



# ESTIMERT DØDELIGHET FOR UTVANDRENDE POSTSMOLT AV LAKS 2012-2021

Rapport til Mattilsynet OK-program 56827 – Lakselusovervåking

Ingrid Askeland Johnsen og Ørjan Karlsen (HI)

**Tittel (norsk og engelsk):**

Estimert dødelighet for utvandrende postsmolt av laks 2012-2021

**Undertittel (norsk og engelsk):**

Rapport til Mattilsynet OK-program 56827 – Lakselusovervåking

**Rapportserie:**

Rapport fra havforskningen

ISSN:1893-4536

**År - Nr.:**

2021-53

**Dato:**

10.01.2022

**Forfatter(e):**

Ingrid Askeland Johnsen og Ørjan Karlsen (HI)

Forskningsgruppeleder(e): Jan Erik Stiansen (Oseanografi og klima)

Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Geir Lasse Taranger

Programleder(e): Terje Svåsand

**Distribusjon:**

Åpen

**Prosjektnr:**

15696

**Oppdragsgiver(e):**

Mattilsynet

**Oppdragsgivers referanse:**

56827 – Lakselusovervåking

**Program:**

Miljøeffekter av akvakultur

**Forskningsgruppe(r):**

Oseanografi og klima

**Antall sider:**

21

**Sammendrag (norsk):**

For å estimere dødeligheten grunnet lakselus sluppet fra oppdrettsanlegg til utvandrende postsmolt av laks fra de lakseførende elvene med gytende biomasse > 10 kg i de 13 ulike produksjonsområdene, er det benyttet en Virtuell Postsmoltmodell (VPS).

I denne rapporten er estimatene fra 401 lakseførende elver vist i kart for hver av de 13 produksjonsområdene for årene 2012-2021, og kategorisert basert på om det er <10%, mellom 10 og 30% eller over 30% estimert dødelighet. Usikkerheten i estimatene er beregnet ved å se på effekten av å fremskynde eller utsette utvandringen, samt å endre laksens toleranse for lakselus.

# Innhold

|          |                                                 |           |
|----------|-------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Metoden</b>                                  | <b>5</b>  |
| 1.1      | Modellsystemet                                  | 5         |
| 1.2      | Vandringsrute og hastighet                      | 5         |
| 1.3      | Utvandringsdatoer og profil                     | 5         |
| 1.4      | Beregnet lusepåslag                             | 5         |
| 1.5      | Beregnet dødelighet                             | 6         |
| 1.6      | Usikkerhet i estimatene                         | 6         |
| <b>2</b> | <b>Resultater</b>                               | <b>7</b>  |
| 2.1      | Produksjonsområde 1: Svenskegrensen til Jæren   | 7         |
| 2.2      | Produksjonsområde 2: Ryfylke                    | 8         |
| 2.3      | Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra           | 9         |
| 2.4      | Produksjonsområde 4: Nordhordland til Stadt     | 10        |
| 2.5      | Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika       | 11        |
| 2.6      | Produksjonsområde 6: Nordmøre til Sør-Trøndelag | 12        |
| 2.7      | Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal  | 13        |
| 2.8      | Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø         | 14        |
| 2.9      | Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen  | 15        |
| 2.10     | Produksjonsområde 10: Andøya til Senja          | 16        |
| 2.11     | Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa         | 17        |
| 2.12     | Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark             | 18        |
| 2.13     | Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark              | 19        |
| <b>3</b> | <b>Referanser</b>                               | <b>20</b> |

# 1 - Metoden

Havforskningsinstituttet har utviklet en såkalt virtuell smoltmodell (VPS) (Johnsen mfl. 2021). Metoden går ut på at en simulerer utvandringen for postsmolt av laks fra alle de lakseførende elvene i Norge hvor gytende biomasse (hunnlaks) er over 10 kg. Utvandringen er basert på tabellen utarbeidet til Trafikklyssrapporten (Vollset mfl. 2021), deretter sendes smolten ut av fjordene med korteste vandringsvei pålagt noe variasjon. Utvandringen sammenholdes i tid og rom med estimert tetthet av lakselus (Sandvik mfl. 2020), og det totale antall lakselus laksen får på seg på veien fra elv til kyst beregnes. Basert på tålegrenser, kan lusepåslaget omregnes til estimert dødelighet. For å si noe om usikkerheten i disse estimatene, er modellen kjørt med 10 dager tidligere og 10 dager senere utvandring, og med lavere og høyere toleransegranse.

## 1.1 - Modellsystemet

For å beregne tettheten av lakselus tas det utgangspunkt i rapporterte verdier av lakselus, antall fisk og temperatur i alle aktive oppdrettsanlegg langs kysten. Utslippene av lakselus fra de voksne hunnlusene beregnes, og hvordan disse spres etter klekking beregnes ved hjelp av en numerisk havmodell (Norkyst 800) påkoblet en biologisk modell som hensyntar lakselusens adferd i forhold til lys og saltholdighet, utviklingshastighet og dødelighet. Ut fra disse modellene kan en estimere tettheten av lakselus horisontalt og vertikalt langs hele kysten time for time, hele året. Oppløseligheten i modellsystemet som er brukt i denne rapporten er 800x800 m. Modellsystemet er beskrevet i mer detalj i bl.a. Lien mfl. (2021).

## 1.2 - Vandringsrute og hastighet

I modellen som er brukt er fjorden og kysten delt opp i 800x800 m rutenett (gitterceller). Hver av disse har en lavere verdi (fjord-indeks) nærmere havet, høyere nærmere elveutløpet. Vandringsruten er laget ved å at fisken starter ved elv, og i neste steg vil den kunne forbli i den samme ruten, gå til siden eller gå mot havet. I vandringsmodellen er det antatt at sannsynligheten for at den går til en rute med lavere verdi (dvs. mot kysten) er fem ganger høyere enn at den går sidelengs (dvs. med samme fjord-indeks) eller tilbake mot elv (Johnsen mfl. 2021). Om flere nærliggende ruter har en lavere fjord-indeks, er sannsynligheten for disse satt lik. Det antas at fisken ikke følger kysten etter at den har forlatt fjorden.

I utgangspunktet blir median progresjonshastighet maksimalt 22 cm/s (0,8 km/t), men på grunn av de tilfeldige bevegelsene mellom gittercellene i vandringsruten blir effektiv fart mot havet noe lavere, mellom 13,2 og 19,8 cm/s. Vandringsmodellen er mer detaljert beskrevet i Johnsen mfl. (2021).

## 1.3 - Utvandringsdatoer og profil

Utvandringsforløpet er satt som en flat profil med likt antall smolt utvandret hver dag over en 40 dagers periode sentrert om forventet dato for 50% utvandring. Tidsrommet for utvandring er i denne rapporten oppdatert fra tidligere års vurderinger basert på ny kunnskap om når fisken starter utvandringen (Ugedal mfl. 2021, Vollset mfl. 2021).

Siden utslippene av, og tettheten av lakselus øker utover våren og sommeren, vil postsmolt som vandrer tidlig vanligvis bli smittet av færre lus enn fisk som starter vandringsruten senere. For å ta høyde for usikkerhet i utvandringsforløp er derfor modellen kjørt ved å fremskynde eller utsette utvandringsperioden med 10 dager. Estimatenes er da gjort med utslipp av og tetthet av lakselus for de aktuelle datoene.

## 1.4 - Beregnet lusepåslag

Antall lus fisken sannsynligvis blir smittet på i vandringsruten gjøres ved å legge vandringsruten på det estimerte lusefeltet (Sandvik mfl. 2020). En har her brukt lusetettheten i de øvre to meter. En antar at det er en sannsynlighet for at fisken vil smittes med lus, denne faktoren er bestemt basert på at en har sammenlignet estimert antall lus på modellfisken

med observert antall lus på trålfanget fisk hvor hjemelv til disse er bestemt med genetiske metoder (Harvey mfl. 2019).

I modellen er antall lus som setter seg på smolten beregnet med en negativ binomial sannsynlighetsfordeling. Påslagsraten og variansen er kalibrert ved å sammenligne modell med observert antall lus på trålfanget fisk, hvor hver enkelt observert fisk ble koblet til virtuelle postsmolt som har gått fra den samme elven i samme tidsrom (Johnsen mfl. 2021).

