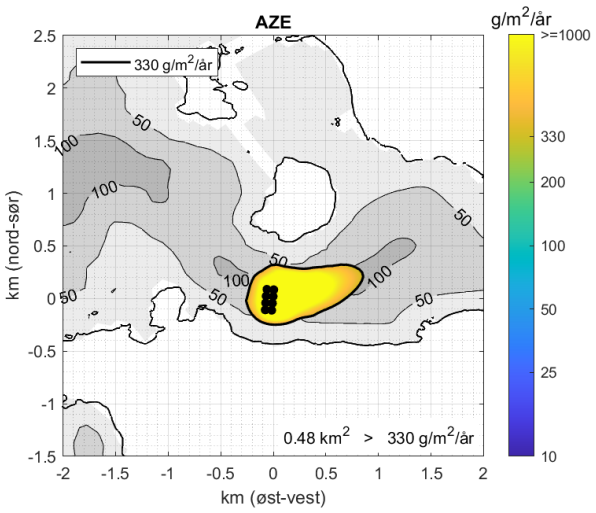
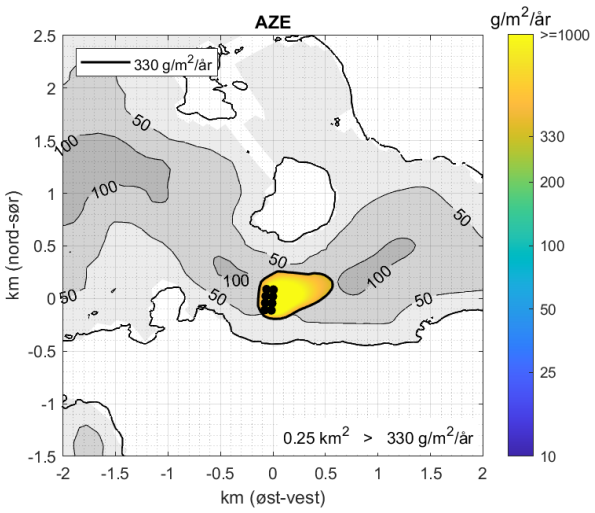
Modellert spredning av partikulært utslipp fra Husvikneset og Innerbrokløysa

Kunde: Holmøy Maritime AS

Lokalitet: Husvikneset, Innerbrokløysa

Rapport				
Rapportbeskrivelse og navn	Modellert spredning av partikulært utslipp fra Husvikneset og Innerbrokløysa. SM-HLM-Husvikneset-Innerbrokløysa-110216229-01-6001-01-001.pdf			
Rapportversjon	Dato	Beskrivelse		
001	11.07.25	Første utgivelse		
Rapportdistribusjon	Innhold fra denne rapporten kan brukes så lenge rapporten oppgis som kilde, og at alt benyttet materiale blir kreditert Åkerblå AS.			
Lokalitet				
Lokalitetsnavn	Husvikneset		Lokalitetsnummer	Ny
	Innerbrokløysa			11405
Kommune	Sortland		Fylke	Nordland
Oppdragsgiver				
Kunde	Holmøy Maritime AS; Lilandveien 10, 8407 SORTLAND, NORGE			
Kontaktperson	Rolf-Arne Reinholdtsen	enj@sesslaks.no		
Oppdragsansvarlig				
Selskap	Åkerblå AS; Nordfrøyveien 413, 7260 SISTRANDA, NORGE Organisasjon nr. 916 763 816			
Rapportansvarlig	Jie Liu	Jie.Liu3@dnv.com		
Kontrollert av	Aleksander Libæk	Aleksander.Libak@dnv.com		

Sammendrag

AZE uten biologisk nedbrytning Innerbrokløysa	AZE med biologisk nedbrytning Innerbrokløysa
	

AZE		Uten nedbrytning	Med nedbrytning
Husvikneset	Areal	0 km^2	0 km^2
Innerbrokløysa	Areal	0.48 km^2	0.25 km^2
	Hoved spredningsretning	Ø	Ø
	Lengde	1100 m (V – Ø)	710 m (V – Ø)
	Bredde	570 m (N – S)	430 m (N – S)

Innholdsfortegnelse

1. Innledning 6

2. Områdebeskrivelse 7

3. Metode 9

3.1 Strøm- og spredningsmodellering med Delft3D-FLOW 9

3.1.1 Bunndata og modellstørrelse 9

3.1.2 Inngangsdata for strømmodellering 11

3.1.3 Inngangsdata for spredningsmodellering 11

3.1.4 Biologisk nedbryting i D-WAQ 14

4. Resultater – partikulært utslipp fra Husvikneset 15

4.1 AZE – Allowable Zone of Effect 15

4.2 Akkumulert utslipp 15

4.2.1 Tidsutvikling akkumulert utslipp 15

4.2.2 Totalt akkumulert utslipp 16

5. Resultater – partikulært utslipp fra Innerbrokløysa 17

5.1 AZE – Allowable Zone of Effect 17

5.2 AZE og omliggende områder 18

5.3 Akkumulert utslipp 19

5.3.1 Tidsutvikling akkumulert utslipp 19

5.3.2 Totalt akkumulert utslipp 21

6. Konklusjon 22

6.1 Partikulært utslipp fra Husvikneset 22

6.2 Partikulært utslipp fra Innerbrokløysa 22

7. Vedlegg - Månedlig sedimentering 24

7.1 Månedlig sedimentering fra Husvikneset 24

7.2 Månedlig sedimentering fra Innerbrokløysa 28

8. Vedlegg - Resultater fra strømmodellering 32

8.1 Strømresultater ved utslippspunktet 32

8.2 Strømresultater ved Innerbrokløysa 35

8.3 Simulert strøm i området i Sigerfjorden 38

8.4 Strømresultater sammenlignet med målinger 40

9. Vedlegg - Havnivå 45

10. Vedlegg - Ferskvannstilsig 47

11. Vedlegg - Usikkerhetsvurdering 48

11.1 Inngangsdata for strømmodell 48

11.2 Strømmodell 48

11.3 Modellert spredning 48

12. Referanser 49

1. Innledning

Åkerblå AS har på oppdrag fra Holmøy Maritime AS modellert spredning av partikulært utslipp fra det sjøbaserte anlegget Innerbrokløysa og fra det planlagte landbaserte anlegget ved Husvikneset i Sigerfjorden i Sortland kommune.

Formålet med rapporten er å beskrive utbredelse av partikulært utslipp fra oppdrettsanleggene i området av Sigerfjorden. En produksjonsperiode for Innerbrokløysa på overkant 17 måneder, i tillegg til 5 måneder brakklegging, er modellert fra 01.05.2023 til og med 28.02.2025. På grunnlag av dette er utbredelsen av AZE bestemt ved akkumulering i løpet av ett år. Den modellerte perioden for Husvikneset er den samme som for Innerbrokløysa.

Aquaculture Stewardship Council (ASC) Salmon Standard (2019) stiller krav til undersøkelse av bentisk fauna, reduksjonspotensiale (E_h) og kobbernivå (Cu) i sedimentene ved oppdrettslokaliteter. Standarden krever at tillatt sone for påvirkning (AZE) modelleres og at stasjoner for bunnundersøkelse plasseres i henhold til denne. Resultatene fra undersøkelse av fauna, E_h og Cu vurderes ut fra stasjonenes plassering i forhold til AZE. I ASC-standarden er AZE definert som området hvor bidraget fra organisk materiale fra oppdrettsanlegget til sedimentlaget er 330 g/m^2/år eller større, noe som tilsvarer Infaunal Trophic Index (ITI) = 25. Resultatene fra modelleringen for lokaliteten er presentert med både denne grenseverdien, og nivåer av avfallssedimentering som er lavere og høyere. Dette for å få en full beskrivelse av miljøpåvirkningen både innenfor AZE og i overgangssonen.

Når man vurderer bentiske effekter, anbefales det å ta prøver under burene og i avstand fra burene, både innenfor og utenfor AZE. AZE er vanskelig å identifisere som et konstant areal, noe som gjør det svært nyttig med en lokalitetsspesifikk modellering av utslippet og sedimenteringen under anlegget. Analysen for å bestemme områdespesifikk AZE og deponeringsmønstre vil bidra til at prøvetaking finner sted i de områdene som er mest hensiktsmessige for å beskytte bentisk helse rundt oppdrettsanleggene. De mulige negative påvirkningene på bentisk biodiversitet er i ASC-standarden adressert ved å inkludere en analyse på flere overvåkingsstasjoner, inkludert et referansepunkt, ved hjelp av en bunndyrsindeks (oversatt fra ASC, 2019).

I denne rapporten presenteres to ulike resultat for beregningen av AZE; et konservativt estimat uten biologisk nedbrytning av organisk materiale, og et estimat der utslippsmaterialet gjennomgår en kontinuerlig nedbrytning.

Modelleringens kvalitet er avhengig av kvaliteten på tilgjengelige inngangsdata og modellens begrensninger. Resultatene bør derfor vurderes ut fra lokal kunnskap og erfaring.

2. Områdebeskrivelse

Det planlagte utslippspunktet til settefiskanlegget ved Husvikneset befinner seg i de midtre delene av Sigerfjorden i Sortland kommune, Nordland Fylke (Figur 2.1). Utslippspunktet ligger ca. 190 m vest for Ørnholmen på 46 m dyp (Tabell 2.1, Figur 2.2). Innerbrokløysa ligger ved den sørlige åpningen av Sigerfjorden mot Hadselfjorden i vest, og sør for Åserøya.



Figur 2.1: Oversiktskart over området rundt sjøanlegget ved Innerbrokløysa og settefiskanlegget ved Husvikneset. Utslippspunktet er markert med gult kors, og sjøanlegget Innerbrokløysa er markert med blått kors. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

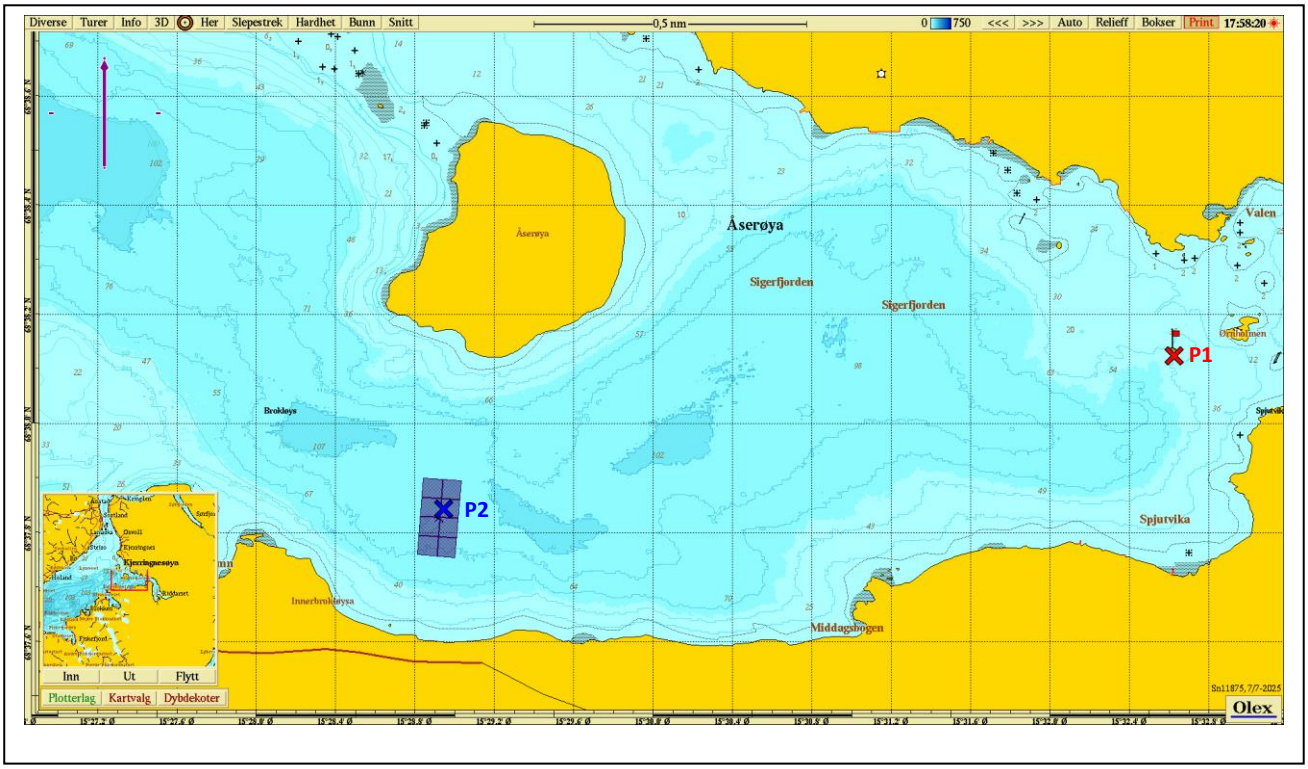
Tabell 2.1: Utslippsposisjonen til settefiskanlegget Husvikneset og det sjøbaserte anlegget Innerbrokløysa. Siste kolonne viser bunndybde ved utslippsposisjonen og bunndybde ved midtpunktet for Innerbrokløysa.

Punkt	Posisjon (N)	Posisjon (Ø)	Bunndyp (m)
Utslipp	68° 38.133’	15° 32.617’	46
Innerbrokløysa (midtpunkt)	68° 37.827’	15° 28.924’	75

Ved utslippspunktet til Husvikneset er det gjort strømmålinger på 6 m, 16 m, og 46 m fra 19.01.2022 til 22.02.2022 av Akvaplan-niva AS (2022a). Strømmålingsposisjonen nr.1 (P1) er vist med rødt kryss i Figur 2.2.

Ved Innerbrokløysa er det gjort strømmålinger på 5 m, 15 m, 73 m og 86 m fra 12.02.2020 til 24.03.2020 av (Akvaplan-niva 2020). Strømmålingsposisjonen nr.2 (P2) er vist med blått kryss i Figur 2.2.

Figur 2.2 viser sjøanleggets plassering og bunntopografien i området. Sjøanlegget er orientert i retning N – S. I området rundt lokaliteten er fjorden orientert V – Ø. Anleggsrammen ligger over en skrånende bunn mot retning N med dybder på mellom 50 og 80 m. Nordøst fra sjøanlegget er Sigerfjorden ca. 100 m dyp.



Figur 2.2: Oversiktskart over området i Sigerfjorden. Utslippsposisjonen til settefiskanlegget ved Husvikneset er markert med rødt flagg, og lokalitet Innerbrokløysa er markert med et blågrått skravert område. Rødt kryss viser posisjon for strømmålingen (P1) som er utført av Akvaplan-niva AS (2022a). Blått kryss viser posisjon for strømmålingen (P2) som er utført av Akvaplan-niva AS (2020). Den tynne kompasspila øverst i venstre hjørne indikerer kartets orientering. Dybden er vist med blå konturer. Kartet er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.

3. Metode

Spredningen av avfall fra et oppdrettsanlegg er avhengig av strømmønsteret og bunntopografien i området under og rundt lokaliteten. For å bestemme transporten og sedimenteringen av utslippet er det først 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 i flere dybdenivå. I modellen løses Navier-Stokes-ligningene basert på Boussinesq-tilnærmelsen (Lesser, et al. 2004), sammen med ligninger som beskriver temperatur og saltholdighet. Sedimenteringen modelleres med den tilhørende D-Water Quality (D-WAQ) modulen. I denne modulen løses ligninger for reaksjon, diffusjon og adveksjon av sedimentene for alle tidssteg i hele domenet. Denne ligningen beregner sedimentering av organisk materiale fra anlegget basert på horisontale og vertikale hastigheter, i tillegg til å inkludere en gradvis nedbrytning av det biologiske materialet både på bunnen og mens det fremdeles er suspendert i vannmassene.

Den totale mengden biologisk avfall fra anlegget beregnes ut fra fôringsdata gitt av kunde. På denne måten kan man se sedimentering i sammenheng med strømmønster og fôrforbruk på bestemte tidspunkt gjennom produksjonssyklusen, og man kan se den totale påvirkningen etter at produksjonen er ferdig. Det at modellen omfavner et stort område og kan kjøres for lange tidsperioder, gjør at man får med variasjoner og unike forhold ved hver enkelt lokalitet.

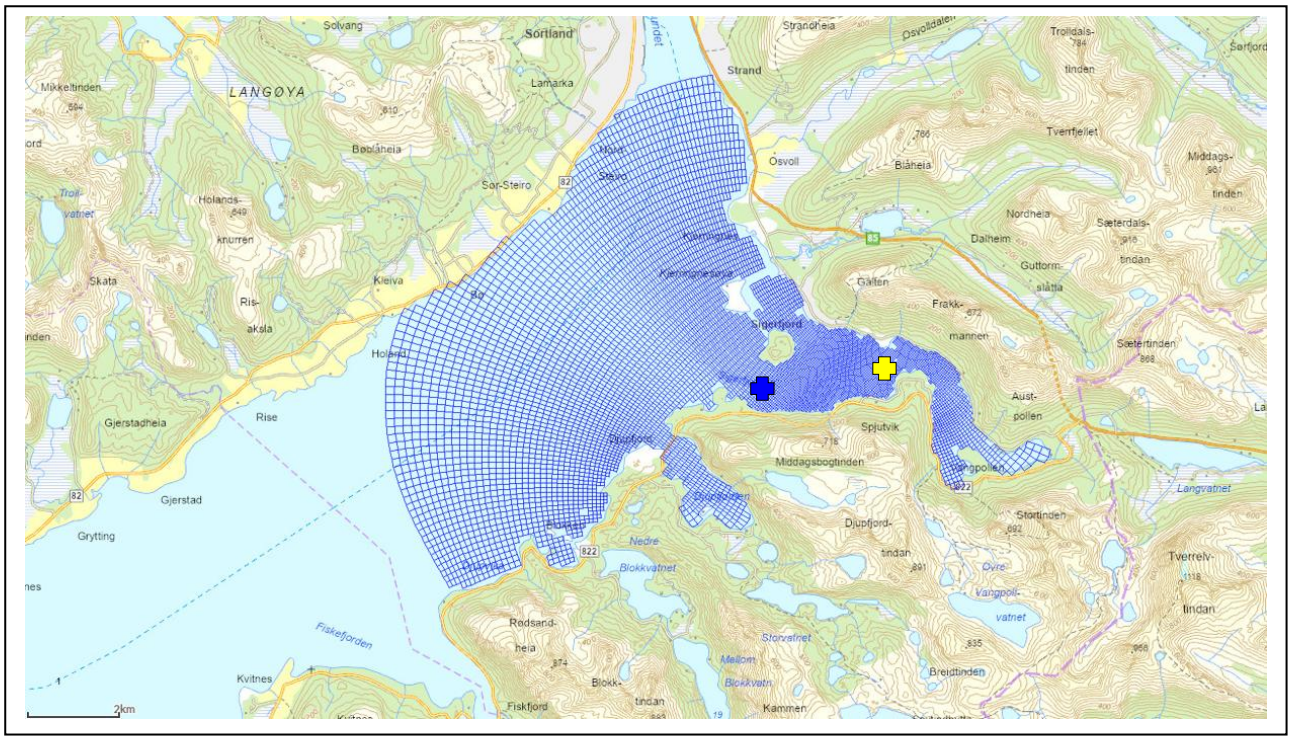
I ASC-standarden er det et krav at AZE blir definert basert på et lokalitetsspesifikt og robust modellsystem. Delft3D-FLOW, i dette tilfellet i kombinasjon med D-Water Quality modulen, er et avansert modellsystem som beskriver lokal variasjon i strømfeltet i tre dimensjoner samt inkluderer den gradvise nedbrytningen av det biologiske utslippsmaterialet. Denne variasjonen, sammen med fôrforbruket, har svært mye å si for utbredelsen av AZE. Dersom det er strømmålinger i området brukes disse til å verifisere modellen. I tillegg brukes målinger av vannstand til å kalibrere modellen, og resultatene kvalitetssikres ved at de sjekkes opp mot randbetingelser. Resultatene fra både strøm- og spredningsmodelleringen kan brukes videre for optimalisering av lokaliteten.

3.1 Strøm- og spredningsmodellering med Delft3D-FLOW

Delft3D-FLOW benytter inngangsdata fra atmosfæren, havet og ferskvannstilsig til å beregne strømmen i tre dimensjoner (Delft3D-FLOW 2018). 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 saltholdighet. Effektene fra jordrotasjon er inkludert ved hjelp av Corioliskraften. Turbulensen i strømmen er i modellen tatt hensyn til ved bruk av en såkalt k-epsilonmodell. Tidssteget i modellen er satt til 1 minutt, og turbulensparameterne er tilpasset området for å få en realistisk beskrivelse av strømmen.

