



NORLANDSFORSKNING
NORLAND RESEARCH INSTITUTE

Delrapport HAVPLAST

Marint avfall fra havbruksnæringen

Bjørn Vidar Vangelsten
Ingrid Bay-Larsen
Leticia Antunes Nogueira
Vegard Pedersen

Emil Røhte Johannesen – SALT

NF rapport nr: 10/2019
ISBN nr: 978-82-7321-774-5 (trykt)
ISBN nr: 978-82-7321-775-2 (digital)
ISSN-nr: 0805-4460



NORLANDSFORSKNING
NORLAND RESEARCH INSTITUTE

Rapport

TITTEL:	OFF.TILGJENGELIG:	NF-RAPPORT NR:
Delrapport HAVPLAST Marint avfall fra havbruksnæringen	Ja	10/2019
FORFATTER(E):	PROSJEKTANSVARLIG (SIGN):	
Bjørn Vidar Vangelsten, Ingrid Bay-Larsen, Leticia Antunes Nogueira, Vegard Pedersen	Ingrid Bay-Larsen	
Emil Røhte Johannesen - SALT	FORSKNINGSLEDER:	
	Ingrid Bay-Larsen	
PROSJEKT:	OPPDRAGSGIVER:	
HAVPLAST	FHF	
	OPPDRAGSGIVERS REFERANSE:	
SAMMENDRAG:	EMNEORD:	
HAVPLAST har hatt som formål å identifisere kilder, mengder og årsakssammenhenger til marin plastforsøpling fra fiskeri- og oppdrettsnæringen, og bidra til forebygging av fremtidige utslipp. Prosjektet har vært gjennomført i tett samarbeid med næringen gjennom en bredt faglig sammensatt referansegruppe, dedikerte prosjektpartnere og samarbeid med næringsaktører. Samarbeidspartnerne har bidratt i datainnsamling og kunnskapsinnhenting, både innenfor fiskeri og oppdrett.	Marin forsøpling, havbruk, kvantifiserte utslipp	
	KEYWORDS:	
<i>Andre rapporter innenfor samme forskningsprosjekt/program ved Nordlandsforskning</i>	ANTALL SIDER:	SALGSPRIS:
	60	100,00



FORORD

Denne rapporten beskriver gjennomføring, resultater og funn fra studien fra HAVPLAST prosjektet sin delstudie på havbruksnæringen (arbeidspakke 1 og deler av arbeidspakke 3). Prosjektet er ledet av SALT og er en del av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfonds (FHF) satsning for å øke kunnskapen om plastavfall fra sjømatnæringen (fiskeri og oppdrett). Vi vil gjerne takke alle informanter, samarbeidspartnere, referansegruppe og andre bidragsyttere for viktige bidrag til gjennomføringen av denne delstudien.

Bodø

20. sept 2019

Ingrid Bay-Larsen

Forskningsleder Nordlandsforskning

INNHold

FORORD	1
LISTE OVER TABELLER	4
LISTE OVER FIGURER	4
1 INNLEDNING - PLAST PÅ AVVEIE I DET MARINE MILJØ	6
2 METODE OG DATAKILDER	8
2.1 NEDSTRØMSANALYSE ANLEGG - DYPDYKK	8
2.2 BEFARING PÅ ANLEGG	9
2.3 KVALITATIVE INTERVJUER.....	10
2.4 WORKSHOP	10
2.5 DOKUMENTGJENNOMGANG.....	11
2.6 SPØRREUNDERSØKELSE BLANT LOKALITETSLEDERE	12
2.7 MODELLERING AV MIKROPLAST FRA FØRSLANGER.....	13
3 RESULTATER - NEDSTRØMSANALYSE FRA OPPDRETTSANLEGG	17
3.1 STRANDRYDDEMILJØENES BIDRAG	17
3.2 INNLEDENDE FASE DYPDYKK	18
3.3 LOKASJON 1 (NORDLAND).....	19
3.4 LOKASJON 2 (NORDLAND).....	24
3.5 LOKASJON 3 (TRØNDELAG)	26
3.6 LOKASJON 4 OG 5 (TROMS).....	29
3.7 DISKUSJON	31
4 RESULTATER- KVANTIFISERING AV MIKROPLAST FRA FØRSLANGER	36
4.1 INNDATA.....	36
4.2 RESULTAT FRA SIMULERINGER	39
4.3 HOVEDKILDER FOR USIKKERHET I MODELLEN.....	42
4.4 DISKUSJON OG TILTAK.....	43
5 RESULTATER - TILTAK	46

5.1	HOLDNINGER OG BEVISSTHET	46
5.2	ARBEIDSPRAKSISER I OPPDRETTSNÆRINGEN	48
5.3	AVFALLSHÅNDTERING OG GJENVINNING	50
5.4	LOGGFØRING/DOKUMENTASJON	52
5.5	MILJØDESIGN	53
6	KONKLUSJON	56
6.1	KILDER TIL UTSLIPP	56
6.2	KVANTIFISERING AV MIKROPLAST FRA HAVBRUKSNÆRINGEN	56
6.3	EKSISTERENDE TILTAK	57
	REFERANSER	58

LISTE OVER TABELLER

Tabell 1 Delmodeller for å estimere relativ erosjon i en «standard fôrslange».....	14
Tabell 2: Oversikt over hva som ofte er på avveie, eksempler på hvordan gjenstander havner på avveie og hvilke forbyggende tiltak en kan benytte seg av.....	32
Tabell 3: Inndata til simuleringen av mikroplastslitasje i fôrslanger.....	36
Tabell 4: Oversikt over ulike tiltak knyttet til holdninger og bevissthet. Hentet fra dokumentgjennomgang, workshop, intervjuer og befaring på anlegg.....	47
Tabell 5: Oversikt over ulike tiltak knyttet til arbeidsprosesser og praksiser i produksjonsleddet. Hentet fra dokumentgjennomgang, workshop, intervjuer og befaring på anlegg.....	50
Tabell 6: Oversikt over ulike tiltak knyttet til avfallshåndtering og gjenvinning. Hentet fra dokumentgjennomgang, workshop, intervjuer og befaring på anlegg.....	51
Tabell 7: Oversikt over ulike tiltak knyttet til loggføring av plast og materialstrøm. Hentet fra dokumentgjennomgang, workshop, intervjuer og befaring på anlegg.....	52
Tabell 8: Oversikt over ulike tiltak knyttet til miljødesign. Hentet fra dokumentgjennomgang, workshop, intervjuer og befaring på anlegg.....	54

LISTE OVER FIGURER

Figur 1: Dypdykk med søppeleksperter fra Fiskeridirektoratet og forskere fra UiT, på analyse på Svalbard. (Foto: SALT).....	9
Figur 2: Resultat fra spørreundersøkelse blant lokalitetsledere i norsk oppdrett: Hvor stor andel av fôrslangene estimerer du at fôret sliter hull på i løpet av en livssyklus?.....	15
Figur 3: Utvalg av innsendte bilder. Øverst fra venstre: Renseball, antatte fôrrør, antatt avkappet fôrrør, biorensere, merder, kunstig taeskog/skjul for leppefisk, del av gangbane, taustumper. (Foto: SALT, Beate Kjerstad og Plastpiratene på Lepsøy).....	18
Figur 4: Utdrag av dypdykksprotokollen med oppdaterte kategorier som kan knyttes til oppdrettsnæringen.	18
Figur 6: Bildene ovenfor viser enkelte funn fra analyse 1. Øverst fra høyre ser vi; trosser og tau med mulig tilknytning til servicefartøy, avkappet fôrrør merket "antistatisk", skøyter til gangbaner, og avkappede tau. (Foto: SALT).....	21
Figur 7: Andel oppdrettsrelatert avfall sammenlignet med annet avfall på lokasjon 1, fordelt på vekt (Oppdrettsrelatert avfall; 50%, annet avfall: 50%).....	23

Figur 9: Grønne og gule tau med løkke som kan knyttes til oppdrettsaktivitet. (Foto: SALT)	25
Figur 10: Oppdrettsrelatert avfall (2%) fordelt på totalt oppsamlet avfall fordelt på vekt (kg) på lokasjon 2.	26
Figur 12: Eksempelbilde på funn fra dypdykksanalysen i Vikna. På bildet ser vi innholdet til et flyteelement som ofte benyttes under oppdrett. Vi ser også eksempler på tau, med knute på som med stor sannsynlighet stammer fra oppdrettsnæringen. (Foto: SALT).....	28
Figur 13: Tautyper fordelt på antall. Tau med løkker (25%) har direkte tilknytning til oppdrettsnæringen fra lokasjon 3.	29
Figur 15: Andel oppdrettsrelatert avfall av totalt innsamlet avfall målt i vekt (kg).	31
Figur 16: Avkappede tau, tau med løkker og sylindrisk isopor. (Foto: SALT)	31
Figur 17: Hva blir det nasjonale estimatet for tapt mikroplast dersom man oppskalerer resultatet fra simulering av en enkelt fôrslange?.....	40
Figur 18: Andel av fôrslangen som er erodert bort ved utskifting for tre utvalgte slanger. Grønn kurve er fôrslangen hvor 10% av simuleringene hadde mindre snittslitasje. Oransje kurve er fôrslangen hvor halvparten av simuleringene hadde mindre snittslitasje. Rød kurve er fôrslangen hvor 90% av simuleringene hadde mindre snittslitasje. Kurvene kan tolkes som følger: Den oransje kurven krysser verdien 0,8 ved rundt 3,5 % erosjon. Det betyr at 80% av fôrslangens lengde hadde mindre tverrsnittsslitasje enn 3,5%. De stiplede linjene viser gjennomsnittsslitasjen for hele fôrslangens lengde.	41
Figur 19: Sammenheng mellom krumning av fôrslangen og gjennomsnittlig slitasje rundt hele fôrslangens tverrsnitt. Punktene viser 2000 tilfeldig valgte seksjoner av fôrslangen fordelt på de 1000 simuleringene.	41
Figur 20: Resultater fra spørreundersøkelse blant oppdrettslokasjoner: Hvilke deler av fôrslangen er utsatt for at det blir slitt hull.	43
Figur 21: Resultater fra spørreundersøkelse blant oppdrettslokasjoner: Tvinning av fôrslanger.	44
Figur 22: Resultater fra spørreundersøkelse blant oppdrettslokasjoner: Betydning av (a) fôrprodusent og (b) fôrslangeleverandør for andel av fôrslangene det slites hull på i løpet av en livssyklus	44
Figur 23: Resultater fra spørreundersøkelse blant oppdrettslokasjoner: Andel fôrslanger det slites hull på i løpet av en livssyklus plottet mot oppgitt hastighet på fôrpellets ut fra fôrflåte	45

1 INNLEDNING - PLAST PÅ AVVEIE I DET MARINE MILJØ

Marin forsøpling er et globalt problem med konsekvenser for livet i havet og for mennesker som lever av og nær havets ressurser. De største utfordringene er knyttet til avfall av plast. Plastens gode egenskaper, at den er svært holdbar, lett og billig gjør at den lett kommer på avveie og akkumuleres i store kvantum i naturen. Plast brytes i prinsippet ikke ned, med kan deles opp i små partikler – ofte omtalt som mikroplast. Mange av plastmaterialene flyter i havoverflaten eller i vannmassene og forveksles med matpartikler. At plast er billig gjør at den benyttes til engangsartikler og varer som det er lett å kaste eller miste. Enkelt sagt utgjør marin forsøpling et problem av to årsaker: at den forveksles med mat og at dyr (og båter og fiskebruk) setter seg fast i marint avfall. Tapte fiskegarn og tegner bidrar til en kontinuerlig skjult beskatning ved at stadig nye fisk og krepsdyr setter seg fast og dør. Problemene som følger av marin forsøpling er omfattende og det gjennomføres nå et økende antall studier som hvilke negative effekter mikroplast kan ha på marine økosystemer og menneskers helse (Vangelsten et al 2018; Browne et al. 2013; Bakir et al. 2014; De Witte et al. 2014; Van Cauwenberghe and Janssen 2014).

På verdensbasis anslås det at 20 % av det marine avfallet kommer fra sjøbaserte kilder (ten Brink et al. 2016). Ifølge FN er de viktigste sjøbaserte kildene til marint avfall fiskeri og offshore-installasjoner innen petroleumsindustrien samt havbruksinstallasjoner (UNEP 2005). Det finnes en korrelasjon mellom mengden fiskerirelatert avfall og fiskeriaktivitet i et område og der det er stor fiskeriaktivitet utgjør fiskerirelatert avfall den største andelen av marint søppel (Derraik 2002, Ribic et al. 2010). Det er derfor svært viktig å ta utgangspunkt i disse næringene i arbeidet med å finne løsninger på marint avfall.

HAVPLAST, finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF), ble gjennomført i perioden 2018-2019. Prosjektet har hatt som formål å identifisere kilder, mengder og årsakssammenhenger til marin plastforsøpling fra fiskeri- og oppdrettsnæringen, og bidra til forebygging av fremtidige utslipp. Prosjektet har vært gjennomført i tett samarbeid med næringen gjennom en bredt faglig sammensatt referansegruppe, dedikerte prosjektpartnere og samarbeid med næringsaktører i datainnsamling og kunnskapsinnhenting, både innenfor fiskeri og oppdrett. Aktører fra fiskeri, oppdrett, forvaltning, leverandørindustri, avfalls- og gjenvinningsbransjen har i tillegg tatt del i en workshop innenfor prosjektet med fokus på tiltak og forebygging av plastforsøpling fra fiskeri og havbruk. Ansvarlig prosjektleder har vært Salt Lofoten AS (SALT) i samarbeid med Nordlandsforskning.

I denne delrapporten oppsummerer vi funn fra arbeidspakke 1 om havbruksnæringen og hva som er største kilder til utslipp av plast, samt tiltak som kan hindre dette. Vi har delt arbeidet i to hovedakser; 1) kvantifisering av mikro- og makroplast fra oppdrettsnæringen, og 2) identifisering av eksisterende tiltak for å hindre utslipp av plast fra havbruksnæringen. Tidligere har HAVPLAST publisert 17 tiltak i «HAVPLAST - delrapport tiltak og indikatorer» (Johnsen et al 2019). Her gis det også en analyse av hvilke indikatorer som kan egne seg for å måle effekt av tiltak. Det gis også en drøfting av hvilke ressurser som kreves for å implementere tiltakene, samt hvilken aktør, institusjon og/eller bransje som har ansvaret for

at tiltaket blir tatt i bruk. Disse rapportene er supplerende til hverandre. I sluttrapporten gis en helhetlig oversikt over hovedfunn fra hele prosjektet, fra både havbruk og fiskerinæringen.

2 METODE OG DATAKILDER

2.1 NEDSTRØMSANALYSE ANLEGG - DYPDYKK

Dypdykk er en metodikk som går ut på å registrere og analysere strandsøppel for kunne bidra med forvaltningsrelatert kunnskap om kilder og årsaker til marin forsypling. Registrering av søppel er den eneste indikatoren på marin forsypling som kan fortelle oss noe om hvor søpla stammer fra. Datagrunnlaget og -analysene kan derfor bidra med å fortelle oss noe om hvilke tiltak som kan iverksettes for å redusere kilder marin forsypling (Busch, 2015; Nelms et al. 2016).

Dypdykksmetodikken har blitt grundig testet, både som metodikk for dataanalyser, i workshopsammenheng og ved gjennomføring av dypdykk med «søppeleksperter». Dypdykksregistreringer har fokus på å gi detaljert informasjon om kilder og årsaker til marin forsypling. Dypdykk-workshops har som mål å kommunisere med forvaltere og beslutningstakere for å bevisstgjøre og få en dypere innsikt i problemstillinger knyttet til marin forsypling. Sentralt i dypdykkworkshopene er både å dele vår kunnskap, få innspill fra eksperter og diskutere forebyggende tiltak. Dypdykk med «søppeleksperter» er en metode hvor det inviteres inn folk med dyptgående kunnskap om ulike næringer og praksiser, som kan bidra med kunnskap inn i analysene, blant annet ved indentifisering av gjenstander, kilder og praksis om hvorfor og hvordan ting havner på havet. Denne gjennomføringen krever god tid og har fokus på dialog, og er dermed mindre effektiv i forhold til kvantifisering av avfall. Dypdykk med «søppeleksperter» er derfor en fremgangsmåte som er godt egnet når dypdykkene har til hensikt å utforske nye områder, eller områder med unike karakteristikk.

Dypdykk er en metodikk som er i kontinuerlig utvikling, hvor nye søppelkategorier stadig implementeres i dypdykksprotokollen basert på tilegnelsen av ny kunnskap. Dypdykk har til hensikt å supplere eksisterende overvåkinger, og har som overordnet mål å redusere antall gjenstander på avveie.



Figur 1: Dyppdykk med søppelekspert fra Fiskeridirektoratet og forskere fra UiT, på analyse på Svalbard. (Foto: SALT)

2.2 BEFARING PÅ ANLEGG

Noe av det første vi gjorde i HAVPLAST var å reise på befaring til to havbruksanlegg. Formålet var å få innsikt i plastforbruk, rutiner og drift på anleggene, samt mulige kilder av plastutslipp. Prosjektteamet besøkte Edelfarm, som har anlegg innerst på vestsiden i Skjerstadvfjorden i oktober 2018. Deretter besøkte vi to av anleggene til Sinkaberg-Hansen i november 2018; Varholmen oppdrettsanlegg (nordvest for Brønnøysund) og Mulingen oppdrettsanlegg (i Bindal).

Til det første besøk hadde vi forberedt en intervjuguide med hovedtema;

- (i) holdning til plastutslipp,
- (ii) plaststrøm i oppdrett,
- (iii) handlingsplan, prosedyrer og rutiner,
- (iv) ansvar, tiltak og løsninger, og

- (v) informasjon til kvantifisering.

Tanken var å legge til rette for en åpen inngang til problematikken, der de ansatte selv formulerte temaer de mente var mest relevante i forhold til marin plast, uten å være påvirket av forskernes prioriterte tema. Detaljerte notater ble tatt underveis, både av observasjoner og samtalene. Basert på dette, ble det formulert en intervjuguide som ble benyttet til å strukturere påfølgende intervjuer og neste befarings.

Det ble brukt ekstra tid på å få innsikt i problematikken knyttet til mikroplast som følge av slitasje av fôrslanger. Det ble tatt bilder for å senere kunne analysere hvordan de er lagt ut, slangens geometri, ulike plasttyper, sårbarhet i forhold til vær m.m. Dette ga bakgrunn til utforming av spørreundersøkelse og modell for kvantifisering av mikroplastutslipp som vi beskriver nedenfor.

2.3 KVALITATIVE INTERVJUER

Kvalitative intervjuer har blitt gjennomført med aktører fra både havbruksnæringen, relevante myndigheter, avfallsselskapene, miljøorganisasjoner, samt forskere på området. Selv om denne delrapporten i hovedsak fokuserer på havbruksnæringen, vil også intervjudata fra tilstøtende og samarbeidende bransjer og myndigheter være relevant. Eksempelvis har havbruksbransjen et utstrakt samarbeid med avfallsbransjen, og de svarer til myndighetenes krav, og både samarbeider og tilbyr tilgang på informasjon for forskere og frivillig sektor. Rapporten vil derfor basere seg på et slikt bredt datamateriale, der intervjudataene de mest sentrale.

Intervjuene har enten blitt gjennomført ved fysisk møte, via video, telefon, eller som del av en større befarings eller besøk ved anlegg. Intervjuene har fulgt en intervjuguide, som har ført til delstrukturerte intervjuer, hvor det har blitt åpnet for interessante digresjoner som kan gi ny kunnskap. Intervjuguiden som ble utviklet på bakgrunn av befaringsene ble tilpasset hver enkelt bransje. De fleste intervjuene varte i 45-60 minutter, mens intervjuene som ble gjennomført i forbindelse med befarings var lengre. Intervjuene har blitt transkribert og lastet inn i analyseprogramvaren Nvivo, hvor kategorisering, koding og grovanalyse har blitt gjennomført. Dette har gjort at vi kan kvalitetssikre arbeidet ved at flere forskere ser på det samme kvalitative materialet, på en strukturert måte.

2.4 WORKSHOP

Som en del av HAVPLAST-prosjektet ble det arrangerte en workshop i Bodø 14. februar 2019 (campus Nord universitet). Målet med workshopen var å:

- 1) samle informasjon om de viktigste årsakene, utfordringene og tiltakene knyttet til marint avfall, både innad, og mellom bransjene, så vel som på tvers av næring og forvaltning.

