

Birk Krogstad Abelvik  
Amanda Andersson  
Benjamin Parr

# Faktorer som påvirker spredning av virus som gir Pancreas disease(PD) mellom akvakulturanlegg i Romsdal. Bacheloroppgave våren 2021, ved NTNU i Ålesund

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon  
Veileder: Anne Stene & Snorre Bakke

Mai 2021



Birk Krogstad Abelvik  
Amanda Andersson  
Benjamin Parr

**Faktorer som påvirker spredning av virus som gir Pancreas disease(PD) mellom akvakulturanlegg i Romsdal. Bacheloroppgave våren 2021, ved NTNU i Ålesund**

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon  
Veileder: Anne Stene & Snorre Bakke  
Mai 2021

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



Kunnskap for en bedre verden



## **Forord**

Denne oppgaven omhandler spredningsmekanismer knytta til fiskesykdommen PD. Vi valgte denne oppgaven på bakgrunn av kunnskapen vi har tilegnet oss gjennom våre 3 år her på NTNU hvor vi har studert Biomarin Innovasjon. Oppdrett, smittespredning og nytenkning er noen av de spesifikke interessene vi på gruppen har. Dette ønsket vi å se nærmere på i denne oppgaven. På bakgrunn av diskusjoner i gruppen utarbeidet vi en problemstilling som vi synes var interessant.

Takk til Anne Stene og Snorre Bakke som har veiledet oss gjennom oppgaveskrivingen.

Det har vært spesielle forhold med tanke på Covid-19 hele dette siste studieåret, men takk til alle som har gjort det beste ut av situasjonen slik at vi kunne gjennomføre Bacheloren vår på best mulig måte.

## Sammendrag

I oppgaven har vi sett nærmere på temperatur, distanse, salinitet, eierskap og strømpåvirkning. Dette har vi gjort for å se om disse faktorene vil kunne øke risikoen for at PD spres. Vi ønsket å sitte igjen med en oversikt over hvilke faktorer som er essensielle med tanke på spredning av PD, og muligheter og tiltak for å senke spredningsfaktoren. Høy temperatur i sommermånedene vil gi økt smittespredning. Rask akselerasjon av temperatur resulterer i et høyere smitteantall den påfølgende sommeren. Distansen mellom de ulike lokalitetene er essensielt, men vil påvirkes av strømmen i de nærliggende vannmassene. Eiernetverk synes å bety mindre enn det gjorde før. Dette kan skyldes økt kunnskap og grundigere rutiner for renslighet. Båter som lånes mellom anlegg kan fortsatt bære smitte.

## **Abstract**

In this thesis, we have looked more closely at temperature, distance, salinity, ownership and current influence. We have done this to see if these factors could increase the risk of PD spreading. We wanted to be left with an overview of which factors are essential with regards to the spread of PD, and opportunities and measures to lower the spread factor. High temperatures during the summer months will increase the spread of infection. Rapid acceleration of temperature results in a higher number of infections the following summer. The distance between the various localities is essential but will be affected by the current in the nearby bodies of water. Ownership network seems to mean less than it did before. This may be due to increased knowledge and more thorough routines for cleanliness. Boats that are borrowed between facilities can still carry infection.

## Innholdsfortegnelse

Innledning.....	6
Bakgrunn .....	6
1.1 Oppdrett av laksefisk.....	6
1.1.2 Fra yngel til ferdig produkt.....	7
1.1.3 Utfordringer for næringa.....	7
1.2 Pancreas disease .....	9
1.2.1 Smitteveier (hvordan spres sykdommen) .....	10
1.2.2 Sykdomskontroll.....	12
1.3 Problemstilling og hypoteser(avgrensning).....	15
Materiale og Metode .....	17
2.1 Studieområdet.....	17
2.1.1 Lokalteter.....	17
2.1.2 Temperatur.....	18
2.1.3 Salinitet.....	19
2.2 Innsamling av data.....	19
2.2.1 Sykdomssituasjonen på lokalitetene .....	19
2.2.2 Eiernettverk.....	20
2.2.3 Avstand mellom lokaliteter .....	20
2.2.4 Strømforhold og smitte sannsynlighet.....	21
Resultat.....	22
3.1 Temperatur.....	22
3.2 Salinitet.....	24
3.3 Smitte mønsteret i fjorden.....	25
3.4 Eiernettverk.....	27
3.5 Distanse .....	29
3.6 Strøm .....	30
Diskusjon .....	31
4.1 Temperatur.....	31
4.2 Salinitet og brakkevann .....	33
4.3 Smittemønster.....	33
4.4 Eiernettverk.....	34
4.5 Distanse .....	35
4.6 Strøm .....	35
Konklusjon .....	36
Begrensninger og anbefalinger til videre forskning .....	38



6.1 Begrensninger.....	38
6.2 Forslag til videre forskning: .....	38
Referanser .....	40
Vedlegg.....	43
Vedlegg 1.....	43
Vedlegg 2.....	44
Vedlegg 3.....	45
Vedlegg 4.....	49
Vedlegg 5.....	52

# Innledning

## Bakgrunn

### 1.1 Oppdrett av laksefisk

Oppdrett av laksefisk har lenge vært en viktig næring for eksport av laks, med stor betydning for norsk økonomi. Oppdrett av laks har økt eksponentielt og langt raskere enn man hadde forestilt seg. Økningen i produksjon har skapt en økning i antall utfordringer og problemstillinger knyttet til driften. Mellom 1970 og 1990 var tillatelser for fiskeoppdrett begrenset slik at man bare kunne ha 1 tillatelse per bedrift. Problemer med bakteriesykdommen furunkulose førte til mange konkurser og restrukturering av næringa. I tillegg til dette, måtte alt av salg relatert til oppdrett gå gjennom Fiskeoppdretternes Salgslag, også kalt FOS. Etter at FOS gikk konkurs i 1991 ble det lov for bedrifter å eie mer enn 1 tillatelse. Dette førte til en utvikling slik at i dag står de ti største oppdretterne for omtrent 70 prosent av Norges lakseproduksjon. I 2017 var halvparten av verdens oppdrettslaks fra Norsk produksjon, noe som gir en liten pekepinn på hvor stor denne næringen har blitt (Misund, 2021).

Utviklingen av vaksiner mot bakteriesykdommer har gjort at antibiotikabruken har blitt svært endret. Antibiotika ble brukt for å behandle syk fisk, men fra 1987 til 2013 ble bruken av antibiotika redusert med 99 prosent. I dag blir det brukt lite antibiotika i næringen og da for det meste til rensefisk (Misund, 2021).

Videre utvikling av oppdrett er et viktig fremtidsmål i Norges næringspolitikk og det er ønsket en mangedobling av sjømatnæringen (Finansdepartementet, 2020).

Finansdepartementet stiller ulike krav innenfor disse målene, slik som at produksjonsøkningen skal skje på en bærekraftig måte. Lakseoppdrett har mange utfordringer og problemstillinger som må løses, og disse har økt sammen med den økte produksjonen. Mange oppsummerer med at ulike sykdommer og parasitter kan være de viktigste utfordringene. Derfor vil den fremtidige veksten være avhengig av at disse miljø- og fiskehelseutfordringene løses på best mulig måte (Misund, 2021).

### 1.1.2 Fra yngel til ferdig produkt

Norsk oppdrettslaks tar rundt tre år å produsere. Når yngelen har levd i 10 til 16 måneder i ferskvann har den kommet over til smoltstadiet. I dette stadiet er laksen klar til å leve i saltvann. Vill laksesmolt vandrer nedover elven til brakkvannet mens oppdrettslaksen får en kunstig brakkvanns tilvenning. Denne prosessen kalles smoltifisering. Smolten er ikke større enn 60-100 gram når denne prosessen inntreffer (Laks.no, 2020).

Smolten blir flyttet ut til merdene hvor den blir stående i 14-22 måneder og blir føret opp til den veier rundt 4 til 6 kilo. Det er nå gått rundt 3 år siden den var kun et lite rognkorn på laboratoriet. Laksen blir fraktet med brønnbåt til slakteriet levende. På slakteriet blir fisken bedøvd før den avlives, sløyes, vaskes og sorteres etter vekt og kvalitet. Sløyd fisk og filetene blir lagt på is og sendt rundt til fiskehandlerne i Norge eller til et av de andre 100 landene Norge distribuerer laks til (Laks.no, 2020).

### 1.1.3 utfordringer for næringa

De første oppdrettsanleggene som kom på 1970-tallet var ofte små og plassert i grunne fjorder med for dårlig vannutskifting. Dette førte til at det ble akkumulert store mengder med organiske partikler på bunnen. Resultatet av dette er redusert vannkvalitet og giftige gasser fra sedimentet opp i merdene. Man fant fort ut av disse effektene og det tok ikke lang tid før oppdrettsanleggene ble etablert ute i åpne og mer eksponerte områder. Dette gjorde man for å sikre en bedre utskifting av vannmassene, for å bedre vannkvaliteten og unngå nedslamming (Miljødirektoratet, 2020).

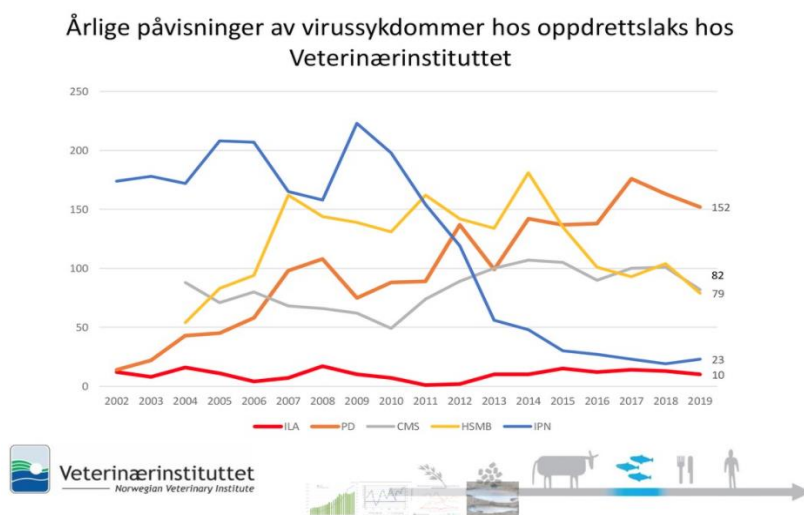
Romsdalsfjorden har for det meste god vannutskifting og egnet dyp, noe som fører til mindre opphopning av organiske stoffer. Per dags dato finnes det lite data på hvor store mengder tilførsel av næringssalt fjordene våre tåler. (Miljødirektoratet, 2020).

Et av problemene som man finner i dagens lakseoppdrett er rømning. Det kommer flere negative reaksjoner ved rømning. Hvordan rømt oppdrettslaks påvirker villaks har blitt vitenskapelig dokumentert. Disse negative effektene påvirker økologien og fører til at man kan få avkom av villaks og oppdrettslaks. Dette kan være negativt for populasjonen av villaks ettersom det fører til endrede egenskaper som kan gi dårligere overlevelse (Thorstad, et al., 2017. Side 6.).

I oppdrettsnæringen er det flere årsaker til at fisken blir syk. Parasitter er et problem i oppdrettsbransjen. Det finnes medisiner mot parasitter slik som lakselusen. Mekanisk avlusning er en annen måte å hindre lakselus. Det negative aspektet er at det kan skape stress i merden og blant fiskene, noe som vil gjøre laksen mer mottakelig for andre sykdommer. Dette er ikke et godt alternativ for mindre fisk. Da benytter man heller en annen metode for å prøve å beskytte fisken mot lus, som for eksempel medisinfôr. Medisinfôr hjelper fisken med å skape en tykkere slimhinne som gjør det vanskeligere for lakselusen å feste seg til laksen.

Opp gjennom tiden har det vært en del bakterielle sykdommer som har skapt et problem for oppdrettsnæringen. Dette er ikke lenger et stort problem for oppdretterne siden det i løpet av de siste årene har kommet vaksiner som fisken får i det tidlige smolt stadiet. Dette gjør fisken resistent til den blir satt ut i sjøen (Higuera et al., 2018).

Virus er et stort problem for lakseoppdrett. Det finnes ingen medisiner mot virus, men derimot finnes det noen vaksiner. Disse vaksinene har en varierende og usikker beskyttelse, men de utvikles hver dag og blir stadig bedre. Virus er et økende problem koblet opp mot den økende produksjonen. Det er også veldig vanskelig å kontrollere spredningen i oppdrett. PD er den sykdommen som forårsaker størst økonomisk tap. I Figur 1 kan man se de ulike virussykdommene som har gjort fisken syk i årene fra 2002 til 2019. I denne oppgaven fokuseres det på Pancreas disease (PD).



Figur 1. Viser årlige påvisning av virussykdommer hos oppdrettslaks fra 2002 til 2019. Rød linje viser Infeksiøs lakseanemi (ILA). Oransje linje viser Pancreas disease (PD). Grå linje viser Kardiomyopatisyndrom (CMS). Gul linje viser Hjerne og muskelbetennelse (HSMB). Blå linje viser Infeksiøs pankreas nekrose (IPN). (Fiskehelserapporten 2019)

## 1.2 Pancreas disease

Pancreas disease (PD) forårsakes av et virus kalt Salmonid alfavirus, forkortet til SAV eller også kalt PD-virus. Salmonid alfavirus kan deles inn i seks subtyper (Jansen, et al., 2016). I denne oppgaven vil vi studere SAV subtype 2 (SAV2).

PD er en alvorlig og smittsom sykdom som primært rammer laksefisk. Den fører til økt dødelighet, tapt vekst og nedsatt kvalitet hos laksen, som igjen fører til store økonomiske tap for oppdretterne. Viruset smitter horisontalt fra anlegg til anlegg, og innad i anleggene. Det vil være vanskelig å forebygge smitten da vannmassene som tar med seg smitten ikke er mulig å kontrollere når fisken produseres i åpne merder. I dag finnes det ingen måte å behandle allerede syk fisk, men man kan vaksinere for å forebygge og forhindre at fisken blir syk eller alvorlig syk (Jansen, et al., 2016).

SAV2 er et virus som rammer bukspyttkjertelen, derav navnet Pancreas disease. Hos oppdrettslaks i Norge er PD en av de største årsakene til tap. Selv om sykdommen hovedsakelig er ødeleggende for bukspyttkjertelen har man sett skader i både skjelettmuskulatur, samt annen muskulatur som rundt hjerte og spiserøret (Biomar, 2021).

Oppdrettslaks som får PD vil stoppe å spise, noe som kan føre til død for fisken. I perioden fisken er syk stoppes fôring. Dagene fiskene ikke spiser er dager hvor det er tapt tilvekst og fører til at man må vurdere en utsettelse av slaktedatoen for å oppnå ønsket slaktevekt. PD gjør også fisken mer utsatt for andre sykdommer (Jansen, et al., 2016).

