

CodX - Pilot

Kjønnssortering av oppdrettstorsk
for å forebygge gyting i merd



FAGLIG RAPPORT

Akvaplan-niva AS

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur

Org. nr. NO 937 375 158 MVA

Framsenteret

Hjalmar Johansens gate 14, 9007 Tromsø

www.akvaplan.no



Tittel	Faglig sluttrapport CodX-Pilot Kjønnssortering av oppdrettstorsk for å forebygge gyting i merd
Forfattere	Lauris Boissonnot, Elise Rønningen, Erlend Solem, Eivind Leirvik Nergaard, Stefan Paulsen
Dato	18.03.2026
Antall sider	13
Distribusjon	Offentlig
Oppdragsgiver	Kime Akva
Oppdragsg. ref	CodX-Pilot
Prosjektnummer	361890
Forregion Troms	

1 Bakgrunn

Torskeoppdrettsnæringen står overfor betydelige utfordringer knyttet til tidlig kjønnsmodning og gyting i merd. Tidlig kjønnsmodning er problematisk for velferd og prestasjon ettersom den ofte forårsaker en reduksjon i appetitt (Fordham og Trippel, 1999; Skjæraasen mfl., 2004; Taranger mfl., 2006) og om-allokering av energien til gonadeutvikling i stedet for vekst (Kjesbu mfl., 1991). Dessuten er kjønnsmodning knyttet til dårligere filetkvalitet (Puvanendran mfl., 2022). Hos kjønnsmodne hunntorsk kan eggene bli værende i bukhalen, hardne, og føre til dødelighet (Van Der Meeren og Ivannikov, 2006). Denne tilstanden, kjent som verpesyke, utgjør et alvorlig velferdsproblem (Henriksen mfl., 2018; Moldal mfl., 2025). Videre representerer tidlig kjønnsmodning av oppdrettstorsk en risiko for miljøet, ettersom rømming av kjønnsmoden torsk har vært dokumentert i flere studier (Jorde mfl., 2024; Jørstad mfl., 2014), hvor rømte individer ble funnet på naturlige gyteplasser for villtorsk. I tillegg til rømming av kjønnsmoden torsk, er gyting i merd ikke ønskelig ettersom den også representerer en miljøutfordring. Det er dokumentert at oppdrettstorsk kan produsere levedyktige larver som sprer seg i ville torskbestander og kan føre til genetisk forurensing (Jorde mfl., 2024; Jørstad mfl., 2008). Ifølge regelverket er torskeoppdretterne pliktig til å jevnlig evaluere graden av kjønnsmodning i merd ved visuell vurdering av gonader, basert på protokoll utviklet av Havforskningsinstituttet (Alix, M and Mihaljevic, M and Norberg, B, 2024). De forplikter seg også til å gjøre risikovurderinger for gyting i merd, samt ha en beredskapsplan dersom modningsstatus viser at gyting er nært forestående. Beredskapsplanen omfatter snarlig utslakting av hele produksjonsheten hvor kjønnsmodning er påvist (*Akvakulturdriftsforskriften* 2008). Et eksempel på dette skjedde i 2025, hvor myndighetene påla Norcod å slakte ut to hele merder på lokaliteten «Labukta» i Nordland (<https://www.kyst.no/kjonnsmodning-norcod-oppdrettstorsk/ma-slakte-ut-to-merder-med-oppdrettstorsk/1932977>). Dette medførte betydelige økonomiske tap for oppdretteren.

En bærekraftig og lønnsom utvikling av torskeoppdrett forutsetter praktiske løsninger for å redusere risikoen for tidlig kjønnsmodning og gyting i merd. Kunstig lys brukes i dag for å forhindre kjønnsmodning, men denne metoden forsinker kun kjønnsmodningen til en viss grad (Taranger mfl., 2006). Kjønnsortering, det vil si å holde hann- og hunnfisk adskilt i separate merder, kan være en effektiv strategi for å redusere risikoen for gyting, ettersom gyting hos torsk involverer et lek-lignende paringssystem (Hutchings mfl., 1999; Nordeide og Folstad, 2000; Rowe og Hutchings, 2003), hvor hannen posisjonerer seg under hunnen ved å holde henne med bukfinnene, for å frigjøre melke samtidig som hun slipper eggene (Brawn, 1961). Hos andre fiskearter finnes det indikasjoner på at kjønnsortering også kan benyttes for å unngå tidlig kjønnsmodning, ettersom sosial kommunikasjon, for eksempel via feromoner (Burnard mfl., 2008), kan spille en viktig rolle for initiering og/eller fullføring av kjønnsmodning. Det er derfor mulig at kjønnsortering også kan bidra til å forhindre tidlig kjønnsmodning i torskeoppdrett.

Kjønnsortering er ennå ikke utviklet for oppdrettstorsk, men metoden brukes allerede i kommersiell lakseproduksjon, hvor den kombinerer ultralyd og kunstig intelligens (KI). KI-modellene er trent til å gjenkjenne kjønn basert på menneskelige vurderinger av gonadenes utseende. Hos laks gjennomføres kjønnsorteringen under vaksinerings, når fisken veier 30–40 gram, med en nøyaktighet på nært 100 % (Boissonnot mfl., in prep.). Torsk skiller seg imidlertid fra laks både med hensyn til utvikling og morfologi. Det er derfor usikkert når torsken kan kjønnsorteres med tilstrekkelig nøyaktighet, og hvorvidt dagens teknologi må tilpasses for å

fungere pålitelig for denne arten. Å fastslå den minste størrelsen der kjønnsidentifisering er pålitelig, er avgjørende for å vurdere om kjønnsorteringen kan utføres allerede i settefiskfasen eller først i sjøfasen, noe som ikke er ønskelig ettersom håndtering av større fisk i merd øker risikoen for skader og redusert velferd. Denne informasjonen er også nødvendig for å avgjøre om kjønnsorteringen kan integreres i eksisterende håndteringsrutiner, som vaksinerings (30–40 g) eller utsett (80–200 g), eller om det kreves et ekstra håndteringstrinn. Ved å kartlegge minste størrelse for pålitelig kjønnsidentifisering, kan man samtidig teste og tilpasse ultralydundersøkelser, samt starte innsamling av bildemateriale for å trene KI-modeller. Dette er et viktig skritt på veien mot å utvikle automatisert kjønnsortering, noe som vil være avgjørende for torskoppdrettsnæringens videre utvikling.