- 2) presentere funn fra arbeidspakke 1 og 2 med fokus på samlet kvantum, største kilder og viktigste årsaker til marin forsøpling fra fiskeri- og havbruksnæringen.
- 3) Formulere en felles visjon og konkrete mål for arbeidet mot marin forsøpling fra sjømatnæringen, basert på disse funnene, samt næringenes eksisterende ambisjoner, erfaringer og rutiner for håndtering av marin plast.

Workshopen hadde deltagere fra både forvaltning, havbruk, fiskeri, renovasjon og miljøbevegelsen. Det ble gitt seks korte innlegg (Sjømat Norge, Noregs fiskarlag, Akvagrøp, NOFIR, SALT og Nordlandsforskning), med fokus på årsaker til at plast kommer på avveie, og mulige løsninger og tiltak. På bakgrunn av dette ble det gjennomført gruppediskusjoner, der deltagerne ble satt sammen på tvers av næring og forvaltning. Gruppeoppgavene bestod i å identifisere utfordringene i hhv. fiskeri- og oppdrettsbransjen, og å peke på løsningsforslag på tvers av bransjene. Det metodiske bakteppet for dette kalles gjerne samskapning (co-production). Samskapningsprosesser blir ansett som spesielt nyttige når målet er å sammen adressere komplekse utfordringer. Prosjektgruppen hadde en representant i hver av gruppene, og utførte deltagende observasjon i gruppearbeidet, hvor det ble tatt notater fra diskusjonene. Hver gruppe presenterte deretter sine diskusjoner i plenum. Disse presentasjonene ble arkivert av prosjektgruppen, og er, sammen med notatene fra gruppearbeidet, endel av datagrunnlaget for denne rapporten.

2.5 DOKUMENTGJENNOMGANG

Bransjeorganisasjonene i fiskeri- og havbruksnæringene har arbeidet med marin forsøpling i flere år. I denne rapporten har vi gått gjennom notater, rapporter, høringer og møteagendaer som viser hvordan mulige løsninger og tiltak har vært diskutert på tvers av sektorer, myndighetsnivåer og frivillige organisasjoner. I sum gjenspeiler disse arbeidene hvordan tiltak mot marin plastforsøpling fra sjømatnæringene bør adressere hele verdikjeden (underleverandør-produent- avfallshåndtering). Videre viser denne gjennomgangen at det pågår en løpende diskusjon om fordeling av ansvar og kostnader. Gjennomgangen viser at tiltakene må forankres på tvers av nivåer i bedriftene (fra strategiske til praksisnære løsninger) og hos myndigheter (både internasjonalt, nasjonalt, regionalt og lokalt). Følgende dokumenter har bidratt til en summarisk oversikt over noen av de viktigste aktørenes ambisjoner.

Olafsen, T. 2007. *Resirkulering av utrangert utstyr fra oppdrettsvirksomhet – et forprosjekt, SINTEF- Fiskeri og havbruk AS- internasjonale prosjekter og rådgivning. SFH80 A076057-Åpen*

Aqualine AS og Mepex. 2009. *Innsamling og gjenvinning av utrangert utstyr fra oppdrettsnæringen, sluttrapport fra forprosjekt lastet ned 03072019 fra <https://docplayer.me/15750684-Innsamling-og-gjenvinning-av-utrangert-utstyr-fra-oppdrettsnaeringen.html>.*

Hognes, E. & Skaar, C. 2017. *Avfallshåndtering fra sjøbasert havbruk. SINTEF Ocean rapport OC2017 A-218.*

Sundt, m.fl., 2018. Rapport for Miljødirektoratet - Underlag for å utrede produsentansvarsordning for fiskeri- og akvakulturnæringen. SALT & MEpex. M-1052 | 2018

NHO/LO-nettverk. 2018. *Brev til statsråd Elvestuen vedrørende engangsartikler i plast og andre plastrelaterte problemstillinger.* Avsender NHO, LO, Norsk Industri, Fellesforbundet, NHO Mat og Drikke, Industri Energi, Norsk Nærings- og Nytelsesmiddelarbeiderforbund, Norges Fiskarlag, Sjømat Norge og Emballasjeforeningen.

Klima- og miljødepartementet. 2018. *Vurdering av mulige system for vederlagsfri levering av marint avfall i havn. Brev fra Miljødirektoratet 21,62018*

Sjømat Norge 2018. *Høringssvar til forslag om nytt direktiv om reduksjon av effekten av enkelte plastprodukter på miljøet- sendt til Miljødirektoratet 24.08.2018*

2.6 SPØRREUNDERSØKELSE BLANT LOKALITETSLEDERE

Som grunnlag for å estimere omfanget av mikroplast fra fôrslanger, ble det gjennomført en spørreundersøkelse blant lokalitetsledere i norske havbrukselskaper. Spørreundersøkelsen ble sendt til 34 selskaper som til sammen har rundt 80 % av norske produksjonslisenser for laks målt i tonn. Det ble lagt vekt på å ha god geografisk representasjon, samt dekke ulike selskapsstørrelser. Spørreundersøkelsen var rettet mot lokalitetsledere for å få god informasjon om fôrsystem og erosjonsproblemer ved den enkelte lokalitet. Undersøkelsen bestod av et nettskjema med til sammen 32 spørsmål som det tok 10-15 minutter å svare på. Undersøkelsen bestod av følgende hoveddeler:

- Om lokaliteten og aktøren (fylke, værutsatthet, størrelse på aktør, produksjonstall, antall merder/fôrslanger)
- Utskifting og slitasje på fôrslanger (utskiftingsrate, andel slanger det slites hull på, hvilke deler av slangen som er utsatt, info om hvordan slangen ligger fra flåte til spreder)
- «Tvinning» ved utlegging av fôrslanger (andel som tvinnes og årsaker til tvinning, betydning av tvinning for erosjon)
- Betydning av fôrtype og driftsparametre (hvor stor betydning har fôrvalg, har de endret fôr for å redusere erosjon, hastighet på fôr/luftstrøm, justeringer av hastighet for å redusere erosjon)
- Tiltak (hva er iverksatt, og hva slags tiltak kan tenkes å ha effekt)
- Leverandørinformasjon (leverandører av fôr og fôrslanger)
- Annet (info av relevans for beregning av erosjon eller tiltak for å redusere utslipp)

Undersøkelsen ble distribuert i mai 2019 og etter gjentatte purringer i perioden mai-juli kom det inn svar fra totalt 46 lokaliteter.

2.7 MODELLERING AV MIKROPLAST FRA FÔRSLANGER

Et program for å fysisk måle hvor mye mikroplast som tapes vil kreve tid og ressurser. Det må velges et representativt utvalg med oppdrettere over hele landet og det må kartlegges når de skal skifte fôrslanger for å koordinere måling og datainnsamling. Det bør måles både vekt og veggtykkelse av kasserte slanger, og det må gjøres systematisk for alle deler av slangene.

Et slikt fysisk måleprogram er utenfor rammene av hva vi har hatt mulighet til å gjennomføre gjennom HAVPLAST-prosjektet. I stedet er det gjort et litteratursøk for å finne relevante teoretiske og empiriske erosjonsmodeller som kan brukes til å estimere mikroplastutslippene. Det er videre gjennomført dialog med næringen og leverandører for å samle informasjon som kan brukes til å kalibrere erosjonsmodellen. Modellen er implementert i Microsoft Excel og bruker Visual Basic for Applications kode for å kjøre Monte Carlo simuleringer. Modellen består av fire hoveddeler:

1. Modellering av *relativ* erosjon i en «standard fôrslange». Relativ refererer til at modellen estimerer hvordan erosjonen varierer *relativt* langs fôrslangen og rundt fôrslangens omkrets (f.eks. mer erosjon i bender enn på rette deler av slangen).
2. Et Monte Carlo-simuleringsverktøy for å ta hensyn til usikkerhet i inndata. Et stort antall enkeltslanger simuleres hvor verdien for nøkkelparametre som antas å ha stor innflytelse på hvor stor erosjonen varierer.
3. Kalibrering av det relative estimatet til et absolutt estimat. Innsamlede data om hvor ofte det eroderes hull i fôrslangene i norske oppdrettsanlegg brukes til å skalere det relative erosjonsestimatet for «standard fôrslangen» til et absolutt estimat.
4. Oppskalering av erosjonstallet for standard-fôrslangen til et nasjonalt estimat for mikroplastutslipp fra fôrslanger. Dette gjøres ved hjelp av statistiske data for fôrforbruk og produksjonsmengder for fisk.

Nedenfor er hver enkelt hoveddel kort beskrevet.

2.7.1 MODELLERING AV RELATIV EROSIJON I EN «STANDARD FÔRSLANGE».

I litteraturstudiet gjennomført i HAVPLAST er det ikke funnet noen enkle erosjonsmodeller som direkte kan anvendes for å estimere absolutt erosjon/slitasje i fôrslanger. Det er derfor valgt å ta utgangspunkt i en analytisk modell basert på empiriske erfaringer fra petroleumsindustrien hvor de har modeller for erosjon fra sandpartikler i gassrør, se DNV-GL (2015:28-29) for rette rørdeler og DNV-GL (2015:30-31) for krummede rørdeler. Denne modellen brukes til å estimere *relativ* slitasje, det vil hvordan slitasjen varierer gjennom fôrslangen som resultat av endring i slangens krumning, samt luft/fôrmiksens hastighet, trykk og temperatur. Som input til og grunnlag for denne beregningen er det brukt en rekke delmodeller som dels er hentet fra litteraturen og dels er utviklet i HAVPLAST. Beskrivelse av disse delmodellene er gitt i Tabell 31.

Tabell 1 Delmodeller for å estimere relativ erosjon i en «standard fôrslange».

Variabel	Modell	Datakilde
Fôrslangens lengde	Statistisk modell (lognormalfordeling) utviklet med fast øvre og nedre grense	Data fra spørreundersøkelsen blant norske oppdrettslokasjoner, digitalisert bildemateriale samt intervjudata
Godstykkelse i fôrslangene	Statistisk modell (lognormalfordeling) utviklet med fast øvre og nedre grense	Data fra spørreundersøkelsen blant norske oppdrettslokasjoner
Krumning i fôrslange som ligger fritt i vann	Statistisk modell (Weibullfordeling) utviklet med fast øvre grense	Empiriske data som er digitalisert fra tegninger og bildemateriell fra norske oppdrettsanlegg
Krumning fra tvinning ¹⁾ av fôrslanger	Statistisk modell utviklet som gir JA/NEI svar på om slangen er tvinnet eller ikke. Matematisk modell for krumning i helix-geometri.	Data fra spørreundersøkelsen blant norske oppdrettslokasjoner, samt befaringer og bildemateriale
Krumning i de delene av fôrslangen som er løftet ut av vannet (ned fra fôrflåte, inn i merd, opp til fôrspreder)	Elementær bjelketeori og enhetslastmetoden (Irgens 2007).	Tverrsnittsdimensjoner på fôrslanger fra intervjuer og spørreundersøkelse. Materialelegenskaper for fôrslangemateriale (HPDE) og fôr fra produsenter og ulike internettdatabaser. Løftehøyder fra befaringer og bildemateriale.
Trykk, temperatur og hastighet i fôrslangen	Peter Paige' ligning for kompressibel gass-strømning gjennom et rør (Mulley 2004:323). Friksjonsfaktor for luft/fôrmiks er estimert basert på Dogin og Lebedev sin metode (Pfeffer m.fl. 1966:40).	Luft/fôrmiksens temperatur ved fôrflåte og fôrspreder er estimert fra intervjudata. Hastighet på luft og fôrpellets ved fôrflåte er estimert fra intervjudata og spørreundersøkelse fra oppdrettere. Fôrmengde per tid er estimert fra befaringer og intervjudata.

1) Både befaringer, intervjuer og spørreundersøkelsen blant oppdretterne viser at en del fôrslanger blir liggende i en spiral- eller helixform etter utlegging noe som gir større erosjon. I denne rapporten bruker vi begrepet tvinning om dette fenomenet.

2.7.2 MONTE CARLO-SIMULERINGSVERKTØY

Monte Carlo metodikk brukes for å simulere fysiske systemer hvor man ønsker å få informasjon om hvordan usikkerhet og variasjon i ulike inndata påvirker systemets oppførsel.

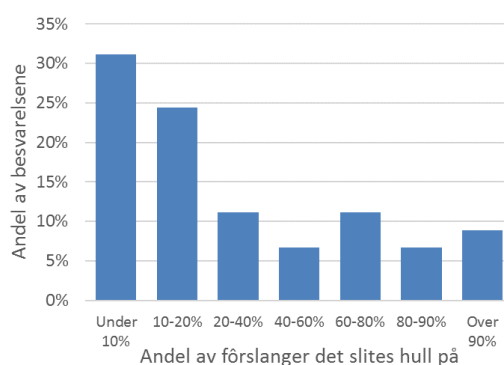
Prinsippet for metoden er at man kjører et stort antall simuleringer hvor man på en systematisk måte varierer verdier for inndataene og observerer hvordan resultatet varierer.

For å bruke denne metoden i simuleringen av erosjon i fôrslanger, er det derfor etablert estimater for variasjonsområdet for de variablene som det er forventet har størst påvirkning på sluttresultatet. Resultater fra spørreundersøkelser blant norske oppdrettere har vært meget viktig for å estimere sannsynlighetsfordelinger. I tillegg er det brukt bildemateriale av oppdrettsanlegg fra fly, satellitt og fra befaringer, samt produsentdata for fôr og fôrslanger. Dette har gitt estimater på sannsynlighetsfordeling for en rekke parametre, inkludert fôrslangens lengde og godstykkelse, omfang av og geometri på tvinning, størrelse på og antall merder, hastighet på luftstrøm og fôrpellets, temperatur i fôrslangene, fôrmengder, størrelse og egenvekt på pellets, stivhet på plasten i slangene, produksjonsdata per merd, hvordan fôrslangene legges fra flåte til spreder og hvor ofte slangene skiftes.

Alle disse variablene er derfor variert tilfeldig basert på de estimerte sannsynlighetsfordelingene slik at simuleringene vil gi et godt bilde av inndataene sin betydning for usikkerhet i mengde erosjon. Det Monte Carlo simuleringen *ikke* gir svar på er usikkerhet i selve modellen, det vil si hvor godt egnet erosjonsmodellen for gassrør i petroleumsindustrien er til å si noe om den relative variasjonen av erosjon langs og rundt tverrsnittet på en fôrslange.

2.7.3 KALIBRERING: FRA RELATIVT TIL ABSOLUTT ESTIMAT

Informasjon fra oppdretterne om hvor ofte det slites hull på fôrslangene brukes til å kalibrere de relative estimatene. Enkelt sagt vil det si at modellen vil lage estimater på slitasjen i de andre delene av røret når det slites hull på de mest utsatte stedene. Data fra spørreundersøkelsen viser at de fleste oppdrettere skifter fôrslanger hver 18. eller hver 24. måned. Selv om flertallet av de som svarte (55 %) oppgir at det er relativt sjeldent at de slites hull på fôrslangene (færre enn én av fem fôrslanger), er det en del oppdrettere som har store problemer med dette. Nesten 10 % av de som svarte oppgir at det slites hull på over 90 % av fôrslangene i løpet av deres normale livssyklus (Figur 2).



Figur 2: Resultat fra spørreundersøkelse blant lokalitetsledere i norsk oppdrett: Hvor stor andel av fôrslangene estimerer du at fôret sliter hull på i løpet av en livssyklus?

For å kalibrere den relative erosjonen mot resultatene i Figur 2, sorteres simuleringene først etter hvor stor erosjonen i simuleringen har vært målt opp mot fôrslangens godstykkelse. Så grupperes simuleringene i sju grupper hvor andelen simuleringer i hver gruppe tilsvarende høyden på de sju søylene i Figur 2. Deretter multipliseres erosjonen for alle slangene i hver gruppe med en konstant som kalibreres slik at andelen fôrslanger med hull i hver gruppe samsvarer med hva oppdretterne har svart i spørreundersøkelsen. F.eks for gruppe/søyle 2 skal andelen fôrslanger med hull være 15 % (midt mellom 10 og 20 %) mens for gruppe/søyle 5 skal andelen fôrslanger med hull være 70 % (midt mellom 60 og 80 %).

Denne kalibreringsmetoden sørger for at simuleringene gir en andel fôrslanger med hull som er lik den andelen som oppdretterne har rapportert i spørreundersøkelsen.

2.7.4 OPPSKALERING TIL ET NASJONALT ESTIMAT FOR MIKROPLASTUTSLIPP FRA FÔRSLANGER

Simuleringene av enkeltfôrslanger med etterfølgende kalibrering gir et estimat på sannsynlig variasjonsområde for erosjon i en enkelt fôrslange. Ved hjelp av produksjonsdata for fisk fra den enkelte oppdretter og nasjonale produksjonsdata fra Fiskeridirektoratet oppskaleres dette til et estimat for sannsynlig variasjonsområde for totalt tap av mikroplast fra fôrslanger i norsk oppdrett.

I spørreundersøkelsen har oppdretterne oppgitt produksjonsdata for anleggene. Disse produksjonsdataene brukes til å estimere fôrforbruk ved hjelp av fôrfaktordata fra Fiskeridirektoratet (2019) sin akvakulturstatistikk. Det er valgt å bruke gjennomsnittlige produksjons- og fôrdata for perioden 2014-2018. Dermed har vi en link mellom erosjon, fôrforbruk og produksjonsdata for en enkelt fôrslange. Total nasjonalt uttak av fisk har de siste fem årene variert fra 1,18 millioner tonn til 1,28 millioner tonn. For å oppskalere erosjonsestimatet er det tatt utgangspunkt i Fiskeridirektoratets produksjonstall fra 2018 på $m_{fisk,nasj} = 1,28$ millioner tonn fisk.

Det nasjonale estimatet for tap av mikroplast fra fôrslanger framkommer da som

$$m_{e,nasj} = \frac{m_{e,sim}}{m_{fisk,sim}} \cdot m_{fisk,nasj}$$

Her er $m_{e,sim}$ mengden mikroplast fra «standard-fôrslangen», $m_{fisk,sim}$ er massen av produsert fisk fra merden som er fôret med standard-fôrslangen, og $m_{fisk,nasj}$ er nasjonale tall for produsert fisk.

Variasjonen i erosjon og produksjonstall fra «standard-fôrslangen», vil gi variasjon i det nasjonale estimatet og er et grunnlag for å vurdere hva som er mulig variasjonsområde for det nasjonale estimatet.

3 RESULTATER - NEDSTRØMSANALYSE FRA OPPDRETTSANLEGG

Arbeidspakke 1 i HAVPLAST hadde til hensikt å identifisere kilder og kvantifisere utslipp av mikro- og makroplast fra lakseoppdrett. I «Aktivitet 1.1 - Nedstrømsanalyse fra oppdrettsanlegg», skulle oppdrettsrelaterte gjenstander som havner på avveie kartlegges og ved bruk av metoden «dypdykk – kilder og årsaker til marin forsøpling fra oppdrettsnæringen». Under gjennomføringen av dypdykkene har ansatte eller personer med lang erfaring fra oppdrettsnæringen bidratt med å peke på årsakssammenhenger mellom praksis og funn av oppdrettsrelaterte gjenstander i strandsonen. I aktivitet 1.1 har SALT gjennomført fem dypdykk i områder som kan karakteriseres som nedstrøms for oppdrettslokaliteter.

3.1 STRANDRYDDEMILJØENES BIDRAG

Siden oppdrettsnæringen er en næring i stadig vekst med kontinuerlige utstyrsfornyelser, var en sentral utfordring å skaffe seg tilstrekkelig oversikt over gjenstander som havner på avveie, som kan knyttes til oppdrettspraksis. For å ha et best mulig utgangspunkt for gjennomføringen av nedstrømsanalysene ble det derfor samlet inn kunnskap om oppdrettsartikler på avveie. Likevel må det legges til grunn at produksjonsanleggene har ulik utforming, ulikt utstyr og ulik arbeidspraksis.