Når viruset har infisert oppdrettslaksen og gjort den syk, vil dette føre til muskelsvinn og skader på muskulaturen. Disse skadene vil påvirke kvaliteten på sluttproduktet som skal selges. I verste fall vil man ikke kunne selge fisken grunnet skadene fisken har pådratt seg. En syk fisk endrer adferd og ligge øverst i vannmassene vendt mot strømmen. Dette er for å bruke minst mulig av muskulaturen, samtidig som at strømmen fører oksygenrikt vann over gjellene. Etter de første symptomene vil det ta rundt 2-3 uker til døden inntreffer med mindre den blir frisk (Biomar, 2021).

Man kan begrense PD ved å proaktivt forebygge med bruk av vaksiner. Disse vaksinene kan gi fisken en større motstandsdyktighet mot PD, men vil ikke kunne gi en fullstendig beskyttelse mot viruset (Stene et al., 2010). Overvåkning er også et viktig middel som blir brukt i kampen for å hindre videre smitte. Hvis man tidlig blir oppmerksom på en smittet fisk som er nærme slaktevekt, kan denne slaktes for å hindre videre spredning (Biomar, 2021).

Når PD angriper fordøyelsessystemet, vil det derfor være gunstig å endre fôret til noe som er lettere fordøyelig under påvirkning av viruset. Det negative aspektet med denne løsningen er for de fiskene som enda ikke har blitt smittet. De friske fiskene vil få næringsmangel og mindre energi enn de trenger. Dette vil igjen føre til at de gjenværende friske fiskene blir mer mottakelig for PD og andre sykdommer (Biomar, 2021).

PD viruset har egenskaper som gjør at det kan leve lenge i vann selv om det ikke er i en vert. Miljøfaktorer vil kunne påvirke virusets evne til å overleve. Jo kaldere og saltere vannet er jo lengre overlever viruset (Graham et al. 2007; Graham, et al., 2010). Forsøk har vist at viruset har evnen til å leve i 14 dager ved 10 grader og 35 dager ved 4 grader (Marin Helse, 2018).

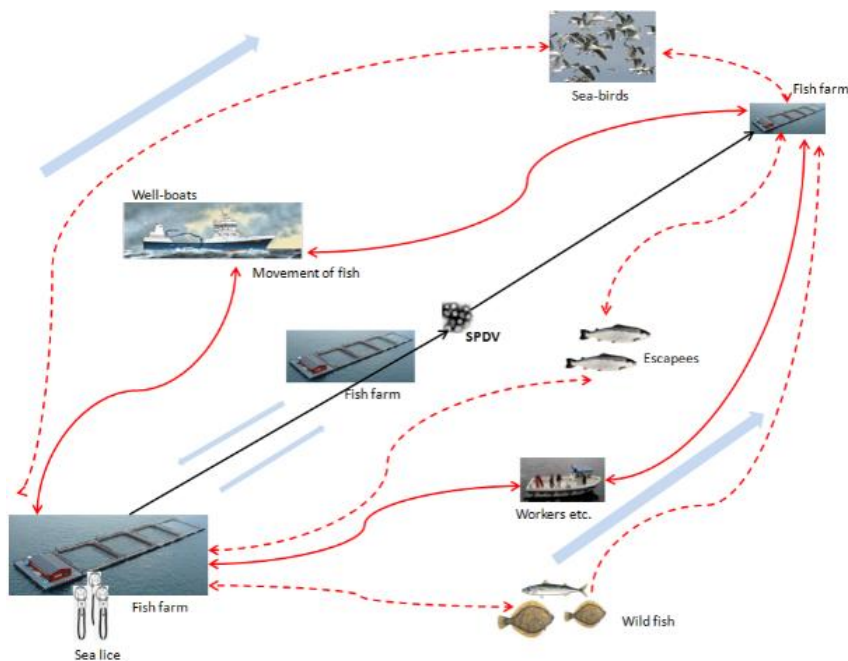
#### 1.2.1 Smitteveier (hvordan spres sykdommen)

En fisk kan få smitte fra ulike kilder, se Figur 2. En infisert fisk skiller ut viruset gjennom avføring, slim og gjeller (Marin Helse, 2021). Dette gjør at vannmassene som stadig er i bevegelse kan ta med seg viruset og spre det videre. Det har også blitt påvist at viruset er å finne i fett fraksjonen som lekker ut av syk og død fisk (Stene, et al., 2018). Dette fettset legger seg på vannoverflaten. Vannmassene i overflaten reiser lange avstander med vind og strøm, dette gjør at fettset kan bevege seg over store områder. En fisk drikker hele tiden vann, dette gjør at om det er PD i vannet vil fisken svelge mye virus (Stene, et al., 2018). Den mest sannsynlige innfallsporten til fisken er gjellene og svelget. PD blir skilt ut av kroppen via avføring og slim og derfra spredd via vannmassene (Marin Helse, 2021). Dette har vist seg å kunne forklare hvorfor det er mulig å ha utbrudd regionalt. Fra fisk til fisk innad i merder og i merder på samme lokalitet er smitten stor. Hvor de ulike lokalitetene ligger i forhold til strømbildet i et område vil også kunne påvirke hvor stor sannsynlighet det er for smitte og også hvor nære man ligger andre lokaliteter (Marin Helse, 2018).

Virus lever lenge utenfor laksen. Det har vist seg at brønnbåter kan transportere viruset videre til andre anlegg. Slik transport av fisk kan være grunn til at de ulike typene av viruset har kommet til Norge. Blant annet gjelder dette SAV-2. Denne typen ble påvist i Romsdalsfjorden først i 2010. Andre risikofaktorer knyttet til smitte er bruk av samme utstyr mellom lokaliteter i samme virksomhet, mye lus i anlegget, høyt fôropptak blant fisken og bruk av høstsmolt (Marin Helse, 2021).

Leppefisk som blir benyttet til å fjerne lakselus i oppdrettsanlegg kan også være en bidragsfaktor til smittespredning av PD-virus. Det har blitt gjennomført en risikovurdering av Veterinærinstituttet hvor man har sett på hvorvidt det er sannsynlig at leppefisk kan bidra til smitte av PD-virus. Det kan være at det er høy sannsynlighet for at leppefisk er en vektor når det kommer til smitte av PD-virus. Om leppefisken blir fanget i en PD-sone, kan fisken eller vannet den blir transportert i, inneholde PD-virus. Man kan risikere å smitte anlegg hvor det ikke er PD og ta med seg smitte til nye områder (Veterinærinstituttet, 2011).

Bedrifter som eier flere lokaliteter, kan ofte bruke det samme utstyret for flere lokaliteter. Dette kan man se eksempel ved bruk av båter og not. Ved gjenbruk eller deling av slikt utstyr er det veldig viktig med god desinfisering slik at man hindrer smittespredning. Figur 2 viser de ulike faktorene som spiller inn ved smittespredning. Her kan vi se hvordan brønnbåter, flo og fjære, fisken og arbeidere kan innvirke på smittespredningen av patogener. Smittespredning via fisk kan forekomme via rømming, men også via vill fisk som lever rundt lokalitetene.



Figur 2. Viser potensielle nettverk som er kapabel til å transportere PD mellom oppdrettsanlegg. Svarte piler viser passive transport. Røde piler viser aktive transport. Prikkede piler viser potensielle aktive transport. tidevannsstrømmen og kyststrømmen er markert (bruk godkjent av Anne Stene, NTNU).

## 1.2.2 Sykdomskontroll

### 1.2.2.1 Lover og forskrifter

PD går utover fiskehelsen, fiskevelferden og kan ha store økonomiske og omdømmemessige konsekvenser for næringen. For å kontrollere problemer knyttet til PD er det utarbeidet ulike forskrifter. For alle akvakulturanlegg gjelder «Forskrift om tiltak for å forebygge, begrense og bekjempe pankreassykdom (PD) hos akvakulturdyr.» (FOR-2017-08-29-1318). Denne forskriften er utarbeidet for å redusere de konsekvenser sykdom fører med seg. Forskriften hindrer at viruset sprer og etablerer seg i en overvåkningssone. Den vil også begrense at andre SAV typer som ikke er utbredt i området oppstår.



Akvakultur områder blir delt inn i ulike soner avhengig av hvilken status det er for området. Når det gjelder PD blir områder delt inn i bekjempelsessoner og overvåkningssoner. Bekjempelsessoner er områder med PD hvor mattilsynet skal godkjenne alt av flytting, splitting av nøter, utsett og slakting, dette for å prøve å minimere smitte. Bekjempelsessonen skal bli brakklagt så raskt som mulig (FOR-2019-04-04-450). Overvåkningssoner er soner som har mistanke eller ligger i nær omkrets til bekjempelsessoner. Her skal oppdretterne være påpasselige og overvåke anleggene sine nøye for eventuelle smitteutbrudd slik at de raskt kan gå inn og få kontroll på smitte utbruddet om det oppstår. Om det er påvist PD i et område skal det samkjøres brakklegging for alle anlegg i sonen som påvirker hverandre på en smittemessig måte. Dette innebærer at området er ute av virksomhet for en periode og tømt for fisk (Gullestad, et al. 2011).

For akvakulturanlegg i sjøvann hvor det ikke har blitt påvist SAV skal det undersøkes for SAV minimum en gang hver måned. Testing innenfor kontrollområdet går utover krav i den nevnte forskriften, og tar for seg «Forskrift om kontrollområde for å forebygge, begrense og bekjempe pankreassykdom (PD) hos akvakulturdyr, Smøla, Aure, Heim og Hitra kommuner, Møre og Romsdal og Trøndelag.» (FOR-2019-04-04-450).

Skal man flytte fisk fra et anlegg til et annet skal det tas prøver i løpet av de tre siste ukene før fisken skal flyttes. Dette gjelder både for fisk i ubehandlet sjøvann og fisk som flyttes fra behandlet sjøvann i en PD-sone og ut fra sonen. Unntak er om fisken skal til slaktermerd. Mistenkes det at det kan være PD-virus blant fisken skal det umiddelbart tas prøver for å bekrefte eller avkreftede virusets tilstedeværelse. Det er forbudt å flytte fisk inn og ut av anlegg om man mistenker PD eller om det er blitt påvist. Unntaksvis kan man gjøre det om Mattilsynet har gitt tillatelse. Det er ikke lov å sette ut fisk i åpne slaktermerder ved slakteri om mistanke eller påvisning av PD er gjort («FOR-2019-04-04-450»).

Andre tiltak som reguleres av lovverket er krav som stilles til servicefartøy, service personell og utstyr. Reglene bidrar til å forebygge smitte av PD-viruset. Det kreves grundig rengjøring og desinfisering før noe forlater en PD-sone. I enkelte tilfeller vil det være pålagt å ta en karantenetid, og loggføring skal skje i en PD-sone. Oppdrettsnøter som skal transporteres fra et anlegg i en PD-sone skal være i tett beholder, og avrenningsvannet skal ikke slippes ut før det er blitt desinfisert («FOR-2019-04-04-450»).

Brakklegging av lokaliteter er en viktig faktor i fjerning av forurensning fra bunnen, forebygging og bekjempelse av sykdommer og smitte. For hver produksjonssyklus skal det brakklegges i minimum 2 måneder (FOR-2019-04-04-450). Brakklegging er en prosess hvor all fisk blir tatt opp av en spesifikk sone. Alt relevant utstyr blir vasket og desinfisert før det er klart til nytt bruk. Ved påvist smitte av alvorlige sykdommer er det ofte nødvendig å brakklegge lokaliteten slik at man får desinfisert nødvendig utstyr, samt slakte all fisk som kan være bærere av smitten. Effektiviteten av brakklegging vil variere ut fra faktorer slik som varigheten av brakkleggingen, temperaturforhold og smittepress.

Det er ikke bare ved påvist smitte at brakklegging kan være gunstig. Koordinerte brakkleggingsgrupper er også et tiltak flere lokaliteter bruker for å hindre smittespredning. Ved å gjøre dette regelmessig reduserer dette blant annet smittepresset. Dette kan hindre at sykdom utvikles, og kan også stanse mulige smitte-sykluser. Ifølge Mattilsynet kan man se en tydelig positiv effekt på utviklingen av Pancreas disease på lokaliteter hvor brakklegging i grupper praktiseres. For å ha en effektiv brakklegging burde det være minimum med 4 uker brakkleggingstid, men det praktiseres med minimum 2 måneder. Man kan anta at i løpet av denne tidsperioden vil det være nok tid til å utføre tilstrekkelig rengjøring og desinfeksjon av installasjoner (Mattilsynet, 2019).

#### *1.2.2.2 Vaksinerings*

Vaksinerings av fisk er et tiltak som blir brukt for å gjøre at fisken får bedre immunitet mot sykdommen. Dette bidrar til å redusere dødeligheten ved et PD-utbrudd, forhindre lesjoner i hjertet og lever, og forhindre tilvekst forårsaket av PD-viruset. Fisk som blir satt ut i matfisk og stamfiskanlegg i området som strekker seg fra Fræna i sør til Sømna i nord, skal være vaksinert mot PD. Mattilsynet kan i unntakstilfeller kreve at anlegg i andre områder skal vaksinere fisken (FOR-2017-08-29-1318).

Vaksiner mot PD er tilgjengelig, og vaksinerer er veldig vanlig på lokalitetene på Vestlandet. I Trøndelag er vaksinerer derimot mindre utbredt. Vaksinasjonen og effekten har vært et omdiskutert tema. Grunnen til dette er at vaksinasjonen mot PD ikke er like effektiv sammenlignet med beskyttelsen som oppnås ved vaksinasjon mot bakterieinfeksjoner. På den andre siden er det påvist at vaksinerte fisker kan ha lavere dødelighet for PD enn de fiskene som ikke er vaksinert. En annen positiv effekt ved vaksinasjon er at fisken som er smittet skiller ut mindre mengder av virus. Det er stadig utvikling av nye vaksiner, og bare de siste årene har det kommet flere nye vaksiner på markedet mot PD. Noen av disse er basert på DNA-teknologi. Tidlig feltarbeid kan tyde på at disse vaksinene har en større effektivitet enn tidligere vaksiner, men foreløpig mangler det dokumentasjon på dette (Sindre & Jensen, 2019).

#### *1.2.2.3 Utslakting*

Utslakting er et tiltak for å forhindre at syk fisk skiller ut virus og en kan dermed hindre ytterligere spredning av PD-virus i et område. Viruset er ikke like utbredt nordover, man ønsker heller ikke at det skal få muligheten til å spres nordover i stor grad.

Det er derfor slik at SAV-3 som blir påvist nord for Hustadvika fører til utslakting, og SAV-2 som blir påvist nord for gamle Sør-Trøndelag fører også til utslakting. Grunnen til dette er at man ikke ønsker å ta noen sjanser, og vil gjøre de tiltak som i størst mulig grad er med på å forebygge og forhindre spredning av sykdommen. Samt for å forebygge og forhindre at sykdommen skal få fotfeste i områdene nordover (Marin Helse, 2018).

