

Helene Heggelund Knutsen  
Håvard Skistad Thorsnes

# Effekt av akvakultur på bunnorganismer – sporing i sjøkreps (*Nephrops norvegicus*) gjennom fettsyreanalyse

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon  
Veileder: Snorre Bakke  
Medveileder: Kristine Kvangarsnes  
Mai 2023



Helene Heggelund Knutsen  
Håvard Skistad Thorsnes

**Effekt av akvakultur på  
bunnorganismer  
– sporing i sjøkreps (*Nephrops norvegicus*)  
gjennom fettsyreanalyse**

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon  
Veileder: Snorre Bakke  
Medveileder: Kristine Kvangarsnes  
Mai 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for naturvitenskap  
Institutt for biologiske fag Ålesund



Kunnskap for en bedre verden



## Forord

Denne oppgaven handler om akvakultur sin påvirkning på bunnorganismer. Arten som er brukt for å undersøke dette er sjøkreps. Grunnen for at denne oppgaven ble valgt er at vi har stor interesse for akvakultur og dens påvirkning på miljøet. Tidligere er det utført lite forskning på akvakultur sin påvirkning på sjøkreps. Dette gjorde oss ekstra interessert i oppgaven.

Takk til Snorre Bakke og Kristine Kvangarsnes for veiledning i forbindelse med denne bacheloroppgaven. Vi ønsker også å takke Espen Farstad, Lars Lillevold og Johan Solgård for samarbeidet med innhenting av sjøkreps til studien.

## Sammendrag

I denne studien har man undersøkt om *Nephrops norvegicus*, også kjent som sjøkreps, beiter på fôrnedfall under oppdrettsanlegg i norske fjorder. Vegetabilske oljer forekommer ikke naturlig i det marine miljø, men brukes i fiskefôret til oppdrettsfisk. Ved å spore vegetabilske fettsyrer gjennom en fettsyreanalyse av leveren til *N. norvegicus*, vil man kunne finne ut om arten beiter på fôrnedfallet. Sjøkrepsen ble sanket inn med teiner i nærheten av oppdrettsanlegg fra 4 ulike lokaliteter, med to tilhørende kontrollområder plassert 3,47 km og 6,21 km fra nærmeste anlegg. Kontrollområdene var i tillegg plassert motstrøms fra anleggene for å redusere muligheten for påvirkning. Dette ble gjort i samarbeid med lokale krepsfiskere. Prøver hentet fra Romsdalsfjorden ble ekskludert fra de statistiske testene, fordi de hadde usikre måleenheter som ville påvirket resultatet. De statistiske testene ble dermed fremstilt for prøvene hentet fra Vigrafjorden og Grytafjorden, i Møre og Romsdal. Fra fettsyreanalysene kunne man tydelig se at sjøkrepsen beitet på fôrnedfallet fra anleggene. Det ble påvist en høyere konsentrasjon av vegetabilske fettsyrer i sjøkreps fanget ved aktive anlegg. Det var ingen relasjon mellom kjønn og forholdstallet mellom vegetabilske og marine fettsyrer. Derimot ble det påvist en korrelasjon mellom ryggskjoldlengde og forholdstallet av vegetabilske og marine fettsyrer. Ut fra resultatene presentert i studien kan man bekrefte hypotesen om at vi ser en høyere konsentrasjon av vegetabilske fettsyrer i nærheten av oppdrettsanlegg, enn lengre unna.

## Abstract

In this study we have investigated whether *Nephrops norvegicus*, also known as the Norway Lobster, eats feed waste from underneath the fish farms in fjords located in Norway.

Vegetable oils do not occur natural in the marine environment, but it is a supplement used in fish feed in aquaculture. Therefore, by tracing vegetable fatty-acids through a fatty-acid-analysis from *N. norvegicus* liver, we will be able to identify if the species is grazing on feed waste. The Norway Lobster was collected with traps from different fish farm locations. Traps were also placed 3,47 km and 6,21km away from the closest fish farms. This was done to compare the values from *N. norvegicus* caught close by fish farms, to the reference areas further away. The lobsters were collected with help from local fishermen. The samples collected from Romsdalsfjorden were excluded from the statistical tests, due to uncertain values which would have affected the final result. The statistical tests will therefore only be focused on the samples collected from Vigrafjorden and Grytafjorden, in Møre og Romsdal. From the fatty-acid analysis there is a positive indication that *N. norvegicus* is grazing on fish feed. It was also proven that individuals collected nearby fish farms with fish in them, had a higher area percentage of vegetable fatty acids compared to individuals collected nearby fish farms without fish in them. There was no relation between sex and the ratio between vegetable and marine fatty acids. However, there was a relation between size and the ratio between vegetable and marine fatty acids. From the results we can accept our hypothesis that we see a higher concentration of vegetable fatty acids nearby fish farms, compared to further away.

# Innholdsfortegnelse

1.0	Introduksjon .....	5
1.1	Påvirkning på bunnforhold under oppdrettsanlegg .....	5
1.2	Fettsyreanalyse.....	6
1.3	Sjøkreps ( <i>Nephrops norvegicus</i> ).....	7
1.4	Problemstilling og hypotese.....	8
2.0	Materiale og Metode.....	9
2.1	Tid og sted for sankning av sjøkreps .....	10
2.2	Topografi for undersøkelsesområder .....	12
2.3	Avlivning av fangstet kreps .....	13
2.4	Disseksjon av <i>N. Norvegicus</i> .....	13
2.5	Ekstrahering av lipider fra hepatopancreas .....	15
2.6	Fettsyreanalyse av tørrstoff ekstrahert fra hepatopancreas .....	17
2.7	Databehandling .....	18
3.0	Resultat .....	19
4.0	Diskusjon .....	24
5.0	Konklusjon.....	28
	Referanseliste.....	29
	Vedlegg 1 .....	35
	Vedlegg 2.....	36
	Vedlegg 3.....	37



## 1.0 Introduksjon

Fiskeoppdrett er en næring med stor verdiskapning i Norge. I 2022 ble det totalt slaktet 1 539 376 tonn med laks og 76 653 tonn med regnbueørret (Fiskeridirektoratet, 2023a). Totalt innrapportert fôrforbruk for laks/regnbueørret lå totalt for 2022 på 2 001 327 tonn (Fiskeridirektoratet, 2023b).

### 1.1 Påvirkning på bunnforhold under oppdrettsanlegg

Fiskeoppdrett påvirker habitatene til fisk og bunnorganismer, både i sedimentene under anlegget og i de frie vannmassene. Utslippene fra intensiv sjøbasert fiskeproduksjon er fôr, ekskresjoner fra fiskemassene og næringssalter. Det er også varierende utslipp av fôr, som skyldes overfôring. Hvor stor påvirkning oppdrettsanleggene har på omgivelsene blir også styrt av abiotiske faktorer som strøm, dybde og topografi (Bergheim & Braaten, 2007). Hovedsakelig deles ulike lokaliteter i fjord og kyst, der man typisk ser at anleggene som er lokalisert i kystområder har høyere eksponering av strøm enn de i fjordene (Grefsrud *et al.*, 2022).

Hos laksefisk skiller næringssaltene fosfor og nitrogen ut via gjellene kontinuerlig (Grefsrud *et al.*, 2022). I norske kystvannsområder er nitrogen en begrensende faktor for produksjon av planteplankton, mens fosfor er en ikke-begrensende faktor. Påvirkningsgraden av dette i et område bestemmes av sjøarealet og hvor høy vannutskifting det er i overflatelaget (Grefsrud *et al.*, 2022). Økt tilførsel av næringssalter i et område fører til at det blir økt produksjon av planteplankton (Quintana, *et al.* 1998). Ifølge Havforskningsinstituttet anslås det at oppdrett har et årlig utslipp på 60 156 tonn med løst nitrogen, og 7988 tonn med løst fosfor (Grefsrud *et al.*, 2022). Dette planteplanktonet blir beitet på og fører til økt mengde med dyreplankton. Dette gir en økning av det totale organiske nedfallet som går til bunnen, og dette har konsekvenser for oksygenkonsentrasjonen på bunnen. For lite oksygen på havbunnen fører til at det blir veldig lite dyreliv i områdene rundt lokalitetene (Grefsrud *et al.*, 2022). For å minimere konsekvensene av utslippene, er det et krav fra myndighetene at det skal være en brakkleggingsperiode på minst 2 måneder etter hver produksjonssyklus på sjølokaliteter (Akvakulturforskriften, 2008, § 40). I denne prosessen skal alt av utstyr desinfiseres, og nøtene skal leveres inn til vasking. Formålet med dette er å fjerne eventuelle sykdommer, og

få sedimentet under lokaliteten til å rehabilitere seg. Rehabiliteringsprosessen varierer i forhold til hvor påvirket sedimentet er. Tiden sedimentet trenger for å komme tilbake til god tilstand varierer derfor fra noen måneder til opptil flere år.

Selv om et underskudd av oksygen kan føre til veldig lite dyreliv, kan oppdrett også stimulere til dyreliv i fjordene ved optimal drift (Kutti, 2007). Det er opptil 1500-3000 kg med organisk materiale som faller ned til bunnen daglig ved et middels stort oppdrettsanlegg. Arter som er tallrike i nærheten, er kråkeboller, krepsdyr og små mark. Påvirkningen fra oppdrettsanlegget er høyest i radius 250 m fra anlegget, og ved testing av sedimentet ble det målt ni ganger høyere verdier av organisk karbon sammenlignet med 3 km unna. Det ble også påvist at tettheten og mengde av biomasse var opptil 60 ganger høyere i nedfallsområdet, enn i områder uten oppdrettsanlegg (Kutti, 2007).

## 1.2 Fettsyreanalyse

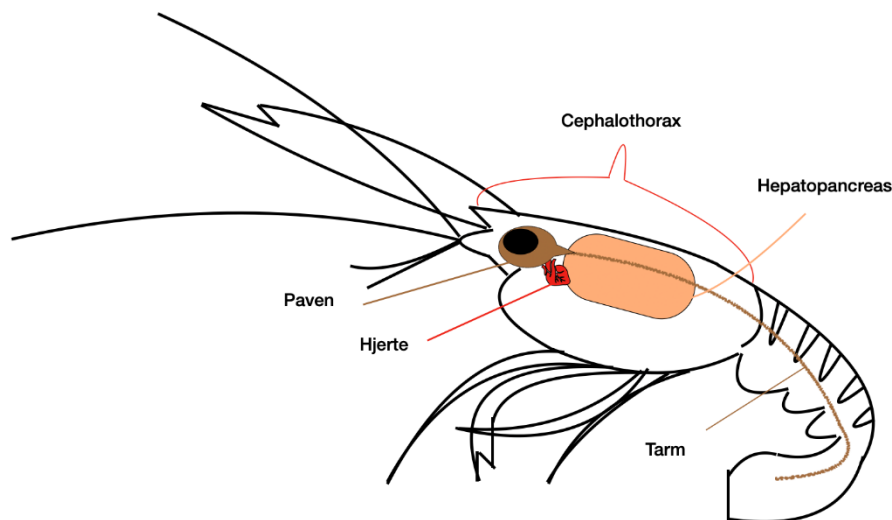
Det er antatt at fôrutslippet fra oppdrettsanlegg for laks ligger på 3-5% av den totale fôrmengden (Uglem *et al.*, 2020). I 2020 var det årlige fôrsalget på ca. 2 millioner tonn (Aas *et al.* 2022), som dermed tilsvarer mellom 60-100 000 tonn i fôrutslipp. Laksefôr inneholder både marine og vegetabiliske fettsyrer, som vil si at den har en annen fettsyresammensetning enn hva som forekommer naturlig i marine økosystem. Skretting er leverandør av fôr, og bruker 20,6% vegetabiliske fettsyrer i laksefôret de produserer (Skretting, 2020). Vegetabiliske fettsyrer som Skretting bruker er 18,9% rapsolje, 1,1% camelina olje og 0,6% linolje. Vegetabiliske oljer som er mest anvendt i fiskefôr er soyaolje som inneholder linolsyre (18:2n-6), rapsolje som inneholder oljesyre (18:1n-9) og linolje som inneholder linolensyre (18:3n-3) (Blaalid, 2018). Marine omega-3 fettsyrer som EPA (20:5n-3) og DHA (22:6n-3) har lengre kjeder av karbonbindinger, sammenlignet med vegetabiliske fettsyrer. Dette gjør at det er mulig å finne vegetabiliske fettsyrer i fordøyelsessystem og vev til bunnorganismer og fisk, dersom de har konsumert fôret. Gjennom en fettsyreanalyse er det dermed mulig å spore fôrutslipp fra oppdrettsanlegg (Bakketeig *et al.*, 2013). I 2019 hadde 20% av villtorsken på fire gyteområder i Smøla spor av vegetabiliske fettsyrer fra laksefôr, som endret fettsyresammensetningen til fisken (Meier, *et al.*, 2023). I 2012 gjennomførte Havforskningsinstituttet et forsøk der de undersøkte om sjøkreps og andre arter som ble fanget ved oppdrettsanlegg hadde økt innhold av vegetabiliske fettsyrer. Alle artene som ble undersøkt hadde økt innhold av vegetabiliske fettsyrer sammenlignet med de som ble fanget i

referanseområder (Bakketeig *et al.*, 2013). Det ble konkludert med at artene hadde beitet på fôret fra oppdrettsanlegget.