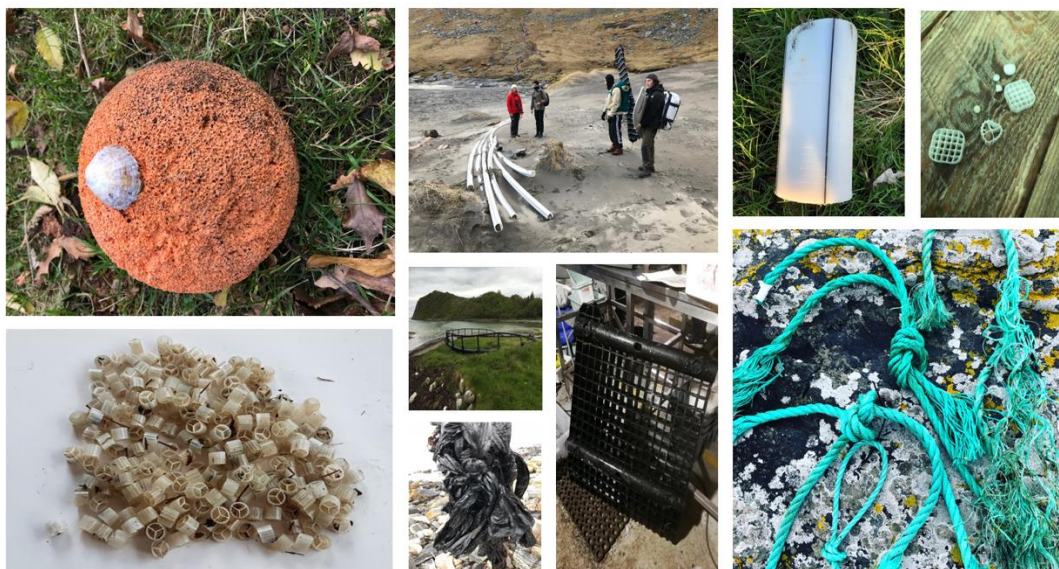
Det er i Norge et stort strandryddemiljø, hvor store deler av miljøet er knyttet sammen gjennom deltakelse i digitale arenaer. To sentrale arenaer for å kommunisere med norske strandryddere er gjennom Facebook-gruppene «2 minutters strandrydding Norge – se hva jeg fant» (3511 medlemmer) og «samarbeidsarena for aktører som jobber mot marin forsøpling» (1086 medlemmer). I disse gruppene deles bilder av gjenstander som er funnet under strandryddeaksjoner, og kunnskap om gjenstandene deles mellom brukerne.

For å tilegne oss kunnskap om oppdrettsrelaterte gjenstander på avveie, tok vi kontakt med strandryddemiljøene gjennom disse kanalene, og utfordret strandryddemiljøet til å sende inn bilder av gjenstander som *kan* kobles til oppdrettsnæringen. Tilleggsinformasjon som lokalisering av funn ble også innhentet. Under dette forarbeidet fikk vi 36 henvendelser med bilder av gjenstander som ble funnet under strandryddeaksjoner som kan knyttes til oppdrettsaktivitet.

I det innsendte materialet, var det noen gjenstander med særlig stor frekvens:

- Hele eller deler av merdere (8 stk.)
- Deler av gangbaner (4 stk.)
- Antatte fôrrør (6 stk.)

I tillegg ble det rapportert om en del funn av kunstig tareskog, renseballer, taustumper, flottører, fôrsekker og rensehjul. Bildeserien under representerer et utvalg av de innsendte bildene.



Figur 3: Utvalg av innsendte bilder. Øverst fra venstre: Renseball, antatte fôrør, antatt avkappet fôrør, biorensere, merder, kunstig tareskog/skjul for leppefisk, del av gangbane, taustumper. (Foto: SALT, Beate Kjerstad og Plastpiratene på Lepsøy)

Forarbeidet, og de innsendte bildene kom til nytte under gjennomføringen av dypdykkene, i identifisering av oppdrettsrelaterte gjenstander. Samtidig muliggjorde dette arbeidet at søppelekspertene som bisto i dypdykkene kunne forklare mulig praksis som kan bidra til marin forsøpling.

3.2 INNLEDENDE FASE DYPDYKK

Gjennom det innledende forarbeidet med strandryddernes bildebidrag, tilegnet vi oss god oversikt over gjenstander en kunne forvente å finne i søppelanlysene. Kategoriene som disse gjenstandene representerte ble lagt inn i dypdykksprotokollen som er utviklet av SALT. Resultatene fra gjennomføringen, ga oss ytterligere kunnskap som bidrar til spesialisering og videreutvikling av kategoriene og subkategoriene i protokollen.

37	Finquel (Small cans)		Aquaculture	
38	Fish farming cage		Aquaculture	
39	Feeding pipes cut off		Aquaculture	
40	Feeding pipes		Aquaculture	(list length)
41	Ropes from fishfarming		Aquaculture	(list colour: red/green)
42	Fish farming net, repair kit		Aquaculture	
43	Floats for fishfarming		Aquaculture	
44	Foodbags for fishfarming		Aquaculture	(List brand)
45	Artificial seaweed		Aquaculture	
46	Hydrogen Peroxide (Cans)		Aquaculture	(list number and brand)
47	Floats >1*1m		Aquaculture	
48	Fish farming cans		Aquaculture	(List brand and type)

Figur 4: Utdrag av dypdykksprotokollen med oppdaterte kategorier som kan knyttes til oppdrettsnæringen.

For å møte denne utfordringen, ble det besluttet at «dypdykk med søppeleksperter» var den mest egnede metoden. For å kunne gjennomføre dypdykk, forutsettes det at det er samlet inn avfall fra strender i forkant. Det ble i alle de gjennomførte analysene samlet inn strandsøppel på forhånd nedstrøms fra oppdrettsanlegg, både gjennom frivillige og ansatte i oppdrettsnæringen. Siden dypdykksregistreringer, er ressurs- og tidkrevende, ble det besluttet at vi i denne sammenhengen ville sortere ut alt oppdrettsrelatert avfall og kun registrere disse i dypdykksprotokollen. I tillegg var fokuset i denne sammenhengen kunnskapsutvikling og -tilegnelse. Derfor ble dialog og årsak – virkningsforhold vektlagt i møte med næringsaktørene. På lokasjon 4 og 5 ble derimot alt innsamlet avfall analysert.

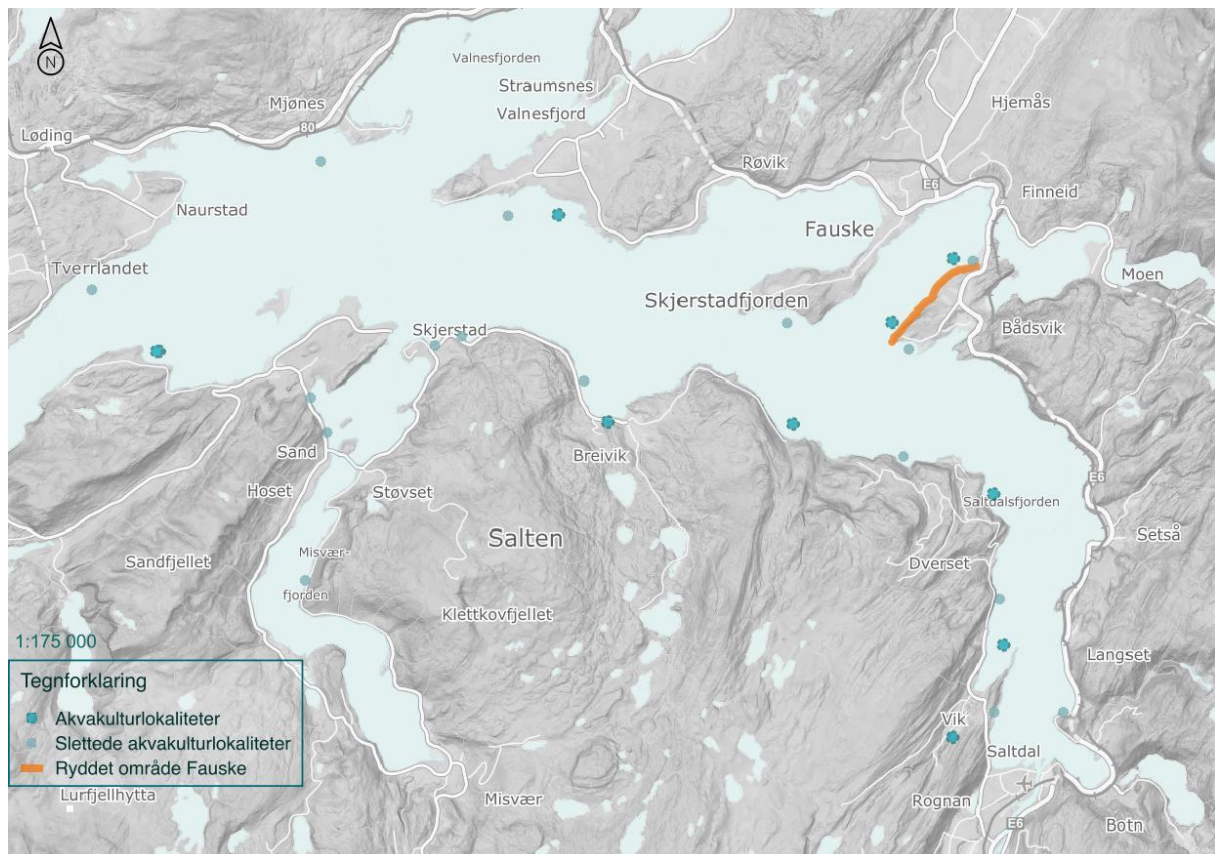
3.3 LOKASJON 1 (NORDLAND)

Mandag 06.05.19 ble det gjennomført et dypdykk av strandsøppel fra Skjærstadjorden i Salten. Avfallet var på forhånd samlet inn av ansatte i oppdrettsnæringen i Salten. Søpla var samlet inn i umiddelbar nærhet til produksjonsanleggene, og sortert i ulike hauger på kaia. Hver haug var samlet inn på hvert sitt område i nærheten av ulike produksjonsanlegg, og SALT ble forklart hvor de ulike søppelhaugene var samlet inn fra.

I samarbeid med ansatte og miljøsjef i den lokale oppdrettsnæringen, ble en av haugene analysert. Denne haugen ble samlet inn på strekningen mellom Skyssevik og Ytterleivsetodden (**Feil! Fant ikke referanseilden.**). I umiddelbar nærhet til denne strekningen er det to produksjonsanlegg som ligger nærmere enn 1000 meter fra strandkanten.

I år (2019) er tredje året på rad, at den lokale oppdrettsnæringen gjennomfører ryddeaksjoner. Det første året var det veldig mye avfall som ble funnet, men kan forklares med at dette var første gang de ryddet områdene rundt anleggene. Andre året var det betydelig mindre avfall som ble funnet i strandsonen. I år ble det, noe overraskende, funnet mer avfall igjen. De ansatte i næringen forklarer at dette *kan* forklares med at det var skader på en merd som følge av storm, og høy frekvens av uvær gjennom vintersesongen. Skader på merder anses som sjeldne hendelser, og registreres internt i bedriften.

I årets ryddeaksjon ble det ryddet fra Skyssevika mot Leivsethammeren (se **Feil! Fant ikke referanseilden.**), og på motsatt side av Fauskevika. Det ble funnet mest avfall på Skysseviksiden, noe man antar kan forklares med at den dominerende uværsretningen i år har vært vestavær. Det ble totalt ryddet i 2,5 timer.



Figur 5: Oversiktskart over Fauske og Skjerstadvfjorden. Prikkene representerer produksjonsanlegg, hvor de med sterkest farge er aktive anlegg. Slettede lokaliteter representerer gamle produksjonslokaliteter og omfatter alle typer oppdrettspraksis. Strekingen som ble ryddet er markert med oransje farge. (Kart: SALT, data: Fiskeridirektoratet, 2019b)

Søpla som ble analysert var sammensatt, og inneholdt gjenstander som kan kobles til ulike typer industri, husholdninger og oppdrettsaktivitet. Relevant for dette oppdraget ble det funnet:

- 12 kvadratiske deler av gangbaner rundt merder (merket med «Akvagroup»).
- 8-10 gangbanerør (skjøten til de kvadratiske gangbanedelene).
- 2 håndlister til merder, antakeligvis av gammel dato da de nyere håndlistene har en større diameter.
- Avkappet fôrrør merket «antistatisk», med tydelige slitemerker etter påkobling på fôrfordeleren. I tillegg var det tydelige merker etter at fôret var transportert gjennom røret. Det kan gjenkjennes gjennom blant annet ulik diameter på røret.
- Trosser og tau fra servicefartøy.
- Andre typer tauverk.



Figur 5: Bildene ovenfor viser enkelte funn fra analyse 1. Øverst fra høyre ser vi; trosser og tau med mulig tilknytning til servicefartøy, avkappet fôrrør merket "antistatisk", skøyter til gangbaner, og avkappede tau. (Foto: SALT)

Gjennom dialog med de ansatte under analysearbeidet, ble de identifiserte oppdrettsrelaterte gjenstandene diskutert og vi fikk avdekket sannsynlige årsakssammenhenger mellom praksis og tap. Vi fant kvadratiske deler av gangbaner, som er skjøtet sammen ved hjelp av plastrør (Figur 5). Gjennom dialog med de ansatte, kom det frem at tap av gangbaner og gangbanerør oftest skyldes skader på anlegget som en følge av uvær. Det ble understreket at skader som følge av uvær er svært uvanlig. De ansatte i næringen forklarte at funn av deler som tilhører gangbaner ofte er gjenbrukbare, og de har derfor egeninteresse i å samle inn disse gjenstandene.

Under analysene registrerte vi et rør som er tilkoblet håndlistene på merderen (Figur 5). Ifølge de ansatte har denne gjenstanden en uklar tapsårsak. Under utskiftning kappes ofte disse rørene opp i mindre biter for å gjøre transporten til avfallsbehandlingen enklere og plassbesparende. Derfor ble det av de ansatte argumentert for at disse rørene *kan* ha havnet på havet som en følge av dårlig vær og for dårlig sikring av avkappede rør som venter på transport til avfallsbehandlingen. Det ble forklart at denne typen rør (som er tilknyttet håndlistene) er lett identifiserbar ved at de ofte har spor etter andre rør som har vært spleiset på, og sammen utgjør fundamentet for håndlistene på anlegget. I dialogen kom det også frem at røret på bildet antakeligvis er gammelt eller stammer fra en liten merd, siden dimensjonen på røret/håndlisten er såpass liten.

Vi observerte et rør som er merket «antistatisk» (Figur 5). Antistatiske rør er ofte brukt til fôringsrør, siden det kan oppstå elektriske spenninger ved fôrtransport i vanlige rør. Ved strandryddinger finner en ofte avkappede plastrør som lett kan antas å stamme fra operasjoner på merder. Gjennom dialog med de ansatte i næringen blir det forklart at fôrrør som regel har innvendig slitasje som følge av fôrtransporten, og er derfor en god indikator for

å kjenne igjen hva som er fôrrør og ikke. Under oppdrettsproduksjon, hender det likevel at fôrrørene går tette og må kappes. Andre ganger fôrrør må kappes er ved menneskelige feil ved installasjon av fôrrørene. Det ble forklart at årsaken til at fôrrørene kan finnes i fjæra er at de mistes under transport med båt fra merd, og anses internt som rutinesvikt.

Vi registrerte flere tau som ble funnet under oppryddingsaksjonen (figur 5). Dette var gjenstander næringen selv hadde antatt at de ville finne, men ble overrasket over mengdene. Tykke tau/trosser (Figur 5), brukes av servicefartøy ved frakt av merder mellom ulike lokasjoner, ved utsetting av ringer, og ved oppankring og heising. Ifølge de ansatte er det usikkert hvorfor denne typen tau havner på avveie, men slitasje er en åpenbar mulighet. De aller tykkeste tauene kan også være avrevne «haneføtter». Haneføtter brukes blant annet til å feste merderen til flottør, for å holde anlegget på plass.

De avkappede, korte tauene (Figur 5), stammer antakeligvis fra operasjoner på merd, og kan være et resultat av slurv. Avkappene stammer fra montering av nye nøter. Når nye nøter monteres, heises de etter 16 tauender fra ett hovedtau før de senkes ned i vannet. For å installere nota på merden må de 16 festene kappes, før nota igjen knyttes fast i merden. I denne praksisen er det ifølge de ansatte fort gjort å miste de avkappede taubitene. De meste typiske fargene på disse avkappede taustumpene er grønn eller blå. I tillegg til disse avkappede taustumpene ble det også funnet taustumper med løkker på. Disse tauene benyttes ved «is-bøting». Is-bøting er en teknikk som brukes for å unngå slitasje og spenninger i installert tauverk ved ising i fjorden. Ved å feste nøtene (og annet tauverk som har kontakt med vannet) med en stor løkke gis større fleksibilitet og reduserer spenningene som kan oppstå mellom vannkant og tau ved ising av sjøen.

Gjennom dialogen med de ansatte tilegnet vi oss også annen kunnskap som kan være nyttig for å ytterligere redusere næringens bidrag til marin forsøpling. Det ble forklart av de ansatte at åpning av fôrsekker som ofte leveres i striesekker kan være en utfordrende praksis. Disse sekkene åpnes ved at en kutter bunnen med kniv for å frigjøre fôret. Tidvis har disse sekkene dobbel bunn, og ved åpning med kniv kan det kuttes av flak fra striesekkene som kan være vanskelig å få tak i, før de forsvinner ut på sjøen.

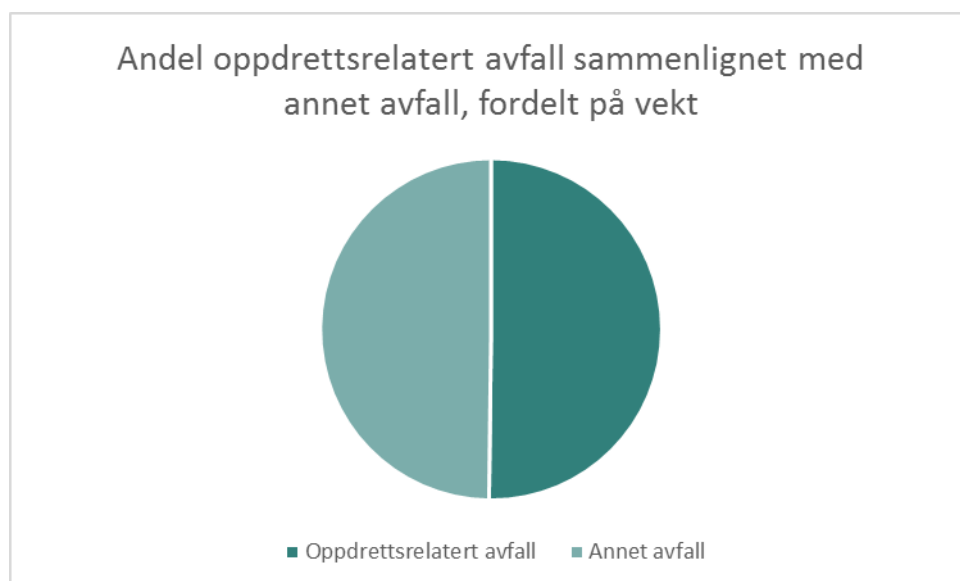
Hva gjelder isopor, ble det forklart at den eneste kilden til isopor som kilde til marin forsøpling, er inni flyterørene på anleggene. Disse rørene har en diameter på 400 mm og er veldig vanlige installasjoner i oppdrettsanlegg. Isoporen som tapes fra oppdrettsanlegg har derfor ofte en diameter på 390 mm. Det ble funnet noen isoporsylindere ved den første ryddeaksjonen som ble gjennomført i 2017.

Når det kommer til tap av flottører, forklarer de ansatte at disse sjeldent tapes. Om haneføttene kommer på avveie, vil de hentes inn raskt både av praktiske behov men også de økonomiske tapet dette medfører. En ansatt forklarer at siden han ble tilsatt i sin stilling ved anlegget (2008), har de bare mistet en flottør. Det er i tillegg strenge krav fra fiskeridirektoratet når det kommer til slitasjen av flottører. Hvis det oppstår slitasjeskader på flottørene er de pliktig å skifte disse ut med en gang. Ved mangel på utskiftning registreres det som avvik ved kontroller fra direktoratet.

Fôrrør kan gjenkjennes ved at de ofte har slitasje hvis man ser dem i profil (ujevn tykkelse i kantene). Den lokale oppdrettsnæringen bruker helsvarte rør, og er merket med Antistatisk. Antistatisk betyr at rørene reduserer elektriske spenninger. Akkumulering av elektriske spenninger i fôrrørene representerer en fare for at arbeidere som skal jobbe med fôrrørene (f.eks. kappe dem) får strøm i seg. I tillegg har ofte fôrrør utvendige slitasjeriller, som en følge av bånd/vaiere som har koblet de ulike fôrrørene sammen.

Når det kommer til bruk av renseballer, for å hindre avleiringer i fôrrørene kommer det frem at de ansatte på anleggene bruker en håv for å fange opp ballene før de lander i sjøen for å hindre at de kommer på avveie. Som regel skytes det fire renseballer gjennom fôrrørene om gangen.