#### *1.3 Problemstilling og hypoteser(avgrensning)*

I Norge har vi to pågående PD-epidemier med to ulike subtyper av PD viruset. Den ene subtypen heter SAV3. Den har vært svært utbredt på Vestlandet. Den spredte seg fra lokaliteter i Hordaland i 2003-2004. SAV3 kom til Romsdalsfjorden i 2006. I 2010 ble marin SAV2 for første gang registrert i Norge i samme fjord. Denne subtypen spredte seg raskt i Midt-Norge til Nord-Trøndelag. Vi kan se at SAV3 forekommer som oftest sør for Stadt, mens nesten alle SAV2-tilfellene er registrert i Romsdalsfjorden og nord for Hustadvika i Møre og Romsdal (Sindre & Jensen, 2019).

Skal oppdrettsnæringen vokse på en bærekraftig måte, kreves økt kunnskap om hvordan sykdommer smitter for bedre å kunne kontrollere dem. Formålet med denne oppgaven vil være å prøve å finne faktorer som minsker risikoen for at PD-viruset smitter mellom anlegg i et fjordsystem. Vi vil forsøke å kartlegge mulige årsaker til smitte mønsteret. Denne kunnskapen kan føre til at det blir lettere å forebygge mot spredning av PD-virus i fremtiden.

Temaet for oppgaven er smittespredning av SAV2 mellom lokaliteter med oppdrettslaks i åpen merdproduksjon. Problemstillingen som har blitt utarbeidet lyder som følger: Hvordan vil ulike kontaktnettverk og vannmiljø på lokalitetene innvirke på spredning av PD-viruset i et fjordområde?

Hypotesene som har blitt laget knyttet til denne problemstillingen er:

- Sjøtemperaturen og salinitet innvirker på smitte og sykdomsutbrudd.
- Lokaliteter med samme eier blir lettere smittet av hverandre.
- Avstanden mellom lokalitetene har betydning for smittespredning.
- Vanntransport (strømretning og strømstyrke) har betydning for smittespredning.

## Materiale og Metode

### 2.1 Studieområdet

Studieområde som skal kartlegges i denne oppgaven er Romsdalsfjorden (Figur 3). Området er en del av produksjonsområdet 5, og ligger sentralt i Møre og Romsdal fylke. Studieområdet strekker seg fra Bud i nord til Breisundet i sør, og breier seg ut i flere fjorder. Det er mange små elvemunninger i Romsdalsfjorden, og noen få store. De store befinner seg hovedsakelig innerst i Romsdalsfjorden. I disse områdene er det ikke lov å drive oppdrett.



*Figur 3. Kart over vårt studieområde. Blå pil viser strømretning. Rød sirkel er oppdrettsanleggene med smitte i studieperioden. Grønn sirkel er oppdrettsanlegg uten smitte i studieperioden. Grønt stripet område er Laksefjord. (Fiskeridirektoratet)*

#### 2.1.1 Lokaltiteter

I denne oppgaven har vi tatt for oss 24 av lokalitetene i området. Kriteriene for valg av lokalitetene er at de driver med oppdrett av laks og ørret og er i sjø. For å få oversikt over alle lokalitetene har vi benyttet både fiskeridirektoratet sitt kartverktøy og Barenswatch sitt kartverktøy. På Barenswatch er det tydelig hvilke lokaliteter som er plassert på land da disse er runde på kartet. På fiskeridirektoratet vises det tydelig om lokalitetene driver med fisk eller andre oppdrettsbare organismer eller alger. Perioden vi har studert de ulike lokalitetene strekker seg fra 2012 til 2021

### 2.1.2 Temperatur

Data for temperatur ble hentet fra Barentswatch og [www.seatemperature.net](http://www.seatemperature.net). Generell overflatetemperatur ble hentet fra [www.seatemperatur.net](http://www.seatemperatur.net). Informasjonen som ble hentet her ble brukt til å vise endring i temperatur i løpet av året sammenlignet med gjennomsnittlige smittetilfeller i løpet av et år i perioden 2012-2021. Noen måneder ble det ikke oppgitt verdier for temperatur, her er det gjort et estimat ut i fra det som er oppgitt. Dette fordi det naturlig nok vil være en jevn stigning og synking i løpet av året.

På Barentswatch hentet vi data til råmateriale og videre utregninger. Barentswatch har en tabell med informasjon om temperatur på de forskjellige lokalitetene fra uke til uke på gitte datoer, som regel i sammenheng med at de tar lusetelling på lokalitetene. Dataene som vi hentet ut herfra overførte vi til et Excel-ark hvor vi satte opp hver lokalitet fra 2014 til 2020. Vi delte opp i to sesonger: vinter/ - vår og sommer/ - høst. Vinter/vår i oppgaven er fra desember til og med mai. Sommer/høst er fra juni til og med november. Grunnen til at vi valgte denne metoden var fordi det manglet noe informasjon fra de forskjellige lokalitetene. Med disse dataene fikk vi en tabell som viser alle lokalitetene og deres temperaturer. Denne tabellen omformet vi så ved å ta gjennomsnittlig registrert temperatur for den aktuelle sesongen for et gitt år. Dette ga oss en mer oversiktlig og enkel tabell.

Det ble laget en graf for temperaturendring i tidsperioden 2014-2020 ut fra denne tabellen. Grafen ble benyttet for å sammenligne temperaturendring i perioden med smittetilfeller i perioden for å se om smitte mønsteret var som forventet i forhold til temperaturen.

Hensikten med å bruke temperaturen var for å sammenligne disse dataene med antall registrerte smittetilfeller. Ved å gjøre dette kunne vi utforme grafer som ville kunne gi oss et mer oversiktlig bilde over hvordan temperaturen direkte påvirker smittespredning og smitte antall.

### 2.1.3 Salinitet

For å kartlegge saliniteten i området har vi brukt [www.midtnorge.sinmod.com](http://www.midtnorge.sinmod.com). Her har vi kartlagt saliniteten for hver lokalitet på 2m dyp og 5m dyp ved hjelp av fargekodede kart. Ikke alle lokalitetene i området hadde informasjonen vi søkte. Med den informasjonen vi skaffet kunne vi utarbeide grafer på dette som viser hvilken salinitet de ulike lokalitetene har. Ved hjelp av [www.barenswatch.com](http://www.barenswatch.com) har vi også kunnet se dette på en visuell måte ved hjelp av kartverktøyet. Her har vi kunnet sortere ut den informasjonen som vi ønsket. Vi har sett på hvor elvene munner ut i fjorden. Det mest relevante å se på er vannet ved de største elvene innerst i fjordene. Fra informasjonen om salinitet ser man at det er der vannet er minst salt.

Vi kartla saliniteten for å sammenligne dette med smitte. Hovedsakelig vil vi bruke salinitets dataene for å se om dette påvirker smittespredning da undersøkelser har vist at viruset lever kortere ved lavere salinitet (Graham 2007), noe som igjen vil påvirke hvor langt smitten kan spre seg i vannmassene.

## 2.2 Innsamling av data

### 2.2.1 Sykdomssituasjonen på lokalitetene

For å finne relevante data til å lage en oversikt over hvilke av våre lokaliteter som er smittet i hvilken rekkefølge fra 2013 til i dag har vi brukt datasettet til [www.barentswatch.no](http://www.barentswatch.no). I dette dokumentet er det oversikt over lokalitetene i Romsdalsfjorden som har fått registrert PD. Vi har overført informasjonen inn i en Pivot tabell og fått ut en oversikt som sier oss hvilke lokaliteter som ble påvist først og sist innenfor vårt område og vårt tidsperspektiv (Se vedlegg 3).

I Vedlegg 1 som viser smitte rekkefølgen, fremstiller vi det antall måneder fisken stod i sjø før smittetilfellet inntraff og hvor lenge fisken var i sjøen før den ble slaktet. For å skaffe denne informasjonen har vi benyttet BarentsWatch. Her ble hver lokalitet gjennomgått for å finne den informasjonen som behøvdtes. Informasjonen som var tilgjengelig strekker seg fra 2012 og frem til 2021.

Ut fra informasjonen om antall måneder fisken stod i sjø før smittetilfellet inntraff ble det regnet ut et gjennomsnitt for hele Romsdalsfjorden og for hver enkelt lokalitet. På denne måten som vist i Figur 13 kan man tydelig se hvilke lokaliteter som avviker fra normalen, enten i positiv eller negativ retning.

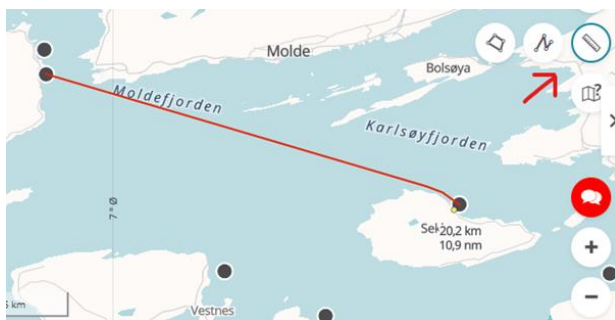
### 2.2.2 Eiernettsverk

For å finne de ulike eierne for hver lokalitet i området har vi benyttet [www.barenswatch.com](http://www.barenswatch.com). Her fremkommer relevant informasjon, blant annet hvem som driver virksomhet på lokaliteten. På enkelte lokaliteter er det oppgitt flere eiere. Det første som ble gjort var å finne ut hvor mange smittetilfeller hver lokalitet i området har hatt over den gitte tidsperioden fra 2012-2021, dette kunne man hente ut ved hjelp av smitte rekkefølgen som har blitt fremstilt. Deretter fant man ut hvilke eiere som driftet de ulike lokalitetene. Med denne informasjonen kunne man finne ut hvor mange lokaliteter hver virksomhet har og hvor mange av disse lokalitetene som har hatt smitte i tidsperioden samt hvor mange smittetilfeller hver virksomhet har hatt.

Med informasjonen vi skaffet kunne vi lage grafer som viste antall smittetilfeller per eier, hvor mange lokaliteter av totalen som hadde hatt smitte og hvilken prosentvis mengde dette utgjorde se Figur 11, 12 og 13. Hensikten med dette var for å se på om det er noen sammenheng mellom smitte og eiernettsverk i området.

### 2.2.3 Avstand mellom lokaliteter

Vi har kartlagt avstanden fra en lokalitet til en annen. I området vårt har vi 24 lokaliteter som er relevant for oppgaven. For hver lokalitet har avstanden blitt målt til alle andre. På den måten har vi skaffet oversikt over alle avstander relevante i området. For å måle avstanden har vi brukt måleverktøyet på Barenswatch sin nettside, se Figur 4. Man måler opp avstanden ved å trykke på linjalen til høyre, både kilometeravstand og avstand i nautiske mil kommer opp. Når vi har målt avstanden har vi gjort det via sjøveien og ikke i luftlinje. Dette ser vi eksempel på i figuren under. Ut fra informasjonen om avstandene ble det laget en avstandsmatrise, se vedlegg 2.



Figur 4. Viser eksempel på måleverktøyet vi brukte for å finne distanser mellom ulike lokaliteter. (barenswatch.no)



Avstandsmatrisen se Vedlegg 1 som ble laget ble brukt sammen med smitte rekkefølgen se Vedlegg 2 for å lage en oversikt over avstanden for hver lokalitet som ble smittet til nærmeste smitta lokalitet. Vi gikk inn i smitte rekkefølgen for hvert utsett i tidsperioden for hver lokalitet med smitte, og det samme ble gjort for hver lokalitet uten smitte.

Vi sjekket hvilket anlegg som hadde smitte i samme tidsrom, og målte avstanden derfra ved hjelp av avstandsmatrisen. Deretter regnet vi ut gjennomsnittet for de smitta lokalitetene og for de uten smitte. Det ble også regnet ut standardavvik og utført en T-test på dette. Formålet var å se om det ville være forskjell i gjennomsnittlig avstand mellom anlegg med smitte og uten smitte.

#### 2.2.4 Strømforhold og smitte sannsynlighet

For å finne strømforholdene i området har vi benyttet oss av MODs Midtnorge 2017 ([www.midtnorge.sinmod.com](http://www.midtnorge.sinmod.com)). Informasjonen man finner på denne siden er en del av et prosjekt gjennomført av SINTEF i samarbeid med de 317 lokalitetene som har vært meldt på prosjektet. På denne siden har vi funnet informasjon vedrørende blant annet strøm og hydrografi. For å lage et kart over strøm retningene i fjorden har vi søkt opp de ulike lokalitetene og sett på den årlige midlede strømhastigheten. Ved hjelp av dette kunne vi lage et kart som viser det årlige strømbildet for området (Figur 3). Det er også hentet ut informasjon om den gjennomsnittlige strømhastigheten for hver lokalitet. Dette benyttet vi for å fremstille en graf for strømhastigheten for hver av lokalitetene i området. Slik kan vi se hvilke lokaliteter som har mye gjennomstrømming av vannmasser og hvilke som har lite.

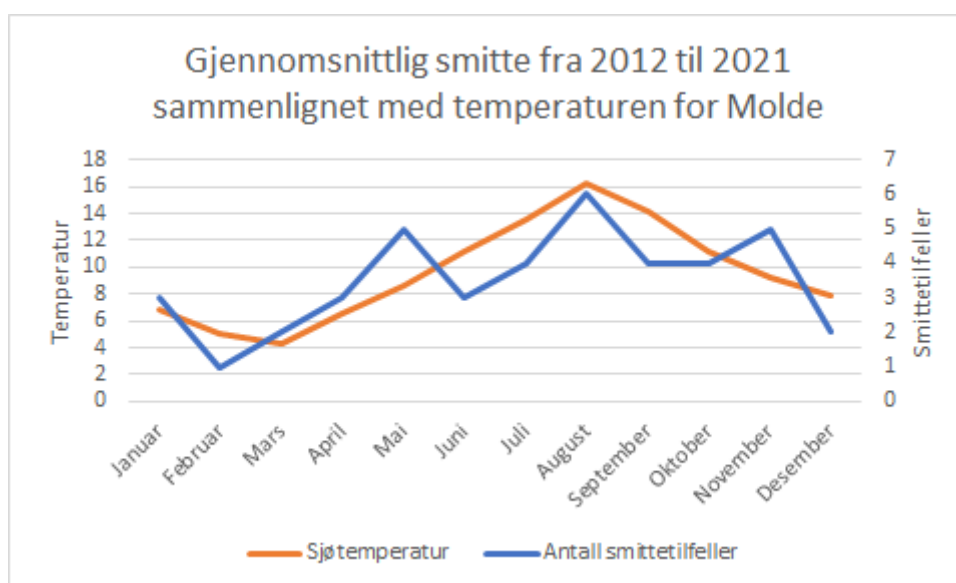
På SINMOD er det en funksjon som viser smittespredning. Sannsynligheten for smitte har en verdi basert på hvordan vannmassene forflytter seg. Alle lokalitetene i området ble sjekket. Vi delte inn i de som hadde hatt smitte og de som ikke hadde hatt smitte. Det anlegget med størst sannsynlighet for å smitte ble valgt. Gjennomsnittet ble regnet ut for de med smitte og de uten. Det ble regnet ut standardavvik og kjørt en T-test. Hensikten med dette var å se på hvor stor forskjell det er i smittesannsynlighet for anlegg med og uten smitte.

