

Modellering av utslippsvannets spredning

Lokalitet: Smedvågen

Lokalitet nr.: Ny

Oppdragsgiver: Averøy Industripark AS

Dokument kontroll			
Rapport			
Rapportbeskrivelse og navn	Modellering av utslippsvannets spredning ved Smedvågen SM-T-02820-Smedvågen1220-ver03.pdf		
Rapportversjon	Dato	Beskrivelse	
01	09.12.2020	Første utgivelse	
02	03.02.2021	Inkluderer konsentrasjon av utslipp ved alle nabolokaliteter	
03	10.02.2021	Vurdering av plassering av inntaksposisjon	
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	Smedvågen	Lokalitetsnummer	Ny
Kommune	Averøy	Fylke	Møre og Romsdal

Sammendrag
Spredningen av utslippsvann er modellert med 4 alternative utslippsposisjoner, to posisjoner på vestsiden av fjorden A1 og A2, begge ved 30 m dyp, posisjon A3 ved 150 m dyp sentralt i fjorden og A4 ytterst i fjorden ved 150 m dyp. Spredning fra A1 og A2 skjer i hovedsak ved utslippsdyp langs en akse N-S, mens spredning fra A3 og A4 følger bunnstrømmen i fjorden. A3 påvirker inntaksvannet mest med konsentrasjon opptil 0.063‰. De øvrige alternativene gir lavere konsentrasjoner av utslipp ved inntaksposisjon. Det er små forskjeller i resultatene fra A1 og A2 og siden A1 ligger nærmest det planlagte anlegget er dette alternativet vurdert å være det beste. Konsentrasjon av utslipp fra A1 er registrert ved andre lokaliteter i fjorden. Ved nærmeste lokalitet som er Hogsnes er maksimal konsentrasjon på 0.449‰ ved bunnen (36m). Den avtar til 0.093‰ ved 24 m, 0.055‰ ved 15 m og 0.037‰ ved 6 m. De høyeste verdiene opptrer når tidevannet transporterer utslippet nordover og avtar raskt igjen når tidevannet snur. Ved Hogsneset N er konsentrasjonen maksimal konsentrasjon på 0.304‰ ved bunnen (32m). Den avtar til 0.154‰ ved 25 m, 0.10‰ ved 15 m og 0.027‰ ved 6 m. De andre lokalitetene Kattholmen, Leite og Endreset er mindre påvirket av utslippet, og kun i korte perioder overstiger konsentrasjonen 0.01 ‰. Konsentrasjonene av utslipp ved alle nabolokaliteter er vurdert som meget lave med maksimalverdier under 0.2 ‰.

Oppdragsgiver		
Selskap	Averøy Industripark AS	
Kontaktperson	Geir P. Bøe	geir.p.boe@aip.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	Inga Utkilen	inga.utkilen@akerbla.no

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	5
2. Områdebeskrivelse	6
3. Metodikk	9
3.1 Spredning og fortynning	9
3.2 Spredning av utslipp i Delft3D-FLOW	9
3.2.1 Modelloppbygging	10
3.2.2 Inngangsdata for strømmodellering.....	11
3.2.3 Utslippsmodellering	12
4. Resultater	13
4.1 Utslipp fra posisjon A1	13
4.1.1 Fortynning langs bunn.....	13
4.1.2 Fortynning ved overflaten.....	18
4.2 Utslipp fra posisjon A2	21
4.3 Utslipp fra posisjon A3	25
4.4 Utslipp fra posisjon A4	28
4.5 Konsentrasjon av utslippsvann ved inntakspunkt	32
4.6 Konsekvenser for andre lokaliteter i fjorden	35
4.6.1 Konsentrasjon av utslippsvann ved Hogsnes	35
4.6.2 Konsentrasjon av utslippsvann ved Hogsneset N	38
4.6.3 Konsentrasjon av utslippsvann ved Kattholmen.....	41
4.6.4 Konsentrasjon av utslippsvann ved Leite.....	44
4.6.5 Konsentrasjon av utslippsvann ved Endreset	47
5. Konklusjon	50
6. Vedlegg – Havnivå.....	51
7. Vedlegg – Strømresultater	53
7.1 Resultater fra strømmodellering.....	53
7.2 Simulert strøm i området rundt lokaliteten.....	57
7.2.1 Effektiv transporthastighet ved 5m.....	57
7.2.2 Effektiv transporthastighet langs bunn	58
8. Vedlegg –Usikkerhetsvurdering.....	59
8.1 Inngangsdata for strømmodell.....	59
8.2 Strømmodell	59
8.3 Smittespredning.....	59

9. Vedlegg - Parametere og beskrivelse	60
10. Vedlegg - Referanser	61

1. Innledning

Åkerblå AS har på oppdrag fra Averøy Industripark AS utført modellering av fortynning og spredning av utslippsvann ved det planlagte smolt-, postsmolt- og matfiskanlegg ved Smedvågen i Averøy kommune.

Formålet med rapporten er å avgjøre hvor utslippsvannet fra anlegget vil bevege seg og finne området som er best egnet for inntak av vann til anlegget. Det planlegges inntak av 1715 l/minutt sjøvann ved anlegget. Sjøvannet hentes ved inntakspunkt på 150 m og har en relativt høy salinitet. En liten andel ferskvann (58 l/min) blandes inn i utslippet.

Saliniteten til utslippsvannet forhindrer at det beveger seg oppover i vannmassene ved utslippspunktet under primærfortynning, men blander seg i hovedsak med resipienten ved utslippsdypet.

Det er foretatt simuleringer med fire alternative posisjoner for utslipp fra anlegget. Modelleringen vil gi grunnlag for å finne ut hvilken av posisjonene som er best egnet som utslippspunkt i forhold til posisjon for inntak av vann.

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

2. Områdebeskrivelse

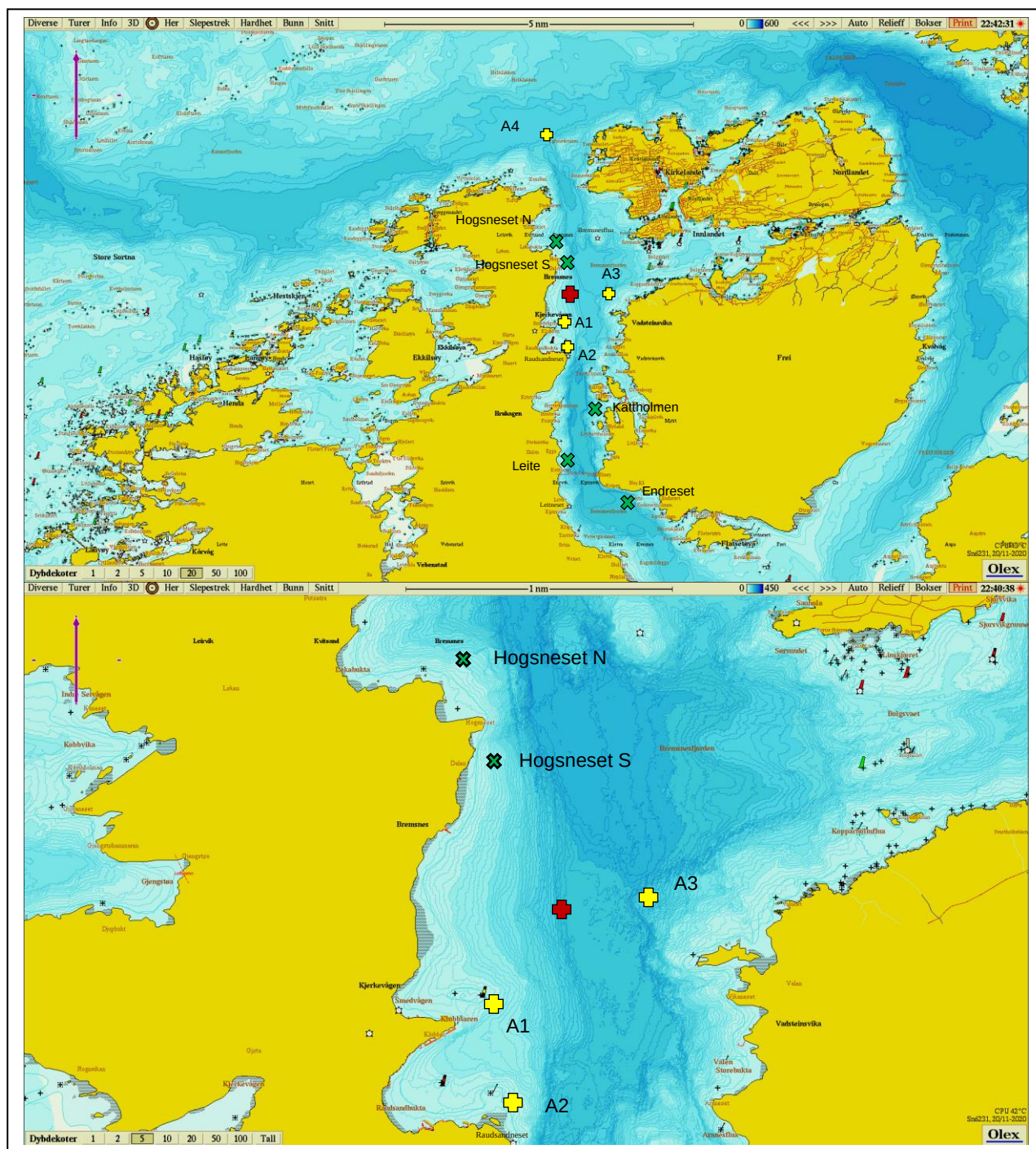
Smedvågen ligger i Averøy kommune i Møre og Romsdal, på vestsiden av Bremsnesfjorden som er en 12km lang fjord mellom Averøya i vest og Kristiansund og Frei i øst. Oversiktskart over området er vist i Figur 2.1. Bremsnesfjorden er åpen mot Storhavet i nord mellom Stavneset og Klubbneset. Den har også åpning mot nordøst gjennom Sørsundet og videre gjennom Nordsundet, samt østover over Bolgsvaet gjennom Omsundet på nordsiden av Frei.

Figur 2.2 viser bunnforholdene i området. Posisjonen for inntak av vann er planlagt ved 150 m dyp, nordøst for Smedvågen (vist med ). Fire alternative utslippsposisjoner er vist med , A1 ved 30 m dyp utenfor like utenfor Smedvågen, A2 like nord for Raudsandneset ved 30 m, A3 på østsiden av Bremsnesfjorden ved 160 m og A4 ved 150 m dyp ved inngangen til Bremsnesfjorden ca. 5 km nord for inntaksposisjonen.

Ytterst ved utslippsalternativ A4 har Bremsnesfjorden en terskel med dyp på ca 150 m. Mellom Stavneset og Klubbneset og sørover forbi området mellom Hogsneset og Bremsnesflua er fjorden 200 m dyp. Fjorden har også en terskel på 160 m dyp ca. 1.5 km sør for inntakspunktet. Sør for Raudsandneset blir det igjen dypere til i overkant av 240 m.



Figur 2.1. Oversiktskart over området rundt Smedvågen der anleggsposisjon anvist med **X**. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.



Figur 2.2 Kart som viser bunntopografien i området utenfor Smedvågen. Kompasspila øverst i venstre hjørne indikerer kartets orientering. Planlagt posisjon for inntak av vann er vist med ■. Alternative posisjoner for planlagt utslipp (A1, A2, A3 og A4) er vist med ■. De nærmeste er vist ✕. Kartet er hentet fra Olex. 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 (Rannekleiv 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 Smedvågen vil bestå vesentlig av sjøvann som er planlagt hentet fra 150 m dyp og sluppet ut på et dyp mellom 30 m (utslippsalternativ A1). En liten andel ferskvann skal tilføres utslippsvannet som ikke er forventet å endre tettheten i betydelig grad. Sjøvannets egenvekt øker med dypet og utslippsvannet er dermed forventet å ikke være lettere en resipienten ved utslippspunktet. Det 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 og fortynnes slik at tettheten avtar. Bevegelsen nedover vil foregå helt til det fortynnete utslippsvannet får en tetthet som er utlignet med tettheten til resipienten. Utslippsvannet vil deretter følge strømmen i fjorden og fortynnes videre.

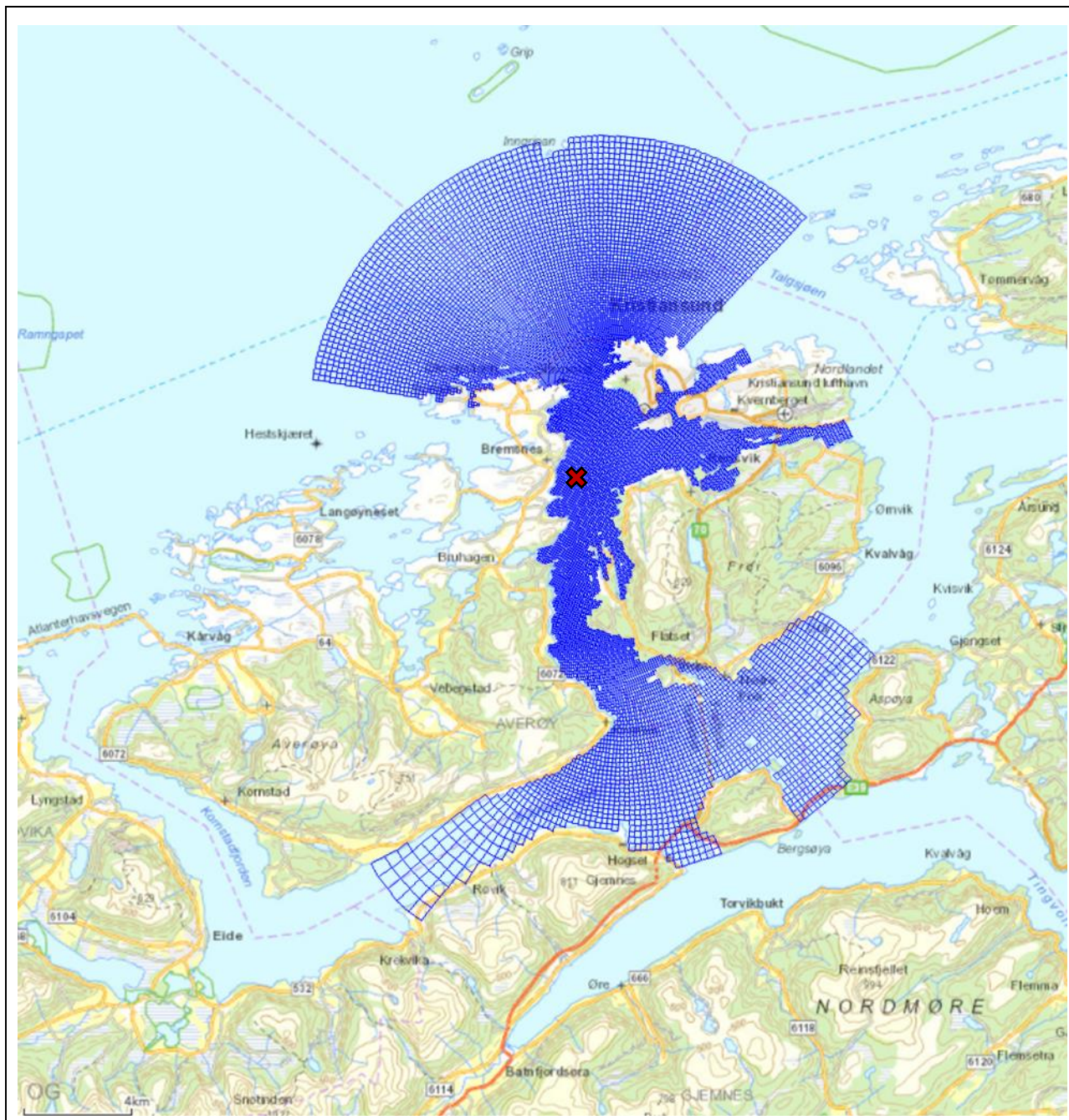
For å bestemme transporten og spredning av utslippet er det laget en strøm- og spredningsmodell for lokaliteten ved hjelp av programvaren Delft3D-FLOW (Deltares, 2018). Delft3D-FLOW er en tredimensjonal, hydrodynamisk modell som gir strømfelt over et stort område og flere dybdenivå. At modellen omfavner 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 en såkalt k-epsilonmodell som er tilgjengelig i Delft3D-FLOW.

3.2.1 Modelloppbygging

En tredimensjonal strømmodell er laget for området i form av horisontalt rutenett rundt utslippspunktet, vist i Figur 3.1. Det dekker et område rundt de vestlige delene av Averøy i en radius på 16 km fra utslippspunktet. For å oppnå stabilitet og numerisk effektivitet har modellen størst oppløsning med 50 m × 50 m ved inntaksposisjon utenfor Smedvågen. Modellens oppløsning avtar gradvis til 200 m × 200 m mot ytterkantene i nord og 625 m × 575 m i sørvest.



Figur 3.1 Rutenett benyttet for å modellere strøm og utslipp ved Smedvågen der anleggsposisjon anvist med ✕. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

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 (Tabell 3.1).

Tabell 3.1 Fordeling og prosentvis tykkelse av vannlag i modellen for et utvalgt dyp på 150 m. Nederst er det i alt 10 vannlag som hver utgjør 8% av den totale dybden.

Vannlag	Tykkelse (%)	Tykkelse for 150m dyp(m)	Dybde (m)
1	2	3.0	0.0 - 3.0
2	3	4.5	3.0 - 7.5
3	4	6.0	7.5 - 13.5
4	5	7.5	13.5 - 21.0
5	6	9.0	21.0 - 30.0
6-15	80	120.0	30.0 - 150.0

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 NorKyst800 coastal ocean fields» ved Havforskningsinstituttet (NK800,2018; Albretsen m.fl., 2011). Dette er timesdata med oppløsning på 800 x 800 m som omfatter havnivå, strømhastighet, temperatur og saltholdighet. En kombinasjon av havnivå og strøm fra NorKyst800 benyttes som inngangsdata for modellen ved å benytte en såkalt Riemann randbetingelse (Delft3D-FLOW, 2018).

Atmosfæriske data er 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

Posisjon for inntak og utslipp av vann er vist i Figur 2.2 og Tabell 3.3. Planlagt vannføring ved utslippspunkt består av saltvann på 1715 l/min som er hentet opp ved vanninntak på 150 m dyp og som er blandet med ferskvann (58 l/minutt), som gir total vannføring ved utslipp er på totalt utslipp er 1773 l/minutt. I simuleringene er salinitet og temperatur på utslippsvann identisk med inntaksvannet siden bidraget fra ferskvann utgjør en liten andel. Med høy salinitet i inntaksvannet er det forventet at utslippsvannet vil bevege seg langs bunnen under primærfortynning.

Tabell 3.3 Posisjoner for simulert inntak og utslipp.

	Posisjon (N)	Posisjon (Ø)	Dyp (m)
Inntak	63° 5.022'	7° 41.027'	150
Utslipp A1	63° 4.656'	7° 40.495'	30
Utslipp A2	63° 7.661'	7° 40.778'	30
Utslipp A3	63° 5.094'	7° 41.892'	160
Utslipp A4	63° 7.661'	7° 40.088'	150

Biologiske forutsetninger for smitte fra utslippet avtar eksponentielt etter utslippstidspunkt ved at virus blir inaktive. Smittsomme virus har halveringstid på 4.3 dager ved 4°C (Graham et al 2007). For at konsentrasjon skal reflektere smittepresset introduseres en nedbrytningsrate for utslippet i resipienten (Tabell 3.4).

Tabell 3.4 Nedbrytning av for utslipp basert på reduksjon av smittsomme virus (Graham et al 2007).

Halveringstid virus (4°C)	Reduksjon av aktive virus	Nedbrytning av utslipp
4.3 dager	16.12% pr døgn	16.12% pr døgn

4. Resultater

Inntaksposisjonen som er valgt ligger på 150 m dyp i overkant av 1 km SØ for nærmeste lokalitet som er Hogsnes. Analyse av modellert strøm ved inntaksposisjon over et helt år viser vekslende strøm i N-S retning og at det ikke er signifikant strøm i Ø-V-retning (se Figur 7.1 i Vedlegg 7). Simuleringene viser at den dominerende strømrretningen på vestsiden av fjorden der Hogsnes ligger, er mot nord både nær overflaten (Figur 7.3) og ved bunnen (Figur 7.4). Det er derfor ikke forventet at signifikante nivåer av partikulært utslipp fra dette anlegget vil nå inntakspunktet.

Det er foretatt simulering med utslipp gjennom månedene januar, mai, august og september 2019.

Resultatene er vist med spredning og fortynning på utvalgte dager, og total spredning i løpet av mai og september. Disse månedene ble valgt på grunn av ulike strømforhold. Januar og september er måneder med sterk strøm langs bunnen, mens mai er en måned med svak strøm. August er en måned med relativt svak strøm til å begynne med og sterk strøm mot slutten (se Vedlegg 7).

Resultatene for spredningen og fortynningen er vist ved overflaten og bunnen. Ettersom inntaket av vann til anlegget skjer langs bunn, er det her det er viktigst at det bare er lave konsentrasjoner av utslippsvann som når inntakspunktet.

4.1 Utslipp fra posisjon A1

Posisjon A1 ligger på 30 m dyp og er befinner seg nærmest inntakspunkt, vist i Figur 2.2.