### 1.3 Sjøkreps (*Nephrops norvegicus*)

*Nephrops norvegicus* er ett av de viktigste kommersielle krepsdyrene i Europa (Katoh, *et al.*, 2013). Arten er oppkalt etter de nyreformede øynene, «*Nephros*», gresk for nyre og «*ops*», øye. Leveområdet strekker seg fra det vestlige Middelhavet til Nordøst-Atlanteren, fra Marokko til Troms, rundt Island og Storbritannia. Den er en undergruppe av ordenen tiftokreps innenfor rekken leddyr. Sjøkrepsen er altetende og lever på 20-800 meters dyp, på sandblandet mudder eller leirebunn (Søvik, 2022). Her graver den huler ned i sedimentet på 20-30 cm der den oppholder seg. Den forlater kun hulene sine for å spise eller reprodusere. Dersom vannmassene har lav oksygenmetning, kan arten lage rytmiske bevegelser i hulene for å øke vanngjennomstrømming. Det har blitt observert at dersom oksygenmetningen i vannmassene er lavere enn 25% vil *N. norvegicus* forlate hulene sine (Van der Meeren *et al.*, 2008). I et forsøk ble det også påvist at dersom oksygenmetning kom på under 15% vil sjøkrepsen slutte å spise, og ved 10% kan krepsdyrene kveles og dø (Eriksson, *et al.*, 2013).

Kjønnsmodning varierer i forhold til geografisk posisjon, hvor hunnen kan bli kjønnsmoden når carapaxlengden er mellom 21 og 34mm, og hannen mellom 29 og 46mm (Tuck, *et al.* 2000). Carapaxlengde er ryggskjoldlengden, som er avstanden mellom øyehulen til slutten på ryggen. Hannen gjenkjennes med to tykke penisser, mens hunnens kjønnsorgan er tynnere (Figur 6). De store øynene til sjøkrepsen er svært lysømfintlige, som gjør at den er mest aktiv om natten på grunnere dybder rundt 100m og dypere på dagtid (Van der Meeren *et al.*, 2008). Lysømfintligheten kan dermed være en stressfaktor under fangst.



Figur 1.. Et utsnitt fra deler av fysiologien til *N. norvegicus*, brukes til å referere til leveren som en del av Hepatopaneas.

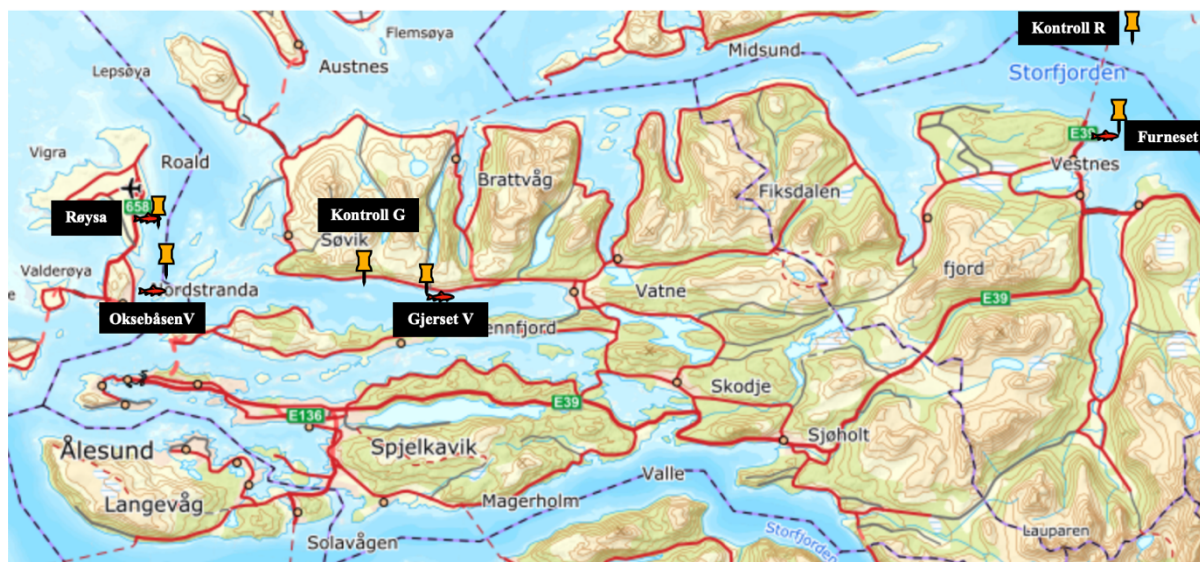
Organene til *N. norvegicus* er plassert i cephalothorax som bygger opp den fremste delen av individet med hodet (cephalon) og bryst (thorax) (Johansson, 2023). Rett på undersiden av ryggskjoldet, finner vi gonaden og hepatopaneas til individet (Figur 1). Hepatopaneas er fordøyelseskjertelen i organismen, også kalt lever. Den er et viktig organ i dekapoder, og her inngår flere metabolske prosesser som inkluderer produksjon av fordøyelsesenzymer, absorpsjon av næringsstoff, lipid- og karbohydratmetabolisme, med mer (Kibenge & Strange, 2021).

#### 1.4 Problemstilling og hypotese

I Norge preges habitatene til bunnorganismer av intensivt, sjøbasert fiskeoppdrett både i sedimentene under anleggene og i vannmassene rundt anlegget (Grefsrud, *et al.* 2022). I Møre og Romsdal har man sett en stor vekst det siste tiåret i fiske etter sjøkreps (Møreforskning, 2020). Arten har blitt en viktig inntekt for flere mindre båter som arbeider med kystfiske. Derfor vil det være viktig å undersøke miljøpåvirkningene som berører sjøkrepsen i dag. I forbindelse med dette vil vi i denne studien undersøke om *N. norvegicus* beiter på fôrnedfallet under oppdrettsmerder. Hypotesen for studiet er at vi vil finne en høyere konsentrasjon av vegetabiliske fettsyrer i sjøkreps fanget i nærheten av oppdrettsanlegg, sammenlignet med lengre unna.

## 2.0 Materiale og Metode

I forsøket har vi samlet sjøkreps fra teiner i nærheten av ulike lokaliteter for oppdrett av laks, med tilhørende kontrollområder. Kontrollområdene ligger motstrøms fra anleggene (Åkerblå, 2021d. Åkerblå, 2021c). Sjøkrepsen ble hentet inn i samarbeid med lokale fiskere. Lever ble ekstrahert fra individet og brukt til å gjennomføre en fettsyreanalyse.



Figur 2: Bildet viser fangstområde av sjøkreps for undersøkelsen som tok sted i nærheten av Ålesund ut mot Vestnes. Områdene som ble undersøkt var Romsdalsfjorden med Furneset og Kontroll R, Vigraffjorden med Røysa og Oksebåsen V, og Grytafjorden med Gjerset V og Kontroll G.

Tabell 1. Fisk på de ulike lokalitetene, og innhentingsdato (Barentswatch, 2023a,b,c,d)

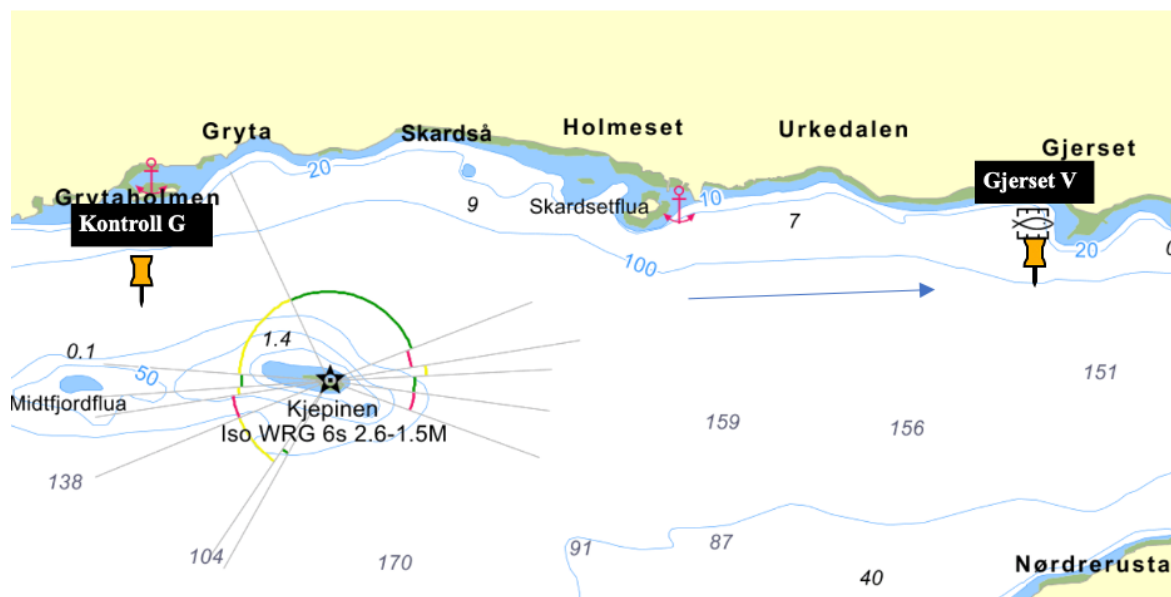
Sted (GPS)	Siste lusetelling (viser dato)	Innhenting
Gjerset V (N 62°31.734, E 006°25.971)	Uke 40 (3-9.okt), 2022	11.01.2023
Kontroll Grytafjorden (N 62°31.678, E 006°21.690)	-	11.01.2023
Røysa (N 62°32.800, E 006°08.913)	Uke 47 (21-27.nov), 2022	07.02.2023
Oksebåsen V (N 62°31.654, E 006°09.894)	Uke 6 (6-12. feb), 2023, Fisk ved innhenting.	07.02.2023
Furneset	Fisk ved innhenting	Ukjent

(N 62°38.692, E 07°07.601)		
Kontroll Romsdalsfjorden (N 62°41.920, E 07°07.012)	-	Ukjent

Under innhenting av sjøkreps var det laks kun ved anleggene Oksebåsen V og Furneset (Figur 2). Røysa ble brakklagt i slutten av november 2022 og Gjerset V har ikke hatt fisk siden midten av oktober 2022 (Tabell 1). Kontroll Grytafjorden og Romsdalsfjorden ble hentet fra områder man antok hadde lav påvirkning fra oppdrett. (Avstand til nærmeste oppdrettsanlegg var 3,47 km på kontroll G og 6,21 km på kontroll R, se Vedlegg 2).

## 2.1 Tid og sted for sanking av sjøkreps

11.01.2023 ble første batch med sjøkreps ble hentet i Grytafjorden, hvor 6 av sjøkrepsene var hentet i nærheten av Gjerset V med maksimalt tillatt biomasse (MTB) på 1560 (Barentswatch, 2023b). Det ble også hentet 8 “kontroll”-sjøkreps 3,47 km fra anlegget. Disse teinene er plassert oppstrøms i forhold til dominerende strømretning (Åkerblå, 2021c).