2 Formål

Hovedmål

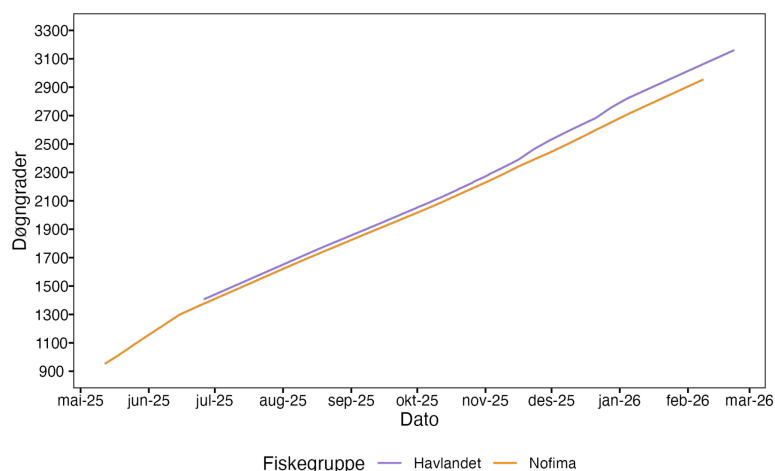
Utvikle og validere en pålitelig metode for kjønnsortering av oppdrettstorsk ved bruk av kombinasjon av ultralyd og KI.

Delmål

1. Dokumentere graden av kjønnsidentifisering ved ulike størrelser av torsk
2. Trene KI-modeller for automatisert kjønnsidentifisering basert på ultralydbilder

3 Material og metode

Kartlegging av kjønnsidentifiseringsgrad ved ulike størrelser av torsk ble gjennomført ved settefiskanlegget Rubbestad (lokalitet 11431), som er eid og driftet av Lerøy Aurora AS på vegne av KIME Akva AS. Rubbestad er et gjennomstrømningsanlegg med sjøvannsinntak og avansert vannbehandling, inkludert partikkelfiltrering og UV-desinfisering. I prosjektet ble to fiskegrupper fulgt opp: én fra Nofima-stammen (offentlig eid) og én fra Havlandet-stammen (privat eid). Disse to stammene representerer Norges to kultiverte torskelinjer, som begge har blitt avlet gjennom flere generasjoner og er uavhengige av hverandre. Begge stammene er i dag sentrale for torskenæringens tilgang på fisk til matfiskproduksjon. Fisk fra Nofima-gruppen ble flyttet først til Akvaplan-niva januar 2025 og deretter til Rubbestad mai 2025, mens fisk fra Havlandet-gruppen ble direkte flyttet til Rubbestad juli 2025. Begge gruppene hadde lik inkubasjonstemperatur på omtrent 6–7 °C, og antall døgngrader fulgte lik økning over tid mellom begge gruppene (Figur 1). Øvrige betingelser på Rubbestad, som vannmiljøet, fotoperiode (LD 24:0) og fôrtype (Skretting Amber Fortuna og Clean Labrus) var lik for begge gruppene.



Figur 1: Akkumulerte døgngrader for Nofima- og Havlandet-gruppene fra flytting til Rubbestad-anlegget og fram til utsett i sjø.

Prøveuttak ble gjennomført fra september 2025, da fisken var omtrent 40 g, til februar 2026, først månedlig, og senere bi-månedlig (Tabell 1).

Tabell 1: Oversikt over prøveutaksdato og gjennomførte undersøkelser. Obd.: identifisering av kjønn ved obduksjon; UL-kontroll: ultralydundersøkelse med håndholdt apparat; Bildeinns.: bildeinnsamling med Greenfox sin bordmodell for bildetaking ved ultralydteknologi; *: systematisk bildetaking av gonader ved obduksjon og kvalitetssikring av kjønnsidentifisering; x: gjennomført undersøkelse.

Dato	Nofima-gruppen			Havlandet-gruppen		
	Obd.	UL-kontroll	Bildeinns.	Obd.	UL-kontroll	Bildeinns.
05-09-2025	x			x		
06-10-2025	x			x		
03-11-2025	x		x	x		x
25-11-2025	x			x		
02-12-2025	x		x	x		x
22-12-2025	x			x		
08-01-2026	x		x	x		x
21-01-2026	x*	x		x*	x	
17-02-2026				x	x	