## Resultat

### 3.1 Temperatur

På Figur 5 ser man at temperaturen begynner å stige tidlig på våren og avtar fra august. Det samme gjør antall smittetilfeller. Vi ser også at det er en trend at smittetilfellene har topper gjennom sesongen. De fleste toppene er å finne når havet er varmest, det er minst smittetilfeller på vinteren. Under vinter/vår-sesongen fikk vi 2,6 i gjennomsnitt med smitte mens i sommer/høst sesongen ble gjennomsnittet 4,3. Ut ifra disse tallene fikk vi en prosentvis økning i smitte fra vinter/vår til sommer/høst på 60%. Gjennomsnittlig temperatur for vinter/vår var på 7,1 grader celsius. Den gjennomsnittlige temperaturen vil være 12,6 grader celsius under sommer/høst. Den prosentvise temperatur økningen fra vinter/vår til sommer/høst er dermed 77%. Over samme tidsperiode har vi et gjennomsnittlig smittetall på 6,9 per måned.

Den gjennomsnittlige temperaturen på kysten ved Molde er 9,6 grader. Om vinteren er den 6,9 grader, om våren er den 6,6 grader, om sommeren 13,6 grader og om høsten er den 11,2 grader. Den lavest målte temperaturen i løpet av året ligger på 4,3 grader og den høyeste målte temperaturen er på 16,3 grader. Disse er målt i mars og august ([www.seatemperature.net](http://www.seatemperature.net), 2021).



Figur 5. Viser gjennomsnittlig antall smittetilfeller gjennom året for området vi har valgt i perioden 2012 til 2021. Dette er sammenlignet med temperaturen gjennom året for en syv års periode for Molde som ligger i området vårt.

Tabell 1. Viser utregningen som er gjort for å finne gjennomsnittstemperaturen for de ulike sesongene i de individuelle årene vi har tatt for oss.

år	2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020	
	Vinter - Vår	Sommer - Høst	Vinter - Vår	Sommer - Høst	Vinter - Vår	Sommer - Høst	Vinter - Vår	Sommer - Høst	Vinter - Vår	Sommer - Høst	Vinter - Vår	Sommer - Høst	Vinter - Vår	Sommer - Høst
Dryna 32197	6,9	13,5	8,5	12,0	7,0	13,2	7,4	12,7	6,0	11,9	6,9	11,4		
Terningen 12268	7,2	13,5	7,7	12,0	6,8	13,2	7,3	12,7	6	11,9	6,9	11,5		
Myrane 27215							7,8		5,9	8,7	6,6	11,7		
Juvika 12260	6,7	15,0	8,9	11,8	7,3	13,2	7	12,9	6,1	12,4	6,6			
Setevika N 33017	7,3	12,8	6,6	10,2			6,74	13,4	7,7		6,6	11,7	8,1	
Setevika 12244	7,3	13,2	6,6	12,6	7,0	12,5	6,7	14,1	7,1	11,8	6,6	10,6	6,9	12,9
Furneset 13669	7,1	7,2	7,2	11,8	8,0	10,7	7,0	13,2	6,3	11,9	6,9	12,5	7,3	12,7
Gjermundnes 13852	6,9	12,7	7,0	11,5	7,9	12,8	7,1	13,3	6,8	12,8	6,9	12,6	6,6	12,7

I tabell 1 ser man at temperaturen er lavere på vinteren og høyere på sommeren.

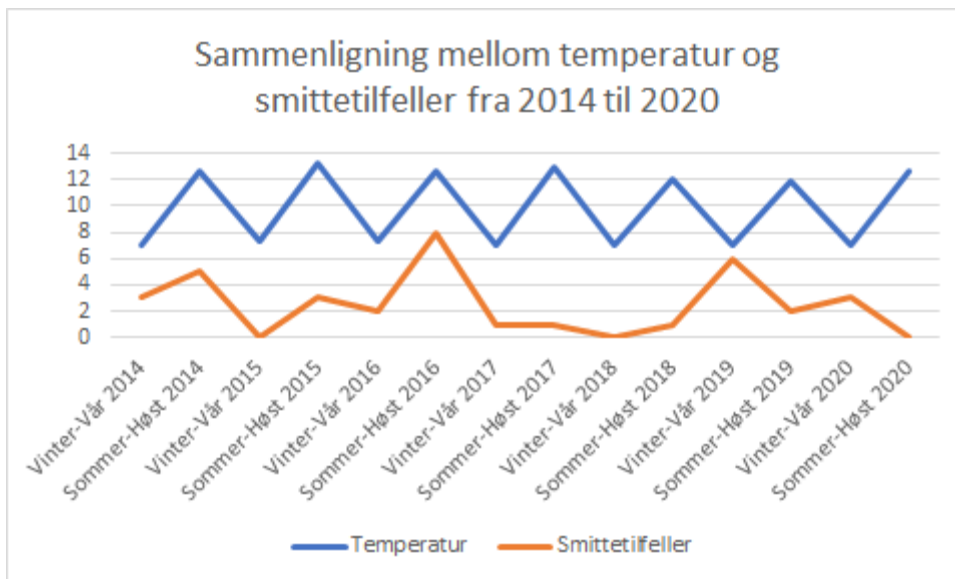
Temperaturen fra år til år er ganske lik. I perioden sommer-høst er den største differansen på 1,3 grader, og i perioden vinter-vår er den største differansen 0,3. Smitte antallet har ikke identisk mønster som temperaturendringene. Mønsteret er stigende og synkende etter hvor i året man befinner seg.

Tabell 2. Viser snitt temperaturen for vinter-vår og sommer-høst.

År	Vinter- Vår	Sommer- høst
2014	7,0	12,6
2015	7,3	13,2
2016	7,3	12,7
2017	7,3	13,0
2018	7,0	12,0
2019	7,0	11,9
2020	7,1	12,7
<b>Sum</b>	<b>49,9</b>	<b>88,2</b>
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>7,1</b>	<b>12,6</b>
<b>Prosentvis Økning</b>	<b>76,7</b>	

I tabell 2 ser man gjennomsnittstemperatur i tidsperioden 2014-2020 for vinter-vår og sommer-høst. Tallene viser 7,1 °C for vinter/vår og 12,6 °C for sommer/høst. Med disse tallene fant vi fram til en prosentvis økning ved  $(12,6 - 7,1) / 7,1$  som ga oss eller 76,7% økning.

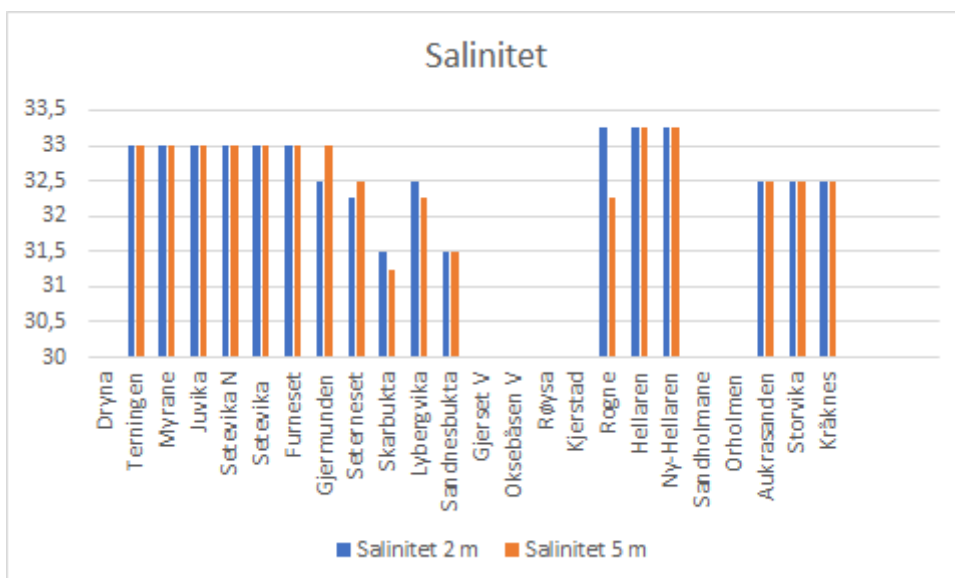
I Figur 6 ser man at temperaturen er ganske lik fra år til år. Smitten går i et mønster hvor det øker og synker. De fleste toppene er å finne på sommersesongen, mens de fleste bunner er å finne på vintersesongen. Det er unntak hvor dette ikke er tilfellet, dette ser man fra 2017. Man ser at det som oftest er økning i smitte på våren. Grafen viser en laveste temperatur på 7 grader celsius om vinter/vår og en høyeste temperatur på 12-13 grader celsius om sommer/høst.



Figur 6. Viser temperaturendringer Vinter/Vår og Sommer/Høst i løpet av året fra 2014 til 2020 og smittetilfeller gjennom året i denne perioden.

### 3.2 Salinitet

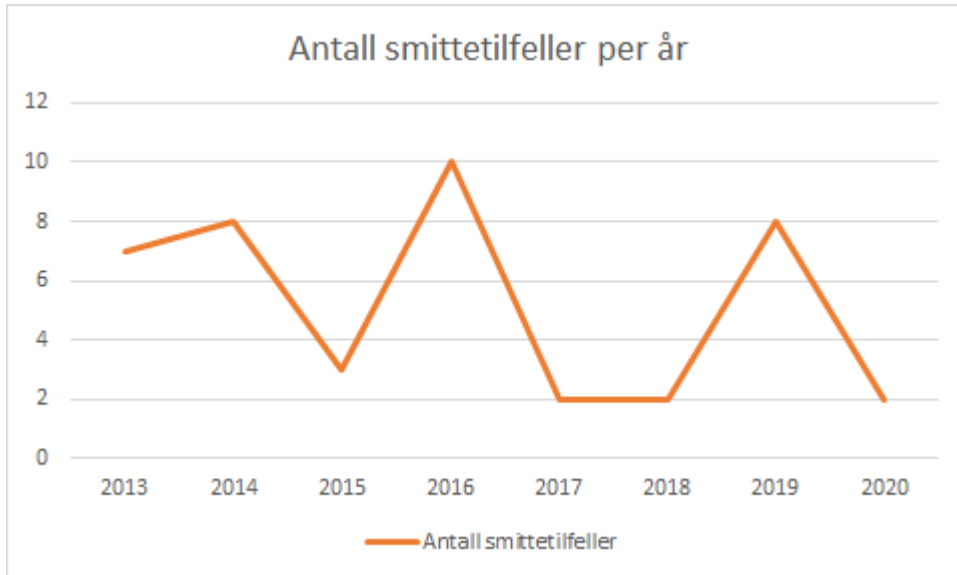
I Figur 7 ser man at saliniteten i området varierer lite for de lokalitetene som ligger i området. De lokalitetene som skiller seg litt ut er de lokalitetene som ligger lengst inn i fjorden. Saliniteten er for alle lokaliteter over 0,5-30 promille, så alle lokaliteter ligger i saltvann.



Figur 7. Viser saliniteten på de ulike lokalitetene oppgitt i promille. Oransje søyle viser salinitet på 5 meters dybde, mens den blå søylen viser salinitet på 2 meters dybde. (sintef.no/sinmod)

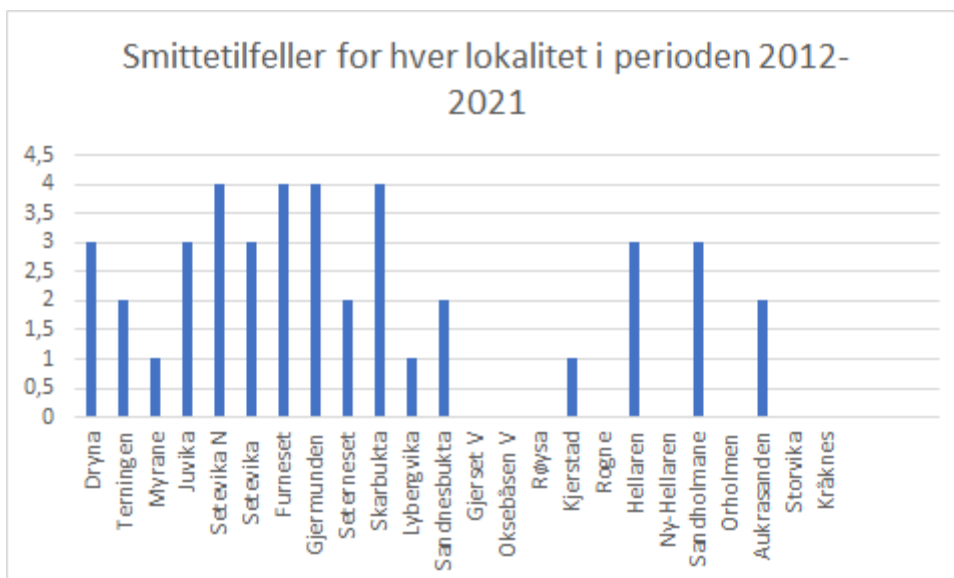
### 3.3 Smitte mønsteret i fjorden

Figur 8 viser et varierende antall smittetilfeller de siste 7 årene. Det er en nedadgående kurve, men den har flere topper blant annet i 2016 hvor det nådde et toppunkt på 10 tilfeller. Det er et snitt på seks årlige tilfeller i perioden.



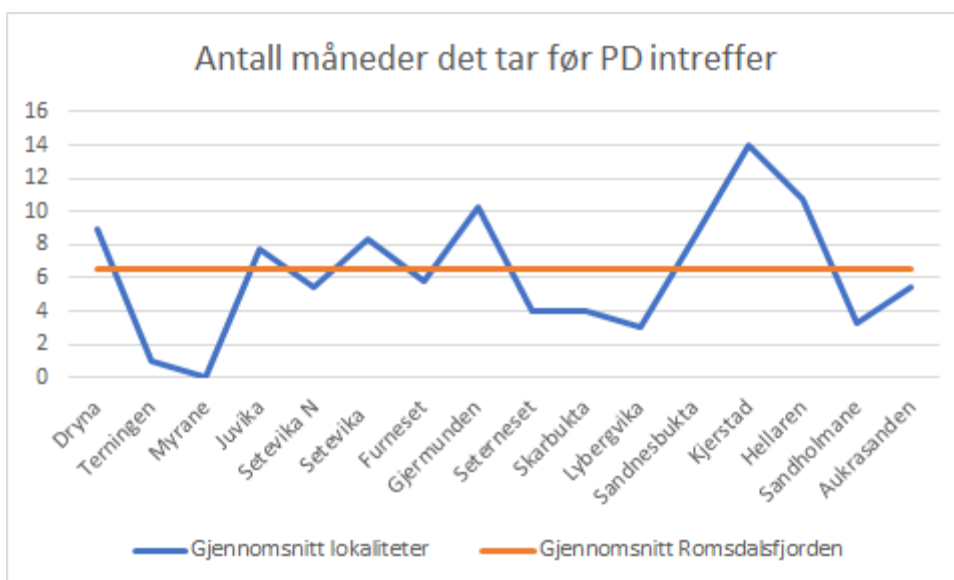
*Figur 8. Viser samlet antall smittetilfeller for PD i tidsperioden 2013-2020. (barentswatch.no)*

I Figur 9 ser man at fire av lokalitetene har hatt 4 smittetilfeller i perioden 2012-2021. Mange av lokalitetene har hatt smitte i perioden. Det er 5 av 24 lokaliteter som ikke har hatt smitte i perioden.



