

Rapport

Smittemodellering av virus til Skjelevik

Et modellstudie av smitte fra nærliggende anlegg

Forfatter(e):

Øyvind Knutsen og Ragnhild L. Daae

Rapportnummer:

2026-00382 - Fortrolig

Oppdragsgiver(e) (evt samarbeidspartner):

Telavåg Fiskeoppdrett

SINTEF Ocean AS
Postadresse:
Postboks 4762 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 40005100
info@sintef.no

Foretaksregister:
NO 937357370 MVA

Rapport

Smittemodellering av virus til Skjelevik

Et modellstudie av smitte fra nærliggende anlegg

EMNEORD
smittemodellering
virus
havmodell
SINMOD

VERSJON
1.1

DATO
2026-10-30

FORFATTER(E)
Øyvind Knutsen og Ragnhild L. Daae

OPPDRAGSGIVER(E)
Telavåg Fiskeoppdrett

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE
Knut J. Pedersen

PROSJEKTNUMMER
302009637

ANTALL SIDER
44

SAMMENDRAG
Vi har simulert spredning av virus sluppet ut fra lokaliteter omkring Krossfjorden i Vestland fylke, og mottak av viruspartikler på lokaliteten Skjelevik. Vi har simulert med en hydrodynamisk modell for et helt år, og gjort analyse av data på to forskjellige måter; først utslipp av viruspartikler fra alle nærliggende lokaliteter, og deretter simulering med utslipp av en konsentrasjon av virus for de lokalitetene med mest kontakt til Skjelevik basert på analyse av partikkelsimuleringene.

UTARBEIDET AV
Øyvind Knutsen
SIGNATUR
Øyvind Knutsen

KONTROLLERT AV
Ingrid Ellingsen og Daniel Halvorsen
SIGNATUR
Ingrid H. Ellingsen

GODKJENT AV
Emlyn Davies
SIGNATUR
Emlyn John Davies
Emlyn John Davies (Oct 30, 2026 15:01:53 GMT+1)

RAPPORT NR. 2026-00382
ISBN
GRADERING Fortrolig
GRADERING DENNE SIDE Fortrolig

COMPANY WITH MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV
ISO 9001 • ISO 14001
ISO 45001

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
0.1	2026-07-03	Utkast til kunde
1	2026-10-08	Ferdig rapport, inkludert kategorier for vannkontakt som gjort i Optilok-prosjektet. Usignert
1.1	2026-10-30	Lagt til tabell 3.31 vertikal forskjell i smittetransport. Signert.

Innholdsfortegnelse

1 Bakgrunn 4

2 Modelloppsett og metode 5

2.1 Oppsett av høyoppløst modellområde og hydrodynamisk modellering 5

2.2 Modellering av virus-smitte 7

2.2.1 Eulersk tilnærming 7

2.2.2 Lagrange tilnærming 8

3 Resultater og analyser 9

3.1 Strøm 9

3.2 Spredning av virus 22

3.2.1 31157 Fiksneset 22

3.2.1.1 Resultater fra simuleringen med Eulersk tilnærming 22

3.2.1.2 Resultater fra simulering med Lagrange tilnærming 29

3.2.2 18255 Porsvika 30

3.2.2.1 Resultater fra simuleringen med Eulersk tilnærming 30

3.2.2.2 Resultater fra simulering med Lagrange tilnærming 36

3.2.3 11533 Usholmvika 37

3.2.3.1 Resultater fra simulering med Lagrange tilnærming 37

3.2.4 11611 Naveide 38

3.2.5 31038 Buarøy 38

3.3 Kategorisering av vannkontakt/smittespredning 38

3.4 Smittekonsentrasjoner ved Skjelevik fra Eulersk simulering 41

4 Oppsummering 43

4.1 Strøm 43

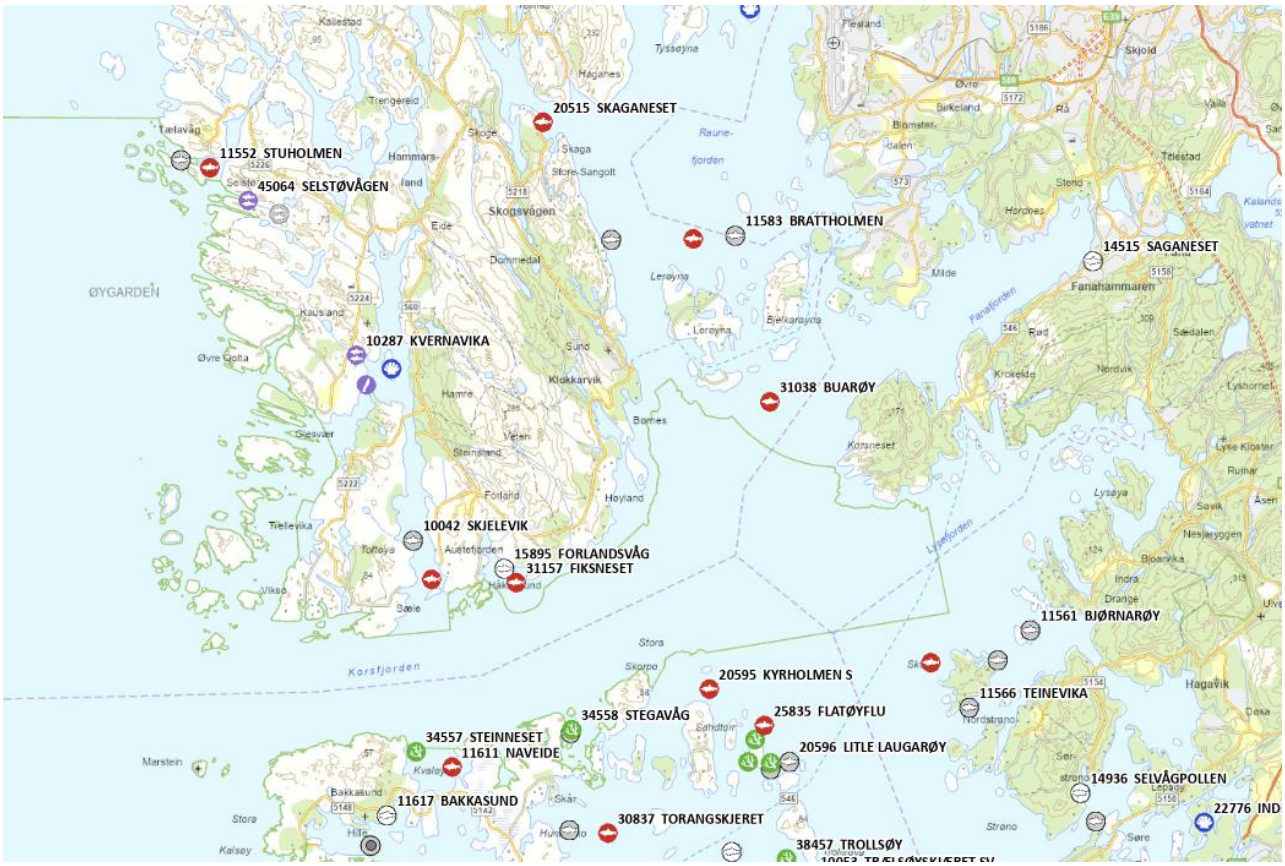
4.2 Spredning av smitte til Skjelevik fra omkringliggende lokaliteter 43

4.3 Kategorisering 43

5 Referanser 44

1 Bakgrunn

Telavåg Fiskeoppdrett kontaktet SINTEF Ocean for å få utført smittemodellering av virussmitte mot en lokalitet, 10042 Skjelevik i Austefjorden i Vestland fylke, hvor det ønskes etablert lukket anlegg med vanninntak på om lag 30 m dyp. Denne rapporten beskriver prosjektet hvor SINTEF Ocean gjennomførte en slik smittemodellering.



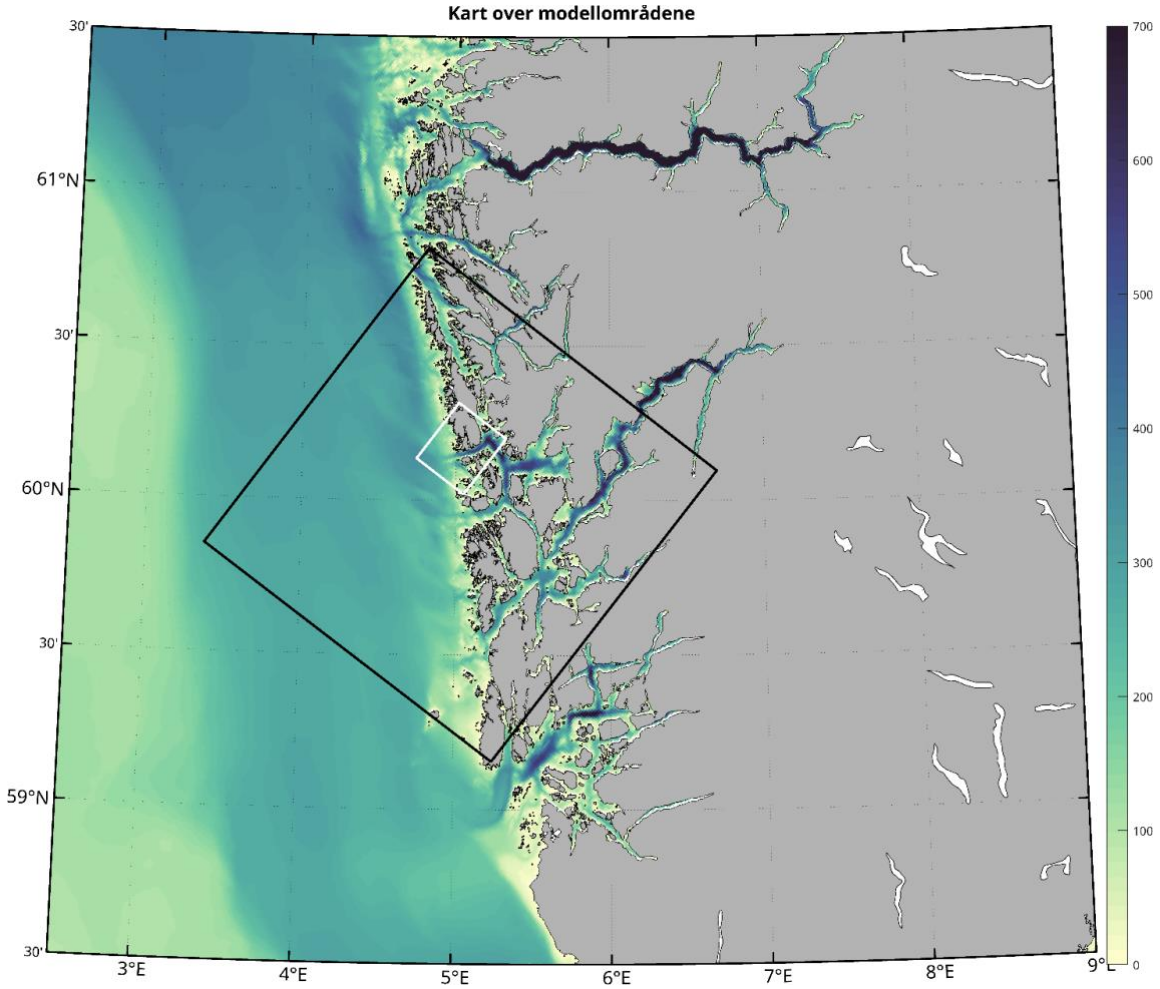
Figur 1.1 Kart over området og plassering av anlegg i nærheten av 10042 Skjelevik. Kart hentet fra Fiskeridirektoratet sin kartløsning for akvakultur[1].

[1] https://portal.fiskeridir.no/portal/apps/webappviewer/index.html?id=87d862c458774397a8466b148e3dd147

2 Modelloppsett og metode

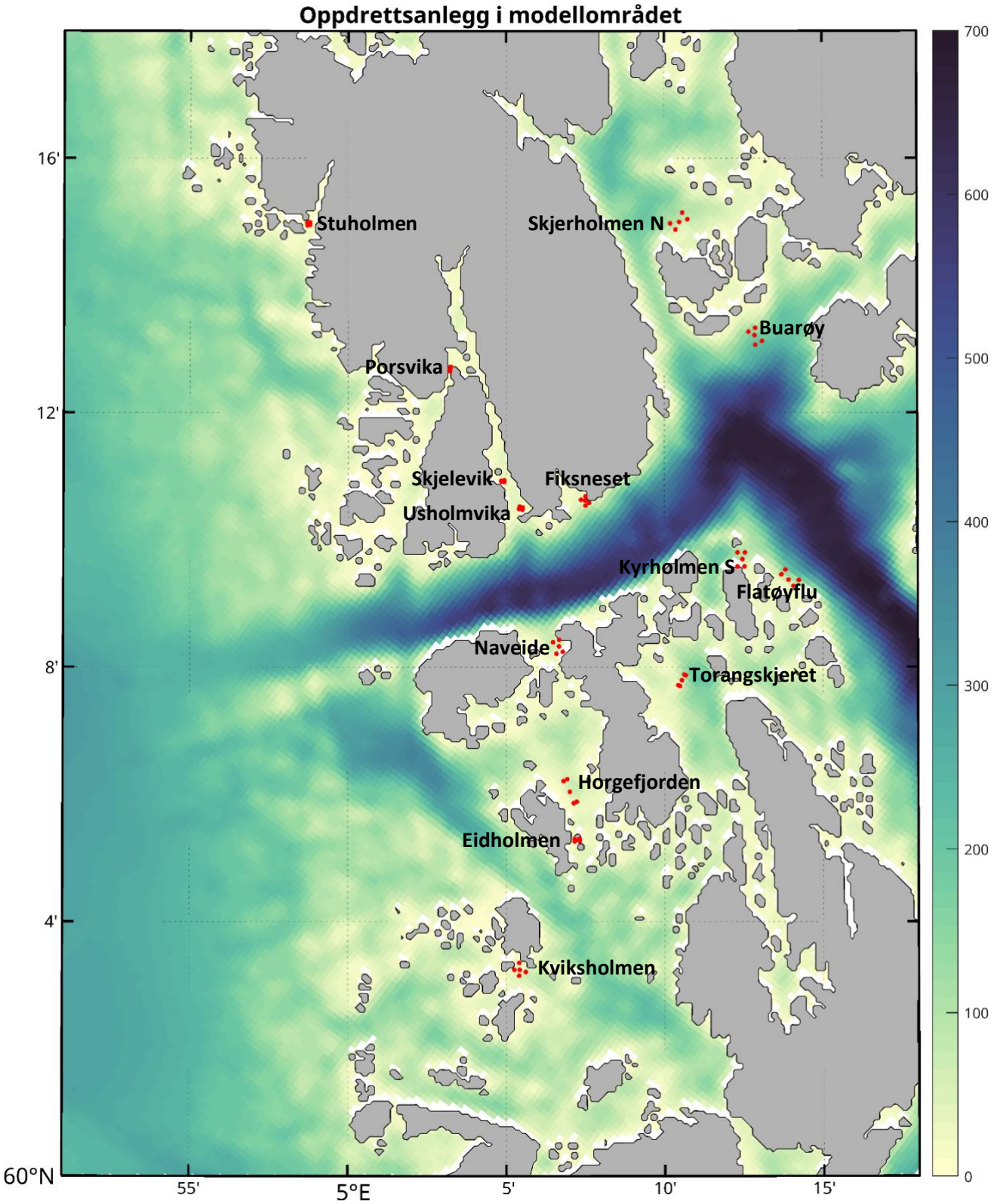
2.1 Oppsett av høyoppløst modellområde og hydrodynamisk modellering

I dette prosjektet har vi anvendt havmodellen SINMOD (Slagstad & McClimans, 2005). Denne modellen er veletablert for å simulere strøm og hydrografi i norske kyst- og fjordområder (se http://www.sintef.no/sinmod for mer informasjon), og brukes hvert år som en del av beslutningsgrunnlaget for Trafikklyssystemet for havbruksnæringen (Knutsen mfl, 2025). Modellen ble kjørt i flere steg fra et modellområde med 20 km oppløsning som dekker nordiske og arktiske havområder ned til et område som dekker kystområdene rundt Krossfjorden. Dette ble konfigurert med 32 m horisontal oppløsning. Vertikaltoppløsningen var høy nær overflaten og en gradvis økning av lagtykkelsen til 25 m under 200 m dyp. Dette ga en god representasjon av forholdene i området. Modellen brukte høyoppløste atmosfæriske drivkrefter fra met.no (NORA3[2]) og daglige verdier (modelldata fra NVE) for elveavrenning langs hele kysten (veldig små bekker med avrenning mindre enn 1 m^3/s inkluderes i nærliggende elver). Tidevann var også inkludert i modellen.



Figur 2.1 Kart som viser høyoppløste modellområder som er brukt i dette prosjektet. Fargen angir dybden (fra det største modellområdet med 800 m horisontal oppløsning), det svarte rektangelet angir modellområdet med 160 m horisontal oppløsning, mens det hvite rektangelet angir modellområdet med høyest oppløsning (32 m).

[2] https://doi.org/10.5194/wes-2021-22



Figur 2.2 Kart som viser nærbilde av området rundt Skjelevik. Dette kartet er ikke identisk med 32 m – modellområdet, se Fig. 2.3. Plassering og utstrekning til anleggene som er tatt med i modellberegningene er markert med røde prikker. Disse prikkene viser hjørnepunktene og midtpunktet i hvert anlegg og det er sluppet ut smittepartikler i alle disse 5 punktene. For lokalitetsnummer og navn, se Tabell 2.1. Fargeskalaen er dybde i meter.

Tabell 2.1 Oversikt over lokaliteter (navn og nummer) og hvilke simuleringsmetoder som er brukt.

Lokalitetsnummer	Lokalitetsnavn	Eulersk metode	Lagrange metode
10041	Kviksholmen		X
10045	Eidholmen		X
11533*	Usholmvika		X
11552	Stuholmen		X
11611	Naveide	X	X
18255**	Porsvika	X	X
20115	Skjerholmen N		X
20595	Kyrholmen		X
25835	Flatøyflu		X
30837	Torangskjeret		X
31038	Buarøy	X	X
31157	Fiksneset	X	X
32757	Horgefjorden		X

* Planlagt avviklet til fordel for 10042 Skjelevik

** Slaktemerd

2.2 Modellering av virus-smitte

Vi har anvendt både en Lagrange og Eulersk tilnærming for smitte i dette prosjektet. I den Eulerske tilnærmingene ble det lagt til en degradering av smitten som funksjon av sjøtemperaturen. Det er mer utfordrende å analysere resultatene med hensyn på å spore en konsentrasjon tilbake til utslippstidspunkt i en Eulersk modell og videre spore hvilket dyp smitten er sluppet ut i. Derfor bruker vi i tillegg en Lagransk modell for å få et best mulig utgangspunkt for analysene. Det ble sluppet ut smitte i fem punkter i hvert anlegg: midtpunktet samt de fire hjørnepunktene (Figur **2.2**). Informasjon om anleggene ble hentet fra Fiskeridirektoratet sin api[3].

2.2.1 Eulersk tilnærming

En Eulersk modell for spredning av lus har blitt satt opp for å se hvordan vertikal og horisontal blanding påvirker spredningen. Denne modellen simulerer spredning av infeksiøse partikler som slippes ut fra overflaten og ned til 30 m dyp. I denne tilnærmingen har vi ikke mulighet til å se på i hvilket dyp smitten kommer fra, men ser på spredning og fortynning av virussmitten med avstand fra anlegget. Siden dette oppsettet er regnemessig kostbart, ble 4 av de nærmeste lokalitetene plukket ut (31157 Fiksneset, 18255 Porsvika, 11611 Naveide og 31038 Buarøy).

