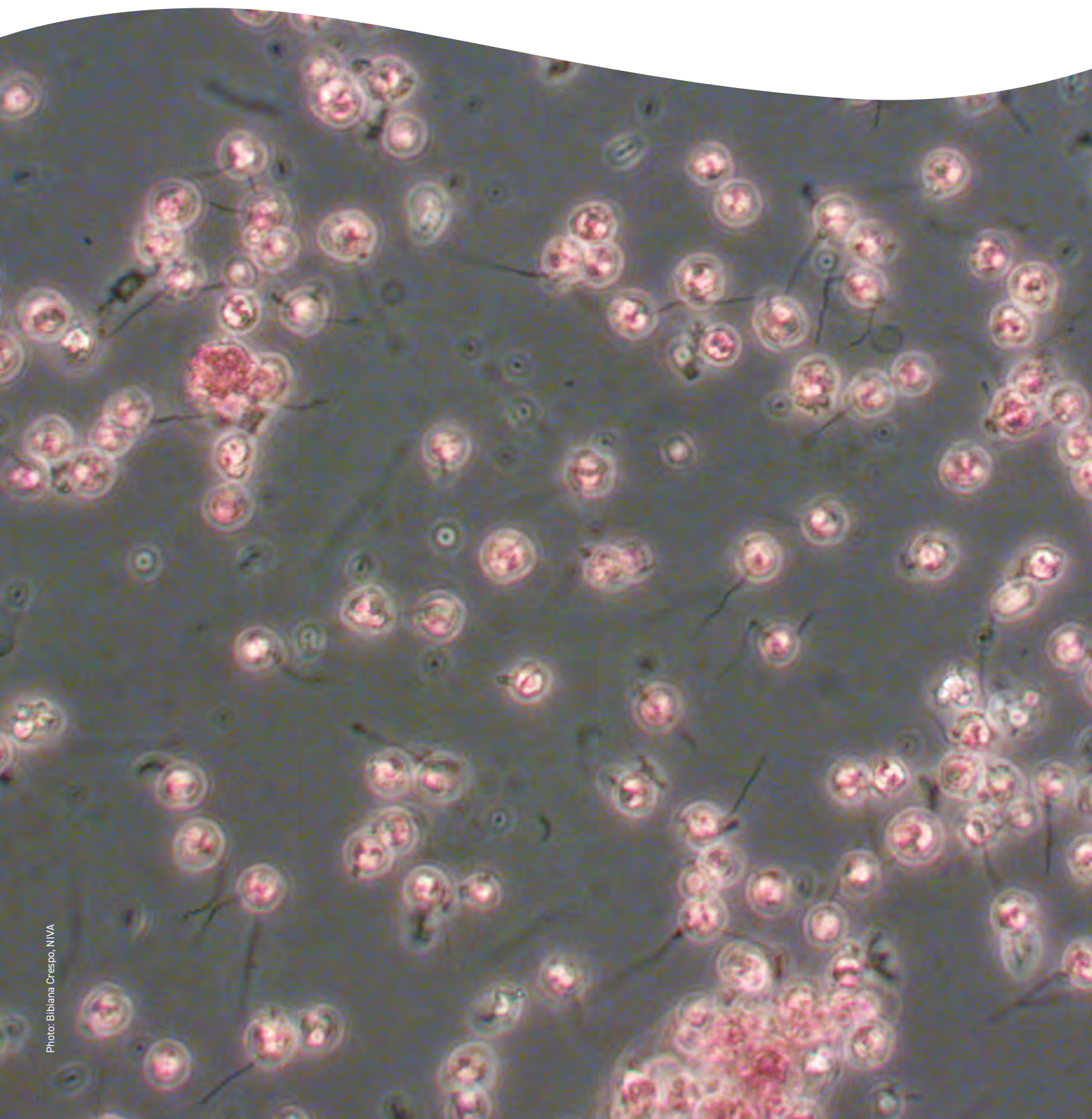


Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter i oppdrettsnæringen



Hovedkontor

Økernveien 94
0579 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: www.niva.no

Tittel Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter i oppdrettsnæringen	Løpenummer 7843-2023	Dato 14.03.2023
Forfatter(e) Trine Dale ¹ , Wenche Eikrem ¹ , Øystein Glåmseter ⁴ , Patricio Feest ³ , Fernanda Cisterna ³ , Gro Harlaug Refseth ² , Maj Arnberg ² , Trude Borch ² , Gjermund Bahr ² , Claudia Halsband ² , Eva Leu ² , Lionel Camus ² 1:NIVA, 2:Akvaplan-niva, 3: NIVA Chile, 4:Glåmseter Industridesign	Fagområde Akvakultur og fiskeøkologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område	Sider 29 + Vedlegg

Oppdragsgiver(e) Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfinansiering.	Kontaktperson hos oppdragsgiver Kjell Maroni
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 210052

Sammendrag

Dette er hovedrapport for prosjektet «Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter i oppdrettsnæringen» finansiert av Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfinansiering. Hovedmålet i prosjektet har vært å sammenstille eksisterende kunnskap, erfaringer og teknologiske løsninger som er i bruk for å forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter og basert på dette utforme og formidle anbefalinger og om mulig beste praksis i ulike situasjoner. Det er utviklet en prototype av et verktøy som på en enkel og lettfattelig måte fremstiller anbefalinger og beste praksis samt kunnskapen som danner bakgrunn for disse.

Fire emneord	Four keywords
1. Skadelige alger	1. Harmful algae
2. Skadelige maneter	2. Jellyfish blooms
3. Fiskevelferd	3. Fish welfare
4. Tiltak	4. Mitigation

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Trine Dale
Prosjektleder/Hovedforfatter

Åse Åtland
Kvalitetssikrer

Trine Dale
Forskningsleder

ISBN 978-82-577- 7579-7
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter i oppdrettsnæringen

Forord

I prosjektet "Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter" er eksisterende kunnskap, både den som finnes i forsknings- og teknologimiljøene (Arbeidspakke 1) og den som næringen selv besitter (Arbeidspakke 2) kartlagt og sammenstilt. Vi har demonstrert hvordan kunnskapen skal integreres i et brukervennlig verktøy (Arbeidspakke 3) hvis ultimate mål er å unngå skade på fisk i forbindelse med skadelige alger og maneter. Prosjektet er finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF prosjektnummer 901664) og har vært gjennomført som et samarbeid mellom NIVA, NIVA Chile, Akvaplan-niva og Glåmseter Industridesign. Takk til referansegruppen for verdifulle innspill underveis.

Bergen, 12.03. 2023

Trine Dale

Prosjektleder

Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag	5
2	Innledning	9
3	Problemstilling og formål.....	10
4	Arbeidspakke 1. Vitenskapelig kunnskapsgrunnlag	12
4.1	Materiale og metode	12
4.2	Resultater litteraturgjennomgang	13
4.2.1	Tema 1. Skadelige alger og maneter; biologi og skadepotensiale	13
4.2.2	Tema 2. Avbøtende tiltak/responsmetoder	20
4.2.3	Tema 3. Metoder for deteksjon	20
4.2.4	Tema 4. Operasjonell overvåkning internasjonalt	20
4.2.5	Faktaark	24
5	Hovedfunn	27
6	Referanser.....	28

Sammendrag

Alge- og manetoppblomstringer er naturlige fenomen. Noen ganger er imidlertid oppblomstringer av alger og maneter skadelige og kan forårsake fiskedød og redusert fiskevelferd. Et ferskt eksempel på dette er oppblomstringen av *Chrysochromulina leadbeateri* i 2019 som forårsaket massiv fiskedød og store tap for de oppdretterne som ble berørt. Det er en bekymring for at havbruksnæringen vil oppleve økte problemer med skadelige alger og maneter i fremtiden grunnet klimaendringer. Målsetning med dette prosjektet var å sammenstille eksisterende kunnskap, erfaringer og teknologiske løsninger som er i bruk for å forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter i fiskeoppdrett og basert på dette utforme og formidle anbefalinger og om mulig beste praksis i ulike situasjoner. For å demonstrere hvordan man kan øke nytteverdien som ligger i en samlet kunnskapsbase har vi laget en prototype av et verktøy hvor vitenskapelig og erfaringsbasert kunnskap kombineres og presenteres på et lett forståelig og brukervennlig format.

Prosjektet ble organisert i tre arbeidspakker. I arbeidspakke 1 ble det gjennomført en litteratursammenstilling knyttet til fire hovedtema **1)** skadelige alger og maneter; **biologi og skadepotensiale** **2)** avbøtende tiltak/responsmetoder **3)** metoder for deteksjon og **4)** operasjonell overvåkning internasjonalt. Det er mer litteratur om skadelige alger enn skadelige maneter. Det er relativt mye litteratur som omtaler problemstillingen med alger og maneter i oppdrett, men litteraturgjennomgangen viste at det er relativt få artikler med primærdata, dvs. artikler som dokumenterer faktiske tilfeller hvor alger og maneter knyttes direkte til fiskedød, gjelleskader, dårlig appetitt eller anormal adferd. Dette gjør det eksempelvis utfordrende å hente ut «faregrenser» i form av konsentrasjoner eller forekomster av enkeltarter basert på denne litteraturen. Det var en svært begrenset litteratur på avbøtende tiltak og hvor godt ulike avbøtende tiltak fungerer. Enhver form for varslings og/eller avbøtende tiltak krever at man kan detektere tilstedeværelsen av alger i vannet, ideelt sett ned til artsnivå. Det finnes en betydelig mengde litteratur som beskriver ulike tilnærminger til å detektere alger, og det er en rivende utvikling av nye metoder og forbedring/optimalisering av eksisterende metoder.

I arbeidspakke 2 ble det innhentet erfaringsbasert kunnskap. Vi har gjennomført dybdeintervjuer med oppdrettere og fiskehelsepersonell fra Norge, Chile, Canada og UK og oppsummert respondentenes beskrivelser av hvordan episoder med skadelige alge- og manetoppblomstringer arter seg. Dette inkluderer deres erfaringer med ulike avbøtende tiltak og hvordan disse har virket, og deres tanker omkring hvordan man kan bygge beredskap for fremtiden. Det var langt flere respondenter som delte erfaringer knyttet til alger enn maneter. Episodene som ble beskrevet kunne grovt sett deles i to; (1) episoder som resulterte i massiv dødelighet, og (2) episoder som resulterte i noen forhøyet dødelighet, gjelleskader eller tap av appetitt. Episoder av den første typen var karakterisert av et svært akutt forløp hvor det var få tegn på at noe var galt før fisken begynte å dø. Håndtering av dødfisk ble et betydelig problem under disse episodene og man opplevde at viktig infrastruktur (brønnbåter, ensilasje og slakteri) ble overbelastet. Det nevnes få avbøtende tiltak som kan iverksettes «på merdkanten» som kan forhindre dødelighet under denne typen episoder dersom algene/manetene først har kommet inn i et anlegg. Det ble påpekt at flytting av fisk eller slakting var eneste løsning. For episoder av type 2 var det flere respondenter som beskrev adferdsmessige tegn hos fisken som de mente kunne indikere at det var alger/maneter til stede i vannet. Det var også flere avbøtende tiltak som ble nevnt i sammenheng med disse episodene både av teknisk (oppstrømming, boblegardiner og luseskjørt) og driftsmessig karakter (stoppe/ redusere føring, avstå fra all form for håndtering). Effektiviteten av ulike tekniske tiltak ble imidlertid beskrevet som variabel og suksess var avhengig av en rekke faktorer slik som algetype, algen/manetens

vertikalfordeling, strøm og bølgeforhold samt oksygenforhold. Det virket å være enighet om at det å stoppe fôring samt å unngå håndtering av fisken avhjelper situasjonen. Mange understreker betydningen av overvåkning og varsling, da alle tiltakene vil kreve noe tid for å bli iverksatt. Felles beredskapsplaner innenfor en region fremheves også som en viktig del av fremtidig beredskap, da mange vil ha bruk for samme infrastruktur samtidig dersom en større blomstring skulle inntreffe. Flere respondenter uttrykte bekymring for at skadelige alger og maneter skulle bli et økende problem i fremtiden og var opptatt av beredskap, mens andre hadde et mer fatalistisk syn og så på alge- og manetoppblomstringer som et av naturens luner man bare måtte takle som best man kunne når de inntraff.

I arbeidspakke 3 har vi vist hvordan kunnskapen som er fremkommet i arbeidspakke 1 og 2 kan integreres og fremstilles på en lettfattelig måte i et brukervennlig verktøy. Verktøyet foreligger som en digital prototype. <https://xd.adobe.com/view/b165e836-d343-4243-afe5-677f67da04afe436/?fullscreen>

Litteraturgjennomgangen viste at det finnes betydelig vitenskapelig kunnskap om flere viktige aspekter knyttet til skadelige alger og maneter i oppdrett, men også at det er vesentlige kunnskapsmangler spesielt knyttet til tiltak. Prosjektet har også vist at det finnes betydelig “know-how” og praktisk erfaring hos oppdrettere og fiskehelsepersonell. Denne kunnskapen er ofte av anekdotisk natur da de som besitter den befinner seg spredt rundt i næringen, og for hver enkelt kan erfaringen være knyttet til et fåtall hendelser. Samlet får disse enkeltstående erfaringene en mye større verdi. Vitenskapelig kunnskap er ofte vanskelig tilgjengelig for praktikere, og erfaringskunnskapen fra merdkanten tilflyter ikke nødvendigvis forskningsmiljøene. Dette er et hinder for å få på plass løsninger som er “fit for purpose». I dette prosjektet har vi vist hvordan den samlede kunnskapen kan presenteres i et brukervennlig verktøy. Kunnskap som har støtte både i vitenskapelig litteratur og i praktisk erfaring kan presenteres som råd eller beste praksis i verktøyet, mens aspekter hvor både vitenskapelig og erfaringsbasert kunnskap mangler blir identifisert og synliggjort. Dette gir næringen mulighet til å ta i bruk den kunnskapen man har per i dag, samt et beslutningsgrunnlag for hvilken vei næringen vil gå spesielt når det gjelder utforming av fellesskapsløsninger og investering i kostbar infrastruktur.

Summary

Title: How can we prepare for and handle episodes of harmful algae and jellyfish in the salmon farming industry

Year: 2022

Author(s): Trine Dale, Wenche Eikrem, Øystein Glåmseter, Patricio Feest, Fernanda Cisterna, Gro Harlaug Refseth, Maj Arnberg, Trude Borch, Gjermund Bahr, Lionel Camus, Claudia Halsband, Eva Leu

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577- 7579-7

Algae and jellyfish blooms are natural phenomena. However, algae and jellyfish blooms are sometimes harmful and can cause reduced fish welfare and increased mortality. A recent example is the bloom of *Chrysochromulina leadbeateri* in Northern Norway in 2019, which caused massive fish mortality and great economic losses for the parts of the industry that was affected. There is a concern that the aquaculture industry will experience increased problems with harmful algae and jellyfish in the future due to climate change. The aim of this project was to collate existing knowledge, experiences and technological solutions that are in use to prevent and manage episodes of harmful algae and jellyfish in fish farming and based on this to formulate recommendations and, if possible, best practice in various situations. In order to increase the value of a combined knowledge base, scientific and experience-based knowledge, we have shown how this knowledge can be combined and presented in an easily understandable and user-friendly form.

The project was organized in three closely linked work packages. In work package 1, a literature review was carried out related to four main themes 1) harmful algae and jellyfish; their biology and damage potential 2) methods of detection 3) mitigation measures/response methods and 4) operational monitoring internationally. There is an extensive literature that mention the problem with algae and jellyfish in fish farming in general terms, but the literature review showed that there relatively few articles containing primary data, i.e. articles that document actual cases where algae and jellyfish are directly linked to fish death, gill damage, poor appetite or abnormal behavior. This makes it challenging to extract thresholds in the form of concentrations or abundances of individual harmful species necessary to cause harm based on the literature. Literature describing mitigation measures and their efficiency is scarce. In order to build an early warning system and implement the best mitigation measure it is necessary to be able to detect the presence of algae/jellyfish in the water, ideally at species level. There is a considerable amount of literature describing different detection methods for algae, and there is a rapid development of new methods and improvement/optimization of already existing methods.

In work package 2, experience-based knowledge was obtained. We conducted in-depth interviews with fish farmers and fish health personnel from Norway, Chile, Canada and the UK, where we summarized the respondents' descriptions of how episodes of harmful algae and jellyfish blooms appear, their experiences with various mitigation measures and how these have worked and their thoughts about how to build preparedness for the future. There were far more respondents who shared experiences related to algae than jellyfish. For both algae and jellyfish episodes that were described could roughly be divided into (1) episodes that resulted in massive mortality, and (2) episodes that resulted in some increased mortality, gill lesions, or loss of appetite. Episodes of the first type were characterized by a very acute course where few signs that anything was wrong was evident before the fish mortality set in. Handling dead fish became a significant problem during these episodes and it was experienced that important infrastructure (well boats, silage and slaughterhouse capacity) was overloaded. There are few mitigating measures that can prevent mortality during this

type of episode if the algae/jellyfish have first entered a farm. It was pointed out that moving fish or bring forward slaughter was the only solution. For episodes of type 2, there were several respondents who described behavioral signs in the fish which they believed could indicate that algae/jellyfish were present in the water. There were also several mitigating measures that were mentioned in connection with these episodes, both of a technical nature (flooding, bubble curtains and lice skirts) and of an operational nature (stopping/reducing feeding, refraining from all handling). However, the effectiveness of various technical measures was described as variable and success depended on several factors such as species, algae/jellyfish vertical distribution, current and wave conditions, oxygen conditions. There seemed to be agreement that to stop feeding and avoid handling would remedy the situation. Many emphasize the importance of monitoring and warning systems, as all the mitigation measures will require some time to be implemented. Several respondents expressed concern that harmful algae and jellyfish would become a growing problem in the future and were concerned about preparedness. Others had a more fatalistic view and considered algae and jellyfish blooms as one of nature's whims that had to be dealt at the best of one's ability when they occurred.

In work package 3, we have shown how the knowledge compiled in work packages 1 and 2 can be integrated and presented in an easy-to-understand way in a user-friendly tool. The tool is presented as a digital prototype. <https://xd.adobe.com/view/b165e836-d343-4243-afe5-677f67da04afe436/?fullscreen>

The literature review showed that there is considerable scientific knowledge about several important aspects related to harmful algae and jellyfish in fish farming, but also that there are significant knowledge gaps, especially related to mitigation measures. The project has also shown that there is considerable "know-how" and practical experience among farmers and fish health personnel. This knowledge is often of an anecdotal nature as those who possess it are scattered within the industry, where individual's experiences may be linked to a small number of incidents. Compiled, these individual experiences have a much greater value. Scientific knowledge is often difficult to access for practitioners, and experiential knowledge from the farms do not necessarily find its way into research communities. This is an obstacle to putting in place solutions that are "fit for purpose". In this project, we have shown how the combined knowledge can be presented in a user-friendly tool. Knowledge that is supported both in scientific literature and in practical experience can be presented as advice or best practice in the tool, while aspects where both scientific and experience-based knowledge are lacking are identified and made visible. This gives the industry the opportunity to actively use the today's knowledge. Furthermore, it provides a basis for decision-making regarding the direction the industry will take when it comes to handling harmful algae and jellyfish, especially decisions related to preparedness and investment in expensive infrastructure.

1 Innledning

Algeoppblomstringer er naturlige fenomen. Noen ganger er imidlertid algeoppblomstringer skadelige for akvakulturvirksomhet og forårsaker fiskedød, redusert fiskevelferd og giftige skjell, og globalt forårsaker skadelige alger store økonomiske tap for både akvakultur, fiskerier og turisme (Berdalet et al. 2016). *Chrysochromulina leadbeateri* tok i 2019 livet av mange tusen tonn laks i Nord-Norge, og mye fisk måtte nødslaktes. Kontali Analyse har estimert økonomiske konsekvenser av denne hendelsen til å ligge et sted mellom 2.3 og 2.8 milliarder NOK (FHF prosjekt 901574). I likhet med algeoppblomstringer er også manetoppblomstringer naturlige fenomen som i gitte tilfeller skaper problemer både for turisme, fiskeri og akvakultur (Fenner *et al.*, 2010, Dong *et al.*, 2010, Bosch-Belmar et al. 2020).

Det virker å være bred enighet om at frekvensen av skadelige algeoppblomstringer (HAB's) har økt siden 1980 tallet, og problemer med algeoppblomstringer (Hamful Algal Blooms eller HAB's) ekspanderer til nye områder (f.eks. Heisler et al. 2008, Anderson et al. 2012, Gobler et al. 2017, Gobler 2020, Glibert 2020). Hvorvidt manetpopulasjoner øker globalt er foreløpig ikke helt klart (Purcell et al. 2012, Condon et al., 2013), men problemer med maneter har økt (Purcell et al. 2007, Richardson et al., 2009, Purcell et al., 2012), og da spesielt for fiskeoppdrett i Nord Atlanteren (Bosch-Belmar et al. 2020). Mange mener at temperaturøkning, eutrofiering, havforsuring og endringer i sirkulasjonsmønster og lagdeling er faktorer som enkeltvis eller i kombinasjon kan endre frekvensen og intensiteten av skadelige alge- og manetoppblomstringer (f.eks. Haraldsson et al. 2012, Wells et al. 2015, Glibert 2020, Goldstein & Steiner 2020). Det er derfor en bekymring for at havbruksnæringen vil oppleve økte problemer med skadelige alger og maneter i fremtiden.

Blomstringen av *C. leadbeateri* i 2019 blåste liv i diskusjonene omkring hvordan problemet med skadelige alger og maneter bør håndteres. Denne diskusjonen har også kommet opp i kjølvannet av tidligere blomstringer, men har tendert til å dabbe av med tid etter siste store hendelse. Noen tar til orde for at det trengs beredskap og et nasjonalt system for operasjonell overvåking og varsling. Andre mener at blomstringer som forårsaker massiv dødelighet forekommer sjelden og er av en type som vanskelig lar seg forutse, og at satsning på lokalt tilpassede avbøtende tiltak er et alternativ. Selv om skadelige arter utgjør en liten andel av det totale antallet arter, er de fordelt på flere taksonomiske grupper som har forskjellige vekstkrav og blomstringsdynamikk og påvirker fisken på ulik måte (fra massiv akutt dødelighet til mer diffuse gjelleproblemer). Bildet kompliseres ytterligere av at en og samme art kan ha ulik grad av giftighet avhengig av både interne og miljømessige faktorer. Det siste er tilfelle for bl.a. *C. leadbeateri* som blomstret våren 2019. Samlet representerer dette en utfordring både når det gjelder potensialet for tidlig varsling, overvåking og avbøtende tiltak (Zingone og Enevoldsen, 2000), og gjør at en "one size fits all" type tilnærming til problemet kan være lite hensiktsmessig. Vi tenker at betraktningene over også er relevante for maneter.

Et viktig steg for å bygge opp hensiktsmessige ("fit for purpose") systemer for å forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter er å sammenstille eksisterende kunnskap, både den som finnes i forsknings- og teknologimiljøene og den som næringen selv besitter. Dette vil kunne identifisere kunnskapshull, og muliggjøre utforming av anbefalinger og beste praksis. Det vil også kunne fungere som beslutningsgrunnlag for hvilke vei næringen vil gå spesielt når det gjelder utforming av fellesskapsløsninger og investering i kostbar infrastruktur.

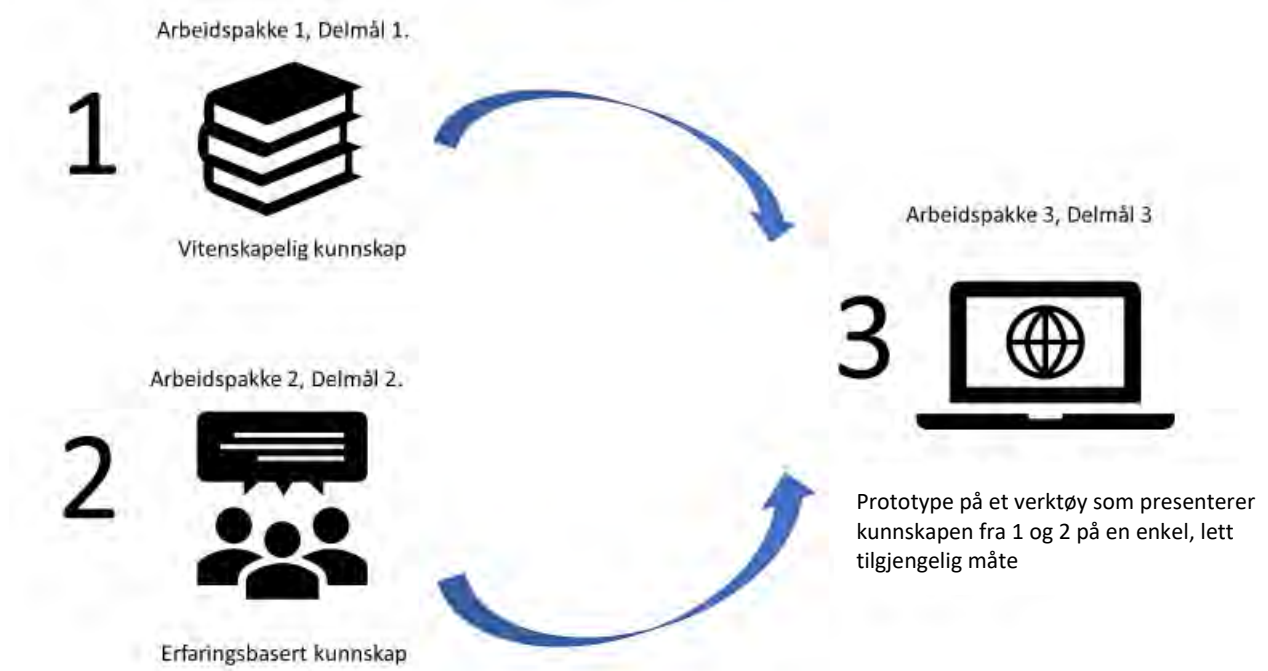
Prosjektet har vært et samarbeid mellom NIVA, Akvaplan-niva, NIVA Chile og Øystein Glåmseter fra Glåmseter Industridesign. NIVA har hatt rollen som prosjektleder og ansvarlig organisasjon.

2 Problemstilling og formål

Det finnes en betydelig generell kunnskap om skadelige alger og maneter i vitenskapelige miljøer både i inn- og utland. Det finnes også betydelig “know-how” og praktisk erfaring hos oppdrettere og fiskehelsepersonell. Vitenskapelig kunnskap kan være vanskelig tilgjengelig for praktikere, og erfaringskunnskapen fra merdkanten tilflyter ikke nødvendigvis forskningsmiljøene. Dette er et hinder for å få på plass løsninger som er “fit for purpose». En bred kunnskapssammenstilling gjør det lettere å identifisere kunnskapshull og gjør det mulig å utforme anbefalinger og beste praksis. Ved å synliggjøre hvilke muligheter som er tilgjengelig både for overvåkning, beredskap og tiltak og hvilke fordeler og ulemper som er knyttet til de ulike løsningene, vil prosjektet kunne bidra til mer effektiv/rasjonell beslutningsprosess. Dette gjelder både beslutninger knyttet til utforming og valg av fellesskapsløsninger (f.eks. operasjonell overvåkning og varsling eller samarbeid med fiskeflåte), og for beslutninger som tas på lokalitetsnivå (f.eks. når man bør slutte å fôre). For å øke nytteverdien som ligger i en samlet kunnskapsbase vil vitenskapelig og erfaringsbasert kunnskap bli sammenstilt og kombinert i en lett forståelig og brukervennlig presentasjonsform som utarbeides med en industriell design tilnærming. Overvåkning tilpasset lokale forhold og tiltak/respons i henhold til beste praksis vil gi en kostnadsbesparelse i form av redusert fiskedød og økt fiskevelferd. Resultatene fra dette prosjektet vil dermed kunne bidra til å redusere de negative konsekvensene av skadelige alge- og manetoppblomstringer og dermed gi en økonomisk gevinst for oppdrettsnæringen.

Hovedmålet i prosjektet var å sammenstille eksisterende kunnskap, erfaringer og teknologiske løsninger som er i bruk for å forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter og basert på dette utforme og formidle anbefalinger og om mulig beste praksis i ulike situasjoner (Figur 1). Hovedmålet var delt opp i følgende tre delmål:

- Delmål 1. Sammenstille vitenskapelig kunnskapsgrunnlag om skadelige alger og maneter, herunder kunnskap om deres biologi, hvordan de forårsaker skade på fisk, hvordan de kan overvåkes og varsles, og hvilke tiltak som kan settes i verk. Delmål 1 ble adressert i Arbeidspakke 1 (AP 1) og resultater går inn i Leveranse 1 og Leveranse 3.
- Delmål 2. Innhente og sammenfatte erfaringsbasert kunnskap fra næring og kompetansemiljø om alger og maneter, herunder hvordan alge og/eller manetproblem oppdages, hvilke tiltak som er testet og erfaringen med disse. Delmål 2 ble adressert i Arbeidspakke 2 (AP 2) og resultater inngår i Leveranse 2 og 3.
- Delmål 3. Integrere resultater fra delmål 1 og delmål 2 i et brukervennlig verktøy som skal kunne gi konkrete anbefalinger om beste praksis både for akutte alge- og manetoppblomstringer med høy dødelighet, og for mindre blomstringer som gir redusert velferd og økt dødelighet over tid. Delmål 3 ble adressert i Arbeidspakke 3 (AP 3) og resultatet inngår i Leveranse 3.



Figur 1. Skjematisk oversikt over de ulike delene i prosjektet «Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter».

Prosjektet hadde følgende leveranser;

Leveranse 1. Skadelige alger og maneter faktaark. Faktaarkene vil på en lettfattelig måte sammenfatte hovedtrekk ved artens biologi og utbredelse, skademekanisme (Fra arbeidspakke 1). Faktaarkene finnes på pdf format på NIVA sin nettside <https://www.niva.no/forskning/akvakultur/faktaark-om-alger> og på FHF sine hjemmesider <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901664/>

Leveranse 2. Notat. Sammenstilling av erfaringskunnskap fra intervjuer med oppdrettere og fiskehelsepersonell (Fra arbeidspakke 2). Rapporten er inkludert i sin helhet i Vedlegg A. Rapport fra Arbeidspakke 2.

Leveranse 3. Design på et dynamisk brukervennlig verktøy. Design leveres sammen med en grunnlagsrapport som beskriver kunnskapsstatus og vurderinger lagt til grunn, samt prosessen frem til ferdig forslag (fra arbeidspakke 3). Prototypen ligger her <https://xd.adobe.com/view/b165e836-d343-4243-afe5-677f67da04af-e436/?fullscreen> og grunnlagsrapporten er inkludert i sin helhet i Vedlegg B. Rapport fra Arbeidspakke 3.

Leveranse 4. Faglig og administrativ sluttrapport (utarbeidet i henhold til FHF's retningslinjer for sluttrapportering).

Inneværende rapport utgjør Leveranse 4, faglig sluttrapport. Som beskrevet over er leveransene 1-3 allerede levert. Leveranse 2 og 3 foreligger som frittstående rapporter og Leveranse 1 som faktaark på pdf format. Resultater fra Leveranse 2 og 3 blir bare kort gjengitt i sammendraget i denne rapporten.

3 Arbeidspakke 1. Vitenskapelig kunnskapsgrunnlag

3.1 Materiale og metode

I Arbeidspakke 1 har vi sammenstilt et vitenskapelig kunnskapsgrunnlag basert på databasesøk over vitenskapelig litteratur (peer-review og tekniske rapporter). Kunnskapssammenstillingen hadde fire hovedtemaer: **1)** skadelige alger og maneter; biologi og skadepotensiale **2)** avbøtende tiltak/responsmetoder **3)** metoder for deteksjon og **4)** operasjonell overvåkning internasjonalt. Vi har hatt hovedfokus på arter og på oppdrettsformer som likner den norske oppdrettsnæringen. Litteratursøk er primært gjort i Web of Science og Google Scholar.

Resultatene fra litteraturgjennomgangen skulle være tilgjengelig for arbeidspakke 3 relativt tidlig i prosjektet og ble derfor oppsummert i Excel. På grunn av prosjektets korte varighet var det ikke lagt opp til å presentere resultatene av litteraturgjennomgangen som «prosa» i rapport eller artikkelform.