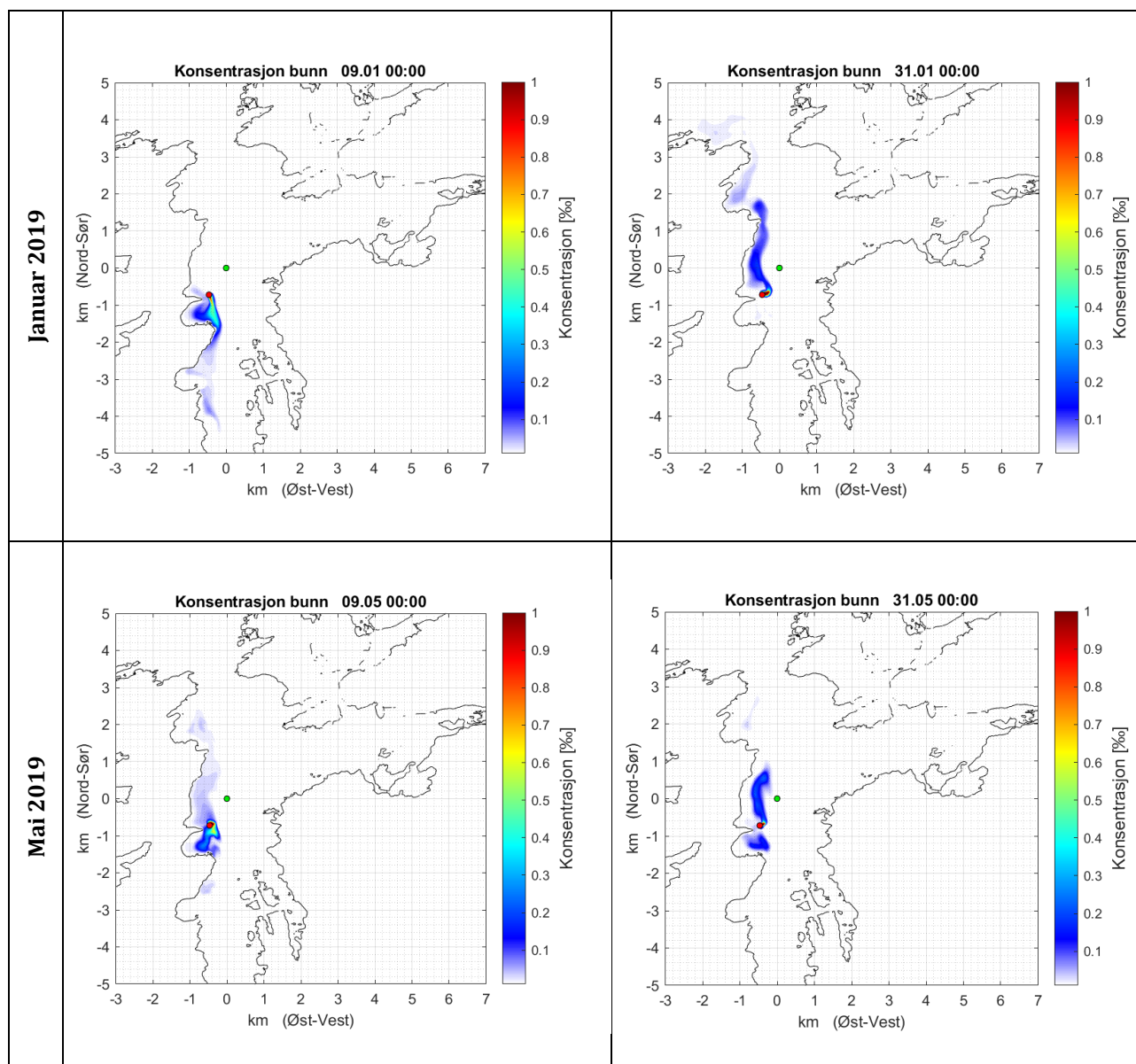
4.1.1 Fortynning langs bunn

Spredningen av utslipp varierer mye i løpet av de simulerte periodene og påvirkes sterkt av tidevannet. Figur 4.1 viser konsentrasjon av utslippsvann langs bunn fra utslippspunkt A1 for utvalgte dager, to dager i januar og to dager i mai, dvs. ved inngangen til angitt dato (kl. 00:00). Konsentrasjonen er volumandelen av utslippsvann i resipienten. Resultatene viser at utslippsvannet fortynnes raskt når det blander seg med vannmassene i nærheten av utslippspunktet slik at konsentrasjonen blir mindre enn 1‰. Det svarer til en fortynning på 1000 ganger. Figuren viser konsentrasjoner mellom 0.01 ‰ (100 000 gangers fortynning) og 1 ‰ (1000 gangers fortynning).

Resultatene viser at utslippsskyen veksler på å bevege seg sørover og nordover langs vestsiden av fjorden. Den 09.01 befinner det meste utslippsvannet seg sør for utslippspunktet. Konsentrasjonen er mindre enn 1 ‰ 200 m sørøst for utslippspunktet og 1 km sør for utslippspunktet er konsentrasjonen redusert til 0.1 ‰. Konsentrasjon er mindre enn < 0.01 ‰ 3.5 km sør for utslippspunktet.

Den 31. 01 har utslippsskyen beveget seg nordover og forbi Hogsneset som befinner seg 1 km nord for inntakspunktet. Konsentrasjonen er da redusert til under 0.2 ‰.

Den 09.05 og 31.05 viser også spredning av utslipp på vestsiden av fjorden. Det er ikke konsentrasjon over 0.01 ‰ østover forbi inntakspunktet.



Figur 4.1 Fortynning langs bunn fra utslippspunkt A1 (rød prikk), på dagene 09.01.2019, 31.01.2019, 09.05.2019 og 31.05.2019. Konsentrasjoner fra 0.01‰ til 1‰ er vist. Punkt for vanninntak vist med grønn prikk.

Spredningen av utslipp varierer sterkt i løpet av døgnet og påvirkes i stor grad av tidevannet. De utvalgte tidspunktene viser bare en liten del av variasjonen som kan forekomme. Ved et gitt tidspunkt har utslippsskyen en relativ begrenset utbredelse, men kan forflytte seg langt i løpet av få timer. Utslippsskyen veksler blant annet mellom å bevege seg nordover og sørover. For å finne ut hvilke områder som kan bli berørt av utslipp, er maksimal konsentrasjon registrert langs bunnen i hele modellområdet i løpet av en simulert måned.

Konsentrasjonen av utslipp blitt registrert langs bunnen hver 3. time. Den maksimale konsentrasjonen registrert hver i løpet av januar og mai langs er vist i Figur 4.2.

I januar har ikke utslippsskyen konsentrasjon over 0.01 ‰ ved utslippspunktet.

Utslipet veksler på å spres nordover og sørover langs vestsiden av fjorden og dekker bare en liten del av området om gangen.

I januar 2019 (øverst i Figur 4.2) har konsentrasjonen oversteget 1 ‰ opptil 700 m fra utslippspunktet mot nord og mot sør. Mot øst og vest er utslippsskyen ikke beveget seg mer enn 300 m før konsentrasjonen var lavere enn 1 ‰.

Konsentrasjon reduseres gradvis nordover når den passerer vest for inntakspunktet og utenfor Hogsneset som er 1 km nord for inntakspunktet har ikke konsentrasjonen oversteget 0.4 ‰. Utenfor Stavneset 3 km nord for inntakspunktet er konsentrasjonen mindre enn 0.1 ‰.

Sørover reduseres konsentrasjonen (<0.4‰) når utslippsskyen passerer Raudsandneset 1.5 km sør for inntakspunktet, og 3 km fra inntakspunktet er konsentrasjonen mindre enn 0.1‰.

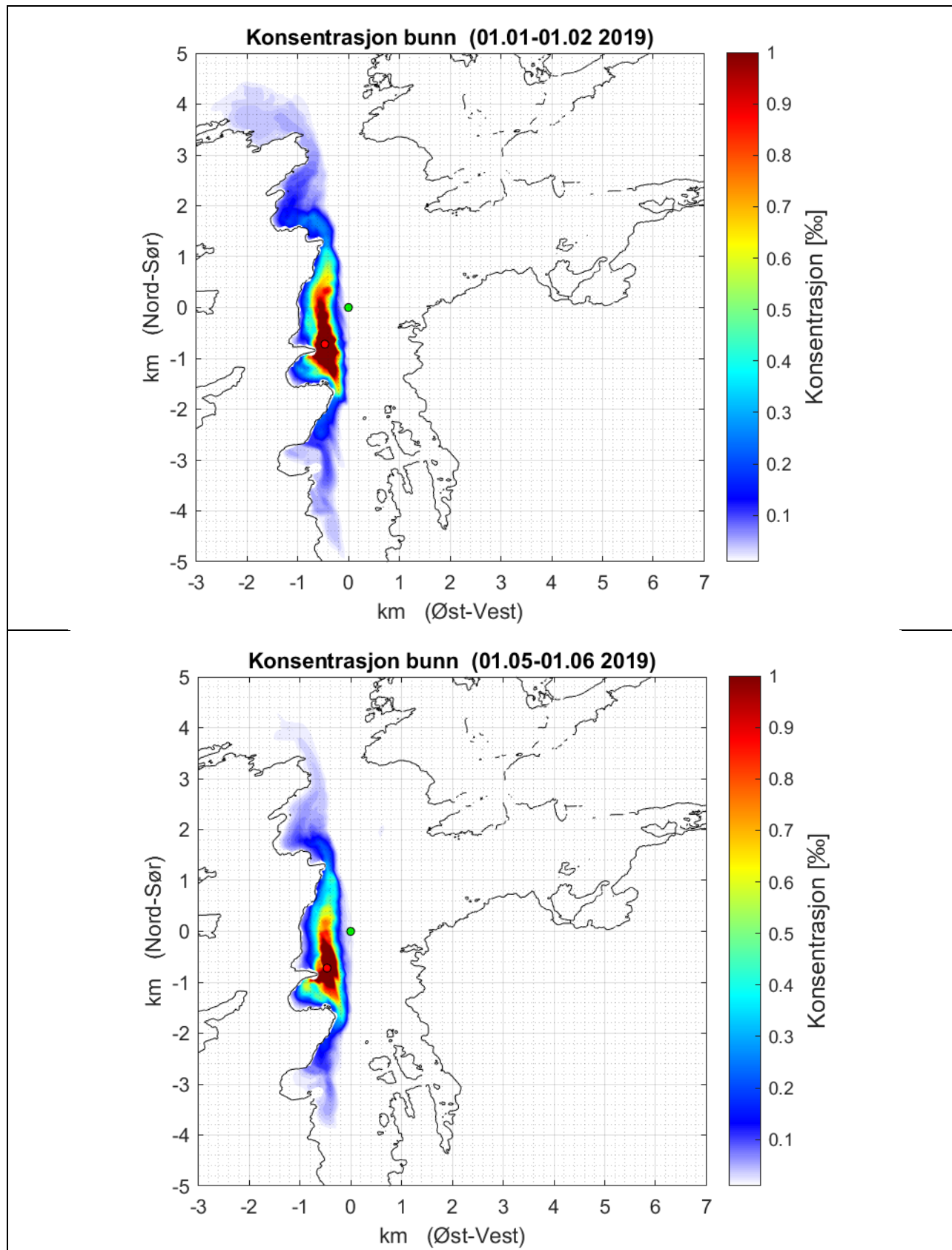
Maksimal konsentrasjon er registrert for simuleringer i mai 2019, vist nederst i Figur 4.2. Området med konsentrasjon over 1‰ er noe mindre og strekker seg 600 m nordover og 400 m sørover.

I mai har utslippsskyen beveget seg kortere sørover sammenlignet med januar. Dette kan forklares med at mai har svakest strøm.

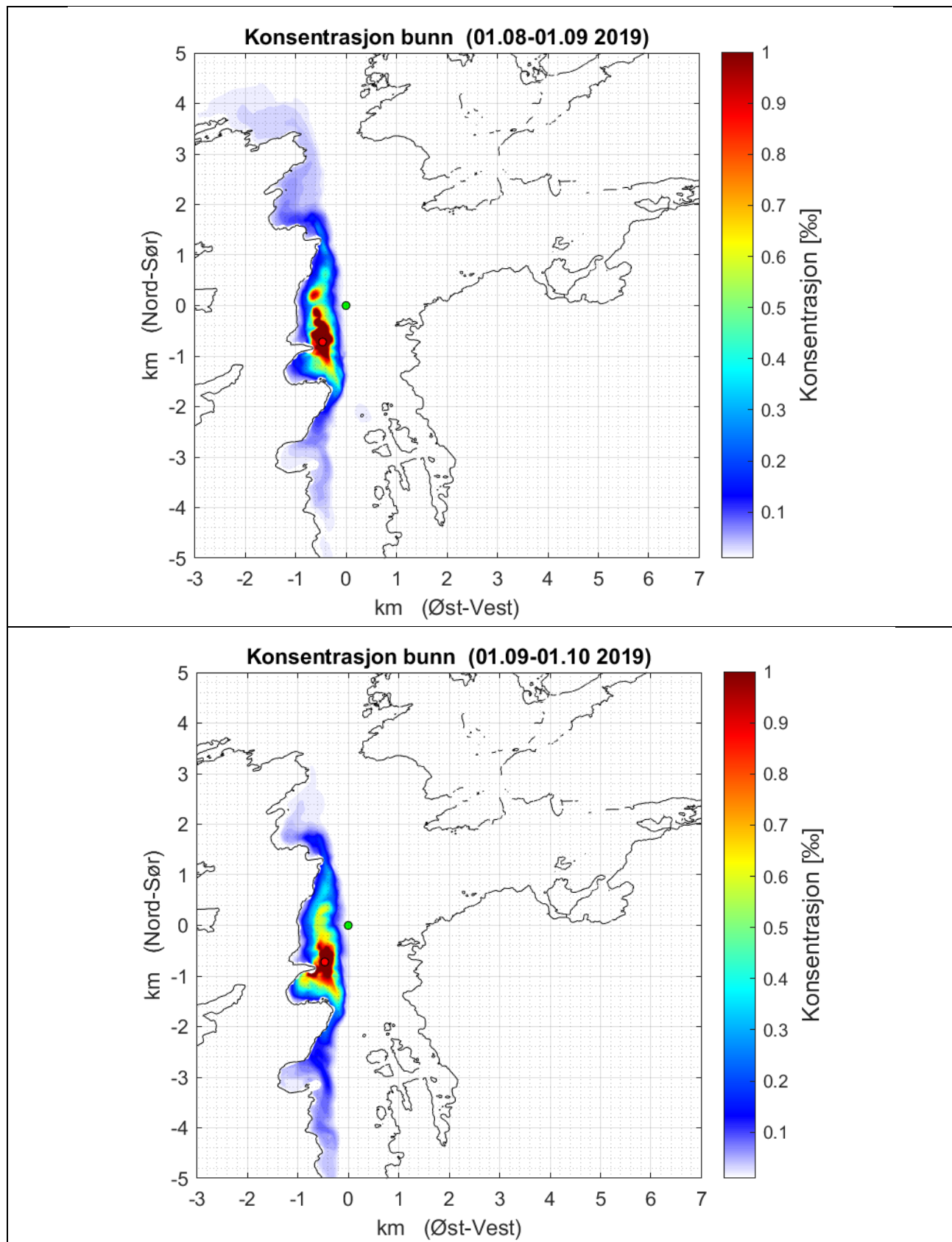
Simuleringer av utslipp er også gjennomført for august og september 2019. Figur 4.3 viser maksimal konsentrasjon registrert langs bunnen for disse månedene. Området med høyest konsentrasjon (> 1‰) er vesentlig mindre for disse månedene sammenlignet med januar.

Alle månedene viser lav konsentrasjon av utslipp ved inntakspunktet (mye mindre enn 0.1 ‰.).

September er den måneden med størst spredning sørover, men 3.5 km sør for inntaket er konsentrasjonen lavere enn 0.1 ‰.



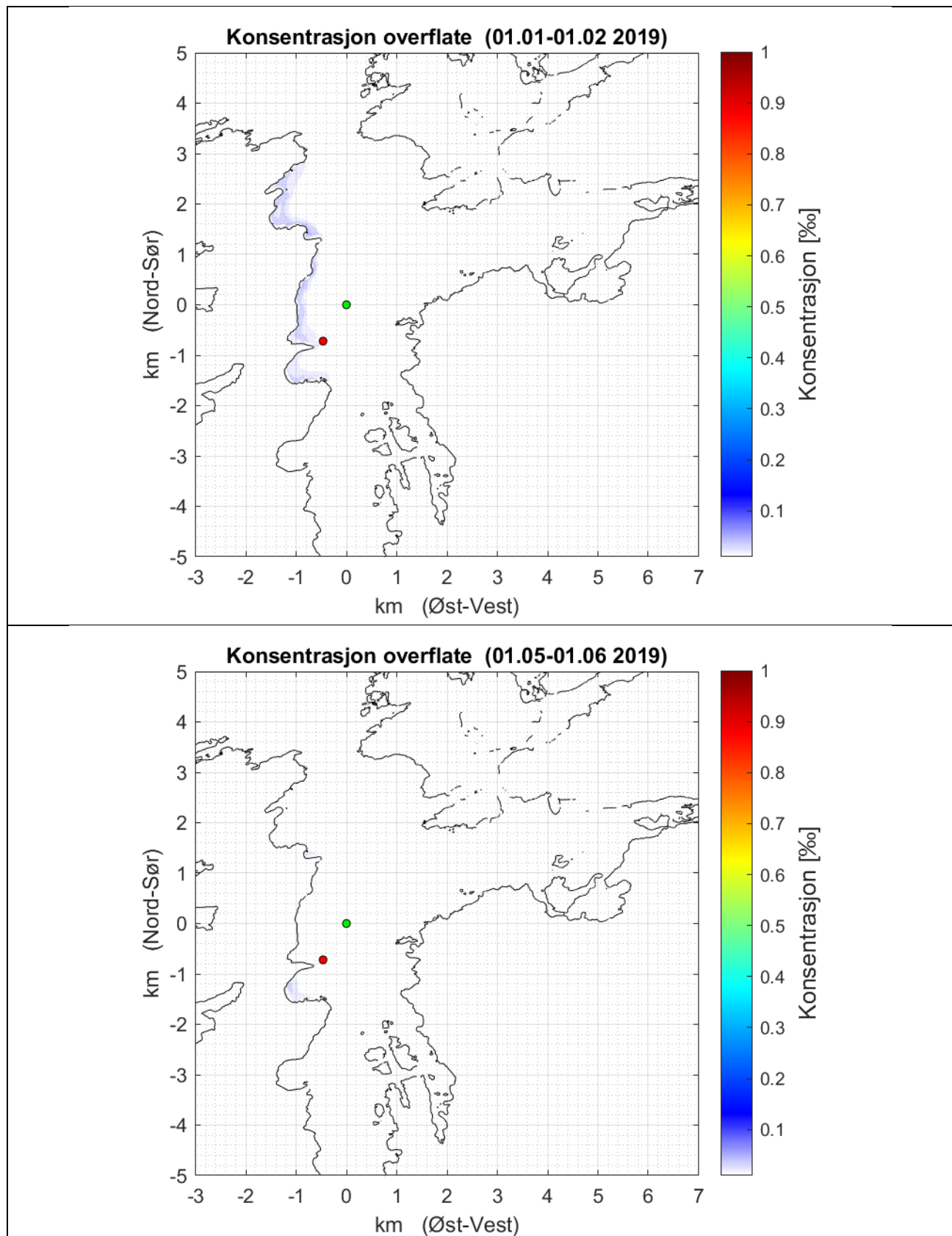
Figur 4.2 Maksimal konsentrasjon registrert langs bunn fra utslippspunkt A1 (rød prikk), i løpet av januar og mai 2019. Konsentrasjoner fra 0.01‰ til 1‰ er vist. Punkt for vanninntak vist med grønn prikk.



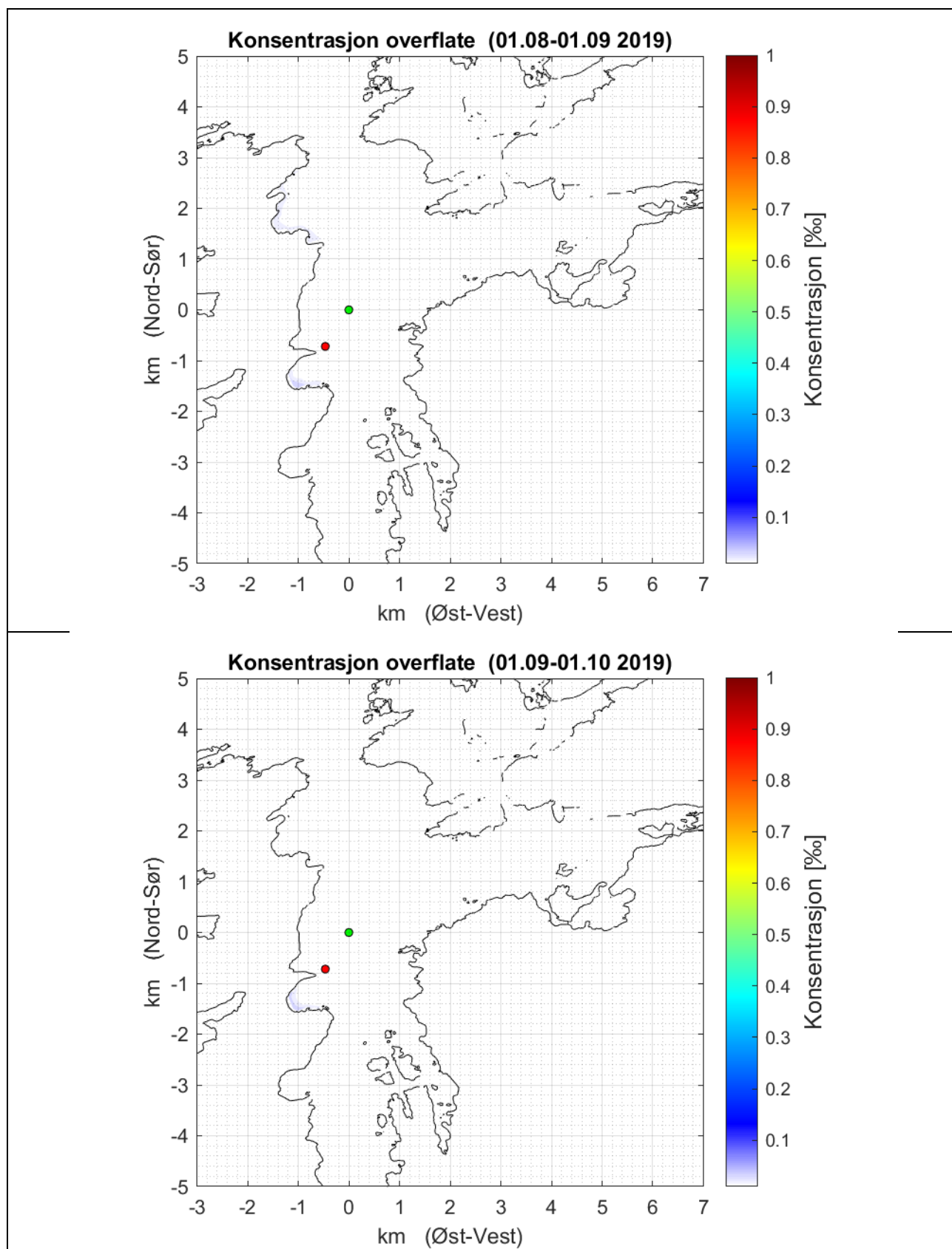
Figur 4.3 Maksimal konsentrasjon registrert langs bunn fra utslippspunkt A1 (rød prikk), i løpet av august og september 2019. Konsentrasjoner fra 0.01‰ til 1‰ er vist. Punkt for vanninntak vist med grønn prikk.

4.1.2 Fortynning ved overflaten

Figur 4.4 og Figur 4.5 viser hvilke områder som har vært berørt av utslipp ved overflaten i løpet av de simulerte månedene. Bare i områder nærmest land er det registrert rester av utslippsskyen. Konsentrasjonene er lave og overstiger ikke 0.03 ‰. Den viktigste årsaken til dette er at utslippet som slippes ut på 30 m dyp bruker lang tid på å bevege seg opp gjennom vannlagene og nå overflaten.



