



Feltundersøkelser av rygggradsdeformasjon i kommersiell lakseproduksjon

Arbeidspakke 1 av FHF-prosjektet
(901430): “Forebygging av
korsstingsvirvler hos laks i oppdrett”

Randi Nygaard Grøntvedt, Peder Jansen og Torstein Kristensen INAQ AS
Grete Bæverfjord, NOFIMA



Innhold

1. Innledning	3
2. Målsetning	4
3. Metoder	4
3.1 Datagrunnlag.....	8
4. Resultater	8
4.1 Kvalitetsrapporter fra slakterier	8
4.2 Resultater fra screeningdata.....	10
4.3 Resultater fra røntgendata.....	12
5. Konklusjoner og diskusjon	14
6. Referanser	15

1. Innledning

En ny type misdannelser i ryggvirvler hos laks, beskrevet som korsstingsvirvler (Bæverfjord 2015, Holm med flere 2020), eller curved cross-stitch vertebrae (Trangerud med flere 2019), har medført forringet kvalitet med bindevev i filet, bruskdannelse rundt ryggbein og redusert vekst av fisken i enkelte grupper av fisk, siden høstutsett 2015. I tillegg til de økonomiske tapene misdannelsene medfører, kan man anta at dette også er et betydelig fiskevelferdsproblem.

Deformasjon i rygggrad med bindevev i filet, oppstod som et betydelig problem med høy grad av nedklassifisering og reklamasjoner etter slaktning av flere fiskegrupper produsert i sjø siden høsten 2015. Dette ble da oppfattet som et nytt problem, og en nylig patomorfoloisk studie, bekrefter at dette er en ny type vertebral deformasjon (Holm med flere 2020). Nofima sitt røntgenlaboratorium på Sunndalsøra, som siden 2006 har mottatt prøver til diagnose, beskriver svært få observasjoner av korsstingsvirvler inntil høst 2016, da prevalens og alvorlighetsgrad økte betydelig. Årsak til hvorfor noen fiskegrupper utvikler denne type rygggradsdeformasjon er ukjent, men i et tidligere gjennomført industrifinansiert prosjekt (Bæverfjord, 2015), ble det vist sammenhenger mellom bruk av ulike vaksiner, kombinasjoner av vaksiner og/eller funksjonelle fôr og utvikling av korsstingsvirvler. I det eksperimentelle studiet fra 2015, ble det også beskrevet at utvikling av denne type misdannelse var lite synlig på røntgen før fiskegruppa nådde slaktestørrelse (4-5 kg).

I ett annet industriprosjekt gjennomført for Salmon Group i 2016 og 2017 (Grøntvedt med flere 2017, INAQ rapport), var hensikten å systematisere og analysere informasjon fra produksjon av høst 2015 generasjon, for om mulig å finne en forklaring på nedklassifisering relatert til rygggradsdeformasjon. Det ble undersøkt om det var sammenheng mellom feltobservasjoner og produksjonsfaktorer, og hovedresultatet viste en klar indikasjon på at betydelig flere fisk som var gitt vaksinen Aquavac PD7 hadde rygggradsdeformasjon, enn fisk som var gitt vaksinen Norwax PD (som ble gitt som ett tilleggsstikk til Pentium forte plus eller Alphaject micro 6). I dette arbeidet ble det erfart at deformasjonen var utfordrende å detektere ved ytre tegn, og at en ikke så tegn til rygggradsdeformasjon ved røntgen eller observasjon av filet, før fisken var blitt flere kg. Mangel på klare ytre tegn, og tidlige indikasjoner til rygggradsdeformasjon, medfører at fisk med denne typen deformasjon får gå i sjø frem til slakt.

Sammenheng mellom deformasjon i rygggrad og vaksine er ikke ukjent, og har blitt omtalt i flere tidligere studier (Aunsmo med flere 2008 og 2009, Berg med flere 2006 og 2012, Haugarvoll med flere 2010). Disse studiene viser at rygggradsdeformasjon kan oppstå i sammenheng med flere typer vaksiner, og i industriprosjektet gjennomført for Salmon Group i 2017, ble rygggradsdeformasjon observert i fisk fra begge grupper av vaksiner, men i betydelig større grad for 7-komponentsvaksinen. Dette kan tyde på at utvikling av rygggradsdeformasjon kan være en generell problemstilling for vaksiner, men at det er noen ukjente faktorer som medfører større risiko for utvikling av deformasjon for enkelte vaksiner og fiskegrupper.

Som en del av et større FHF-finansiert prosjekt (prosjektnr. 901430), ble det i 2017 igangsatt en feltstudie for å undersøke om en ved bruk av produksjonsdata kan identifisere risikofaktorer for utvikling av korsstingsdeformasjon hos laks. Denne feltstudien ble organisert som en egen



arbeidspakke i FHF-prosjektet. Denne rapporten er en beskrivelse av aktiviteter og resultater som ble utført i regi av feltstudiet.

2. Målsetning

Hovedmål for hele FHF-prosjektet er som følger:

Å identifisere årsak(er) til den patologiske tilstanden korsstingsvirvler, og om mulig foreslå forebyggende tiltak.

Følgende er alle delmål i FHF-prosjektet:

1. Å gi en patologisk beskrivelse av tilstanden korsstingsvirvler.
2. Å identifisere risikofaktorer og sammenhenger mellom produksjonsfaktorer og utvikling av korsstingsvirvler.
3. Å identifisere primære og sekundære årsaker som har betydning for utvikling av korsstingsvirvler.
4. Å bidra til utvikling av verktøy for tidlig å kunne identifisere utvikling av korsstingsvirvler med tanke på framtidig forebygging av tilstanden.