Under hovedtema 1, Skadelige alger og maneter; deres biologi og skadepotensiale, skulle det også inngå en oppsummering av kunnskapen om disse artenes forekomst langs kysten vår. I tillegg til publikasjoner på forekomster av skadelige alger i våre farvann skulle vi supplere med data på forekomster fra ulike inkludert data fra egne databaser. Vi har hentet ut data og klargjort datasett som på ulike måter kan brukes til å illustrere det vi vet om forekomster av kjente skadelige alger i Norge. Det har ikke vært noe overvåkningsprogram spesifikt rettet mot fiskeoppdrett på veldig mange år. Det har imidlertid vært algeovervåking i regi av Mattilsynet, det såkalte Blåskjellvarselet¹, hvor fokuset er på algearter som gir giftige blåskjell. NIVA har analysert prøver for dette programmet i en årrekke og har i egen regi gjort en kvantitativ analyse av disse prøvene på noen av stasjonene. Analyser av algeforekomster har også vært inkludert i nasjonale overvåkningsprogram slik som ØKOKYST² de senere årene. Vi har valgt å kun ta med data hvor algene har blitt identifisert i et omvendt lysmikroskop og kvantifisert i henhold til Utermöhls eller modifisert Utermöhls metode (Utermöhl 1958, NS-EN 15972:2011). Når det gjelder maneter har vi ikke tilgang til data på forekomster utover det som ligger i Artsdatabanken³.

Vitenskapelig kunnskapsgrunnlag og erfaringsbasert kunnskap skulle integreres i et brukervennlig verktøy (se Figur 1). Dersom kunnskapsgrunnlaget tillot det skulle det utformes konkrete anbefalinger om beste praksis både for akutte alge- og manetoppblomstringer med høy dødelighet, og for mindre blomstringer som gir redusert velferd og økt dødelighet over tid. Det er utarbeidet en prototype av et fremtidig verktøy som viser hvordan vi tenker oss at kunnskapsgrunnlaget frembragt i arbeidspakke 1 og 2 kan presenteres. I prototypen er resultatene fra litteraturgjennomgangen tenkt presentert i sin originale form i verktøymodulen «Erfaring og kunnskapsbibliotek» og i form av oppsummeringer og/eller anbefalinger i de øvrige delene av verktøyet. For beskrivelse av verktøyet og lenke til prototypen se Vedlegg 2.

¹ <https://www.matportalen.no/matportalen/verktoy/blaskjellvarsel/>

² <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/overvaking-arealplanlegging/miljoovervaking/overvakingsprogrammer/basisovervaking/okokyst/>

³ <https://www.artsdatabanken.no/>

3.2 Resultater litteraturgjennomgang

3.2.1 Tema 1. Skadelige alger og maneter; biologi og skadepotensiale

Av flere tusen arter marine planteplankton, er rundt 300 arter kjent for å danne oppblomstringer, ca. 80 arter kan produsere potente giftstoffer, og et enda mindre antall av disse er kjent for å være skadelig for fisk (Hallegraeff, 2003). De skadelige artene tilhører ulike taksonomiske grupper. Det er flere fysiologiske mekanismer som enkeltvis eller i kombinasjon kan føre til dødelighet, gjelleskader eller redusert matlyst og vekst, men grovt kan man si at det enten dreier seg om forgiftning, mekanisk skade på gjellene og/eller kvelning (Åtland et al. 2020 og referanser deri). Dette gjør at tapene kan komme som akutte hendelser med stor dødelighet (forgiftning) eller mer diffus dødelighet grunnet gjelleproblemer (mekanisk skade). De kliniske tegnene på at fisk er utsatt for skadelige alger kan være atypisk svømmemønster, slapphet, gisping ved overflaten, økt pustefrekvens, tap av matlyst og dødelighet (Rensel og Whyte 2003, Rodger et al. 2011, Montes et al. 2018).

Det er også et relativt begrenset antall arter maneter som så langt er bekreftet skadelig for fisk, og de fleste disse tilhører scyphozoe, hydrozoer og siphonoforer (Bosch-Belmar et al. 2020). Små maneter kan passere gjennom notveggen og komme inn som intakte individer (Halsband et al. 2018). Store arter blir vasket inn i notveggen ved hjelp av strøm og bølger og kan tette til noten. Tentakler og andre kroppsdelene kan også bli revet av og kommer inn i merden (Rodger et al. 2011; Baxter et al. 2011 a, b). Disse fragmentene er fremdeles i stand til å skade fisken (Båmstedt et al. 1998, Baxter et al. 2011a; Powell et al. 2018). Maneter har nesleceller og disse kan hekte seg fast på skinn og gjeller. Neslecellene slipper også ut toksiner. Skademekanismen er derfor i mange tilfeller en kombinasjon av mekanisk skade og forgiftning. I tillegg til effekten av de primære skadene bereder sårene på skinn og gjeller grunnen for infeksjoner (Rodger et al., 2011, Småge et al., 2017). Det er også antydning at noen arter er bærere av patogener (Ferguson et al., 2010, Delannoy et al., 2011).

Litteraturgjennomgangen gjort i dette prosjektet viser at artikler med primærdata, dvs. artikler som dokumenterer tilfeller hvor alger og maneter knyttes direkte til fiskedød, gjelleskader, dårlig appetitt eller anormal adferd er relativt få. Spesielt for alger gjør imidlertid de mange henvisningene til disse få artiklene at litteraturen fremstår som mer omfattende enn den i realiteten er. Mange studier er av anekdotisk karakter, noe som er naturlig med tanke på at det er vanskelig å planlegge og designe studier for hendelser som (så langt) opptrer uten forvarsel. En god del studier bærer dermed preg av å være av typen «after the fact» hvor man har lite data på andre faktorer rundt fisken, eller miljøforholdene forut for hendelsen. Unntak fra dette er noen nyere studier fra Chile. I Chile har det vært flere hendelser med skadelige alger de senere årene. I tillegg har man etter hvert en stor database med algedata samlet inn av oppdrettere gjennom flere tiår som muliggjør flere systematiske studier. Tabell 1 og 2 viser hvordan vi har systematisert litteraturen på hvordan alger og maneter har skadet fisk. Tabell 3 viser hvordan vi har systematisert litteraturen på historiske hendelser med skadelige alger i Norge.

Tabell 1. Utklipp fra Excel som illustrerer hvordan vi har organisert resultatene fra litteratursøk på hvordan alger skader fisk

Algeart	Fisk påvirket	Adferdsmessige/kliniske tegn	Histopatologi	Måned/år	Type studium/Land/Region	Kommentar	Referanse	Link
<i>Karenia mikimotoi</i>	<i>Salmo salar</i>	Swimming at an elevated position in the water column. Bleeding from gills when fish were anaesthetized	Irregular epithelial surface, epithelial lifting and pyknotic nuclei. Liver with multifocal coagulative necrosis.	Juni-Juli 2005	Felt/Ireland	Opp mot 3×10^6 celler/L i områdene med høyest konsentrasjon	Mitchell, S., & Rodger, H. (2007). Pathology of wild and cultured fish affected by a <i>Karenia mikimotoi</i> bloom in Ireland, 2005. Bulletin-European Association of Fish	http://eaftp.org/download/2007-Volume27/Issue201727_039.pdf
<i>Karenia mikimotoi</i>	<i>Salmo salar</i>	Ikke dødelighet	Gjelleskader, men spesifiserer ikke	Juni-Sept 2006	Felt/Skottland	Diskuterer at 10^4 celler/L kan være en realistisk faregrense basert på flere års observasjoner i Skottland.	Davidson, K., Miller, P., Wilding, T. A., Shuter, J., Bresnan, E., Kennington, K., & Swan, S. (2009). A large and prolonged bloom of <i>Karenia mikimotoi</i> in Scottish waters in 2006. Harmful algae, 8(2), 349-361.	file:///h:/niva-ofs/brg-userdata\$/TDA/Documents/Arbeidsmapper/FHF%20Alger/Litteratur/1-s2.0-S1568988308000796-main.pdf
<i>Karenia mikimotoi</i>	Salmonids	Dødelighet; Før død økt pustefrekvens, voldsom svømming, tap av likevekt.	Gjelleskader, slik som epithelial sloughing, nekrose, swelling and pyknosis = ødem ?		Lab	Dødelighet ved 2×10^5 celler/L	Turner, M. F., Bullock, A. M., Tett, P., & Roberts, R. J. (1987). Toxicity of <i>Gyrodinium aureolum</i> : some initial findings. <i>Rapports et Process-verbaux des Réunions. Conseil International pour l'Exploration de la Mer</i> , 187, 98-102.	https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Marine%20Science%20Symposia/Phase%202/Rapport%20et%20Process-verbaux%20des%20Reunions%20-%20Volume%20187%20-%201987%20-%20Partie%2014%20de%2016.pdf
<i>Karenia mikimotoi</i>	<i>Salmo salar</i>	Dødelighet	Gjelleskader	1980	Felt/Poll/Skottland	Dødelighet ved 2×10^7 celler/L	Jones, K. J., Ayres, P., Bullock, A. M., Roberts, R. J., & Tett, P. (1982). A red tide of <i>Gyrodinium aureolum</i> in sea lochs of the firth of Clyde and associated mortality of pond-reared salmon. <i>Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom</i> , 62(4), 771-782.	https://litteratur.jones.et.al.21982.1-s2.0-S0044848621012746-main.pdf
<i>Karenia mikimotoi</i>	Salmonids	Dødelighet, svømming nær overflaten, redusert appetitt	Gjelleskader, slik som epithelial sloughing, mulige leverskader ved langvarig eksponering		Felt/Norge	Summerer opp. Dødelighet ved 10^4 celler/L Negative effekter som tap av appetitt og moderate	Dahl, E., and Tangen, K. 1993. 25 years experience with <i>Gyrodinium aureolum</i> in Norwegian waters. In <i>Toxic phyto-</i>	Bok kapittel

Tabell 2. Utklipp fra Excel som illustrerer hvordan vi har organisert resultatene fra litteratursøk på hvordan maneter skader fisk

Jellyfish species	Fiske art	Adferdsmessige/Kliniske tegn	Histopatologi	Måned/år	Type of study/Country/Reg	Referanse	Link
<i>Aurelia aurita</i>	<i>Salmo salar</i>	Blødninger og nekrose synlig etter 2 timers eksponering.	Epitel løsnings, nekrose, blødning, ødem, inflammasjon. Skadene fortsetter å utvikle seg etter at manet er fjernet.		Lab experiment	Baxter, E. J., Sturt, M. M., Ruane, N. M., Doyle, T. K., McAllen, R., Harman, L., & Rodger, H. D. (2011). Gill damage to Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>) caused by the common jellyfish (<i>Aurelia aurita</i>) under experimental challenge. <i>PLoS One</i> , 6(4), e18529.	https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0018529
<i>Aurelia aurita</i>	<i>S.salar</i>	"Irritert" adferd- økt hoppefrekvens. Noe tap av skjell.	Akutte gjellelesjoner ble observert; intravaskulær hemolyse. Epitelcelle nekrose	Jun/2010	Felt/Ireland	Mitchell, S. O., Baxter, E. J., & Rodger, H. D. (2011). Gill pathology in farmed salmon associated with the jellyfish <i>Aurelia aurita</i> . <i>Veterinary Record-English Edition</i> , 169(23), 609.	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2761.2011.01251.x?casa_token=t6ZxH5pZkIAAAA-FZMDK-05_LCASGP8RWaKcDV3MgUUX-OHc22p37DDe_XD-
<i>Aurelia aurita</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Regnbueørret)	n/a studie på celle kultur	Studie på cellekultur		Lab experiment	Heimholz, H., Johnston, B. D., Ruhnau, C., & Prange, A. (2010). Gill cell toxicity of northern boreal scyphomedusae <i>Cyanea capillata</i> and <i>Aurelia aurita</i> measured by an in vitro cell assay. <i>Hydrobiologia</i> , 645:223-234	https://www.researchgate.net/publication/227293884_Gill_cell_toxicity_of_northern_boreal_scyphomedusae_Cyanea_capillata_and_Aurelia_aurita_measured_by_an_in_vitro_cell_assay_Hydrobiologia_645223-234
<i>Pelagia noctiluca</i>	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Ikke beskrevet	hyperplasi, ødem, hypertrofi. Økning i antallet slimceller og økt slimproduksjon.		Lab experiment	Bosch-Belmar, M., Gioni, F., Rinaldi, A., Mandich, A., Fuentes, V., Mirto, S., ... & Piraino, S. (2016). Concurrent environmental stressors and jellyfish stings impair caged European sea bass (<i>Dicentrarchus labrax</i>) physiological performances. <i>Scientific Reports</i> , 6(1), 1-9.	https://www.nature.com/articles/srep27929

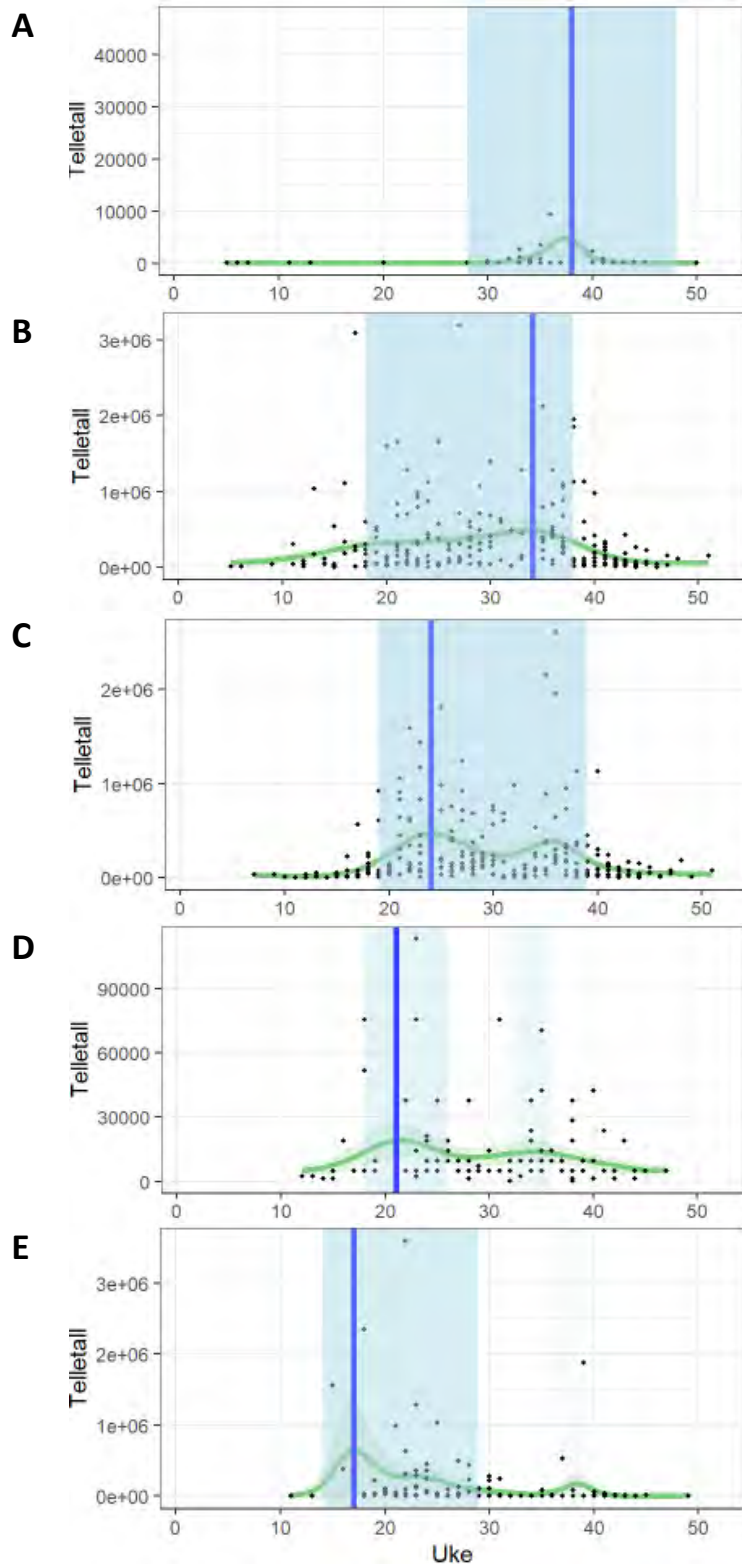
Tabell 3. Utklipp fra Excel som illustrerer hvordan vi har organisert litteraturen som omhandler historiske hendelser med skadelige alger i Norge.

Art	Område/Region	År	Kort oppsummering	Referanse	Lenke
<i>Prymnesium parvum</i>	Ryfylke	1989	I slutten av juli 1989 ble den giftige algen <i>Prymnesium parvum</i> spredd ut i et fjordsystem med ferskvann som kom ut fra et vannkraftanlegg. Algen blomstret i brakkevannet på overflaten, og gjennom juli gikk temperaturen opp, og det ble lavere nitrogen og silikatnivå i fjorden. Næringsstoffer fra oppdrettene, særlig fosfor, så ut til å gi lokale oppblomstringer nær merdene . 750 tonn atlantisk laks og regnbueørret døde.	Kaartvedt, S., Johnsen, T. M., Aksnes, D. L., Lie, U., & Svendsen, H. (1991). Occurrence of the toxic phytoplankton <i>Prymnesium parvum</i> and associated fish mortality in a Norwegian fjord system. <i>Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences</i> , 48 (12), 2316-2323.	https://bio.uib.no/te/papers/kaartvedt_1991_Occurrence_of_the_toxic_c.pdf
<i>Prymnesium parvum</i>	Ryfylke	2007	Etter den første registrerte oppblomstringen av <i>Prymnesium parvum</i> i Sandsfjorden i 1989 hvor 7750 tonn fisk døde forsvant mer og mer av oppdretts-aktiviteten i fjorden. I 2005 kom de tilbake, og i juli-august i 2007 var det en ny oppblomstring av <i>P. parvum</i> i det øvre brakkevannlaget. Merdene ble senket 10 m under overflaten og føringen midlertidig stoppet. Dette begrenset dødeligheten til 135 tonn fisk. NIVA gikk sammen med Erfjord Stamfisk for å sette opp algeovervåkning, og det ble observert flere algearter sammen med <i>P. parvum</i> i overvåkingsperioden (juni-oktober).	Johnsen, T. M., Elkre, W., Olseng, C. D., Tollefsen, K. E., & Bjerknes, V. (2010). <i>Prymnesium parvum</i> : The Norwegian Experience 1. <i>JAWRA Journal of the American Water Resources Association</i> , 46 (1), 6-13.	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1752-1688.2009.00386.x?casa_token=WFoWSKqeaYIAAAAA:yuFvEvTo5ZwUpNjDrGw8jQx81ouVHLtLUW5346b469c6xHhRhu4qGir6GGYQqOOpMBoMFH00_jnsIE7A
<i>Chrysochromulina leadbeateri</i>	Ofoten /Tysfjord	1991	I 1991 var det en oppblomstring av blant annet <i>C. leadbeateri</i> i Nord-Norge som tok livet av 600 tonn laks. Et labstudie ble i etterkant utført for å finne ut hvilken effekt fisk har på veksten til <i>C. leadbeateri</i> . De fant ut at en aminosyre (putresin) kan påvirke giftigheten til algen og kom med to hypoteser til massedødeligheten.	Johnsen, G., Dalløkken, R., Elkre, W., Legrand, C., Aure, J., & Skjoldal, H. R. (1999). Eco-physiology, bio-optics and toxicity of the ichthyotoxic <i>Chrysochromulina leadbeateri</i> (Prymnesiophyceae). <i>Journal of Phycology</i> , 35 (6), 1465-1476.	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1046/j.1529-8817.1999.3561465.x?casa_token=7aDrKONpqvAAAAA:wMQOWMZHTqYl_ejxiGvSFyemGR9-OAFxnPT3ebFQdHM8wLNM7ntQ-DQL5xnJ_D1uYPDITtGY7CD_nRw_Zg
<i>Chrysochromulina leadbeateri</i>	Nordland/Troms	2022	Omhandler oppblomstringen i Nord-Norge i mai-juni 2019. Sammenlikner flere metoder for identifikasjon (metabarcoding, flow cytometri, konvensjonell mikroskopiering). Studien bekrefter dominans av <i>C. leadbeateri</i> , men med stor intraspecific genetisk variasjon. Spekulerer i årsaker og lander på at det mest sannsynlig var separate oppblomstringer som oppstod fra utgangsbestander i de ulike fjordsystemene. Transport kan ha forsterket og forlenget blomstringen. Celle tatt var positiv korrelert med temperatur og negative korrelert med saltholdighet. Antyder faregrenser: $1-2 \cdot 10^6$	John, U., Šupriha, L., Gran-Stadniczeňko, S., Bunse, C., Cembella, A., Elkre, W., ... & Edwardsen, B. (2022). Spatial and biological oceanographic insights into the massive fish-killing bloom of the haptophyte <i>Chrysochromulina leadbeateri</i> in northern Norway. <i>Harmful Algae</i> , 102287.	https://reader.elsevier.com/reader/pii/S1568988322001159?token=D3E4F15FE9A92B3A2FFFD8318E3BFA8FF66F0F8B7E4B7B305E76F42849C16697764D6C7431B88FAEFA0AEF29E3DAC35AD&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220902095318

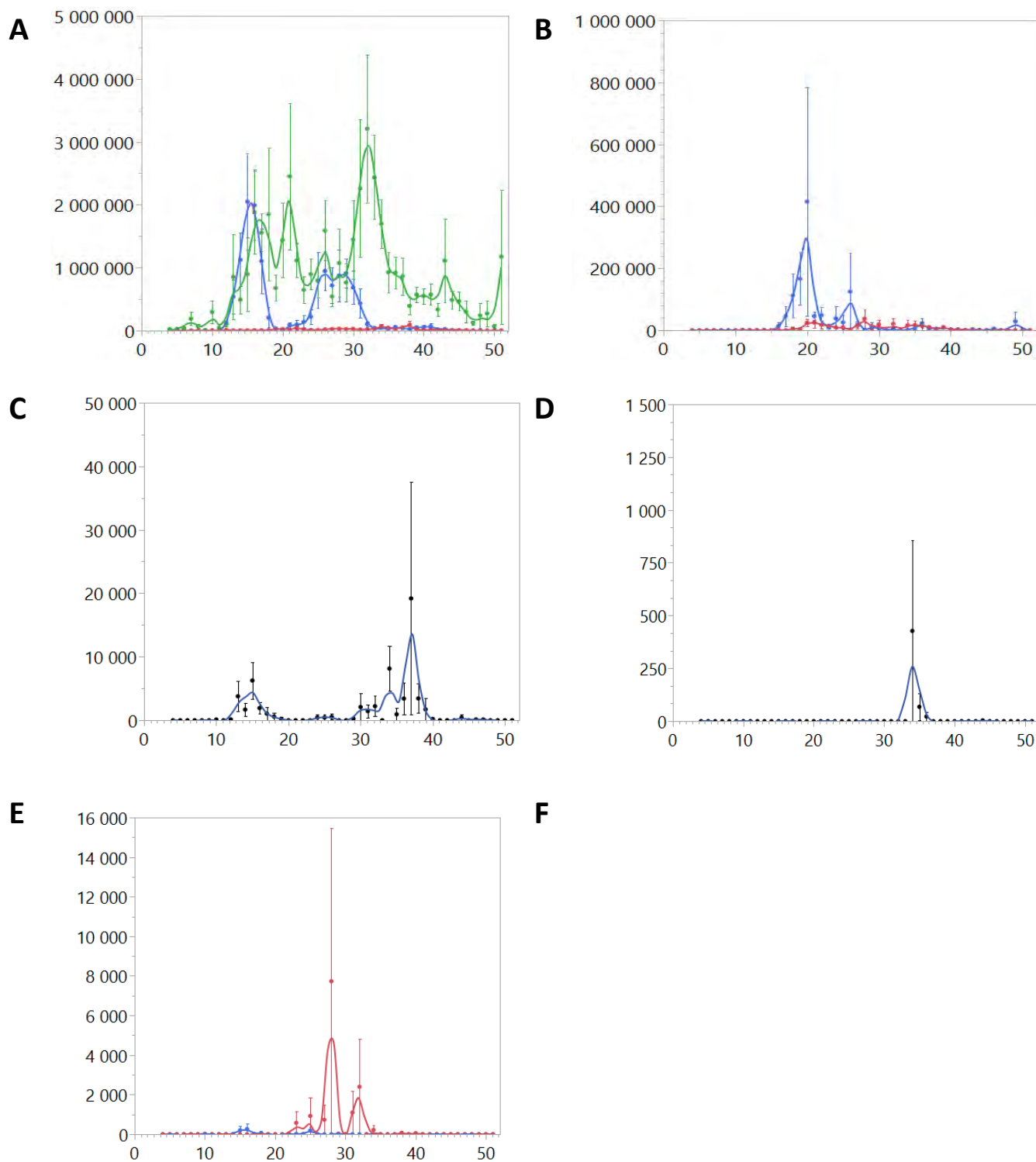
3.2.1.1 Forekomster i norske farvann

Historiske data, i alle fall der man har en lengre tidsserie, kan vise oss et «typisk» sesongforløp for gitte arter i et område. Denne typen fremstilling kan f.eks være med å spisse et overvåkningsprogram ved å identifisere perioder hvor risikoen for oppblomstring og skade på fisken er størst. Det finnes så vidt oss bekjent ikke mange stasjoner langs kysten hvor slike tidsserier finnes, så denne typen informasjon er mangelvare. I Figur 2 vises et eksempel basert på data fra en stasjon i Hjeltefjorden nord-vest for Bergen hvor vi har en relativt lang tidsserie (2005 -2017). Prøvene er innhentet som en del av Mattilsynet sitt overvåkningsprogram² (se 3.1). På dette datasettet har vi brukt en statistisk modell (GAM) for å beskrive sesongvariasjonen i forekomsten av algearter, inkludert oppblomstringsstidspunkt, tidspunkt for maks biomasse og varighet av blomstring. Det foreligger ikke data fra vintermånedene, da algeforekomstene da er svært lave. Artene som er vist forekom i minst 4 av de resterende 8 månedene, i mer enn i 30 av prøvene og hadde en signifikant effekt av uke i analysene.

I Figur 3 vises et annet eksempel på sesongvariasjon i forekomster av skadelige alger på en stasjon i Lyngen i Troms hvor det også foreligger en relativt lang tidsserie. Her er det ikke gjort noen statistisk analyse, men figurene gir et inntrykk av hvilke uker det historisk har vært høyest forekomster av de ulike artene. Dataene viser også at flere kjente skadelig arter veldig sjelden observeres i dette området i perioden tidsserien dekker.



Figur 2. Predikert sesongvariasjon (grønn linje med 95% konfidensintervall) i Hjeltefjorden, Vestland. Blå linje; uke for maksimalt predikert telletall (celler/L). Område(r) i blått; uker med predikert oppblomstring (celletall 5% over median for året), og svarte punkter; alle observasjoner. A. *Karenia mikimotoi*, B. Prymnesiales (< 5µm), C. Prymnesiales (5-10 µm), D. *Octactis speculum* og E. *Chaetoceros wighamii*. Prøvene er tatt som en del av Mattilsynet sitt overvåkningsprogram².



Figur 3. Algeforekomster på en stasjon i Lyngen. Basert på analyse av over 400 prøver tatt i perioden 2009-2017. Prøvene er tatt som en del av Mattilsynet sitt overvåkningsprogram². X-aksen viser ukenummer, Y aksen viser forekomst (gjennomsnitt ± SE). NB ulik skala. **A.** Forekomster av kiselalger (blå), flagellater (grønn) og fureflagellater (rød). **B.** Prymnesiales (< 5µm) (blå), Prymnesiales (5-10 µm)(rød) **C.** Forekomster av *Heterosigma akashiwo* **D.** Forekomster av *Karenia mikimotoi*. **E.** Forekomster av *Chaetoceros wighamii* (rød) og *C. convolutus* (blå).

3.2.2 Tema 2. Avbøtende tiltak/responsmetoder

Algeovervåkning og varsling er komplekst og på tross av betydelige fremskritt de siste tiårene har man pt ikke noe system som kan varsle oppblomstringer av skadelige alger med stor grad av sikkerhet. I mange tilfeller får derfor oppdretter ingen «early warning» og må satse på skadebegrensning i stedet. Tiltak for å begrense skade kan være av teknisk karakter (f.eks. boblegardin, skjørt), av driftsmessig art (f.eks. redusert fôring, unngå håndtering) eller knyttet til organisering (tilgang på avlastningslokaliteter, fartøysberedskap til flytting av fisk). Dette er et tema hvor vi på forhånd antok at mengden vitenskapelig litteratur var begrenset. Det viste seg også at det var svært lite vitenskapelig litteratur på dette temaet. Tabell 4 viser hvordan vi har systematisert litteraturen på avbøtende tiltak.

3.2.3 Tema 3. Metoder for deteksjon

Enhver form for varsling og/eller avbøtende tiltak krever at man kan detektere tilstedeværelsen av alger i vannet, ideelt sett ned til artsnivå. Det finnes en lang rekke ulike tilnærminger til å detektere alger, og det er en rivende utvikling av nye metoder og forbedring/optimalisering av «gamle» metoder. Det jobbes med å utvikle presise og billige metoder for å identifisere art og mengde i vannprøver i laboratoriet, det jobbes med å forbedre sensorer for å detektere forekomster av skadelige alger *in-situ*, det jobbes med å videreutvikle metodikk for fjernmåling (satellitt) og med å utvikle autonome plattformer. De ulike tilnærmingerne har en del «iboende» egenskaper f.eks. når det gjelder hvilken type data de genererer, sensitivitet, krav til teknisk ekspertise, fasiliteter og kostnader. Noen tilnærminger kan derfor være godt egnet for forskning, men mindre egnet til rutineovervåkning, og omvendt. Vi har oppsummert prinsippene bak de ulike tilnærmingerne og deres styrker og svakheter. Tabell 5 viser hvordan vi har systematisert litteraturen på metoder for deteksjon

3.2.4 Tema 4. Operasjonell overvåkning internasjonalt

Alger og maneter skaper problemer for andre næringer enn akvakultur. Mens fiskevelferd er viktig for fiskeoppdrett, kan brunfarget vann eller skum på strender være problemet for turisme. Hva som finnes av operasjonell overvåkning og varsling internasjonalt, hvordan disse systemene er bygget opp (f.eks. metoder/teknologi som anvendes), og hvordan de er organisert er tilpasset det problemet man har og naturgitte forhold. Et eksempel er Irland hvor de har valgt å bygge opp et system som kombinerer fjernmåling (satellitt), hydrodynamisk modellering og *in-situ* observasjoner fra et nettverk av stasjoner (Leadbetter et al. 2018, Cusack et al. 2018). Data fra disse kildene vurderes av eksperter og basert på dette utstedes det en ukentlig HAB Bulletin med risikovurdering. Den irske tilnærming er skreddersydd for «deres» case-med høsteforbud for skjell som hovedutfordring.

Vi har sammenstilt litteratur som beskriver systemer for operasjonell overvåkning/varsling internasjonalt. Det viste seg å være en begrenset mengde litteratur som faktisk beskriver operasjonelle overvåkingsprogrammer. Vi har derfor inkludert noe litteratur av typen «proof of concept» som beskriver hvordan det kan gjøres. Vi har også tatt med noen eksempler som ikke er beskrevet i litteraturen. Det er imidlertid en omfattende litteratur på teknologi/instrumenter og metoder som kan inngå i operasjonell overvåkning, og flere av disse er oppsummert under Tema 3. Tabell 6 viser hvordan vi har systematisert litteraturen på operasjonell overvåkning internasjonalt.