3.1 Kjønnssidentifisering ved obduksjon

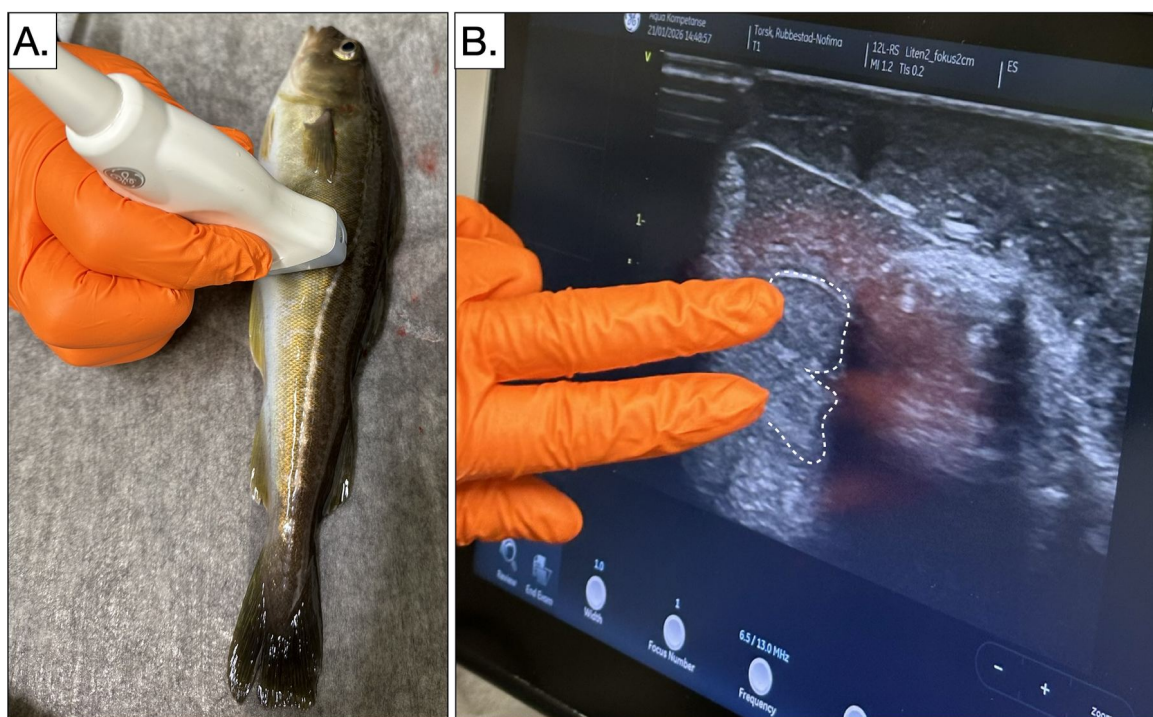
Undersøkelse av utvikling av gonader og kjønnsfordeling ble gjennomført i to strategiske serier av uttak. Den første serien startet med uttak i begynnelsen av september 2025 og innebar månedlig uttak av ca. 20 fisk fra hver av gruppene. Neste serie av uttak ble satt i gang etter gruppene viste kjønnbestemmelse av betydelig grad (ca. 50%, slutten av november 2025) og foregikk to ganger per måned til gruppene viste > 95% kjønnbestemmelse. Uttakene i denne serien ble utført på ca. 30 fisk per gruppe og tidspunkt. Gruppene ble avlivet i overdose bedøvelsesmiddel av type Tricain vet., veid (g) og målt for lengde (cm), samt obdusert av fiskehelsepersonell. Kondisjonsfaktor ble beregnet med Fultons formel:

$$\text{K-faktor} = 100 \times \frac{\text{Vekt (g)}}{\text{Lengde (cm)}^3}$$

Under hele oppfølgingen identifiserte det samme fiskehelsepersonellet kjønn i kategoriene: “hann”, “hunn” og “ukjent”, ved visuell vurdering av gonader, basert på direkte morfologiske observasjoner av struktur, symmetri, plassering i bukhulen og vevskarakter. Kategorien “ukjent” ble benyttet konsekvent der personellet var usikker på bestemmelsen - også ved liten tvil. Når fiskegruppene nådde minst 95% identifiseringsgrad, ble det gjennomført en systematisk bildetaking for å dokumentere gruppenes gonademorfologi (21. januar 2026). I tillegg ble det gjennomført en kvalitetssikring av fiskehelsepersonellens kjønnsidentifisering, der to ekstra personer med faglig kompetanse besøkte anlegget for å vurdere kjønn og sammenligne vurderinger. Dette samsvarte med tidligere vurderinger, noe som styrket tilliten til resultatene.

3.2 Erfaringsinnhenting ved håndholdt ultralydapparat

Mot slutten av oppfølgingsperioden (21. januar og 17. februar 2026) ble det samlet erfaring med bruk av håndholdt ultralydapparat for vurdering av gonademorfologi og kjønn hos begge gruppene. Det ble undersøkt både sultet (2 døgn) og ikke sultet fisk for å vurdere om sulting hadde en effekt på kvaliteten på ultralydbildet. Ultralydapparatene som ble benyttet var av typen Vivid IQ 204 med standard lineærprobe med 13 MHz, samt GE Vscan Air CL C1 med lineærprobe med 3-12 MHz med innstillingen “små organer”. Hver fisk ble undersøkt med ultralyd før obduksjon. Ultralydproben ble plassert lateralt på fiskens kropp, like foran gattåpningen (Figur 2). Plasseringen ble deretter finjustert i området mellom brystfinnen og gattåpningen, under visuell lokalisering av gonader.



Figur 2: Illustrasjon av vurdering av gonademorfologi og kjønn ved bruk av håndholdt ultralyd. A: Plassering av ultralydproben like foran gattåpning (fisken er fra Nofima-stammen). B: Ultralydbilde av rognpose, markert med stiplede linje.