For feltstudiet som denne rapporten omhandler, har det vært hovedfokus på delmål 2, samt at det gjennom feltarbeid er innhentet materiale for å bidra til en patologisk beskrivelse av korsstingsvirvler (delmål 1), som gjennomføres i andre arbeidspakker i FHF-prosjektet.

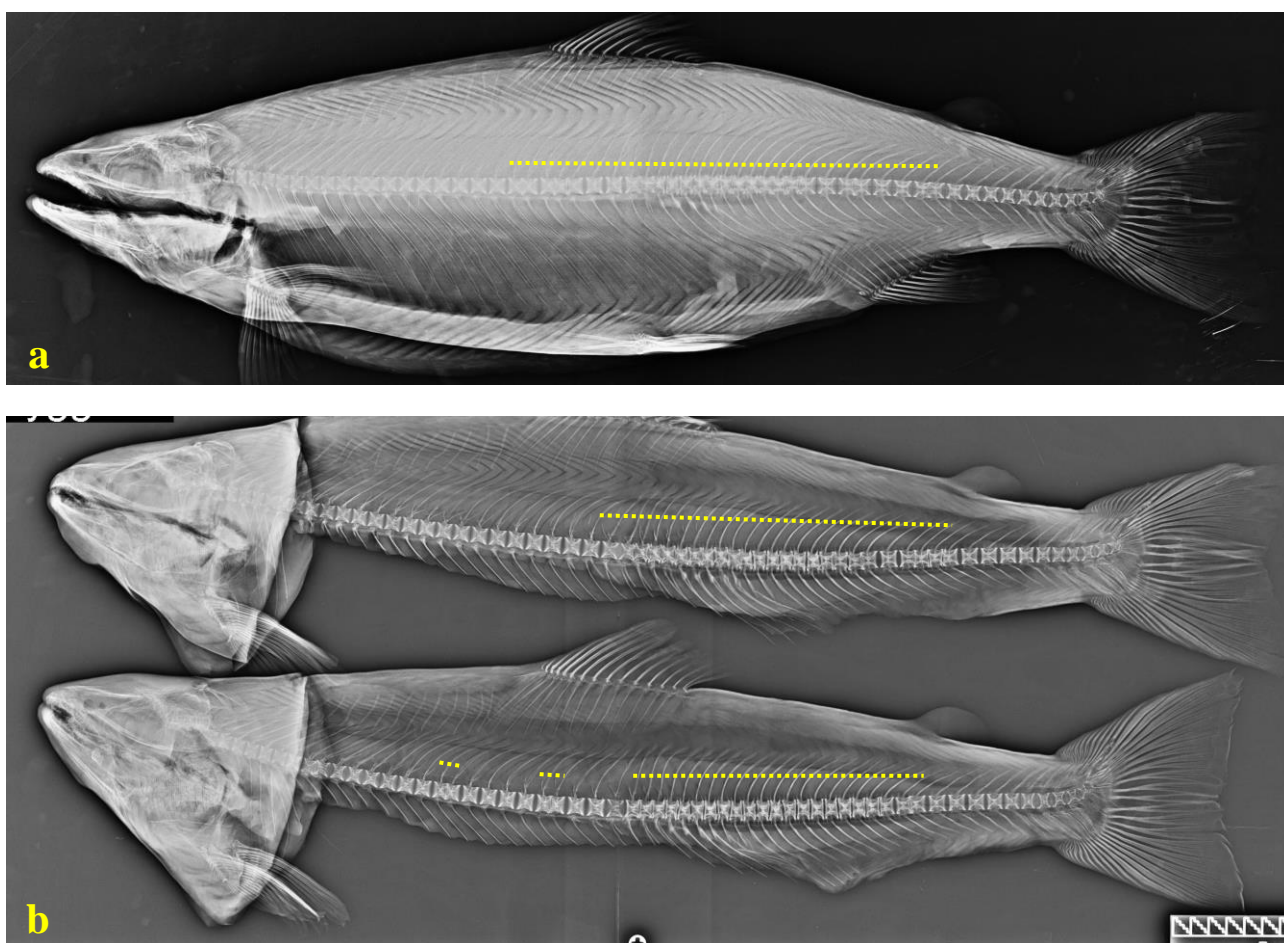
3. Metoder

For å kunne identifisere mulige sammenhenger mellom produksjonsfaktorer og utvikling av korsstingsvirvler, var det behov for å bestemme om fisk hadde utviklet korsstingsvirvler eller ikke. Utvikling av korsstingsdeformasjon vises vanskelig utenpå fisken, og det finnes ikke en enkel tilgjengelig diagnostisk test.

Den sikreste diagnosemetoden er innsendelse av fisk til røntgenundersøkelse, som begrenser antall fisk som kan undersøkes. Imidlertid vil undersøkelse av filet på slakteri, der en har vekst av bindevev i filet, samt bruksdannelse i ryggbein være indikativer på at ryggradsdeformasjonen kan skyldes korsstingsvirvler. I innsamlet data, der fisken er vurdert annet enn ved røntgen, omtales misdannelser i ryggbein som ryggradsdeformasjon.

For å bestemme om fisk hadde utviklet misdannelser i ryggbein, ble det benyttet informasjon fra 3 ulike kilder: 1) røntgenundersøkelse, 2) undersøkelser av filet på slakteri i regi av prosjektet, og 3) kvalitetsrapporter fra slakterier med videreforedling.

Røntgenundersøkelse ble utført på innsendt hel fisk eller ryggbein ved Nofima sitt røntgenlaboratorium på Sunndalsøra. Her ble fisken røntgen fotografert i et semidigitalt oppsett, med digital lagring av bilder og evaluering av bilder på skjerm. Eksempel på røntgenbilder av hel fisk (1-2 fisk per bilde) og rygggrader (2-4 rygggrader per bilde) er vist i Figur 1. Hel fisk ble også obdusert og filetert for registrering av typiske forandringer i ryggbein og filet (Figur 2). Disse registreringene ble brukt som grunnlag for å videreutvikle skjema brukt ved undersøkelser av fileten på slakteri (se under).



