

# **Modellert spredning av utslipp fra Sætre**

**Lokalitet: Sætre**

**Kunde: Sætre Matfisk AS**

Rapport			
Rapportbeskrivelse og navn	Modellert spredning av utslipp for lokalitet Sætre. SM-03621-Sætre0921-ver01.pdf		
Rapportversjon	Dato	Beskrivelse	
01	29.10.21	Første utgivelse	
Rapportdistribusjon	Denne rapporten kan kun gjengis i sin helhet. Gjengivelse av deler av rapporten kan kun skje etter skriftlig tillatelse fra Åkerblå AS. I slike tilfeller skal kilde oppgis.		
Lokalitet			
Lokalitetsnavn	Sætre	Lokalitetsnummer	13671
Kommune	Vestnes	Fylke	Møre og Romsdal

Sammendrag	
<p>Konsentrasjon bunn</p>	<p>Konsentrasjon overflate</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Det er minst risiko for krysskontaminering ved inntak av vann nord for utslippspunktene og på vestsiden av fjorden.</li> <li>• Spredningen av utslipp fra matfiskanlegget følger bunnstrømmen på østsiden av fjorden, mens utslippet fra settefiskanlegget spres mer jevnt i overflaten.</li> </ul>	

Oppdragsgiver		
Selskap	Sætre Matfisk AS	
Kontaktperson	Einar Nesse Johnsen	einarnj@gmail.com
Oppdragsansvarlig		
Selskap	Åkerblå AS; Nordfrøyveien 413; 7260 SISTRANDA Organisasjon nr. 963 554 052	
Rapportansvarlig	Lisbeth Håvik	Lisbeth.havik@akerbla.no
Kontrollert av	Inga Utkilen	Inga.utkilen@akerbla.no

## Innholdsfortegnelse

---

<b>1. Innledning</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Områdebeskrivelse</b> .....	<b>5</b>
<b>3. Metodikk</b> .....	<b>7</b>
3.1 Spredning og fortykning .....	7
3.2 Spredning av utslipp i Delft3D-FLOW .....	7
3.2.1 Bunndata og modellstørrelse.....	7
3.2.2 Inngangsdata for strømmodellering .....	8
3.2.3 Utslippsmodellering .....	9
<b>4. Resultater</b> .....	<b>10</b>
4.1 Daglig spredning .....	10
4.2 Månedlige verdier .....	11
4.3 Tidsandel med konsentrasjon over 5 % .....	12
4.4 Konsentrasjon av utslippsvann ved inntakspunkt .....	13
4.5 Konsentrasjoner av fosfor og nitrogen.....	15
<b>5. Konklusjon</b> .....	<b>16</b>
<b>6. Vedlegg – Resultater fra strømmodellering</b> .....	<b>17</b>
6.1 Strømresultater .....	17
6.2 Simulert strøm i området rundt lokaliteten .....	20
6.3 Strømresultater sammenlignet med målinger.....	21
<b>7. Vedlegg - Havnivå</b> .....	<b>23</b>
<b>8. Vedlegg - Ferskvannstilsig</b> .....	<b>25</b>
<b>9. Vedlegg - Usikkerhetsvurdering</b> .....	<b>26</b>
9.1 Inngangsdata for strømmodell.....	26
9.2 Strømmodell.....	26
<b>10. Referanser</b> .....	<b>27</b>

## 1. Innledning

---

Åkerblå AS har på oppdrag fra Sætre Matfisk AS utført modellering av fortykning og spredning av utslippsvann ved det planlagte landbaserte matfiskanlegget ved Sætre i Vestnes kommune.

Det nye anlegget vil ligge like ved et allerede etablert settefiskanlegg. Formålet med rapporten er å avgjøre hvor utslippsvannet fra begge disse anleggene vil bevege seg, og finne området som er best egnet for inntak av vann til matfiskanlegget. Produksjonen i matfiskanlegget er planlagt med inntaks- og utslippsrater på 4 m<sup>3</sup>/s. I tillegg slippes det ut 0.9 m<sup>3</sup>/s fra settefiskanlegget.


Det er planlagt posisjoner for utslippene. I modelleringen blir ulike inntakspunkt vurdert i forhold til posisjonen av utslippspunktene for å evaluere hvor godt egnet plasseringene er for å unngå krysskontaminering mellom inntak, utslipp og for å vurdere påvirkningen i fjorden. I tillegg vil modelleringen gi en vurdering av miljøpåvirkningen i resipienten fra utslipp av fosfor og nitrogen.