Figur 3: Grytafjorden. Sjøkreps sanket i nærheten av oppdrettsanlegget Gjerset V (N 62°31.734, E 006°25.971) på 104 meters dybde. Sjøkreps sanket 1km fra anlegg (N 62°31.678, E 006°21.690) på 124 meters dybde. Hovedstrømretning for lokaliteten Gjerset V vises med pilen (mot øst) (Åkerblå, 2021c).

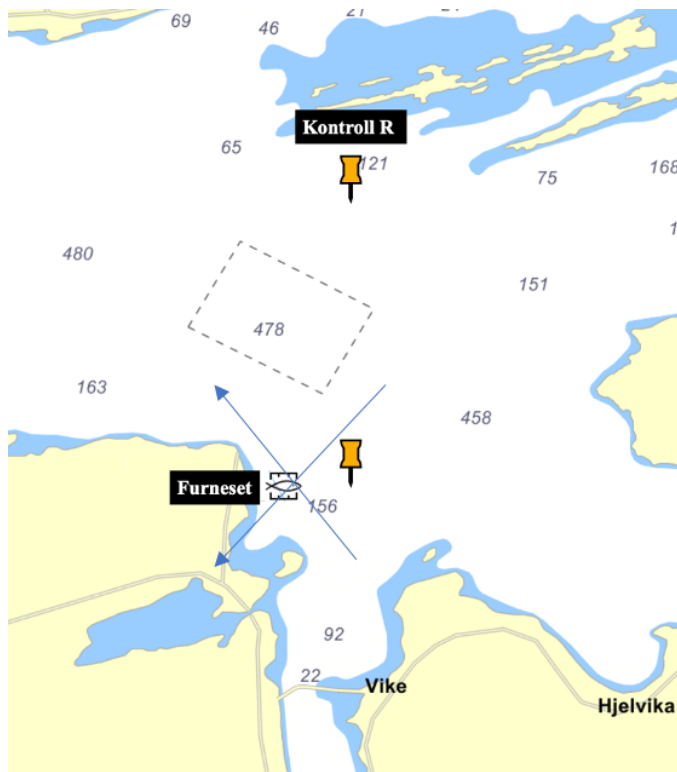
Andre batch med sjøkreps ble hentet 07.02.2023 fra Vigrafjorden i nærheten av anleggene Røysa (MTB på 3900) og Oksebåsen V (MTB på 4680) (Barentswatch, 2023c-d). Røysa var

brakklagt under innhenting av sjøkreps, mens Oksebåsen V hadde laks i merdene. Det ble totalt innsamlet 6 sjøkreps fra teinene i nærheten av Røysa og 7 sjøkreps fra teinene ved Oksebåsen V.



Figur 4: Vigrafjorden. Sjøkreps sanket i nærheten av oppdrettsanlegget Røysa (N 62°32.800, E 006°08.913) på 71 meters dybde. Sjøkreps sanket fra Oksebåsen V (N 62°31.654, E 006°09.894) på 152 meters dybde. Hovedstrømretningen for lokalitetene viser pilene. Sør-sørvest for Røysa, og nord for Oksebåsen V (Åkerblå, 2021a), (Åkerblå, 2021b).

Tredje batch med sjøkreps ble hentet fra Romsdalsfjorden, hvor 8 kreps er hentet i nærheten av oppdrettsanlegget Furneset (MTB på 4680) (Barentswatch, 2023a). Det ble også hentet 8 “kontroll” sjøkreps 6,21km fra anlegget.



Figur 5: Romsdalsfjorden. Sjøkreps sanket i nærheten av oppdrettsanlegget Furneset (N 62°38.692, E 07°07.601) på 156 meters dyp. Sjøkreps sanket et godt stykke unna anlegget som kontroll Romsdalsfjorden (N 62°41.920, E 07°07.012) på 250 meters dyp. Hovedstrømretning for lokaliteten Furneset vises med pilene. Hovedstrømretningen for Furneset er nord-vest og sør-vest (Åkerblå, 2021d).

## 2.2 Topografi for undersøkelsesområder

Havbunnen som er i området rundt Røysa er en blanding av både hard og myk bunn (Mareano, 2023). Det er ikke samlet inn data på østsiden av Oksebåsen V, men det er samlet på vestsiden. Nord og sørvest for Oksebåsen er det hovedsakelig mykere havbunn som er dominerende. Havbunnsundersøkelser i områder rundt Gjerset V og Furneset har derimot ingen offentlige publikasjoner som viser bunnforhold. Dette er med unntak av B-undersøkelser som er gjort direkte under anlegg (Åkerblå, 2021c,d). Lokaliteten Furneset ligger på 156 meters dyp, mens referanselokaliteten ligger på 250 m. De to lokalitetene er skilt av et mer enn 450 meter dypt basseng (Figur 5).

For å drive en akvakulturlokalitet skal det gjennomføres blant annet B-undersøkelser. Dette er en undersøkelse der man har en trendovervåking av bunnforholdene, og dette gjennomføres i henhold til Norsk Standard 9410 (Fiskeridirektoratet, 2023). Alle lokalitetene som er i nærheten av våre fangstlokasjoner hadde B-undersøkelse enten i slutten av 2020,



eller i 2021. Samtlige fikk samlet sett tilstand 1, som er meget god (Åkerblå, 2021a), (Åkerblå, 2021b), (Åkerblå, 2021c), (Åkerblå, 2021d). Strømmålingene som er gjort i sammenheng med B-undersøkelsene er gjort over relativt korte tidsperioder.

Strømmodelleringen og andre målinger i undersøkelsene viser at strømmønsteret kan variere betydelig gjennom et år.

### 2.3 Avlivning av fangstet kreps

Det er ingen lovpålagte krav om human avlivning av tifoalkreps i Europa (EFSA, 2005). Det finnes likevel en rekke anbefalinger til human avlivning av tifoalkreps, som elektrobedøvelse, kutt i nervesystemet og nedfrysning. Den mest humane måten å avlive tifoalkreps på er ved å bruke elektrobedøvelse eller nedfrysningsmetode (Mejdell, 2003). Grunnet mangel på utstyr til elektrobedøvelse har vi valgt å avlive *N. Norvegicus* med nedfrysningsmetoden. Fra Vigrafjorden og Grytafjorden ble hvert individ fraktet direkte fra båt, for å bli nedfrost levende i fryser på  $-18^{\circ}\text{C}$ . Prøvene fra Romsdalsfjorden ble fryst ned av fisker på  $-18^{\circ}\text{C}$  etter fangst på Vestnes. Senere ble sjøkrepsen fraktet på is til Ålesund for overlevering, før den igjen ble lagt i fryser på  $-18^{\circ}\text{C}$ .

### 2.4 Disseksjon av *N. Norvegicus*

Dagen før disseksjon tok man ut individene, og lot de tine i et kjølerom. Videre fant man frem disseksjonskar, pinsett, saks, målskive og skjje. Alle individene som skulle dissekeres ble hentet ut av kjølerommet og kjønnsbestemt før man plasserte det ned i disseksjonskaret (Figur 6).



*Figur 6. Bildene viser kjønnsorganene til *N. Norvegicus*. Hannens kjønnsorgan er satt sammen av to tykke peniser, mens hunnen har et tynnere kjønnsorgan.*

Ryggskjoldlengden ble målt med en målskive fra øyehule til enden av cephalothorax (Figur 7). Halen ble revet av, og lagt i en plastpose med dato og nummer.



*Figur 7. Bildet viser hvordan man måler ryggskjoldlengden.*

En saks ble brukt for å klippe opp skallet frem til mellom øyehulene. Skallet ble brettet til side, for å eksponere gonaden og leveren (Figur 8). For å kunne ekstrahere leveren fra individet fjernes gonaden som ligger over med en pinsett. Med en skje flyttet man leveren over i et prøveglass og markerte dette med nummer. Metoden ble gjentatt for hvert individ, og prøvene ble fryst ned frem til ekstrahering.

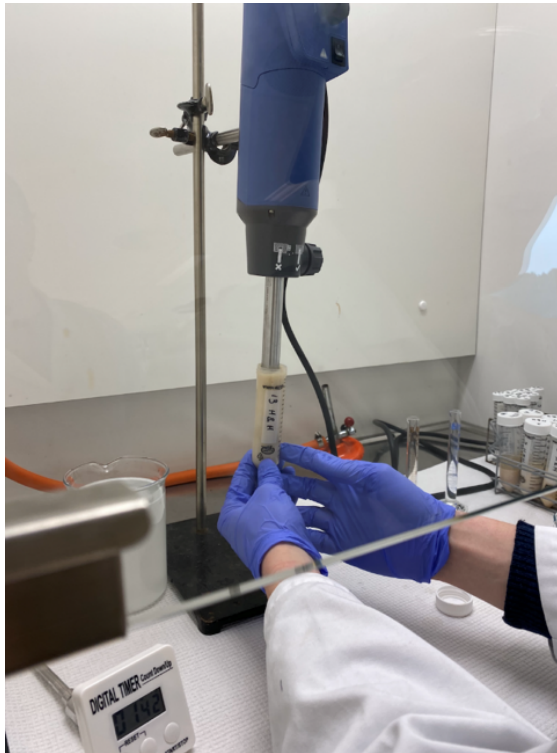


Figur 8. Bildet viser organene til *N. Norvegicus*, med den beige hepatopancreas.

## 2.5 Ekstrahering av lipider fra hepatopancreas

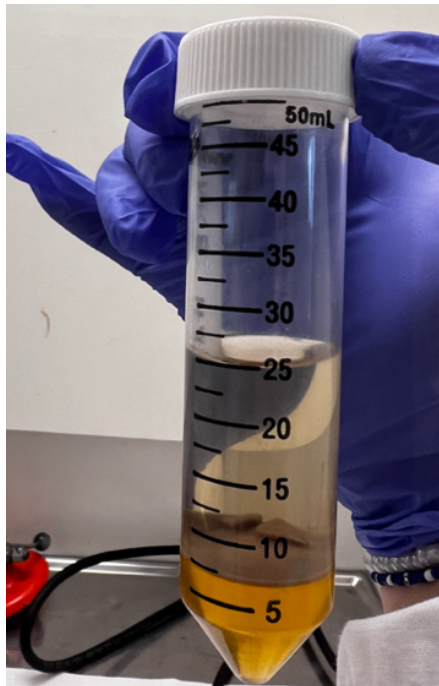
Avhengig av tilgjengelig vev, ble det tilpasset prøver opp til to gram med lever til sjøkrepsen. For prøvene som hadde mindre enn 2 gram ble det brukt 1 gram vev. For leverprøvene på 1 gram ble tilsatte stoffer halvert, og halvert igjen for prøver med 0,5g vev. For å måle vekten på vevet ble det veid på vekt (TE214S Talent Analytical Balance, Scales Galore, New York, USA), og videre ble nøyaktig vekt notert, og prøven ble overført til et kloroformresistent prøveglass. Per 2 gram med vev ble det tilsatt 2 ml destillert vann, 4 ml kloroform (Kloroform, Merck, Massachusetts, USA) og 8 ml metanol (Metanol, Merck, Massachusetts, USA) med pipette. Denne løsningen ble homogenisert med en homogenisator (T25 digital Ultra Turax, IKA, Staufen, Tyskland) i 2 minutter, hvor tiden blir tatt med stoppeklokke. Etter prøven var ferdig blandet ble det tilsatt 4 ml med kloroform og prøven ble igjen

homogenisert i 30 sekunder. Den samme prosessen ble gjentatt med 4 ml med destillert vann, og 30 sekunder med homogenisering.



