Modellering av utslippsvannets spredning ved Toftøya

Lokalitet: Toftøya

Lokalitet nr.: Ny

Oppdragsgiver: Aquaculture Innovation AS

Dokument kontroll			
Rapport			
Rapportbeskrivelse og navn	Modellering av avløpsvannets spredning ved Toftøya SM-T-00520-Toftøya0420-ver01.pdf		
Rapportversjon	Dato	Beskrivelse	
01	20.04.2020	Første utgivelse	
Rapportdistribusjon	Denne rapporten kan kun gjengis i sin helhet. Gjengivelse av deler av rapporten kan kun skje etter skriftlig tillatelse fra Åkerblå AS. I slike tilfeller skal kilde oppgis.		
Lokalitet			
Lokalitetsnavn	Toftøya	Lokalitetsnummer	Ny
Kommune	Brønnøy	Fylke	Nordland

Sammendrag

Transport og spredning av utslippsvann fra landbasert anlegg ved Toftøya er modellert for ett år (2019). Utslippet fluktuerer langs bunnen nordøstover innover i Toftsundet og sørvestover langs vestsiden av Toftøya. Sørvestover fortynnes det raskt når det passerer sørenden av Toftøya. Det er relativt små mengder som transporteres nordøstover gjennom Toftsundet. Utslippsvannet som havner innerst i Toftsundet kan transporteres fort tilbake ut igjen mot sørvest avhengig av tidevannet.

Utslippspunktet bør plasseres på vestsiden av Toftøya så langt nord som mulig. På denne måten vil utslippet fortynnes mest mulig før det når sydenden av Toftøya.

Det er liten utskiftning av vann inne i Skutstøa og utslipp som beveger seg sørover forbi sydenden av Toftøya vil med den valgte utslippsposisjonen være mest mulig fortynnet før det når innløpet til Skutstøa. Oppsamling av utslippsvann i dette området kan dermed unngås.

Inntakspunktet bør plasseres så langt sør for Toftsundet som mulig for å for å sikre at inntaksvannet får lite innblanding av utslippsvann som mulig.

Oppdragsgiver		
Selskap	Aquaculture Innovation AS, Toft Brygge 8909 Brønnøysund	
Kontaktperson	Ole Aas Skålnes	ole.skalnes@torgnes.no
Oppdragsansvarlig		
Selskap	Åkerblå AS; Nordfrøyveien 413; 7260 SISTRANDA Organisasjon nr. 963 554 052	
Rapportansvarlig	Lars Engvik	lars.engvik@akerbla.no
Kontrollert og godkjent av	Jenny-Lisa Reed	jenny-lisa@akerbla.no

Innholdsfortegnelse

1. Innledning 4

2. Områdebeskrivelse 5

3. Metodikk 7

3.1 Spredning og fortynning 7

3.2 Spredning av utslipp i Delft3D-FLOW 7

3.2.1 Bunndata og modellstørrelse 7

3.2.2 Inngangsdata for strømmodellering 8

3.2.3 Utslippsmodellering 9

4. Resultater 11

4.1 Utslipp i posisjon 1 11

4.2 Utslipp i posisjon 2 16

4.3 Utslipp i posisjon 3 19

4.4 Utslipp i posisjon 4. 22

4.5 Valg av utslippsposisjon og inntaksposisjon 25

4.6 Resultater for modellering av utslipp og inntak 25

5. Konklusjon 29

6. Vedlegg – Havnivå 30

7. Vedlegg – Resultater fra strømmodelleringer 32

7.1 Strømresultater ved utslippspunkt 32

8. Usikkerhetsvurdering 39

8.1 Inngangsdata for strømmodell 39

8.2 Strømmodell 39

9. Vedlegg - Referanser 40

1. Innledning

Åkerblå AS har på oppdrag fra Aquaculture Innovation AS utført modellering av fortynning og spredning av utslippsvann ved det planlagte landbaserte oppdrettsanlegget ved Toftøya i Brønnøy kommune.

Formålet med rapporten er å avgjøre hvor utslippsvannet fra oppdrettsanlegget vil bevege seg og finne området som er best egnet for inntak av vann til anlegget. Det planlegges inntak og utslipp av sjøvann utslipp på ca 43 m^3/s til anlegget.

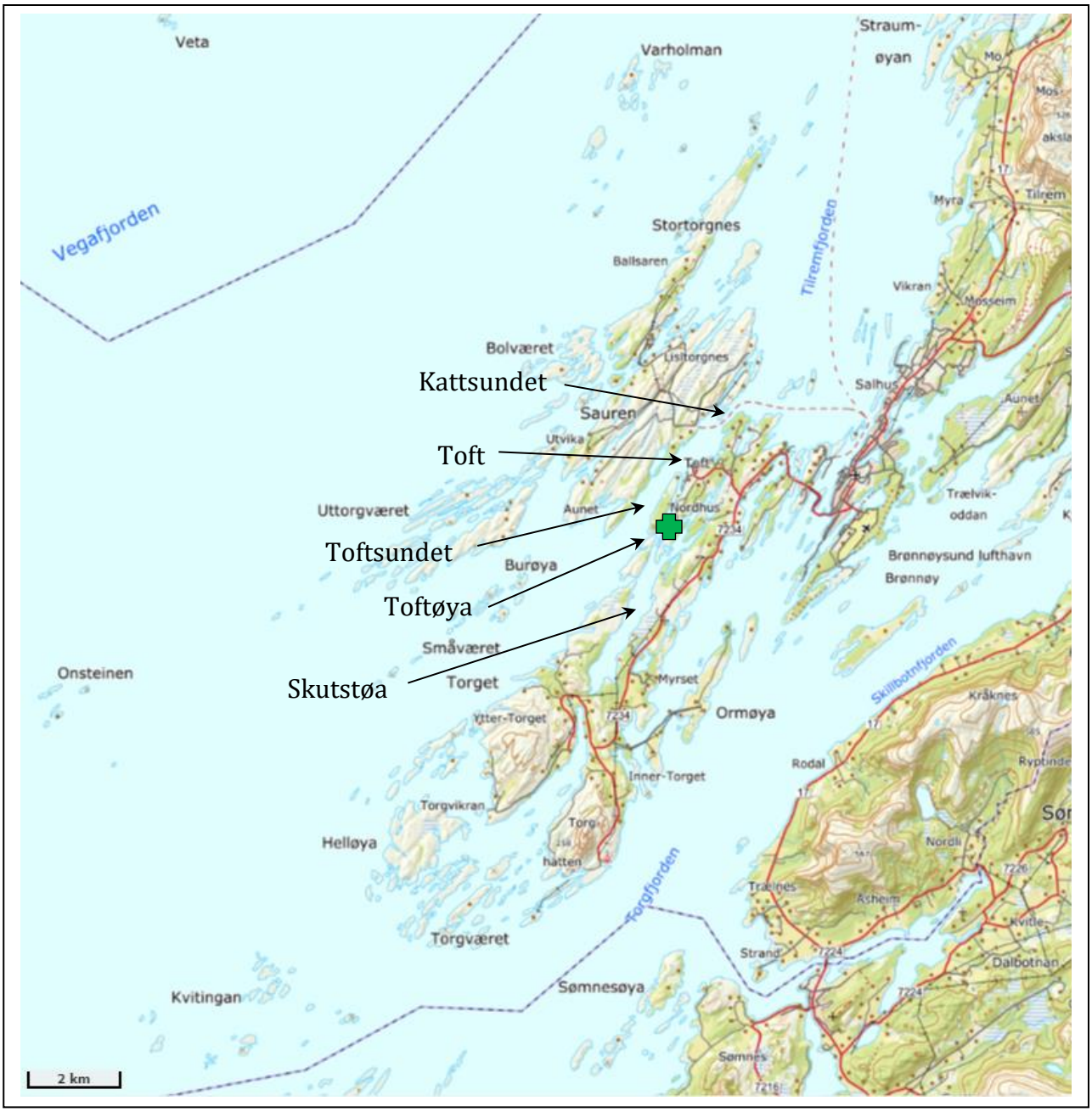
Det er gjort innledende beregninger med utslippspunkter på vestsiden av Toftøya for å finne ut hvordan vannet beveger seg i Toftsundet og avgjøre hvilket område som er best egnet for å plassere vanninntak. I disse beregningene er det benyttet små utslippsrater (0.1 m^3/s) slik at utslippene ikke påvirker strømmen i området.

På grunnlag av disse beregningene er best mulig posisjon for utslipp og inntak av vann identifisert, og det er gjennomført beregninger med inntak og utslipp på 43 m^3/s.

Modelleringen presenterer en tilnærming av forholdene basert på inngangsdata. Resultater bør også vurderes ut fra lokalkunnskap og erfaring.

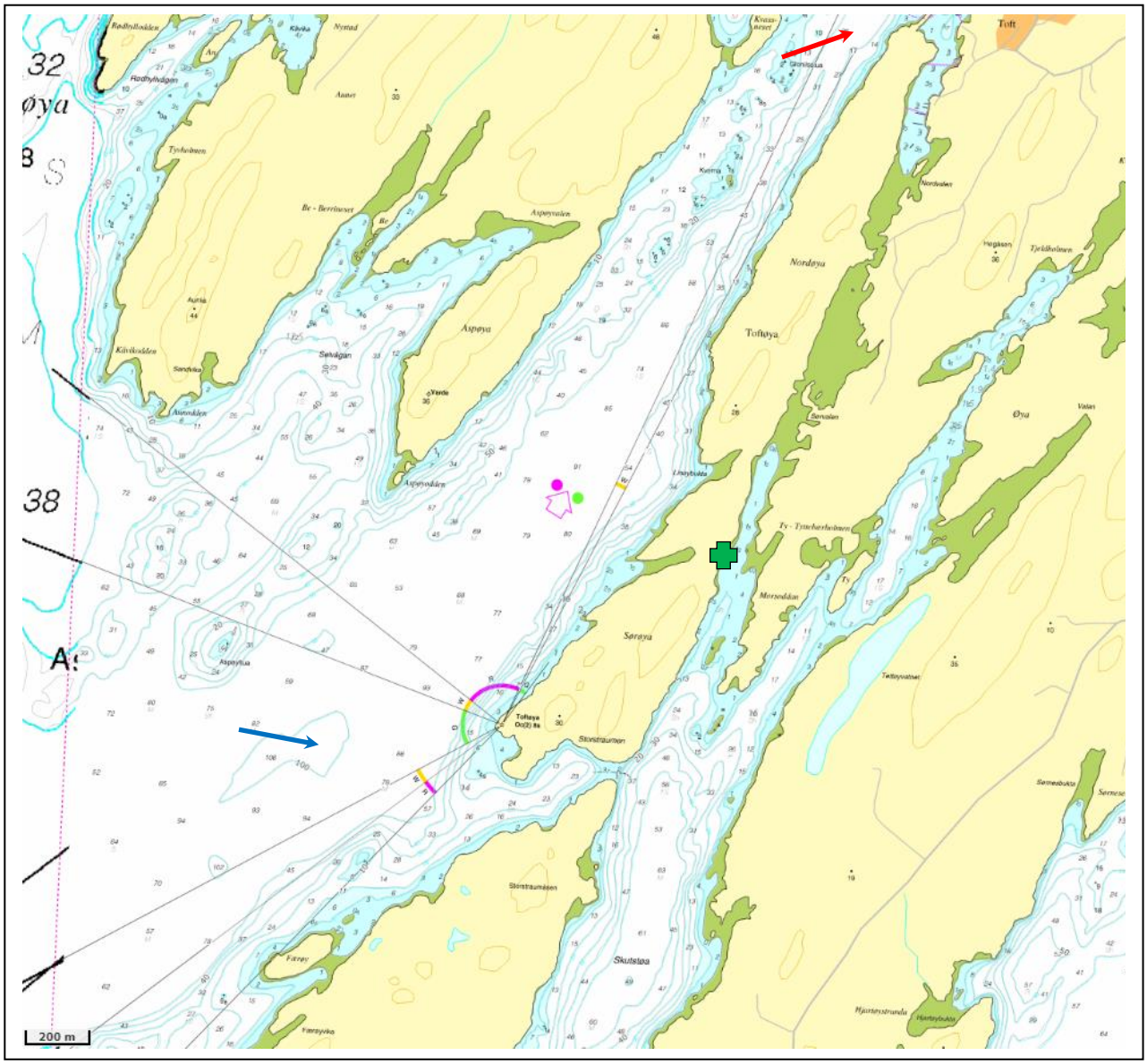
2. Områdebeskrivelse

Toftøya ligger i Brønnøy kommune i Nordland fylke. Lokaliteten ligger på østsiden av Toftsundet (se Figur 2.1). Toftsundet er rundt 700m bredt ytterst i sørvest og har en akse som går nord-nordøstover med en smal passasje like ved Toft på ca 300 m. Nordøst for Toft ligger Kattsundet, som er den smaleste passasjen med omtrent 150 m bredde, før det åpner seg opp mot Tilremfjorden. På østsiden av Toftøya ligger Skutstøa, en fjord som strekker seg langs en akse nordøst–sørvest med et smalt utløp like sør for Toftøya.



Figur 2.1. Oversiktskart over området rundt Toftøya og utslippspunkt som er anvist med ✚. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

Utslipp og inntak av vann er planlagt på vestsiden av Toftøya. Figur 2.2 viser bunnforholdene i området. Toftsundet varierer i dyp fra i overkant av 100 m ca. 500 m vest for sydenden av Toftøya til litt over 20 m utenfor Toft.



Figur 2.2 Området av Toftsundet hvor det er aktuelt med inntak og utslipp av vann. Plassering av det planlagte landbaserte anlegget er vist med ✚. Den blå pilen markerer det dypeste delen av Toftsundet og den røde pilen den grunneste passasjen. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

3. Metodikk

3.1 Spredning og fortynning

Ved utslipp til en resipient er det vanlig å skille mellom to prosesser, primærfortynning og sekundærfortynning (Ranneklev m. fl., 2013). I den umiddelbare nærheten av utslippet foregår primærfortynningen. Den bestemmes hovedsakelig av hastigheten til avløpsvannet og tetthetsforskjellen mellom avløpsvannet og resipienten. Her foregår fortynningen som regel raskt ved horisontal bevegelse drevet av avløpsvannets hastighet ut av avløpsrøret og ved en vertikal bevegelse drevet av tetthetsforskjeller mellom avløpsvann og resipient. Når utslippsvannet fortynnes og tetthetsforskjellen er utjevnet, vil den vertikale bevegelsen stort sett opphøre og utslippet har da nådd innlagringsdypet. Etter innlagring starter sekundærfortynningen som hovedsakelig foregår ved horisontal spredning i resipienten. Sekundærspredningen er avgjørende for hvor stort område som påvirkes av utslippet og om f.eks. strandsoner kan bli påvirket.

Utløpsvannet ved Toftøya vil bestå av sjøvann hentet fra dyp på mer enn 50 m og er tenkt sluppet ut på et noe mindre dyp ca. 20-40 m. Sjøvannets egenvekt øker med dypet og utslippsvannet er dermed forventet å være tyngre en resipienten ved utslippspunktet og vil dermed være forhindret fra å nå direkte opp til overflaten. Utslippsvannet vil i løpet av primærfortynningen følge bunnens helning nedover samtidig som det blander seg med resipienten. I denne prosessen vil tettheten til utslippsvannet bli utlignet med resipienten. Utslippsvannet vil deretter følge strømmen i fjorden og gradvis fortynnes videre.

For å bestemme transporten og spredning av utslippet er det laget en strøm- og spredningsmodell for lokaliteten ved hjelp av programvaren Delft3D-FLOW (Deltares, 2018). Delft3D-FLOW er en tredimensjonal, hydrodynamisk modell som gir strømfelt over et stort område og flere dybdenivå. At modellen omfavner et stort horisontalt område gjør at man får med variasjoner og unike forhold innad i området. Modellen kan kjøres over lengre tidsperioder, noe som gir mulighet for å se variasjon over sesonger og år. I modellen løses Navier-Stokes-ligningene for strømmen basert på Boussinesq-tilnærmelsen (Lesser m.fl., 2004), sammen med ligninger som beskriver temperatur, saltholdighet og spredning av utslipp.