Figur 4.4 Maksimal konsentrasjon av utslipp A1(rød prikk), registrert ved overflaten i løpet av januar og mai 2019. Konsentrasjoner fra 0.01‰ til 1‰ er vist. Punkt for vanninntak vist med grønn prikk.



Figur 4.5 Maksimal konsentrasjon av utslipp A1 (rød prikk), registrert ved overflaten i løpet av august og september 2019. Konsentrasjoner fra 0.01‰ til 1‰ er vist. Punkt for vanninntak vist med grønn prikk.

4.2 Utslipp fra posisjon A2

Utslippspunkt A2 er plassert på 30 m dyp omtrent 1.3 km sør for inntakspunktet like nord for Raudsandneset.

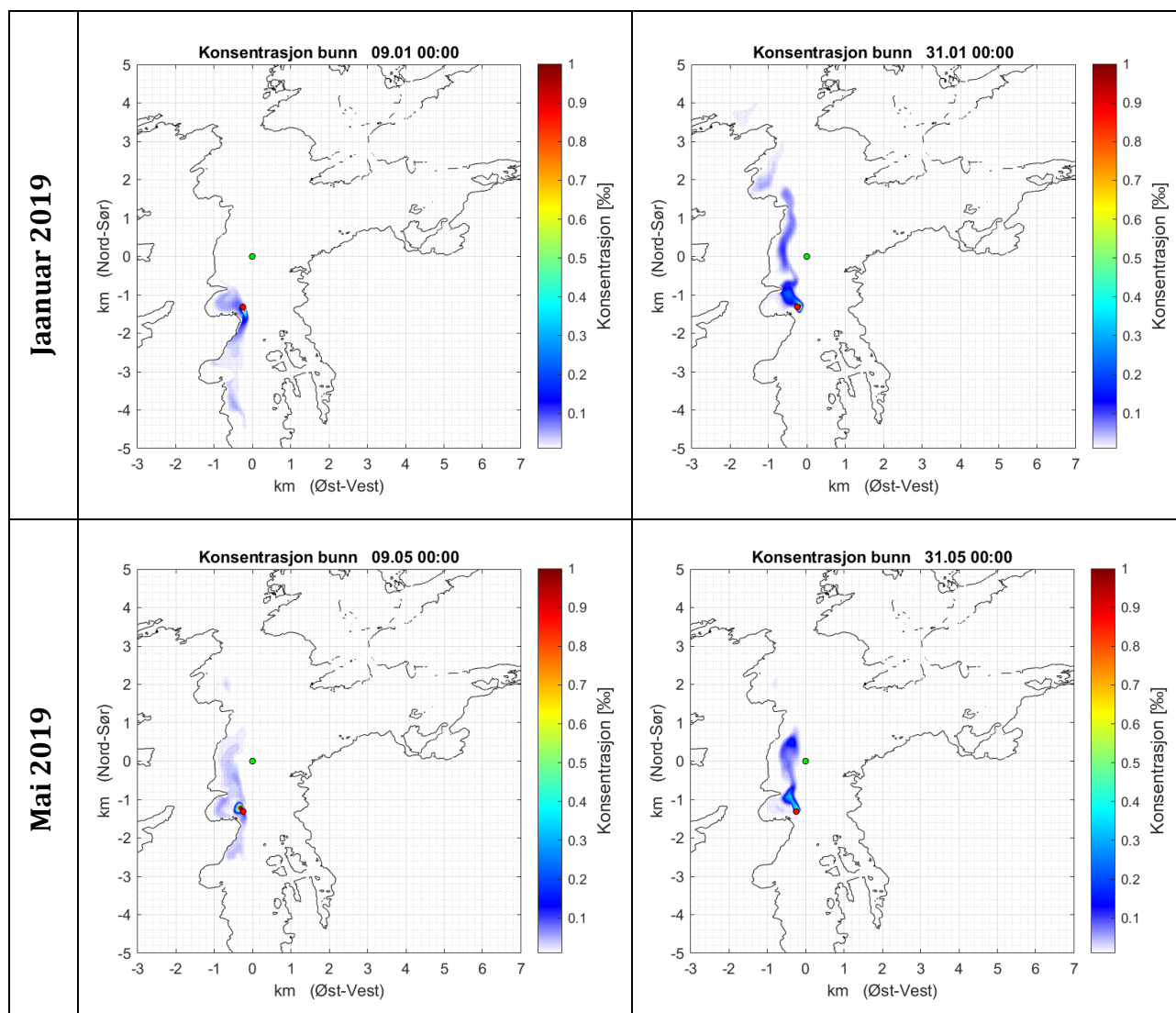
Figur 4.6 viser konsentrasjon ved starten av fire utvalgte dager. På samme måte som for alternativ A1 veksler utslippet mellom å transporteres nordover og sørover langs vestsiden av fjorden. Strømmen er noe sterkere i området rundt dette utslippspunktet slik at utslippet transporteres raskere bort. Konsentrasjonen nærmest utslippspunktet A2 blir dermed vesentlig lavere enn det var ved A1.

Den maksimale konsentrasjonen registrert i løpet av januar og mai langs bunnen er vist i Figur 4.7. Figuren viser hvilke områder som har vært berørt av utslipp i løpet av tidsrommet. Utslipet har vekslet mellom å spres i nordlig og sørlig retning og dekker bare en liten del av området om gangen.

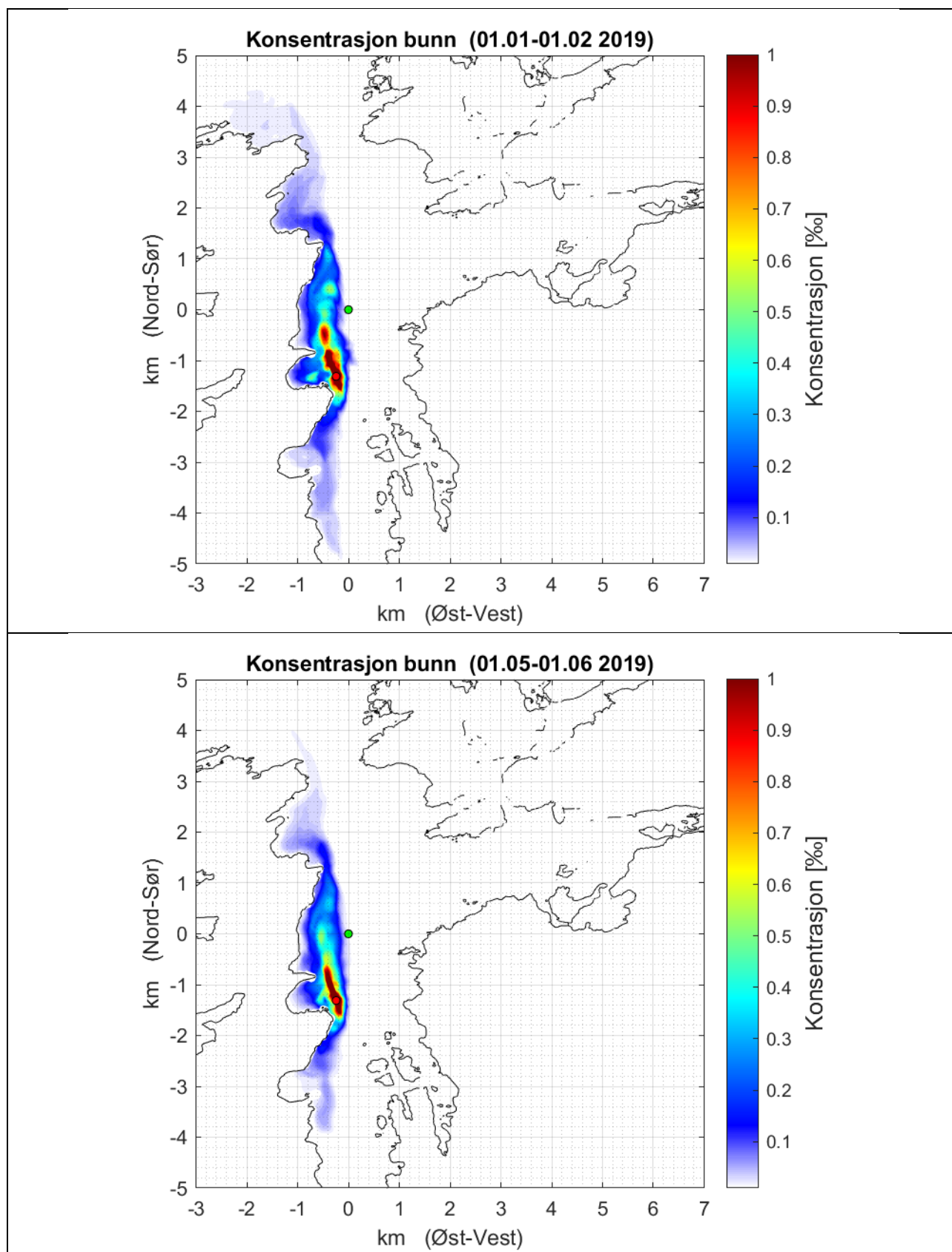
Området som har hatt konsentrasjon over 1 ‰ er langstrakt N-S retning i strekker seg 300 m sørover og opptil 800 m nordover. Det har total utstrekning på 200 m i Ø-V retning.

Før utslippet har passert forbi Hogsneset 1.3 km nord for inntakspunktet er konsentrasjonen mindre enn 0.2 ‰. Videre nordover synker konsentrasjonen raskt til under 0.1 ‰ 1.8 km nord for inntakspunktet. Sørover for utslippspunktet synker konsentrasjonen raskt når utslippsskyen passerer forbi Raudsandneset. Konsentrasjonen av utslippsvann er mindre enn 0.1 ‰ 2.5 km sør for inntaksposisjonen.

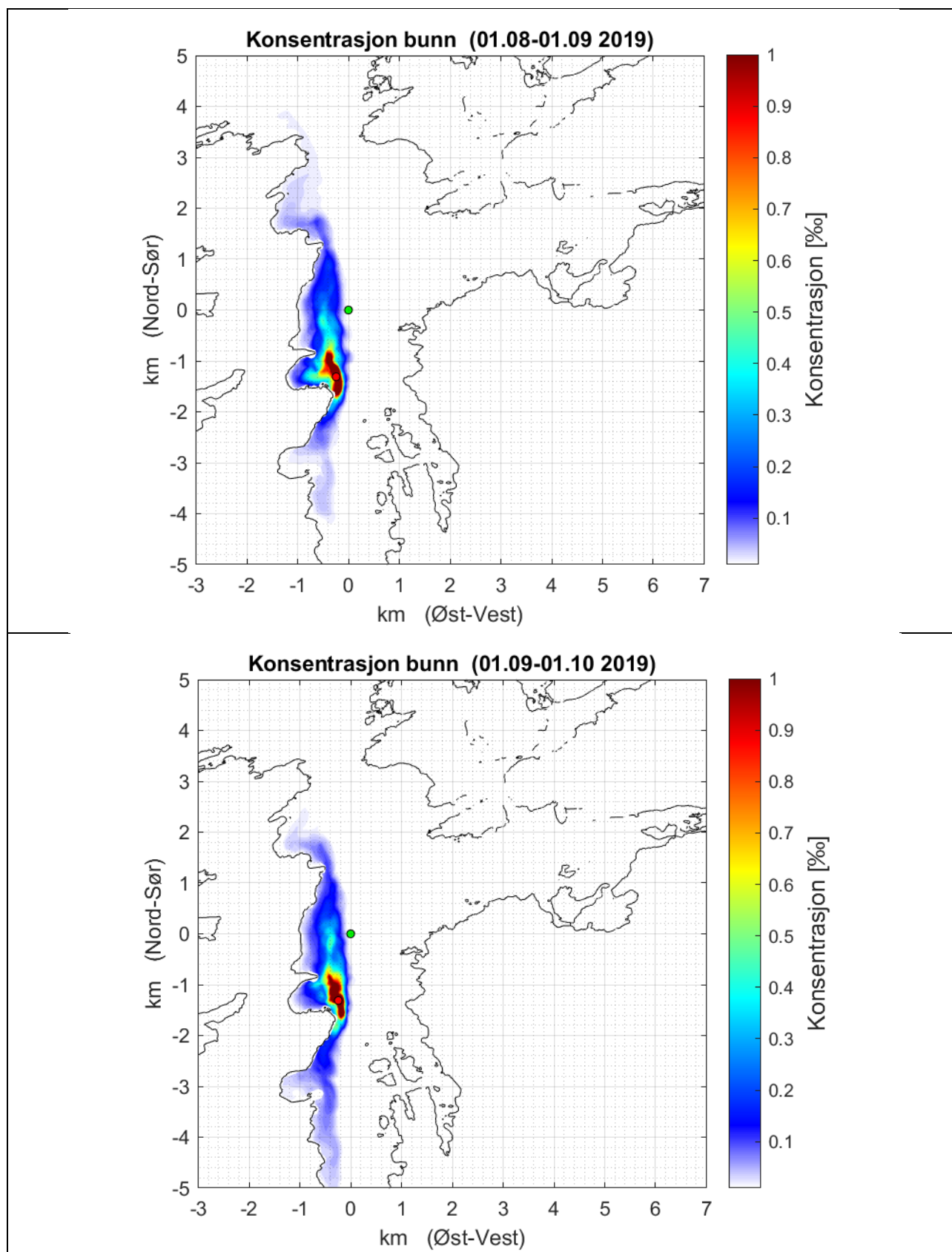
Figur 4.8 viser maksimal konsentrasjon av utslipp langs bunnen for august og september. Utslippsmengden ved inntaksposisjon overstiger ikke 0.01 ‰ for noen av månedene. For alle månedene er konsentrasjonen mindre enn 0.2 ‰ langs bunnen nord for Hogsneset. Utslippsskyen har størst rekkevidde sørover i september da konsentrasjonen er 0.1 ‰ opptil 3 km sør for inntaksposisjonen.



Figur 4.6 Fortynning langs bunn fra utslippspunkt A2 (rød prikk), på dagene 09.01.2019, 31.01.2019, 09.05.2019 og 31.05.2019. Konsentrasjoner fra 0.01‰ til 1‰ er vist. Punkt for vanninntak vist med grønn prikk.



Figur 4.7 Maksimal konsentrasjon registrert langs bunn fra utslippspunkt A2 (rød prikk), i løpet av januar og mai 2019. Konsentrasjoner fra 0.01‰ til 1‰ er vist. Punkt for vanninntak vist med grønn prikk.

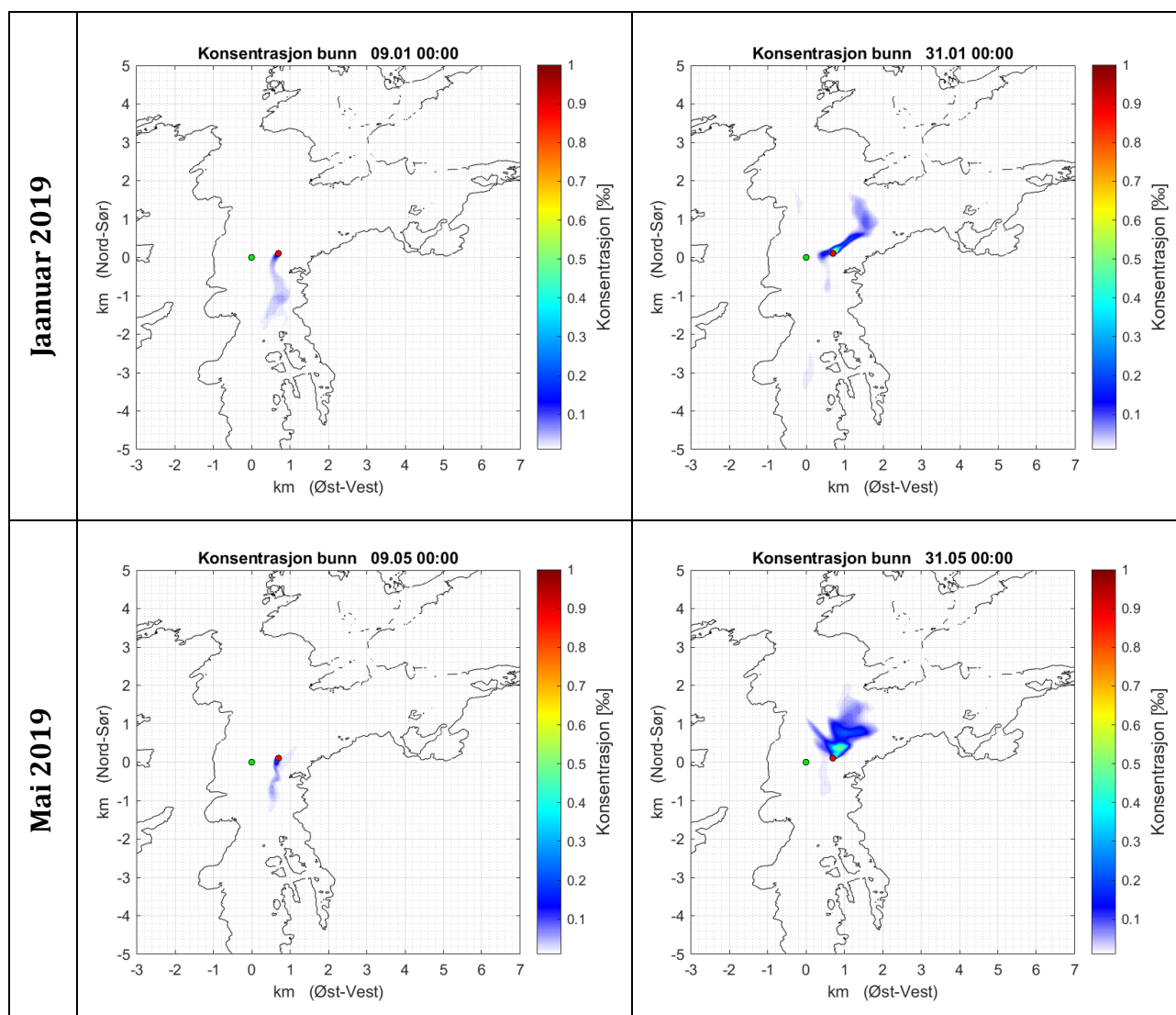


Figur 4.8 Maksimal konsentrasjon registrert langs bunn fra utslippspunkt A2 (rød prikk), i løpet av august og september 2019. Konsentrasjoner fra 0.01‰ til 1‰ er vist. Punkt for vanninntak vist med grønn prikk.

4.3 Utslipp fra posisjon A3

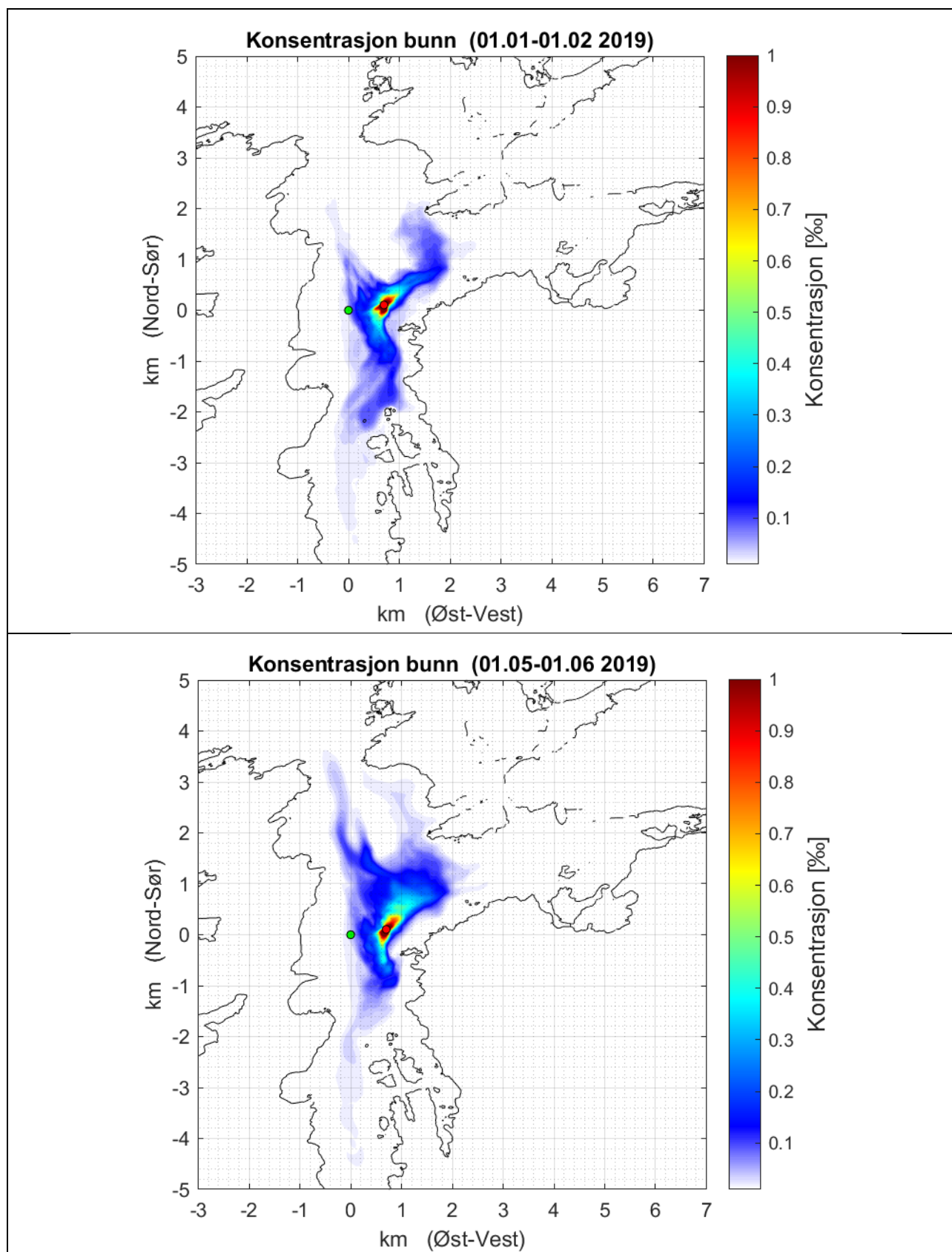
Utslippspunkt A3 er plassert på 160 m dyp omtrent 700 m øst for inntakspunktet på østsiden av fjorden.

Figur 4.9 viser konsentrasjon ved starten av fire utvalgte dager. På samme måte som for alternativ A1 veksler utslippet mellom å transporteres nordøstover og sørover langs østsiden av fjorden. Det er lite spredning vestover på tvers av fjorden mot inntakspunktet.