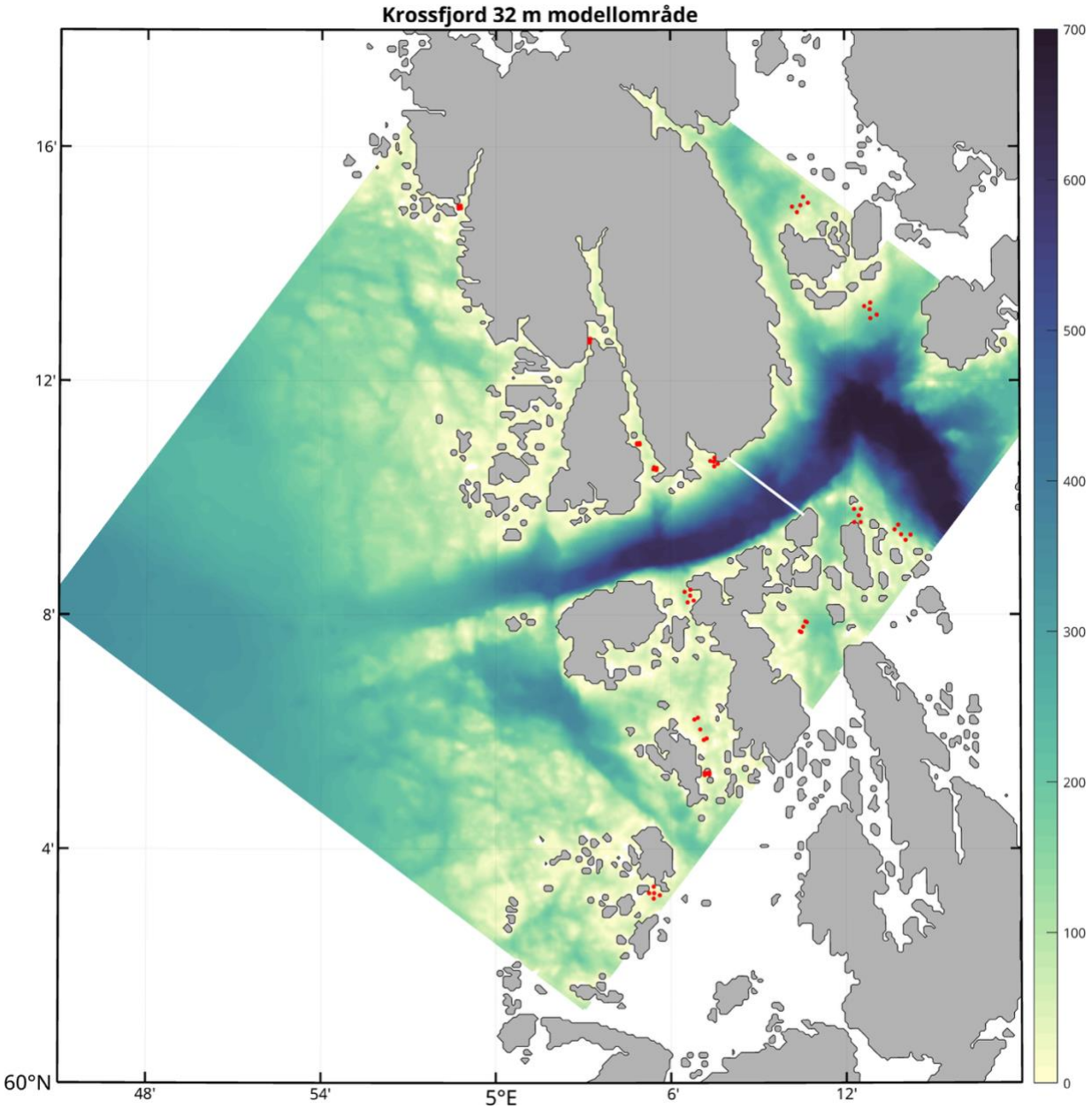
Det slippes kontinuerlig 10^7 infeksiøse partikler (IU) hver time fra hvert anlegg. For å representere hele arealet til anlegget, fordeles utslippet av infeksiøse partikler over de fire hjørnepunktene og midtpunktet. Videre slippes det ut partikler fra overflaten og ned til 30 m. Fisken i merdene oppholder seg ved ulike dyp i løpet av døgnet. Det er mulig å legge inn en modell for fordeling, men ettersom usikkerhetene vil være store har vi valgt en mer konservativ tilnærming med å fordele utslippet over de øverste 30 m av vannsøylen. For slakteriet i Porsvika (18255) er det grunnere, og utslippet ble istedet fordelt fra overflaten og ned til bunn på 15 m dyp.

[3] https://api.fiskeridir.no/catalog/

De infeksiøse partiklene vil miste virulensen i sjøvann og dette er tatt med i beregningene ved at konsentrasjonen har en halveringstid på 48 timer. Dette er en tilnærming som er brukt i det pågående FHF-prosjektet Optilok (Christensen et al., 2026).

2.2.2 Lagrange tilnærming

I den lagrangesk simuleringen er tilnærmingen å slippe partikler som blir transportert horisontalt og vertikalt med havstrømmen. I simuleringen ble det sluppet ut partikler i 8 forhåndsbestemte dyp (2, 5, 10, 15, 20, 25 30 og 40 m dyp). Det ble sluppet ut en partikkel i hvert dyp for midtpunkt og hjørnepunktene hvert punkt i alle anleggene hver time. Banene oppdateres for hvert tidskritt i modellen. For mottak av partikler beregner vi alle som treffer innenfor hjørnepunktene til anlegget.



Figur 2.3 Oversikt over modellområdet med 32 m oppløsning med lokaliteter markert. Fargeskalaen er dybde i meter. Den hvite streken på tvers av Krossfjorden markerer hvor vi har hentet ut vertikalt snitt til Figur 3.7 - Figur 3.12**.**

3 Resultater og analyser

3.1 Strøm

Figur 3.1 og Figur 3.2 viser månedlig middelstrøm for januar i overflaten og i 30 m, 55 m og 113 m dyp. Vi ser at strømmen er kraftig og utadgående gjennom Krossfjorden fra overflaten og ned til 70 m, og svakere utadgående ned til 113 m hvor det da er en svak innstrømming på sørsiden av fjorden. Strømmønsteret for februar, mars og april er ganske like som for januar. I mai er det svakere strømmer, og retningen snur til innstrømming ved grunnere dyp (rundt 60 m).

Figur 3.3 og Figur 3.4 viser månedlig middelstrøm for juni i overflaten og i 30 m, 55 m og 113 m dyp. Nær overflaten går strømmen utover i Krossfjorden, men ved 30 m dyp er den snudd til innover. I motsetning til vintermånedene, er strømmen svakere i øvre del av vannsøylen enn lenger nede. Sommeren er preget av et lignende strømmønster, og august har litt lavere strømfart enn juni og juli. Når vi ser igjennom alle månedsmidlene, ser vi at september er mer lik sommer-perioden i strømmønster enn høstperioden (okt-des).

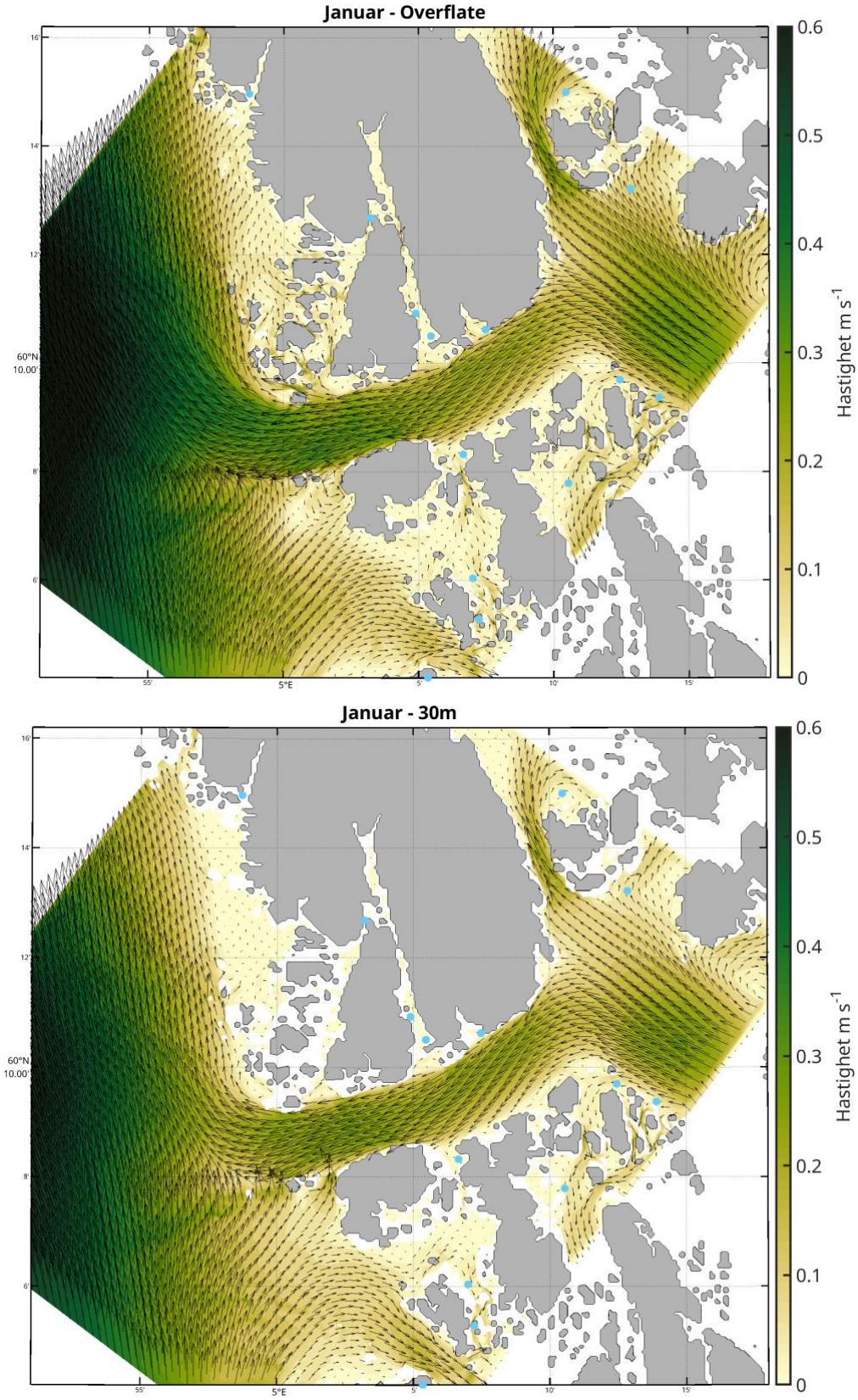
Figur 3.5 og Figur 3.6 viser månedlig middelstrøm for november i overflaten og i 30 m, 55 m og 113 m dyp. Om høsten øker strømfarten i Krossfjorden igjen (fra oktober), og retningen er utover fra overflaten og ned til omkring 100 m dyp. Oktober – november har generelt kraftigst strøm i Korsfjorden, gjennom hele vannsøylen.

Figur 3.7 – 3.12 viser månedlig middelstrøm gjennom et snitt på tvers av indre del av Krossfjorden. Strømmen går tilnærmet normalt på dette snittet og det er derfor bare brukt u-hastighet fra modellen til å plotte dette. Denne strømkomponenten går langs fjordens retning i dette området og representerer alt vannet som går inn/ut av Krossfjorden. Figurene er laget slik at sør er til venstre og nord til høyre. X-aksen er gitt i km fra snittets start i sør. Dybde er gitt ved y-aksen, og fargeskalaen (lik for alle måneder) representerer strøm inn (positive tall, grønn farge) /ut (negative tall, brun farge) av fjorden. Strømfarten er gitt i m/s.

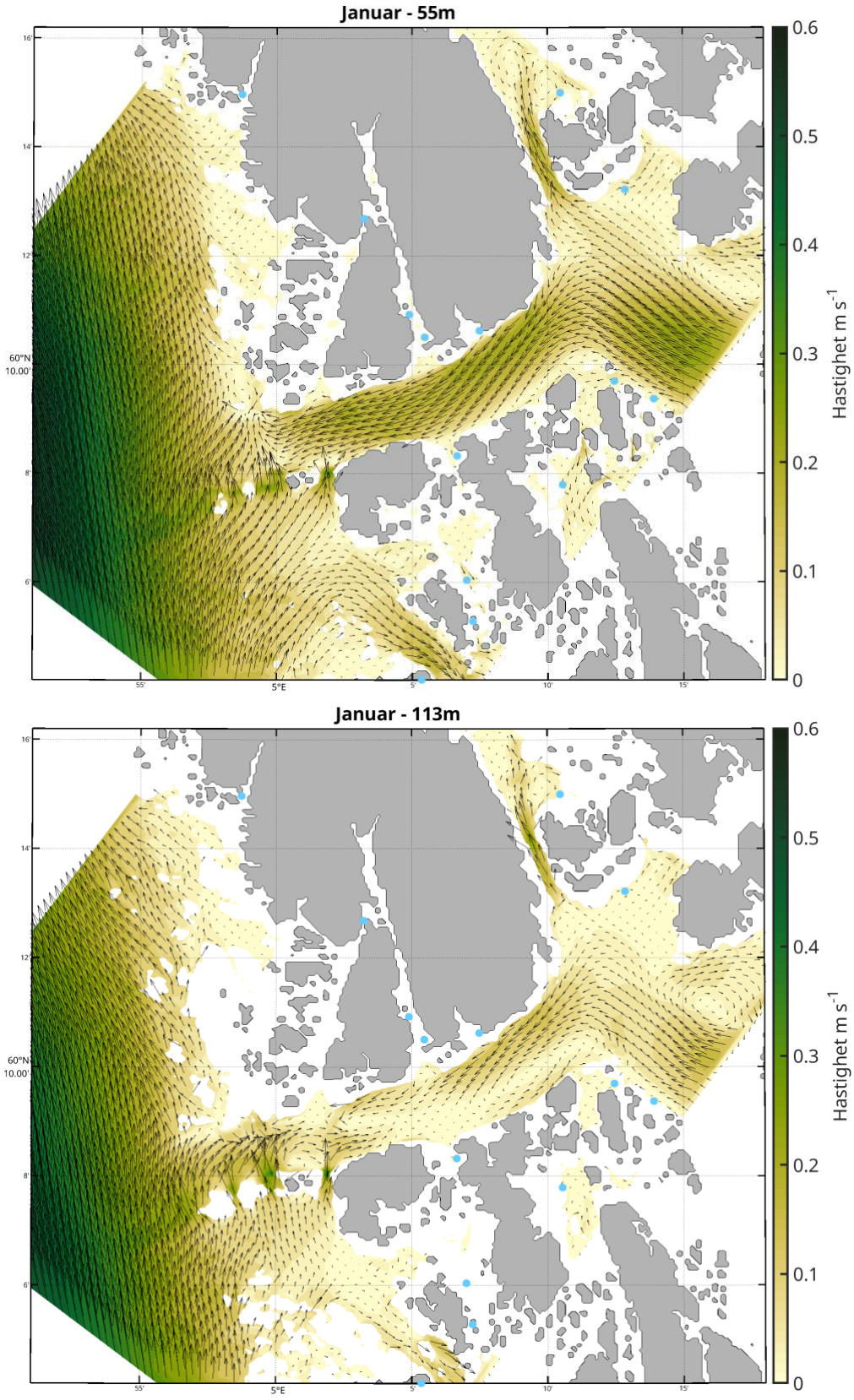
Vi ser at i gjennomsnitt så går strømmen ut i overflaten hver måned. Tykkelsen på dette laget som strømmer ut endrer seg mye gjennom året, der den utgående strømmen strekker seg dypest om vinteren og er grunnest om sommeren (juni). Kraftigste strøm ut er i oktober med strømfart over 0.4 m/s i gjennomsnitt for hele måneden. For kortere tidsintervaller kan strømfarten være vesentlig høyere enn dette. Modellen indikerer at det kan bli omkring 1 m/s strømfart ut Krossfjorden i dette området. Litt lengre ute i Krossfjorden kan det bli enda høyre strømfart, spesielt der som utstrømmingen fra Krossfjorden møter den nordgående Kyststrømmen og videre nordover, ser vi hyppig strøm på 1.2 m/s i februar.

Under utstrømningen er det en kompenserende innstrømming som også endrer seg mye gjennom året. Generelt er det litt lavere strømfart inn enn ut, og maksimal strømfart inn er i juli. At den utgående strømmen går dypest på nordsiden av snittet er relatert til jordrotasjonen (Coriolis-effekten). Vann går ut fjorder på høyresiden, og man kan også ha innstrømming i samme dyp på venstresiden i fjorden. Det ser vi også her, indikert med grønntoner på de vertikale snittene.

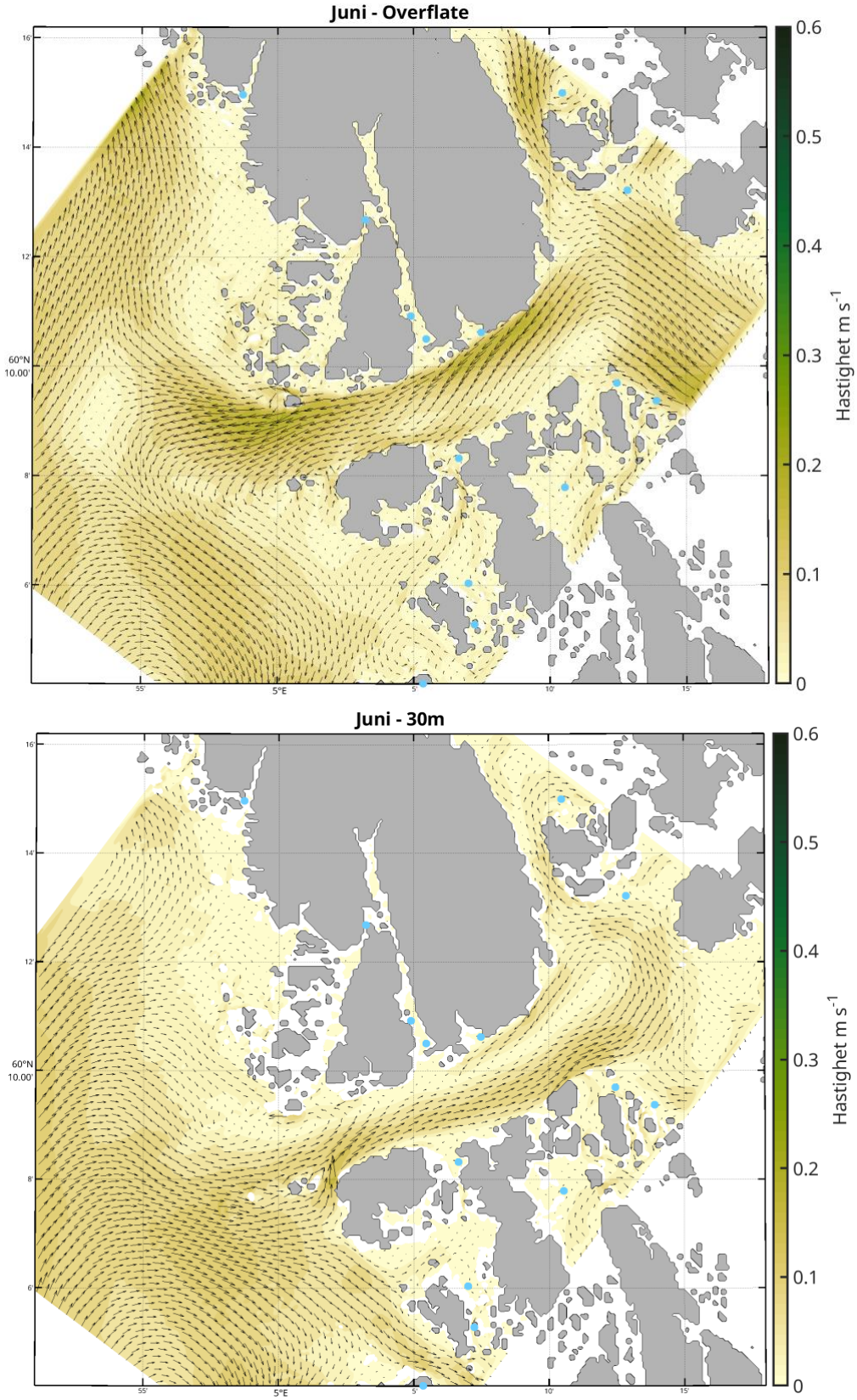
I Austefjorden hvor lokaliteten Skjelevik ligger går middelstrømmen nordover for hver måned i hele året, og strømfarten der er lav, gjerne rundt 5 cm/s i middel i overflaten. Øyeblikksbilder av strømfarten vil være høyre. Det forekommer også sørgående strøm, som vannkontakten mellom Porsvika og Skjelevik viser (Figur 3.21).