3.2 Spredning av utslipp i Delft3D-FLOW

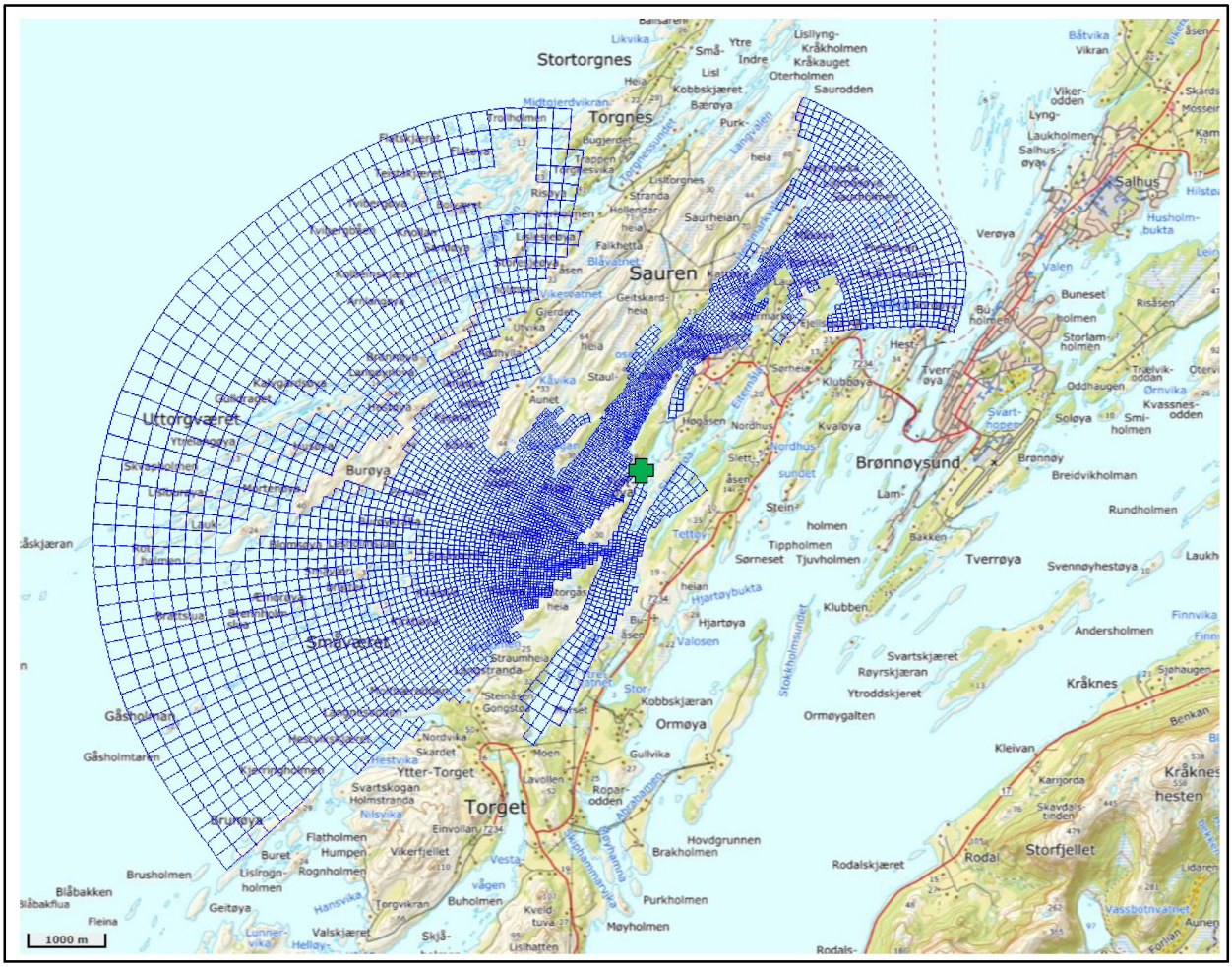
Delft3D-FLOW benytter atmosfæriske inngangsdata som vind, temperatur, lufttrykk og luftfuktighet, og regionale havdata som havnivå, strøm, temperatur og salinitet (Delft3D-FLOW, 2018). Ved hjelp av disse inngangsdata løses Navier-Stokes ligninger for strømmen i tre dimensjoner. Den vertikale bevegelsen antas å være liten i forhold til den horisontale slik at vertikal akselerasjon kan neglisjeres. Bevegelsen styres av trykkgradienter beregnet fra variasjon i havnivå, temperatur og salinitet. Effektene fra jordrotasjon er inkludert ved hjelp av Corioliskraften. Turbulensegenskaper for strømmen er tatt hensyn til ved den såkalte k-epsilonmodellen som er tilgjengelig i Delft3D-FLOW.

3.2.1 Bunndata og modellstørrelse

En tredimensjonal strømmodell er laget for området i form av horisontalt rutenett rundt utslippspunktet, vist i Figur 3.1. Det dekker et område fra Yttertoget i sørvest, Uttorgværet i vest, Bolværet i nord og ut til Tilremsfjorden i øst. For å oppnå stabilitet og numerisk effektivitet har modellen størst oppløsning med 30 x 30 m i Toftsundet. Herfra avtar modellens oppløsning

gradvis til 300 m mot ytterkantene i sørvest, vest og nord. Det er høy oppløsning østover gjennom hele Toftsundet forbi Kattsundet før den avtar til ca 100 m mot ytterkanten av modellen i Tilremsfjorden.

For å beskrive variasjon i dybden er det valgt en såkalt sigmamodell med 15 dybdelag. Dybdelagene følger terrenget og varierer i tykkelse proporsjonalt med dypet (se Tabell 3.1).



Figur 3.1 Rutenett benyttet for å modellere strøm og utslipp i Toftsundet. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

Tabell 3.1 Fordeling og prosentvis tykkelse av vannlag i modellen for et utvalgt dyp på 40 m. Nederst er det i alt 10 vannlag som hver utgjør 8% av den totale dybden.

Vannlag	Tykkelse (%)	Tykkelse for 40m dyp(m)	Dybde (m)
1	2	0.8	0.0 - 0.8
2	3	1.2	0.8 - 2.0
3	4	1.6	2.0 - 3.6
4	5	2.0	3.6 - 5.6
5	6	2.4	5.6 - 8.0
6-15	80	32.0	8.0 - 40.0

3.2.2 Inngangsdata for strømmodellering

Den hydrodynamiske modellen er drevet av randbetingelsene, dvs. strøm over ytre grenser, tidevann, vind og varmeutveksling med atmosfæren.

Inngangsdata for havstrøm hentes fra «ROMS NorKyst-800 coastal ocean fields» ved Meteorologisk Institutt (NK800,2018; Albretsen m.fl., 2011). Det er timesdata med oppløsning på 800 x 800 m som omfatter havnivå strømhastighet, temperatur og salinitet. En kombinasjon av havnivå og strøm fra NorKyst-800 benyttes som inngangsdata for modellen ved å benytte en såkalt Riemann randbetingelse (Delft3D-FLOW, 2018).

Atmosfæriske data er også hentet fra Meteorologisk Institutt, MEPS (MetCoOp Ensemble Prediction System, 2020). Atmosfæriske data for vind, temperatur, luftfuktighet og skydekke er hentet ut med 3 timers intervall og med oppløsning på 2.5 x 2.5 km.

Fordi modellområdet ligger relativt langt fra fastland og områder med stort ferskvannstilsig, er dette neglisjert i denne modellen. Dermed er det bare saltholdigheten og temperaturen i inngangsdataene som styrer lagdelingen i overflatelaget.

For å unngå ustabilitet i starten av modellkjøringen, er modellen startet med en spin-up-periode på en måned (desember 2018). Resultatene fra denne kjøringen er deretter brukt som inngangsverdi for den endelige modellkjøringen. Etter spin-up er strømmodellen kjørt for perioden januar til og med desember 2019.

Flere parametere er benyttet i modellen blant annet for å modellere turbulens i Delft3D-FLOW, disse er oppgitt Tabell 3.2.

Tabell 3.2 Modellparametere i Delft3D-FLOW.

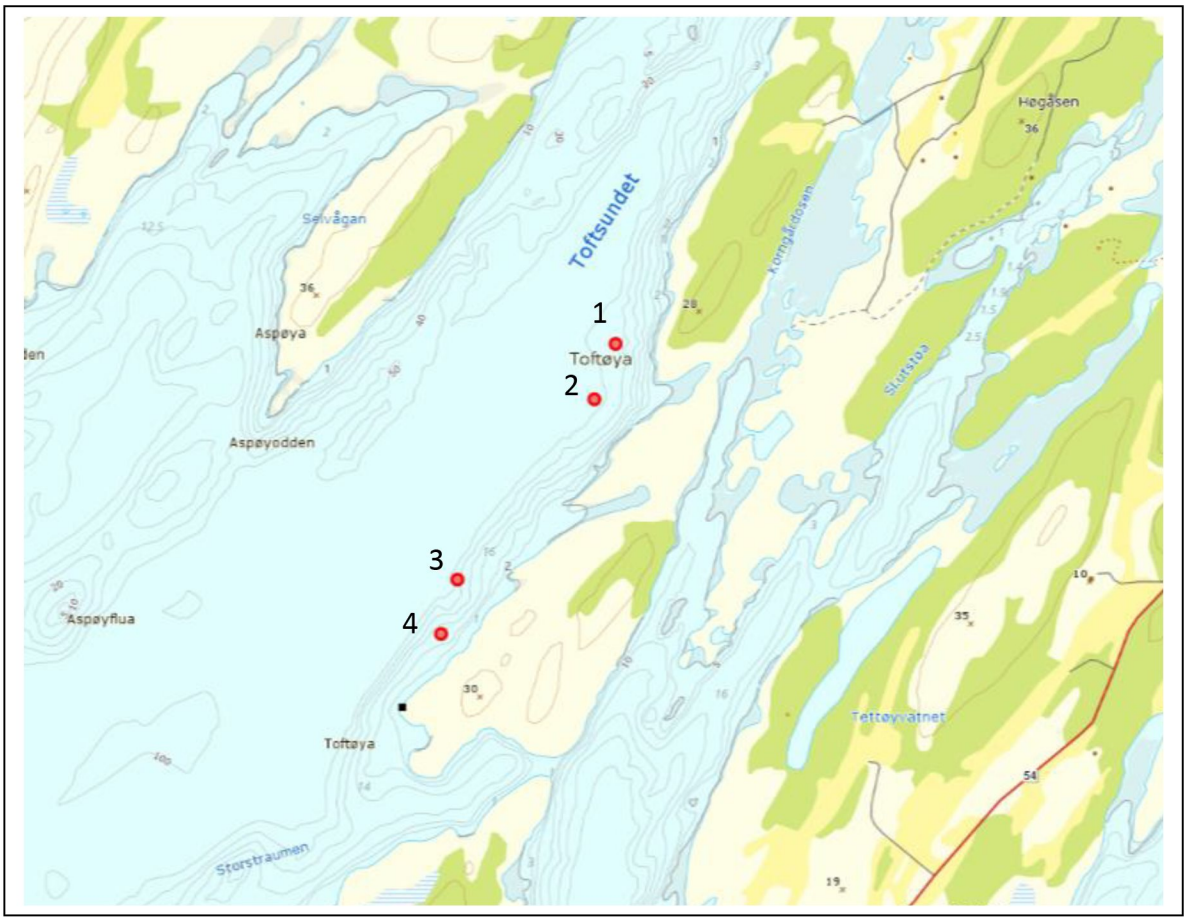
Parameter	**Verdi**
Horizontal eddy viscosity	1 m^2/s
Background vertical eddy viscosity	1.0×10^{-4} m^2/s
Horizontal eddy diffusivity	1 m^2/s
Background vertical eddy diffusivity	1.0×10^{-4} m^2/s
Time step	60 s

3.2.3 Utslippsmodellering

Fire aktuelle utslippsposisjoner på vestsiden av Toftøya er benyttet som utgangspunkt for simuleringene og disse er vist i Figur 3.2. For hver av disse posisjonene er det simulert utslipp for et helt år, og spredning og fortynning bestemt. Det er i første omgang valgt små utslipp (0.1 m^3/s) for at utslippet skal følge strømmen i fjorden uten at denne blir endret som følge av utslippet.

Disse simuleringene gjør det mulig å avgjøre hvordan området blir berørt av utslipp og hvilke posisjoner som er best egnet for plassering av inntak og utslipp.

På grunnlag av simuleringene er best mulig posisjon for inntak og utslipp av vann bestemt, og for dette tilfellet er det foretatt en simulering med utslipp og inntak på 43 m^3/s.



Figur 3.2 Posisjoner der det er foretatt utslipp fra i modelleringen. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

Tabell 3.3 Simulerte utslippsposisjoner.

	Posisjon (N)	Posisjon (Ø)	Dyp (m)
Posisjon 1	65° 27.414	12° 6.725	36
Posisjon 2	65° 27.336	12° 6.606	50
Posisjon 3	65° 27.089	12° 6.225	44
Posisjon 4	65° 27.014	12° 6.159	28

4. Resultater

For de utvalgte utslippsposisjonene er spredning og fortynning beregnet for tolv måneder. Resultater er presentert nedenfor for hver av disse posisjonene. Resultatene nærmest bunnen er vist siden både utslipp og inntak foregår her.