3.1.1 Bunndata og modellstørrelse

Den tredimensjonale strømmodellen er satt opp for Sigerfjorden, de sørlige delene av Sortlandsundet og de østlige delene av Hadselfjorden (Figur 3.1). Dette tilsvarer et modellområde som strekker seg omkring 11.1 km V, 8.1 km NV og 3.9 km SØ for utslippspunktet til Husvikneset. Det er evaluert at NorKyst800 har gode inngangsdata på grensene til modellen. Modellen har et horisontalt rutenett med oppløsning på 30 m × 35 m nær utslippspunktet til Husvikneset og avtagende oppløsning utover til maksimalt 110 m × 185 m ved randsonen i NV, og 175 m × 170 m ved randsonen i V for Husvikneset. For å beskrive variasjon i dybden er det valgt en såkalt sigmamodell med 18 dybdelag. Dybdelagene følger terrenget og varierer i tykkelse proporsjonalt med dypet (Tabell 3.1). I grenseområdene i V og NV for Husvikneset er bunntopografien tilpasset dybdenivået i modellen NorKyst800, for å få en konsistent beskrivelse i randsonene.



Figur 3.1: Rutenett benyttet for å modellere spredning av utslippsvann fra utslippspunktet til settefiskanlegget ved Husvikneset og fra sjøanlegget ved Innerbrokløysa. Utslippspunktet er markert med gult kors, og sjøanlegget Innerbrokløysa er markert med blått kors. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy, med kartdatum: WGS84..

Tabell 3.1: Fordeling og prosentvis tykkelse av vannlag i modellen for et valgt dyp på 40 m.

Vannlag	Tykkelse (%)	Tykkelse for 40 m dyp (m)	Dybde (m)
1	2	0.8	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 - 7	14	5.6	8.0 – 13.6
8 - 11	32	12.8	13.6 – 26.4
12 - 13	14	5.6	26.4 – 32.0
14	6	2.4	32.0 – 34.4
15	5	2.0	34.4 – 36.4
16	4	1.6	36.4 – 38.0
17	3	1.2	38.0 – 39.2
18	2	0.8	39.2 – 40.0

3.1.2 Inngangsdata for strømmodellering

Den hydrodynamiske modellen er drevet av randbetingelser, det vil si strøm over ytre grenser, tidevann, vind og varmeutveksling med atmosfæren, samt ferskvannstilførsel. Inngangsdata for havstrøm er fra havmodellen NorKyst800 (Meteorologisk Institutt 2025, Albretsen, et al. 2011). Dette er timesdata med oppløsning på 800 m x 800 m, som omfatter havnivå, strømhastighet, temperatur og saltholdighet. Dataene interpoleres for å tilpasses gitternettet med høyere oppløsning i Delft3D-FLOW.

Atmosfæriske data er hentet fra Meteorologisk institutt, MEPS (Met.no 2025). Dette er data for vind, temperatur, lufttrykk, luftfuktighet og skydekke, og er gitt med intervall på 3 timer og med oppløsning på 2.5 km x 2.5 km. Også disse dataene interpoleres for å tilpasses gitternettet i strømmodellen.

Informasjon om ferskvannstilsig fra elvene i området er hentet fra Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE Atlas 2025) med daglig vannføring i hver elv. Vannet blir sluppet ut i en gittercelle i modellen, og er med på å styre lagdelingen i vannsøylen. Oversikt over bidrag fra elver som er inkludert i modellen er vist i kapittel 10.

For å unngå ustabilitet i starten av modellkjøringen er modellen startet med en spin-up-periode i underkant av 2 måneder (mars og april i 2023). Resultatene fra denne kjøringen er deretter brukt som inngangsverdi for den endelige modellkjøringen.

3.1.3 Inngangsdata for spredningsmodellering

Husvikneset

Informasjon om utslippet ved Husvikneset er gitt i Tabell 3.2 og oppgitt av Holmøy Maritime AS. En synkehastighet på ca. 52 m/dag er beregnet med Stokes Lov ut ifra tettheten for organisk avfall (Akvaplan-niva AS 2022c).

Utslippsdypet for Husvikneset er satt til det vannlaget i modellen som representerer dypet av innlagringsdypet beregnet med svakt sjikt og svak strømhastighet (10 m for et utslipp på 46 m dyp), i henhold til modellrapporten for flytende utslipp for Husvikneset (Åkerblå AS 2025).

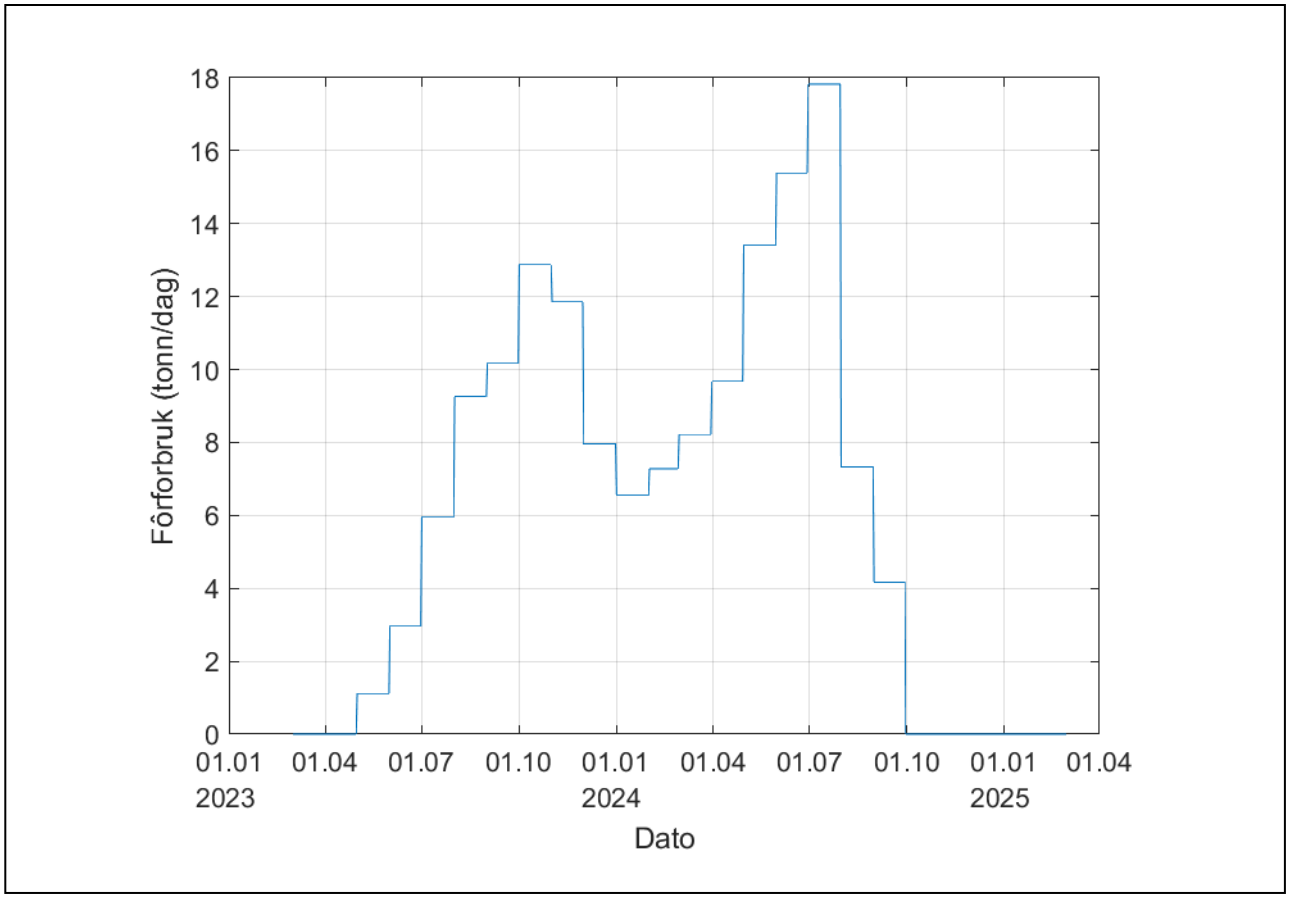
Tabell 3.2: Data om utslippet fra Husvikneset som er benyttet i modelleringen.

Inngangsdata for primærfortynning	
Rørdiameter (m)	0.9
Vannføring (m^3/s)	0.206
Saltholdighet (psu)	10
Temperatur (^oC)	12 (årlig gjennomsnitt)
Utslippsdyp (m)	46
TOC (mg/L)	23.6 (beregnet ut fra en årlig total på 153 tonn)
Tetthete for organisk avfall (kg/m^3)	1460

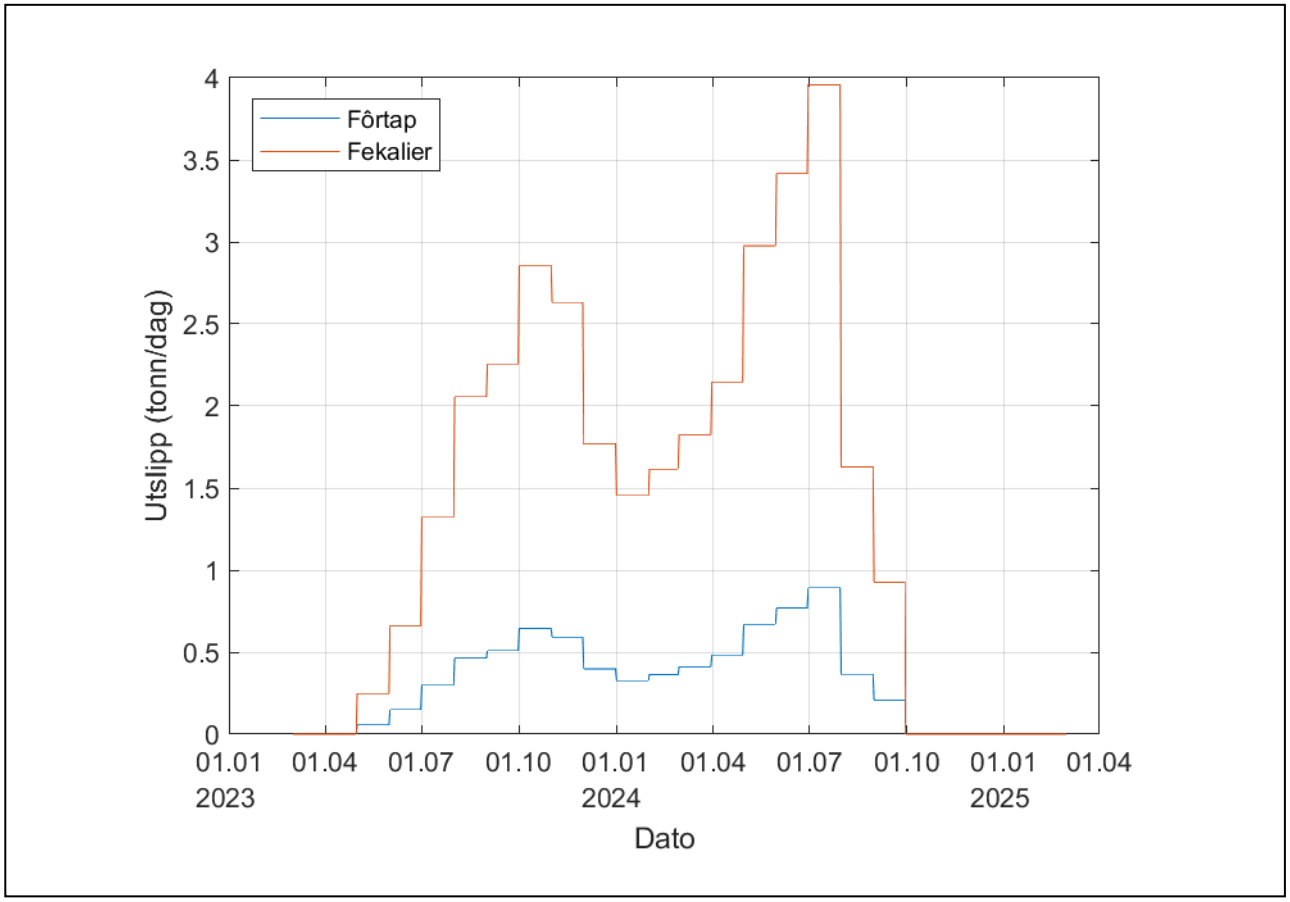
Innerbrokløysa

Det modellerte utslippet fra sjøanlegget Innerbrokløysa er basert på månedlig fôringsdata fra Holmøy Maritime AS. Fôringen varte fra 01.05.2023 til 30.09.2024 og det modellerte utslippet er fordelt likt på 8 merder.

Figur 3.2 viser det totale daglige fôrforbruket ved Innerbrokløysa. Dette er benyttet som grunnlag for å bestemme utslippet ved lokaliteten. Siden dypet under merdene varierer, er utslippsdypet satt til det vannlaget i modellen som representerer dypet mellom 5 m til 15 m best. Spredningen av utslipp er modellert gjennom hele produksjonssyklusen, i tillegg til en brakkleggingsperiode på 5 måneder uten utslipp etter produksjonsstopp.



Figur 3.2: Daglig fôrforbruk benyttet for spredningsmodellering ved Innerbrokløysa.



Figur 3.3: Utslipp benyttet for spredningsmodellering ved Innerbrokløysa.

For hvert tonn fôr som tilføres anlegget slippes det ut 0.272 tonn partikulært organisk materiale. Dette inkluderer et fôrtap på 5 % (Cromey, et al. 2002, Bannister, et al. 2016). Utslipp i tonn pr dag i form av fôrspill og fekalier er vist i Figur 3.3.

Utslippsmaterialet er klassifisert med forskjellige fallhastigheter for fekalier definert av Bannister m. fl., (2016). Dette er vist i Tabell 3.3. Fekaliene er her klassifisert ved tre forskjellige fallhastigheter hvor den siste kategorien, som utgjør 12% med lavest fallhastighet, svarer til et vektet gjennomsnitt av de 4 intervallene med de laveste hastighetene (Bannister, et al. 2016). For fôrutslippet benyttes en fallhastighet fra Cromey et al., (2002).

Tabell 3.3: Klassifisering av utslippsmateriale ved fallhastigheter.

Fraksjon	Fallhastighet (cm/s)
78% av fekalier	7.50
10% av fekalier	3.75
12% av fekalier	0.80
100% av fôrspill	10.0

3.1.4 Biologisk nedbryting i D-WAQ

I det utslippsmaterialet slippes ut i modellen starter den biologiske nedbrytingen. Det vil si at det biologiske materialet blir brutt ned mens de fremdeles er i vannsøylen og etter at de har sedimentert på bunnen. Hvor raskt det biologiske materialet faktisk brytes ned i naturen avhenger blant annet av hva det er laget av, temperatur, hvilke organismer som er tilgjengelige og mengden oksygen. I modellen styres denne prosessen av koeffisienter som bestemmer hastigheten på nedbrytningen. Utslippet fra lokaliteten blir regnet som lett nedbrytbart og modelleres eksponentielt. Ved å benytte en slik funksjon vil nedbrytingen gradvis gå saktere når materialet blir eldre. I modellen er det alltid nok tilgjengelig oksygen til nedbrytning.

4. Resultater – partikulært utslipp fra Husvikneset

Spredningen av utslipp fra Husvikneset er modellert for en hel produksjonsperiode samme for Innerbrokløysa. I løpet av perioden akkumuleres utslippet på bunnen ved utslippspunktet og avsetningen over 330 g/m^2 øker med tiden. Resultatene i dette kapittelet viser utviklingen i både tid og rom for akkumulering av utslipp ved lokaliteten. Resultatene blir vist for modellering både med og uten biologisk nedbrytning.

4.1 AZE – Allowable Zone of Effect

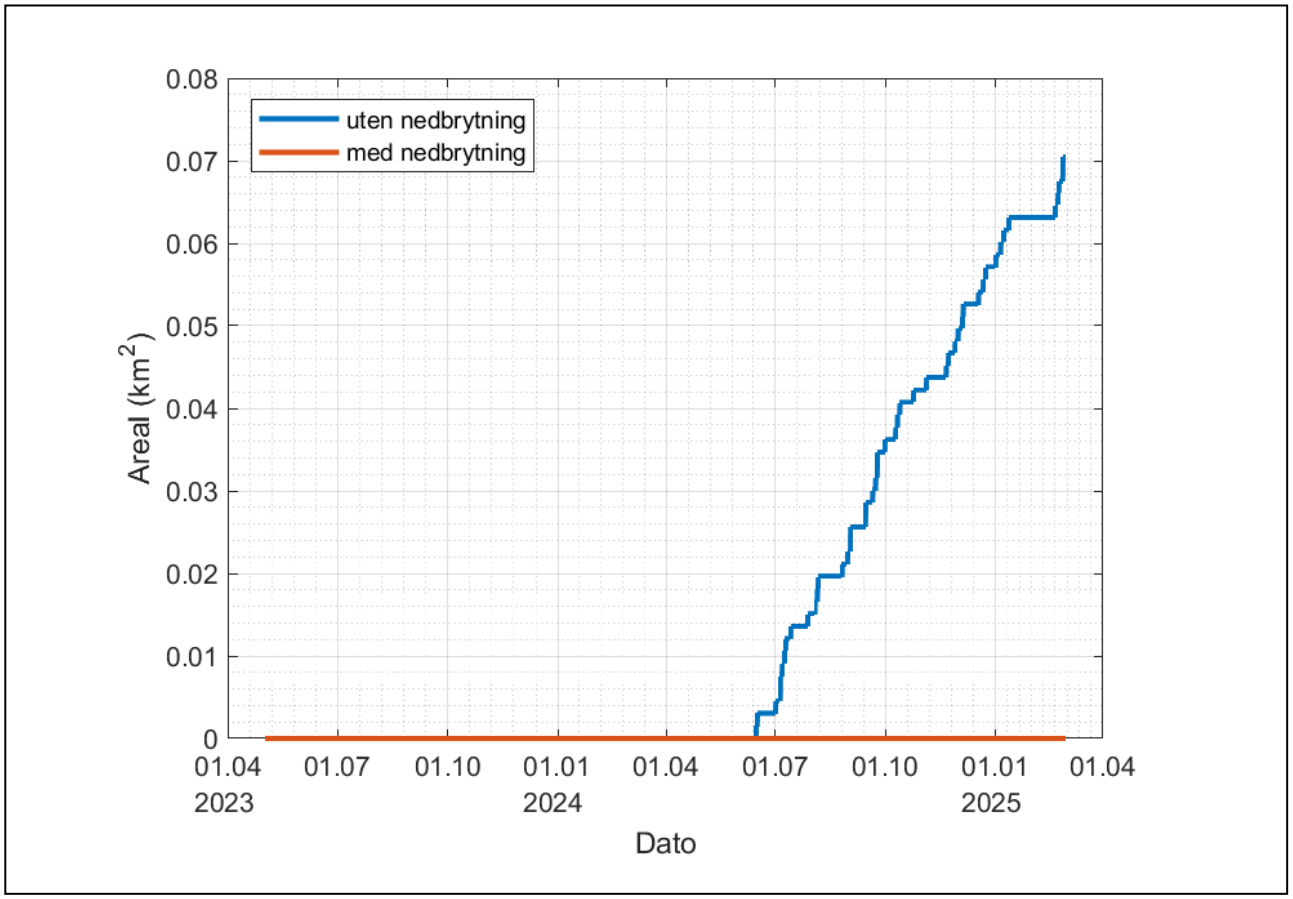
Avsetningen fra utslipp til Husvikneset overstiger ikke over grenseverdien for AZE (330 g/m^2/år). I dette tilfellet er størrelsen på AZE til Husvikneset 0 km^2.

4.2 Akkumulert utslipp

4.2.1 Tidsutvikling akkumulert utslipp

Utviklingen av arealet med en tetthet av utslippsmateriale på over 330 g/m^2 er vist i Figur 4.1. I modellering uten biologisk nedbrytning (blå linje i Figur 4.1) overstiger sedimenteringen på 330 g/m^2 den 15. juni 2024 (etter 13 måneder). Ved slutten av produksjonsperioden bygger arealet seg opp til 0.07 km^2.

I modelleringen med biologisk nedbrytning (oransje linje i Figur 4.1) overstiger sedimenteringen aldri grenseverdien 330 g/m^2.



Figur 4.1: Arealet av akkumulert utslipp på mer enn 330 g/m^2 gjennom modelleringsperioden for utslippet til Husvikneset, med (oransje linje) og uten (blå linje) biologisk nedbrytning.