Tabell 4. Utklipp fra Excel som illustrerer hvordan vi har organisert resultatene fra literatursøk på avbøtende tiltak

Alge/Manet (art)	Art fisk	Type studium/land/region	Tiltakstype testet	Resultat	Sammendrag	Referanse	Link
<i>Pseudocostionella verruculosa</i>	<i>Salmo salar</i>	Felt/Chile	Under den massive blomstringen i 2016. Flytting av merder Forsøket utsett Skjørt (kombinert med airift upwelling) Redusert føring Airift upwelling/boble gardin	Med unntak av de to øverste var alle mislykket. Diskuterer hvorfor	Oppblomstringen av <i>Pseudocostionella</i> i Chile i 2016 rammet store områder og førte til massiv dødelighet. Under denne blomstringen var det flere ulike tiltak som ble iverksatt, og det store omfanget gjorde det mulig å sammenlikne hvilken effekt de ulike tiltakene hadde hatt på dødeligheten. Oppstrømming fungerte dårlig, både når det ble brukt alene og når det ble brukt sammen med lusekjørt. En av årsakene var at konsentrasjonene av algeceller også var høy (såkalte «thin layers») i det vannet som ble bragt til overflaten. Forfatterne spekulerte også i om luftboblene fikk algecellene til å sprekke slik at giftstoffene kom ut i vannet, og dermed gjorde situasjonen verre.	Mardones, J. I., Paredes, J., Godoy, M., Suarez, R., Norambuena, L., Vargas, V., ... & Hallegraeff, G. M. (2021). Disentangling the environmental processes responsible for the world's largest farmed fish-killing harmful algal bloom: Chile, 2016. <i>Science of the Total Environment</i> , 766, 144383.	https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0048969720379146?token=78D054175117182DEA48ACAC1AC79C6FFC35802133F4711C0543D775B74E69268D4E2C8C4&origiRegion=eu-west-1&originCreation=20210505170406
	<i>Oncorhynchus kisutch</i> <i>Oncorhynchus mykiss</i>						
<i>Pseudocostionella verruculosa</i>	<i>Salmo salar</i>	Felt Canada	Air lift upwelling	Det var lavere konsentrasjoner inne merdene som hadde upwelling, men forfatterne var usikre på hvilken effekt det hadde på dødeligheten	En oppblomstring av <i>Pseudocostionella verruculosa</i> forårsaket fiskedød på et oppdrettsanlegg i New Zealand. Effekt av tiltak var ikke et hovedtema i dette arbeidet, men en av merdene i anlegget hadde oppstrømming. Forfatterne påpeker at dette førte til lavere algekonsentrasjoner i denne merden, men de var usikre på hvilken effekt det hadde hatt på dødeligheten.	Mackenzie, L. A., Smith, K. F., Rhodes, L. L., Brown, A., Langi, V., Edgar, M., ... & Preece, M. (2011). Mortalities of sea-cage salmon (<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>) due to a bloom of <i>Pseudocostionella verruculosa</i> (Dictyochophyceae) in Queen Charlotte Sound, New Zealand. <i>Harmful Algae</i> , 11, 45-53.	https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S144860921003887?token=2CD0CFB78DE1C6D050E1109C220FF914E519E44687B59FF1076C9856446148893A1864404492484885F765C172F7821&origiRegion=eu-west-1&originCreation=20220906081033
Ikke spesifisert	Ikke spesifisert	Modellering	Air lift upwelling		Væskedynamisk modellering (computational fluid dynamics (CFD) modeling) er brukt for å simulere effekten av oppstrømming. I modellen hadde forfatterne en antagelse om at algene oppfører seg som et sporstoff i vannet. I modellen var det satt opp diffusorer på 10 og 15 m dyp. De simulerte algekonsentrasjoner for hver meter i dybdeintervallet 1-7 m og sammenliknet effekten mellom de to diffusordypene. Det var en betydelig reduksjon av algekonsentrasjon i begge tilfellene, men effekten ble best med diffusorer plassert på 10 m i dette oppsettet.	Rivas, J., Baquedano, J. L., Villedor, R., Jerez, G., Albistur, P., & Donoso-Bravo, A. (2021). CFD-based simulation assessment of an artificial upwelling antibiotic system for a salmon farming site. <i>Aquacultural Engineering</i> , 95, 102182.	https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0144860921003887?token=2CD0CFB78DE1C6D050E1109C220FF914E519E44687B59FF1076C9856446148893A1864404492484885F765C172F7821&origiRegion=eu-west-1&originCreation=20220906081033

Tabell 5. Utklipp fra Excel som illustrerer hvordan vi har organisert resultatene fra litteratursøk på deteksjonsmetoder.

Existing technology to monitor/detect HABs													
Approach	Sensor / instrument	company	type of sensor	what is being detected?	which species	region	TRL	output	website	Reference	Link to publication	advantages	challenges
Image-based approaches Imaging FlowCytobot (IFCB)	Imaging FlowCytobot (IFCB)	McLeane	The IFCB combines flow cytometric and video technology to autonomously generate high-resolution images (~3.4 pixels/ μm) of particles ranging in size from <10 to 150 μm .	plankton communities	Chlorophyll fluorescence, all species with size detectable with optical microscope	Shetland	8	map and time-series based visualization tools with 'traffic light' system to indicate risk for aquaculture industry and humans	https://www.HAB-Reports.org/web-site	Ruiz-Villarreal, M., Sourisseau, M., Anderson, P., Cusack, C., Neira, P., Silke, J., ... & Davidson, K. (2022). Novel Methodologies for Providing in Situ Data to HAB Early Warning Systems in the European Atlantic Area: The PRIMROSE Experience. Front. Current Challenges in Providing Early Warning of Harmful Algal and Microbiological Risk to Aquaculture , 9, 791329.	maix-09-791329 [1].pdf	Can measure continuously	Expensive instruments
			Campbell, L., Henrichs, D. W., Peacock, E. E., Futrelle, J., & Sosik, H. M. (2016). Imaging FlowCytobot provides novel insights on phytoplankton community dynamics. Marine and Fresh-Water Harmful Algae, 74. Olson, R. J., & Sosik, H. M. (2007). A submersible imaging-in-flow instrument to analyze nano-and microplankton: Imaging FlowCytobot. Limnology and Oceanography: Methods, 5(6), 195-203. Many references. Various version of the FlowCam has been used off many years										
In situ optical microscope system	Scripps Plankton Camera System (SPC)	Fluid Imaging Technologies Inc		plankton communities;			8		https://www.fluidimaging.com/				lowest size threshold rather high-chain-forming diatoms can
				plankton communities;		Scripps Pier plankton series			http://spc.ucsd.edu/		https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/lom3.10394		

Tabell 6. Utklipp fra Excel som illustrerer hvordan vi har organisert resultatene fra litteratursøk på operasjonell overvåkning

Existing technology to monitor/detect HABs											
Approach	Sensor/ instrument	company	type of sensor	what is being detected?	which species	region	state of development	output	website	Reference	Link to publication
Remote Sensing approaches (combined with modeling) remote sensing, combined with high-resolution mathematical modeling; targeted towards blooms that develop offshore and are advected to the coast				HAB classification methodology of Kurekin et al. (2014), in which a linear discriminant analysis classifier is trained to identify ocean colour characteristics of known <i>K. mikimotoi</i> bloom events	<i>Karenia mikimotoi</i>	Scotland	operational	map and time-series based visualization tools with 'traffic light' system to indicate risk for aquaculture industry and humans	https://www.HAB-reports.org/websites	Davidson, K., Whyte, C., Aleynik, D., Dale, A., Gontarek, S., Kurekin, A. A., ... & Swan, S. (2021). HABreports: online early warning of harmful algal and biotoxin risk for the Scottish shellfish and finfish aquaculture industries. <i>Frontiers in Marine Science</i> , 8, 631792.	https://doi.org/10.3389/fmars.2021.631792
	Remote sensing, combined with high-resolution mathematical modeling; targeted towards blooms that develop offshore and are advected to the coast	ocean color imagery from the Sea-WiFS/OrbView-2 satellite and processed using coastal-specific algorithms; wind data from coastal and offshore buoys; field observations of bloom location and intensity provided by state agencies, and forecasts from the National Weather Service.			analysis of satellite imagery with field and meteorological station data. The effort involves several components or models: (a) monitoring the movement of an algal bloom that has previously been identified as a HAB (type 1 forecast); (b) detecting new blooms as HAB or non-HAB (type 2); (c) predicting the movement of an identified HAB (type 3); (d) predicting conditions favorable for a HAB to occur where numerical models, ecological forecast models of the target group, <i>Pseudonitzschia</i> , and satellite ocean color imagery.	<i>Karenia brevis</i>	West Florida Shelf/ Gulf of Mexico	operational	twice-weekly HAB bloom forecast for coastal Florida	https://tidesandcurrents.noaa.gov/hab/gomx.html	
Remote sensing, physical circulation models, statistical predictions of bloom or toxin probability					<i>Pseudonitzschia</i> spp.	California	operational	C-HARM program:	https://www.cdc-nios.org/observatories/models/forecasts/	Anderson, C. R., Kudela, R. M., Kahru, M., Chao, Y., Rosenfeld, L. K., Bahr, F. L., ... & Norris, T. A. (2016). Initial skill assessment of the California harmful algae risk mapping (C-HARM) system. <i>Harmful Algae</i> , 59, 1-18.	https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S156898831501037204989082A502D78A41450A98A88781E47918670B398228FFC3763E8FD6C00A9540AEB95&ot=1&origin=Creation

3.2.5 Faktaark

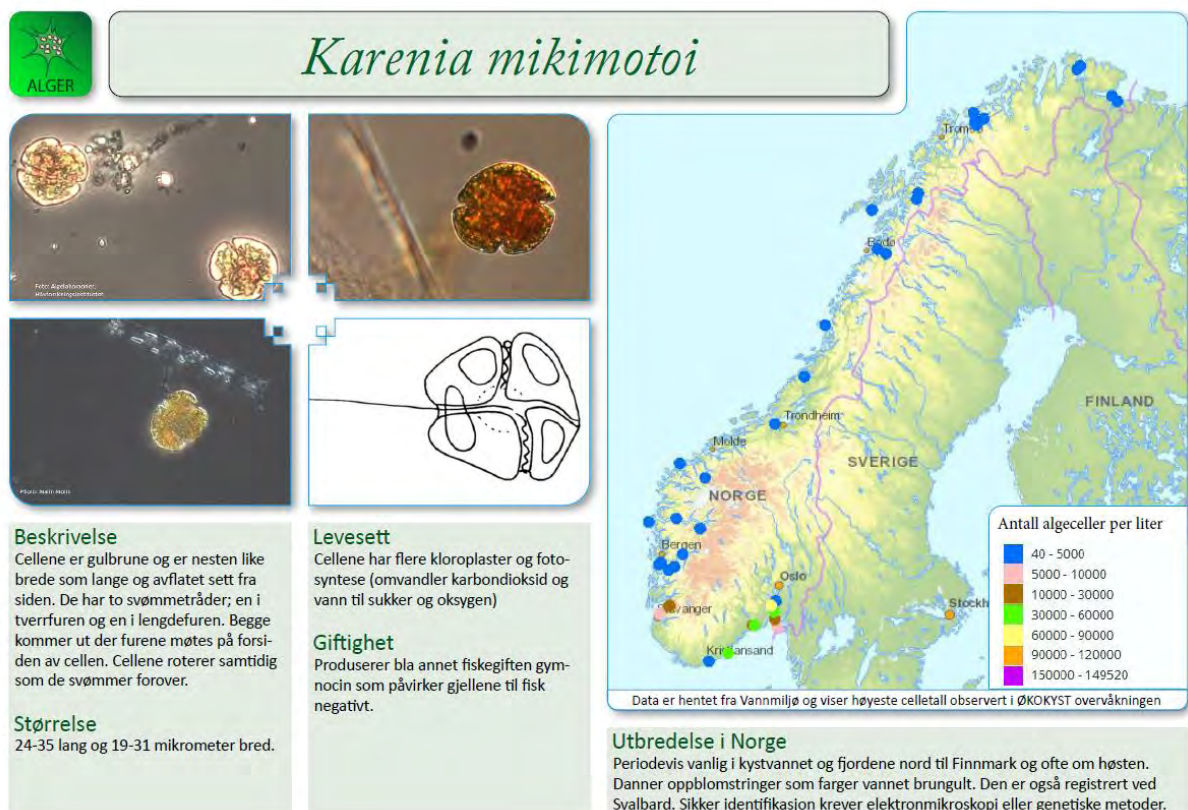
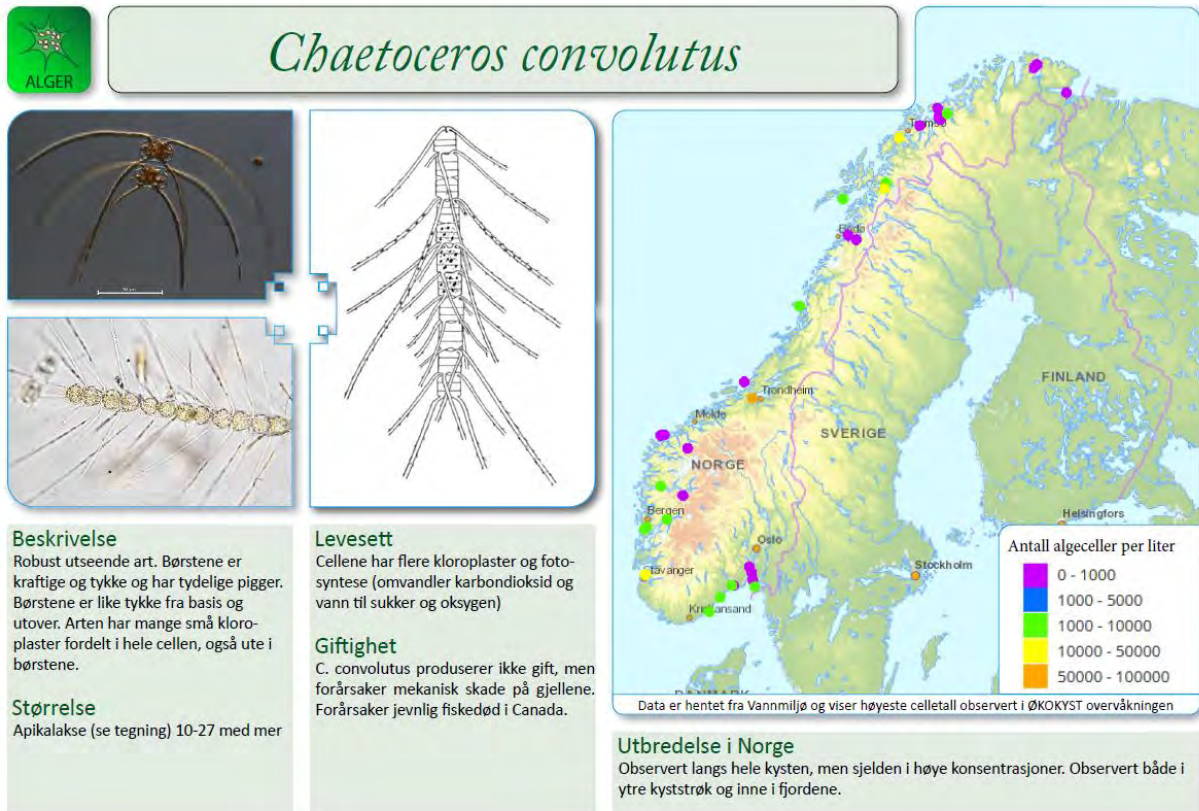
Den formelle leveransen fra Arbeidspakke 1 var faktaark om skadelige alger og maneter som forekommer i våre farvann. Faktaarkene skulle på en kort og lettfattelig måte sammenfatte noen hovedtrekk ved de ulike artene; en morfologisk beskrivelse, levesett, hvordan arten skader fisk, samt et kart over utbredelse i Norge (for de artene hvor det finnes datagrunnlag til å utarbeide et slikt kart). Faktaarkene ble laget på et format som gjør at de kan skrives ut i et «liggende» A4 format. For eksempel på faktaark se (Figur 4 og

Figur 5. Eksempel på faktaark maneter. Øverst Rød brennmanet (*Cyanea capillata*). Nederst Perlesnormanet (*Apolemia uvaria*).

). Alle faktaarkene kan finnes på NIVA sin hjemmeside

<https://www.niva.no/forskning/akvakultur/faktaark-om-alger> og på FHF sin hjemmeside

<https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901664/>



Figur 4. Eksempel på faktaark alger. Øverst kiselalgen *Chaetoceros convolutus*. Nederst fureflagellaten *Karenia mikimotoi*.



Cyanea capillata (Rød brennmanet)



Beskrivelse

Hører til skivemanetene (Orden Semaestomeae). Rød brennmanet er en av de største manetartene som finnes. Fargen varierer fra lys oransje til mørk rød-brun. Den har mange og lange brenntråder som kan bli opptil 30 meter lange.

Størrelse

50 cm – 2 m i diameter.

Levesett

Rød brennmanet er et rovdyr. Den driver med strømmen men har svømmebevegelser som gjør at de kan regulere dypet de befinner seg på.

Giftighet

Rød brennmanet tilhører nesledyrene. Nesledyrene har neslegift som de bruker til å lamme og drepe byttedyr eller beskytte seg mot fiender. Rød brennmanet svir kraftig hvis man får den på huden, og neslegiften kan skade fiskens gjeller, hud og øyne. Neslecellene sitter på brenntrådene og disse kan forårsake skade også når de er revet av dyret. Forårsaket dødelighet hos oppdrettsfisk i Norge.



Utbredelse i Norge

Rød brennmanet er den vanligste brennmaneten i våre farvann og forekommer langs hele kysten og i fjordene. Høyest forekomster om sommeren.



Apolemia uvaria (Perlesnormanet)



Beskrivelse

Hører til kolonimanetene (Orden Siphonophorae). Perlesnormaneten har fått navnet fordi den kan minne om et perlekjede. Kolonien er dannet av en sentral streng som bærer grupper av rosa og hvite tentakler som klumper seg sammen eller strekker seg utover. Kolonien har en luftblære i den ene enden og mindre blærer i kjeden.

Størrelse

En koloni kan nå 3 m i total lengde og ha en diameter på 2–5 cm, og de enkelte cellene har en diameter på rundt 15 mm.

Levesett

Perlesnormaneten er et rovdyr og fungerer som drivgarn, som sprer tentaklene for å fange annet plankton. Perlesnormaneten spres passivt med strømmen. Den finnes i hele vannsøylen ned til 1000 meter.

Giftighet

Perlesnormaneten tilhører nesledyrene. Nesledyrene har neslegift som de bruker til å lamme og drepe byttedyr eller fiender. Denne neslegiften kan skade fiskens gjeller, hud og øyne. Har forårsaket fiskedød i Norge.



Utbredelse i Norge

Observert flere steder langs kysten både i Vestland, Trøndelag, Nordland, Troms. Forekommer primært på høsten og vinteren.

Figur 5. Eksempel på faktaark maneter. Øverst Rød brennmanet (*Cyanea capillata*). Nederst Perlesnormanet (*Apolemia uvaria*).

4 Hovedfunn

- Kunnskapsgrunnlaget om skadelig alger er bedre enn for skadelige maneter, men det er relativt få artikler med primærdata, dvs. artikler som dokumenterer faktiske tilfeller hvor alger og maneter knyttes direkte til fiskedød, gjelleskader, dårlig appetitt eller anormal adferd. Det var en svært begrenset litteratur på avbøtende tiltak og hvor godt ulike tiltak fungerer. Dette er et vesentlig kunnskapshull i litteraturen.
- Intervjuundersøkelsen avdekket at episoder med alger og maneter grovt kan deles i to kategorier. Type 1 episoder resulterte i massiv dødelighet. Disse var karakterisert av et svært akutt forløp uten tegn på at noe var galt før fisken begynte å dø. Håndtering av dødfisk ble et betydelig problem og viktig infrastruktur (brønnbåter, ensilasje og slakteri) ble overbelastet. Å få bort fisken var det eneste avbøtende tiltaket som kunne forhindre stor dødelighet.
- Type 2 episoder førte til noe forhøyet dødelighet, og/eller gjelleskader eller tap av appetitt. Flere avbøtende tiltak ble nevnt både av teknisk karakter (oppstrømming, boble gardiner og luseskjørt) og driftsmessig karakter (stoppe/reducere fôring, avstå fra all for håndtering). Effektiviteten av ulike tiltak ble beskrevet som variabel og suksess var avhengig av en rekke faktorer som algetype, alge/manetens vertikalfordeling, strøm og bølgeforhold, oksygenforhold. Enighet om at det å stoppe fôring og unngå håndtering av fisken avhjelper situasjonen og dermed en beste praksis.
- Flere av respondentene i intervjuundersøkelsen understreker betydningen av overvåkning og varsling, da alle avbøtende tiltakene vil kreve noe tid for å bli iverksatt. Felles beredskapsplaner innenfor en region fremheves også som en viktig del av fremtidig beredskap, da mange vil ha bruk for samme infrastruktur samtidig
- Vi har vist hvordan vitenskapelig og erfaringsbasert kunnskap kan integreres og fremstilles på en lettfattelig måte i et brukervennlig verktøy. Kunnskap som har støtte både i vitenskapelig litteratur og i praktisk erfaring kan presenteres som råd eller beste praksis i verktøyet, mens aspekter hvor både vitenskapelig og erfaringsbasert kunnskap mangler blir identifisert og synliggjort.

5 Referanser

- Anderson, D. M., Alpermann, T. J., Cembella, A. D., Collos, Y., Masseret, E., & Montresor, M. (2012). The globally distributed genus *Alexandrium*: multifaceted roles in marine ecosystems and impacts on human health. *Harmful algae*, 14, 10-35.
- Baxter EJ, Rodger HD, McAllen R, Doyle TK. (2011a) Gill disorders in marine-farmed salmon: investigating the role of hydrozoan jellyfish. *Aquacult Environ Interact* 1:245-257.
- Baxter EJ, Sturt MM, Ruane NM, Doyle TK, McAllen R, Harman L, Rodger HD. (2011b) Gill damage to Atlantic Salmon (*Salmo salar*) caused by the common jellyfish (*Aurelia aurita*) under experimental challenge. *PLOS ONE* 6:e18529.
- Berdalet, E., Fleming, L. E., Gowen, R., Davidson, K., Hess, P., Backer, L. C., Moore, S. K., Hoagland, P. and Enevoldsen, H. (2016). Marine harmful algal blooms, human health and wellbeing: challenges and opportunities in the 21st century. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 96(1), pp.61-91.
- Bosch-Belmar M, Milisenda G, Basso L., Doyle TK., Leone A & Piraino, S. (2020) Jellyfish Impacts on Marine Aquaculture and Fisheries. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 1-18.
- Båmstedt, U., Fosså, J. H., Martinussen, M. B. and Fosshagen, A. (1998) Mass occurrence of the physonect siphonophore *Apolemia uvaria* (Lesueur) in Norwegian waters, *Sarsia*, 83(1), pp.79-85.
- Condon, R. H., Duarte, C. M., Pitt, K. A., Robinson, K. L., Lucas, C. H., Sutherland, K. R., Mianzan, H.W., Borgeberg, M., Purcell, J.E., Decker, M.B., Uye, S. I., Madin, L.P., Brodeur R.D., Haddock, S.H.D., Malej, A., Parry, G.D., Eriksen, E., Quiñones, J., Acha, M., Harvey, M., Arthur, J.M. and Graham, W.M. (2013) Recurrent jellyfish blooms are a consequence of global oscillations, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(3), pp.1000-1005.
- Cusack, C., Silke, J., Ruiz-Villarreal, M., Eikrem, W., Dale, T., Moej, F. et al. (2018). Harmful Algal Bloom Bulletins. AtlantOS Deliverable, D8.6. AtlantOS, 36 pp. DOI [10.3289/AtlantOS_D8.6](https://doi.org/10.3289/AtlantOS_D8.6).
- Delannoy CMJ, Houghton JDR, Fleming NEC, Ferguson HW. (2011) Mauve Stingers (*Pelagia noctiluca*) as carriers of the bacterial fish pathogen *Tenacibaculum maritimum*. *Aquaculture* 311:255-257.
- Dong, Z., Liu, D. and Keesing, J. K. (2010) Jellyfish blooms in China: dominant species, causes and consequences, *Marine pollution bulletin*, 60(7), pp.954-963.
- Fenner, P. J., Lippmann, J. and Gershwin, L. A. (2010) Fatal and nonfatal severe jellyfish stings in Thai waters, *Journal of travel medicine*, 17(2), pp.133-138.
- Ferguson HW, Christian MD, Hay S, Nicolson J, Sutherland D, Crumlish M. (2010). Jellyfish as vectors of bacterial disease for farmed salmon (*Salmo salar*). *J Vet Diagn Invest* 22:376-382.
- Glibert, P. M. (2020). Harmful algae at the complex nexus of eutrophication and climate change. *Harmful algae*, 91, 101583.
- Gobler, C. J. (2020). Climate change and harmful algal blooms: insights and perspective. *Harmful Algae*, 91, 101731.
- Gobler, C. J., Doherty, O. M., Hattenrath-Lehmann, T. K., Griffith, A. W., Kang, Y., & Litaker, R. W. (2017). Ocean warming since 1982 has expanded the niche of toxic algal blooms in the North Atlantic and North Pacific oceans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(19), 4975-4980.
- Goldstein, J., & Steiner, U. K. (2020). Ecological drivers of jellyfish blooms—The complex life history of a ‘well-known’ medusa (*Aurelia aurita*). *Journal of Animal Ecology*, 89(3), 910-920.
- Hallegraeff, G. (2003) Harmful algal blooms: a global overview *Manual on harmful marine microalgae* 33, pp.1-22.
- Halsband, C., Majaneva, S., Hosia, A., Emaus, P. A., Gaardsted, F., Zhou, Q., Nøst, O. A. and Renaud, P. E. (2018) Jellyfish summer distribution, diversity and impact on fish farms in a Nordic fjord, *Marine Ecology Progress Series*, 591, pp.267-279
- Haraldsson, M., Tönnesson, K., Tiselius, P., Thingstad, T. F., & Aksnes, D. L. (2012). Relationship between fish and jellyfish as a function of eutrophication and water clarity. *Marine Ecology Progress Series*, 471, 73-85.
- Heisler, J., Glibert, P. M., Burkholder, J. M., Anderson, D. M., Cochlan, W., Dennison, W. C., ... & Lewitus, A (2008). Eutrophication and harmful algal blooms: a scientific consensus. *Harmful algae*, 8(1), 3-13.
- Leadbetter, A., Silke, J., & Cusack, C. (2018). *Creating a Weekly Harmful Algal Bloom Bulletin*. Marine Institute.
- Montes, R. M., Rojas, X., Artacho, P., Tello, A., & Quiñones, R. A. (2018). Quantifying harmful algal bloom thresholds for farmed salmon in southern Chile. *Harmful Algae*, 77, 55-65.
- Powell MD, Åtland Å, Dale T. (2018) Acute lion's mane jellyfish, *Cyanea capillata* (Cnidaria: Scyphozoa), exposure to Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *J Fish Dis*:1-9.
- Purcell, J. E., Uye, S. I. and Lo, W. T. (2007) Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review. *Marine Ecology Progress Series*, 350, pp.153-174
- Purcell, J. E. (2012). Jellyfish and ctenophore blooms coincide with human proliferations and environmental perturbations. *Annual Review of Marine Science*, 4, 209-235.
- Rensel, J. E. and Whyte, J. N. C. (2003) Finfish mariculture and harmful algal blooms. *Manual on harmful marine microalgae. Monographs on oceanographic methodology*, 11, pp.693-722.
- Richardson, A. J., Bakun, A., Hays, G. C., & Gibbons, M. J. (2009). The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous future. *Trends in ecology & evolution*, 24(6), 312-322.
- Rodger HD, Henry L, Mitchell SO. (2011) Non-infectious gill disorders of marine salmonid fish. *Rev Fish Biol Fish* 21:423-440.
- Småge, S. B., Brevik, Ø. J., Frisch, K., Watanabe, K., Duesund, H. and Nylund, A. (2017) Concurrent jellyfish blooms and tenacibaculosis outbreaks in Northern Norwegian Atlantic salmon (*Salmo salar*) farms', *PloS one*, 12(11), e0187476.

- Wells, M. L., Trainer, V. L., Smayda, T. J., Karlson, B. S., Trick, C. G., Kudela, R. M., ... & Cochlan, W. P. (2015). Harmful algal blooms and climate change: Learning from the past and present to forecast the future. *Harmful algae*, 49, 68-93.
- Zingone, A. and Enevoldsen, H. O. (2000) The diversity of harmful algal blooms: a challenge for science and management. *Ocean & Coastal Management*, 43(8-9), pp.725-748
- Åtland Å, Dale T & Bloecher N (2020). Environmental considerations in aquaculture health management. In *Aquaculture Health Management* (pp. 235-280). Academic Press.

Vedlegg A. Rapport fra Arbeidspakke 2

Episoder med skadelige alger og maneter i oppdrett - hva kan vi lære av erfaringer fra merdkanten



RAPPORT

Hovedkontor

Økernveien 94
0579 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: www.niva.no

Tittel Episoder med skadelige alger og maneter i oppdrett- hva kan vi lære av erfaringer fra merdkanten	Løpenummer 7755-2022	Dato 09.06.2022
Forfatter(e) Trine Dale, Trude Borch ¹ , Gjermund Bahr ¹ , Patricio Feest ² , Fernanda Cisterna ² ¹ Akvaplan-niva, ² NIVA Chile	Akvakultur	Distribusjon Åpen
	Geografisk område	Sider 27+ vedlegg

Oppdragsgiver(e) FHF – Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering	Kontaktperson hos oppdragsgiver Kjell Maroni
Oppdragsgivers utgivelse:	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 210052

Sammendrag

Noen ganger forårsaker oppblomstringer av alger og maneter skadelig for akvakulturvirkosomhet og forårsaker fiskedød og redusert fiskevelferd. Et ferskt eksempel er oppblomstringen av *Chrysochromulia leadbeateri* i 2019 som forårsaket massiv fiskedød og store tap for de oppdretterne som ble berørt. Det er en bekymring for at havbruksnæringen vil oppleve økte problemer med skadelige alger og maneter i fremtiden grunnet klimaendringer. Et steg på veien mot et system som kan bidra til å forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter er å sammenstille eksisterende kunnskap, både den som finnes i forsknings- og teknologimiljøene og den som næringen selv besitter. I dette prosjektet har vi samlet vitenskapelig og erfaringsbasert kunnskap om hvordan skader grunnet alger og maneter kan forebygges og håndteres, og laget en prototype på et brukervennlig verktøy som tilgjengeliggjør dette kunnskapsgrunnlaget. Vi har innhentet erfaringsbasert kunnskap gjennom dybdeintervjuer med oppdrettere og fiskehelsepersonell fra Norge, Chile, Canada og UK. Her rapporteres resultatene fra disse intervjuene herunder respondentenes beskrivelser av hvordan episoder med skadelige alger og manetoppblomstringer arter seg, deres erfaringer med ulike avbøtende tiltak og hvordan disse har virket, tanker omkring hvordan man kan bygge beredskap for fremtiden.

Fire emneord	Four keywords
1. Lakseoppdrett	1. Salmon farming
2. Algeoppblomstring	2. Algal bloom
3. Manetoppblomstring	3. Jellyfish bloom
4. Dødelighet	4. Fish mortality

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Trine Dale
Prosjektleder/Hovedforfatter

Åse Åtland
Kvalitetssikrer

Åse Åtland
Forskningsdirektør

ISBN 978-82-577-7491-2
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

**Episoder med skadelige alger og maneter i
oppdrett- hva kan vi lære av erfaringer fra
merdkanten?**

Forord

I prosjektet "Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter" er eksisterende kunnskap, både den som finnes i forsknings- og teknologimiljøene og den som næringen selv besitter kartlagt og sammenstilt. Kunnskapen skal integreres i et brukervennlig verktøy hvis ultimate mål er å unngå skade på fisk i forbindelse med skadelige alger og maneter. Inneværende rapport er en delrapport hvor vi har sammenstilt erfaringsbasert kunnskap knyttet til alge- og manetoppblomstringer i oppdrett. Prosjektet er finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF prosjektnummer 901664) og har vært gjennomført som et samarbeid mellom NIVA, NIVA Chile, Akvaplan-niva og Glåmseter Industridesign. Takk til Ole-Kristian Hess-Erga, Kamilla Furseth og Sanna Matsson for hjelp med transkribering av intervjuene og til Paula Andrea Rojas-Tirado, Bibiana Crespo og Endre Steigum for hjelp med oversettelse mellom spansk og norsk.