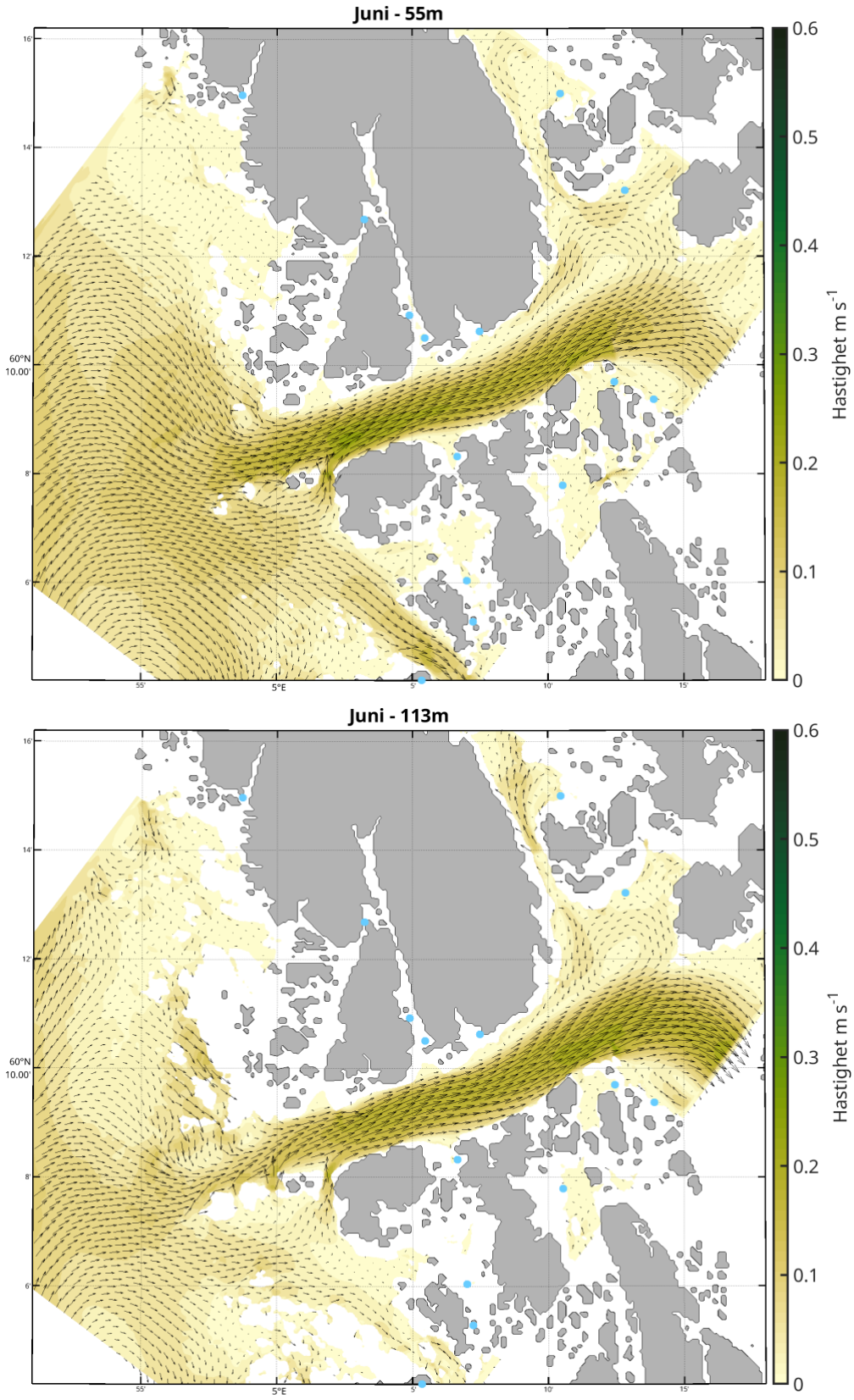
Figur 3.1 Simulert midlet hastighet for overflaten (øverst) og i 30 m dyp (nederst) for januar 2023. Pilene viser retningen på strømmen. Fargeskalaen angir farten til strømmen i m/s. De lyseblå prikkene angir oppdrettsanleggene i dette området.



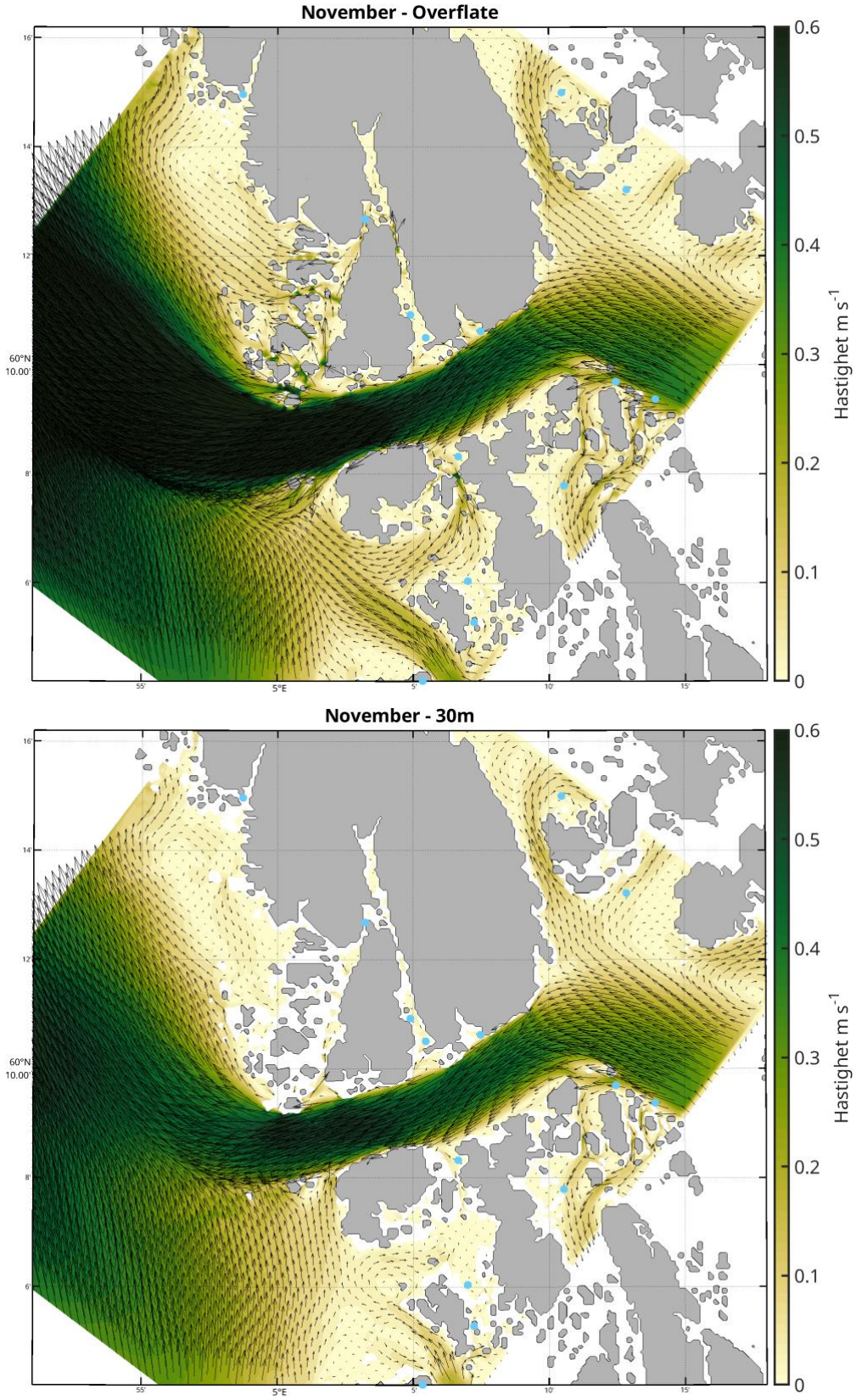
Figur 3.2 Simulert midlet hastighet for 55 m dyp (øverst) og i 113 m dyp (nederst) for januar 2023. Pilene viser retningen på strømmen. Fargeskalaen angir farten til strømmen i m/s. De lyseblå prikkene angir oppdrettsanleggene i dette området.



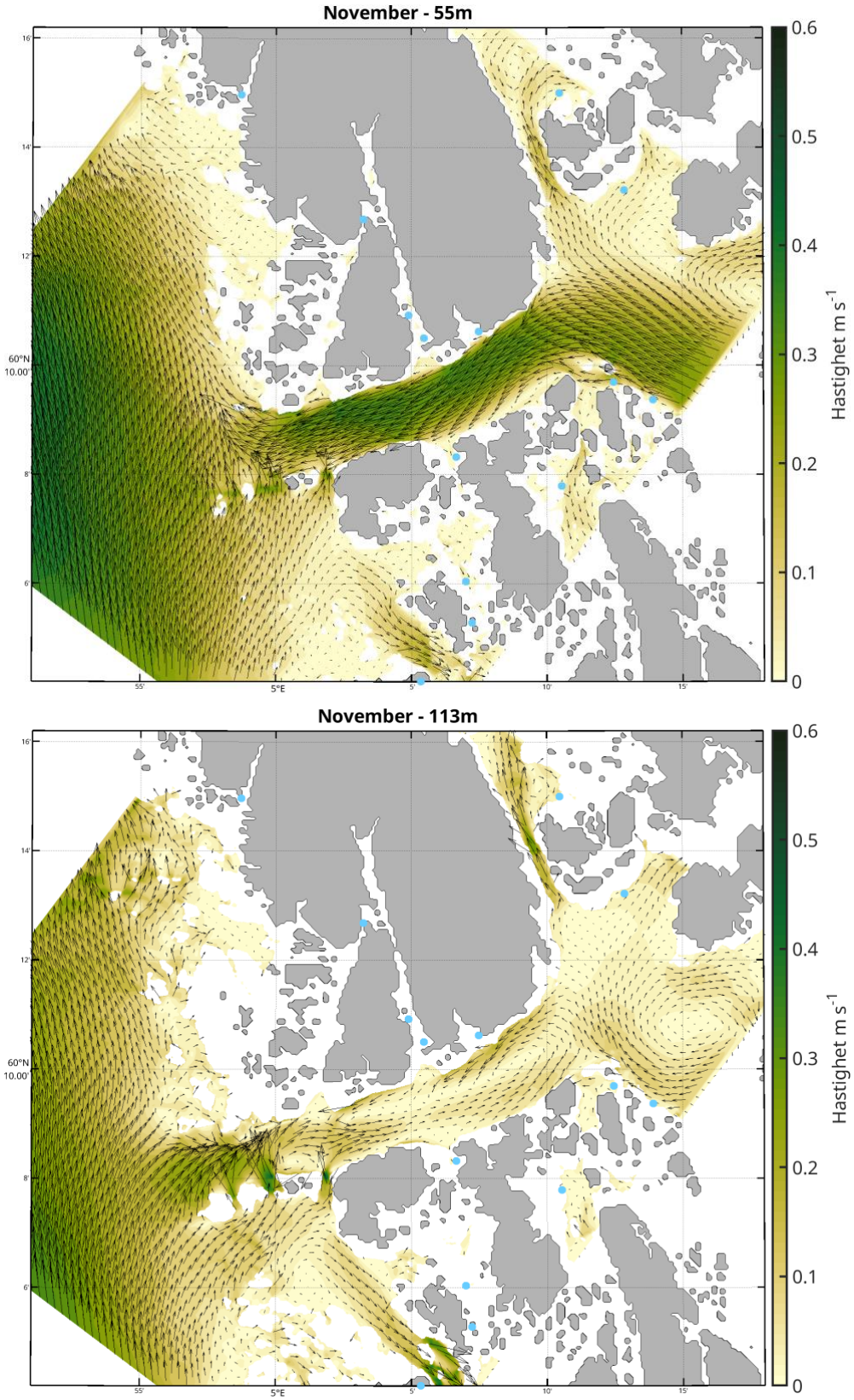
Figur 3.3 Simulert midlet hastighet for overflaten (øverst) og i 30 m dyp (nederst) for juni 2023. Pilene viser retningen på strømmen. Fargeskalaen angir farten til strømmen i m/s. De lyseblå prikkene angir oppdrettsanleggene i dette området.



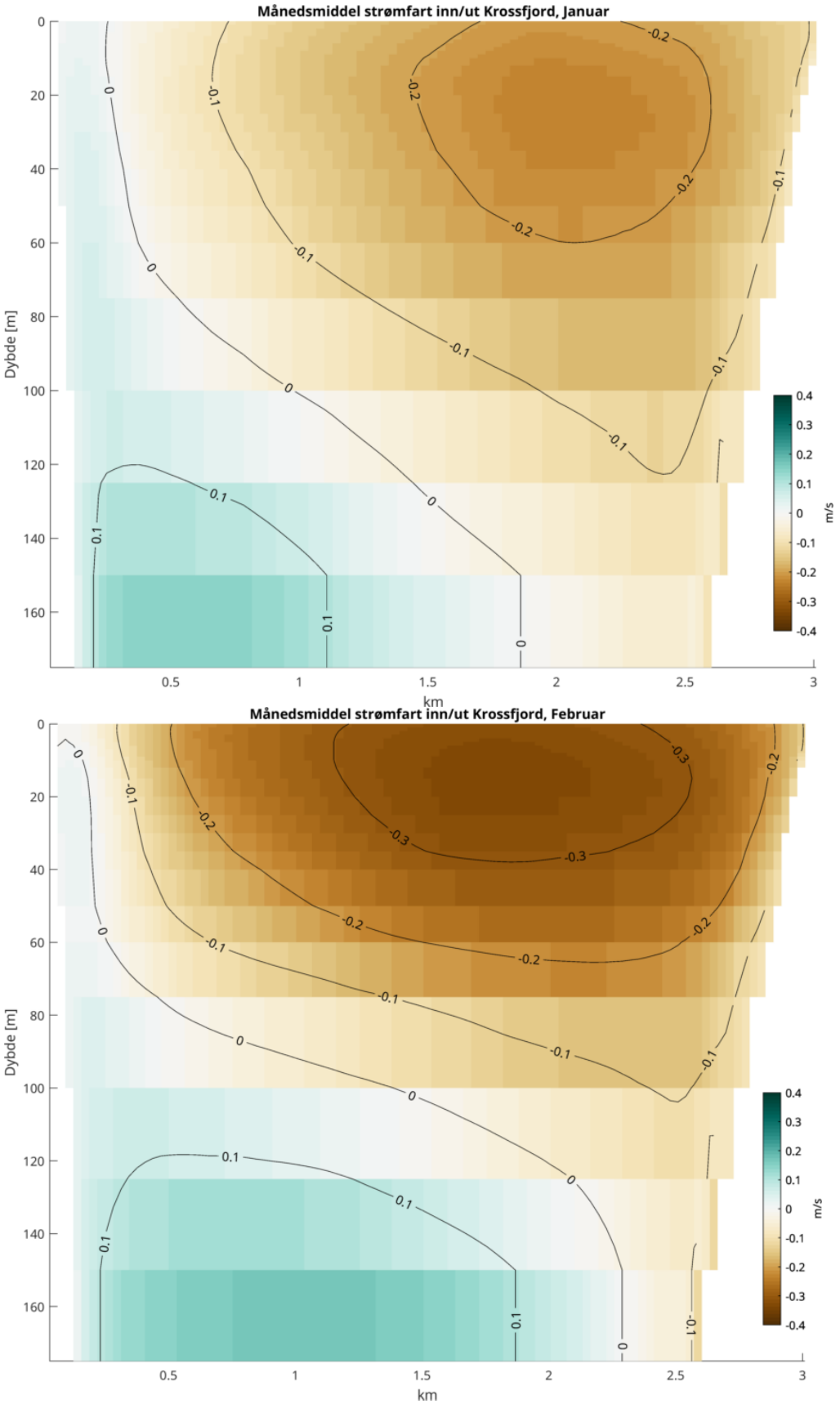
Figur 3.4 Simulert midlet hastighet for 55 m dyp (øverst) og i 113 m dyp (nederst) for juni 2023. Pilene viser retningen på strømmen. Fargeskalaen angir farten til strømmen i m/s. De lyseblå prikkene angir oppdrettsanleggene i dette området.



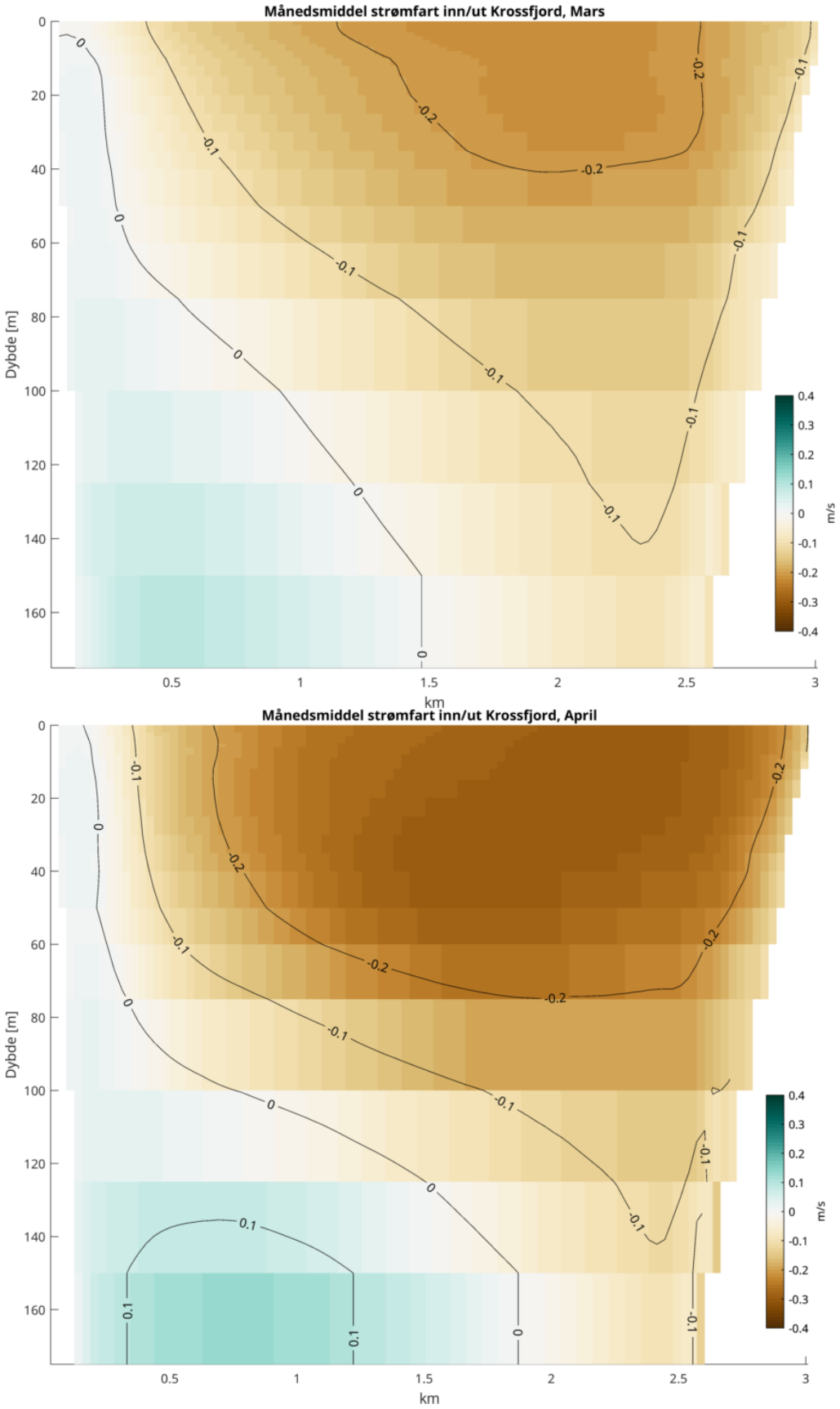
Figur 3.5 Simulert midlet hastighet for overflaten (øverst) og i 30 m dyp (nederst) for november 2023. Pilene viser retningen på strømmen. Fargeskalaen angir farten til strømmen i m/s. De lyseblå prikkene angir oppdrettsanleggene i dette området.