4.2.2 Totalt akkumulert utslipp

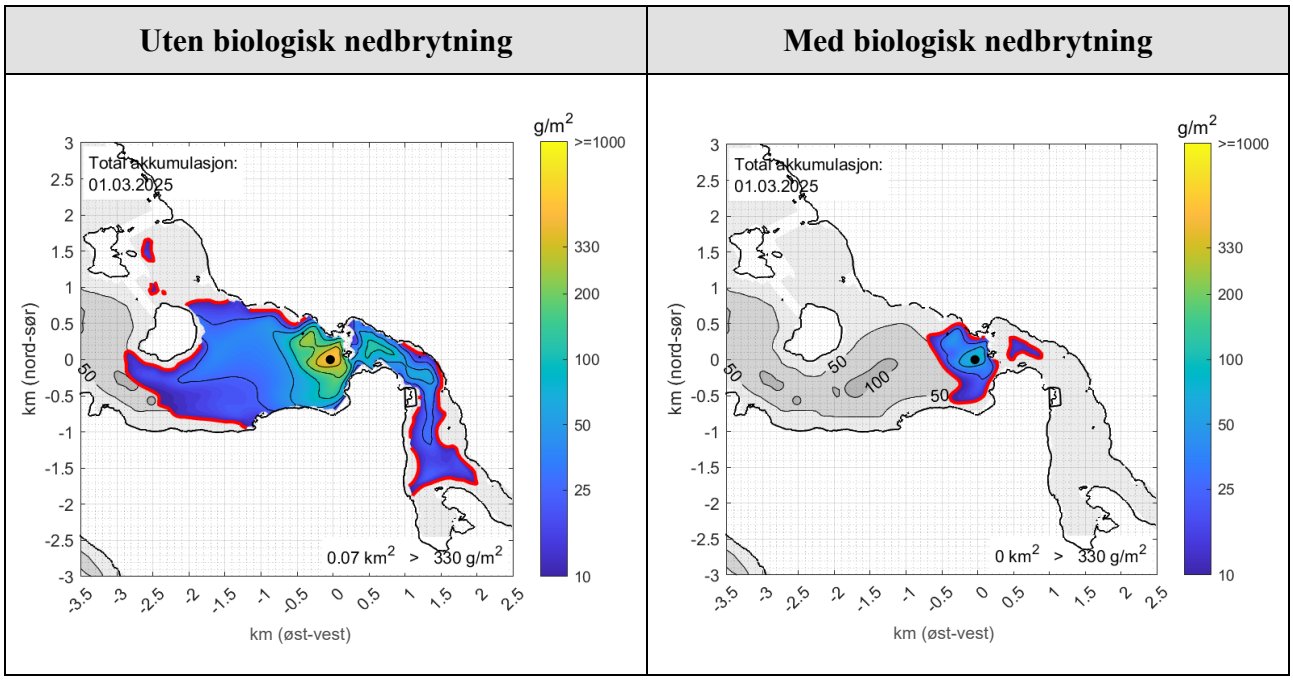
Det totale akkumulerte utslippet ved slutten av modelleringsperioden inkludert brakklegging er vist i Figur 4.2. Området med sedimentering over 330 g/m^2 er gitt med mørk gul, mens overgangssonen er vist med grønn- og blåfarger.

Spredningen ut fra utslippet til Husvikneset i simuleringen uten biologisk nedbryting skjer i alle retninger, med størst spredning rundt utslippspunktet. Lengden på påvirkningsområdet (> 10 g/m^2) er rundt 6.2 km i retningen vest – øst og rundt 3.3 km i retningen nord – sør i simuleringen uten biologisk nedbrytning (Figur 4.2).

Når biologisk nedbrytning inkluderes i simuleringen reduseres påvirkningsområdet. Utstrekningen etter brakkleggingsperioden er da 2.1 km i retningen vest – øst og omkring 1.5 km i retningen nord – sør (Figur 4.2).

I begge tilfeller er mengde partikulært utslipp < 10 g/m^2 under den midtre delen av sjøanlegget Innerbrokløysa (Den grå prikken i Figur 4.2). Den østlige delen av anlegget har mengder på rundt 10 g/m^2 partikulært utslipp under simuleringen uten biologisk nedbrytning.

I begge tilfellene følger spredningsmønsteret strømforholdene (se kapittel 8) og bunntopografien i området.



Figur 4.2: Totalt akkumulert utslipp fra Husvikneset i løpet av simuleringsperioden. Figuren til venstre viser simulering uten biologisk nedbrytning av utslippsmaterialet, og figuren til høyre viser simulering med biologisk nedbrytning av utslippsmaterialet. Den svarte prikken viser plassering av utslippspunktet til Husvikneset. Den grå prikken viser plasseringen av Innerbrokløya. Merk her at tidsperioden for akkumulering er hele utslippsperioden (inkludert brakklegging).

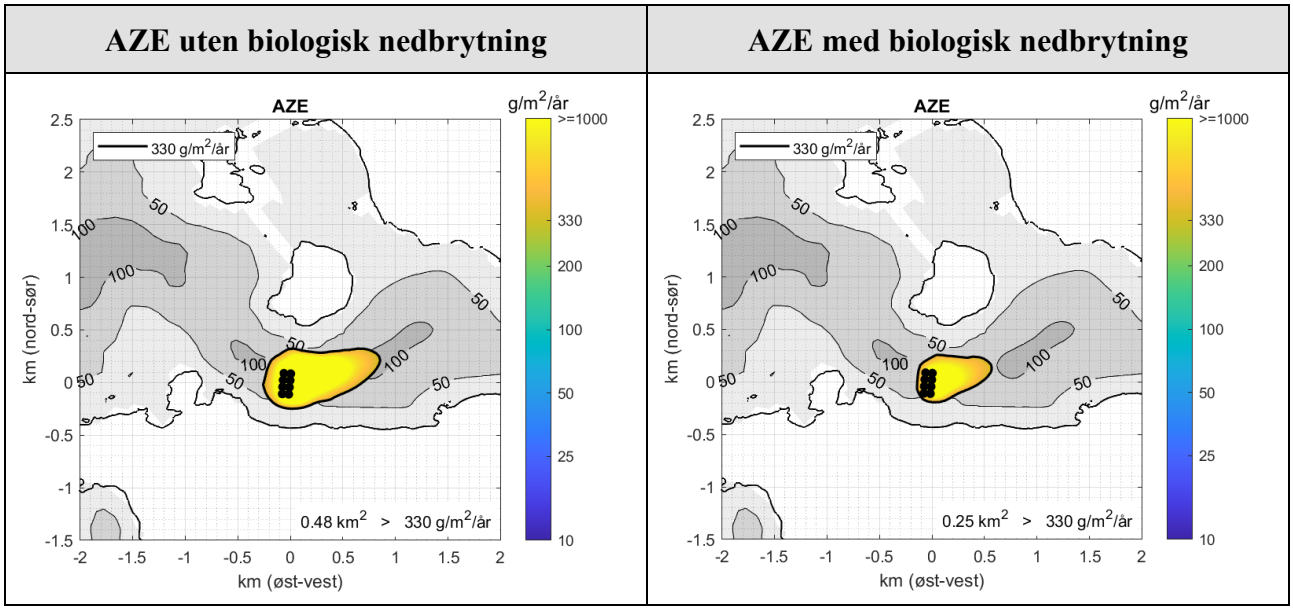
5. Resultater – partikulært utslipp fra Innerbrokløysa

Spredningen av utslipp fra Innerbrokløysa er modellert for en hel produksjonsperiode. I løpet av perioden akkumuleres utslippet på bunnen under anlegget og avsetningen over grenseverdien for AZE (330 g/m^2/år) øker med tiden. Resultatene i dette kapittelet viser utviklingen i både tid og rom for akkumulering av utslipp ved lokaliteten, med fokus på AZE (> 330 g/m^2/år, ASC 2019). Resultatene blir vist for modellering både med og uten biologisk nedbrytning.

5.1 AZE – Allowable Zone of Effect

Utbredelsen av AZE for modellering uten (venstre) og med (høyre) biologisk nedbrytning er vist i Figur 5.1. I simuleringen uten biologisk nedbrytning er AZE 1100 m lang på det lengste i retning vest – øst og omkring 570 m bred i retning nord – sør. Dette resulterer i en utbredelse av AZE på 0.48 km^2. Når biologisk nedbrytning av utslippsmaterialet inkluderes reduseres utstrekningen til ca. 710 m i retning vest – øst, og 430 m i retning nord – sør. I dette tilfellet er størrelsen på AZE 0.25 km^2.

Utstrekningen av påvirkningsområdet samsvarer med strømforholdene ved Innerbrokløysa, med strøm hovedsakelig i retning mot vest i overflaten, mot vest – øst i det dypere dyp , og mot øst ved bunnen (se kapittel 8). I tillegg er det spredning mot dypere områder øst for anlegget. Spredningsmodellen er basert på fôringsdata fra kunde, og resultatene viser størst spredning ved store utslippsmengder.

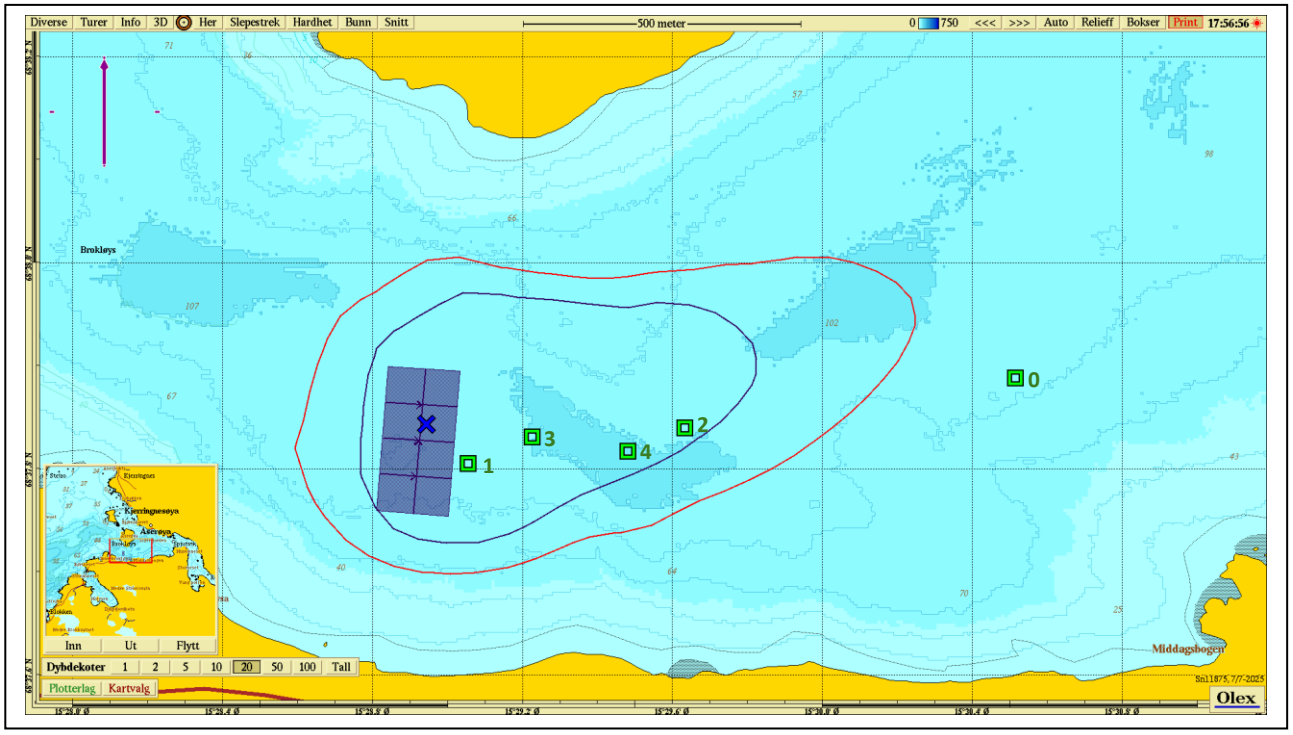


Figur 5.1: AZE uten biologisk nedbrytning (venstre) og AZE med biologisk nedbrytning (høyre) av utslippsmaterialet ved Innerbrokløysa. De sorte prikkene viser plassering av merdene i sjøanlegget.

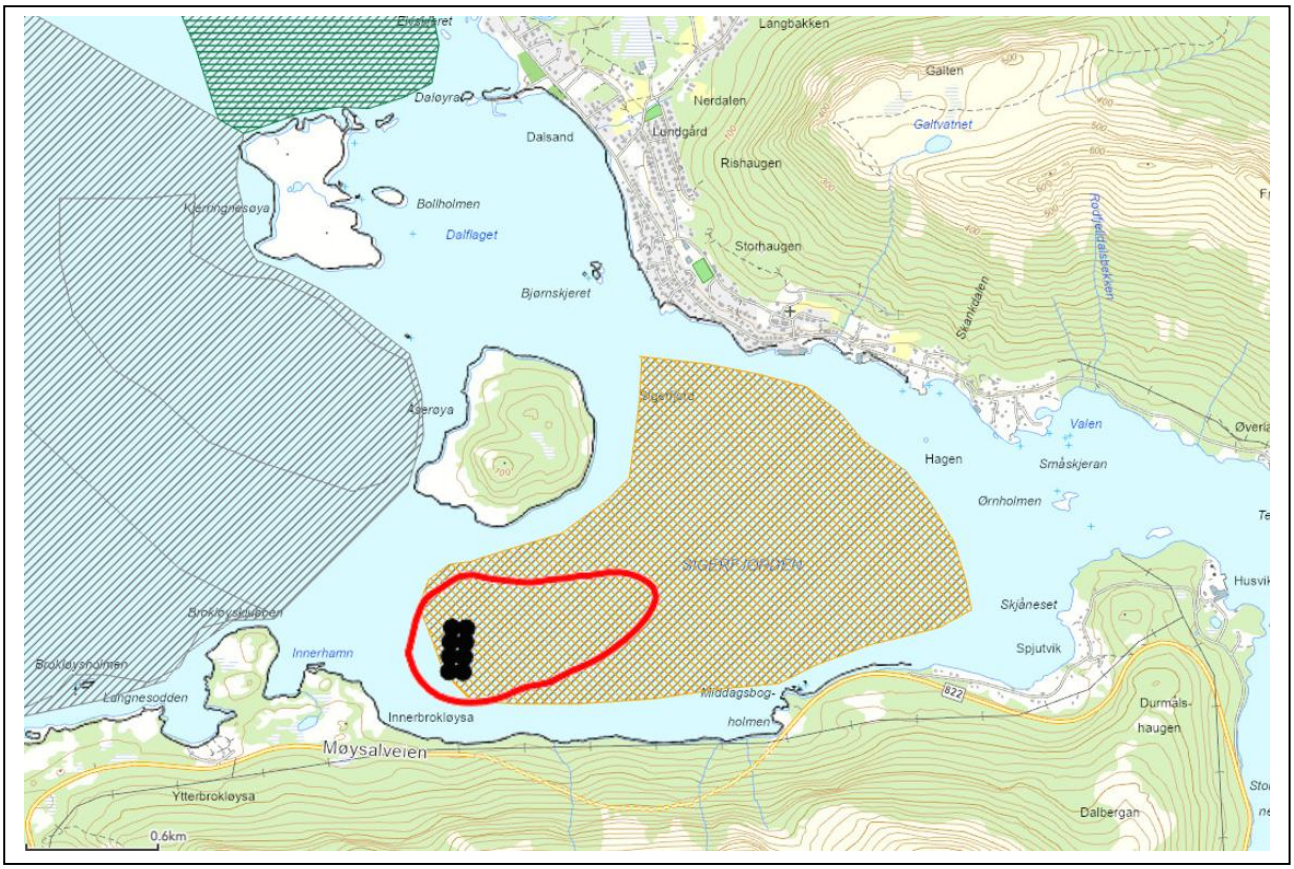
5.2 AZE og omliggende områder

Figur 5.2 viser Olex-kart med inntegnet AZE uten biologisk nedbrytning i rødt, og AZE beregnet med biologisk nedbrytning av utslippsmaterialet i svart. Dette viser utbredelsen av sonen relativt til anlegget. Posisjonene for sedimentsprøver 1 - 4 ligger innenfor AZE med og uten biologisk nedbrytning, mens referansestasjonen (0) ligger utenfor begge AZE-områdene (Figur 5.2). Merk at tilstandsklassen for stasjon 1 – 4 er «Dårlig», og for stasjon 4 er den «Svært dårlig» (Akvaplan-niva AS 2022b).

AZE for Innerbrokløysa er innenfor soner markert som fiskeplasser for passive redskaper, gyteområder for alle arter og gyteområder for torsk i Fiskeridirektoratets kartverktøy for kystnære fiskeridata (Figur 5.3).



Figur 5.2: Olex-kart med inntegnet AZE beregnet uten biologisk nedbrytning markert med rød kontur og AZE beregnet med biologisk nedbrytning med svart kontur (grenseverdi 330 g/m^2/år). Posisjonene for strømmålingene er vist med blått kryss (Akvaplan-niva 2020). Posisjonene for sedimentsprøver i C-undersøkelse er vist med grønne firkanter (Akvaplan-niva AS 2022b), tallene representerer stasjonsnummer og 0 er referansestasjon. Den tynne kompasspila øverst i venstre hjørne indikerer kartets orientering. Dybden er vist med blå konturer. Kartdatum: WGS84.



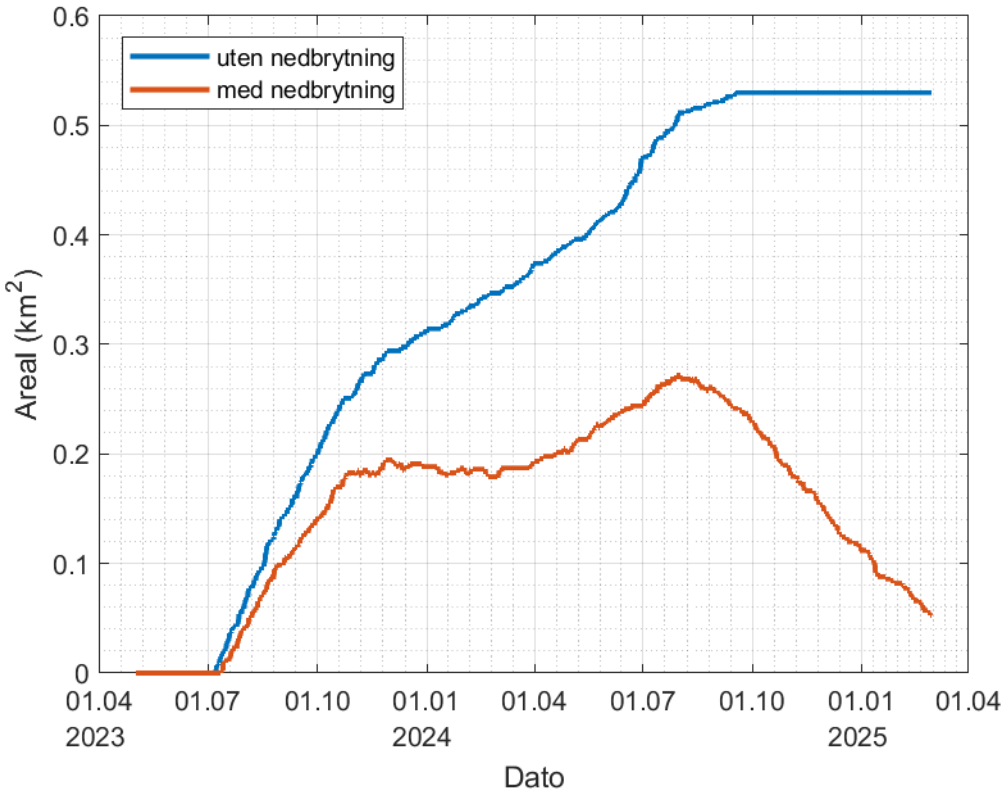
Figur 5.3: Den røde konturen markerer største utbredelse av AZE fra modelleringen uten biologisk nedbrytning (330 g/m^2/år). Grå striper viser fiskeplasser for passive redskaper. Gule striper viser gyteområder for torsk. Brune striper viser gyteområder for alle arter. Merk at de brune, gule og deler av de grå stripene overlapper hverandre. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

5.3 Akkumulert utslipp

5.3.1 Tidsutvikling akkumulert utslipp

Utviklingen av arealet med en tetthet av utslippsmateriale på over 330 g/m^2 er vist i Figur 5.4. I modellering uten biologisk nedbrytning (blå linje i Figur 5.4) overstiger sedimenteringen grenseverdien 330 g/m^2 den 7. juli 2023. I løpet av produksjonsperioden bygger arealet seg opp til 0.53 km^2. Arealet øker raskt ved stor fôringsmengde. Den simulerte brakkleggingen er vist med konstant areal mot slutten av modelleringsperioden.

I modelleringen med biologisk nedbrytning (oransje linje Figur 5.4) overstiger sedimenteringen grenseverdien 330 g/m^2 den 12. juli 2023. Størrelsen av arealet over grenseverdien øker frem til august 2024. Maksimalt areal (0.27 km^2) inntreffer etter en periode med maksimal fôring i mai-juli 2024. Redusert fôring og deretter brakklegging, sammen med biologisk nedbrytning, gjør at arealet med sedimentering over grenseverdien avtar til 0.05 km^2 ved slutten av brakkleggingsperioden.



Figur 5.4: Arealet av akkumulert utslipp på mer enn 330 g/m^2 gjennom modelleringsperioden for sjøanlegget Innerbrokløysa, med (oransje linje) og uten (blå linje) biologisk nedbrytning.

