



AKSEPTABELT UTSLIPP AV LAKSELUS INNENFOR MILJØMÅL

Ingrid Askeland Johnsen, Anne Dagrun Sandvik, Mari Fjalstad Jensen,
Rosa Maria Serra-Llinares, Håvard Guldbrandsen Frøysa, Jofrid
Skardhamar, Pål Næverlid Sævik og Sussie Dalvin (HI)

Tittel (norsk og engelsk):

Akseptabelt utslipp av lakselus innenfor miljømål

Rapportserie:

Rapport fra havforskningen
ISSN:1893-4536

År - Nr.:

2026-37

Dato:

29.06.2026

Forfatter(e):

Ingrid Askeland Johnsen, Anne Dagrund Sandvik, Mari Fjalstad Jensen,
Rosa Maria Serra-Llinares, Håvard Guldbrandsen Frøysa, Jofrid
Skardhamar, Pål Næverlid Sævik og Sussie Dalvin (HI)

Forskningsgruppeleder(e): Ingrid Askeland Johnsen (Kystoseanografi) og
Monica F. Solberg (Smittespredning og sykdom)
Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Geir Lasse Taranger
Programleder(e): Mari Skuggedal Myksvoll

Distribusjon:

Åpen

Oppdragsgiver(e):

Nærings- og Fiskeridepartementet

Program:

Miljøeffekter av akvakultur

Forskningsgruppe(r):

Kystoseanografi
Smittespredning og sykdom

Antall sider:

59

Sammendrag (norsk):

Havforskningsinstituttet mottok 19. desember 2025 en bestilling fra Nærings- og fiskeridepartementet (NFD) med tittel «Anmodning om innspill: Råd om akseptabelt utslippsnivå av lakselus». I korthet ber NFD om et naturfaglig råd om hva som er et akseptabelt utslipp av lakselus fra oppdrett for å oppnå miljømålet for vill laksefisk på under 10% dødelighet grunnet lakselus.

Denne rapporten er et vedlegg til det helhetlige svaret på bestillingen, og presenterer Havforskningsinstituttet sine vurderinger av lakselus sin påvirkning på utvandrende postsmolt av vill laks. Påvirkning på sjøørret eller røye vurderes ikke her, men er vurdert i det helhetlige svaret som også inneholder bidrag fra andre enn Havforskningsinstituttet.

For å svare på oppdraget har vi i denne rapporten beregnet hvor mange hunnlus oppdrettsanleggene samlet kan ha i et område og samtidig oppnå miljømålet om under 10 % dødelighet av villaks. Beregningene er basert på historisk lokalitetsstruktur og utslipp i perioden 2022–2025. Resultatene viser at om miljømålet nås med det beregnede antallet hunnlus, er avhengig av hvor utslippet skjer innenfor området. Den samme totale mengden hunnlus kan gi ulik påvirkning på villaks, avhengig av om utslippet kommer fra lokaliteter med høy eller lav overlapp med villaksens vandringsruter. Samtidig viser resultatene et tydelig potensial for målrettet innsats: tiltak rettet mot lokaliteter som bidrar mest til lusepåslog på villaks vil være langt mer effektive enn like sterk innsats fordelt jevnt på alle anlegg.

Sammendrag (engelsk):

The Institute of Marine Research received, December 2025, a request from the Ministry of Trade, Industry and Fisheries entitled “Request for input: Advice on acceptable emission levels of salmon lice”. In brief, the Ministry requests scientific advice on what constitutes an acceptable level of salmon lice emissions from aquaculture to achieve an environmental target for wild salmonids of less than 10% mortality caused by salmon lice.

This report is an appendix to the overall response to that request and presents the Institute of Marine Research's assessment of the impact of salmon lice on seaward-migrating post-smolt of wild Atlantic salmon. Impacts on sea trout and Arctic char are not assessed here, but are considered in the overall response, which also includes contributions from institutions other than the Institute of Marine Research.

To address the assignment, we have in this report estimated how many adult female salmon lice aquaculture farms in total can host within a given area while still achieving the environmental objective of less than 10% mortality in wild salmon. The calculations are based on historical farm structure and lice emissions during the period 2022–2025. The results show that whether the environmental objective is met at the calculated number of lice depends on where within the area the emissions occur. The same total number of adult female lice can have different impacts on wild fish depending on whether the emissions originate from sites with high or low overlap with the migration routes of wild salmon. At the same time, the results demonstrate a clear potential for targeted measures: actions aimed at sites that contribute most to lice infestation on wild fish will be far more effective than applying the same level of effort evenly across all farms.

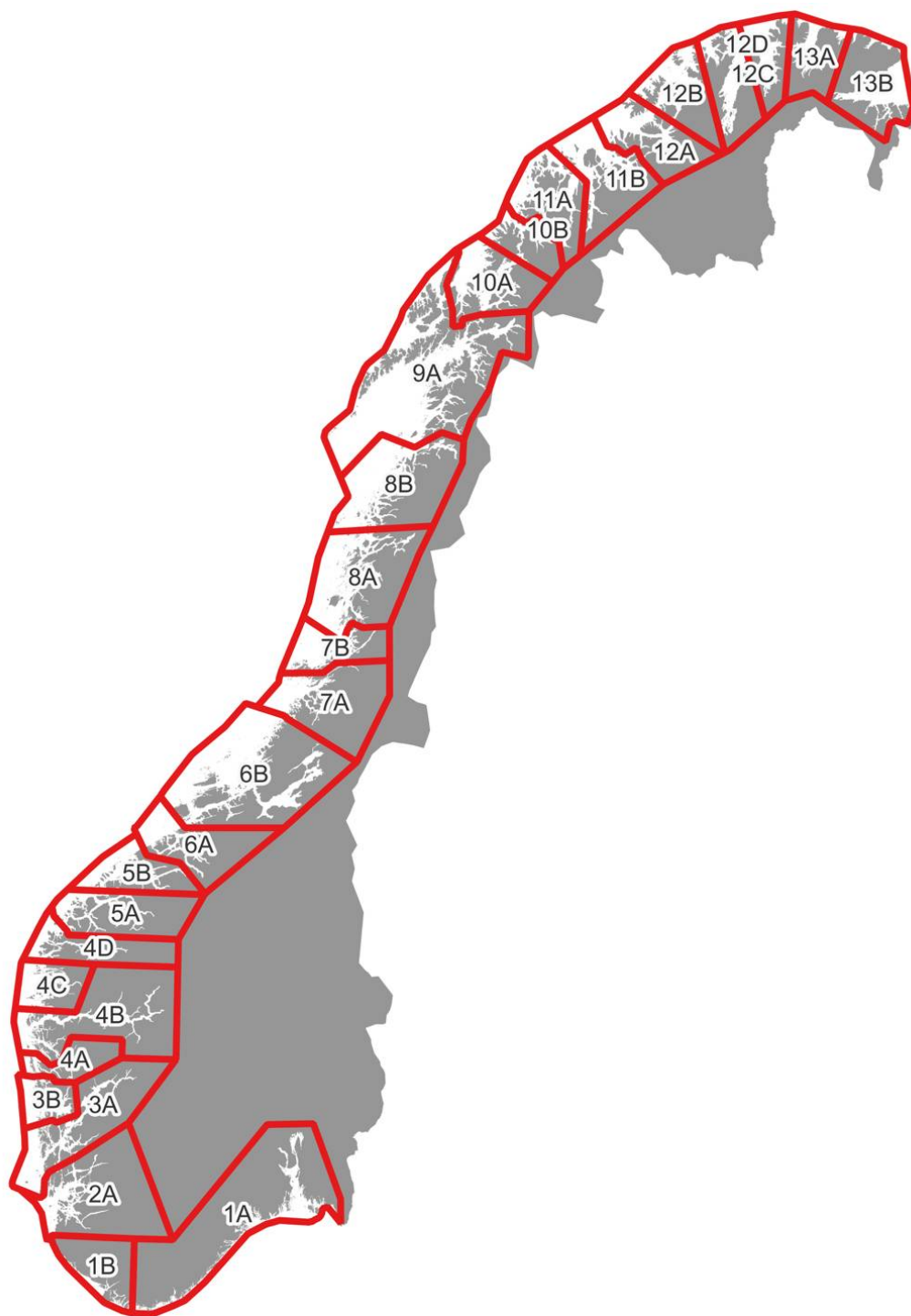
Innhold

1	Bakgrunn og avgrensinger for arbeidet	5
2	Metode for å estimere akseptabelt utslipp av lakselus	11
3	Resultat	13
3.1	Områder som skiller seg ut	16
3.2	Variasjon i oppnåelse av miljømål	16
3.3	Variasjon mellom elver	19
4	Diskusjon	20
5	Figurer	22
5.1	Produksjonsområder	22
5.2	Reguleringsområder	32
6	Referanser	57

1 - Bakgrunn og avgrensinger for arbeidet

I denne rapporten presenteres beregninger for antall hunnlus på oppdrettsfisk som vil gi et akseptabelt utslipp av lakselus i hele produksjonsområder, samt i nye og mindre geografiske enheter kalt reguleringsområder.

Disse reguleringsområdene er en finere inndeling av de eksisterende produksjonsområdene, og er beskrevet i Sævik m.fl. (2026) som er et annet vedlegg til helhetlige svaret på bestillingen (Figur 1).



Figur 1 : Grensene for foreslåtte reguleringsområder. De nye reguleringsområdene tar utgangspunkt i de etablerte 13 produksjonsområdene, men gjør en ytterligere inndeling av disse. Hvert produksjonsområde er delt inn mellom ett og fire reguleringsområder som har navn gitt ved nummeret til produksjonsområdet og en bokstav.

Produksjonsområdene ble bestemt i 2017 basert på grad av lakselus-smitte mellom oppdrettslokaliteter (Ådlandsvik 2015, 2022). Grensene mellom produksjonsområdene ble lagt der det var relativt liten grad av smitte mellom oppdrettsanlegg, gitt datidens lokalitetsstruktur. Inndelingen av reguleringsområdene er basert på spredning av lakselus fra oppdrettslokaliteter til vandringsruter og habitat brukt av henholdsvis utvandrende villaks og beitende sjørørret (Sævik mfl. 2026). Alle reguleringsområdene er underområder av et eksisterende

produksjonsområde, og er gitt betegnelsene A, B, C, D i tillegg til nummeret på produksjonsområdet som de ligger under.

Geografisk lokalisering av anlegg har mye å si for smitte av lus, både til villfisk og mellom anlegg. Beregningene av et akseptabelt utslipp av lus er derfor spesifikt for den benyttede lokalitetsstrukturen. En endring av lokalitetsstrukturen kan enten øke eller minke det beregnede akseptable utslippet i et område. Endringer av lokalitetsstrukturen er ikke vurdert her, da bestillingen fra NFD spesifiserer at *“denne bestillingen omfatter ikke en analyse av hvilke utslipp et område kan tåle dersom lokalitetsstrukturen eller driftsformene hadde vært annerledes enn i dag, selv om dette er interessante problemstillinger i seg selv”*. En analyse for å finne en optimal lokalitetsstruktur vil også være et omfattende arbeid som krever involvering fra forvaltning.

Resultatene i rapporten er basert på produksjonsdata fra de siste fire årene (2022–2025). Et gitt anlegg er inkludert i analysen dersom det har rapportert om fisk i merdene i tidsrommet med tilstedeværelse av utvandrende postsmolt av villaks i området (videre omtalt som aktivt anlegg). Antall aktive anlegg med produksjon av laksefisk varierer fra år til år og mellom reguleringsområder (Tabell 1). I tillegg varierer antall fisk, antall lakselus og temperatur mellom anlegg, gjennom året og mellom ulike år. Grunnet alt dette varierer luseutslippet fra de ulike anleggene både innen og mellom år. Videre varierer lakselusen sin drift med vannmassene med de oseanografiske forholdene, både over kort (time til time) og lang (mellom år) tidsrom. Dette gjør at påvirkningsområdet for utslipp av lakselus fra et anlegg kan variere mye, men denne variasjonen er også inkludert i beregningene benyttet for å oppnå de gjennomsnittlige tallene i resultatene.

Vi har beregnet hva som kan være et akseptabelt utslipp av lakseluslarver i et område for å oppnå miljømålet på maksimalt 10% dødelighet på vill laks grunnet lakselus (videre omtalt som miljømålet). Per i dag finnes det ikke metoder for å måle utslipp av nauplier av lakselus fra lokaliteter, så det vil være utfordrende å skulle anvende en anbefalt utslippsmengde direkte. Voksne hunnlus produserer kontinuerlig avkom (nauplius larver) og utslippet av larver er en funksjon av antallet av voksne hunner. En omregning til antall hunnlus gjør det også mulig å sammenligne med historiske lusetall, da oppdretterne siden 2012 ukentlig har rapportert gjennomsnittlig antall voksne hunnlus per oppdrettsfisk (Forskrift om lakselusbekjempelse, 2012) til Mattilsynet. Beregninger her er basert på disse rapporterte lusetallene og en funksjon for klekkerate (antall luselarver per hunnlus per time) avhengig av temperatur, som beskrevet i Stien mfl. (2005).

Basert på Havforskningsinstituttet sine modeller for sirkulasjon av vannmasser, spredning av lakselus og påvirkning på villaks, har vi beregnet hvor mange hunnlus det samlet kan være på alle oppdrettslokaliteter innen et område for at utslippet av lakselus er forenelig med miljømålet. Denne antallet må forstås som en øvre grense som anleggene samlet må holde seg under i perioden postsmolt av villaks vander mot havet.

Selv om både produksjonsområder og reguleringsområder er definert med avgrensninger som gir relativt lite smitte mellom områdene, er de ikke isolert fra hverandre. Alle områder, både produksjonsområder og reguleringsområder, utveksler lus med naboområder. Dette medfører at størrelsen på det akseptable utslippet av lakselus i et område vil avvike noe fra det som ville vært tilfelle dersom området hadde vært fullstendig isolert.

Størrelsen på et akseptabelt utslipp er beregnet fra en gjennomsnittlig påvirkning på fisk fra elvene i området. I alle områder vil det være elver med dødelighet både over og under gjennomsnittet. Gjennomsnittet er beregnet uvektet mellom elvene, det vil si at alle elvene er gitt lik vekt, og vi skiller ikke mellom elver med mange eller færre fisk. Vi har presentert den overordnede variasjon mellom elver i de ulike områdene.

*Tabell 1 : Utvandringsperioder, ekspertvurdering av dødelighet i trafikklyssystemet og antall anlegg med produksjon i utvandringsperioden per reguleringsområde (gjennomsnitt siste fire år). Startdato for utvandring er dato første fisk forlater elv, sluttdato er dagen siste fisk har nådd havet under «normalt» utvandringsforløp i virtuell postsmolt (VPS)-modellen. Ekspertvurderingene for dødelighet er gjennomført for produksjonsområder. Reguleringsområder merket med * har ikke fått beregnet akseptabelt utslipp av lakselus fordi få eller ingen anlegg var i drift årene 2022 – 2025, og smittepresset i reguleringsområdet var svært lavt.*

Reguleringsområde	Utvandringsperiode postsmolt laks fra elvene (benyttet i VPS)		Ekspertgruppevurdering i trafikklysarbeidet (gjennomført for produksjonsområde)				Anlegg med produksjon i utvandrings-perioden til laks (gjennomsnitt)
	Startdato	Sluttdato	2022	2023	2024	2025	
1A	24-04	23-06	Lav	Lav	Lav	Lav	0*
1B	19-04	10-06					5*
2A	20-04	19-06	Mod	Mod	Mod	Mod	35
3A	24-04	02-07	Høy	Høy	Høy	Høy	66
3B	23-04	16-06					42
4A	24-04	19-06	Høy	Mod	Mod	Mod	18
4B	25-04	08-07					36
4C	27-04	18-06					25
4D	28-04	25-06					15
5A	28-04	26-06	Mod	Mod	Mod	Mod	16
5B	30-04	26-06					20
6A	01-05	24-06	Mod	Mod	Mod	Mod	21
6B	03-05	14-07					72
7A	10-05	07-07	Mod	Mod	Mod	Mod	18
7B	15-05	07-07					21
8A	16-05	14-07	Mod	Lav	Mod	Mod	34
8B	20-05	13-07					36
9A	20-05	23-07	Lav	Lav	Mod	Lav-mod	73
10A	20-05	19-07	Lav	Lav	Mod	Mod	40
10B	24-05	18-07					10
11A	29-05	24-07	Lav	Lav	Mod	Mod	15
11B	30-05	26-07					15
12A	06-06	30-07	Lav	Lav	Lav	Lav	16
12B	09-06	30-07					19
12C	10-06	06-08					6*
12D	09-06	01-08					0*
13A	08-06	29-07	Lav	Lav	Lav	Lav	0*
13B	07-06	30-07					3*

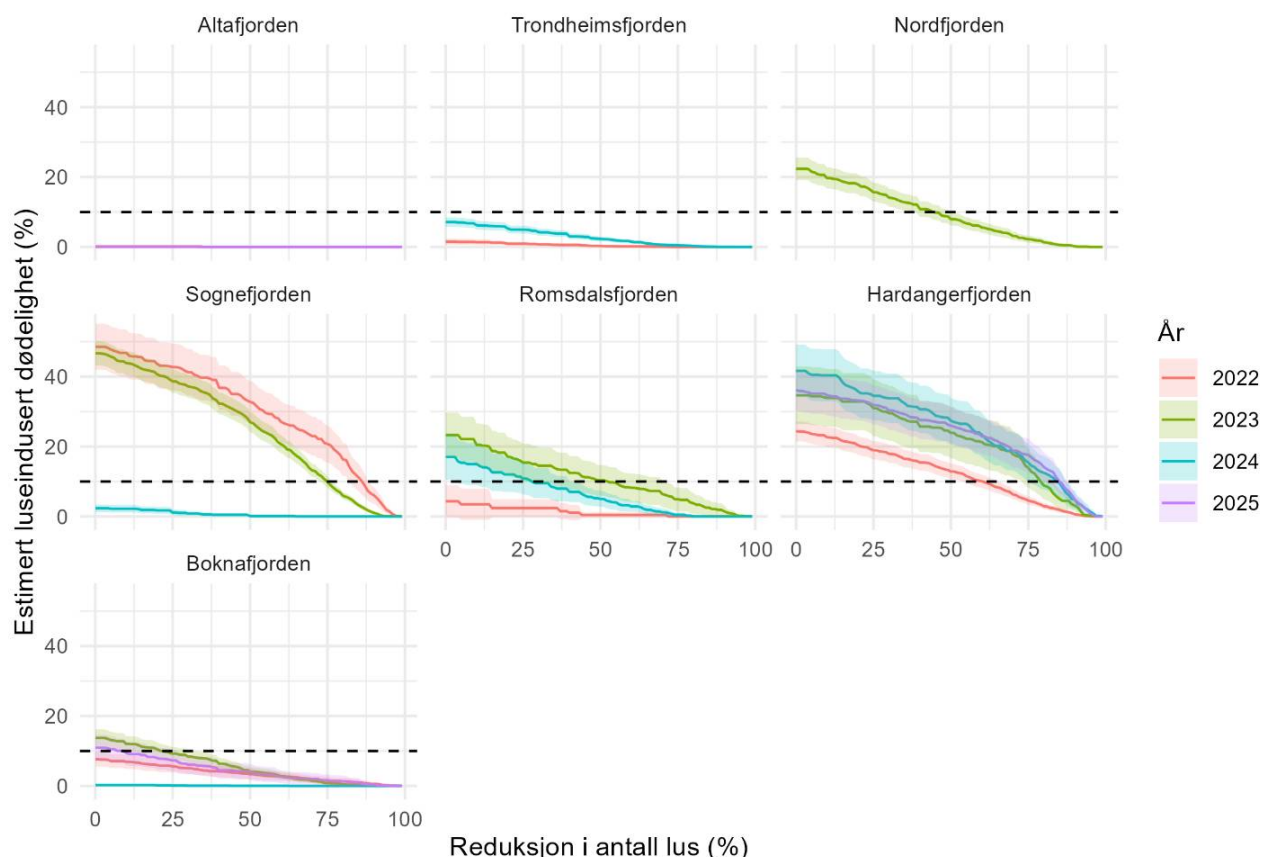
Basert på antall lus på fisken og kunnskap om hvor mye lus fisken tåler, beregnes risiko for luseindusert dødelighet på villaks i ulike områder (Taranger m.fl. 2015, Karlsen m.fl. 2025).

For å illustrere sammenhengen mellom antall lus på fisken og risiko for dødelighet gjennomførte vi en enkel

regneøvelse basert på observert antall lus på villaks. Først ble dødelighetsrisiko estimert direkte fra de observerte individdataene for alle fjordene der det forelå tråldata fra minst ett år i perioden 2022-2025. Deretter beregnet vi dødelighet på nytt ved trinnvis reduksjon av antall lus på hver enkelt fisk fra 1 til 99 %. Dette ble gjort for å undersøke hvordan en teoretisk reduksjon i lusepåslag, relativt til de observerte nivåene, påvirker den estimerte luseinduserte dødeligheten. Analysen gir en indikasjon på hvor mye lavere det observerte lusetallet på villaks måtte vært for å oppnå miljømålet med dødelighet under 10 %.

Resultatene fra analysen med trinnvis reduksjon i lusetall viser at forholdet mellom lusepåslag og dødelighetsrisiko ikke følger en enkel proporsjonal sammenheng. I enkelte områder enkelte år, særlig ved lav til moderat dødelighet, gir reduksjoner i antall lus en relativt direkte og lineær nedgang i dødelighetsrisiko (figur 2). Dette gjelder Altafjorden, Trondheimsfjorden, Nordfjorden, Romsdalsfjorden og Boknafjorden, men også i de andre fjordene i årene med lavest risiko for dødelighet.

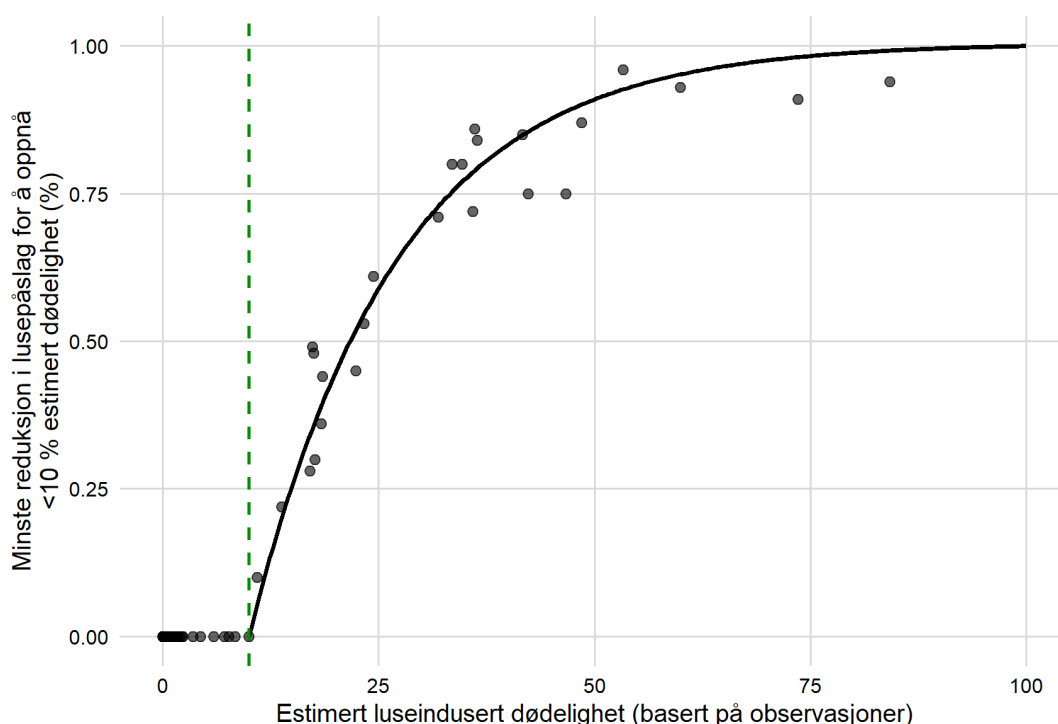
Ved høyere estimert risiko for luseindusert dødelighet avviker den lineære sammenhengen og antall lus på fisken må reduseres betydelig (over 80 %) for å oppnå dødelighet under 10% (figur 2). Når antallet lus på fisken kan reduseres kraftig uten at det gir vesentlig reduksjon i estimerte dødelighetsrisiko, skyldes det at en del av fisken har vært eksponert for lusemengder langt over terskelen for forventet dødelighet.