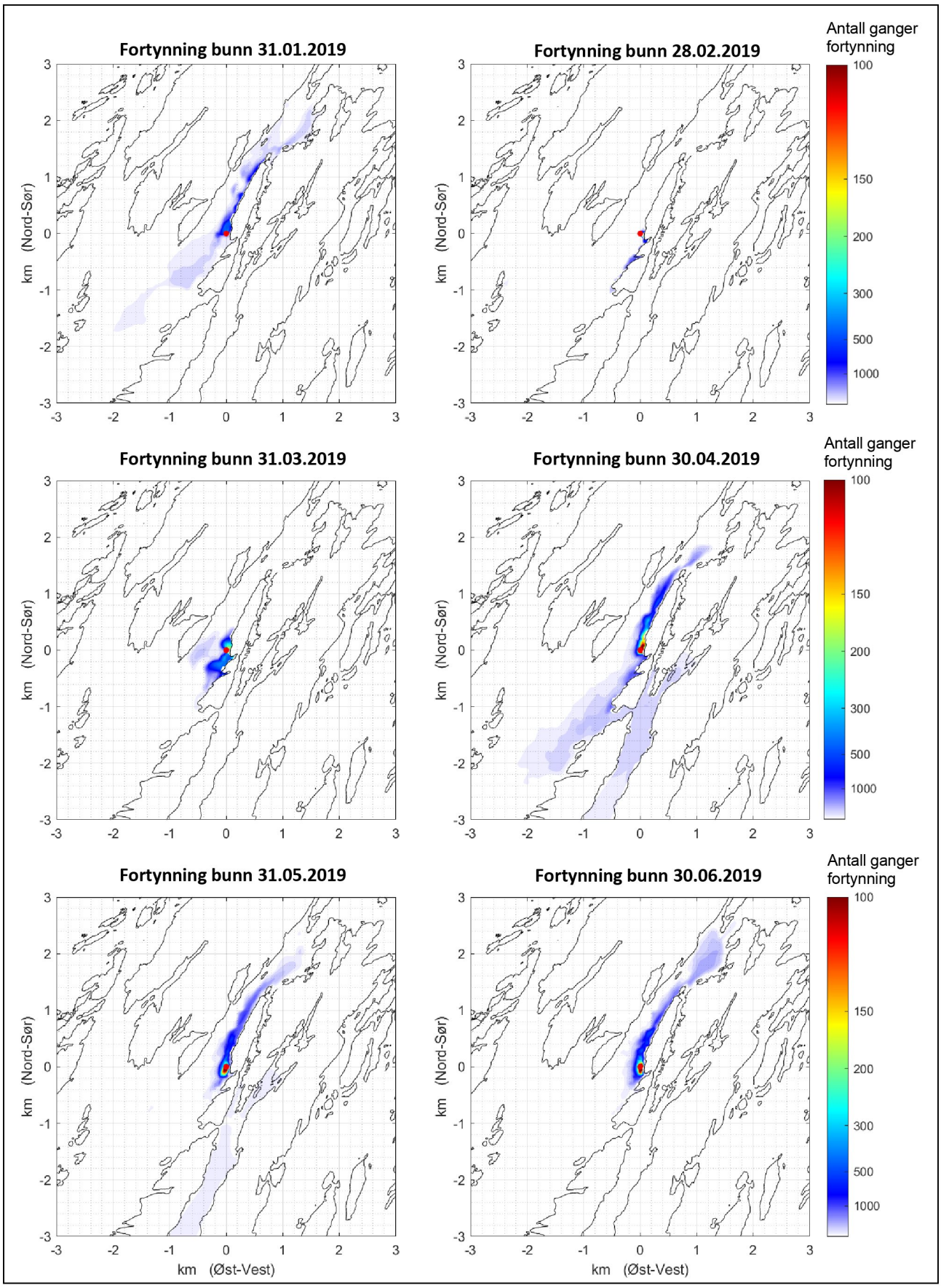
4.1 Utslipp i posisjon 1

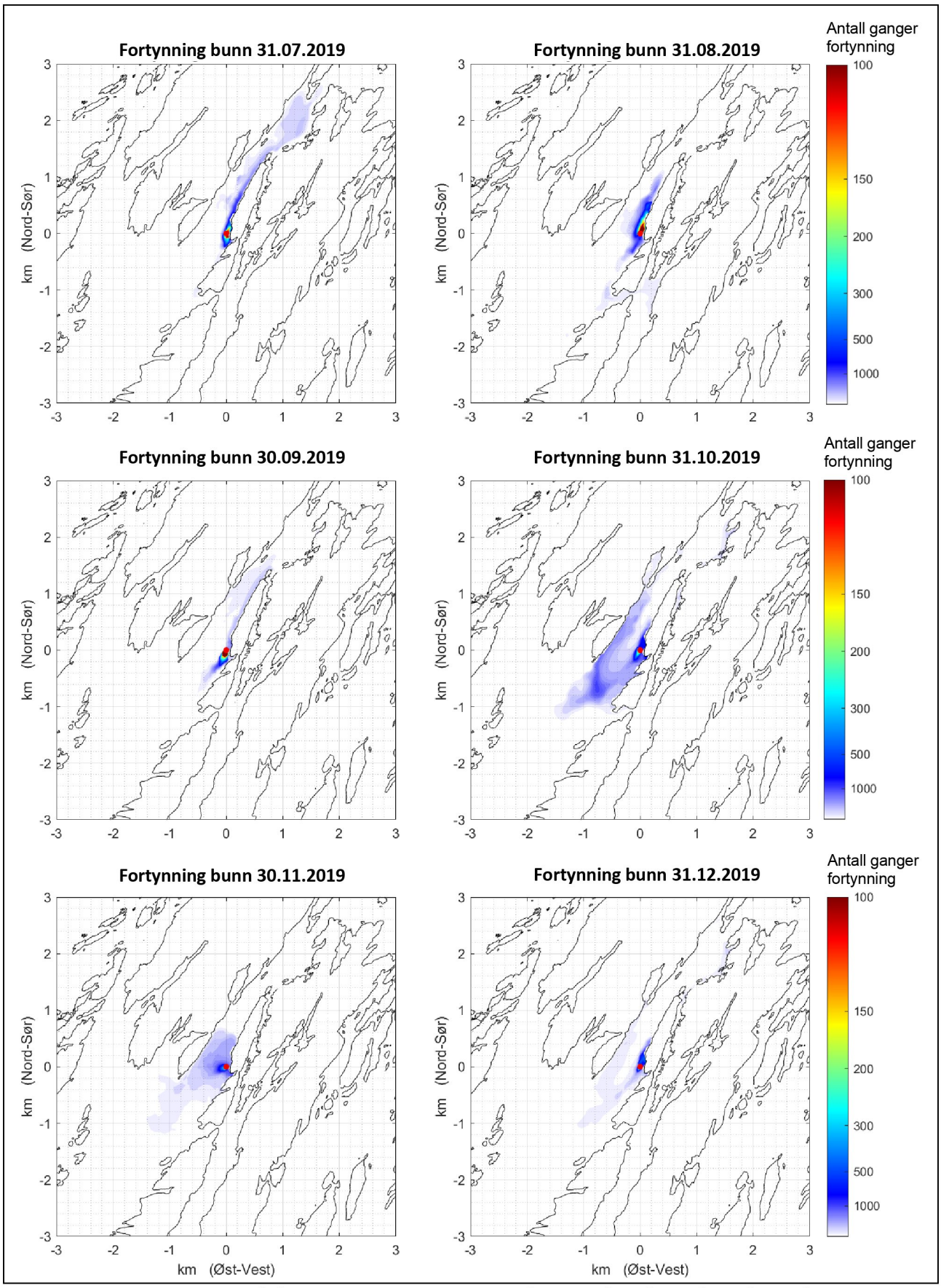
I Figur 4.1 er fortynning av utslippet fra posisjon 1 vist ved utgangen av hver måned. Dette viser situasjonsbildet langs bunnen på slutten av dagen. Utslippet veksler mellom å spres mot sørvest og nordøst. Mye av denne transporten er tidevannstyrt. Den laveste fortynningen opptrer nærmest utslippspunktet og utslippet følger som regel østsiden av Toftsundet. Utslippet følger vannstrømmen i fjorden og fortynningen blir som meget stor (>1000 ganger) før utslippet når de dypere delene av fjorden, mot sørvest. Ved utgangen av april, mai og august er det registrert små mengder utslipp inne i Skutstøa med fortynning mer enn 1000 ganger.

Variasjonen er stor innenfor hver måned og for å få et bilde av hvilke områder som påvirkes av utslippet, er det hensiktsmessig å registrere den laveste fortynningen som opptrer langs bunnen i løpet av hver måned. For å undersøke dette er konsentrasjonen registrert langs bunnen hver 3. time. Den laveste fortynningen som er registrert i løpet av hver måned for hver posisjon er vist i Figur 4.2. Fortynningen som opptrer i hver posisjon, er normalt mye lavere enn det som er vist i figuren. Utslippet dekker i virkeligheten en mye mindre del av området om gangen.

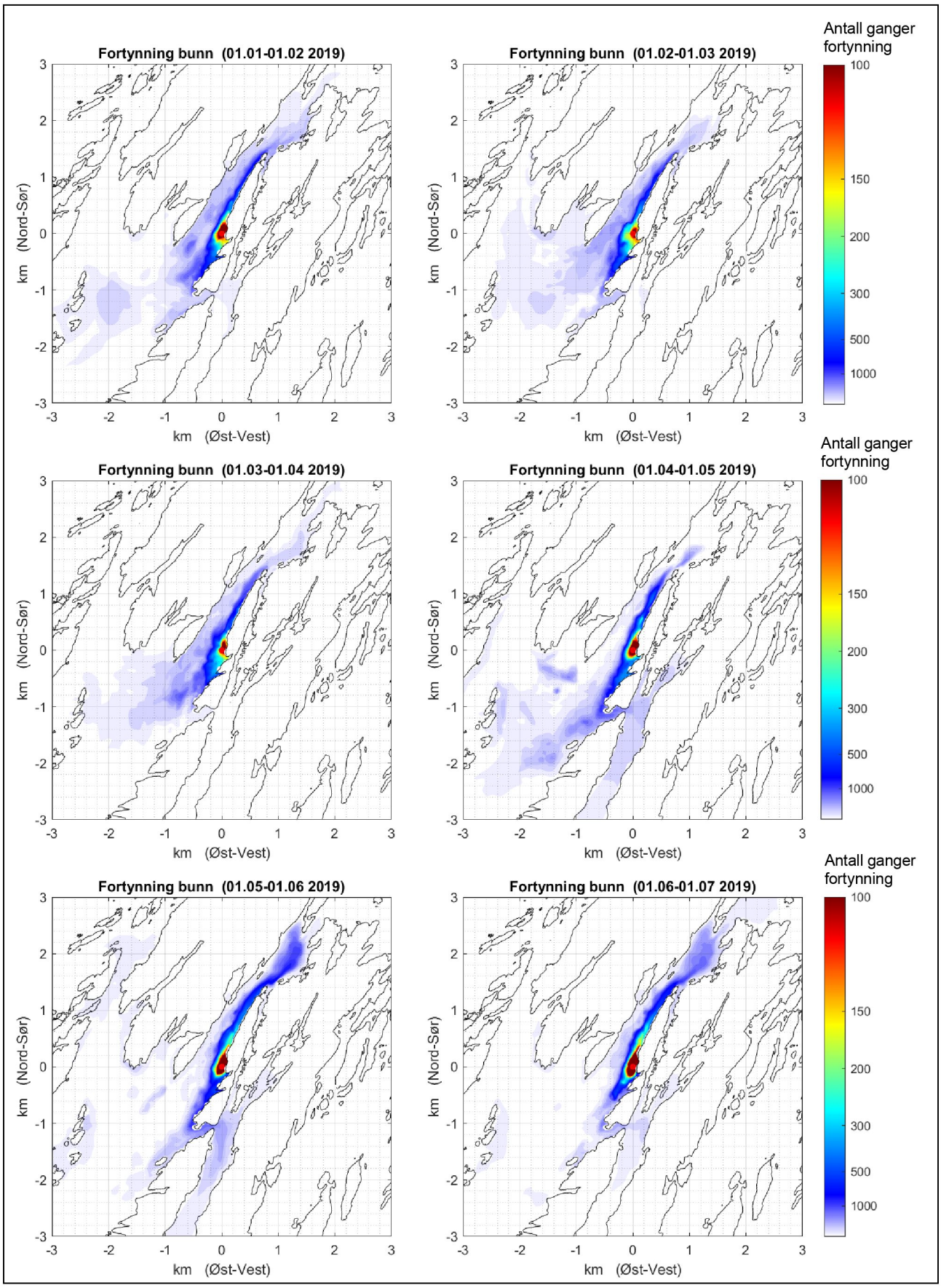
Utslippet varierer mellom å bli transportert mot sørvest og mot nordøst. Når utslippet blir transportert mot sørvest, fortynnes det raskt. Sørvest for Toftøya og inne i Skutstøa er fortynningen mer enn 1000 ganger.

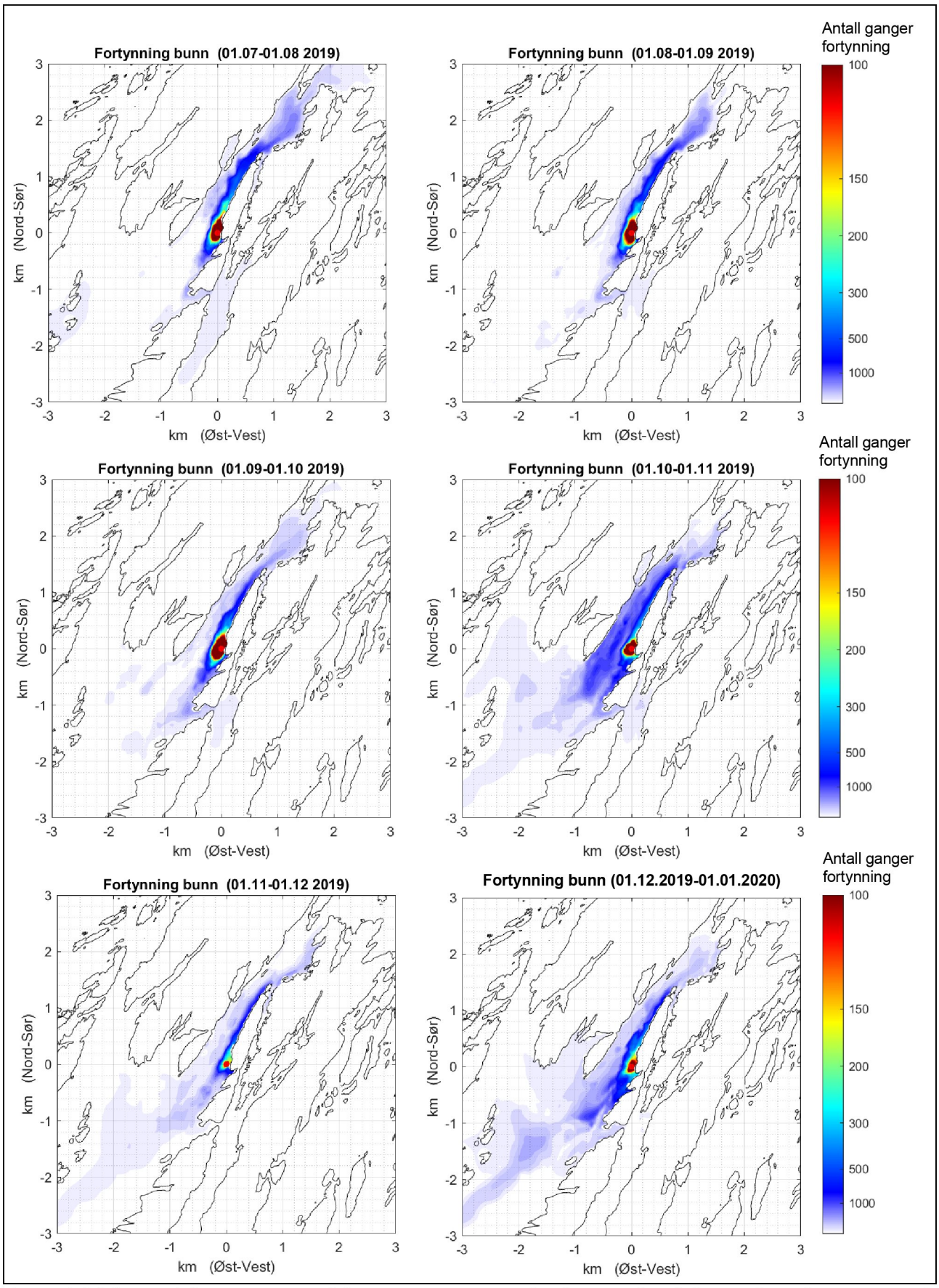
Utslippet som blir transportert mot nordøst beveger seg noe lengre før det blir fortynnet i samme grad. I mai 2019 har det bevege seg helt opp til Kattsundet før det blir fortynnet 1000 ganger.


Fortynning bunn 31.01.2019
Fortynning bunn 28.02.2019
Fortynning bunn 31.03.2019
Fortynning bunn 30.04.2019
Fortynning bunn 31.05.2019
Fortynning bunn 30.06.2019
Antall ganger fortynning
100
150
200
300
500
1000
km (Nord-Sør)
km (Øst-Vest)



Figur 4.1 Fortynning ved bunnen registrert etter hver måned med utslipp fra posisjon1. Fortynning opp til 10 000 ganger er vist.