Det ble også forklart at den lokale næringen har gått over fra kobberimpregnerte nøter til biologisk nedbrytbar impregnering på nøtene. Levetiden på nøtene har siden overgangen til biologisk nedbrytbar impregnering blitt halvert, sannsynligvis på grunn av økt behov for vasking/spyling av nøtene. I den sammenhengen er det interessant å undersøke omfanget av fibertap. Etter overgangen til biologisk nedbrytbar impregnering, har det blitt gjort funn av bio-impregnering i fjæra (se bilde 8 og 9). Dette ser ut som mikroplast, men skal ifølge leverandøren være biologisk nedbrytbar. Produktbladet viser derimot «lang nedbrytningstid». Næringen er overrasket over å finne så tydelige spor og oppsamlinger av impregnering i miljøet.



Figur 6: Andel oppdrettsrelatert avfall sammenlignet med annet avfall på lokasjon 1, fordelt på vekt (Oppdrettsrelatert avfall; 50%, annet avfall: 50%).

Omtrent halvparten av det innsamlede avfallet (fordelt på vekt) ble klassifisert som oppdrettsrelatert ved denne lokasjonen (Figur 6). Ifølge de ansatte i næringen, er denne andelen uvanlig høy og må sees i lys av skadene på en av merdene tidligere i år, funnet er i så måte ikke representativt. I analysen fant vi at deler av merdere på avveie utgjorde 56% av det oppdrettsrelaterte avfallet, mens tau utgjorde 43%. Resten av det oppdrettsrelaterte avfallet

bestod av avkappede fôrrør og kanner, og utgjorde 1% av alt oppsamlet oppdrettsrelatert avfall.

3.4 LOKASJON 2 (NORDLAND)

Det ble gjennomført nedstrømsanalyse i samarbeid med ansatte i lokal oppdrettsnæring i Nordland, onsdag 26.06.19. Den lokale oppdrettsnæringen har gjennom sommeren 2019 ansatt to sommervikarer som har ansvar for å rydde strender som er lokalisert i nærheten av de lokale oppdrettsanleggene. Under gjennomføringen, gikk vi for å rydde en strekning nedstrøms for et forskningsanlegg som ligger utenfor Nordvågen og Gildeskål (**Feil! Fant ikke referansebildet.**).

I dette området, var det lite marin forøpling. Antakeligvis skyldes dette at det er kontinuerlig rydding langs denne strekningen, siden området ofte brukes til turformål av lokalbefolkningen, kombinert med et godt lokalt strandryddemiljø. De små mengdene marin forøpling gjorde det umulig å gjennomføre en fornuftig dypdykk-analyse.



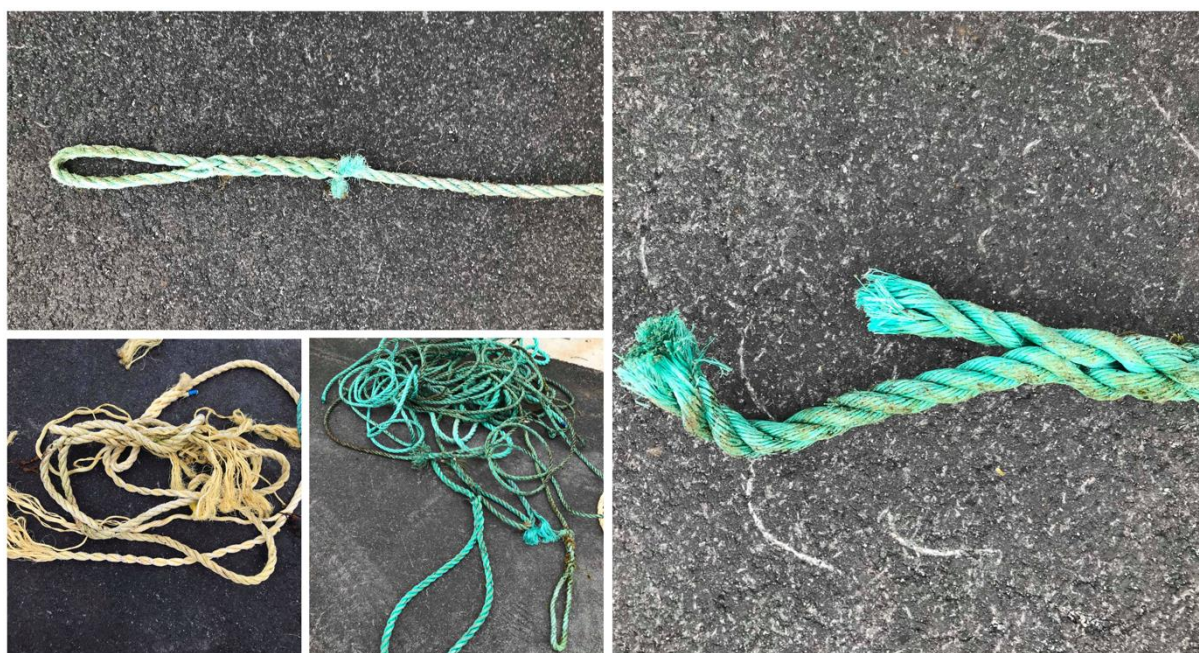
Figur 8: Oversiktskart over Gildeskål og Sund. Prikkene representerer produksjonsanlegg, hvor de med sterkest farge er aktive anlegg. Slettede lokaliteter representerer gamle produksjonslokalteter og omfatter alle typer oppdrettspraksis. Strekingen som ble ryddet er markert med oransje farge. (Kart: SALT, data: Fiskeridirektoratet, 2019b)

Parallelt med vår utflukt til Nordvågen, var ansatte i den lokale oppdrettsnæringen og hentet oppryddet avfall langs Stigvika og Sund, på østsiden av Gildeskål. Her er det et aktivt anlegg som produserer laks. Innsamlingen var gjennomført av to sommeransatte som jobber med

strandrydding, nedstrøms for oppdrettsanlegg. Den totale mengden avfall de hadde samlet inn i dette området var anslagsvis 200 kg, hvor store uidentifiserbare rustgjenstander tok opp mye plass og vekt. En del fiskerirelatert avfall var å finne her, som avkapp fra trål, både med og uten knute. Det må forøvrig kommenteres at det er en del lokal fiskeriaktivitet, som gjør det vanskelig å identifisere kilden til tau som finnes langs strandsonen.

Det oppsamlede avfallet ved Stigvika bestod av seks søppelsekker avfall, hvor vi sorterte ut alt som kunne stamme fra oppdrett, med bistand fra ansatte i oppdrettsnæringen. Av det innsamlede avfallet, konkluderte de ansatte med at det kun er tauverk som kan knyttes til oppdrettsaktivitet. Gjennom analysen kom det frem at det er mye av tauverket som ikke lett kan fastslås å ha tilknytning til oppdrettsnæringen. Den delen av tauverket som derimot kan knyttes direkte til oppdrettsnæringen, er tau som har en løkke på enden som enten er spleiset eller knytt. Disse løkkene og tauene brukes som nevnt tidligere, til oppheng av nøter på ganglistene. I den lokale oppdrettsnæringen brukes stort sett tau med lys grønn farge. Tidligere ble det brukt tau med gul farge.

Gjennom dialog med de ansatte, kom det frem at tauverk kan mistes i operasjonen med å skifte nøter. Når nøtene settes ut, kappes nota av opphenget. Ifølge de ansatte er det gjennom denne praksisen det antakeligvis er størst potensiale for marin forøpling.

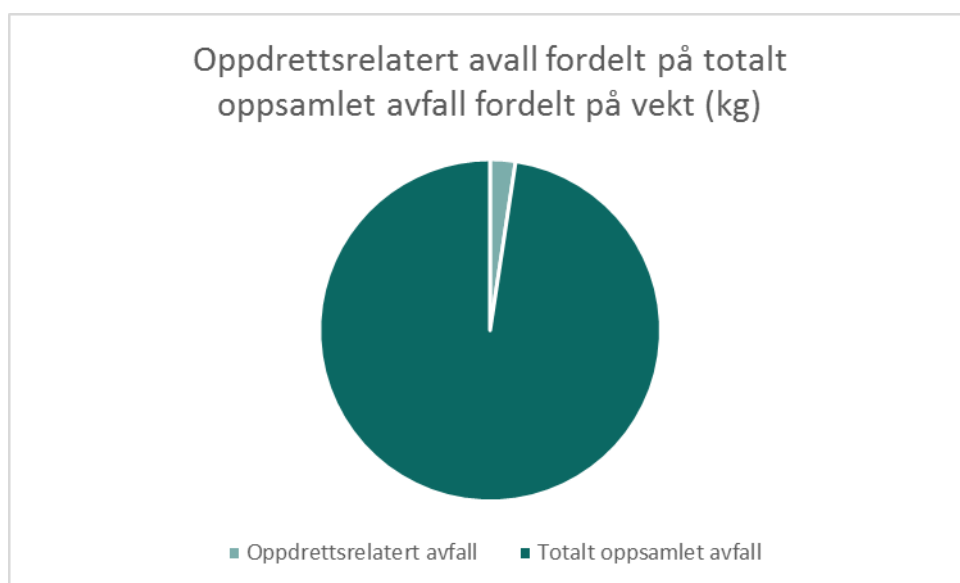


Figur 7: Grønne og gule tau med løkke som kan knyttes til oppdrettsaktivitet. (Foto: SALT)

I dialog med de ansatte, kom det også fram at de tidligere har gitt bort gammelt taumateriale til lokale bønder, sånn at de slipper å kjøpe nytt, men heller gjenbruker «gammelt» tauverk. Denne praksisen har de nå sluttet med, siden også de gjenbrukte tauene kan havne på avveie. Det ble forklart at det tidligere var vanlig å donere bort utskiftede oppdrettsgjenstander til andre formål. For eksempel var det vanlig å gi bort deler av gamle merdere til folk som ønsket

å bruke håndlistene til gjerder, eller flyteringen som fortøyninger til båtene. Også den typen praksis er nå i stor grad avvirket.

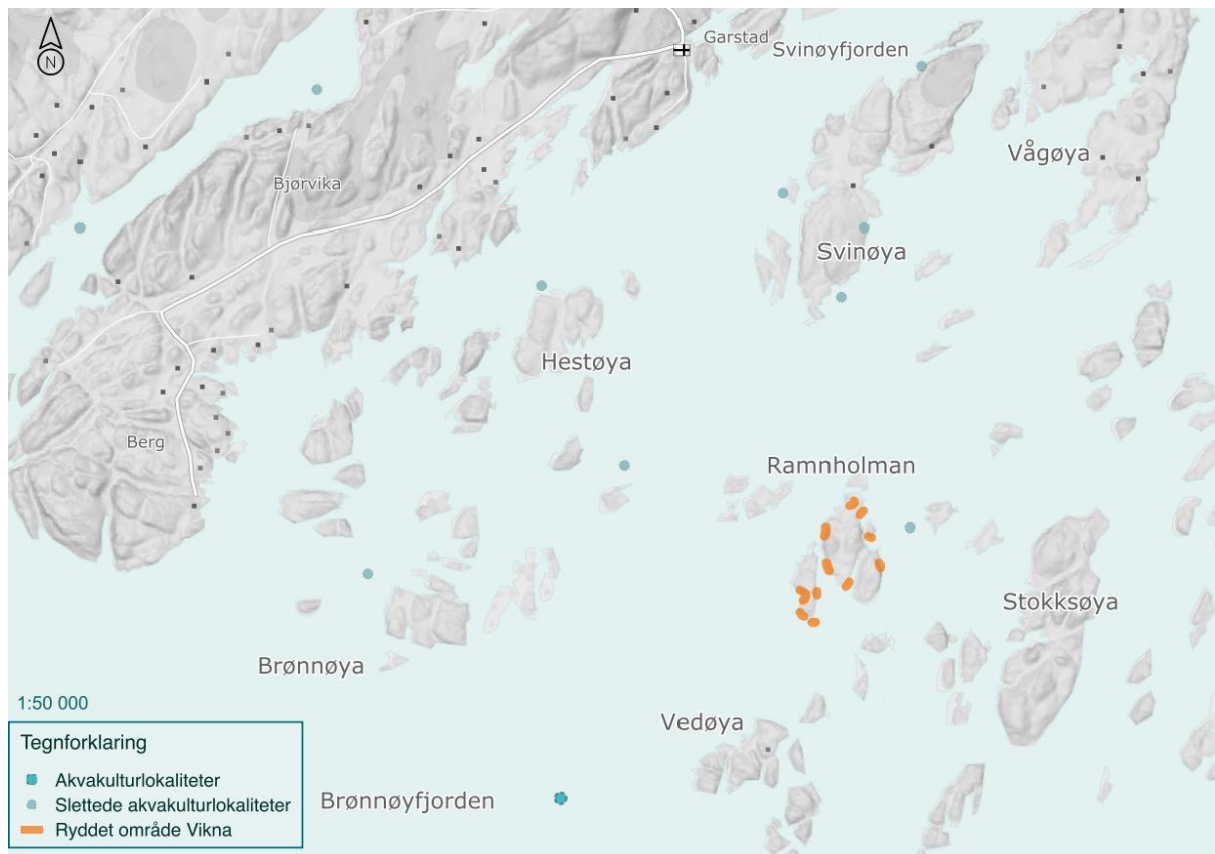
Totalt ble det samlet inn 200 kilo avfall i ryddeaksjonen. Mye av det innsamlede avfallet bestod av rustent metall, kanner og isopor. Av disse 200 kiloene utgjorde tauverk 22,5 kg. Av disse 22,5 kiloene, kunne 4,9 kg kobles direkte til oppdrettsnæringen (Figur 8). Totalt ble det funnet 69 taustumper, hvor 14 av dem med sikkerhet kommer fra oppdrettsnæringen. De tauene som med sikkerhet kan identifiseres til oppdrettsnæringen, hadde i nesten alle tilfeller løkke i den ene enden. Det er likevel stor usikkerhet knyttet til de resterende tauene, og deres opphav. Ifølge de ansatte er det ikke usannsynlig at noen av de uidentifiserbare tauene kan stamme fra deres praksis. Av alt innsamlet avfall på denne lokasjonen, var tau den eneste kategorien som kan knyttes direkte til oppdrettsnæringen.



Figur 8: Oppdrettsrelatert avfall (2%) fordelt på totalt oppsamlet avfall fordelt på vekt (kg) på lokasjon 2.

3.5 LOKASJON 3 (TRØNDELAG)

Det ble gjennomført nedstrømsanalyse i Rørvik mandag 24.06.19 i samarbeid med Oppdretternes Miljøservice (OMS). Avfallet som skulle analyseres ble samlet inn fra Ramnholman vest for Rørvik. Ramnholman ble senest ryddet i 2018, så analysen bestod av «ferskt» avfall, som sannsynligvis har blitt mistet eller skylt i land i løpet av det siste året. Området rundt Ramnholman er et område med stor oppdrettsaktivitet, særlig i sørvestlig retning. Her ligger det blant annet to aktive anlegg som er godt synlig fra holmen (**Feil! Fant ikke referanse kilden.**).



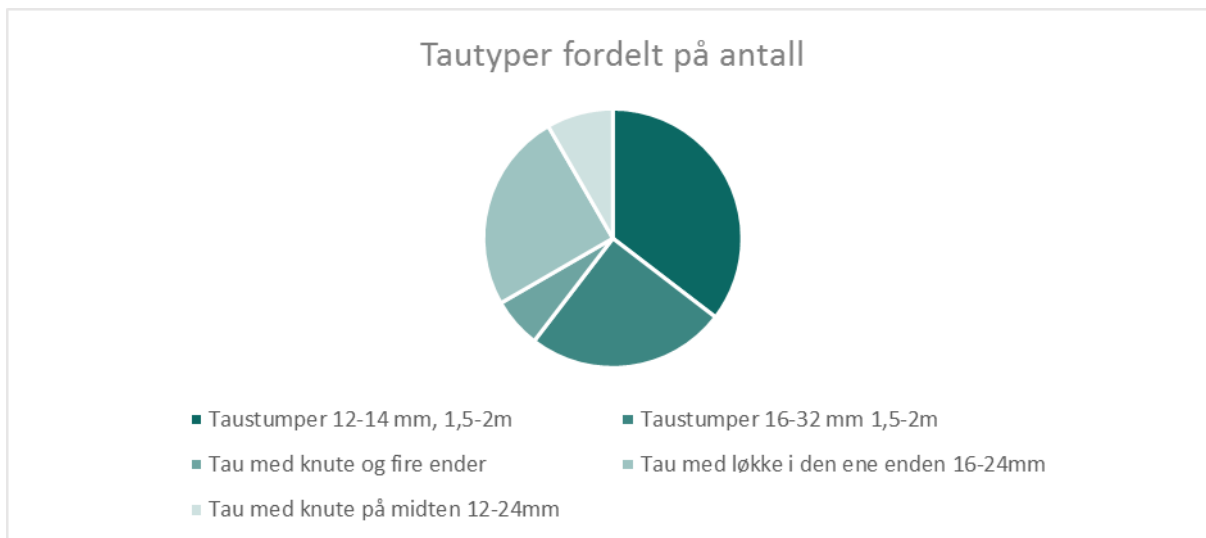
Figur 11: Oversiktskart over Ramnholman. Prikkene representerer produksjonsanlegg, hvor de med sterkest farge er aktive anlegg. Slettede lokaliteter representerer gamle produksjonslokaliteter og omfatter alle typer oppdrettspraksis. Strekingen som ble ryddet er markert med oransje farge. (Kart: SALT, data: Fiskeridirektoratet, 2019b)

Under analysen ble SALT bistått av fagpersoner med lang erfaring fra oppdrettsnæringen, som sørget for at det havbruksrelaterte avfallet ble sortert ut fra den totale avfallsmengden. Gjennom dialog underveis i analysen, ble det forklart at det ikke er lett å skille mellom oppdrettsrelaterte gjenstander og gjenstander med annet opphav.



Figur 9: Eksempelbilde på funn fra dypdykksanalysen i Vikna. På bildet ser vi innholdet til et flyteelement som ofte benyttes under oppdrett. Vi ser også eksempler på tau, med knute på som med stor sannsynlighet stammer fra oppdrettsnæringen. (Foto: SALT)

Likevel hadde de deltagende fagpersonene noen innspill som er interessant å følge opp. Det ble blant annet forklart at grønne nylontau sjeldent brukes av oppdrettsnæringen, og at tau med en diameter fra 12 til 14 millimeter er den typen som oftest brukes for å knyte på plass hoppenettet (nettet som ofte henger over merden). I tillegg forklarte fagpersonene at tau med diameter mellom 20 og 24 millimeter brukes til å knyte overflatetelna til ringen. Ifølge fagpersonene brukes også sjeldent spleisede tau av havbruksnæringen, siden de sjeldent har tid til å spleise tau. Derfor kan en anta at tau som har fått knytt en løkke på seg kan stamme fra oppdrettsnæringen. En relativt stor andel av de identifiserte tauene (25%) tau med løkke på, har opphav fra oppdrettsnæringen (Figur 10). Det ble også forklart av de deltagende fagpersonene at tau med tre til fire ender brukes når nota skal installeres.



Figur 10: Tautyper fordelt på antall. Tau med løkker (25%) har direkte tilknytning til oppdrettsnæringen fra lokasjon 3.

Det ble totalt samlet inn 407 kg avfall som ble analysert fra Ramnholman. Av disse 407 kiloene, ble 54 kg vurdert som oppdrettsrelatert.