3.3 Trening av KI-modell

GreenFox Marine AS var i denne piloten leverandør av ultralyd- og KI-teknologi/maskinlæring for trening av kjønnssorteringsmodell. GreenFox sitt eget personell, i samarbeid med fiskehelsepersonell, gjennomførte datainnsamling i tre omganger (3. november 2025, 2. desember 2025 og 8. januar 2026). For etablering av datasett til modelltrening ble torsk i størrelsesintervallet 100-350 gram først avlivet, og deretter kjørt igjennom GreenFox sin bordmodell for ultralydskanning av fiskens gonadeområde. Etter ultralydskanningen ble fisk obdusert, og kjønn visuelt bekreftet. Ultralydmaterialet ble deretter annotert med fasitklasse for kjønn basert på obduksjonsresultatet. Dataene ble brukt til opptrening av KI-modell med formål å skille hann- og hunnfisk. Bilder fra individer klassifisert som ukjent ble ekskludert fra datasettet. Før modelltrening ble bildematerialet kvalitetssikret og filtrert. KI-modellen ble trent til å predikere kjønn, og modellens ytelse ble vurdert med vekt på sikker klassifisering relevant for kjønnssortering.

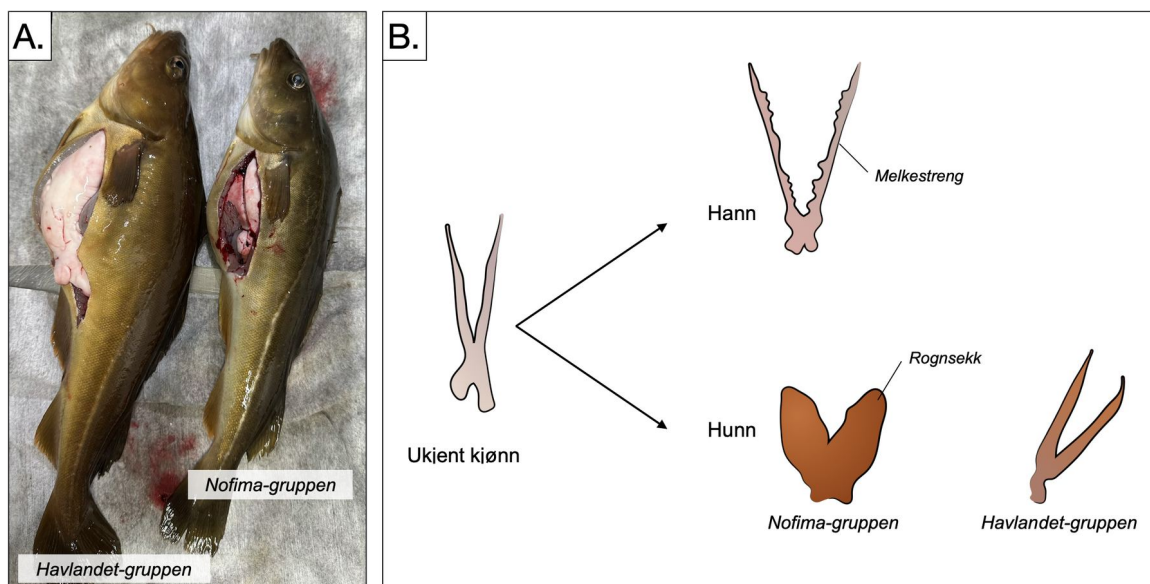
4 Resultater og diskusjon

4.1 Graden av kjønnsidentifisering ved ulike størrelser av torsk

4.1.1 Gonademorfologi

Gonadene til hannfisk (melkestrenger) var like mellom de to gruppene, mens gonadene til hunnfisk (rognsekker) var ulike (Figur 3). Hos Nofima-gruppen, var alle rognsekker kompakte og runde allerede fra et tidlig stadium, og økte i størrelse etter hvert som fisken vokste, uten å endre form. Hos Havlandet-gruppen var alle rognsekkene slanke, avlange og lignet udiffereensierte gonader (hvor kjønn ble vurdert som "ukjent"). Forskjellen fra kategori "ukjent" var derimot at rognsekkene hadde en sirkulær form, og en fastere vevsstruktur. Også her økte de i størrelse med fiskens vekst, men beholdt den avlange formen.

Årsakene til denne variasjonen er ikke avklart, og flere faktorer kan ha bidratt. Pilotstudien hadde ikke som mål å gjennomføre en omfattende kartlegging av miljøfaktorer, og det er derfor ikke mulig å fastslå om forskjellene skyldes genetikk, miljøbetingelser (som lys, temperatur og fôr i tidlige utviklingsstadier), eller andre ukjente variabler. Imidlertid var faktorer som inkuberingstemperatur, akkumulerte døgngrader, alder, påvekstfôring, vekt, lengde, K-faktor og lysregime fra ankomst til Rubbestad-anlegget like for begge gruppene. Dette tyder på at de observerte forskjellene i gonademorfologi ikke kan tilskrives disse parametrene. Gonademorfologien var homogen innenfor hver fiskegruppe, noe som indikerer at faktorer påvirker gonademorfologien på gruppenivå. For å bedre forstå omfanget av og årsakene til forskjellene i gonademorfologi, er det nødvendig med ytterligere oppfølging av flere fiskegrupper fra begge stammene.