Fortynning bunn (01.01-01.02 2019)
Fortynning bunn (01.02-01.03 2019)
Fortynning bunn (01.03-01.04 2019)
Fortynning bunn (01.04-01.05 2019)
Fortynning bunn (01.05-01.06 2019)
Fortynning bunn (01.06-01.07 2019)
km (Nord-Sør)
km (Øst-Vest)
Antall ganger fortynning
100
150
200
300
500
1000

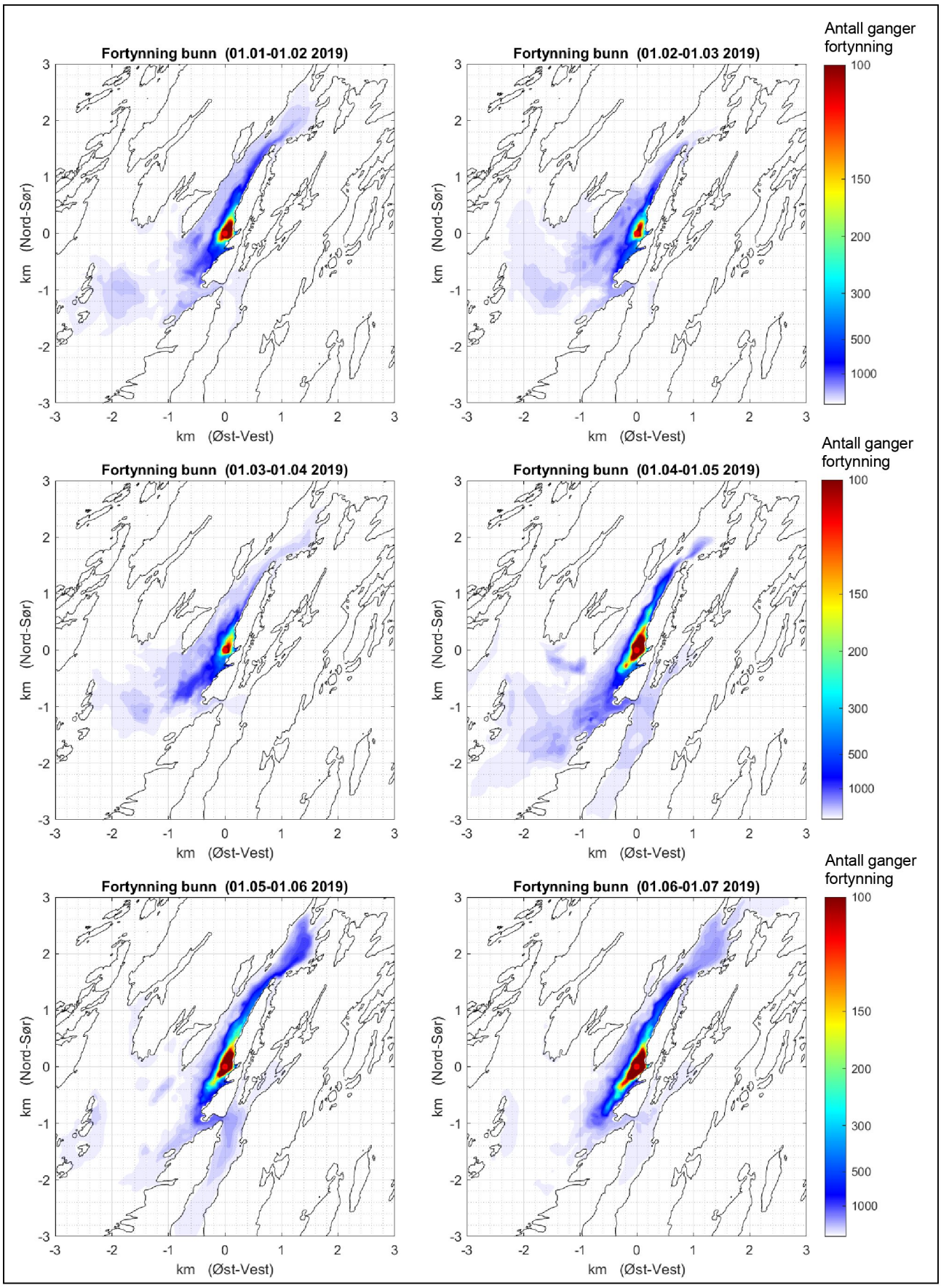


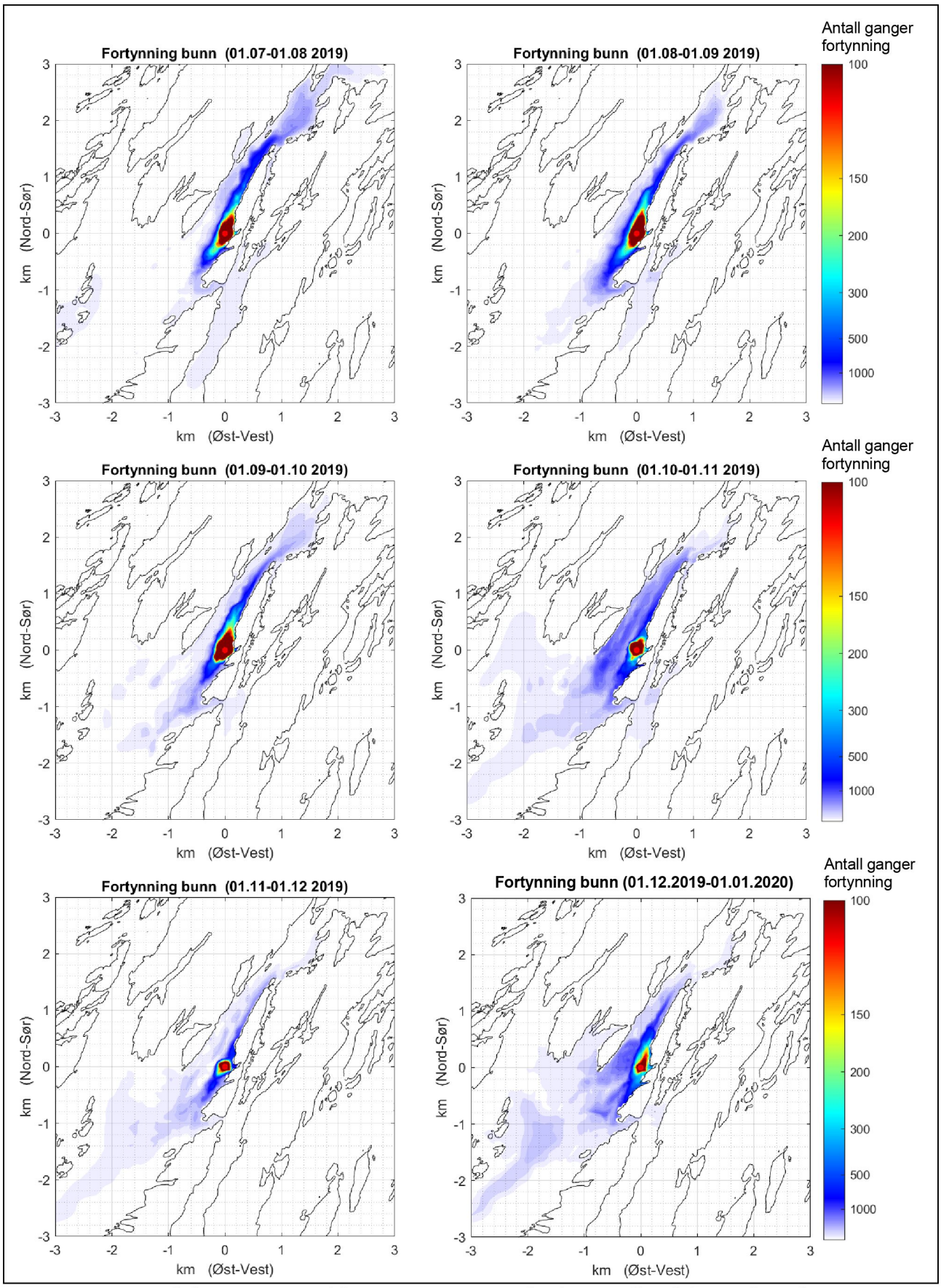
Figur 4.2 Minimal fortynning ved bunnen registrert for hver måned for utslipp fra posisjon1. Fortynning opp til 10 000 ganger er vist.

4.2 Utslipp i posisjon 2

Spredningen av utslipp fra posisjon 2 har et forløp som ligner mye av det som er vist for utslipp fra posisjon 1. Det er store variasjoner i utslipp i løpet av en måned. Den laveste fortynningen, dvs den høyeste konsentrasjonen som opptrer langs bunnen i løpet av hver måned, er registrert og resultatene er vist i Figur 4.3. Utslippsposisjonen er noe lenger sør og ligger litt dypere. Det gir noe større spredning langs bunnen mot sør.

Størst er forskjellen for juni da fortynningen utenfor sydenden av Toftøya (Sørøya) er nede i 300 ganger ved utslipp fra posisjon 2, mens utslippet fra posisjon1 er fortynnet mer enn 1000 ganger før det nå sydenden. Videre sørover og innover i Skutstøa fortynnes begge utslippene raskt.


Fortynning bunn (01.01-01.02 2019)
Fortynning bunn (01.02-01.03 2019)
Fortynning bunn (01.03-01.04 2019)
Fortynning bunn (01.04-01.05 2019)
Fortynning bunn (01.05-01.06 2019)
Fortynning bunn (01.06-01.07 2019)
Antall ganger fortynning
100
150
200
300
500
1000
km (Nord-Sør)
km (Øst-Vest)



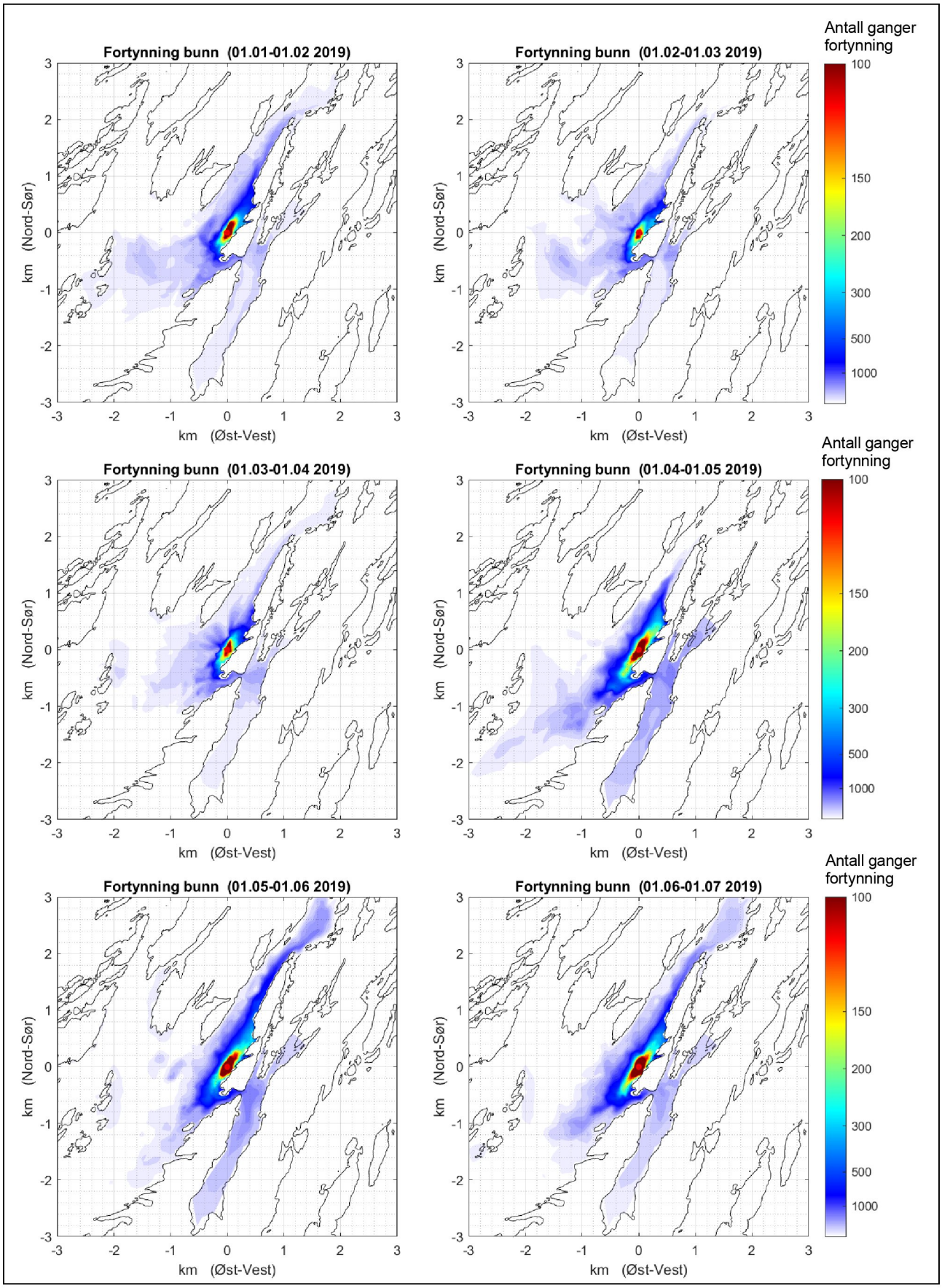
Figur 4.3 Minimal fortynning ved bunnen registrert for hver måned for utslipp fra posisjon 2. Fortynning opp til 10 000 ganger er vist.

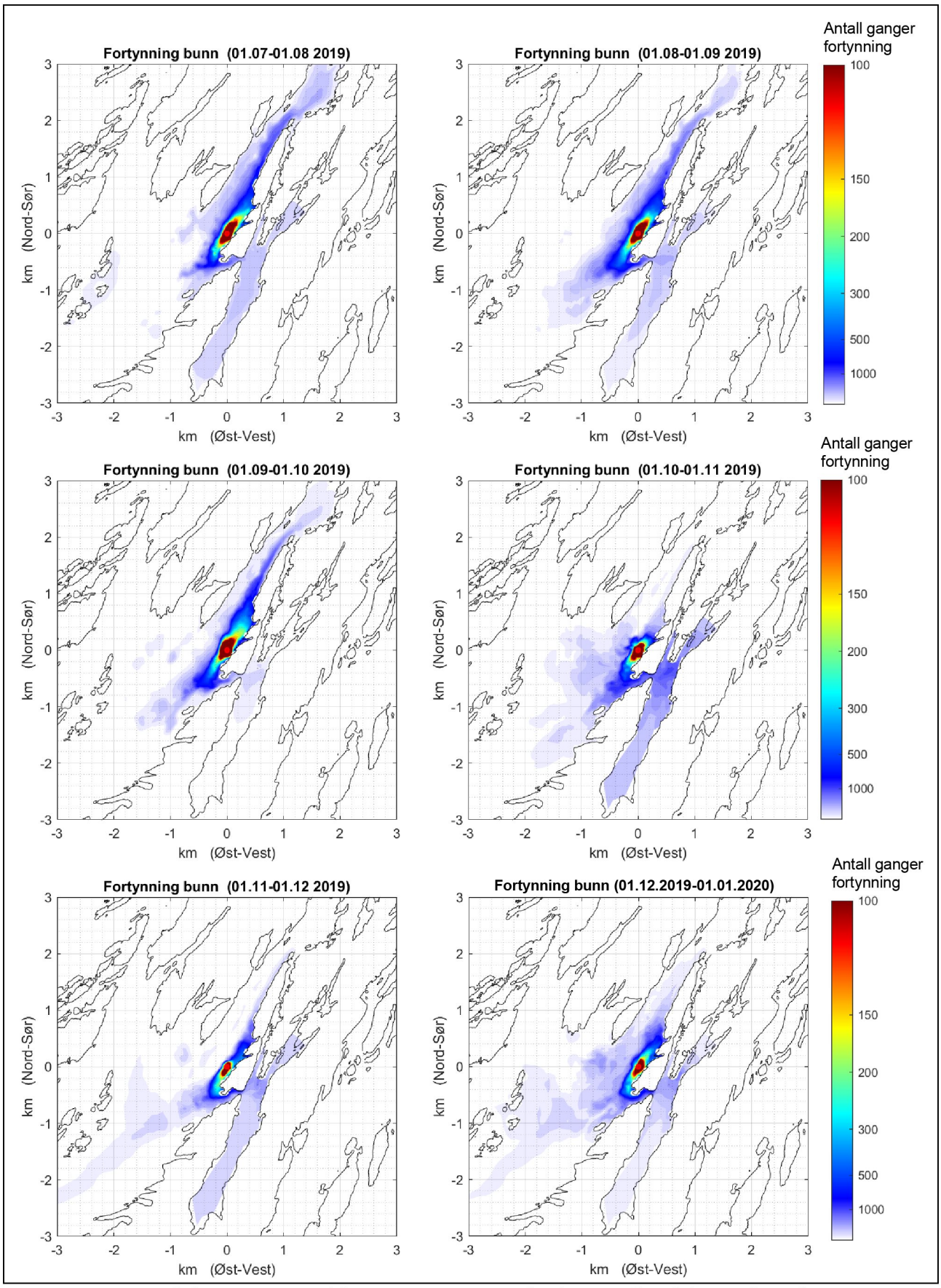
4.3 Utslipp i posisjon 3

Utslipp fra posisjon 3 påvirker sørenden av Toftøya i større grad enn utslippene fra posisjon 1 og 2. Den laveste fortynningen er 200 ganger utenfor av sørenden Toftøya i april og juni. Til sammenligning er fortynningen av utslipp fra posisjon 2 på 500 ganger i april og 300 ganger i juni. En større del av utslippet fra posisjon 3 transporteres også inn i Skutstøa enn det fra posisjon 2.

I de dypere delene av fjorden i sørvest er utslippet sterkt fortynnet, og er på nivå med utslippene fra posisjon 1 og 2.

I oktober er det ikke signifikant transport av utslippsvann nordøstover gjennom Toftsundet fra posisjon 3. Fra mai til september er det derimot betydelige mengder utslippsvann som transporteres nordøstover gjennom Toftsundet og som da er på nivå med utslippene fra posisjon 1 og 2.