Figur 9. Viser antall smittetilfeller som har oppstått på de ulike lokalitetene i tidsperioden 2012-2021. (barentswatch.no)

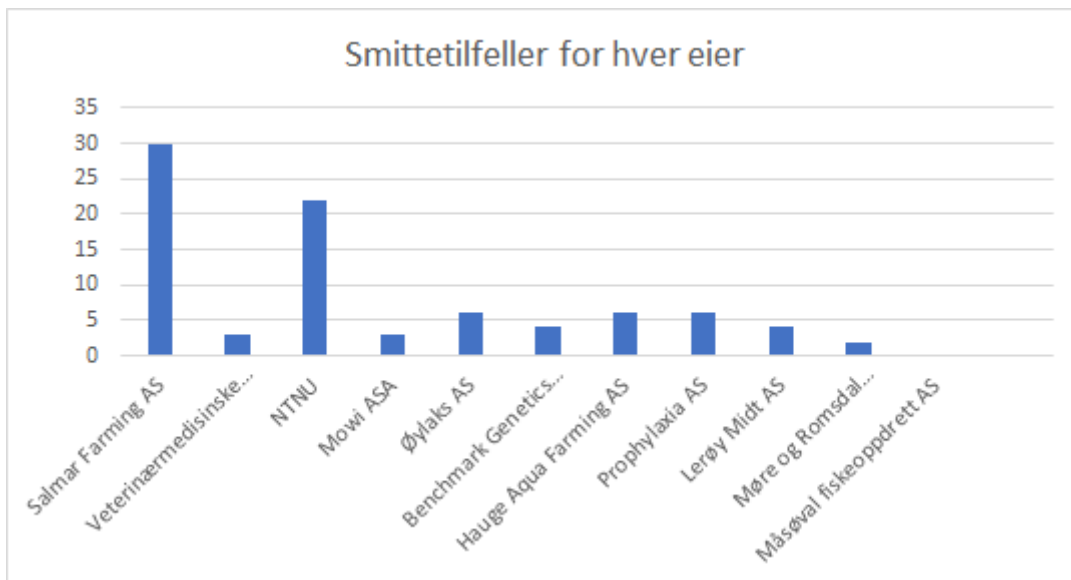
I Figur 10 ser man antall måneder før PD inntreffer. Gjennomsnittet i Romsdalsfjorden før PD inntreffer er 6,52 måneder. Hos syv lokaliteter tar det lengre tid enn gjennomsnittet i fjorden før PD inntreffer. Hos ni lokaliteter tar det kortere tid enn gjennomsnittet før PD inntreffer.



Figur 10. Viser antall måneder fra utsettelse av fisk, til PD oppstår. Den blå linjen viser den spesifikke tiden for de ulike lokalitetene, mens den oransje linjen viser gjennomsnittlig tid før PD oppstår. Hvis en lokalitet har flere tilfeller av PD har vi brukt den gjennomsnittlige verdien som spesifikk verdi.

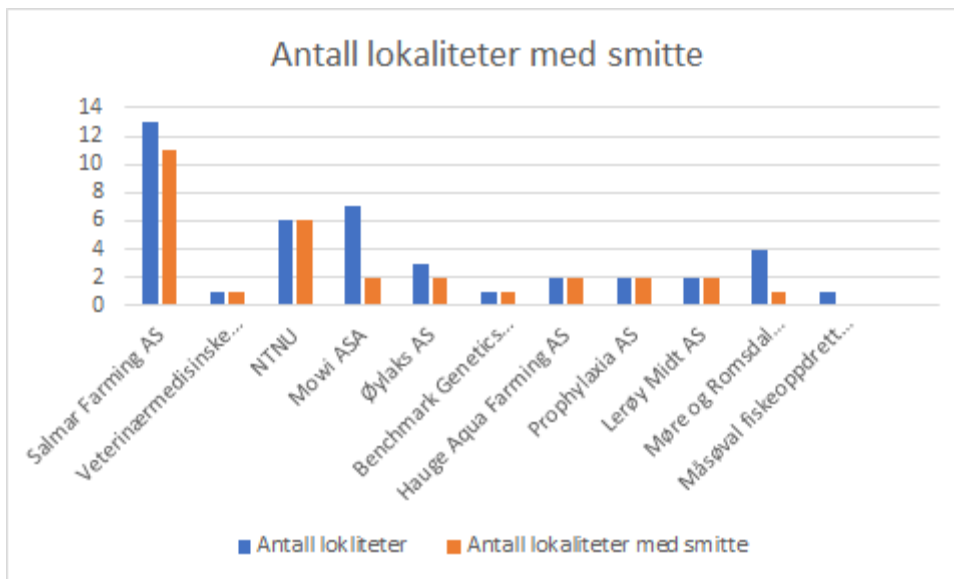
### 3.4 Eiernetverk

I Figur 11 ser vi sammenhengen mellom smitte av PD og eierstruktur. Salmar farming AS er den største aktøren i området og den aktøren med mest smitte. NTNU er samarbeidspartner med en rekke av Salmar farming AS sine anlegg og kommer da ut med nest mest smittetilfeller. Mowi ASA er også en stor aktør i området, men de har relativt lite smitte.



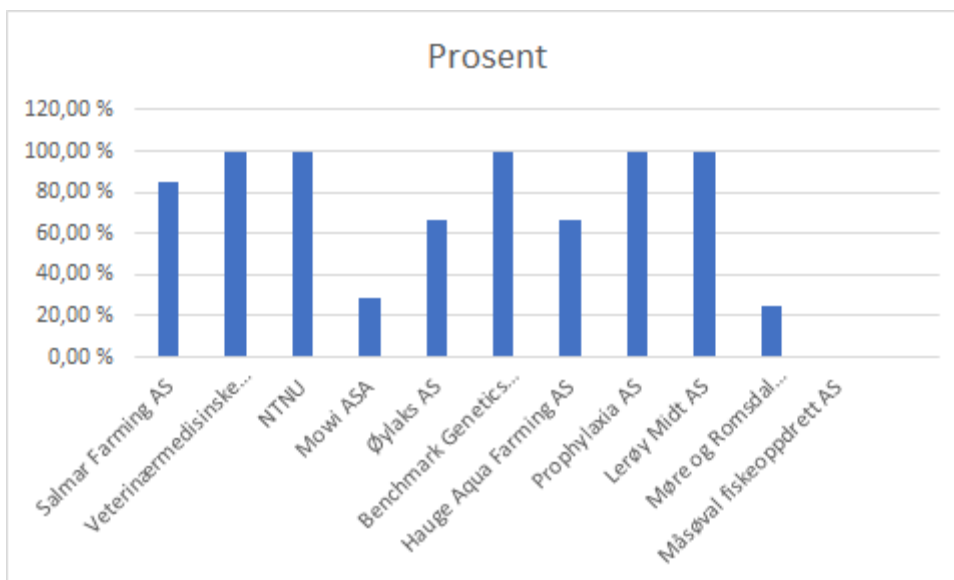
Figur 11. Viser hvor mange smittetilfeller hver enkelt eier har hatt i perioden 2012 til 2021. (barentwatch.no) Fulle lokalitetsnavn finner man i Vedlegg 5

I Figur 12 ser man at enkelte av eierne har hatt smitte på alle lokaliteter, det er bare to av eierne som ikke har hatt smitte. Hos noen har alle lokalitetene til eierne hatt smitte, som man kan se kommer dette av et lite antall lokaliteter. Av de store aktørene med mange lokaliteter har ikke alle lokaliteter hatt smitte.



Figur 12. Viser antall lokaliteter hver eier har, blå stolpe, og hvor mange av disse lokalitetene som har hatt smitte i perioden 2012 til 2021, oransje stolpe. (barentwatch.no) Fullt lokalitetsnavn finner man i Vedlegg 5

I Figur 13 ser vi at fem eiere har hatt smitte på alle lokaliteter, to eiere har hatt lite smittede lokaliteter og tre ligger i øvre sjikt, men har sluppet unna smitte på enkelte lokaliteter.



Figur 13. viser prosentvis mengde av lokalitetene til hver enkelt eier som har vært smittet. Fullt lokalitetsnavn finner man i Vedlegg 5



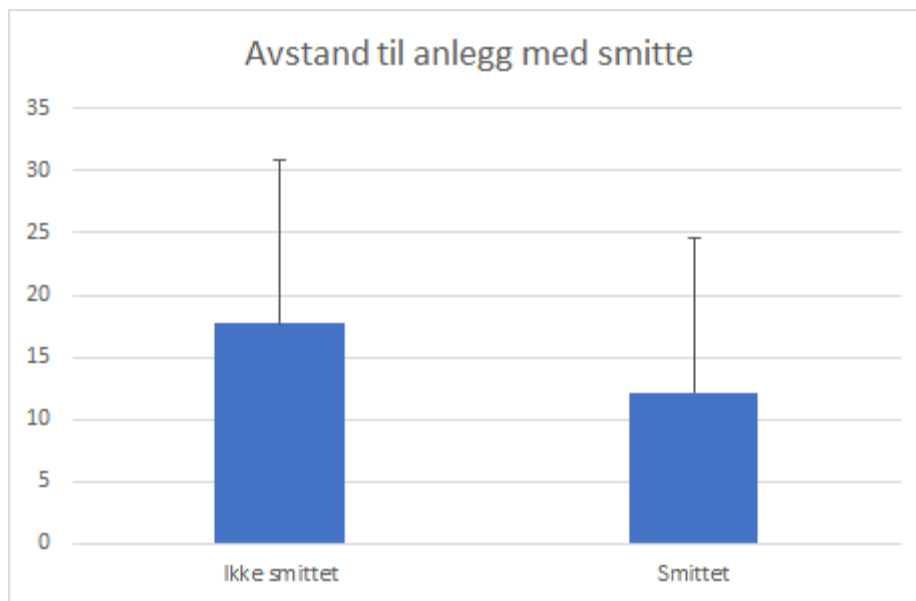
### 3.5 Distanse

I Vedlegg 2 kan man se alle de ulike distansene mellom lokalitetene i Romsdalsfjorden. Gjennomsnittsdistansen som vi fant mellom alle lokalitetene er på 34 km.

Vedlegg 4 viser hvordan smitten har beveget seg i Romsdalsfjorden. Her kan man se de ulike distansene mellom hver enkelt lokalitet, ut ifra rekkefølgen smitten har oppstått.

Gjennomsnittsdistansen smitten beveger seg før det skjer et nytt smittetilfelle har vi kalkulert til 21 km. Dette betyr at i gjennomsnitt vil smitten bevege seg 21 km før det blir en overføring av smitte.

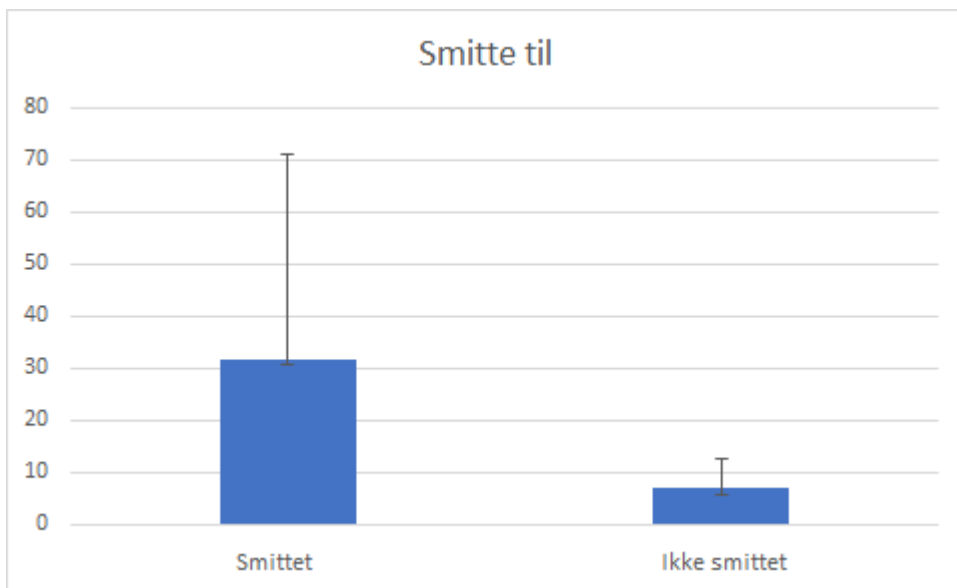
I Figur 14 ser man at det er større gjennomsnittlig avstand fra anlegg uten smitte. Avstanden mellom anlegg med smitte er mindre. Gjennomsnittlig avstand for ikke smitta anlegg er 17,7 km, og for smitta anlegg er det 12,2 km. Standardavvik for de anlegg uten smitte er på 13,1 km og for de med smitte er det 12,5 km. Det er blitt gjort en T-test som viser at det ikke er signifikant forskjell( $p>0,05$ ).



*Figur 14. Viser gjennomsnittlig avstand mellom anlegg med smitte og uten smitte målt til det nærmeste anlegget som hadde smitte på tidspunktet.*

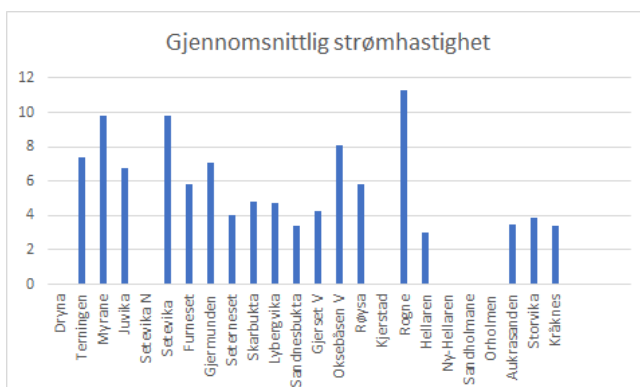
### 3.6 Strøm

I Figur 15 ser vi at det er større smitte sannsynlighet i gjennomsnitt til anlegg som har hatt smitte, mens anlegg som ikke har hatt smitte har gjennomsnittlig mindre smitte sannsynlighet. Standardavik fremkommer i figuren. Gjennomsnittelig smittesannsynlighet for de uten smitte er 31,6 og for de med smitte er det 6,8. Standardavik for lokalitetene med smitte er på 39,6 og standardavik for lokalitetene uten smitte er på 5,9. Det ble gjort en T-test som viste at det ikke er statistisk signifikant forskjell ( $p > 0.05$ ).



Figur 15. Viser smittesannsynligheten fra anlegg som har hatt smitte sammenlignet med anlegg som ikke har hatt smitte.