3.6 LOKASJON 4 OG 5 (TROMS)

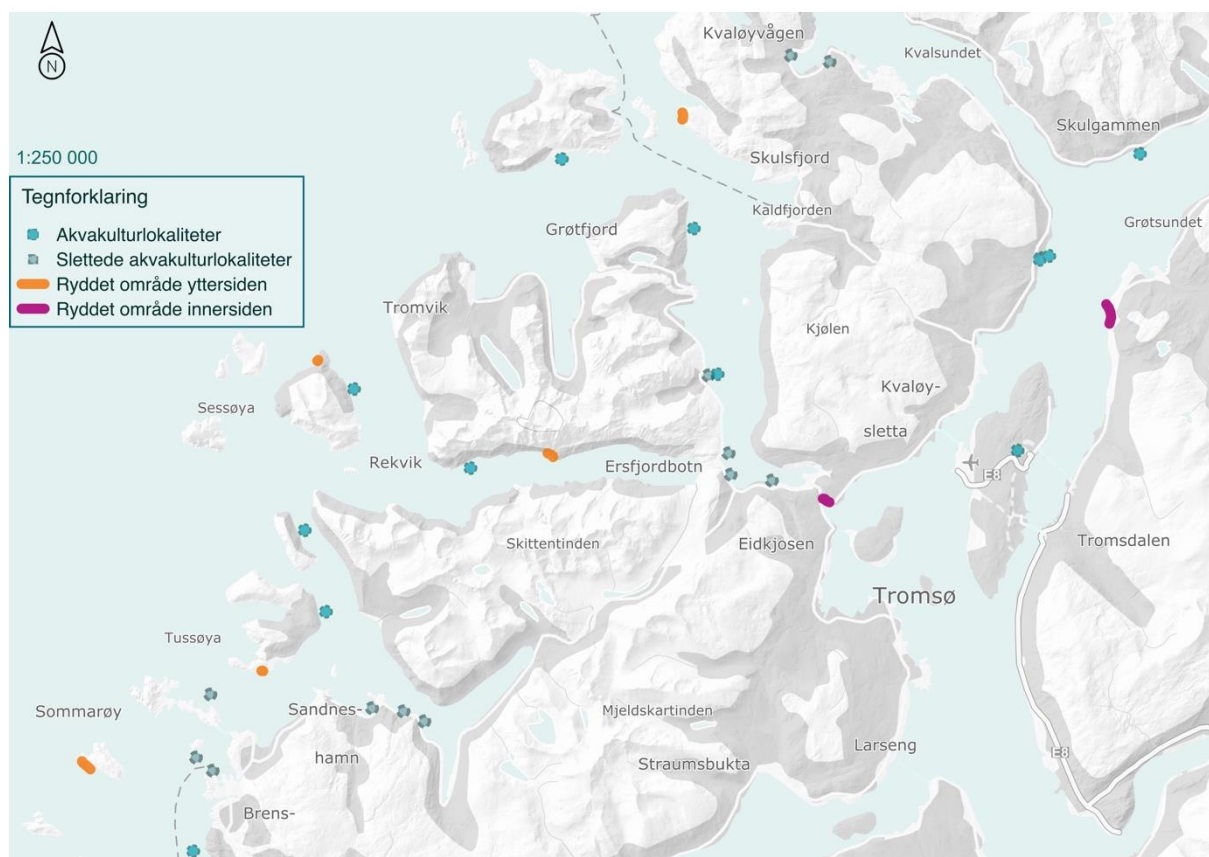
Det ble gjennomført nedstrømsanalyser i Tromsø-regionen over tidsperioden 4. til 7. juli, 2019. I denne perioden ble det gjennomført to dypdykk av avfall som er samlet inn fra både «yttersida» og «innersida» av Tromsø. Innenfor begge disse geografiske inndelingene, er tilstedeværelsen av oppdrettsnæringen stor. Innersiden av Tromsø preges av å ligge i umiddelbar nærhet til by og industriområder, mens det på yttersiden av Tromsø heller preges av stor fiskeri- og oppdrettsaktivitet.

I denne sammenhengen ble yttersiden definert som områdene som grenser til storhavet i vest, mens innersiden ble definert som områdene som ligger innaskjærs og er isolert fra storhavet.

Avfallet fra innersiden ble samlet inn av frivillige, hvor ryddingen skjedde i Krokeldalen nord for Tromsø, fra midten av april til midten av mai. Strekningen som ble ryddet var omlag 300 – 500 meter, fra Movika til Tønsnes fyr. I nærheten av denne strekningen finnes tre aktive oppdrettsanlegg som produserer både hvitfisk, laks og tare. Avfallet fra innersiden utgjorde totalt 25 søppelsekker, med en totalvekt på 375 kg og 3321 registrerte gjenstander. Gjenstandene som dominerte denne analysen i antall var «biter», «industri» og «mat», mens gjenstanden som dominerte i vekt var «biter», «industri» og «annet».

Avfallet fra yttersiden ble også samlet inn av frivillige, men ryddingen ble gjennomført på flere ulike lokasjoner som har blitt ryddet tidligere år. På de mest isolerte områdene, rapporterte de frivillige at de hadde konsentrert seg om å rydde opp gjenstander på størrelse med brus korker eller mer. Mindre gjenstander ble derfor utelatt. Gjennom analysene ble SALT bistått av Bo Eide (klima- og miljørådgiver, Tromsø kommune), Rebecca Briedis (Rådgiver,

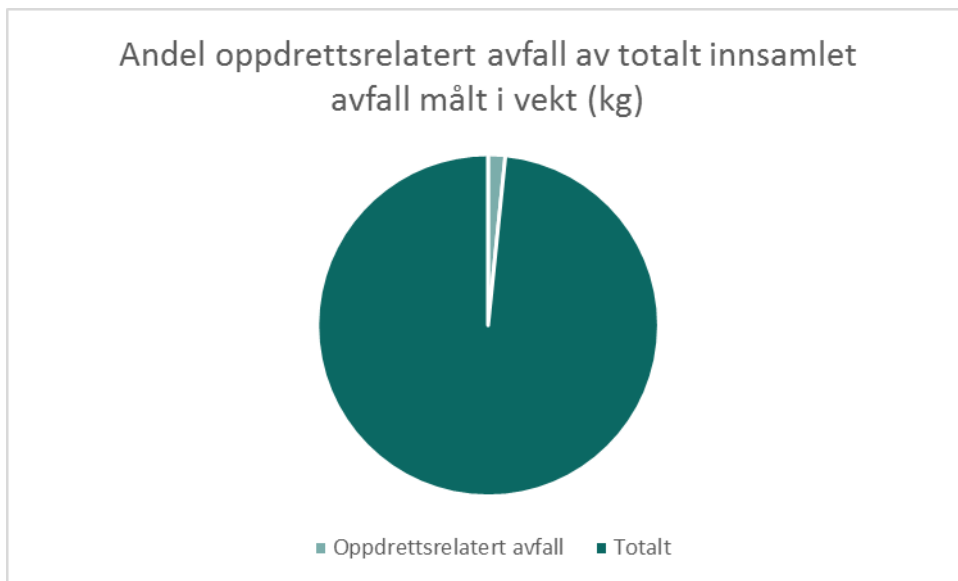
Mepex) og Fanny Pindsle (prosjektleder i «Nordic Coastal Clean Up», Hold Norge Rent) som har lang erfaring i å identifisere gjenstander av marin forsyling og kilder til marin forsyling. I denne analysen ble det avfall fra Eidkjosen (innersiden) blandet med avfall fra yttersiden, og kan ha påvirkning på datamaterialet. Likevel ble det i avfallet fra yttersiden ble det totalt registrert 1834 gjenstander, med en totalvekt på 208 kg. I denne analysen var det dominerende antallet av gjenstandene «biter», «matemballasje», og «tau avkapp». I forhold til vekt var de dominerende gjenstandene «fiskeri», «tau avkapp» og «tau».



Figur 14: Oversiktskart over ryddelokaliteter fra yttersiden (oransje) og innersiden (lilla). Prikkene med sterkest farge er aktive anlegg. Slettede lokaliteter representerer gamle produksjonslokaliteter og omfatter alle typer oppdrettspraksis. (Kart: SALT, data: Fiskeridirektoratet, 2019b)

Det ble ikke gjort noen funn av oppdrettsrelaterte gjenstander, til tross for at det er oppdrettsaktivitet rundt Grøtsundet.

På yttersiden ble det derimot identifisert 13 tau som enten har knute på midten som ser ut til å ha blitt kuttet eller tau eller med hele løkker som benyttes under isbøting. Det ble også funnet et avkappet fôrrør og isopordeler med sylindrisk form, lik den isoporen som benyttes inni flyterørene til merdene. Det ble forklart av fagpersonene som bidro i analysene, at det sjeldent finnes mye avfall fra oppdrettsnæringen på strendene rundt Tromsø.



Figur 11: Andel oppdrettsrelatert avfall av totalt innsamlet avfall målt i vekt (kg).



Figur 12: Avkappede tau, tau med løkker og sylindrisk isopor. (Foto: SALT)

3.7 DISKUSJON

God dialog med strandryddemiljøene var veldig viktig for å lære om oppdrettsrelaterte gjenstander på avveie. Den innsendte dokumentasjonen fra strandryddemiljøene, bestod av både detaljerte beskrivelser om hvor gjenstanden(e) ble funnet og hva det er som er funnet. De gjenstandene som ble sendt inn i størst frekvens var hele eller deler av merdere, gangbaner og fôrrør. Det ble også sendt inn en del andre gjenstander som rensballer, tau, flottører og kunstig tareskog.

Siden oppdrettsnæringen har hatt en stadig vekst, med kontinuerlige utstys- og praksisendringer, kombinert med et stort leverandørnettverk uten standardiserte krav, kan det tenkes at typiske funn i strandsonen i områder og regioner kan være ulike.

For å tilegne oss kunnskap om årsaksforholdet mellom funn av gjenstand og tap av gjenstand, ble næringsaktørene utfordret på hvordan gjenstandene som er funnet i fjæra av strandrydderne har havnet der. Tapsårsaken i tabellen under er derfor basert på næringsaktørenes antakelser, mens tiltakene er basert på forslag fra både aktørene og SALT.

Tabell 2: Oversikt over hva som ofte er på avveie, eksempler på hvordan gjenstander havner på avveie og hvilke forbyggende tiltak en kan benytte seg av.

Gjenstand	Tapsårsak	Tiltak
Merder	Skader som følge av uvær	Offentlig skadedatabase for opprydning og gjenbruk
Merder	Donasjon av utdatert utstyr	Utdatert utstyr leveres til avfallsbehandlere
Deler av merder; håndlister, fôrrør, gangbaner og skjøter til gangbaner	Mistes under transport til land	Økt fokus sikring av gjenstandene under transport
Deler av merder; håndlister, fôrrør, gangbaner og skjøter til gangbaner	Blåser på havet ved uvær, som følge av dårlig sikring	Utarbeide bedre rutiner for sikring av gjenstandene under lagring og bruk. Løse gjenstander lagres under tak eller i lukkede oppbevaringscontainere
Deler av fôrrør på avveie	Mistes ved kapping av tette rør	Økt fokus på miljøansvar hos ansatte
Renseballer på avveie	Mistes ved rensing av rør	Benytte innsamlingsløsninger ved utgangen til fôrrørene
Avkappede tau på avveie	Mistes ofte ved utskiftning av nøter	Økt fokus på miljøansvar hos ansatte – fokus på opplæring og rutine
Isopor på avveie	Mistes ved utskiftning av flyteelementer og dårlig sikring i påvente av transport til avfallsbehandling	Utbedre sikring av gjenstandene under transport og ved lagring
Generelt avfall på avveie	Variierende tapsårsak	Fokusere på merking av utstyr, holdninger og rutiner; sikring av avfall under transport og arbeidsoperasjoner; gode avfallsløsninger ved anlegg

Gjenstand	Tapsårsak	Tiltak
Haneføtter og trosser	Variierende tapsårsak	Fokusere på merking av utstyr, utstyr forbedringer og utskiftning av utstyr før det slites i stykker
Fôrsekker og avkapp av fôrsekker	Mistes ved kapping av bunn, og ved dårlig sikring under transport og ved havn	Produksjonskrav til leverandør, utbedre sikring under transport og under lagring på land

Gjennom nedstrømsanalysene har vi lært at gjenstander fra oppdrettsnæringen kommer på avveie og bidrar til marin forsøpling. I tabellen ovenfor vises en rekke gjenstander, men enkelte av disse gjenstandene blir funnet med større frekvens enn andre. Gjennom nedstrømsanalysene fremkommer det også at det kan være regionale variasjoner i hva slags typer gjenstander som oftest blir funnet på strendene. Basert på vekt, ble det funnet at oppdrettsrelatert avfall på *lokasjon 1* stod for 50% av det totale avfallet, mens det på *lokasjon 2* var 2%, *lokasjon 3*; 12%, *lokasjon 4*; 0%, og på *lokasjon 5*; 2%. Store regionale forskjeller mellom oppdrettsnæringens bidrag til marin forsøpling kan likevel forklares av en rekke faktorer. Den store mengden oppdrettsrelatert avfall, av totalt innsamlet avfall på lokasjon 1 må ses i lys av skader som følge av uvær på et nærliggende anlegg. Hvis en ser på avfallssammensetningen i dette området, finner man at 56 % av vekten til det totale oppdrettsrelaterte avfallet på denne lokasjonen er deler av merdere som gangbaner og skjøter til gangbaner. Store mengder av denne typen avfall var forventet av den lokale oppdrettsakøren som en følge av skadene på en av merdene tidligere i år. Denne typen hendelser kan bidra til å forklare regionale forskjeller i mengden oppdrettsrelatert avfall på avveie, men også andre faktorer kan ha betydning. På lokasjon 1, 2 og 3 er det relativt liten annen næringsaktivitet, og områdene kan klassifiseres som tynt befolkede strøk. Derfor kan det antas at søppelsammensetningen er noe annerledes i disse områdene, enn områder i urbane strøk eller i områder med stor næringsaktivitet.

Lokasjon 4 preges av umiddelbar nærhet til Tromsø med tre oppdrettsanlegg i nærheten. Avfallssammensetningen i denne analysen besto i all hovedsak av mat- og drikkeartikler, små uidentifiserbare plastbiter og andre gjenstander som er benyttet i industriell sammenheng. Det ble ikke funnet noen artikler som kan knyttes til oppdrett på denne lokasjonen. Lokasjon 5 har en stor eksponering for storhavet og ligger i et område med lav befolkningstetthet. I tillegg har fiskerinæringen en stor tilstedeværelse her. Det er veldokumentert at fiskerinæringen bidrar til marin forsøpling med ulike typer tauverk. På denne lokasjonen er det vanskelig å skille tau fra fiskeri og oppdrettsnæringen fra hverandre. Likevel, er det noen viktige kjennetegn -som løkker, knuter og diameter som gjør at enkelte tau og taubiter med sikkerhet kan identifiseres til oppdrettsnæringen.

I fire av fem analyser har det blitt funnet tau som med stor sannsynlighet har opphav fra oppdrettsnæringen. Disse tauene kjennetegnes med at de har en knute på midten, eller at det

har blitt knytt en løkke på dem. Gjennom dialog med ansatte og næringsaktører i nedstrømsanalysene, lærte vi at tau med løkke på i stor grad benyttes på oppdrettsanlegg, og skiftes ut hyppig. Tau med løkke på brukes blant annet til å feste nøtene til håndlistene på oppdrettsanleggene. Når dette tauverket må byttes ut på grunn av slitasje, er det risiko for at det havner direkte i havet, eller at det blåser over bord ved transport inn til kai. I det som kalles «isbøting» benyttes også tau med litt større løkke på. Isbøting er en teknikk hvor nøtene henges opp etter tau med litt større løkker for å redusere spenninger og slitasje i tauverket ved ising i sjøen. Disse tauene kan også mistes ved utskiftning.

Ansatte i oppdrettsnæringen forklarer at når nøter skal settes ut, blir den transportert ut med et servicefartøy. For å installere nota, henges den opp etter tau i en kran før den senkes ned i sjøen. For å «befri» nota fra krana må tauet som nota er festet i kappes. Også gjennom denne praksisen er det fort gjort å miste tau, siden arbeidet er krevende. Vanligvis benytter oppdrettsnæringen seg av tauverk med en diameter mellom 12 og 24 mm. Likevel, kan det ikke utelukkes at tau med denne diameteren, men uten løkker eller andre kjennetegn stammer fra andre kilder enn oppdrettsnæringen.

I fire av fem analyser ble det funnet tau mellom 12 og 24 mm, med løkke eller avkappet løkke. I dialog med næringsaktører på *lokasjon 3*, ble det forklart at grønne nylontau sjeldent brukes på oppdrettsanlegg. På en annen side, ble forklart av ansatte på anleggene på *lokasjon 2*, at de vanligste tautypene hos dem har lys grønn farge, mens de tidligere hadde gul. Det forteller oss at farger på tau, ikke uten videre er egnet for å klassifisere opphavet til tau på avveie. På *lokasjon 1*, så vi at tauverk utgjorde 43% av det totale oppdrettsrelaterte avfallet, mens det på *lokasjon 2*, utgjorde 100 %. Derfor kan det argumenteres for at forebyggende arbeid med tap av tauverk må prioriteres i næringen.

Som nevnt tidligere, har ett av anleggene i området rundt *lokasjon 1* hatt skader på merder som følge av uvær, tidligere i år. 56 % av alt innsamlet avfall på *lokasjon 1* som kan knyttes til oppdrettsaktivitet stammer fra denne hendelsen. Gjennom dialog med de ansatte på dette anlegget kom det frem at disse gjenstandene er kostbare å kjøpe, men at de tapte gjenstandene i stor grad lar seg gjenbrukes. Med tidevann, fjord- og havstrømmer er det likevel ikke gitt at disse gjenstandene blir funnet på lokale ryddeaksjoner. Disse gjenstandene er ofte store av volum og har høy vekt, og anses derfor som betydelige bidrag til marin forøpling. Siden det er i næringens egeninteresse å få tilbake disse gjenstandene i tillegg til at de negativ påvirkning på miljøet, bør en offentlig database for skader på merder og gjenstander på avveie etableres. I tillegg kunne det vært interessant å gå i dialog med leverandørnæringen for å se på alternative måter å feste elementene på, som kan redusere risikoen for at gjenstander havner på avveie.

I dialog med næringsaktører på *Lokasjon 1, 2 og 3*, kom det frem at gammelt utstyr fraktes til kai for avfallsbehandling. For å optimalisere transport mellom kai og avfallsbehandling, kappes disse gjenstandene i mindre biter. Ved å kappe store gjenstander opp i mindre biter, øker også mulighetene for at de blåser av gårde under uværsdager. Derfor bør sikring av gjenstander på kaia bør prioriteres, for å redusere risikoen for at oppdrettsrelaterte gjenstander havner på avveie.

I tillegg til resultater fra nedstrømsanalysen, ble det også identifisert en rekke kilder til utslipp gjennom intervjuene og workshopen. Disse er inkludert i beskrivelsen av de ulike tiltakene nedenfor. De fleste av dem finnes i kap 6. 5 i form av liste over kilder til utslipp gjennom arbeidspraksiser.

4 RESULTATER- KVANTIFISERING AV MIKROPLAST FRA FÔRSLANGER

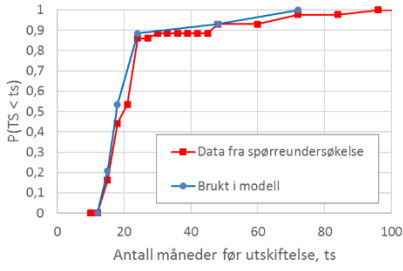
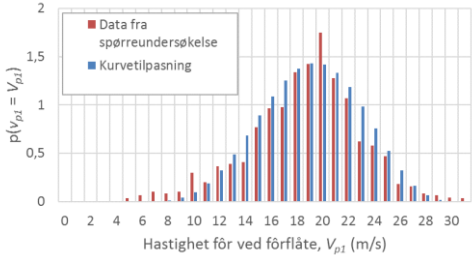
Basert på befaringene og intervjuene ble det besluttet å fokusere arbeidet med kvantifisering av utslippene fra havbruksnæringen på mikroplastutslipp fra fôrslanger. Dette både på grunn av at næringen selv så på dette som det potensielt største utslippet, og at tidligere estimater var meget usikre. I befaringen og i intervjuene kom det fram at næringen selv ønsket nærmere undersøkelser for å få svar på om estimatene fra Naturvernforbundet (2017) på over 300 tonn mikroplastutslipp per år var realistiske. I sitt brev til regjeringen ber Naturvernforbundet selv også om at det igangsettes en grundig kartlegging av utslipp av mikroplast fra fôrslanger i oppdrettsnæringen. Nedenfor presenteres datagrunnlag og resultater fra modellsimuleringer av mikroplastutslipp fra fôrslanger. Hovedkilder for usikkerhet i simuleringene listes, og tilslutt diskuteres viktige faktorer som påvirker mengden mikroplast og en kort diskusjon om hvilke tiltak som kan være relevante.