## 1.5 - Beregnet dødelighet

Laksens toleranse for lus er beregnet som antall lakselus per gram fiskevekt (Relativ Intensitet, RI). I denne rapporten har en antatt at laksesmolten er 20 g, og omregnet til antall lus for en 20 g laksesmolt, antas ingen dødelighet om fisken smittes med < 2 lus, og 20, 50 og 100% dødelighet ved 2-3, 4-6 og > 6 lus/fisk (Taranger mfl. 2015). Det er her antatt at 60% av lusen som fester seg på en fisk overlever til de preadulte stadiene.

For å vurdere hvor følsom den estimerte dødeligheten er for de antatte infeksjonsklassene (tålegrensene), har vi estimert dødelighet for fisk som tåler mer eller mindre enn de mest sannsynlige tålegrensene (Tabell 1).

Tabell 1. Toleransegrenser brukt for i sensitivitetstesten, normal referer til toleransegrensene som er benyttet.

| Lav dødelighet |                       | Normal dødelighet |                       | Høy dødelighet |                       |
|----------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| Lus per fisk   | Antatt dødelighet (%) | Lus per fisk      | Antatt dødelighet (%) | Lus per fisk   | Antatt dødelighet (%) |
| < 2            | 0                     | < 2               | 0                     | < 2            | 0                     |
| 2-3            | 10                    | 2-3               | 20                    | 2-3            | 40                    |
| 4-6            | 25                    | 4-6               | 50                    | > 3            | 100                   |
| 7-10           | 50                    | > 6               | 100                   |                |                       |
| > 10           | 100                   |                   |                       |                |                       |

De estimerte dødelighetene i tabell referere til enkeltfisk, for å estimere dødeligheten for hver elv summeres dødeligheten for all virtuell fisk som har utvandret fra denne elven, og denne dødeligheten er delt inn i 3 kategorier, lav (< 10 % dødelighet), moderat (10-30% dødelighet) og høy (> 30 % dødelighet), som er indikert med hhv. grønn, gul og rød farge på punktene i figuren. Metoden er utførlig beskrevet i Taranger mfl. (2012).

## 1.6 - Usikkerhet i estimatene

Usikkerheten er basert på to forhold, usikkerhet i utvandningsforløp og usikkerhet i laksens toleranse for lakselus. For å vurdere følsomheten for variasjon i utvandningsperioden, er det estimert dødelighet for fisk som starter utvandringen 10 dager tidligere eller 10 dager senere enn normal utvandringstid. For å vurdere effekten av endrede toleransegrenser, er dødelighet estimert ved å anta en lav toleransegrense (halvparten av normalt) eller høy toleranse (dobbel så høy som normalt). Dette gir 4 ulike verdier for estimert dødelighet i tillegg til den som er vurdert som mest sannsynlig (normal).

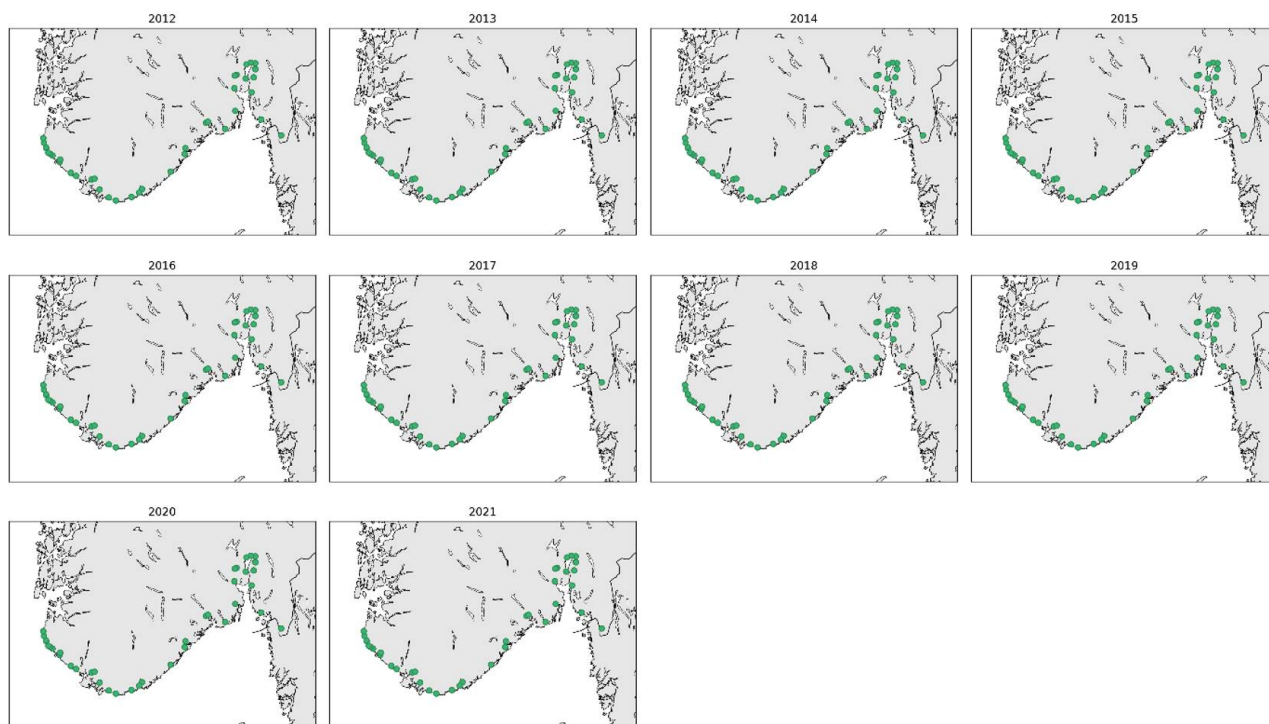
Usikkerheten er vurdert som liten om ingen av disse 4 verdiene har en annen kategori (lav, moderat eller høy) enn den mest sannsynlige. Dersom 1 av verdiene er i en annen kategori er usikkerheten vurdert som middels, og dersom 2 eller flere av verdiene havner i en annen kategori er usikkerheten vurdert som stor.

Usikkerhetene er vist i figurene ved at fargen på punktet viser estimert dødelighet ved forventet utvandningsperiode (normal), mens fargen på omrisset usikkerhet slik den er definert ovenfor.