Figur 2 : Beregnet lakselusindusert dødelighet av vill utvandrende postsmolt fra observerte tall på trålt villaks i ulike geografiske områder i perioden 2022-2025, og for scenarier med reduserte lusenivåer. Reduksjon i lusepåslag langs x-aksen, der $x=0$ representerer faktisk observert lusepåslag. Estimert luseindusert dødelighet (y-aksen) er beregnet med prosentvis reduksjon i lusepåslag (x-aksen) hvor linje er gjennomsnittlig verdi og skravert felt viser 95-konfidensintervall.

For å oppsummere denne responsen på tvers av områder og år har vi beregnet den minste reduksjonen i lusepåslag (relativt til de observerte nivåene) som kreves for å oppnå miljømålet for hvert enkelt tilfelle (fjord og år; figur 3). Denne analysen er basert på data fra 2015–2025, og inkluderer dermed flere år enn analysene presentert i figur 2 (2022–2025), for å gi et større datagrunnlag.

Figur 3 viser at det i mange tilfeller kreves betydelige reduksjoner i lusepåslag for å få den estimerte lakselusinduserte dødeligheten under 10 %. Selv ved moderate nivåer av dødelighet (10–30 %) ligger den nødvendige reduksjonen ofte rundt 25–75 %, noe som indikerer at relativt store endringer i lusepåslag er nødvendig for å oppnå en merkbar reduksjon i dødelighet.



Figur 3 : Sammenhengen mellom lakselusindusert dødelighet på trålt postsmolt (x-aksen) og reduksjon i lusepåslag som må til for å oppnå <10% dødelighet (y-aksen). Hvert punkt representerer samlet fangst (all fisk) i ett fjordsystem et bestemt år (data fra 2015-2025). Den svarte linjen er en eksponentialkurve tilpasset punktene, og viser hvor mye påslaget må reduseres for at dødeligheten langs x-aksen skal komme under 10%.

Det er viktig å understreke at denne beregningen kun er ment som en illustrasjon av hva man kan forvente ved en reduksjon i antall lus på villaks, og ikke som en prediksjon av effekten av konkrete tiltak. Basert på beregningene forventer vi ikke en lineær og proporsjonal sammenheng mellom reduksjon i antall lus produsert i oppdrett og lusebelastningen på villaks i området, blant annet fordi lus ikke er jevnt fordelt mellom individene. Hensikten er derfor først og fremst å synliggjøre at sammenhengen mellom individuell lusebelastning og dødelighetsrisiko i seg selv ikke er lineær, særlig ved høye påslagsnivåer, og at relativt store reduksjoner i lusepåslag vil være nødvendig for å oppnå miljømålet i enkelte fjorder enkelte år.

2 - Metode for å estimere akseptabelt utslipp av lakselus

Havforskningsinstituttet gjennomfører årlig modellering av spredning av lakselus fra oppdrettsanlegg langs hele kysten. Modellberegningene og analysene som presenteres her er basert på rapporterte tall fra oppdrettsanleggene (antall fisk og lus per fisk), samt etablert kunnskap, modeller og metoder tilgjengelig våren 2026. Dette gir et felles rammeverk for å vurdere miljøpåvirkning på villaks fra lakselus fra oppdrettsanlegg i hele landet.

For å beregne størrelsen på et akseptabelt utslipp av lus fra oppdrett et område kan tåle innenfor miljømålet, benyttet vi HI sitt modellsystem for spredning av lakselus, som er beskrevet i en rekke rapporter og publikasjoner (se bla. Albretsen m.fl. 2011, Asplin m.fl. 2020, Johnsen m.fl. 2020, Myksvoll m.fl. 2018, Sandvik m.fl. 2020, 2021), og utgjør også grunnlaget for HI sine leveranser til Trafikklyssystemet. Se Jensen m.fl. (2025) for en samlet beskrivelse av modellsystemet.

Modellberegninger av spredning av lakselus er analysert for å identifisere hvilke områder/areal og tidsperioder postsmolt av villaks vil være lite, moderat eller mye påvirket ved gitte utslippsmengder (ROC-analyse, Sandvik m.fl. 2021). Videre er påvirkning på utvandrende vill laksesmolt fra alle elver i et produksjonsområde og reguleringsområde modellert med Virtuell postsmolt modell (VPS, Johnsen m. fl., 2020). Tidsforløp for utvandring fra elvene brukt i VPS-modellen er basert på startdato fra Vollset m. fl. 2021, og vandringsruter og hastighet som forklart i Johnsen m. fl. (2020).

ROC og VPS er to forskjellige måter å beregne dødelighet på, og kan derfor gi noe forskjellige resultater for dødelighet i noen områder. VPS-modellen er utviklet for å estimere dødelighet på utvandrende postsmolt av laks og er kalibrert mot observert lusepåslag på vill laksefisk fanget i trål. ROC-modellen er utformet for å beregne smittepress over et geografisk område over en gitt tidsperiode, og er kalibrert mot lusepåslag i smoltbur (Sandvik m. fl. 2020). For områder der postsmolten har lange vandringsruter vil ROC-indeksen typisk gi lavere estimert verdi enn VPS modellen, og derfor høyere grense for voksne hunnslus før man bryter miljømålet. En viktig fordel med ROC-modellen er at den er rask å beregne og godt egnet for scenario-analyser hvor en utfører beregninger for ulike betingelser og antagelser. Man kan for eksempel relativt raskt beregne resultat for flere tusen ulike scenarioer hvor en varierer mengden utslipp og antall anlegg. VPS-modellen er derimot tyngre å kjøre og derfor mindre egnet til å analysere mange scenarier.

Vi har i vurderingene tatt utgangspunkt i historiske data for produksjon av fisk, slik at kun lokaliteter som har rapportert om fisk i overlappende tidsrom med utvandrende villaks i 2022-2025 er inkludert i analysen (videre referert til som aktive anlegg). Utslipp av lakseluslarver fra alle aktive anlegg er beregnet ved hjelp av tre ulike metoder basert på ulike antagelser. Disse metodene er beskrevet i Tabell 2 . Kort fortalt er den første metoden basert på historisk produksjon og lusetall, den andre metoden på lik mengde lus i alle anlegg og den tredje metoden på lik mengde lus per fisk i alle anlegg.

Tabell 2 : Beskrivelse av de ulike metodene for å beregne utslipp av lakselus og påvirkning på vill laksefisk i modellsystemet.

Metode 1: Skalering av historisk lusepress	
Antagelse	Historisk lusepress skaleres i hvert reguleringsområde eller produksjonsområde slik at dødelighet blir tilnærmet 10%.
Resultat	Prosentvis endring i lusepress per regulerings- eller produksjonsområde. Dette blir deretter regnet om til totalt antall voksne hunnlus i området.
Benyttede data	Historiske data for produksjon av fisk og antall hunnlus, rapportert til Fiskeridirektoratet og Mattilsynet.
Detaljer	Metoden er etter samme mal som Sandvik mfl., 2021 og i Sandvik m. fl., 2025, vedlegg til Havbruksmeldingen . For å regne om fra endring i smittepress til antall voksne hunnlus må man først beregne det «historiske» antallet voksne hunnlus. Dette tallet varierer til dels mye gjennom utvandningsperioden. Her har vi benyttet middelveiden av antall voksne hunnlus per fisk og antall fisk slik de ble rapportert i tidsperioden for utvandring av vill laksesmolt (Tabell 1, men vi har sett bort fra den siste uken siden det tar noe tid fra laksluslarvene klekkes til de blir smittsomme).

Metode 2: Likt antall lus på hvert anlegg	
Antagelse	Alle aktive anlegg i et regulerings- eller produksjonsområde har like mange voksne hunnlus, estimert slik at dødelighet blir tilnærmet 10%.
Resultat	Antall lus per anlegg for hvert regulerings- eller produksjonsområde. Dette blir deretter summert til totalt antall voksne hunnlus i området (lus per anlegg ganger antall anlegg).
Benyttede data	Fiktive lusetall hvor alle aktive anlegg med produksjon av fisk i 2022-2025 er antatt å ha like mange hunnlus.
Detaljer	Anlegg regnes som aktive de ukene de hadde fisk i sjøen. Selv om antall lus er likt på aktive anlegg, er utslipp av luselarver også avhengig av temperatur og varierer derfor litt mellom anlegg.

Metode 3: Likt antall lus per fisk	
Antagelse	Alle aktive anlegg i et regulerings- eller produksjonsområde har like mange voksne hunnlus per fisk slik at dødelighet blir tilnærmet 10%.
Resultat	Antall lus per fisk for hvert regulerings- eller produksjonsområde. Dette blir deretter regnet om til totalt antall voksne hunnlus i området (antall lus per fisk ganger antall fisk).
Benyttede data	Historiske data for produksjon av fisk som rapportert til Fiskeridirektoratet. Fiktive lusetall med likt antall lus på all fisk.
Detaljer	Anlegg regnes som aktive de ukene de hadde fisk i sjøen. Vi starter på 0.1 lus per fisk og oppjusterer eller nedjusterer inntil det resulterende smittepresset gir ønsket dødelighet. Utslippene varierer mellom anlegg etter antall fisk per anlegg og temperatur/klekke-rate. Etter samme mal som Sandvik mfl., 2021, og i Sandvik m. fl., 2025 (vedlegg til Havbruksmeldingen) .

Ved å utføre analysen for når vi oppnår miljømålet med utslipp fra tre ulike metoder (Tabell 2) får vi informasjon om variasjonen i systemet, og kan sette mer robuste grenser som øker sannsynligheten for å oppfylle miljømålet også under fremtidige produksjon som avviker fra det historiske.

Modellberegningene for alle de tre metodene inkluderer variasjon i fysiske forhold og produksjonsmønster mellom år. I de oppsummerte figurer og tabeller er det derimot gjennomsnittlig tall fra årene 2022-2025 som er oppgitt.

Beregningene er ikke gjort for reguleringsområdene 1A, 1B, 12C, 12D, 13A og 13B fordi disse områdene hadde få eller ingen aktive anlegg i utvandningsperioden (markert med * i tabell 1). I slike områder må det vurderes om det bør gjøres særskilte vurderinger basert på området rundt de lokalitetene som finnes eller flere mulige anleggsposisjoner. I produksjonsområde 9, 11 og 12 er smittepresset konsentrert i relativt små geografiske områder. Her kan utslippene ofte økes mye (fig 4 og 5) uten at man bryter miljømålet. Disse områdene bør behandles spesielt, i likhet med områdene som ikke er med i analysen fordi der var få eller ingen aktive anlegg.

3 - Resultat

Det estimerte antallet voksne hunnlus et område kan ha, og samtidig holde et akseptabelt utslipp innenfor miljømålet, er vist i figur 4, figur 5 og tabell 3. Dette er et estimert antall hunnlus oppdrettslokaliteter til sammen i et område må holde seg under til enhver tid. Estimater varierer mellom år, og vi presenterer derfor gjennomsnittet for perioden 2022–2025. Figur 4 og 5 viser historisk utslipp (vist med stolper) i denne perioden sammen med gjennomsnittlig estimert antall hunnlus (vist med horisontale streker).

Utslippene må kraftig reduseres i produksjonsområdene 2–7, mens de kan opprettholdes omtrent på dagens nivå i produksjonsområde 8, 10 og 11, og kan økes i produksjonsområde 9 og 12. Det antallet voksne hunnlus et område kan ha og likevel nå miljømålet, blir estimert lavere når beregningene gjøres med VPS-modellen enn med ROC-modellen. Estimaterne er også lavere når det brukes metode 2 og 3, som i større grad gjenspeiler luseutslipp fra aktive anlegg, enn ved bruk av metode 1, som baserer seg på utslipp beregnet fra rapporterte lusetall. For å sammenligne med måleparameteren voksne hunnlus per fisk (den lovlige grensen i dag i smolt-utvandringsperioden er 0,2), vil verdiene som er oppgitt med rødlige farger i figur 4 og tabell 3 tilsvare mellom 0,04 og 0,08 for reguleringsområde 3A (for ROC metoden). Disse tallene varierer mellom år og metode.

Det totale antallet hunnlus et område kan tåle, avviker i noen områder når beregningene gjøres for reguleringsområder sammenlignet med produksjonsområder. Dette skyldes blant annet at historiske utslipp er geografisk skjevt fordelt, at reguleringsområdene er mindre isolerte enn produksjonsområdene, og at utvandringsperioden som antall voksne hunnlus beregnes over, varierer avhengig av om beregningene gjøres for reguleringsområder eller for hele produksjonsområder.

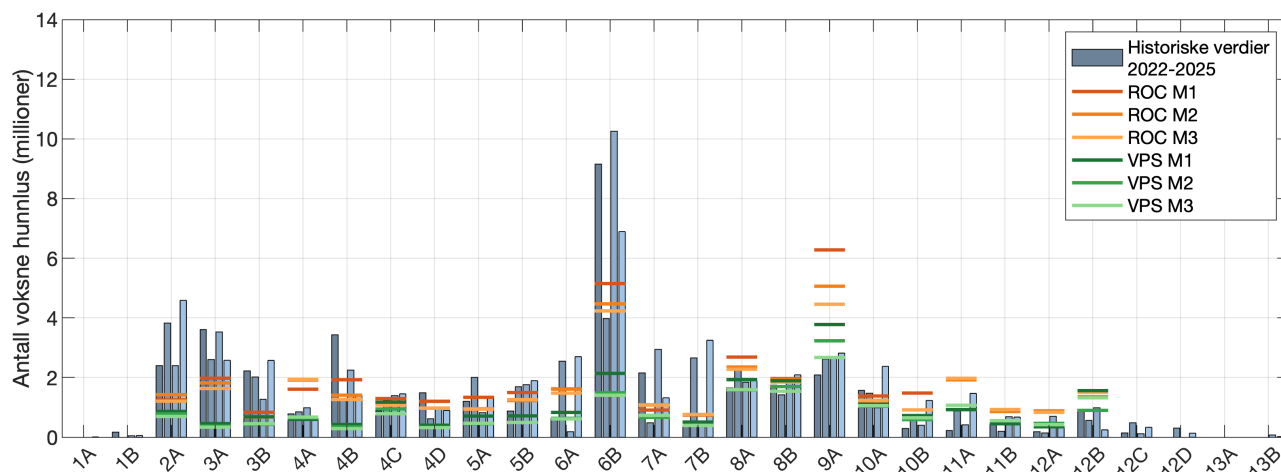
Det estimerte antallet hunnlus et område kan ha er større for reguleringsområdene enn produksjonsområdene i produksjonsområde 3 og 4 beregnet med VPS-modellen, og i produksjonsområde 3 og 10 med ROC-modellen.

Det estimerte antallet voksne hunnlus varierer mellom de tre metodene beskrevet i tabell 2. Metode 1, 2 og 3 viser at antallet voksne hunnlus et område kan tåle, generelt ligger høyere når man tar utgangspunkt i historisk utslipp av lus, enn dersom man forutsetter at alle lokaliteter har like mange voksne hunnlus, eller likt antall hunnlus per fisk.

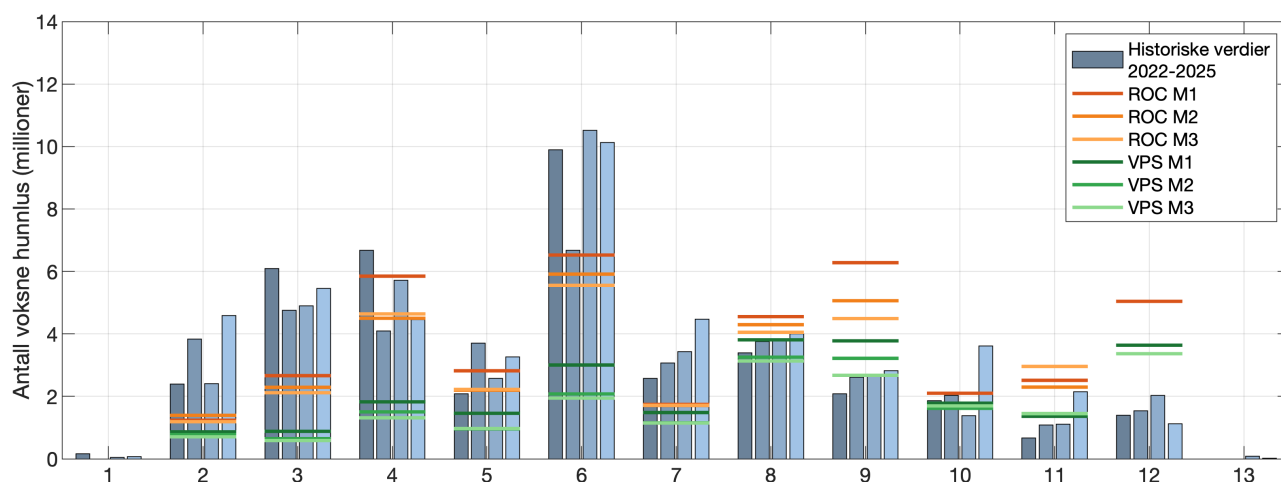
Dette kan forklares med den romlige og tidsmessige fordelingen av utslippene. I metode 1 har utslippet av luselarver økt gjennom utvandringsperioden til villaks i større grad enn for metode 2 og 3. Når vi tar gjennomsnittet over utvandringsperioden fra de ulike metodene, sammenligner vi en historisk variabel situasjon der lusetallet ofte er lavt i starten av utvandringsperioden og øker markant mot slutten (metode 1) med en mindre økning i samme tidsrom i metode 2 og 3.

I metode 1 er utslippet av lakselus også skjevt fordelt mellom anlegg, mens det i metode 2 og 3 er mer jevnt fordelt. Dette kan tyde på at den historiske lokalitetsstrukturen og fordelingen av luseutslipp har gitt lavere miljøpåvirkning enn et tenkt scenario der alle anlegg har like mange lus (per anlegg eller per fisk). Om lag 10 % av lokalitetene rapporterer null lus, og inngår derfor ikke i beregningene i metode 1. Dette bidrar ytterligere til at historisk utslipp ser ut til å ha gitt mindre miljøpåvirkning enn om samme totale utslipp hadde vært jevnt fordelt mellom alle lokaliteter.

Samlet antyder forskjellene mellom metode 1, 2 og 3 at det foreslåtte antallet hunnlus som vil gi et akseptabelt utslipp basert på historiske utslipp, trolig ville måtte vært lavere dersom man ønsket å sikre miljømålet samtidig som man tar høyde for at fremtidige utslipp kan være fordelt annerledes i rom og tid mellom lokalitetene.



Figur 4 : Totale antall voksne hunnlus på oppdrettsfisk per reguleringsområde. De fargede linjene viser øvre grense for antall hunnlus hvert område kan tåle uten at lakselusindusert dødelighet på villaks vil overstige 10%. Beregningene er gjort med Havforskningsinstituttets modellsystem og analysert med ROC (rødlige farger) og VPS (grønne farger) og med tre forskjellige modellsimuleringer (M1-M3) og angir gjennomsnittsverdier for fire år. Stolpene viser historiske data for antall voksne hunnlus rapportert fra oppdrettsanlegg i utvandringsperioden for vill laksesmolt i 2022–2025.



Figur 5 : Totale antall voksne hunnlus på oppdrettsfisk per produksjonsområde. De fargede linjene viser øvre grense for antall hunnlus hvert område kan tåle uten at lakselusindusert dødelighet på villaks vil overstige 10%. Beregningene er gjort med Havforskningsinstituttets modellsystem og analysert med ROC (rødlige farger) og VPS (grønne farger) og med tre forskjellige modellsimuleringer (M1-M3) og angir gjennomsnittsverdier for fire år. Stolpene viser historiske data for antall voksne hunnlus rapportert fra oppdrettsanlegg i utvandringsperioden for vill laksesmolt i 2022–2025.

Summen av antall voksne hunnlus rapportert fra oppdrettsanlegg i utvandringsperioden for vill laksesmolt i 2022–2025 for reguleringsområdene (Figur 4, stolpene) blir ikke identisk med summen for produksjonsområdene (Figur 5, stolpene). Årsaken er at tidsperioden det summeres over, er definert som utvandringsperioden fra første fisk forlater elva til siste fisk har fullført vandringen fra elv til åpent hav. Dette tidsrommet vil ofte variere mellom reguleringsområdene innenfor et produksjonsområde, og for produksjonsområdet som helhet bestemmes sluttdatoen av den elva der fisken fullfører vandringen senest.

Beregninger for produksjonsområder vil derfor ofte gi et lengre tidsrom enn beregninger for enkeltstående reguleringsområder. Eksempelvis varierer sluttdato for utvandring med 3 uker mellom 4B og 4C (Tabell 1).

Tabell 3 : Antall voksne hunn lus (millioner) beregnet med metode 1-3 for ROC og VPS for produksjonsområder (PO) og reguleringsområder (RO). Tallene angir hvor mange hunn lus oppdrettsfisk i hvert område kan ha totalt uten at lakselusindusert dødelighet av villaks postsmolt overstiger miljømålet på 10%.