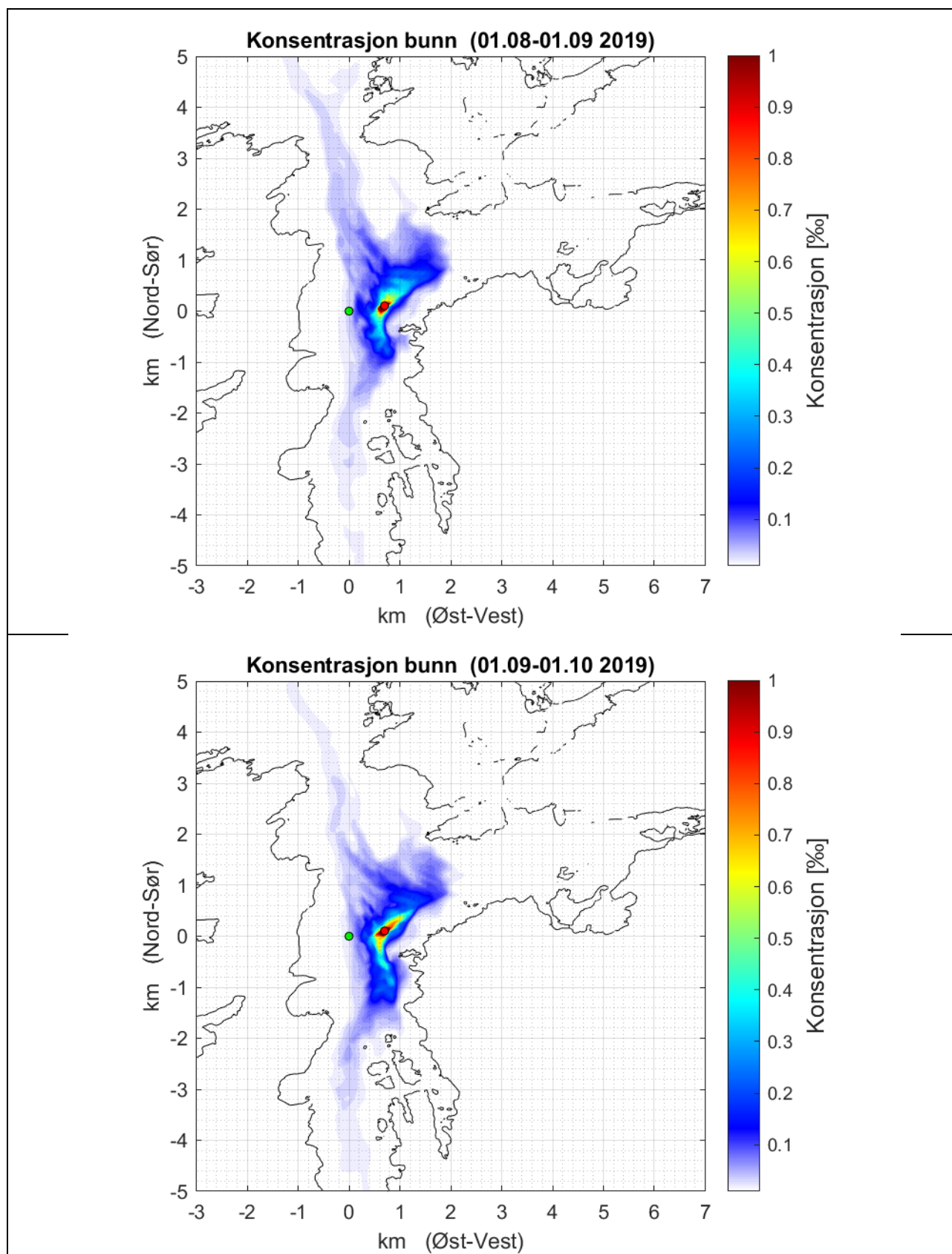


Figur 4.9 Fortynning langs bunn fra utslippspunkt A2 (rød prikk), på dagene 09.01.2019, 31.01.2019, 09.05.2019 og 31.05.2019. Konsentrasjoner fra 0.01‰ til 1‰ er vist. Punkt for vanninntak vist med grønn prikk.

Figur 4.10 og Figur 4.11 viser maksimal konsentrasjon av utslipp fra A3 langs bunnen for de simulerte månedene januar, februar, august og september. Figurene viser hvilke områder som har vært berørt av utslipp i løpet av tidsrommet. Utslipet har hovedsakelig vekslet mellom å spres nordøstover og sørover fra utslippspunktet. I kortere perioder spres det også vestover mot inntakspunktet, men konsentrasjonen overstiger ikke 0.2‰ ved inntakspunktet.



Figur 4.10 Maksimal konsentrasjon registrert langs bunn fra utslippspunkt A3 (rød prikk), i løpet av januar og mai 2019. Konsentrasjoner fra 0.01‰ til 1‰ er vist. Punkt for vanninntak vist med grønn prikk.



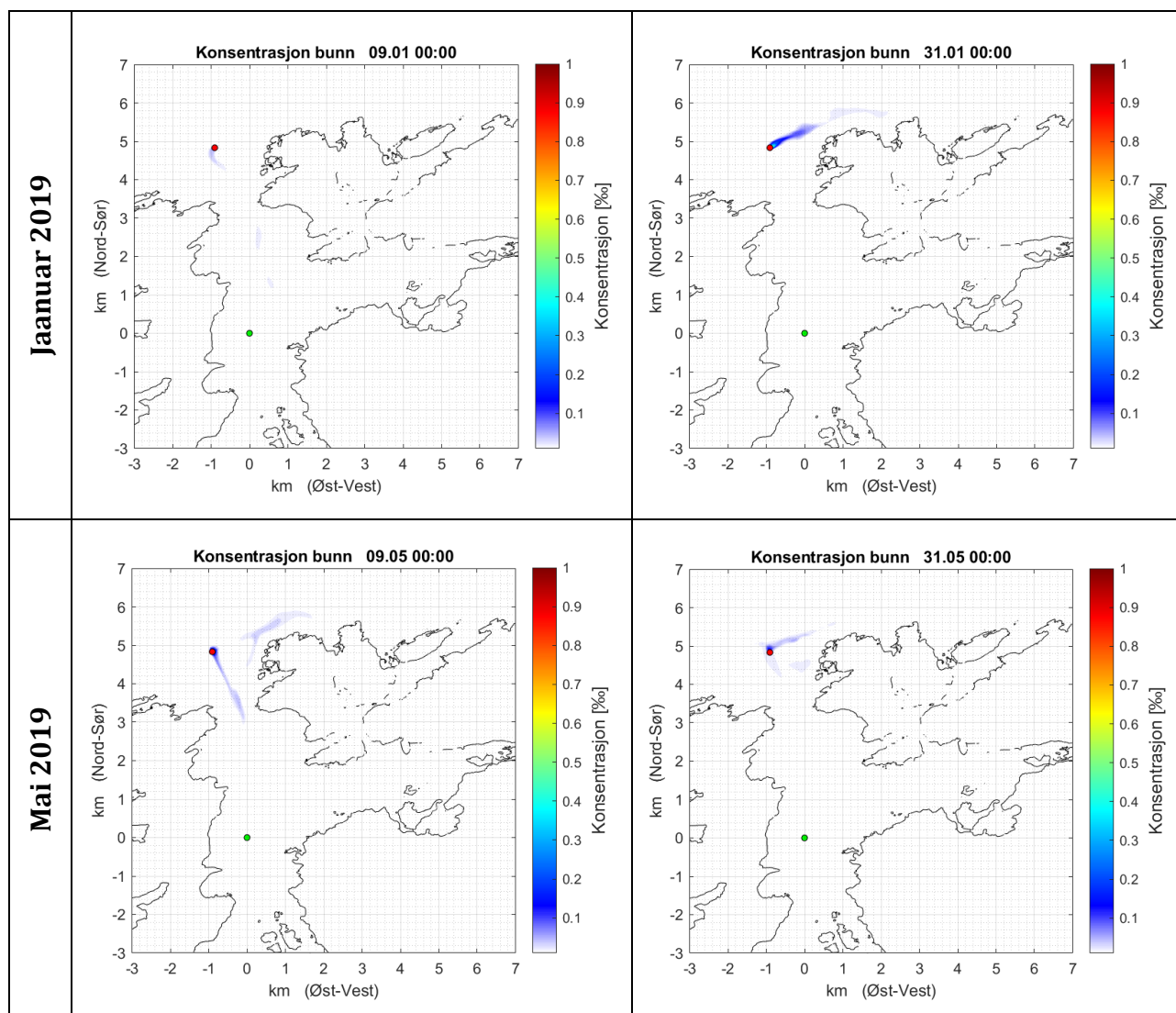
Figur 4.11 Maksimal konsentrasjon registrert langs bunn fra utslippspunkt A3 (rød prikk), i løpet av august og september 2019. Konsentrasjoner fra 0.01‰ til 1‰ er vist. Konsentrasjoner fra 0.01‰ til 1‰ er vist. Punkt for vanninntak vist med grønn prikk.

4.4 Utslipp fra posisjon A4

Utslippspunkt A4 er plassert på 150 m dyp omtrent 5 km nord for inntakspunktet like utenfor terskelen til Bremsnesfjorden.

Figur 4.6 viser konsentrasjon ved starten av fire utvalgte dager. Utslipppet veksler på å følge tidevannet inn og ut fjorden. Utslipppet kan i kortere perioder transporteres langt mot sør. Konsentrasjonen er da som regel vesentlig mindre enn 0.1 ‰. Dette er tilfellet den 09.01 og 9.05. Den 09.01 er det lave konsentrasjoner rundt utslippspunktet.

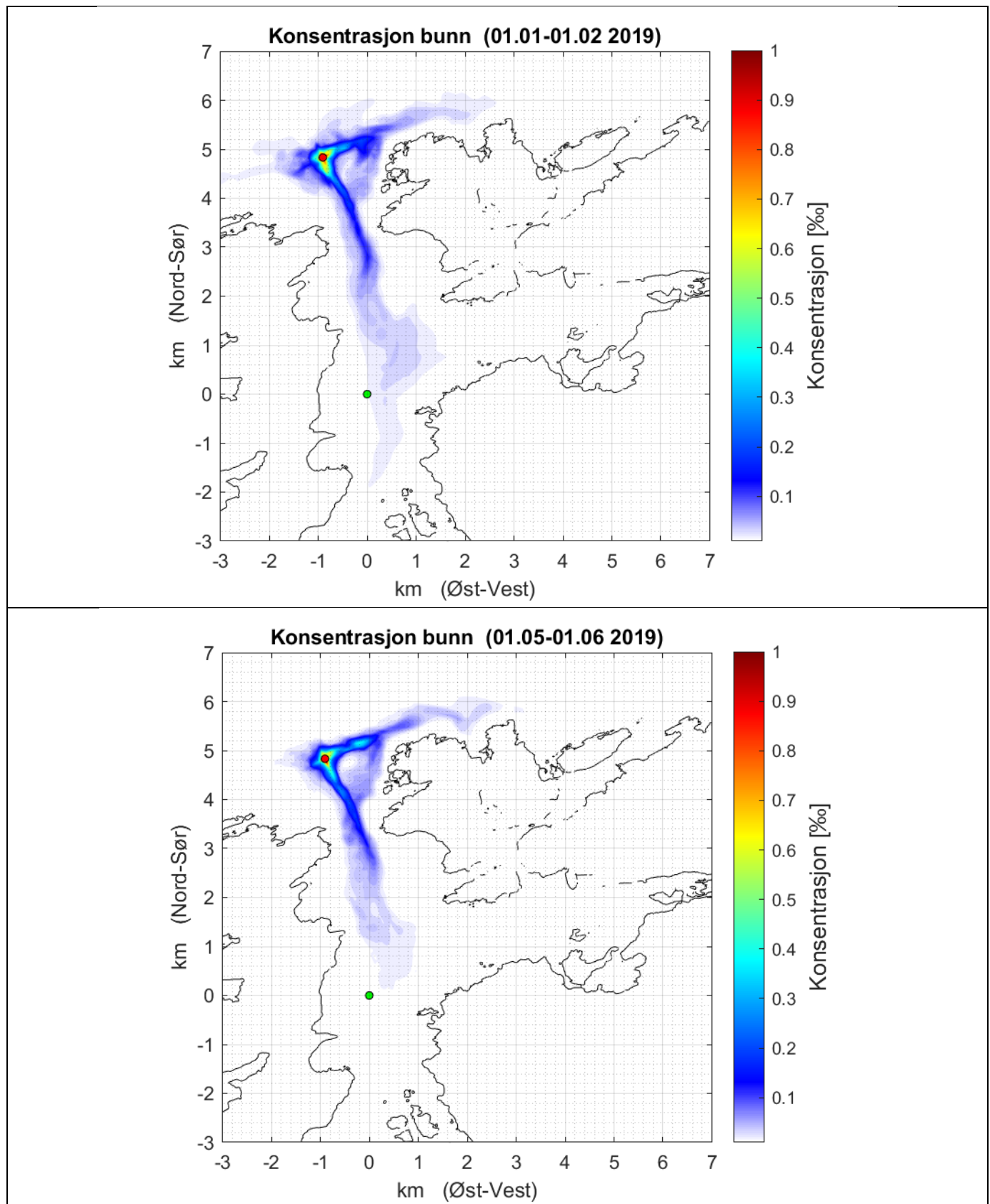
Når tidevannet beveger seg ut igjen foregår transporten fra utslippspunktet i Ø-V retning. Dette er tilfellet den 31.01 og 31.5.



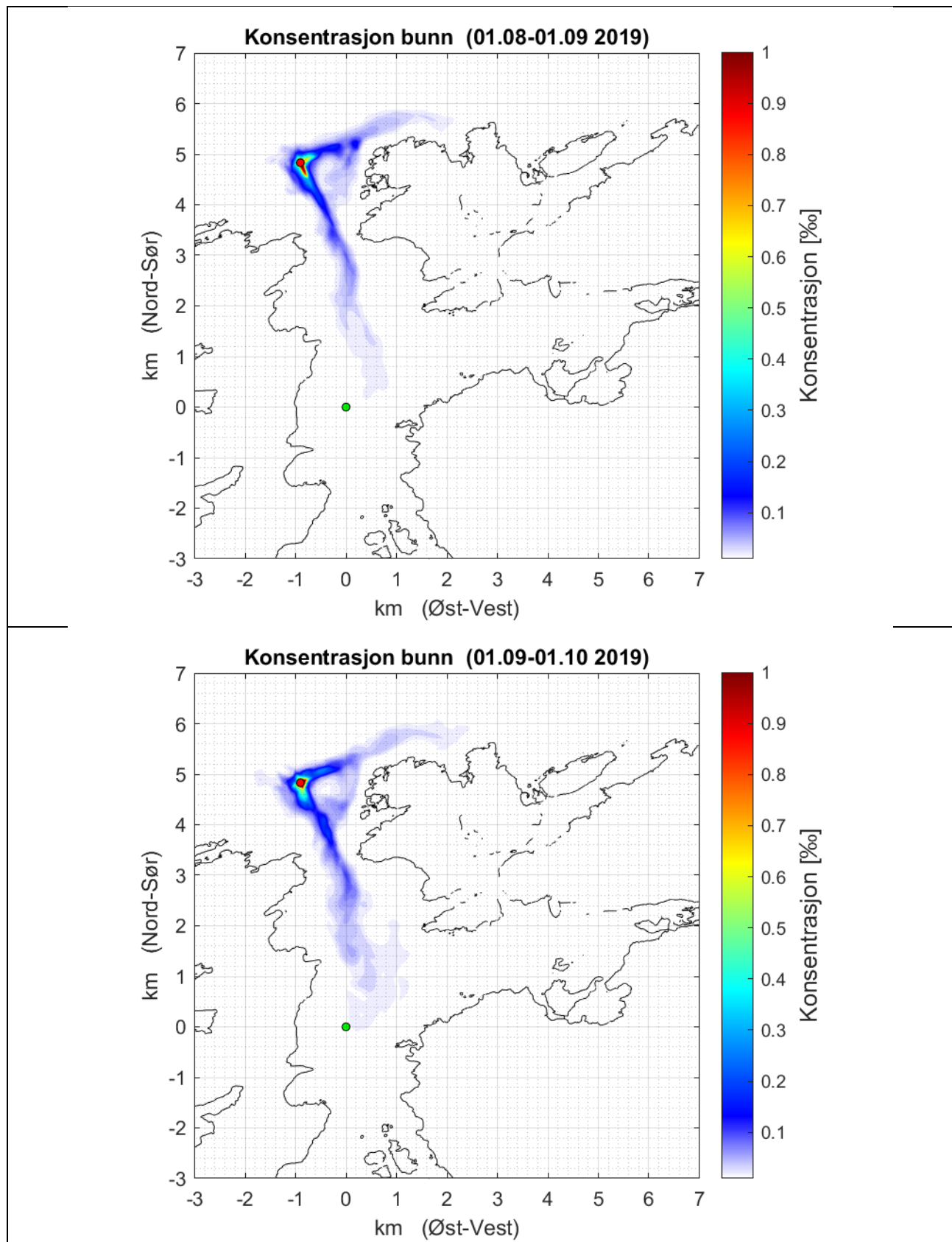
Figur 4.12 Konsentrasjon langs bunn fra utslippspunkt A2 (rød prikk), på dagene 06.05.2019, 28.05.2019, 05.09.2019 og 30.09.2019 Konsentrasjoner fra 0.01‰ til 1‰ er vist. Punkt for vanninntak vist med grønn prikk.

Figur 4.12 og Figur 4.13 viser maksimal konsentrasjon av utslipp fra A4 langs bunnen for de simulerte månedene januar, februar, august og september. Figurene viser hvilke områder som har vært berørt av utslipp i løpet av tidsrommet. Fra utslippspunktet har transporten foregått sørover med tidevannet inn Bremsnesfjorden. Konsentrasjonen av utslipp avtar gradvis og er mindre enn 0.1‰ 2 km sør for utslippspunktet. I løpet av de simulerte månedene er det registrert rester av utslipp (0.01‰) sørover forbi inntakspunktet.

Når tidevannet har gått ut fjorden har utslippet hovedsakelig beveget seg østover. Det er også perioder med transport vestover fra utslippspunktet.



Figur 4.13 Maksimal konsentrasjon registrert langs bunn fra utslippspunkt A4 (rød prikk), i løpet av januar og mai 2019. Konsentrasjoner fra 0.01‰ til 1‰ er vist. Punkt for vanninntak vist med grønn prikk.



Figur 4.14 Maksimal konsentrasjon registrert langs bunn fra utslippspunkt A3 (rød prikk), i løpet av august og september 2019. Konsentrasjoner fra 0.01‰ til 1‰ er vist. Punkt for vanninntak vist med grønn prikk.

4.5 Konsentrasjon av utslippsvann ved inntakspunkt

Simuleringene viser at konsentrasjon av utslippsvann i posisjon for inntak som regel er lav, vesentlig mindre enn 0.1‰. For å få et mer detaljert bilde av hvordan dette varierer, er konsentrasjonen av utslippsvann ved inntaksposisjon registrert hvert 10. minutt i simuleringene.

Figur 4.15 viser et tidsdiagram av konsentrasjonen til utslippsvannet ved inntaksposisjon for januar og mai for det fire alternative utslippspunktene. Resultater for august og september er vist i Figur 4.16. De høyeste registrerte konsentrasjonene ved inntakspunktet for de ulike utslippsalternativene er vist i Tabell 4.1

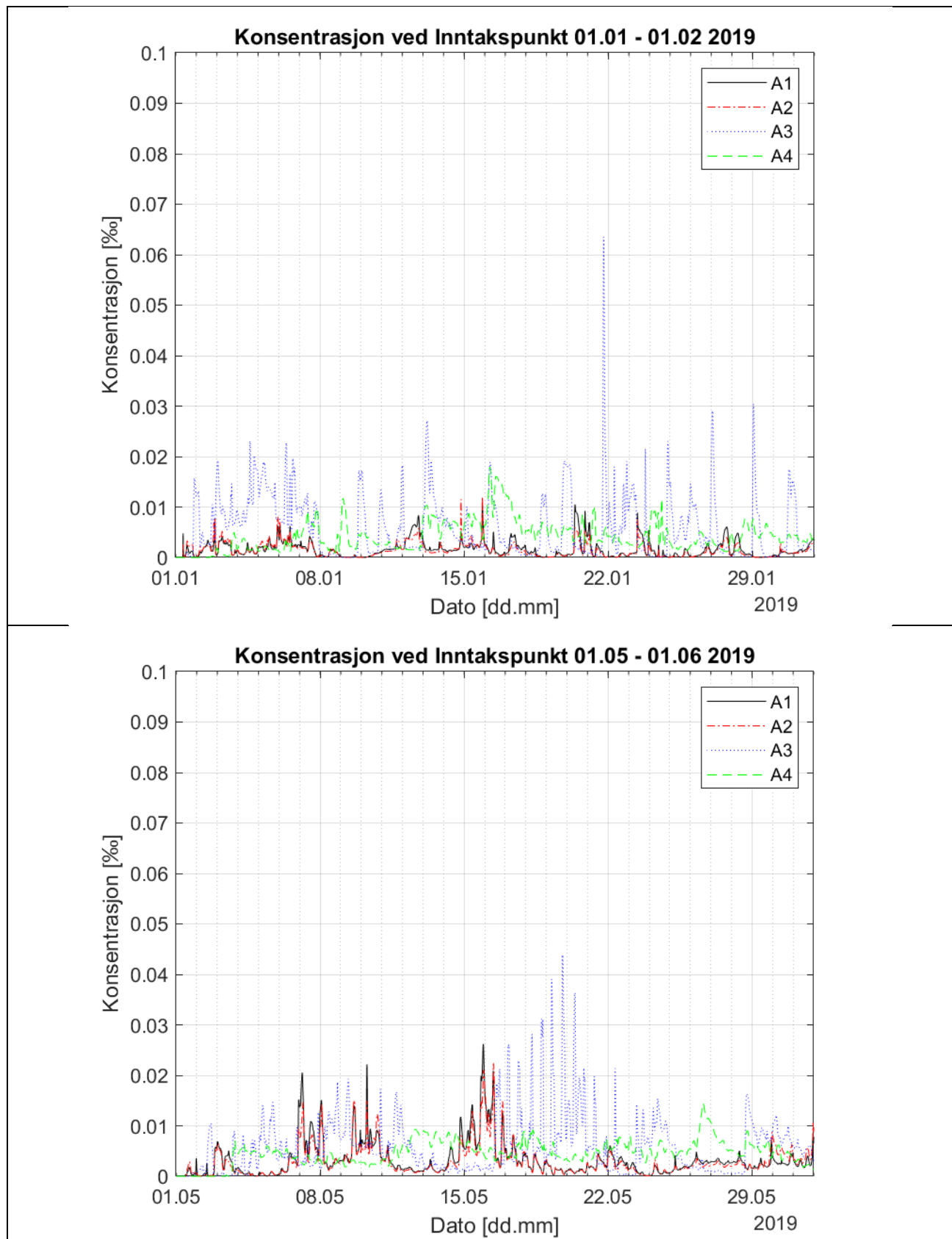
Tabell 4.1 Maksimal konsentrasjon registrert ved inntakspunktet.