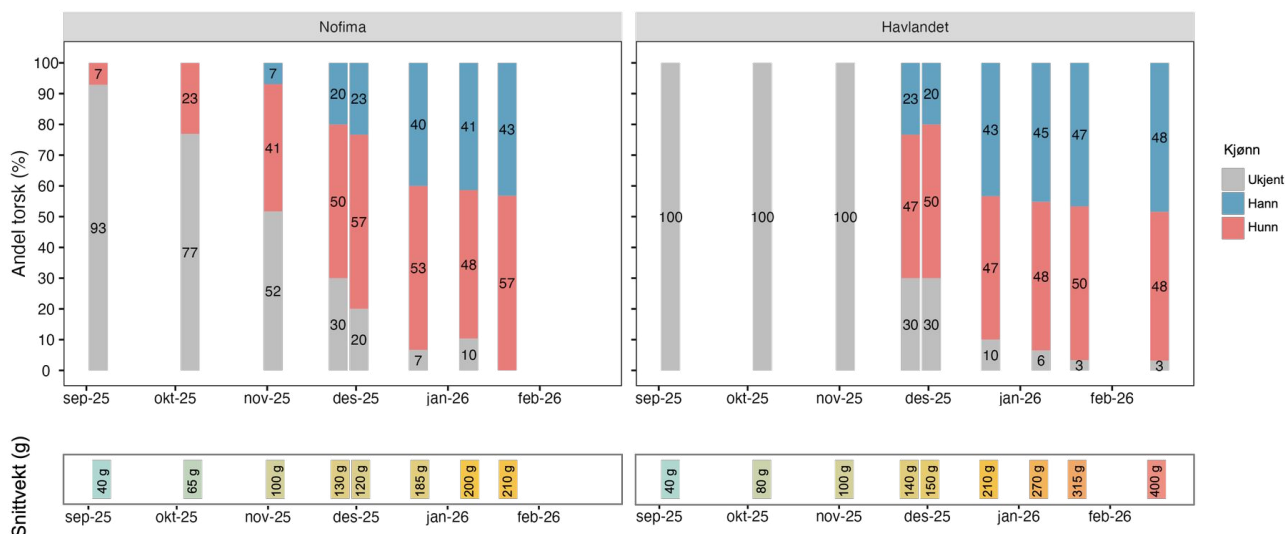


Figur 3: Illustrasjon av forskjeller mellom Nofima- og Havlandet-gruppene ved en fiskestørrelse på 200–300 g. A: Ytre morfologi. B: Skjematisk tegning av gonademorfologi hos ukjent kjønn, hann (melkestreng) og hunn (rognsekk). Illustrasjon: Lauris Boissonnot, Akvaplan-niva AS.

4.1.2 Kjønnssidentifiseringsgrad

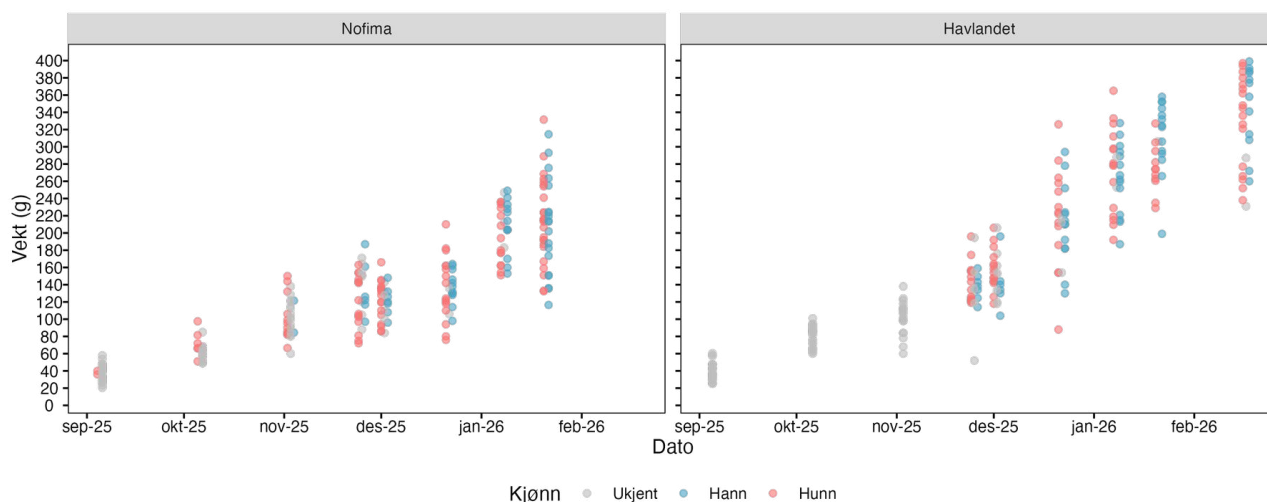
Hos Nofima-gruppen, i starten av september, da fisken hadde en gjennomsnittsvekt på 40 g, ble kun 7 % av individene kjønnssidentifisert. Alle disse ble klassifisert som hunnfisk (Figur 4). Andelen identifiserte hunnfisk økte gradvis frem til slutten av november, da fisken veide i snitt 130 g, og omtrent halvparten av fisken ble identifisert som hunner. Denne andelen forble stabil resten av oppfølgingsperioden. Hannfisk ble først identifisert to måneder senere enn hunnfisk, med en identifiseringsrate på 7 % i starten av november, da fisken veide i snitt 100 g. Andelen identifiserte hannfisk økte deretter jevnt, inntil slutten av januar 2026, hvor omtrent halvparten av fisken ble identifisert som hanner. I slutten av desember var identifiseringsgraden 90 %, da fisken hadde en gjennomsnittsvekt på 185 g. I slutten av januar 2026 oppnådde gruppen fullstendig kjønnssidentifisering (100 %) ved en gjennomsnittsvekt på 210 g.