PO	Reg. område.	Antall voksne hunn lus (millioner)			
		Metode 1 - Metode 2 - Metode 3			
		ROC PO	ROC RO	VPS PO	VPS RO
1	1A				
	1B				
2	2A	1,3 - 1,4 - 1,2	1,3 - 1,4 - 1,2	0,9 - 0,8 - 0,7	0,9 - 0,8 - 0,7
3	3A	2,7 - 2,3 - 2,1	2 - 1,8 - 1,6	0,9 - 0,6 - 0,6	0,5 - 0,4 - 0,3
	3B		0,8 - 0,7 - 0,7		0,7 - 0,4 - 0,5
4	4A	5,8 - 4,5 - 4,6	1,6 - 1,9 - 1,9	1,8 - 1,5 - 1,3	0,6 - 0,7 - 0,7
	4B		1,9 - 1,4 - 1,3		0,4 - 0,3 - 0,3
	4C		1,3 - 1,2 - 1,1		1,2 - 0,9 - 0,8
	4D		1,2 - 1 - 1		0,4 - 0,3 - 0,3
5	5A	2,8 - 2,2 - 2,2	1,3 - 1 - 0,9	1,5 - 1 - 1	0,7 - 0,5 - 0,5
	5B		1,5 - 1,2 - 1,3		0,7 - 0,5 - 0,5
6	6A	6,5 - 5,9 - 5,6	1,6 - 1,6 - 1,5	3 - 2,1 - 1,9	0,8 - 0,6 - 0,6
	6B		5,1 - 4,5 - 4,2		2,1 - 1,5 - 1,4
7	7A	1,7 - 1,7 - 1,7	0,9 - 1,1 - 1,1	1,5 - 1,2 - 1,1	0,7 - 0,7 - 0,7
	7B		0,7 - 0,8 - 0,8		0,5 - 0,4 - 0,4
8	8A	4,6 - 4,3 - 4,1	2,7 - 2,4 - 2,3	3,8 - 3,3 - 3,1	1,9 - 1,6 - 1,6
	8B		2 - 1,9 - 1,8		1,9 - 1,7 - 1,5
9	9A	6,3 - 5,1 - 4,5	6,3 - 5,1 - 4,5	3,8 - 3,2 - 2,7	3,8 - 3,2 - 2,7
10	10A	2,1 - 1,6 - 1,7	1,4 - 1,2 - 1,2	1,8 - 1,6 - 1,7	1,1 - 1 - 1,1
	10B		1,5 - 0,7 - 0,9		0,7 - 0,6 - 0,7
11	11A	2,5 - 2,3 - 3	- 1,9 - 2	1,4 - 1,4 - 1,5	0,9 - 1,1 - 1,1
	11B		0,9 - 0,9 - 0,9		0,5 - 0,6 - 0,6
12	12A	5 - -	- 0,9 - 0,8	3,6 - - 3,4	0,4 - 0,5 - 0,4
	12B		1,6 - 1,4 - 1,5		1,6 - 0,9 - 1,3
	12C				
	12D				
13	13A				
	13B				

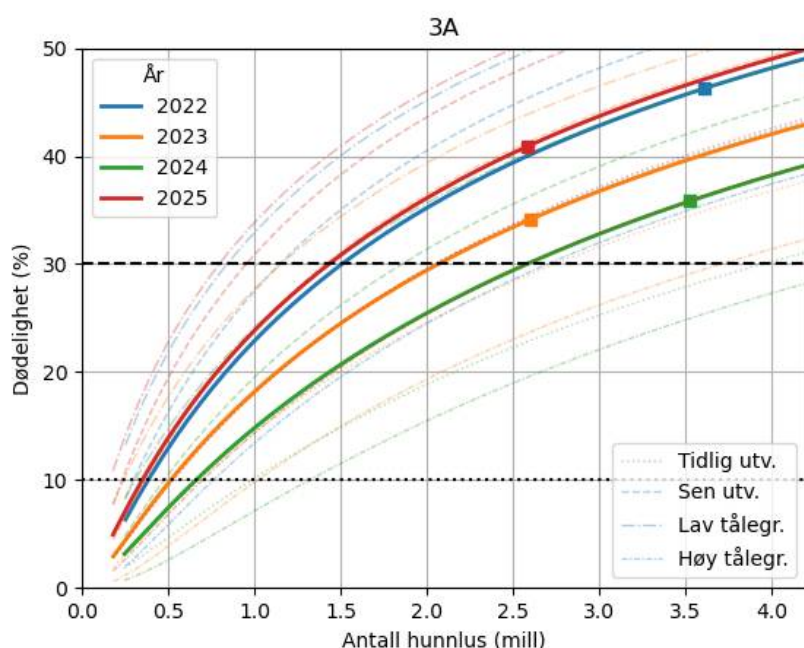
3.1 - Områder som skiller seg ut

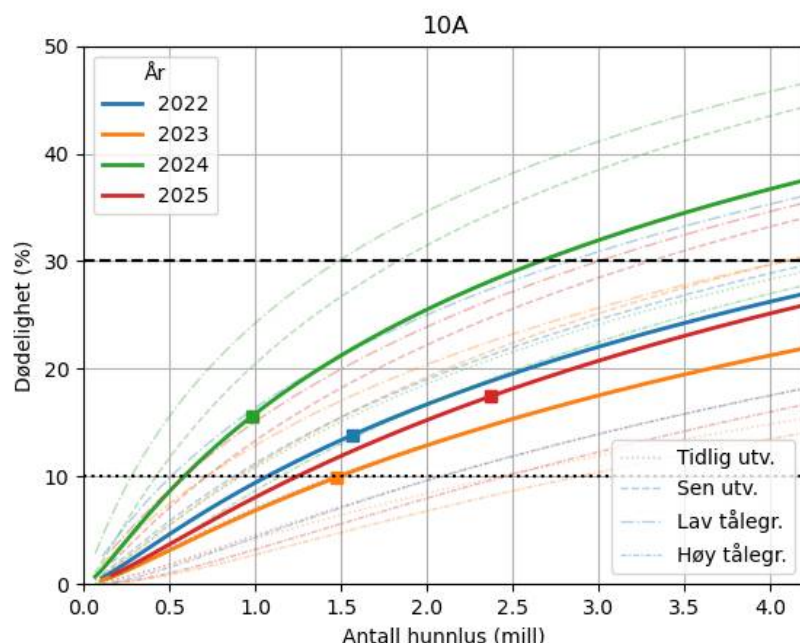
Produksjonsområde 4 peker seg ut som et område hvor det er stor forskjell mellom reguleringsområdene, hvor område 4C kan ha nær historisk antall voksne hunnlus, mens 4B må redusere antallet voksne hunnlus med omtrent 80% ifølge VPS-modellen (i snitt 2022-2025). Reguleringsområde 4B dekker Sognefjorden, som er Norges lengste fjord. Sognefjorden har flere lakseelver innerst i fjorden, og villaks som vandrer fra disse elvene har de lengste utvandningsrutene og lengst eksponeringstid for lusepåslag. Fisk fra elvene i 4A, C og D har kortere vandring til havet. Resultatene fra VPS-modellen som beregner utvandring for fisk fra hver av elvene, vil være påvirket av lengden på utvandningsrutene. Den store variasjonen mellom reguleringsområdene bidrar til at det estimerte antall hunnlus som vil gi et akseptabelt utslipp innen miljømålet i reguleringsområdene 4A, 4B, 4C og 4D er ulikt det for produksjonsområde 4.

Produksjonsområde 7 peker seg ut som et område der det har vært en todeling, med høyere antall hunnlus på oppdrettsfisk i reguleringsområde 7A og 7B annethvert år. Selv om det estimerte antallet voksne hunnlus som oppdrettsfisken kan ha, og samtidig oppnå gjennomsnittlig tilnærmet 10 % dødelighet på villaks, er tilnærmet likt for hele produksjonsområde 7 og for reguleringsområde 7A og 7B samlet, vil en begrensning på reguleringsområdenivå i dette området i større grad sikre villaksen hvert år, i stedet for annethvert år.

3.2 - Variasjon i oppnåelse av miljømål

Som ved beregnet risiko for dødelighet ved redusert antall lakselus observert på villaks (Figur 2 og 3), beregner heller ikke modellene det til å være en lineær sammenheng mellom antallet hunnlus på oppdrettsfisken i et område og den estimerte dødeligheten, se Figur 6 med eksempler fra to reguleringsområder. Figurer fra alle reguleringsområder finnes under kapittel 5. Grensen for antall voksne hunnlus som vil sikre oppnåelse av miljømålet kan variere mye mellom år (Figur 4, 5 og 6). Dette skyldes en kombinasjon av varierende miljøforhold og variasjon i hvor i reguleringsområdet og produksjonsområdet det har vært produksjon og utslipp av lakseluslarver de enkelte årene.





Figur 6: Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet for elvene i reguleringsområde 3A (øverst) 10A (nederst) basert på metode 1 ved ulike skaleringer av historisk produksjon av fisk, og dermed utslipp av lus, med VPS-modellen. Modellen er også kjørt for utvandring 10 dager tidligere (tidlig utvandring) og 10 dager senere (sen utvandring) enn det mest sannsynlige utvandringstidsrommet, og med lav og høy tålegrense basert på verdier i Tabell 2 i Jensen mfl. (2025). Ulike år er vist med ulike farger, og boksene viser historiske antall hunnulus i reguleringsområdet under utvandningsperioden og korresponderende dødelighet beregnet med VPS-modellen.

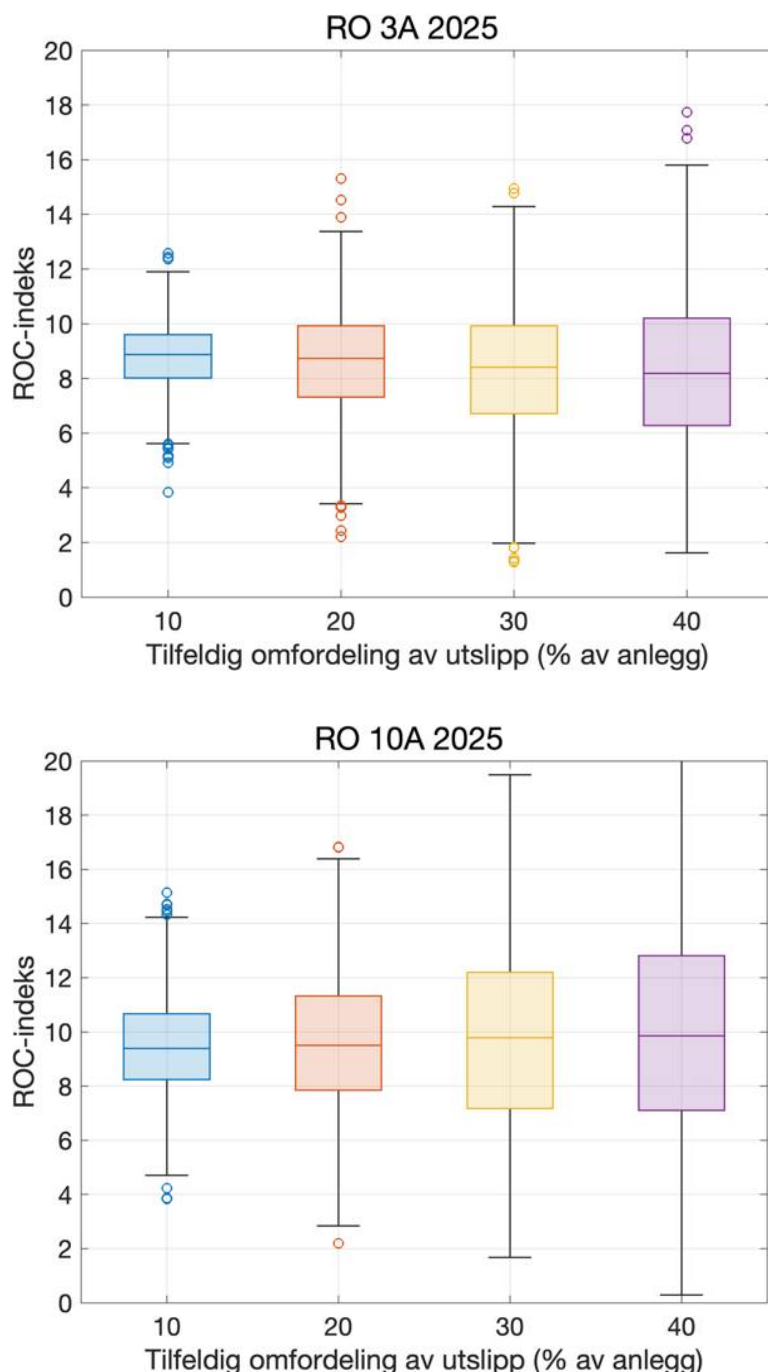
For å undersøke hvor robuste estimatene på antallet voksne hunnulus er, gjennomførte vi scenarier der vi omfordelte utslippene av luselarver mellom lokalitetene innen området. Vi antok «null-utslipp» fra 10, 20, 30 og 40 % av anleggene, og omfordelte disse hunnulusene vilkårlig til de resterende lokalitetene. Denne øvelsen ble gjentatt 1000 ganger for å få et representativt bilde av utfallsrommet. Som et mål på miljøpåvirkningen brukte vi ROC-indeksen.

Denne øvelsen er gjort for alle metoder og reguleringsområder, og som et eksempel viser vi i figur 7 resultatet for metode 1 fra reguleringsområdene 3A og 10A. Generelt ser vi at resultatene er følsomme for geografisk plassering av utslippene, og at variasjonen i ROC-indeks øker med graden av omfordeling. Dette ser vi ved at intervallet fra maksimum til minimum påvirkning (ROC-indeks) øker når vi går fra 10 til 40%. For å illustrere hva geografisk plassering av utslippene betyr for antall hunnulus lokalitetene kan ha, har vi som et eksempel beregnet det totale antall hunnulus området kan tåle ved den geografiske omrokeringen som gir maksimum og minimum ROC-indeks. Antall hunnulus blir da henholdsvis 2,3 og 0,9 millioner ved en 20% omfordeling av utslippene i område 3A i 2025, for en gunstig og en ugunstig geografisk plassering av utslippet.

Videre har vi benyttet den samme omrokeringen som ga maksimum og minimum ROC-indeks og beregnet miljøpåvirkningen med VPS-modellen. Gjennomsnittlig VPS-dødelighet varierte da fra 6 til 14% (område 3A, 20% omfordeling), som tilsvarer en variasjon på voksne hunnulus fra 0,7 til 0,3 millioner for å oppnå miljømål på 10% i VPS-modellen.

Dette viser at et gitt antall hunnulus kan ha ulikt påvirkning avhengig av hvor i området fisken de sitter på befinner seg, og at «null-utslipp» fra et økende antall lokaliteter, med omfordeling til andre lokaliteter, øker usikkerheten på om man når miljømålet.

Miljøpåvirkningen er følsom for hvor i området utslippet skjer. Følsomheten er ulik mellom områder, og øker med skjevheten mellom utslippskildene (mindre variasjon med metode 2). Den er størst i områder hvor lokalitetene har stor ulikhet i overlapp med utvandningsrutene til villaks. Figur 3 og 4 i Sævik m.fl., 2026 viser kart med henholdsvis ulike lakseelvers eksponeringsgrad for lakselusutslipp og ulike anleggs smitteeffekt på utvandrende postsmolt av laks.



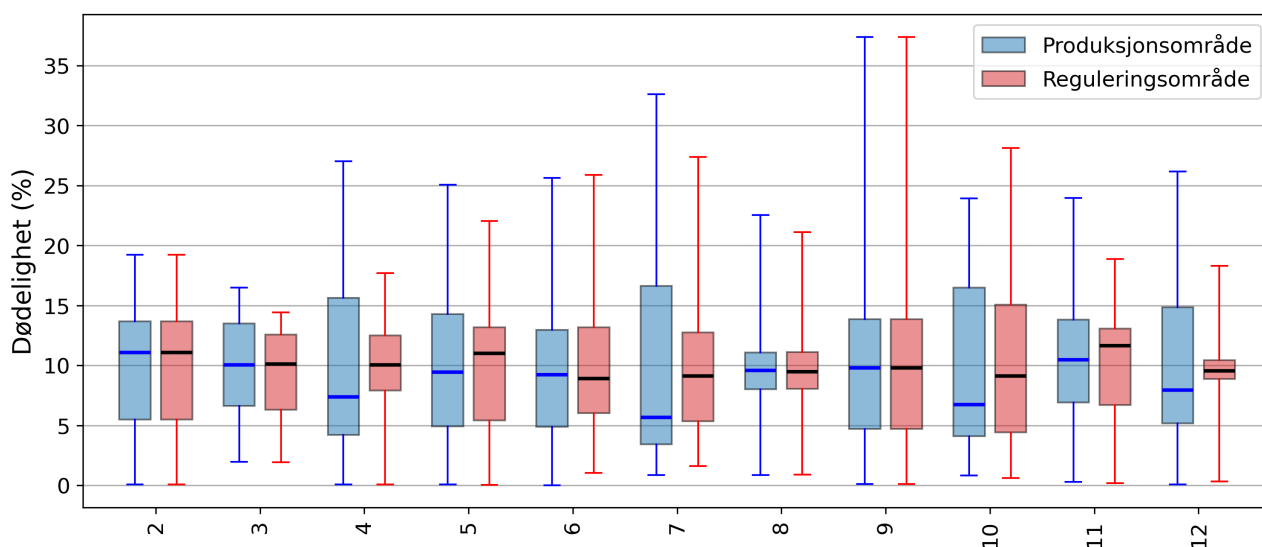
Figur 7: Variasjon i ROC-indeks ved metode M1 for reguleringsområdene 3A (øverst) og 10A (nederst) ved tilfeldig omfordeling av utslipp fra 10, 20, 30 og 40 % av anleggene. Øvelsen ble gjennomført 1000 ganger og høyden på boksene viser spredningen mellom disse. Medianverdier er markert som horisontale linjer inne i hver boks som markerer interkvartilområde (25.–75. persentil), verdiene innenfor 1,5 ganger interkvartilbredden er markert med vertikale linjer og uteliggere (maks/min-verdier) som punkter.

3.3 - Variasjon mellom elver

De beregnede antall hunnlus, oppgitt i figur 4 og 5 samt tabell 3, gir måloppnåelse i hvert produksjons- og reguleringsområde regnet som uvektet gjennomsnittlig dødelighet mellom elvene. Dødeligheten for villaks fra enkelte elver vil imidlertid avvike fra gjennomsnittet og ligge både over og under miljømålet på 10 %.

Den estimerte dødeligheten for fisk fra de ulike elvene varierer fra 0 til over 30 %, selv om gjennomsnittet er tilnærmet 10 % (figur 8). Ved å beregne antall hunnlus innenfor hvert reguleringsområde reduseres denne variasjonen de fleste områdene (dette gjenspeiles i lavere boks-høyde i figur 8).

Reduksjonen i variasjon mellom elvene var størst i produksjonsområde 4 og 7 når utslipp ble beregnet per reguleringsområde i stedet for per produksjonsområde. Produksjonsområde 2 og 9 er lik reguleringsområdene, så her er det ingen endring. Da to av reguleringsområdene i produksjonsområde 12 ikke er vurdert er variasjonen mellom elvene ikke sammenlignbare i dette området. Å beregne antall hunnlus på reguleringsområdenivå fremfor produksjonsområdenivå reduserer altså variasjonen i smittepresset på fisk fra ulike elver. Dødeligheten for fisk fra elvene med høyest estimert dødelighet reduseres i de fleste tilfeller, men den øker samtidig for elvene med lavest dødelighet når vurderingen blir gjort på reguleringsområdenivå fremfor produksjonsområdenivå.



Figur 8: Variasjon i lakselusindusert dødelighet for postsmolt fra hver enkelt elv innenfor ulike områder, med et antall hunnlus som gir estimert 10 % dødelighet på produksjonsområdenivå (blå) og reguleringsområdenivå (rød) med VPS-modellen metode 1. Gjennomsnittet for alle boksene er 10 %, mens medianen er vist med blå og svarte linjer. Boksene viser interkvartilområdet (25.–75. persentil), og de lodrette røde og blå linjene viser minimum og maksimum dødelighet for elvene i et område. Data fra alle år i perioden 2022–2025 er inkludert, mens produksjonsområde 1 og 13 ikke er vist. Merk at da to av reguleringsområdene i produksjonsområde 12 ikke er vurdert, har den røde boksen for produksjonsområde 12 mindre datagrunnlag enn den blå.

4 - Diskusjon

Beregningene av antall hunnlus som vil gi et akseptabelt utslipp av lakselus som oppnår et miljømål på under 10 % dødelighet av villaks er gjennomført produksjons- og reguleringsområder. Beregningene er gjort med utgangspunkt i historisk lokalitetsstruktur og fordeling av oppdrettsfisk og lakselus-utslipp i perioden 2022–2025. Antallet må forstås som en maksgrense som oppdrettslokalitetene til sammen må holde seg under. Dette er et mål på hva områdene kan tåle med dagens lokalitetsstruktur, men innebærer også klare begrensninger for videre bruk av resultatene. Et viktig poeng er at den samme totale mengden hunnlus i et område kan gi ulik påvirkning på villaks, avhengig av hvor i området utslippet skjer.

For det første er det sannsynlig at det i noen områder ville vært mulig å ha et høyere utslipp av lakseluslarver enn det som er beregnet her, dersom en større andel av utslippet kommer fra lokaliteter som i liten grad bidrar til lusepåslag på villaks (dvs. lokaliteter med lav overlapp med de antatte utvandningsrutene). Beregninger der totalt antall hunnlus i området ble holdt konstant, mens fordelingen av disse lusene mellom lokaliteter ble endret, viser at miljøpåvirkningen er følsom for hvilke anlegg utslippet kommer fra. Dette innebærer at det beregnede antallet av hunnlus per område kan tolkes som et konservativt estimat under dagens lokalitetsbruk, snarere enn en absolutt øvre grense for alle mulige fremtidige lokalitetsstrukturer.

For det andre følger det av de samme resultatene at det ikke er gitt at et utslipp lik det beregnede antallet hunnlus vil gi 10 % dødelighet dersom utslippet i større grad konsentreres på lokaliteter som har stor påvirkning på villaks (høy overlapp med de antatte vandringsrutene). I slike tilfeller kan dødeligheten på utvandrende postsmolt bli høyere enn det beregningene her tilsier, selv om det totale antallet hunnlus i området ikke overskrider det som i snitt skulle gi tilnærmet 10 % dødelighet på villaks. Dette understreker at antall hunnlus i et område ikke alene er optimalt som styringsparameter; plasseringen av utslippet innen området er avgjørende for utfallet.

Videre er det viktig å presisere at en vurdering av nødvendig reduksjon i områder som i dag har høy risiko for dødelighet av villaks ikke er direkte sammenlignbar med en eventuell økning i områder som i dag har lav risiko. Dette er på grunn av antallet lokaliteter som ligger til grunn for analysen. I denne analysen er det tatt utgangspunkt i historisk produksjon, med et gitt sett av lokaliteter og en viss geografisk fordeling av oppdrettsfisk. Det er derfor ikke vurdert scenarier der en økning i utslipp fordeles på flere og også eventuelle nye lokaliteter. For områder med få lokaliteter vil vurderinger av fremtidige økninger i produksjon eller flytting/etablering av lokaliteter kreve egne simuleringer med relevante, fremtidige lokalitetsalternativer. Dette ligger utenfor rammene av denne bestillingen.

Resultatene peker også på et betydelig potensial for mer målrettet og strategisk innsats for å redusere utslipp av lakseluslarver fra enkeltlokaliteter. Strategiske tiltak rettet mot lokaliteten med størst påvirkning på villaks – for eksempel strengere lokale lusegrenser, økt bruk av forebyggende tiltak eller tidsmessig tilpasning av produksjon – vil kunne gi større reduksjon i risiko for villaks enn like stor innsats fordelt likt på alle lokaliteter i området (Skår mfl., 2025). En slik differensiert innsats kan både øke sannsynligheten for å nå miljømålet og redusere det samlede omfanget av tiltak som kreves.

