet					
a) Krom (Cr), oppsluttet ICP-MS	3.9	µg/l	0.5	25%	NS EN ISO 17294-2
a) Nikkel (Ni), oppsluttet					
a) Nikkel (Ni), oppsluttet ICP-MS	5.4	µg/l	0.5	15%	NS EN ISO 17294-2
a) Sink (Zn), oppsluttet					
a) Sink (Zn), oppsluttet ICP-MS	1600	µg/l	2	15%	NS EN ISO 17294-2
* pH målt ved 23 +/- 2°C	8.1		1		NS-EN ISO 10523
* Turbiditet	17	FNU	0.1	30%	NS-EN ISO 7027
* Total organisk karbon (TOC/NPOC)	1.6	mg/l	0.3	30%	NS EN 1484
a) Jern (Fe), oppsluttet					
a) Jern (Fe), oppsluttet ICP-MS	2500	µg/l	2	25%	NS EN ISO 17294-2

Merknader:

pH oppgis uakkreditert pga at prøven er mottatt og analysert >

48 timer etter prøveuttak

Turb oppgis uakkreditert pga at prøven er mottatt og analysert >

24 timer etter prøveuttak

TOC oppgis uakkreditert pga at prøven er mottatt > 7 dager etter prøveuttak

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjölagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125,

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke

Estimat: Fra kunde.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Moss 08.11.2018

-----
Stig Tjomsland

ASM/Bachelor Kjemi

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke

Estimat: Fra kunde.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

SINTEF Ocean AS
Postboks 4762 Torgard
7465 TRONDHEIM
Attn: Jan Ove Evjemo

AR-18-MM-043904-01

EUNOMO-00211372

Prøvemottak: 01.11.2018

Temperatur:

Analyseperiode: 01.11.2018-08.11.2018

Referanse: Vannprøver

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2018-11010620	Prøvetakingsdato:	28.09.2018		
Prøvetype:	Overflatevann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	V1	Analysestartdato:	01.11.2018		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) Kvikksølv (Hg), oppsluttet	< 0.005	µg/l	0.005		EN ISO 17852
a) Arsen (As), oppsluttet					
a) Arsen (As), oppsluttet ICP-MS	1.6	µg/l	0.2	35%	NS EN ISO 17294-2
a) Bly (Pb), oppsluttet					
a) Bly (Pb), oppsluttet ICP-MS	< 0.20	µg/l	0.2		NS EN ISO 17294-2
a) Kadmium (Cd), oppsluttet					
a) Kadmium (Cd), oppsluttet ICP-MS	0.044	µg/l	0.01	35%	NS EN ISO 17294-2
a) Kobber (Cu), oppsluttet					
a) Kobber (Cu), oppsluttet ICP-MS	5.4	µg/l	0.5	15%	NS EN ISO 17294-2
a) Krom (Cr), oppsluttet					
a) Krom (Cr), oppsluttet ICP-MS	< 0.50	µg/l	0.5		NS EN ISO 17294-2
a) Nikkel (Ni), oppsluttet					
a) Nikkel (Ni), oppsluttet ICP-MS	0.71	µg/l	0.5	25%	NS EN ISO 17294-2
a) Sink (Zn), oppsluttet					
a) Sink (Zn), oppsluttet ICP-MS	14	µg/l	2	15%	NS EN ISO 17294-2
* pH målt ved 23 +/- 2°C	7.9		1		NS-EN ISO 10523
* Turbiditet	14	FNU	0.1	30%	NS-EN ISO 7027
* Total organisk karbon (TOC/NPOC)	2.4	mg/l	0.3	30%	NS EN 1484
a) Jern (Fe), oppsluttet					
a) Jern (Fe), oppsluttet ICP-MS	3600	µg/l	2	25%	NS EN ISO 17294-2
Merknader: pH oppgis uakkreditert pga at prøven er mottatt og analysert > 48 timer etter prøveuttak Turb oppgis uakkreditert pga at prøven er mottatt og analysert > 24 timer etter prøveuttak TOC oppgis uakkreditert pga at prøven er mottatt > 7 dager etter prøveuttak					

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjölagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125,

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke

Estimat: Fra kunde.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Moss 08.11.2018

-----
Stig Tjomsland

ASM/Bachelor Kjemi

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke

Estimat: Fra kunde.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



eurofins



Eurofins Environment Testing Norway

AS (Moss)

F. reg. 965 141 618 MVA

Møllebakken 50

NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00

miljo@eurofins.no

SINTEF Ocean AS
Postboks 4762 Torgard
7465 TRONDHEIM
Attn: Jan Ove Evjemo

AR-18-MM-043905-01

EUNOMO-00211372

Prøvemottak: 01.11.2018

Temperatur:

Analyseperiode: 01.11.2018-08.11.2018

Referanse: Vannprøver

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2018-11010621	Prøvetakingsdato:	26.10.2018		
Prøvetype:	Overflatevann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	V2	Analysestartdato:	01.11.2018		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) Kvikksølv (Hg), oppsluttet	< 0.005	µg/l	0.005		EN ISO 17852
a) Arsen (As), oppsluttet					
a) Arsen (As), oppsluttet ICP-MS	1.3	µg/l	0.2	35%	NS EN ISO 17294-2
a) Bly (Pb), oppsluttet					
a) Bly (Pb), oppsluttet ICP-MS	< 0.20	µg/l	0.2		NS EN ISO 17294-2
a) Kadmium (Cd), oppsluttet					
a) Kadmium (Cd), oppsluttet ICP-MS	0.052	µg/l	0.01	35%	NS EN ISO 17294-2
a) Kobber (Cu), oppsluttet					
a) Kobber (Cu), oppsluttet ICP-MS	11	µg/l	0.5	15%	NS EN ISO 17294-2
a) Krom (Cr), oppsluttet					
a) Krom (Cr), oppsluttet ICP-MS	< 0.50	µg/l	0.5		NS EN ISO 17294-2
a) Nikkel (Ni), oppsluttet					
a) Nikkel (Ni), oppsluttet ICP-MS	0.69	µg/l	0.5	25%	NS EN ISO 17294-2
a) Sink (Zn), oppsluttet					
a) Sink (Zn), oppsluttet ICP-MS	9.3	µg/l	2	20%	NS EN ISO 17294-2
* pH målt ved 23 +/- 2°C	7.9		1		NS-EN ISO 10523
* Turbiditet	20	FNU	0.1	30%	NS-EN ISO 7027
Total organisk karbon (TOC/NPOC)	2.0	mg/l	0.3	30%	NS EN 1484
a) Jern (Fe), oppsluttet					
a) Jern (Fe), oppsluttet ICP-MS	2500	µg/l	2	25%	NS EN ISO 17294-2

Merknader:

pH oppgis uakkreditert pga at prøven er mottatt og analysert > 48 timer etter prøveuttak

Turb oppgis uakkreditert pga at prøven er mottatt og analysert > 24 timer etter prøveuttak

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125,

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'

Estimat: Fra kunde.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Moss 08.11.2018

-----
Stig Tjomsland

ASM/Bachelor Kjemi

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke

påvist'
Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Estimat: Fra kunde.

SINTEF Ocean AS
Postboks 4762 Torgard
7465 TRONDHEIM
Attn: Jan Ove Evjemo

AR-18-MM-043906-01

EUNOMO-00211372

Prøvemottak: 01.11.2018

Temperatur:

Analyseperiode: 01.11.2018-08.11.2018

Referanse: Vannprøver

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.: 439-2018-11010622

Prøvetype: Overflatevann

Prøvemerkning: V3

Prøvetakingsdato: 30.08.2018

Prøvetaker: Oppdragsgiver

Analysestartdato: 01.11.2018

Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) Kvikksølv (Hg), oppsluttet	< 0.005	µg/l	0.005		EN ISO 17852
a) Arsen (As), oppsluttet					
a) Arsen (As), oppsluttet ICP-MS	0.70	µg/l	0.2	35%	NS EN ISO 17294-2
a) Bly (Pb), oppsluttet					
a) Bly (Pb), oppsluttet ICP-MS	< 0.20	µg/l	0.2		NS EN ISO 17294-2
a) Kadmium (Cd), oppsluttet					
a) Kadmium (Cd), oppsluttet ICP-MS	0.019	µg/l	0.01	35%	NS EN ISO 17294-2
a) Kobber (Cu), oppsluttet					
a) Kobber (Cu), oppsluttet ICP-MS	4.1	µg/l	0.5	15%	NS EN ISO 17294-2
a) Krom (Cr), oppsluttet					
a) Krom (Cr), oppsluttet ICP-MS	< 0.50	µg/l	0.5		NS EN ISO 17294-2
a) Nikkel (Ni), oppsluttet					
a) Nikkel (Ni), oppsluttet ICP-MS	0.83	µg/l	0.5	25%	NS EN ISO 17294-2
a) Sink (Zn), oppsluttet					
a) Sink (Zn), oppsluttet ICP-MS	4.7	µg/l	2	20%	NS EN ISO 17294-2
* pH målt ved 23 +/- 2°C	8.1		1		NS-EN ISO 10523
* Turbiditet	6.7	FNU	0.1	30%	NS-EN ISO 7027
* Total organisk karbon (TOC/NPOC)	1.6	mg/l	0.3	30%	NS EN 1484
a) Jern (Fe), oppsluttet					
a) Jern (Fe), oppsluttet ICP-MS	1100	µg/l	2	25%	NS EN ISO 17294-2