Hos Havlandet-gruppen, fra september, da fisken hadde en gjennomsnittsvekt på 40 g, og frem til november (snittvekt på 100 g) ble det ikke identifisert kjønn hos noen av individene (Figur 4). Dette kan skyldes rognsekkens morfologi, ettersom rognsekker hadde veldig lik form som underutviklede gonader, og trolig lik størrelse i de første månedene i oppfølgingen. Først i slutten av november, da fisken hadde en gjennomsnittsvekt på 140 g, ble kjønnssidentifisering mulig. På dette tidspunktet ble 50 % identifisert som hunnfisk og 23 % som hannfisk, noe som var samsvarende med observasjonene gjort hos Nofima-gruppen ved samme tidspunkt. Dette representerte et markant hopp fra ingen identifisering og til en betydelig andel. Det er sannsynlig at kjønnssidentifiseringen av hunner ble forsinket hos Havlandet-gruppen, sammenlignet med Nofima-gruppen, fordi rognsekkene i de tidlige oppfølgingene var morfologisk likt udifferensierte gonader. Fra slutten av november ble kjønnssidentifiseringsgraden lik hos de to gruppene, til tross for at Havlandet-fisken hadde høyere snittvekt. I slutten av desember, da fisken veide 210 g i snitt, var identifiseringsgraden 90 %. Fullstendig kjønnssidentifisering (100 %) ble ikke oppnådd i oppfølgingsperioden. Den høyeste andelen var 97 % i slutten av januar og februar (hhv 270 g og 315 g i snitt). Grunnet andre produksjonshensyn ble det besluttet å avslutte piloten selv om fullstendig kjønnssidentifisering ikke ble oppnådd.



Figur 4: Andel fisk (%) identifisert som ukjent kjønn, hann eller hunn, gjennom oppfølgingsperioden, basert på obduksjon, for både Nofima- og Havlandet-gruppen. Andelen er angitt inne i hver stolpe for bedre oversikt. Gjennomsnittsvekt (g) for hver gruppe er vist under stolpene, med fargekoding for enkel sammenligning.

Det var stor spredning i vekt ved hvert prøveuttak for begge gruppene, men denne spredningen var ikke knyttet til kjønn (Figur 5). De individene som ikke ble kjønnsidentifisert, var ikke nødvendigvis de minste i gruppene. I enkelte tilfeller gjaldt dette til og med blant de største individene. Det ble heller ikke funnet samsvar mellom kjønnsidentifisering og K-faktor.



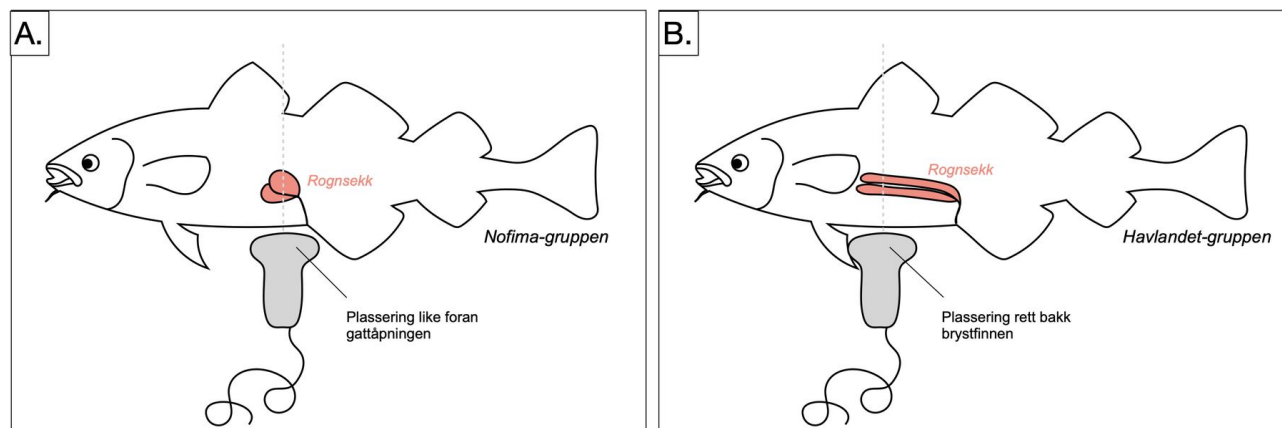
Figur 5: Vekt (g) hos alle de vurderte fiskene gjennom oppfølgingsperioden. Hver prikk viser et individ, og er farget avhengig av identifisert kjønn (ukjent, hann eller hunn).

Funnene tyder på at kjønnsortering av torsk kan være gjennomførbart før sjøfasen, potensielt i forbindelse med utsett, ved en vekt på minst 200–300 gram, med <3 % usikkerhet. Oppfølgingen er imidlertid basert på kun to fiskegrupper, og resultater bør valideres på flere grupper av begge stammene. Tilgang til detaljerte data om miljø- og produksjonsbetingelser fra inkubering til utsett vil være avgjørende for å forstå eventuelle variasjoner mellom grupper og fastsette en sikker minimumsstørrelse for pålitelig kjønnsortering.

4.2 Erfaring med håndholdt ultralydapparat

Begge ultralydapparatene som ble brukt i piloten, ble vurdert som egnet for kjønnsidentifisering av fisk i størrelsesområdet 200–300 gram, med tilstrekkelig bildekvalitet. Ultralydundersøkelsene gjorde det mulig å identifisere rognsekker hos alle undersøkte hunner (Figur 2), mens ingen melkestrenger ble identifisert. Dette indikerer at, ved manuell ultralydundersøkelse, kan man skille mellom hunnfisk og “ikke-hunnfisk”.