## 2 - Resultater

### 2.1 - Produksjonsområde 1: Svenskegrensen til Jæren

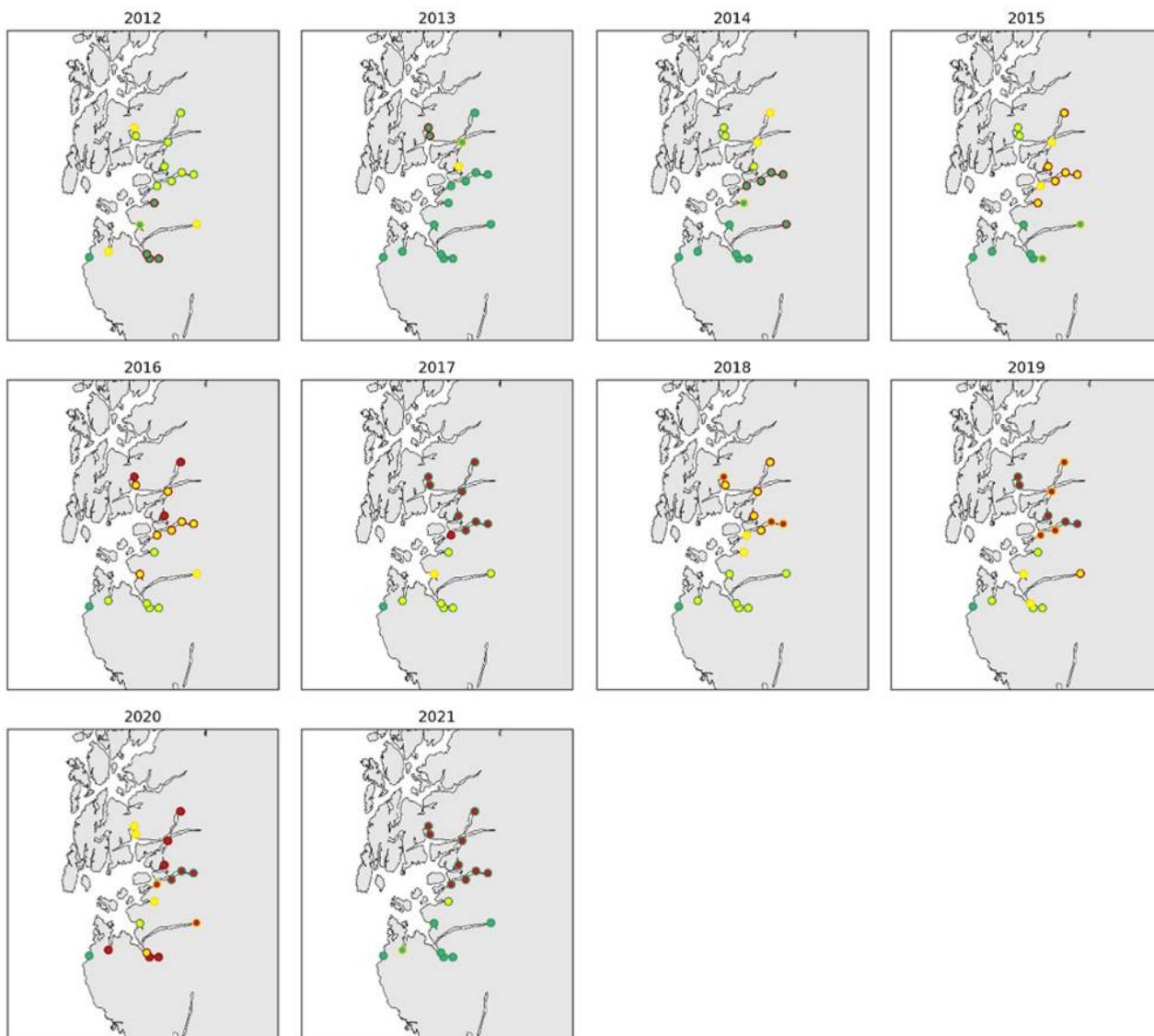
I produksjonsområde 1 estimeres det liten (< 10%) dødelighet på postsmolt fra alle elvene i alle årene, og en tidligere eller senere utvandring påvirker ikke kategoriseringen av resultatene.



Figur 1. Estimert smoltdødelighet 2012-2021 for elvene i produksjonsområde 1. Grønn sirkel indikerer < 10%, gul sirkel 10-20% og rød sirkel > 30% estimert dødelighet for smolt utvandret på normal tid. Kantfargen indikerer usikkerhet basert på endringer i utvandringsforløp og laksens toleransegrenser for lus. Se tekst for forklaring.

## 2.2 - Produksjonsområde 2: Ryfylke

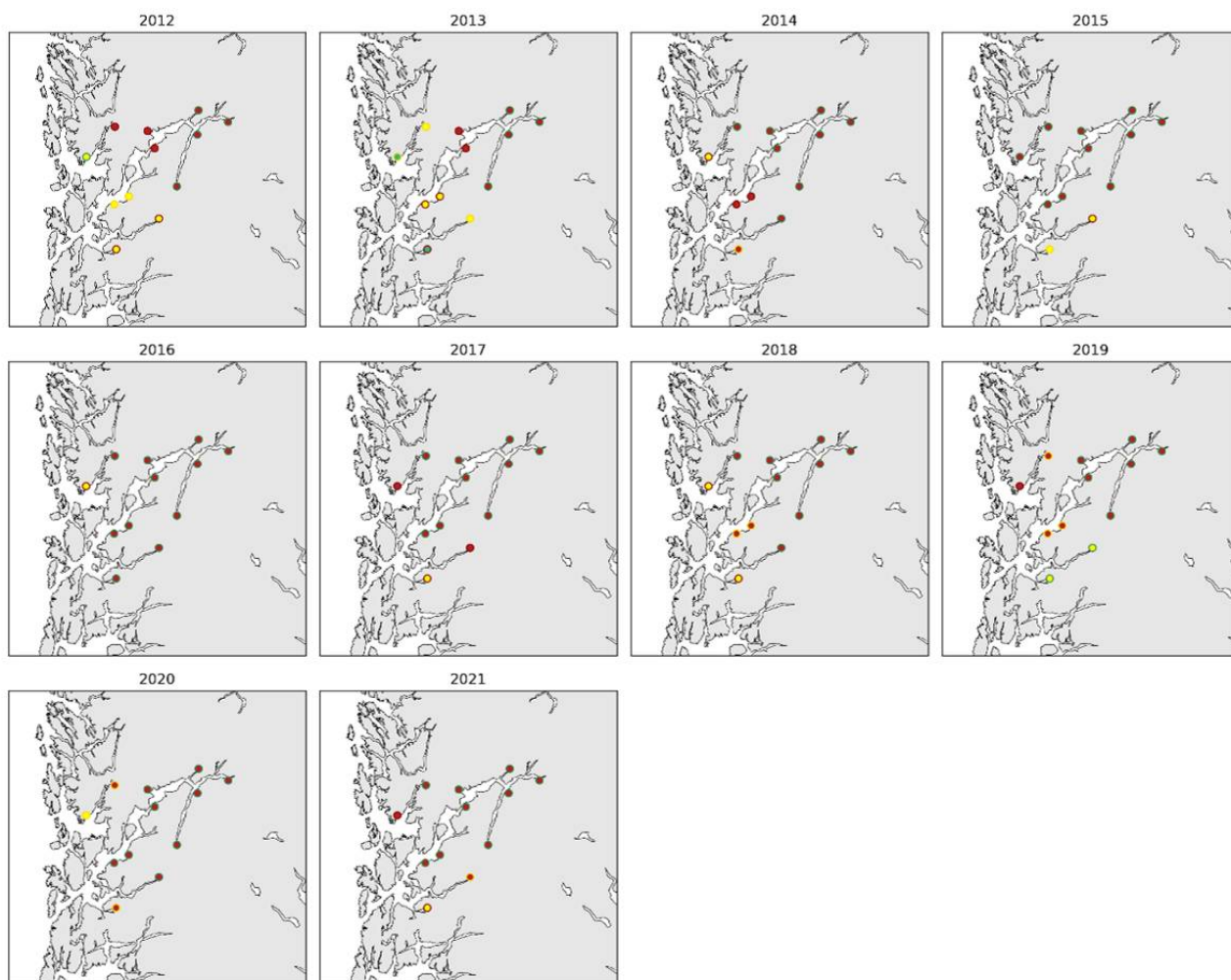
I 2012-2014 ble det estimert liten eller moderat dødelighet for alle elvene, mens fra 2015-2019 og 2021 estimeres det høy dødelighet i ett høyere antall elver, men bare lokalisert i nord eller nordøstlige deler av Boknafjorden. I 2020 ble det også estimert høy dødelighet på elver i den sørlige delen av Boknafjorden (Høgsfjorden).



Figur 2. Estimert smoltdødelighet 2012-2021 for elvene i produksjonsområde 2. Grønn sirkel indikerer < 10%, gul sirkel 10-20% og rød sirkel > 30% estimert dødelighet for smolt utvandret på normal tid. Kantfargen indikerer usikkerhet basert på endringer i utvandringsforløp og laksens toleransegrenser for lus. Se tekst for forklaring.