*Figur 9. Viser homogenisering av en leverprøve med hjelp av IKT T25 digital Ultra Turax.*

Etter homogenisering ble prøven sentrifugert i en sentrifuge (Thermo scientific SL 40 FR, Thermofisher scientific, Massachusetts, USA) i 10 minutter på 4100 rpm (3928 G). Etter sentrifugeringen ble prøven skilt (Figur 10), og 1 ml av kloroformlaget som lå nederst i prøveglasset ble overført til et nytt glass. Dette glasset ble veid på forhånd, for å vite nøyaktig vekt på innholdet. Dette glasset med 1 ml av kloroform løsningen ble satt i en fordampingsmaskin (Reacti-therm III, Thermo Fisher Scientific, Massachusetts, USA) mellom 40-50 grader med en damp av nitrogengass. Etter omtrent 5 minutter med fordamping luktet man på prøven. Hvis man kjente lukt av kloroform satte man tilbake prøven i maskinen, og hvis man ikke luktet kloroform ble den vurdert som tilstrekkelig fordampet.



Figur 10. Bildet viser prøveglasset etter sentrifugering, hvor det nederste laget av kloroform inneholder fettsyrene til videre ekstrahering.

## 2.6 Fettsyreanalyse av tørrstoff ekstrahert fra hepatopancreas

Fettsyrene som ble igjen etter fordampingen ble blandet inn med 1.5ml natriummetylat og beholderen ristet kraftig. Natriummetylat er satt sammen av 2g natriumhydroksid (Natriumhydroksid, Merck, Massachusetts, USA) blandet ut med 100 ml metanol. Beholderen ble plassert i et vannbad (Shaking water baths, VWR, Pennsylvania, USA) med 100°C i 5 minutter. Når beholderen var avkjølt tilsatte man 2ml BF<sub>3</sub>-løsning (Bortrifluorid 12% (1,5M) i metanol, Acros Organics, Geel, Belgia) og ristet kraftig. Blandingen ble plassert i et vannbad i 30 minutter. Videre ble røret kjølt ned, og man tilsatte 1ml isooktan (Isooktan, Merck, Massachusetts, USA) og ristet kraftig. 5 ml mett NaCl-løsning (Natriumklorid, Merck, Massachusetts, USA) ble tilsatt og ristet kraftig. Videre ventet man til fasene hadde separert seg. Det øverste laget tok man ut av beholderen (A) og over til et nytt rør (B). Isooktan ble tilsatt i rør A for så å overføres til rør B igjen. Natriumsulfat (Natriumsulfat, Merck, Massachusetts, USA) tilsattes så løsningen i rør B. 10µ fra rør B ble overført til GC-vial med 1.5ml isooktan. Prøven ble satt i gas chromatography autosampler (Autosampler XL GC, PerkinElmer, Massachusetts, USA), og prosedyren ble gjentatt for alle leverprøvene.

## 2.7 Databehandling

Resultatet fra GC-en ble bearbejdet i Excel hvor man så på arealprosenten av de ulike vegetabiliske og marine fettsyrene. De vegetabiliske fettsyrene som ble benyttet i resultatet er C18:2n-6, C18:3n-3 og C18:1n-9. Tidligere studier viser at oppdrettsfisk har høyere andel av disse sammenlignet med villfisk (White, 2019). Økt andel av vegetabiliske fettsyrer fører til at marine fettsyrer som EPA og DHA får mindre andel. For å analysere dataene statistisk må dataene være normalfordelte. Prosentvist innhold av fettsyrer ble derfor transformert ved å ta kvadratroten av verdien. Videre ble forholdstallet mellom vegetabiliske og marine fettsyrer beregnet ( $C18:2n-6 + C18:3n-3 + C18:1n-9 / EPA + DHA$ ). Statistiske analyser ble gjennomført med assistanse fra veileder. Forskjeller mellom områder ble undersøkt ved hjelp av variansanalyse (en-faktor ANOVA). Ved hjelp av Tukey HSD signifikanstest, ble en parvis sammenligning gjennomført for å bestemme hvilke lokaliteter som var forskjellige fra hverandre. En Pearson-korrelasjonsanalyse ble også gjennomført for å se på sammenheng mellom størrelse på kreps og forholdstallet vegetabiliske/marine fettsyrer. Forholdstallet ble også benyttet til å se på forskjeller mellom hunn- og hannindivider ved hjelp av en tosidig T-test. Dersom p-verdien var under 0,05 ble dette ansett som en statistisk signifikant forskjell mellom verdiene. Rstudio (R Core Team, 2023) ble benyttet til varians- og korrelasjonsanalyse, mens Excel-dataanalyseverktøy ble benyttet til T-testen.

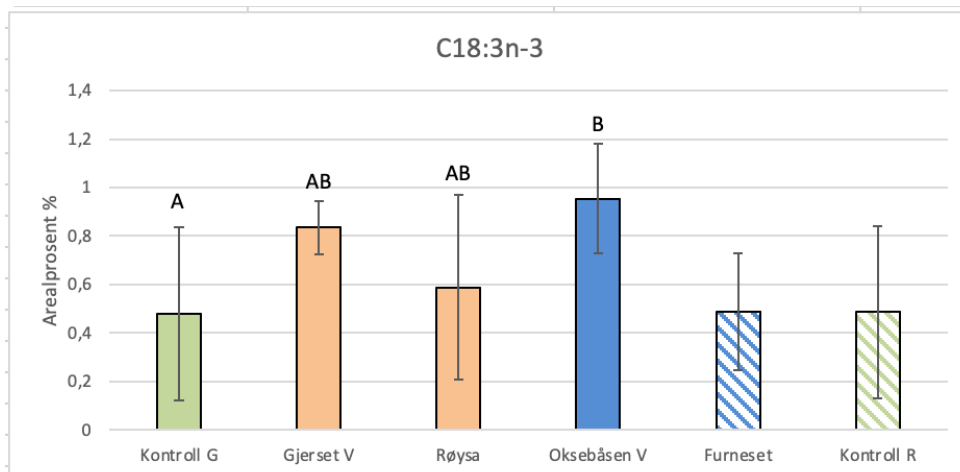
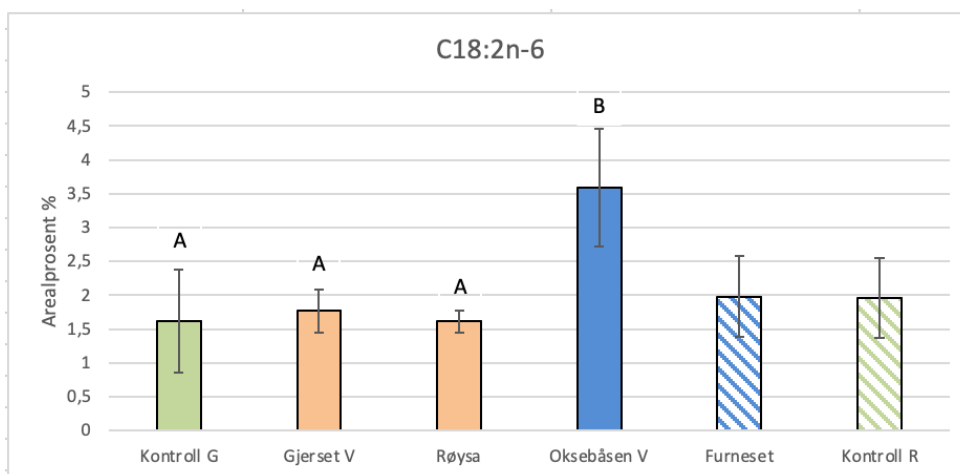
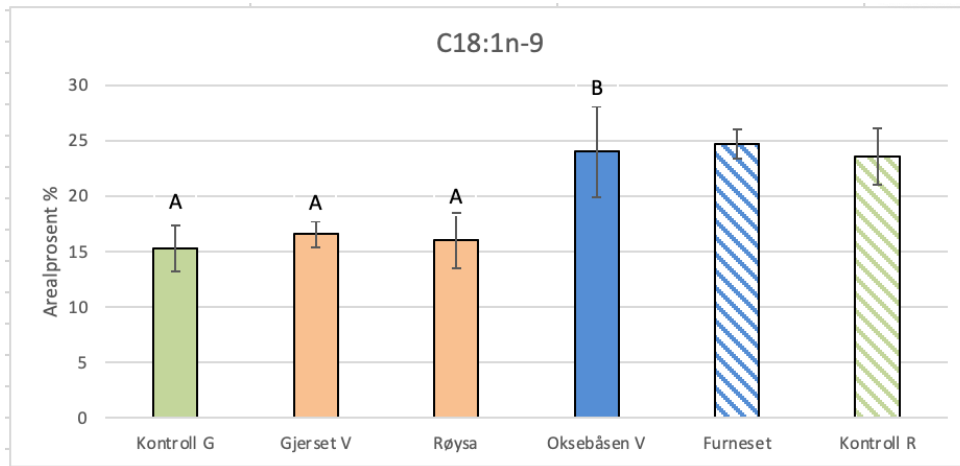
### 3.0 Resultat

Under opparbeiding av prøvene fra Furneset og kontroll Romsdalsfjorden, var det flere faktorer som utgjorde en usikkerhet. Krepsen fra lokasjonene hadde store individuelle variasjoner i fettsyresammensetning, som kan bety at noe kan ha skjedd under innhenting. Hvordan prøvene har blitt behandlet i forhold til avlivning og fryselagring før de ble overlevert har man ikke kontroll på. Prøvene luktet dårlig, hvor det også oppstod problemer under ekstraksjon av fettsyrene fra lokalitetene, se diskusjon. På grunn av usikkerhetene med prøvene ble Furneset og kontroll Romsdalsfjorden ekskludert fra de statistiske analysene. Likevel vil resultatet av arealprosenten bli vist i grafene som skraverte variabler.

Krepsene fra Oksebåsen V var statistisk signifikant, og hadde høyere verdier av oljesyre (C18:1n-9) og linolsyre (C18:2n-6) sammenliknet med krepsene fra lokasjonene Gjerset V, Røysa og kontroll Grytafjorden (Figur 11).

Gjennomsnittsarealprosent for Oksebåsen V var  $24.0 \pm 4,1$  for oljesyre og  $3,6 \pm 0,9$  for linolsyre. Oljesyre og linolsyre hadde en gjennomsnittsarealprosent på  $16,0 \pm 2,5$  og  $1,6 \pm 0,2$  på Røysa,  $16,6 \pm 1,2$  og  $1,8 \pm 0,3$  på Gjerset V og  $15,3 \pm 2,1$  og  $1,6 \pm 0,8$  ved kontroll Grytafjorden. Det er en tydelig trend at innholdet av disse fettsyrene er høyere for Oksebåsen V.

Innholdet av linolensyre (C18:3n-3) var kun statistisk signifikant forskjellig mellom kontroll Grytafjorden og Oksebåsen V. De andre lokasjonene var ikke statistisk signifikant forskjellige fra hverandre. Gjennomsnittsarealprosenten for de ulike lokasjonene var  $0,5 \pm 0,4$  for kontroll Grytafjorden,  $1,0 \pm 0,2$  for Oksebåsen V,  $0,8 \pm 0,1$  for Gjerset V og  $0,6 \pm 0,4$  for Røysa.