5.3.2 Totalt akkumulert utslipp

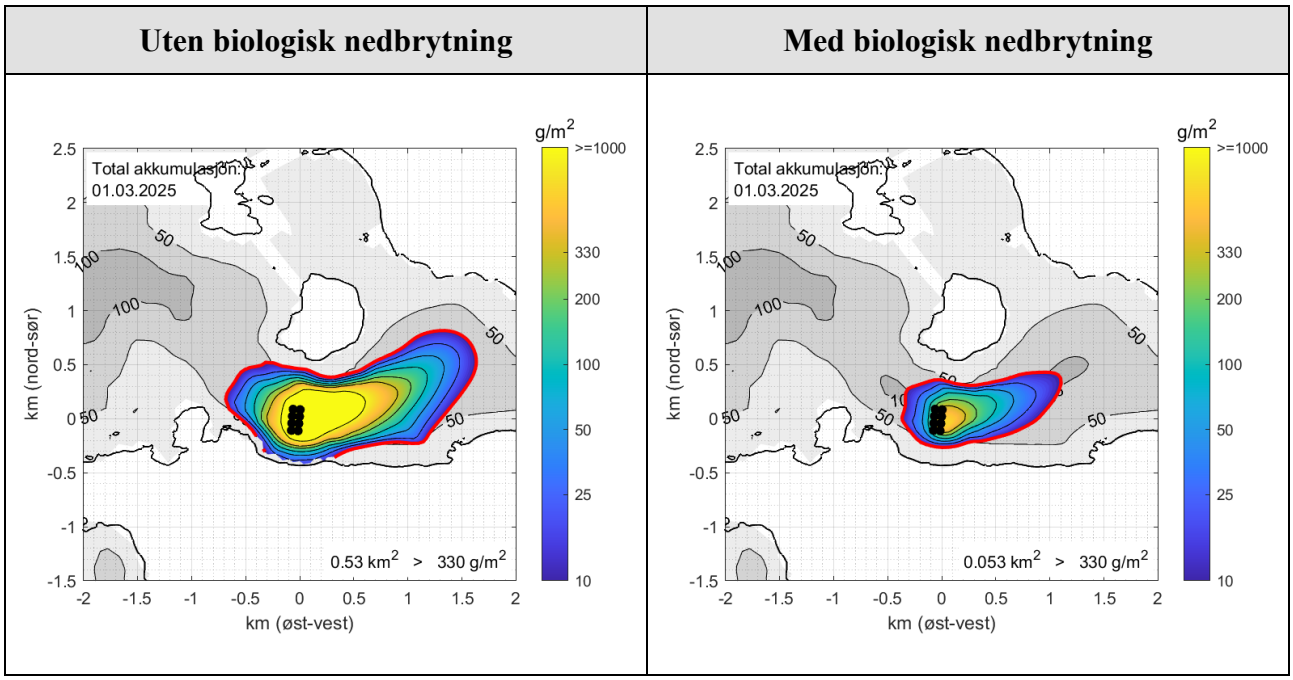
Det totale akkumulerte utslippet ved slutten av modelleringsperioden inkludert brakklegging er vist i Figur 5.5. Området med sedimentering over grenseverdien 330 g/m^2 er gitt med mørk gul, mens overgangssonen er vist med grønn- og blåfarger.

Spredningen ut fra anlegget i simuleringen uten biologisk nedbryting skjer i alle retninger, med størst spredning mot vest/nordvest og mot øst/nordøst for sjøanlegget. Lengden på påvirkningsområdet (> 10 g/m^2) er rundt 2.4 km i retningen vest – øst og rundt 0.9 km i retningen nord – sør i simuleringen uten biologisk nedbrytning (Figur 5.5). Utbredelsen i nord og sør er begrenset av landet og bunntopografien i området.

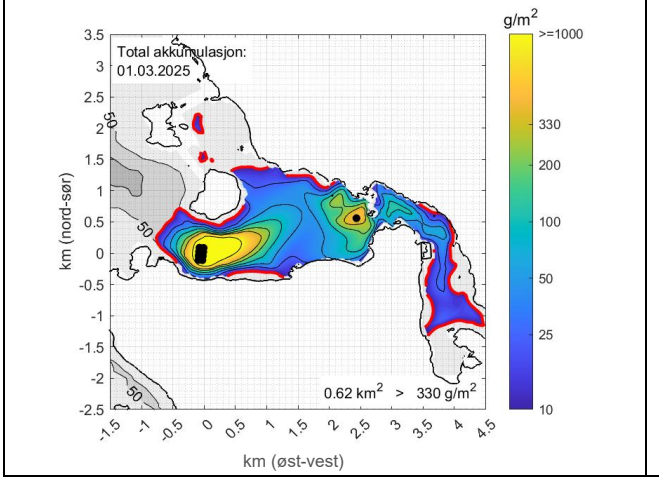
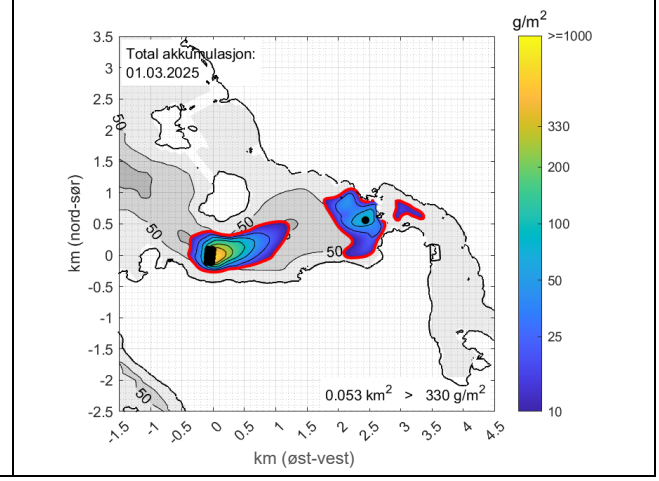
Når biologisk nedbrytning inkluderes i simuleringen reduseres påvirkningsområdet. Utstrekningen etter brakkleggingsperioden er da 1.5 km i retningen vest – øst og omkring 0.6 km i retningen nord – sør (Figur 5.5).

I begge tilfeller er mengde partikulært utslipp < 10 g/m^2 under utslippspunktet til Husvikneset, som ligger 2.5 km nordøst for sjøanlegget. Det er noe overlapping i midt Sigerfjorden for de påvirkningsområder for Innerbrokløysa og Husvikneset i simuleringen uten biologisk nedbryting (Figur 4.2 og Figur 5.5), og det totale akkumulerte utslippet fra både Husvikneset og Innerbrokløysa ved slutten av modelleringsperioden inkludert brakklegging er vist i Figur 5.6. Området med sedimentering over grenseverdien 330 g/m^2 er gitt med mørk gul, mens overgangssonen er vist med grønn- og blåfarger.

Spredningsmønsteret følger strømforholdene (se kapittel 8) og bunntopografien i området.



Figur 5.5: Totalt akkumulert utslipp ved lokaliteten i løpet av simuleringsperioden for Innerbrokløysa. Figuren til venstre viser simulering uten biologisk nedbrytning av utslippsmaterialet, og figuren til høyre viser simulering med biologisk nedbrytning av utslippsmaterialet. Merk her at tidsperioden for akkumulering er hele utslippsperioden (inkludert brakklegging).

Uten biologisk nedbrytning	Med biologisk nedbrytning
	

Figur 5.6: Totalt akkumulert utslipp ved både Innerbrokløysa og Husvikneset i løpet av simuleringsperioden. Figuren til venstre viser simulering uten biologisk nedbrytning av utslippsmaterialet, og figuren til høyre viser simulering med biologisk nedbrytning av utslippsmaterialet. Merk her at tidsperioden for akkumulering er hele utslippsperioden (inkludert brakklegging).

6. Konklusjon

6.1 Partikulært utslipp fra Husvikneset

Simuleringen viser at det er størst sedimentering av utslippsmateriale rett under anlegget og at det videre ut fra utslipp hovedsakelig er spredning rundt utslippspunktet. Avsetningen fra utslipp til Husvikneset overstiger ikke grenseverdien for AZE (330 g/m^2/år). I dette tilfellet er størrelsen på AZE til Husvikneset 0 km^2.

Lengden på påvirkningsområdet (> 10 g/m^2) er rundt 6.2 km i retningen vest – øst og rundt 3.3 km i retningen retning nord – sør i simuleringen uten biologisk nedbrytning. Når biologisk nedbrytning inkluderes i simuleringen reduseres påvirkningsområdet. Utstrekningen etter brakkleggingsperioden er da rundt 2.1 km i retning vest – øst og omkring 1.5 km i retning nord – sør.

Mengde partikulært utslipp fra Innerbrokløysa < 10 g/m^2 under utslippspunktet til Husvikneset.

Modellresultatene er basert på den planlagte utslippsraten og egenskapene, og i vurderingen av resultatene bør det tas hensyn til en eventuell endring i utslippsmengde.

6.2 Partikulært utslipp fra Innerbrokløysa

Simuleringen viser at det er størst sedimentering av utslippsmateriale rett under anlegget og at det videre ut fra anlegget hovedsakelig er spredning mot vest/nordvest og mot øst/nordøst for sjøanlegget. AZE er omkring 1100 m lang i anleggets retning (vest – øst) og omkring 570 m bred på det bredeste (nord – sør) i modelleringen uten biologisk nedbrytning. Arealet av AZE er da 0.48 km^2. I simuleringen med biologisk nedbrytning av utslippsmaterialet reduseres utstrekningen av AZE til omkring 710 m i retning vest– øst, og 430 m i retning nord – sør. I dette tilfellet er størrelsen på AZE 0.25 km^2.

Lengden på påvirkningsområdet (> 10 g/m^2) er rundt 2.4 km i retningen vest – øst og rundt 0.9 km i retningen retning nord – sør i simuleringen uten biologisk nedbrytning. Når biologisk nedbrytning inkluderes i simuleringen reduseres påvirkningsområdet. Utstrekningen etter brakkleggingsperioden er da rundt 1.5 km i retning vest – øst og omkring 0.6 km i retning nord – sør.

Mengde partikulært utslipp fra Innerbrokløysa er < 10 g/m^2 under utslippspunktet til Husvikneset, som ligger 2.5 km nordøst for sjøanlegget.

AZE for Innerbrokløysa er innenfor soner markert som fiskeplasser for passive redskaper, gyteområder for alle arter og gyteområder for torsk i Fiskeridirektoratets kartverktøy for kystnære fiskeridata.

6.3 Partikulært utslipp fra både Husvikneset og Innerbrokløysa

Det er noe overlapping i midt Sigerfjorden for de påvirkningsområder for Innerbrokløysa og Husvikneset i simuleringen uten biologisk nedbryting, men igen overlapping i simuleringen med biologisk nedbryting.

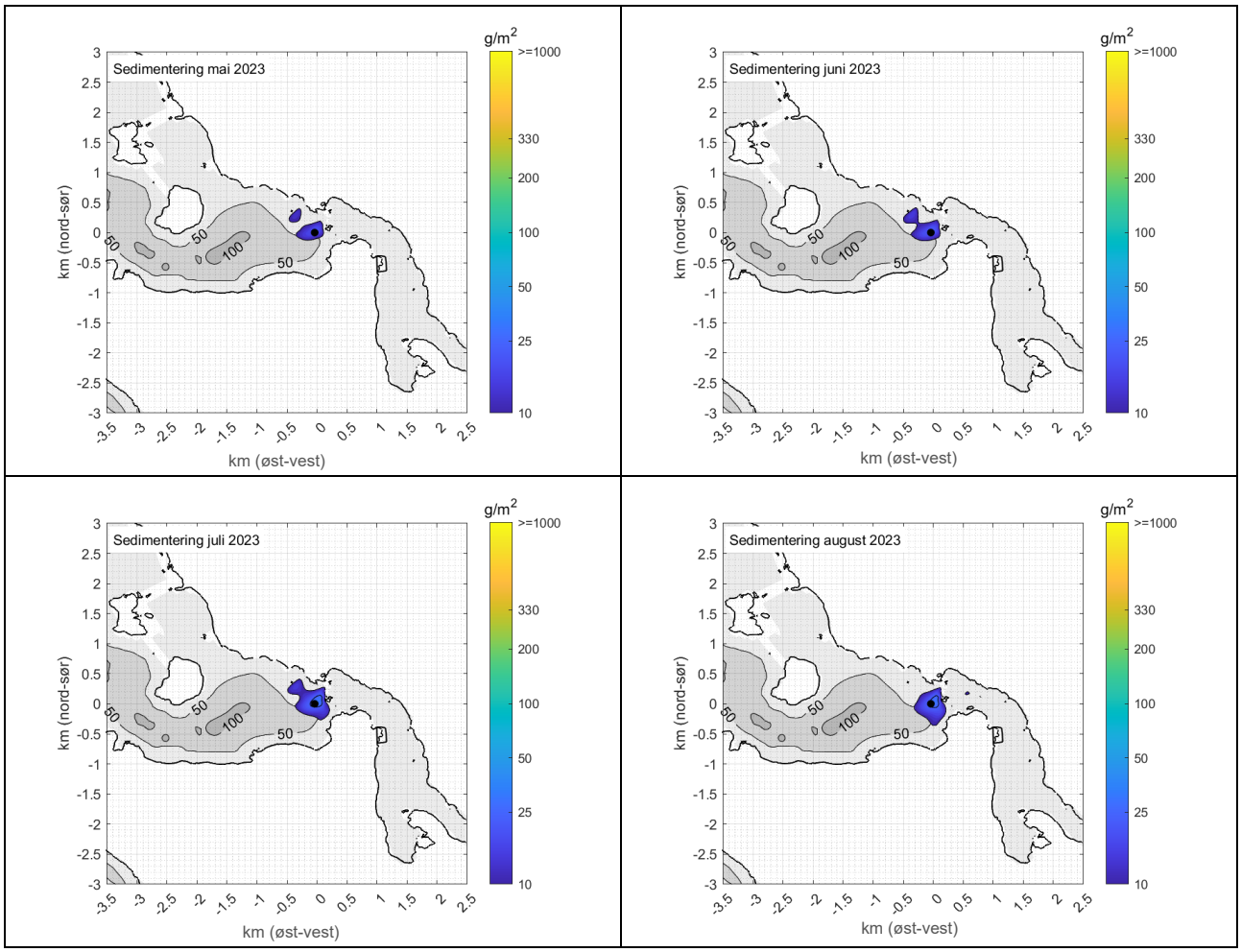
Modellresultatene er basert på fôringsmengde fra en generasjon, og i vurderingen av resultatene bør det tas hensyn til en eventuell endring i biomasse og utslippsmengde.

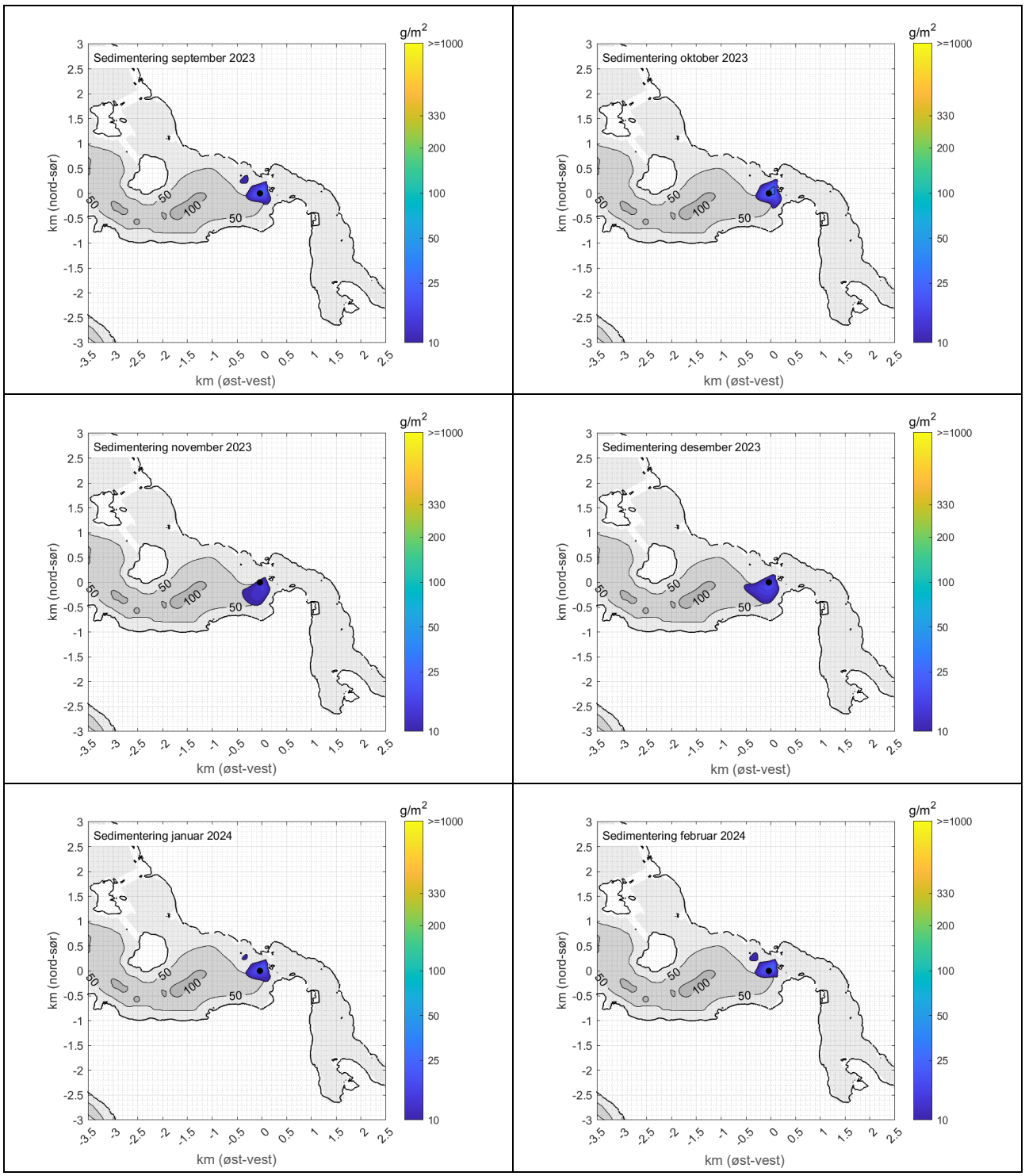
7. Vedlegg - Månedlig sedimentering

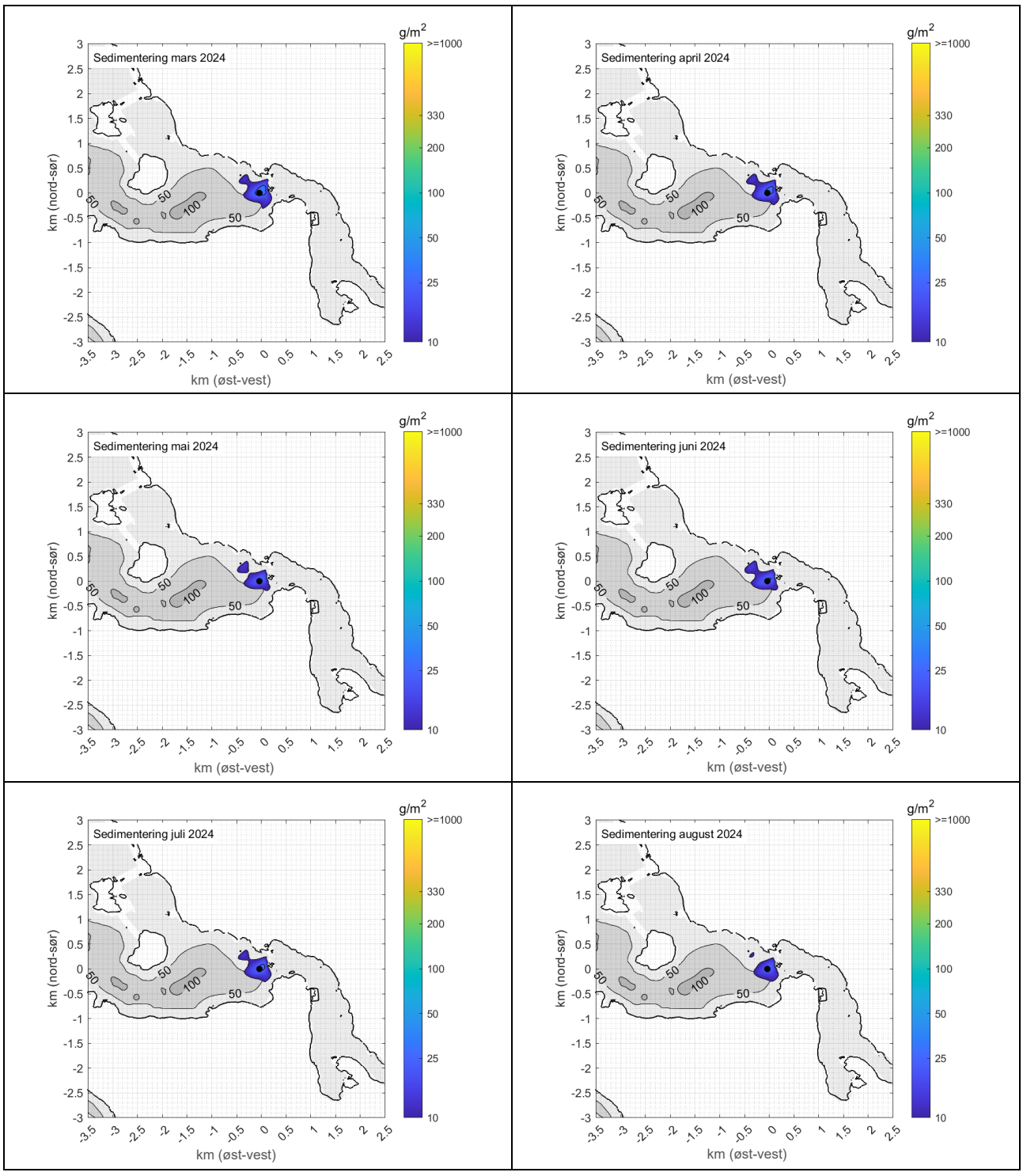
7.1 Månedlig sedimentering fra Husvikneset