## 2.3 - Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra

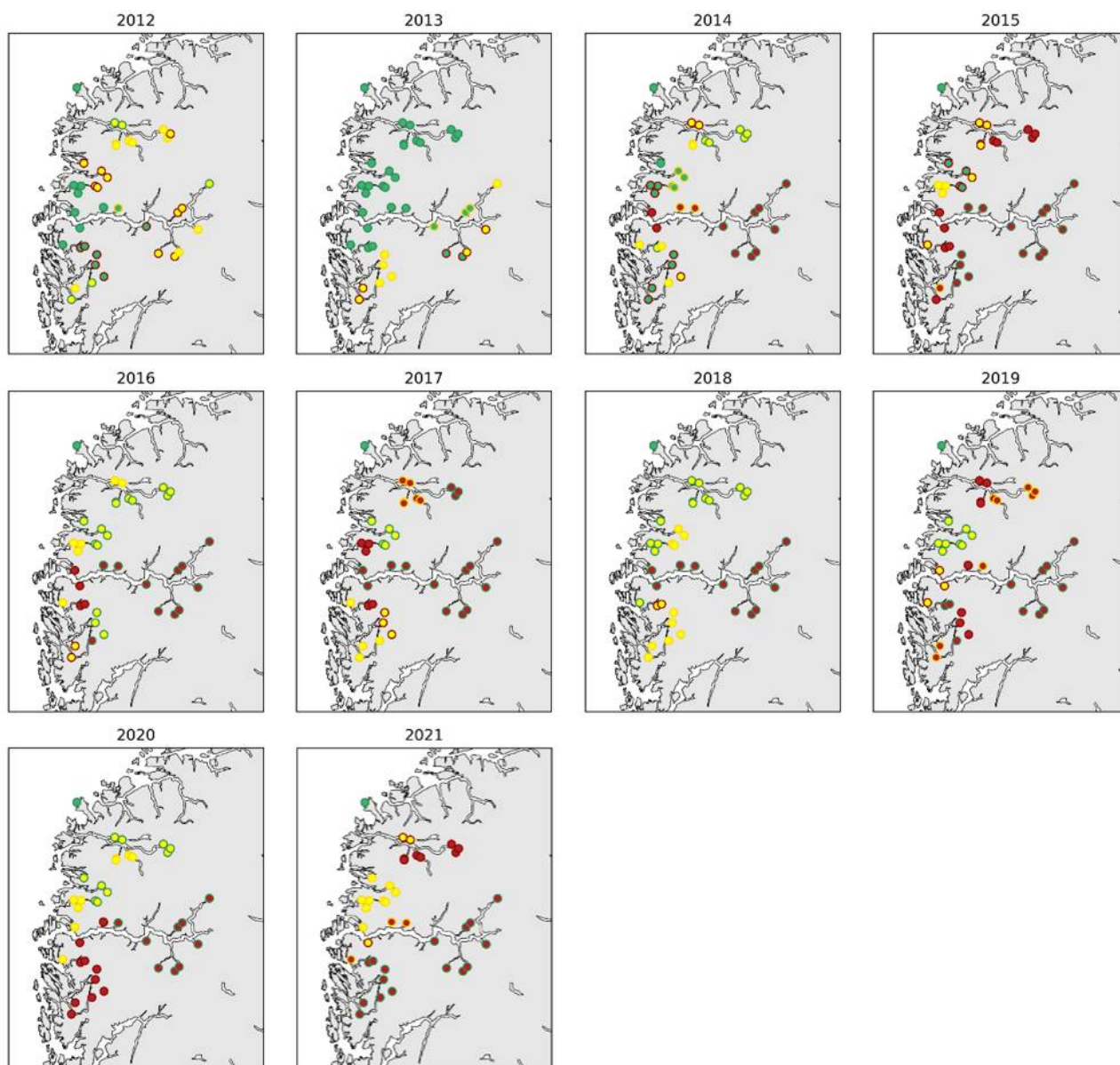
Estimert smolddødelighet for elvene i Hardangerfjorden var i 2012 moderat i elvene fra Rosendal og utover. Fra 2014 estimeres høy dødelighet for elvene ved rundt Rosendal. For elvene innenfor Rosendal er det estimert høy dødelighet alle årene 2012-2021. I de to ytterste elvene i Hardangerfjorden varierer estimatene mellom moderat og høy. I Bjørnafjorden estimeres det høy dødelighet fra Tysse fra 2014, mens Oselva varierer mellom moderat og høy estimert dødelighet. Årsaken til at de indre elvene er mer påvirket skyldes både at de har en lengre vandringsrute i område med lus, samt at de ankommer de ytre delene av fjorden senere pga. lang vandringsvei.



Figur 2. Estimert smoldtdødelighet 2012-2021 for elvene i produksjonsområde 3. Grønn sirkel indikerer < 10%, gul sirkel 10-20% og rød sirkel > 30% estimert dødelighet for smolt utvandret på normal tid. Kantfargen indikerer usikkerhet basert på endringer i utvandringsforløp og laksens toleransegrenser for lus. Se tekst for forklaring.

## 2.4 - Produksjonsområde 4: Nordhordland til Stadt

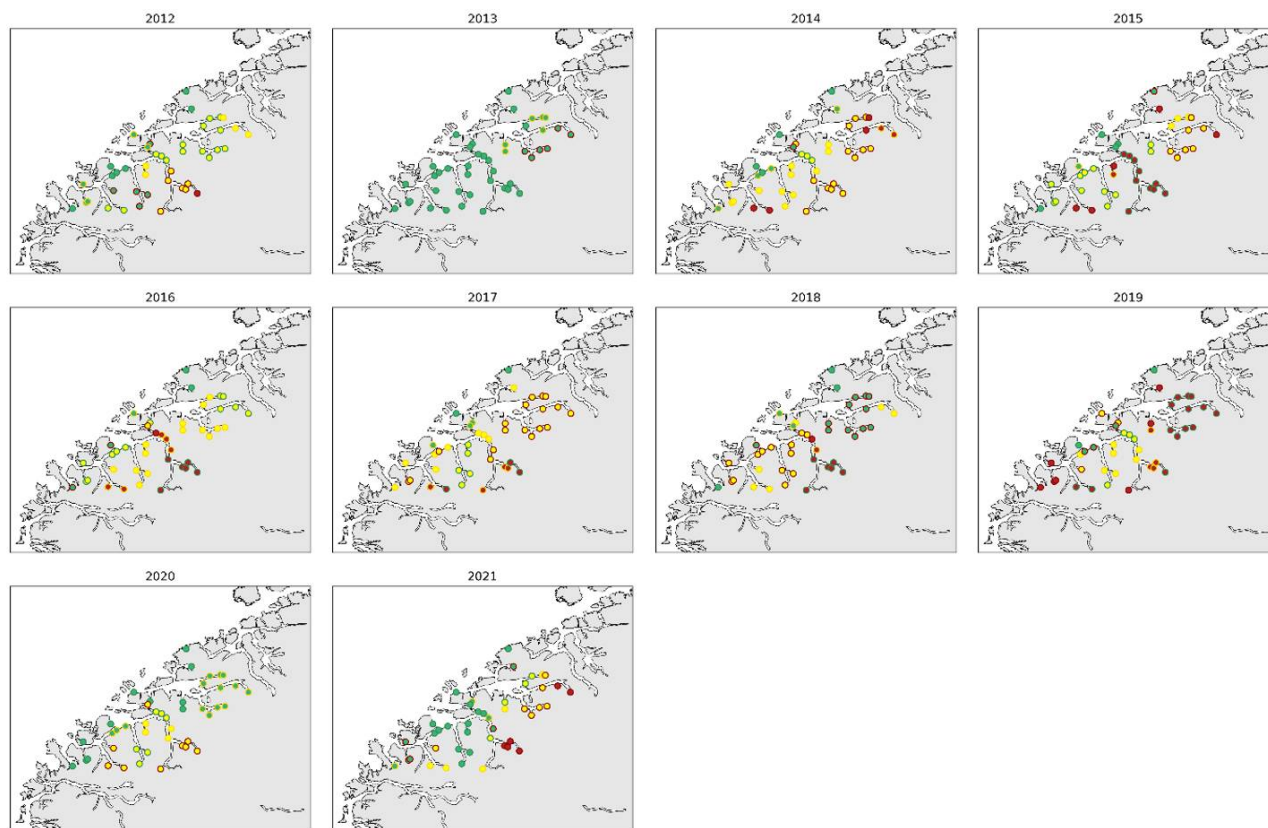
Elvene i Nordhordland (Osterfjorden, Fensfjorden), Sognefjorden, Sunnfjord (Dalsfjorden, Førdefjorden, Høydalsfjorden) samt Nordfjord har noe ulik estimert dødelighet. I Nordhordland estimeres det liten eller moderat dødelighet 2012-2014, mens det har variert mellom moderat og høy estimert dødelighet 2015-2018, høy årene 2019-2021. I Sognefjorden estimeres det i 2012-2013 liten dødelighet for laksen fra de 3 ytterste elvene, liten eller moderat for de innenfor. Fra 2014 estimeres det med få unntak høy dødelighet for laksen fra alle elvene i Sognefjorden. For laksen fra elvene i Sunnfjord estimeres det liten eller moderat dødelighet hele tidsperioden, med unntak av noen elver med høy estimert dødelighet i 2017. For elvene fra Nordfjord estimeres det liten eller moderat dødelighet 2012-2014, deretter moderat eller høy dødelighet.