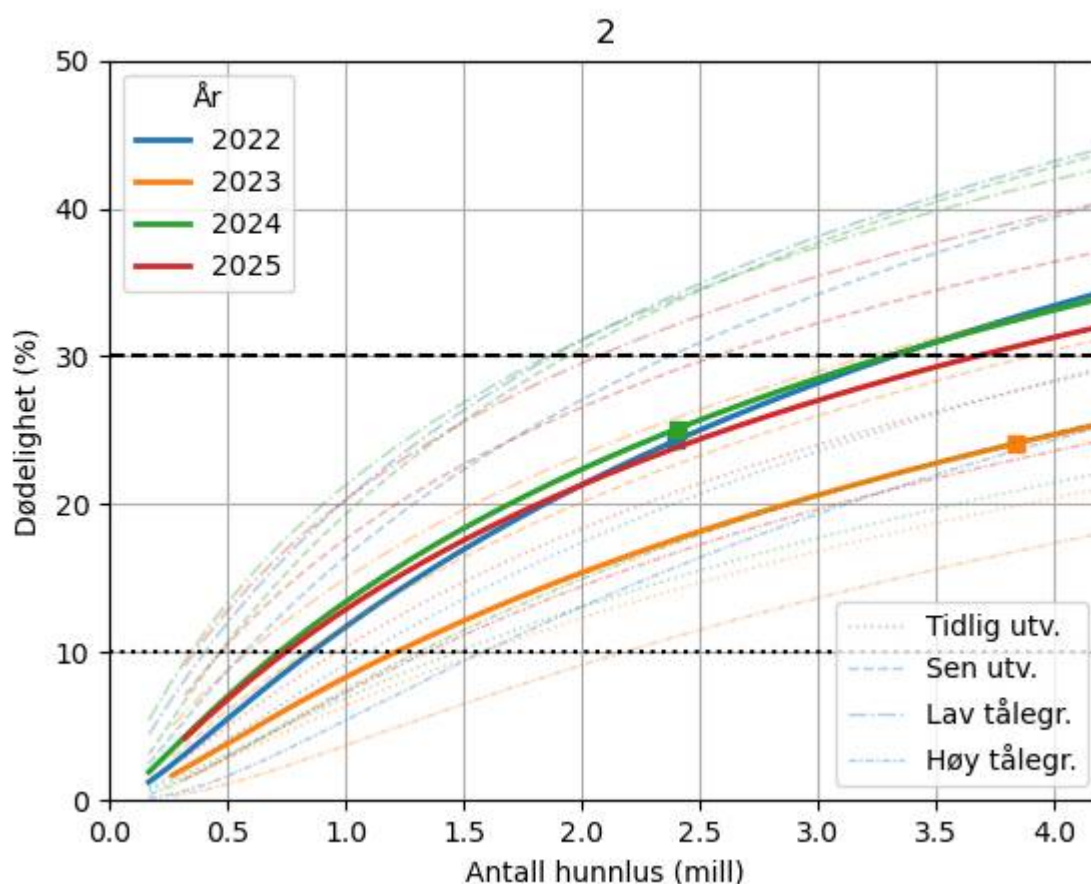
Samlet innebærer dette at de beregnede tålegrensene for antall hunnlus må tolkes som rammer per område under gitte forutsetninger, ikke som statiske og kontekstuavhengige tall. For effektiv måloppnåelse vil det være fordelaktig å kombinere disse rammene med kunnskap om hvilke lokaliteter som bidrar mest med lus til områder som overlapper med villaksens vandringsruter, og hvilke lokaliteter som ligger slik til at mesteparten av utslippene transporteres til havs. Målrettede tiltak ut ifra slik kunnskap har størst potensial for å redusere

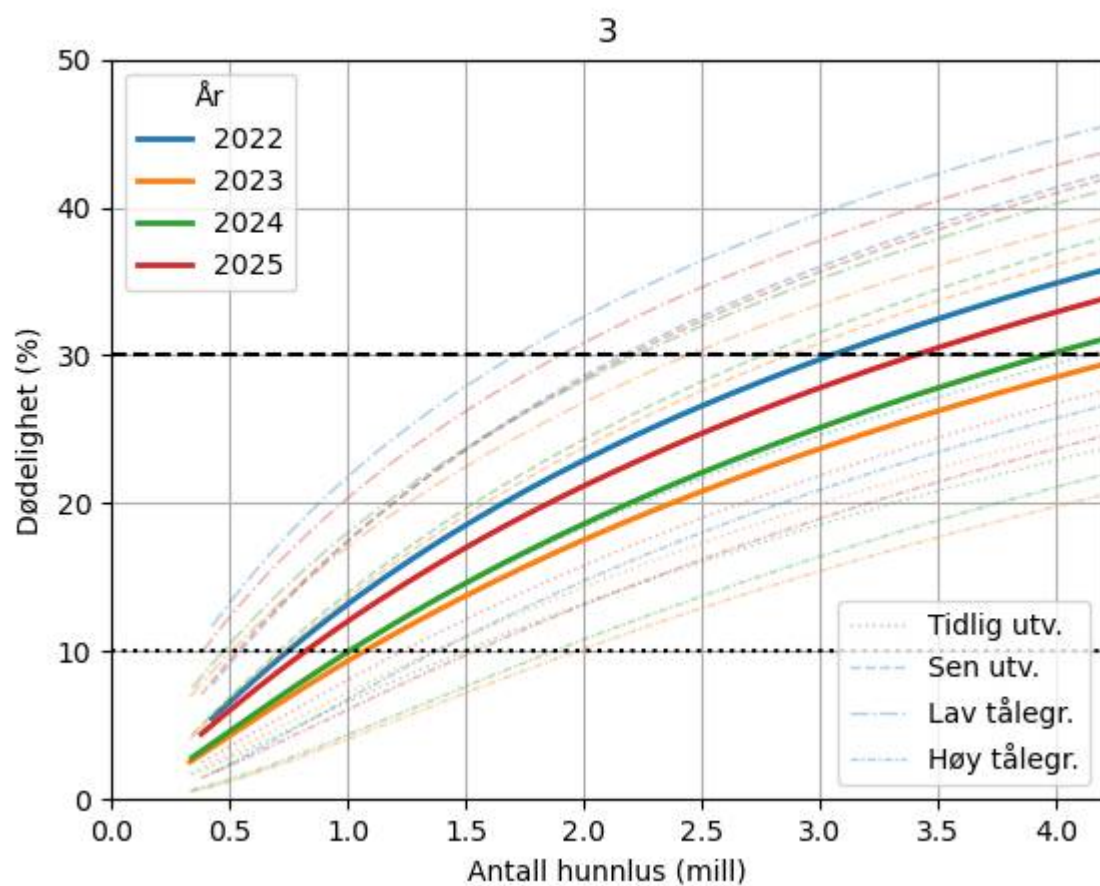
lusepresset på villaks.

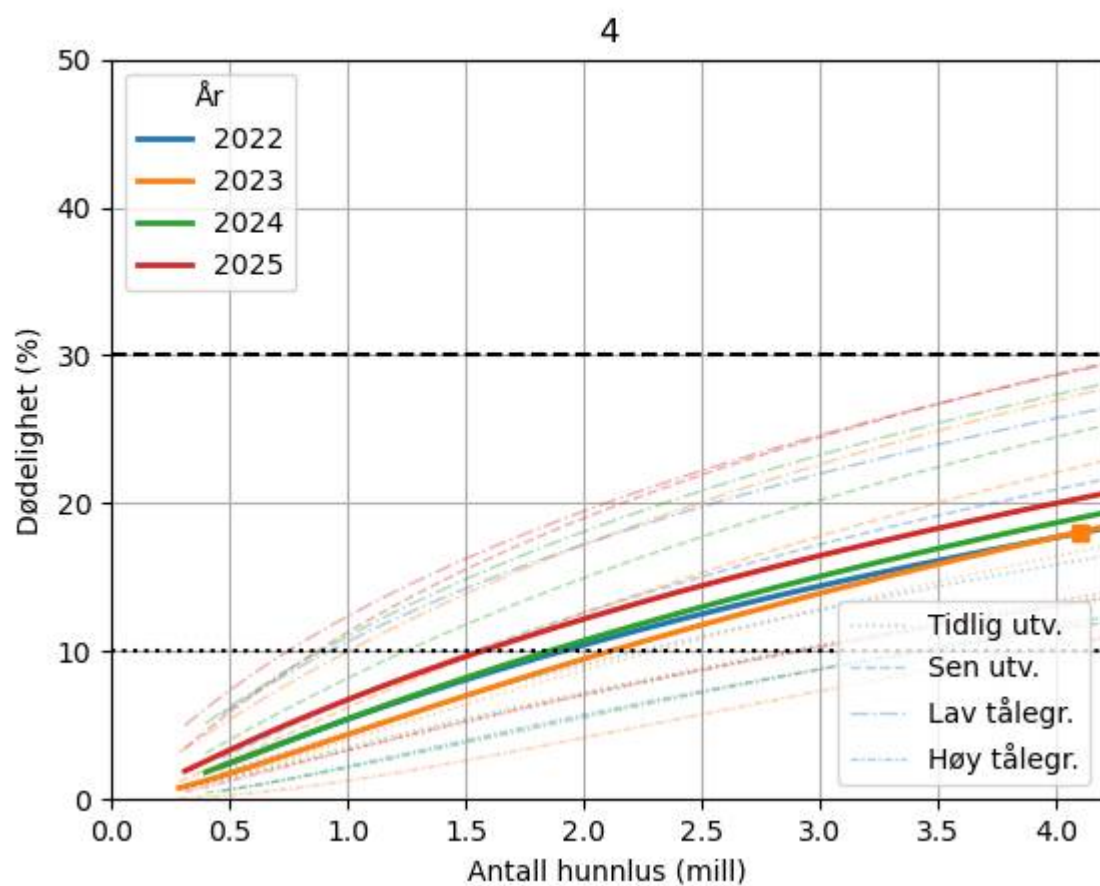
5 - Figurer

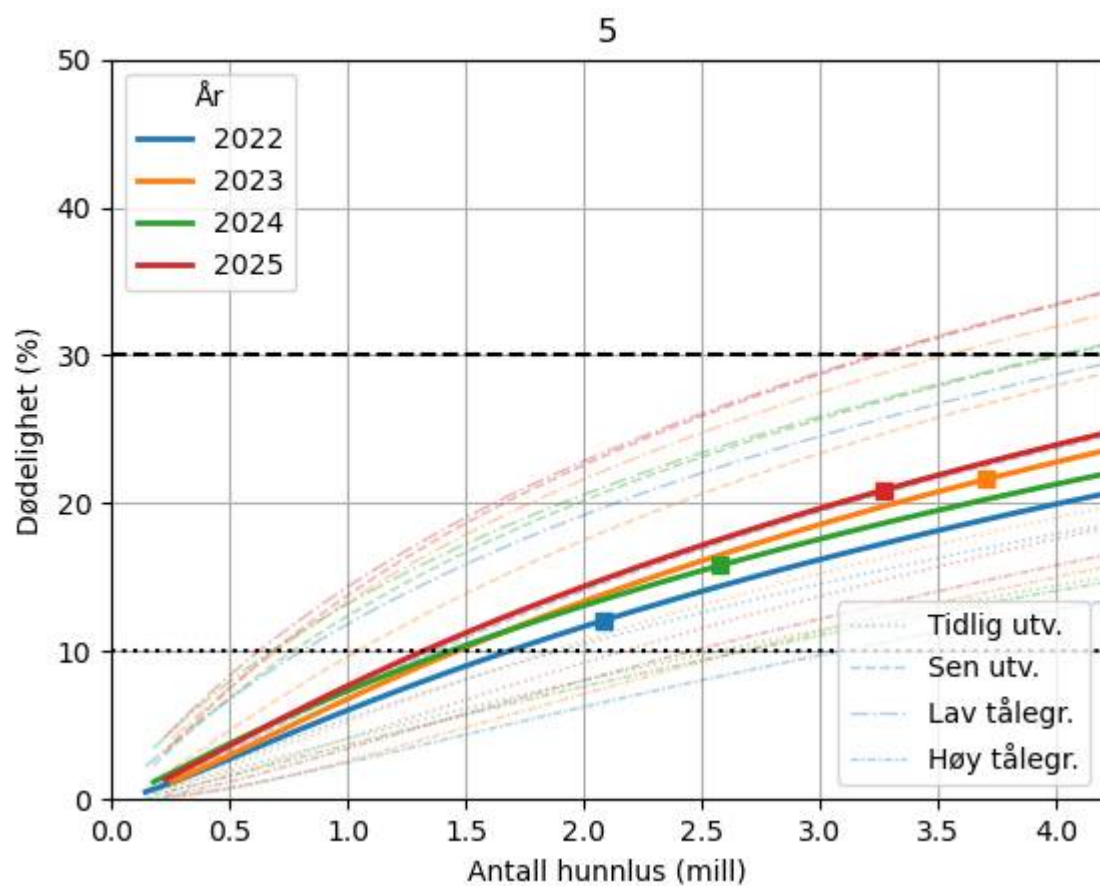
5.1 - Produksjonsområder

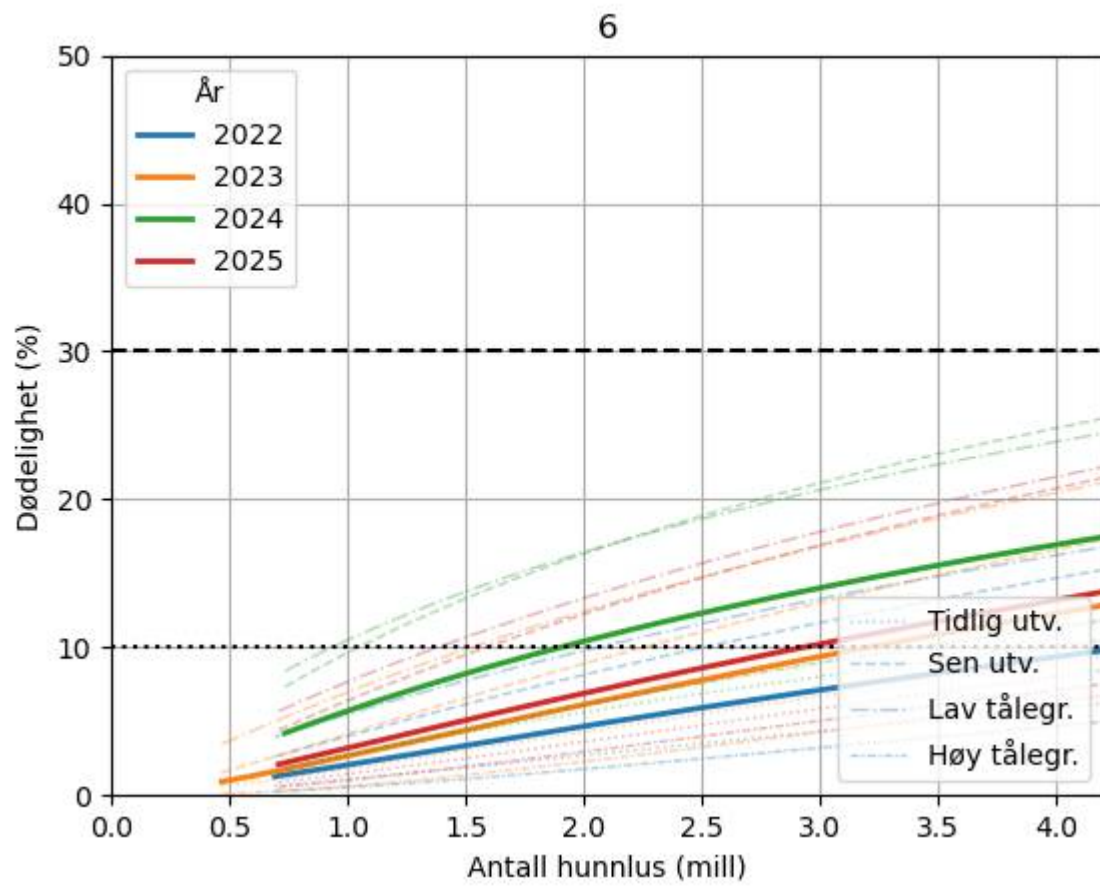
Figurene viser gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet for elvene i de ulike produksjonsområdene basert på metode 1 ved ulike skaleringer av historisk produksjon av fisk, og dermed utslipp av lus, med VPS-modellen. Modellen er også kjørt for utvandring 10 dager tidligere (tidlig utvandring) og 10 dager senere (sen utvandring) enn det mest sannsynlige utvandringstidsrommet, og med lav og høy tålegrense basert på verdier i Tabell 2 i Jensen mfl. (2025). Ulike år er vist med ulike farger, og boksene viser historiske antall hunnlus i reguleringsområdet under utvandningsperioden og korresponderende dødelighet beregnet med VPS-modellen.