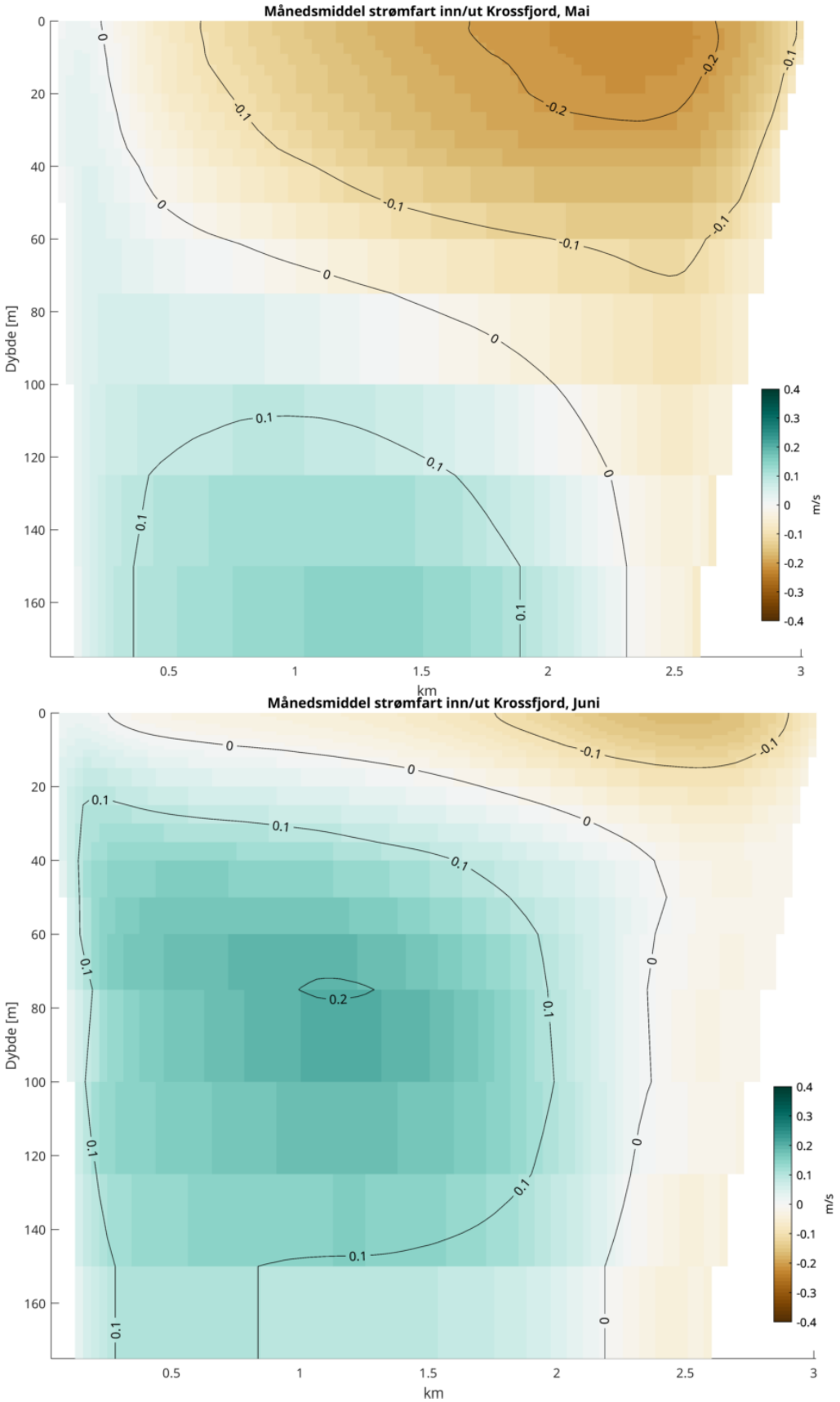
Figur 3.6 Simulert midlet hastighet for 55 m dyp (øverst) og i 113 m dyp (nederst) for november 2023. Pilene viser retningen på strømmen. Fargeskalaen angir farten til strømmen i m/s. De lyseblå prikkene angir oppdrettsanleggene i dette området.



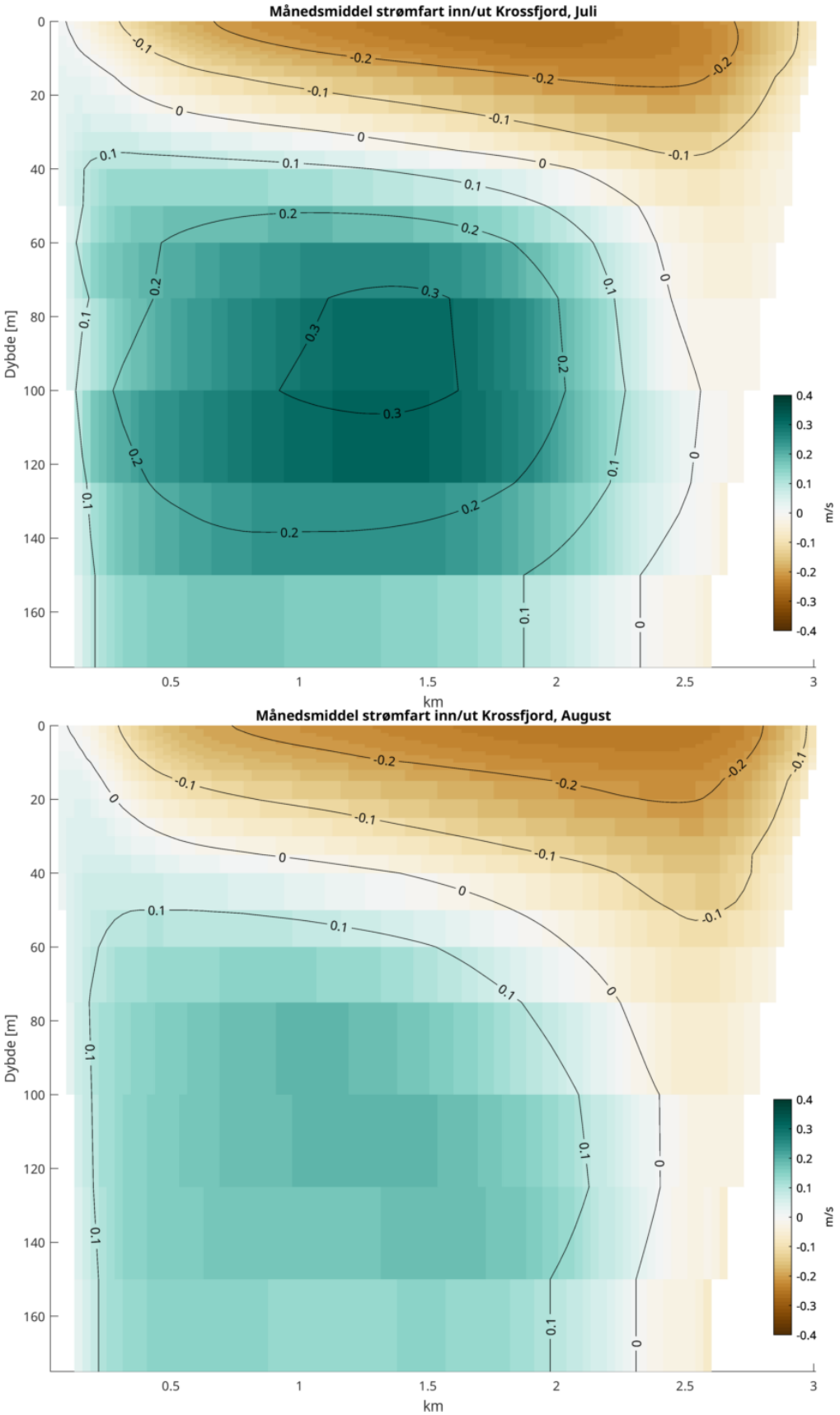
Figur 3.7 Vertikalt snitt på tvers av Krossfjorden som viser strømfart (månedlig middel) på tvers av snittet for januar og februar.



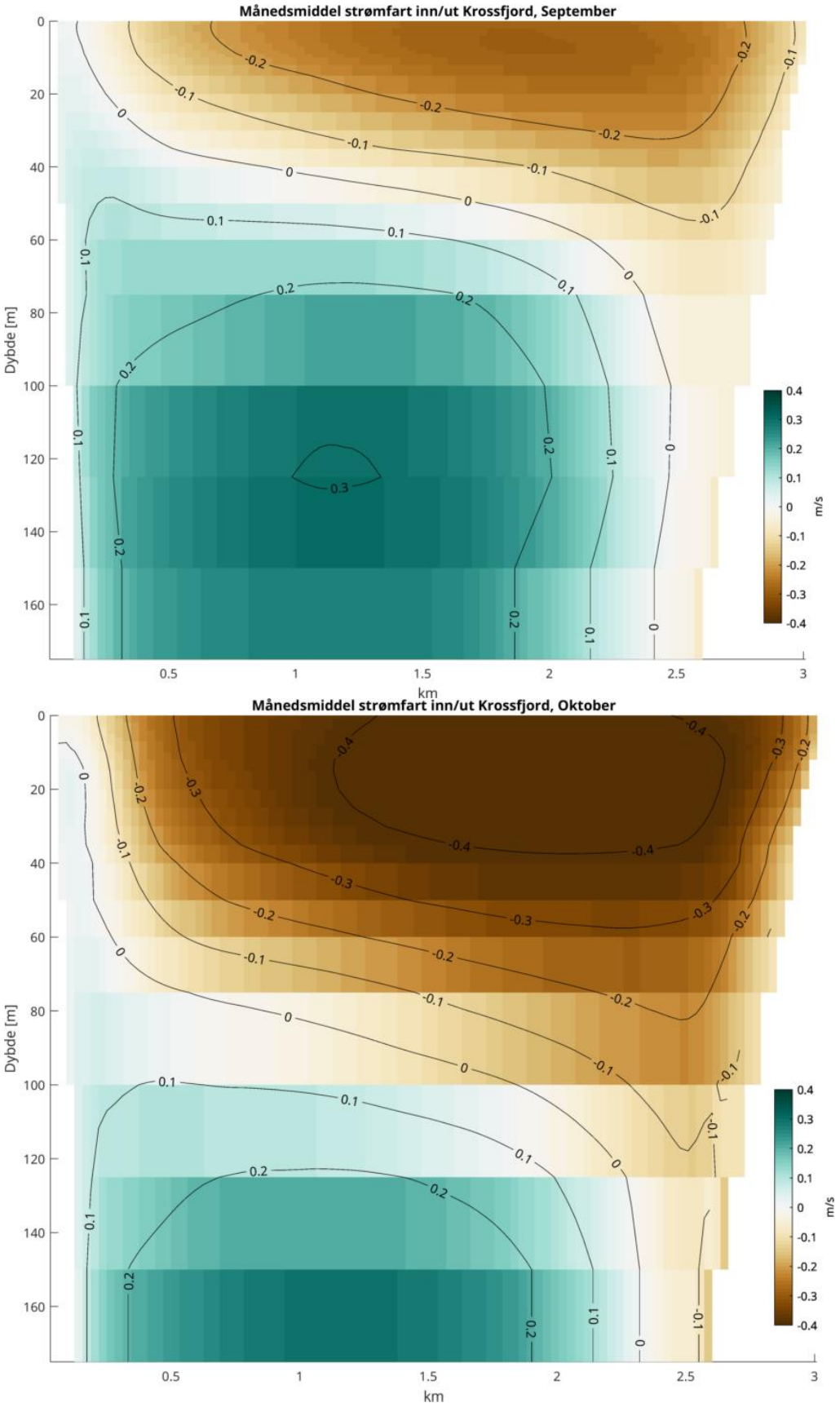
Figur 3.8 Vertikalt snitt på tvers av Krossfjorden som viser strømfart (månedlig middel) på tvers av snittet for mars og april.



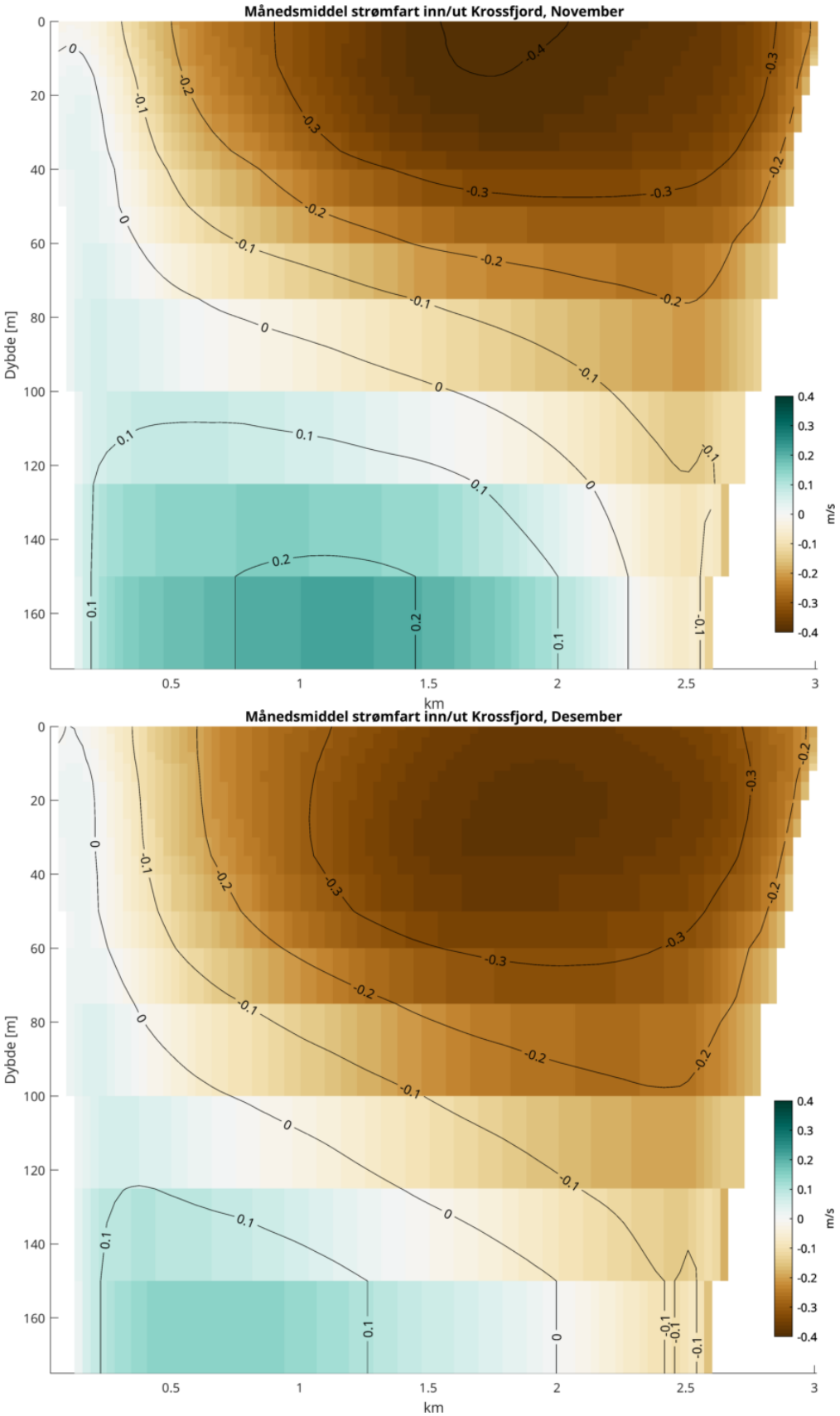
Figur 3.9 Vertikalt snitt på tvers av Krossfjorden som viser strømfart (månedlig middel) på tvers av snittet for mai og juni.



Figur 3.10 Vertikalt snitt på tvers av Krossfjorden som viser strømfart (månedlig middel) på tvers av snittet for juli og august.



Figur 3.11 Vertikalt snitt på tvers av Krossfjorden som viser strømfart (månedlig middel) på tvers av snittet for september og oktober.



Figur 3.12 Vertikalt snitt på tvers av Krossfjorden som viser strømfart (månedlig middel) på tvers av snittet for november og desember.

3.2 Spredning av virus

I dette prosjektet er det simulert fire lokaliteter med Eulersk tilnærming (konsentrasjon) og 13 lokaliteter med Lagransk tilnærming (partikler). Resultatene fra disse simuleringene viser at det er kun et fåtall av lokasjonene som påvirker 10042 Skjelevik i signifikant grad. Tabell 3.1 gir en oversikt over hvilke lokaliteter der det er smittehendelser til Skjelevik. I denne rapporten vises figurer kun fra de lokalitetene der det er signifikant smitte til Skjelevik.

Tabell 3.1 Oversikt over alle lokalitetene og smitte til 10042 Skjelevik.

Lokalitetsnummer	Lokalitetsnavn	Eulersk metode	Lagrange metode
10041	Kviksholmen		Ingen signifikant smitte
10045	Eidholmen		Ingen signifikant smitte
11533*	Usholmvika	Ikke aktuelt – planlagt avviklet	Smitte, men planlagt avviklet
11552	Stuholmen		Ingen signifikant smitte
11611	Naveide	Ingen signifikant smitte	Ingen signifikant smitte
18255**	Porsvika	Smitte	Smitte
20115	Skjerholmen N		Ingen signifikant smitte
20595	Kyrholmen		Ingen signifikant smitte
25835	Flatøyflu		Ingen signifikant smitte
30837	Torangskjeret		Ingen signifikant smitte
31038	Buarøy	Tidvis noe smitte	Ingen signifikant smitte
31157	Fiksneset	Smitte	Smitte
32757	Horgefjorden		Ingen signifikant smitte

* Planlagt avviklet til fordel for 10042 Skjelevik

** Slaktemerd

3.2.1 31157 Fiksneset

Her presenteres resultatene av smittepåvirkning til Skjelevik fra Fiksneset.

3.2.1.1 Resultater fra simuleringen med Eulersk tilnærming

Figur 3.13 viser simulert spredning av virus fra Fiksneset til Skjelevik. Dataene er tatt ut i midten av anlegget Skjelevik, og er basert på øyeblikksbilder av konsentrasjon fra modellen lagret hver halvtime. Figuren viser konsentrasjoner av infeksiøse partikler (IU m^{-3}) over de øverste 30 meterne av vannkolonna gjennom hele året. Ut fra denne figuren kan vi se at det er høyere konsentrasjoner om sommeren nærmere overflaten, mens de høyeste konsentrasjonene er i 30 m dyp er på høsten. Vi har valgt ut januar, juni og november som tre perioder med ulik smittesituasjon fra Fiksenset. Dette er for å se mer på den romlige fordelingen for overflatelaget og ved 30 m dyp.

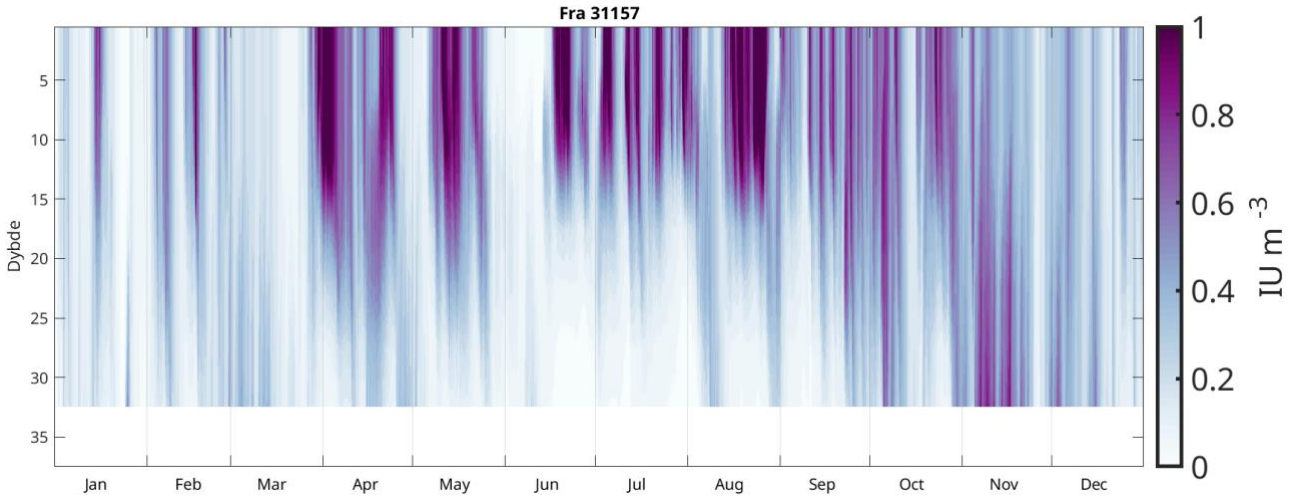
Figur 3.14, Figur 3.15 og Figur 3.16 viser maksimumskonsentrasjonen (IU m^{-3}) for henholdsvis januar, juni og november. Denne er satt sammen slik at det er maksimum konsentrasjon for hver gridcelle for hver måned, og er ikke et øyeblikksbilde av en konsentrasjon. Det er således en mye «strengere» måte å fremvise data på, og middel-konsentrasjoner vil være lavere enn hva disse figurene viser.

Ved å velge ut maksimumkonsentrasjonen får vi frem scenarioet med størst spredning fra Fikseneset. Figurene viser at det for begge månedene er høyere konsentrasjon og større utbredelse i overflaten enn i

30 m dyp. I begge dypene spres smitten i hovedsakelig to retninger. En gren går innover i Krossfjorden, mens en annen går utover. Tidevannet skaper denne spredningen. Fra den grena som går ut av Krossfjorden, bryter noe av og går inn i sundet mellom Toftarøyna og Steinsland. Figurene viser også at det er noe høyere konsentrasjoner i januar enn i de andre to månedene, og da særlig i overflaten. Merk at fargeskalaen i figurene er forskjellig. For å få frem verdiene i Figur 3.13 går fargeskalaen fra 0 til 1 IU m^{-3}, mens i Figur 3.14 til Figur 3.16 går den fra 0 til 10 IU m^{-3}.