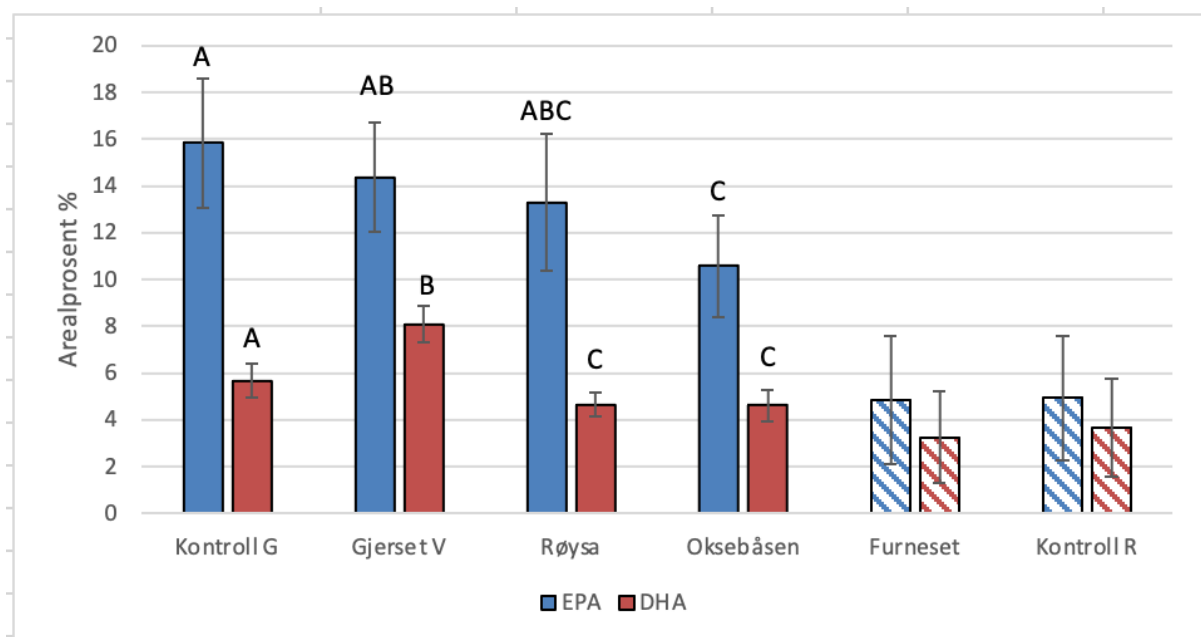


Figur 11. Innholdet av C18:1n-9 (oljesyre), C18:2n-6 (linolsyre) og C18:3n-3 (linolensyre) i sjøkreps funnet på Gjerset V, Kontroll Grytafjorden, Oksebåsen V og Røysa. Furneset og kontroll Romsdalsfjorden er skravert grunnet upålitelige måleresultater (se avsnitt, 3.0 Resultat). X-aksen viser sted, y-aksen viser gjennomsnittlig arealprosenten. Standardavvik vises på toppen av stolpediagrammene. Blå = fisk i merder under innhenting, Oransje = brakklagte anlegg under innhenting, Grønn = kontroll områder. Grafer med forskjellig bokstav er signifikant forskjellig fra hverandre.



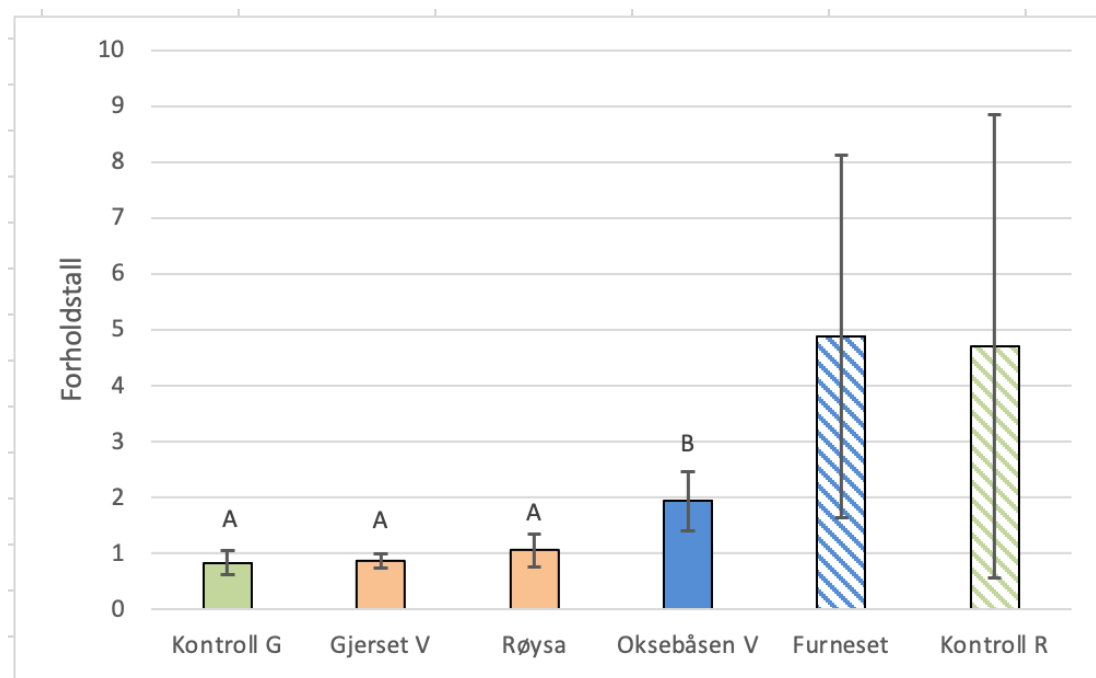
For DHA var kontroll Grytafjorden og Gjerset V signifikant forskjellige fra hverandre og de andre anleggene, se Figur 12. De hadde den høyeste verdien av DHA, på  $5,7 \pm 0,7$  og  $8,1 \pm 0,8$ . Oksebåsen V og Røysa var derimot ikke signifikant forskjellig fra hverandre, med gjennomsnittsarealprosent på  $4,6 \pm 0,7$  og  $4,7 \pm 0,5$ .

For EPA var det kun Oksebåsen V som var signifikant forskjellig fra Gjerset V og kontroll Grytafjorden. Gjennomsnittsverdien for Oksebåsen V var  $10,6 \pm 2,2$ , hvor Gjerset V og kontroll Grytafjorden hadde  $14,4 \pm 2,3$  og  $15,8 \pm 2,8$ . Røysa var ikke signifikant forskjellig fra Oksebåsen V, Gjerset V og kontroll Grytafjorden med en gjennomsnittsarealprosent på  $13,3 \pm 2,9$ .



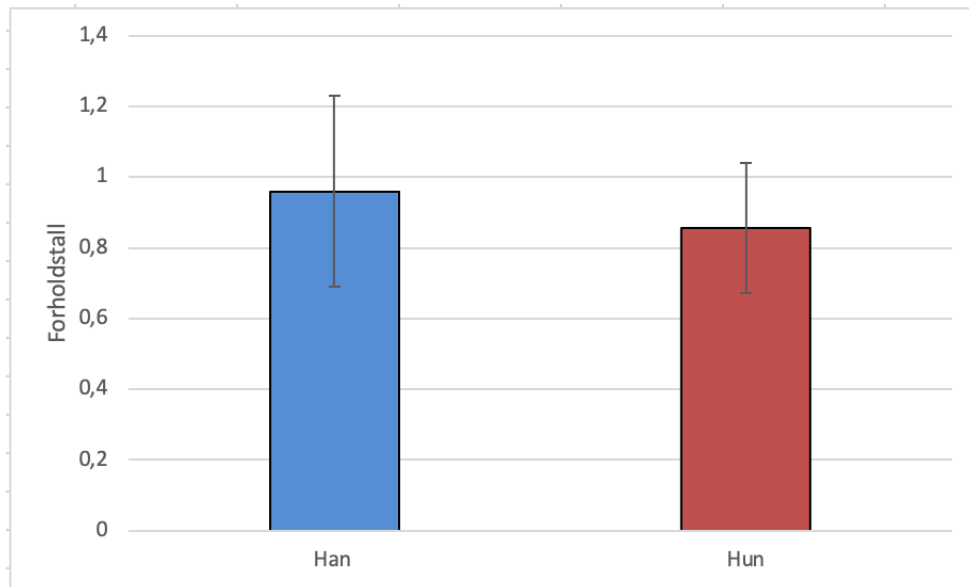
Figur 12. Innholdet av DHA og EPA i sjøkreps funnet på Gjerset V, Kontroll Grytafjorden, Oksebåsen og Røysa. Furneset og kontroll Romsdalsfjorden er skravert grunnet upålitelige målingsresultater (se avsnitt, 3.0 Resultat). X-aksen viser sted, y-aksen viser arealprosenten. Standardavvik vises på toppen av stolpediagrammene. Grafer med forskjellig bokstav er signifikant forskjellig fra hverandre.

Forholdet mellom vegetabiliske og marine fettsyrer varierer fra de ulike områdene som vist i Figur 13. Variansanalysen viste at det var signifikant forskjell mellom Oksebåsen V og de resterende områdene. Det var ingen statistisk signifikant forskjell mellom kontroll Grytafjorden, Gjerset V og Røysa. Gjennomsnittsratioen for de ulike lokasjonene var Oksebåsen V  $1,93 \pm 0,53$ , Røysa  $1,05 \pm 0,30$ , Gjerset V  $0,86 \pm 0,12$  og kontroll Grytafjorden  $0,83 \pm 0,21$ . Forholdet mellom vegetabiliske og marine fettsyrer var tilnærmet 2:1 for Oksebåsen V og 1:1 for Røysa. Gjerset V og kontroll Grytafjorden hadde derimot høyere verdier av marine fettsyrer.



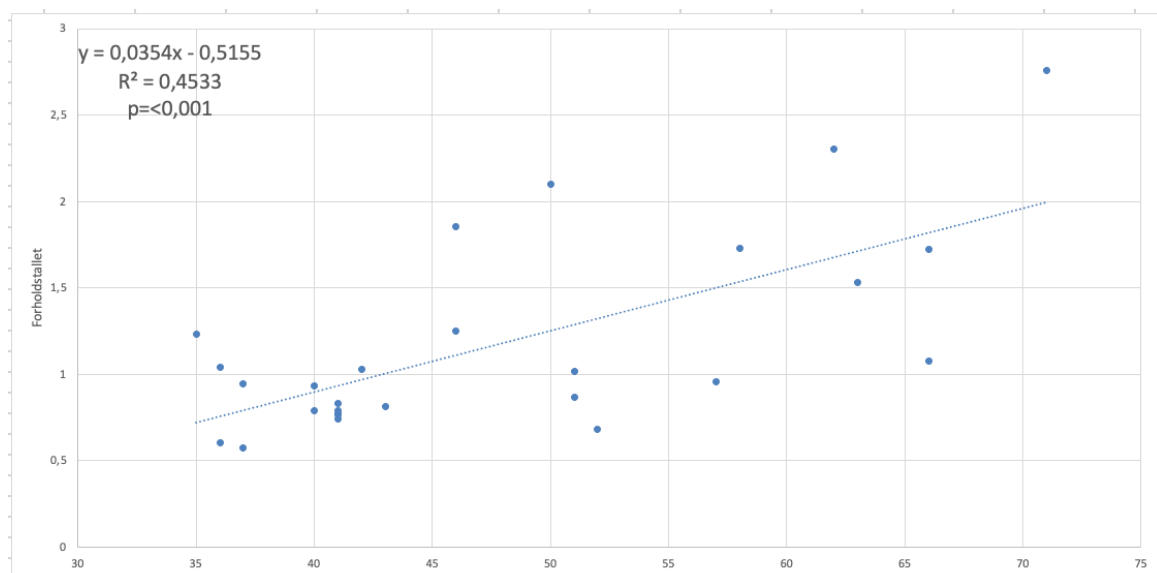
Figur 13. Forholdet mellom vegetabiliske og marine fettsyrer for Kontroll Grytafjorden, Gjertset V, Røysa og Oksebåsen V. Furneset og kontroll Romsdalsfjorden er skravert grunnet upålitelige målingsresultater (se avsnitt, 3.0 Resultat). X-aksen viser sted og y-aksen viser gjennomsnittsratio mellom vegetabiliske og marine fettsyrer. Grafer med forskjellig bokstav er signifikant forskjellig fra hverandre. Standardavvik vises på toppen av stolpediagrammene. Blå = fisk i merder under innhenting, Oransje = brakklagte anlegg under innhenting, Grønn = kontroll områder.

Kjønnsfordeling av sjøkrepsen, og forholdet mellom vegetabiliske og marine fettsyrer er vist i Figur 14. Oksebåsen V ble ekskludert fra resultatet på bakgrunn av at majoriteten av sjøkrepsen fra lokaliteten var hanner (Vedlegg 1). Dermed ble det kun utført en tosidig t-test basert på data fra lokasjonene Gjerset V, Røysa og kontroll Grytafjorden. Fra den tosidige t-testen viste p-verdien ingen signifikant sammenheng mellom ratioen og kjønnene. Gjennomsnittsförholdet var  $0,96 \pm 0,27$  for hannindivider og  $0,86 \pm 0,19$  for hunnindivider.