Utslippsalternativ	Konsentrasjon (‰)	Tidspunkt
A1	0.026	15.05 kl. 22:20
A2	0.022	16.05 kl. 10:10
A3	0.063	21.01 kl. 18:30
A4	0.017	21.01 kl. 06:00

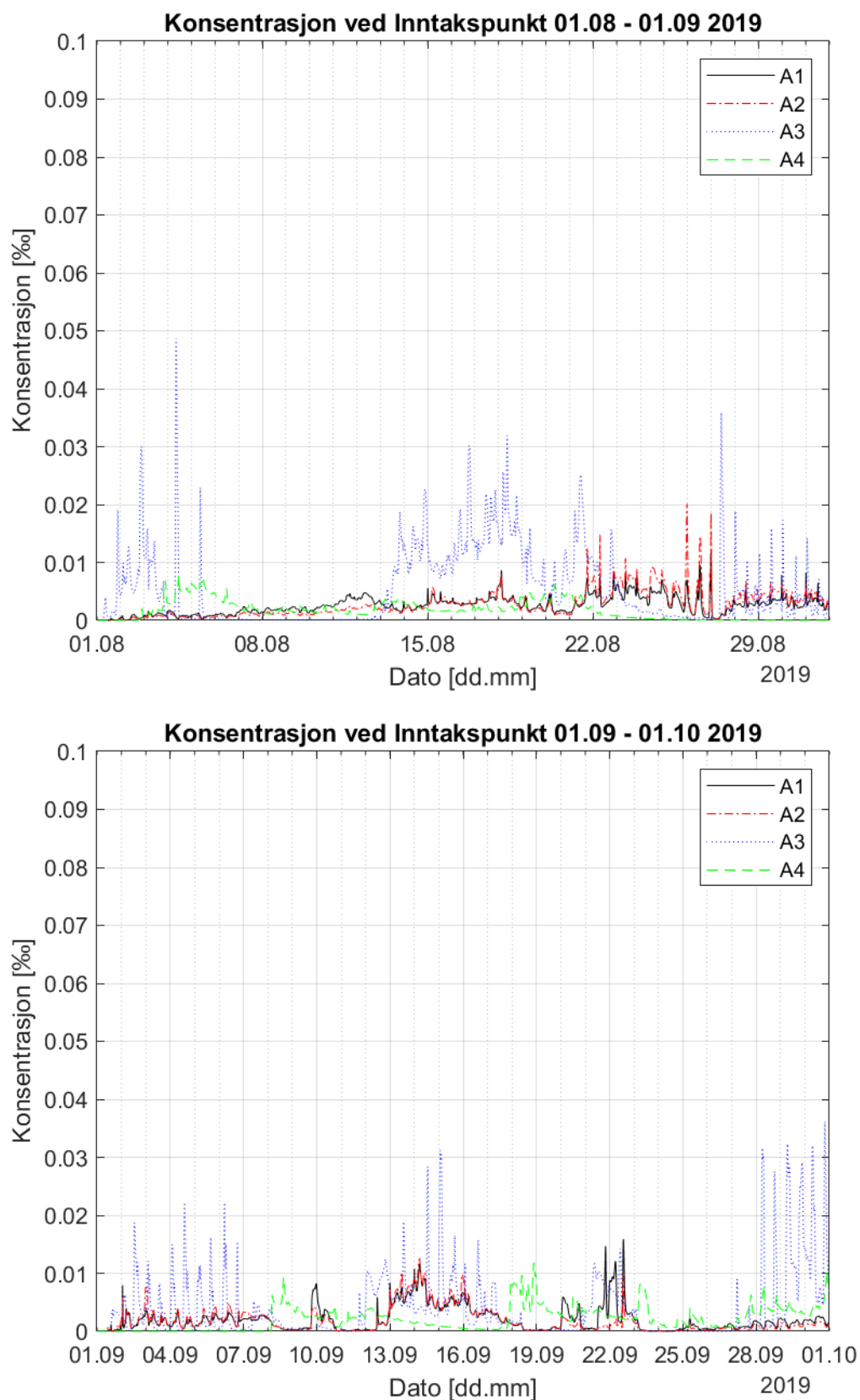
Utslipp fra A3 varierer mest i konsentrasjon ved inntakspunktet. Selv om strømmen ikke er så sterk på tvers av fjorden kan påvirkningen variere mye siden avstanden mellom utslipp og inntakspunktet bare er 700 m, og inntak og utslipp ligger på omtrent samme dyp.

Konsentrasjonen av utslipp fra A4 er relativt høyt tatt i betraktning at utslippspunktet ligger nesten 5 km nord for inntakspunktet. Dette reflekter at tidevannet jevnlig transporter vann inn fjorden langs bunnen, som spres videre utover et stort område i Bremsnesfjorden.

Utslippsalternativene A1 og A2 gir omtrent like resultater i konsentrasjon av utslipp ved inntaket på tross av at A2 ligger vesentlig lengre unna (1.3 km sør for) inntaket enn A1 (700 m). Dette kan forklares ved at det meste av transporten foregår i N-S retning og at utslippsvannet bruker lang tid på å bevege seg nedover i vannlagene til inntaksdypet.



Figur 4.15 Konsentrasjon av utslippsvann ved inntakspunkt i løpet av januar og mai 2019. Konsentrasjon av utslipp fra alle de fire utslippsalternativene er vist.



Figur 4.16 Konsentrasjon av utslippsvann ved inntakspunkt i løpet av august og september 2019. Konsentrasjon av utslipp fra alle de fire utslippsalternativene er vist.

4.6 Konsekvenser for andre lokaliteter i fjorden

Utslippsalternativene A1 og A2 er begge på 30 m dyp og simuleringene viser at det er små mengder som når opp til overflaten. Og det meste transporteres nordover langs vestsiden av fjorden. Det er liten forskjell i spredning for disse alternativene. I den følgende analysen vil resultater med spredning fra alternativ A1 bli presentert.

4.6.1 Konsentrasjon av utslippsvann ved Hogsnes

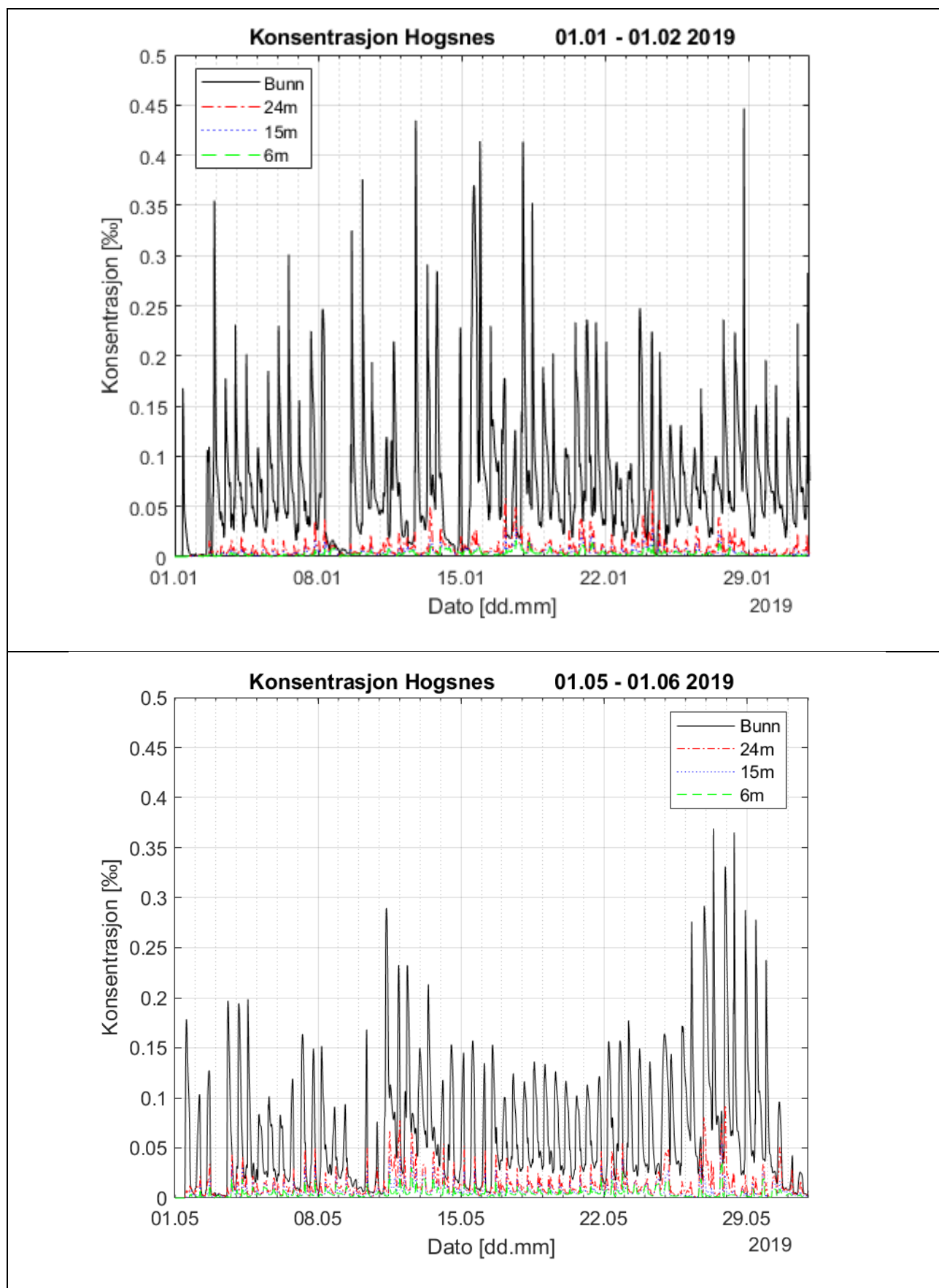
Lokaliteten Hogsnes som er vist med ✖ i Figur 2.2, ligger på vestsiden av fjorden sør for Hogsneset, ca. 1.7 km nord for utslippspunkt A1.

Figur 4.17 og Figur 4.18 viser et tidsdiagram av konsentrasjonen til utslippsvannet i denne posisjonen ved utvalgte dyp. Maksimal konsentrasjon som er registrert ved lokaliteten er oppgitt i Tabell 4.2.

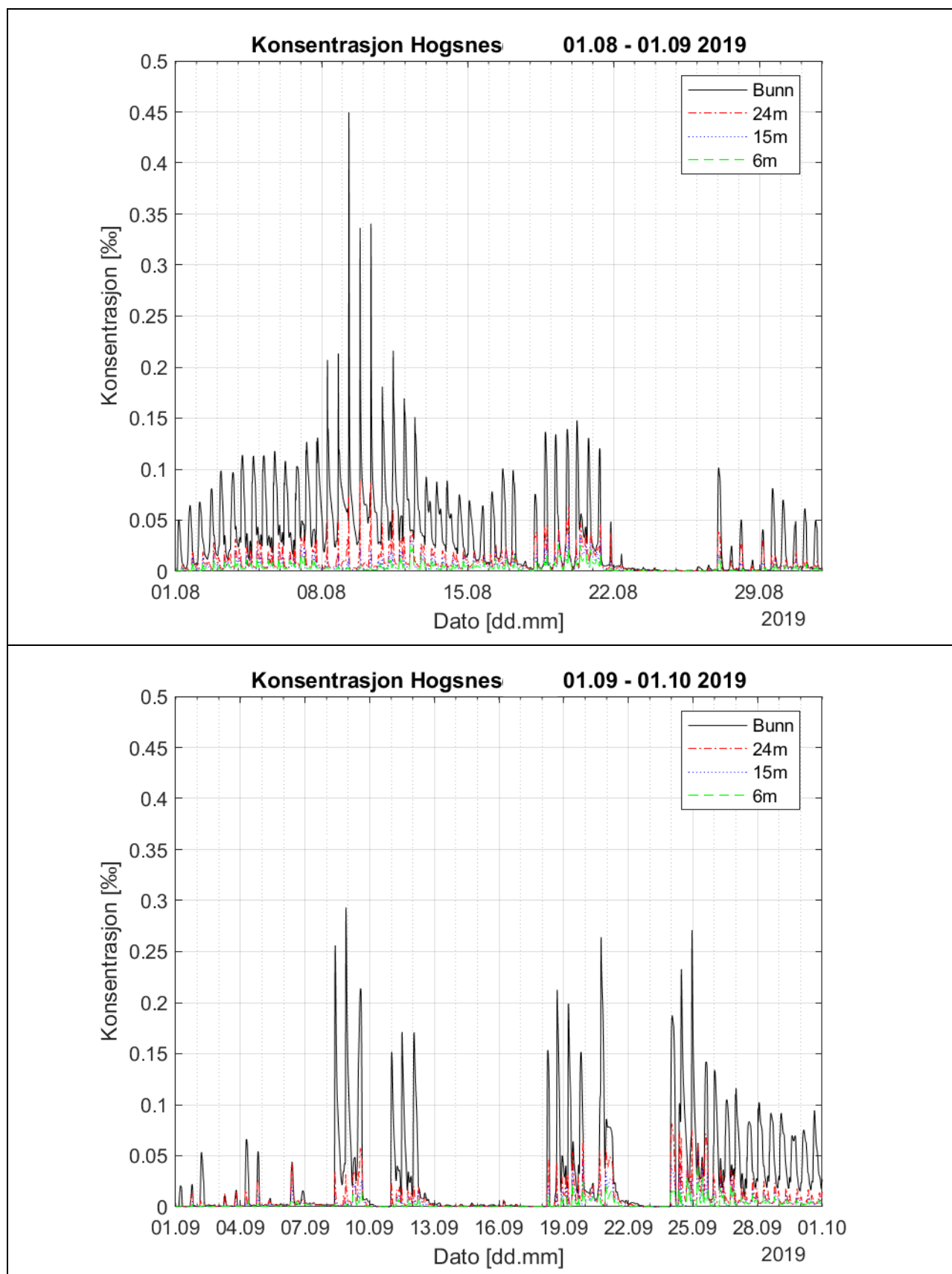
De høyeste verdiene opptrer når tidevannet transporterer utslippet nordover og avtar raskt igjen når tidevannet snur. Resultatene viser at utslippet fortynnes i stor grad oppover i vannlagene. Utslippsvannet følger i stor grad følger bunnen i området og en liten andel av utslippet når opp til 24 m dyp.

Tabell 4.2 Maksimal konsentrasjon registrert i simuleringene ved ulike dyp ved Hogsnes som er markert med ✖ i Figur 2.2.

Dyp	Konsentrasjon (‰)	Tidspunkt
Bunn (36 m)	0.449	09.08 kl. 07:20
24 m	0.093	27.05 kl. 22:20
15 m	0.055	27.05 kl. 18:40
6 m	0.037	25.09 kl. 05:20



Figur 4.17 Konsentrasjon av utslippsvann ved Hogsnes (vist med ✖ i Figur 2.2) for utvalgte dyp, 6 m, 15 m, 24 m og langs bunnen i løpet av januar og mai 2019. Konsentrasjon av utslipp fra alternativ A1 er vist.



Figur 4.18 Konsentrasjon av utslippsvann ved Hogsnes (vist med ✖ i Figur 2.2) for utvalgte dyp, 6 m, 15 m, 24 m og langs bunnen i løpet av august og september 2019. Konsentrasjon av utslipp fra alternativ A1 er vist.

4.6.2 Konsentrasjon av utslippsvann ved Hogsneset N

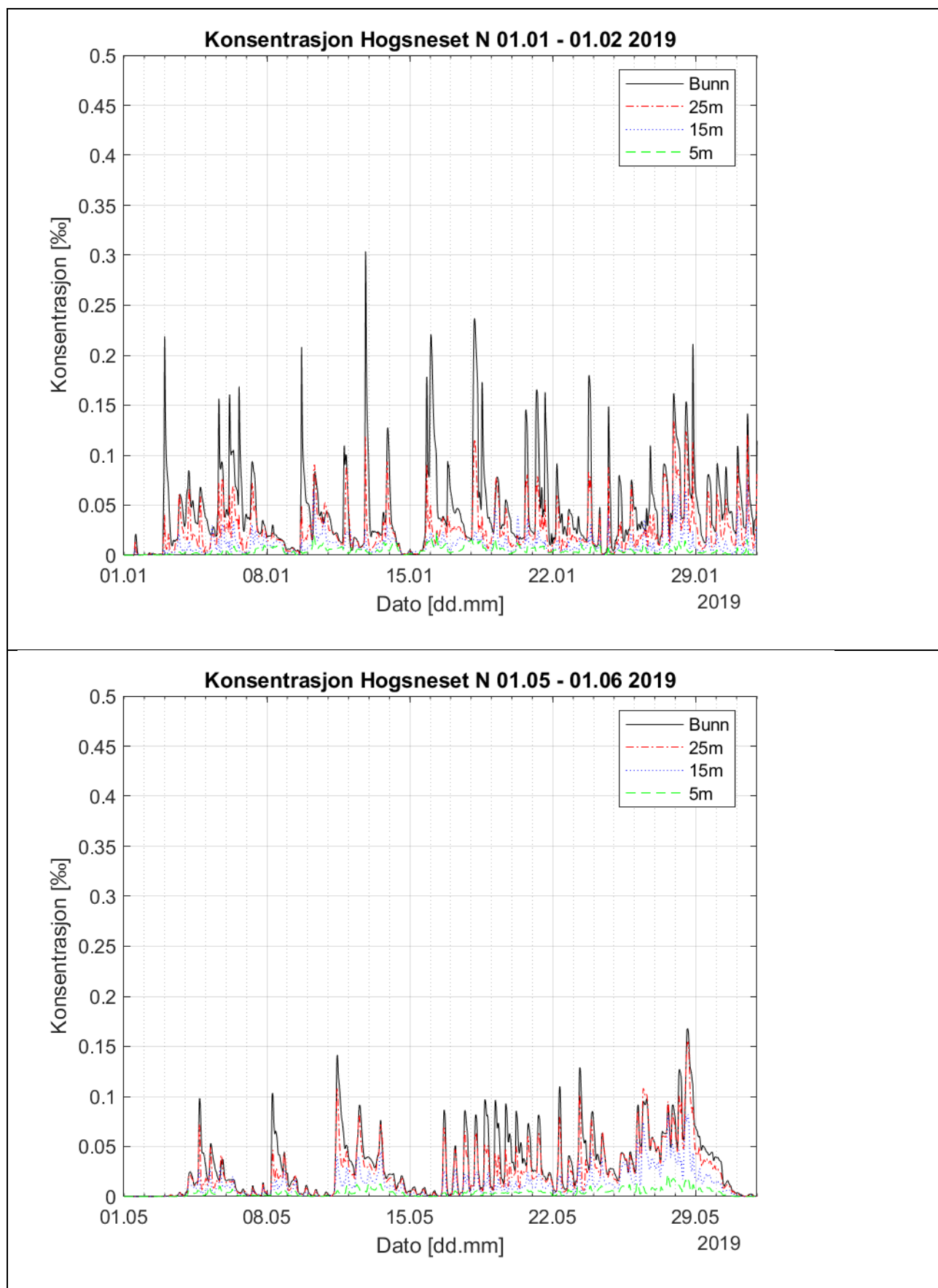
Lokaliteten Hogsneset N er vist med ✖ i Figur 2.2 og ligger på vestsiden av fjorden nord for Hogsneset, og i overkant av 2.4 km nord for utslippspunkt A1. Konsentrasjonen av utslipp er registrert like innenfor lokaliteten der det er ca. 32 m dypt.

Figur 4.19 og Figur 4.20 viser konsentrasjonen av utslipp ved utvalgte dyp ved denne lokaliteten. Maksimal konsentrasjon som er registrert ved lokaliteten er oppgitt i Tabell 4.3.

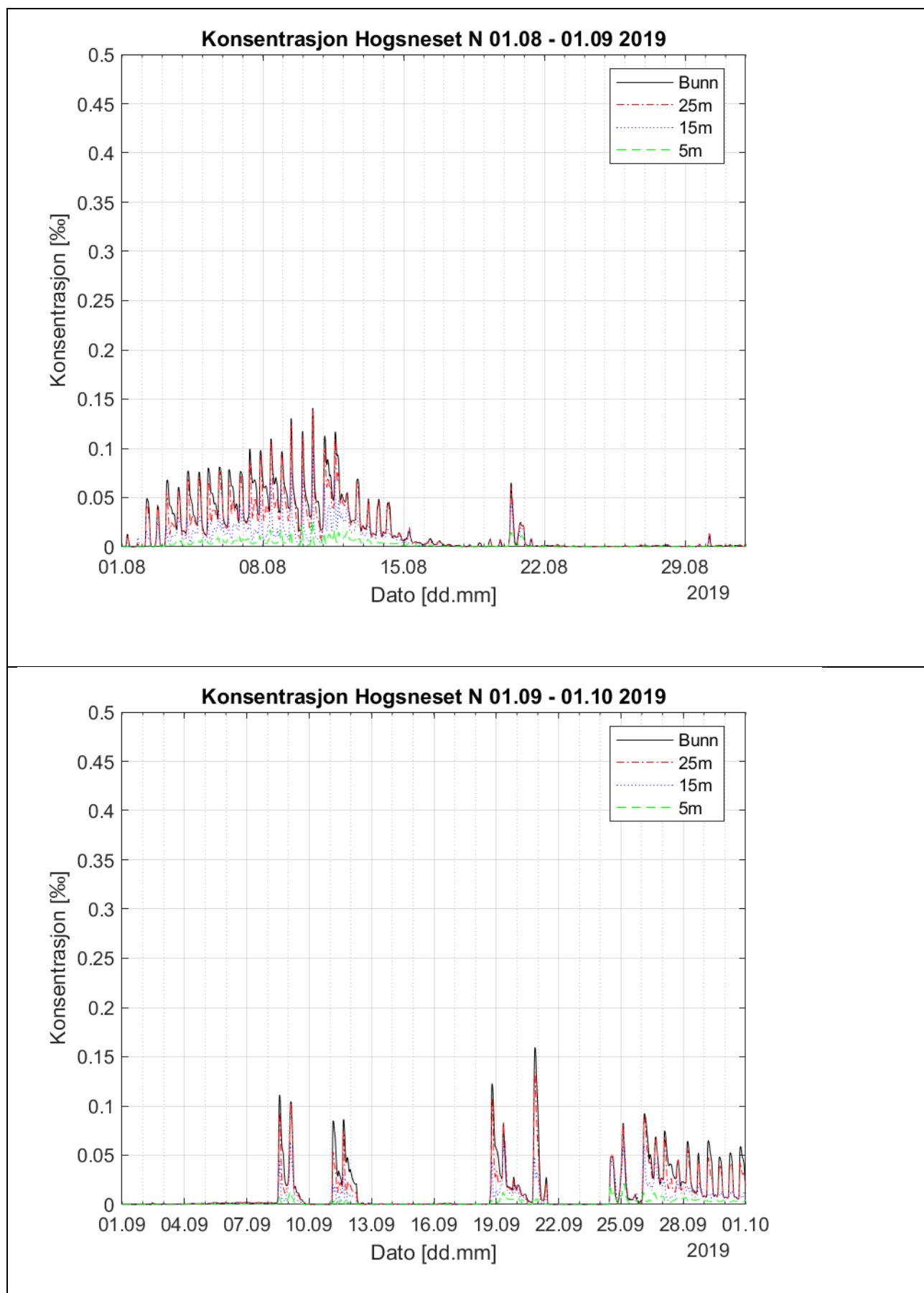
De høyeste verdiene opptrer når tidevannet transporterer utslippet nordover og avtar raskt igjen når tidevannet snur. Resultatene viser at utslippet fortynnes i stor grad oppover i vannlagene.