Figur 4. Estimert smoltdødelighet 2012-2021 for elvene i produksjonsområde 4. Grønn sirkel indikerer < 10%, gul sirkel 10-20% og rød sirkel > 30% estimert dødelighet for smolt utvandret på normal tid. Kantfargen indikerer usikkerhet basert på endringer i utvandningsforløp og laksens toleransegrenser for lus. Se tekst for forklaring.

## 2.5 - Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika

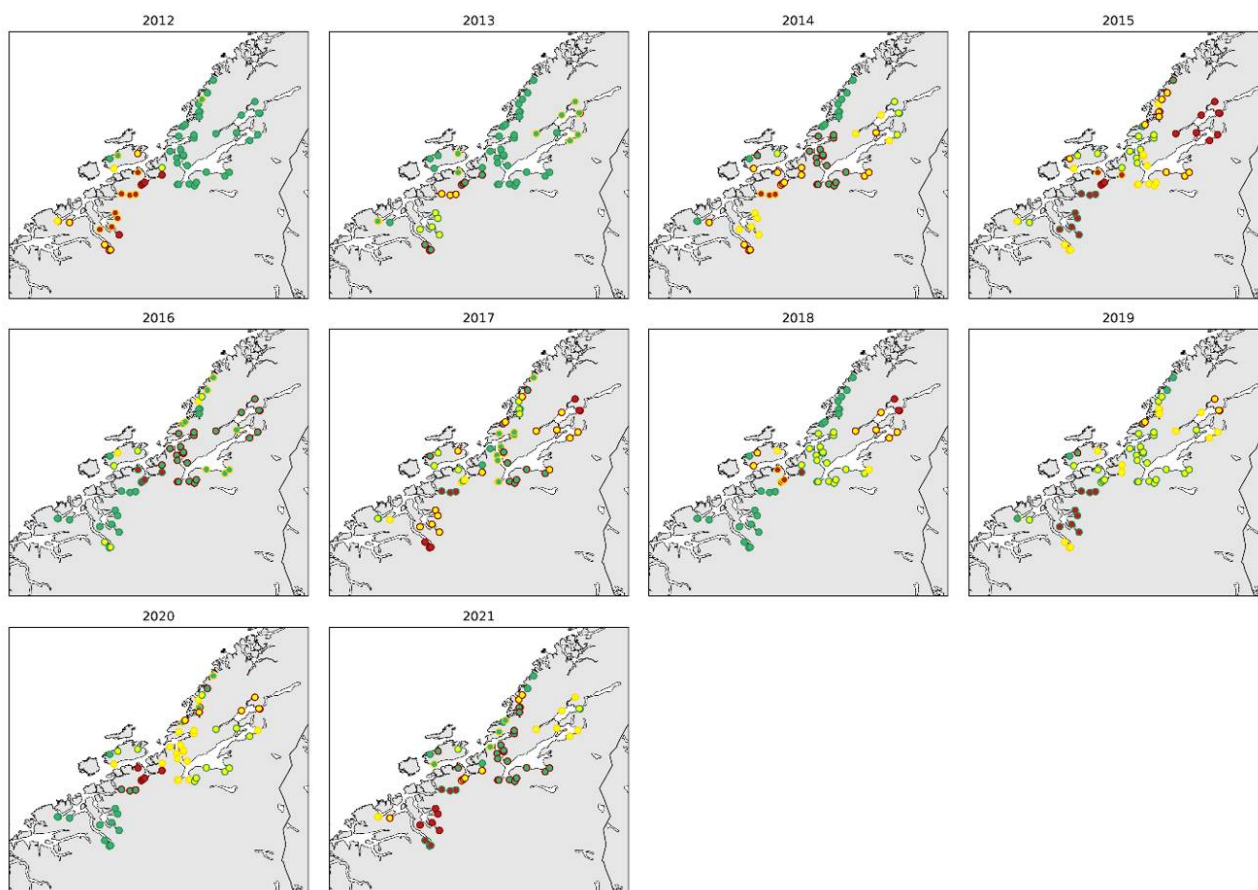
For elvene fra Storfjorden estimeres det hovedsakelig høy dødelighet for de indre elvene, moderat for de midtre, og liten for de ytre, men med store mellomårige variasjoner. For elvene i Romsdalsfjordsystemet estimeres det liten og moderat dødelighet 2012-2013, høyest dødelighet for elvene innerst i systemet. I 2014-2021 har det med unntak av i 2018 og 2020 stort sett vært estimert moderat eller høy dødelighet.



Figur 5. Estimert smoltdødelighet 2012-2021 for elvene i produksjonsområde 5. Grønn sirkel indikerer < 10%, gul sirkel 10-20% og rød sirkel > 30% estimert dødelighet for smolt utvandret på normal tid. Kantfargen indikerer usikkerhet basert på endringer i utvandningsforløp og laksens toleransegrenser for lus. Se tekst for forklaring.

## 2.6 - Produksjonsområde 6: Nordmøre til Sør-Trøndelag

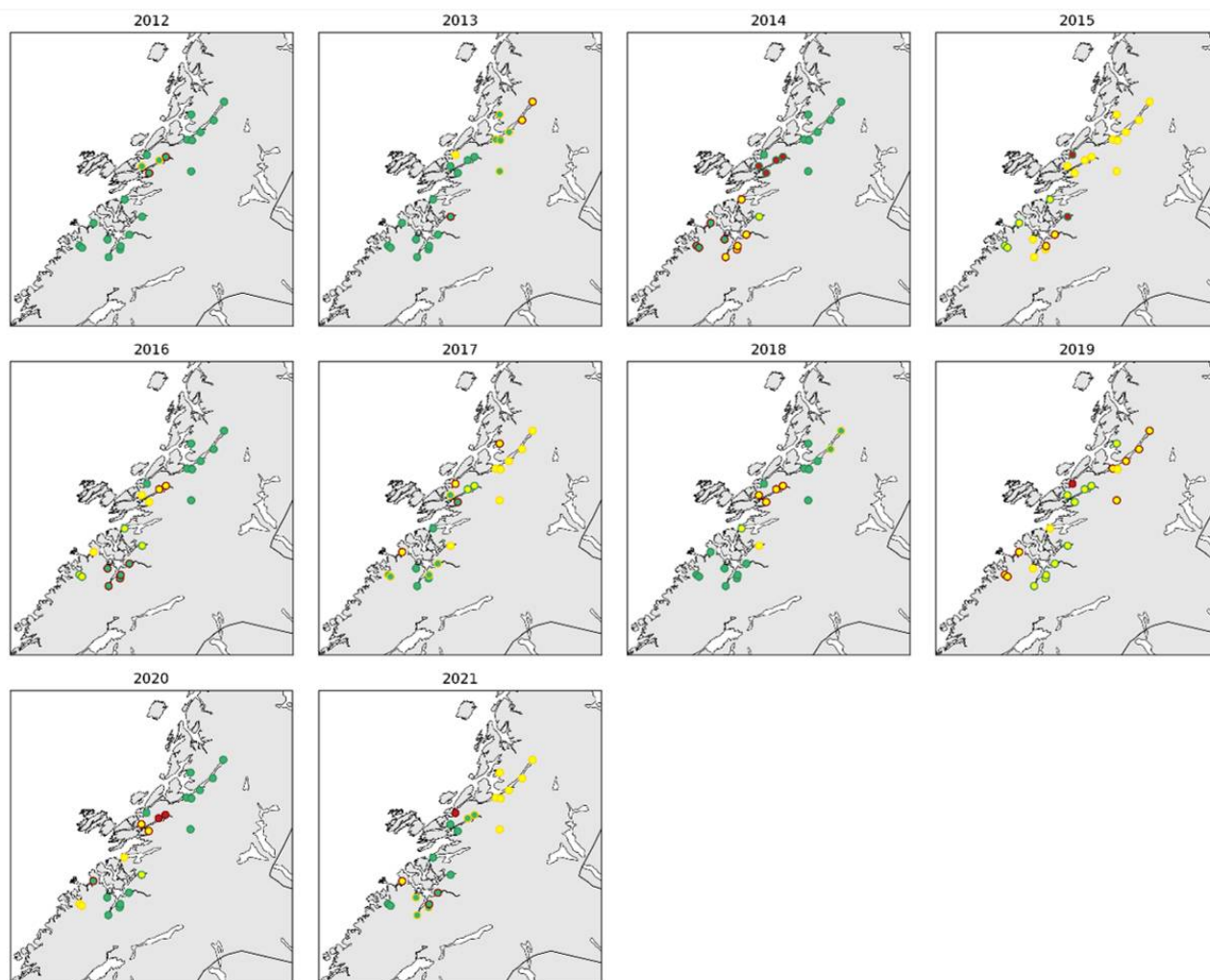
For elvene på Nordmøre estimeres det fra liten til høy dødelighet. Estimatenes er lavere (liten eller moderat) 2014, 2016, 2018 og 2020 enn i 2015, 2017, 2019 og 2021 hvor det oftest estimeres høy dødelighet. For elvene på Hitra estimeres liten eller moderat dødelighet, mens for elvene i Hemnfjorden varierer estimatene fra liten til høy dødelighet, oftest moderat fra 2017. For elvene i Trondheimsfjorden estimeres det liten dødelighet 2012-2013, liten og moderat 2014-2017, og oftest moderat dødelighet 2018-2020, og liten og moderat i 2021.