Figur 1. Røntgenbilder av laks som ble diagnostisert som del av prosjektet. a) Hel fisk, b) rygggrader innsendt med hode. Del av ryggraden med korsstingsvirvler markert med stiptet linje.



Figur 2. Nedskjæring av laks med korsstingsvirvler. a) viser uregelmessig og fortykket ryggrad, med avleiring av brusk på fileten. b) viser detalj av ryggraden, med tydelige avleiringer av melanin inne i ryggbeinet (svarte prikker), og diffus overgang mellom ryggbein og muskel med innvekst av bindevev i muskel.

Undersøkelser av filet på slakteri i regi av prosjektet, ble gjennomført ved at kvalitetspersonell på slakteri, fulgte et fast skjema, videreutviklet fra industriprosjektet for Salmon Group (se vedlegg 1). 10-20 fisk ble tilfeldig utvalgt fra fiskegruppen under slakt, og filetert. Vekt og lengde av fisk ble notert, fisk og filet ble fotografert, og deformasjon i ryggrad ble kategorisert 0-3 for tre områder i filet (framre, midtre og bakre del av filet) (jfr. Figur 1). I tillegg ble det angitt om det ble observert



melanin i ryggbein, skjolding (misfarge) i muskel og/eller bindevev rundt ryggfeil (jfr. Figur 2). Disse registreringene ble brukt til å bedømme om fiskegruppa hadde et problem med korsstingsvirvler (score 1) eller ikke (score 0).

Slakterapporter fra videreforedlingsanlegg inneholder informasjon om kvalitet på filet. Filet fra 100 fisk per slakt, blir undersøkt for melanin, utblødning, gaping og brusk/bindevev. For registrering av brusk/bindevev i filet blir det ikke foretatt noen gradering, men notert hvor mange av de 100 fisk som har brusk i filet/ryggradsdeformasjon per slakt fra den enkelte merd. Fra kvalitetsrapportene fra tre videreforedlingsanlegg, har vi fått tilgang på andel fisk med brusk/bindevev per slakt som kan knyttes til den enkelte merd.

Graden av sikkerhet i diagnostikken er lavere for fiskegrupper som ble undersøkt på slakteriet og for fiskegrupper som ble bedømt på grunnlag av kvalitetsrapporter, enn for de som ble undersøkt med røntgen. Kriteriene for bedømmelse var satt opp slik at de gruppene som ble klassifisert som positive i analysene med stor grad av sannsynlighet hadde korsstingsvirvler. For å speile denne usikkerheten i diagnostikken er problemene i disse gruppene likevel omtalt som «ryggradsdeformasjon» mens røntgengruppene har fått den konkrete diagnosen «korsstingsvirvler».

For hver fiskegruppe (merdnivå), ble det innhentet produksjonsinformasjon fra fiskens CV, som følger hver fiskegruppe til slakt. I tillegg ble det etterspurt ytterligere informasjon fra settefiskanlegg.

Informasjon fra de tre ulike datasettene ble hver for seg analysert for mulige sammenhenger mellom påvisning av ryggradsdeformasjon/brusk i filet og ulike produksjonsfaktorer.

Vi analyserte sannsynligheten for å konkludere med ryggradsdeformasjon på nivå av fiskeindivid med logistisk regresjon på binomiske data (0 = ingen deformasjon/1 = deformasjon) som responsvariabel, og ulike produksjonsfaktorer som forklaringsvariable. Siden prøvetatt fisk kunne grupperes til en gitt merd fra en gitt lokalitet og et gitt selskap, inkluderte vi tilfeldige effekter på fiskegruppenivå. Seleksjon av struktur på fiskegruppe ble da foretatt fra den mest komplekse struktur (merd innen lokalitet innen selskap) på fiskegruppe, til enklere struktur (merd) ved bruk av Bayesian Informasjonskriterium (BIC). Effekter av forklaringsvariabler og interaksjoner mellom dem ble inkludert når de var signifikante på $p < 0.05$ nivå.

3.1 Datagrunnlag

Prosjektet har samlet inn datamateriale fra fisk satt ut i sjø i 2015, 2016 og 2017. Dette inkluderer data fra de tre ulike datasettene som beskriver om fisken har utviklet ryggradsdeformasjon eller ikke, med tilhørende produksjonsinformasjon. Tabell 1 gir en beskrivelse av dataomfanget.

Tabell 1 Oversikt dataomfang

Datasett	Antall fisk	Antall merder	Lokaliteter	Høst	Vår
Kvalitetsrapporter	122357	105	34	60	45
Screening slakterier	360	20	14	17	3
Røntgenanalyser	693	28	20	24	4

Det ble samlet inn produksjonsinformasjon på merdnivå for de ulike datasettene. Vi har informasjon om rognprodusent, hvilket settefiskanlegg fisken er produsert i, vaksineprodukter, utsettsdato i sjø, fôrprodukter benyttet i sjø og om fôrproduktet inneholder glukose, og antall ikke-medikamentelle (IMM) behandlinger samt informasjon om legemidler benyttet mot lakselus gjennom produksjon av laks. I tillegg er det bedt om informasjon om vekt av fisken og temperatur ved vaksinerings, temperatur ved utsett i sjø, og om fisken har hatt en PD diagnose i løpet av produksjon. Ønsket tilleggsinformasjon ble dessverre ufullstendig for mange produksjonsvariable, og disse kunne derfor ikke inkluderes i analyser