I Figur 16 ser man at det er stor variasjon i gjennomsnittlig strømhastighet for hvert anlegg. Rogne har størst strømhastighet mens Rindarøy har minst strømhastighet.



Figur 16. Viser gjennomsnittlig strømhastighet for hvert anlegg i området vårt.

## Diskusjon

Mange ulike miljøfaktorer kan påvirke smitte av Pancreas disease(PD). Noen av de vi har tatt for oss er temperatur, salinitet, eiernettverk, avstand mellom lokalitetene og strømforhold. Dette er miljøfaktorer som er aktuelle for smittespredning, samt smittepress av PD-virus. Ved å se på disse faktorene ville vi forsøke å finne ut hvordan disse påvirker smittespredning.

### 4.1 Temperatur

Som nevnt tidligere i oppgaven vil vanntemperaturen påvirke overlevelsen til PD viruset, noe som igjen vil påvirke hvor langt smitten beveger seg i vannmassene. Temperaturen påvirker selve utbruddet av sykdommen, dette fører så til stor utskillelse av virus og høyt smittepress. Viktigheten av temperaturendring for spredning av smitte kommer til syne i forskning som: (Ellis et al. 2002; Engelsam et al. 2003).

Ved hjelp av Figur 6 kan vi se at det er svært liten forskjell i sesongtemperatur fra år til år i Romsdalsfjorden. Temperaturen er ganske lik fra år til år, dette gjør det lettere for oss å bruke informasjonen som et helhetlig bilde fra 2014-2020 i stedet for å ta hvert år individuelt. Når vi sammenligner temperaturen med smitte antallet kan man se en gjennomgående trend. Sommer/høst perioden har en gjennomsnittlig økning av smitte antallet. Dette styrker teorien om at varmere vann vil gjøre at smitte avstanden øker ekvivalent. Figur 5 og Figur 6 viser at smitten øker ved økning av temperatur, dette samsvarer med forskning fra: (McLoughlin & Graham 2007; Rodger & Mitchell 2007). Ut ifra dataene om smitte og temperatur kan vi sammenligne resultatene og se mulige endringer i smitte korrelert til temperaturen. Ved rask stigning av sjøtemperatur vil det være mer sannsynlig for tilfeller av PD å forekomme (Stene, et al., 2014). Dette stemmer også overens med våre funn.

Vi forventet at smittetilfeller skulle stige når sjøen begynte å bli varmere. Vi forventet også et ganske likt sikksakkmønster på antall smittetilfeller se Figur 6. Det vi kan se ut fra Figur 5 og Figur 6, er at antall smittetilfeller er lavere på vinteren, og gjennomsnittlig i perioden er det stigning på våren og flest tilfeller i de varme månedene. Man kan se et sikksakkmønster selv om ikke alle årene hadde like mye smitte. Fra 2017 til 2018 er det flatt i en lengre periode. Dette kan skyldes at det ble vanligere med screening av fisken og at sykdommen ble oppdaget tidligere. Det kan også komme av at fisken allerede var smittet når vi gjorde beregninger, og det kan også være det var mindre fisk enkelte år i området. På noen punkt avviker det veldig fra hva vi tenker, der er det høyest smitte når vannet er på sitt kaldeste.

Man kan også se at de årene som var litt varmere hadde litt lavere smitte. Dette fremstår litt motsigende, da man kan se en trend med at smitten øker når temperaturen i sjøen stiger samtidig som det var mindre smitte de varmeste årene. Det kan da være mulig at små temperaturforandringer ikke har så mye å si.

Ved å se på Tabell 2 får vi snitt temperaturene som kommer ved vinter/vår og sommer/høst periodene. Negative aspekter ved bruk av denne grafen vil være mangel på detaljer rundt små variasjoner i temperatur, spesielt i de tilfeller hvor temperaturen øker over en kort tidsperiode sammenlignet med perioder hvor temperaturen øker saktere. Samtidig var det mange hull i dataene fra Barentswatch under brakklegging. Dette gjorde at det manglet utfyllende data for å få et helhetlig bilde av sjøtemperaturen.

Forskning viser at lave temperaturer vil påvirke overlevelsessevnen til PD, noe som øker mulig smittedistanse (Houghton et al. 1995). Vi har konkludert basert på tidligere forskning at ved saltere og kaldere vann vil PD overleve lengre (Graham et al. 2010) Samtidig vil hurtige temperaturendringer i vannet fra kaldt til varmt øke stressnivået hos laksen og senke immunforsvaret slik at den blir mer mottakelig mot PD (Houghton et al. 1995). Resultatene vi har fått ut ifra temperaturregistrering og dens påvirkning på smittespredning går ikke overens med dette. Dette er fordi temperaturstigningen gjør fisken syk. Når en fisk blir syk, skiller den ut store mengder virus. Selv om viruset lever litt kortere når det er varmere, vil det da være større mengder PD i vannet. Det er dette som gjør at resultatene viser til at det er mer PD i varmere måneder. Grunnen til dette kan være at der er endringen i økende temperatur som er utslagsgivende, i stedet for den generelle høye temperaturen. Dette viser forskning som: (Torgersen et al. 2009). En mulighet er at rask stigning i temperatur vil øke smittetilfeller, mens det kalde salte vannet øker sprednings rekkevidden for PD. Dette er også i samsvar med det andre har kommet fram til i sin forskning og som Anne Stene fant i sin rapport (Stene, et al., 2014).

Vi vet fra tidligere resultater at i kaldt vann så kan PD reise over lengre avstander fordi det overlever lengre (Graham et al. 2007; Graham, Rowley & McConville 2010b). Smitten oppstår som regel ved raske endringer til varme temperaturer. Dette kan bety at PD kan dekke et større område når det er kaldt, mens at fiskens immunforsvar senkes når det blir raske temperatursvingninger til varmt vann. Det vil si at overlevelsen til PD mest sannsynlig har mindre virkningsgrad på smittespredningen enn temperaturens virkningsgrad på fiskens immunforsvar.

Fordi vi vet at ved temperaturforandringer så blir fisken stresset og da svekkes immunforsvaret. Dette kan forklare økningen av smitte i de periodene vi oftest har sett økning. Denne tanken støttes opp av: (Torgersen et al. 2009)

#### 4.2 Salinitet og brakkvann

Elvemunninger i området som gir lavere salinitet synes ikke å påvirke smitten av PD. Det er ingen tydelige områder med brakkvann da saliniteten i området er stort sett det samme. Det man kan se ut ifra Figur 7 er at forandringen i salinitet fra 2 m dyp til 5 m dyp er så og si ingenting. Det samme gjelder for de ulike lokalitetene. De som ligger lengre ut langs kysten vil ha litt saltere vann, og de lokalitetene som ligger lengst inne i fjorden vil ha litt mindre salt vann. Lokaliteten med minst salinitet hadde 31,25 promille mens den med mest hadde 33 promille. Dette var årsgjennomsnittet. På våren vil nok lokalitetene lengst inn i fjordsystemet ha enda mindre salt vann, da snøen smelter og det er stor avrenning fra fjellet. Det vi har sett er at vannet alltid er å regne som saltvann. Brakkvann er havvann som på grunn av tilløp av ferskvann har en salinitet på 0,5-30 promille (Weber, 2018). Hvorvidt saliniteten innvirker på smitten kan det ikke argumenteres her, da ingen av lokalitetene ligger i et område hvor vannet er å regne som brakkvann. Tidligere i oppgaven har vi nevnt effekten av salinitet på overlevelsen til PD. Overlevelsen til PD blir også vist i annen forskning som: (Graham et al. 2010)

#### 4.3 Smittemønster

Smittemønsteret fra år til år i tidsperioden fra 2012-2021 har variert. Man kan ikke se noe tydelig mønster i løpet av tidsperioden. De kraftige nedgangene med smitte etter høye verdier vil som oftest oppstå av brakklegging og nedslakting av syk fisk for å hindre videre spredning. Vaksinasjon har økt de siste årene, noe som kan være grunnen til at smitten minker. Man kan derfor ikke si noe sikkert om hva som er årsakene til endringen fra år til år.

Vi har også sett på hvor mange måneder det tar fra man setter ut fisk til fisken får PD, se Figur 10. Her kan vi se at for noen lokaliteter tar det lengre tid enn gjennomsnittet i området, mens for andre tar det kortere tid. Årsaken til dette kan være flere. Blant annet har man noen feilkilder som at noen utsett ble satt ut med PD syk fisk. Dette gjør at disse lokalitetene får flere og raskere antall tilfeller med PD, noe som igjen vil påvirke det statistiske synspunktet man får bare ved å se på rådataene.

Det er det viktig å tenke på når vi skal trekke konklusjoner. Ved å se på Figur 10 og Vedlegg 1 får man oversikt over de lokalitetene som hadde syk fisk ved utsett. Noen av lokalitetene som blir smittet relativt raskt ligger ofte utsatt til med tanke på strømbildet. For andre som ligger langt unna andre så tar det lang tid før man blir smittet om man i hele tatt blir det. Dermed kan man tenke seg at årsaker til variasjon i tid det tar før PD oppstår kan skyldes avstanden og strømbildet, dette kommer vi mer innpå lengre ned i diskusjonen.

#### 4.4 Eiernettsverk

Vi kan se en sammenheng mellom eier og smittespredning i den perioden vi har sett på, og da spesielt i starten av perioden. Årsaken kan være at en eier har flere lokaliteter og benytter samme utstyr på flere av sine lokaliteter. Smitten kan bli spredt via båter eller via klærne til oppdretterne. Det er viktig at oppdretterne er flinke til å vaske utstyr eller bytte arbeidsklær for alle lokaliteter, for å forhindre at de tar med seg smitten fra en lokalitet til den neste. Før hadde de ikke nok kunnskap om at dette kunne ha stor effekt og dermed var det mindre fokus på å vaske utstyr og båter før de flyttet de mellom forskjellige lokaliteter.

En årsak til at eiernettsverk ikke påvirker smitte like mye nå som før kan ha med at de fleste lokaliteter nå har egne landbaser hvor de ansatte har eget utstyr til hver lokalitet og at de også har egne båter til hver lokalitet. Det har også kommet egne "vaskehaller" til båter oppdretterne kan benytte før de flytter båtene mellom forskjellige lokaliteter. Dette minsker risikoen betraktelig for at de tar med seg smitte mellom lokalitetene sine.

Vi kan se på Figur 13 at noen eiere har 100% smitte på sine lokaliteter, men det må tas i betraktning at noen av eierne ikke har mange lokaliteter. Det er "lettere" å få et høyere prosentvis smitte hvis en har få lokaliteter. Vi ser også at NTNU har smitte på alle sine lokaliteter, men de har samarbeid med Salmar farming AS, så når Salmar farming AS får smitte på samarbeids lokaliteten slår også dette ut på NTNU sine målinger.

Våre funn når det gjelder eiernettsverk kan vise smitte i samsvar med hva andre rapporter har konkludert med for andre fjorder. Eksempelvis kan det for Vindsneset i Tafjord, som ikke har vannkontakt med andre lokaliteter i fjorden, være eiernettsverk som er årsak til at SAV smitte kommer tilbake til lokaliteten (Stene et al. 2018)

#### 4.5 Distanse

Vi har funnet frem til informasjon om distansen mellom alle lokaliteter i Romsdalsfjorden. Resultatene viser at distanse har betydning, men resultatene er ikke signifikante. Ved bruk av disse resultatene kan vi finne ut i hvilken grad distanse spiller inn som faktor ved smittespredning. Distansen mellom ulike lokaliteter vil direkte påvirke smittespredningen ettersom at viruset er begrenset i hvor lenge det kan overleve uten en vert. Smitterekkefølgen vil også bli affektert av distansen, på grunn av at smitten vil treffe de geografisk nærmeste lokalitetene før den når de lokalitetene som er lengre unna. Strømretning vil også kunne påvirke veien smitten beveger seg. Dette gjør at i noen tilfeller vil ikke den geografisk nærmeste lokaliteten være den som blir smittet først.

Hvis vi sammenligner gjennomsnittlig distanse i vedlegg 2 og vedlegg 4 kan vi se at den gjennomsnittlige distansen mellom to lokaliteter er lengre enn den gjennomsnittlige distansen for rekkefølgen smitten oppstår. Dette gir oss en pekepinn på hvordan distanse påvirker smitten. Siden den gjennomsnittlige sprednings distansen er kortere vil dette bety at smittespredningen øker ved kortere distanse. For noen av lokalitetene som aldri har hatt smitte har disse også ligget skjermet fra andre. Plassering i forhold til andre anlegg vil ha ut ifra funn kunne vise til at distansen har betydning for smitten av PD.

I Figur 10 har vi konkludert med et resultat som viser at det er større avstand mellom anlegg uten smitte, og kortere avstand for de med smitte. Dette resultatet kan styrke vår hypotese om at avstand har betydning for smitte av PD. Samtidig er det relativt høyt standardavvik for dette resultatet, noe som gjør det vanskelig å kunne fastslå noe sikkert. Det ble gjort en T-test som viste at det ikke var statistisk signifikant forskjell. Dette gjør at man ikke kan vurdere hypotesen kun basert på dette resultatet.

#### 4.6 Strøm

Strømmen rundt de ulike lokalitetene bestemmer hvordan vannmassene beveger seg. Siden vi vet at PD hovedsakelig beveger seg i det øverste vannlaget kan vi utelukke de resterende vannlagene (Stene et al., 2018). Strømkartet vi har laget viser derfor eksplisitt det øverste vannlaget som er aktuelt i forhold til virusets økosystem/habitat. For å vurdere om strømbildet har betydning har man sammenlignet Figur 3, Figur 9, Figur 15 og Figur 16. Vi kan ved å sammenligne Figur 3 og Figur 9 se at mange av lokalitetene med mye smitte er å finne i de indre delene av fjorden, samt der vannet forflytter seg til fra de indre områdene.

De lokalitetene som ligger i områder hvor strømmen ikke kommer til, er ofte de som ikke har hatt mye smitte. Selv om enkelte lokaliteter ligger lengre inn i fjorden, der hvor strømmen går ifra, har enkelte likevel hatt mye smitte. Skarbukta er et eksempel. Den har hatt fire smittetilfeller i perioden, selv om det i den gjennomsnittlige årlige strømmen ikke får mye vannmasser fra andre lokaliteter.

I Figur 15 ser vi at de anleggene som ikke har hatt smitte har mindre sannsynlighet for å få smitte fra andre basert på strøm, og de med smitte har større sannsynlighet. Også her tyder standardavviket og T-testen på at dette resultatet ikke kan ses på som eneste svar på vår hypotese, men at man må se på det i et helhetlig bilde. I Figur 16 har man sett på gjennomsnittlig strømhastighet for hver lokalitet. Sammenlignet med Figur 9 kan man ikke se noen sammenheng mellom strømhastigheten og smitte av PD. Med tanke på smittesannsynligheten som er basert på strømminger vil man derimot kunne tolke det som at strømmen og forflytningen av vannmassene har påvirkning på smitten i området.