Figur 6. Estimert smoltdødelighet 2012-2021 for elvene i produksjonsområde 6. Grønn sirkel indikerer < 10%, gul sirkel 10-20% og rød sirkel > 30% estimert dødelighet for smolt utvandret på normal tid. Kantfargen indikerer usikkerhet basert på endringer i utvandningsforløp og laksens toleransegrenser for lus. Se tekst for forklaring.

## 2.7 - Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal

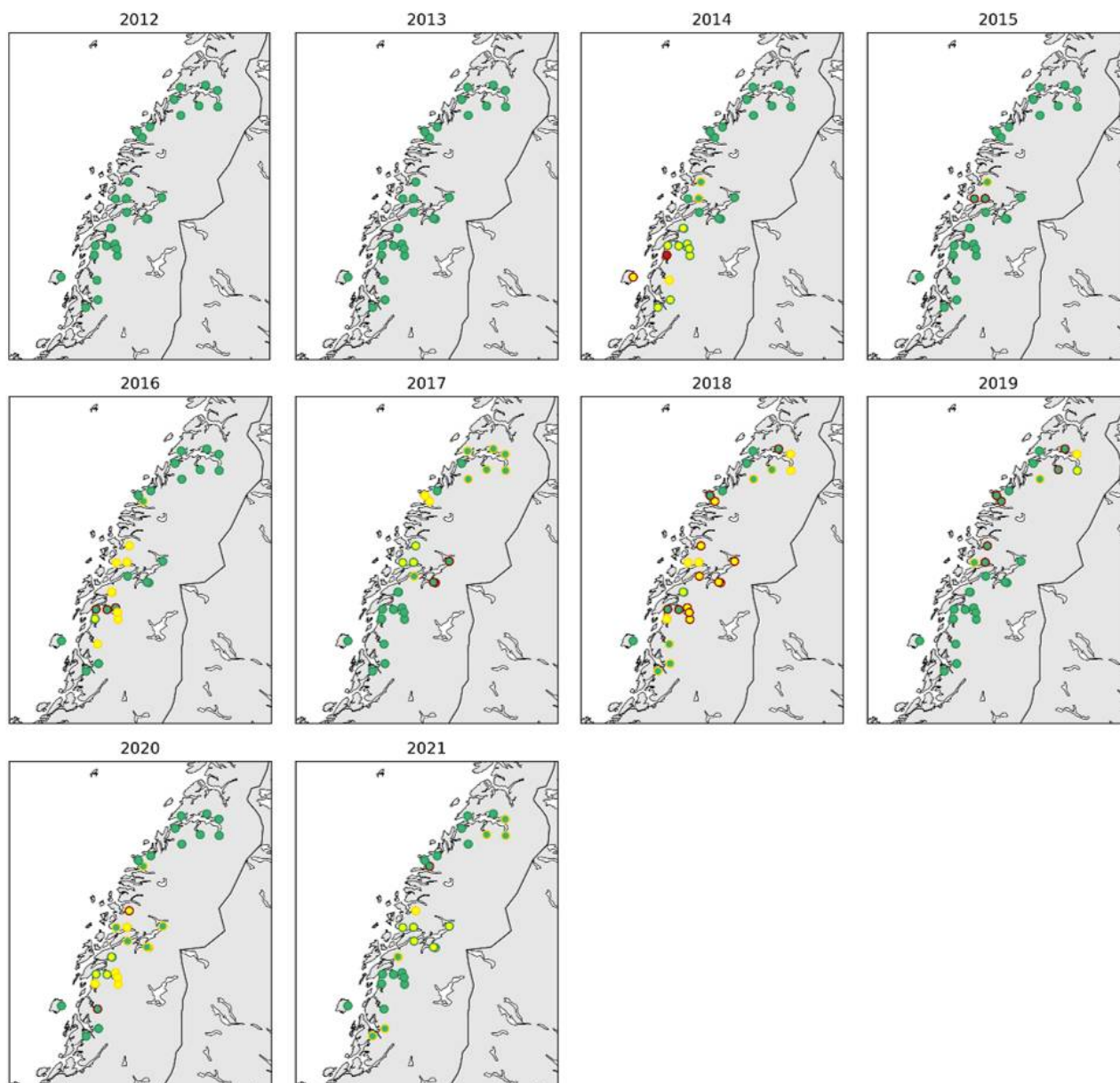
For elvene i Jøssundfjorden estimeres det liten eller moderat dødelighet laksen, mens for elvene i Namsfjorden estimeres oftest liten dødelighet, moderat for enkelte elver noen år. For elvene i Folda estimeres det oftest liten dødelighet 2012-2013, deretter oftest moderat dødelighet. For elvene nord for Vikna (Tosen, Bindal) estimeres det liten dødelighet 2012-2014, deretter (2015-2021) liten eller moderat, med høyest dødelighet i oddetallsår.



Figur 7. Estimert smoltdødelighet 2012-2021 for elvene i produksjonsområde 7. Grønn sirkel indikerer < 10%, gul sirkel 10-20% og rød sirkel > 30% estimert dødelighet for smolt utvandret på normal tid. Kantfargen indikerer usikkerhet basert på endringer i utvandringsforløp og laksens toleransegrenser for lus. Se tekst for forklaring.