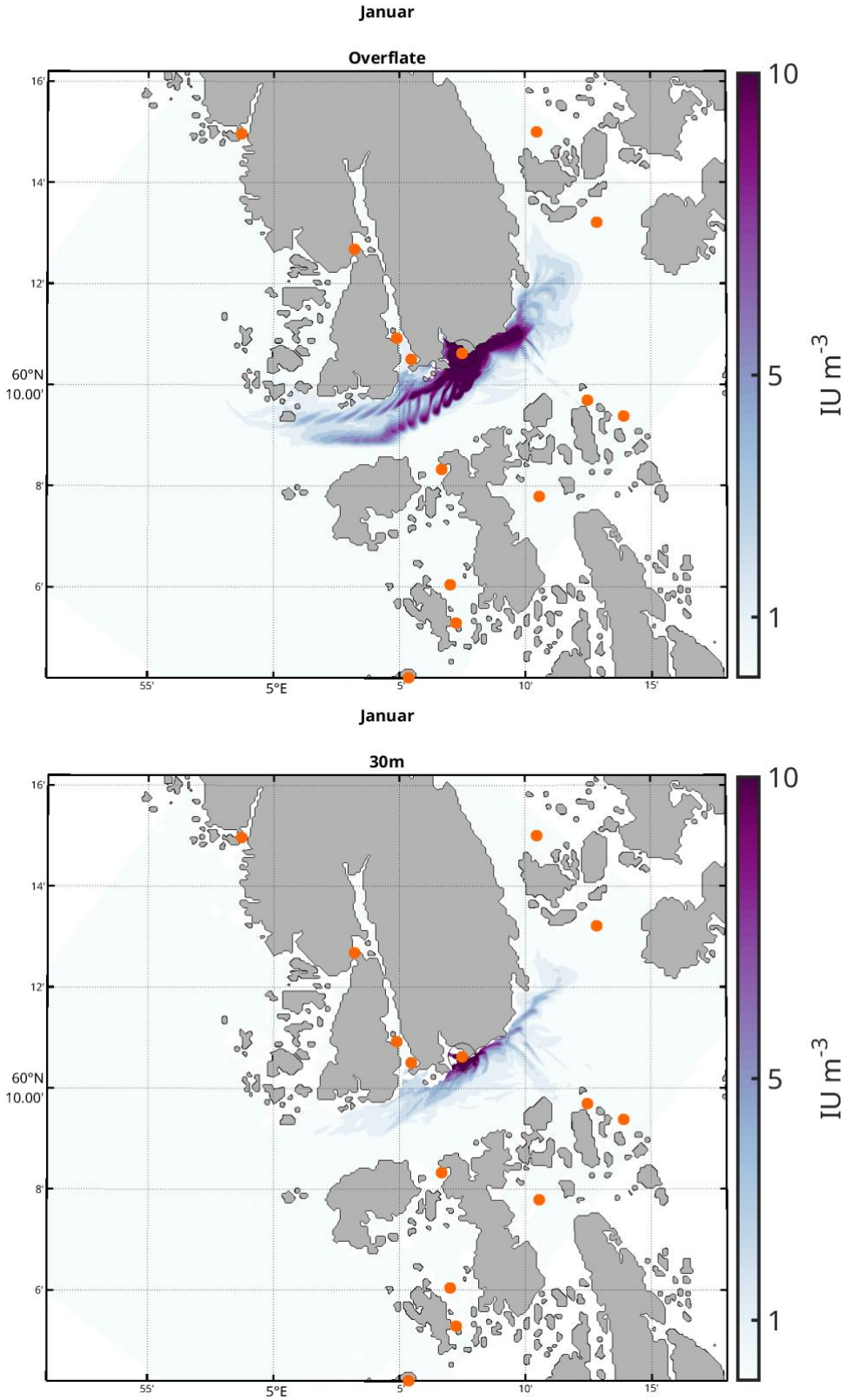
Fra Fiksneset kommer mesteparten av virus-konsentrasjonen i øvre vannlag (Figur 3.13 Simulert spredning av virus (IU m^{-3}) ved 10042 Skjelevik fra 311575 Fiksneset. Skalaen i denne figuren skiller seg ut fra Figur 3.14 til Figur 3.16 ved å være mye finere inndelt, og mye snevrere. Dette er gjort for å kunne skille ut de periodene der det er treff på Skjelevik.). Mesteparten av smitten som kom i 25-35 m dyp kom om høsten. En forklaring på dette kan være både at det er svakere strømmer om sommeren og lagdelingen hindrer dypere blanding av utslipp, slik at da blir det mindre kontakt til Skjelevik. Kraftig strøm ut Krossfjorden i overflaten vil dytte noe vann inn Austefjorden og dermed skape vannkontakt til Skjelevik.

I overflaten i Figur 3.15 vises det noen lommer av høyere konsentrasjon. Vi tror det henger sammen med svakere strømmer i juni, og at mer utslipp kan konsentreres opp i vannet før det transporteres vekk av bakgrunnsstrøm og tidevann.

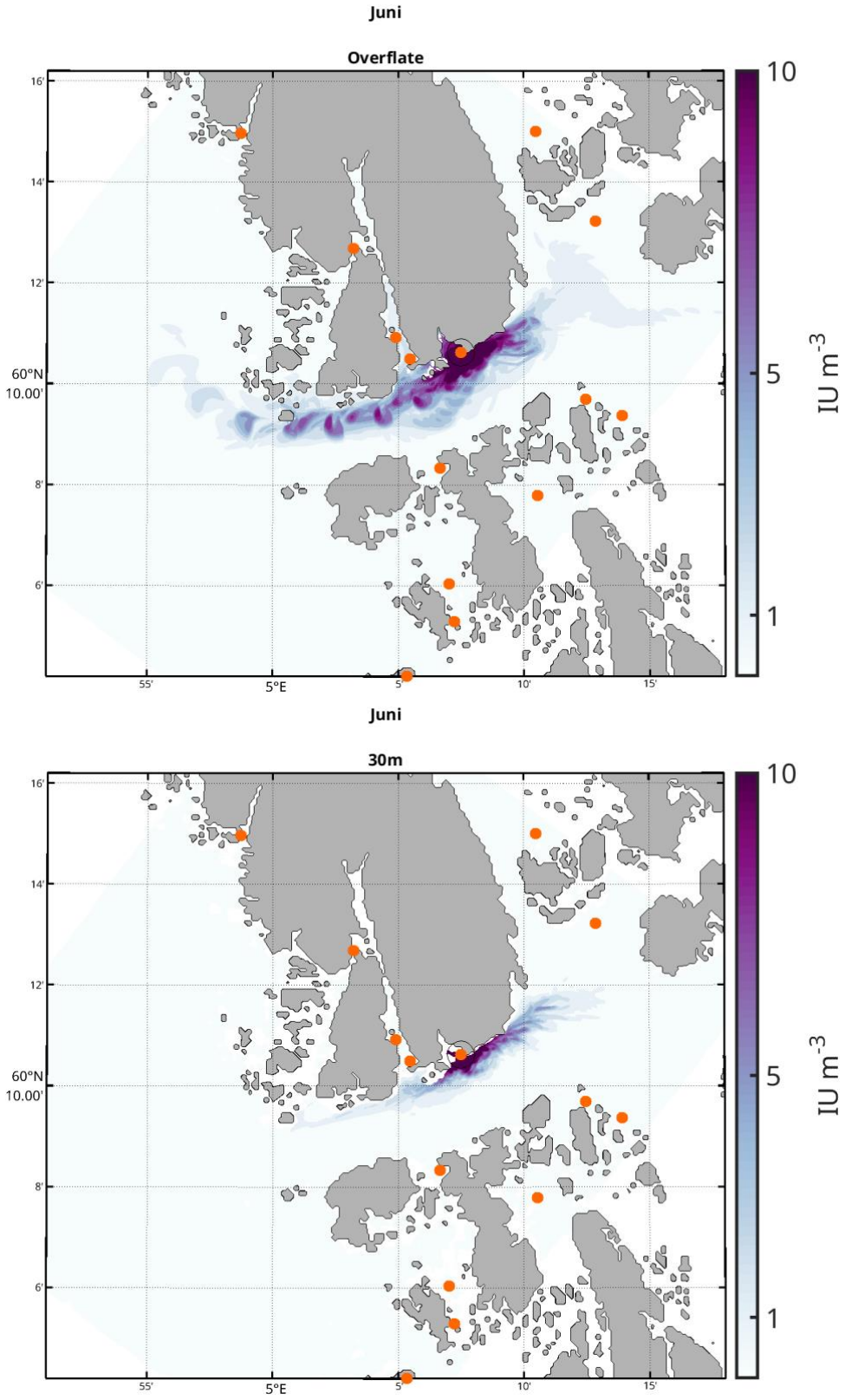


Figur 3.13 Simulert spredning av virus (IU m^{-3}) ved 10042 Skjelevik fra 311575 Fiksneset. Skalaen i denne figuren skiller seg ut fra Figur 3.14 til Figur 3.16 ved å være mye finere inndelt, og mye snevrere. Dette er gjort for å kunne skille ut de periodene der det er treff på Skjelevik.

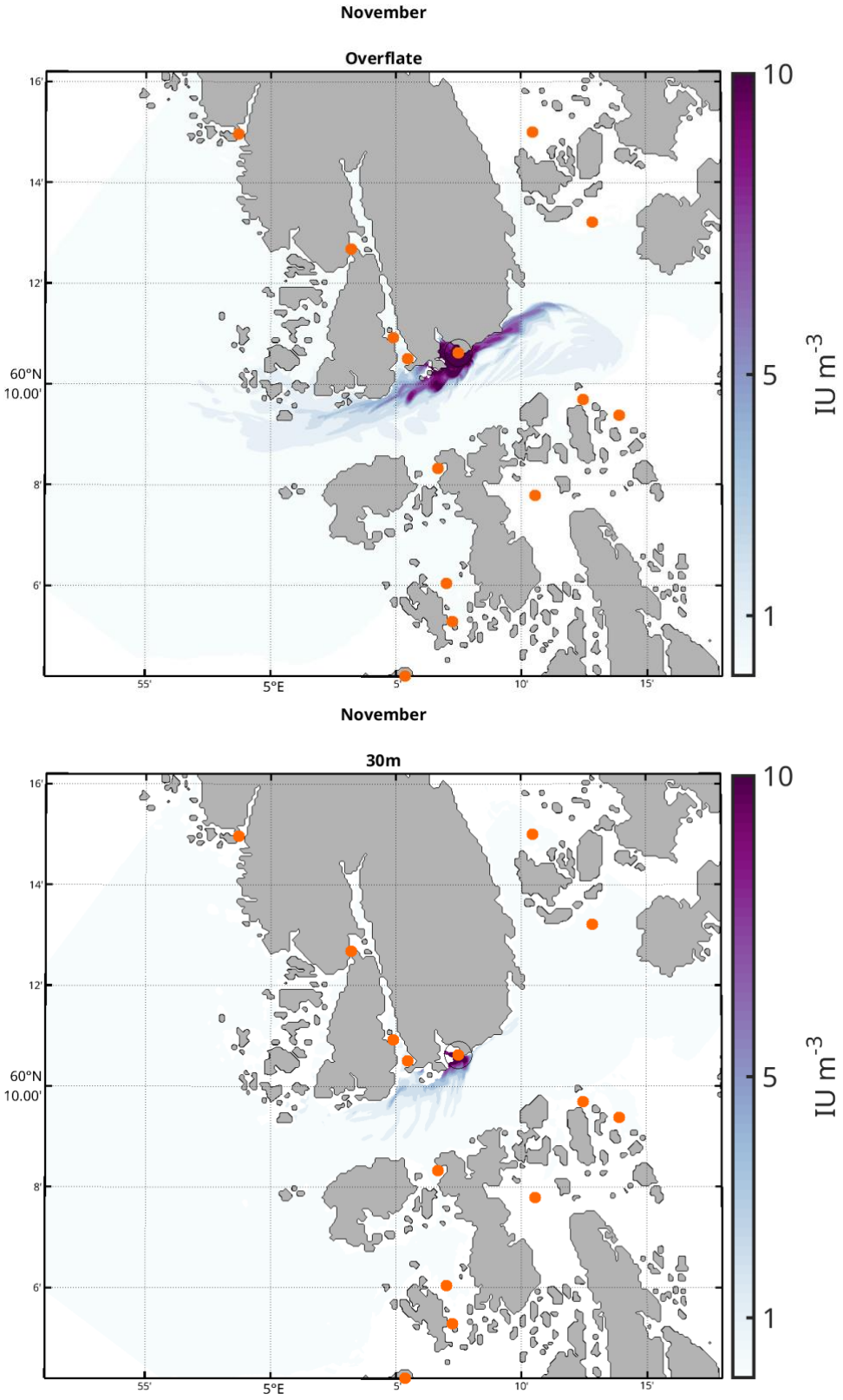
Figur 3.17, Figur 3.18 og Figur 3.19 viser middel konsentrasjon i januar, april og november summert over hele vannsøyla (IU m^{-2}). Disse figurene viser at det er mer smitte som går inn i sundet mellom Steinsland og Toftarøyna i november enn i de andre månedene.



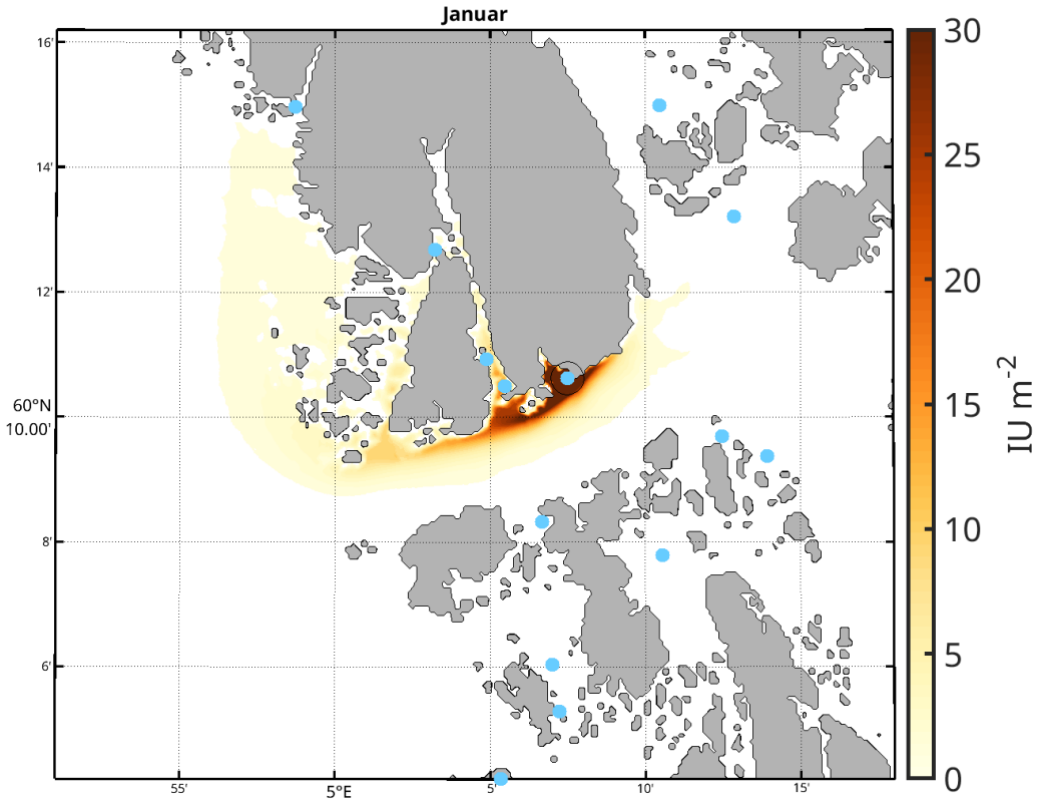
Figur 3.14 Maksimumskonsentrasjon (IU m^{-3}) i overflaten (øverst) og i 30 m dyp (nederst) fra 31157 Fiksenset for januar. Merk at fargeskalaen i denne figuren går mye høyere enn i Figur 3.13.



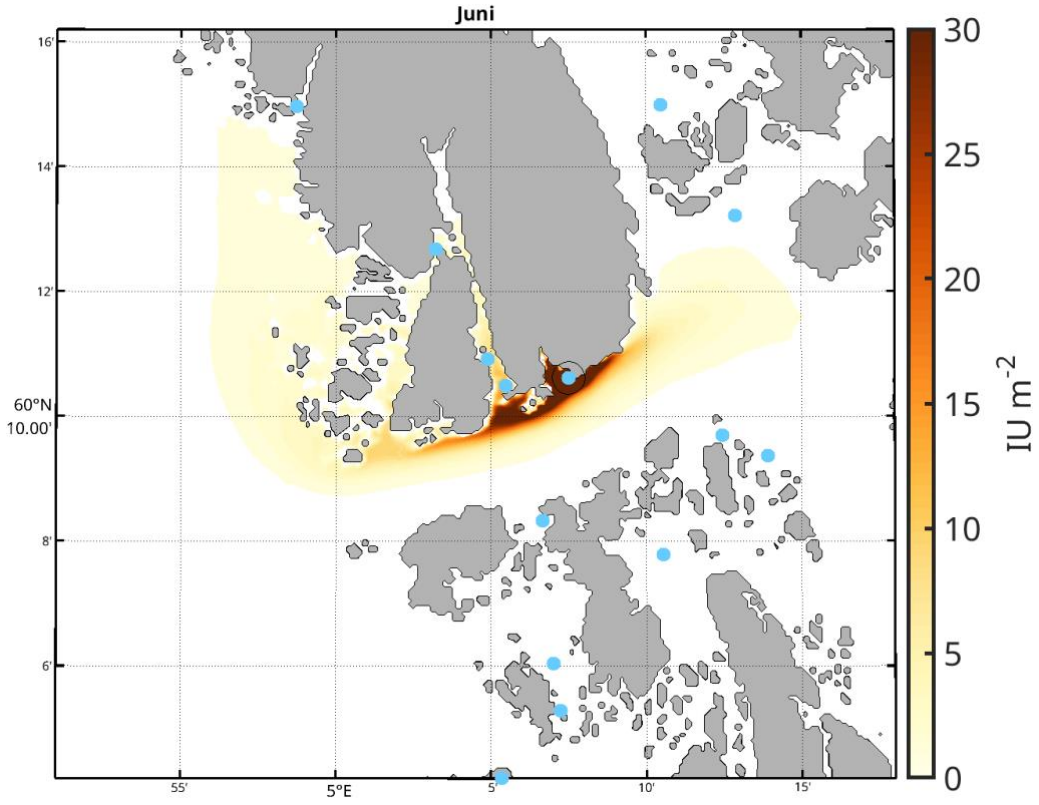
Figur 3.15 Maksimumskonsentrasjon (IU m^{-3}) i overflaten (øverst) og i 30 m dyp (nederst) fra 31157 Fiksenset for juni. Merk at fargeskalaen i denne figuren går mye høyere enn i Figur 3.13.



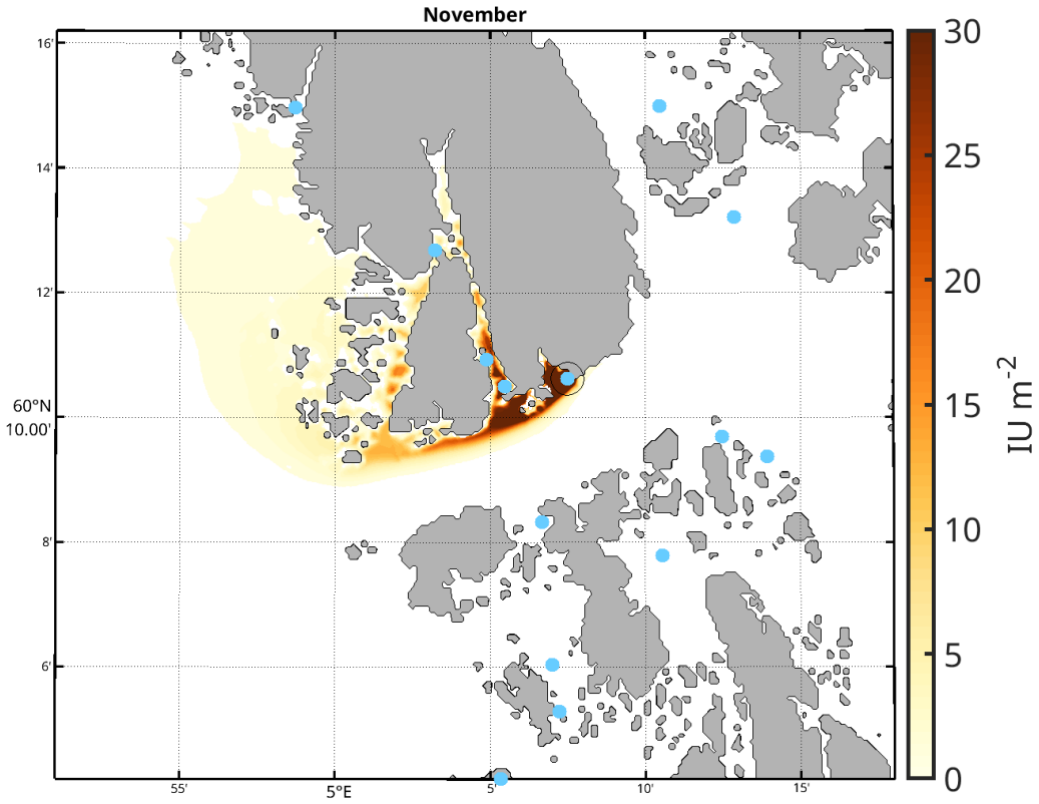
Figur 3.16 Maksimumskonsentrasjon (IU m^{-3}) i overflaten (øverst) og i 30 m dyp (nederst) fra 31157 Fiksenset for juni. Merk at fargeskalaen i denne figuren går mye høyere enn i Figur 3.13.