Bergen, 08.06.2022

Trine Dale/Prosjektleder

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon og bakgrunn.....	7
2	Materiale og metode.....	8
3	Resultater	9
3.1	Hva skjedde ?	9
3.1.1	Episoder med massedød.....	9
3.1.2	Beskrevne episoder med forhøyet dødelighet, gjelleproblemer, sår og dårlig appetitt.....	11
3.2	Tiltak	13
3.2.1	Redusert fôring	13
3.2.2	«Fred og ro».....	14
3.2.3	Skape oppstrømming/ «upwelling» av dypvann	14
3.2.4	Boblegardiner	15
3.2.5	Luseskjørt/semi-lukket	15
3.2.6	Flytting av fisk	16
3.2.7	Slakting.....	17
3.3	Skadelig alger og maneter som risikofaktor for din virksomhet.....	22
3.4	Felleskapsløsninger	23
3.4.1	Overvåkning	23
3.4.2	Varsling/Datadeling/informasjonsutveksling	24
3.4.3	Felles beredskapsplaner	25
3.5	Kunnskap/utdanning/opplæring.....	26
4	Referanser	28

Sammendrag

Alge og manet oppblomstringer er naturlige fenomen. Noen ganger er imidlertid oppblomstringer av alger og maneter skadelige for akvakulturvirksomhet og forårsaker fiskedød og redusert fiskevelferd. Et ferskt eksempel på dette er oppblomstringen av *Chrysochromulia leadbeateri* i 2019 som forårsaket massiv fiskedød og store tap for de oppdretterne som ble berørt. Temperaturøkning, eutrofiering, havforsuring og endringer i sirkulasjonsmønster og lagdeling er faktorer som enkeltvis eller i kombinasjon kan endre frekvensen og intensiteten av skadelige alge- og manetoppblomstringer. Det er derfor en bekymring for at havbruksnæringen vil oppleve økte problemer med skadelige alger og maneter i fremtiden. Første steg på veien mot et system som kan bidra til å forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter er å sammenstille eksisterende kunnskap, både den som finnes i forsknings- og teknologimiljøene og den som næringen selv besitter. Vitenskapelig kunnskap kan imidlertid være vanskelig tilgjengelig for praktikere, og erfaringene fra merdkanten tilflyter ikke nødvendigvis forskningsmiljøene. I dette prosjektet har vi samlet vitenskapelig og erfaringsbasert kunnskap om hvordan skader grunnet alger og maneter kan forebygges og håndteres, og laget en prototype på et brukervennlig verktøy som tilgjengeliggjør dette kunnskapsgrunnlaget. For å innhente erfaringsbasert kunnskap har vi gjennomført dybdeintervjuer med oppdrettere og fiskehelsepersonell fra Norge, Chile, Canada og UK. Her rapporterer vi resultatene fra disse intervjuene herunder respondentenes beskrivelser av hvordan episoder med skadelige alge og manetoppblomstringer arter seg, deres erfaringer med ulike avbøtende tiltak og hvordan disse har virket, tanker omkring hvordan man kan bygge beredskap for fremtiden.

Summary

Title: How to manage episodes with harmful algae and jellyfish blooms in salmon aquaculture?
Lessons learned from fish farmers experiences.

Year:2022

Author(s): Trine Dale, Trude Borch, Gjermund Bahr, Patricio Feest, Fernanda Cisterna

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7491-2

Algae and jellyfish blooms are natural phenomena. However, sometimes these blooms are harmful to aquaculture activities and cause fish mortality and/or reduced fish welfare. A recent example is the *Chrysochromulia leadbeateri* bloom in Northern Norway in early summer 2019 which caused massive fish mortalities and heavy losses for the fish farmers affected. Temperature increase, eutrophication, ocean acidification and changes in circulation pattern and stratification are factors that individually or in combination can change the frequency and intensity of harmful algae and jellyfish blooms. It is therefore a concern that the aquaculture industry will experience increased problems with harmful algae and jellyfish in the future. A first steps toward a system that can help prevent and manage episodes of harmful algae and jellyfish is to compile existing knowledge, both the scientific knowledge and the knowledge possessed by the industry itself. However, scientific knowledge can be difficult to access for practitioners, and the experience-based knowledge from people at the farms does not necessarily reach the research communities. In this project we have combined scientific and experience-based knowledge about how damage due to algae and jellyfish can be prevented and managed and created a prototype of a user-friendly tool that makes this knowledge readily available. To collect experience-based knowledge, we conducted in-depth interviews with fish farmers and fish health personnel from Norway, Chile, Canada and the UK. Here we present the results from these interviews including the respondents' descriptions of how episodes of harmful algae and jellyfish blooms behave, their experiences with various mitigating measures and how well these worked, and finally how to build preparedness for the future.

1 Introduksjon og bakgrunn

Algeoppblomstringer er naturlige fenomen. Noen ganger er imidlertid algeoppblomstringer skadelige for akvakulturvirkosomhet og forårsaker fiskedød, redusert fiskevelferd og giftige skjell. Globalt forårsaker skadelige alger store økonomiske tap for både akvakultur, fiskerier og turisme (Berdalet et al. 2016). *Chrysochromulina leadbeateri* tok i 2019 livet av mange tusen tonn laks i Nord-Norge, og mye fisk måtte nødslaktes. Kontali Analyse har estimert økonomiske konsekvenser av denne hendelsen til å ligge et sted mellom 2.3 og 2.8 milliarder NOK (FHF prosjekt 901574). I likhet med algeoppblomstringer er manetoppblomstringer også naturlige fenomen, som i gitte tilfeller skaper problemer både for turisme, fiskeri og akvakultur (Fenner et al., 2010, Dong et al., 2010, Bosch-Belmar et al. 2020).

Det ser ut til å være bred enighet om at frekvensen av skadelige algeoppblomstringer (HAB's) har økt siden 1980 tallet, og problemer med HAB's ekspanderer til nye områder (f.eks. Heisler et al. 2008, Anderson et al. 2012, Gobler et al. 2017, Gobler 2020, Glibert 2020). Hvorvidt manetpopulasjonen øker globalt, er foreløpig ikke helt klart (Purcell et al. 2012, Condon et al., 2013), men problemer med maneter har økt (Purcell et al. 2007, Richardson et al., 2009, Purcell et al., 2012), og da spesielt for fiskeoppdrett i Nord Atlanteren (Bosch-Belmar et al. 2020). Mange mener at temperaturøkning, eutrofiering, havforsuring og endringer i sirkulasjonsmønster og lagdeling er faktorer som enkeltvis eller i kombinasjon kan endre frekvensen og intensiteten av skadelige alge- og manetoppblomstringer (f.eks. Haraldsson et al. 2012, Wells et al. 2015, Glibert 2020, Goldstein & Steiner 2020). Det er derfor en bekymring for at havbruksnæringen vil oppleve økte problemer med skadelige alger og maneter i fremtiden.

Et viktig steg for å bygge opp hensiktsmessige ("fit for purpose") systemer for å forebygge og håndtere skadelige alger og maneter er å sammenstille eksisterende kunnskap, både den som finnes i forsknings- og teknologimiljøene og den erfaringsbaserte kunnskapen som aktører i og tilknyttet oppdrettsnæringen besitter. Dette vil identifisere kunnskapshull, og muliggjøre utforming av anbefalinger omkring beste praksis.

Den erfaringsbaserte kunnskapen knyttet til alge- og manetoppblomstringer i oppdrett er ofte av anekdotisk natur i betydningen at de som besitter den befinner seg spredt rundt i næringen, blant veterinærer og fiskehelsepersonell. For hver enkelt er erfaringen kanskje knyttet til et fåtall hendelser. Målsetningen for denne studien var derfor å samle og systematisere erfaringsbasert kunnskap slik at den kan være med på å danne grunnlag for anbefalinger og der det er mulig, beste praksis. Hvordan episoder med skadelige alger og maneter kan håndteres, alternativt ikke bør håndteres, kan være av stor betydning for å redusere konsekvensene av tilsvarende episoder for næringen i fremtiden.

Dette er en delrapport i FHF prosjektet «Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter» (Prosjektnummer 901664).

2 Materiale og metode

Hensikten med studiet har vært å kartlegge og sammenstille erfaringsbasert kunnskap knyttet til alge- og manetoppblomstringer i oppdrett. Vi valgte derfor å gjennomføre kvalitative dybdeintervju med personer (heretter omtalt som respondenter) som har førstehåndskunnskap/erfaring med forebygging/overvåking og/eller håndtering av alge/manetoppblomstringer. Mulige respondenter ble identifisert på følgende måter:

- Blant Akvaplan-niva (ApN), NIVA og referansegruppen i prosjektet sitt nettverk i oppdrettsnæringen i Norge. ApN og NIVA var involvert i algeovervåking under den akutte situasjonen med giftalger i Nord-Norge i 2019. Vi kjente gjennom dette arbeidet til personer, selskap og organisasjoner som kunne være aktuelle for intervju tilknyttet denne konkrete hendelsen.
- Blant kunder som har etablert overvåking for å unngå problemer tilknyttet algeoppblomstring, og/eller kunder som har sendt vannprøver til NIVA for analyse av alger og maneter.
- Blant aktører som har vært omtalt i media fordi de har opplevd alge- eller manetproblemer (identifisert ved hjelp av søk i Retriever¹).
- I Chile blant NIVA Chile sitt nettverk i næringen.
- I Storbritannia og Canada via nettverket til NIVA og prosjektets referansegruppe.

Potensielle intervjuobjekter ble kontaktet per telefon eller e-post. Ved positivt svar ble respondentene invitert til Teams møte. Møteinvitasjonen hadde vedlagt et infoskriv hvor det stod litt om prosjektet samt en beskrivelse av rettigheter som respondent (se Vedlegg A). 33 respondenter ble intervjuet. Av disse var 20 fra Norge, 8 fra Chile, 5 fra Canada, Storbritannia og Irland. Intervjuene fulgte en intervjuguide som bestod av noen konkrete spørsmål og noen mer åpne diskusjonstema (se Vedlegg B). Intervjuene varte mellom 30 og 60 minutter. Alle intervjuene ble tatt opp ved hjelp av opptaksfunksjonen i Teams og deretter transkribert og analysert av flere i prosjektteamet. Studien er godkjent av Norsk senter for forskningsdata (NSD).

¹ <https://www.retriever.no/tag/medieovervaking/>

3 Resultater

3.1 Hva skjedde ?

Respondentene ble bedt om å fortelle, fritt og med egne ord om en selvvalgt episode/episoder med alger og/eller maneter som de hadde opplevd i jobbsammenheng. Vi ønsket «fortellinger fra merdkanten» som kunne illustrere hvordan alge- og manetproblemer kan arte seg. Intervjuene er ikke en kvantitativ datainnsamling og kan følgelig ikke anvendes til utarbeidelse av noen form for statistikk. Det var betydelig flere respondenter som delte erfaringer med algeepisoder enn respondenter som refererte til episoder som involverte maneter. Artene av alger som ble navngitt i intervjuene var *Chaetoceros concavicornis*, *C. convolutus*, *Leptocylindrus spp*, *Chrysochromulina leadbeaterii*, *C. polylepis*, *Prymnesium parvum*, *Karenia spp*, *Alexandrium catenella*, *Pseudochattonella* og *Heterosigma akashiwo*. Manetene som ble navngitt var *Pelagia noctiluca*, *Muggiae atlantica*, *Aurelia aurita (glassmanet)*. Erfaringene som respondentene valgte å snakke om faller grovt sett i to kategorier, 1) beskrivelser av episoder med massedød av fisk i et større område slik som *Chrysochromulina leadbeateri* oppblomstringen i Norge våren 2019 og *Pseudochattonella* blomstringen i 2016 i Chile og 2) beskrivelser av alge/manet episoder som har forårsaket forhøyet dødelighet i et begrenset område og/eller redusert velferd i form av gjelleproblemer, sår og redusert appetitt.

3.1.1 Episoder med massedød

Respondentene ga ingen definisjon av hva de mener med massedød (massiv dødelighet), men i episodene omtalt under tolker vi at det har vært > 50% dødelighet. Episodene var primært knyttet til oppblomstring av *Chrysochromulina leadbeateri*, *C. polylepis*, *Prymnesium parvum* samt *Pseudochattonella* og maneten *Pelagia noctiluca*. Basert på respondentenes beskrivelser er det noen fellestrekk ved disse episodene med massedød.

Akutt forløp. De fleste respondentene beskriver hendelsesforløpet som svært akutt. En av våre norske respondenter uttaler at «Anleggene var jo mindre på den tiden (1990 tallet), men ett anlegg mistet i praksis 95% av fisken på tre kvarter», en annen; «Det var temmelig akutt, det må vi kunne påstå», en tredje; «....så hørte vi noen bannskapsord og så sier de at nå ryr det fisk, veldig akutt». Tilsvarende historier beskrives fra Chile under blomstringen av *Pseudochattonella* i 2016 hvor en respondent forklarer; «anlegget hadde akkurat fått Coho laks og en natt døde 100% av biomassen». En annen sier at «....generelt ser man at arter av alger begynner å spre seg og gradvis øker, men i 2016 skjedde det fra det ene øyeblikket til det andre».

Lite forvarsel. Under blomstringen av *C. leadbeateri* hadde noen aktører blitt varslet av andre oppdrettere og var på denne måten forberedt på hva som kunne komme; «Det begynte med en massiv dødelighet hos naboene, vi merket ikke så mye før en god stund etterpå. Da vannet kom pumpende ut av Ofotfjorden fikk vi massiv dødelighet vi også». De fleste svarer avkreftende på spørsmålet om det var noe forvarsel eller noen adferdsmessige tegn hos fisken på at noe var på gang utover varselet de fikk fra naboer; «Det var fôret akkurat som normalt og ingen tegn til noe som helst». Dette stemmer godt overens med beskrivelsen av en blomstring av *Prymnesium parvum* hvor en respondent beskriver; «Det var ingen forvarsel ikke sant, plutselig tok det en halv merd».

«Ingen slipper unna». Respondentene ble spurt om de oppfattet at noe fisk var mer sårbar enn andre ved slike hendelser. Ingen av episodene som beskrevet er helt like, men når vi oppsummerer

svarene fremstår det som at fisk av alle størrelser ble rammet, og at det ikke ser ut til å være et mønster i hvem «overleverne» er. Respondentene hadde alt fra nyutsatt fisk til slaktemoden fisk når hendelsen inntraff.

Overbelastet infrastruktur. I episodene med massedød blir infrastruktur slik som brønnbåter, dødfisktanker, ensilasjesystemer og slakterikapasitet "strukket". Mange anlegg rammes på en gang og mye fisk, både levende og død, må tas hånd om samtidig. En respondent uttrykker det slik; «*men det var jo mange andre og alle vil jo trenge brønnbåter da*», en annen sier at «*vi hadde fire brønnbåter i sving for å evakuere fire anlegg*». Basert på svarene fra de norske respondentene er det variasjon i selskapenes kapasitet til å håndtere store mengder dødfisk. En uttrykker det slik; «*Jeg tror vi skulle håndtert en (lokalitet), men vi er nok ikke er rusta til å håndtere mange samtidig*», en annen sier at «*Vi kan ta ganske mye på land i egen tank, så vi er bedre utrustet enn mange andre, men dør det et anlegg på 5000 tonn så har vi en utfordring, definitivt*». Flere av de som hadde stor avgang på fisken under C. *leadbeateri* blomstringen i 2019 fikk assistanse utenfra, blant annet spilte fiskeflåten en viktig rolle. En sier; «*tror vi hadde 3 forskjellige trålere hos oss. Husker den ene tråleren den var gedigen. Han kunne laste 1200 tonn om bord.*»

For ytterligere eksempler på hva respondentene har sagt om episoder med massedød se Error! Reference source not found..

Tabell 1. Sagt om episoder med massedød. NB. Punktet om overbelastet infrastruktur er kun fra svarene til norske respondenter.

Akutt	• <i>(manetene) bare feide gjennom anlegget og forårsaket massiv dødelighet med en gang, de var rett og slett en voldsom dødelighet</i> • «<i>veldig akutt dødelighet det var det jo.....</i>» • «<i>Anleggene var jo mindre på den tiden (1990 tallet), men ett anlegg mistet i praksis 95% av fisken på tre kvarter</i>», • «<i>Det var temmelig akutt, det må vi kunne påstå</i>» • «<i>så hørte vi noen bannskapsord og så sier de at nå ryr det fisk, veldig akutt</i>». • «<i>...plutselig var det endring i sikt som vi kunne registrere på kameraene våre. Det var som en sky som kom inn i merden. Fisken reagerte umiddelbart og det ble umiddelbart dødelighet av dette.</i> • «<i>men dette var så akutt, det var som å knipse i en finger at fisken døde</i>». • «<i>andre anlegg ble raskt påvirket, opptil 100 % av biomassen</i>».
Ingen forvarsel	• «<i>Det var ingen forvarsel ikke sant, plutselig tok det en halv merd</i>» • «<i>Det var føret akkurat som normalt og ingen tegn til noe som helst</i>», • «<i>Det var stort sett uten at noen registrert noen forvarsel om at noe var på ferde. Det var plutselig og massiv dødelighet.</i> • «<i>Det var helt sprøtt, det var ingen forvarsel å få</i>»
Ingen slipper unna	• «<i>Den var satt ut høsten før og hadde stått i sjøen i 8-9 måneder. Den var rundt 1 kilo</i>» • «<i>Det var jo fisk som nærmet seg slaktemoden størrelse</i>» • «<i>Nei, det var fisk på rundt 1.5 kg</i>» • «<i>2.5 kg snittvekt</i>» • «<i>Vi hadde nyutsatt fisk</i>» • «<i>Når det gjelder størrelse er ikke algeoppblomstringer selektiv, og kan påvirke fisk av enhver størrelse. Også flere arter av fisk</i>»
Overbelastet infrastruktur	• «<i>.....i en ideell verden burde kapasiteten for å kverne, ensiler og lagre dødfisk vært betydelig større</i>»

	• «Det vi hadde fokus på i først omgang i beredskapsgruppen var at vi måtte få inn utstyr og ressurser til å håndtere dødfisken» • «Vi brukte fiskebåter rett og slett, hadde ikke dødfisk kapasitet verken på flåtene eller på egne båter» • «Når vi laget beredskapsplaner så var jo alger veldig «worst case» når det gjaldt det å få mye dødfisk og hva man skulle gjøre med det» • «Vi hadde en periode hvor Hordafôr lå med to båter i anlegget som pumpet opp dødfisk direkte» • «Da ringte jeg umiddelbart til et rederi som heter Hordafôr. De er spesialister på å ta opp dødfisk rett fra merden - fordi jeg så at det var så mye at vi klarte ikke å håndtere det»
--	--

3.1.2 Beskrevne episoder med forhøyet dødelighet, gjelleproblemer, sår og dårlig appetitt

Episodene med forhøyet dødelighet, gjelleproblemer, sår og dårlig appetitt som ble beskrevet var knyttet til oppblomstring av *Chaetoceros convolutus*, *C. concavicornis*, *Leptocylindrus sp.*, *Karenia sp.*, *Alexandrium catenella*, *Heterosigma akashiwo*, *Muggiae*, *Apoemia*, *Aurelia aurita* (glassmanet) og *Cyanea capillata* (brennmanet). Det er viktig å presisere at noen av disse artene også har forårsaket massiv dødelighet.

Tilfellene beskrevet under 3.1.1. var utelukkende knyttet til toksiske arter. Episodene med forhøyet dødelighet, gjelleproblemer, sår og dårlig appetitt var knyttet til kjente toksiske arter men også til arter som forårsaker mekanisk skade på gjellene eller har ukjent skademekanisme.

Gjelleproblemer. Flere respondenter beskriver redusert gjellehelse knyttet til algeoppblomstringer. En sier; «Ja vi ser litt gjellebetennelse. Vi ser at gjellene er irritert eller har vært irritert». En annen sier «Nå ser vi en markant nedgang i gjellehelsen etter disse oppblomstringene». Flere beskriver også episoder hvor maneter gir gjelleskader; «Muggiae gav på enkelte lokaliteter stygge kroniske gjelleskader» eller «glassmanet og brennmanet har også forårsaket betydelige gjelleproblemer». Gjelleproblemer kan også bruke litt tid å utvikle seg, en respondent sier følgende om skader forårsaket av maneter; «det er sånn forsinket reaksjon. Det er to uker etter eksponering, så ser vi problemene på gjellene». Det er ikke klart i hvor stor grad den reduserte gjellehelsen har ført til dødelighet i etterkant men utsagn som at «fisken blir så påkjent at du kan ikke avluse den for den har så dårlig gjeller» tyder på at man har hatt avgang på fisk. Gjellehelse er imidlertid sammensatt og mange faktorer kan bidra til at denne reduseres.

Adferdsendringer. Flere sier at alger/maneter påvirker adferd, og at fisken i så måte selv er en indikator på oppblomstringer. Mange respondenter beskriver eksempelvis appetitttap knyttet til våroppblomstringen av kiselalger. En respondent forteller: «man vet at det kommer en våroppblomstring med kiselalger som gir dårlig appetitt». Flere fiskehelsebiologer/veterinærer nevner at et plutselig droppt i appetitt er noe som umiddelbart vekker mistanke og bidrar til at de tar vannprøver for analyse av alger. En sier at «Vi har tatt ut noen ekstra vannprøver hvis vi f.eks. har fått droppt i appetitten». Fisken kan vise tegn på respirasjonsproblemer slik som «gispning», eller tegn på å være generelt utilpass i merden. Adferd som hopping, risting på hodet og generell «skvettenhet» blir beskrevet av flere. En sier: «.... fisken var veldig stresset, den hoppet enormt og mistet fullstendig appetitten». Noen har også opplevd at fisken har unngått overflatelaget i sjøen, eller trengt seg sammen i deler av merden. En respondent sier at en av de sikreste tegnene de

bruker på at det er alger i vannet er at fisken svømmer så høyt i sjøen at ryggfinnen stikker over vann, noe de omtaler som «finning».

Noen slipper unna ? I tilfellene beskrevet under 3.1.1 ble fisk av alle størrelser rammet. Svarene var noe mindre entydige for episodene som ikke ledet til massedød. Noen hadde erfart at fisken er spesielt sårbar i perioden rett etter utsett. Andre antyder at fisk som har sin andre sesong i sjø er mer sårbar, men at de er usikre på om dette skyldes størrelse *per se* eller livslengde og at de er påvirket av tidligere sesongers blomstringer. En sier; «Jeg tror de generelt har en mye vanskeligere tid når de er inne på sitt andre år i sjøen. Igjen, de har sett to somre med blomstringer».

Komplekse forhold hvor det er vanskelig å generalisere. Respondentene beskriver alge- og manet problemer som komplekse, og alvorligheten avhenger av egenskaper ved selve blomstringen som konsentrasjon og varighet, og tilstanden til fisken slik at ingen situasjon er lik. En chilensk respondent beskriver følgende: «skaden er ikke nødvendigvis avhengig av konsentrasjon, men også avhengig av tilstanden til anlegget og fisken». Flere påpeker betydningen av hva fisken har vært utsatt for av andre påkjenninger i forkant. En sier; «generelt, etter enhver håndtering, [for eksempel lusebehandling] kan effekten av en mikroalge være større», en annen sier «Når du har en svak fisk og det kommer en algeoppblomstring, da er det ikke så kjekt». Kombinasjon av faktorer bidrar også til at det er vanskelig å utvikle grenseverdier for hvilke konsentrasjoner av ulike arter som er skadelig. Noen land, slik som Chile, har nasjonale grenseverdier for et utvalg arter men noen chilenske respondenter uttrykker at disse kan være vanskelig å forholde seg til. Respondenter fra Storbritannia peker på betydningen av å utvikle egne grenseverdier basert på lokale forhold fordi grenseverdier fra et sted i verden ikke nødvendigvis kan overføres til andre steder: En uttaler: «jeg tror vi startet med en grenseverdi på 500 000 celler per liter, og nå er sikkerhetsgrensene våre 2 000 000. Når vi har en blomstring, prøver vi å samle så mye informasjon vi kan og så se på hva vi trygt kan si er en grense».

Driftsmessige tilpasninger. Flere respondenter beskriver at kunnskap og egne negative erfaringer med alger og maneter er tatt inn i driftsrutiner og prosedyrer og man tilpasser seg til det. En sier; «I 2010-2011 hadde vi høy dødelighet rett etter utsett og siden da analyserer vi alltid (planteplankton) før utsett». En annen sier; «etter den hendelsen [kiselalger og behandling med hydrogenperoksyd] så begynte vi å ta mer og mer hensyn til algestatus i forkant av håndtering ved avlusning eller ved behandling når det var algeblomstring». Det ser ut til at aktørene har flest tiltak for å redusere skadevirkninger mot den typen episoder som beskrives i dette avsnittet, altså forhøyet dødelighet, gjellproblemer, sår og dårlig appetitt. Tiltakene som ble nevnt av respondentene beskrives i neste avsnitt.

For ytterligere eksempler på hva respondentene har sagt om episoder med forhøyet dødelighet, gjelleproblemer, sår og dårlig appetitt se **Tabell 2**.

Tabell 2. Sagt om episoder med forhøyet dødelighet, gjelleproblemer, sår og dårlig appetitt.

Adferd/tegn hos fisken	• «...mot slutten av våroppblomstringen. Da opplever vi veldig ofte en økt hoppeaktivitet og gjerne i kombinasjon med redusert appetitt» • « redusert appetitt» • «de er generelt skvetne» • «finning* er et svært viktig tegn» • «rister på hodet og er mistilpasset i merden» • «Jeg har jo opplevd at fisken var veldig stresset, den hoppet enormt og mistet fullstendig appetitten» • «trenging i deler av merden» • «gisping»
------------------------	--

	• «unngår overflaten, velger å stå dypere» • « vi har hatt nedadgående appetitt på grunn av det (maneter)»
Ingen slipper unna her heller?	• «En annen kritisk periode er tiden etter utsett, når fisken holder på å tilpasse seg til havforholdene» • «mindre fisk har større evne til å heles»
Driftstilpasninger (se også kap 3.2 om tiltak)	• «I 2010-2011 hadde vi høy dødelighet rett etter utsett og siden da analyserer vi alltid (planteplankton) før utsett» • «etter den hendelsen (kiselalger & hydrogenperoksyd) så begynte vi å ta mer og mer hensyn til algestatus i forkant av håndtering ved avlusning eller ved behandling når det var algeblomstring» • «Når vi skal overføre fisk til et anlegg, og vi må gå gjennom områder som har alger, avviker vi, eller avbryter overføringen» • «fremskynde slakt hvis man kan» • «Vi har jo av og til noen store brennmaneter som legger seg på nøtene, men det er mer at en tar hensyn til det dersom man skal gjøre en operasjon, lusebehandling, håndtering, slakt, trengning av fisk» • «Men helt klart det er en del av prosedyrer når vi håndterer fisk, er vi usikker så tar vi vannprøver i forkant»

*svømmer så høyt i vannoverflaten at ryggfinnen stikker over vann

3.2 Tiltak

Respondentene ble spurt om hvilke tiltak som kan iverksettes for å redusere skaden dersom det oppstår en episode med alger og maneter, og videre gi en vurdering av hvor godt tiltakene fungerer basert på egne erfaringer. Vi spurte også om respondentene hadde kjennskap til metoder som brukes i andre lakseproduserende områder og hvordan de tenker at disse metodene kunne fungere på egne lokaliteter/i eget selskap.

3.2.1 Redusert fôring

Tiltaket å stoppe eller redusere fôring nevnes av omtrent alle respondentene, og mange har inkludert dette som et tiltak i sine beredskapsplaner. Redusert fôring får fisken til å roe seg, og i mange tilfeller bidrar det til at den svømmer dypere i merden. Fisken tåler også mer i sultet tilstand. «Hovedtiltaket er å stoppe fôring» sier en respondent, en annen sier «Ellers er det å stoppe fôring, stoppe overflateaktiviteten og få fisken ned». En respondent beskriver en situasjon hvor effekten av redusert fôring under en algeepisode var svært tydelig «Det kom som et sjokk på oss, vi sultet jo ikke fisken før vi hadde fått litt dødelighet og vi skjønnte hva det var for noe. Fisk som skulle til slakt og som var på sulting allerede hadde vi ingen dødelighet på». Noen beskriver også at de styrer fôringen aktivt for å unngå høyt oksygenforbruk hos fisken i perioder hvor algene også konsumerer oksygen. En respondent fra Storbritannia sier «Vi endrer fôringsmønster med mer fôring om morgenen for å unngå oksygendropp på kvelden da fisken som du vet bruker mer oksygen når den fordøyer».

Oppsummering: Å redusere/stoppe fôring er et velkjent og velprøvd tiltak. Sultet fisk tåler mye mer. Det kan være gunstig å tilpasse fôringen til tid på døgnet hvor ikke algenes oksygenforbruk sammenfaller med høyt oksygenforbruk hos fisken.

3.2.2 «Fred og ro»

Flere respondenter beskriver at det å gi fisken «fred og ro» som et tiltak ved blomstring av alger og maneter: «*Minst mulig stress for fisken*». Fisken er mer sårbar etter håndtering og dette har effekt på hvordan fisken tåler belastning generelt og eksponering for alger og maneter spesielt. En norsk respondent beskriver «*....det blir jo hensyntatt under planlegging av operasjoner for eksempel at man ikke gjør behandlinger nattetid i perioder der et er høye algekonsentrasjoner og lavt O₂ på morrasiden*»

En annen erfaring er at fisk som har overlevd en periode med alger og maneter tåler lite håndtering i etterkant. Under blomstringen i 2019 var det aktører som hadde slakteklar fisk. De opplevde stor avgang om bord i brønnbåten; «*Fisken var så svak at vi kunne ikke levere til slakteri på vanlig måte. Tålte ikke frakten*». Slakting på merdkant blir fremholdt som en løsning for algeeksponert fisk og dette tiltaket bidro til å redusere tapene under blomstringen i 2019: «*De pumpet inn og slaktet direkte og dermed berget vi jo mye mer fisk enn det vi kunne har gjort på annen måte*». Slakting på merdkanten er også noe man har god erfaring med fra Sør-Norge. Denne praksisen fikk aktørene i sør inspirasjon til under et besøk i Canada; «*Det eneste var at vi lærte litt om sånne prosessbåter, de avliver på merdkanten.....det var en mye sikrere måte å gjøre det på. Avlive på merdkanten i en båt, så gikk du til slakteriet*».

Oppsummering: Unngå håndtering av fisken eller operasjoner som fører til stress og økt aktivitetsnivå. Unngå aktivitet deler av døgnet hvor algene bidrar til lavt O₂ nivå.

3.2.3 Skape oppstrømming/«upwelling» av dypvann

Det å skape oppstrømming eller «upwelling» av dypt vann er et tiltak som de aller fleste respondentene kjenner til og vet hvordan fungerer i teorien. Blant de norske respondentene var det imidlertid ikke så mange som hadde praktisk erfaring med å bruke oppstrømming som et tiltak for å avhjelpe problemer med alger eller maneter. Den praktiske erfaringen med dette er stort sett fra lengst sør i landet og ligger en god del år tilbake i tid (sent 80 tall og 1990 tallet). I denne perioden var oppdrettere fra sør på besøk i Canada og fikk dette demonstrert. Flere dro hjem og monterte liknende systemer. En respondent beskriver det slik «*...vi var blant annet en delegasjon i Canada for å få innspill på hvordan de håndterte algesituasjoner, som var enda mer årvisse og sesongsikre der borte, og prøvde å kopiere litt av det*». På spørsmålet om hvordan det fungerte i praksis under hjemlige forhold svarer samme respondent at de gikk inn i en periode hvor algeproblemene ble mindre og mange anlegg ble flyttet ut av fjordene til mer eksponerte lokaliteter. De fikk derfor ikke nok «*driftserfaring med dette i skarpe situasjoner*» til å kunne konkludere mtp. effekt.

Erfaringene fra Chile er at systemer for oppstrømming ikke er veldig effektive på strømsterke lokaliteter da systemene ikke klarer å forhindre at vann, og dermed alger og maneter, kommer inn i merden. Graden av suksess av oppstrømming som tiltak ser ut til å avhenge av flere faktorer. Hvilken art som blomstrer og hvordan denne er fordelt vertikalt i vannsøylen er svært viktig. En respondent i Sør-Norge sier at de hadde blandet erfaring med det å skape oppstrømming fordi algekonsentrasjonene kan være høyere eller like høye dypere ned; «*...de startet opp med masse trykkløst pumper og så økte bare dødeligheten*». Faren for å gjøre vondt verre påpekes også av chilenske respondenter. Her er erfaringen at enkelte arter sprekker opp ved kraftig vann/luft bevegelse, og dette fører til at algegiften i større grad slippes ut og distribueres i vannet. I Chile har de erfart at man skal være forsiktige med denne typen tiltak ved blomstring av dinoflagellater og andre flagellater og dette ble eksemplifisert med *Alexandrium catenella* og *Pseudochattonella*. De chilenske aktørene har bedre erfaring med bruk av oppstrømming når det er blomstring av

gjelleirriterende arter slik som kiselalger. En respondent sier «*For eksempel med Chaetoceros convolutus flytter vi på vannet (oppstrømming)*». Det fremkommer også fra intervjuene at man har en svært tett algeovervåkning på lokalitetene i områder hvor man har installert slikt utstyr. De har en stegvis tilnærming hvor første steg er å finne ut hvilken alge som er i vannet (se under avsnitt 3.5. Kunnskap/utdanning/opplæring).