## 2.8 - Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø

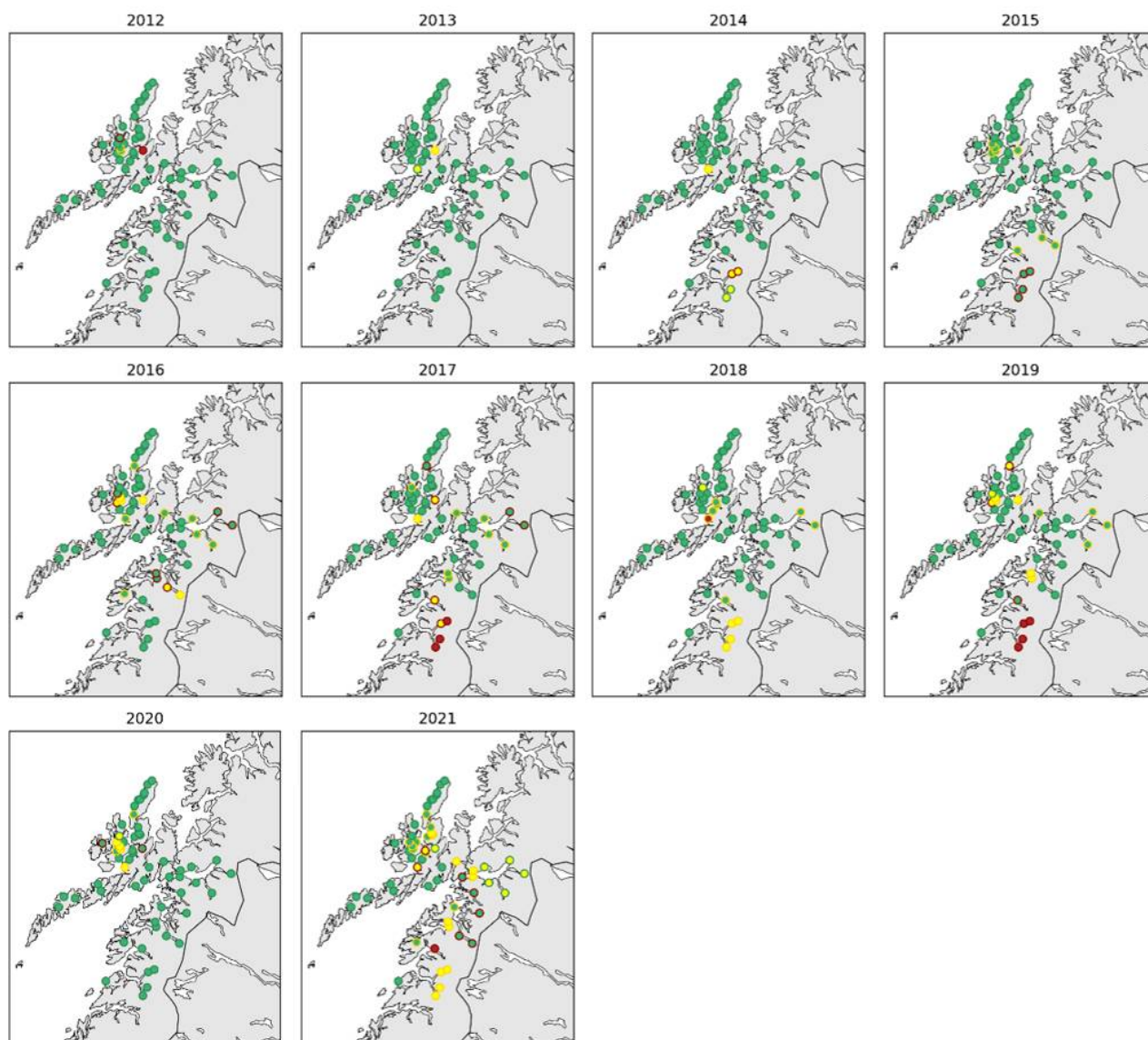
For elvene sør for Ranfjorden estimeres det liten dødelighet 2012-2013, deretter liten eller moderat dødelighet for de fleste elvene, med høyeste estimater årene 2014, 2016, 2018 og 2020. For elvene i og nord for Ranfjorden estimeres det oftest liten dødelighet, men med unntak, spesielt 2018 hvor det estimeres flere elver med moderat dødelighet. Med ett unntak, estimeres det ikke høy dødelighet for postsmolt fra noen av elvene i tidsrommet 2012-2021.



Figur 8. Estimert smoltdødelighet 2012-2021 for elvene i produksjonsområde 8. Grønn sirkel indikerer < 10%, gul sirkel 10-20% og rød sirkel > 30% estimert dødelighet for smolt utvandret på normal tid. Kantfargen indikerer usikkerhet basert på endringer i utvandningsforløp og laksens toleransegrenser for lus. Se tekst for forklaring.

## 2.9 - Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen

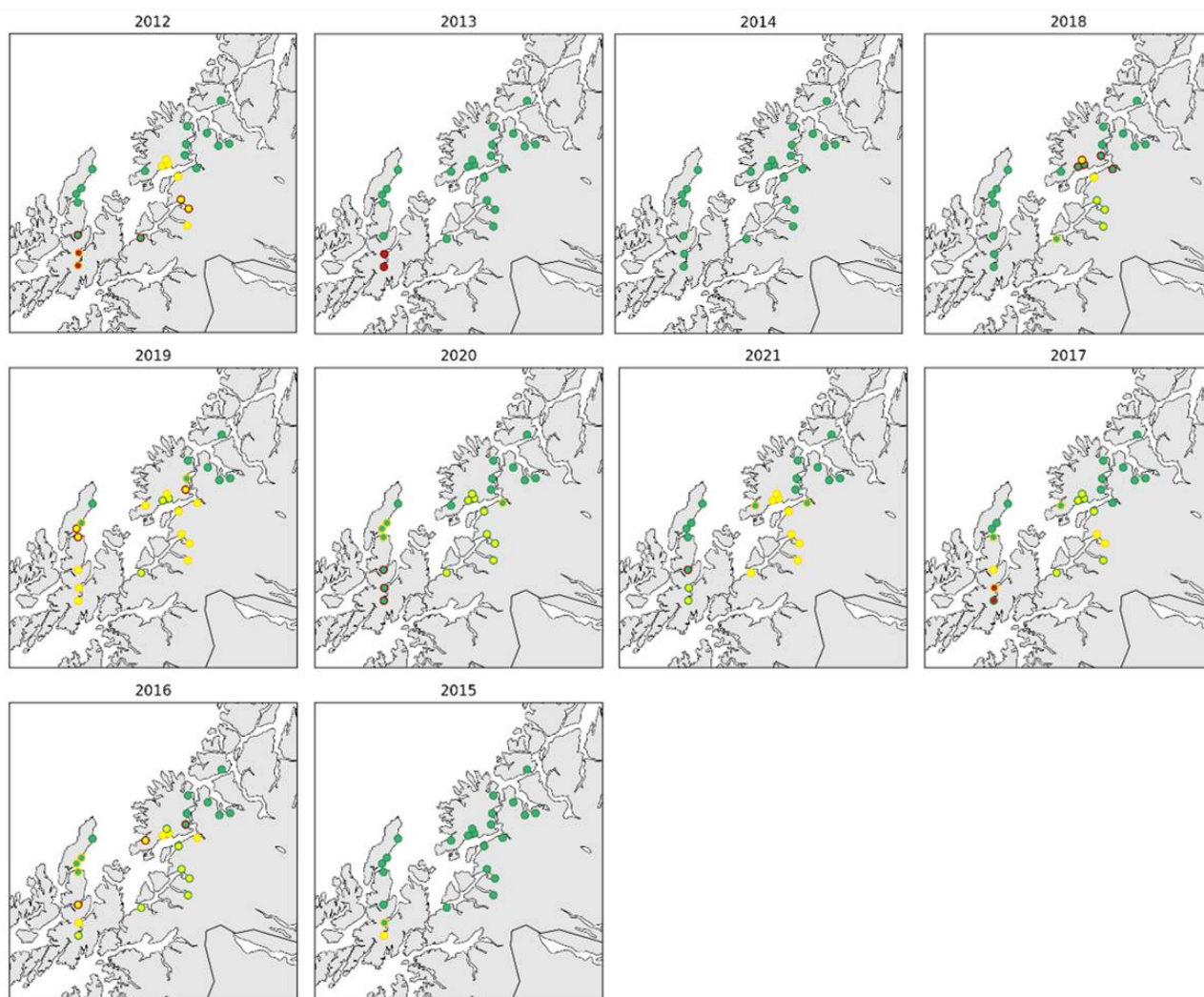
Det estimeres oftest liten dødelighet på postsmolt fra elvene i dette området, unntak er elvene i Sørfolda, hvor det i 2017-2019 og 2021 estimeres moderat eller høy dødelighet



Figur 9. Estimert smoltdødelighet 2012-2021 for elvene i produksjonsområde 9. Grønn sirkel indikerer < 10%, gul sirkel 10-20% og rød sirkel > 30% estimert dødelighet for smolt utvandret på normal tid. Kantfargen indikerer usikkerhet basert på endringer i utvandningsforløp og laksens toleransegrenser for lus. Se tekst for forklaring.