Figur 3.17 Middel konsentrasjon integrert over hele vannsøyla (IU m^{-2}) for januar for smitte fra 31157 Fiksneset.



Figur 3.18 Middel konsentrasjon integrert over hele vannsøyla (IU m^{-2}) for juni for smitte fra 31157 Fiksneset.

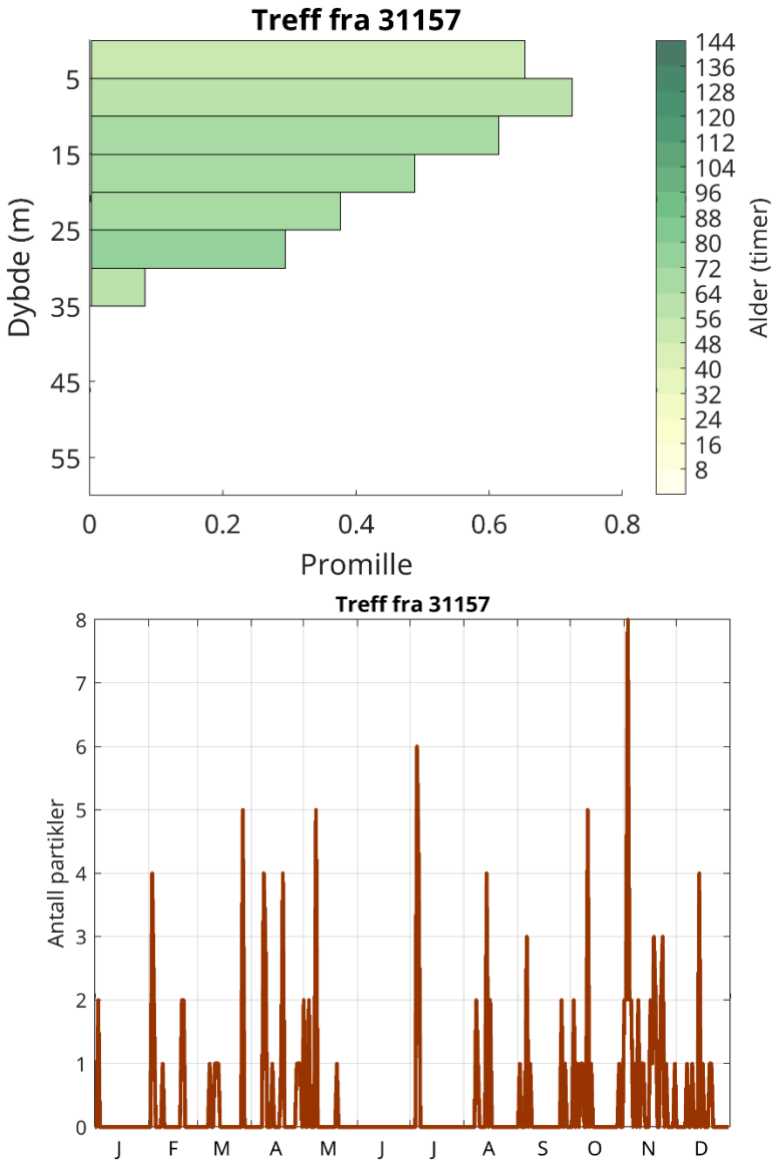


Figur 3.19 Middel konsentrasjon integrert over hele vannsøyla (IU m^{-2}) for november for smitte fra 31157 Fiksneset.

3.2.1.2 Resultater fra simulering med Lagrange tilnærming

Andel partikler som i løpet av et år spres fra Fiksneset og til ulike dybdelag innenfor anleggsområdet til Skjelevik er vist i Figur 3.20 (øverst). Det er flest partikler som når anlegget i de øverste 25 m av vannsøylen, og størst andel kommer innenfor anlegget ved 5-10 m dyp (0.7 ‰). Ved 25-35 m dyp er andelen under 0.4 ‰. Partiklene i 25-35 m dyp har i gjennomsnitt brukt 70 timer fra Fiksneset til Skjelevik.

En tidsserie av antall treff for i dypet mellom 25 og 35 m er vist i Figur 3.20 (nederst). Det er jevnt treff gjennom hele året, med en hendelse i månedsskifte oktober/november med 8 partikler. Totalt treffer 132 partikler fra Fiksneset Skjelevik i løpet av året i 25-35 m dyp. Det slippes til sammenligning 960 partikler fra Fiksneset hvert døgn. Det er ikke tatt hensyn til dødelighet av de virtuelle partiklene, men partikler eldre enn 6 døgn er tatt ut.



Figur 3.20 Antall treff på 10042 Skjelevik fra 31157 Fiksneset. Resultater fra den lagrangesk tilnærmingen. Den øverste figuren viser totalt antall treff i løpet av et år i promille av alle partikler som er sluppet ut fra Fiksneset fordelt på dyp. Fargen angir gjennomsnittlig alder i timer til partiklene når de ankommer Skjelevik. Den nederste figuren viser antall treff i dypet mellom 25 og 35 m som funksjon av tiden.

3.2.2 18255 Porsvika

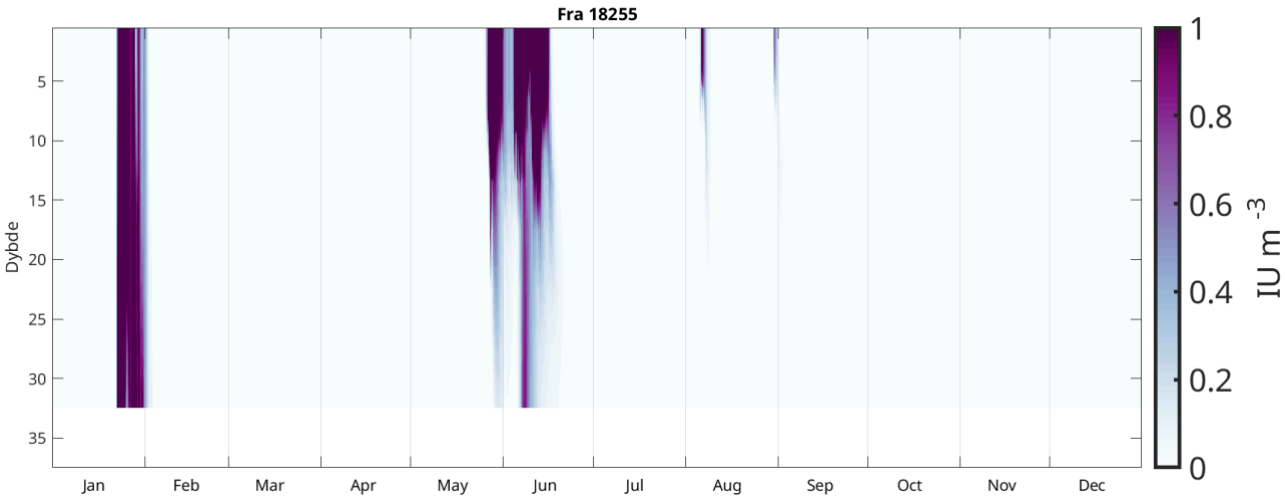
Her presenteres resultatene av smittepåvirkning til Skjelevik fra Porsvika. Porsvika er et slakteanlegg, så her er det grunnere. I modelleringen er det antatt at det er fisk med smitte her til enhver tid.

3.2.2.1 Resultater fra simuleringen med Eulersk tilnærming

Figur 3.21 viser simulert spredning av virus fra Porsvika til Skjelevik. Dataene er tatt ut i midten av anlegget Skjelevik. Figuren viser konsentrasjoner av infeksiøse partikler (IU m^{-3}) over de øverste 30 meterne av vannkolonna gjennom hele året. Ut fra denne figuren kan vi se at det er hovedsakelig to episoder der det kommer smitte til Skjelevik fra Porsvika. Disse periodene er i månedsskiftet januar/februar og mai/juni. Det er i tillegg en liten hendelse i august, men i denne perioden er smitten kun i de øverste 10 meterne.

Vi har valgt ut januar og juni som er to perioder med hendelser med spredning fra Porsvika til Skjelevik, for å se mer på den romlige fordelingen for overflatelaget og ved 30 m dyp. I tillegg har vi også valgt å vise resultatene fra november, som er en av månedene med lite smittespredning til Skjelevik fra Porsvika. Figur 3.22, Figur 3.23 og Figur 3.24 viser maksimumskonsentrasjonen (IU m^{-3}) for henholdsvis januar, juni og november. Ved å velge ut maksimumkonsentrasjonen får vi frem scenarioet med størst spredning fra Fikseneset. Figurene viser at det for begge månedene er høyere konsentrasjon og større utbredelse i overflaten enn i 30 m dyp. I begge dypene spres smitten i hovedsakelig to retninger. En gren går mot sørvest og den andre går sørover i sundet mot Skjelevik. I november går alt mot sørvest, og ingenting inn i sundet mot Skjelevik. Totalt sett ser vi at vannet for det meste går ut på vestsiden av Toftarøyna. Det er to perioder som viser klar smittetransport fra Porsvika til Skjelevika i 25-35 m dyp, som Figur 3.21 viser.

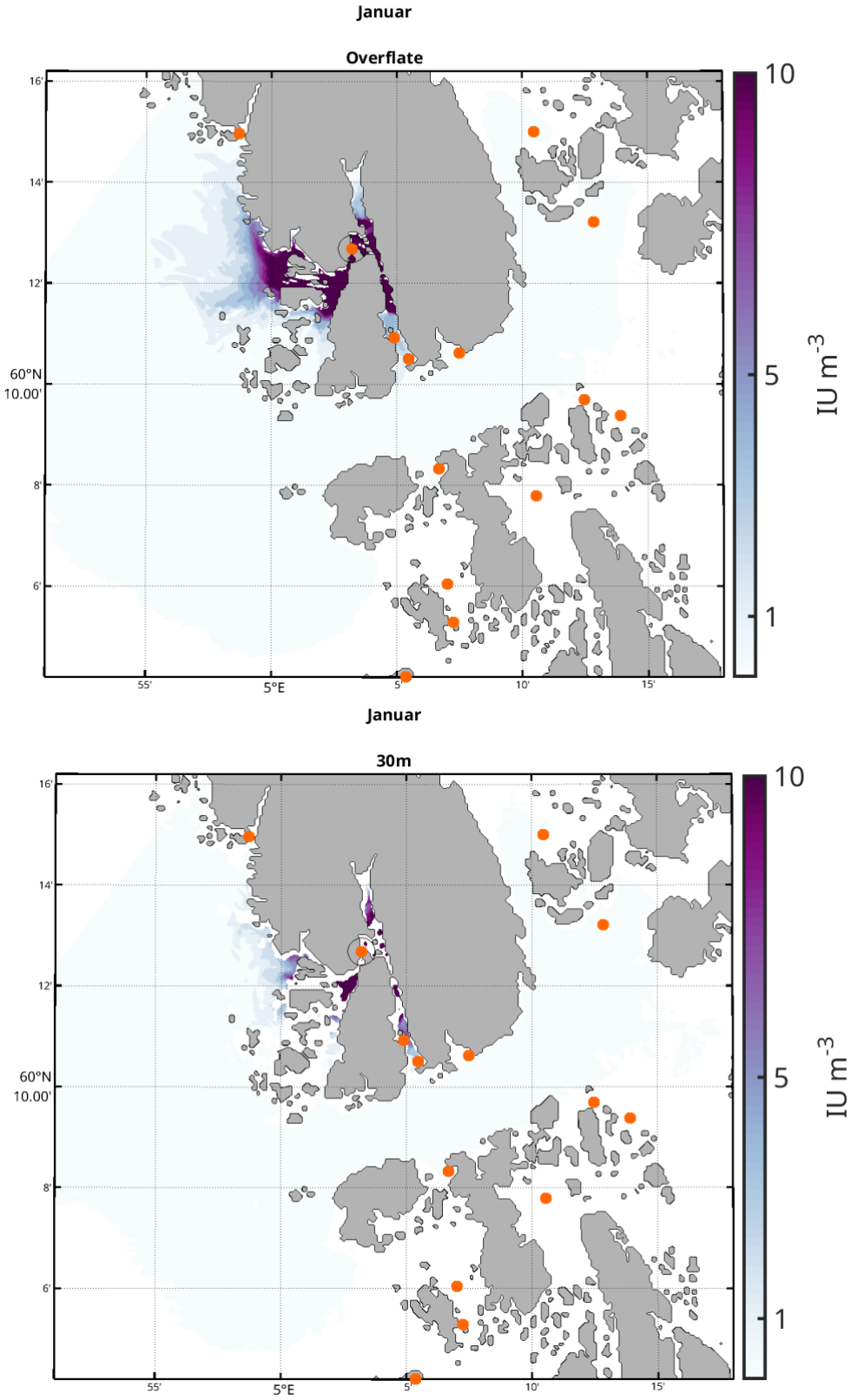
Merk at fargeskalaen i figurene er forskjellig. For å få frem verdiene i Figur 3.21 går fargeskalaen fra 0 til 1 IU m^{-3}, mens i Figur 3.22 til Figur 3.24 går den fra 0 til 10 IU m^{-3}.



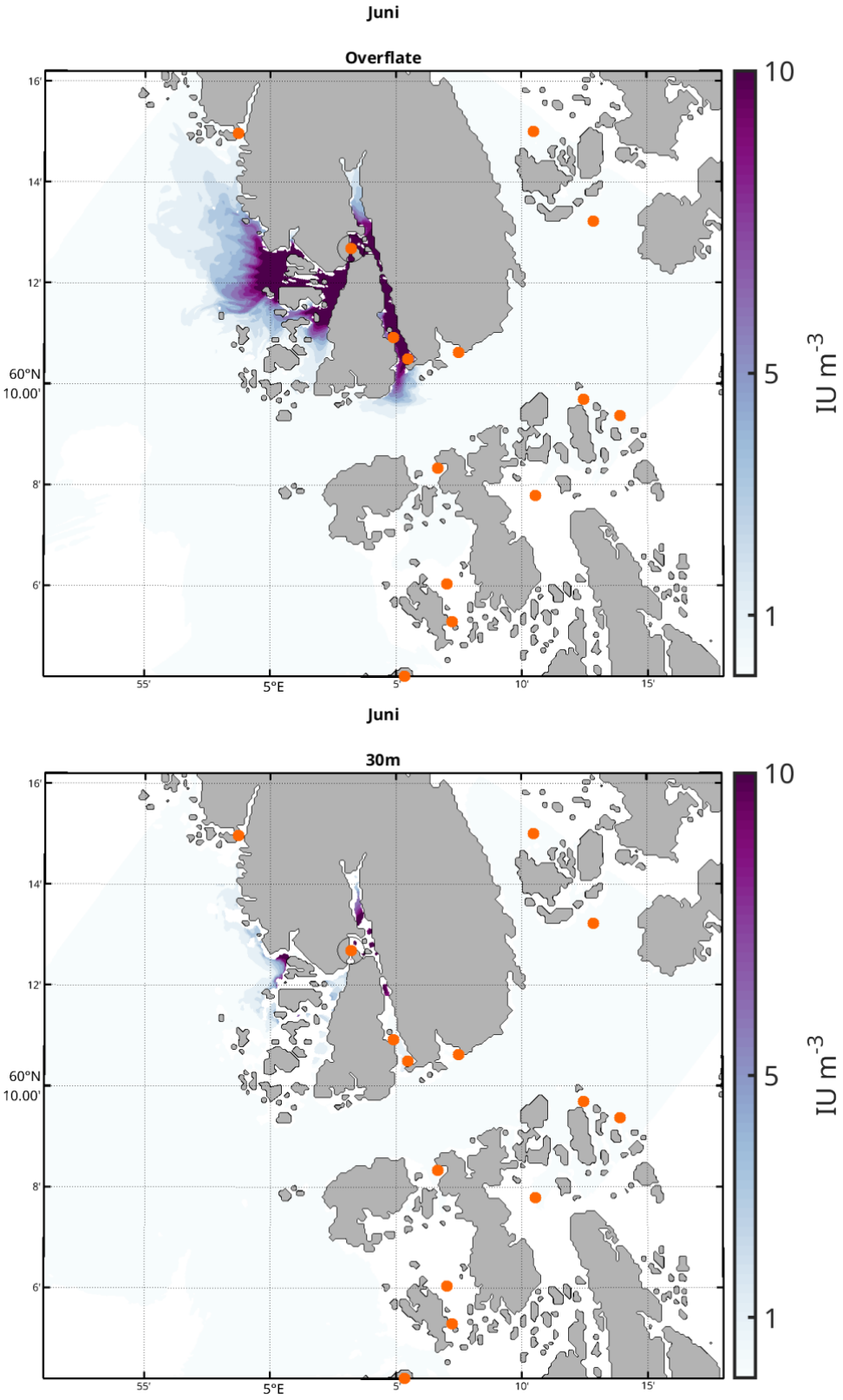
Figur 3.21 Simulert spredning av virus (IU m^{-3}) ved 10042 Skjelevik fra 18255 Porsvika. Skalaen i denne figuren skiller seg ut fra Figur 3.22 til Figur 3.24 ved å være mye finere inndelt, og mye snevrere. Dette er gjort for å kunne skille ut de periodene der det er treff på Skjelevik.

Figur 3.22 til Figur 3.24 viser spredningen av viruskonsentrasjon fra Porsvika,

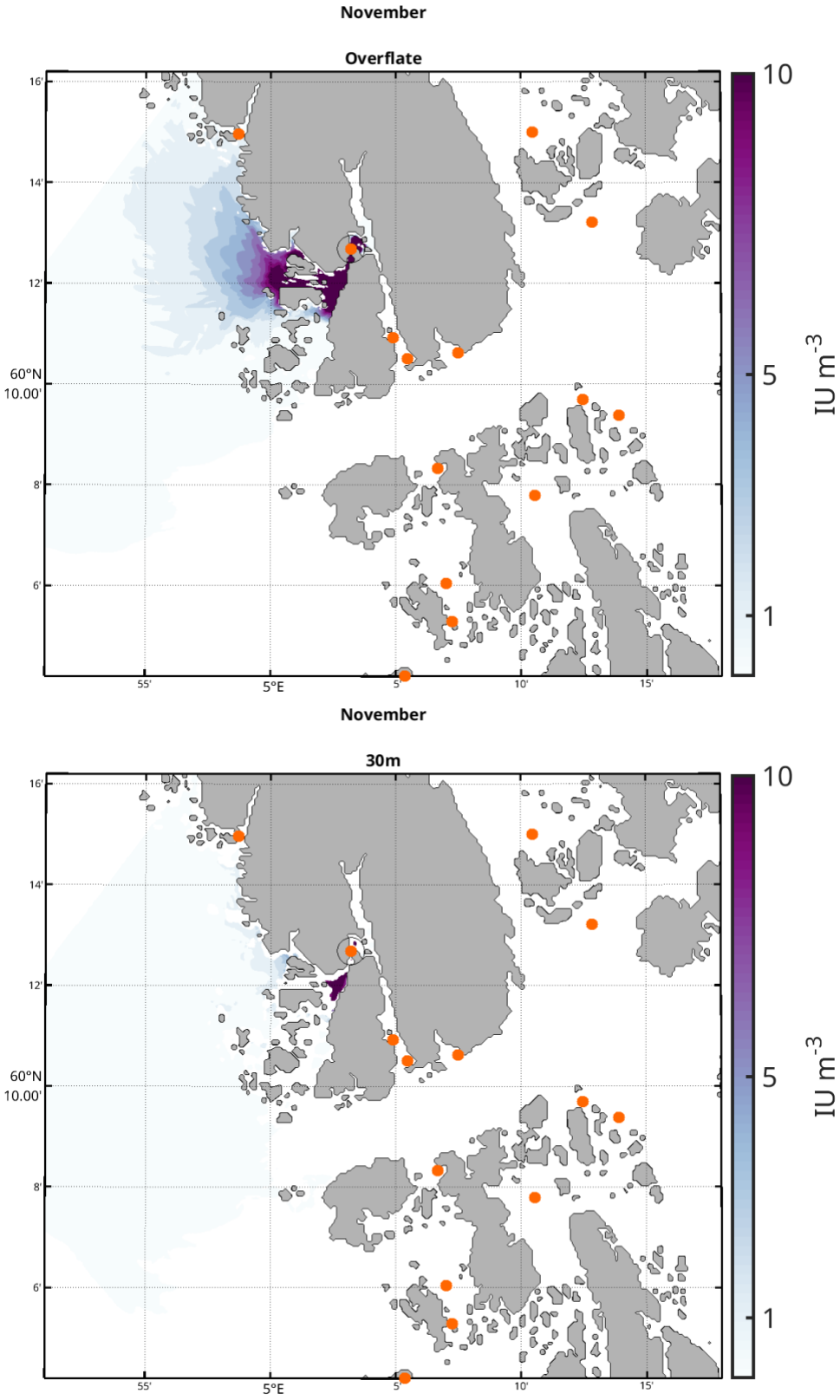
Figur 3.25, Figur 3.26 og Figur 3.27 viser konsentrasjonen i henholdsvis januar, juni og november summert over hele vannsøyla (IU m^{-2}). Disse figurene viser også at det er en del smitte som når Skjelevik fra Porsvika i januar og juni, mens i november er det ingen hendelser med smitte fra Porsvika.