4. Resultater

4.1 Kvalitetsrapporter fra slakterier

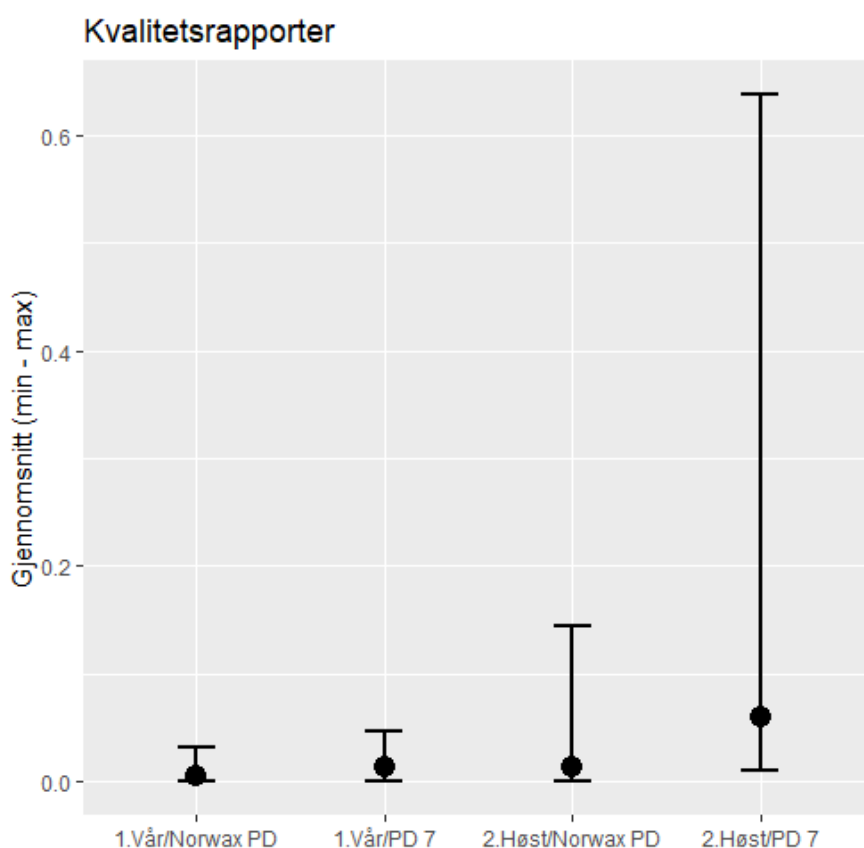
Først ble det testet ulike hierarkiske nivå av tilfeldig effekter knyttet til fiskegruppe.. Slike tilfeldige effekter kan forstås som variasjon i sannsynlighet for ryggradsdeformasjon mellom grupper, som ikke kan forklares av kjente forklaringsvariabler. Det enkleste nivået, fiskegruppe på merdnivå, ga lavest BIC verdi og ble derfor benyttet i analysen.

Den endelige modellen for analyse av kvalitetsrapporter, ga signifikant effekt av vaksine; Norwax PD (gitt som et tilleggstikk til annen vaksine), eller PD7, og interaksjonen mellom utsettstid (vår eller høst) og vaksine (tabell 2). Hvorvidt det var glukose i fôret eller ikke, ga ingen signifikant effekt. Stamme eller antall IMM gjennomført, ga heller ingen effekt på sannsynlighet for å utvikle ryggradsdeformasjon.

Tabell 2: Regresjonstabell for modellen av sannsynlighet for ryggradsdeformasjon som funksjon av vaksintype og vår-/høst-utsett i dataene fra kvalitetsrapporter. Totalt antall fisk i analysen var 122357, med tilfeldige effekter av 105 fiskegrupper definert ved opprinnelse fra samme merd, med en varians på 2.267.

	Estimat	SE	Z-verdi	p
Skjæringspunkt	-5.53	0.25	-21.80	<0.001
Vaksine PD7 versus Norwax PD	3.27	0.32	10.07	<0.001
Vårutsett versus høst	-0.52	0.35	-1.50	0.133
Norwax PD : vårutsett	-2.82	0.51	-5.57	<0.001

Modellen ble brukt for å predikere risiko for å utvikle ryggradsdeformasjon for den enkelte fisk (Figur 3)



Figur 3: Gjennomsnitt (punkter) og variasjon (min – maks) i prediksjonene for de ulike fiskegruppene definert av merd (n = 105), og som enten ble vaksinert med PD7 eller Norwax compact PD som tilleggstikk med annen vaksine, og satt i sjø enten vår eller høst.

Prediksjonene viser at en kan forvente at omkring 6 % av fisken vil utvikle ryggradsdeformasjon, dersom fisken vaksineres med PD 7, og settes i sjø på høsten. Det er stor variasjon i prediksjonene knyttet til tilfeldige effekter av fiskegruppe, fra i nærheten av 0 til 64% for høstutsatt fisk vaksinert med PD 7 (Figur 1). Det var også en negativ effekt av interaksjonen mellom vårutsatt fisk og PD 7 vaksine, noe som antyder at PD 7 vaksine medfører betydelig mindre risiko for utvikling av ryggradsdeformasjon hos vårutsatt fisk. Prediksjoner for fisk vaksinert med Norwax PD som tilleggsstikk til annen vaksine viste lavere risiko for utvikling av ryggradsdeformasjon sammenlignet med fisk vaksinert med PD 7, både for vårutsatt og høstutsatt fisk.

4.2 Resultater fra screeningdata

Ulike hierarkiske nivå av tilfeldig effekter knyttet til fiskegruppe ble igjen testet først. Det enkleste nivået, fiskegruppe på merdnivå, ga lavest BIC verdi og ble derfor benyttet videre i analysen.