Flere norske respondenter nevnte at «Midtnorskringen» skaper oppstrømming men de var samtidig skeptiske til om denne oppstrømmingen var kraftig nok til å forhindre at overflatevann kommer inn i merden. En respondent hadde «Midtnorskringen» ute i en merd på et tidspunkt hvor de ble utsatt for en algeepisode. Han forteller: «*....vi fikk etter hvert dødelighet i hele anlegget. Det var ikke noe som tilsa effekt av «Midtnorskringen»*». På spørsmålet om noen av løsningene fra Chile og Canada ville fungert i Norge ser ikke respondentene noen grunn til at vi ikke skulle få det til. De føyer imidlertid til at alge- og manetsituasjonen i Norge de senere årene har bidratt til at man ikke har sett seg tjent med dette. Med de problemene man stod ovenfor i Sør-Norge for 20-30 år siden så var denne vurderingen annerledes og en respondent sier; «*Det er klart det er jo veldig krevende og det koster selvsagt en del, men hvis valget er at det går til helsike så har du ikke noe valg. Da gjør du det*».

Oppsummering: Oppstrømming fungerer best på litt strømsvake lokaliteter. Tiltaket bør vurderes fra tilfelle til tilfelle basert på kunnskap om hvilken algearter man har i vannet og vertikalfordelingen av algene.

3.2.4 Boblegardiner

Boblegardiner er et tiltak som de aller fleste respondentene kjenner til og vet hvordan fungerer i teorien. Det var ingen av de norske respondentene som hadde praktisk erfaring med bruk av boblegardin. I likhet med oppstrømming er det flere av de utenlandske respondentene som nevner at boblegardiner ikke fungerer så godt på strømsterke/eksponerte lokaliteter. Det blir også påpekt at det er mye arbeid med å holde boblegardinsystemet operativt. En respondent beskriver det på denne måten; «*det er en voldsom prosess, de bruker en masse tid på å få det til å fungere*». En respondent påpekte også at det er energikrevende å drive systemet over lengre tid; «*Du vet at for å lage en vegg av bobler trenger du utrolig kraft. Vi hadde en massiv generator plassert her og mengden drivstoff den brenner bare for å holde systemet i gang*». Noen påpeker at slike systemer må brukes jevnlig og at tiltaket derfor er mest relevant i områder hvor man har jevnlig algeoppblomstringer. En uttrykker at systemer som ikke blir brukt: «*garantert ikke virker når du skal bruke det*» og utdyper med følgende; «*vi vil ikke ha slike slanger liggende å morkne i 30 år*».

Oppsummering: Boblegardiner fungerer best på litt strømsvake lokaliteter, bør vurderes fra tilfelle til tilfelle basert på kunnskap om hvilken alge man har i vannet og vertikalfordelingen av algene.

3.2.5 Luseskjørt/semi-lukket

Luseskjørt eller liknende fysisk barriere (semi-lukket) er noe som nevnes av flere. Noen respondenter har erfaring med å bruke dette med den hensikt å beskytte mot alger/maneter, mens andre forteller at de «tilfeldigvis» har hatt luseskjørt på når en episode oppstod. En respondent fra Canada sier «*vi bruker presenning som begrenser vanngjennomstrømmingen ned til et visst dyp*». Samme respondent påpeker at dette ikke brukes alene, men sammen med oppstrømming og/eller oksygenering; «*sammen med oppstrømming av dypt vann for å sørge for sirkulasjon i systemet. Oksygen er åpenbart også noe vi må supplere så det tilsettes til systemet også*». En annen sier at et system bestående av kombinasjonen luseskjørt, oksygenering og oppstrømming har vært en kostbar

investering men at de etter å ha innført disse tiltakene har mye bedre biologi. Noen påpeker at en kan få en økt algevekst inni merden med luseskjørt på grunn av mer stillestående vann og flere norske respondenter sier at de generelt løfter opp luseskjørtene når de får uventet dødelighet. Flere gjorde dette under blomstringen av *C. leadbeateri* i 2019. En sier: «Første tiltaket ved økt dødelighet var å løfte opp skjørtene», en annen forteller at «vi begynte å hive de opp. Løfte dem opp for bedre gjennomstrømning. Det hjalp ingenting». Hvorvidt luseskjørt kunne ha hjulpet under 2019 episoden er vanskelig å si da det antagelig avhenger av en rekke faktorer som dette datamaterialet ikke gir grunnlag for å identifisere. En respondent forklarer at «vi har et semi-lukket anlegg med vanninntak på 12-15 meters dyp. Men der også der så fant vi ugunstige algekonsentrasjoner på innsiden, så det var et typisk eksempel at de dybdene ikke er tilstrekkelig når algebeltet kommer sigende». En annen respondent sier: «I ettertid har jeg hørt at de som lot luseskjørtene stå på mener at det gikk marginalt bedre. Selv om jeg har mine tvil. De mener det. Man kan liksom ikke sammenligne lokaliteter mot hverandre for det var neppe samme konsentrasjon».

Oppsummering; Luseskjørt fungerer dersom blomstringen er begrenset til det vanddyppet skjørtet dekker. Beste effekt dersom det blir brukt sammen med andre tiltak som oksygenering og oppstrømming.

3.2.6 Flytting av fisk

Respondentene ble spurt om hvordan de så på muligheten til å flytte fisk som et tiltak ved alge- eller manetoppblomstring. Alle respondentene som svarte på dette spørsmålet, fremhevet at regelverket i utgangspunktet ikke tillater dette. Under oppblomstringen av *C. leadbeateri* i Norge i 2019 ble det imidlertid gitt dispensasjoner. Myndighetene i Chile har også gitt dispensasjoner i spesielle situasjoner hvor det har vært massiv algeoppblomstring, og ifølge våre chilenske respondenter så virker det som om denne typen dispensasjon gis lettere etter den massive episoden i Chile i 2016. Vi spurte respondentene om hvordan de vurderte flytting av fisk som et avbøtende tiltak for deres selskap gitt at det kunne gis dispensasjon. En respondent uttrykker: «Ja, det gjør jeg så absolutt for det var jo det vi lyktes med når vi har lite konkret å gjøre» «mellom slutten av mai og første uken av juni reddet vi 4 millioner fisk» mens en annen sier: «det vi gjør er å flytte fisk. Jeg tror det er det eneste som gjør at du kan garantere at fisken holder». Svarene varierer imidlertid geografisk, og etter hvordan selskapenes lokaliteter ligger i forhold til hverandre i et fjordsystem. En respondent uttrykker: «Hvis du bare ser isolert på hvordan man skal kunne flytte fisk, så tror jeg faktisk stort sett vi skulle hatt en plass å flytte den til» mens andre sier «det er ikke bare å hoste opp en lokalitet som står tom». «Vi har så tight drift på våre lokaliteter at det ikke er noe som står ledig som det er naturlig å flytte til» eller «Sånn som vi har organisert det her så er vi et kluster og så er det 10 timer gangtid til neste område hvor du kan få en trygg havn».

Selve flyttingen fremstår også som en risikofaktor i seg selv. Som nevnt under avsnitt 3.2.2. er fisk som allerede er eksponert for alger «håndteringssvak». En respondent uttrykker: «Litt senere i denne situasjonen var det noen som prøvde å flytte fisk, sende fisk til slakting og litt sårne ting. Noen lyktes med det men i noen slaktefiskføringer døde all fisken i båten også». En annen sier: «..... man må ha den rette kompetansen for å håndtere dette for det vi opplevde var at noen av de brønnbåtene vi benyttet fikk utfordringer med O₂-metningen om bord underveis. På grunn av tilstanden til fisken gikk de åpent og da tar man jo med seg alger inn i båten». Noen erfarte også at det var en relativt lang periode etter algeeksponeringen (*Chrysochromulia leadbeatri*) hvor transporter var problematisk; «det gikk to, tre fire uker før fisken tålte dette skikkelig igjen. Gjellene er nok mye mer skadet enn det vi først antok».

Flere respondenter påpeker at dersom flytting av fisk skal være et effektivt tiltak så må det være planlagt og tilrettelagt for dette på forhånd. Flere nevner beredskapslokaliteter, og at dersom

myndighetene hadde gitt tillatelse så kunne dette vært en del av en beredskapsplan. En respondent sier: *«Jeg mener man bør ha tilgang på slike lokaliteter som kan ligge i dvale i tilfelle slike ting skjer»* en annen uttrykker en tilsvarende oppfatning: *«La oss si vi hadde tilgang på lokaliteter, beredskapslokaliteter.....om du kan sitte med en lokalitet i et annet område kombinert med en overvåkning om at noe er på tur så er jeg ikke i tvil om at det hadde reddet situasjonen»*. Planlegging og beredskap krever også kunnskap om strømforholdene i de kyst- og fjordsystemene hvor lokalitetene ligger. Man trenger å vite hva som er nærmeste område som i liten grad «deler vann» med egen lokalitet og dermed vil være trygg. En respondent uttrykker følgende; *«Du skal være ganske sikker på at dit du flytter er en tryggere plass og det vet man jo ikke bestandig»*. Flere har fremhevet betydningen av samarbeide mellom selskapene, med myndighetene og med brønnbåter og fiskeflåte (se 3.1.1). I intervjuene påpekes betydningen av dette da det smalt i 2019, men også hvor viktig samarbeid vil være i å bygge beredskap for fremtiden. *«Det å flytte fisk vil kreve samarbeid og at man låner lokaliteter av hverandre- men ja det er en mulighet»*. Godt gjennomarbeidede planer vil også forhindre uheldige etterspill. En respondent uttrykker det slik; *«De som har frisk fisk i den sonen [som det blir flyttet til], for eksempel nyutsatt smolt i den sonen, og så kommer naboen drassende med slaktefisk. Det er jo ikke en bra løsning det heller selv om du får lov av Mattilsynet»*. (Se mer om fellesskapsløsninger under 3.4).

Oppsummering: Flytting av fisk avhenger først og fremst av tilgjengelige beredskapslokaliteter, men også av tilgjengelighet av utstyr (f.eks brønnbåter) og personell. Dette er spesielt utfordrende for små selskap. Flytting forutsetter varsling i flere dager på forhånd og at fisken har en helsestatus som tillater håndtering.

For ytterligere eksempler på hva respondentene har sagt om tiltak se **Tabell 3**

3.2.7 Slakting

Flere respondenter nevner (nød) slakting som et alternativ dersom man har stor fisk. En chilensk respondent sier at slakting er den del av deres beredskapsplan knyttet til algeoppblomstringer; *«Tidlig høsting, eller overføring til områder som ikke har mikroalger»*.

Som nevnt under avsnittet om flytting av fisk, var det flere som påpekte at det var betydelig avgang på fisk som ble sendt til slakt nå blomstringen av *C. leadbeateri* var et faktum og fisken allerede var eksponert for algen. Dette underbygger betydningen av varsling, som en uttrykker det; *«....hadde vi der hatt en ukes varsel hadde vi intensivert slaktingen»*.

Flere nevner at muligheten for å slakte på merdkanten kan redde en del verdier når man ikke har rukket å få fisken unna før en blomstring. En sier; *«Så fikk vi jo og den der Norwegian Gannet, den der slaktebåten. Og de tok jo unna da resten. For de kunne jo slakte på merdkant. De pumpet inn og slaktet direkte og dermed berget vi jo mye mer fisk enn vi kunne ha gjort på en annen måte»*. En annen påpekte at muligheter for slakting på merdkanten som en del av beredskap mot algeoppblomstringer var kunnskap man tok med seg fra studieturer til Canada på 80-tallet. Respondenten mener man har denne muligheten i dag også dersom det er planlagt og tatt inn i beredskapsplaner; *«Du avlivet på merdkanten og du hadde en bedre beredskap dersom noe skulle skje. Du tar større mengder, du avliver fisk, ikke sant og tar med deg slakten»* og utdyper; *«Du ser at det blir mer og mer prosessbåter rundt omkring. Vi har det i sør og det er mange andre som har det»*.

Oppsummering: Fremskyndet slakting av stor fisk er et godt tiltak dersom det iverksettes i tide. Transport til slakteri er en belastning hvis fisken allerede har vært eksponert for giftalger og det kan være stor avgang. Slakting på merdkant kan fungere godt også på eksponert fisk.

For ytterligere eksempler på hva respondentene har sagt om tiltak se **Tabell 3**

Tabell 3. Sagt om tiltak som kan redusere skade

Tiltak	Hensikt/Effekt	Erfaringer/Praksis
Stoppe eller redusere føring	Får fisken til å roe seg, svømmer dypere i merden, «tåler» mer stress og håndtering	• «Når en alge er oppdaget slutter vi automatisk med føringen» • «Når vi allerede har en blomstring minskes føringen» • «Slutt å føre» • «Etter sulting av fisken må man gradvis gjenoppta føringen»
«Fred og ro» Unngå/utsette arbeidsoperasjoner/transporter	Redusere fiskens sårbarhet (fisken er mer sårbar for alger/maneter etter mye håndtering og vice versa)	• «Fisken var så svak at vi ikke kunne levere til slakteri på vanlig måte. Tålte ikke frakten» • «Generelt, etter enhver håndtering (mot lakselus for eksempel), kan effekten av mikroalger være større» • «Stoppe aktivitet i anlegget»
Skape oppstrømming av vann fra dypet- «upwelling». Teknisk sett kan dette gjøres på flere måter. I Norge blir Midtnorskringen nevnt flere ganger. Denne gir en oppstrømning av vann.	Få opp vann fra dypere vannlag som (forhåpentligvis) har lavere konsentrasjoner av alger/maneter.	• «systemene fungerer kun i tilfeller med lav (alge) intensitet eller kort tid» • «Den fungerer på steder med lav strømhastighet» • «Det bør også tas i betraktning at det er dynamiske oppblomstringer, som er lagdelt i vannsøylen, med en dag-nattvandring» • «Oppstrøm sirkulering brukes nå. Fungere bra når vi har en blomstring i tidlig fase» • «Oppstrømming avhengig av algen» • «Det er ikke klart om det er trygt eller gunstig med oppstrømming når man har en bloom med <i>Alexandrium catenella</i>» • «Vi endrer retningen på sugeren og genererer en form for oppstrømning, spesielt når det er kiselalger. Hvis det er en nakne dinoflagellater, utfører vi ikke denne prosedyren» • «Overdreven vannbevegelse kan ødelegge mikroalgene, og hvis disse mikroalgene er fisketoksiske, kan de fisketoksiske produktene frigjøres og påvirke fisken» • «Et ganske absurd nettverk av diffusorslanger og diverse» • «Vi har jo den der Midtnorsk ringen som fører dypt vann opp. Det som var utfordringen for oss var jo at vi fant jo så masse alger nesten i hele vannsøylen. Vet ikke om vi fikk noe effekt av å boble opp vann» • «men vi fikk etter hvert dødelighet i hele anlegget, inkludert kontrollmerden (med Midtnorsk ring). Det var ikke noe som tilsa effekt fra 'midt-norsk ringen' (knyttet til dødeligheten).

Boblegardiner. Litt ulik teknologi men prinsippet er trykkluftbobler slippes ut fra slanger som omkranser merden	Danner en vegg av luftbobler rundt anlegget. Gir også en oppstrømmingseffekt som skal få opp dypere vann (se over)	• «Det funker helt middels» • «Vi prøvde boblegardiner og det fungerte ikke. Vi kastet ut rhodaminet og så at strømmen blandet boblene og de beveget seg i alle retninger. Det anbefales ikke for steder med høy strøm». • «Den fungerer på steder med lav strømhastighet, på dynamiske lokaliteter har boblegardinene eller oppstrømmingene ikke den nødvendige kraften til å stoppe inntrengning av vann inne i merdene» • «Mange systemer har blitt implementert, boble, presenninger med dette har ikke gitt gode resultater». • Dysene som slipper ut luften gror til dersom det står i vannet uten å bli brukt. • Krever mye energi • Sårbart for vind
«Topptak» Etter beskrivelsen likner dette på en tubenot	Tvinger fisken til å oppholde seg dypt	• «Hvis det gjøres klart ved starten på algesesongen så er det raskt å iverksette hvis nødvendig» • «Fungerer greit teknisk»
Oksygenering (se også punktet under)	Tilfører oksygen	• «Hvis vi skulle få så store mengder at det legger seg på notveggene og den type ting så finnes det enklere tiltak som oksygenering og å strø sand på dem» • «Bruk av oksygeneringspontonger (OXZO)»
Luseskjørt Alene eller sammen med andre tiltak som lufting/oksygenering	Fysisk barriere rundt anlegget	• «Å plassere en barriere de første meterne, som hindrer tidevannet i å frakte manetene/mikroalgene inn, men det er fare for lite oksygen hvis oppblomstringen blir langvarig. Kan gi lavt O2 nivå- bør kunne oksygenere» • «Næringsstoffer og i neste omgang alger kan oppkonsentreres inni skjørtet. Må åpnes innimellom for å «skylle ut».
Flytting av fisk		• «Å flytte fisk er et lurt grep» • «Ved giftige mikroalger er det bare å fjerne fisken» • «Det å flytte fisk vil kreve samarbeid og at man låner lokaliteter av hverandre- men ja det er en mulighet» • «Det må nesten være i forkant for jo mer du pumper og herjer med høye algetall så kan du gjøre vondt verre» • «Jeg tror at hvis den [Heterosigma konsentrasjonen] hadde overskredet 10 000 celler/ml, ville ingenting ha vært nyttig, bortsett fra å overføre biomassen til et annet senter eller ha slaktet fisken»

Slakting		• «Vi kan også begynne å slakte på forhånd» • «Tidlig høsting/slakting, overføring til områder som ikke er påvirket av mikroalger» • «Fremskynde slakting» • «Hvis fisken er stor, kan den slaktes tidligere». • «.....eller å slakte ut alt som er mulig»
----------	--	--

3.3 Skadelig alger og maneter som risikofaktor for din virksomhet

Respondentene ble spurt om hvordan de vurderer oppblomstring av skadelige alger/maneter som en risikofaktor for den virksomheten de representerer. Ut fra respondentenes svar så ser det ut til å være noen systematiske forskjeller på hvordan alger og maneter rangeres som risikofaktor. I områder hvor det har vært gjentatte episoder (selv om ikke alle episodene har medført store tap) rangeres skadelige alger/maneter som en viktig risikofaktor. Dette gjelder eksempelvis i BC Canada, i Chile og delvis i Storbritannia. I Norge blir skadelige alger/maneter gjennomgående vurdert som en mindre viktig risikofaktor. Det interessante er at dette i betydelig grad også er tilbakemeldingen fra respondenter i de områdene som ble hardt rammet av den store algeoppblomstringen i 2019. Algeoppblomstringer blir betraktet som «katastrofale» når de inntreffer, men så lenge frekvensen av blomstringer er lav blir ikke den totale risikoen betraktet som særlig høy. En respondent uttrykker seg slik: «Det er veldig lav risiko. Det er mye som skal klaffe for at dette skal skje igjen. Nå har det skjedd to ganger på 30 år. Det er jo liten sannsynlighet». En annen uttrykker: «På en skala fra 1 til 10, tja vi har jo opplevde det et par ganger. Det er selvfølgelig en risiko, men den er lav, selv om konsekvensene kan bli katastrofale».

Det var også flere som påpekte at jo lenger tid det har gått siden en alvorlig hendelse jo mindre er fokuset på denne problemstillingen. En respondent forteller: «Jeg merker jo at jo lenger tid det går så dabbet fokuset. Stort påtrykk i kjølvannet, men så går det et år eller to så er det nesten ikke snakk om det lenger». Respondenter fra Chile og Canada uttrykte også at algeoppblomstringer forekommer hyppigere og at de fryktet at klimaendringer ville gjøre dette til et større problem i fremtiden. Noen sier at man allerede nå opplever flere blomstringer utenfor «sesong» samt et mer uforutsigbart algesamfunn. En uttrykker det denne måten: «På grunn av klimaendringer forventes disse hendelsene å være mer og mer tilbakevendende, derfor er det en risiko som må håndteres hver sommer». Også flere norske respondenter frykter at klimaendringene vil gi økt risiko for alge- og manetblomstringer, og en uttrykker følgende «Jeg syns jeg ser mer og mer av det, kanskje fordi at jeg i større grad ser etter det men jeg synes at jeg ser mer og perioden med blomstringer varer lenger og lenger, spesielt med maneter, vi ser mer og mer maneter» og videre «.....dette er en reell faktor som ligger og surrer i bakhodet til meg. Det er jo noe det kan bli mer og mer av, det er jeg ikke i tvil om». En annen sier: «Det er jo trender som peker på at dette ikke blir mindre viktig med årene, så det er høyst relevant».

Oppsummering: Alger og maneter oppfattes i varierende grad som en risiko, hvor frekvensen av alge- og manetproblemer er det som i størst grad styrer folks risikooppfatning. Mange tenker at klimaendringer vil føre til økt risiko for skadelige alge- og manetoppblomstringer.

For ytterligere eksempler på hva respondentene har sagt om alger og maneter som risikofaktor se **Tabell 4**.

Tabell 4 Sagt om alger og maneter som risikofaktor

- «Anser det som en stor risiko spesielt her i Sør Norge»
- «Ja, absolutt. Det er som å bo ved siden av en vulkan»
- «De er hindringer på veien og vi må leve med dem»
- «Det er en risiko som må håndteres hver sommer»
- «De er en risikofaktor for virksomheten fordi vi ser skadelige algeoppblomstringer med større frekvens og intensitet»
- «Det var jo veldig høyt på listen for to år siden. Den er vel ikke øverst og definitivt ikke nederst»
- «Sånn som vi har opplevd det som en 5 av 6. risiko».

- «Det er veldig lav risiko. Det er mye som skal klaffe for at dette skal skje igjen. Nå har det skjedd to ganger på 30 år. Det er jo liten sannsynlighet»
- «I forhold til de tidligere vurderingene vi har gjort både før og etterpå, så er risikoen lav. Det er i alle fall en lang frekvens imellom hver gang det skjer noe».
- «Tror det sitter lengder fremme hos meg enn hos mange andre siden jeg satt så tett på, men jeg merker jo at jo lenger tid det går så dabbet fokuset»
- «Når man gjør risikovurdering en vurdering av hvor ofte det vil oppstå og hvor alvorlig det er. Vurderes som noe som skjer sjelden men er svært alvorlig»
- «Det er nok ikke det som ligger lengst oppe i sannsynlighetsberegninger når det gjelder mulige kriser, det er nok ikke det».
- «klimaendringene tendere til å øke temperaturen og vi opplever et mindre forutsigbart miljø, så jeg vil si at risikoen øker
- «Det ærlige svaret er at nei, jeg har ikke en bekymring for det, men det er kanskje på grunn av at det i mine over 20 år som oppdretter ikke har vært et problem som vi har måttet håndtere»
- «På en skala fra 1 til 10,... tja vi har jo opplevde det et par ganger. Det er selvfølgelig en risiko, men den er lav, selv om konsekvensene kan bli katastrofale»
- «Vi er jo redd for at det skal skje, men sannsynligheten for at det vil skje med det første er det jo ingen som vet»

3.4 Felleskapsløsninger

Vi spurte respondentene om erfaringer med eller ideer til fellesskapsløsninger. Det som framkom av dette var alt fra datadeling/informasjonsutveksling, felles overvåking, beredskapsplaner med oversikt over utstyr og plan for deling av utstyr, felles øvelser på akutte hendelser og det å gå sammen om opplæring/kurs.

3.4.1 Overvåkning

Mange respondenter fremholder overvåkning som en fellesskapsløsning som kan gjøre næringen bedre i stand til å håndtere problemer med alger og maneter. En uttrykker: «Det jeg har tenkt mange ganger på er hva kunne vi har gjort annerledes annet enn at vi skulle hatt en bedre overvåkning. Vi skulle ha visst om dette tidligere». En annen sier: «Det som vi pratet litt om, var om vi kunne gått i lag og i det samarbeidet man allerede har produksjonsområdemessig mellom aktørene. Da hadde det vært mulig å pinpointe noen plasser rundt om i produksjonsområdet som kunne fungert som en slags markører eller indikatorer, og sydd i hop en prøveuttakingsplan som kunne fungert som en overvåking og gitt et varsel om at det er noe som rører på seg og det er grunn til å være ekstra oppmerksom på lokalitetene og under transporter, håndteringssituasjoner osv.». Det fremgår også av intervjuene at man enkelte steder i Norge allerede har etablert et felles overvåkningsopplegg. En sier: «Det som er nytt av året er at vi samarbeider med et annet selskap og har faste prøvestasjoner, tror det er 1 eller 2 hver, der hvor vi tenker at algene vil komme først. Vi har en viss overvåking og tanken er at hvis vi finner noe på de stasjonene, så har vi en plan for å øke [prøvetakningsfrekvens]». Fra intervjuene i Chile/Canada og UK fremkommer det at algeanalysene som oppdretterne gjør selv (evt i samarbeid med eksterne algeeksperter; se 3.5) ute på anleggene utgjør bærebjelken i overvåkingen. Noen bruker FlowCam² men mesteparten av analysene foregår ved mikroskopi.

² <https://www.fluidimaging.com/applications/marine-and-freshwater-research>

Mange steder er denne overvåkingen omfattende, med ukentlige eller daglige prøveuttak. En sier: *«alle våre sjøanlegg analyserer mikroalger en gang i uken, alle sentrene har mikroskop»*, mens en annen sier: *«det variere dramatisk fra dag til dag. Det er viktig for oss å gjøre det (algeanalyser) daglig»*. Også maneter overvåkes hyppig i områder hvor disse har forårsaket problemer: *«Vi overvåker dem [maneter] daglig om sommeren og hver andre/tredje dag gjennom vinteren»*. Flere norske respondenter representerer selskaper som også opererer i Canada/Storbritannia/Chile og kjenner godt til praksisen hos sine kolleger i utlandet. En sier følgende om sine utenlandske kolleger: *«De har jo mye større problemer enn vi. De har et helt annet overvåkingsregime enn vi har, i perioder er det daglige vannprøver»*. Denne respondenten påpeker at selskapet som helhet som følge av dette besitter en høy kompetanse på tematikken. Informasjonen deles i mange tilfelle med andre. Systemet for deling varierer en del. I noen tilfeller er det satt i system i andre tilfeller virker det mer «ad hoc» (se 3.4.2).

Oppsummering: Overvåking blir hyppig nevnt som en felleskapsløsning hvor det kan være mye å hente på koordinerte aktiviteter. Et viktig element i beredskap.

3.4.2 Varsling/Datadeling/informasjonsutveksling

Et av tiltakene som nevnes i intervjurunden er samarbeid og datadeling innenfor et område med "vannslektskap", for eksempel i et produksjonsområde (PO), fiskehelsenettverk, lusenettverk eller andre etablerte nettverk. Slike samarbeid er etablert enkelte steder i Norge allerede, og kunnskap deles i etablerte nettverk: *«nå er det jo algeovervåking i fiskehelsenettverket i alle fall i PO 3»*. En annen sier: *«Vi er lusekoordinator og vi sender ut en rapport en gang i uken, i perioden med mye lus har vi Teams møte med oppdretterne annenhver uke. Etter 2019 har det blitt kutyme at hvis folk gjør funn av alger så tas det med i rapporten, og det er anledning til å ta det opp på disse Teams møtene»*. Flere norske respondenter nevner spesielt BarentsWatch som en mulig plattform for varsling og deling av data.

En chilensk respondent nevner at de har utarbeidet noe de kaller samarbeidskart: *"Vi har en plattform i samarbeid med andre selskaper hvor varsler blir sett, jeg klikker på anlegget jeg vil se (naboer) og jeg får tilgang til antall og arter av mikroalger det har. I tillegg er det slik at laboratoriet som vi sender prøvene våre til for analyse gir oss varsler gjennom en plattform og telefon app hvor vi får informasjon om situasjonen på andre anlegg i nærheten."* Fra intervju med kanadiske aktører lærte vi at man deler data med andre oppdrettsselskaper, FoU institusjoner og myndigheter: *"Laboratoriet hvor vi sender prøvene våre til for å bli analysert gir oss også varsler gjennom en plattform og telefon app der vi kan se hvordan naboen vår har det."* I Skottland forteller en respondent at forskningsinstitusjonen SAMS er ansvarlig for overvåking av skjelloppdrett og at de deler sine rapporter fra dette med lakseoppdrettsnæringen.

Oppsummering: En systematisk måte å dele data om alger og maneter kan utgjøre et viktig element i en felles beredskap.

3.4.3 Felles beredskapsplaner

Det er et krav til selskapene om en beredskapsplan etter Akvakulturdriftforeskriften § 7. Det ville være positivt om oppdrettsselskaper i samme fjordsystem også utarbeidet en felles beredskapsplan med tanke på ulike hendelser som eksempelvis alge- og manetoppblomstringer, og noen selskaper startet opp et slik arbeid kort tid etter blomstringen i 2019.

Håndtering av dødfisk har vist seg å være en utfordring ved store hendelser slik som i Chile i 2016 og Norge i 2019, og mange respondenter peker på dødfiskhåndtering som et område hvor det kan være noe å hente på felles beredskap: *«Beredskap trenger ikke bare å være oppdrettsnæringa, ringnotflåten var jo en perfekt beredskap som kan ivareta ressursene der og da og har enorm stor kapasitet, og ikke minst kan ta vare på produktet med en verdiøkning. Hvis det lå i noen dager og du drev og ensilerte på det selv går det i ensilasje kategori 2, da betaler du 2 kr og har begrenset bruk»* og utdyper at bare det å komme i ensilasje kategori 3 gjør at du får betalt i stedet. *«Når det først går galt er det om å gjøre å utnytte ressursen som best man kan. Det bør vi også ha et veldig stort fokus på».*

En chilensk respondent sier: *«Vi har beredskapsplaner for lokaliteten godkjent av tilsynet og gruppeberedskapsplaner (flere selskaper) for hvert nabolag»* og utdyper at planen blant annet består i å vite hvilke båter som skal involveres for å få ut dødfisk. Også i Norge jobbes det på denne måten. En respondent sier blant annet at de har en egen gruppe som har jobbet med beredskapsplaner etter blomstringen i 2019 og noe av dette arbeidet går ut på å gjøre avtaler med båter som skal komme inn i en krisesituasjon. En fremhever også at det er viktig å unngå andre operasjoner som krever samme infrastruktur i perioden med høyest fare for algeoppblomstring: *«Det var jo ei feil tid for å ha dem i dokk (båtene) fant vi ut, og der skal ikke de der båtene være. Så større vedlikeholdsarbeid skal ikke gjøres i mai og juni».*

Oppsummering: Felles beredskapsplaner for alge- og manetoppblomstringer vil kunne forbedre håndteringen av en større alge/manet hendelse. Felles beredskapsplaner kan f.eks inneholde en oversikt over tilgjengelig infrastruktur f.eks. ensilasjesystemer, brønnbåter og eller annen lokal båtkapasitet (fiskeriflåte, turistfiskebåter o.l.).

For ytterligere eksempler på hva respondentene har sagt om fellesskapsløsninger se **Tabell 5**.