Merknader:

pH oppgis uakkreditert pga at prøven er mottatt og analysert >

48 timer etter prøveuttak

Turb oppgis uakkreditert pga at prøven er mottatt og analysert >

24 timer etter prøveuttak

TOC oppgis uakkreditert pga at prøven er mottatt > 7 dager etter prøveuttak

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjölagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125,

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke

Estimat: Fra kunde.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Moss 08.11.2018

Stig Tjomsland

ASM/Bachelor Kjemi

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke

påvist'
Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Estimat: Fra kunde.

Vedlegg V

Kopi av nettside fra Yr (nedbørsdata fra Malm i perioden 20. september - 3. oktober).

oktober 4, 2018	9.0°	1.7°	6.5°	7.0°	1.7 mm	---	---	m/s	1.0 m
oktober 3, 2018	9.0°	1.5°	4.6°	7.2°	3.7 mm	---	---	3.7 m/s	1.6 m
oktober 2, 2018	11.2°	0.5°	4.8°	7.3°	0.5 mm	---	---	3.4 m/s	1.3 m
oktober 1, 2018	10.0°	1.5°	5.7°	7.4°	11.6 mm	---	---	4.3 m/s	1.9 m
september 30, 2018	7.8°	6.0°	6.6°	7.5°	31.0 mm	---	---	5.4 m/s	3.0 m
september 29, 2018	8.1°	3.7°	6.5°	7.6°	8.8 mm	---	---	6.0 m/s	3.0 m
september 28, 2018	7.4°	2.1°	4.3°	7.7°	21.4 mm	---	---	6.0 m/s	1.9 m
september 27, 2018	8.1°	5.2°	6.2°	7.9°	11.4 mm	---	---	5.0 m/s	1.8 m
september 26, 2018	10.5°	6.5°	7.9°	8.0°	38.0 mm	---	---	11.7 m/s	5.0 m
september 25, 2018	9.5°	3.0°	7.9°	8.1°	3.0 mm	---	---	5.5 m/s	3.9 m
september 24, 2018	7.6°	2.9°	5.2°	8.2°	8.0 mm	---	---	7.5 m/s	3.3 m
september 23, 2018	10.1°	5.3°	6.5°	8.3°	18.0 mm	---	---	7.1 m/s	3.7 m
september 22, 2018	12.5°	8.6°	9.5°	8.4°	5.1 mm	---	---	8.6 m/s	4.8 m
september 21, 2018	12.1°	4.4°	10.1°	8.6°	0.7 mm	---	---	5.3 m/s	2.3 m
september 20, 2018	18.8°	8.5°	11.7°	8.7°	0.4 mm	---	---	6.8 m/s	2.8 m

Vedlegg VI

Utklipp av regneark med temperaturdata fra perioden 12.07.2018 – 12.08.2018

Dato	Klokkeslett	Temp. 1 meter	Temp. 10 meter
12.07.18	04.00	12,69	12,594
12.07.18	05.00	12,69	12,594
12.07.18	06.00	12,69	12,594
12.07.18	07.00	12,69	12,69
12.07.18	08.00	12,69	13,942
12.07.18	09.00	12,69	15,473
12.07.18	10.00	12,787	15,378
12.07.18	11.00	12,787	15,187
12.07.18	12.00	12,787	15,187
12.07.18	13.00	12,787	15,282
12.07.18	14.00	12,787	14,996
12.07.18	15.00	12,883	15,091
12.07.18	16.00	12,883	14,9
12.07.18	17.00	12,883	15,187
12.07.18	18.00	12,98	14,804
12.07.18	19.00	14,996	14,804
12.07.18	20.00	15,187	14,804
12.07.18	21.00	15,282	14,9
12.07.18	22.00	15,282	14,996
12.07.18	23.00	15,282	15,187
12.07.18	24.00	15,282	14,9
12.08.18	01.00	15,282	14,996
12.08.18	02.00	15,282	15,091
12.08.18	03.00	15,282	15,091
12.08.18	04.00	15,282	15,282
12.08.18	05.00	15,282	15,091
12.08.18	06.00	15,282	15,187
12.08.18	07.00	15,378	15,187
12.08.18	08.00	15,378	15,282
12.08.18	09.00	15,378	15,378
12.08.18	10.00	15,378	15,378
12.08.18	11.00	15,473	15,378
12.08.18	12.00	15,473	15,378
12.08.18	13.00	15,473	15,378
12.08.18	14.00	15,473	15,378
12.08.18	15.00	15,473	15,378