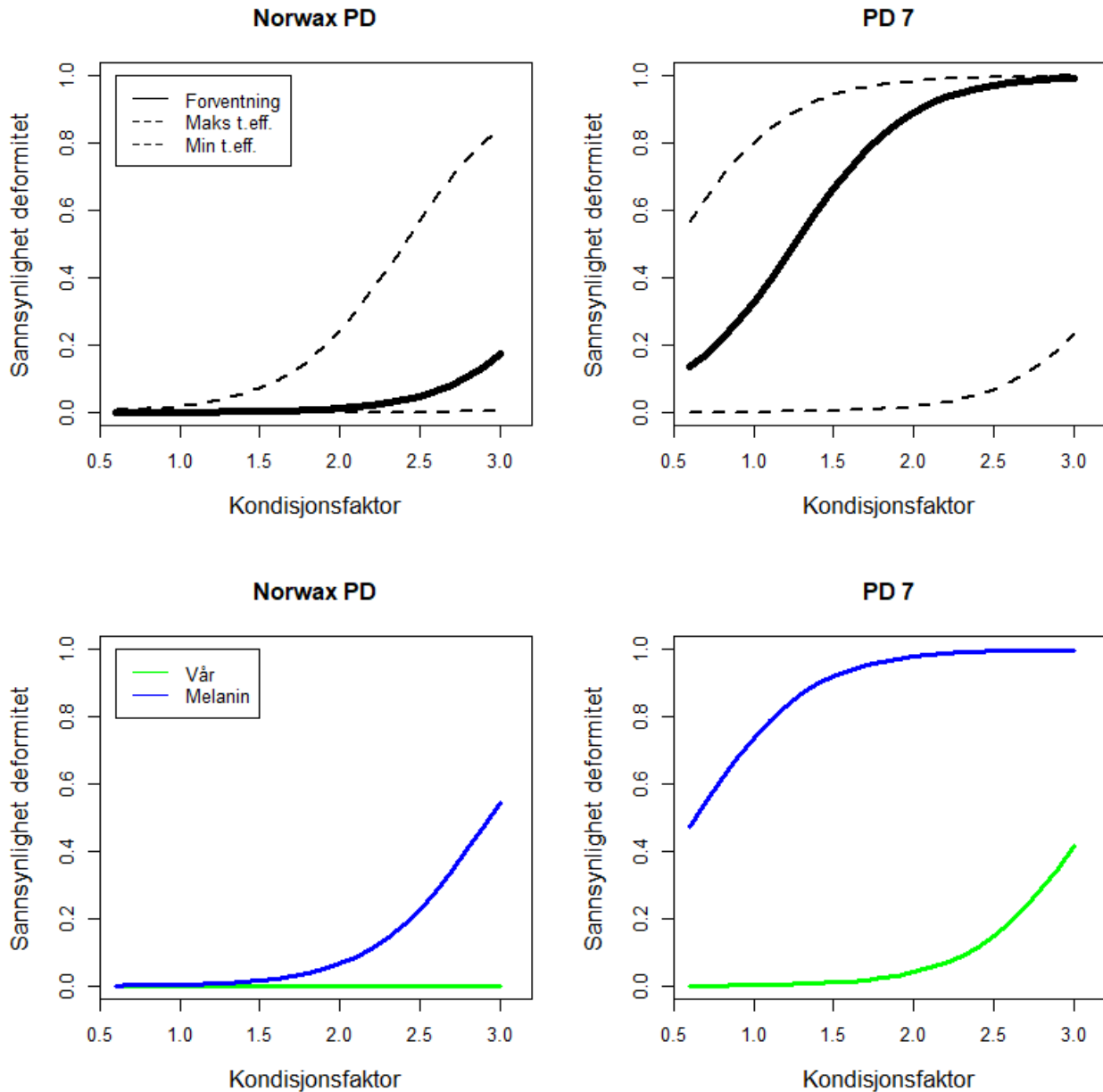
Den endelige modellen for analyse av screeningdata ga signifikant effekt av vaksine og kondisjonsfaktor på fisken (tabell 3). Kondisjonsfaktor (Kf) ble beregnet med formelen:

$$Kf = 100 * \text{vekt(g)}/\text{lengde(cm)}^3.$$

Tabell 3: Regresjonstabell for modellen av sannsynlighet for ryggradsdeformasjon som funksjon av vaksinetype og kondisjonsfaktor på fisken screeningdataene. Totalt antall fisk i analysen var 360, med tilfeldige effekter av 20 fiskegrupper definert ved opprinnelse fra samme merd, med en varians på 6.35.

	Estimat	SE	Z-verdi	p
Skjæringspunkt	-4.96	1.71	-2.90	0.004
Vaksine PD7 versus Norwax PD	6.50	2.00	3.24	0.001
Kf	2.08	0.41	5.00	<0.001
Vårutsett	-5.27	1.83	-2.87	0.004
Melanin	1.75	0.38	4.60	<0.001

Beste tilpassede modell ble videre brukt for å predikere sannsynlighet for at fisk har ryggradsdeformasjon som funksjon av vaksine og kondisjonsfaktor (Figur 4).



Figur 4: Estimerte sannsynligheter for å diagnostisere rygradsdeformasjon i individuelle fisk vaksinert med Norwax PD eller PD 7 og som funksjon av fiskens kondisjonsfaktor fra screening data. Svart linje i øvre panel viser forventet sannsynlighet for høstutsatt fisk, mens stiplede linjer representerer minimum- og maksimumsestimater for høstutsatt fisk fra laveste og høyeste tilfeldig effekt fra 20 fiskegrupper definert ved opprinnelse fra samme merd. Nedre panel viser tilsvarende forventet sannsynlighet for rygradsdeformasjon for vårutsatt fisk (grønn linje) og om fisken ble observert med melaninflekker i filét (blå linje).