Tabell 5 Sagt om fellesskapsløsninger

Overvåkning	• «Overvåkning- hele kysten må med» • «Værmelding for alger» • «Beredskap i kritiske uker» • «Større overvåking og informasjonsplattformer» • «Overvåkning og varsling. Noe som kjøper tid slik at tiltak kan gjennomføres» • «Det eneste jeg har å si er å få en overvåkning og ha en plan B» • «Et samarbeidende overvåkingssystem og en mer konstant flyt av prøver».
Varsling/datadeling/ informasjonsutveksling	• «Noe felles lokalt i området som ble rammet sist. Lage et varslingssystem mot hverandre» • «Algevarslingskart» • «Alge og vannmiljøovervåkning, presentert i et algevarslingskart» • «Vi tilhører lakserådet som består av 4 selskaper, vi innhenter laboratorieresultater og deler dem med INTESAL. Til gjengjeld mottar vi

	rapportene fra de andre selskapene i tilstøtende områder og det dannes en mikroalgeinformasjonsklynge • « Vi er lusekoordinator og vi sende ut en rapport en gang i uken, i perioden med mye lus har vi Teams møte med oppdretterne annenhver uke. Etter 2019 har det blitt kutyme at hvis folk gjør funn av alger så tas det med i rapporten, og det er anledning til å ta det opp på disse Teams møtene» • «nå er det jo algeovevåkning i fiskehelsenettverket i alle fall i PO 3 og vi prøver å utveksle erfaring, men det er jo veldig lite kunnskap om hva vi skal gjøre når en oppdager noe» • «Vi tar kontakt med naboene. Vi deler bevis» • «Noen lokale som kan ta ut prøver på spesielle punkt i risikoperiodene – det syns jeg er en bra løsning. At det er systematisk. Åpen informasjon mellom bedriftene som er i det samme bassenget».
	•

3.5 Kunnskap/utdanning/opplæring

Veterinærer/fiskehelsepersonell ble spurt om alger og maneter og effekter av disse på oppdrettsfisk var et tema under utdannelsen deres, og videre hvordan de oppfattet at kunnskapsnivået var blant veterinærer og fiskehelsepersonell. Det var ikke et veldig stort antall respondenter i denne kategorien i vår undersøkelse, men det virker som det er noe forskjell mellom de som er relativt nyutdannede og de som har tatt utdannelsen lenger tilbake i tid. De nyutdannede hadde hatt mer om dette temaet på studiet enn de som ble uteksaminert tilbake i tid. Flere påpeker at den viktigste læringen foregår i praksis, ved å ha befatning med temaet og ikke minst ved å ha fokus på vannmiljø i det daglige. En sier; «Jeg hadde ikke en så stor oppfatning av hvor mye det hadde å si for produksjonen (fra utdanningen) og all erfaring jeg har nå med alger og maneter skriver seg fra erfaringer i felt». Det trekkes også frem at det generelt er mye kunnskapsdeling i fiskehelsenettverkene. Noen selskaper har også internopplæring på temaet biologisk vannkvalitet, og hvordan de naturlige svingningene i vannmiljøet påvirker fisken. Flere uttrykte at dette er et stort fagfelt å skaffe seg oversikt over, og holde seg oppdatert på. En uttrykker se slik «Jeg opplever at alger er et spesialfelt» og videre at «jeg vet ikke om det hadde hjulpet hive inn et par kurs, føler man må være så himla god». Noen trekker også frem at det er viktig at man som veterinær/fiskehelsepersonell kjenner godt til problematikken men at man må spille på lag med andre fagfolk i vurderinger: «Vi skal nok ikke ha som mål at fiskehelsepersonell lærer seg alle artene, det er bortkastet, det en må lære seg er hovedprinsippene for effekt og hvordan skal du sikre prøvetaking og hvilke tiltak har du mulighet til å gjøre». En annen uttrykker: «Da var det SINTEF man hadde diskusjoner med og som vi lærte av når det gjaldt alger og maneter».

Å identifisere alger i vannprøver er en type spisskompetanse det tar tid og øvelse å erverve i alle fall dersom man skal kunne gjøre en full analyse av algesamfunnet. Det er imidlertid bare et lite antall arter som er skadelig for fisk, i mange områder en liste på 15-20 arter. Noen av disse er greie å identifisere i mikroskop og andre er vanskelig. Dette har man bygget på i Canada, Chile og UK. Her er det flere selskaper som har utstyrt lokalitetene sine med mikroskop og gitt personalet opplæring i å ta vannprøver og identifisere skadelige arter. Arbeidet på lokalitetene støttes gjennom samarbeid med institusjoner som har spisskompetanse på alger og som bidrar dersom folk ute på anleggene er usikre. En respondent i Canada beskriver: «for algeovervåking har vi programmer som vi har laget internt. Det går gjennom hvordan mikroskopene skal brukes og hvordan vi gjør prøvetakingen. Vi har også et algeidentifikasjonskurs gjennom et tredjepartsselskap her, og det fokuserer mer på å

identifisere de forskjellige artene". Opplæringsprogrammet er laget slik at det ikke kreves en spesiell bakgrunn, selv om de erfarer at det er noe lettere å lære opp folk som eksempelvis har noe bakgrunn i biologi. En Chilensk respondent sier: «De fleste anleggene har mikroskop, folk er opplært til å identifisere prøvene, det er mulighet for å ta bilder og sende dem til laboratorier, og det er også mulighet for å ta med spesialister til anleggene». Kunnskapen om hva som faktisk er i vannet er et viktig beslutningsgrunnlag for å vurdere om man skal iverksette tiltak om evt hvilke tiltak (se under 3.2 Tiltak).

Flere peker på behovet for mer grunnleggende kunnskap om planktonøkologi. En respondent sier: *«Hvert område har en HAB-historie, og når sammensetningen av planteplanktonet og miljøforholdene som disse oppblomstringene har utviklet seg under er kjent, kan industrien bli bedre støttet».* En annen uttrykker: *«Både forebyggende og når det gjelder beredskap trenger vi mer kunnskap om det miljøet en driver i, det tror jeg er veldig positivt».* Det fremkommer også fra våre intervju at det kan være et behov for økt forskning på betydningen av biologisk vannkvalitet på gjellehelse. En respondent sier: *"Det kan godt være at det at alger og maneter påvirker fiskehelsen/ almenntilstanden til fisken er viktigere enn at du får en sånn akutt dødelighetsepisode. Gjelleproblemer er jo et økende problem og der kan jo både maneter og alger være medvirkende årsak. Vi har ikke sett noen klar sammenheng der for vi har ikke så gode data at vi kan påvise konkrete sammenhenger med gjellehelse. Det er jo et problemområde dette med gjellehelse".*

4 Referanser

- Anderson, D. M., Alpermann, T. J., Cembella, A. D., Collos, Y., Masseret, E., & Montresor, M. (2012). The globally distributed genus *Alexandrium*: multifaceted roles in marine ecosystems and impacts on human health. *Harmful algae*, 14, 10-35.
- Bosch-Belmar M, Milisenda G, Basso L., Doyle TK., Leone A & Piraino, S. (2020) Jellyfish Impacts on Marine Aquaculture and Fisheries. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 1-18.
- Condon, R. H., Duarte, C. M., Pitt, K. A., Robinson, K. L., Lucas, C. H., Sutherland, K. R., Mianzan, H.W., Bogeberg, M., Purcell, J.E., Decker, M.B., Uye, S. I., Madin, L.P., Brodeur R.D., Haddock, S.H.D., Malej, A., Parry, G.D., Eriksen, E., Quiñones, J., Acha, M., Harvey, M., Arthur, J.M. and Graham, W.M. (2013) Recurrent jellyfish blooms are a consequence of global oscillations, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(3), pp.1000-1005.
- Dong, Z., Liu, D. and Keesing, J. K. (2010) Jellyfish blooms in China: dominant species, causes and consequences, *Marine pollution bulletin*, 60(7), pp.954-963.
- Fenner, P. J., Lippmann, J. and Gershwin, L. A. (2010) Fatal and nonfatal severe jellyfish stings in Thai waters, *Journal of travel medicine*, 17(2), pp.133-138.
- Ferguson HW, Christian MD, Hay S, Nicolson J, Sutherland D, Crumlish M. (2010). Jellyfish as vectors of bacterial disease for farmed salmon (*Salmo salar*). *J Vet Diagn Invest* 22:376-382.
- Glibert, P. M. (2020). Harmful algae at the complex nexus of eutrophication and climate change. *Harmful algae*, 91, 101583.
- Gobler, C. J. (2020). Climate change and harmful algal blooms: insights and perspective. *Harmful Algae*, 91, 101731.
- Gobler, C. J., Doherty, O. M., Hattenrath-Lehmann, T. K., Griffith, A. W., Kang, Y., & Litaker, R. W. (2017). Ocean warming since 1982 has expanded the niche of toxic algal blooms in the North Atlantic and North Pacific oceans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(19), 4975-4980.
- Goldstein, J., & Steiner, U. K. (2020). Ecological drivers of jellyfish blooms—The complex life history of a ‘well-known’ medusa (*Aurelia aurita*). *Journal of Animal Ecology*, 89(3), 910-920.
- Haraldsson, M., Tönnesson, K., Tiselius, P., Thingstad, T. F., & Aksnes, D. L. (2012). Relationship between fish and jellyfish as a function of eutrophication and water clarity. *Marine Ecology Progress Series*, 471, 73-85.
- Heisler, J., Glibert, P. M., Burkholder, J. M., Anderson, D. M., Cochlan, W., Dennison, W. C., ... & Lewitus, A (2008). Eutrophication and harmful algal blooms: a scientific consensus. *Harmful algae*, 8(1), 3-13.
- Purcell, J. E., Uye, S. I. and Lo, W. T. (2007) Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review. *Marine Ecology Progress Series*, 350, pp.153-174.
- Purcell, J. E. (2012). Jellyfish and ctenophore blooms coincide with human proliferations and environmental perturbations. *Annual review of marine science*, 4, 209-235.
- Richardson, A. J., Bakun, A., Hays, G. C., & Gibbons, M. J. (2009). The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous future. *Trends in ecology & evolution*, 24(6), 312-322..
- Wells, M. L., Trainer, V. L., Smayda, T. J., Karlson, B. S., Trick, C. G., Kudela, R. M., ... & Cochlan, W. P. (2015). Harmful algal blooms and climate change: Learning from the past and present to forecast the future. *Harmful algae*, 49, 68-93.

Vedlegg A.

Vil du delta i forskningsprosjektet

«Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter»

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å kartlegge og sammenstille eksisterende kunnskap, erfaringer og teknologiske løsninger knyttet til alge- og manetoppblomstringer fra Norge og fra andre land. Kunnskapen skal brukes som basis til å forebygge og håndtere episoder med giftige alger og maneter, inkludert utforming og formidling av anbefalinger om beste praksis for ulike situasjoner. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Alge og manet oppblomstringer er naturlige fenomen. Noen ganger er imidlertid slike blomstringer skadelige for akvakulturvirkosomhet og forårsaker fiskedød og redusert fiskevelferd. Chrysochromulina leadbeateri tok i 2019 livet av mange tusen tonn laks i Nord-Norge, og mye fisk måtte nødslaktes. Det virker å være bred enighet om at frekvensen av skadelige algeoppblomstringer (HAB's) har økt siden 1980 tallet, og problemer med HAB's ekspanderer til nye områder. Hvorvidt manetpopulasjonen øker globalt, er foreløpig ikke helt klart men problemer med maneter har økt, og da spesielt for fiskeoppdrett i Nord Atlanteren. Temperaturokning, eutrofiering, havforsuring og endringer i sirkulasjonsmønster og lagdeling er faktorer som enkeltvis eller i kombinasjon kan endre frekvensen og intensiteten av skadelige alge- og manetoppblomstringer. Det er derfor en bekymring for at havbruksnæringen vil oppleve økte problemer med skadelige alger og maneter i fremtiden.

Det finnes betydelig kunnskap om skadelige alger og maneter i vitenskapelige miljøer både i inn- og utland. Det finnes også betydelig “know-how” og praktisk erfaring hos oppdrettere og fiskehelsepersonell og forvaltning. Vitenskapelig kunnskap kan imidlertid være vanskelig tilgjengelig for praktikere, og erfaringskunnskapen fra merdkanten tilflyter ikke nødvendigvis forskningsmiljøene. I prosjektet skal vi kartlegge og sammenstille både den vitenskapelige kunnskapen og den erfaringsbaserte kunnskapen. Kunnskapssammenstillingen bidrar til å identifisere kunnskapshull og gjør det mulig å utforme anbefalinger og beste praksis for ulike situasjoner. Kunnskapssammenstillingen vil også kunne fungere som beslutningsgrunnlag for hvilke vei næringen vil gå spesielt når det gjelder utforming av fellesskapsløsninger og investering i kostbar infrastruktur.

I tillegg til konkrete anbefalinger og hvis mulig «beste praksis» knyttet hvordan man best kan håndtere alger og maneter, kan prosjektet også kunne lede til vitenskapelige publikasjoner dersom resultatene tilsier dette.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

NIVA vil, i samarbeid med Akvaplan-niva og NIVA Chile gjennomføre prosjektet «Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter» i perioden mars 2021-februar 2022. Prosjektet er finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF fondet). For ytterligere informasjon om prosjektet se <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901664/>

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

For å innhente erfaringskunnskap om alge- og manetoppblomstringer vil vi gjennomføres intervju med ulike fagpersoner tilknyttet oppdrettsnæringen; oppdrettere, veterinærer, fiskehelsepersonell og personer fra forvaltningsapparatet. Alle informanter blir intervjuet i kapasitet av sin rolle, funksjon eller stilling.

Hva innebærer det for deg å delta?

Hvis du velger å delta i prosjektet innebærer det er personlig intervju. Dette vil gjøres via Teams, Zoom el eller gjennom fysisk møte dersom COVID-19 smittesituasjonen tillater. Opplysningen dine registreres gjennom lydopptak og notater. Intervjuene vil ta anslagsvis 30-60 minutter.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle dine personopplysninger vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrevet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Prosjektgruppa ved NIVA og ~~Akvaplan-niva~~ vil ha tilgang. Navnet og kontaktopplysningene dine vil vi erstatte med en kode som lagres på egen navneliste adskilt fra øvrige data. Data som fremkommer i intervjuene vil bli aggregert og behandlet på en måte som gjør at deltagere vil ikke kunne gjenkjennes i publikasjoner.

Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?

Opplysningene anonymiseres når prosjektet avsluttes, noe som etter planen er utgangen av februar 2022. Informasjonen du har delt vil lagres i NIVAs datalagringsarkiver i 5 år, og deretter hos Norsk Senter for forskningsdata. Informasjonen som lagres/arkiveres etter prosjektslutt er anonym. Tilgang til disse arkivene er begrenset til senere forskning.

Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg, og å få utlevert en kopi av opplysningene,
- å få rettet personopplysninger om deg,
- å få slettet personopplysninger om deg, og
- å sende klage til Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra NIVA har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Hvor kan jeg finne ut mer?

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- NIVA ved Trine Dale på epost trine.dale@niva.no eller telefon: 48156969
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på epost (personverntjenester@nsd.no) eller telefon: 55 58 21 17.

Hvis du har spørsmål knyttet til NSD sin vurdering av prosjektet, kan du ta kontakt med:

- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS på epost (personverntjenester@nsd.no) eller på telefon: 55 58 21 17.

Med vennlig hilsen

Trine Dale, Prosjektansvarlig
Seniorforsker, Forskningsleder Akvakultur
Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA)
Thomøhlensgate 53 D, 5006 Bergen
Tlf.: + 47 48156969 epost: trine.dale@niva.no

Samtykkeerklæring

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- ☐ å delta i intervju for «Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter»
- ☐ at opplysninger om meg publiseres slik at jeg kan gjenkjennes
- ☐ at mine personopplysninger lagres etter prosjektslutt, til videre forskning

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet ved utgangen av februar 2021.

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Vedlegg B.

Intervjuguide

Kort presentasjon av prosjektet

Prosjektet «Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter» er finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond. Det finnes allerede betydelig kunnskap om skadelige alger og maneter i vitenskapelige miljøer både i inn- og utland. Det finnes også betydelig “know-how” og praktisk erfaring hos oppdrettere og fiskehelsepersonell. Vitenskapelig kunnskap kan imidlertid være vanskelig tilgjengelig for praktikere, og erfaringskunnskapen fra merdkanten tilflyter ikke nødvendigvis forskningsmiljøene. I prosjektet skal vi kartlegge og sammenstille både den vitenskapelige kunnskapen og den erfaringsbaserte kunnskapen. Kunnskapssammenstillingen bidrar til å identifisere kunnskapshull og gjør det mulig å utforme anbefalinger og beste praksis for ulike situasjoner. Dette vil gjøre næringen bedre rustet til å håndtere episoder med giftige alger og maneter i fremtiden.

Utdeling av informasjonsskriv/samtykke

Bakgrunnsopplysninger om respondent;

- Rolle/funksjon
- Fagbakgrunn

(sort = hovedspørsmål, blått = oppfølgende spørsmål)

Spørsmål

Tema 1: Hva skjedde

Kan du fortelle hvordan hendelsen(e) forløp (*fritt fortalt*)

Akutt dødelighet? Alle merder rammet? Forskjell på fiskestørrelse? (oppfølgende spørsmål dersom respondent ikke kommer inn på det i fri fortelling)

Var det noe «forvarsel» du bet deg i merke i, noe som var annerledes i tiden før hendelsen? F.eks Adferd hos fisken, observert endringer i vannmiljøet etc. (oppfølgende spørsmål dersom respondent ikke kommer inn på det i fri fortelling)

Vet du hvilken organisme (art) som var synderen?

Vet du hvilke konsentrasjoner som var i vannet på tidspunktet hvor fisken fikk problemer?

Hva vet du generelt om ulike potensielt skadelige arter? F.eks Hvilken måter de skader algen eller maneten fisken, er de knyttet til spesielle vannlag, spesifikke tider på året, er de skadelig i lave konsentrasjoner (kan eksemplifiseres dersom respondent ikke kommer inn på det i fri fortelling)

Hvis det har vært gjentatte hendelser- har problemene forekommet på samme tid på året?

Tema 2: Hva kan gjøres når en algeoppblomstring eller en manetoppblomstring truer anlegget (eller et område)

I ditt tilfelle; kan du fortelle litt om hva dere gjorde, hvilke tiltak ble satt inn?

Hvordan fungerte dette?

Hva ville du gjort annerledes hvis en ny situasjon skulle oppstå? *(dersom man ikke kommer inn på det i spørsmålet over)*

Er du kjent med tiltak som har vært brukt for å redusere skadevirkningen av alger/maneter andre steder (i Norge eller internasjonalt)

I tilfelle ja, hvilke metoder/tiltak kjenner du til?

Hvordan tenker du dette ville fungere for din lokalitet? Hvorfor/hvorfor ikke

Har dere mulighet til å flytte fisk til et annet område?

Hva skal til for at flytting av fisk ut fra påvirket område skal bli en aktuell mulighet for ditt selskap?
F.eks myndighetsklareringer, tilgang på ekstra utstyr (merder, nøter osv), tilgang på flere lokaliteter, brønnbåtkapasitet. (Kan eksemplifiseres dersom respondent ikke kommer inn på det i fri fortelling)

Har dere noen form for beredskap for å unngå fremtidige hendelser?

I tilfelle ja, hva består denne beredskapen i? Gjøres det noe i ditt selskap for å overvåke og å evt. predikere oppblomstringen av skadelige alger eller maneter. (For eksempel regelmessige algeprøver, måling av siktedyp, telling av maneter etc.) *(oppfølgende spørsmål dersom respondent ikke kommer inn på det i fri fortelling)*

Hvilken beredskap har dere for å håndtere store mengder død fisk dersom ulykken skulle være ute?

Tema 3: Fremtiden

Hvordan vurderer du faren for oppblomstring av skadelige alger/maneter som en risikofaktor for din virksomhet? *(er dette noe dere frykter, en katastrofe, eller en hump i veien?)*

Hva kunne ha hjulpet dere til å begrense skadevirkningene av hendelsen du har beskrevet? *(tenk fritt, det sky is the limit)*

Hvilke fellesskapsløsninger (om noen) anser du som viktig å få på plass?

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskningsinstitutt for vannfaglige spørsmål, og vi arbeider innenfor et bredt spekter av miljø, klima- og ressursspørsmål. Vår forskerkompetanse kjennetegnes av en solid faglig bredde, og spisskompetanse innen mange viktige områder. Vi kombinerer forskning, overvåkning, utredning, problemløsning og rådgivning, og arbeider på tvers av fagområder.



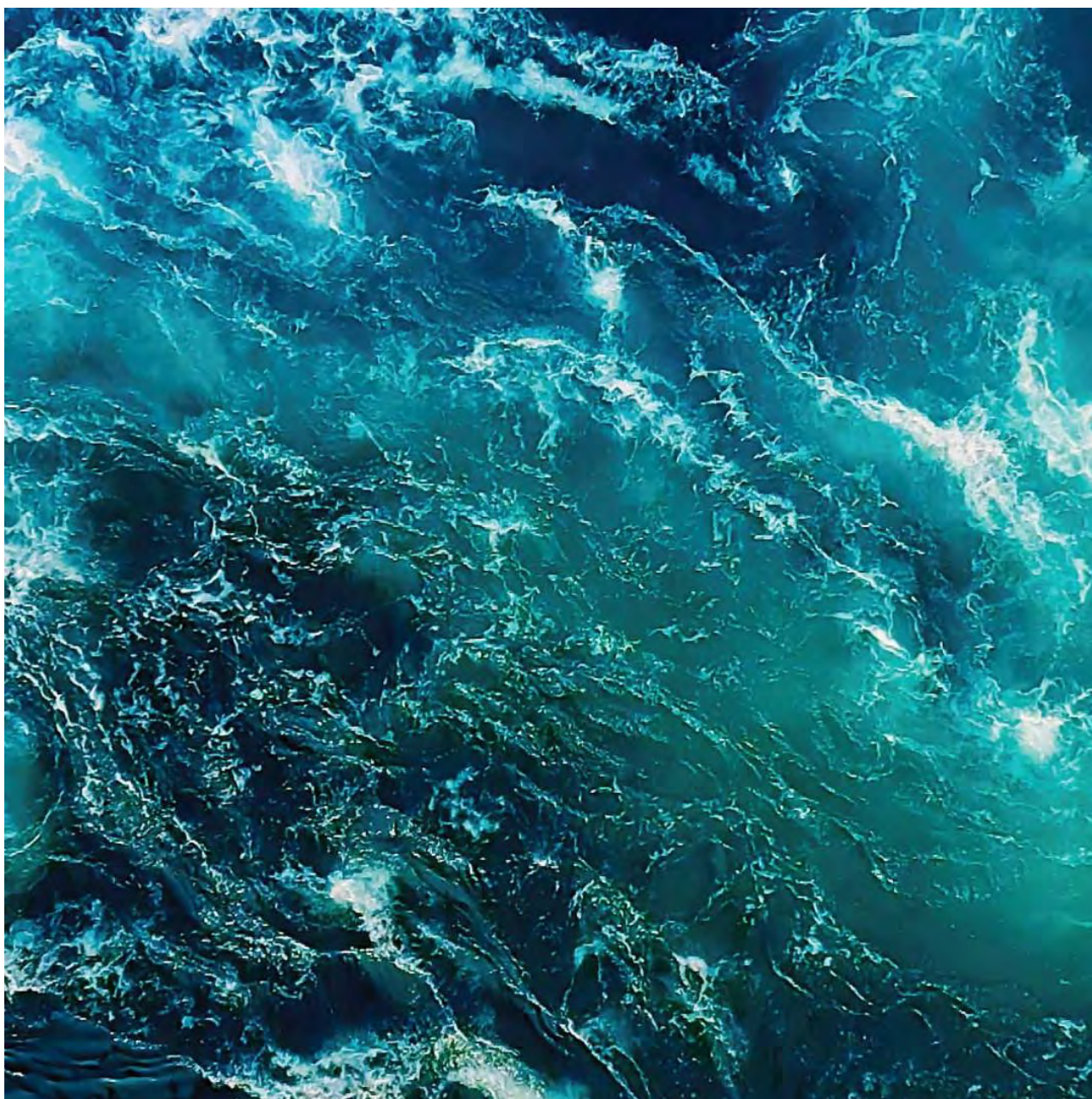
Norsk institutt for vannforskning

Økernveien 94 • 0579 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no

Vedlegg B. Rapport fra Arbeidspakke 3

FHF 901664 - Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter, delrapport 3

Akvaplan-niva AS Rapport: 2022 62619.01



FHF 901664 - Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter, delrapport 3

Forfatter(e) Øystein Glåmseter, Trine Dale, Jonny Nikolaisen, Maj Arnberg, Gro Harlaug Refseth

Dato

Rapport nr. 2022 62619.01

Antall sider 31

Distribusjon Offentlig

Sammendrag

I denne rapporten er eksisterende kunnskap om forebygging og håndtering av episoder med skadelige alger og maneter i akvakulturnæringen integrert i et brukervennlig verktøy. Rapporten er en delrapport for prosjektet "Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter". Delrapporten fokuserer på utviklingen av selve verktøyet, ved bruk av industriell design metodikk. En digital prototype av verktøyet blir presentert, samt en illustrativ beskrivelse av designprosessen som ledet frem til prototypen.

Godkjenninger



Arbeidspakkeleder



Kvalitetskontroll rapport

Innholdsfortegnelse

FORORD	4
1 INNLEDNING.....	5
2 METODE.....	7
3 RESULTAT OG DISKUSJON.....	8
3.1 Samarbeidsverktøyet Miro	8
3.2 Digital prototype	12
3.2.1 Forside digital prototype	14
3.2.2 Eksempel på valgt situasjon.....	15
3.2.3 Eksempel fra Erfarings- og kunnskapsbiblioteket.....	27
4 VIDEREUTVIKLING AV VERKTØY FRA PROTOTYPE.....	30
5 KONKLUSJON	31

Forord

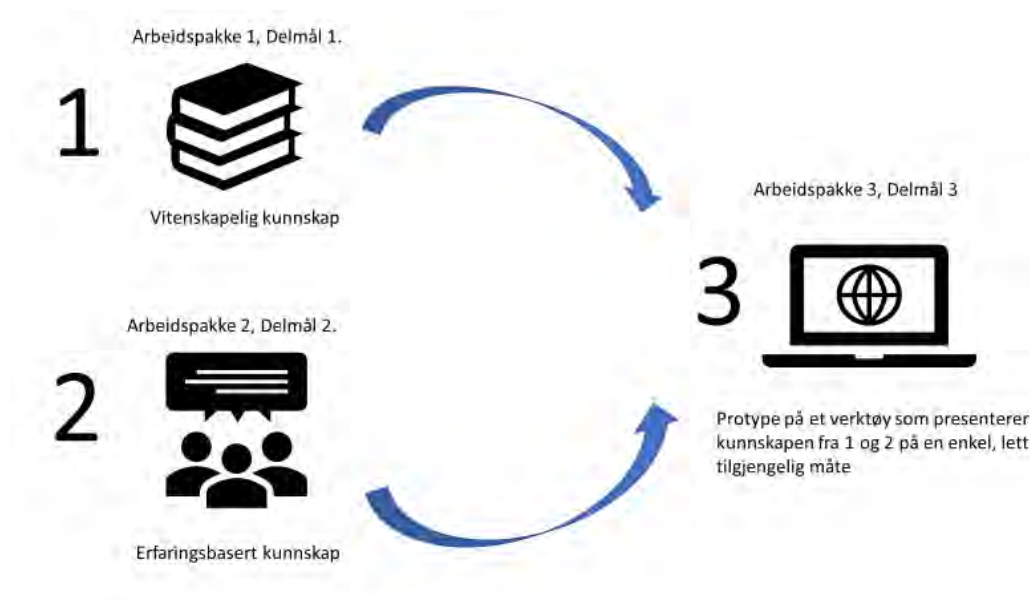
I prosjektet "Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter" er det vitenskapelige kunnskapsgrunnlaget som omhandler skadelige alger og maneter kartlagt og sammenstilt. Dette gjelder både den kunnskapen som finnes i forsknings- og teknologimiljøene, og den erfaringsbaserte kunnskap som næringen selv besitter. Kunnskapen er integrert i et brukervennlig verktøy hvis ultimate mål er å unngå skade på fisk i forbindelse med skadelige alger og maneter. Inneværende rapport er en delrapport som fokuserer på utviklingen av selve verktøyet, ved bruk av industriell design metodikk. En digital prototype av verktøyet blir presentert, samt en illustrativ beskrivelse av designprosessen som ledet frem til prototypen. Prototypen kan senere videreutvikles til et endelig operativt verktøy i et hensiktsmessig format/mer avansert digital løsning, som for eksempel en dynamisk nettside. Prosjektet er finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF).

1 Innledning

Alge oppblomstringer er naturlige fenomen. Noen ganger er imidlertid algeoppblomstringer skadelige for akvakulturvirkosomhet og forårsaker fiskedød, redusert fiskevelferd og giftige skjell. Globalt forårsaker skadelige alger store økonomiske tap for både akvakultur, fiskerier og turisme (Berdalet et al. 2016). *Chrysochromulina leadbeateri* tok i 2019 livet av mange tusen tonn laks i Nord-Norge, og mye fisk måtte nødslaktes. Kontali Analyse har estimert økonomiske konsekvenser av denne hendelsen til å ligge et sted mellom 2.3 og 2.8 milliarder NOK. I likhet med algeoppblomstringer er manetoppblomstringer naturlige fenomen, som i gitte tilfeller skaper problemer både for turisme, fiskeri og akvakultur (Fenner et al., 2010, Dong et al., 2010, Bosch-Belmar et al. 2020).

Det er utfordringer knyttet til både forebygging og håndtering av skadelige alger og maneter. Selv om skadelige arter utgjør en liten andel av det totale antallet arter, er de fordelt på flere taksonomiske grupper som har forskjellige vekstkrav og blomstringsdynamikk og påvirker fisken på ulik måte (fra massiv akutt dødelighet til diffuse gjelleproblemer). Bildet kompliseres ytterligere av at en og samme art kan ha ulik grad av giftighet avhengig av både interne og miljømessige faktorer. Samlet representerer dette en utfordring både når det gjelder potensialet for tidlig varsling, overvåking og avbøtende tiltak (Zingone og Enevoldsen, 2000).

Et viktig element for å bygge opp hensiktsmessige systemer for å kunne forebygge og håndtere skadelige alger og maneter, er å sammenstille eksisterende kunnskap, både den som finnes i forsknings- og teknologimiljøene og den som næringen selv besitter. Kunnskapen må deretter gjøres tilgjengelig på en enkel og lettfattelig måte. I prosjektet "Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter" er erfaring og kunnskap kartlagt og sammenstilt og integrert i et brukervennlig verktøy (se Figur 1).



Figur 1. Skematisk oversikt over de ulike delene i prosjektet «Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter».

Inneværende rapport er en delrapport fra delmål 3 i prosjektet. Delrapporten oppsummerer arbeidet med utviklingen av selve verktøyet, ved bruk av en metodikk som kalles Design

Thinking eller Designthinking på norsk. Delrapporten presenterer en digital prototype av et verktøy som skal brukes for å håndtere episoder med skadelige alger og maneter i akvakulturnæringen. Den beskriver og illustrerer hvordan designmetodikk er brukt fra første stadiet i prosessen, og frem til nåværende versjon av prototypen. Ansvarlig for design og utvikling har vært industridesigner Øystein Glåmseter, og forskergruppen (Niva og Akvaplan-niva) har vært ansvarlige for faglig innhold.

Vi understreker at hovedleveransen er selve verktøyet. Verktøyet er presentert for FHF og referansegruppen i prosjektet i Teams-møter. Inneværende delrapport er ment som en støttefunksjon til selve verktøyet for å beskrive designprosessen som ble brukt. Delrapporten er derfor ikke ment som en enkeltstående vitenskapelig rapport, men må leses i sammenheng med det digitale verktøyet. Leseren henvises derfor til det digitale verktøyet: <https://xd.adobe.com/view/b165e836-d343-4243-afe5-677f67da04af-e436/?fullscreen>

Designprosessen som ble brukt for å utvikle verktøyet er beskrevet i metodekapittelet under (Kapittel 3), og ulike milepæler (delresultater) vises ved bruk av illustrasjoner med tilhørende tekst (Kapittel 3.1). Deretter vises prototypen av verktøyet (Kapittel 3.2), og til slutt beskrives kunnskap som trengs for videreutvikling av verktøy (Kapittel 4).

Verktøyet er utviklet med tanke på at fremtidig kunnskap og erfaringer, både fra forskningen og oppdrettsnæringen, skal kunne legges til i verktøyet. Innholdet i verktøyet vil derfor kunne variere fordi nyere kunnskap/erfaringer blir lagt til eller gammel kunnskap/erfaring blir byttet ut. Verktøyet er derfor designet på en måte som muliggjør integrering av ny informasjon, noe som er med på å sikre brukerrelevans, og et "levende" verktøy. Delrapport 3 settes i sin helhet inn i sluttrapporten.