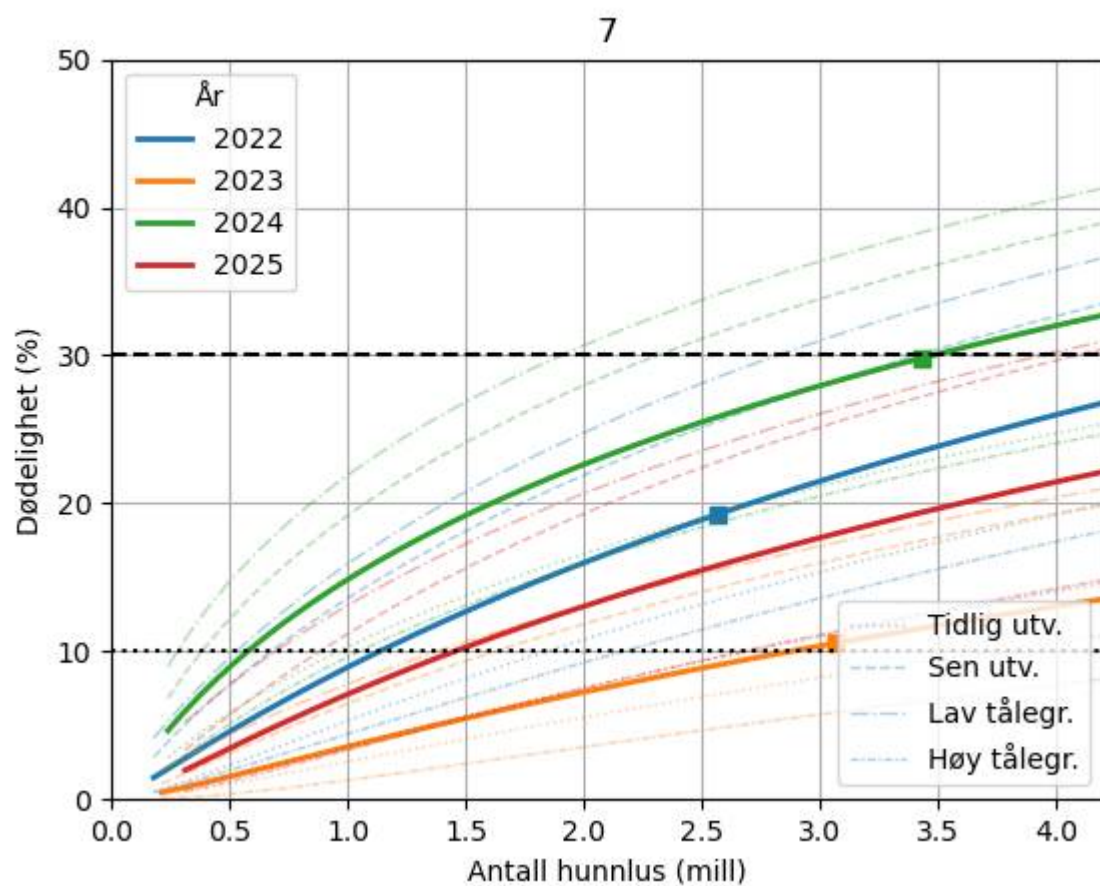


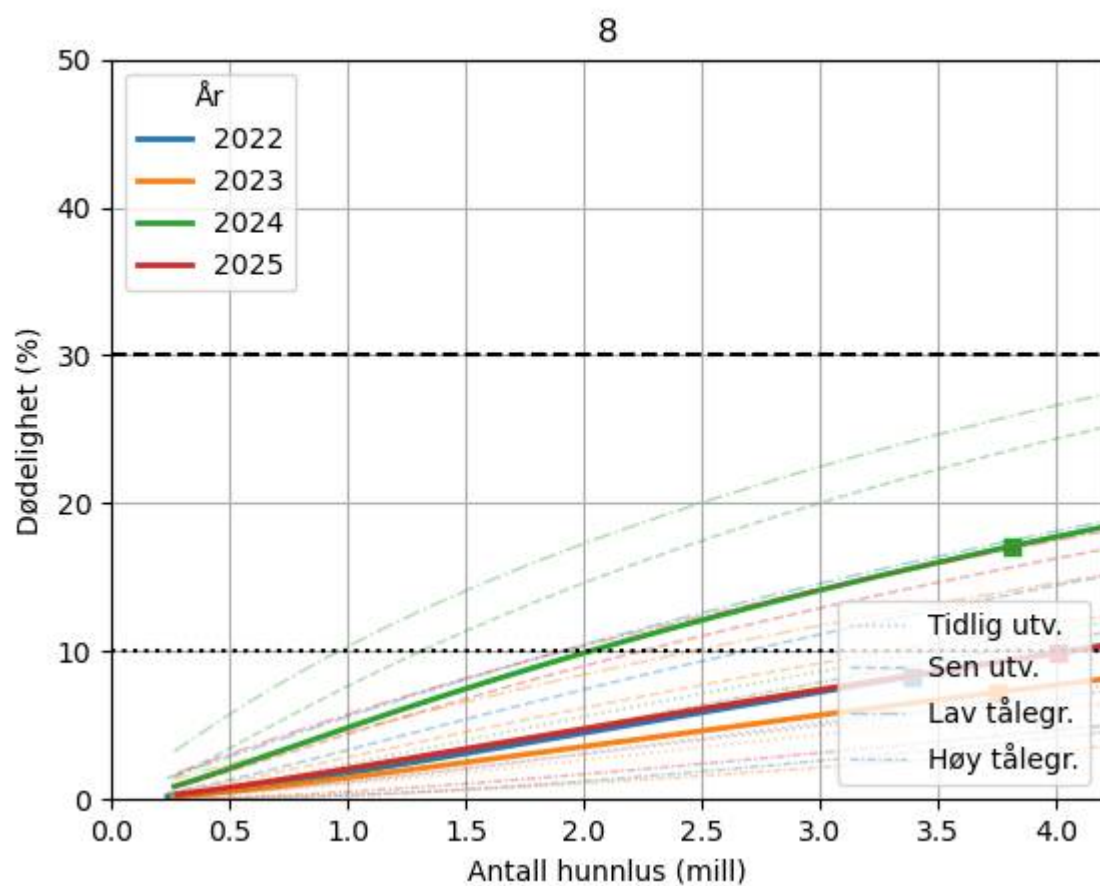


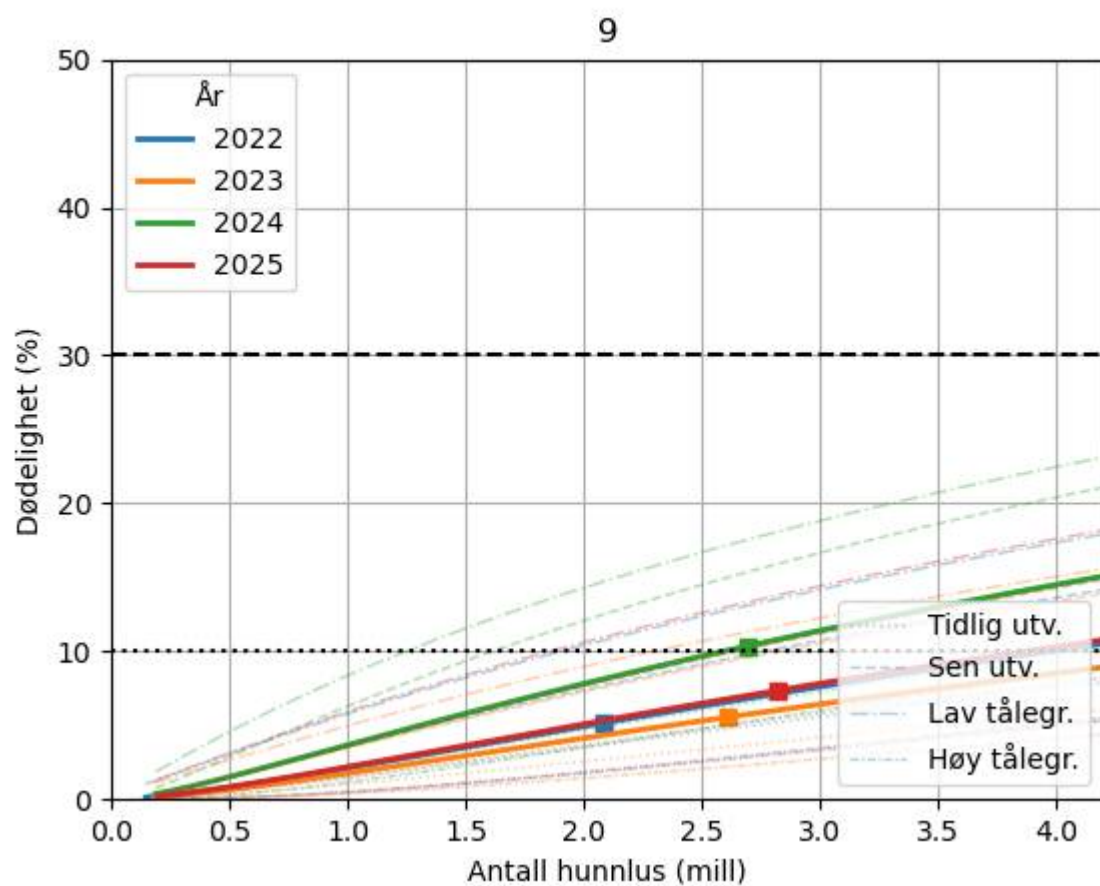


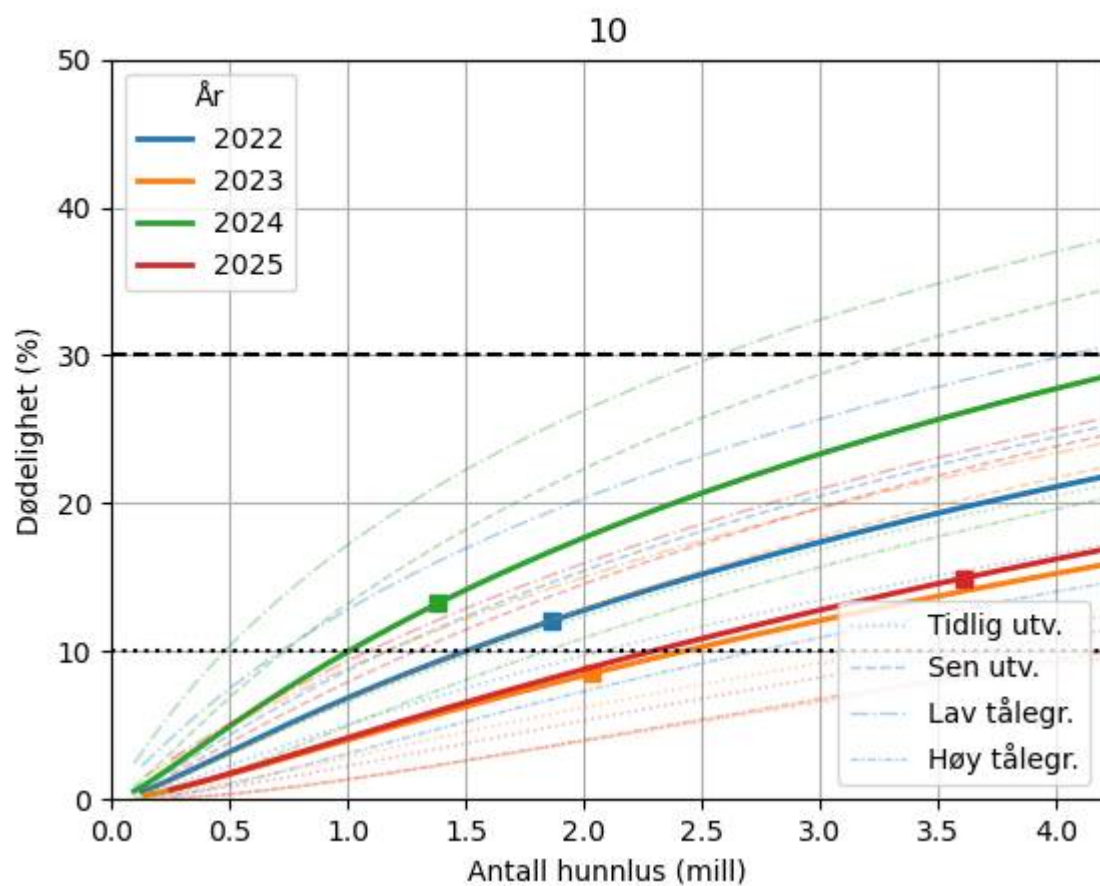


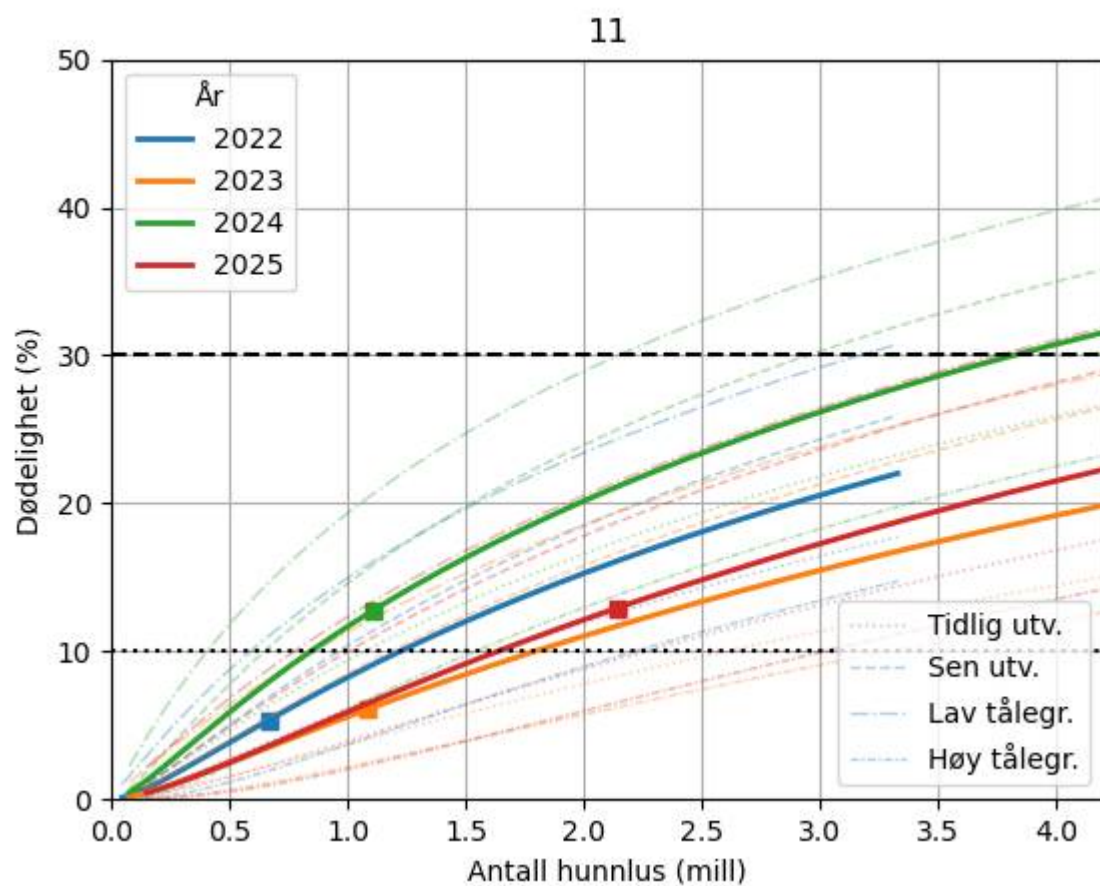


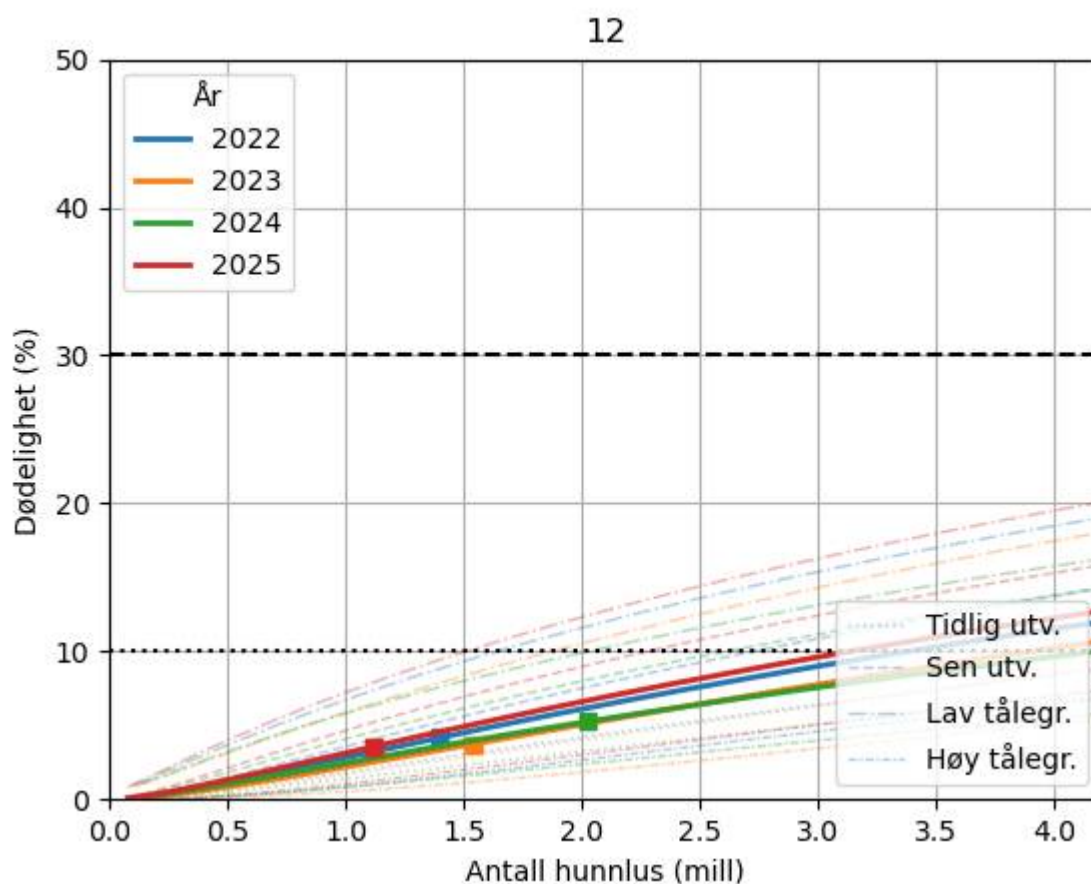






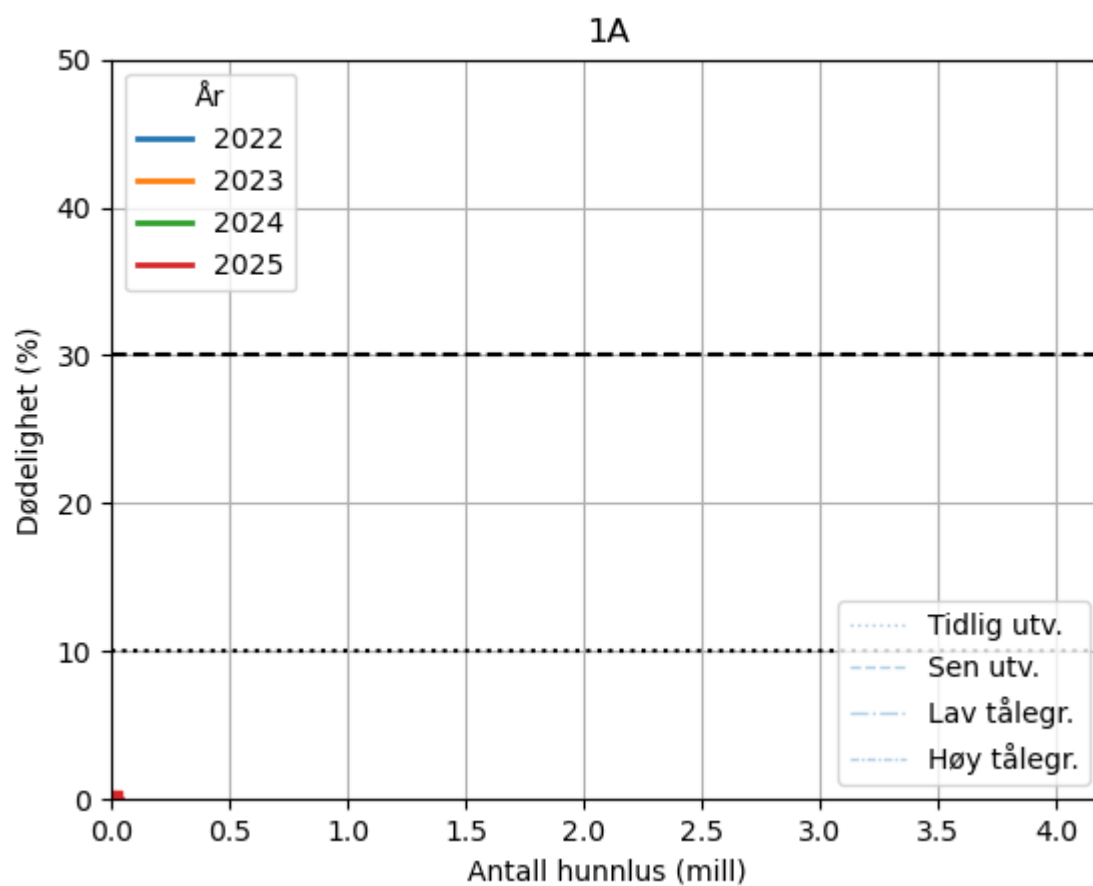


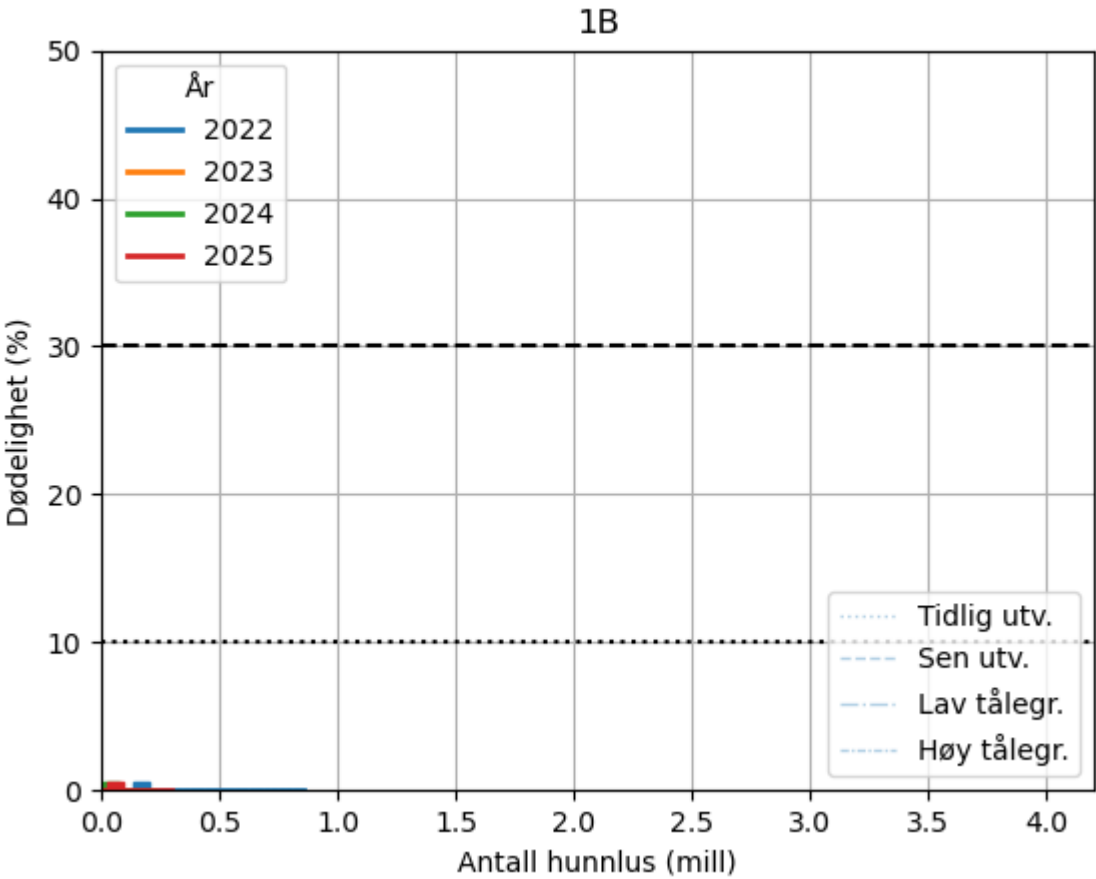


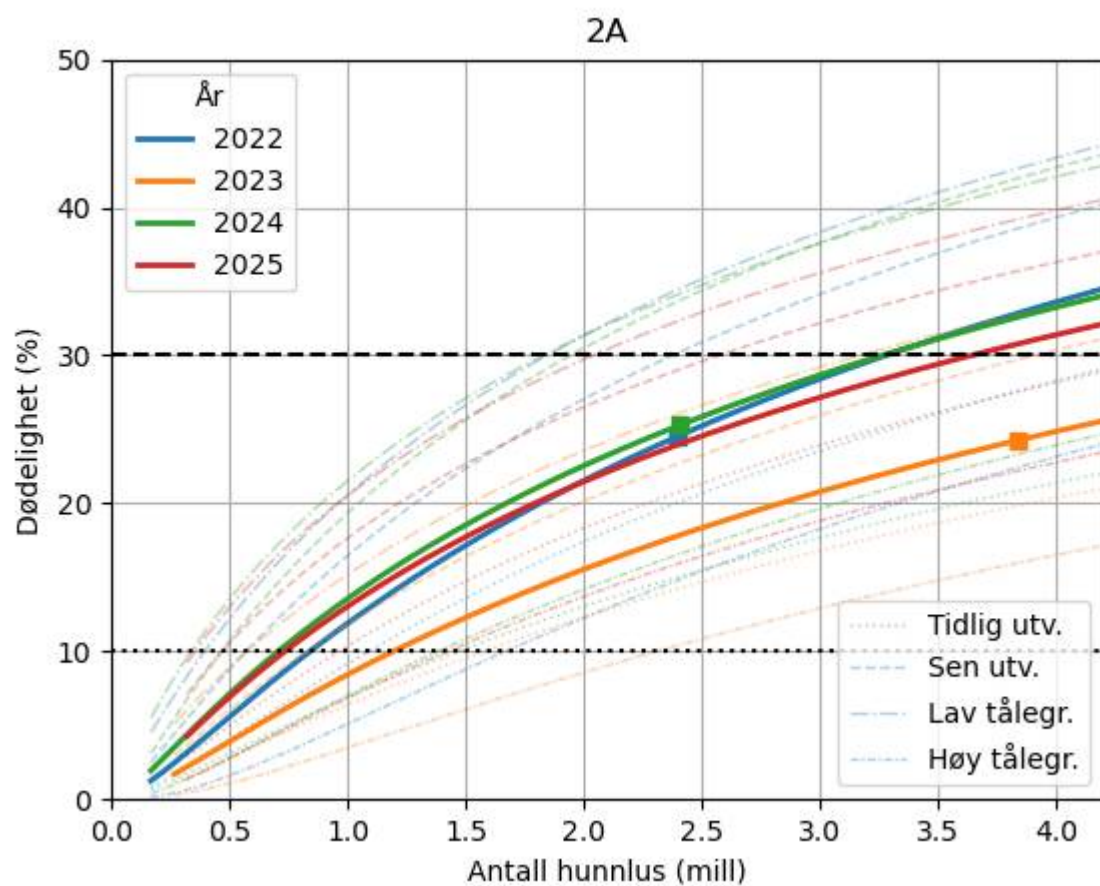


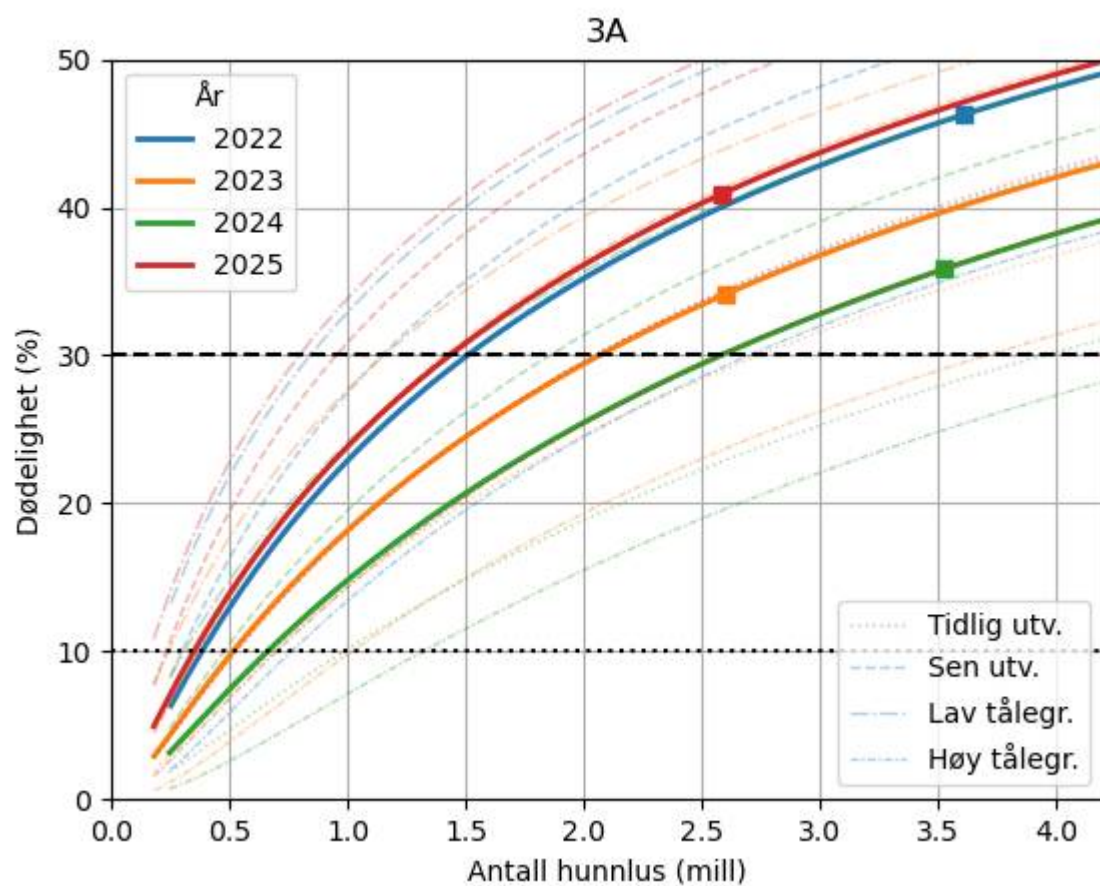
5.2 - Reguleringsområder

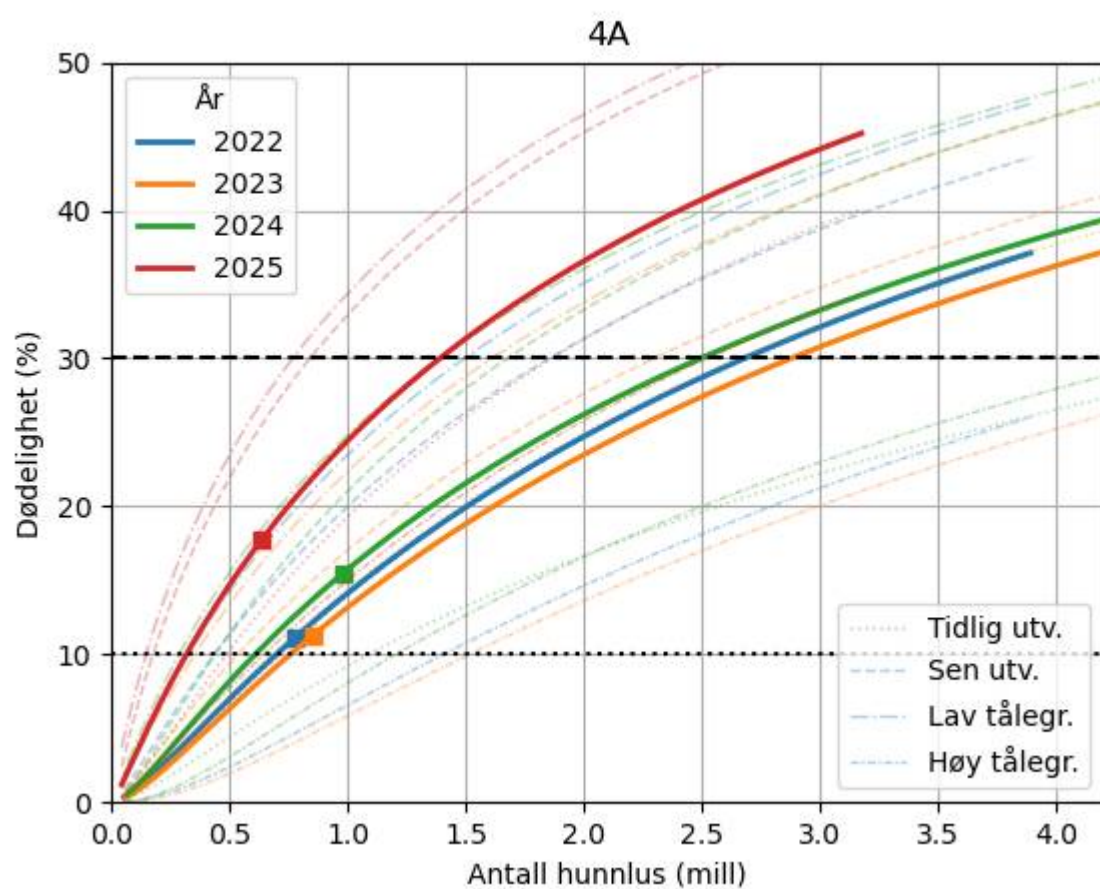
Figurene viser gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet for elvene i de ulike reguleringsområdene basert på metode 1 ved ulike skaleringer av historisk produksjon av fisk, og dermed utslipp av lus, med VPS-modellen. Modellen er også kjørt for utvandring 10 dager tidligere (tidlig utvandring) og 10 dager senere (sen utvandring) enn det mest sannsynlige utvandringstidsrommet, og med lav og høy tålegrense basert på verdier i Tabell 2 i Jensen mfl. (2025). Ulike år er vist med ulike farger, og boksene viser historiske antall hunnlus i reguleringsområdet under utvandringsperioden og korresponderende dødelighet beregnet med VPS-modellen.