Analysene av screeningdata viste igjen markert høyere sannsynlighet for deformiteter i fisk vaksinert med PD 7, sammenlignet med fisk vaksinert med Norwax PD (Figur 2). Det var også markert effekt av fiskens kondisjonsfaktor, noe som sannsynligvis avspeiler forkortning av kroppslengde på grunn av ryggradsdeformasjonene. Vårutsatt fisk hadde lavere sannsynlighet for observasjon av ryggdeformiteter, mens observasjon av melaninflekker i muskel var forbundet med høyere sannsynlighet for observasjon av ryggdeformitet.

Figur 5 viser filet fra høstutsatt fisk vaksinert med PD7 vaksine, der en fra samme merd finner fisk uten deformasjon og fisk med betydelig deformasjon og nedsatt kvalitet.



Figur 5: Bilde til venstre viser fileten som ikke ble kategorisert med ryggradsdeformasjon, mens bildet til høyre viser klare ryggfeil både i fremre, midtre og bakre del av ryggrad. En kan også se tydelig forskjell på fiskenes form, der fisk uten deformasjon er normal, mens fisk med deformasjon er mer butt.

4.3 Resultater fra røntgendata

Røntgenundersøkelsene av fisk omfattet kun 4 merder med vårutsett av fisk, hvorav kun én merd hadde fisk vaksinert med Norwax PD som tilleggstikk til annen vaksine. Ingen av disse fiskene ($n = 13$) ble diagnostisert med korssting deformiteter. Av vårutsatt fisk vaksinert med PD 7, ble 3 av 52 fisk diagnostisert med korssting deformiteter. Analyser på røntgendata ble videre utført på grupper med høstutsatt fisk.

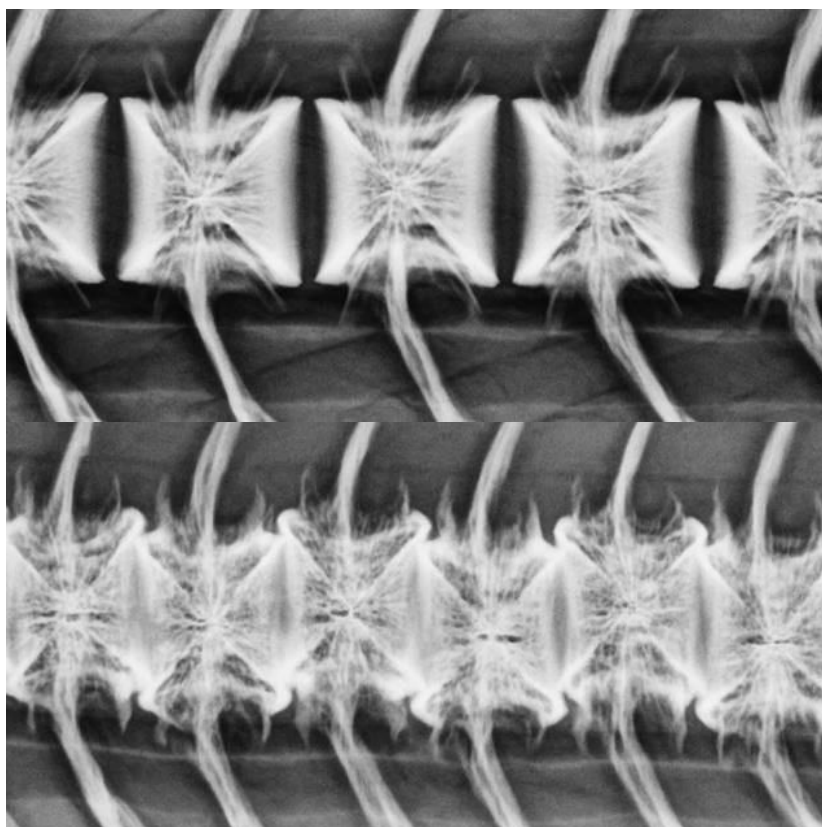
I regresjonsanalysen av sannsynlighet for korssting deformiteter på høstutsatt fisk fra røntgenundersøkelser, ga igjen fiskegruppe på merdnivå lavest BIC verdi, og ble benyttet videre i analysen. Analysen ga signifikant effekt av vaksine (tabell 4).

Tabell 4: Regresjonstabell for modellen av sannsynlighet for korsstingdeformasjon som funksjon av vaksinetype på fisken fra røntgenundersøkelsene av fisk satt ut på høsten. Totalt antall fisk i analysen var 628, med tilfeldige effekter av 24 fiskegrupper definert ved opprinnelse fra samme merd, med en varians på 7.187.

	Estimat	SE	Z-verdi	p
Skjæringspunkt	-3.38	1.42	-2.38	0.017
Vaksine PD7 versus Norwax PD	3.53	1.57	2.25	0.025

Denne analysen tilsvarer en forventet sannsynlighet for diagnose for korssting deformitet på 3.2% på høstutsatt fisk vaksinert med Norwax PD som tilleggstikk til annen vaksine. Dersom fisken er vaksinert med PD 7, øker denne forventningen til 53%. Det var imidlertid stor tilfeldig effekt av fiskegrupper definert ved merdopphav. Eksempelvis ble det i en merd med høstutsatt Norwax PD vaksinert fisk diagnostisert korsstingdeformitet på 24 av 25 fisk , mens det for alle andre høstutsatte fisk vaksinert med Norwax PD kun ble diagnostisert korsstingdeformitet i 2 av 179 fisk.

Figur 5 viser røntgenbilder av normale virvler sammenlignet med korsstingsvirvler, fra en av fiskene i datasettet med røntgendiagnostisert fisk.