2 Metode

Ulike deler av resultatene fra kunnskapskartlegging (delrapport 1 og 2) var utgangspunkt for en iterativ (gjentakende) prosess for å utvikle prototypen. Prototypen ble utarbeidet av industridesigner i samarbeid med forskergruppen. Industridesigner fulgte en designmetodikk som arbeidsmetode (a-f) (Sharp et al. 2019). Denne metoden ble valgt for å avdekke brukernes behov, og dette ble gjort i flere av fasene i designprosessen ved bruk av teknikker som brukerobservasjon, spørreundersøkelser, brukertesting av konsepter og prototyper. Metodikken som ble brukt er en gjennomgående iterativ prosess, med brukermedvirkning i flere av fasene. Fasene i designmetodikken (a – f), beskrives under. Fase e) og f) er ikke gjennomført i dette prosjektet.

a) Innledende fase. Denne fasen bestod av informasjonsinnhenting og identifisering av brukergrupper. Sammenstillingen fra de andre delene av prosjektet (delrapport 1: vitenskapelig kunnskapsgrunnlag, og delrapport 2: erfaringsbasert kunnskap fra næring og kompetansemiljø) ble studert, inkludert resultat fra intervjuer. Industridesigner var også med på noen utvalgte intervjuer (se delrapport 2).

b) Utarbeide kravspesifikasjon. Kravspesifikasjonslisten ble utarbeidet ved å sette opp en rekke krav, behov og ønsker som fremkom i den innledende fase. Det ble så laget en liste som prosjektgruppen rangerte etter hvor viktige de ulike elementene i listen var, fra viktigst til mindre viktig. Kravspesifikasjonslisten ble brukt som utgangspunkt for videre utvikling av verktøyet og er en naturlig del av den iterative prosessen. Listen kan endres, elementer i listen kan tas vekk, og nye elementer kan legges til i senere iterasjoner.

c) Konseptutvikling, detaljering og testing. Med utgangspunkt i fase a) og b) ble det så utarbeidet et konsept for verktøyet.

d) Design av digitale prototyper. Ved hjelp av et Adobeprogram som heter Adobe Xd ble konseptet i forrige punkt c) digitalisert og videreutviklet. Konseptet ble gjort om til en første digital klikkbar versjon med en del grunnleggende funksjonalitet og innhold. Prototypen ble testet av «mannen i gata», næringsaktører og andre interessenter. Justeringer ble foretatt basert på tilbakemeldinger via en nettbasert versjon av verktøyet slik at den som testet verktøyet ikke måtte være fysisk i nærheten av designeren.

e) Design av endelig løsning

f) Produksjon av avanserte digitale løsninger (gjøres av en programmerer, i samarbeid med industridesigner).

3 Resultat og diskusjon

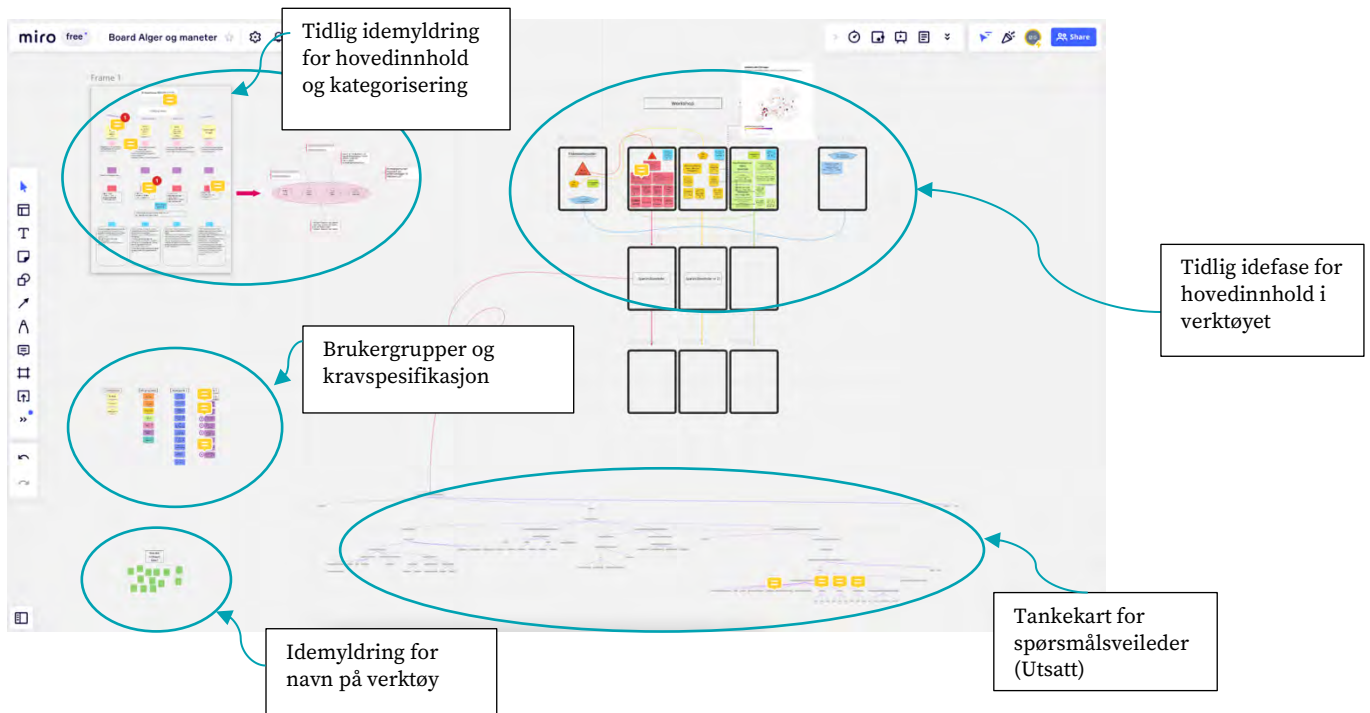
I de første fasene i designmetodikken er det normalt å møtes fysisk i grupper for å kunne samarbeide på en god og effektiv måte ved hjelp av enkle tegninger/skisser, idegenereringsmetoder og tankekart med pågående og etterfølgende dialog og diskusjoner. I og med at den første perioden av prosjektet bar preg av fortsatt strenge pandemiregler var gruppemøter og reising utelukket. Som reserveløsning og for å tilrettelegge for en effektiv kommunikasjon innad i gruppen, inkludert dialog mellom industrideigner og forskergruppen, tok gruppen derfor i bruk den digitale samarbeidsplattformen Miro (Miro.com). Miro er en digital plattform der mange personer kan interagere samtidig på et virtuelt bord med virtuelle Post-IT lapper. Plattformen gjør det mulig å kommunisere på ulike måter, for eksempel å kommentere, notere, lage tankekart, tegne enkle skisser, chatte. Plattformen er et intuitivt verktøy som de fleste forstår ganske raskt og de mest brukte verktøyene er lett tilgjengelig. Miro ble brukt i prosjektet for å kunne ta beslutninger om hvordan bygge opp verktøyet strukturelt, hvilket faglig innhold som skulle være med og hvor innholdet kunne plasseres inn i verktøyet på best mulig måte. Bruken av Miro var derfor viktig for å sikre at både faglig kvalitet og brukerrelevans ble ivaretatt, til tross for at de fleste prosjektdeltagerne geografisk var langt unna hverandre.

Elementer av fase a), b), og c) ble brukt i ulike deler i Miroplattformen. Miroskissen er vist under i kapittel 3.1, og er derfor et delresultat fra fase a), b) og c). Vi poengterer at Miroskissen ikke er del av det endelige verktøyet, men vises i rapporten for å belyse at den fungerte som et utgangspunkt for utarbeidelsen av den digitale prototypen. Prototypen presenteres i kapittel 3.2.

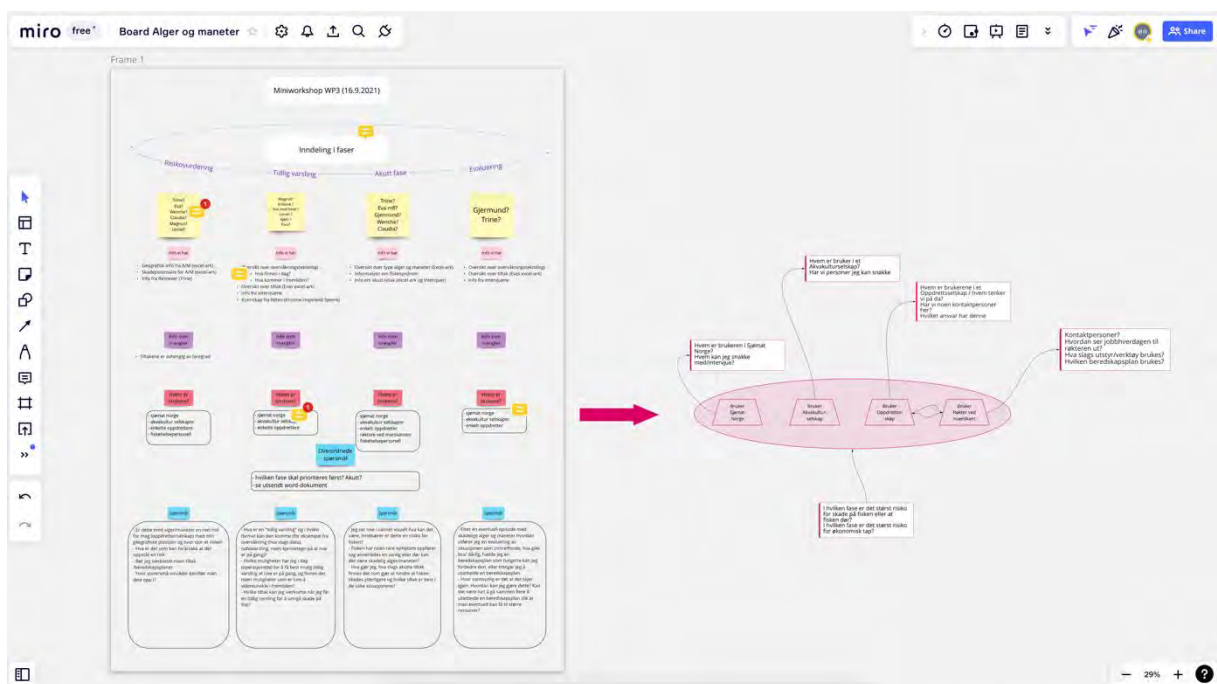
Den nåværende digitale prototypen presenteres på et format som tillater bruker å interagere med de ulike delene av verktøyet ved hjelp av ordinære teknikker som brukes til å navigere på nettsider. Forskergruppen var ansvarlig for faglig innhold og industrideigner var ansvarlig for design og utvikling av prototypen. Miroskissen og den digitale prototypen presenteres visuelt i kapitlene under (Miroskisse: 3.1, digital prototype: 3.2)

3.1 Samarbeidsverktøyet Miro

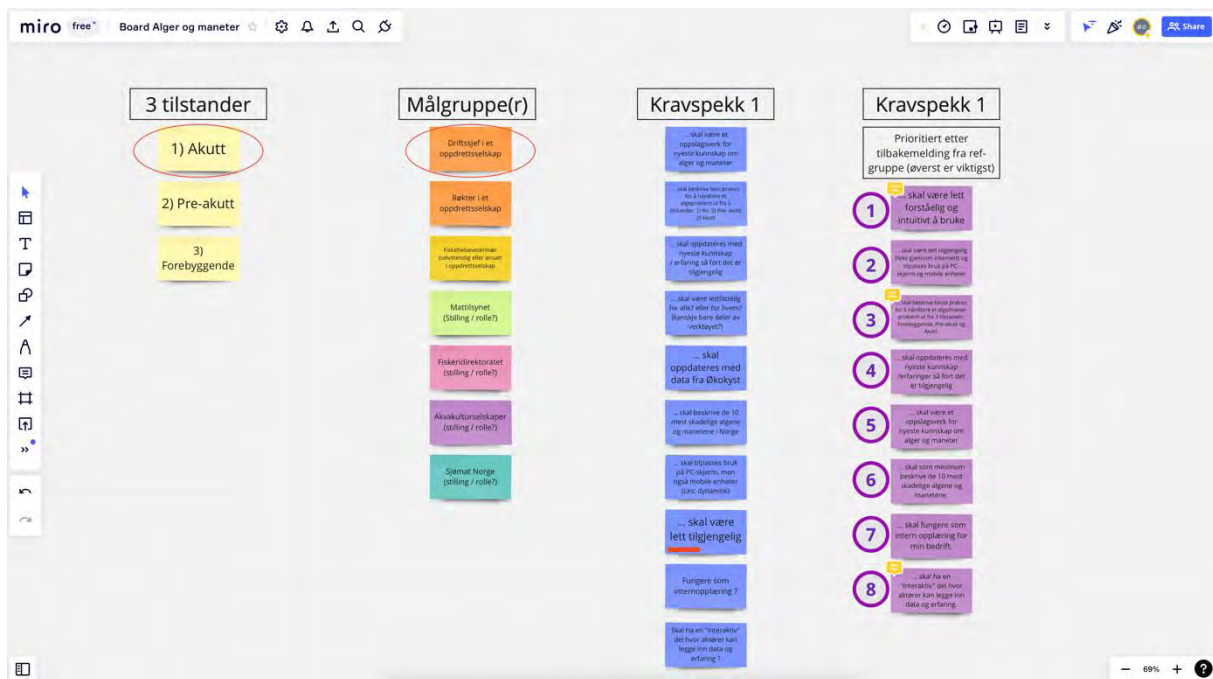
Figur 2 viser en skjermdump av et oversiktsbilde fra samarbeidsverktøyet Miro som industrideigner, forskere og representanter med bakgrunn fra næringen brukte i ulike faser av designprosessen. Figur 3-8 viser utdrag fra deler av oversiktsbildet. Figurene viser arbeidsmåte og tidlige ideer, konsepter og tanker, de viser ikke selve verktøyet. Det er ikke hensiktsmessig å forklare med tekst alle detaljene i figurene under, men det er tatt med for å vise hvordan arbeidsmetodikken til en industrideigner kan se ut visuelt.



Figur 2. Oversiktsbilde fra Miro.



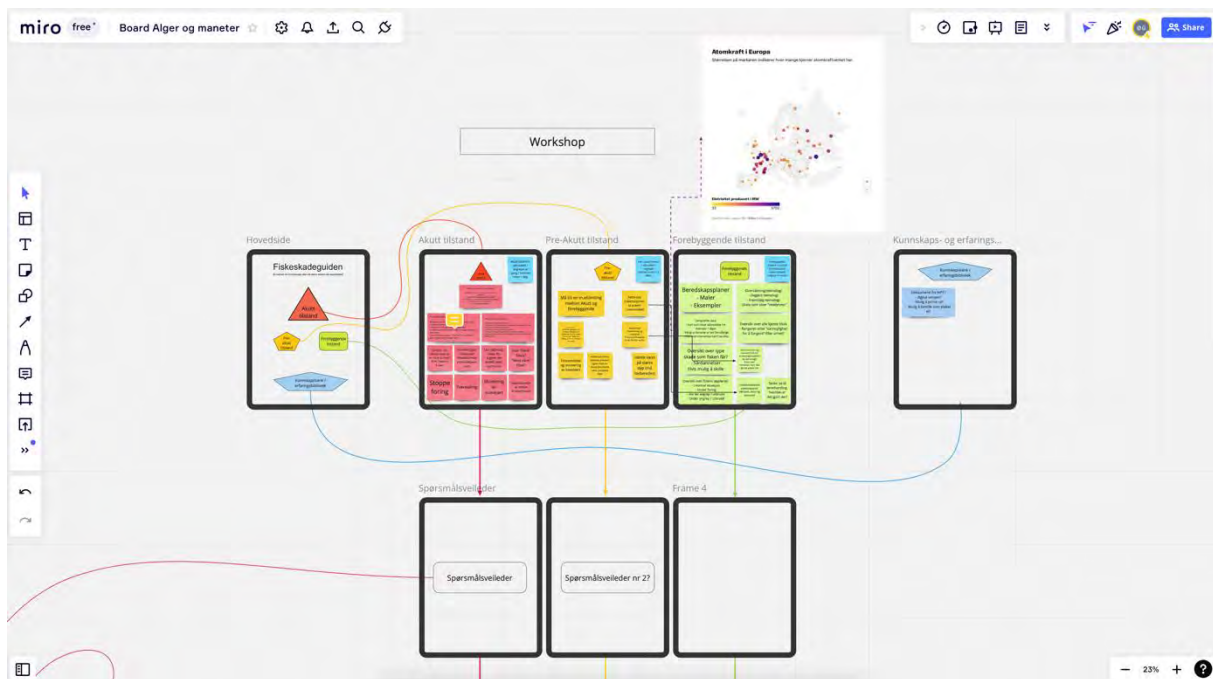
Figur 3. Eksempel på tidlig idemyldring om inndeling i faser (senere kalt "tilstander" og til slutt «situasjoner» i selve verktøyet), kartlegging av innholdet og plassering av dette i verktøyet. I tillegg vises et første forsøk på å definere de ulike brukergruppene av verktøyet



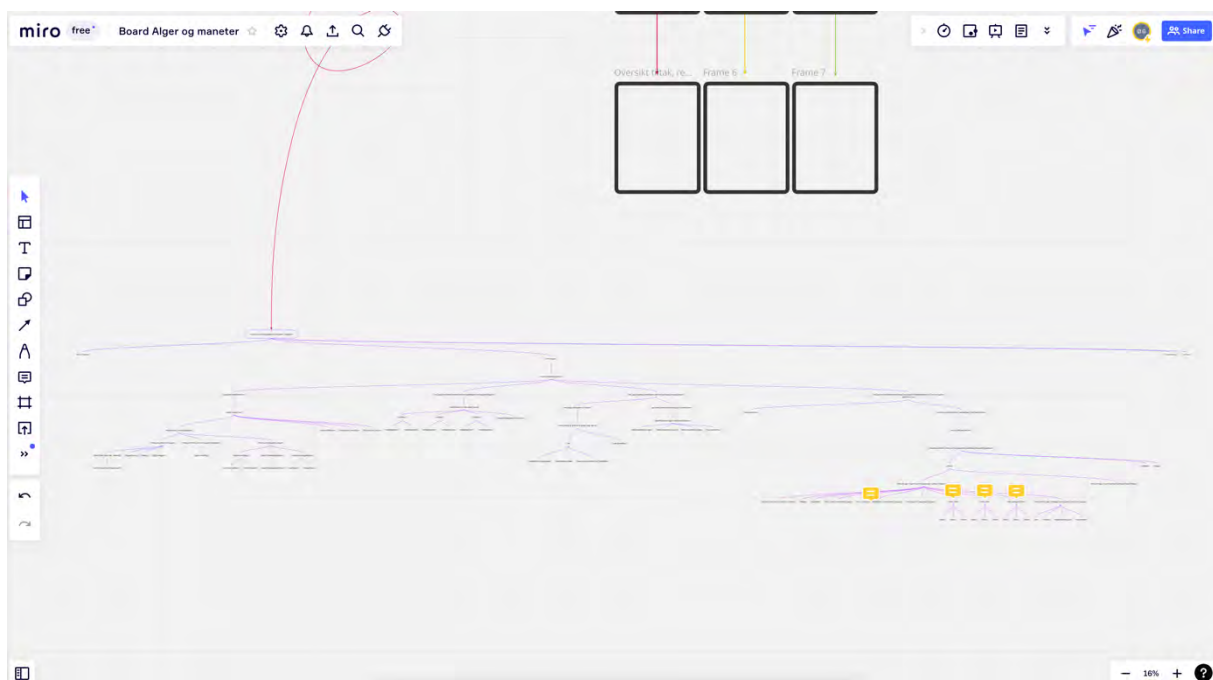
Figur 4. Tilstander (senere situasjoner) ble fastlagt og bruker- eller målgrupper ble prioritert. Tidlig kravspesifikasjon ble satt opp og referansegruppen ble bedt om å rangere denne ut fra sitt ståsted.



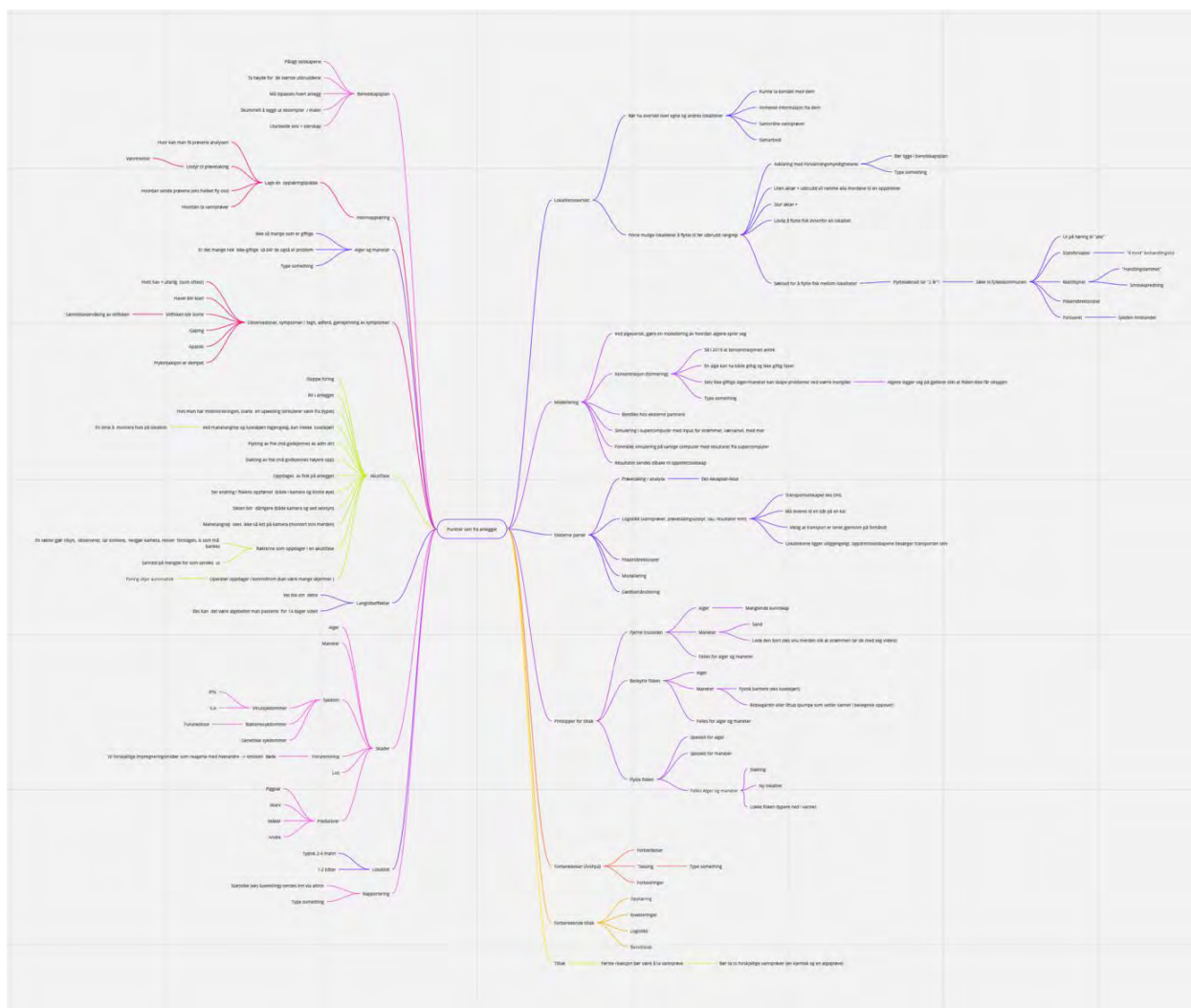
Figur 5. Idemyldring for navn på verktøyet. Foreløpig brukes arbeidsnavnet «Alge- og manet beredskap». Det har også vært diskutert andre navn, som f.eks. Fiskeberedskap og Fiskeskadeguiden der førstnevnte dekker over et bredere spekter enn kun skader forårsaket av alger og maneter, mens sistnevnte har en litt negativ klang og ble derfor valgt bort.



Figur 6. Med utgangspunkt i en skjermstørrelse tilsvarende Apple iPad og de tre tilstandene /fasene / situasjonene, begynte gruppen å sortere og diskutere hvor ulike overskrifter og innhold skulle plasseres samt hvordan det skulle sorteres og kategoriseres.



Figur 7. Ide til spørsmålssveileder som skal veilede en bruker frem til rett svar, eventuelt til kontaktperson eller instans som kan kontaktes.



Figur 8. Tankekart fra workshop hvor deltakere med bakgrunn fra akvakulturbransjen deltok i idemyldring.

3.2 Digital prototype

Design av den digitale prototypen ble bestemt i samarbeid mellom industridesigner og forskergruppen, basert på den iterative prosessen beskrevet over (inkludert bl.a. resultat fra delrapport 1 og 2, resultatet fra intervjuer, en rekke møter, involvering av brukergrupper, og resultat fra Mirofigurene). Det var i starten av prosjektet uklart hvilken skjermstørrelse som kom til å bli den mest aktuelle å designe verktøyet for. Dette med bakgrunn i at det var usikkert hvilke brukergrupper som kom til å bruke grensesnittet mest, og dermed også hvor brukerne geografisk kom til å oppholde seg ved bruk av verktøyet. Den iterative prosessen avdekket at det kunne bli aktuelt både for de som sitter på kontrollrommene å bruke verktøyet på de større PC-skjermene som brukes der, men også ute i felt der det er mer naturlig å ha med seg en håndholdt enhet som mobil eller nettbrett. Valget falt derfor på å designe grensesnittet for en mellomstor skjermstørrelse tilsvarende et nettbrett, helt spesifikt i dette tilfellet en Apple iPad, det mest brukte nettbrettet på verdensbasis. Når man ved en senere anledning skal gjøre et endelig valg av skjermstørrelse så vil det være lettere å tilpasse grensesnittet til en mindre eller større skjerm. Det vil også selvfølgelig kunne være aktuelt å tilpasse verktøyet til flere skjermstørrelser. Oppsummert ved prosjektslutt er konklusjonen at tilbakemeldingene rundt skjermstørrelse spriker, og at det er et ønske om begge deler, både håndholdte enheter og større PC-skjermer.

Leseren av rapporten oppfordres til å åpne selve prototypen av verktøyet digitalt da det vil være lite hensiktsmessig å vise alle sidene i prototypen i denne rapporten (for lenke se innledning). Leseren må også være oppmerksom på at det i en prototype som dette kan være ting som ikke fungerer, at det er treg respons, at man kanskje må prøve å trykke flere ganger og lignende feil som man ikke vil oppleve i et ferdig verktøy. Videre så er enkelte deler av prototypen mer gjennomgående utarbeidet, det vil si at selve innholdet er verifisert og at man kan gå mer i dybden og få mer detaljert informasjon for å demonstrere hvordan et ferdig verktøy kan se ut i mer detalj. I andre deler av prototypen er det mer antydning av hvilket innhold som kan legges inn, uten at innholdet faktisk ligger der, eller at man kommer til en nettside som forteller at denne siden skal utvikles på et senere tidspunkt.

Bilde av forsiden vises i Figur 9. Kapittel 3.2.1 gir en beskrivelse av hvordan verktøyet er bygd opp og delt inn. Kapittel 3.2.2 viser et eksempel på hvordan verktøyet ser ut når en bruker klikker seg inn i de ulike boksene i verktøyet.

3.2.1 Forside digital prototype



Figur 9. Forsiden til den digitale prototypen av verktøyet.

Figur 9 viser hvordan forsiden ser ut. Prototypen er delt inn i 3 situasjoner samt et erfarings- og kunnskapsbibliotek. Brukeren kan klikke seg inn i den relevante situasjon for ham/henne. Kunnskapssammenstillingen gjort under delmål 1 og 2 viste at hvilke tiltak/aksjoner som er mulig å iverksette i betydelig grad er avhengig av hvor lang tid man har til rådighet. Tidsaspektet ble derfor en sentral «knagg» når vi samlet kunnskapen/erfaringen i henhold til følgende 3 situasjoner:

Akutt: forberedelsestid-opptil 3 døgn. *Et utbrudd eller angrep er oppdaget på lokalitet eller anlegg rett i nærheten. Situasjonen er kritisk, og det er kort tid å håndtere situasjonen på.*

Pre-akutt: forberedelsestid 3-7 døgn. *Et utbrudd eller angrep er oppdaget litt lenger unna lokalitet. Situasjonen kan bli kritisk og må håndteres innen 3-7 døgn.*

Forebygge: nok tid til å forbedre/planlegge. *Det er ingen kjente utbrudd eller angrep i området.*

Under knappene der brukeren kan velge situasjon, er det plassert en knapp som kalles **Erfarings- og kunnskapsbibliotek**, og en knapp som kalles **Rapportering av vannprøver mm.**

I **Erfarings- og kunnskapsbiblioteket** vil brukeren finne originalkilder (rapporter og vitenskapelig litteratur) til kunnskapen/erfaringene som danner grunnlaget for innholdet under de tre situasjonene som er beskrevet over, samt annen litteratur som er relevant for temaet.

Etter som bruker klikker seg videre inn i boksene for de ulike tema, øker detaljgraden på kunnskapen. For å se innhold i de ulike delene av biblioteket, henvises leseren til verktøyet

<https://xd.adobe.com/view/b165e836-d343-4243-afe5-677f67da04af-e436/?fullscreen>

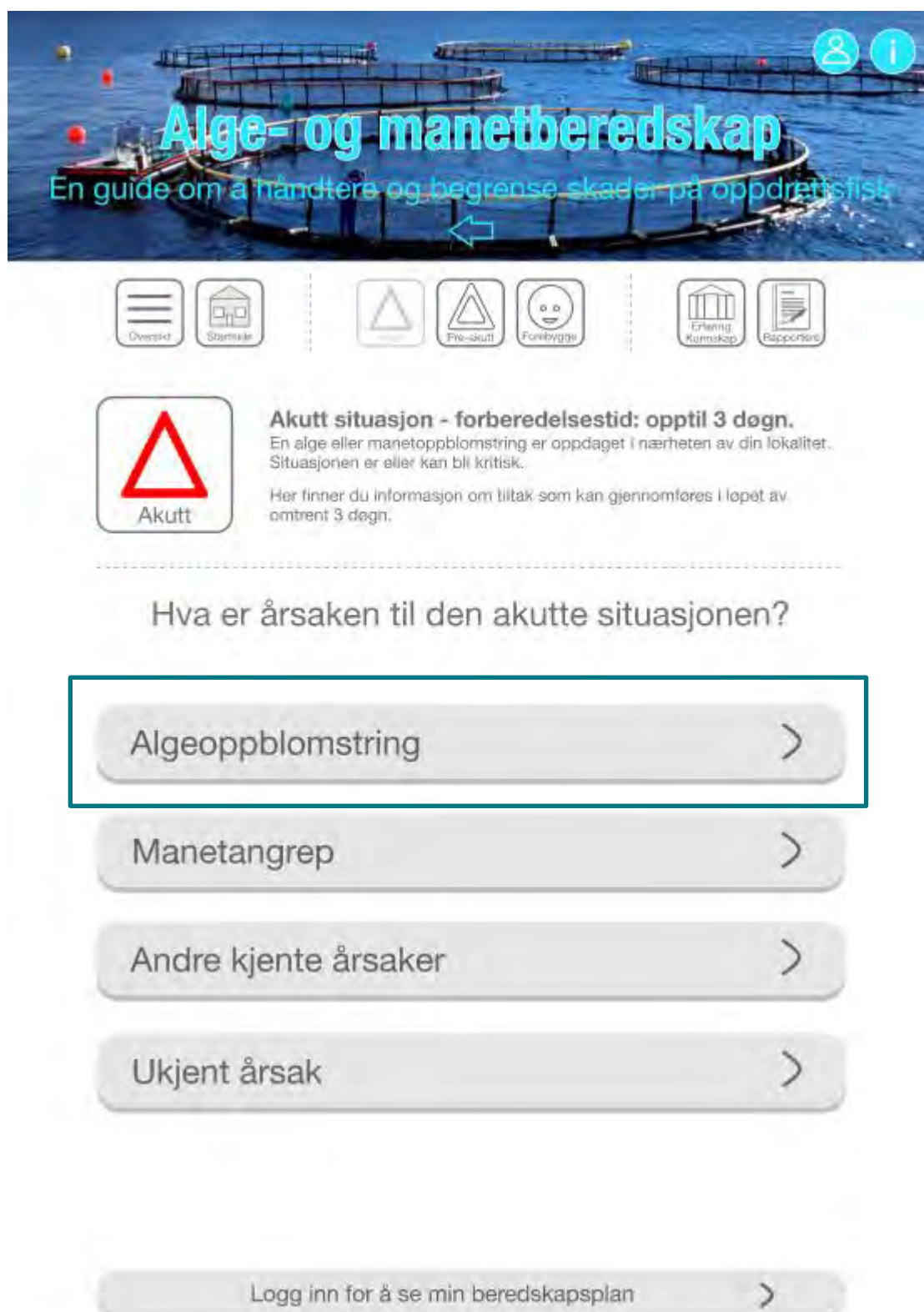
Under **Rapportering av vannprøver m.m** kan det legges til rette for at brukeren rapporterer resultater fra vannprøver, og velge om resultatene kan gjøres tilgjengelig for andre interesserte fra for eksempel oppdrettsnæringen. Her kan brukeren i tillegg rapportere inn sine observasjoner og opplevelser hvis han eller hun har opplevd en algeoppblomstring eller et manetangrep. Annen viktig informasjon og erfaringer vil også kunne legges inn her.