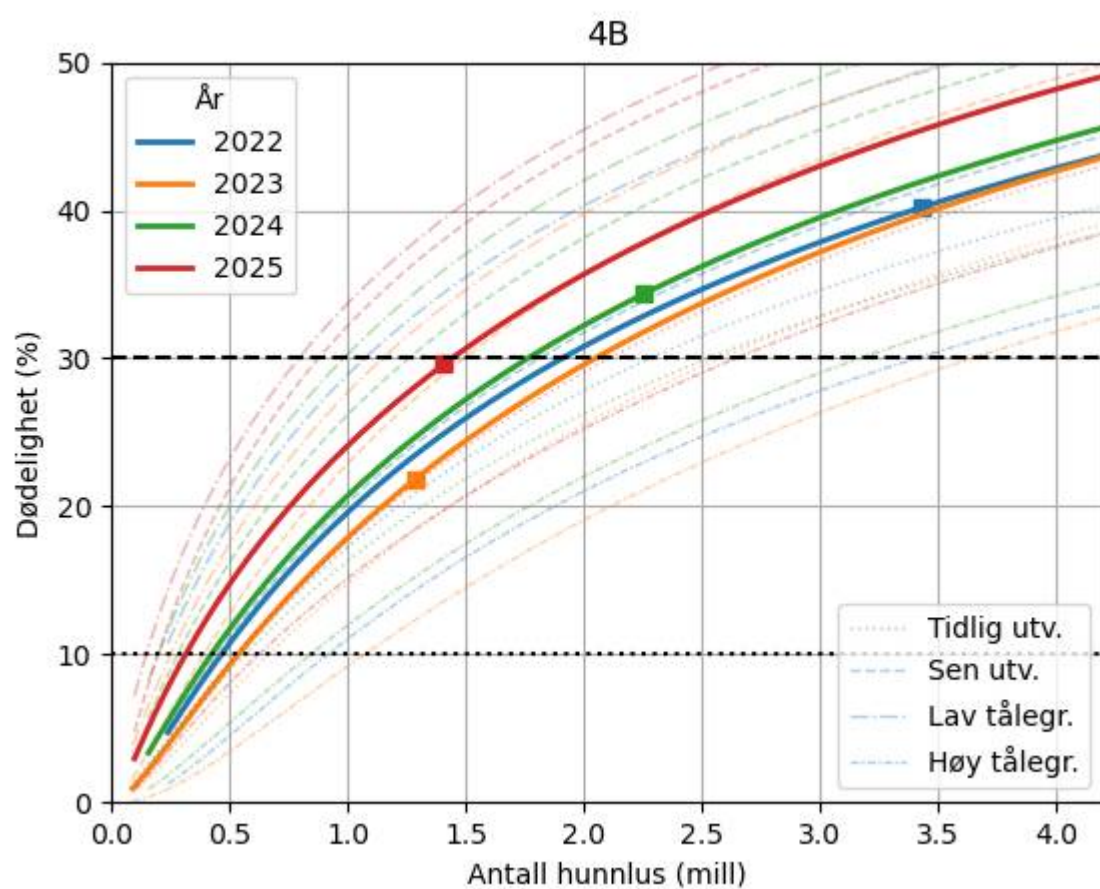


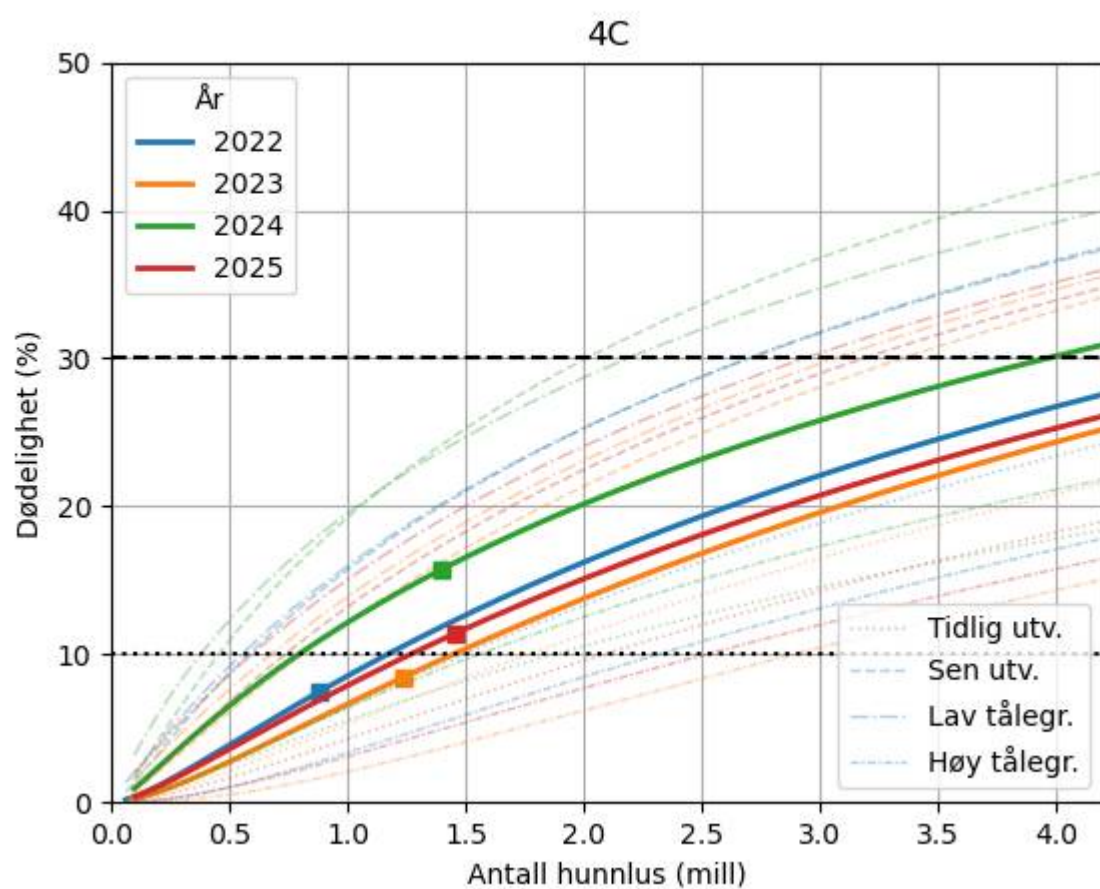


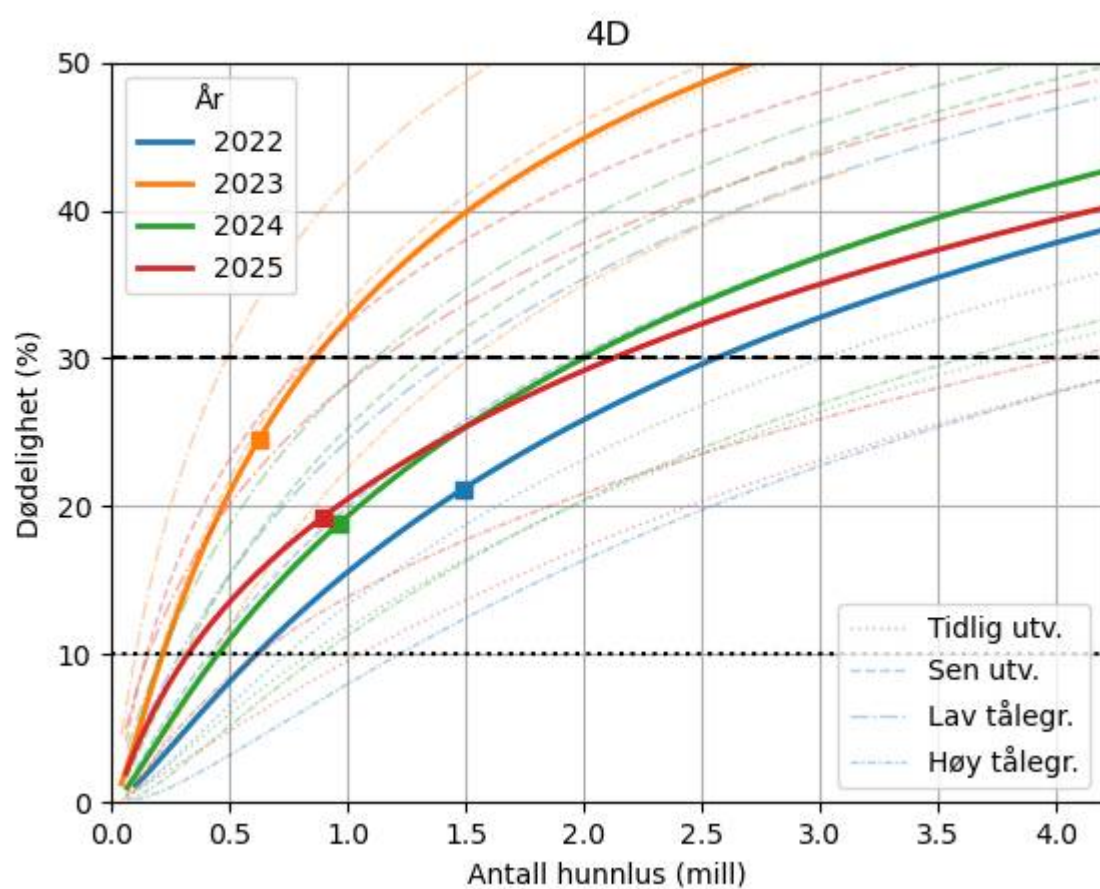


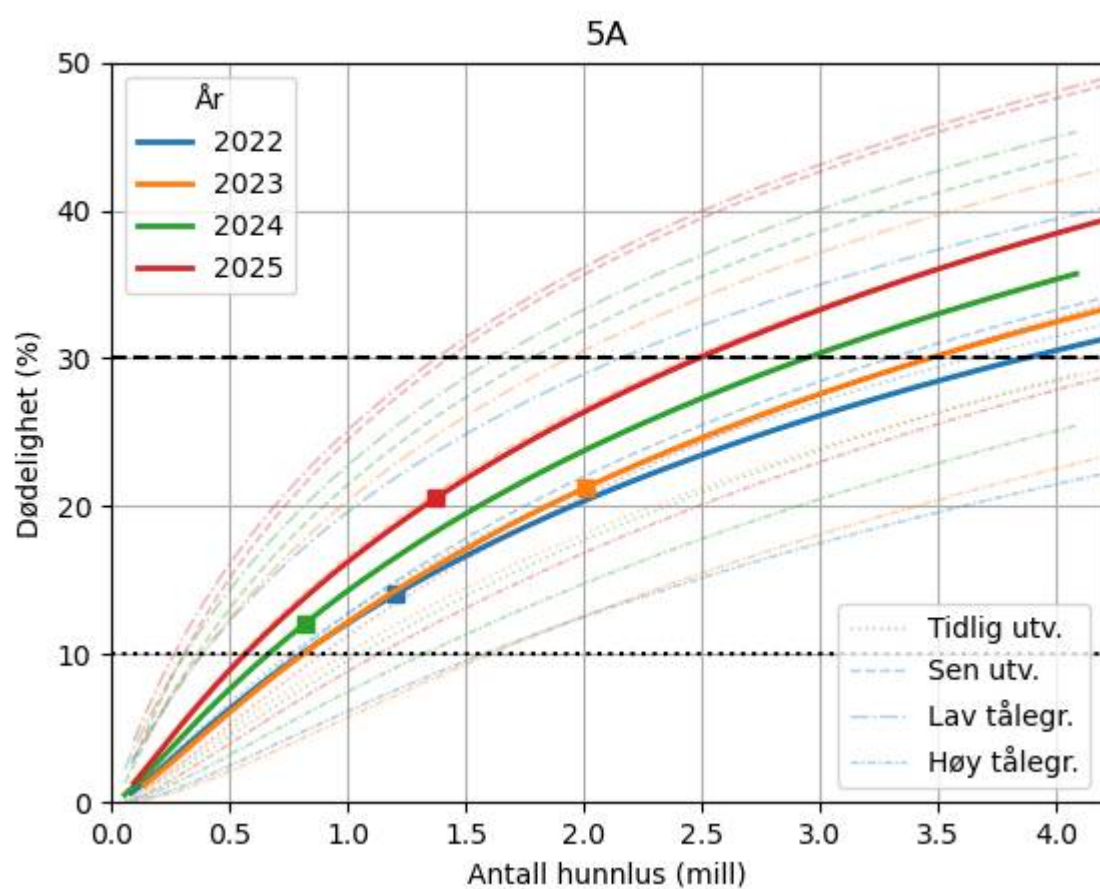


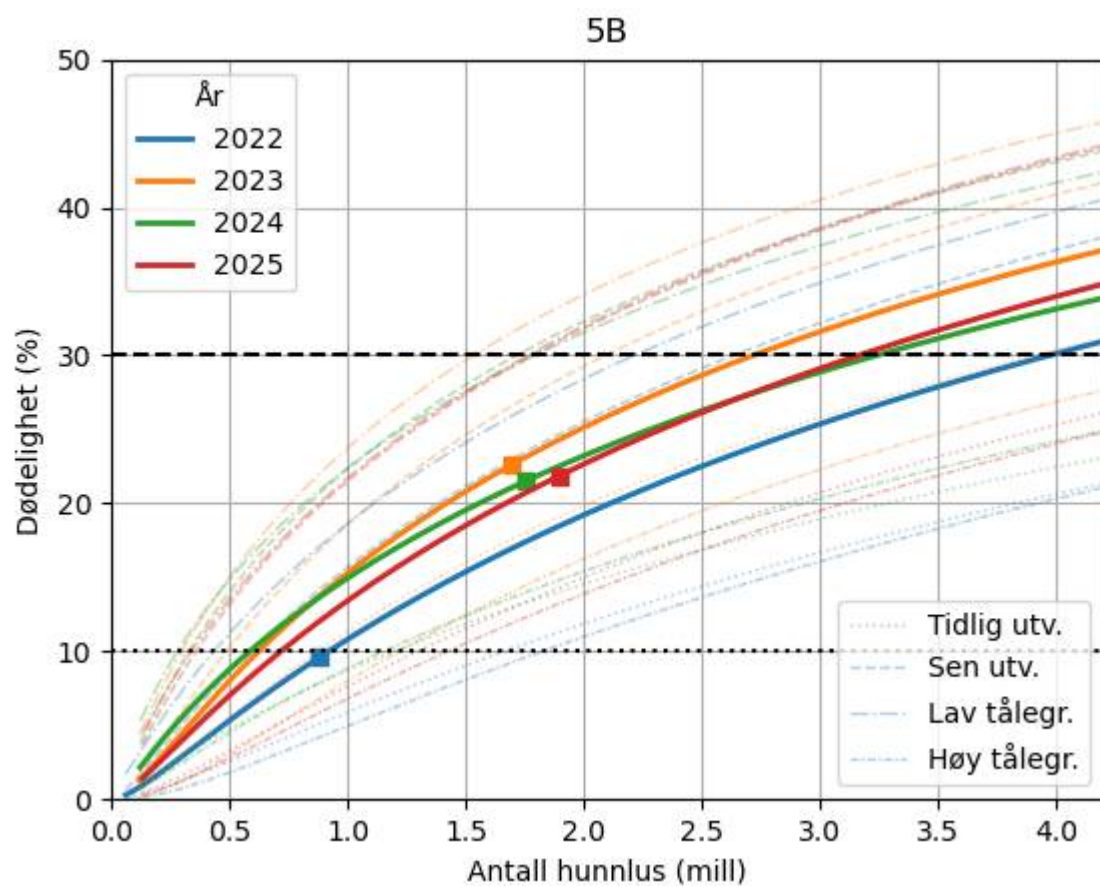


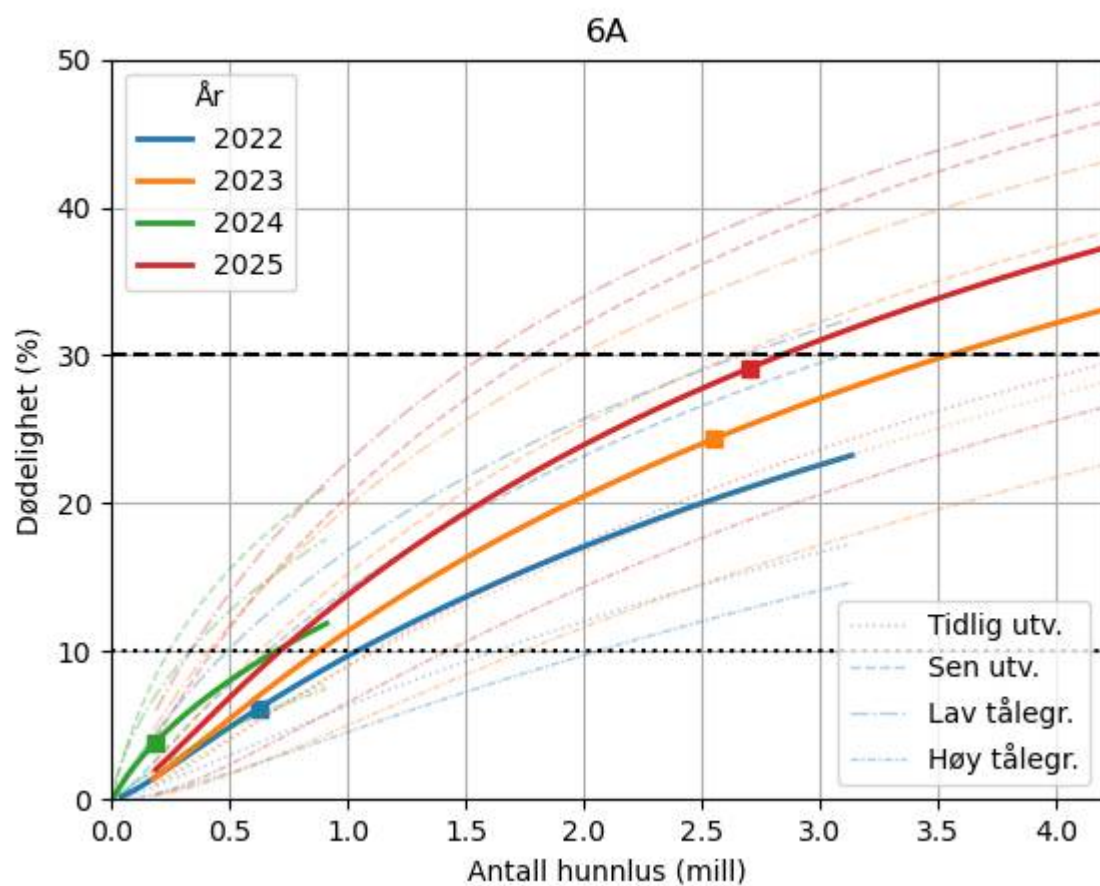


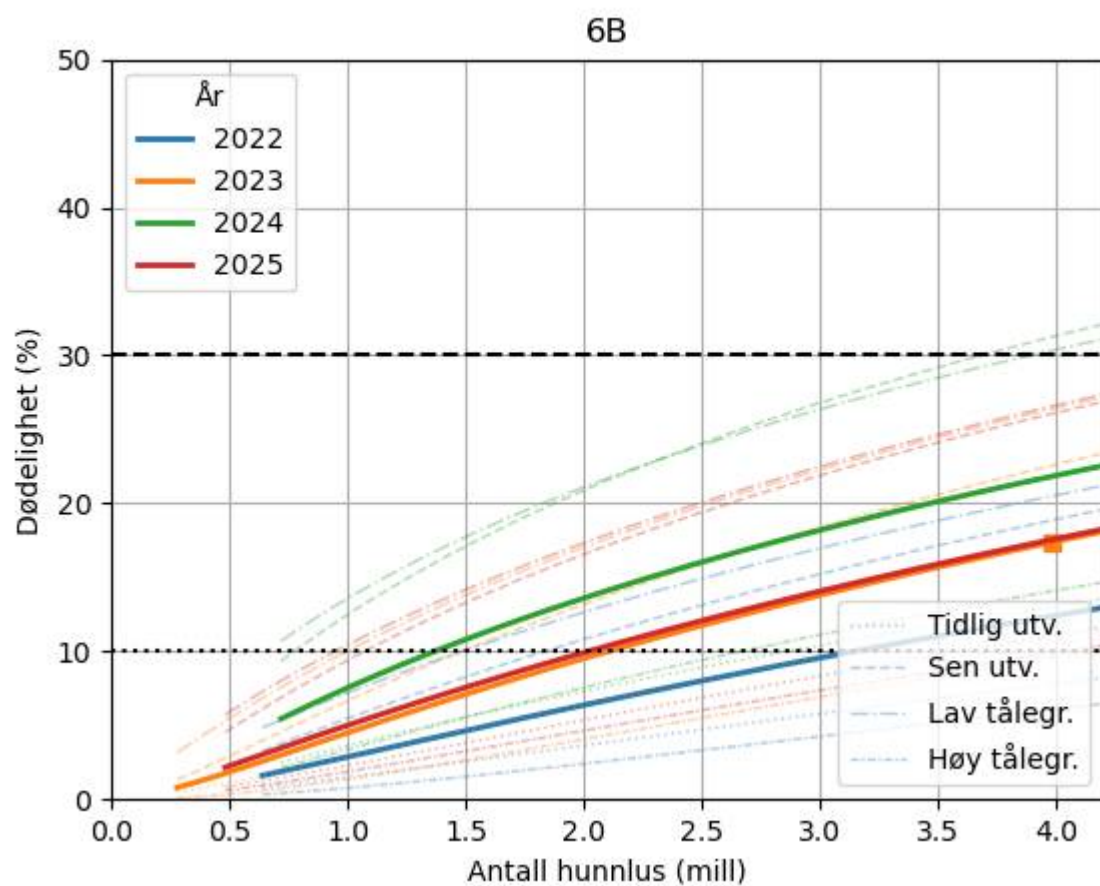


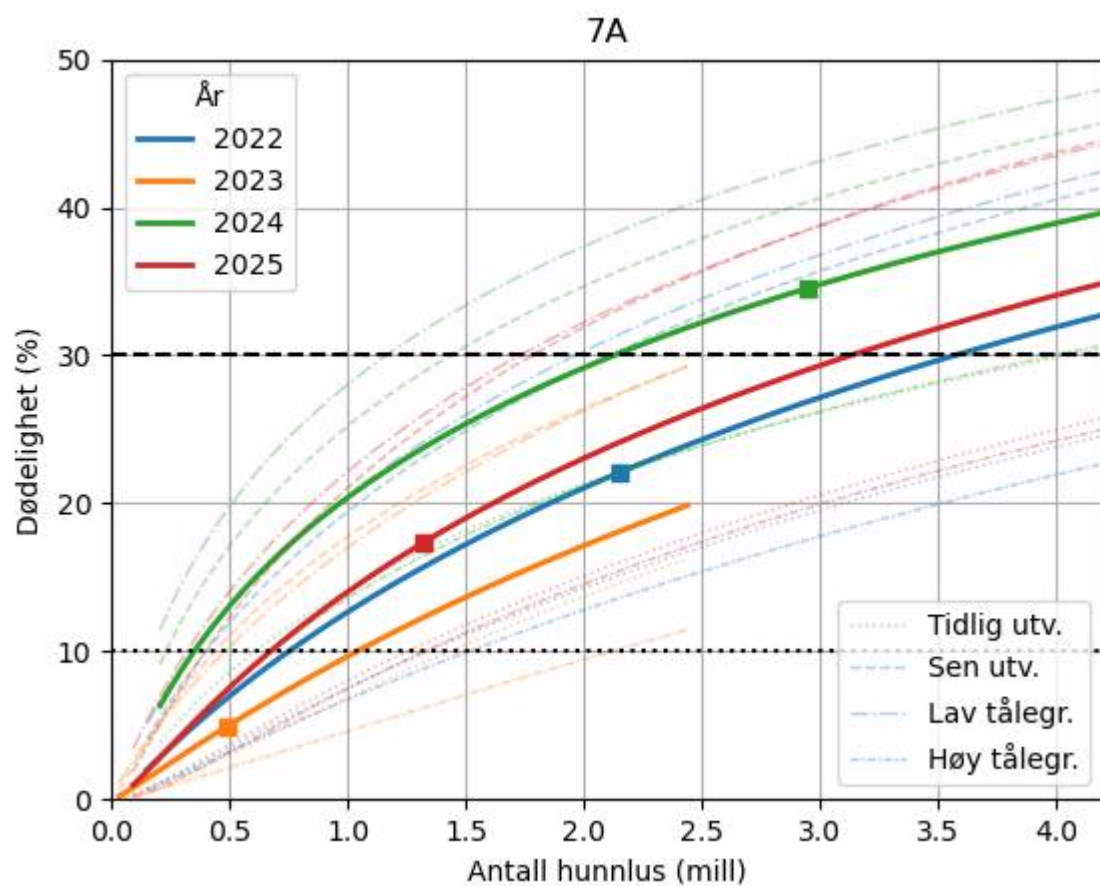


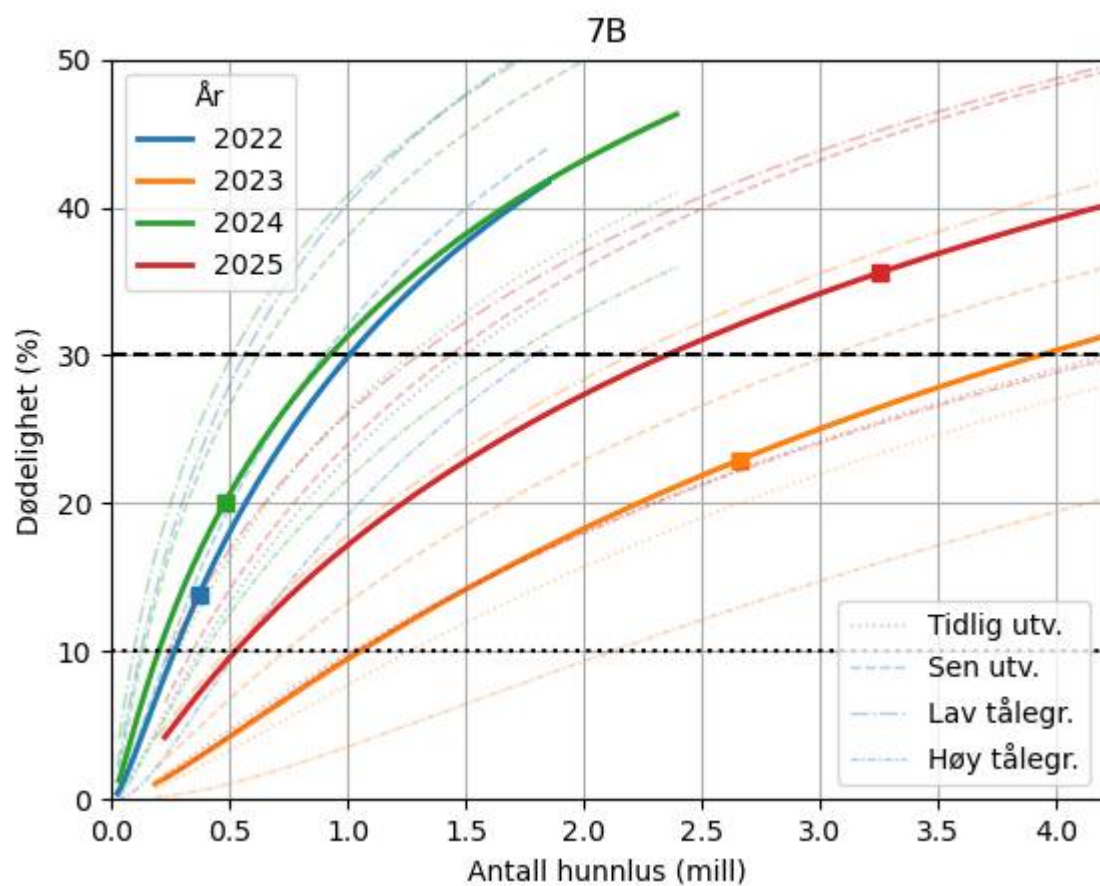


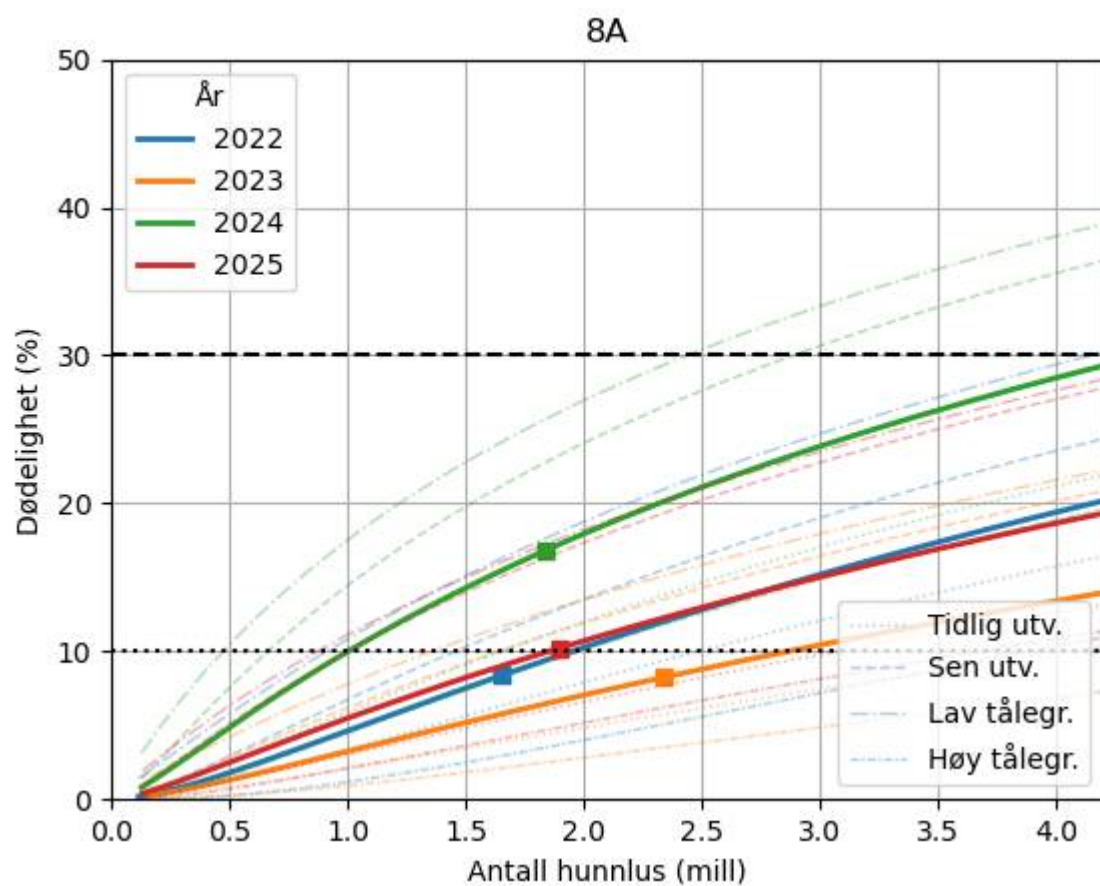


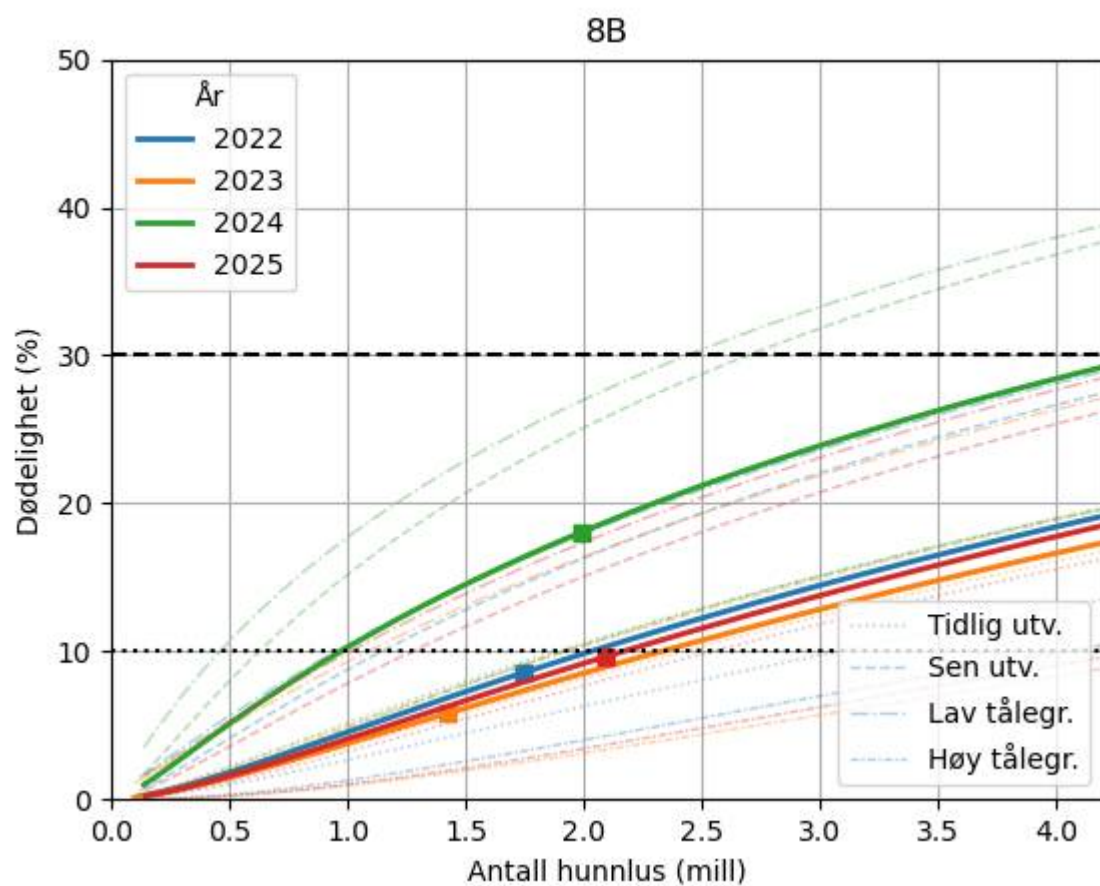


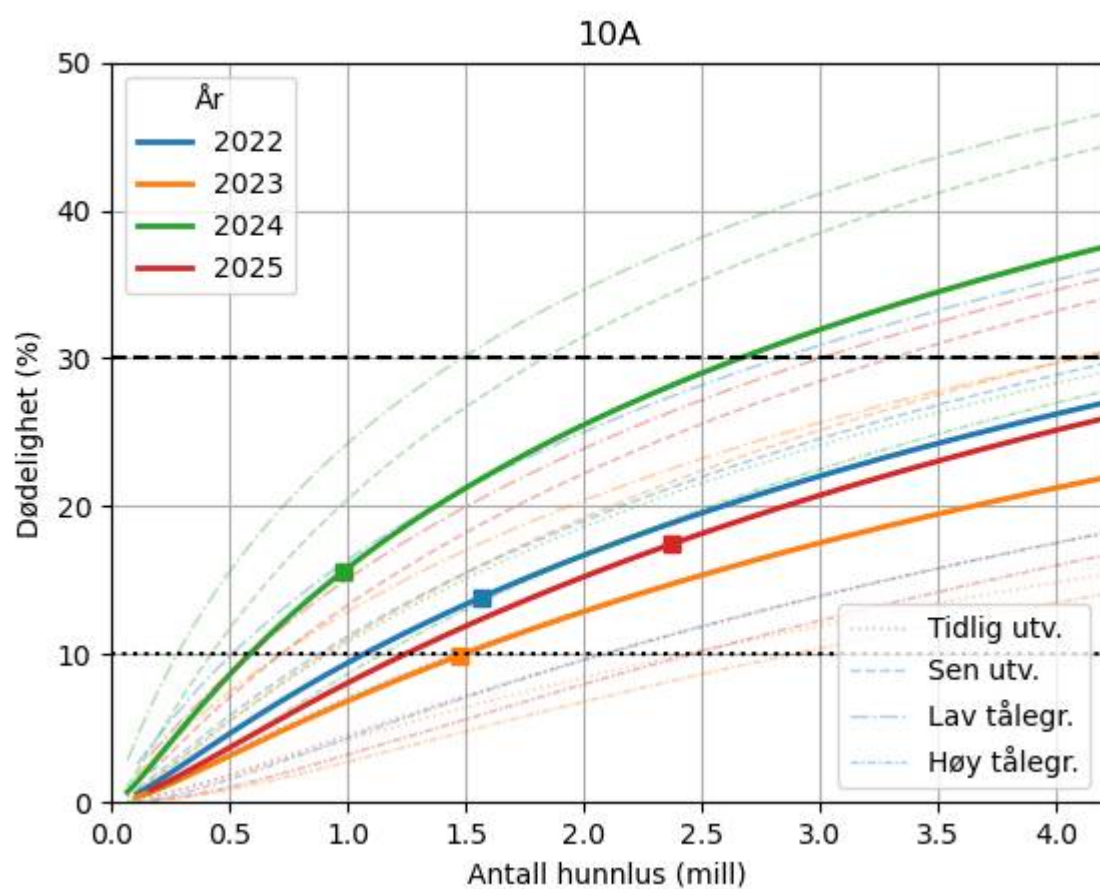


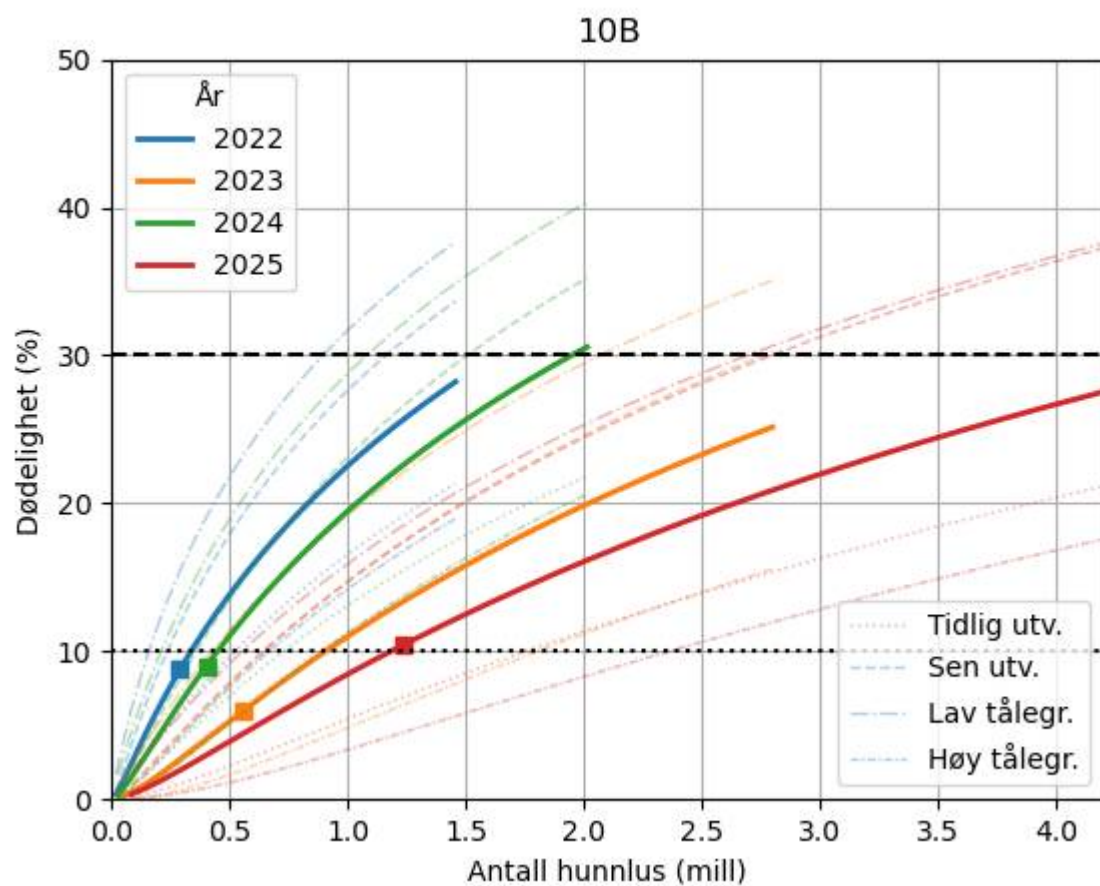


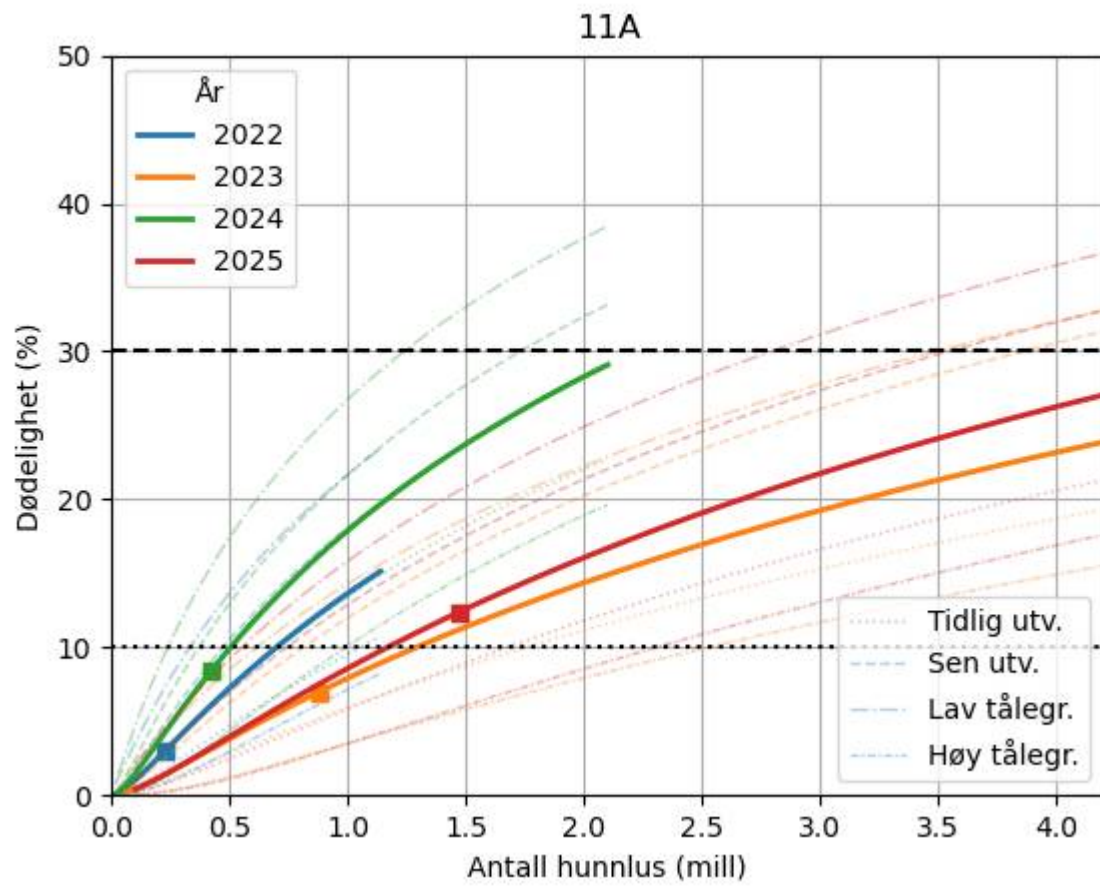


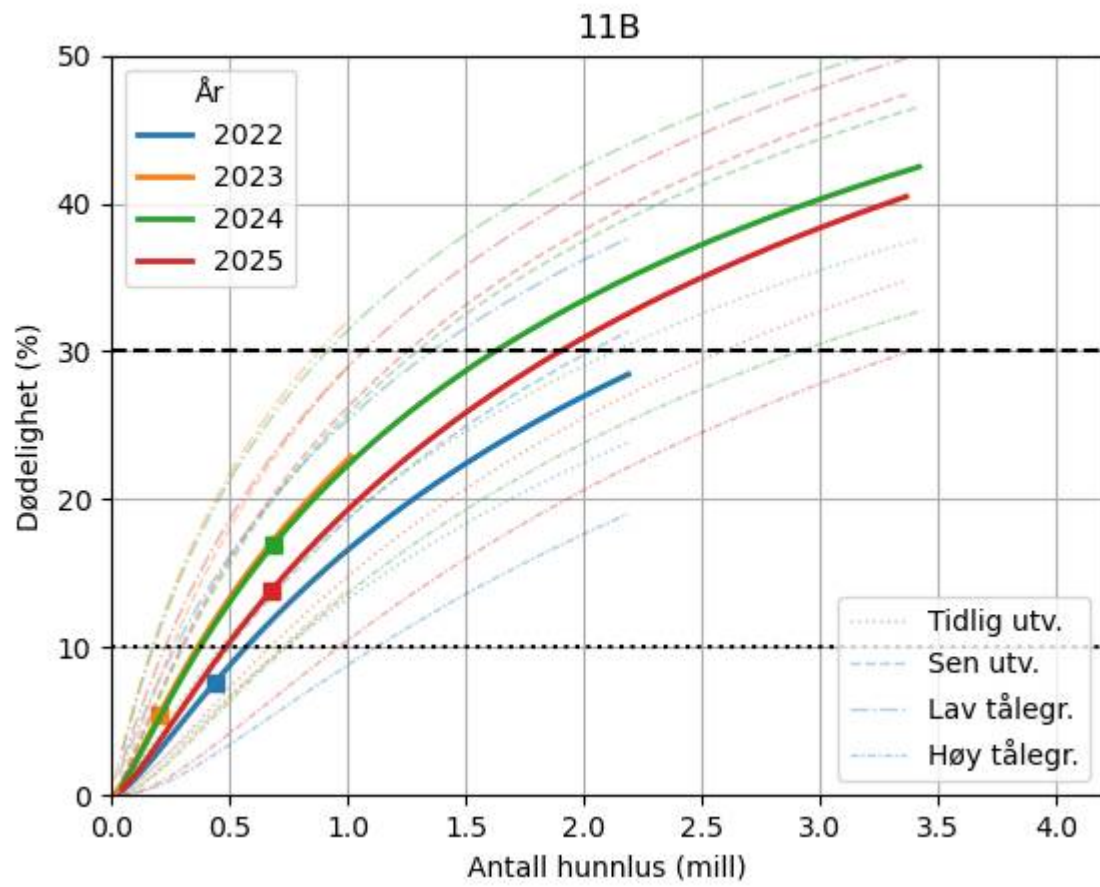


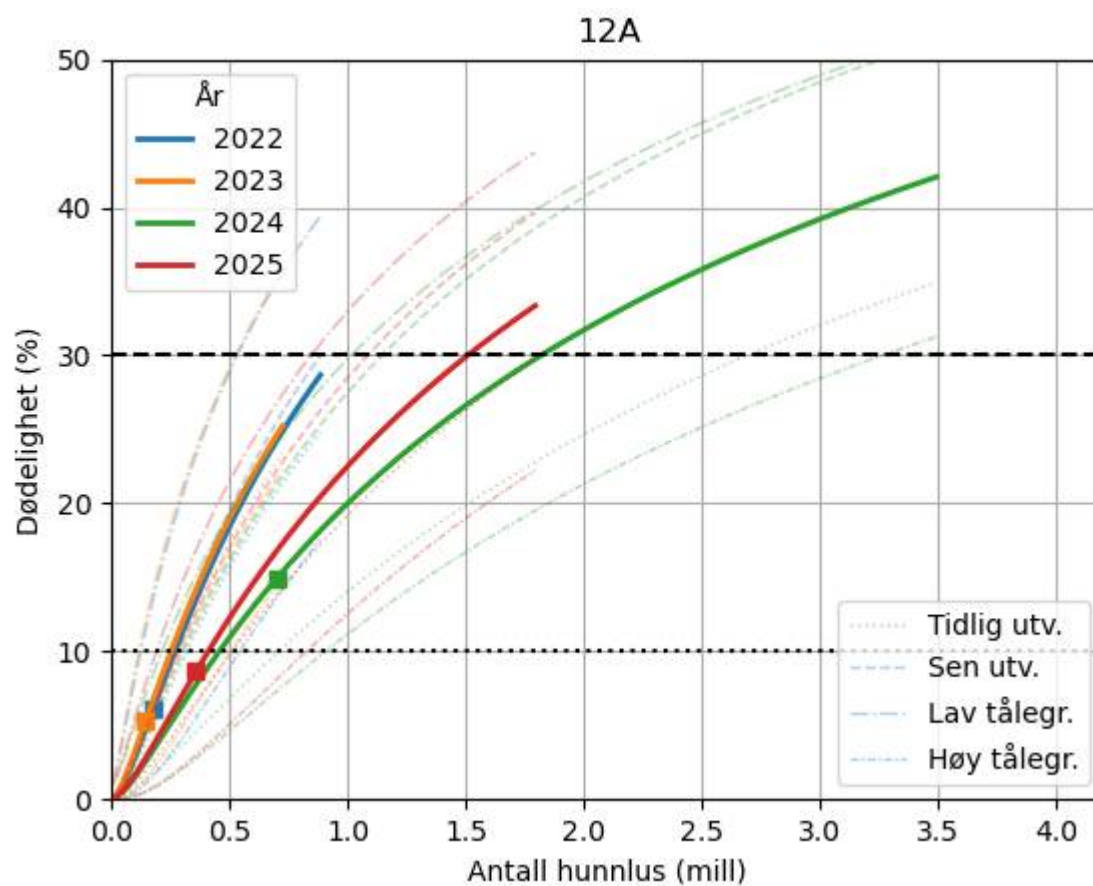


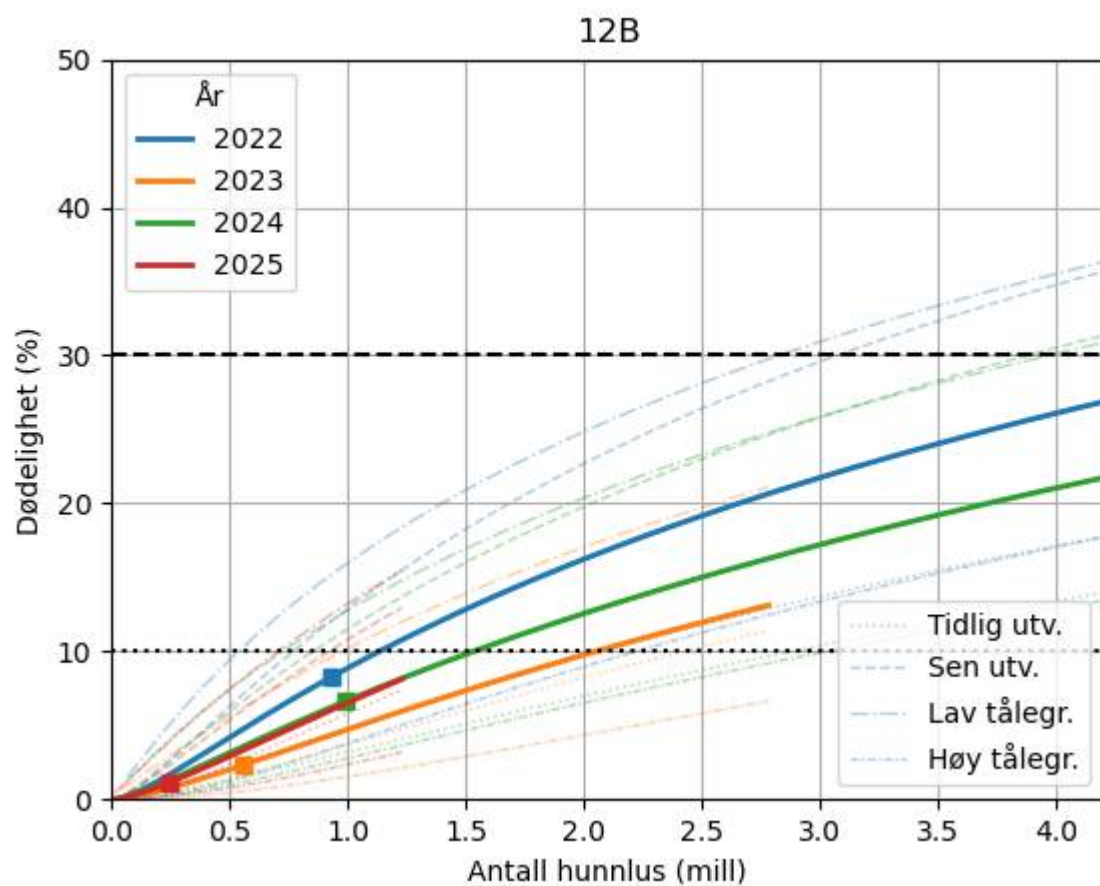


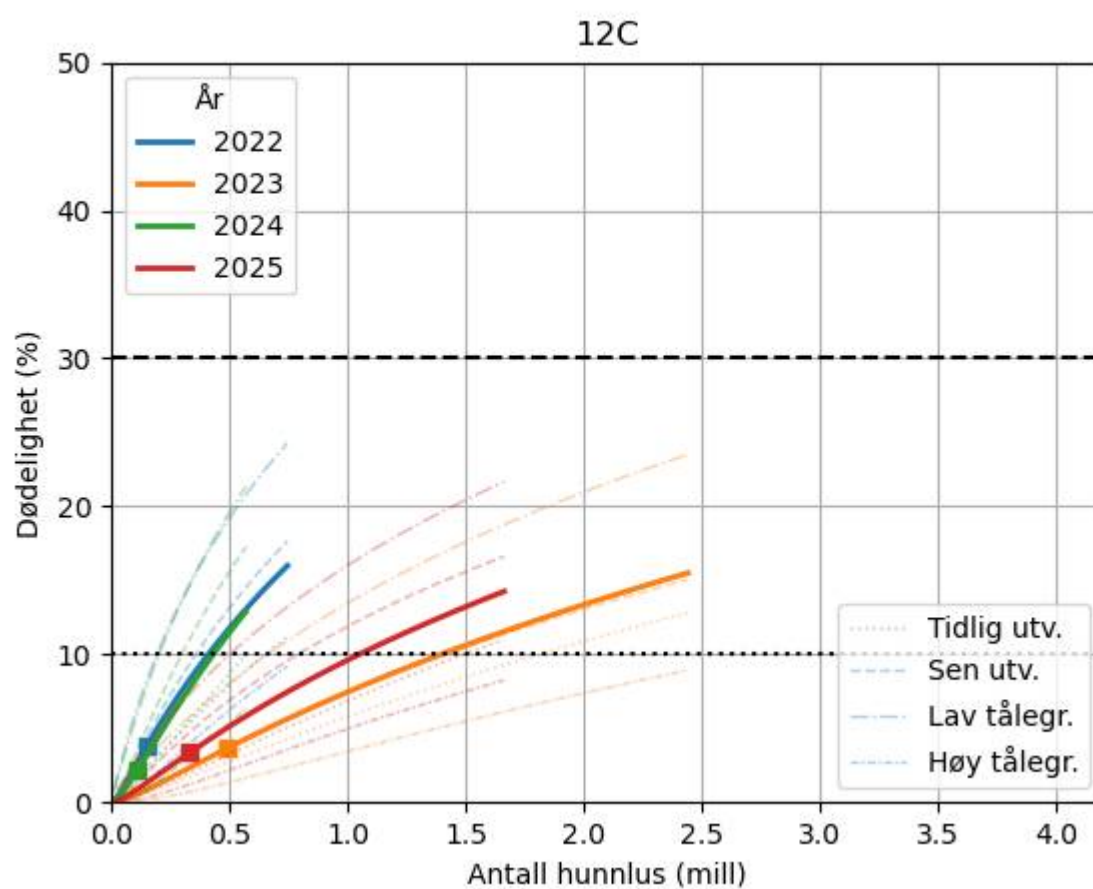


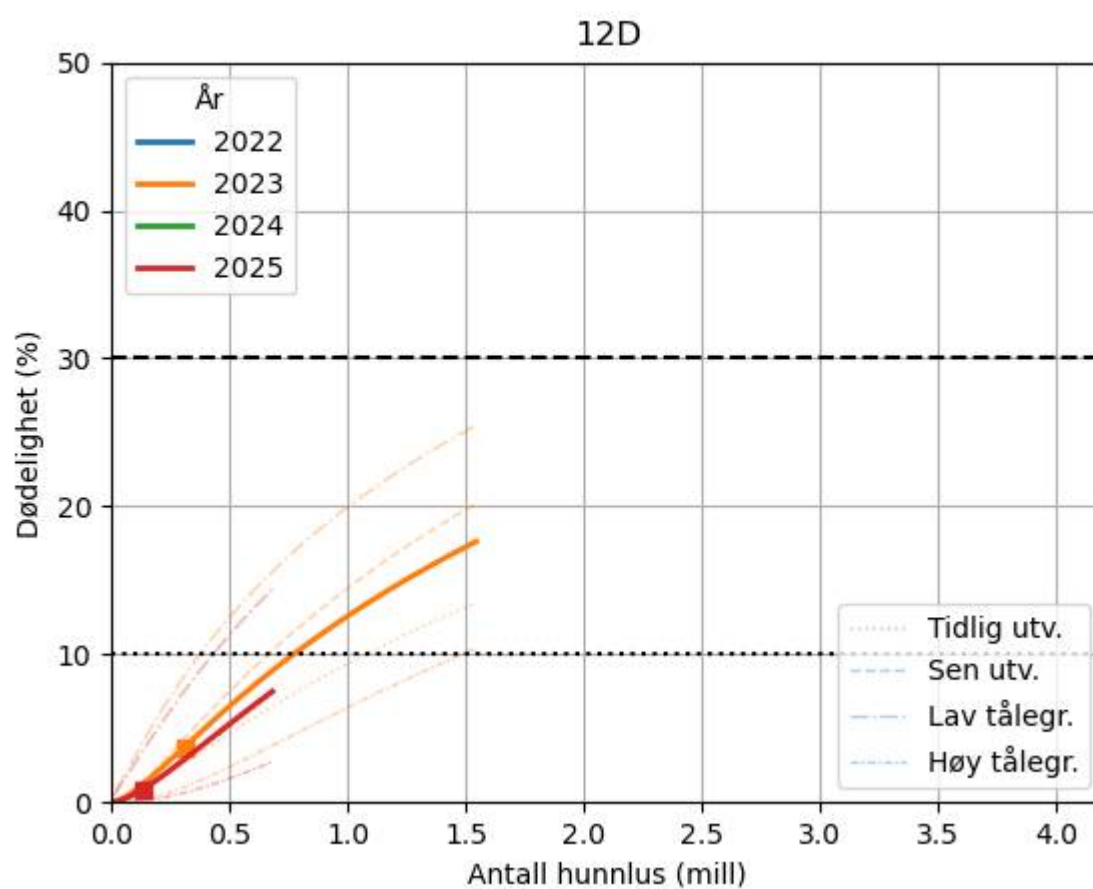












6 - Referanser

- Huserbråten, M., Ådlandsvik, B., Bergh, Ø., Grove, S., Karlsen, Ø., Taranger, G.L., Qviller, L., Dean, K.R., Bang Jensen, B. & Johnsen, I.A. (2020a). Endret lokalitetsstruktur i produksjonsområde 3, vurdert virkning på spredning av lakselus, pankreassykdom og infektøs lakseanemi. Rapport fra Havforskningen 2020-12, 51 s. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2020-12>
- Huserbråten M., Ådlandsvik, B., Bergh, Ø. & Johnsen I.A. (2020b). Lokalitetsstruktur i produksjonsområde 4, med fokus på forholdene i Nordfjord-Frøysjøen. Rapport fra Havforskningen 2020-48, 16 s. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2020-48>
- Huserbråten, M.B.O & Johnsen, I.A. (2025). Seasonal temperature regulates network connectivity of salmon louse. ICES Journal of Marine Science, 79(4): 1075-1082. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac024>
- Jensen, M.F., Sandvik, A.D., Sævik, P.N., Skardhamar, J. (2025). Modellert påvirkning av lakselus på vill laksefisk i 2024 og 2025. [Rapport fra havforskningen](#) 2025-67, 73s. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2025-67>