## Konklusjon

I denne oppgaven ble det undersøkt om utvalgte miljøfaktorer påvirker smittespredning av viruset som gir PD hos laksefisk produsert i åpne merder i sjø. Virkningen av temperatur, salinitet, smitemønstret, eiernettverk, distanse og strøm ble undersøkt.

Resultatene våre viser at flest anlegg får påvist smitte ved høye temperaturer. Det er ikke likt fra år til år, så det er ikke en forutsigbar trend. Likevel er det flere tilfeller i de varmere månedene i løpet av året, dette viser at temperaturen har betydning. Salinitet kan påvirke overlevelsen av PD viruset. Vi fant små forskjeller i salinitet i vannmassene til lokalitetene i vårt geografiske område. Resultatet er et årsgjennomsnitt, det er ikke tatt hensyn til vår avrenning fra fjellet, resultatene viser at vannet er å regne som saltvann ved alle lokaliteter. Har da ikke funnet noen påvirkning som kan motbevise eller bevise hvor mye betydning saliniteten har.



Resultatene for eiernettsverk viser at enkelte eiere har mer PD enn andre. Noe av smitten kan nok skyldes samme eier, samtidig kan vi ikke si dette for sikkert da det varierer med antall lokaliteter hver eier har. Noen eiere kommer riktignok bedre ut enn andre, så betydning har det trolig, men hvor stor betydning er usikkert, da resultatene ikke er forutsigbare, og trolig er noe tilfeldig. Når det kommer til smitemønsteret og antall måneder det tar for smitten oppstår kan vi si at faktorene vi har undersøkt er med på å påvirke dette, med unntak av de tilfellene hvor fisken hadde PD ved utsett.

Det var større gjennomsnittlig avstand fra lokaliteter uten PD enn fra lokaliteter med PD til andre lokaliteter med PD, men forskjellen var ikke signifikant.

Resultatet for hvor sannsynlig det er for anlegg å bli smitta var ikke signifikante. Likevel ser man at det er forskjell på de med og uten smitte. Strømbildet har vi kommet frem til at har betydning. PD reiser med vannmassene så de som er mer i strømkontakt vil ha større sannsynlighet for å smitte og bli smittet.

PD kan leve lenge i rent sjøvann og dermed transporteres over store avstander. Forskning viser at PD kan bevege seg lengre enn den gjennomsnittlige avstanden vi fant mellom anlegg i området (Stene, et al., 2014). Strømmen vil likevel si noe om retningen smitten spres i. Kyststrømmen går nordover og det synes som om de anleggene som ligger sør for og langt vest fra de smitta lokalitetene ikke har fått PD. Dette indikerer at vanntransporten har betydning.

## Begrensninger og anbefalinger til videre forskning

### 6.1 Begrensninger

Det meste av dataene som er brukt som forklaringsvariabler på frekvensen av smitte i denne oppgaven ble hentet fra SinMod, Barentswatch og Seatemperature.net. Disse dataene ga oss råmateriale for utregningene og la grunnlaget for de slutningene som ble gjort. Data fra Barentswatch var imidlertid begrenset til mengden data de ulike lokalitetene har registrert og sendt inn. Detaljnivået oppdretterne har registrert eller hva som har skjedd i periodene med manglende data er vanskelig å fastslå med sikkerhet. Data på smittesansynlighet, salinitet, og strømfohold, som var hentet fra SinMod, var også ufullstendige for noen lokaliteter i fjordsystemet, da disse ikke har vært inkludert i modelleringsprosjektet. Manglende data i Seatemperature.net gjorde også at vi måtte estimere temperaturen for måneder hvor temperatur ikke var tilgjengelig. Disse estimatene sammen med noe manglende data kan ha påvirket resultatene, og kan være en mulig årsak til at vi ikke har identifisert noen klare sammenhenger mellom miljøfaktorer og smittefrekvens.

Det knytter seg også noe usikkerhet til data for smitte, og hvordan denne har blitt analysert. For eksempel, vil smitterekkefølgen være vanskelig å anslå nøyaktig da vi ikke kan vite med sikkerhet hvor smitten kommer fra. Vi har valgt å se på smitterekkefølgen i et tidsperiodisk perspektiv, mens dataene i flere tilfeller viser at smitten ikke kunne vært forårsaket av en suksessiv spredning av PD fra ett anlegg til det neste. Et eksempel på dette er Dryna, som fikk smitte etter Sandnesbukta, to lokaliteter med mer en 70,1 km avstand mellom seg. Dette betyr at det er liten sannsynlighet for direkte smitte mellom de to lokalitetene.

Ved registrering av PD vil smitten kunne bli oppdaget sent slik at viruset allerede kan ha spredd seg til nærliggende anlegg. Dette gjør at smitten kan bli registrert i feil rekkefølge i forhold til hvilke lokaliteter som faktisk ble smittet først.

### 6.2 Forslag til videre forskning:

Som nevnt i oppgaven mangler noen verdier og data for noen lokaliteter og noen perioder. Det ville vært interessant å ha mer detaljert informasjon alle de individuelle faktorene. Metoden vi har brukt for å innhente dataene fra Barentswatch og SinMod ble valgt etter råd fra vår mentor Anne Stene. Ved å samle inn større kvantum og helhetlig detaljerte data, ville vi kunnet ha vært mer spesifikke i våre slutninger.

Muligheter for større mengder samt bedre miljødata ville kunne være å sette opp flere miljøstasjoner og flere regelmessige registreringer. En undersøkelse av interaksjonene mellom de ulike faktorene i denne oppgaven vil også kunne være interessant å undersøke nærmere. Uten begrensning i tid og ressurser ville man også kunne ta inn flere faktorer som kan påvirke smittefrekvens og smitte mellom lokaliteter. Samtidig kunne det vært spennende å se nøyer på hvilke grenseverdier SAV2 har opp imot salinitet, strøm og vannutskiftning.

## Referanser

Biomar, 2021. *Biomar.com*. [Internett]

<https://www.biomar.com/no/norway/arkiv/helse/helseutfordringer/virusykdommer/>  
[Funnet 13 03 2021].

Ellis T., North B., Scott A.P., Bromage N.R., Porter M. & Gadd D. (2002) The relationship between stocking densities and welfare in farmed rainbow trout. *Journal of Fish Biology* **4**, 493 – 531.

Engelsma M. Y., Hougee S., Nap D., Hofenk M., Rombout J. H., Van Muiswinkel W.B. & Lidy Verburg-Van Kemenade B.M (2003) Multiple acute temperature stress affects leucocyte populations and antibody responses in common carp, *Cyprinus carpio* L. *Fish Shellfish Immunology* **15**. 397 – 410

Finansdepartementet, 2020. *Hørings svar - NOU 2019: 18 Skattlegging av havbruk*, Oslo: Sjømat Norge.

FOR-2017-08-29-1318

Nærings- og fiskeridepartementet, 2017. *Lovdata*. [Internett]

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-08-29-1318> [Funnet 10 05 2021].

FOR-2019-04-04-450

Mattilsynet, 2019. *Lovdata*. [Internett]

[https://lovdata.no/dokument/LF/forskrift/2019-04-04-450?q=pd&fbclid=IwAR34cw3raldVrYI\\_wgG9LEO6PT0GxHdiOSwbF\\_sicPgPgPMbspkj5R1rl4M](https://lovdata.no/dokument/LF/forskrift/2019-04-04-450?q=pd&fbclid=IwAR34cw3raldVrYI_wgG9LEO6PT0GxHdiOSwbF_sicPgPgPMbspkj5R1rl4M) [Funnet 6 05 2021].

Graham D.A., Rowley H.M. & McConville J. (2010) Transmission routes and infection dynamics of salmonid alphavirus. *Project Progress Report*. Agri-Food and Biosciences, Belfast, 12.

Graham D.A., Staples C., Wilson C.J., Jewhurst H., Cherry K., Gordon A. & Rowley H.M. (2007) Biophysical properties of salmonid alphaviruses: influence of temperature and pH on virus survival. *Journal of Fish Diseases* **30**, 533-543

Gullestad, P. et al., 2011. *Effektiv og Bærekraftig Arealbruk i Havbruksnæringen*, Oslo: Fiskeri- og kystdepartementet.

Higuera-Llantén, S., Vásquez-Ponce, F., Barrientos-Espinoza, B., Mardones, F. O., Marshall, S.H., Olivares-Pacheco, J. 2018. Extended antibiotic treatment in salmon farms select multiresistant gut bacteria with a high prevalence of antibiotic resistance genes. *PLoS One*. 13(9):e0203641.

Houghton G. (1995) Kinetics of infection of plasma, blood leucocytes and lymphoid tissue from Atlantic salmon *Salmo salar* experimentally infected with pancreas disease. *Diseases of Aquatic Organisms* 22:193- 198

Jansen, M. D., Jensen, B. B. & McLoughlin, M. F., 2016. The epidemiology of pancreas disease in salmonid aquaculture: A summary of the current state of knowledge. *Journal of Fish Diseases*, 40(1) 141-155.

Laks.no, 2020. *Laks.no*. [Internett] <https://laks.no/lakseproduksjon/> [Funnet 09 04 2021].

MarinHelse, 2018. *virussykdom Pancreas disease PD*. [Internett] <https://www.marinhelse.no/pd/> [Funnet 16 03 2021].

Mattilsynet, 2019. Forebyggende tiltak for å bedre fiskehelsen og fiskevelferden.

*Mattilsynet.no*. [Internett]

[https://www.mattilsynet.no/fisk\\_og\\_akvakultur/akvakultur/drift\\_av\\_akvakulturanlegg/forebyggende\\_tiltak\\_for\\_aa\\_bedre\\_fiskehelsen\\_og\\_fiskevelferden.27623](https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/akvakultur/drift_av_akvakulturanlegg/forebyggende_tiltak_for_aa_bedre_fiskehelsen_og_fiskevelferden.27623) [Funnet 13 04 2021].

Mattilsynet, 2020. *Lovdata*. [Internett]

[https://lovdata.no/dokument/LF/forskrift/2017-12-15-2096/KAPITTEL\\_2#%C2%A79](https://lovdata.no/dokument/LF/forskrift/2017-12-15-2096/KAPITTEL_2#%C2%A79) [Funnet 05 05 2021].

McLoughlin M.F. & Graham D.A. (2007) Alphavirus infections in salmonids – a review. *Journal of Fish Diseases* **30**, 511 – 531

Miljødirektoratet, 2020. *Miljøstatus*. [Internett]

<https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/forurensning/overgjodsling/utslipp-av-naringssalter-fra-fiskeoppdrett/> [Funnet 06 mai 2021].

Misund, B., 2021. Store Norsk Leksikon. [Internett]

[https://snl.no/fiskeoppdrett?fbclid=IwAR28mzx9aajspdzRxxkotxz4fxzdJwQocxGB804vHPL8YoWoVZrOkeM3I\\_Zk](https://snl.no/fiskeoppdrett?fbclid=IwAR28mzx9aajspdzRxxkotxz4fxzdJwQocxGB804vHPL8YoWoVZrOkeM3I_Zk) [Funnet 09 04 2021].

Olsen A.B., Bang Jensen B., Nilsen H., Grøntvedt R.N., Gjerset B., Taksdal T. & Høgasen H.R. (2011) Risikovurdering for spredning av pancreas disease virus (PDvirus) ved bruk av leppefisk i norsk laksefiskoppdrett. Veterinærinstituttets rapportserie 7-2011. Veterinærinstituttet, Oslo

Pancreas disease-PD. (2018) Marin Helse. Tilgjengelig på: [PD - Pancreas Disease - en alvorlig virussykdom - MarinHelse AS](#) Hentet: 03.04.2021

Rodger H. & Mitchell S. (2007) Epidemiological observations of pancreas disease of farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Ireland. *Journal of Fish Disease* **30**, 157 – 167

Seatemperatur, 2021. Tilgjengelig på: [Vanntemperatur i Ålesund i Norskehavet nå \(seatemperatur.net\)](#) Hentet: 10.05.2021

Sindre, H. & Jensen, B. B., 2019. *Fiskehelsesrapporten 2019*, Oslo: Veterinærinstituttet.

Stene, A., Hellebø, A., Aspehaug, V., Devold, M. (2010) Tiltak mot spredning av virussykdommer i sjøbasert oppdrett. Rapport til Møre og Romsdal fylkeskommune, Bok 2/10, Ålesund, Norge.

Stene, A., Gansel, L. & Jansen, M. D., 2018. *Strategier for å begrense spredning av virus mellom sjølokaliteter med laksefisk*, Ålesund: NTNU i Ålesund.

Stene A, Bang Jensen B, Knutsen Ø, Olsen A, Viljugrein H. 2014. Seasonal increase in sea temperature triggers pancreas disease outbreaks in Norwegian salmon farms. *Journal of Fish Diseases*. Aug;37(8):739-751.

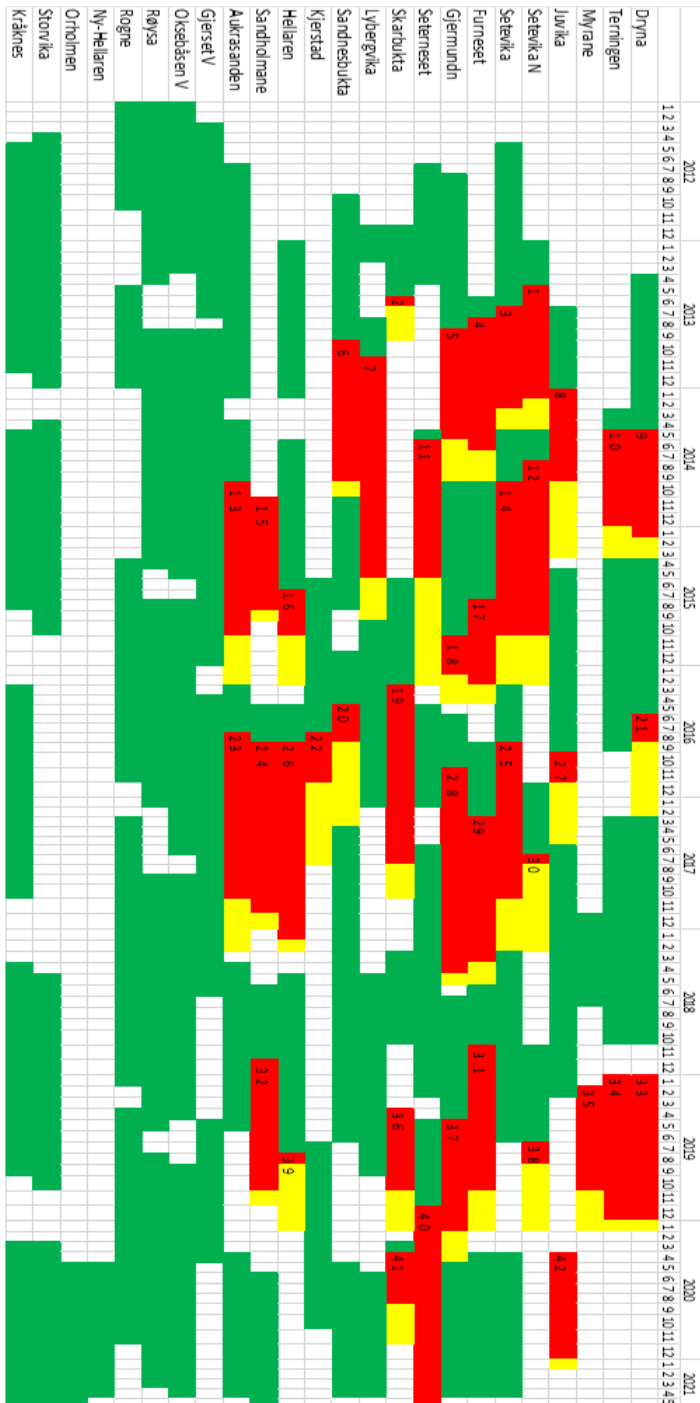
Thorstad, E. B., Fleming, I. A. McGinnity, P., Soto, D., Wennevik, V. & Whoriskey F. 2017. Incidence and impacts of escaped farmed Atlantic salmon *Salmo salar* in nature. World Wildlife Fund. NINA Special Report Nr. 36. 109 s.