Fortynning bunn (01.01-01.02 2019)
Fortynning bunn (01.02-01.03 2019)
Fortynning bunn (01.03-01.04 2019)
Fortynning bunn (01.04-01.05 2019)
Fortynning bunn (01.05-01.06 2019)
Fortynning bunn (01.06-01.07 2019)
Antall ganger fortynning
100
150
200
300
500
1000
km (Nord-Sør)
km (Øst-Vest)



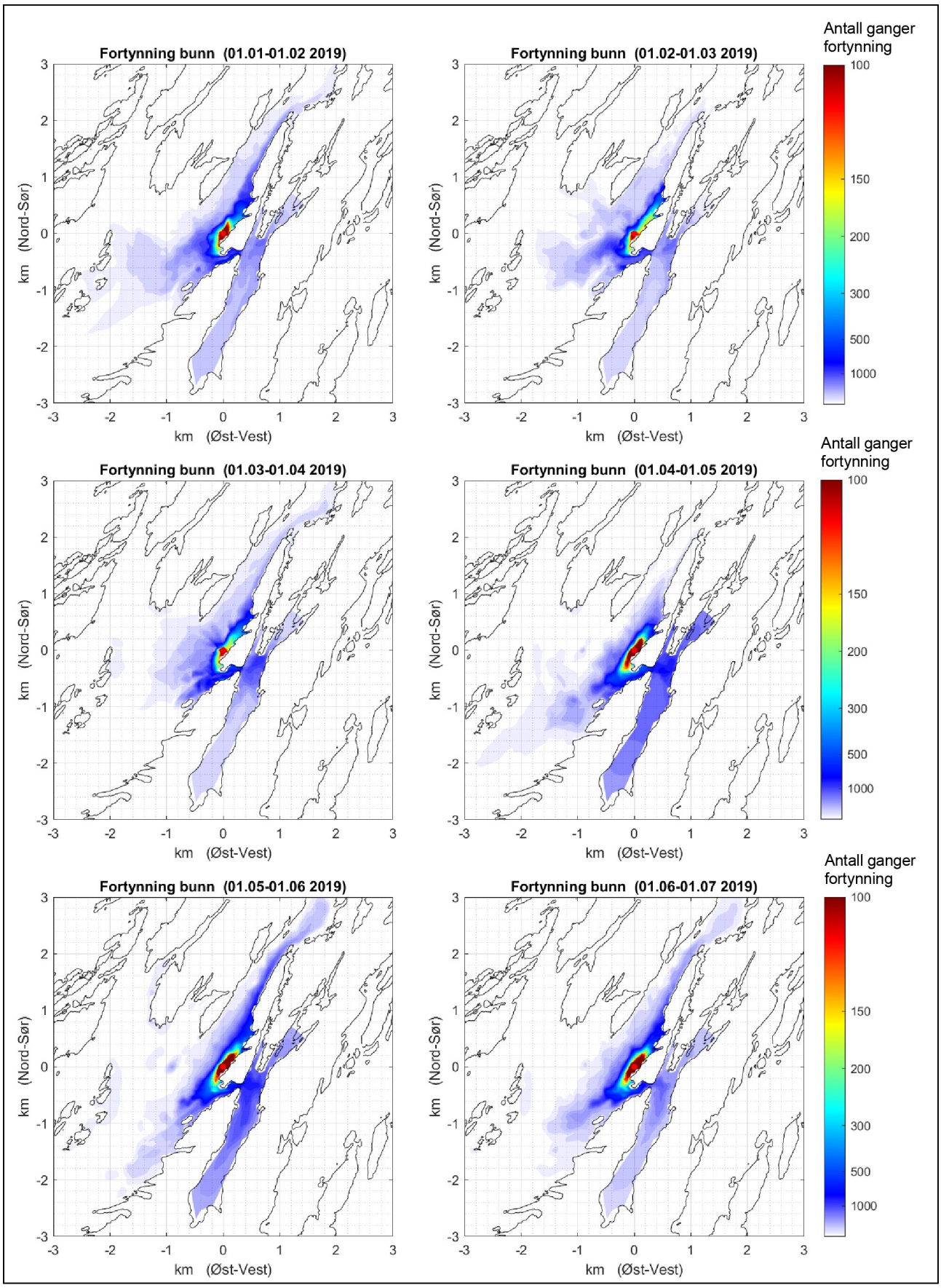
Figur 4.4 Minimal fortynning ved bunnen registrert for hver måned for utslipp fra posisjon 3. Fortynning opp til 10 000 ganger er vist.

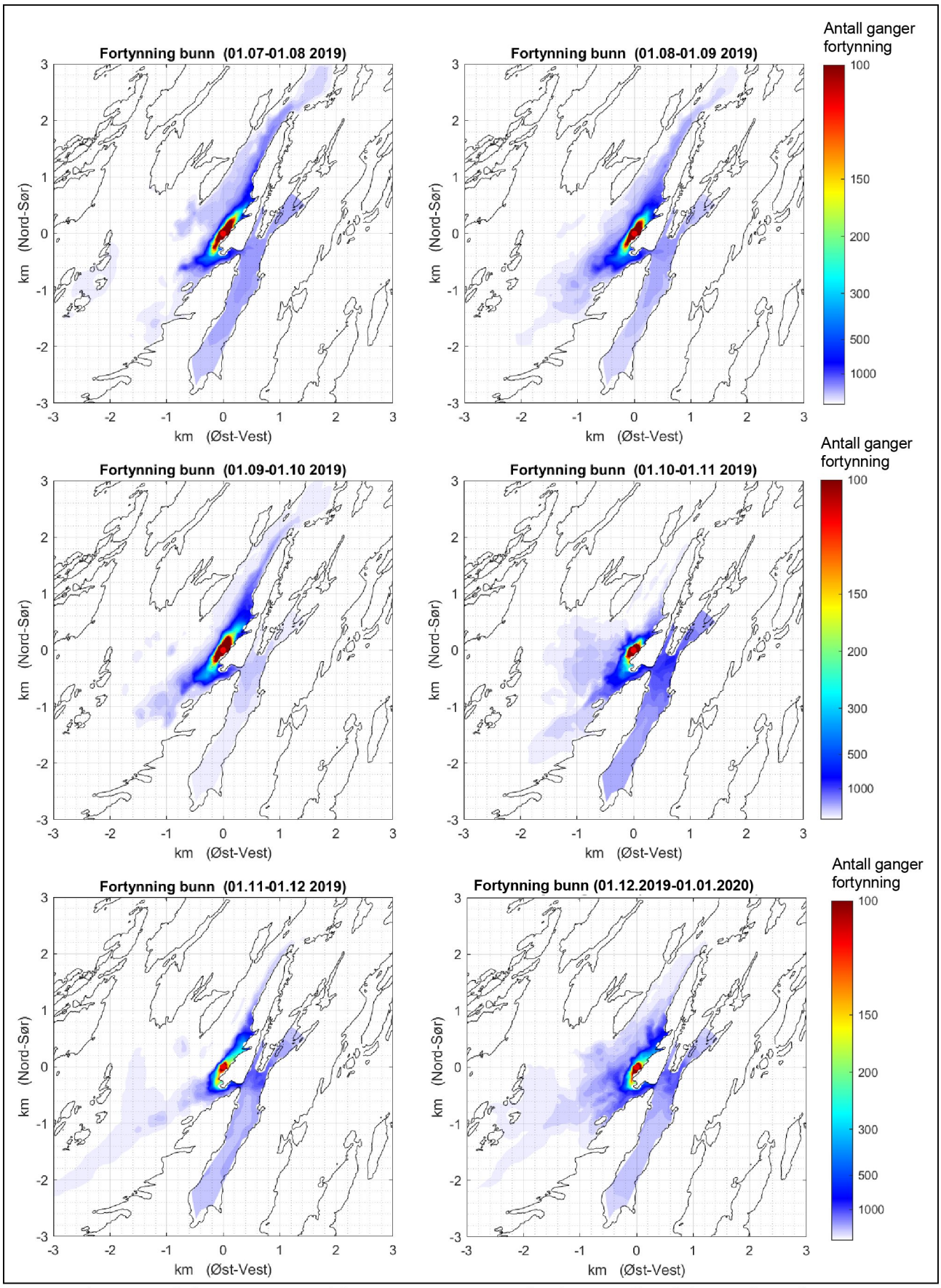
4.4 Utslipp i posisjon 4.

Utslipp fra posisjon 4 påvirker sørenden av Toftøya i større grad enn utslippene fra posisjon 1, 2 og 3 og en større del av utslippet transporteres inn i Skutstøa. Utslippet som transporteres inn Skutstøa blir værende der lenge, siden det der er liten utskiftning av vann.

Utslippsvannet som spres videre sørvestover forbi Toftøya fortynnes raskt og det er ikke vesentlig mer utslipp her fra posisjon 4 enn fra de andre posisjonene lenger nord.

I kortere perioder kan utslippsvannet også transporteres raskt nordøstover gjennom Toftsundet fra posisjon 4. Utslippet fortynnes vesentlig mer før det når de indre delene av Toftsundet enn utslippet fra posisjonene lenger nord.


Fortynning bunn (01.01-01.02 2019)
Fortynning bunn (01.02-01.03 2019)
Fortynning bunn (01.03-01.04 2019)
Fortynning bunn (01.04-01.05 2019)
Fortynning bunn (01.05-01.06 2019)
Fortynning bunn (01.06-01.07 2019)
Antall ganger fortynning
100
150
200
300
500
1000
km (Nord-Sør)
km (Øst-Vest)



Figur 4.5 Minimal fortynning ved bunnen registrert for hver måned for utslipp fra posisjon 4. Fortynning opp til 10 000 ganger er vist.

4.5 Valg av utslippsposisjon og inntaksposisjon

De innledende beregningene viser at utslippet varierer mellom å transporteres nordøstover inn Toftsundet og sørvestover.

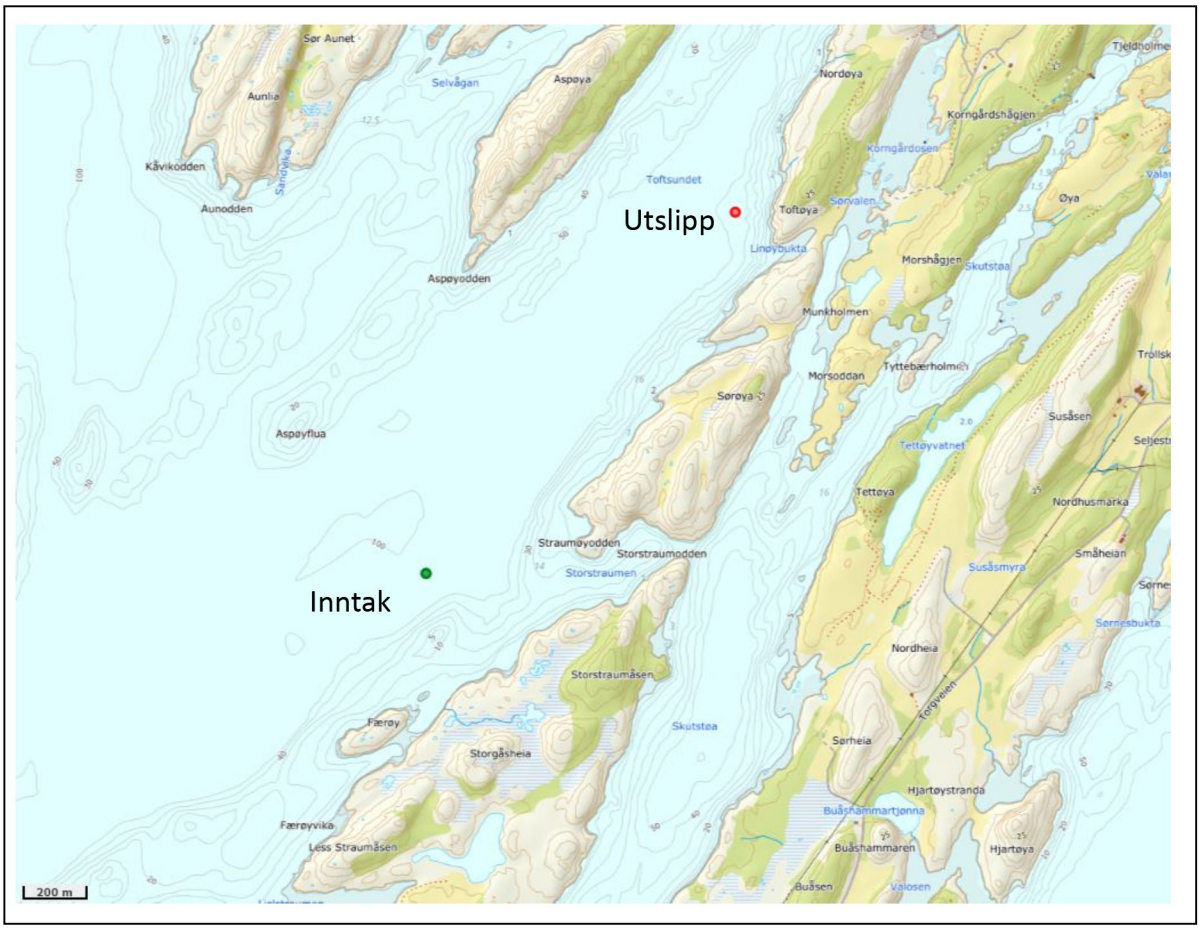
Når utslippet transporteres nordøstover, kan det bevege seg relativt fort og fortynnes raskt når det passerer ut Kattsundet i nordøst.

Når utslippet transporteres sørover, fortynnes det raskt etter at det passerer sydenden av Toftøya.

For at inntaksvannet skal være minst mulig påvirket av utslipp, bør inntaket på grunnlag av de innledende beregningene plasseres så langt mot sørvest som mulig. Utslipp fra posisjon 1 påvirker området sør for Toftøya i minst grad og er derfor valgt som utslippspunkt i beregningene med både inntak og utslipp.

4.6 Resultater for modellering av utslipp og inntak

Det er foretatt simulering med utslipp på 43 m³/s i posisjon 1 og inntak av tilsvarende mengde vann i sørvest, som vist i Figur 4.6 og
Tabell 4.1.



Figur 4.6 Posisjon for utslipp og inntak i modelleringen. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

Tabell 4.1 Posisjoner for utslipp og inntak som er benyttet i simuleringene

	Posisjon (N)	Posisjon (Ø)	Dyp (m)
Utslipp	65° 27.414’	12° 6.725’	36
Inntak	65° 26.774’	12° 5.512’	67

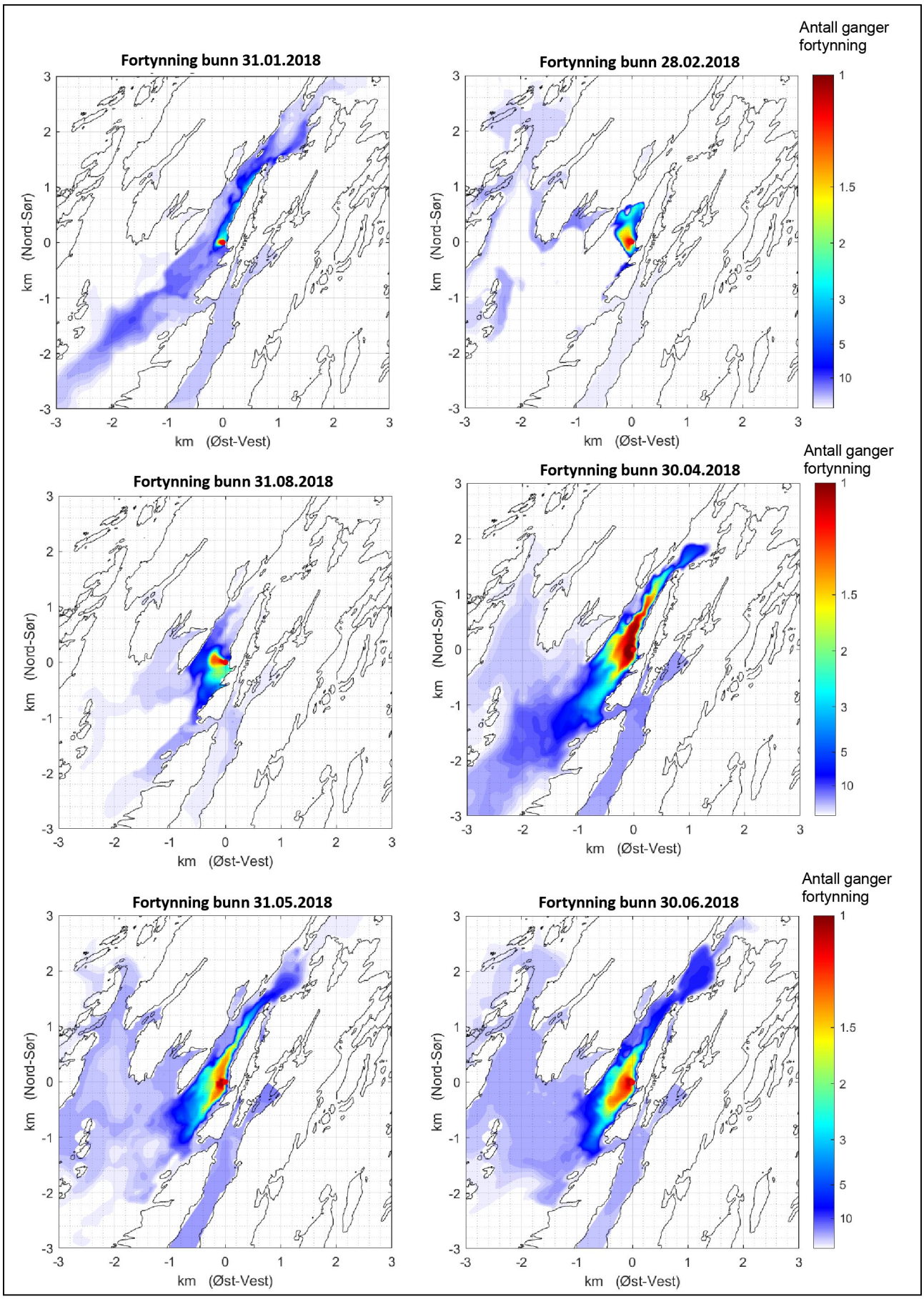
I Figur 4.7 er fortynningen vist ved bunnen etter hver måned med simulering. Den varierer mye avhengig av vannutskiftingen i området og utslippet veksler mellom å spres mot sørvest og nordøst. Mye av denne variasjonen følger tidevannet. Utslippsvannet er som regel fortynnet mer enn 10 ganger før det når inntaksposisjonen.