Figur 5: Utsnitt av røntgenbilder. Øverst; normale virvler og nederst; typiske korsstingsvirvler. Korsstingsvirlene har fravær av virvelmellomrom, unormale og krøllede endeplater, og vertikal forskyvning av nabovirvler.



5. Konklusjoner og diskusjon

Tre ulike datakilder, der andel fisk med ryggradsdeformasjon er angitt, er hver for seg koblet sammen med produksjonsdata. Regresjonsanalyser for å vise sannsynlighet for å ha utviklet ryggradsdeformasjon ble utført på fiskeindivid, der produksjonsfaktorer ble undersøkt for sammenheng med ryggradsdeformasjon. Resultater fra analyse av de tre ulike datakildene viser alle signifikante effekter av vaksintype som forklaringsvariabel. Kvalitetsrapporter fra foredlingsanlegg inneholdt god fordeling av informasjon fra fisk satt ut enten vår eller høst, og analysene viste en klar effekt av om fisken var satt ut om våren eller høsten.

Samlet viser resultatene at det er størst forventet risiko for å utvikle ryggradsdeformasjon dersom fisken vaksineres med PD7, og settes ut på høsten. Vårutsatt fisk har lavere sannsynlighet for utvikling av ryggradsdeformasjon. Tilsvarende er beskrevet tidligere der fisk vaksinert med 6-komponentvaksine og utsett høst, har vist større risiko for utvikling av ryggradsdeformasjon enn fisk vaksinert med 4- eller 5-komponentsvaksine og utsett høst (Aunsmo med flere 2009).

Det er stor variasjon i vårt datasett knyttet til ukjente tilfeldige effekter, der en eksempelvis fra analyse av kvalitetsrapporter ser at risiko for å utvikle ryggradsdeformasjon varierer fra 0 til 64%. Det vil si at noen fiskegrupper som vaksineres med denne typen vaksinen og settes ut om høsten, får ingen deformasjon, mens andre fiskegrupper kan få betydelige problemer. Det er derfor av betydning at slike analyser gjennomføres på et bredt utvalg av data. Kvalitetsrapportene inneholder data fra 122357 tilfeldig utvalgte fisk, som gir et godt utgangspunkt.

Av andre produksjonsfaktorer som ble undersøkt, ble det ikke funnet sammenheng mellom utvikling av ryggradsdeformasjon og type stamme, antall IMM behandlinger gjennomført i under hele produksjonen, og om fôret inneholdt glukose. I denne typen felldata har vi imidlertid ikke kontroll på mengde tilsatt glukose i de ulike fôrtypene og tidsrom for når dette fôret er gitt fisken. Om glukose i fôr har betydning for utvikling av ryggradsdeformasjon, bør derfor videre undersøkes i eksperimentelle oppsett, da det er vist sammenhenger mellom helsefôr og utvikling av ryggradsdeformasjon i tidligere studier (Bæverfjord 2015).

Gjennom screening av filet utført på slakterier, fikk vi i tillegg til kategorisering av ryggradsdeformasjon, informasjon om vekt og lengde, melanin i ryggbein, skjolding i muskel og bindevev i muskel. Analyse av screeningdata, viser at fiskens kondisjonsfaktor påvirkes signifikant av om fisk har ryggradsdeformasjon, og at det i disse fiskene er større sannsynlighet for å observere melanin i ryggbein. Fisk med korsstingsdeformasjon er beskrevet å typisk ha redusert kroppslengde og -vekt ratio og avkortet form (Trangerud med flere 2019, Holm med flere 2020), og celler med sort pigment, trolig melanocytter eller melanomakrofager, er beskrevet histologisk til å være typiske funn i assosiasjon til korsstingspatologi (Holm med flere 2020).

Av de tre ulike datakildene som beskriver deformasjon i ryggrad, er det kun datakilden fra røntgenanalyser som spesifikt kan bekrefte at ryggradsdeformasjonen påvist, er av typen korsstingspatologi. Beskrivelse av type ryggradsdeformasjon kan ikke konkretiseres nærmere ved



vurdering av filet alene. Det kan derfor være ulike typer ryggradsdeformasjon som ligger til grunn for brusk i filet i datakildene knyttet til kvalitetsrapporter fra slakteri og screening av filet.

Risiko for å utvikle ryggradsdeformasjon beskrevet i felldata i dette prosjektet er, uavhengig av konkretisering av type misdannelse i ryggbein, signifikant knyttet til type vaksine og utsett på høsten. For fiskegrupper med høy prevalens av ryggradsdeformasjon, fører det til store konsekvenser både for fiskevelferd og kvalitet.

6. Referanser

Aunsmo A, Guttvik A, Midtlyng P, Larssen R, Evensen Ø, Skjerve E (2008) Association of spinal deformity and vaccine-induced abdominal lesions in harvest-sized Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *J Fish Diseases* 31: 515–524.

Aunsmo A, Øvretveit S, Breck O, Valle P, Larssen R, Sandberg M (2009) Modelling sources of variation and risk factors for spinal deformity in farmed Atlantic salmon using hierarchical- and cross-classified multilevel models. *Prev Vet Med* 90: 137–45

Bæverfjord, G. (2015) Clinical field study to evaluate the safety of various oil adjuvanted injection vaccines in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) Report to Pharmaq, confidential. Nofima report K28/15, 50 pp.

Berg, A., Rødseth, O.M., Tangerås, A., Hansen, T. (2006) Time of vaccination influences development of adhesions, growth and spinal deformities in Atlantic salmon *Salmo salar*. *Dis Aquat Org* Vol. 69: 239–248.

Berg, A., Yurtseva, A., Hansen, T., Lajus, D., Fjellidal, P.G. (2012) Vaccinated farmed Atlantic salmon are susceptible to spinal and skull deformities. *Journal of Applied Ichthyology* 28: 446–452.