- Jonsson, B. & Jonsson, N. (2009). Migratory timing, marine survival and growth of anadromous brown trout *Salmo trutta* in the River Imsa, Norway. Journal of Fish Biology, 74: 621-638. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.02152>
- 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(1): 142–154. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa202>.
- Knutsen, J. A., Knutsen, H., Olsen, E. M., & Jonsson, B. (2004). Marine feeding of anadromous *Salmo trutta* during winter. Journal of Fish Biology, 64: 89-99. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2004.00285>
- Myksvoll, M.S., Sandvik, A.D., Johnsen, I.A., Skardhamar, J. & Albretsen, J. (2020). The impact of variable physical conditions and future increased aquaculture production on lice infestation pressure and sustainability in Norway. Aquaculture Environment Interaction 12: 193-204. <https://doi.org/10.3354/aei00359>
- Nærings og fiskeridepartementet (2012) forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg (FOR-2012-12-05-1140) www.Lovdata.no
- Sandvik, A.D., Bui, S., Huserbråten, M., Karlsen, Ø., Myksvoll, M.S., Ådlandsvik, B. & Johnsen, I.A. (2021a). The development of a sustainability assessment indicator and its response to management changes as derived from salmon lice dispersal modelling. ICES Journal of Marine Science, 78 (5): 1781–1792. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab077>
- Sandvik, A.D., Dalvin, S., Skern-Mauritzen, R. & Skogen, M. (2021b). The effect of a warmer climate on the salmon lice infestation pressure from Norwegian aquaculture. ICES Journal of Marine Science, 78(5): 1849–1859. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab069>