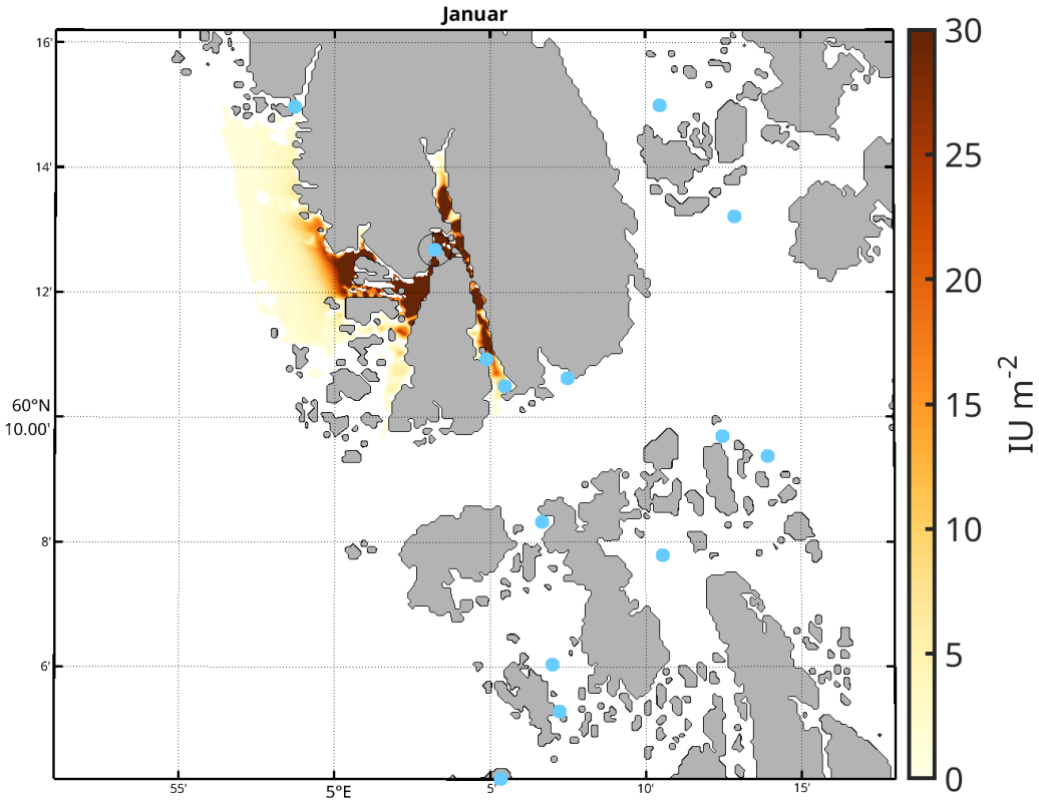
Figur 3.22 Maksimumskonsentrasjon (IU m^{-3}) i overflaten (øverst) og i 30 m dyp (nederst) fra 18255 Porsvika for januar. Merk at fargeskalaen i denne figuren går mye høyere enn i Figur 3.21.



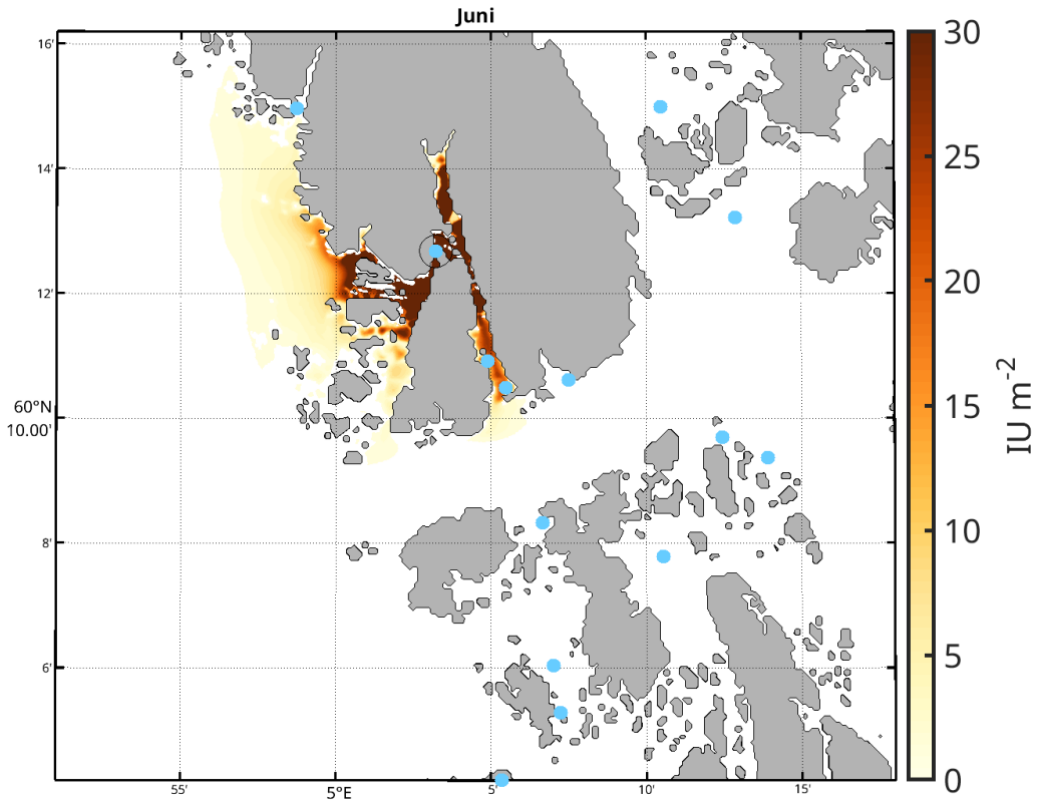
Figur 3.23 Maksimumskonsentrasjon (IU m^{-3}) i overflaten (øverst) og i 30 m dyp (nederst) fra 18255 Porsvika for juni. Merk at fargeskalaen i denne figuren går mye høyere enn i Figur 3.21.



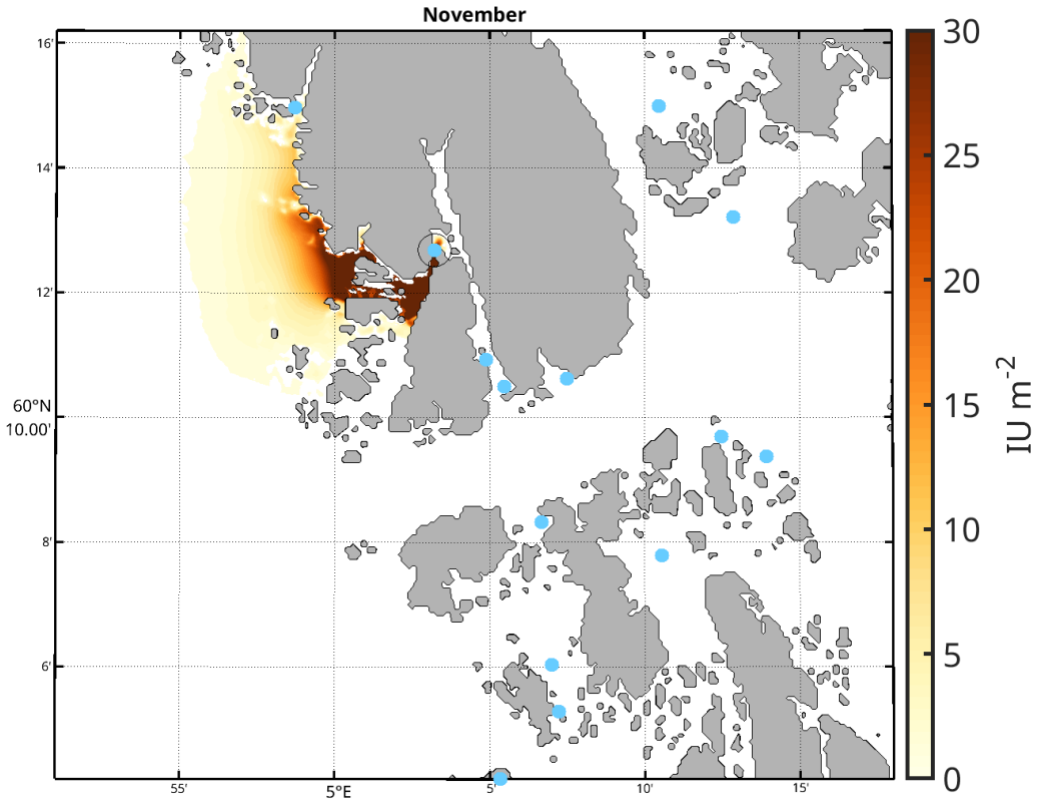
Figur 3.24 Maksimumskonsentrasjon (IU m^{-3}) i overflaten (øverst) og i 30 m dyp (nederst) fra 18255 Porsvika for november. Merk at fargeskalaen i denne figuren går mye høyere enn i Figur 3.21.



Figur 3.25 Konsentrasjon integrert over hele vannsøyla (IU m^{-2}) for januar for smitte fra 18255 Porsvika.



Figur 3.26 Konsentrasjon integrert over hele vannsøyla (IU m^{-2}) for juni for smitte fra 18255 Porsvika.

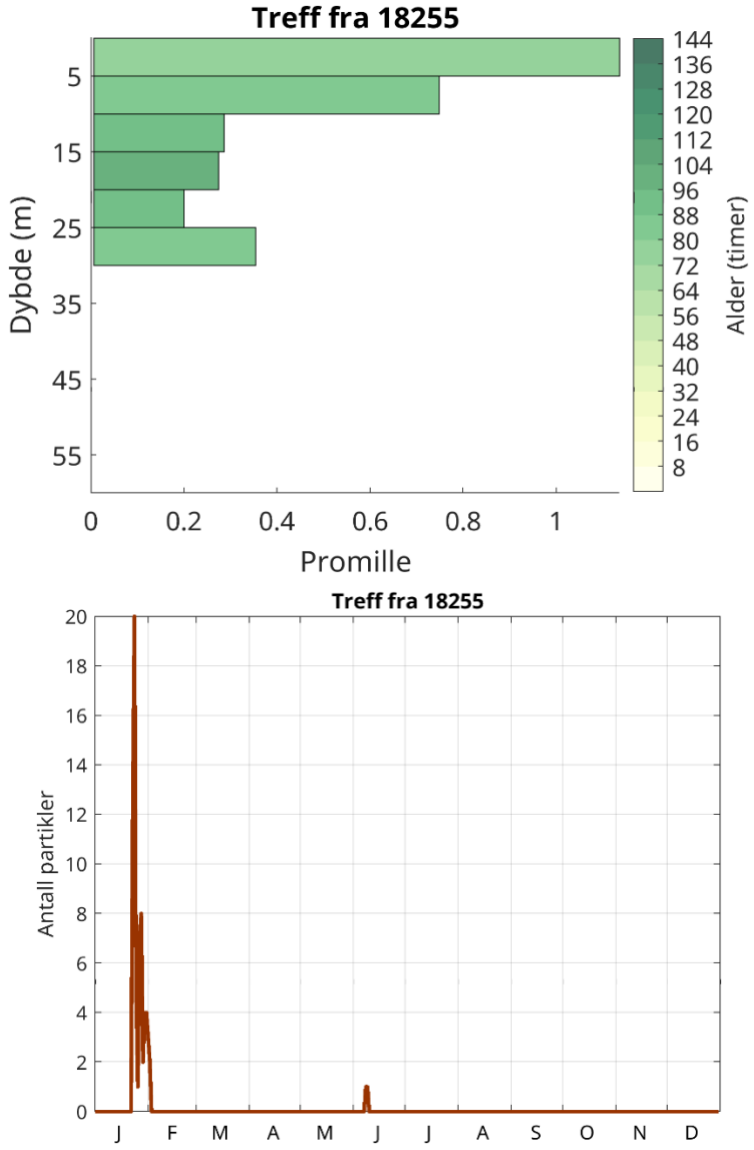


Figur 3.27 Konsentrasjon integrert over hele vannsøyla (IU m^{-2}) for november for smitte fra 18255 Porsvika.

3.2.2.2 Resultater fra simulering med Lagrange tilnærming

Andel partikler som i løpet av et år spres fra Porsvika og til ulike dybdelag innenfor anleggsområdet til Skjelevik er vist i Figur 3.28 (øverst). Det er flest partikler som når anlegget i de øverste 10 m av vannsøylen, og størst andel kommer innenfor anlegget ved 0-5 m dyp (1.2 ‰). Ved 25-35 m dyp er andelen under 0.4 ‰. Partiklene i 25-35 m dyp har i gjennomsnitt brukt 89 timer fra Porsvika til Skjelevik.

En tidsserie av antall treff for i dypet mellom 25 og 35 m er vist i Figur 3.28 (nederst). Figuren viser at det er hovedsakelig i januar/februar det er treff. Totalt treffer 70 partikler fra Porsvika Skjelevik i løpet av året i 25-35 m dyp. Det slippes til sammenligning 480 partikler fra Porsvika hvert døgn. Det er ikke tatt hensyn til dødelighet av de virtuelle partiklene, men partikler eldre enn 6 døgn er tatt ut.



Figur 3.28 Antall treff på 10042 Skjelevik fra 18255 Porsvika. Resultater fra den lagrangesk tilnærmingen. Den øverste figuren viser totalt antall treff i løpet av et år i promille av alle partikler som er sluppet ut fra Porsvika fordelt på dyp. Fargen angir gjennomsnittlig alder i timer til partiklene når de ankommer Skjelevik. Den nederste figuren viser antall treff i dypet mellom 25 og 35 m som funksjon av tiden.

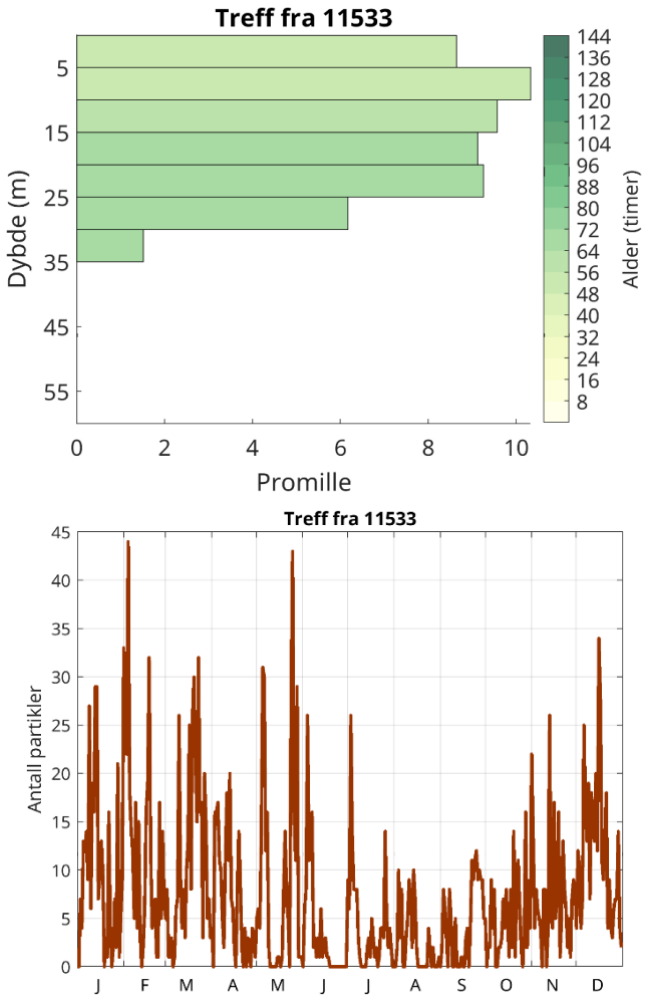
3.2.3 11533 Usholmvika

Her presenteres resultatene av smittepåvirkning til Skjelevik fra Usholmvika. Denne lokaliteten er planlagt nedlagt, men vi tar med resultatene fra partikkelsimuleringen for sammenligning.

3.2.3.1 Resultater fra simulering med Lagrange tilnærming

Andel partikler som i løpet av et år spres fra Usholmvika og til ulike dybdelag innenfor anleggsområdet til Skjelevik er vist i Figur 3.29 (øverst). Det er flest partikler som når anlegget i de øverste 25 m av vannsøylen, og størst andel kommer innenfor anlegget ved 5-10 m dyp (10.3 ‰). Ved 25-35 m dyp er andelen mindre enn 7 ‰. Partiklene i 25-35 m dyp har i gjennomsnitt brukt 71 timer fra Usholmvika til Skjelevik.

En tidsserie av antall treff for i dypet mellom 25 og 35 m er vist i Figur 3.29 (nederst). Det er jevnt treff gjennom hele året, med to hendelser der over 40 partikler treffer Skjelevik. Totalt treffer 2692 partikler fra Usholmvika Skjelevik i løpet av året i 25-35 m dyp. Det slippes til sammenligning 960 partikler fra Usholmvika hvert døgn. Det er ikke tatt hensyn til dødelighet av de virtuelle partiklene, men partikler eldre enn 6 døgn er tatt ut.



Figur 3.29 Antall treff på 10042 Skjelevik fra 11533 Usholmvika. Resultater fra den Lagranske tilnærmingen. Den øverste figuren viser totalt antall treff i løpet av et år i promille av alle partikler som er sluppet ut fra Usholmvika fordelt på dyp. Fargen angir gjennomsnittlig alder i timer til partiklene når de ankommer Skjelevik. Den nederste figuren viser antall treff i dypet mellom 25 og 35 m som funksjon av tiden.

3.2.4 11611 Naveide

Ingen partikler fra Naveide ble registrert på lokaliteten Skjelevik i 25-35 m dyp. Fra den Eulerske modellen ble det registrert en veldig svak konsentrasjon på lokaliteten Skjelevik, for svak til å komme med innenfor tre desimaler i Tabell 3.7

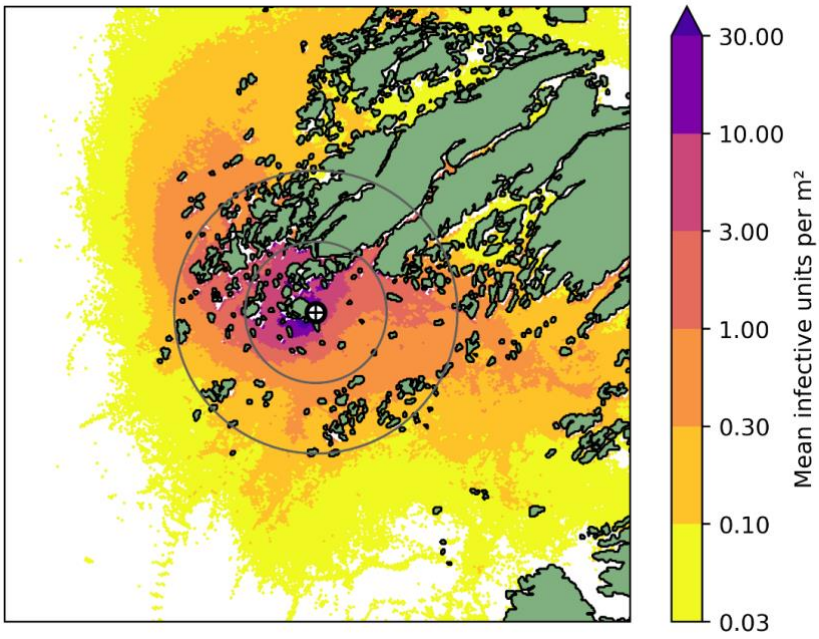
3.2.5 31038 Buarøy

Tre partikler fra Buarøy traff Skjelevik i dypet 25-35 m. Fra den Eulerske modellen ble det registrert noe smitte når man ser på hele vannsøylen, se Tabell 3.7.