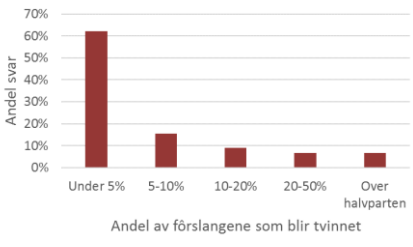
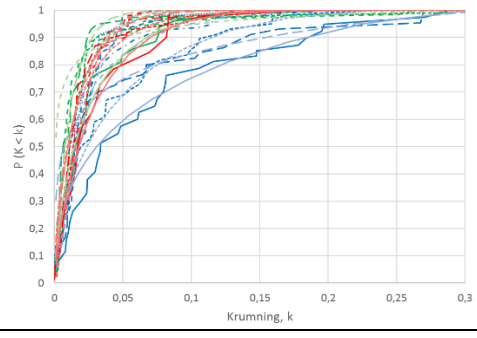
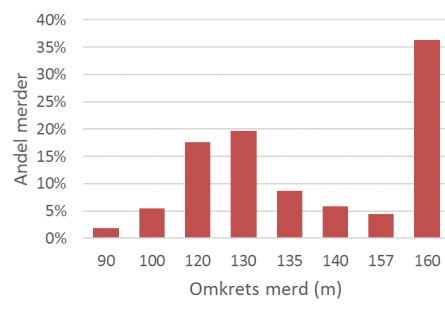
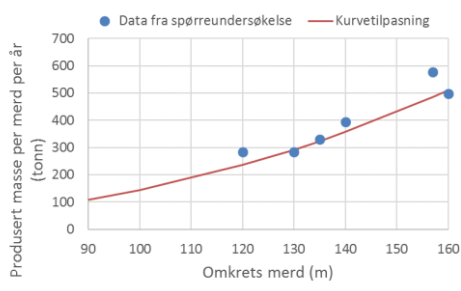
4.1 INNDATA

Tabellen nedenfor viser inndata for de variablene som er av størst betydning for estimatet på mengden mikroplast fra fôrslanger.

Tabell 3: Inndata til simuleringen av mikroplastslitasje i fôrslanger

Variabel	Verdi	Min /Max	Datkilde
Lengde fôrslanger (m). Figuren viser kumulativ sannsynlighetsfordeling for lengde av fôrslanger.		100 / 800	Spørreundersøkelse og digitalisert bildemateriale
Indre diameter fôrslange (mm)	90		Spørreundersøkelse
Godstykkelse fôrslange (mm). Figuren viser kumulativ sannsynlighetsfordeling for godstykkelse av fôrslanger.		3 / 14	Spørreundersøkelse
Egenvekt fôrslangemateriale	959 kg/m ³		Produktblad Helgeland Plast

Variabel	Verdi	Min /Max	Datakilde
Elastisitetsmodul fôrslangemateriale		700 / 1200	Datablader for PE80 og PE100
Egenvekt fôrpellets (kg/m ³)		1040 / 1200	Basert på synkehastighetsestim ater og dialog med fôrprodusenter.
Utskiftingsrate fôrslanger (månedet). Figuren viser kumulativ sannsynlighetsfordeling for utskiftingsrate.			Spørreundersøkelse
Massestrøm fôr per fôrslange (kg / minutt)		16 / 30	Befaringer
Forhold mellom lufthastighet og fôr hastighet	1,5		Spørreundersøkelse
Hastighet fôr pellets ut fra fôrflåte (m/s). Figuren viser sannsynlighets fordeling		4 / 32	Spørreundersøkelse
Temperatur slangeluft ved flåte (°C)	Betafordeling ($\alpha = \beta = 2$) mellom minimums og maksimumsverider.	30 / 80	Intervjuer
Temperatur slangeluft ved spreader (°C)	Gitt av ligningen $T_{spreader} = T_{ute} + (T_{flåte} - T_{ute}) \cdot f_T$ hvor f_T er en faktor som varierer tilfeldig mellom 0,1 og 0,8.	0,1 / 0,8	Intervjuer
Utetemperatur (°C)	Betafordeling ($\alpha = \beta = 2$) mellom minimums og maksimumsverider.	-5 / 20	Typiske værdata
Høyde over vannet hvor fôrslangen kobles på fôrflåte (m)		1,5 / 3	Befaringer og bildemateriale
Vinkel fôrslange ut fra fôrflåte (0° er horisontal)		0 / 20	Befaringer og bildemateriale

Variabel	Verdi	Min /Max	Datakilde
Tvinning: Andel av slangene som blir tvinnet	 <p>Snitt: 11,4 %.</p>		Spørreundersøkelse
Tvinning: Periodelengde (m)		3 / 5	Estimert fra bildemateriale
Tvinning: Radius i heliks (cm)		3 / 7	Estimert fra bildemateriale
Krumning av u-tvinnet fôrslange liggende fritt i vann (1/m). Figuren viser kumulativ sannsynlighetsfordeling for digitaliserte billedata av fôrslanger ved norske oppdrettslokalteter		Maks 1/3 (dvs minimum krumningsradius 3 meter)	Estimert fra digitaliserte billedata av fôrslanger ved norske oppdrettslokalteter
Omkrets merd (m)			Spørreundersøkelse
Produsert masse med fisk per merd per år (tonn)			Spørreundersøkelse

Variabel	Verdi	Min /Max	Datakilde
Høyde fôrslange ved innføring i merd (m)	<p>Andel svar</p> <p>Ligger i vannoverflaten Ligger over gangbane Under rekkverk Over rekkverk</p> <p>Hvor er fôrslangen posisjonert ved innføring til merd?</p>	0 / 2	Spørreundersøkelse
Høyde slange ved påkobling til fôrspreader (m)		0 / 1,5	Estimat basert på bildemateriale og befaringer
Fôrfaktor (antall kg fôr per kg fisk)	1,29		Fiskeridirektoratet sin biomasse statistikk, snitt for 2014-2018
Nasjonalt årlig uttak av fisk (millioner tonn)	1,279		Fiskeridirektoratet sin biomasse statistikk, tall for 2018

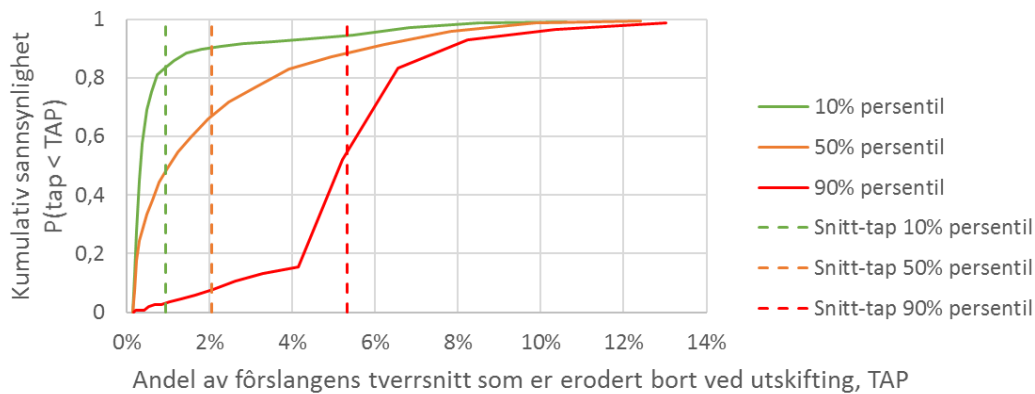
4.2 RESULTAT FRA SIMULERINGER

Resultatene nedenfor er basert på 1000 simuleringer av enkeltslanger med variasjon av inndata basert på fordelingene vist ovenfor. Figur 13 viser nasjonalt estimat for tap av mikroplast fra fôrslanger dersom man skulle basere anslaget på simulering av en enkelt fôrslange (rød heltrukken linje). Variasjonen går fra ca. 2 tonn til ca. 250 tonn. Middelerdi for alle 1000 simuleringene gir et årlig estimat på mikroplast fra fôrslanger i norsk lakseoppdrett på ca. 30 tonn (stiplet rød linje).



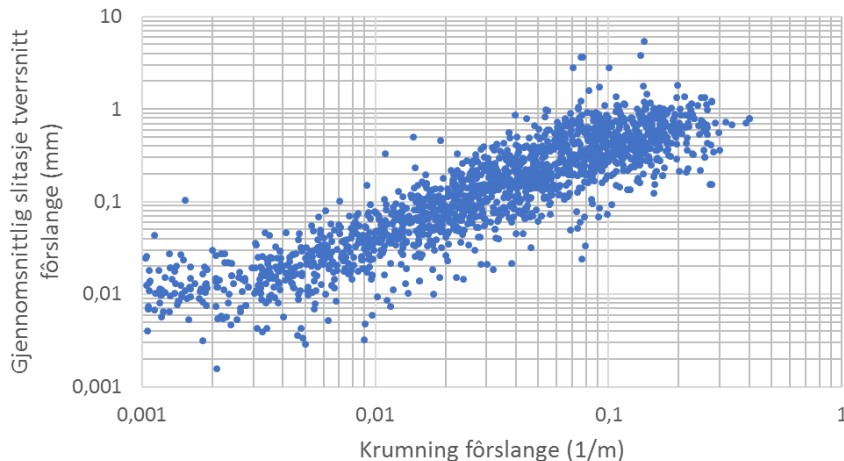
Figur 13: Hva blir det nasjonale estimatet for tapt mikroplast dersom man oppskalerer resultatet fra simulering av en enkelt fôrslange?

Som diskutert ovenfor i kapittelet om hovedkilder for usikkerhet er det vesentlige kilder til usikkerhet i dette anslaget, og det er mulig at det underestimerer erosjonen noe. Likevel er det basert på simuleringene grunn til å tro at Naturvernforbundet (2017) sitt estimat på 325 tonn er for høyt. I prøvene de tok er ca. 25 % av fôrslangematerialet erodert bort. Simuleringene viser at erosjonen er vesentlig høyere i skarpe bender enn i relativt rette partier av fôrslangen. Dersom erosjonen i rette partier skal være i størrelsesorden 10-30 % av fôrslangens tverrsnitt (noe som er nødvendig for at det i snitt skal eroderes 25 % av slangen, burde forekomsten av hull i skarpe bender vært vesentlig høyere enn det oppdretterne rapporterer. Figur 14 viser hvor stor prosentandel av tre utvalgte simuleringer som er slitt bort ved utskifting. Vi ser at prosentandelen av slitasjen for enkeltdeler av slangen ved utskifting i hovedsak ligger mellom 0 og 15 %, og at gjennomsnittstapet for en hel fôrslange (stiplede linjer) i hovedsak ligger mellom 1 og 6 % ved utskifting.



Figur 14: Andel av fôrslangen som er erodert bort ved utskifting for tre utvalgte slanger. Grønn kurve er fôrslangen hvor 10% av simuleringene hadde mindre snittslitasje. Oransje kurve er fôrslangen hvor halvparten av simuleringene hadde mindre snittslitasje. Rød kurve er fôrslangen hvor 90% av simuleringene hadde mindre snittslitasje. Kurvene kan tolkes som følger: Den oransje kurven krysser verdien 0,8 ved rundt 3,5 % erosjon. Det betyr at 80% av fôrslangens lengde hadde mindre tverrsnittsslitasje enn 3,5%. De stiplede linjene viser gjennomsnittsslitasjen for hele fôrslangens lengde.

Figur 15 plottet gjennomsnittsslitasje rundt fôrslangens tverrsnitt mot fôrslangens krumning ($k = 1/R$ hvor R er fôrslangens krumningsradius) for 2000 tilfeldig utvalgte seksjoner i de 1000 simuleringene. Plottet viser tydelig hvordan slitasjen øker med økende krumning. For en krumning på 0,1 (dvs. krumningsradius $R = 1/k = 10$ meter) varierer gjennomsnittlig slitasje ved utskifting fra 0,2 mm til over 1 mm med typisk verdi på rundt 0,5 mm. Vi ser også at det er tettest med punkter som har gjennomsnittsslitasje fra 0,05 til 1 mm, og hvor fôrslangens krumningsradius er mellom 5 og 100 meter.



Figur 15: Sammenheng mellom krumning av fôrslangen og gjennomsnittlig slitasje rundt hele fôrslangens tverrsnitt. Punktene viser 2000 tilfeldig valgte seksjoner av fôrslangen fordelt på de 1000 simuleringene.

4.3 HOVEDKILDER FOR USIKKERHET I MODELLEN

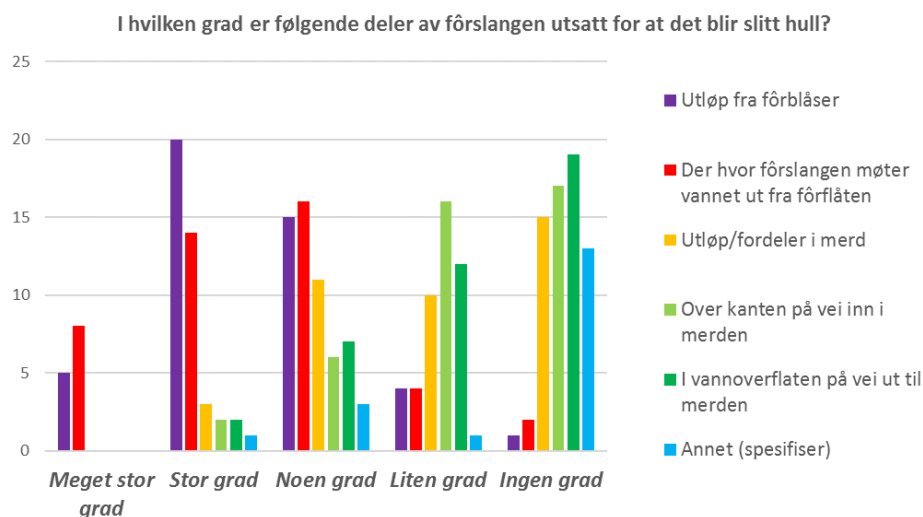
- Modellusikkerhet
 - Erosjonsmodellen fra DNV-GL er utviklet for og kalibrert mot erosjonsdata for sandpartikler som blåses gjennom gassrør. Selv om simuleringene kun bruker denne modellen til å si noe om relativ variasjon i erosjon som funksjon av strømningshastighet og fôrslangens krumning, er spesielt forskjell i partikkelstørrelse mellom sand og fôrpellets betydelig. Det er kjent at større partikler gir relativt større erosjon, og det ligger usikkerhet i om dette skaleres lineært slik at modellen gir et korrekt relativt bilde også for fôrpellets. Dette kan gjøre at modellen underestimerer erosjonen noe.
 - Strømningsmodell (Peter Paige ligning) som gir sammenheng mellom hastighet, trykk og temperatur, inkludert usikkerheten som ligger i antagelsene hvordan luft og fôrpellets påvirker hverandre i slangen. Dette vurderes til å være av mindre betydning enn usikkerheten relatert til selve erosjonsmodellen.
- Datausikkerhet
 - Manglende representativitet: Dataene brukt i modellen er hentet fra en begrenset mengde intervjuer, befaringer, bildemateriale og spørreundersøkelsen. For eksempel representerer spørreundersøkelsen 46 av rundt 1000 kommersielle matfisklokaliteter som produserer laks. Det betyr at simuleringene kan mangle noe representativitet. For å redusere denne usikkerheten er det i spørreundersøkelsen tilstrebet å ha god geografisk fordeling langs kysten samt variasjon i størrelse på aktørene som er spurt.
 - Subjektivitet: Store deler av tallmaterialet brukt i modellberegningene har sitt grunnlag fra intervjuer og spørreundersøkelsen, og ikke fra fysiske målinger av variabler (som f.eks. fôrets hastighet gjennom røret eller trykk og temperatur). En del av datagrunnlaget er dermed informantenes estimater og oppfatninger, som er en feilkilde. For eksempel er deres angivelse av hvor stor andel av fôrslangene som er tvinnet eller hvor stor andel av fôrslangene det slites hull på viktig datagrunnlag for simuleringene og innebærer usikkerhet.
- Kalibrering: Det finnes svært lite måledata tilgjengelig for omfanget av erosjon av fôrslanger. Naturvernforbundets (2017) sitt brev er basert på målinger fra fem 2 meter lange kasserte fôrslangedeler på en enkelt lokasjon. Det finnes noen uverifiserte målinger gjort av oppdrettere men ingenting av dette er publisert. HAVPLAST-prosjektet hadde selv ikke mulighet til å gjøre målinger. For å forbedre estimatene er det helt avgjørende å kalibrere modellen mot fysiske målinger på kasserte fôrslanger på en rekke ulike lokasjoner med ulik grad av problemer med erosjon. Analysene som presenteres her indikerer at det i en stor andel av fôrslangene antagelig kun er moderat slitasje, men at den totale mengden mikroplast er mer et resultat av denne jevne og moderate slitasjen i store deler av slangene enn stor punktslitasje i skarpe bender som tross alt er en liten del

av hver enkelt slange. Veiing av fôrslangene er antagelig ikke tilstrekkelig til å få sikre estimater av denne moderate slitasjen, da rørene etter bruk er vanskelig å få rene og det dermed blir en del feilkilder i veiingen. Veiing bør dermed suppleres med tykkelsesmålinger på veggen.

4.4 DISKUSJON OG TILTAK

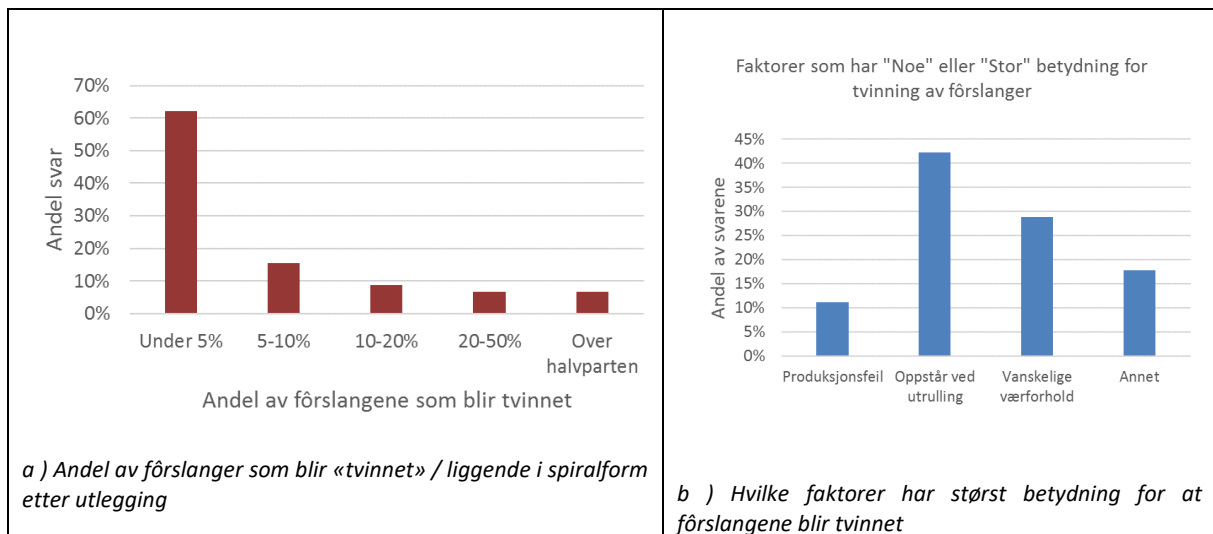
Oppdretterne oppgir at det er en rekke faktorer som kan påvirke omfanget av slitasjen. De viktigste faktorene som trekkes fram er:

- Slangene slites mest der hvor fôrslangene er mest krummet. Kritiske punkter er der fôrslangen er påkoblet fôrflåten, ved innføring til merd og ved fôrspreder (se Figur 16). Det er derfor viktig å være påpasselig ved utlegging og sikre at slangen blir liggende med så lite skarpe bender som mulig.



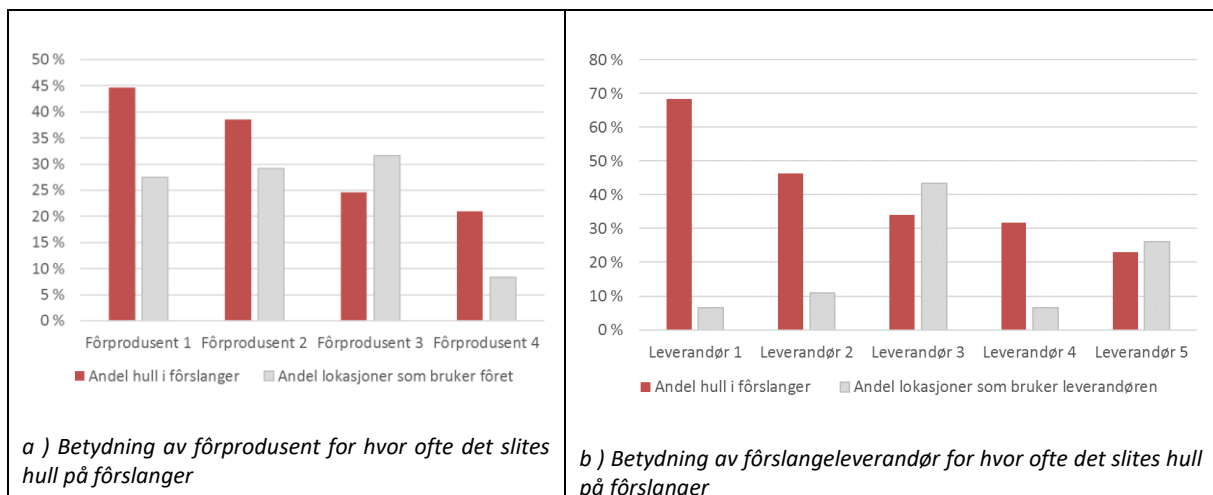
Figur 16: Resultater fra spørreundersøkelse blant oppdrettslokasjoner: Hvilke deler av fôrslangen er utsatt for at det blir slitt hull.