3.2.2 Eksempel på valgt situasjon

Vi viser ikke alle valgmuligheter for de ulike situasjonene i verktøyet (akutt, preakutt, forebygge) i denne rapporten, men henviser til den digitale prototypen. Vi har valgt ut to eksempler for å illustrere i rapporten hvordan verktøyet er bygd opp og hvordan brukeren kan innhente relevant informasjon ved å klikke seg inn på ulike sider i verktøyet. Det første eksempelet er en akutt situasjon. Det andre eksempelet viser utvalgte avbøtende tiltak i en forebyggende situasjon.

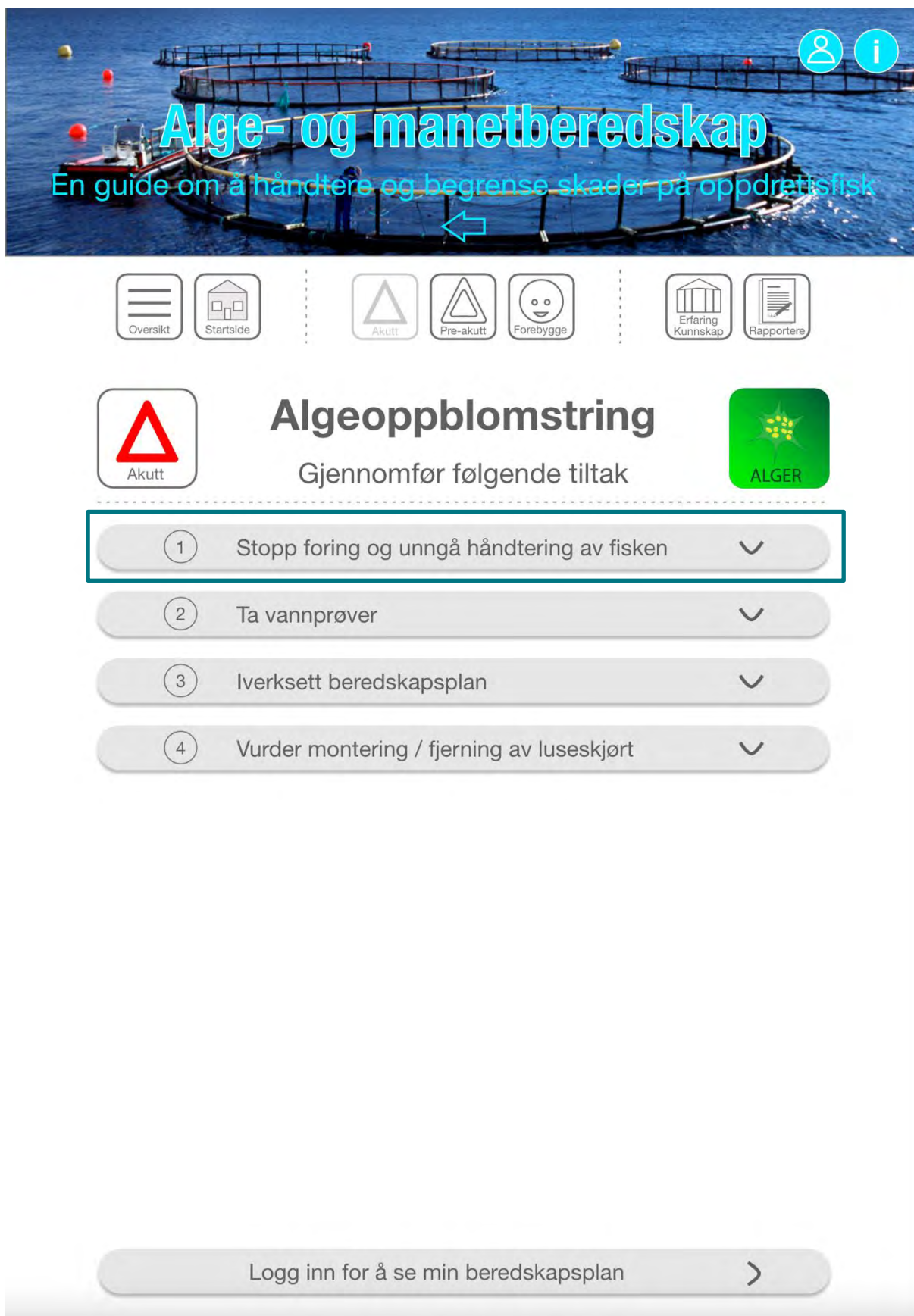
Eksempel 1. Akutt situasjon

Når bruker klikker seg inn på Akutt situasjon (se Figur 9), kommer brukeren inn i en ny side, der brukeren kan velge hva som er årsaken til den akutte situasjonen (alge, manet, andre kjente årsaker, ukjente årsaker) (se Figur 10).



Figur 10. Årsaken til akutt situasjon.

Klikker man seg videre inn i en av disse knappene vil det komme opp en ny side som viser hvilke alternativer tiltak/aksjoner man har for å håndtere situasjonen og rekkefølgen på dem. Som et eksempel har vi her valgt "Algeoppblomstring", og en ny side vil da komme opp (Figur 11).



Figur 11. I situasjonen Akutt Algeoppblomstring har brukeren 4 valg som bør gjøres i rekkefølgen de er nummerert; 1) Stopp foring og unngå håndtering av fisken, 2) Ta vannprøver, 3) Iverksett beredskapsplan, 4) Vurder montering / fjerning av luseskjørt.

Neste Figur (Figur 12), viser hva som kommer opp hvis brukeren velger alternativ 1) Stopp foring og unngå håndtering av fisken.

Alge- og manetberedskap
En guide om å håndtere og begrense skader på oppdrettsfisk

Oversikt Startside Akutt Pre-akutt Forebygge Erfaring Kunnskap Rapportere

Algeoppblomstring
Gjennomfør følgende tiltak

1 Stopp foring og unngå håndtering av fisken

Stopp foring

Fôring øker fiskens oksygenbehov og trekker fisken opp mot overflaten. Å stoppe fôring er det mest utbredte tiltaket ved algeoppblomstringer

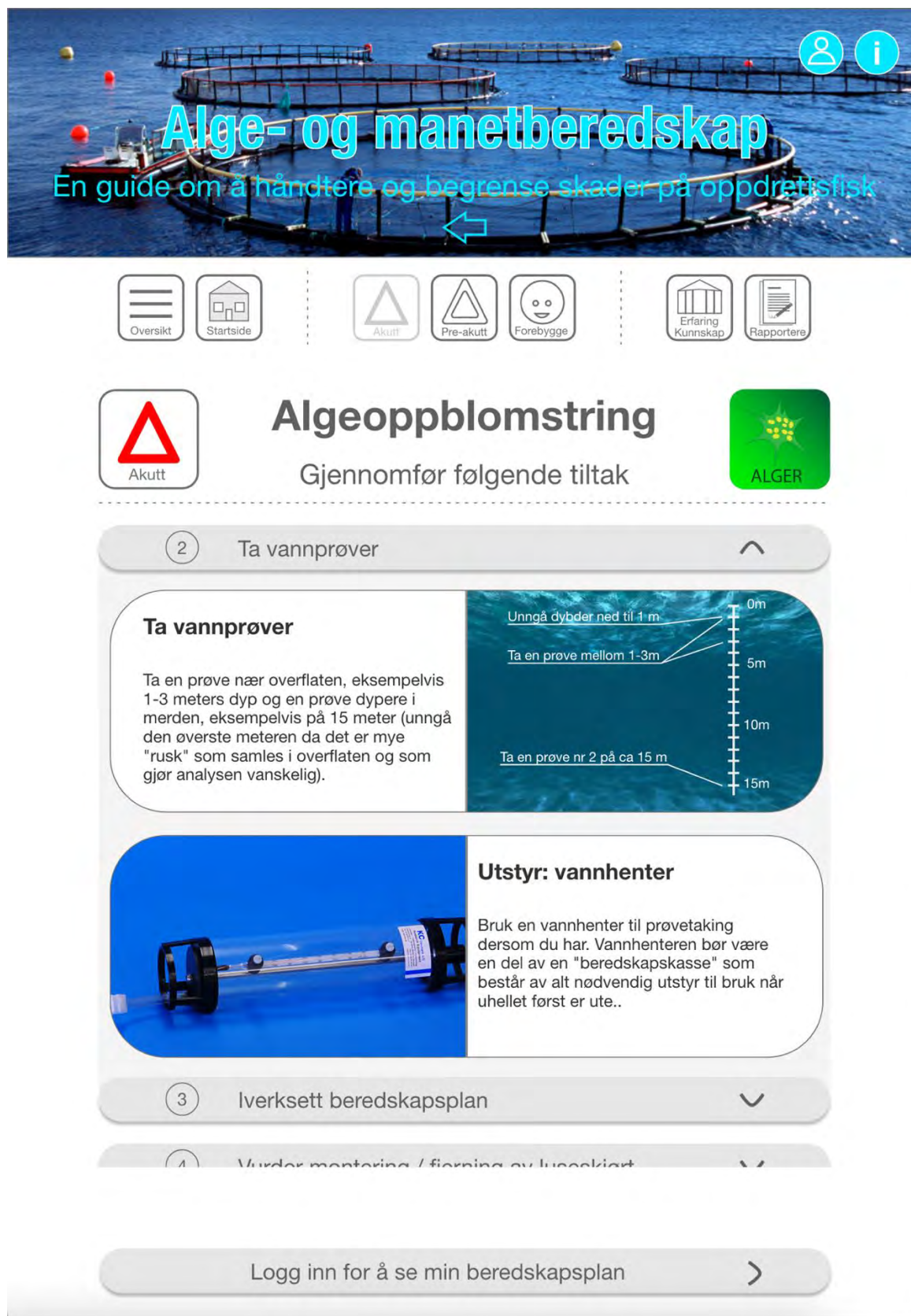
Unngå aktivitet

All aktivitet i nærheten av fisken bør unngås, eks båter og personer som beveger seg ved eller på merdene.

2 Ta vannprøver

Logg inn for å se min beredskapsplan

Figur 12. Informasjon vises for tiltaket/aksjonen "Stopp foring og unngå håndtering av fisken"



Alge- og manetberedskap
En guide om å håndtere og begrense skader på oppdrettsfisk

Oversikt Startside Akutt Pre-akutt Forebygge Erfaring Kunnskap Rapportere

Algeoppblomstring
Gjennomfør følgende tiltak

2 Ta vannprøver

Ta vannprøver

Ta en prøve nær overflaten, eksempelvis 1-3 meters dyp og en prøve dypere i merden, eksempelvis på 15 meter (unngå den øverste meteren da det er mye "rusk" som samles i overflaten og som gjør analysen vanskelig).

Unngå dybder ned til 1 m
Ta en prøve mellom 1-3m
Ta en prøve nr 2 på ca 15 m

Utstyr: vannhenter

Bruk en vannhenter til prøvetaking dersom du har. Vannhenteren bør være en del av en "beredskapskasse" som består av alt nødvendig utstyr til bruk når uhellet først er ute..

3 Iverksett beredskapsplan

4 Vurder monterings / fjerning av lusskjørt

Logg inn for å se min beredskapsplan

Figur 13. Informasjon vises for tiltaket/aksjonen "Ta vannprøver"

På denne siden (Figur 13) vises at brukeren har åpnet tiltaket: " 2) Ta vannprøver". Her kan man skrolle nedover og mer informasjon vil dukke opp. Klikker man seg videre i neste tiltak «3) Iverksett beredskapsplan» så vil knappen med tiltak 2) automatisk lukke seg og informasjon om hva som bør gjøres når man skal iverksette beredskapsplanen synliggjøres, se neste figur 14).



Algeoppblomstring

Gjennomfør følgende tiltak



3

Iverksett beredskapsplan

Varsle Fiskeridirektoratet

Fiskeridirektoratet skal varsles ved mulige oppblomstringer av alger eller maneter.

Du varsler til følgende kontaktinfo:

Ola Nordmann

E-post: ola.nordmann@fiskeridir.no



Fiskeridirektoratet



Varsle andre anlegg

Det er viktig at andre oppdrettsanlegg i nærheten får vite om mulige algeoppblomstringer og manetangrep så sørg for å kontakte nærliggende anlegg og varsle dem.

4

Vurder montering / fjerning av luseskjørt

Logg inn for å se min beredskapsplan

Figur 14. Tiltak «3) Iverksett beredskapsplan»






Alge- og manetberedskap

En guide om å håndtere og begrense skader på oppdrettisfisk













Algeoppblomstring

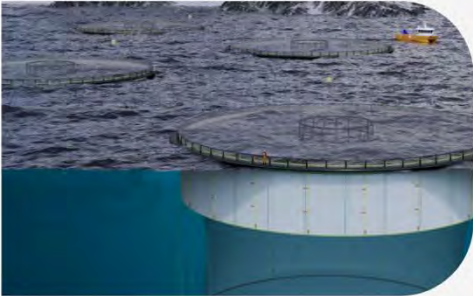
Gjennomfør følgende tiltak



4 Vurder montering / fjerning av luseskjørt

Monter luseskjørt

Hvis luseskjørt finnes tilgjengelig, kan det være god hjelp i å montere luseskjørt som tiltak både mot alger og maneter.





Risiko for forverring

Ved montering av luseskjørt har det også hendt at situasjonen har forverret seg. Det kan derfor i enkelte tilfeller faktisk lønne seg å fjerne luseskjørtet hvis det allerede er montert.

Logg inn for å se min beredskapsplan

Figur 15. Her vises det siste tiltaket under Akutt Algeoppblomstring «4) Vurder montering / fjerning av luseskjørt»

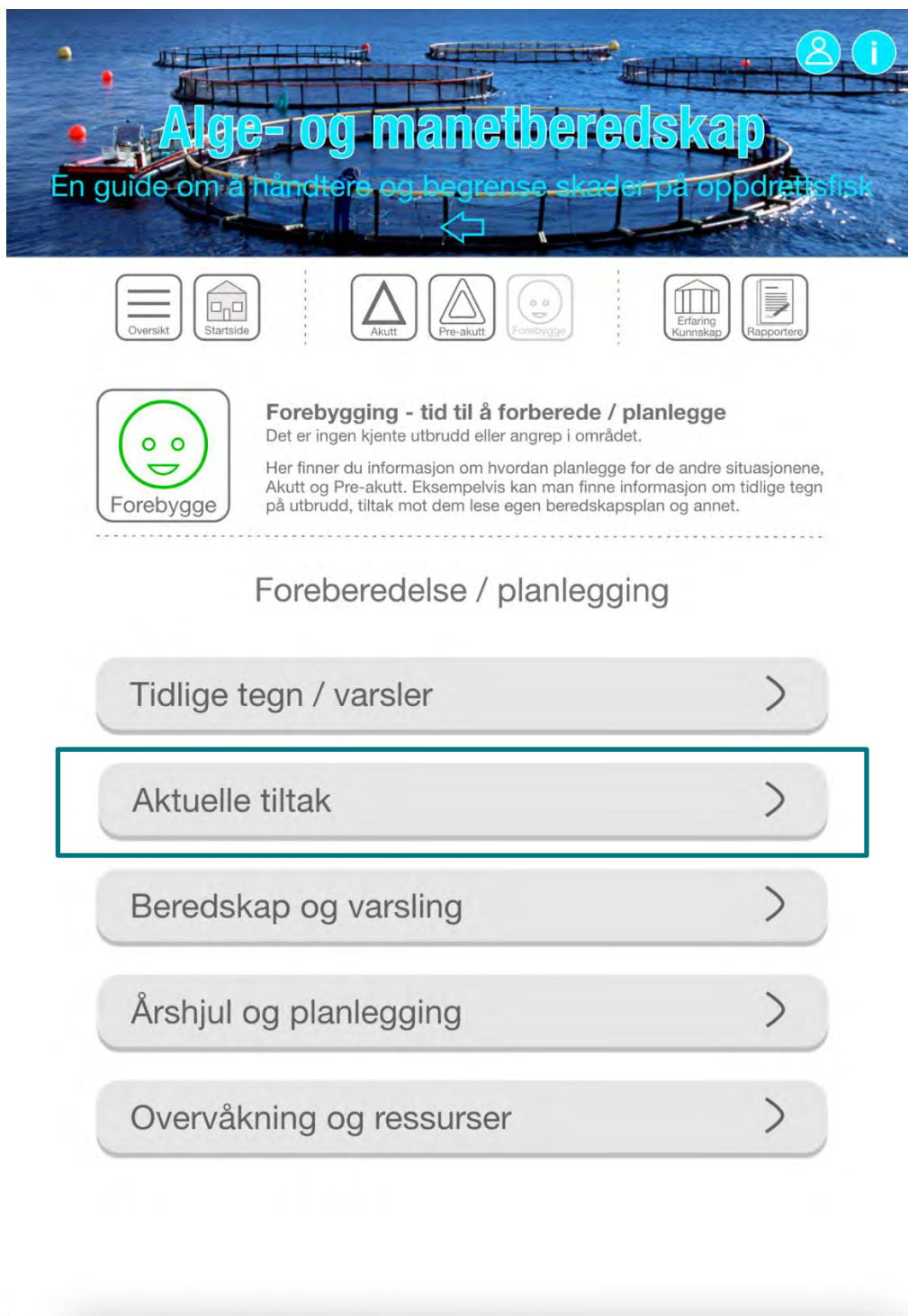
De tiltak/aksjoner som er demonstrert i prototypen per nå er basert på dagens kunnskapsstatus. Ettersom mer informasjon blir tilgjengelig, kan man legge inn flere og flere lag i dette verktøyet, med en større grad av detaljer for hvert lag.

Et fremtidig verktøy kan også ha ulike nivåer av tilgang/deling slik at brukere kan laste inn egne data, eller viktige dokumenter. Dette er illustrert med knappen «Logg inn for å se min beredskapsplan» hvor et anlegg eksempelvis kan ha en lenke til sin egen beredskapsplan (

Figur 12).

Eksempel 2 Forebygge

Når bruker klikker seg inn på Forebygge (se Figur 9) kommer brukeren inn i en ny side der brukeren kan velge tema som er relevant for forberedelse og planlegging (Figur16).



Figur 16. Forberedelse og planlegging under Forebygge.

Som et eksempel har vi her valgt "Aktuelle tiltak", og en ny side vil da komme opp (Figur 17). Her presenteres en liste av mulige tiltak som brukeren kan vurdere å planlegge for. Det er også illustrert hvordan tiltakene eksempelvis kan merkes med hvor lang tid de tar å få på plass, og hvor godt de er dokumentert gjennom vitenskapelig litteratur og praktisk erfaring. Bildene under viser ulike sider i verktøyet som omhandler «Aktuelle tiltak».



Figur 17. Utvalgte tiltak som det kan være aktuelt å planlegge for, hvor mye kunnskap/erfaring som foreligger for de ulike tiltak, og hvor raskt de kan iverksettes.



Aktuelle tiltak



I hvilken grad er tiltaket dokumentert i vitenskapelig forskning?



Lite



Middels



Godt

Hvor mye erfaring har man med tiltaket i praksis?



Lite



Middels



Mye

Hvor raskt kan tiltaket iverksettes?



Akutt
< 3 døgn



Pre-Akutt
3-7 døgn



Normal
> 7 døgn

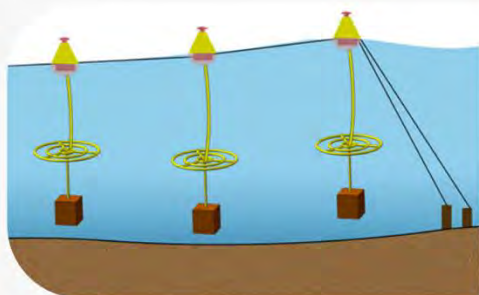
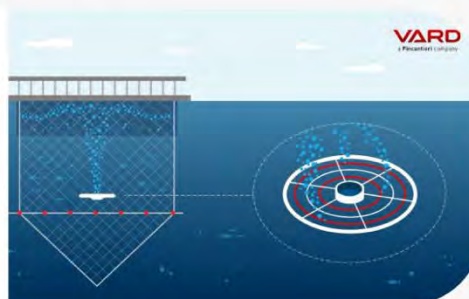


Oppstrømming / upwelling



Oppstrømming

Tekniske detaljer varierer, men prinsippet for oppstrømming er at trykkluft blir sluppet ut dypt i merden og boblene drar med seg vann mot overflaten. Dette skaper en sirkulasjon i merden hvor dypere vann bringes til overflaten og overflatevannet presses ut horisontalt fra senter av merden. I mange tilfeller (men slett ikke alle) er algekonsentrasjonene høyest nær overflaten og oppstrømningen gjør at man får opp vann med lavere algekonsentrasjon.



Oppstrømming

Metoden kan også forbedre og utjevne oksygenivået i merden. Metoden er rutinemessig i bruk som tiltak mot alger i Canada og Chile men det finnes også noe erfaring fra Norge hvor dette ble testet ut på 80-90 tallet. Brukes i mange tilfeller sammen med luseskjørt eller annen fysisk barriere mot omliggende vannmasser.



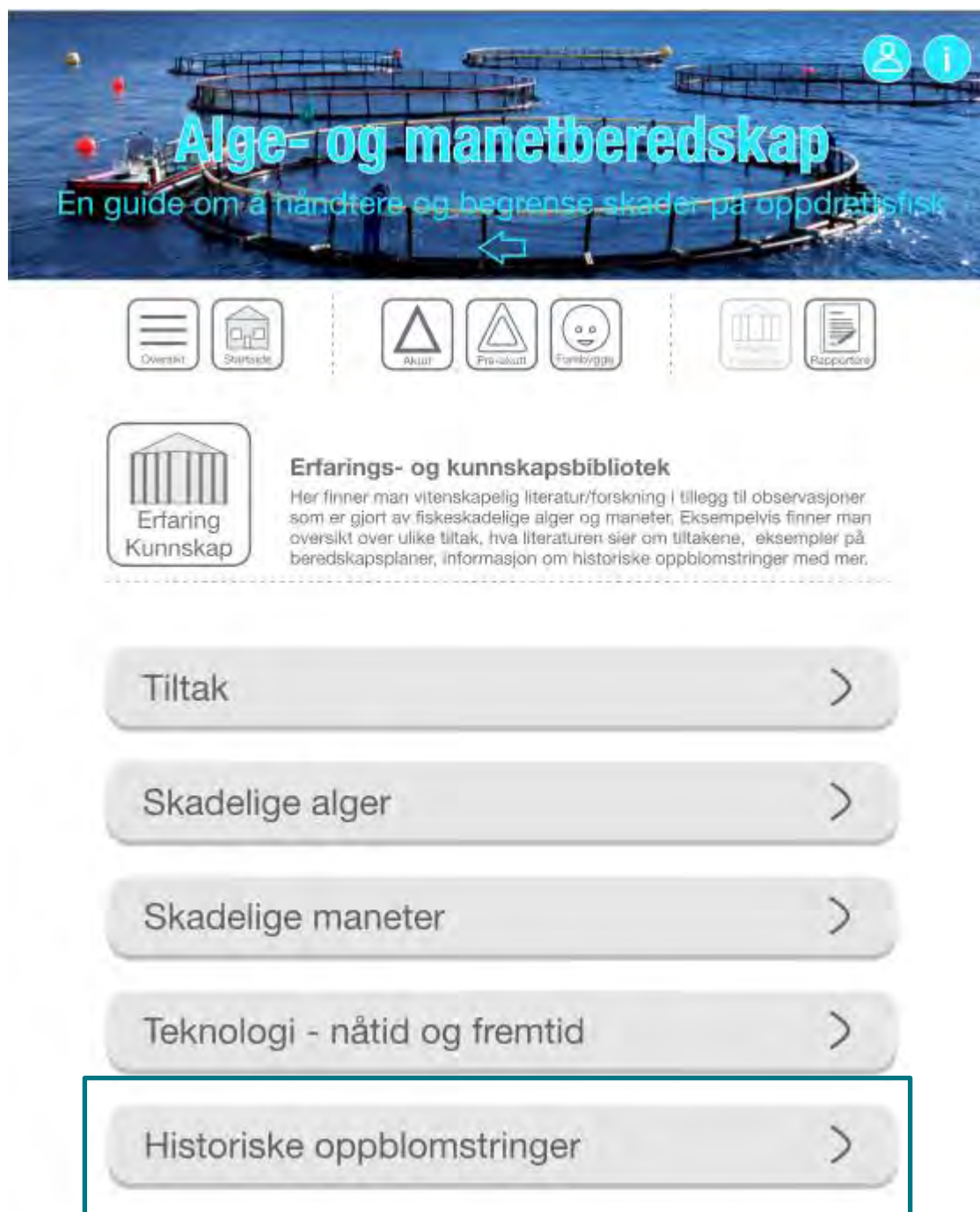
Lufting / oksygenering



Figur 18. Her vises utvidelsen av knappen som heter «Oppstrømming / upwelling»

3.2.3 Eksempel fra Erfarings- og kunnskapsbiblioteket

Når bruker klikker seg inn på Erfaring og kunnskapsbibliotek (se Figur 9) kommer det opp fem tema (Figur 19).



Figur 19. Erfarings og kunnskapsbibliotek.

Som et eksempel har vi her valgt "Historiske oppblomstringer", en ny side vil da komme opp (Figur 20). Dersom man velger en av artiklene på listen kommer det opp en veldig kort oppsummering om hva artikkelen handler om samt referanse og lenke til fulltekst PDF (åpner bare dersom man har tilgang fra utgiver)(Figur 21)

Alge- og manetberedskap

En guide om å håndtere og begrense skader på oppdrettsfisk

Oversikt Sideride Algal Pre-skuff Forbrygge Forsøkt Rapporter

Historiske oppblomstringer i nordeuropeiske farvann

Her har vi samlet relevant vitenskapelig litteratur om historiske oppblomstringer av alger og maneter i nordeuropeiske farvann.

- Review artikkel fra 2021 om blomstringer av skadelige alger i Nord-Europeiske farvann i perioden 1996-2019.
- Sesongvariasjon i forekomster av *Karenia mikimotoi* på Flødeviken ved Arendal i perioden 1989-1996
- Blomstring av *Karenia mikimotoi* i Oslofjorden og langs kysten av Sør-Vestlandet høsten 1981**
- Blomstring av *Karenia mikimotoi* langs kysten av Sør-Vestlandet høsten 1976
- Ekspertgruppeseminar knyttet til blomstringen av *Chrysochromulina leadbeateri* i Vestfjorden, Mai-Juni 1991.

Figur 20. Deler av litteraturlisten om «Historisk oppblomstringer».



Figur 21. Detaljbilde som viser kortfattet oppsummering av artikkel, med referanse og lenke til fulltekst.

4 Videreutvikling av verktøy fra prototype

Verktøyet er kommet til fase c) og d) i utviklingsprosessen, det vil si at innledende fase, kravspesifikasjon og konseptutvikling er gjennomført (se metodekapittel). Dette prosjektet omfatter ikke de siste fasene i designmetodikken (fase e og f). For at verktøyet skal kunne nå e) og f) (endelig design av verktøy og mer avanserte digitale løsninger), er det særlig viktig å gjennomføre flere iterasjoner med testing av flere av de virkelige brukerne. Verktøyet er allerede testet på et noe begrenset utvalg av mulige brukere, men det må i tillegg gjennomføres flere iterasjoner med testrunder på følgende brukergrupper; lokalitetsledere, HMS/IK-ansvarlig, daglig leder, fiskehelsepersonell, forvaltning og forskere med etterfølgende bearbeiding, detaljering og utvikling. For å videreføre en høy grad av brukervennlighet fra prototypen i dette prosjektet er det altså viktig at det følges opp med jevnlig tester på relevante brukere gjennom hele prosessen frem til omtrent ferdig produsert sluttprodukt. Med høy grad av brukervennlighet menes at de reelle brukerne må kunne interagere med verktøyet på en intuitiv og letthåndterlig måte samt at innholdet er lett å finne frem til og lettforståelig.

I de siste fasene e) og f) legges det vekt på utdypende bearbeiding av de ulike delene av verktøyet. Detaljering, produksjon og kvalitetssikring av innholdet inkludert etterfølgende brukertesting av de viktigste brukergruppene blir de primære oppgavene. Etter et nødvendig antall iterasjoner vil man så kunne vise til at verktøyet fungerer etter hensikten og at innholdet er gjort tilgjengelig og forståelig på en god måte. Det vil også på et tidspunkt i de siste fasene være naturlig å involvere produktutviklere/programmerere som sammen med industridesigner utvikler og koder det endelige digitale verktøyet. De siste fasene er utenfor dette prosjektets tidsmessige og økonomiske ramme.

Ny fremtidig kunnskap vil kunne utvide innholdet og øke detaljeringsgraden i verktøyet. Innholdet i verktøyet bygger nå på eksisterende innsamlet informasjon, både den som finnes i forsknings- og teknologimiljøene og den som næringen besitter. Verktøyet er designet med tanke på at fremtidig kunnskap og erfaringer, enkelt kan legges til i ulike deler av verktøyet, og utdatert kunnskap/erfaring kan byttes ut.

5 Konklusjon

Denne rapporten (rapport 3) er delrapport for prosjektet "Hvordan forebygge og håndtere episoder med skadelige alger og maneter". Delrapporten beskriver utviklingen av et verktøy som er designet ved å bruke industriell design. Verktøyetets ultimate mål er å forhindre skade på fisk i forbindelse med skadelige alger og maneter. Prosjektet har ført til utvikling av en brukervennlig digital prototype som bygger på et kunnskapsgrunnlag (frembragt i arbeidspakke 1 og 2) som er integrert inn i de ulike fasene i prototypen. Prototypen kan senere videreutvikles til en mer avansert digital løsning.

Litteratur

Berdalet, E., Fleming, L. E., Gowen, R., Davidson, K., Hess, P., Backer, L. C., Moore, S. K., Hoagland, P. and Enevoldsen, H. (2016). Marine harmful algal blooms, human health and wellbeing: challenges and opportunities in the 21st century. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 96(1), pp.61-91

Bosch-Belmar M, Milisenda G, Basso L., Doyle TK., Leone A & Piraino, S. (2020) Jellyfish Impacts on Marine Aquaculture and Fisheries. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 1-18.

Dong, Z., Liu, D. and Keesing, J. K. (2010) Jellyfish blooms in China: dominant species, causes and consequences, *Marine pollution bulletin*, 60(7), pp.954-963

Fenner, P. J., Lippmann, J. and Gershwin, L. A. (2010) Fatal and nonfatal severe jellyfish stings in Thai waters, *Journal of travel medicine*, 17(2), pp.133-138.

Sharp, H., Preece, J. and Rogers, Y. 2019. *Intercation Design: beyond human-computer intercation. 5th edition*. John Wiley & Sons, Inc. 633 p.

Zingone, A. and Enevoldsen, H. O. (2000) The diversity of harmful algal blooms: a challenge for science and management. *Ocean & Coastal Management*, 43(8-9), pp.725-74

Siden verktøyet er basert på kunnskap fremskaffet i delrapport 1 og delrapport 2 henvises leser til litteraturlisten i disse rapportene for faggrunnlaget som ligger i verktøyet.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnærmingssmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Økernveien 94 • 0579 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no