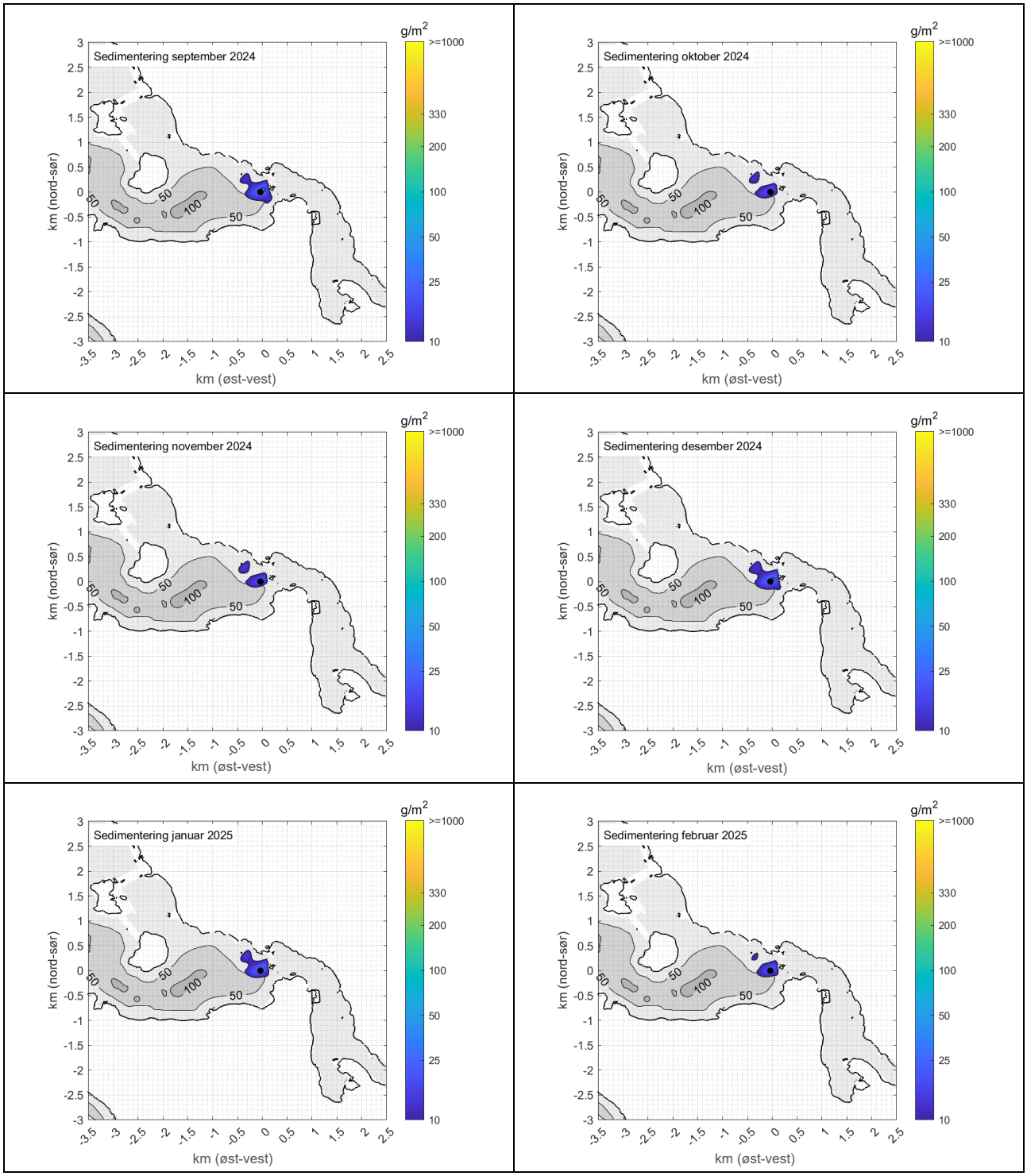
Sedimenteringen av utslippsmateriale ved lokaliteten avhenger både av fôrforbruk (se Figur 3.2) og strømforhold (se kapittel 8). Dette gir ulik utbredelse av utslippene fra måned til måned gjennom produksjonsperioden (Figur 7.1). Ytterste kontur viser 10 g/m^2 i løpet av en måned. Merk at Figur 7.1 viser sedimentering uten biologisk nedbrytning av utslippsmaterialet.

Det meste av sedimenteringen foregår rundt utslippspunktet. De månedlige sedimentasjonsdataene viser at spredningsmønsteret varierer mellom månedene. Modellering over hele produksjonsperioden vil fange opp dette.




Sedimentering september 2023
Sedimentering oktober 2023
Sedimentering november 2023
Sedimentering desember 2023
Sedimentering januar 2024
Sedimentering februar 2024
g/m2
>=1000
330
200
100
50
25
10
km (nord-sør)
km (øst-vest)


Sedimentering mars 2024
Sedimentering april 2024
Sedimentering mai 2024
Sedimentering juni 2024
Sedimentering juli 2024
Sedimentering august 2024
g/m2
>=1000
330
200
100
50
25
10
km (nord-sør)
km (øst-vest)

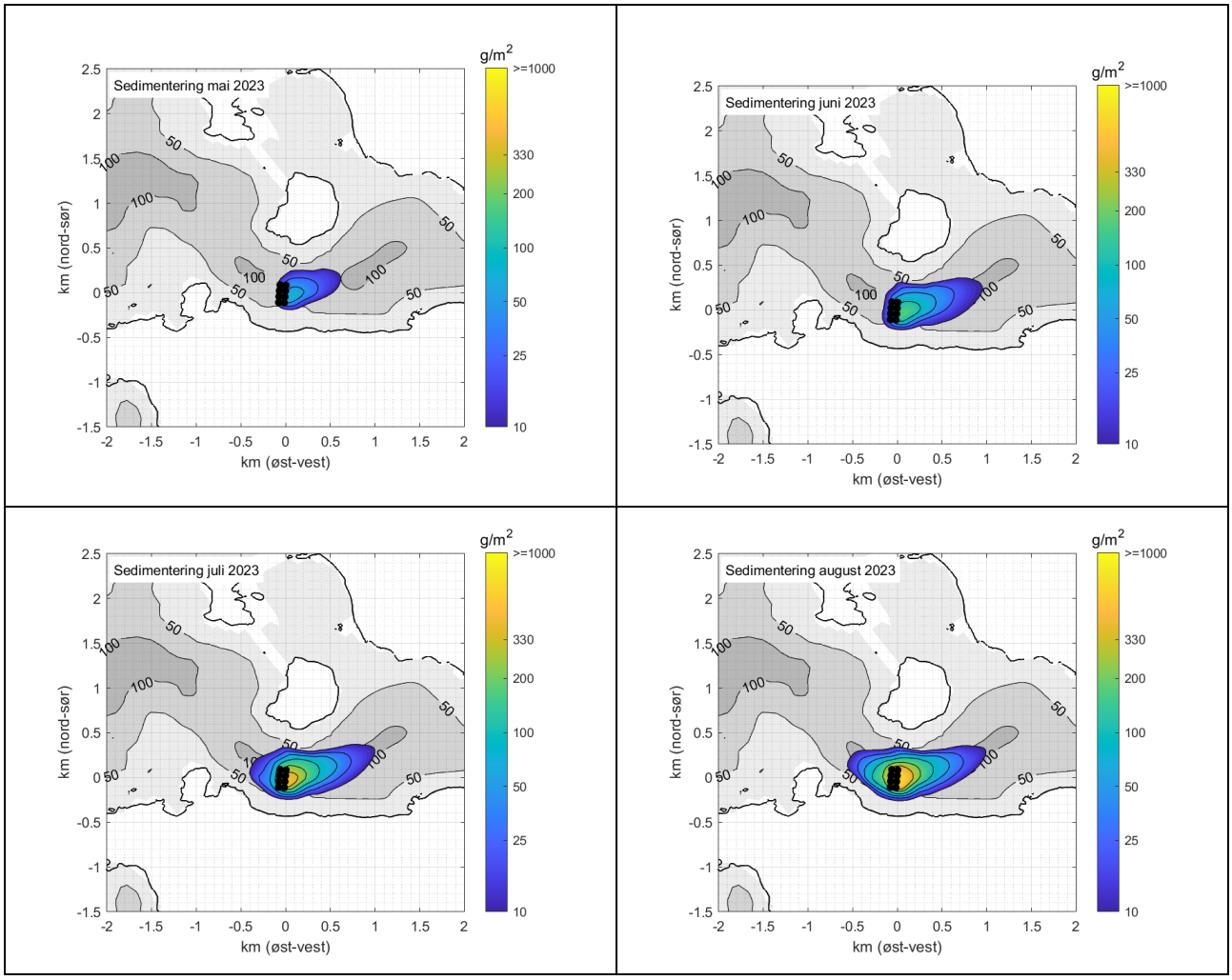


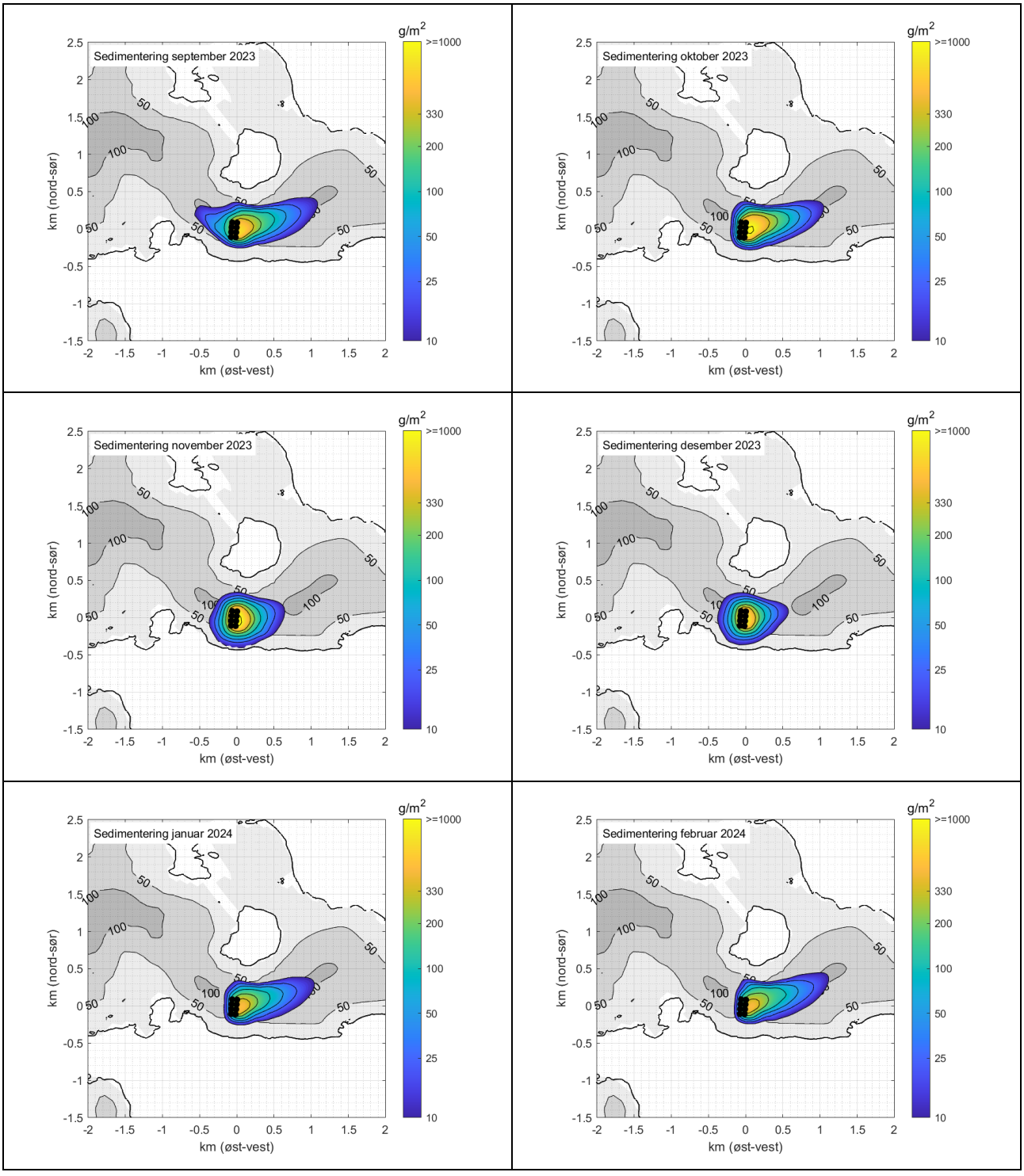
Figur 7.1: Månedlig sedimentering av utslippsmateriale uten biologisk nedbrytning ved utslippspunktet til Husvikneset. Den svarte prikken viser plassering av utslippspunktet.

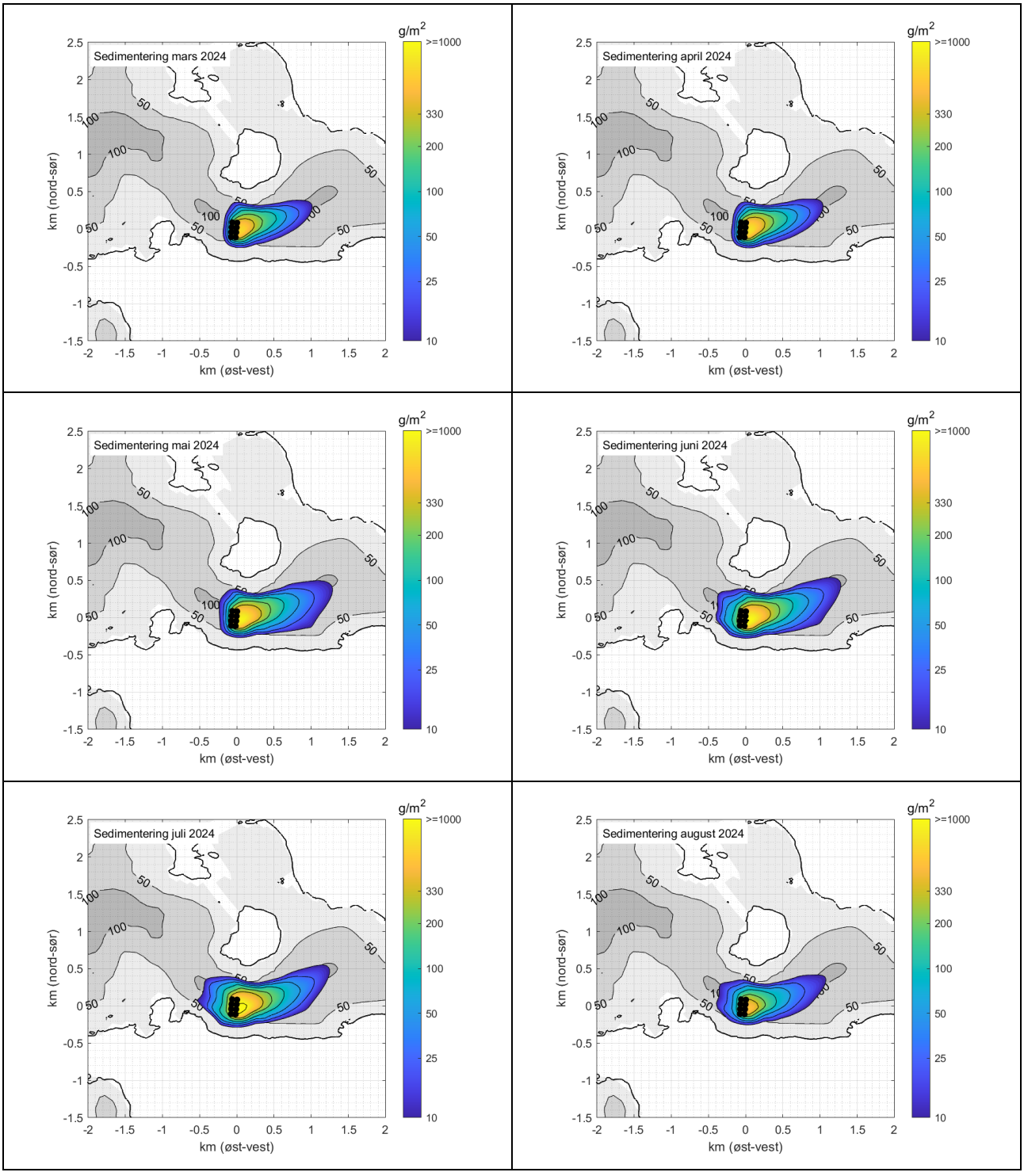
7.2 Månedlig sedimentering fra Innerbrokløysa

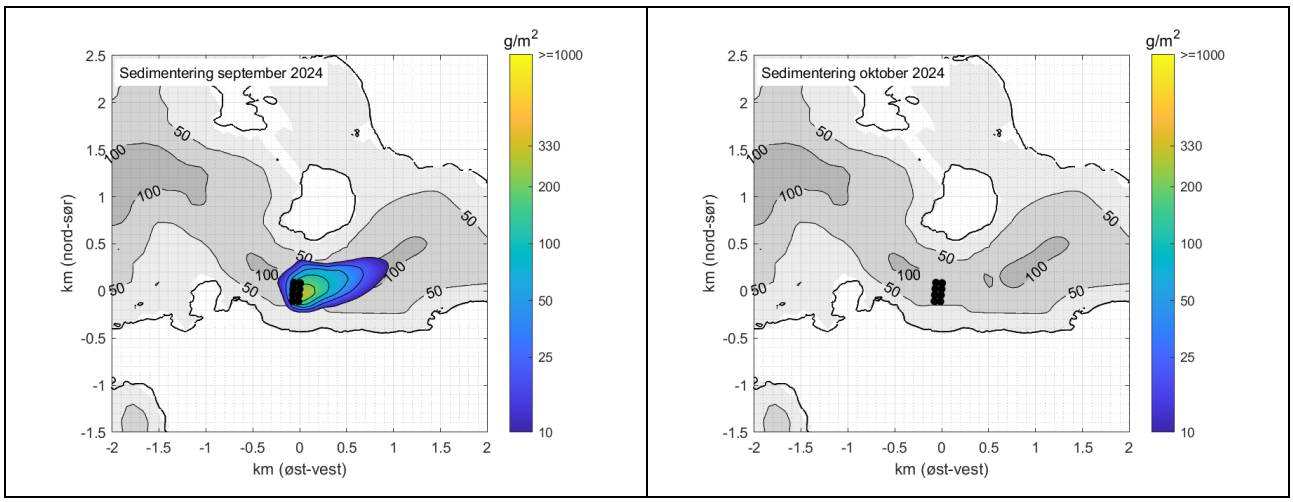
Sedimenteringen av utslippsmateriale ved lokaliteten avhenger både av fôrforbruk (se Figur 3.2) og strømforhold (se kapittel 8). Dette gir ulik utbredelse av utslippene fra måned til måned gjennom produksjonsperioden (Figur 7.2). Ytterste kontur er på 10 g/m^2 og viser utbredelsen av utslippet i løpet av en måned. Konturen på 1000 g/m^2 avgrenser området med størst belastning. Gjennom et år vil utslippet akkumuleres, og etter hvert overskride grenseverdien til AZE. Merk at Figur 7.2 viser sedimentering uten biologisk nedbrytning av utslippsmaterialet.

Den største belastningen på bunnen sammenfaller med perioden med størst utfôring (mai, juni og juli 2024). Det meste av sedimenteringen foregår i retning vest – øst, og er begrenset til det dypere området i retningen nord – sør. Den månedlige sedimenteringen viser at spredningsmønsteret varierer med fôrforbruket. Strømvariasjon som følge av påvirkning fra sterk og/eller vedvarende vind er også forventet å påvirke spredningen fra anlegget, selv om tidevannets strømmønster langs bunnkonturene dominerer retningen utslippet spres i. Modellering over hele produksjonsperioden vil fange opp dette.