Tabell 4.3 Maksimal konsentrasjon registrert i simuleringene ved ulike dyp ved Hogsneset N som er markert med ✖ i Figur 2.2.

Dyp	Konsentrasjon (‰)	Tidspunkt
Bunn	0.304	12.01. kl. 20:00
25 m	0.154	28.05 kl. 14:30
15 m	0.100	10.08 kl. 11:10
5 m	0.027	10.08 kl. 10:50



Figur 4.19 Konsentrasjon av utslippsvann ved Hogsnese N (vist med ✖ i Figur 2.2) for utvalgte dyp, 6 m, 15 m, 24 m og langs bunnen i løpet av januar og mai 2019. Konsentrasjon av utslipp fra alternativ A1 er vist.



Figur 4.20 Konsentrasjon av utslippsvann ved Hogsneset N (vist med ✖ i Figur 2.2) for utvalgte dyp, 6 m, 15 m, 24 m og langs bunnen i løpet av august og september 2019. Konsentrasjon av utslipp fra alternativ A1 er vist.

4.6.3 Konsentrasjon av utslippsvann ved Kattholmen

Lokaliteten Kattholmen er vist med ✖ i Figur 2.2 og ligger på østsiden av fjorden, i overkant av 2.5 km SØ for utslippspunkt A1. Konsentrasjon av utslipp er registrert like utenfor lokaliteten der det er 113 m dypt.

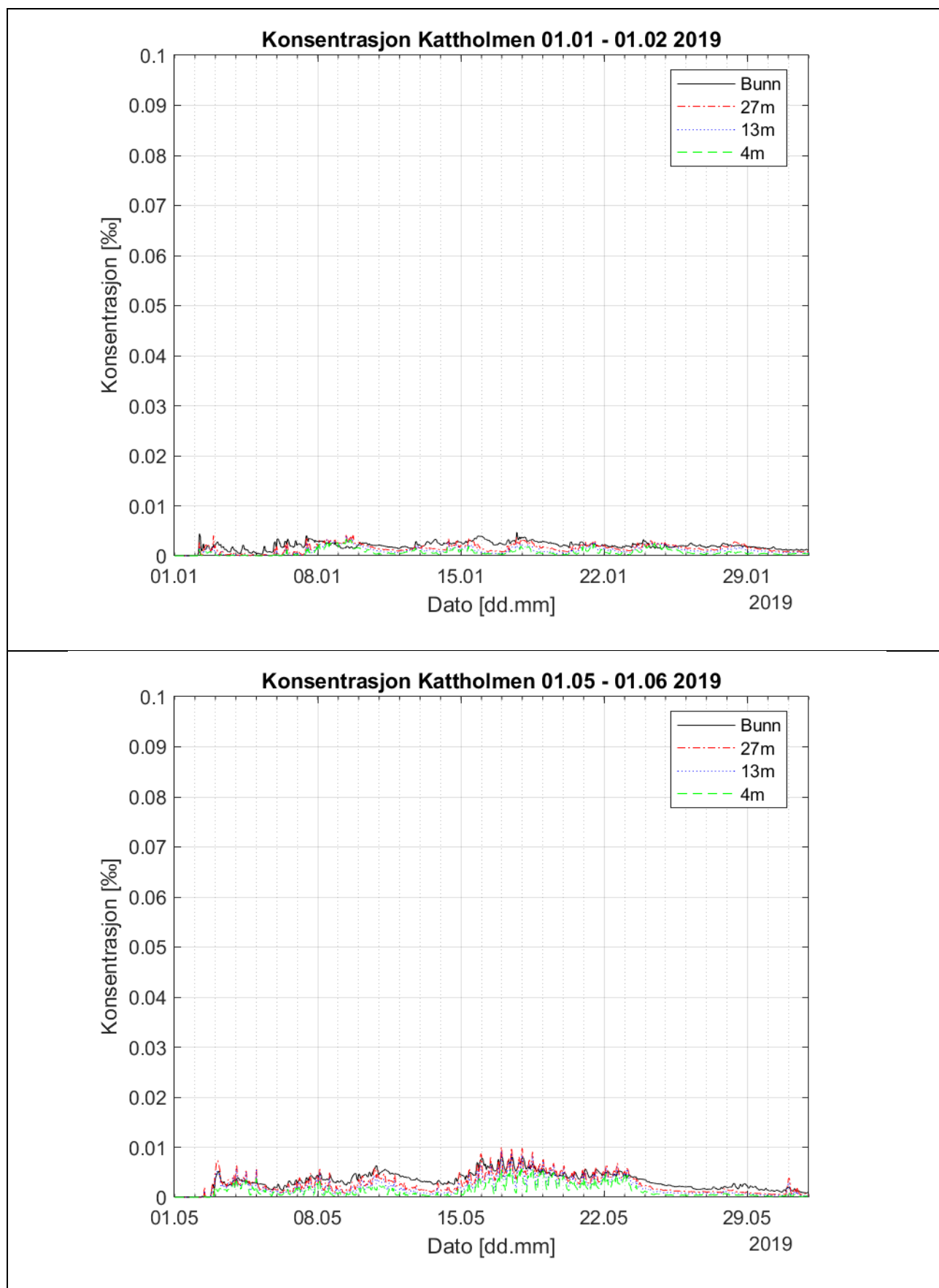
Figur 4.21 og Figur 4.22 viser konsentrasjonen av utslipp ved utvalgte dyp ved denne lokaliteten. Maksimal konsentrasjon som er registrert ved lokaliteten er oppgitt i Tabell 4.4.

Det er lite transport av utslipp på tvers av fjorden og det tar lang tid utslippet når denne lokaliteten og det er da sterkt fortynnet (Figur 4.21 og Figur 4.22). Signifikante konsentrasjoner ($> 0.01 \text{ ‰}$) opptrer bare i kortere perioder på mindre enn 20 minutter.

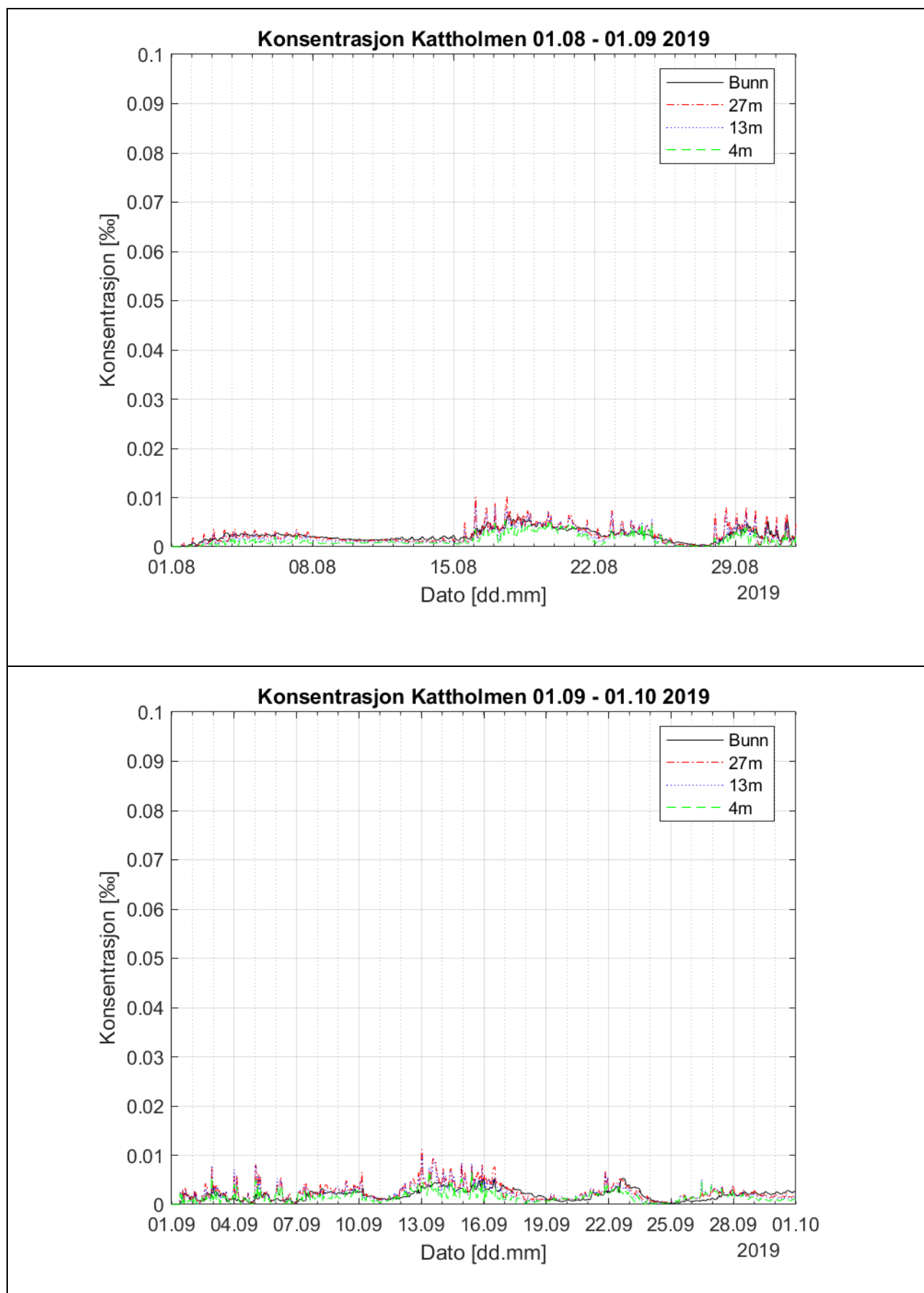
Resultatene viser at utslippsvannet i stor grad følger bunnen i området og at en liten andel av utslippet når opp til 24 m dyp.

Tabell 4.4 Maksimal konsentrasjon registrert i simuleringene ved ulike dyp ved Kattholmen som er markert med ✖ i Figur 2.2.

Dyp	Konsentrasjon (‰)	Tidspunkt
Bunn	0.008	16.05 kl. 23:40
27 m	0.011	13.09 kl. 00:30
13 m	0.010	13.09 kl. 00:50
4 m	0.007	15.09 kl. 09:50



Figur 4.21 Konsentrasjon av utslippsvann ved Kattholmen (vist med ✱ i Figur 2.2) for utvalgte dyp, 6 m, 15 m, 24 m og langs bunnen i løpet av januar og mai 2019. Konsentrasjon av utslipp fra alternativ A1 er vist.



Figur 4.22 Konsentrasjon av utslippsvann ved Kattholmen (vist med ✕ i Figur 2.2) for utvalgte dyp, 6 m, 15 m, 24 m og langs bunnen i løpet av august og september 2019. Konsentrasjon av utslipp fra alternativ A1 er vist.

4.6.4 Konsentrasjon av utslippsvann ved Leite

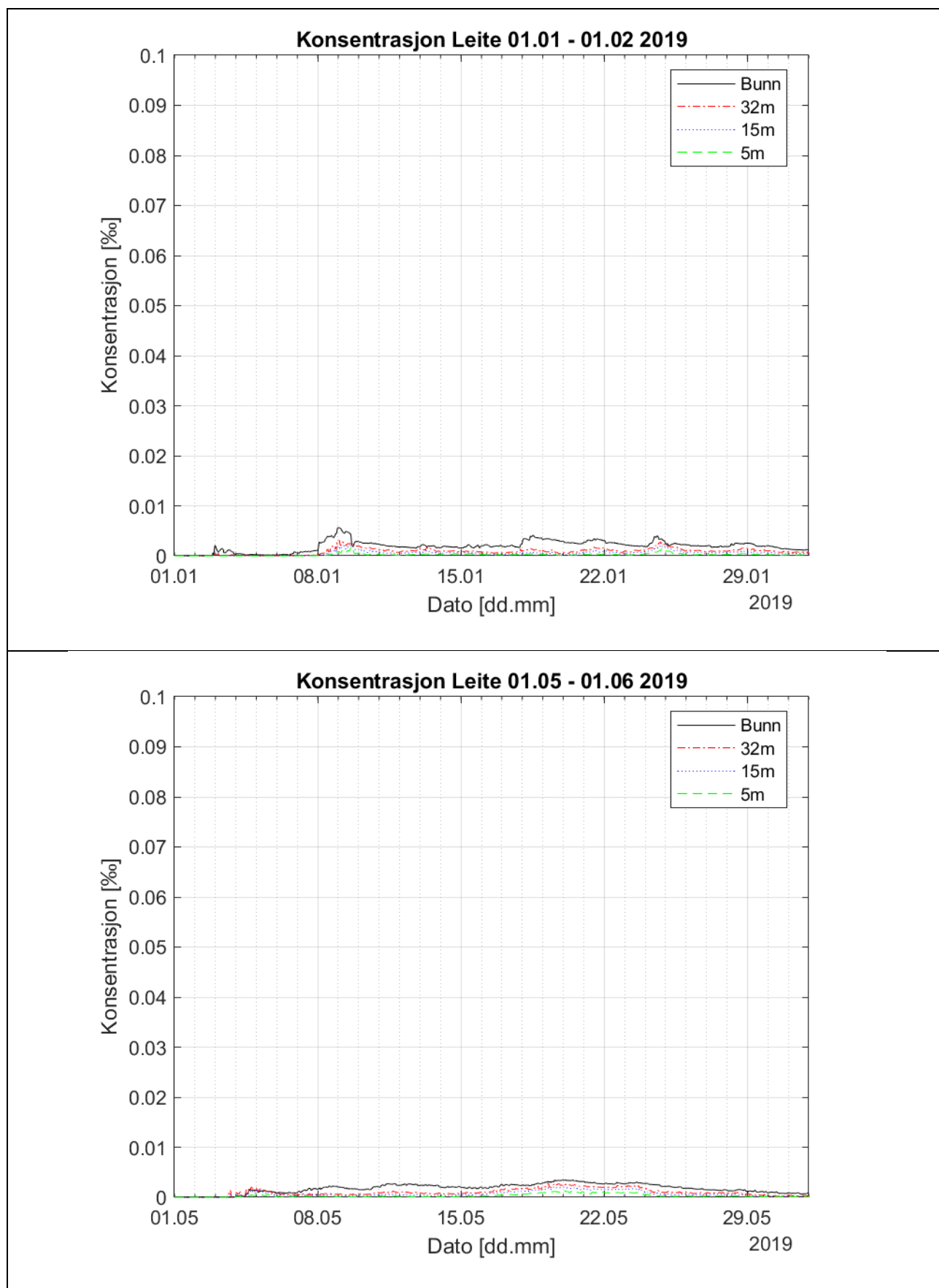
Lokaliteten Leite er vist med ✖ i Figur 2.2 og ligger på vestsiden av fjorden i overkant av 4.5 km sør for utslippspunkt A1. Konsentrasjon av utslipp er registrert like utenfor lokaliteten der det er 132 m dypt.

Figur 4.23 og Figur 4.24 viser et tidsdiagram av konsentrasjonen til utslippsvannet i denne posisjonen ved utvalgte dyp. Maksimal konsentrasjon som er registrert ved lokaliteten er oppgitt i Tabell 4.5.

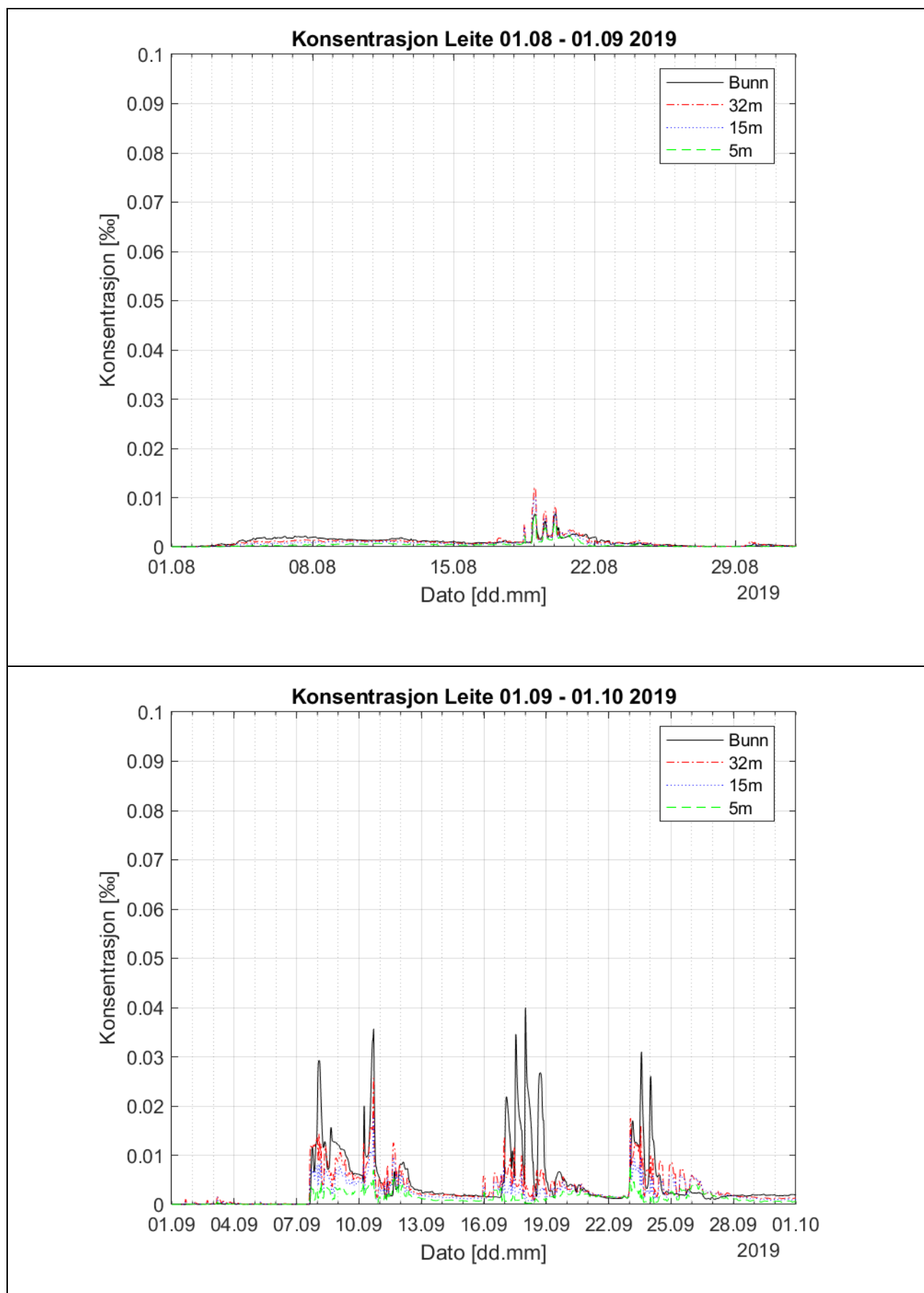
Utslipp som transporteres sørover følger de dypere vannlagene inn fjorden og bruker lang tid på å nå lokaliteten. Det er da sterkt fortynnet og som regel er konsentrasjonen vesentlig mindre enn 0.01 ‰. Konsentrasjonen overstiger 0.01 ‰ i en kort periode i august og noen korte perioder i september. De høyeste verdiene opptrer når tidevannet bringer fortynnet utslipp inn fjorden og reduseres raskt når tidevannet snur.

Tabell 4.5 Maksimal konsentrasjon registrert i simuleringene ved ulike dyp ved Leite som er markert med ✖ i Figur 2.2.

Dyp	Konsentrasjon (‰)	Tidspunkt
Bunn	0.040	18.09 kl. 00:10
32 m	0.026	10.09 kl. 16:50
15 m	0.018	10.09 kl. 16:50
5 m	0.008	23.09 kl. 01:00



Figur 4.23 Konsentrasjon av utslippsvann ved Leite (vist med ✖ i Figur 2.2) for utvalgte dyp, 6 m, 15 m, 24 m og langs bunnen i løpet av januar og mai 2019. Konsentrasjon av utslipp fra alternativ A1 er vist.



Figur 4.24 Konsentrasjon av utslippsvann ved Leite (vist med ✖ i Figur 2.2) for utvalgte dyp, 6 m, 15 m, 24 m og langs bunnen i løpet av august og september 2019. Konsentrasjon av utslipp fra alternativ A1 er vist.