Torgersen T., Stien L.H., Kvamme B.O., Remen M., Folkedal O. & Kristiansen T.S (2009) How does Salmon Cope With fluctuating sea cage environments. In: *Kyst og havbruksrapport* (eds by A. Agnalt, I Bakketeig, T. Haug, J.A. Knudsen & I. Opstad), pp. 148 – 150 Institute of Marine Research (IMR), Bergen, Norway.

# Vedlegg

## Vedlegg 1.

Smitterekkefølge. Grønn viser at det er fisk i merdene, rød viser når fisken blir PD syk til den er slaktet og gul viser fra fisken er slaktet til PD tilfellet er avsluttet.



## Vedlegg 2.

### Avstandsmatrise i kilometer.

Lokalitet	Dryna	Terringen	Myrane	Jurika	Seterika	Seterika	Furuset	Gjemundn	Seteruset	Lybergvika	Sandnesbukta	Gjerset V	Oksåssen V	Kjæstad	Heløven	Myheløven	Sandholmene	Orhøimen	Aukræanden	Storvika	Kålvnes	Gjemomstet ikkåttet	Gjemomstet ålle
Dryna		0,5	8,7	7,5	24,5	23,4	28,5	33,6	39,3	46	70,1	34,8	25,8	17,3	20,7	21,3	22,3	23,4	23,4	30,7	36,4	27,3	32,0
Terringen	0,5		9,3	8	25	23,8	29,1	33,9	39,5	46,5	70,4	34,1	25,5	16,6	19,9	20,8	21,5	22,9	23,2	29,9	36,1	28,4	
Myrane	8,7	9,3		2,2	16,2	14,8	19,8	24,6	30,8	37,2	60,9	42,6	24,8	25,9	27,2	26	22,3	22,9	24,2	33,8	36,1	28,4	
Jurika	7,5	8	2,2		16,8	15,7	21,4	26,2	32	38,4	62,1	41,8	33,4	25	28,1	27	22,3	22,9	24,2	33,8	36,1	28,4	
Seterika N	24,5	25	16,2	16,8		1,2	13,1	17,9	20,7	28	50,5	59,2	50,8	40,9	40,7	9,7	8,1	29,9	21,1	22,2	27,3	27,3	
Seterika	23,4	23,8	14,8	15,7	1,2		12,2	17,2	20,2	28,5	49,5	58	49,5	42	42,1	10,9	8,1	29,9	21,1	22,2	27,3	27,3	
Furuset	28,5	29,1	19,8	21,4	10,1	12,2		5,1	10,6	12	37,3	67,7	64,8	56,2	56	23,1	21,3	33,9	24,6	26,2	30,4	30,4	
Gjemundn	33,6	33,9	24,6	26,2	17,9	17,2	5,1		10,6	12	37,3	67,7	64,8	56,2	56	23,1	21,3	33,9	24,6	26,2	30,4	30,4	
Seteruset	39,3	39,5	30,8	32	20,7	20,2	12	10,6		12	37,3	67,7	64,8	56,2	56	23,1	21,3	33,9	24,6	26,2	30,4	30,4	
Lybergvika	43,2	44	34,8	36,2	27,6	26,7	15,3	10,3	12		7,8	7,8	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	
Sandnesbukta	46	46,5	37,2	38,4	29	28,5	17,9	13,4	7,8	7,8		80,3	71,8	71,8	71,8	71,8	71,8	71,8	71,8	71,8	71,8	71,8	
Gjerset V	70,1	70,4	60,9	62,1	50,5	49,5	41,8	37,3	30,1	24,5	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9	
Oksåssen V	25,8	25,5	24,8	33,4	30,8	49,5	54,5	59,6	64,8	71,8	96,5	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	
Røyssa	24,2	23,4	20,7	31,6	48,8	47,4	59	57,9	63,2	70	94,6	15,4	3,3	9,7	38,2	39,1	38,7	38,7	38,7	38,7	38,7	38,7	
Kjæstad	17,3	16,6	25,9	25	40,9	42	46,1	50,6	56,2	62,9	87,2	20,4	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Heløven	11,2	10,6	19,6	29,6	22,7	33,8	40,1	44,9	50,3	57,2	81,9	27,8	19,6	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Myheløven	20,7	19,9	27,2	28,1	10,7	12,1	24,1	29	31,6	39,3	61,8	48,2	39,9	30,2	30,2	1,2	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	
Sandholmene	21,3	20,8	26	27	9,7	10,9	23,1	27,6	30,6	38,2	59,9	49,6	40,8	31,1	31,1	1,2	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	
Orhøimen	22,3	21,5	30,1	32,8	15,4	16,6	28,6	33,2	36	44,1	66,4	48,6	40,7	30,6	30,6	7,8	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	
Aukræanden	23,4	22,9	25,6	26,8	9,6	10,8	23	27,3	30,2	37,9	60,6	50,9	43,1	33,2	33,2	4,8	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	
Storvika	30,7	29,9	21,1	22,2	5,1	6,4	28	22,7	25,9	33,1	56,2	57,9	50,3	40,8	40,8	10,9	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	
Kålvnes	34	33,8	23,2	24,2	7,5	8,4	19,8	24,1	27,2	35,4	57	61,6	53	43,9	43,9	14,1	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	
Gjemomstet ikkåttet	36,4	36,1	26,8	27,3	10,4	11,5	29	27,6	30,7	38,4	60,4	64,1	55,9	46,4	46,4	16,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	
Gjemomstet ålle	27,3	28,4	26,6	27,7	29,6	23,5	27,5	30,4	33,4	39,1	61,2	52,8	44,2	37,3	37,3	25,3	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	



### Vedlegg 3.

Pivot Tabell.

<b>Status</b>	<b>Lokalitetsnavn</b>	<b>Fra dato</b>
<b>Påvist</b>	<b>Setevika N</b>	07.05.2013
<b>Påvist</b>	<b>Skarbukta</b>	21.06.2013
<b>Påvist</b>	<b>Setevika</b>	12.07.2013
<b>Påvist</b>	<b>Furneset</b>	02.08.2013
<b>Påvist</b>	<b>Gjermundnes</b>	19.09.2013
<b>Påvist</b>	<b>Sandnesbukta</b>	11.10.2013
<b>Påvist</b>	<b>Lybergsvika</b>	28.11.2013
<b>Påvist</b>	<b>Juvika</b>	03.01.2014
<b>Påvist</b>	<b>Dryna</b>	28.05.2014
<b>Påvist</b>	<b>Terningen</b>	28.05.2014
<b>Påvist</b>	<b>Seterneset</b>	13.06.2014
<b>Påvist</b>	<b>Setevika N</b>	08.08.2014
<b>Påvist</b>	<b>Aukrasanden</b>	06.10.2014

<b>Påvist</b>	<b>Setevika</b>	17.10.2014
<b>Påvist</b>	<b>Sandholmane</b>	18.11.2014
<b>Mistanke</b>	<b>Storvika</b>	23.12.2014
<b>Mistanke</b>	<b>Kråknes</b>	10.02.2015
<b>Påvist</b>	<b>Hellaren</b>	06.07.2015
<b>Påvist</b>	<b>Furneset</b>	28.08.2015
<b>Påvist</b>	<b>Gjermundnes</b>	13.11.2015
<b>Påvist</b>	<b>Skarbukta</b>	11.03.2016
<b>Påvist</b>	<b>Sandnesbukta</b>	28.05.2016
<b>Mistanke</b>	<b>Lybergsvika</b>	07.06.2016
<b>Mistanke</b>	<b>Terningen</b>	22.06.2016
<b>Påvist</b>	<b>Dryna</b>	22.06.2016
<b>Mistanke</b>	<b>Seterneset</b>	24.06.2016
<b>Påvist</b>	<b>Kjerstad</b>	05.08.2016
<b>Påvist</b>	<b>Aukrasanden</b>	24.08.2016
<b>Påvist</b>	<b>Sandholmane</b>	01.09.2016

<b>Påvist</b>	<b>Setevika</b>	02.09.2016
<b>Påvist</b>	<b>Hellaren</b>	23.09.2016
<b>Mistanke</b>	<b>Kråknes</b>	07.10.2016
<b>Påvist</b>	<b>Juvika</b>	11.10.2016
<b>Påvist</b>	<b>Gjermundnes</b>	18.11.2016
<b>Påvist</b>	<b>Furneset</b>	21.03.2017
<b>Påvist</b>	<b>Setevika N</b>	04.07.2017
<b>Mistanke</b>	<b>Skarbukta</b>	24.05.2018
<b>Påvist</b>	<b>Furneset</b>	01.11.2018
<b>Mistanke</b>	<b>Juvika</b>	29.11.2018
<b>Påvist</b>	<b>Sandholmane</b>	06.12.2018
<b>Påvist</b>	<b>Dryna</b>	25.01.2019
<b>Påvist</b>	<b>Terningen</b>	25.01.2019
<b>Påvist</b>	<b>Myrane</b>	09.02.2019
<b>Mistanke</b>	<b>Oksebåsen V</b>	26.03.2019
<b>Påvist</b>	<b>Skarbukta</b>	24.04.2019

<b>Påvist</b>	<b>Gjermundnes</b>	29.05.2019
<b>Mistanke</b>	<b>Setevika</b>	05.06.2019
<b>Påvist</b>	<b>Setevika N</b>	23.07.2019
<b>Påvist</b>	<b>Hellaren</b>	05.08.2019
<b>Mistanke</b>	<b>Storvika</b>	10.10.2019
<b>Påvist</b>	<b>Seterneset</b>	09.12.2019
<b>Påvist</b>	<b>Seterneset</b>	09.12.2019
<b>Påvist</b>	<b>Skarbukta</b>	01.04.2020
<b>Avsluttet</b>	<b>Skarbukta</b>	01.04.2020
<b>Påvist</b>	<b>Skarbukta</b>	01.04.2020
<b>Avsluttet</b>	<b>Juvika</b>	09.04.2020
<b>Påvist</b>	<b>Juvika</b>	09.04.2020

#### Vedlegg 4.

Smitterekkefølge og avstand mellom lokalitetene.

Fra	Til	km
Setervika Nord	Skarbukta	27,6
Skarbukta	Setervika	26,7
Setervika	Furuneset	12,2
Furuneset	Gjerdmundnes	5,1
Gjerdmundnes	Sandnesbukta	37,3
Sandnesbukta	Lybergvika	24,5
Lybergvika	Juvika	38,4
Juvika	Dryna	46
Dryna	Terningen	0,5
Terningen	Seterneset	39,5
Seterneset	Setervika Nord	20,7
Setervika Nord	Aukrasanden	5,1

Aukrasanden	Setervika	6,4
Setervika	Sandhomane	16,6
Sandholmaren	Hellaren	7,8
Hellaren	Furuneset	24,1
Furuneset	Gjerdmundnes	5,1
Gjerdmundnes	Skarbukta	10,3
Skarbukta	sandnesbukta	31,9
Sandnesbukta	Dryna	70,1
Dryna	Kjerstad	17,3
Kjerstad	Aukrasanden	40,8
Aukrasanden	Sandhomane	14
Sandholmene	Setervika	16,6
Setervika	Hellaren	12,1
Hellaren	Juvika	28,1
Juvika	Gjerdmundnes	26,2

Gjerdmundnes	Furuneset	5,1
Furuneset	Setervika Nord	13,1
Setervika Nord	Furuneset	13,1
Furuneset	Sandholmane	28,6
Sandholmane	Dryna	22,3
Dryna	Terningen	0,5
Terningen	Myrane	9,3
Myrane	Skarbukta	34,8
Skarbukta	Gjerdmundnes	10,3
Gjerdmundnes	Setervika Nord	17,9
Setervika Nord	Hellaren	10,7
Hellaren	Seterneset	31,6
Seterneset	Skarbukta	12
Skarbukta	Juvika	36,2
<b>Gjennomsnitt</b>		20,9

## Vedlegg 5

Antall smittetilfeller per lokalitet og eierne som driver virksomhet på lokalitetene.

Lokalitet	Antall smittetilfeller	Virksomhet
<b>Dryna 32197</b>	3	Veterinærmedisinsk oppdragscenter, Salmar farming AS, NTNU
<b>Terningen 12268</b>	2	Salmar farming AS
<b>Myrane 27215</b>	1	Mowi ASA Salmar farming AS
<b>Juvika 12260</b>	3	Øylaks AS
<b>Setevika N 33017</b>	4	Salmar farming AS, NTNU
<b>Setevika 12244</b>	3	Salmar farming AS, NTNU
<b>Furneset 13669</b>	4	Salmar farming AS, NTNU, Benchmark genetics norway AS
<b>Gjermundn 13852</b>	4	Hauge aqua farming AS, Salmar farming AS, NTNU, Prophylaxia AS
<b>Seterneset 12844</b>	2	Hauge aqua farming AS, salmar farming AS, Prophylaxia AS



<b>Skarbukta 20796</b>	4	Salmar farming AS, NTNU
<b>Lybergvika 14043</b>	1	Salmar farming AS
<b>Sandnesbukta 12884</b>	2	Salmar farming AS
<b>Gjerset V 31717</b>		Salmar farming AS
<b>Oksebåsen V 10181</b>		Mowi ASA
<b>Røysa 12298</b>		Mowi ASA
<b>Kjerstad 12294</b>	1	Lerøy midt AS
<b>Rogne 12281</b>		Mowi ASA, Møre og Romsdal fylkeskommune
<b>Hellaren 10194</b>	3	AS Øylaks
<b>Ny-hellaren 45018</b>		Salmar farming AS, AS Øylaks
<b>Sandholmane 31677</b>	3	Lerøy midt AS
<b>Orholmen 39937</b>		Måsøval fiskeoppdrett AS

<b>Aukrasanden 12988</b>	2	Mowi ASA, Møre og Romsdal fylkeskommune
<b>Storvika 22335</b>		Mowi ASA, Møre og Romsdal fylkeskommune
<b>Kråknes 12239</b>		Mowi ASA, Møre og Romsdal fylkeskommune