- Ved utlegging er det en del fôrslanger som blir tvinnet, dvs blir liggende i en spiralform, se Figur 17a. Dette skaper stor slitasje langs hele slangen. Oppdretterne oppgir at dette i stor grad oppstår ved utrulling og i noen grad på grunn av vanskelige værforhold (Figur 17b). Fra leverandørhold holdes det fram at tvinning kan unngås ved god opplæring ved utrulling av slangene.



Figur 17: Resultater fra spørreundersøkelse blant oppdrettslokasjoner: Tvinning av fôrslanger.

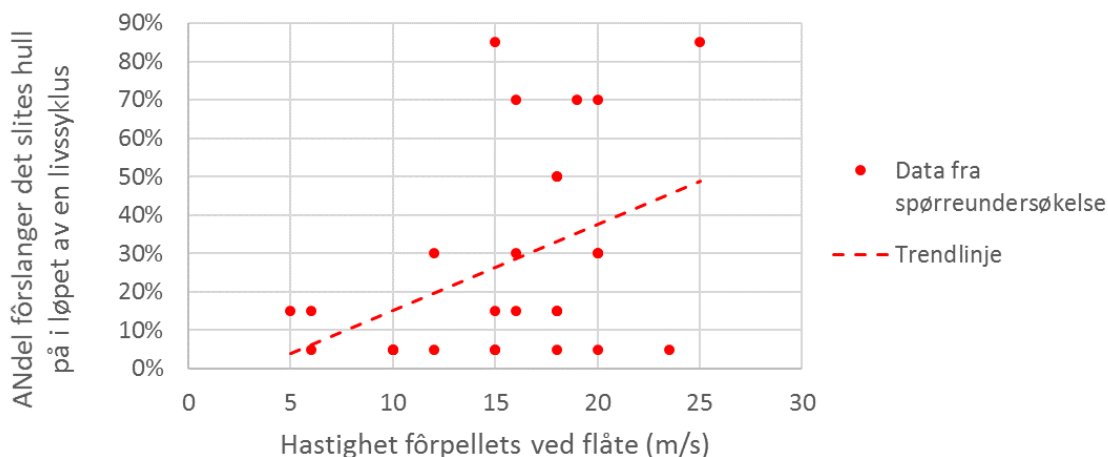
- Valg av fôr og fôrslange: Noen av oppdretterne framhever betydningen av fôrtyper og ulike typer fôrslanger, for eksempel ved at slitasje enten har økt eller blitt redusert etter at de har skiftet type eller leverandør. Spørreundersøkelsen viser at det er betydelig variasjon mellom hvor stor slitasje brukere av ulike fôrtyper (Figur 18a) og fôrslangeleverandør (Figur 18b) opplever. Det er for få svar på spørreundersøkelsen til å konkludere sikkert, så det bør undersøkes nærmere hvor stor betydning fôrtyper og fôrslangetype har for slitasjen.



Figur 18: Resultater fra spørreundersøkelse blant oppdrettslokasjoner: Betydning av (a) fôrprodusent og (b) fôrslangeleverandør for andel av fôrslangene det slites hull på i løpet av en livssyklus

- Justering av driftsparametre (trykk, hastighet) er viktig for å unngå slitasje. Spesielt er det viktig å finne balansen mellom den hastigheten som er nødvendig for å sikre jevn drift uten opphoping av pellets i slangen, og for høy hastighet som skaper stor slitasje. Figur 19 plotter hastighet til fôrpellets ved fôrflåten mot hvor stor andel av fôrslangene det slites hull på. Det er en tydelig positiv sammenheng ved at større hastighet gir mer

slitasje, men bildet er ikke entydig og det er stor spredning i dataene. En del oppdrettere med høye hastigheter på fôrpelletts opplever sjelden at det slites hull på fôrslangene.



Figur 19: Resultater fra spørreundersøkelse blant oppdrettslokasjoner: Andel fôrslanger det slites hull på i løpet av en livssyklus plottet mot oppgitt hastighet på fôrpelletts ut fra fôrflåte

Intervjudata, spørreundersøkelsen og simuleringene viser at det det er meget stor variasjon fra oppdretter til oppdretter og fra anlegg til anlegg i hvor stort problemet med mikroplast fra fôrslanger er. Det viser at det er potensial for betydelige utslippsreduksjoner ved erfaringsutveksling innad i bransjen, standardisering og opplæring i forbindelse med design, installasjon og drift av fôrsystemene. Selv med disse tiltakene er det en praktisk grense for hvor lave mikroplastutslipp det er realistisk å regne med ved bruk av dagens teknologi som baseres seg på luftbårne fôrpelletts som transporteres over betydelige avstander i plastslanger. Dersom disse utslippsmengdene er uakseptable, kan man se på andre tekniske løsninger for fôring.

Det eksperimenteres nå med systemer for vannbåren fôring, noe som mer eller mindre vil eliminere mikroplastproblemet fra fôrslanger. I tillegg til kutt i plastforbruk, har dette også potensial for å være energibesparende da hastigheten i den enkelte slange vil være betydelig lavere. Kostnaden med å etablere systemet vil imidlertid kunne være høyere enn med trykkluftdrevet fôring.

5 RESULTATER - TILTAK

Det er stadig økende bevissthet om problemet med marin plast på avveie i fiskeri- og havbruksnæringen og en rekke tiltak er allerede utviklet og iverksatt. Gjennom intervjuer, workshop og gjennomgang av sentrale dokumenter har vi fått innsikt i hvilke tiltak bransjen selv er mest opptatt av per i dag. Nedenfor gis en oversikt over disse tiltakene fordelt på seks hovedkategorier. Dette er altså ikke en uttømmende liste over alle tiltak i bransjen, men gir et innblikk i hva havbruksnæringen har et fokus på, og som anses som særlig relevant. Disse oversiktene er ment å tjene som grunnlag for utarbeidelse av handlingsplaner for bransjen.

Gjennom studien har vi identifisert en lang rekke tiltak som næringen og samarbeidende sektorer og myndigheter må iverksette for å unngå at plast kommer på avveie og havner i det marine miljø. I denne delrapporten presenterer vi alle tiltakene som er kommet gjennom studien, og sorterer disse i seks overordnede grupper med mellom fem og ti tiltak i hver. I denne fremstillingen har vi forsøkt å plassere ansvaret for tiltakene langs en verdikjede (underleverandør, produsent, avfallsbransje), og/eller nivå i bedriftene (enkeltindivid, ledelse), se tabell 1-6.

5.1 HOLDNINGER OG BEVISSTHET

Fra de ulike datakildene i prosjektet har vi identifisert åtte tiltak som alle omhandler holdninger og bevissthet. Under workshopen i Bodø 14. februar 2019 ble det fremmet innspill til felles visjoner og mål for sjømatnæringens arbeid mot marin forsøpling; "Null utslipp av plast til havet", i tråd med FNs visjon. Videre ble "Rent hav - vårt matfat" og "Sjømatnæringen skal gå foran!" formulert som mulige visjoner å strekke seg etter.

Gjennom intervjuene blir holdningsskapende arbeid hyppig nevnt som et effektivt og viktig tiltak av informantene. Det er særlig bransjeorganisasjonene, avfallsselskapene og i noen grad enkelte bransjeaktører som nevner holdninger og holdningsendring som sentralt. Tiltakene spenner fra nasjonale holdningskampanjer til mer konkrete tiltak på det enkelte anlegg og i den enkelte bedrift, som for eksempel strandrydding der ansatte deltar, og at ledelsen setter marin plast på dagsorden og snakker om det (**Feil! Ugyldig selvreferanse for bokmerke.**).

Tabell 4: Oversikt over ulike tiltak knyttet til holdninger og bevissthet. Hentet fra dokumentgjennomgang, workshop, intervjuer og befarings på anlegg.

HOLDNINGER/BEVISSTHET/KOMPETANSE	Ledd i verdikjede	Organisasjons-/ myndighetsnivå
Holdningskampanjen (delfinansiert av Miljødirektoratet)	Avfall	Bedriftsledelse, bransje, myndigheter
Etikkplakaten	Produksjon	Enkeltindivid, bedriftsledelse
Få fram de gode historiene	Produksjon	Bedriftsledelse
Ledelsen må ha fokus på plast	Produksjon	Bedriftsledelse
Integrering i HMS og internkontrollsystemer	Produksjon	Bedriftsledelse
Invitere de ansatte med på strandrydding	Produksjon	Bedriftsledelse
Ryddestipender	Produksjon	Bedriftsledelse, bransje
Informasjon om konsekvenser av plastforsøpling		Bedriftsledelse, bransje, myndigheter
Blått ansvar- grunnleggende kunnskap i skoleverket	Produksjon	Bransje, myndigheter
Kurse ansatte om skadelige effekter, verdien av platen	Produksjon	Bedriftsledelse

Mange beskriver en holdningsendring i næringen gjennom de siste årene, der de fleste ansatte anerkjenner problemstillingen i dag. Det blir allikevel argumentert for et videre holdningsskapende arbeid, både innad i fiskeri- og havbruksnæringen, men også i samfunnet for øvrig. Selv om bransjen har sett effekten av holdningsskapende arbeid og informasjonsdeling, mener de at arbeidet må fortsette, og gjerne formaliseres i form av kurs og opplæring. Per i dag ser det ut til at marin plastforurensing er fraværende fra formelle kurs- og opplæringsordninger i oppdrett (inkludert sikkerhetskurs og sertifisering). Det er ingen oppdrettsbedrifter som nevner at plast er en del av HMS- eller sikkerhetskurs i dagens kursregimer, men de fleste bekrefter at dette sannsynligvis vil inngå i disse kursene i fremtiden.

En konkret aktivitet som sies å ha en holdningsskapende effekt er strandryddeaksjoner. Her nevnes idrettslag, velforeninger o.l. som viktige aktører, og noen av disse aktivitetene har blitt sponset av oppdrettsselskapene. Avfallsselskapene har også ulike ordninger som skaper incentiver og gjør strandryddeaksjoner ukompliserte for slike aktører. Noen havbruksaktører som støtter opp under ryddeaksjonene, har foreløpig ikke involvert de ansatte. Det blir imidlertid nevnt at det kan være en idé for fremtiden, for å øke bevisstheten ytterligere. Det blir likevel poengtert at disse ryddeaksjonene ikke løser problemet med plast i havet i seg selv,

siden det også må gjøres tiltak for å unngå plastforurensing, men at aktiviteten i hovedsak har en holdningsskapende effekt.

Mange av informantene, både i næringen og frivillig sektor, ser på bevisstgjøring og holdningsendringer som en viktig premisse for å kunne iverksette andre tiltak. Før mer konkrete og praksisnære tiltak kan iverksettes må bransjen selv ta problemet alvorlig. I oppdrettsbransjen nevnes denne dynamikken eksplisitt. Det legges også vekt på lederansvar. En oppdrettsaktør forteller at etter at driftsledere ble bevisstgjort, ble det etablert nye rutiner, slik at tiltak som kan kreve noe merarbeid for operatørene på anleggene faktisk blir gjennomført. En annen nevner månedlige samlinger hvor det stadig er fokus på at ting som ikke hører hjemme i havet, ikke skal havne i havet. I samme bedrift beskrives ledelsen som å være bevisst problemet, og det leveres avviksmeldinger dersom plast havner på havet. I et tilfelle hvor taustumper hadde havnet på havet ble det også tatt bilde av disse, og disse bildene ble lagt ut på hjemmesiden til bedriften for å skape økt bevissthet rundt problemet.

I tillegg til å påvirke arbeidspraksisene kan holdningsskapende arbeid også bidra til å fremme tiltak og initiativer som retter seg inn mot systemnivå. Et eksempel som nevnes i intervjuer, er beslutningen om å erstatte plast med annet materiale, der det er mulig. Videre nevnes det at man kan kjøpe utstyr laget av resirkulert plast. Det blir også foreslått å endre fôrslangene for å minimere utslipp av mikroplast. Dersom ikke havplast oppfattes som et problem som havbruksnæring må forhindre, vil heller ikke andre tiltak i bransjen gi noen effekt. Det er derfor rimelig å anta at holdningsendringer i noen grad må foreligge før arbeidspraksiser kan endres til det bedre. Tiltakene som beskrives i det følgende er derfor i stor grad avhengig av bevissthet og holdning.

5.2 ARBEIDSPRAKSISER I OPPDRETTSNÆRINGEN

Plast kommer på avveie gjennom arbeidsprosesser om bord på båter, slakteri, eller på anleggene. Disse arbeidspraksisene nevnes av flere oppdrettsaktører som spesielt viktige for å få bukt med plastutfordringene. I havbruksnæringen sies det at det er relativt god kontroll på store plastobjekter, men at småting kan gå tapt. Det mest kjente eksempelet for plast på avveie er hvordan operatørene har hatt for vane å kaste taustumper på havet. Ifølge forskere som ble intervjuet i prosjektet er det mulig å identifisere hva slags prosedyre eller situasjon som ligger bak, når taustumper blir funnet i havet. Det er imidlertid ikke mulig å stadfeste om dette er den største kilden til utslipp fra anleggene. Andre kilder til utslipp knyttet til arbeidspraksiser er:

- Vasking av nøter. Dersom vask og vedlikehold foregår sjeldent blir nøtene tilgrodd. Dette fører til mer spyling og økt oppflising, som øker utslippet til naturen. Tyngden på nettene vil også gjøre dem uhåndterbare hvis de blir svært begrodd. Her er også minst en aktør i gang med å teste robotvasking av not, som kan minske kostnadene og øke frekvensen av vasking og vedlikehold, og dermed være med på å minimere utslipp via oppflising,

- Feil fortøyning av båter og feil feste av fôringsautomater, fôrslanger m.m. som kan gi friksjon og slitasjeskader på utstyret, inkludert merder, fôringsautomater og fôrslanger, samt slitasje av bunnstoff på båt.
- Avkapp fra fôrslanger. I stedet for å samle det opp har det blitt spylt på havet, og dermed bidratt til at mikroplast kommer på avveie
- Korrekt lagring av brukte fôringsrør i påvente av resirkulering er også viktig for å unngå økt mikroplastutslipp. Eksempelvis nevnes det at lagring av rør i fjæra er en spesielt uheldig arbeidspraksis, da dette kan gi unødvendige slitasjeproblemer
- Åpning av fôringssekker, som ofte bidrar til at unødvendige plaststrimler fra sekkene havner på avveie. I tillegg er det også fare for at hele sekker kan komme på avveie ved spesielt værutasatte lokasjoner. Det kan derfor være viktig å fastsette gode rutiner å sikre at plastemballasje og/eller utstyr for vær og vind, så det ikke blir kastet over bord
- Fuglenett. Disse vil normalt falle ned i selve merden, og dermed ikke komme på avveie, men slitasje kan forårsake mikroplast
- Restavfall på avveie
- Feil-lagring av plastemballasje (kai eller båtdekk)
- Plasthansker og annet plastbasert på avveie
- Annet plastbasert arbeidstøy på avveie
- Ender av kappet tau
- Tau som ikke fjernes fra merd etter endt bruk
- Slitasje på tauverk
- Forsøpling fra innleide underleverandører
- Kapping og tilpassing av strømkabler til automat
- Kunstig tareskog som skjul for renseskog

Fra workshopen, intervjuer og dokumenter er følgende tiltak knyttet til arbeidspraksiser nevnt:

Tabell 5: Oversikt over ulike tiltak knyttet til arbeidsprosesser og praksiser i produksjonsleddet. Hentet fra dokumentgjennomgang, workshop, intervjuer og befaring på anlegg.

ARBEIDSPROSESSER/PRAKSISER i produksjonsleddet	Ledd i verdikjede	Organisasjons-/myndighetsnivå
Ikke kaste taustumper på havet	Produksjon	Enkeltindivid
Etablere rutiner, gjøre det praktisk og lettvinnt å stanse utslipp av plast fra kjente kilder	Produksjon	Bedriftsledelse
Fokus på hot-spots når det gjelder utslipp av mikroplast - blant annet samle spon og avkapp	Produksjon	Enkeltindivid
Innsamling av alt brukt/utrangert utstyr	Produksjon	
Etablere miljøombud på hver lokalitet	Produksjon	Bedriftsledelse
Best practice guidelines i hver bransje	Produksjon	Bransje
Miljøpris	Produksjon	Bedriftsledelse, bransje
Sertifiseringsordninger	Produksjon	Bedriftsledelse, bransje

Sertifiseringsordninger blir vurdert som en viktig måte å endre arbeidspraksiser i oppdrettsnæringen på. Det som mest effektivt kan påvirke arbeidspraksiser er at sertifiseringsorganer som ASC og Global Gap foreskriver handlingsplaner og rutiner som gjelder plastforbruk. Noen informanter mener at sertifisering har større kraft enn bransjeorganisasjoner, også fordi de gjelder på tvers av land. ASC arbeider nå med en ny standard som handler om plast i oppdrett, som riktig nok gjelder makroplast i mye større grad en mikroplast. Dette blir en del av standarden i vinteren 2019, når den blir gyldig i revisjoner. Tolv indikatorer vil bli utviklet i den nye ASC-standard for resirkulering og gjenbruk av plast, ansvarlighet, sporbarhet, og håndtering etter bruk. Sertifisering er viktig for konkurransekraften i næringen, og kan derfor hurtig forbedre praksiser i bransjen.

Informantene oppgir at noen praksiser er endret som følge av økt kunnskap og holdningsendring, mens andre praksiser fremdeles er gjeldende. Flere har lyktes med å endre rutiner og arbeidspraksiser, slik at mengden plastutslipp reduseres, både mikro og makro. I ett av intervjuene blir det imidlertid påpekt at arbeidspraksisene ikke er så gode som næringene selv påstår. Dette inkluderer også ordningene for avfallshåndtering i havneanleggene.

5.3 AVFALLSHÅNDTERING OG GJENVINNING

Avfallsbransjen er en nøkkelaktør i arbeidet med å skape strukturelle endringer i vårt økonomiske system i retning av mere sirkulære verdikjeder eller kretsløpsøkonomi (Meld. St. 45 (2016–2017)). Hovedprinsipper for en sirkulær økonomi er;

1. Redusere, dvs mindre bruk av ny plast, og/eller erstatte plast med andre nedbrytbare materialer, jfr substitusjonsprinsippet.
2. Økt grad av gjenbruk og gjenvinning
3. Resirkulering av plast, dvs opphugging og støp av nye plastprodukter basert på de gamle

Ambisjonen om å unngå deponi står også sentralt. Informantene i denne studien vektlegger behovet for gode vilkår for å levere avfall. En felles utfordring for aktørene i Nord-Norge er at avfallsanleggene ligger langt fra hverandre, noe som medfører høye transportkostnader. I tillegg er *forurenser-betaler* et viktig prinsipp og utgangspunkt for håndtering av avfall, noe som kan gjøre det kostbart å levere plastavfall til avfallsanleggene. Kommunene gis også en utfordring i å prioritere og håndheve forsøplingsforbudet i forurensningsloven på en bedre måte enn i dag.

Tabell 6: Oversikt over ulike tiltak knyttet til avfallshåndtering og gjenvinning. Hentet fra dokumentgjennomgang, workshop, intervjuer og befaring på anlegg.

LOGGFØRING	Ledd i verdikjede	Organisasjons/myndighetsnivå
God statistikk over hvor mye plast som kjøpes inn	Produksjon	Bransje,
Økt sporbarhet	Avfall	Bransje,
Kartlegge av avfallsstrømmene	Avfall	Enkeltindivid, bedriftsledelse, bransje
Registrering av utilsiktede hendelser	Avfall	Bedriftsledelse, bransje
Rapportmal for dokumentasjon og håndtering av end-of-life utstyr	Avfall	Bransje

Ifølge Hognes & Saar er gjenvinningsbransjen nå godt kjent med oppdrettsnæringens behov og har utviklet gode løsninger. Det er ikke funnet noen barrierer for forsvarlig avfallshåndtering i noen deler av landet (Hognes, E. & Skaar, C. 2017). Sjømat Norge (2018) tar til orde for å forbedre graden av gjenbruk og gjenvinning av avfall fra havbruk med særlig fokus på plast, samt øke graden av reduksjon av plast i det marine miljøet ved å bidra til bedring av avfallsmottak i havner m.m. og i forbindelse med strandrydding. AkvARENA skriver at er det behov for solide, varige og godt dokumenterte returordninger som sikrer effektiv og miljøriktig ombruk, innsamling og gjenvinning av utrangert oppdrettsutstyr. Bransjen anbefaler imidlertid ikke en vederlagsfinansiert bransjeordning for innsamling og gjenvinning av utrangert oppdrettsutstyr (Hjellnes Consult, 2013).