Figur 14. Ratioen mellom vegetabiliske og marine fettsyrer er vist i Y-aksen og X-aksen viser kjønnsfordelingen. Standardavviket er vist i toppen av hver graf.

Oksebåsen V, Gjerset V, Røysa og kontroll Grytafjorden ble brukt for å se på forholdet mellom ryggskjoldlengde og ratioen av vegetabiliske og marine fettsyrer, i Figur 15. Den stigende trendlinjen viser en tydelig positiv sammenheng mellom fettsyreratioen og ryggskjoldlengde, hvor høy andel av vegetabiliske fettsyrer korrelerer positivt med stor ryggskjoldlengde. Pearson correlation test viste at P-verdien var 0,001, som betyr at det er signifikant sammenheng mellom ratio og ryggskjoldlengde.



Figur 15. Forholdet mellom ryggskjoldlengde og ratio av vegetabiliske og marine fettsyrer. Y-aksen viser ratio, og X-aksen viser ryggskjoldlengde i millimeter. Ryggskjoldlengde og fettsyreratio er hentet fra lokalitetene Oksebåsen V, Gjerset V, Røysa og kontroll Grytafjorden.

## 4.0 Diskusjon

Gjennom denne studien har det blitt undersøkt om man finner en høyere konsentrasjon av vegetabilske fettsyrer i sjøkreps som var fanget i nærheten av oppdrettsanlegg, sammenliknet med kreps som er fanget lengre unna. Datainnsamlingen av råmateriale ble gjort i perioden januar til mars 2023, hvor anleggene Oksebåsen V, Furneset, Røysa og Gjerset V ble brukt i resultatet. I tillegg til anleggene ble det også hentet prøver fra kontrollområder i Grytafjorden og Romsdalsfjorden. Datasettet fra Furneset og kontroll Romsdalsfjorden ble derimot ikke brukt i de statistiske testene.

Det var flere grunner til at datasettet fra Romsdalsfjorden ble ekskludert fra de statistiske signifikanstestene. Verdiene innad i de to gruppene viste store variasjoner, som resulterte i store standardavvik. Dette ser man spesielt på Figur 13 som viser forholdstallet mellom vegetabilske og marine fettsyrer. Man ser også at gjennomsnittsverdien er mellom 2.5 og 5 ganger høyere enn nivåene fra de andre stasjonene. Det kan være flere grunner til dette.

En mulighet er at individene fra de to populasjonene er blandet sammen under innsamlingen. Sjøkrepsen fra Romsdalsfjorden ble samlet inn i forbindelse med et intensivt fiskeri. Dette gjør at fiskeriet foregår på en svært effektiv måte, og det er en mulighet for at man mister kontrollen på hvor sjøkrepsen kommer fra. Dette vil kunne forklare at det er så stor variasjon innad i populasjonene.

En annen mulighet er at krepsen ikke har blitt behandlet godt nok etter fangst. Ved opparbeiding av ekstraksjon på disse prøvene luktet sjøkrepsen surt, og leveren var mer oppløst sammenlignet med de andre prøvene fra Grytafjorden og Vigrafjorden. I tillegg til dette var det også problemer med første ekstraksjon, da klor-olje-fasen ikke skilte seg under sentrifugering. Prøvene ble dermed avdampet over tre uker. Ved forsøk to ble ekstraksjonen en suksess. Siden man ikke hadde kontroll på hvordan sjøkrepsen ble behandlet etter fangst, er man usikre på hvorfor de hadde dårligere kvalitet. Det kan tyde på at sjøkrepsen har blitt dårlig, enten på grunn av brutt frysekjede, temperaturen på fryser kan ha variert mye, det har tatt lang tid før nedfrysing eller at krepsen har dødd før innfrysning. Forsøk på kvalitetstap av fryst hepatopankreas fra krabben *Eriocheir sinensis*, har vist at hepatopankreas blir påvirket av fryselagring over lengre perioder, som fører til en endring i fettsyreprofilen (Fan, *et al.* 2022). Lipidperoksidasjon er en reaksjon som i de fleste tilfeller tar form gjennom en

ukontrollert reaksjon. Denne reaksjonen er også kalt autooksidering, hvor oksygenmolekyler angriper karbon til karbon dobbeltbindinger i flerumettede fettsyrer (Aarnes, 2023).

Reaksjonen er hovedårsaken til endringer i farge, tekstur, smak og tap av næringskvalitet.

Hvor lenge prøvene har ligget i fryseren før disseksjon kan dermed ha gitt en innvirkning på resultatet.

En tredje mulighet er at hele Romsdalsfjorden er påvirket av oppdrett. I henhold til Vedlegg 3 ser man at Romsdalsfjorden har flere aktive sjøanlegg for matfisk og settefiskanlegg. Den maksimale biomassen som er tillatt for sjøanleggene sammenlagt, er over 30 000 tonn.

Totalutslippet av organisk materiale fra middelsstore anlegg ligger på mellom 1,5-3 tonn daglig (Kutti, 2007). Gitt at det er en pågående produksjon ved de 10 anleggene, tilsvarer dette mellom 15-30 tonn utslipp av organisk materiale i Romsdalsfjorden. Strømmen i fjorder er som regel lavere enn langs kysten (Grefsrud, et al. 2022). På Tautra i Midfjorden ble det målt en strømhastighet på 12 cm/s mellom fastlandet og Otrøya (Gjevik, et al. 2012). Det har også blitt målt en strømhastighet mellom 20-45cm/s ved Sekken i Romsdalsfjorden på 1-10 meters dyp (Albertsen, et al. 2022). Strømmen ved Sekken gikk i hovedsak vestover i april måned, men østover i juni 2022 på 10 meters dyp. Spredningen av organisk materiale kan dermed dekke store områder avhengig av dybde og bunnforhold. Det kan derfor ikke avskrives at den store individuelle variasjonen i fettsyresammensetning for kreps fanget i Romsdalsfjorden, skyldes store utslipp i fjorden.

Furneset og Oksebåsen V var de to anleggene som hadde fisk i merdene under innsamlingen av sjøkreps. Dette vil si at det var aktiv fôring på anleggene, og muligheter for fôrutslipp. Ifølge krepsfiskeren som fanget krepsen på Oksebåsen V og Røysa, var det ingen kreps i nærheten av Oksebåsen V. Ifølge Lars Lillevold, sjøkrepsfisker i Møre og Romsdal (personlig samtale ved overlevering av kreps, 07.02.2023), hadde han prøvd å sette ut teiner i området rundt Oksebåsen V, men ikke fått kreps der grunnet dårlige bunnforhold. Åkerblå sin B-undersøkelse viser derimot gjennomgående meget god på bunnforhold ved anlegget (Åkerblå, 2021). På bakgrunn av utsagnet til Lars Lillevold ble sjøkrepsen fra Oksebåsen V dermed hentet 1,11 km fra anlegget (Vedlegg 2). Teinen ble likevel plassert i korrekt posisjon i forhold retningen av den dominerende vannstrømmen, se Figur 4. Undersøkelser viser at det er en vesentlig påvirkning fra nedfall av partikulært organisk materiale opp til 700-800m fra oppdrettsanlegg (Grefsrud, et al. 2022). Dette vil si at selv om individene ble hentet inn 1,11 km fra anlegget, vil nedfallet av fôr eksistere i området grunnet vannstrømmen.

Anleggene Røysa og Gjerset V var begge brakklagt under innhenting av prøver fra områdene. Gjerset V var anlegget med lengst brakkleggingstid på 3 måneder før innhenting, mens Røysa hadde vært brakklagt i 2 måneder. Oljesyre (C18:1n-9) og LA (C18:2n-6) hadde ingen signifikante forskjeller mellom Røysa, Gjerset V og kontroll Grytafjorden. Oksebåsen V var signifikant forskjellig sammenlignet med de andre områdene. Det var imidlertid ingen signifikant forskjell mellom de to brakklagte områdene og Oksebåsen V på innholdet av ALA (C18:3n-3). Både LA og ALA fungerer som et substrat for ytterlige forlengelser av flerumettede fettsyrer (PUFA) til langkjededede flerumettede fettsyrer (LC-PUFA) (Shu-Chien, 2017). Flere studier har derimot vist at LC-PUFA som arakidonsyre (ARA), har en begrenset evne til å biosyntetisere i krepsdyr (Lim, *et al.* 2017, González-Félix *et al.* 2010). Dermed vil ALA bruke lengre tid på å bli omsatt til ARA. Dette kan forklare hvorfor det ikke er en signifikant forskjell mellom de to brakklagte anleggene og området med pågående oppdrett, på innhold av ALA. En naturlig respons av høy akkumulering av PUFA er lavere verdier av svært umettede fettsyrer (HUFA), som EPA og DHA (González-Félix, *et al.* 2010). Gjerset V og Røysa har derimot høye verdier av EPA og DHA. EPA og DHA har bedre vekstfremmende effekter sammenlignet med ALA, som kan være en effekt av den begrensede evnen til å biosyntetisere PUFA til LC-PUFA (Lim, *et al.* 1997). En effekt av dietter med lavt innhold av PUFA har derimot også vist høy akkumulering av oljesyre C18:1n-9 (Lim, *et al.* 1997). Dette gjenspeiles i resultatet vårt hvor man har høye verdier av oljesyre.

Forholdet mellom vegetabiliske og marine fettsyrer var størst for Oksebåsen V med tilnærmet 2:1. Anlegget var signifikant forskjellig fra Gjerset V, Røysa og kontroll Grytafjorden, hvor Røysa hadde et 1:1 forhold. Røysa var anlegget med kortest brakkleggingstid (2 måneder) før innhenting av prøvene. Det er ingen statistisk signifikans mellom Røysa, Gjerset V og kontroll Grytafjorden. Dette tyder på at aktiv føring på matfiskanlegg har en direkte innvirkning på innholdet av vegetabiliske fettsyrer i sjøkreps. Etter brakklegging endres dermed innholdet av vegetabiliske oljer i fettsyreprofilen til sjøkreps.

Forholdstallet mellom vegetabiliske og marine fettsyrer var ikke forskjellig når man sammenlignet hann og hunn (Figur 14). Tidligere forskning med hensyn til diett hos *Nephrops norvegicus*, har vist at det ikke er signifikant sammenheng mellom kjønnene (Zacchetti, 2022). Ser man på de ulike årstidene, fant studien heller ikke noen statistisk signifikant sammenheng mellom kjønnene.

Figur 15 viser sammenhengen mellom ryggskjoldlengde og forholdet mellom vegetabiliske og marine fettsyrer. Med en p-verdi under 0,05, betyr det at dataen har statistisk signifikant sammenheng. Oksebåsen V har en stor påvirkning på denne grafen, siden det er hovedsakelig store kreps som ble fanget der. Samtidig ser man at kreps fra Oksebåsen V har høyest innhold av vegetabiliske fettsyrer. Selv om man utelukker Oksebåsen V er det fremdeles en positiv korrelasjon mellom størrelse og ratio. Sjøkreps er en art som har variert diett, blant annet krepsdyr, fisk og bløtdyr, enten som en predator eller åtseleter (Cristo, 1998). Det er også en art som har ulik diett ut fra størrelse. I og med at dietten varierer ut fra størrelse, kan dette tyde på at stor sjøkreps enten spiser mer fôrpellets eller andre dyr som har akkumulert fôrrester i større grad enn de mindre sjøkrepsene.

## 5.0 Konklusjon

Problemstillingen for denne studien har vært om *Nephrops norvegicus*, også kjent som sjøkreps, beiter på fôrspill under oppdrettsanlegg i norske fjorder. Hypotesen for studiet var at man vil finne en høyere konsentrasjon av vegetabiliske fettsyrer i sjøkreps fanget i nærheten av oppdrettsanlegg, sammenlignet med lengre unna.

Studien vår bekrefter at *N. norvegicus* beiter på fôrnedfall fra oppdrettsmerder. Nivået av vegetabiliske fettsyrer er høyest på lokaliteten som var i aktiv drift ved innsamling av sjøkreps. Vegetabiliske fettsyrer er også påvist i nærheten av brakklagte anlegg og ved kontrollområdene. Dette indikerer to ting – nivået av vegetabiliske fettsyrer i sjøkreps går ned ved brakklagging av anlegg, og fôrspill spres over større områder enn tidligere antatt gitt riktig vannstrøm.