- Sandvik, A.D., Jensen, M.F., Sævik, P.N., Asplin, L. & Myksvoll, M.S. (2025). «[Svar på bestilling om kunnskapsstøtte – Lakselusregulering](#)», rapport til Regjeringen. <https://www.regjeringen.no/contentassets/e21539c03f894070b1088dd95e74fb3e/vedlegg-2-svar-pa-bestilling-om-kunnskapsstotte-fra-havforskningsinstituttet.pdf>

- Skår, K., Løkslett, H., Misund, B., Sandvik, A. D., Stige, L. C., Taranger, G. L. & Tveterås, R. (2024). Sluttrapport «FRA RØD TIL GRØNN KYST– Kunnskapsinnhenting for bærekraftig omstilling av havbruksaktiviteten i Vestland. VI rapport 2024-09. <https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2024/sluttrapport-fra-rod-til-gronn-kyst>
- Samsing, F., Johnsen, I., Treml, E. A. & Dempster, T. (2019). Identifying 'firebreaks' to fragment dispersal networks of a marine parasite. *International Journal for Parasitology*, 49(3-4): 277-286. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020751919300013>
- Sævik, P. N., Holstad, A., Bolstad, G.H., Næsje, T., Diserud, O., Johnsen, I.A., Jensen, M.F., Sandvik, A.D. & Myksvoll, M.S. (2026). Forslag til reguleringsområder for utslipp av lakselus. Rapport fra Havforskningen (i trykk).
- Vollset, K. W. & Barlaup, B. T. (2014). First report of winter epizootic of salmon lice on sea trout in Norway. *Aquaculture Environment Interactions*, 5: 249-253. <https://doi.org/10.3354/aei00110>
- Ådlandsvik, B. (2015). Forslag til produksjonsområder i norsk lakse- og ørretoppdrett. Rapport fra Havforskningen 2015-20, 59 s. https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen/2015/produksjonsomrader_rapp_20-2015
https://www.hi.no/filarkiv/2015/12/produksjonsomrader_rapp_20-2015.pdf/nb-no
- Ådlandsvik, B. (2022). Havbruk til havs–yttergrense for produksjonsområdene. Rapport fra Havforskningen 2022-2, 26 s. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2022-2#sec-10>



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes

5817 Bergen

Tlf: 55 23 85 00

E-post: post@hi.no

www.hi.no