4.6.5 Konsentrasjon av utslippsvann ved Endreset

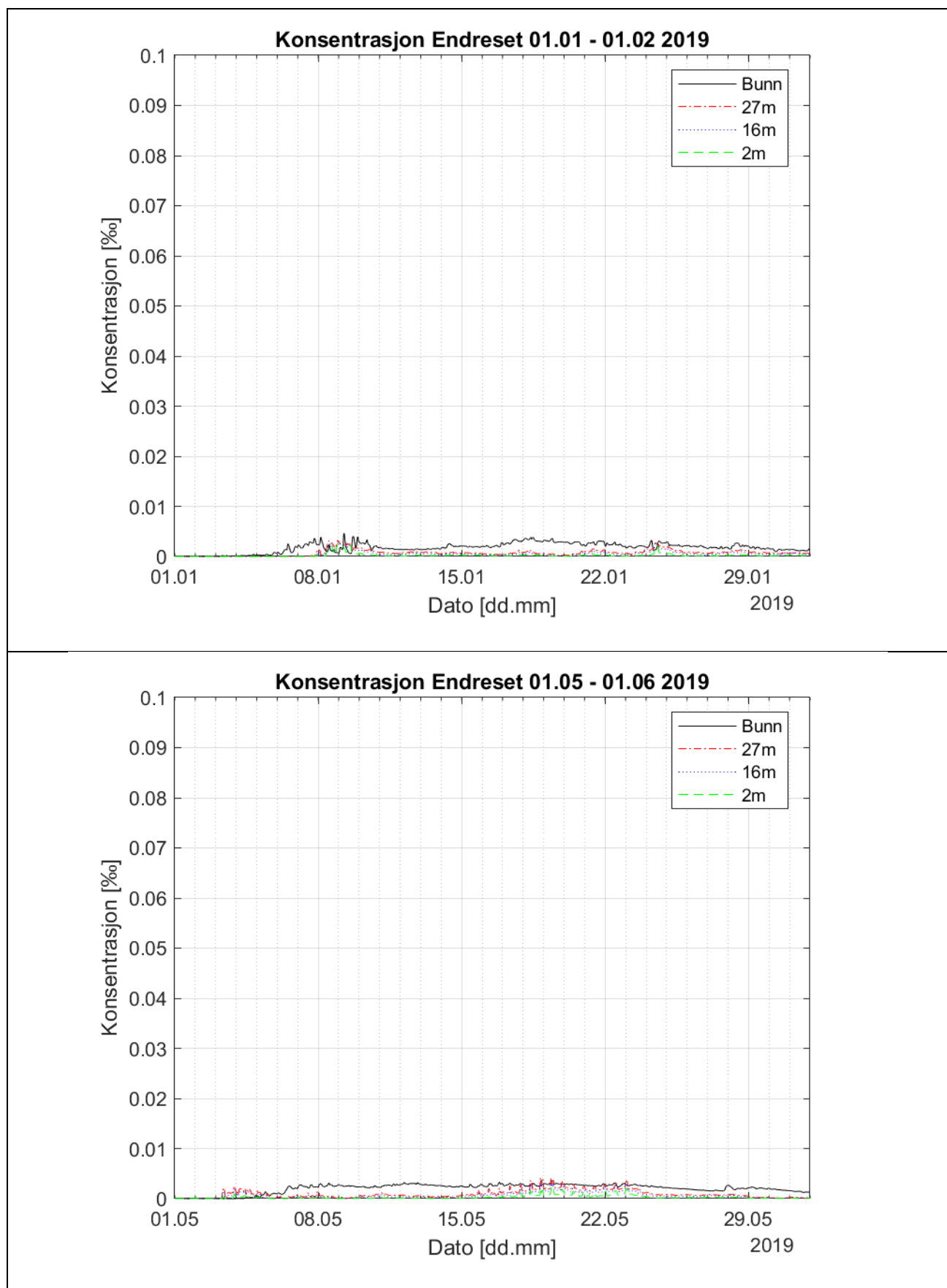
Lokaliteten Endreset er vist med ✖ i Figur 2.2 og ligger på østsiden av fjorden, i overkant av 5 km SØ for utslippspunkt A1. Konsentrasjon av utslipp er registrert like utenfor lokaliteten der det er 231 m dypt.

Figur 4.22 og Figur 4.23 viser et tidsdiagram av konsentrasjonen til utslippsvannet i denne posisjonen ved utvalgte dyp. Maksimal konsentrasjon som er registrert ved lokaliteten er oppgitt i Tabell 4.6.

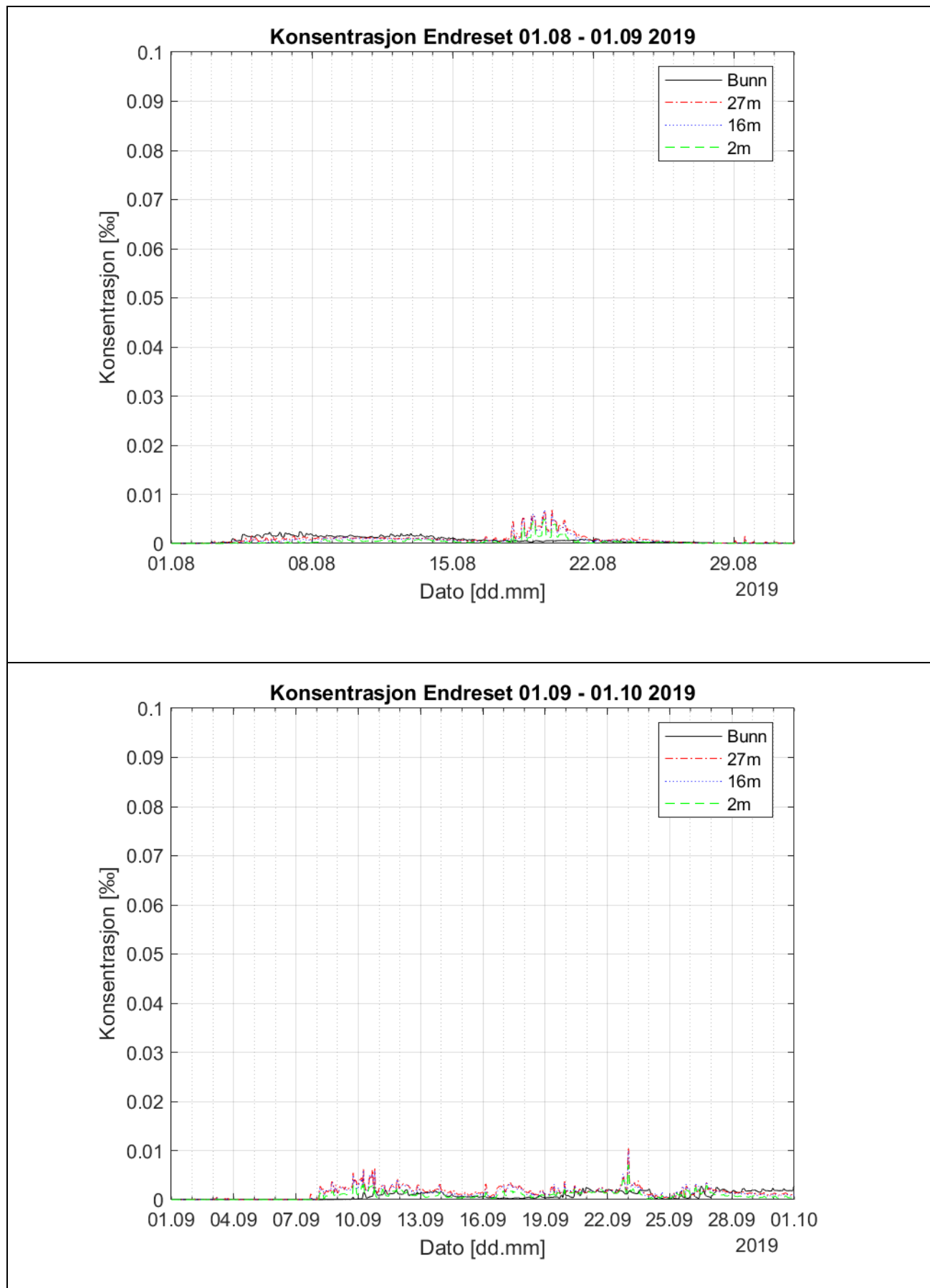
Det er ikke signifikant konsentrasjon av utslipp ($> 0.01 \text{ ‰}$) ved Endreset, med unntak av i et kort tidsrom i september. Restene av utslipp som når lokaliteten følger som regel de dypere vannlagene inn fjorden og bruker lang tid på å nå lokaliteten.

Tabell 4.6 Maksimal konsentrasjon registrert i simuleringene ved ulike dyp ved Endreset som er markert med ✖ i Figur 2.2.

Dyp	Konsentrasjon (‰)	Tidspunkt
Bunn (222 m)	0.003	16.05 kl. 20:10
27 m	0.010	23.09 kl. 00:20
16 m	0.010	23.09 kl. 00:20
5 m	0.007	23.09 kl. 00:10



Figur 4.25 Konsentrasjon av utslippsvann ved Endreset (vist med ✖ i Figur 2.2) for utvalgte dyp, 6 m, 15 m, 24 m og langs bunnen i løpet av januar og mai 2019. Konsentrasjon av utslipp fra alternativ A1 er vist.



Figur 4.26 Konsentrasjon av utslippsvann ved Endreset (vist med ✖ i Figur 2.2) for utvalgte dyp, 6 m, 15 m, 24 m og langs bunnen i løpet av august og september 2019. Konsentrasjon av utslipp fra alternativ A1 er vist.

5. Konklusjon

Simuleringene viser at transporten av vannmasser i fjorden er tidevannsdominert. På vestsiden av fjorden, utenfor lokaliteten, er dominerende strømmetning langs en akse N-S, og liten bevegelse i Ø-V retning som kan transportere partikulært utslipp fra nærmeste oppdrettsanlegg, Hogsnes, til vanninntaket.

Utslippsvann fra anlegget ved alternativene A1 og A2 i Smedvågen spres hovedsakelig i N-S retning langs vestsiden av fjorden. Utslippet følger i stor grad utslippsdypet på 30 m på vestsiden av fjorden og fortynnes vesentlig før det kommer lengre opp mot overflaten eller ned på dypere vann nærmere inntakspunktet.

Konsentrasjon av utslipp ved inntaksposisjon for utslipp fra A1 og A2 er som regel mindre enn 0.01‰. Det er små forskjeller i resultatene fra disse to utslippsposisjonene. Den høyeste konsentrasjon ved inntaksposisjonen er 0.026‰ (utslipp fra A1) og 0.022‰ (utslipp A2).

Utslipp fra posisjon A3 og A4 foregår på henholdsvis 160 m og 150 m. Disse utslippene følger bunnstrømmen i fjorden og gir ikke signifikant konsentrasjon av utslipp ($>0.01‰$) ved overflaten.

Posisjon A3 ligger på østsiden av fjorden og utslippet herfra holder seg hovedsakelig på denne siden av fjorden. I korte perioder transporteres utslippet vestover og det gir høyere konsentrasjon ved inntaksposisjon sammenlignet med alternativene A1 og A2. Det er registrert en maksimal konsentrasjon på 0.063‰.

Utslipp fra posisjon A4 som befinner seg 5 km nord for inntaksposisjon, gir også spredning tilbake inn fjorden og konsentrasjon ved inntaksposisjon som varierer mer langsomt over tid. Det er registrert en maksimal konsentrasjon på 0.017‰.

På bakgrunn av resultatene er det vurdert som lite hensiktsmessig å plassere inntaksposisjon ytterst i fjorden (A4). Det er små forskjeller i resultatene A1 og A2. Siden A1 ligger nærmest det planlagte anlegget er dette alternativet vurdert å være det beste.

Konsentrasjon av utslipp fra A1 er registrert ved andre lokaliteter i fjorden. Ved nærmeste lokalitet, som er Hogsnes, er maksimal konsentrasjon på 0.449‰ ved bunnen (36m). Den avtar til 0.093‰ ved 24 m, 0.055‰ ved 15 m og 0.037‰ ved 6 m. De høyeste verdiene opptrer når tidevannet transporterer utslippet nordover og avtar raskt igjen når tidevannet snur.

Ved Hogsneset N er maksimal konsentrasjon på 0.304‰ ved bunnen (32m). Den avtar til 0.154‰ ved 25 m, 0.10‰ ved 15 m og 0.027‰ ved 6 m.

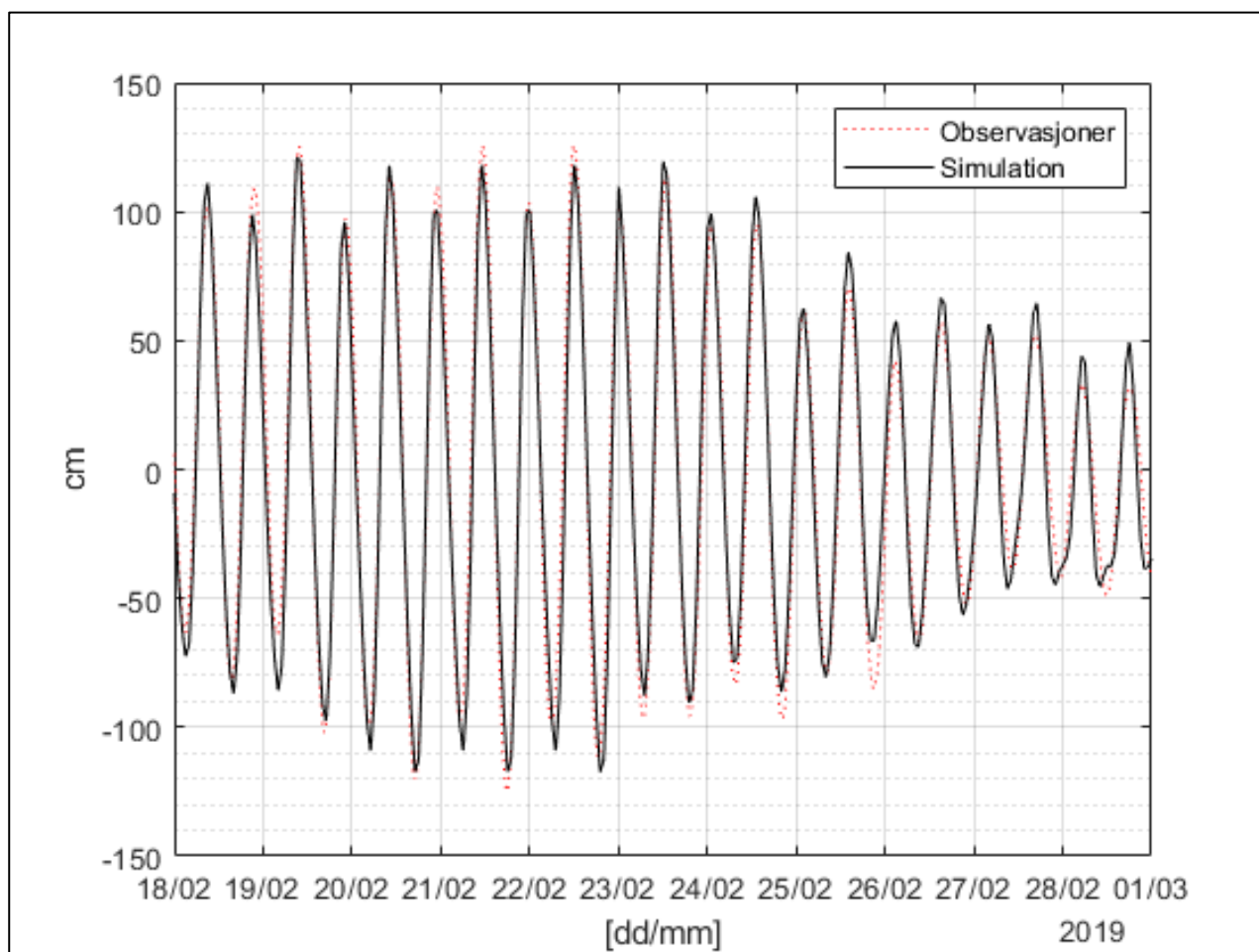
De andre lokalitetene Kattholmen, Leite og Endreset er mindre påvirket av utslippet, og kun i korte perioder overstiger konsentrasjonen 0.01 ‰.

6. Vedlegg – Havnivå

I Figur 6.1 er havnivå i simuleringene fra Delft3D-FLOW sammenlignet med observert tidevann ved utslippspunkt A1 i perioden 18.02.2019 – 01.03.2019. Målingene av tidevann er gjort i Kristiansund av Kartverket. Disse målingene er gjort 5.5 km unna Smedvågen i luftlinje mot nordvest (se Figur 6.2). Det er ikke signifikant forskjell i havnivå over denne avstanden.

Det er noe avvik mellom modellresultatene og målingene, men ikke mer enn det som kan forventes for modellen. Det er 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. Avvik opptrer i kortere tidsrom, men 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 A1 i perioden 18.02.2019 – 01.03.2019. Svart linje er resultatene fra modellering med Delft3D-FLOW. Rød stiplet linje er tidevannsobservasjoner



Figur 6.2 Oversiktskart fra Skjelvika og sørvestover. Punkt for vannstandsmåling markert **✕** og Posisjon med registrering av vannstand i modellen **✕**. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

7. Vedlegg – Strømresultater

7.1 Resultater fra strømmodellering

Strømresultatene fra modelleringen er hentet ut fra posisjon for inntak, markert  i Figur 2.2. Resultatene fra strømmodelleringen er vist i Tabell 7.1, Figur 7.1 og Figur 7.2.

Tabell 7.1 viser verdier for strøm på seks ulike dyp, basert på strømmen i perioden 01.01.2019 til 01.01.2020. Strømmen er sterkest ved 5 m og blir gradvis svakere nedover i vannlagene. Strømmen er svakest langs bunnen, men det er en kort periode i månedsskiftet august september der strømmen er sterkest ved bunnen og overstiger 30 cm/s (se Figur 7.2).

Tabell 7.1 Strømresultater fra simuleringer ved Smedvågen for perioden 01.01.2019 - 01.01.2020. Verdier fra punkt utenfor inntak, markert  i Figur 2.2.

Dyp (m):	5 m	17 m	36 m	61 m	97 m	Bunn
Gjennomsnitt [cm/s]	7.7	7.6	7.5	7.2	6.4	5.3
Sign. maks [cm/s]	13.0	12.9	12.8	12.4	11.4	10.0
Sign. min [cm/s]	3.1	3.0	2.9	2.7	2.1	1.5
Std. Avvik [cm/s]	4.6	4.6	4.5	4.4	4.3	4.1
% < 1 cm/s	1.9	1.9	2.1	2.7	4.8	10.6
% > 30 cm/s	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.02
Transportstrøm	1.9	1.9	1.7	1.5	1.2	0.7
Transportretning	211°	212°	212°	211°	211°	215°

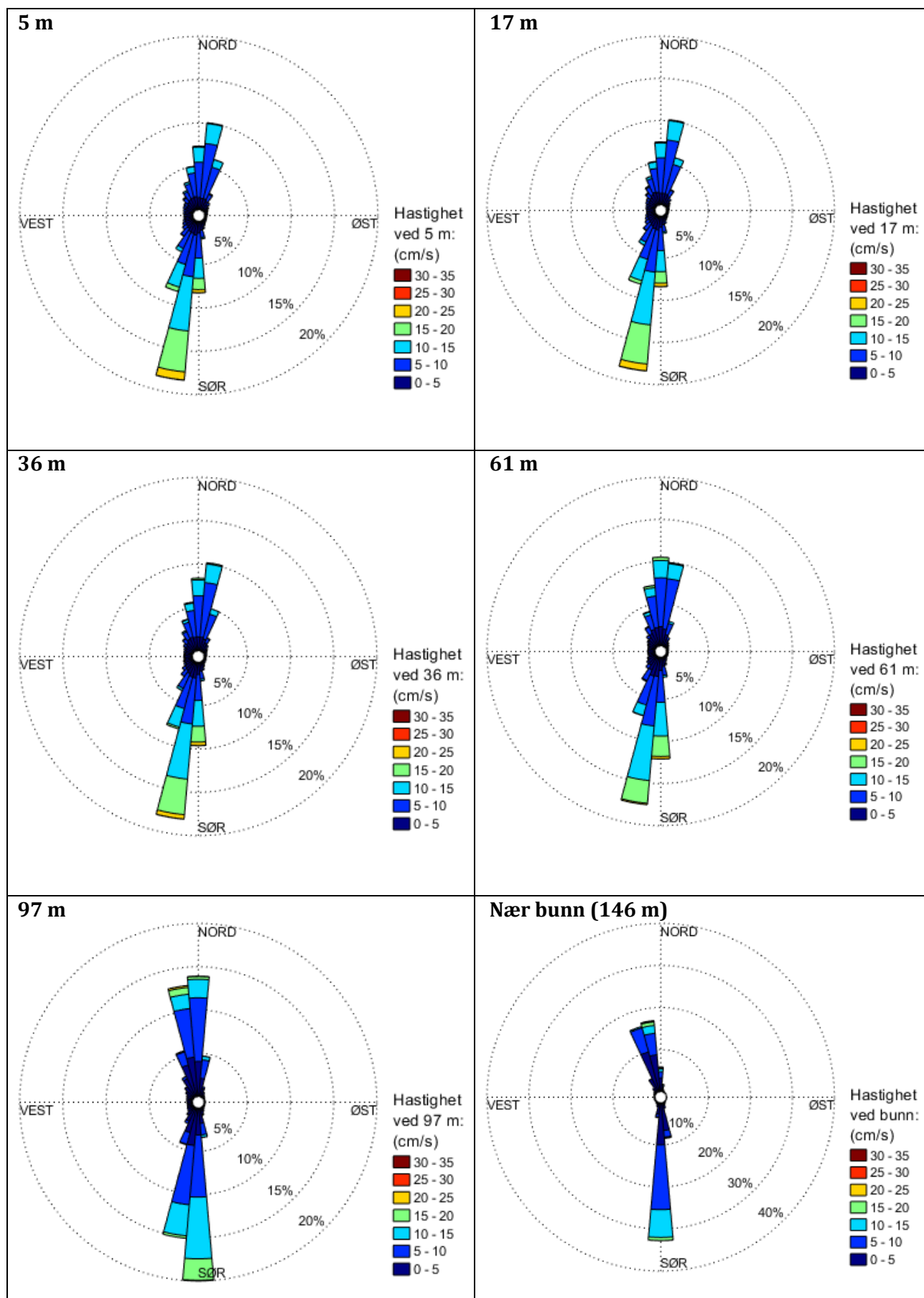
I Figur 7.1 er strømroser for den modellerte strømhastigheten gjennom hele modelleringsperioden vist ved de seks utvalgte dypene. Strømmen veksler langs en akse N-S, der sørlig retning er den mest framtreddende for alle dyp.

Figur 7.2 viser tidsserie av strømmen på de ulike dypene, gjennom hele modelleringsperioden. Det er hyppige strømvariasjoner som er tidevannsdrevet.