Sedimentering september 2023
Sedimentering oktober 2023
Sedimentering november 2023
Sedimentering desember 2023
Sedimentering januar 2024
Sedimentering februar 2024
g/m2
>=1000
330
200
100
50
25
10
km (nord-sør)
km (øst-vest)


Sedimentering mars 2024
Sedimentering april 2024
Sedimentering mai 2024
Sedimentering juni 2024
Sedimentering juli 2024
Sedimentering august 2024
g/m2
>=1000
330
200
100
50
25
10
km (nord-sør)
km (øst-vest)



Figur 7.2: Månedlig sedimentering av utslippsmateriale uten biologisk nedbrytning ved sjøanlegget Innerbrokløysa. De svarte prikkene viser plassering av merdene. Merk at perioden etter oktober 2024 ikke er med, da dette er en brakkleggingsperiode uten utslipp.

8. Vedlegg - Resultater fra strømmodellering

8.1 Strømresultater ved utslippspunktet

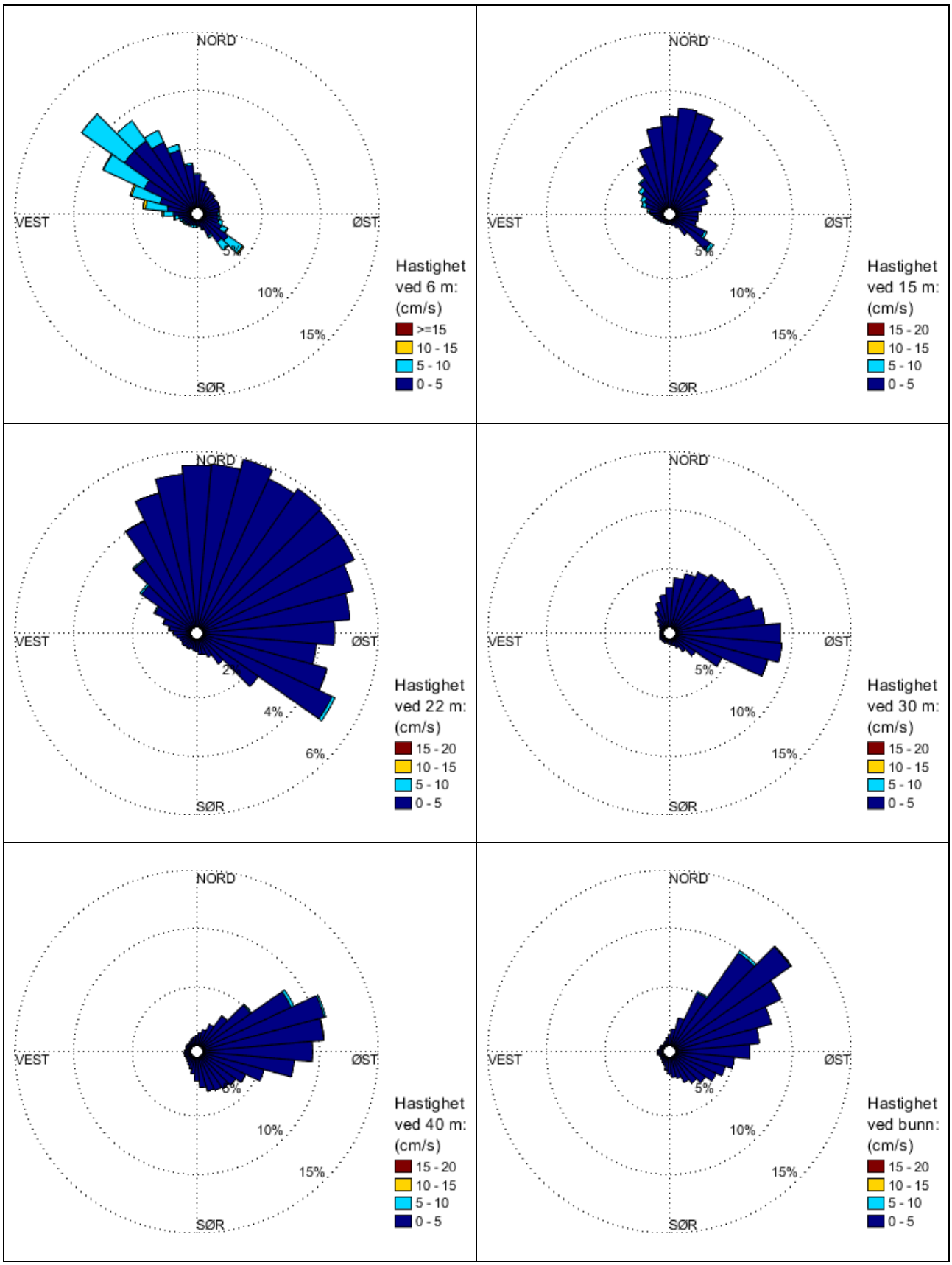
Tabell 8.1 viser modellerte strømdata fra utslippspunktet markert med rødt flagg i Figur 2.2 gjennom hele simuleringsperioden. Gjennomsnittshastigheten er 3.5 cm/s på 6 m dyp, og den signifikante makshastigheten er 6.1 cm/s. Strømhastigheten minker med dyp til 1.2 cm/s på 30 m, og deretter øker mot bunn hvor gjennomsnittshastighet er på 1.7 cm/s.

Strømrosene viser at den dominerende retningen er mot nordvest ved overflaten og retningen dreier med klokken mot øst med økende dybde (Figur 8.1). Ved bunn går strømmen hovedsakelig mot øst/nordøst (Figur 8.1).

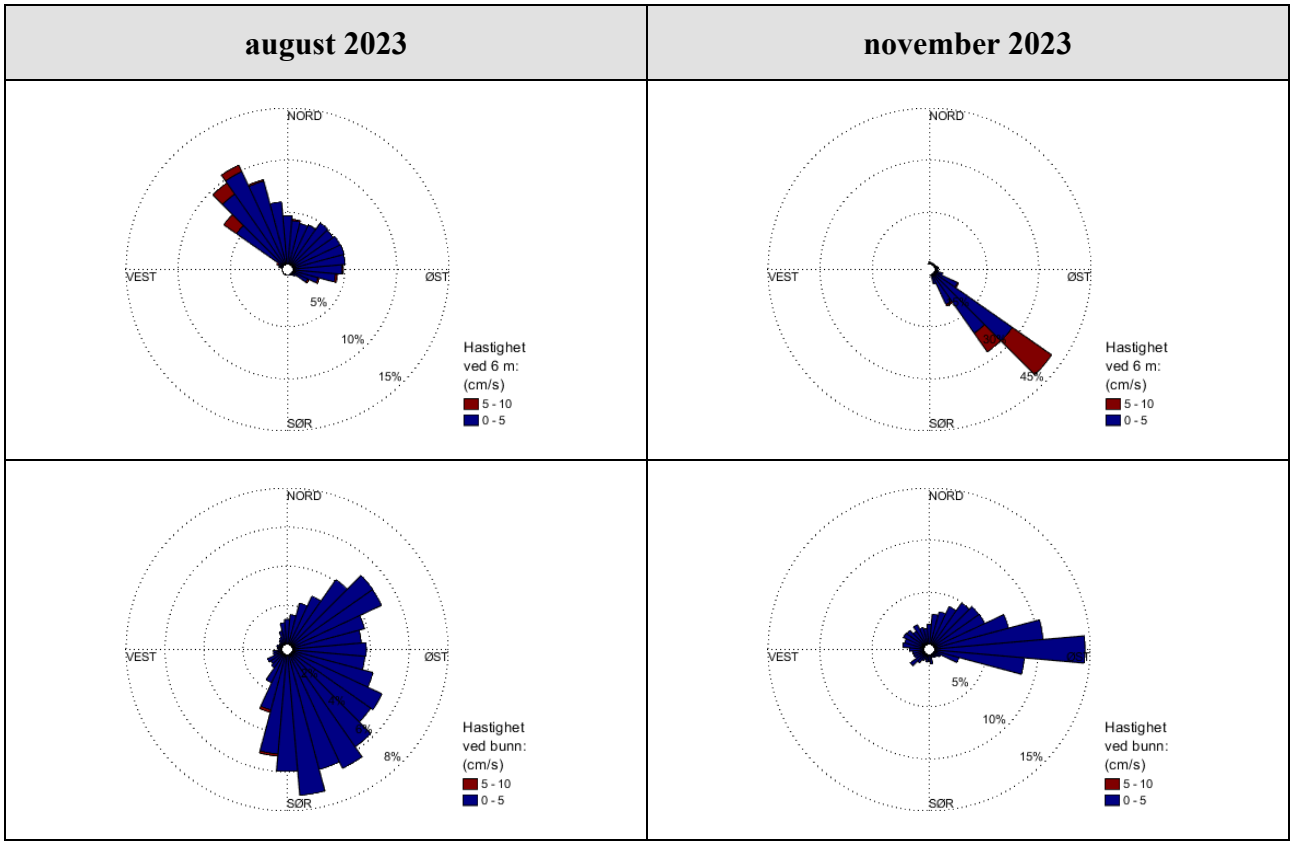
Styrken og retningen på strømmen varierer gjennom simuleringsperioden. En sammenligning mellom modellert strøm i august og november 2023 ved to ulike dyp viser at både styrke og retning kan variere mellom ulike tidsperioder (Figur 8.2). Slike endringer gjennom året illustrerer dynamikken i systemet, og modellering gjennom hele produksjonsperioden fanger opp den resulterende påvirkningen på spredningen.

Tabell 8.1: Strømresultater fra simuleringer ved utslippspunktet for perioden 01.05.2023–28.02.2025.

Dyp (m)	6	15	22	30	40	48
Gjennomsnitt (cm/s)	3.5	2.0	1.4	1.2	1.7	1.7
Sign. maks (cm/s)	6.1	3.2	2.3	2.0	2.9	2.8
Sign. min (cm/s)	1.3	0.9	0.6	0.6	0.7	0.8
Std.avvik (cm/s)	2.2	1.2	0.9	0.7	1.0	0.9
% < 1 cm/s	9.3	17.0	37.9	43.7	29.7	22.4
% > 30 cm/s	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



Figur 8.1: Strømroser av simulert strøm ved P1 (punkt markert med rødt kryss i Figur 2.2) for perioden 01.05.2023 – 28.02.2025. Dyp står over hver fargeskala.



Figur 8.2: Sammenligning av strømhastighet i august og november 2023 ved 6 m (øverst rad) og nær bunnen (nederst rad). Posisjonen P1 er markert med rødt kryss i Figur 2.2.

8.2 Strømresultater ved Innerbrokløysa

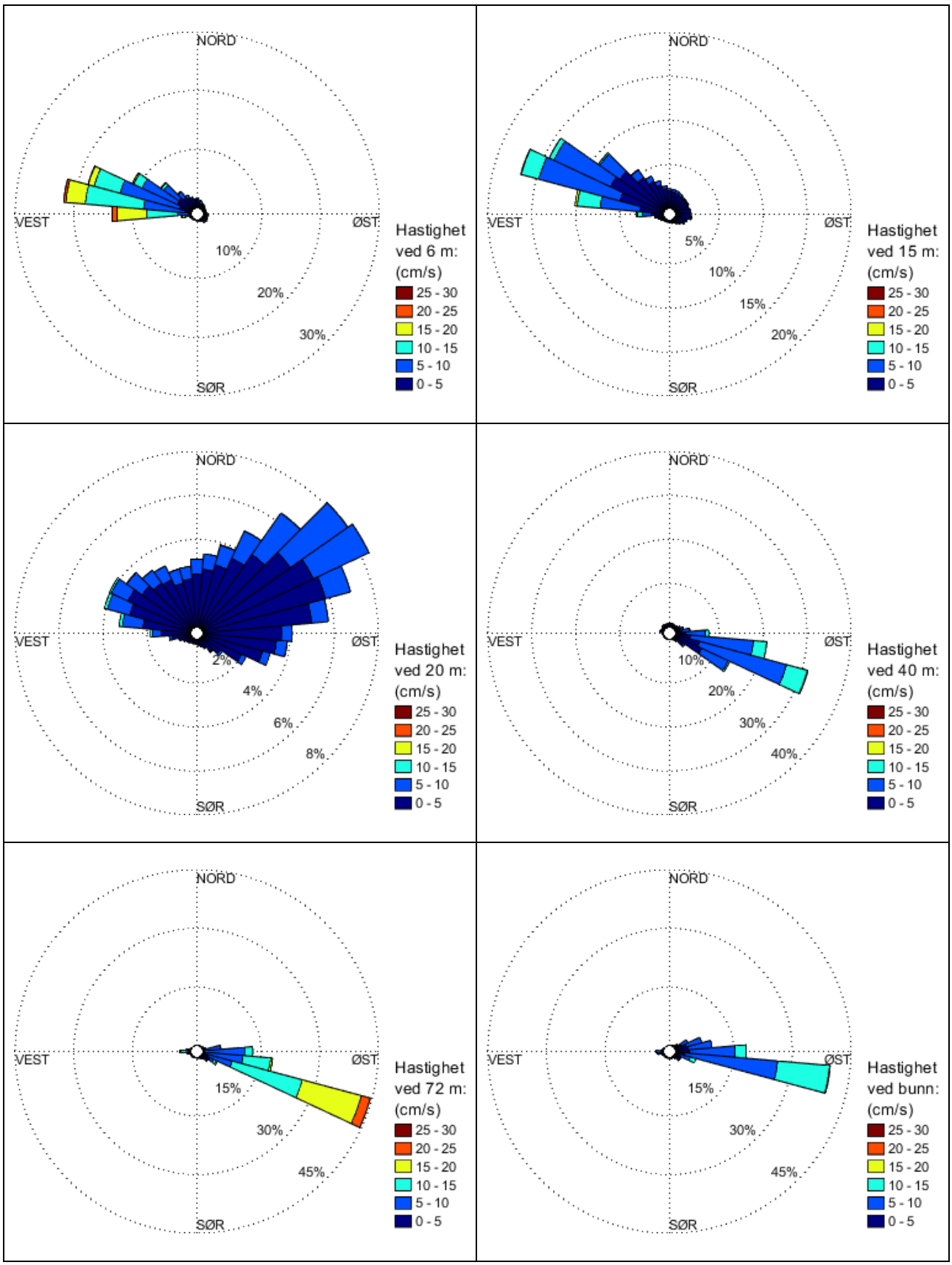
Tabell 8.2 viser modellerte strømdata fra utslippspunktet markert med blått flagg i Figur 2.2 gjennom hele simuleringsperioden. Gjennomsnittshastigheten er 8.5 cm/s på 6 m dyp, og den signifikante makshastigheten 14.3 cm/s. Strømhastigheten minker med dyp til 3.6 cm/s på 20 m, deretter øker fram til 72 m dyp med en gjennomsnittshastighet på 10.2 cm/s, og synker igjen ned mot bunn hvor gjennomsnittshastighet er på 6.9 cm/s.

Strømrosene viser at den dominerende retningen er mot nordvest ved overflaten og retningen dreier med klokken mot øst med økende dybde (Figur 8.3). Ved bunn går strømmen hovedsakelig mot øst (Figur 8.3).

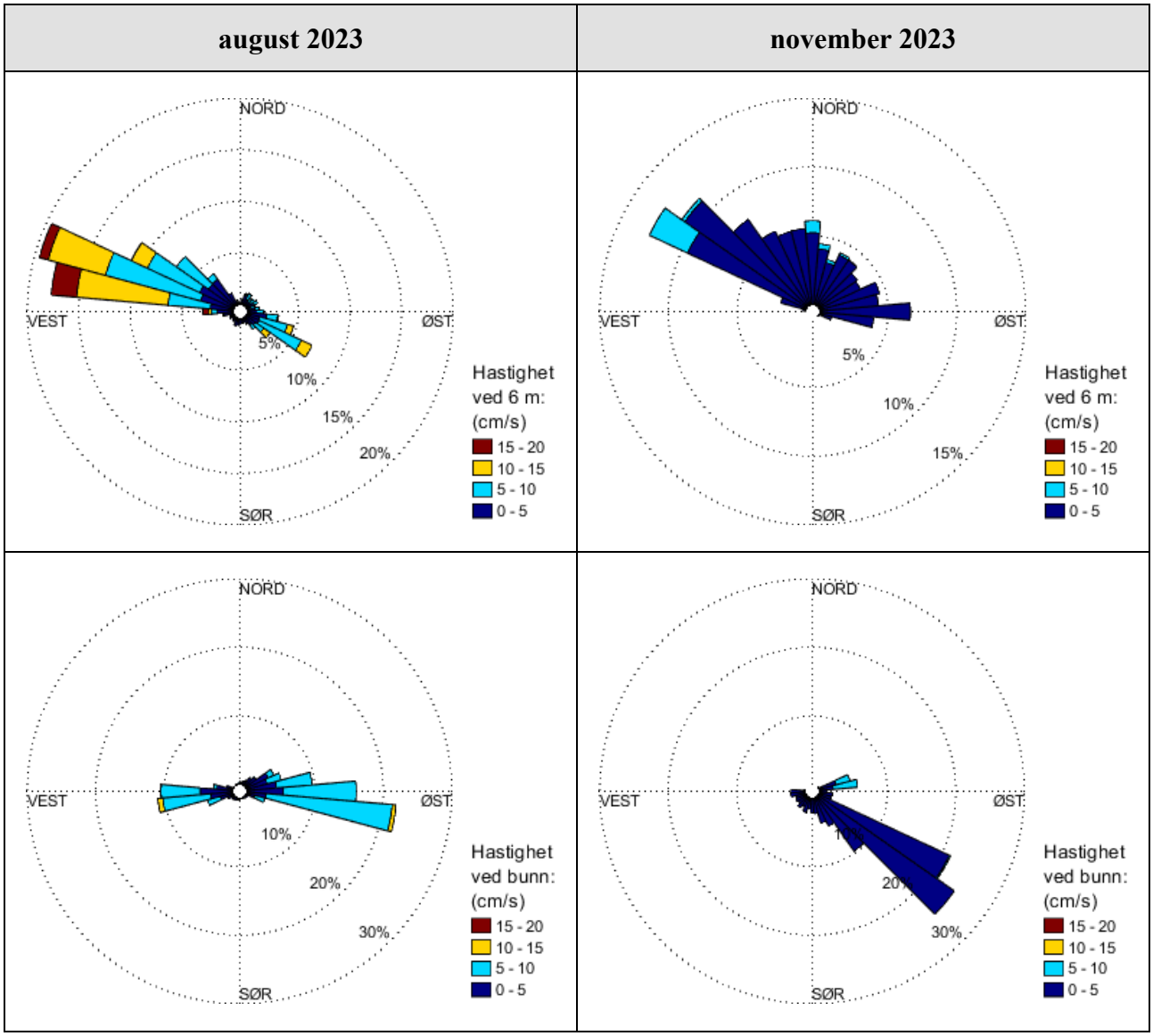
Styrken og retningen på strømmen varierer gjennom simuleringsperioden. En sammenligning mellom modellert strøm i august og november 2023 ved to ulike dyp viser at både styrke og retning kan variere mellom ulike tidsperioder (Figur 8.4). Slike endringer gjennom året illustrerer dynamikken i systemet, og modellering gjennom hele produksjonsperioden fanger opp den resulterende påvirkningen på spredningen.

Tabell 8.2: Strømresultater fra simuleringer ved Innerbrokløysa for perioden 01.05.2023–28.02.2025.

Dyp (m)	6	15	20	40	72	86 (nær bunn)
Gjennomsnitt (cm/s)	8.5	4.6	3.6	5.9	10.2	6.9
Sign. maks (cm/s)	14.3	8.2	6.0	9.3	16.0	10.5
Sign. min (cm/s)	3.3	1.6	1.4	2.5	4.6	3.6
Std.avvik (cm/s)	5.0	3.2	2.1	3.1	5.1	3.1
% < 1 cm/s	2.5	7.1	9.0	5.4	2.8	2.6
% > 30 cm/s	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



Figur 8.3: Strømroser av simulert strøm ved P2 (punkt markert med blått kryss i Figur 2.2) for perioden 01.05.2023 – 28.02.2025. Dyp står over hver fargeskala.



Figur 8.4: Sammenligning av strømhastighet i august og november 2023 ved 6 m (øverst rad) og nær bunnen (nederst rad). Posisjonen P2 er markert med blått kryss i Figur 2.2.