Resirkulering og gjenbruk av materialer kan by på utfordringer for avfallsbransjen. Erfaringer fra byggebransjen viser at det er mangel på både utstyr og kompetanse for sortering og

bearbeiding av plastavfall (NOPREC, 2019). Plastprodukter er utviklet med en rekke ulike egenskaper og kan ikke uten videre gjenbrukes og støpes om til hva som helst. De kan i tillegg inneholde en rekke miljøgifter. Å resirkulere plast krever derfor en helhetlig strategi for miljødesign og kretsløpstanke.

5.4 LOGGFØRING/DOKUMENTASJON

I en kretsløpsøkonomi, er loggføring og kvantifisering et viktig virkemiddel for å kunne si noe om volum og omfang av plast som kjøpes, brukes og kastes av de marine næringene. Videre bør det stilles krav til dokumentasjon som viser hva som skjer med utstyret etter avhending fra oppdretter, jf. felles maler (Sjømat Norge, 2014; Hjellnes Consult, 2013). Ifølge studien gjennomført av Hognes & Skaar (2017) var det kun få oppdrettere som kunne dokumentere mengden avfall de leverer, hvordan det er sortert og hva det går til. Det var heller ikke noen av oppdretterne som loggfører forbruk av materiell. Oppdretterne gjør ifølge denne rapporten ingen egne vurderinger av hva som er den best mulige løsning for sitt avfall, men stoler på at gjenvinningselskapene gjør det beste valget. Per i dag dokumenteres avfallsmengder og ulike fraksjoner (plast, metall m.m.) ved rapportering fra renovasjonsselskap og NOFIR. Våre informanter argumenterer for at oppdrettsnæringen må videreutvikle måten de dokumenterer mengden avfall og hvordan det avhendes, i samarbeid med avfallsselskapene.

Flere informanter i denne studien ønsker å føre et materialregnskap, en massebalanse, for utstyret og forbruksmaterialet som brukes, dvs. en så nøyaktig loggføring av materialstrømmen som mulig. Under workshopen i Bodø i feb. 2019 ble behovet for å få kontroll på mengden plast som produseres og gjenvinnes. «For å kunne måle fremgang så må vi vite hvor vi er nå». Det ble også vektlagt hvordan de ulike leddene i verdikjeden kan ha ulike målsettinger.

Tabell 7: Oversikt over ulike tiltak knyttet til loggføring av plast og materialstrøm. Hentet fra dokumentgjennomgang, workshop, intervjuer og befaring på anlegg.

AVFALLSHÅNDTERING OG GJENVINNING	Ledd i verdikjede	Organisasjons/myndighetsnivå
Håndheving av forsøplingsforbudet		Myndigheter
Avfallsavgift for «eierløst marint avfall»	Produksjon	Bransje, myndigheter
Vederlagsfri levering av marint avfall		Bransje, myndigheter
Bedring av avfallsmottak i forbindelse med strandrydding	Avfall	Bransje, myndigheter
Panteordninger	Avfall	Bedriftsledelse, bransje, myndigheter
Gjenvinning av utrangert utstyr for eksempel resirkulering av not fra oppdrettsanlegg (NOFIR)	Avfall	Bedriftsledelse

AVFALLSHÅNTERING OG GJENVINNING	Ledd i verdikjede	Organisasjons/myndighetsnivå
Gjenbruk og resirkulering av flytekrager, bunnringer og førslanger	Avfall	Enkeltindivid, bedriftsledelse
Gjenbruk og resirkulering av kar, rør, ved fjerning/ombygging av eksisterende anlegg	Produksjon	Enkeltindivid, bedriftsledelse
Nye systemer for å håndtere utrangert utstyr		Bedriftsledelse, bransje, myndigheter

En måte å legge til rette for loggføring er å gjøre det til en rutine i forbindelse med innkjøp og regnskapsføring. Sammen med økonomiske data, kan det registreres informasjon om mengde, vekt og egenskaper av plastmaterialer. Å gjøre loggføring til en del av HMS-rutinene ved anlegget ble også foreslått. Ved avhending til avfallsselskap bør loggføringen gjøres til en del av avfallhåndteringsrutiner.

Å loggføre kan være utfordrende, fordi det pålegger oppgaver og rutiner i en allerede travel hverdag. Det er derfor essensielt at målet ved loggføring er klargjort for hele organisasjonen, og at oppdrettsmedarbeidere ser dette arbeidet som et verdifullt verktøy i kampen mot plastforsøpling. Samarbeid med leverandør og avfallsbransjen er viktig for å lage maler og effektive rutiner som kan implementeres i eksisterende rapporteringssystem. En slik standardisering krever koordinering, noe bransjeorganisasjoner kan bidra til. De kan samle informasjon, utvikle maler og bidra til samarbeid gjennom hele verdikjeden.

5.5 MILJØDESIGN

Miljødesign omhandler produkter, prosesser og systemer som legger til rette for miljøvennlig produksjon og forbruk. Fokuset rettes mot industriell design og hvordan produktet påvirker miljøet gjennom sitt livsyklusløp (Karlsson og Luttrupp 2006; European Standard, 2011). I forbindelse med marin forsøpling kan miljødesign bidra til å redusere bruken av ny plast, og øke bruken av resirkulert plast. Dette kan også bidra til innovasjoner som realiserer miljødesign som spenner fra de enkle til det banebrytende. Miljødesign, gjenbruk, resirkulering og avhending er derfor nært beslektet. Tidligere studier har påpekt behovet for et sterkere fokus på miljødesign av havbruksutstyr slik at det genereres mindre avfall og gjenvinningen blir effektiv, slik at næringen selv kan bruke gjenvunnet materiale (Hognes & Skaar, 2017).

Tabell 8: Oversikt over ulike tiltak knyttet til miljødesign. Hentet fra dokumentgjennomgang, workshop, intervjuer og befaring på anlegg.

MILJØDESIGN	Ledd i verdikjede	Organisasjons/myndighetsnivå
Stille krav til substitusjon av plast hos leverandør	Produksjonsledd	Bedriftsledelse, bransje, myndigheter
Bedre produktbeskrivelse og god merking som bidrag til sporbarhet	Leverandør	Bransje, myndigheter
Unngå deponi, redusere bruk av plast, øke gjenbruk	Leverandør	Bransje
Emballasjereduksjon - for eksempel fra big bags til bulk	Leverandør	Bransje
Få plast inn i resirkulering - støpe nye fôringsrør av de gamle	Avfall	Bedriftsledelse, bransje
Still krav til leverandørledd, inkludert tilbakerapportering	Produksjon	Bedriftsledelse, bransje, myndigheter
Still krav til avfallshåndtering, etterspørre informasjon	Produksjon	Bedriftsledelse, bransje, myndigheter
Still standard krav til havnene	Produksjon	Bedriftsledelse, bransje, myndigheter
Utvikle fôringsrør som tåler slitasje, evt andre fôringsteknologier	Avfall	
Utvikle prosesser og spesialkompetanse på håndtering av ulike plasttyper	Avfallshåndtering	Bransje, myndigheter
Omdømmearbeid, utvikling av forretningsmuligheter	Produksjon	Bedriftsledelse, bransje,

Et tiltak som mange i næringen engasjerer seg i er å kutte i plastforbruket, blant annet emballasje og innpakning. Mindre plast inn betyr mindre plast ut. Ett av anleggene resirkulerte plasten i fôrslangene, dvs. de kværnet opp de utslitte fôrslangene og støpte dem om til nye. Videre ble det foreslått av mange at havbruksnæringen kan samarbeide med leverandører og evt. fiskere for å utvikle substitutter i form av miljøplast, nedbrytbar plast, og miljøvennlig utstyr. Tidligere ble det brukt stål i større grad, men det ble for stivt og får lett brudd. Det nevnes også at PE (polyetylen) er et godt materiale for gjenbruk. Våre informanter har lite fokus på nedbrytbar plast i næringen. Noen oppdrettere rapporterer imidlertid om svært dårlig kvalitet på miljøplasten, noe som reduserer levetiden til fôrslangene kraftig.

Alternativer til plast kommer derfor ikke uten dilemmaer knyttet til økonomiske kostnader, miljøeffekter og klimamessige avveininger. Det er altså helt avgjørende at de nye

alternativene utvikles slik at det kan oppfylle tekniske krav, enten om det er produkter basert på gjenvunnet materiale eller nedbrytbare plastprodukter. Kvalitet, holdbarhet og tøyelighet er viktig for å tåle det marine miljøet utstyret brukes i. Plast av god kvalitet kan altså være et viktig miljøtiltak for næringen.

6 KONKLUSJON

6.1 KILDER TIL UTSLIPP

Ved hjelp av bildeanalyser og fem nedstrømsanalyser, har vi dokumentert at oppdrettsnæringen bidrar med marin forsøpling. Vi har ikke tilstrekkelige data til å kvantifisere de samlede utslippene fra næringen, men vi har dokumentert at gjenstander fra oppdrett havner i havet av ulike årsaker. Bildeanalysene har avdekket at det er mange gjenstander som kan havne på avveie, mens nedstrømsanalysene antyder at utslipp av tauverk i forbindelse med operasjoner på merdkanten kan være den vanligste årsaken til marin forsøpling fra oppdrettsnæringen. Deler av merder, som gangbaner, håndlister og skjøter er store gjenstander som kan komme på avveie ved havari, eller gjennom dårlig sikring på kai. Siden denne typen gjenstander har høyt gjenbrukspotensiale, men også kan utgjøre et betydelig bidrag til marin forsøpling, kan en offentlig havaridatabase være et viktig tiltak.

Gjennom arbeidet med nedstrømsanalyser for oppdrettsanlegg, er det likevel mange spørsmål som må besvares av nye studier og undersøkelser. Det mest åpenbare behovet er å utvide datagrunnlaget for å kunne kvantifisere *omfanget* av oppdrettsnæringens bidrag til marin plastforsøpling. Det ville i tillegg vært hensiktsmessig med en utvidet leverandørstudie til oppdrettsnæringen, for å belyse mulig overlapp mellom gjenstander og næringer.

For å redusere utslippene fra oppdrettsnæringen, bør det arbeides videre med forebyggende tiltak. Eksempler på dette kan være en selvanalyserende studie hos næringen, for å avdekke hvordan menneskelig praksis kan endres for å redusere andelen tau som kommer på avveie. En offentlig havaridatabase bør også etableres, både fra næringens økonomiske egeninteresse men også for å bedre kunne koordinere nasjonale og lokale ryddeaksjoner med økt effekt.

6.2 KVANTIFISERING AV MIKROPLAST FRA HAVBRUKSNÆRINGEN

Det er utviklet en modell for å simulere utslipp av mikroplast fra fôrslanger. Da det ikke finnes fysiske måledata av tap som kan brukes til å gi en sikker kalibrering av simuleringene, må tallene fra simuleringene brukes som indikasjoner. Simuleringene indikerer at nasjonalt utslipp av mikroplast fra fôrslanger ligger i størrelsesorden 10 til 100 tonn med mikroplast per år. Snittverdien for 1000 simuleringer av enkeltslanger gir en middelværdi på ca 30 tonn mikroplast per år. Som det diskuteres ovenfor er det grunn til å tro at modellen underestimerer tapet av mikroplast noe, og det bør iverksettes et systematisk måleprogram på brukte fôrslanger for å kalibere modellen. Utslippsmengdene av mikroplast fra fôrslanger er i samme størrelsesorden som mengden mikroplast fra klesvask som er estimert ender opp i havet (60 tonn, MEPEX 2014:83), og rundt 1 – 5 % av mengden mikroplast fra bildekk som ender opp i havet (rundt 2250 tonn, MEPEX 2014:83).

Modellsimuleringene viser at det er store variasjoner fra fôrslange til fôrslange og fra anlegg til anlegg. Hvis man skulle ta simulering av en enkelt fôrslange (av de 1000 simulerte slangene) som grunnlag for å oppskalere til et nasjonalt estimat, vil det nasjonale estimatet kunne

varierte fra 2 til over 200 tonn mikroplast per år. Det understreker betydningen av at et fysisk måleprogram må være systematisk og bredt for å sikre representativitet.

Den store variasjonen fra oppdretter til oppdretter og fra anlegg til anlegg i hvor stort problemet med mikroplast fra fôrslanger er, viser at det er potensial for betydelige utslippsreduksjoner ved erfaringsutveksling innad i bransjen, standardisering og opplæring i forbindelse med design, installasjon og drift av fôrsystemene. Selv med disse tiltakene er det en praktisk grense for hvor lave mikroplastutslipp det er realistisk å regne med ved bruk av dagens teknologi som baseres seg på luftbårne fôrpellets som transporteres over betydelige avstander i plastslanger. Dersom disse utslippsmengdene er uakseptable, kan man se på andre tekniske løsninger som for eksempel vannbåren fôring som er under utprøving.

6.3 EKSISTERENDE TILTAK

- Det eksisterer per i dag en rekke tiltak for å redusere utslipp av plast fra fiskeri- og havbruksnæringen. Disse kan fordeles i ulike overordnede kategorier der formålet er å endre/styrke/forbedre:
 - Holdninger/bevissthet
 - Kurs/kunnskap
 - Arbeidspraksiser
 - Loggføring av plast i verdikjeden
 - Avhending og gjenbruk av plastavfall
 - Miljødesign/samarbeid/lovverk
- I denne rapporten viser hvordan ansvaret for implementering fordeler seg langs de forskjellige leddene i verdikjeden, og hvilke aktører som har ansvar eller bør ta ansvar for å videreutvikle tiltakene. Ansvaret for de ulike tiltakene plasseres også mellom enkeltindivider, bedriftsledelse, bransjeorganisasjoner eller myndighetsorganer.
- Det er særlig tiltak som bedriftenes ledelse og/eller bransjeorganisasjonene har ansvar for som er relevante for handlingsplaner
- utvikling og testing av tiltak for å forhindre plast fra havbruksnæringen skjer kontinuerlig og delvis gjennom autonome ad hoc prosesser.
- en rekke tiltak knyttet til sirkulær økonomi og miljødesign krever en omforent og langsiktig satsing på tvers av næring, forskning og myndigheter.

REFERANSER

- Aqualine AS og Mepex. 2009. Innsamling og gjenvinning av utrangert utstyr fra oppdrettsnæringen, sluttrapport fra forprosjekt lastet ned 03072019 fra <https://docplayer.me/15750684-Innsamling-og-gjenvinning-av-utrangert-utstyr-fra-oppdrettsnaeringen.html>.
- Akvagroup 2019. presentasjon HAVPLAST workshop Bodø 14.februar. Nordlandsforskning
- Bakir, A., S. J. Rowland and R. C. Thompson (2014). "Enhanced desorption of persistent organic pollutants from microplastics under simulated physiological conditions." *Environmental Pollution* 185: 16-23.
- Browne, M. A., S. J. Niven, T. S. Galloway, S. J. Rowland and R. C. Thompson (2013). "Microplastic moves pollutants and additives to worms, reducing functions linked to health and biodiversity." *Current Biology* 23(23): 2388-2392.
- Browne et al. 2013; Bakir et al. 2014; De Witte et al. 2014; Van Cauwenberghe and Janssen 2014
- Busch, K.E. 2015. 'Indicators for marine litter – summary of a workshop 18.11.2015'. 456. Norwegian Environment Agency.
<http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M456/M456.pdf>
- De Witte, B., L. Devriese, K. Bekaert, S. Hoffman, G. Vandermeersch, K. Cooreman and J. Robbens (2014). "Quality assessment of the blue mussel (*Mytilus edulis*): comparison between commercial and wild types." *Marine pollution bulletin* 85(1): 146-155.
- DNV-GL (2015). Managing sand production and erosion. Recommended practice. DNVGP-RP-0501. Edition August 2015.
- European Standard 2011, Environmental management system - Guidelines for incorporating ecodesign (ISO 14006:2011), European Standard.
- Fiskeridirektoratet (2019a). Akvakulturstatistikk. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse>
- Fiskeridirektoratet (2019b). Fiskeridirektoratet sin kartløsning – Yggdrasil. <https://yggdrasil.fiskeridir.no>
- Fiskarlaget 2019. presentasjon HAVPLAST workshop Bodø 14.februar 2019
- Hjellnes Consult. 2013. Verdien av ulike avfallsfraksjoner fra utrangert utstyr fra oppdrettsnæringen, ppt holdt for FHL & akvARENA 2013.
- Hognes, E. & Skaar, C. 2017. Avfallshåndtering fra sjøbasert havbruk. SINTEF Ocean rapport OC2017 A-218, etter initiativ fra Sjømat Norge, finansiert av FHF
- Irgens, F. (2007). Fasthetlære. Fagbokforlaget 2007. ISBN: 9788251921374

- Johnsen, H.R., Andersson, J.F., Haarr, M.L. Roland, A.O., Sanli, E. , Bay-Larsen, I., Nogueira, L.A., Vangelsten, B.V., Pedersen, V. 2019. HAPLAST- delrapport tiltak og indikatorer, SALT rapport 1034.
- Karlsson, R. & Luttrupp, C. 2006, "EcoDesign: what's happening? An overview of the subject area of EcoDesign and of the papers in this special issue", Journal of Cleaner Production, vol. 14, no. 15-16, pp. 1291-1298.
- Klima- og miljødepartementet. 2018. Vurdering av mulige system for vederlagsfri levering av marint avfall i havn. Brev fra Miljødirektoratet 21,62018
- Meld. St. 45 (2016 –2017) Melding til Stortinget *Avfall som ressurs – avfallspolitikk og sirkulær økonomi*
- Mulley, Raymond (2004). Flow of Industrial Fluids – Theory and Equations. CRC Press, 2004.
- Naturvernforbundet (2017). Slitte plastrør fra oppdrettsnæringen sprer tonnevis med mikroplast. Brev fra Naturvernforbundet til Vidar Helgesen (klima- og miljøminister) og Per Sandberg, (fiskeriminister) datert 4. desember 2017
- Nelms, S. E., C. Coombes, L. C. Foster, T. S. Galloway, B. J. Godley, P. K. Lindeque, and M. J. Witt. 2016. 'Marine Anthropogenic Litter on British Beaches: A 10-Year Nationwide Assessment Using Citizen Science Data'. Science of The Total Environment. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.137>.
- NHO/LO-nettverk. 2018. Brev til statsråd Elvestuen vedrørende engangsartikler i plast og andre plastrelaterte problemstillinger. Avsender NHO, LO, Norsk Industri, Fellesforbundet, NHO Mat og Drikke, Industri Energi, Norsk Nærings- og Nytelsesmiddelarbeiderforbund, Norges Fiskarlag, Sjømat Norge og Emballasjeforeningen. <https://docplayer.me/108802894-Vedr-engangsartikler-i-plast-og-andre-plastrelaterte-problemstillinger.html>.
- Nogueira, L.A. (2019). Hva kan markedet (eller mangel på et marked) si om verdien til avfallet? MAGMA: Econas Tidsskrift for Økonomi og Ledelse 5/2019 s.9-10.
- Nordlandsforskning- kvalitative intervjuer med fiskeri-/havbruksnæringen. REMAFISK, RE-D-USE, HAVPLAST
- Pfeffer, R., Rossetti, S., Lieblein, S. (1966). Analysis and correlation of heat-transfer coefficient and friction factor for dilute gas-solid suspensions. Lewis Research Centre, Cleveland, Ohio, NASA Spetmber 1966
- Sjømat Norge 2014 <https://sjomatnorge.no/gjenvinning-av-utrangert-utstyr-fra-havbruk/>
- Sjømat Norge 2018. Høringssvar til forslag om nytt direktiv om rediksjon av enkelte plastprodukter på miljøet- sendt til Miljødirektoratet 24.08.2018
- Sjømat Norge 2018. presentasjon HAVPLAST workshop Bodø 14.februar. Nordlandsforskning
- Sundt, m.fl., 2018. Rapport for Miljødirektoratet - Underlag for å utrede produsentansvarsordning for fiskeri- og akvakulturnæringen. SALT & MEpex. M-1052 | 2018

Van Cauwenberghe, L. and C. R. Janssen (2014). "Microplastics in bivalves cultured for human consumption." *Environmental pollution* 193: 65-70.

Vangelsten, B.VV, Haarr, M.L., Bay-Larsen, I. Andersen, A.D., Melnes, M. 2018. Redusere marint avfall fra fiskeflåten (REMAFISK), Sluttrapport NF-rapport 11/18