Den store morfologiske forskjellen i rognsekkens form og størrelse mellom gruppene påvirket den optimale plasseringen av ultralydproben. For Nofima-gruppen ga plassering av proben like foran gattåpningen best avbildning, da rognsekken er kort, tykk og kompakt, og kan lett differensieres fra tarm i dette området (Figur 6). For Havlandet-gruppen måtte det benyttes en annen posisjon. Rognsekken er mye smalere hos denne gruppen, og strekker seg helt fram til magesekken. Ved å plassere ultralydproben rett bak brystfinnen, vil ikke rognsekken forsvinne mellom tarmsegmenter, og vil derfor være godt synlig mellom magesekk og svømmeblære. Dette kan indikere behovet for å tilpasse skanneprosedyren til den enkelte fiskegruppe for å sikre konsistente og pålitelige resultater.



Figur 6: Illustrasjon av optimal plassering av ultralydproben ved A: Nofima-gruppen, og B: Havlandet-gruppen, for best avbildning av rognsekker. *Illustrasjon: Lauris Boissonnot, Akvaplan-niva AS.*

Fôrrester i magesekk og tarm skapte forstyrrelser i ultralydbildene. Dette reduserte bildekvaliteten og forandret gonadenes naturlige form, noe som vanskeliggjorde identifisering av gonader. Ved sulting av fisken i forkant av undersøkelsene ble det observert at et redusert mage- og tarminnhold gjorde deteksjonen av rognsekken betydelig lettere. Funnene tyder på at sultetid på 2 døgn er tilstrekkelig for optimal kjønnsidentifisering med ultralyd.

4.3 Trening av KI-modell

I piloten ble ultralydbilder samlet inn i tre runder og brukt som grunnlag for utvikling av KI-modell for kjønnsidentifisering. Ved gjennomgang av datagrunnlaget ble det funnet at en betydelig andel av bildematerialet ikke hadde tilstrekkelig tydelige gonadestrukturer til å kunne benyttes i modelltrening og robust validering. Bildekvalitet og sannsynlighet for å visualisere gonader var påvirket av flere forhold. Utstyret var opprinnelig tilpasset laks, og kan derfor ha vært mindre egnet for torsk med hensyn til kroppsform og gonadeplassering. Dette ble ytterligere understreket av at optimal plassering av ultralydproben var gruppeavhengig, der

Nofima- og Havlandet-gruppen krevde ulik probeplassering for best visualisering av gonader. Innhold i magesekk og tarm ga i enkelte tilfeller forstyrrelser i ultralydbildene og reduserte informasjonsinnholdet ytterligere. Konsekvensen for KI-arbeidet var en høyere enn ønsket andel uegnede bilder, noe som reduserer modellens evne til å lære kjønnsrelevante trekk. Dette understreker behovet for videre optimalisering av utstyr, ultralydprobe og innstillinger for torsk, samt en mer gruppe-spesifikk og standardisert skanneprotokoll. Videre innsamling bør prioritere å øke andelen opptak med verifiserbart gonadefunn, systematisk logging av innstillinger og kontroll på forhold som påvirker bildekvalitet, slik at KI-modellen kan trenes og testes på et mer robust og representativt datagrunnlag.

5 Konklusjon og veien videre

Pilotprosjektet har etablert et vitenskapelig og praktisk grunnlag for videre utvikling av kjønns-sortering av oppdrettstorsk. Funnene viser at gonader hos både hann- og hunnfisk er tilstrekkelig utviklet ved 200 g, noe som muliggjør visuell kjønnsidentifisering ved obduksjon med høy sikkerhet (>90 %). Ved bruk av ultralyd, som danner grunnlaget for KI-modellene, og en sultetid på 2 døgn, klarer man å skille mellom hunn og “ikke-hunn” i denne størrelsen, noe som er svært lovende for videre teknologiutvikling.

Pilotstudien avdekket imidlertid betydelige morfologiske forskjeller i rognsekkenes form mellom de to undersøkte gruppene. Årsakene til denne variasjonen er ikke avklart, og kan være genetisk- og/eller miljørelaterte. Gonademorfologien var imidlertid lik innad i begge fiskegruppene. Hvis dette gjelder for alle fiskegrupper, vil det bety at en KI-modell bare trenger å gjenkjenne én type rognsekkmorfologi per gruppe, noe som kan forenkle kjønns-sorteringsprosessen betydelig. Likevel er ikke ett datasett fra to ulike stammer nok for å konkludere med torskens gonadeutvikling på tidlige stadier. Variasjoner i gonademorfologi må derfor undersøkes nærmere, for å sikre pålitelig kjønns-sortering på tvers av ulike fiskegrupper. Pilotstudien identifiserte også utfordringer knyttet til optimalisering av ultralydprobe og bildematerialets kvalitet. Teknologileverandørene arbeider allerede med å tilpasse utstyret og KI-modeller for å muliggjøre kommersiell, automatisert kjønns-sortering innen 2027. Dette danner et klart utgangspunkt for gjennomføring av kjønns-sortering rett før utsett, med en foreløpig minimumsstørrelse på 200 g.

Pilotprosjektet har redusert både teknologiske og biologiske usikkerheter, og vist at kjønns-sortering er en realistisk vei å gå for å forsøke å forebygge gyting i merd. Dette har ført til at et sterkt konsortium, bestående av oppdrettere som KIME Akva, Ode, Norcod og Vesterålen (med støtte fra CodCluster), samt FoU-miljøer som Akvaplan-niva, Aqua Kompetanse, Nordnorsk Fiskehelse og Nofima, i tett samarbeid med teknologileverandører, nå jobber sammen for å etablere et FoU-prosjekt. Målet vil være å fastslå det tidligste tidspunktet hvor kjønnsbestemmelse kan gjennomføres med tilstrekkelig sikkerhet, samt teste effekten av kjønns-sortering på gyting, velferd og prestasjon.