Det ble også påvist at det ikke er noe forskjell på fettsyre-ratio mellom hannkjønn og hunnkjønn. Videre ble det også vist at det var en positiv korrelasjon mellom størrelse og forholdet mellom vegetabiliske og marine fettsyrer, men årsaken til dette er ikke fastslått.

Det vil derfor kreve mer forskning på forholdet mellom størrelse og forholdstallet av vegetabiliske og marine fettsyrer. Samtidig bør videre studier fokusere på om den unormale variasjonen i Romsdalsfjorden er reell, og flere områder må undersøkes for tilsvarende avvik. Alle undersøkte lokasjoner viser at sjøkreps spiser fôrspill, og at alle var påvirket av vegetabiliske fettsyrer. Dette viser at påvisning av vegetabiliske fettsyrer hos krepsdyr fungerer som en indikasjon på at store områder blir påvirket av driften fra oppdrett.



## Referanseliste

- Aarnes, H (2023) *Lipidperoksidering*. <https://snl.no/lipidperoksidering> (Hentet 08.05.2023)
- Aas, T. S., Åsgård, T., & Ytrestøyl, T. (2022). *Utilization of feed resources in the production of Atlantic salmon (Salmo salar) in Norway: An update for 2020*. (26, 101316). *Aquaculture Reports*. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101316>
- Akvakulturforskriften (2008) *Kapittel 4. Ytterligere krav ved produksjon av stamfisk og matfisk, § 40.Driftsplan og brakklegging*. Tilgjengelig fra: [https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-06-17-822#KAPITTEL\\_4](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-06-17-822#KAPITTEL_4) (Hentet 21.05.2023)
- Albertsen, J., Asplin, L. & Sandvik, A. D. (2022). *Fysisk oseanografiske forhold i produksjonsområdene for akvakultur – oppdatering september 2022*. (2022-34). Havforskningsinstituttet. Tilgjengelig fra: <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2022-34#sec-2-2>
- Bakketeig, I., Gjosæter, H., Hauge, M., Loeng, H., Sunnset, B. H., & Toft, K. Ø. (2013). *Havforskningsrapporten 2013*. (1-2013). Havforskningsinstituttet. Tilgjengelig fra: <http://hdl.handle.net/11250/114137>
- Barentswatch. (2023a). *Furneset*. Tilgjengelig fra: <https://www.barentswatch.no/fiskehelse/locality/13669> (Hentet: 25.04.2023)
- Barentswatch. (2023b). *Gjerset V*. Tilgjengelig fra: <https://www.barentswatch.no/fiskehelse/locality/31717> (Hentet: 25.04.2023)
- Barentswatch. (2023c). *Røysa*. Tilgjengelig fra: <https://www.barentswatch.no/fiskehelse/locality/12298> (Hentet: 25.04.2023)
- Barentswatch. (2023d). *Oksebåsen V*. Tilgjengelig fra: <https://www.barentswatch.no/fiskehelse/locality/10181> (Hentet: 25.04.2023)
- Bergheim, A., & Braaten, B. (2007). *Modell for utslipp fra norske matfiskanlegg til sjø*. Rapport fra IRIS, 180, 35, 5. Tilgjengelig fra: <http://ancylus.net/Filbas/SFTVekstUtslipp07.pdf>

- Blaalid, G. E. (2018). *Vegetabiliske oljer i laksefôr*, Kyst.no. Tilgjengelig fra: <https://www.kyst.no/arkiv/vegetabiliske-oljer-i-laksefr/719355> (Hentet 08.02.2023)
- Cristo, M. (1998). *Feeding ecology of Nephrops norvegicus (Decapoda: Nephropidae)*. (32(10-11), 1493-1498). Journal of natural history. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1080/00222939800771021>
- European Food Safety Authority (EFSA). (2005). *Opinion of the scientific panel on animal health and welfare (AHAW) on a request from the commission related to the aspects of the biology and welfare of animals used for experimental and other scientific purposes*. (3(12), 292). EFSA Journal. Tilgjengelig fra: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2005.292>
- Eriksson, S. P., Hernroth, B., & Baden, S. P. (2013). *Stress biology and immunology in Nephrops norvegicus*. Advances in marine biology (Vol. 64, pp. 149-200). Academic Press. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410466-2.00005-4>
- Fan, L., Xian, C., Tang, S., Ding, W., Xu, C. H., & Wang, X. C. (2022). Effect of frozen storage temperature on lipid stability of hepatopancreas of Eriocheir sinensis. (154, 112513). LWT. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112513>
- Fiskeridirektoratet. (2023a). *Biomassestatistikk etter produksjonsområde, Innrapportert uttak av fisk til slakt (antall og mengde): Uttak av slaktet fisk fordelt på art 2017-2023 (Produksjonsområde)*. Tilgjengelig fra: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Biomassestatistikk/Biomassestatistikk-etter-produksjonsomraade/> (Hentet 28.04.2023)
- Fiskeridirektoratet. (2023b). *Biomassestatistikk etter produksjonsområde, Innrapportert forbruk av fôr: Forbruk av fôr fordelt på art 2017-2023(Produksjonsområde)*. Tilgjengelig fra: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Biomassestatistikk/Biomassestatistikk-etter-produksjonsomraade/> (Hentet 28.04.2023)
- Fiskeridirektoratet. (2023) *B-undersøkelser*. Tilgjengelig fra: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Drift-og-tilsyn/Overvaaker-miljoepaavirkningen/B-undersokelser> (Hentet: 25.04.2023)

- Gjevnik, B., Gundersen, E. & Sandbo, H. C. (2012) *Vurderinger av potensialet for kraftproduksjon i forbindelse med bruere langs ferjefri E39*. (Rapport nr. 105. 21 sider). Statens vegvesen. Tilgjengelig fra: <http://hdl.handle.net/11250/2557799>
- González-Félix, M. L., da Silva, F. S. D., Davis, D. A., Samocha, T. M., Morris, T. C., Wilkenfeld, J. S., & Perez-Velazquez, M. (2010). *Replacement of fish oil in plant based diets for Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei)*. (309(1-4), 152-158). *Aquaculture*. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.08.028>
- Grefsrud, E. S., Andersen, L. B., Bjørn, P. A., Grøsvik, B. E., Hansen, P. K., Husa, V., ... & Stien, L. H. (2022). *Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2022-risikovurdering—Effekter på miljø og dyrevelferd i norsk fiskeoppdrett*. Rapport fra havforskningen. Tilgjengelig fra: <https://www.hi.no/templates/reporteditor/report-pdf?id=56843&38540147>
- Johansson, A. S. (2023). *Cephalothorax*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/cephalothorax> (Hentet: 13.02.2023)
- Katoh, E., Sbragaglia, V., Aguzzi, J., & Breithaupt, T. (2013). *Sensory biology and behaviour of Nephrops norvegicus*. (64, 65-106). *Advances in marine biology*. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410466-2.00003-0>
- Kibenge, F. S., & Strange, R. J. (2021). Introduction to the anatomy and physiology of the major aquatic animal species in aquaculture. In *Aquaculture Pharmacology*. (pp. 1-111). Academic Press. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821339-1.00001-5>
- Kutti, T. (2007). Oppdrett stimulerer dyreliv i fjordene, *Havforskningsnytt*. Tilgjengelig fra: <http://hdl.handle.net/11250/115421>
- Lim, C., Ako, H., Brown, C. L. & Hahn, K. (1997). *Growth response and fatty acid composition of juvenile Penaeus vannamei fed different sources of dietary lipid*. (151(1-4), 143-153, ISSN 0044-8486) *Aquaculture*. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01500-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01500-1)
- Mareano. (2023) *Mareano kart*. Tilgjengelig fra: <http://www.mareano.no/kart/mareano.html> (Hentet 23.04.2023)

- Meier, S., van der Meeren, T., Skjæraasen, J. E., Bannister, R. J., Rasinger, J. D. & Karlsen, Ø. (2023). *Terrestrial fatty acids from feed oil in feed for farmed salmonids are transferred to the liver, gonads, and muscle of wild Atlantic cod (Gadus morhua)*. (fsad051). ICES Journal of Marine Science. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsad051>
- Mejdell, C. (2003). *Forsvarlig avlivning av tifoekreps*. Mattilsynet. Tilgjengelig fra: [https://www.mattilsynet.no/fisk\\_og\\_akvakultur/fiskevelferd/veso\\_forsvarlig\\_avlivning\\_av\\_tifoekreps\\_2003.5927/binary/VESO%20Forsvarlig%20avlivning%20av%20tifoekreps%202003](https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskevelferd/veso_forsvarlig_avlivning_av_tifoekreps_2003.5927/binary/VESO%20Forsvarlig%20avlivning%20av%20tifoekreps%202003) (Hentet: 01.02.2023)
- Møreforskning. (2020, 31.03). *Oppfølging sjøkrepsressursen i Møre og Romsdal*. Tilgjengelig fra: <https://www.moreforsk.no/prosjekter/marin/ressurser/oppfolging-sjokrepsressursen-i-more-og-romsdal/737/3447/>
- Quintana, X. D., Comiín, F. A. & Moreno-Amich, R. (1998) *Nutrient and plankton dynamics in a Mediterranean salt marsh dominated by incidents of flooding. Part 2: Response of the zooplankton community to disturbances*, Journal of Plankton Research. Volume 20, Issue 11, 1998, Pages 2109–2127. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1093/plankt/20.11.2109>
- R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Tilgjengelig fra: <https://www.R-project.org/>
- Shu-Chien, A. C., Han, W. Y., Carter, C. G., Fitzgibbon, Q. P., Simon, C. J., Kuah, M. K., Battaglione, S. C., Codabaccus, B.M. & Ventura, T. (2017) *Effect of dietary lipid source on expression of lipid metabolism genes and tissue lipid profile in juvenile spiny lobster Sagmariasus verreauxi*. (479, 342-351 ISSN 0044-8486). Aquaculture. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.05.036>
- Skretting. (2021). *ENVIRONMENTAL FOOTPRINT OF SKRETTING NORWAY SALMON FEED*. Tilgjengelig fra: [https://www.skretting.com/siteassets/local-folders/norway/environmental\\_footprint\\_of\\_salmon\\_feed\\_2020\\_skretting\\_norway.pdf?v=4a053e](https://www.skretting.com/siteassets/local-folders/norway/environmental_footprint_of_salmon_feed_2020_skretting_norway.pdf?v=4a053e)

- Søvik, G (2022) *Sjøkreps*. Havforskningsinstituttet. Tilgjengelig fra: <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/sjokreps> (Hentet: 17.01.2023)
- Tuck, I. D., Atkinson, R. J. A., & Chapman, C. J. (2000). *Population biology of the Norway lobster, Nephrops norvegicus (L.) in the Firth of Clyde, Scotland II: fecundity and size at onset of sexual maturity*. (57(4), 1227-1239). ICES Journal of Marine Science. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0809>
- Uglem, I., Toledo-Guedes, K., Sanchez-Jerez, P., Ulvan, E. M., Evensen, T., & Sæther, B. S. (2020). *Does waste feed from salmon farming affect the quality of saithe (Pollachius virens L.) attracted to fish farms?* (51(4), 1720-1730). Aquaculture research. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1111/are.14519>
- van der Meeren, G., Woll, A. K., & Søvik, G. (2008). *En utredning for Mattilsynet for kunnskapsstøtte om anatomi og fysiologi hos tiftokreps med vekt på nervesystemet og velferd*. Havforskningen. Tilgjengelig fra: <http://hdl.handle.net/11250/116579>
- White, C. A., Woodcock, S. H., Bannister, R. J., & Nichols, P. D. (2019). *Terrestrial fatty acids as tracers of finfish aquaculture waste in the marine environment*. (11(1), 133-148). Reviews in Aquaculture. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1111/raq.12230>
- Zacchetti, L., Martinelli, M., Colella, S., Santojanni, A., & Fanelli, E. (2022). *Seasonal variations in the feeding ecology of Nephrops norvegicus in the Adriatic Sea: Insights from stomach contents and stable isotope analyses*. (695, 109-123). Marine Ecology Progress Series. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.3354/meps14119>
- Åkerblå. (2021a). *B-undersøkelse for lokalitet 12298 Røysa (102451)*. Åkerblå. Tilgjengelig fra: <https://api.fiskeridir.no/aqua-env-reports-ws/api/v1/env-reports/AR445873189/attachments/67555>
- Åkerblå. (2021b). *B-undersøkelse for lokalitet 10181 Oksebåsen V. (101000-01-001)*. Åkerblå. Tilgjengelig fra: <https://api.fiskeridir.no/aqua-env-reports-ws/api/v1/env-reports/AR416511823/attachments/59042>
- Åkerblå. (2021c). *B-undersøkelse for lokalitet 31717 Gjerset V. (102541-01-002)*. Åkerblå. Tilgjengelig fra: <https://api.fiskeridir.no/aqua-env-reports-ws/api/v1/env-reports/AR418524523/attachments/59375>

Åkerblå. (2021d). *B-undersøkelse for lokalitet 13669 Furneset*. (102714-01-001). Åkerblå.