3.3 Kategorisering av vannkontakt/smittespredning

I Optilok prosjektet[4] (FHF, Christensen mfl. 2026) er det utarbeidet en kategorisering av vannkontakt basert på fortynning og nedbryting av et smittestoff over tid. I HIs ILA-rapporter er det brukt et sett av parametre og i Optilok prosjektet er det brukt andre verdier, men en omregningsfaktor er beregnet mellom de to forskjellige metodene ($\{v\} \approx 1/12.7 \cdot \{v_{ILA}\}$).

v er vannkontakt etter Optilok metoden og v_{ILA} er vannkontakt beregnet i ILA-rapportene. Begge metodene bruker 48 timers halveringstid og forholder seg til vertikalt summert smitte. For ILA-rapportene er det uttrykt i Infective Units (IU) per m^2, mens for Optilok er verdien en dose i IU·h, normalisert til et referanseareal på π/4 km² (dvs en sirkel med radius 500 m).



Figur 3.30 Eksempel på figur av smittepress fra Havforskningsinstituttet sine ILA-rapporter til Mattilsynet hvor det er benyttet halveringstid på 48 timer. Sirklene viser avstand på 5 og 10 km luftlinje fra smittelokaliteten, som er de veiledende distansene for henholdsvis vernesone og overvåkningssone for ILA i henhold til Mattilsynet sin beredskapsplan for ILA (Mattilsynet, 2025).

[4] Christensen mfl. 2026 er ikke ennå publisert. Vi tar likevel med innhold på metodikken derfra for å forklare hvordan vi har beregnet vannkontakt, og brukt klassifiseringen av smittetransport/risiko. Vi tar forbehold om endringer i rapporten frem til den blir publisert.

Verdier fra disse rapportene er referert til som v_{ILA} i denne rapporten. Grenseverdiene for fargeskalaen er listet i tabell 3.2 hvor de er regnet om til OptiLok-verdier. Denne figuren er hentet fra Christensen mfl. 2026, Figur 4.

Tabell 3.2 Grenseverdier for fargeskala brukt i Havforskningsinstituttet sine ILA-rapporter (første kolonne). De samme verdiene er omregnet til OptiLok-vannkontakt (andre kolonne). Kommentar (siste kolonne) forklarer hvordan verdien er brukt i Havforskningsinstituttet sine ILA-rapporter. Verdiene er inspirasjon for grenseverdiene i tabell 3.3 som benyttes i denne rapporten. Denne tabellen er hentet fra *Christensen mfl. 2026*, Tabell 3.

ILA-rapport v_{ILA} [IU · m^{-2}]	OptiLok v [IU ·h]	Kommentar
30	2.4	
10	0.79	
3.0	0.24	Omtrentlig grense for vernesone på ca. 5 km.
1.0	0.079	Omtrentlig grense for overvåkningssone på ca. 10 km.
0.3	0.024	Ofte brukt nedre grense for vannkontakt til andre anlegg i rapporter for områder med mange anlegg.
0.1	0.0079	Ofte brukt nedre grense for vannkontakt til andre anlegg i rapporter for områder med færre anlegg.

Tabell 3.3 Kategorier av vannkontakt brukt i denne rapporten. Grenseverdiene kan anvendes for vannkontakt beregnet med ulike halveringstider. Smittesannsynligheter for de ulike kategoriene er angitt i tabell 3.2. Denne tabellen er hentet fra *Christensen mfl. 2026*, Tabell 4.

v [IU · h]	Kategori
Over 0.3	Veldig høy kontakt
0.1 til 0.3	Høy kontakt
0.03 til 0.1	Moderat kontakt
0.01 til 0.03	Noe kontakt
Under 0.01	Lav eller ingen kontakt

Når vi beregner tallverdiene for smitte til Skjelevika for de lokalitetene som vi har Eulerske simuleringer fra, og regner om til Optilok-metoden, så kan vi klassifisere vannkontakten til Skjelevika fra de andre lokalitetene. Vannkontakt etter OptiLok-metoden, *v*, er den nedbrytningsvektede dosen fra et normalisert utslipp på I_0 = 1 IU innenfor et referanseareal A_{ref} = π/4 km², som tilsvarer en sirkel med radius 500 m. Vannkontakten har enheten IUh.

Smittepresset i våre Eulerske simuleringer, v_{ILA}, er beregnet på samme måte som i HI sine ILA-rapporter (bortsett fra at de har brukt partikler istedet for konsentrasjon), med samme halveringstid på 48 timer. Forskjellen er at utslippet er 10^7 IU per tidsskritt i stedet for 1 IU, og at resultatet er oppgitt som en konsentrasjon med enhet IU·m^{-2}, ikke normalisert til et referanseareal. Siden tidsskrittet er Δt = 1 h, er den numeriske verdien av v_{ILA} den samme som om enheten tolkes som IU·h·m^{-2}. Vannkontakten, *v*, er dermed proporsjonal med v_{ILA}:

$v = v_{ILA} * A_{ref} * I_0/10^7 = v_{ILA} * \pi/4 * 10^6 * I_0/10^7$, som kan reorganiseres og skrives slik:

$v = (10^6\ m^2 / 1\ km^2) \cdot (1\ IU / 10^7\ IU) \cdot A_{ref} \cdot \upsilon_{ILA} = (\pi/40)\ m^2 \cdot \upsilon_{ILA}$. Enhetene blir $m^2 \cdot IU \cdot h \cdot m^{-2} = IU \cdot h$, og for de numeriske verdiene gir dette $\{v\} = (\pi/40) \cdot \{\upsilon_{ILA}\} \approx \{\upsilon_{ILA}\} / 12{,}7$.

Tabell 3.4 Oversikt over ledd i ligning for konvertering mellom metoder, fra His ILA-rapporter til Optilok.

Ledd	Betydning
$10^6 m^2/1km^2$	Omregning fra km^2 til m^2, slik at referansearealet får samme arealenhet som υ_{ILA}.
1 IU / 10^7 IU	Omregning fra utslippet i ILA-oppsettet til det normaliserte utslippet i OptiLok.
$A_{ref} = \pi/4\ km^2$	Referansearealet, sirkel med radius 500 m.
$\upsilon_{ILA}[IU \cdot h \cdot m^{-2}]$	Tidsmidlet, vertikal summert konsentrasjon, midlet over den samme 500 m sirkelen.

Siden Skjelevik ligger nær land, ligger noen landceller innenfor sirkelen. I OptiLok-metoden regnes disse som null, og det midles over hele sirkelen. Kategoriene for vannkontakt, og smittesannsynlighetene Norsk Regnesentral har beregnet for dem, bygger på vannkontaktverdier regnet ut på denne måten. For å være konsistente med kategoriene bruker vi derfor samme definisjon. Vi har også beregnet middelet over bare våte celler. Verdiene ble da noe høyere, men ingen lokaliteter skiftet kategori for årsmiddelet.

Tabell 3.5 Estimert gjennomsnittlig sjøavstand for ulike vannkontaktverdier basert på epidemiologiske modeller fra Norsk regnesentral tilpasset historiske data for PD og ILA. Avstandene er brukt til å beregne de estimerte smittesannsynlighetene i tabell 3.5. Denne tabellen er hentet fra *Christensen mfl. 2026*, Tabell 5.

$\upsilon\ [IU \cdot h]$	Estimert gjennomsnittlig sjøavstand
0.3	5 km
0.1	8 km
0.03	13 km
0.01	19 km

Tabell 3.6 Estimerte sannsynligheter for at et anlegg blir smittet (ikke nødvendigvis oppdaget) i løpet av en måned dersom det har ett naboanlegg som er smittet. Sannsynlighetene er beregnet av Norsk regnesentral basert på vannkontaktverdier fra *Christensen mfl. 2026*, grenseverdier for vannkontakt i tabell 3.3 og estimerte gjennomsnittlige sjøavstander i tabell 5. Det antas at halvparten av fiskene på opprinnelig smittelokalitet er smittet, samt at anleggene har gjennomsnittlig størrelse.

Kategori	Estimert smittesannsynlighet	
	PD	ILA
Veldig høy kontakt	>50%	>12%
Høy kontakt	25-50%	4-12%
Moderat kontakt	10-25%	1-4%
Noe kontakt	5-10%	0.2-1%
Lav eller ingen kontakt	<5%	<0.2%

Tabell 3.7 Kategorisering av vannkontakt til Skjelevik fra andre lokaliteter basert på smitte summert over hele vannsøylen. Flere desimaler er brukt der det er nødvendig for å skille mellom kategorier. Informasjon om den vertikale fordelingen av vannkontakt/smitteoverføring kommer ikke med i en slik vertikalt integrert gjennomsnitt.

Loknr	Navn	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	Snitt
18255	Porsvika	0.69	0.03	0	0	0.34	0.96	0.001	0.03	0.005	0	0	0	0.17
31157	Fiksneset	0.23	0.40	0.33	0.63	0.47	0.30	0.48	0.59	0.51	0.62	0.59	0.43	0.47
11611	Naveide	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31038	Buarøy	0.003	0.004	0.002	0.005	0.002	0.005	0.01	0.01	0.007	0.01	0.02	0.001	0.007

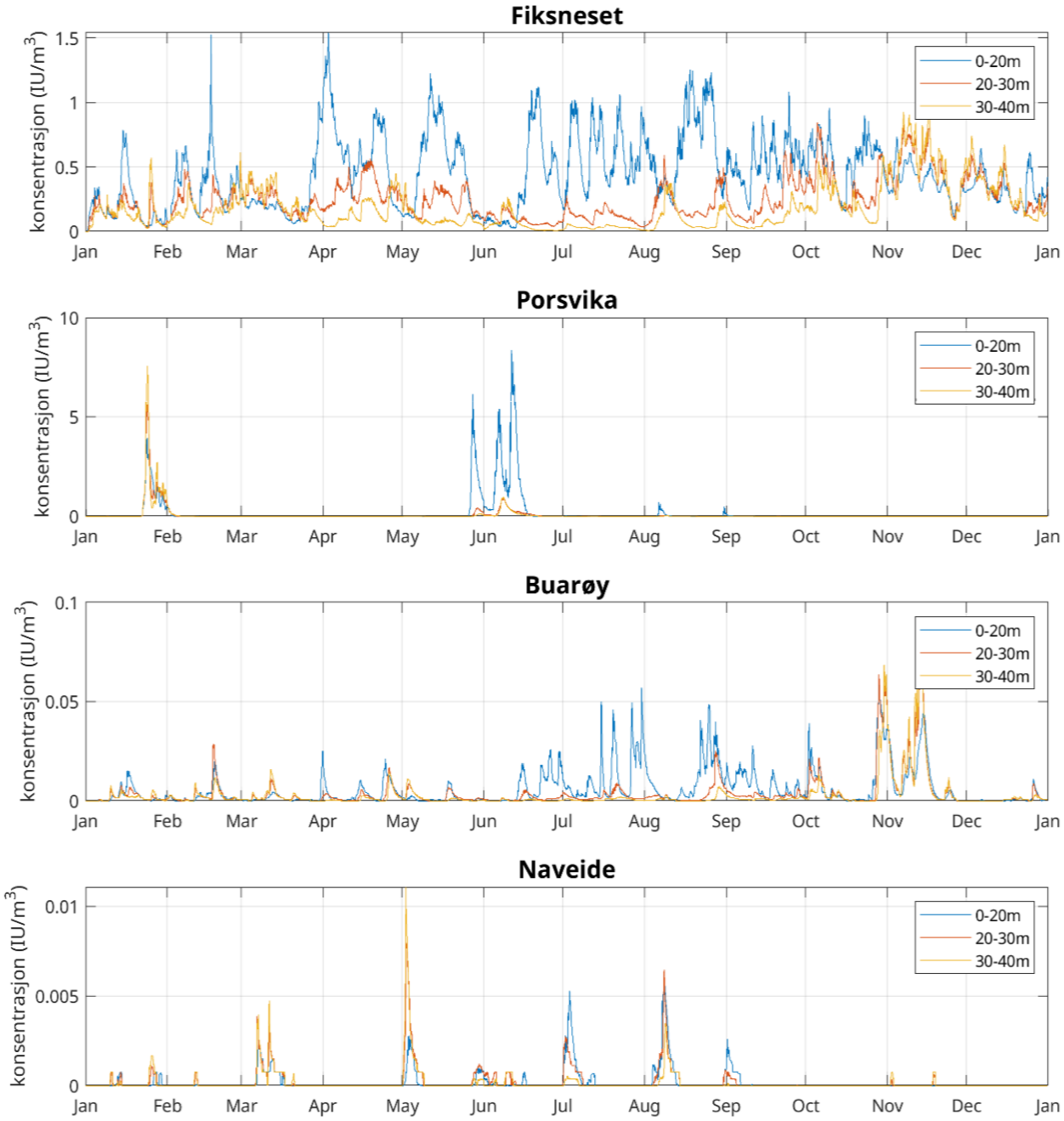
3.4 Smittekonsentrasjoner ved Skjelevik fra Eulersk simulering

Fremgangsmåten for å beregne smittespredning i Optilok prosjektet er basert på vertikal sum av IU (uttrykt som IU/m^2) og får ikke frem vertikale forskjeller i smittetransport. For tilfeller med dykket vanninntak så blir OptiLok metoden ikke optimal pga. denne manglende vertikale dimensjonen. SINTEFs modellsystem kan beregne den vertikale forskjellen i smitteoverføring mellom lokaliteter, men denne informasjonen går tapt når vi skal bruke kategoriene for vannkontakt (Tabell 3.6)..

Figur 3.31 viser tidsserier plottet for smittekonsentrasjon fra andre lokaliteter hvor vi har Eulersk simulering. Smitten er uttrykt i IU/m^3 og kan sammenlignes med Figur 3.13 og Figur 3.21. Her er mottaket hos lokaliteten Skjelevik beregnet som et gjennomsnitt av alle gridcellene innenfor hjørnelokalitetene, og det er også tatt med to gridceller i en rad rundt lokaliteten unntatt i vest som ligger inn mot land. Kun gridceller med en tallverdi (våte gridceller) for smitte er tatt med i beregningen av gjennomsnittet, slik at for de dypeste gridcellene så deler vi ikke konsentrasjonen på gridceller som da er bunn.

Resultatene viser at det er det vannkontakt/smitterisiko fra Fikseneset til Skjelevik gjennom hele året, men også at det er en klar vertikal forskjell på kontakten, der dypere lag er mindre eksponert enn overflatelaget. I en periode om høsten blir det mer vannkontakt også for dypere lag.
Fra Porsvika er det i hovedsak én hendelse i januar med vannkontakt for dypere lag til Skjelevik, mens for episoden i mai-juni så er det aller meste av smittetransporten fra Porsvika i øvre lag.

Fra Buarøy til Skjelevik er det mye lavere vannkontakt (se y-aksen) og også her er det hovedsakelig om høsten at det er noe smitteoverføring i dypere lag.
Fra Naveide til Skjelevik er det også lav vannkontakt/smitteoverføring. I mai er det en hendelse med høyere vannkontakt i dypet enn i overflaten mens ellers er det mindre vertikal forskjell på transporten til Skjelevik.



Figur 3.31 Tidsserie for stasjoner med Eulersk smittespredning til Skjelevik. Figurene viser konsentrasjonen ved Skjelevik og hvordan den varierer gjennom det simulerte året. Øyeblikksverdier for hver time er hentet ut fra modellen og plottet som gjennomsnitt for forskjellige dybdelag. Merk at y-aksen er individuelt tilpasset til hver delfigur.

4 Oppsummering

Hovedformålet med studiet har vært å undersøke spredning av smitte til Skjelevik fra andre lokaliteter i området. Vi har brukt modeller med ultrahøy horisontal oppløsning på 32 m, og det er simulert spredning av smitte som også hensyntar horisontal og vertikal blanding i tillegg til transport med vannstrømmene. Vi har simulert både Eulersk og lagrangesk smittespredning. Dette gir oss mer informasjon enn hvis vi bare hadde basert oss på OptiLok-metoden.

Halveringstid på patogener i modellen er satt til 2 døgn for hele året i samsvar med hva som er gjort i OptiLok-prosjektet.

4.1 Strøm

Strømmen går i gjennomsnitt ut Krossfjorden i overflaten hele året. I juni er strømmene i området svakest og i februar og oktober er strømmene på det sterkeste. Strømmen er sterkest på nordsiden av Krossfjorden og svakere på sørsiden. Til dels kan det samtidig strømme vann inn på sørsiden av fjorden mens det strømmer ut på nordsiden. Under den utadgående overflatestrømmen kommer det inn vann fra sokkelen utenfor Krossfjorden, og dybden på dette laget endrer seg mye sammen med tykkelsen på det utgående overflatelaget.

4.2 Spredning av smitte til Skjelevik fra omkringliggende lokaliteter

Basert på analyse av smittespredning med partikler, ble det valgt ut fire lokaliteter for å kjøre smittespredning med konsentrasjon. Oversikten over lokaliteter og metoder er gitt i Tabell 2.1.

Det er helt klart mest smittetransport til Skjelevik fra Usholmvika, men denne lokaliteten er planlagt avviklet i forbindelse med oppstart av lokaliteten Skjelevik. Vi ser at det er kontakt hele året, minst om sommeren og tidlig høst, og mer om vinteren. Deretter er det mest kontakt til Fiksneset, som har betydelig lavere antall partikler som treffer Skjelevik. Mesteparten av vannkontakten er i øvre vannlag, under 25 m dyp er det signifikant lavere vannkontakt og potensiell smitteoverføring mellom Fiksneset og Skjelevik. Ved 25-35 m dyp er andelen partikler som treffer under 0.4 ‰ i snitt gjennom året. Fra Porsvika var det i hovedsak én hendelse over et par uker i det simulerte året der det kom partikler til Skjelevik i 25-35 m dyp. For de andre lokalitetene i området var det ytterst få treff av partikler på Skjelevik som var yngre enn seks døgn.

Spredningsmodellering med Eulersk metode (konsentrasjon) støtter resultatene som fremkom fra partikkelsimuleringene. Fiksneset er den aktive lokaliteten som har mest smittekontakt til Skjelevik. Porsvika hadde to klare hendelser med smittetransport mot Skjelevik, men på 25-35 m dyp kom det aller meste av smitten fra den første hendelsen i januar. Det ble simulert utslipp som en konsentrasjon fra Naveide og Buarøy også, og modellen viste henholdsvis ingen og tidvis noe smitte til Skjelevika fra disse lokalitetene, Tabell 3.7.

4.3 Kategorisering

Koblingen til kategoriseringen som gjort i OptiLok-prosjektet er utført med fremgangsmåte som gitt av Christensen m.fl. (2026). Den baserer seg på smitte som er summert over hele vannsøylen og oppgitt i IU per m^2. Da skiller man ikke på vertikal fordeling av smittetransport mellom lokaliteter, og det er ikke nødvendigvis den beste tilnærmingen for dette tilfellet der vi er interessert i smittetransport i det vertikale laget for vanninntak til en lukket lokalitet, på 30 m dyp. Eksempelvis Figur 3.13 og Figur 3.31 viser for Fiksneset at om sommeren er det en betydelig vertikal forskjell i smitteoverføringen til Skjelevik som ikke kommer med i kategoriseringen etter Optilok-metoden i Tabell 3.7.

5 Referanser

Christensen, K. H., Ellingsen, I., Frøysa, H. G., Halvorsen, D. Ø., Jakobsson, Ø., Lien, V.S., Matuszak, M., Randelhoff, A., Vikanes, S. Beregning av hydrodynamisk vannkontakt og nettverksanalyse, 2026. Rapport fra FHF prosjektet OptiLok som vil bli publisert i høst.

Slagstad, D. and McClimans, T., (2005). Modelling the ecosystem dynamics of the Barents Sea including the marginal ice zone: I. Physical and chemical oceanography. Journal of Marine Systems, 58: 1-18.

Knutsen Ø., Ellingsen, I.H. og Stefanakos, C. 2025. Simulert luseindusert dødelighet på virtuell postsmolt i produksjonsområde 2 til 7. SINTEF rapport. ISBN 978-82-14-07264-8.