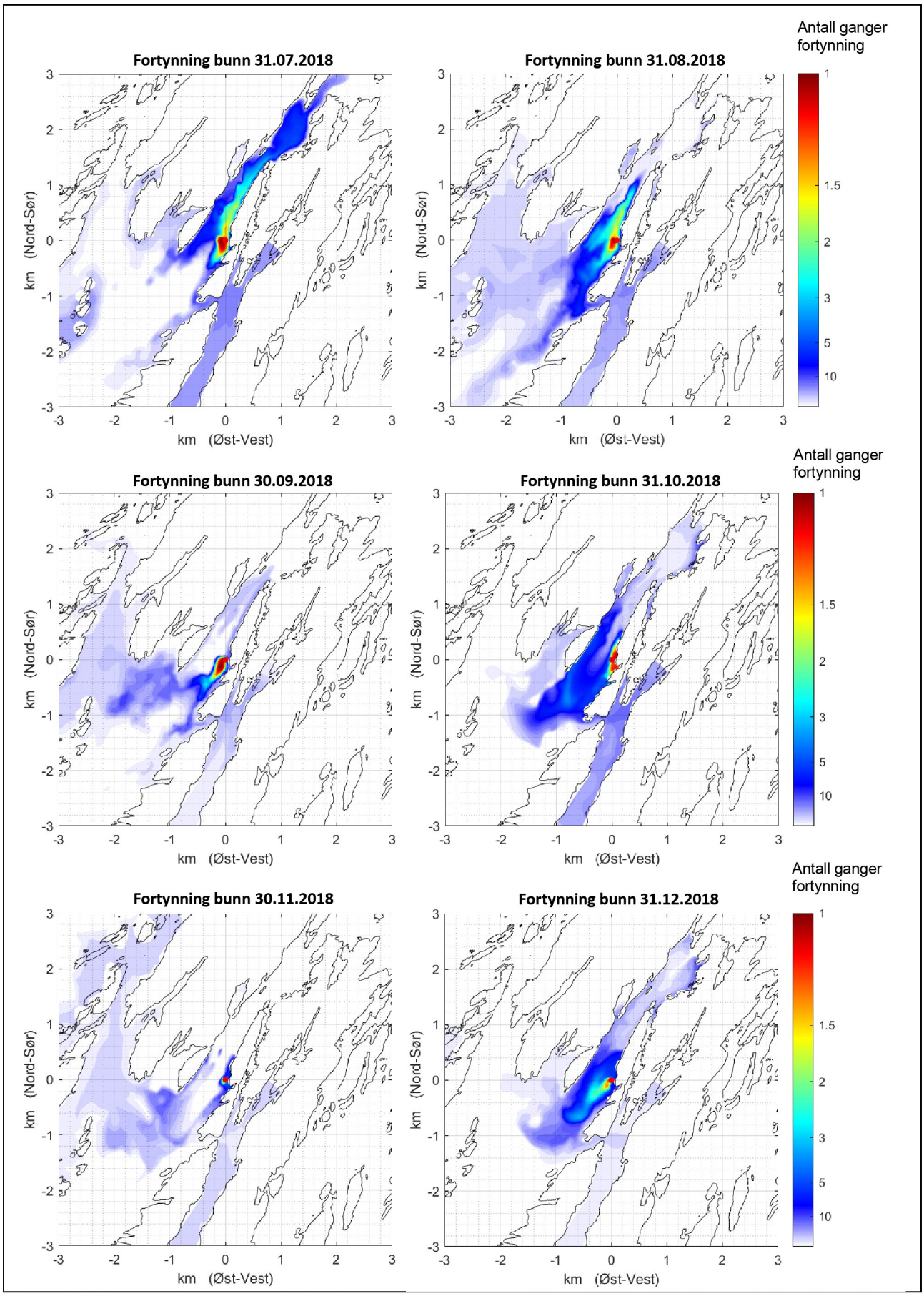
Transporten av utslippsvann varierer mye i løpet av en tidevannsperiode. Over tid viser simuleringene at det meste av utslippsvannet imidlertid transporteres ut av Toftsundet i sørvestlig retning, bare en liten andel transporteres mot nordøst helt gjennom Toftsundet. Tabell 4.2 viser hvor stor andelen er for hver måned. Dette inkluderer andelen av utslipp i hele vannsøylen som passerer nordøstover ved Toft.

Transporten varierer mye fra måned til måned, og er størst i juli. I de fleste månedene er det imidlertid liten transport nordøstover gjennom sundet. Det meste av utslippet (≥90%) beveger seg mot sørvest fra utslippspunktet og fortynnes på veg ut Toftsundet. Noe fortsetter videre mot sørvest, noe som er tilfellet i ved utgangen av januar (Figur 4.7). Ved andre tidspunkt bøyer utslippet av vestover og nordover etter at det har passert ut Toftsundet. Dette er blant annet tilfellet ved utgangen av mai. Utslippet fortynnes da mye og spres over et stort område.

Tabell 4.2 Prosentvis transport av utslipp som passerer nordøstover gjennom Toftsundet.

Måned	Transport av utslipp gjennom Toftsundet
Januar	3%
Februar	1%
Mars	2%
April	1%
Mai	3%
Juni	6%
Juli	10%
August	1%
September	4%
Oktober	2%
November	1%
Desember	2%


Antall ganger fortynning
Fortynning bunn 31.01.2018
Fortynning bunn 28.02.2018
Fortynning bunn 31.08.2018
Fortynning bunn 30.04.2018
Fortynning bunn 31.05.2018
Fortynning bunn 30.06.2018
km (Nord-Sør)
km (Øst-Vest)
1
1.5
2
3
5
10



Figur 4.7 Fortynning og spredning langs bunnen av utslipp på 43 m³/s fra posisjon 1, registrert ved utgangen av hver måned. Fortynning opp til 100 ganger er vist.

5. Konklusjon

Beregninger av transport og spredning av utslipp er gjort for 12 måneder fra 4 utvalgte posisjoner på vestsiden av Toftøya. Simuleringene viser at utslippet varierer mellom å transporteres langs bunnen nordøstover innover i Toftsundet og sørvestover langs vestsiden Toftøya. Når det transporteres sørvestover fortynnes det raskt når det passerer sørenden av Toftøya. Sammenlignet med transporten sørvestover, er det relativt små mengder som transporteres nordøstover gjennom Toftsundet. Det er relativt stor vannutskifting i Toftsundet. Utslippsvann som havner innerst i Toftsundet kan transporteres fort tilbake ut igjen mot sørvestvest avhengig av tidevannet.

Utslippspunktet bør plasseres på vestsiden av Toftøya så langt nord som mulig. På denne måten vil utslippet fortynnes mest mulig før det når sydenden av Toftøya.

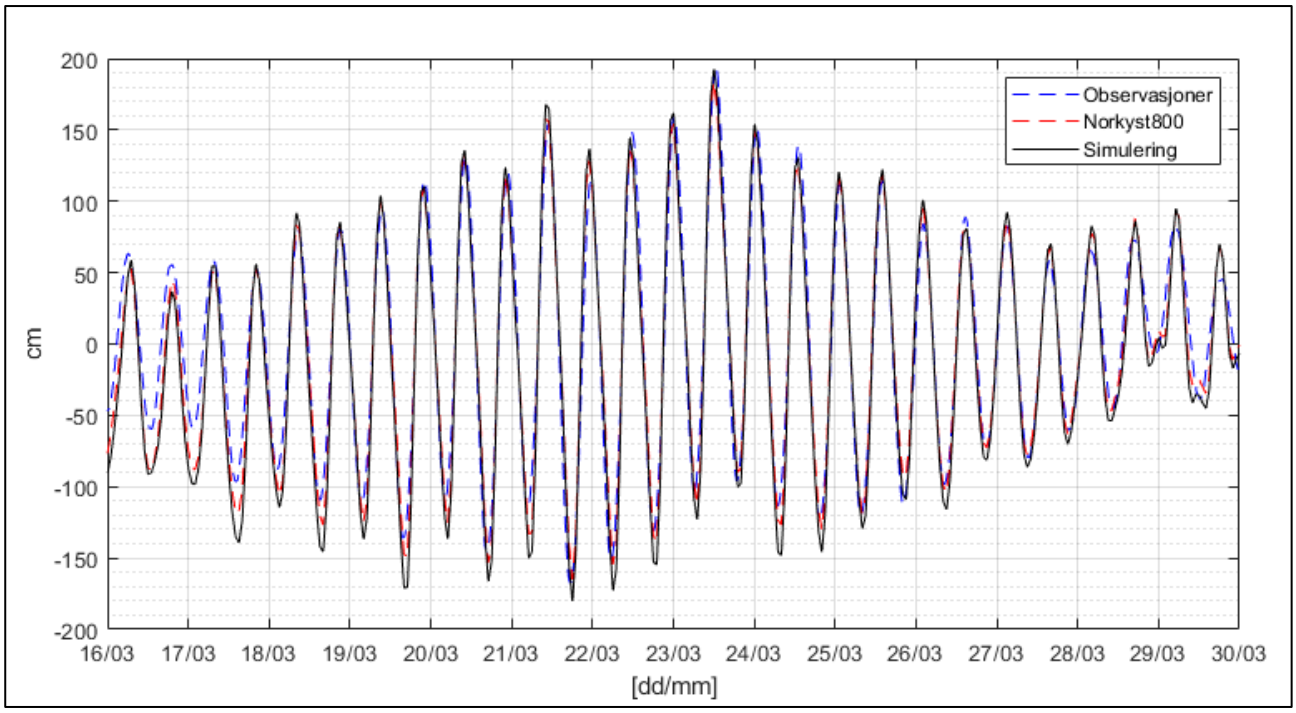
Det er liten utskiftning av vann inne i Skutstøa og utslipp som beveger seg sørover forbi sydenden av Toftøya vil med den valgte utslippsposisjonen være mest mulig fortynnet før det når innløpet til Skutstøa. Oppsamling av utslippsvann i dette området kan dermed unngås.

Inntakspunktet bør plasseres så langt sør for Toftsundet som mulig for å for å sikre at inntaksvannet får så liten innblanding av utslippsvann som mulig.

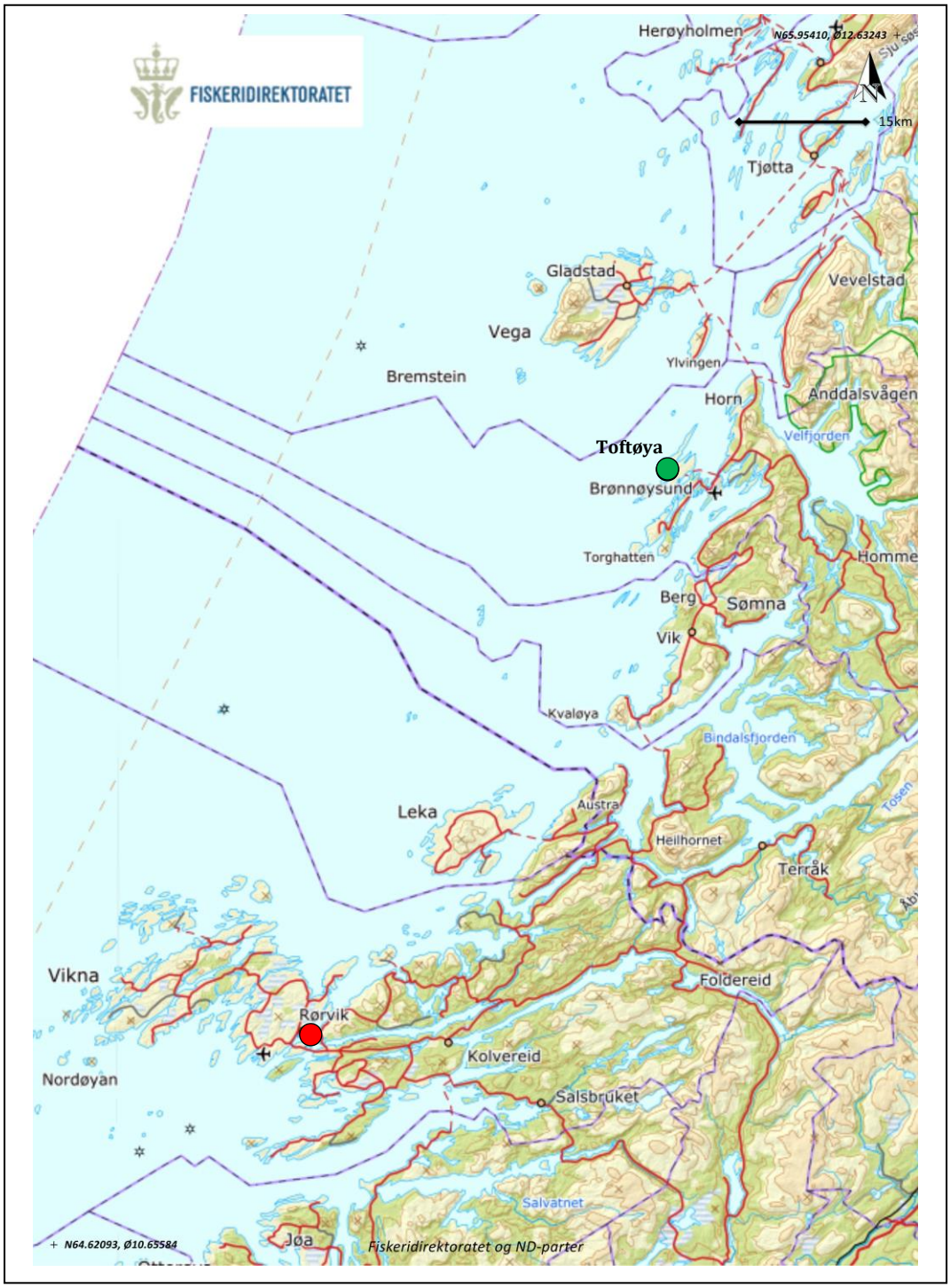
6. Vedlegg – Havnivå

I Figur 6.1 er havnivå i simuleringene fra Delft3D-FLOW sammenlignet med målt tidevann for perioden 16.03 - 30.03 2019. I tillegg er vannstanden fra inngangsdataene i NorKyst800 vist. Målingene av tidevann er gjort i Rørvik i Trøndelag av Kartverket. Disse målingene er gjort 80 km unna Toftøya i luftlinje mot sørvest (se Figur 6.2), og av den grunn er det gjort beregninger for å rette opp for eventuelle forskjell i fase og amplitude mellom målepunkt i Rørvik og modelleringsområde ved Toftøya. Tidsforskjellen er korrigert med 15 min, og amplituden med en høydefaktor på 1.06.