Grøntvedt, R.N, Kristensen, T. (2017) Kartlegging av årsak til nedklassifisering 2015G. INAQ oppdragsrapport prosjekt 1494.

Haugarvoll, E., Bjerås, I., Szabo, N.J., Satoh, M., Koppang, E.O. (2010) Manifestations of systemic autoimmunity in vaccinated Atlantic salmon. *Vaccine* 28, 4961–4969

Holm, H., Ytteborg, E., Høst, V., Reeda, A.K., Dalum, A.S., Bæverfjord, G. (2020) A pathomorphological description of cross-stitch vertebrae in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 526: 735382 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735382>

Trangerud, C., Bjørgen, H., Koppang, E.O., Grøntvedt, R.N., Skogmo, H.K., Ottesen, N., Kvellestad, A. (2020) Vertebral column deformity with curved cross-stitch vertebrae in Norwegian seawater-farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *J Fish Dis.*43:379–389. DOI: 10.1111/jfd.1313



Vedlegg til skjema screening slakterier. Eksempelbilder på ryggradsdeformasjon med fokus på korsstingsdeformasjon

Normal fisk

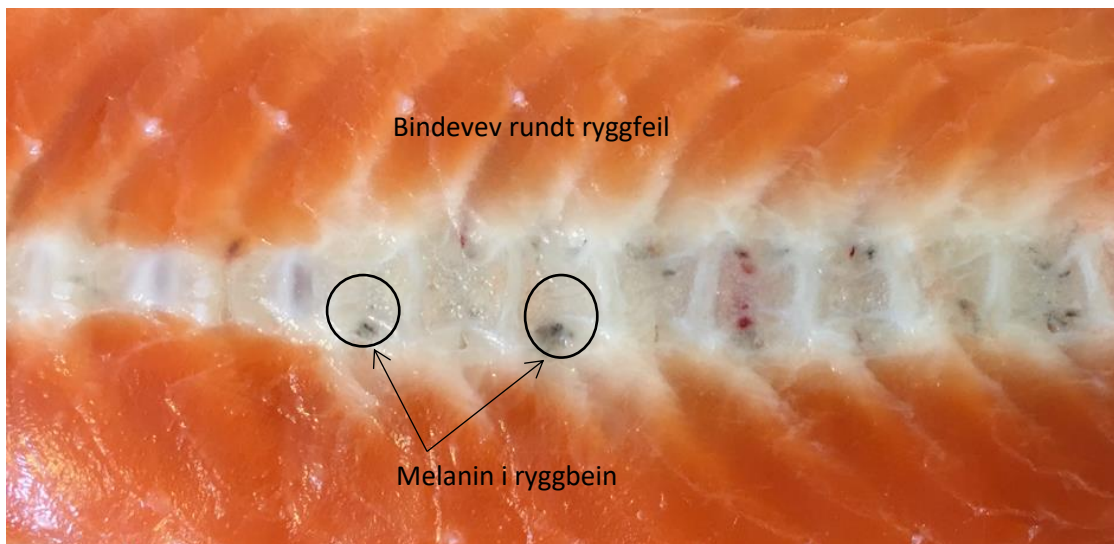
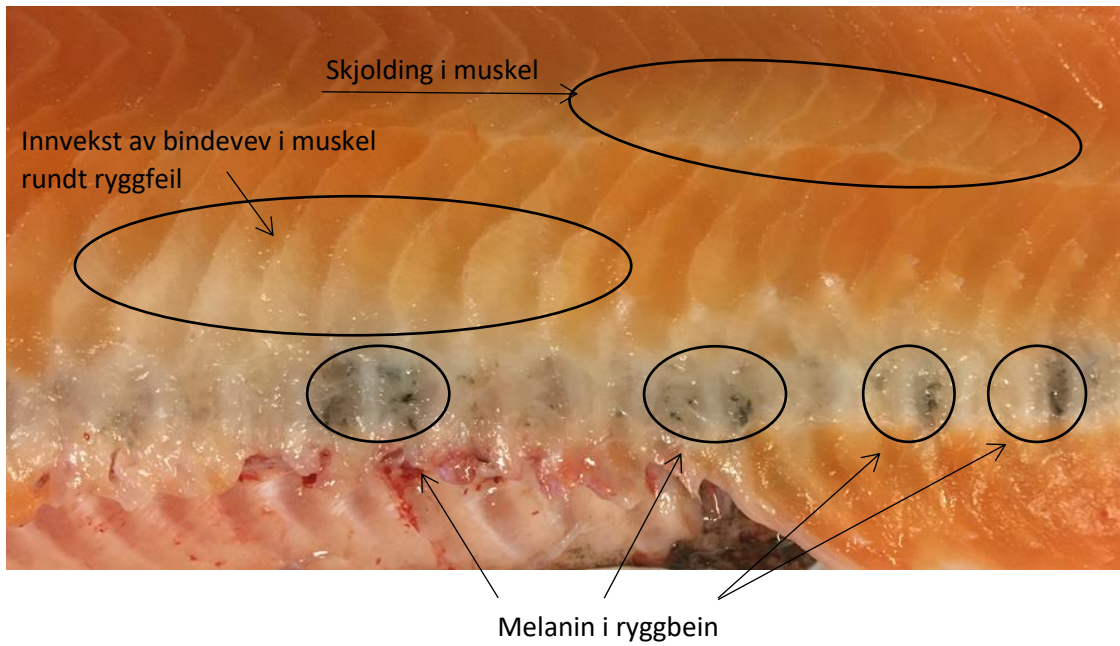


Moderat forandring i kroppsform



Ekstrem forandring i kroppsform





Bilder fra Grete Bæverfjord, Nofima