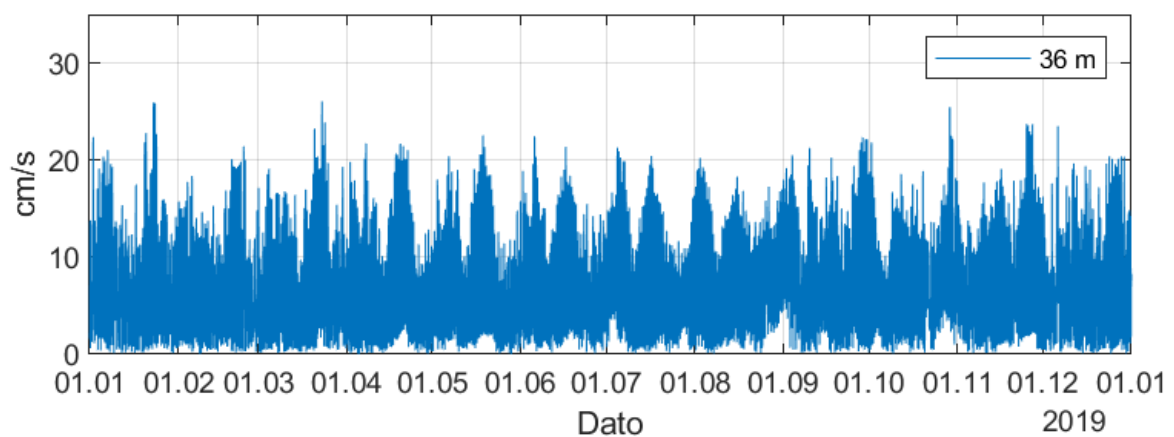
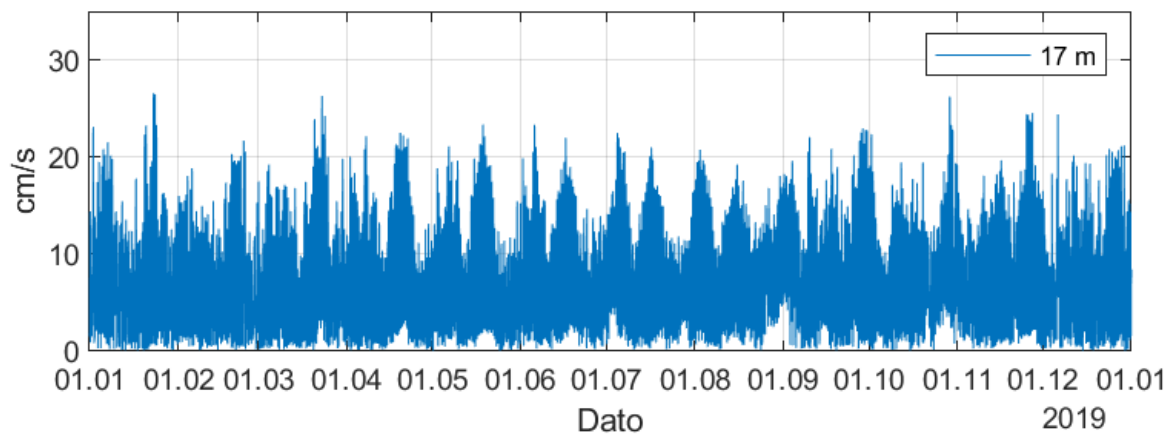
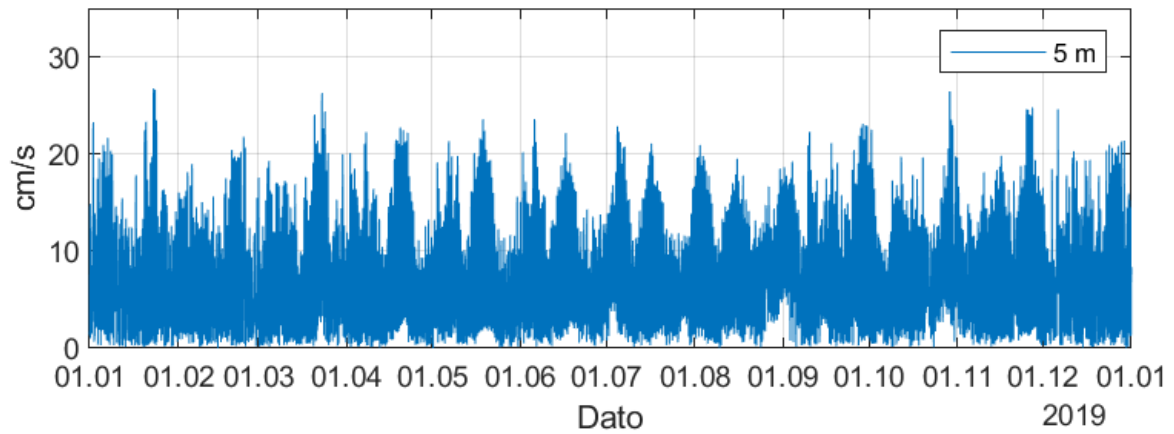
Ved 5 m dyp er det strømtopper over 20 cm/s i alle månedene som er modellert. De høyeste strømtoppene opptrer i januar og oktober.

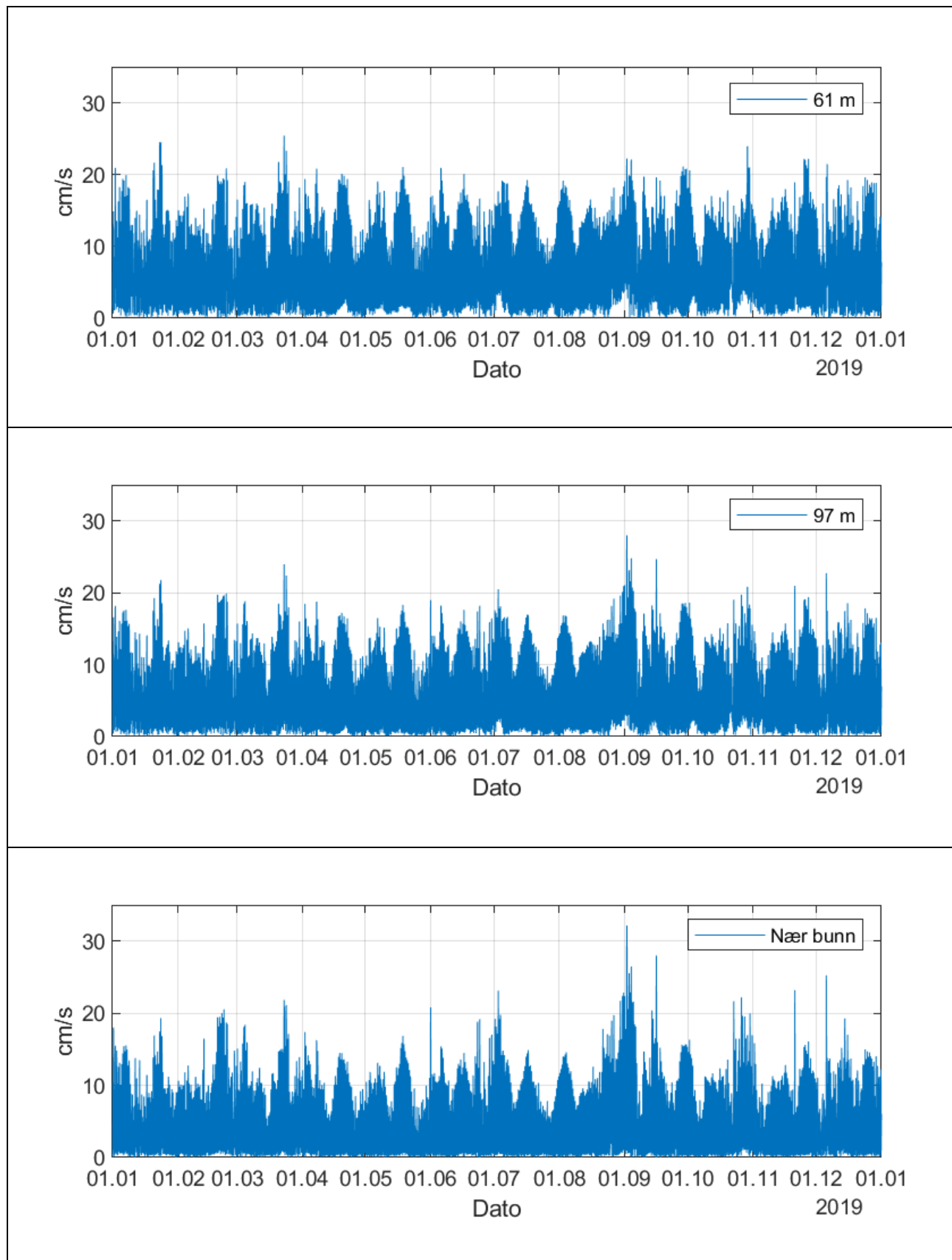
En lignende variasjon i strøm kan sees lengre ned i vannlagene, men det er færre strømtopper over 20 cm/s. Og større forskjeller mellom de ulike månedene. På våren og forsommeren er det relativt lave strømmer i de dypeste vannlagene. Ved 97 m er det ikke strømmer over 20 cm/s mellom 24. mars og 3. juli, mens ved bunnen opptrer de ikke mellom 24. mars og 31. mai.

I slutten av august og i september er det sterk strøm langs bunnen. Den sterkeste strømmen opptrer den 2. september (31.4 cm/s i nordlig retning).



Figur 7.1 Strømroser ved Smedvågen fra simuleringer for perioden 01.01.19 – 01.01.20.





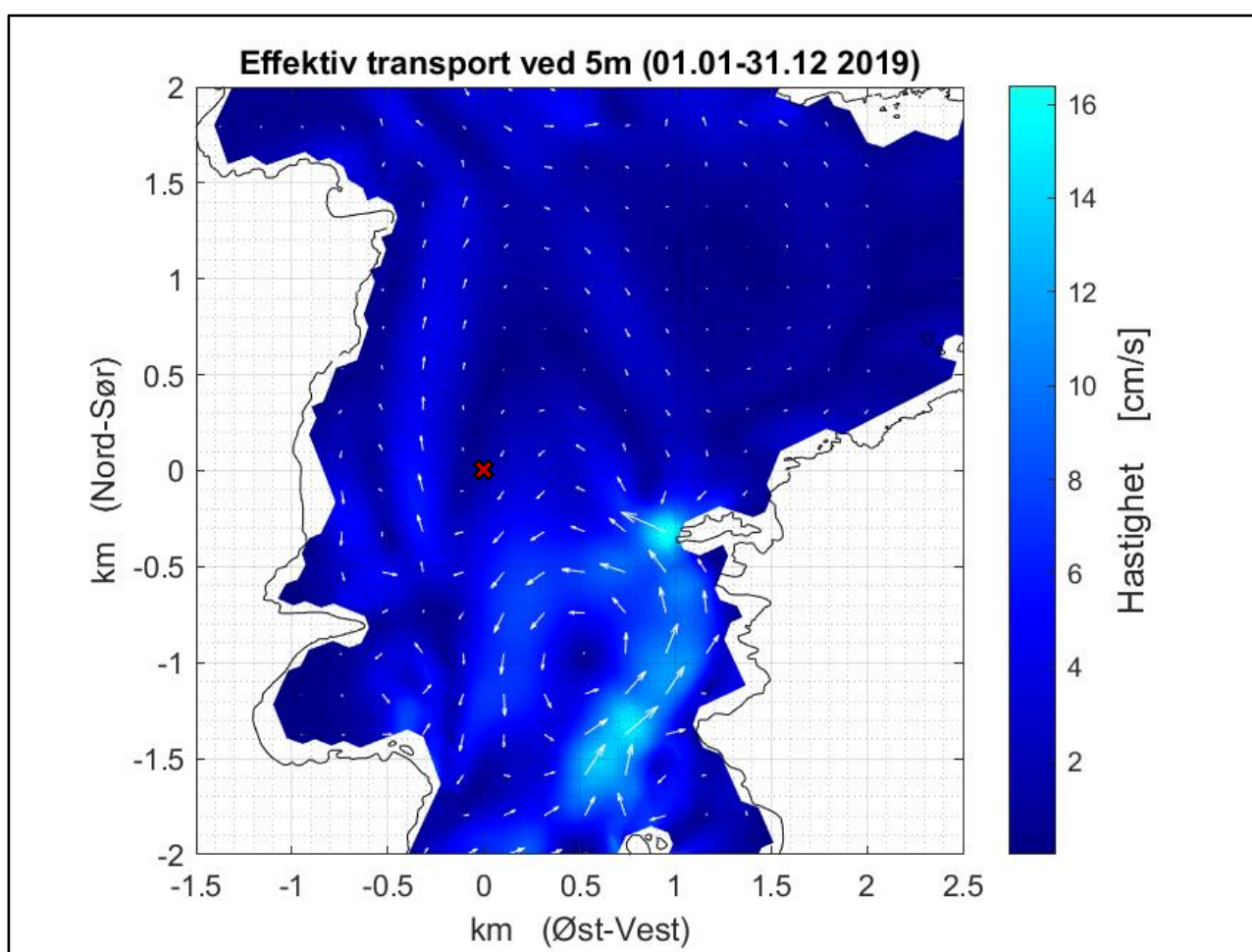
Figur 7.2 Tidsserier av modellert strøm på bestemte dyp, fra Smedvågen, for hele den modellerte perioden.

7.2 Simulert strøm i området rundt lokaliteten

Det er registrert strøm i hele det modellerte område for hver time i simuleringsperioden. Ut fra dette er den effektive transporthastigheten beregnet.

7.2.1 Effektiv transporthastighet ved 5m

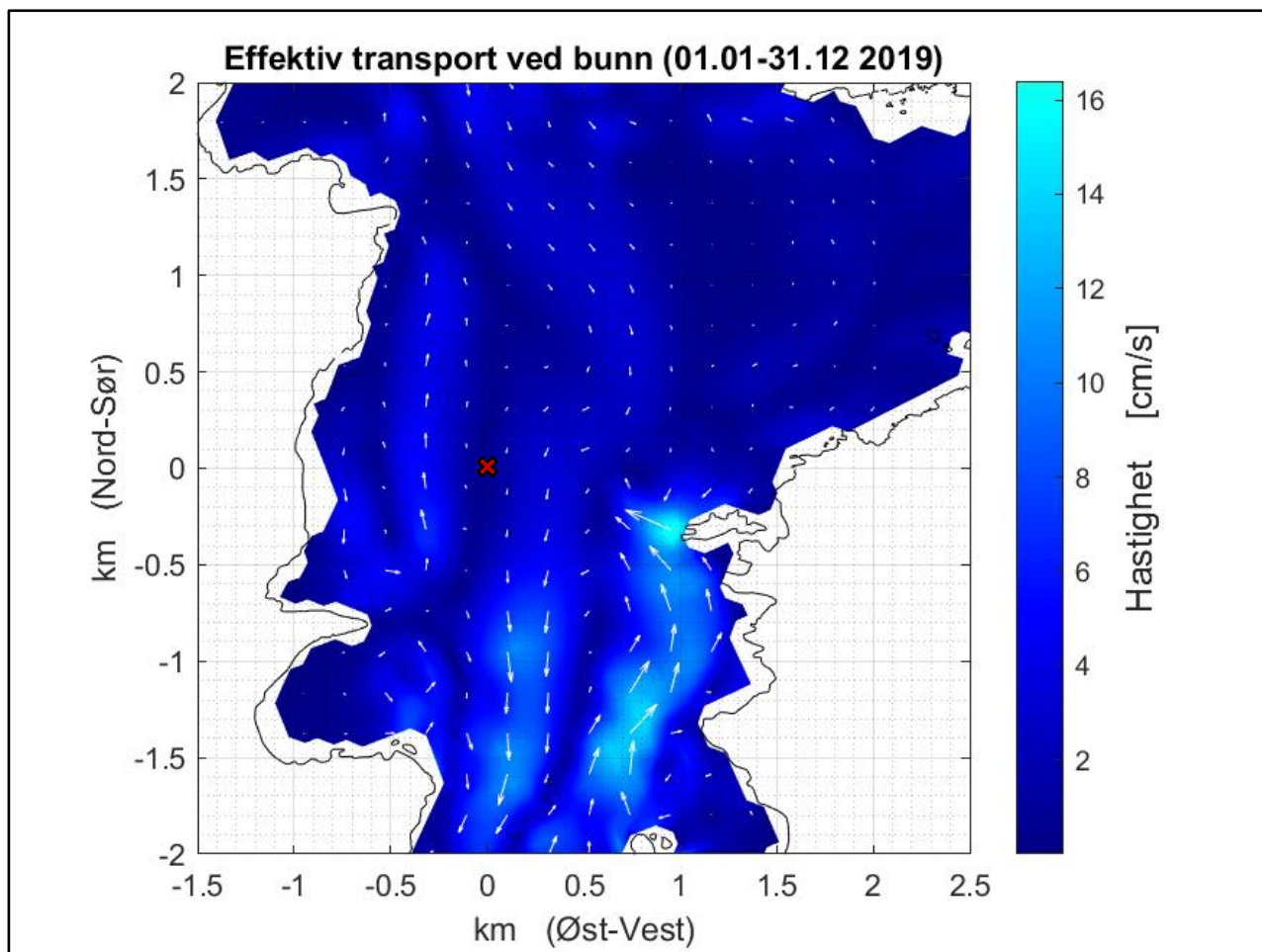
I Figur 7.3 er effektiv transporthastighet vist ved 5m. Det røde krysset viser planlagt inntakspunkt. Ved inntaksposisjon ble den effektive transporthastigheten beregnet fra 10-minuttsverdier av strøm til 1.9 cm/s med retning S-SV (Tabell 7.1). Figur 7.3 viser at transportstrøm er svak ved inntakspunktet og har skiftende retning i området. Vest for inntakspunktet er det dominerende strøm mot nord. På østsiden av fjorden er det en nordgående strøm som kommer sørfra som i grunne områder overstiger 16 cm/s.



Figur 7.3 Effektiv transporthastighet av vann 5m dyp. Posisjon for planlagt vanninntak er vist med ✕.

7.2.2 Effektiv transporthastighet langs bunn

Fra inntakspunktet og nordøstover er transporthastigheten liten med vekslende retning. Figur 7.4 viser den effektive transporthastigheten langs bunnen. I likhet med på 5 m varierer transporthastigheten sterkt i området rundt inntakspunktet. Ved inntaksposisjon ble den effektive transporthastigheten langs bunnen beregnet til 0.7 cm/s mot S-SV (Tabell 7.1). Simuleringene viser transporthastigheten er relativt lav ved inntaket. Vest for inntaket er transporten mot nord. Sør for inntaksposisjonen er det sterk transport mot sør på vestsiden av fjorden og mot nord på østsiden.



Figur 7.4 Effektiv transporthastighet langs bunn. Posisjon for planlagt vanninntak er vist med .

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, ferskvannsdata, salinitet og temperatur
- Bunndata

Usikkerhetene er fanget opp ved å modellere strømforholdene i et stort område rundt utslippspunktet 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 50 m × 50 m horisontalt i 15 dybdevarierende lag. Havstrømmen kan være mer kompleks enn det som fanges opp med denne oppløsningen. 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.

8.3 Smittespredning

Det er stor usikkerhet mht. dødeligheten på virus. Det er vanlig å anta at konsentrasjonen av smittsomt virus avtar eksponentielt og bruke halveringstid for å representere tiden det tar før mengden aktivt virus er halvert. Det er kjent at dødeligheten øker med økende temperatur. Ved høye temperaturer over 10°C reduseres halveringstiden på smittepartikler og risikoen for smitte avtar. I modelleringene er det brukt en konstant halveringstid på konsentrasjon som er representativ ved 4°C. I så måte er modelleringene konservative og mengden aktive viruspartikler i utslippsvannet kan forventes å avta forttere enn konsentrasjonen som er vist i beregningene.

9. Vedlegg – Parametere og beskrivelse

Tabell 9.1. Parametere brukt i rapporten og beskrivelse av disse.

Parameter	Beskrivelse
Strømhastighet	
Maksimum (cm/s)	Høyeste verdi av alle data
Gjennomsnitt (cm/s)	Matematisk gjennomsnitt av alle strømverdier
Minimum (cm/s)	Laveste verdi av alle data
Signifikant maks (cm/s)	Matematisk gjennomsnitt av høyeste 1/3 data
Signifikant min (cm/s)	Matematisk gjennomsnitt av laveste 1/3 av data
Varians (cm/s) ²	Verdi som indikerer spredning av data rundt gjennomsnittsverdi, dvs. om data varierte mye mellom suksessivt høye og lave verdier. En høy varians indikerer at datapunkter er meget spredt ut rundt gjennomsnittsverdien, mens en lav varians indikerer at datapunkter er veldig nær gjennomsnittsverdien og derfor også hverandre. Varians = Gjennomsnittet av de kvadrerte forskjeller fra gjennomsnittsverdien.
Standardavvik (cm/s)	Verdi som indikerer spredning av data rundt gjennomsnittsverdi, dvs. gjennomsnittlig avstand fra gjennomsnittsverdi. Et høyt standardavvik indikerer stor spredning av data. Standardavvik = kvadratroten (varians).
% < x cm/s	Mengden strøm med strømhastighet < x cm/s
Lengst periode < x cm/s	Varighet av lengste periode med strømhastighet < x cm/s
Effektiv transport	
Transporthastighet (cm/s)	Hastighet er en funksjon av posisjon og tid. Gitt en tenkt partikkel som starter ved lokaliteten og som følger hastigheten ved lokaliteten i løpet av simuleringsperioden, da er effektiv hastighet gitt som den rettlinjede avstanden mellom partikkelens start- og sluttposisjon delt på total tid i simuleringsperioden
Transportretning (grader)	Retning er vinkelen til en linje ut fra nord. Gitt en tenkt partikkel som starter i lokaliteten og som følger hastigheten ved lokaliteten i løpet av simulert periode, er resultatretning eller retning av effektiv transport gitt som vinkelen fra partikkelens startposisjon til partikkelens posisjon ved simuleringens slutt.

10. Vedlegg - Referanser

- 1 Albretsen, J., Sperrevik, A.K., Staalstrøm, A., Sandvik, A.D., Vikebø, F., Asplin, L. (2011). *NorKyst-800 Report No. 1 User Manual and technical descriptions*. Bergen: Fisker og Havet, Havforskningsinstituttet.
- 2 Delft3D-FLOW. (2018, 01 24). *Delft3D Open Source Community*. Hentet fra [https://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/Delft3D-FLOW User Manual.pdf](https://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/Delft3D-FLOW%20User%20Manual.pdf)
- 3 Deltares. (2018, 09 15). Hentet fra Deltares: <https://www.deltares.nl/en/software/delft3d-4-suite/>
- 4 Emery, R., & Thomson, W. J. (2001). *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*. Elsevier Science.
- 5 Frick, W. E., Roberts, P., Davis, L., Keyes, J., Baumgartner, D., & George, K. (2003). *Dilution Models for Effluent Discharges 4th Edition (Visual Plumes)*. U.S. Environmental Protection Agency, Athens Georgia.
- 6 Graham DA, Staples C, Wilson CJ, Jewhurst H, Cherry K, Gordon A and Rowley HM. (2007) *Biophysical properties of salmonid alphaviruses: influence of temperature and pH on virus survival*. Journal of Fish Diseases, 30, pp 533-543.
- 7 Kartverket. (2020, mai 5). *Se havnivå*. Hentet fra Kartverket: <https://kartverket.no/sehavniva/>
- 8 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.
- 9 MetCoOp *Ensemble Prediction System*. (2020, 02 20). Hentet fra: <http://thredds.met.no/thredds/metno.html>
- 10 NK800 (2020). *ROMS NorKyst800m coastal ocean fields*. (2020, 02 20). Hentet fra: <http://thredds.met.no/thredds/fou-hi/norkyst800m.html>
- 11 Norges vassdrags- og energidirektorat. (2020). NVE Atlas. Hentet fra <https://atlas.nve.no/>
- 12 Rannekleiv, S. V., Molvær, J., & Tjomsland, T. (2013). Veileder for fastsetting av innblandingssoner. (M-46/2013), s. 28.
- 13 Åkerblå AS. (2020). *Måling av strøm på 6m, 20m og 59m dyp ved Smedvågen i juni-august 2020*. Åkerblå AS-rapport: SR-M-05120-TjuinN0820-ver01.pdf, 50 sider.