## 2.10 - Produksjonsområde 10: Andøya til Senja

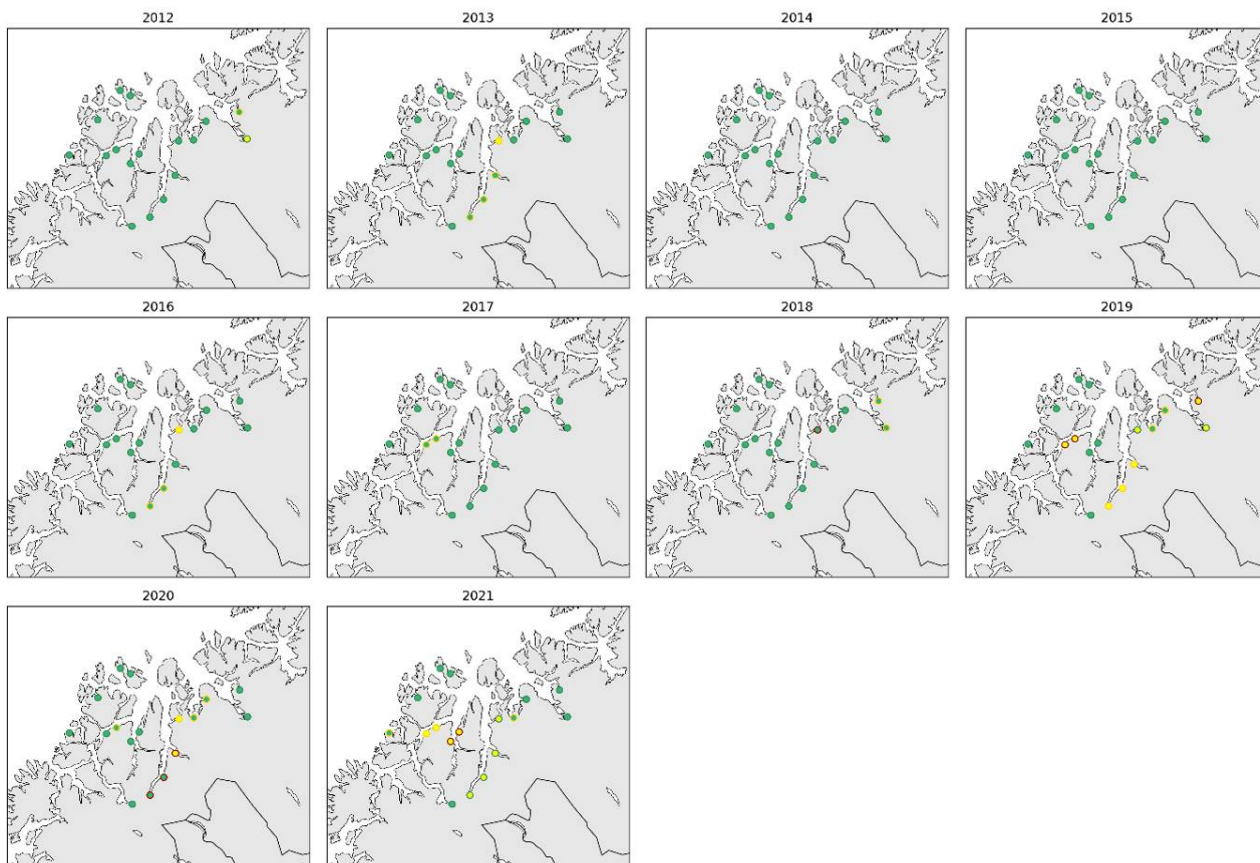
I dette området estimeres det fra liten til høy dødelighet for elvene i Gullesfjorden, mens for elvene sørøst på Senja og sør for Senja estimeres det oftest moderat dødelighet. For elvene nordøst på Senja og i Malangen estimertes det liten dødelighet alle årene 2012-2020. I 2021 estimeres det liten dødelighet for nesten alle elvene.



Figur 10. Estimert smolt dødelighet 2012-2021 for elvene i produksjonsområde 10. Grønn sirkel indikerer < 10%, gul sirkel 10-20% og rød sirkel > 30% estimert dødelighet for smolt utvandret på normal tid. Kantfargen indikerer usikkerhet basert på endringer i utvandningsforløp og laksens toleransegrenser for lus. Se tekst for forklaring.

## 2.11 - Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa

I tidsrommet 2012-2020 estimeres liten dødelighet for de fleste elvene i dette området, unntak er 2019 og 2021 hvor det for en del elver estimeres moderat dødelighet. Det estimeres ikke høy dødelighet for noen av elvene i dette tidsrommet.



Figur 11. Estimert smoltdødelighet 2012-2021 for elvene i produksjonsområde 11. Grønn sirkel indikerer < 10%, gul sirkel 10-20% og rød sirkel > 30% estimert dødelighet for smolt utvandret på normal tid. Kantfargen indikerer usikkerhet basert på endringer i utvandringsforløp og laksens toleransegrenser for lus. Se tekst for forklaring.

## 2.12 - Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark

Fra 2012 til 2018 estimeres det liten dødelighet for alle elvene foruten en elv i hver av årene 2017 og 2018. I 2019 og 2021 estimeres moderat dødelighet for elvene i Altafjorden, mens i 2020 estimeres liten dødelighet for alle elvene i dette produksjonsområdet.



Figur 12. Estimert smoltdødelighet 2012-2021 for elvene i produksjonsområde 12. Grønn sirkel indikerer < 10%, gul sirkel 10-20% og rød sirkel > 30% estimert dødelighet for smolt utvandret på normal tid. Kantfargen indikerer usikkerhet basert på endringer i utvandningsforløp og laksens toleransegrenser for lus. Se tekst for forklaring.

## 2.13 - Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark

I dette produksjonsområdet estimeres det liten dødelighet for postsmolt fra alle elvene i tidsrommet 2012-2021.



Figur 13. Estimert smoltdødelighet 2012-2021 for elvene i produksjonsområde 13. Grønn sirkel indikerer < 10%, gul sirkel 10-20% og rød sirkel > 30% estimert dødelighet for smolt utvandret på normal tid. Kantfargen indikerer usikkerhet basert på endringer i utvandningsforløp og laksens toleransegrenser for lus. Se tekst for forklaring.

### 3 - Referanser

Harvey, A., Quintela, M., Glover, K. A., Karlsen, Ø., Nilsen, R., Skaala, Ø., Sægrov, H., Kålås, S., Knutar, S. & Wennevik, V. (2019). Inferring Atlantic salmon post-smolt migration patterns using genetic assignment. *Royal Society Open Science* 6, 190426.

Johnsen, I. A., Harvey, A., Sævik, P. N., Sandvik, A. D., Ugedal, O., Ådlandsvik, B., Wennevik, V., Glover, K. A. & Karlsen, Ø. (2021). Salmon lice-induced mortality of Atlantic salmon during post-smolt migration in Norway. *ICES Journal of Marine Science* 78, 142-154.

Lien, V., Johnsen, I. A., Sandvik, A. D. & Myksvoll, M. S. (2021). Påvirkning fra lakselus på vill laksefisk - Havforskningsinstituttet 2021. Rapport fra Havforskningen 48-2021, 74 s.

Sandvik A.D., Ådlandsvik B., Asplin L., Johnsen I.A., Myksvoll M.S. & Albretsen J. (2020). Salmon lice LADIM V2, <https://doi.org/10.21335/NMDC-410516615>.

Taranger, G. L., Karlsen, Ø., Bannister, R. J., Glover, K. A., Husa, V., Karlsbakk, E., Kvamme, B. O., Boxaspen, K. K., Bjørn, P. A., Finstad, B., Madhun, A. S., Morton, H. C. & Svåsand, T. (2015). Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. *ICES Journal of Marine Science* 72, 997-1021.

Taranger, G. L., Svåsand, T., Bjørn, P. A., Jansen, P. A., Heuch, P. A., Grøntvedt, R. N., Asplin, L., Skilbrei, O. T., Glover, K. A., Skaala, Ø., Wennevik, V. & Boxaspen, K. K. (2012). Forslag til førstegangs målemetode for miljøeffekt (effektindikatorer) med hensyn til genetisk påvirkning fra oppdrettslaks til villaks, og påvirkning av lakselus fra oppdrett på villlevende laksefiskbestander Rapport fra Havforskningen 13-2012 / Veterinærinstituttets rapportserie 7-2012.

Ugedal, O., Vollset, K.W., Sægrov, H. & Karlsen, Ø. (2021). Appendiks I b: Utvandringstidspunkt for laksesmolt i Norge ved vurdering av lakselusindusert dødelighet på smolt av villaks. Vedlegg til Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning 2021.

Vollset, K.W., Lennox, R.J., Lamberg, A., Skaala, Ø., Sandvik, A.D., Sægrov, H., Kvingedal, E., Kristensen, T., Jensen, A.J., Haraldstad, T., Barlaup, B.T. & Ugedal, O. (2021). Predicting the nationwide outmigration timing of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts along 12 degrees of latitude in Norway. *Diversity and Distributions* 27, 1383-1392.

Vollset, K.W., Nilsen, F., Ellingsen, I., Finstad, B., Karlsen, Ø., Myksvoll M., Stige, L.C., Sægrov, H., Ugedal, O., Qviller, L. & Dalvin, S. (2021). Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2021. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.



## HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes  
5817 Bergen  
E-post: [post@hi.no](mailto:post@hi.no)  
[www.hi.no](http://www.hi.no)