Det er noe avvik mellom modellresultatene og målingene, men ikke mer enn det som kan forventes når en tar avstanden mellom målepunkt og lokaliteten i betraktning. Det er videre ingen signifikant forskjell mellom randbetingelsene fra NorKyst800 og resultatene fra Delft3D-FLOW. Figur 6.1 viser at det ikke er noen entydig trend i forskjellen mellom modellresultat og observasjon. Signifikante avvik opptrer i kortere tidsrom og det er vurdert til å være av liten betydning for resultatene for strøm- og utslippsmodellering. Det er ingen signifikant tidsforskjell mellom simuleringer og observasjoner-



Figur 6.1 Havnivå ved utslippspunkt i perioden 16.03-30.03 2019. Svart linje er resultatene fra modellering med Delft3D-FLOW. Blå stiplet linje er resultater fra NorKyst800 som er inngangsdata for modellen. Rød prikket linje er tidevannstabell.

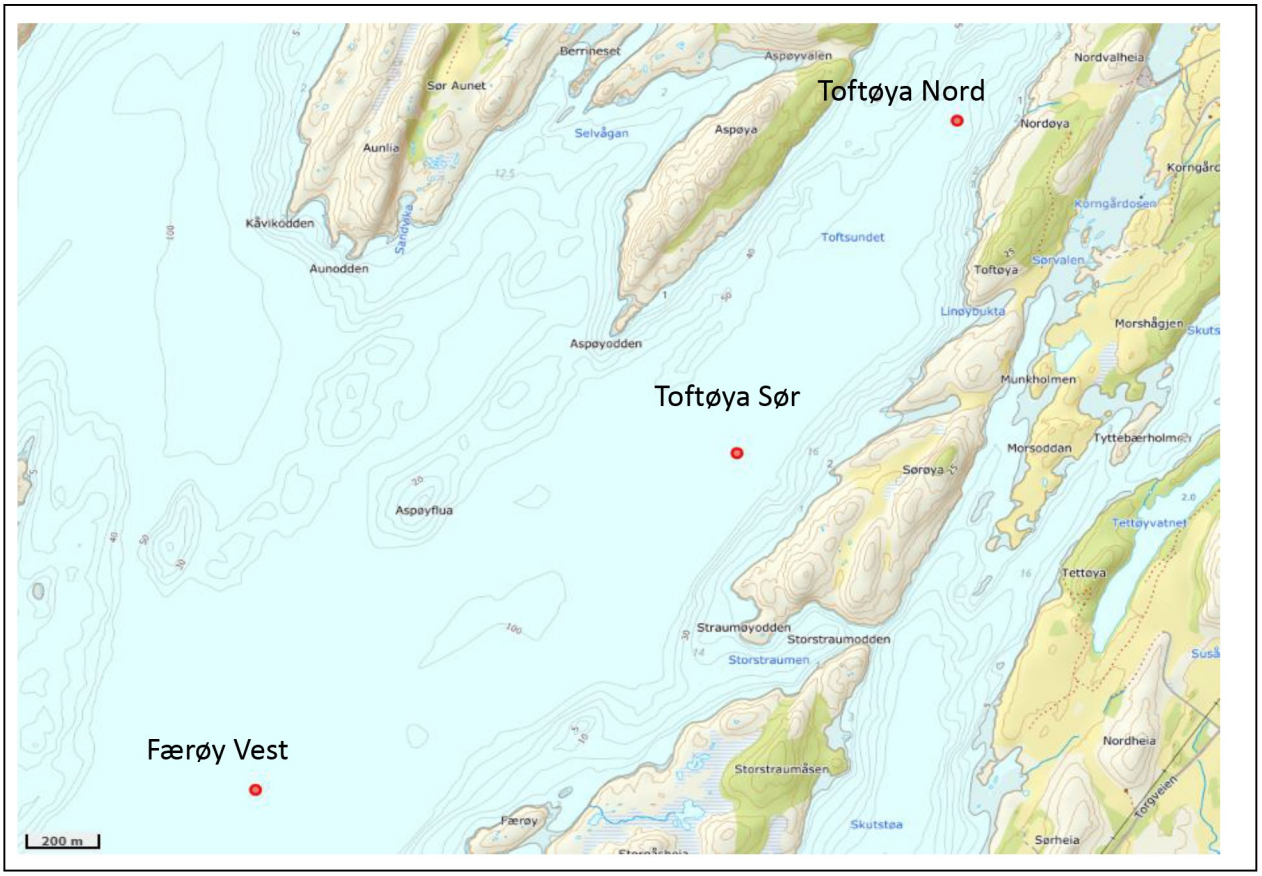


Figur 6.2 Oversiktskart fra Toftøya og sørover. Punkt for vannstandsmåling i Rørvik vist med rød prikk og punkt med korreksjon vist med grønn prikk. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

7. Vedlegg – Resultater fra strømmodelleringer

7.1 Strømresultater ved utslippspunkt

Tre posisjoner er valgt ut for å illustrere strømmen i området som er berørt av utslippet. Disse posisjonene er vist med navn i Figur 7.1 og Tabell 7.1. Sentralt i fjorden lengst sør, og vest for Færøy, er observasjonspunktet Færøy Vest, punktet Toftøy Sør ligger i innløpet til Toftsundet, og lengst nord ligger observasjonspunktet Toftøya Nord.



Figur 7.1 Utvalgte posisjoner for simulerte strømverdier er vist ved røde prikker. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

Tabell 7.1 Posisjoner for observasjonspunkt av simulerte strømverdier.

	Posisjon (N)	Posisjon (Ø)	Dyp (m)
Toftøya Nord	65° 27.641’	12° 6.760’	53
Toftøya Sør	65° 27.114’	12° 6.055’	74
Færøy Vest	65° 26.561’	12° 4.447’	81

Tabell 7.2 -Tabell 7.4 viser strømresultater fra simuleringene for de tre utvalgte posisjonene ved representative dyp gjennom for hele den simulerte perioden (01.01.19 – 31.12.19). Strømmen er sterkest ved Toftøya Nord med gjennomsnittsverdier over 10 cm/s nærmest overflaten. Nedover i dypet avtar strømmen gradvis og ved bunnen er det lite strøm med gjennomsnittverdi på 1.9 cm/s. For de to andre posisjonene er strømmene gjennomgående svakere enn ved Toftøya Nord. Strømmen er svakest nær bunnen ved Færøy Vest med gjennomsnittverdi på 1.3 cm/s. Lengre oppe i vannlagene er strømmen svakest ved Toftøya Sør.

Tabell 7.2 Strømresultater fra simuleringer ved Toftøya Nord for perioden 01.01 - 31.12 2019.

Dyp (m):	**6**	**13**	**21**	**30**	**43**	**51**
Gjennomsnitt	10.2	9.0	7.9	7.0	5.4	1.9
Sign. maks	19.3	16.4	14.1	13.1	9.9	3.6
Sign. min	3.0	2.7	2.6	2.1	1.6	0.7
Std. avvik	8.0	6.3	5.2	5.2	4.0	1.4
% < 1 cm/s	3.9	4.4	4.8	7.0	9.9	26.8
% > 30 cm/s	2.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabell 7.3 Strømresultater fra simuleringer ved Toftøya Sør for perioden 01.01- 31.12 2019.

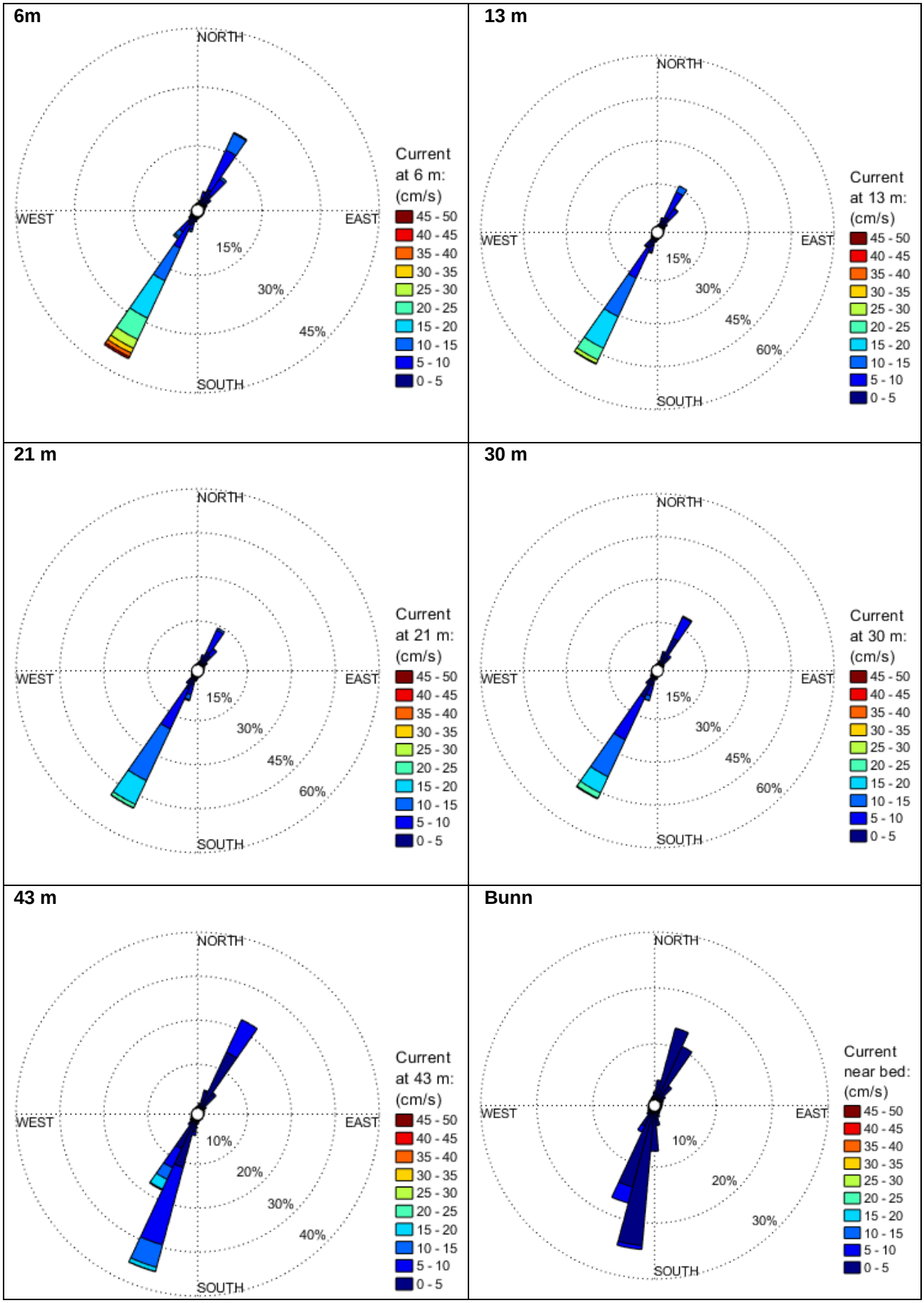
Dyp (m):	**5**	**13**	**30**	**42**	**60**	**71**
Gjennomsnitt	4.9	3.5	2.6	3.0	4.3	1.7
Sign. maks	9.1	6.4	4.7	5.5	7.4	2.7
Sign. min	1.6	1.2	0.9	1.0	1.4	0.7
Std. avvik	4.0	2.7	1.9	2.1	2.7	0.9
% < 1 cm/s	7.8	11.9	18.4	17.1	11.0	25.2
% > 30 cm/s	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabell 7.4 Strømresultater fra simuleringer ved Færøy Vest for perioden 01.01 - 31.12 2019.

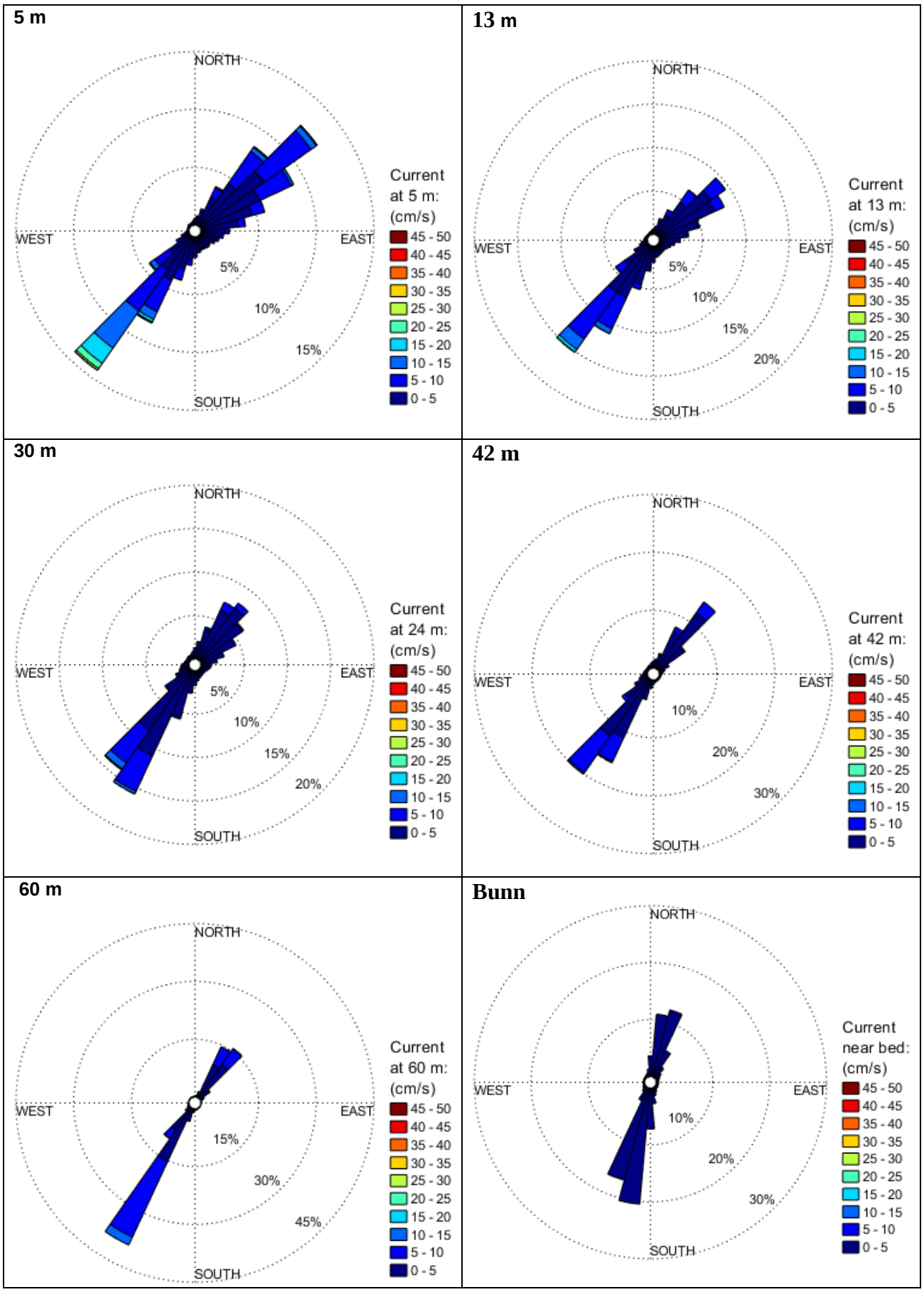
Dyp (m):	**6**	**14**	**32**	**45**	**65**	**78**
Gjennomsnitt	6.6	4.9	3.1	3.2	3.3	1.3
Sign. maks	12.0	9.1	5.7	5.9	5.8	2.2
Sign. min	2.2	1.7	1.1	1.1	1.1	0.6
Std. avvik	4.7	3.6	2.2	2.3	2.2	0.8
% < 1 cm/s	3.7	6.7	14.3	14.3	14.9	41.0
% > 30 cm/s	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

I Figur 7.2 er strømroser fra simuleringen for perioden 01.01 - 31.12 2019 vist for forskjellige dyp for Toftøya Nord. Gjennom hele vannsøylen varierer strømmen langs en akse fra nordøst til sørvest. Den dominerende strømretningen er mot sørvest. Strømroser fra Toftøya Sør er vist i Figur 7.3. Også her varierer strømmen langs en akse fra nordøst til sørvest, men strømretningen mot sørvest er ikke like dominerende som ved Toftøya Nord. I Figur 7.4. er strømrosene fra Færøy Vest vist. Som for de andre posisjonene varierer strømmen langs en akse fra nordøst til sørvest. Den dominerende strømretningen i dette tilfellet er mot nordøst for alle vannlagene.