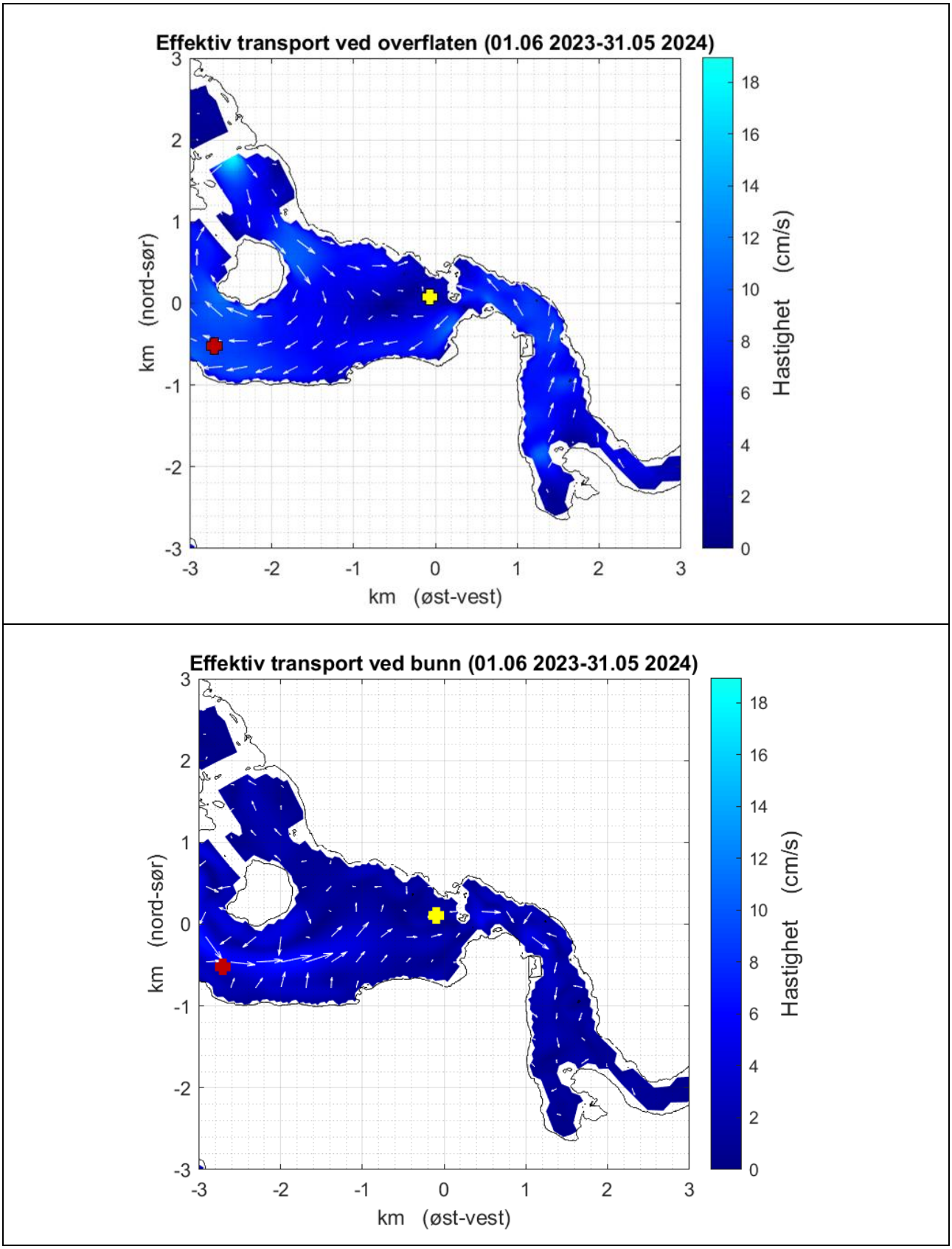
8.3 Simulert strøm i området i Sigerfjorden

Det er registrert strøm i hele det modellerte området for hver sjette time i simuleringsperioden. Ut fra dette er den effektive transporthastigheten beregnet. Effektiv transporthastighet er et mål på den gjennomsnittlige styrken og retningen til strømmen i hele vannsøylen gjennom måleperioden. I Figur 8.5 er effektiv transporthastighet vist ved overflaten (oppe) og ved bunnen (nede).

I overflaten er den effektive transporthastigheten rettet mot sørvest, sør for utslippspunktet markert med gult kors i Figur 8.5, mens den ved bunnen er orientert mot øst/nordøst.

I overflaten er den effektive transporthastigheten rettet mot vest ved Innerbrokløysa markert med rødt kors i Figur 8.5, mens den ved bunnen er orientert mot øst.

Den effektive transporthastigheten ved utslippspunktet til Husvikneset er generelt svakere enn den ved sjøanlegget Innerbrokløysa, både i overflaten og ved bunnen.



Figur 8.5: Effektiv transporthastighet overflaten (oppe) og ved bunnen (nede). Utslippsposisjonen er markert med gult kors. Innerbrokløysa er markert med rødt kors.

8.4 Strømresultater sammenlignet med målinger

Strømmåling er utført i én posisjon over én periode ved utslippspunktet til Husvikneset og ved Innerbrokløysa.

Strømmålingene ved utslippspunktet (P1) ble utført i periode fra 19.01.2022 til 22.02.2022 av Akvaplan-niva AS (2022a). Målingene er gjort ved 6 m, 16 m og 46 m dyp i posisjonen markert med rødt kryss i Figur 2.2. Da måleperioden ikke dekkes av simuleringsperioden, sammenlignes målingene med modellert strøm ved tilsvarende dyp og posisjon i samme periode i 2024 (Tabell 8.3 og Figur 8.6).

Den observerte gjennomsnittlige strømhastigheten øker fra 6 m (6.4 cm/s) til 16 m dyp (9.0 cm/s) og deretter avtar med dybden til 4.1 cm/s ved bunnen. Den simulerte strømhastigheten avtar jevnt med dybden med 4.2 cm/s ved 6 m til 2.1 cm/s ved 15 m, og videre til 2.0 cm/s ved bunnen (Tabell 8.3).

Strømretningen ved 6 m i observasjonene er mot nord, og i simuleringene er mot nordvest (Figur 8.6). Strømretningen for både observasjonene og simuleringene er mot nordøst på henholdsvis 16 m og 15 m. Strømretningen ved bunn i observasjonene er mot flere retninger, mens i simuleringene er mot nordøst.

Strømmålingene ved Innerbrokløysa (P2) ble utført i periode fra 12.02.2020 til 24.03.2020 av Akvaplan-niva AS (2020). Målingene er gjort ved 5 m, 15 m, 73 m og 86 m dyp i posisjonen markert med blått kryss i Figur 2.2. Da måleperioden ikke dekkes av simuleringsperioden, sammenlignes målingene med modellert strøm ved tilsvarende dyp og posisjon i samme periode i 2024 (Tabell 8.3 og Figur 8.6).

Den observerte gjennomsnittlige strømhastigheten avtar fra 5 m (4.7 cm/s) til 15 m dyp (3.7 cm/s), deretter øker til 73 m (4.6 cm/s), og deretter avtar med dybden til 5.3 cm/s ved bunnen. Den simulerte strømhastigheten følger samme trend med nedgang–økning–nedgang som observasjonene, og viser lignende strømhastigheter på 15 m (3.2 cm/s), og ved bunnen (6.2 cm/s). (Tabell 8.3). Både målingene og simuleringene viser lignende standardavvik på alle dyp, unntatt ved bunnen, hvor standardavviket i målingene er større enn i simuleringene.

Hovedstrømretningen ved 5 m dyp mot V i både observasjoner og simuleringer stemmer overens. I tillegg er det flere observasjonene registreringer mot Ø som ikke forekommer i simuleringen. (Figur 8.7). I vannsøylen mellom disse to dypene er den observerte strømsretningen ved 15 m og 73 m vest–øst, mens simuleringene viser hovedsakelig vestgående strøm ved 15 m og østgående strøm ved 73 m (Figur 8.7).

Grunner til avvik mellom målinger og modellresultater:

- Det er skrevet i strømmrapport for P1 at ‘Ved målingen på 6 meter er 18,1 % av dataene renset bort etter produsentens kriterier.’ (Akvaplan-niva AS 2022a). Rådataene viser en betydelig andel av målingene ved både 5 m og 15 m viser svært svake signaler. Lav signalstyrke kan bidra til feilmålinger.

- Simuleringene har en oppløsning på maksimalt 30 m x 35 m for både P1 og P2, og det kan være variasjoner i strømmen innenfor denne skalaen som strømmodellen ikke fanger opp. Også i tid er det variasjon i både strømhastighet og retning, så det er ikke forventet at en modell stemmer eksakt både i tid og rom.

- Sammenligningen av strømmålinger og simuleringer dekker ikke samme tidsperiode. Både værmønster og strømmen i et område kan endre seg fra år til år, og dette kan forklare noe av ulikhetene mellom strømmålingene og modellen i disse måleperiodene.

- Kompliserte bunnforhold: Bunndata er ikke i høy oppløsning; størst avvik kan forventes å opptre i måleposisjoner som er nært land, hvor det er relativt komplisert batymetri. Både P1 og P2 ligger i nærheten av land, og er plasser over en skrående bunn. En slik bunntopografi vil føre med seg variasjoner i strøm over ganske korte avstander, noe som gjør det viktig å vurdere strømmen over et område og ikke bare i et punkt.

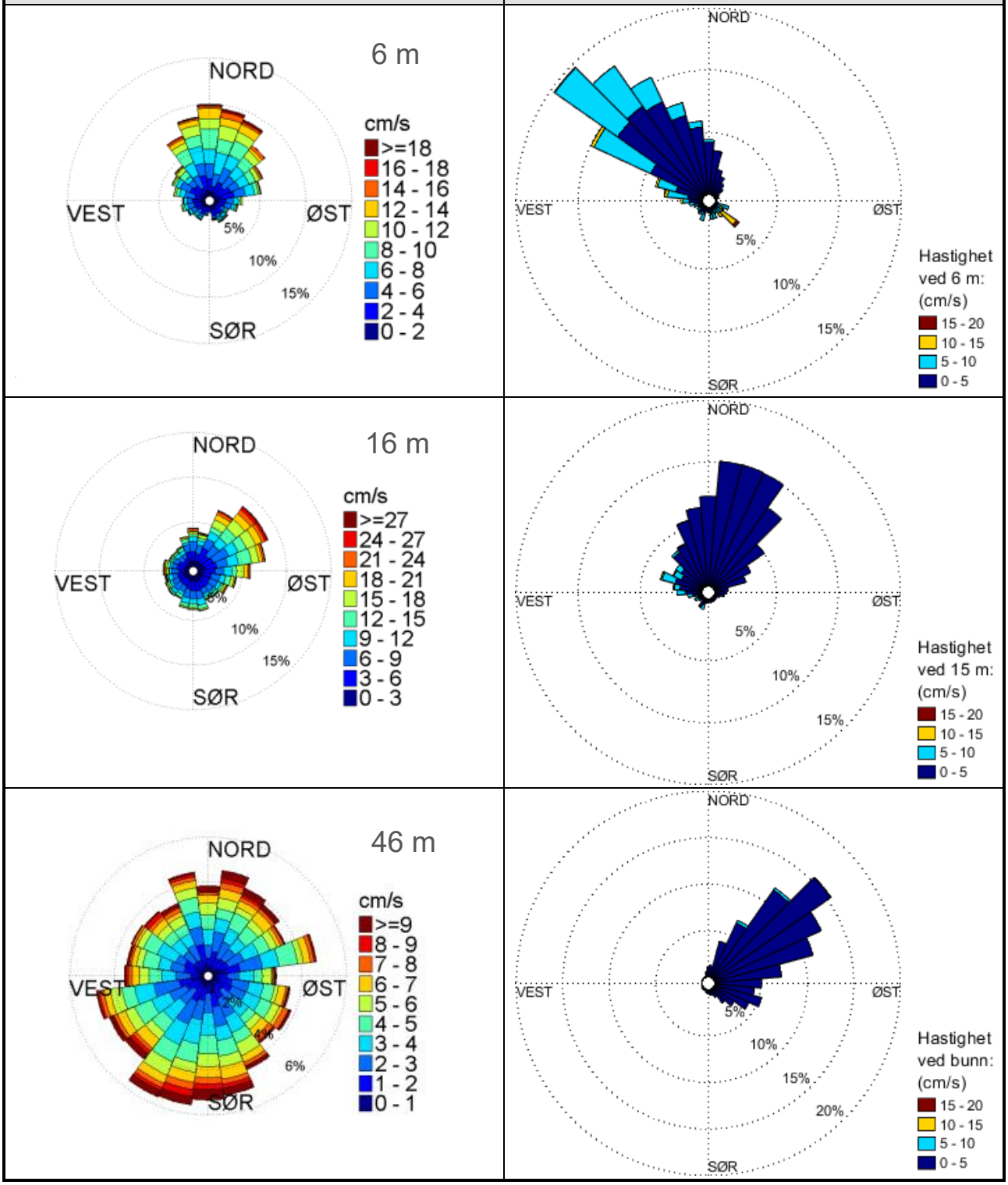
Tabell 8.3: Strømverdier fra 6 m, 16 m, og 46 m (bunndyp) fra målepunkt P1 (markert med rødt kryss i Figur 2.2), med målte verdier i kolonnene til venstre (Akvaplan-niva AS 2022a) og modellresultat for tilsvarende dyp til høyre.

	Måling			**Simulering**		
Periode	**19.01.2022 – 22.02.2022**			**19.01.2024 – 22.02.2024**		
Dyp	**6**	**16**	**46**	**6**	**15**	**48**
Gjennomsnitt (cm/s)	6.4	9.0	4.1	4.2	2.1	2.0
Signifikant max (cm/s)	10.7	15.9	6.9	7.1	3.6	3.2
Signifikant min (cm/s)	2.6	3.3	1.7	1.6	0.9	0.9
Standardavvik (cm/s)	3.8	5.8	2.6	2.7	1.5	1.0
% < 1 cm/s	2.5	1.7	6.5	6.9	16.8	18.3

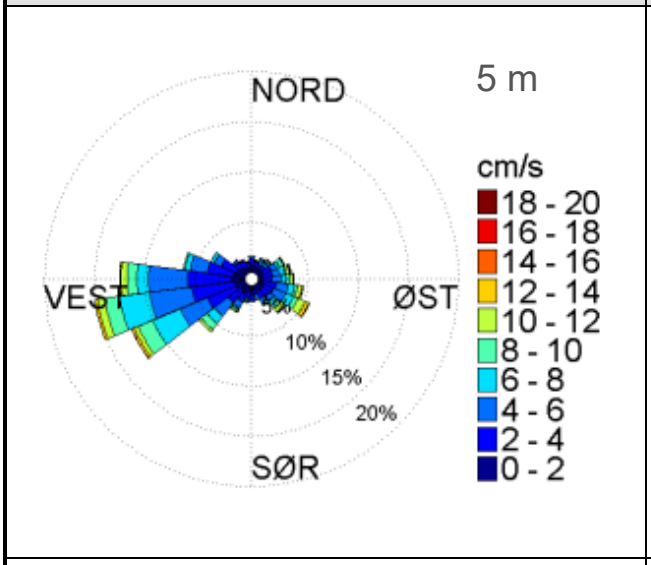
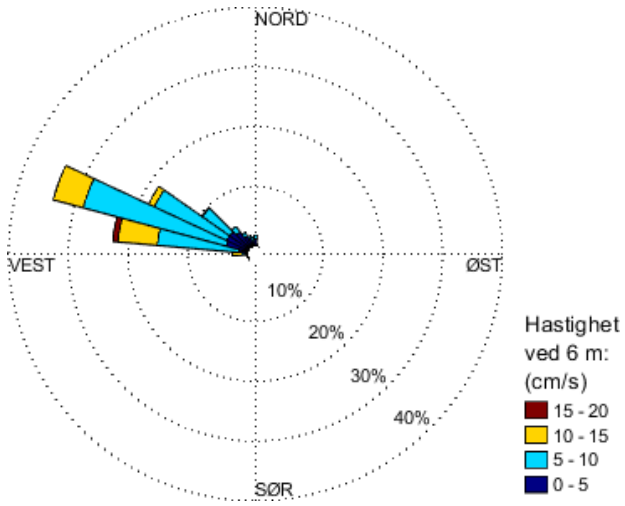
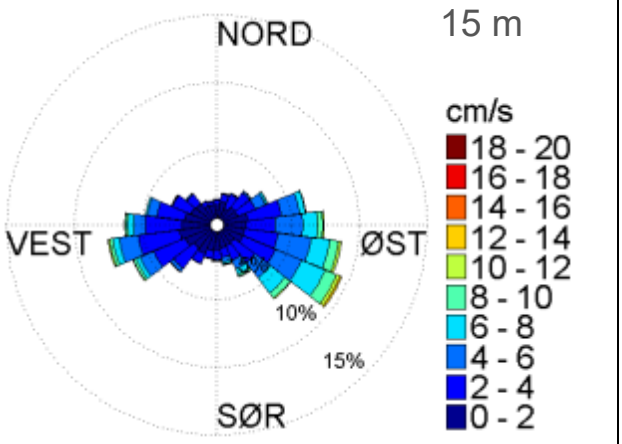
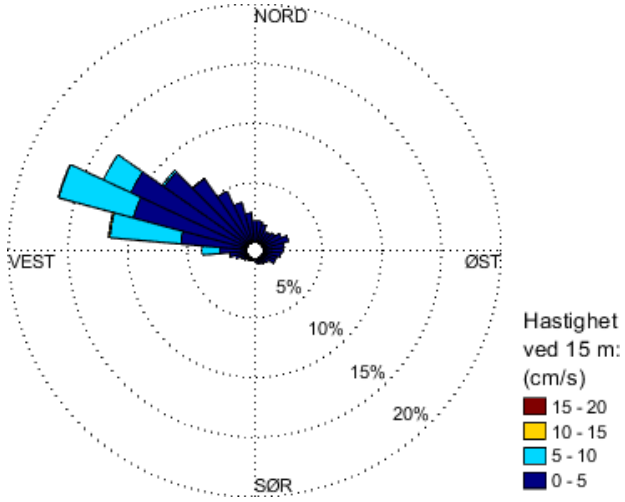
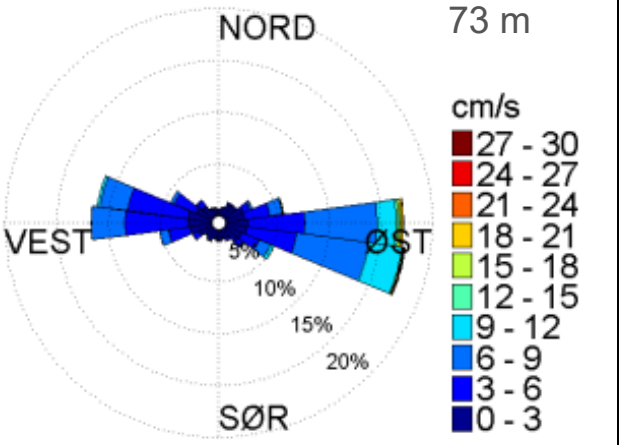
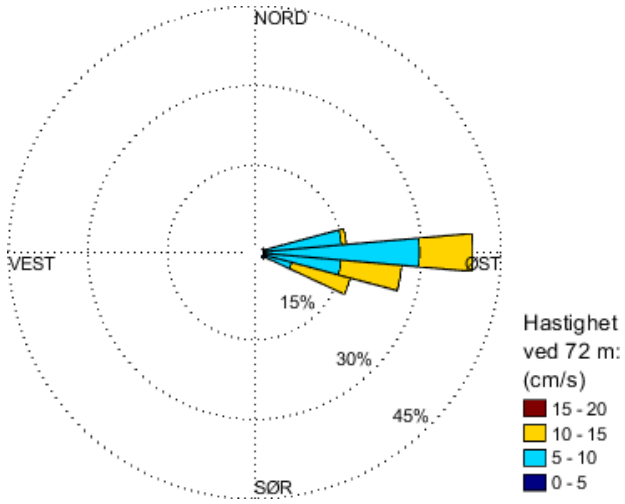
Tabell 8.4: Strømverdier fra 5 m, 15 m, 72 m og 86 m (bunndyp) fra målepunkt P2 (markert med blått kryss i Figur 2.2), med målte verdier i kolonnene til venstre (Akvaplan-niva 2020) og modellresultat for tilsvarende dyp til høyre.