6 Organisering

Prosjektet ble ledet av Stefan Paulsen i KIME Akva AS. KIME Akva AS stod ansvarlig for å holde de aktuelle fiskegruppene på lokalitet Rubbestad innenfor prosjektets tidsrammer.

Akvaplan-niva AS var FoU-leverandør og bidro med faglig kompetanse, med seniorforsker Lauris Boissonnot som fagansvarlig og fiskehelsebiolog Elise Kathinka Rønningen som ansvarlig for feltarbeid og gjennomføring av alle kjønnsidentifiseringer. GreenFox var teknologileverandør i prosjektet og sto for utstyr og kompetanseheving innen videreutvikling av KI-teknologi, med Eivind Leirvik Nergaard som ansvarlig. Som ekstern samarbeidspartner bidro veterinær Erlend Solem (Aqua Kompetanse) for ytterlig kvalitetssikring og tolkning av resultater.

Referanser

- Akvakulturdriftsforskriften [Hentet 2026-03-03]. (2008). <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-06-17-822>
- Alix, M and Mihaljevic, M and Norberg, B. (2024). *Videreutviklet protokoll for vurdering av modningsgrad hos oppdrettstorsk* (Rapport Nr. 2024-58). Havforskningsinstituttet. Bergen. Hentet 3. mars 2026, fra <https://www.hi.no/templates/reporteditor/report-pdf?id=101201&nc=5291969741>
- Boissonnot, L., Drobac, G., Rønningen, E., & Imsland, A. (in prep.). Sex-separated production of Atlantic salmon (*Salmo salar*): Effects on performance, survival and fillet quality.
- Brawn, V. M. (1961). Reproductive Behaviour of the Cod (*Gadus Callarias* L.) *Behaviour*, 18(3), 177–197.
- Burnard, D., Gozlan, R., & Griffiths, S. W. (2008). The role of pheromones in freshwater fishes. *Journal of Fish Biology*, 73(1), 1–16.
- Fordham, B. S., & Trippel, E. (1999). Feeding behaviour of cod (*Gadus morhua*) in relation to spawning. *Journal of applied Ichthyology*, 15(1), 1–9.
- Henriksen, E., Heide, M., Hansen, Ø. J., & Mortensen, A. (2018). *Kunnskaps- og erfaringsgrunnlag for torskeoppdrett* (tekn. rapp. Nr. Rapport 23/2018). Nofima.
- Hutchings, J. A., Bishop, T. D., & McGregor-Shaw, C. R. (1999). Spawning behaviour of Atlantic cod, *Gadus morhua*: evidence of mate competition and mate choice in a broadcast spawner. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56(1), 97–104.
- Jorde, P. E., van Der Meeren, T., Quintela, M., Dahle, G., Mateos-Rivera, A., Aase, M., Norberg, B., Sævik, P. N., Bjørn, P. A., & Glover, K. A. (2024). Genetic analyses verify sexually mature escaped farmed Atlantic cod and farmed cod eggs in the natural environment. *Evolutionary Applications*, 17(4), e13688.
- Jørstad, K. E., Otterå, H., van der Meeren, T., Dahle, G., Paulsen, O. I., Bakke, G., & Svåsand, T. (2014). Genetic marking of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) and detection of escapes from a commercial cod farm. *ICES Journal of Marine Science*, 71(3), 574–584.
- Jørstad, K. E., Van Der Meeren, T., Paulsen, O. I., Thomsen, T., Thorsen, A., & Svåsand, T. (2008). “Escapes” of eggs from farmed cod spawning in net pens: recruitment to wild stocks. *Reviews in Fisheries Science*, 16(1-3), 285–295.
- Kjesbu, O., Klungsoyr, J., Kryvi, H., Witthames, P., & Walker, M. G. (1991). Fecundity, atresia, and egg size of captive Atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to proximate body composition. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48(12), 2333–2343.
- Moldal, T., Wiik-Nielsen, J., Oliveira, V., Svendsen, J., & Sommerset, I. (2025). *Fiskehelserapporten 2024* (Rapport Nr. 1a/2025). Veterinærinstituttet. <https://www.vetinst.no>
- Nordeide & Folstad. (2000). Is cod lekking or a promiscuous group spawner? *Fish and Fisheries*, 1(1), 90–93.
- Puvanendran, V., Mortensen, A., Johansen, L.-H., Kettunen, A., Hansen, Ø. J., Henriksen, E., & Heide, M. (2022). Development of cod farming in Norway: Past and current biological and market status and future prospects and directions. *Reviews in Aquaculture*, 14(1), 308–342.
- Rowe, S., & Hutchings, J. A. (2003). Mating systems and the conservation of commercially exploited marine fish. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(11), 567–572.
- Skjæraasen, J., Salvanes, A., Karlsen, Ø., Dahle, R., Nilsen, T., & Norberg, B. (2004). The effect of photoperiod on sexual maturation, appetite and growth in wild Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) *Fish Physiology and Biochemistry*, 30, 163–174.
- Taranger, G., Aardal, L., Hansen, T., & Kjesbu, O. (2006). Continuous light delays sexual maturation and increases growth of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in sea cages. *ICES Journal of Marine Science*, 63(2), 365–375.
- Van Der Meeren, T., & Ivannikov, V. P. (2006). Seasonal shift in spawning of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) by photoperiod manipulation: egg quality in relation to temperature and intensive larval rearing. *Aquaculture Research*, 37(9), 898–913.