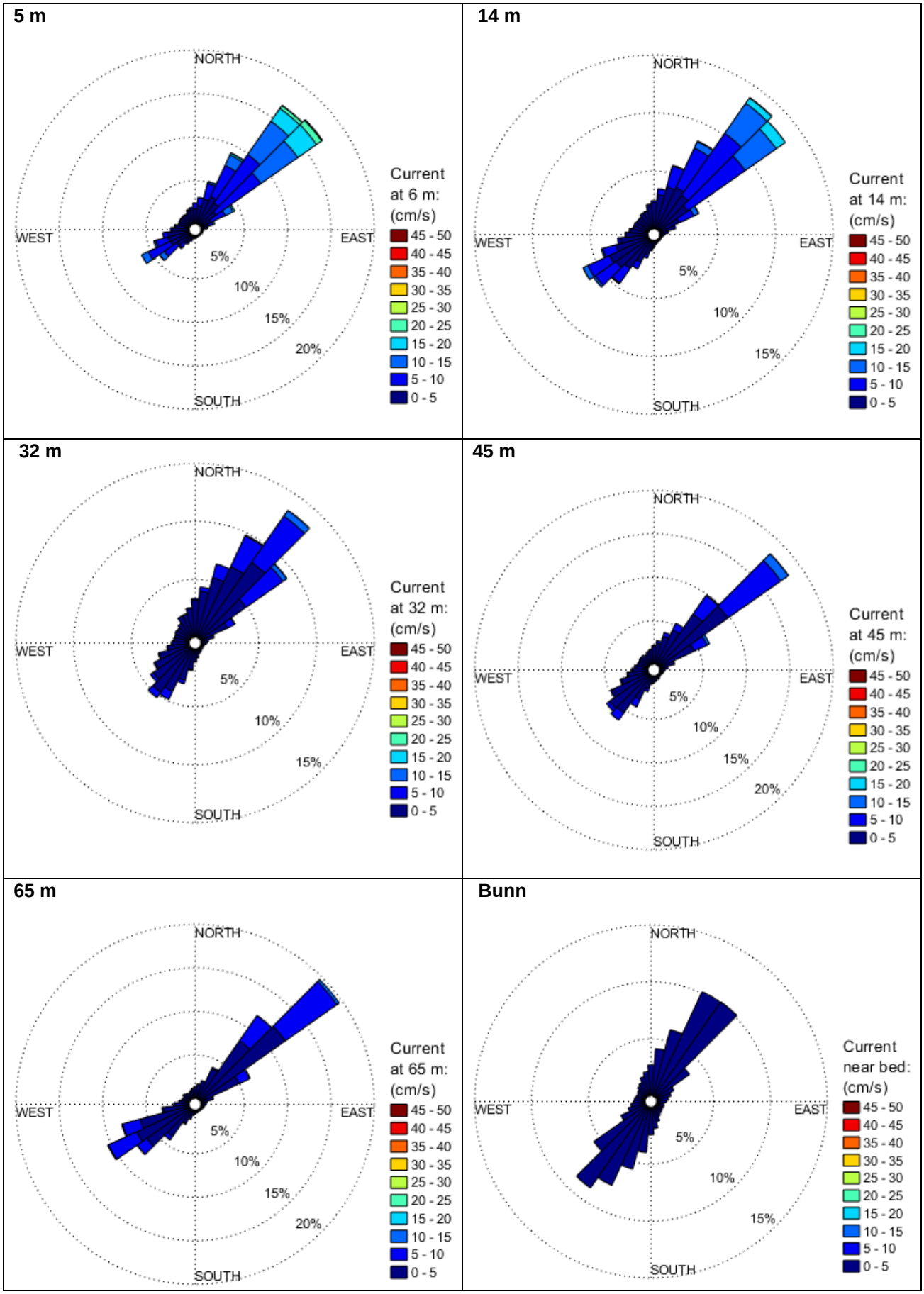
I Figur 7.5 er tidsserier for strømmen ved Toftøya nord vist. Disse viser at strømmen er sterkt tidevannsdominert med 2 strømtopper for hver tidevannsyklus. De sterkeste strømmene opptrer ved 6 og 13 m og er observert i sommermånedene juli og august. Dypere nede, ved 21 m, er strømmen mer variabel for disse månedene. Nærmest bunnen er strømmen svakest i sommermånedene juni, juli og august, og sterkest utover høsten fra september til desember. Lignende variasjoner opptrer også for de to andre posisjonene, men ikke like fremtredende.



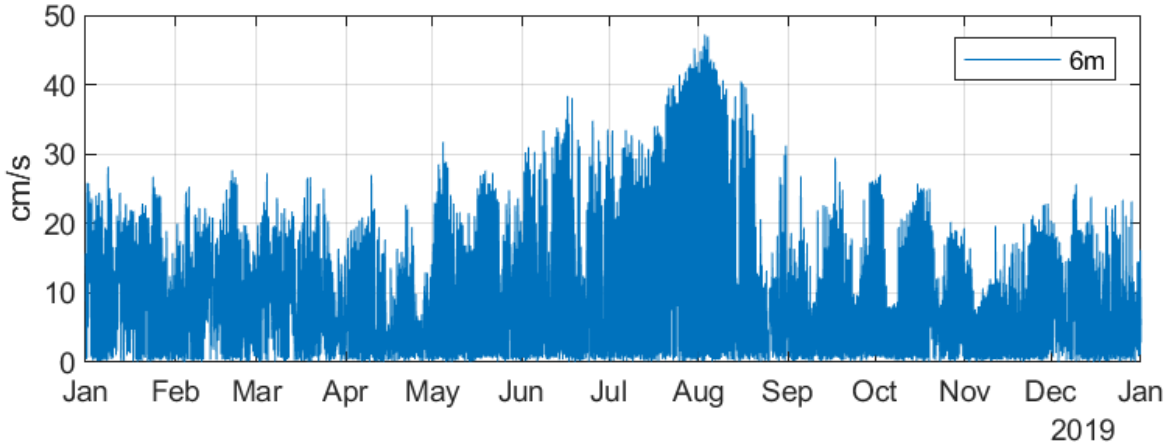
Figur 7.2 Strømroser ved Toftøya Nord fra simuleringer for perioden 01.01.19 – 31.12.19

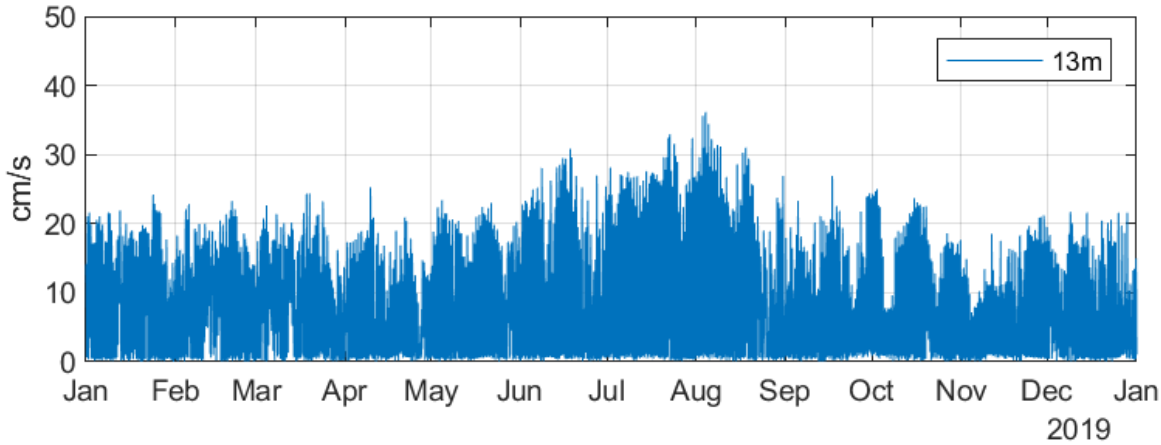


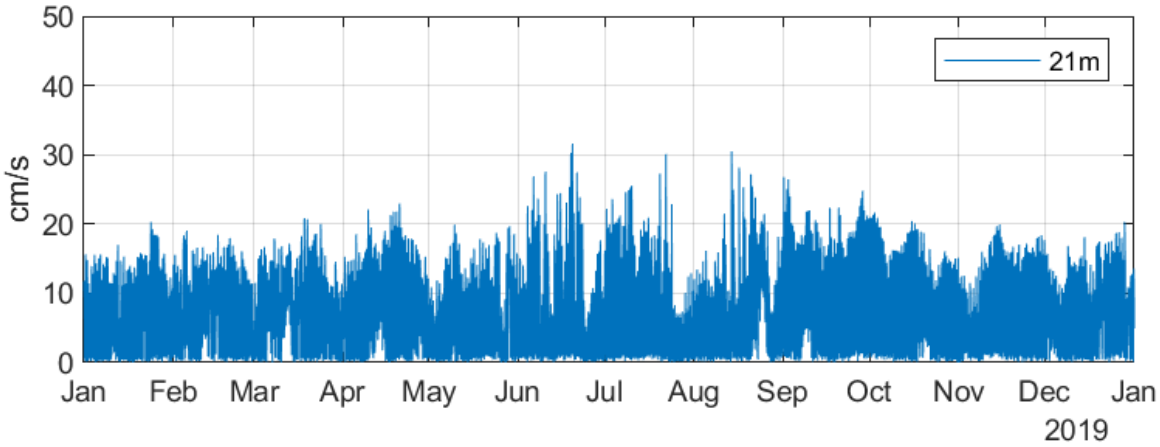
Figur 7.3 Strømroser ved Toftøya Sør fra simuleringer for perioden 01.01.19 – 31.12.19

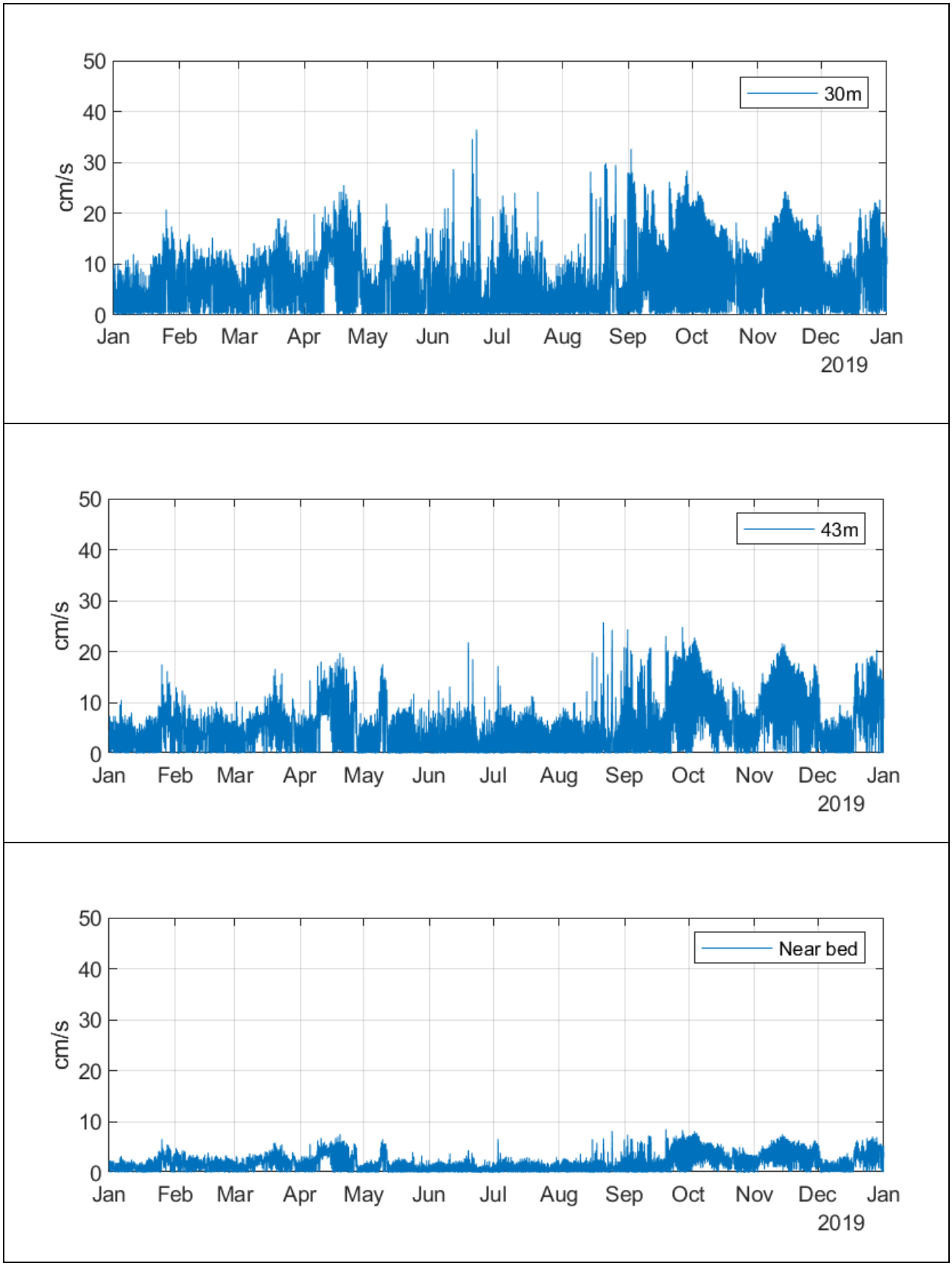


Figur 7.4 Strømroser ved Færøy Vest fra simuleringer for perioden 01.01.19 – 31.12.19


50
40
30
20
10
0
cm/s
6m
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec
Jan
2019


50
40
30
20
10
0
cm/s
13m
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec
Jan
2019


50
40
30
20
10
0
cm/s
21m
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec
Jan
2019



Figur 7.5 Tidsserier av modellert strøm på bestemte dyp, fra Toftøya Nord, for hele den modellerte perioden.

8. Vedlegg –Usikkerhetsvurdering

Usikkerheter i resultater fra modellering kommer fra usikkerhet i inngangsdata til modellene og fra modellene selv. Modellresultatene blir sjekket opp mot havnivå for verifisering og kalibrering, og vurdert hvorvidt de er egnet til videre bruk eller ikke.

8.1 Inngangsdata for strømmodell

Usikkerhetsmomenter i inngangsdata kommer fra:

- Værdata
- Randbetingelser i havnivå, strøm, salinitet og temperatur
- Bunndata

Usikkerhetene er fanget opp ved å modellere strømforholdene i et stort område rundt utslippspunket med en høyere oppløsning i nærheten av utslippspunkt. Initialverdier for både hav og atmosfære er interpolert fra et gitter med lavere oppløsning, noe som vil føre med seg usikkerhet.

8.2 Strømmodell

Det kan være variasjon innenfor rutenett som ikke er fanget opp av modellen. 3D-modellen har en maksimal oppløsning på omtrent 30 x 30 m horisontalt i 15 dybdevarierende lag. Havstrømmen kan være mer kompleks enn det som fanges opp i modellen. Modellen har størst oppløsning nær overflaten der den fanger opp en detaljert sjikting i vannlagene. Nær bunnen er det grovere oppløsning. Dette kan påvirke resultatene i områder med komplisert og varierende bunntopografi.

9. Vedlegg - Referanser

Albretsen J, Sperrevik AK, Staalstrøm A, Sandvik AD, Vikebø F, og Asplin L. (2011). NorKyst-800 Report No. 1 User Manual and technical descriptions.Fisken og Havet 2/2011.

Delft3D-FLOW. (2018). Delft3D Open Source Community. Hentet fra https://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/Delft3D-FLOW_User_Manual.pdf

Deltares. (2018). Hentet fra Deltares: https://www.deltares.nl/en/software/delft3d-4-suite/

Lesser, G. P., Roelvink, J. A., van Kester, J., & Stelling, G. S. (2004). Development and validation of a three-dimensional morphodynamic model. Coastal Engineering, 51, 833-915.

MetCoOp Ensemble Prediction System. (2019). Hentet fra https://thredds.met.no/thredds/metno.html

NK800. (2018). ROMS NorKyst800m coastal ocean fields. Hentet fra https://thredds.met.no/thredds/fou-hi/norkyst800m.html

Ranneklev, S. V., Molvær, J., & Tjomsland, T. (2013). Veileder for fastsetting av innblandingssoner. (M-46/2013), s. 28.