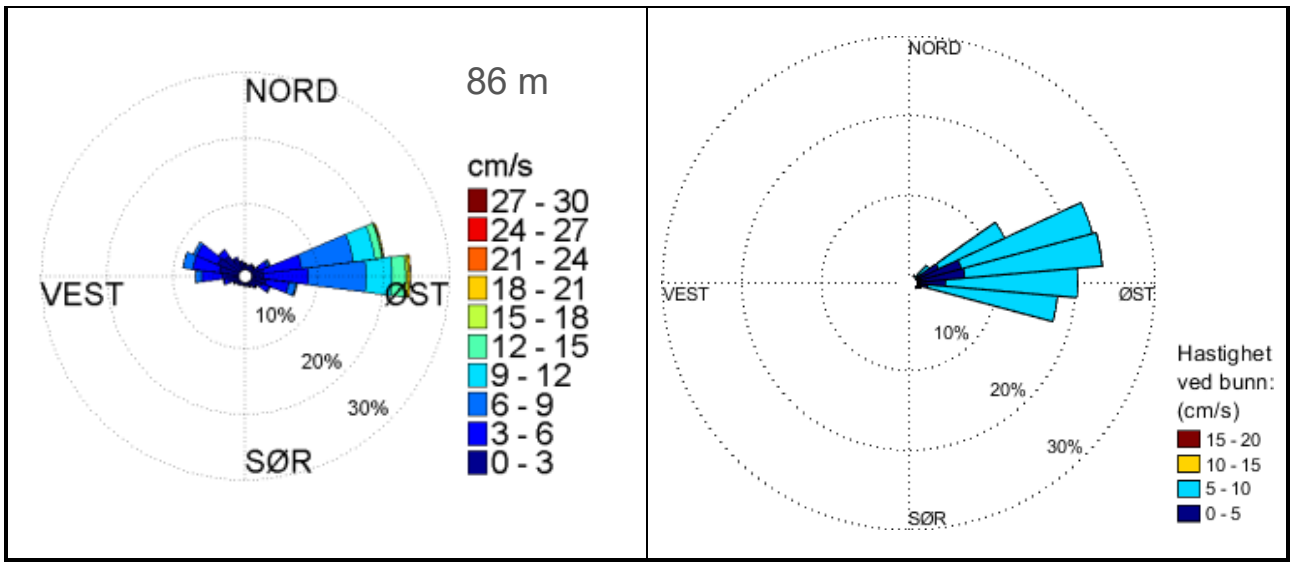
	Måling				**Simulering**			
Periode	**12.02.2020 – 24.03.2020**				**12.02.2024 – 24.03.2024**			
Dyp	**5**	**15**	**73**	**86**	**6**	**15**	**72**	**86**
Gjennomsnitt (cm/s)	4.7	3.7	4.6	5.3	7.3	3.2	9	6.2
Max (cm/s)	15.7	12.7	21.8	21.5	18.9	10.9	15.4	10.3
Standardavvik (cm/s)	2.9	2.2	2.9	3.4	2.9	1.9	2.2	1.3
% < 1 cm/s	4.8	10.7	7.2	6.4	0.1	9.8	0	0

Måling	Simulering
19.01.2022 – 22.02.2022	**19.01.2024 – 22.02.2024**



Figur 8.6: Sammenligning av strømrose fra de ulike måledypene 6 m, 16 m, og 46 m (bunndyp) i 2022 (venstre kolonne) (Akvaplan-niva AS 2022a) med strømroser fra simulering ved tilsvarende dyp for tilsvarende periode i 2024 (høyre kolonne). Sammenligningen gjelder for punktet P1 markert med rødt kryss i Figur 2.2.

Måling	Simulering
19.01.2022 – 22.02.2022	**19.01.2024 – 22.02.2024**
	
	
	

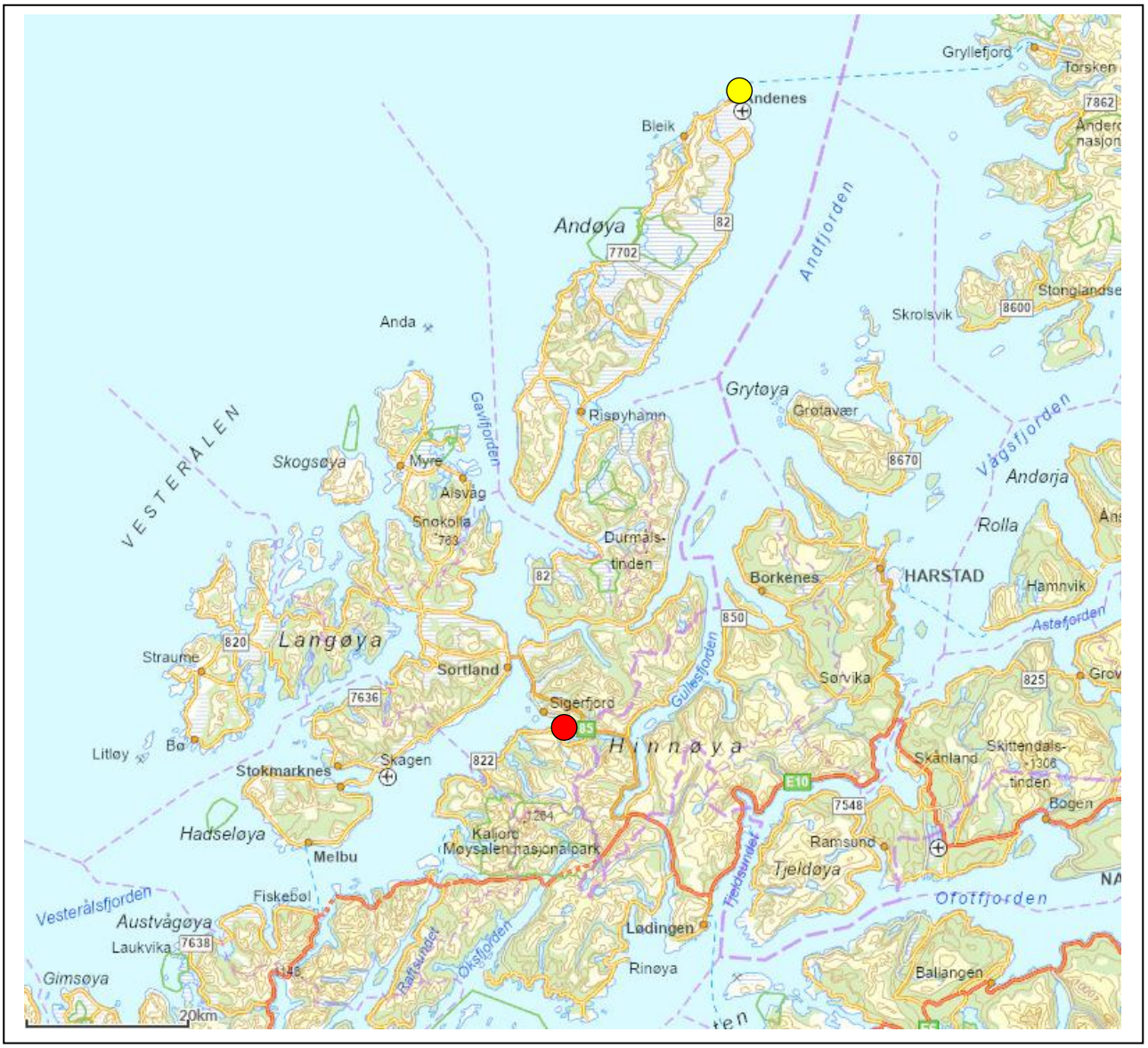


Figur 8.7: Sammenligning av strømrose fra de ulike måledypene 5 m, 15 m, 73 m, og 86 m (bunndyp) i 2020 (venstre kolonne) (Akvaplan-niva 2020) med strømroser fra simulering ved tilsvarende dyp for tilsvarende periode i 2024 (høyre kolonne). Sammenligningen gjelder for punktet P2 markert med blått kryss i Figur 2.2.

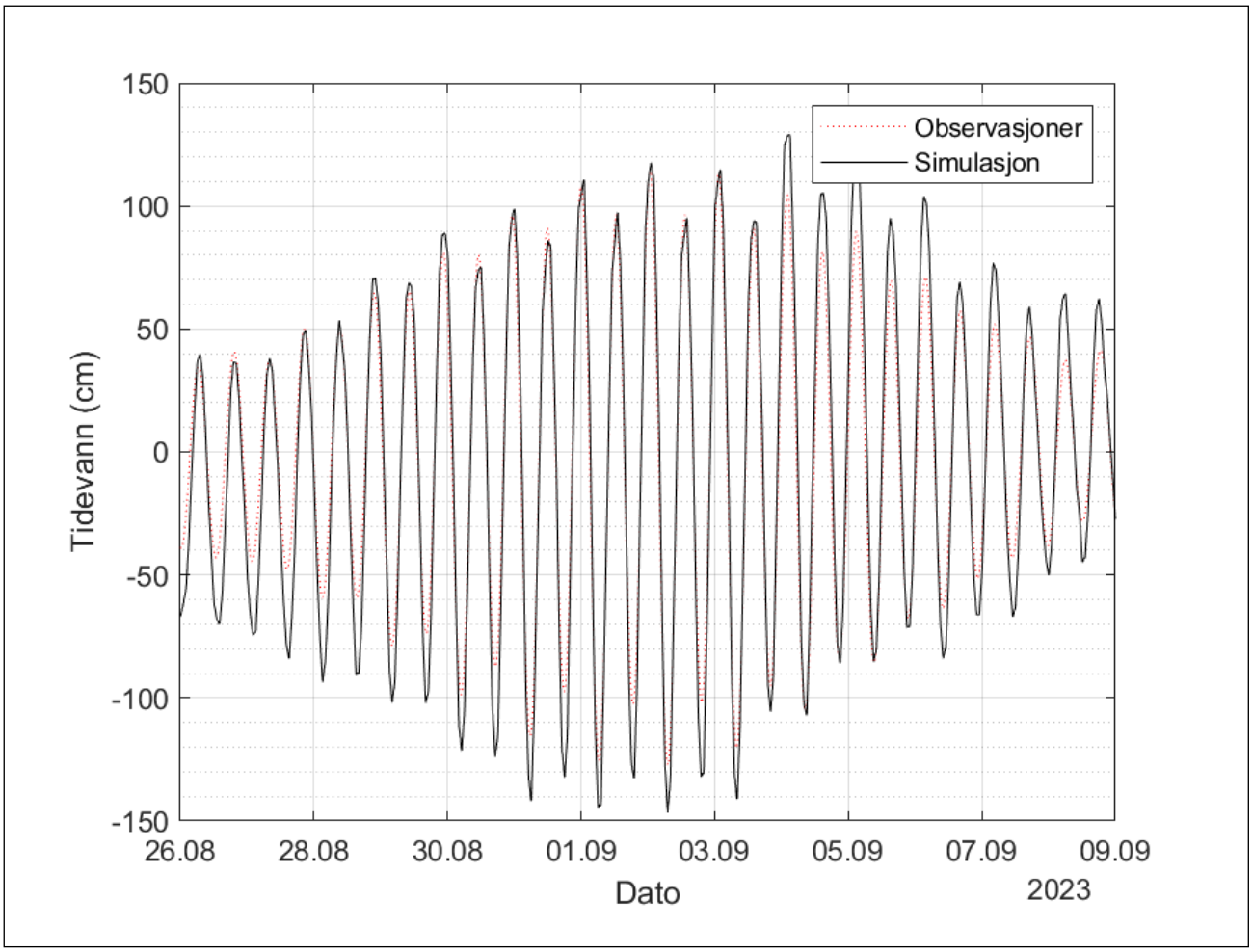
9. Vedlegg - Havnivå

Strømmen i simuleringene blir blant annet drevet av havnivå og en sammenligning med observasjoner er med på å evaluere modellytelsen. Kartverkets nærmeste observasjonspunkt ligger i Andenes, ca. 80.7 km N for Husvikneset (Figur 9.1). På grunn av avstanden er det gjort en korreksjon for forskjeller i havnivå (Kartverket 2025), og for Husvikneset er tidevannet justert med en høydekorreksjonsfaktor på 1.0 og fremskyndet med -5 minutt.

Det er noe avvik mellom modellresultatene og målingene, men ikke mer enn hva som er forventet med modellering av strømforhold og tidevann (Figur 9.2). Et utsnitt av tidsserien viser at vannstanden i modellen veksler mellom å være litt høyere og lavere enn observert vannstand (Figur 9.2). Forskjellen mellom målt og simulert vannstand for hele simuleringsperioden er beregnet til å være 13 % i gjennomsnitt, der modellen overestimerer tidevannet. Det er ikke ventet at denne forskjellen har signifikant betydning for strømmodelleringen ved lokaliteten.



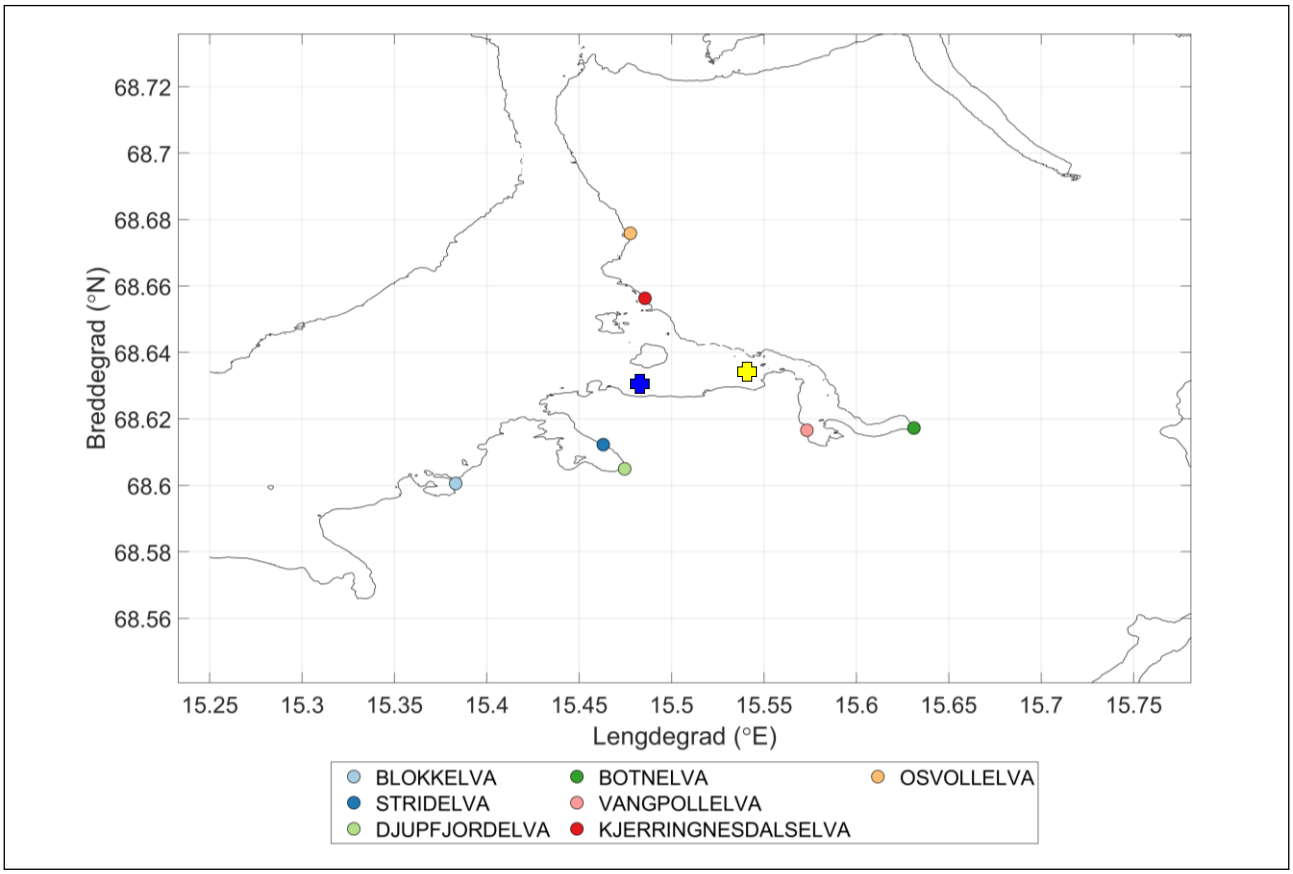
Figur 9.1: Oversiktskart over distansen fra Husvikneset til Andenes vannstandsmåler. Punkt for Andenes vannstandsmåler er vist med gul sirkel og punkt med korreksjon er vist med rød sirkel. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy med datum WGS84.



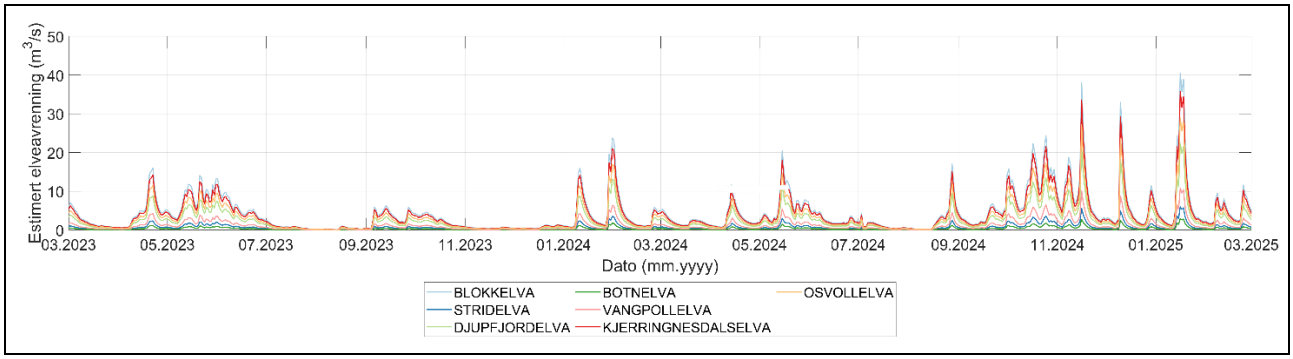
Figur 9.2: Havnivå ved Husvikneset i perioden 26.08.2023 - 09.09.2023. Svart linje er resultatene fra modellering. Rød prikket linje er tidevannstabell.

10. Vedlegg - Ferskvannstilsig

Tilførsel av ferskvann i overflaten er med på å drive sirkulasjonen i en fjord, og vassdrag som tilfører ferskvann til det modellerte området er markert i Figur 10.1. Tidsserie av vannføring i elvene som er inkludert i modellen er vist i Figur 10.2. NVE har kun tilgjengelig data for hele modelleringsperioden for de 7 elvene i modellområdet.



Figur 10.1: Oversikt over vassdrag som bidrar med ferskvann i modellen. Husvikneset er markert med gult kors. Innerbrokløysa er markert med blått kors.



Figur 10.2: Ferskvanntilsig for vassdragene som påvirker strømmen i Sigerfjorden i perioden 01.03.2023 – 01.03.2025.

11. Vedlegg - Usikkerhetsvurdering

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

11.1 Inngangsdata for strømmodell

Usikkerhetsmomenter i inngangsdata kommer fra:

- Værdata
- Randbetingelser i havnivå, strøm, saltholdighet 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.

11.2 Strømmodell

Det kan være variasjon innenfor rutenett som ikke er fanget opp av modellen. 3D-modellen har en oppløsning på omtrent 30 m x 35 m horisontalt i 18 dybdevarierende lag med størst variasjon ved overflaten og ved bunnen. Havstrømmen kan være mer kompleks enn det som fanges opp i modellen. Modellen har størst oppløsning nær overflaten og bunnen der den fanger opp en detaljert sjikting i vannlagene.

11.3 Modellert spredning

I spredningsmodellen er utslippet karakterisert etter synkehastigheter som er uendret med tid. Flokkulering (sammenklumping) av materiale er heller ikke tatt hensyn til i modellen. I tilfellet uten biologisk nedbrytning kan det forventes at modellen overestimerer massen av bunnsedimenter. I simuleringen med biologisk nedbrytning benyttes det en konstant nedbrytningsfaktor for det biologiske materialet. Dette er en eksponentiell faktor slik at gammelt materiale vil brytes saktere ned enn nylig sedimentert materiale. Nedbrytningen blir ikke begrenset av en eventuell oksygenmangel.

12. Referanser

Akvaplan-niva AS. 2022b. «C-undersøkelse ved Innerbrokløysa (11405), 2022. Rapport: 2022 64306.01.»

Akvaplan-niva AS. 2022c. «Modellering Husvikneset i Sigerfjord. Rapport: 65245.01.»

Akvaplan-niva AS. 2022a. «Strømmålinger i Sigerfjord. Rapport: 2022 63725.02.»

Akvaplan-niva. 2020. «Strømmålinger Innerbroksløysa 5 m, 15 m, spredning- og bunnstrøm. Rapport:61889.01.»

Albretsen, Jon, Ann Kristin Sperrevik, Andrè Staalstrøm, Anne D. Sandvik, Frode Vikebø, og Lars Asplin. 2011. «NorKyst-800 Report No.1 User Manual and technical descriptions.» (Fisken og Havet, Havforskningsinstituttet).

Aquaculture Stewardship Council. 2019. *ASC Salmon Standard.* Utrecht: ASC.

Bannister, R.J., I.A. Johnsen, P.K. Hansen, T. Kutti, og L. Asplin. 2016. «Near- and far-field dispersal modelling of organic waste from Atlantic salmon aquaculture in fjord systems.» *ICES Journal of Marine Science* 2408-2419.

Cromey, Chris J., Thom D. Nickell, Kenneth D. Black, Paul G. Provost, og Colin R. Griffiths. 2002. «Validation of a fish farm waste resuspension model by use of a particulate tracer discharge from a point source in a coastal environment.» *Estuaries* (Estuaries) 916-929.

Delft3D-FLOW. 2018. *Delft3D Open Source Community.* https://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/Delft3D-FLOW_User_Manual.pdf.

Deltares. 2018. https://www.deltares.nl/en/software/delft3d-4-suite/.

Kartverket. 2025. *Kartverket.no.* https://kartverket.no/til-sjos/se-havniva.

Lesser, G P, J A Roelvink, J.A.T.M. van Kester, og G. S. Stelling. 2004. «Development and validation of a three-dimensional morphodynamic model.» *Coastal Engineering* 833-915.

Met.no. 2025. *MetCoOp Ensemble Prediction System.* http://thredds.met.no/thredds/metno.html.

Meteorologisk Institutt, Havforskningsinstituttet. 2025. *ROMS NorKyst800m coastal ocean fields.* https://thredds.met.no/thredds/fou-hi/norkyst800m.html.

NVE Atlas. 2025. https://atlas.nve.no/.

Åkerblå AS. 2025. «Modellert spredning av flytende utslipp fra Husvikneset.»