Tilgjengelig fra: [file:///C:/Users/hthor/Downloads/20210916\\_MOM-B\\_185\\_org-966840528\\_lok-13669%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/hthor/Downloads/20210916_MOM-B_185_org-966840528_lok-13669%20(2).pdf)

## VEDLEGG

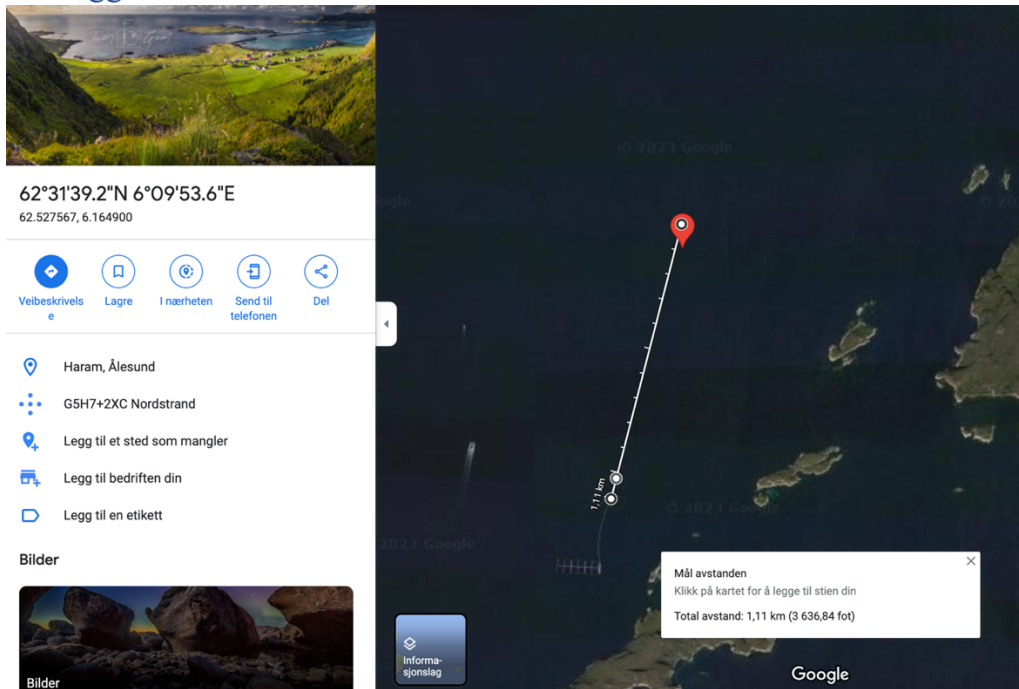
Vedlegg 2. Google Maps (2023). Distanse utsnitt mellom nærmeste anlegg og innhentet sjøkreps. <https://www.google.com/maps>

Vedlegg 3. Fiskedirektoratets kartverk (2023). Utsnitt av aktive anlegg i Romsdalsfjorden. <https://portal.fiskeridir.no/portal/apps/webappviewer/index.html?id=87d862c458774397a8466b148e3dd147>

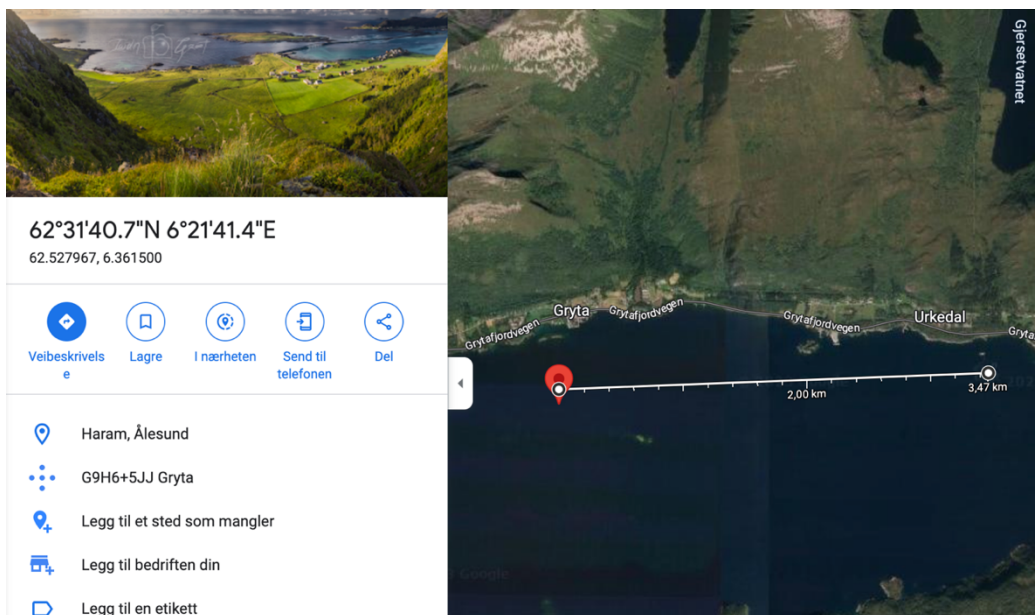
# Vedlegg 1

Prosjekt	Sted	Høyde	Overflate	C31	C32	C33	C34	C35	C36	C37	C38	C39	C40	C41	C42	C43	C44	C45	C46	C47	C48	C49	C50	C51	C52																																																				
Ostlandet	Stord	71 mm	0,06	13,01	6,21	5,48	27,11	8,44	4,36	1,18	2,47	8,42	2,86	3,55	0,64	8,11	1,07	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																																			
																											71 mm	0,06	13,01	6,21	5,48	27,11	8,44	4,36	1,18	2,47	8,42	2,86	3,55	0,64	8,11	1,07	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																										
																																																				71 mm	0,06	13,01	6,21	5,48	27,11	8,44	4,36	1,18	2,47	8,42	2,86	3,55	0,64	8,11	1,07	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
																																																																													71 mm
	71 mm	0,06	13,01	6,21	5,48	27,11	8,44	4,36	1,18	2,47	8,42	2,86	3,55	0,64	8,11	1,07	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																																				
																										71 mm	0,06	13,01	6,21	5,48	27,11	8,44	4,36	1,18	2,47	8,42	2,86	3,55	0,64	8,11	1,07	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																											
																																																			71 mm	0,06	13,01	6,21	5,48	27,11	8,44	4,36	1,18	2,47	8,42	2,86	3,55	0,64	8,11	1,07	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
																																																																												71 mm	0,06
	71 mm	0,06	13,01	6,21	5,48	27,11	8,44	4,36	1,18	2,47	8,42	2,86	3,55	0,64	8,11	1,07	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																																				
																										71 mm	0,06	13,01	6,21	5,48	27,11	8,44	4,36	1,18	2,47	8,42	2,86	3,55	0,64	8,11	1,07	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																											
																																																			71 mm	0,06	13,01	6,21	5,48	27,11	8,44	4,36	1,18	2,47	8,42	2,86	3,55	0,64	8,11	1,07	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
																																																																												71 mm	0,06
71 mm	0,06	13,01	6,21	5,48	27,11	8,44	4,36	1,18	2,47	8,42	2,86	3,55	0,64	8,11	1,07	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																																				
																										71 mm	0,06	13,01	6,21	5,48	27,11	8,44	4,36	1,18	2,47	8,42	2,86	3,55	0,64	8,11	1,07	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																											
																																																			71 mm	0,06	13,01	6,21	5,48	27,11	8,44	4,36	1,18	2,47	8,42	2,86	3,55	0,64	8,11	1,07	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
																																																																												71 mm	0,06
71 mm	0,06	13,01	6,21	5,48	27,11	8,44	4,36	1,18	2,47	8,42	2,86	3,55	0,64	8,11	1,07	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																																					

## Vedlegg 2

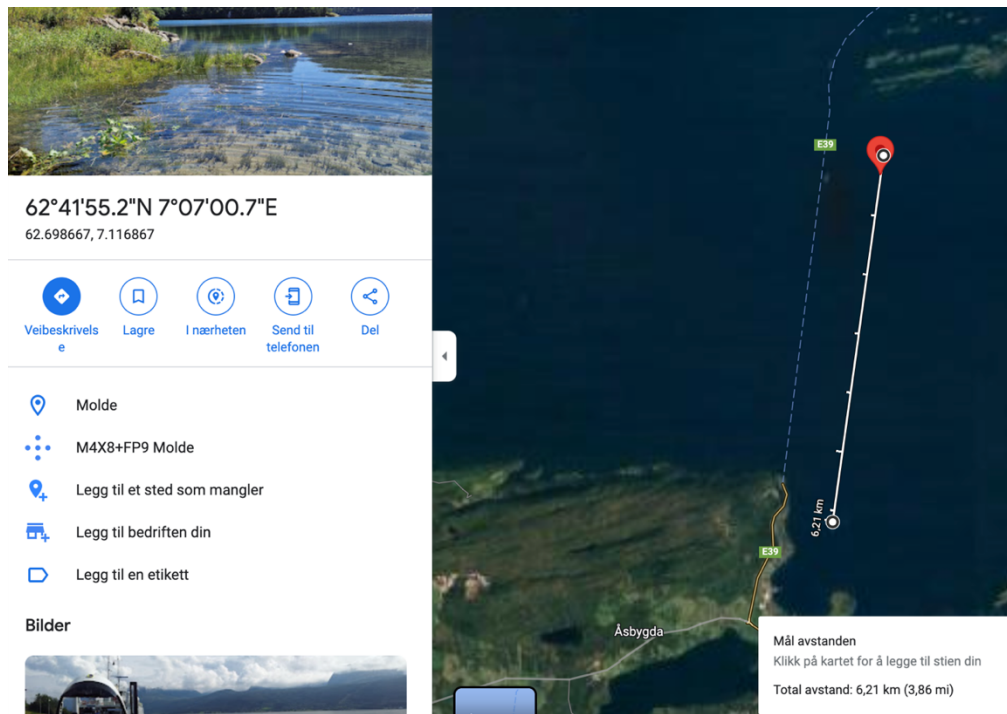


Viser kartutsnitt av distanse mellom fangstområde og Oksebåsen V, anlegg (Google Maps, 2023).



Viser kartutsnitt av distanse mellom fangst område av kontroll G og Gjerstet V (Google Maps, 2023).





Viser kartutsnitt av distanse mellom fangst område av kontroll R og Furneset (Google Maps, 2023).

### Vedlegg 3



Viser kartutsnitt av Romsdalsfjorden. De røde prikkene viser matfiskanlegg, lilla viser settefiskanlegg og gule viser landanlegg med matfisk. Matfisk lokalitet laks (MTB): Furneset (4680), Gjermundnes (3120), Skarbukta (3120), Lybergsvika (4680), Seterneset (2340), Setevika N (3120), Setevika (3120), Juvika (780) og Myrane (3120). Matfisk Lokalitet Torsk (MTB): Vorpeneset (3599). Dette utgjør totalt 31679 tonn fisk (Fiskedirektoratets kartverk, 2023).