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

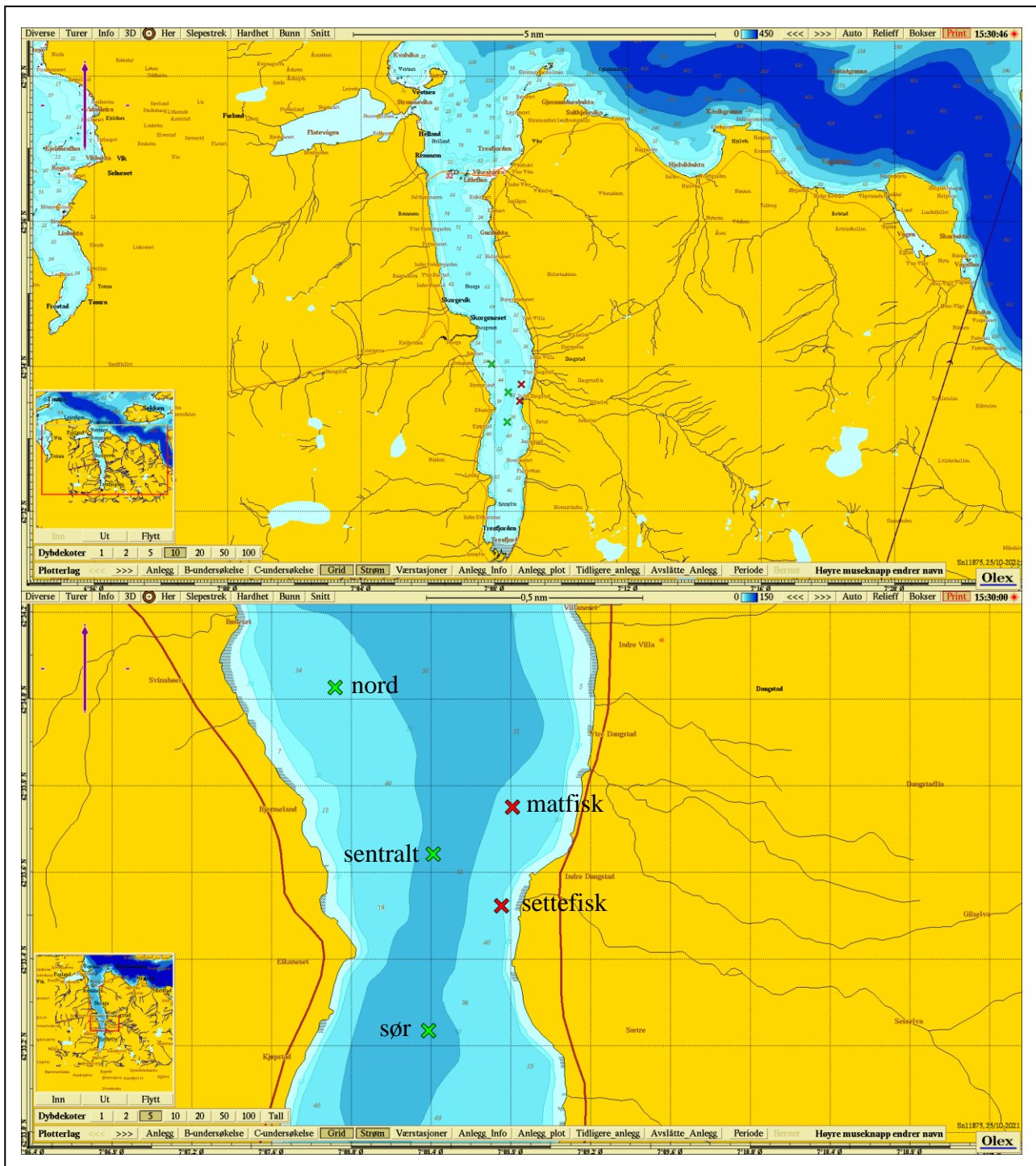
## 2. Områdebeskrivelse

Sætre ligger på østsiden av Tresfjorden i Vestnes kommune i Møre og Romsdal (Figur 2.1). Tresfjorden er omkring 12 km lang og 1.2 km bred utenfor anleggene. Tresfjorden er relativt grunn med omkring 70 m på det dypeste. Særlig nær Tresfjordbrua er det grunnere områder med dyp mellom 20 og 30 meter. Ytterst i fjorden skråner det raskt nedover mot dyp på 500 m sentralt i Romsdalsfjorden.



Figur 2.1: Oversiktskart over området rundt lokaliteten, vist med . Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

Tre inntakspunkt er vurdert for matfiskanlegget Sætre; ett sørvest for settefiskanlegget, ett mellom settefiskanlegget og matfiskanlegget, og ett nordvest for matfiskanlegget (grønne kryss i Figur 2.2). De vurderte inntakspunktene er lagt ved bunnen for å oppnå så stabil temperatur som mulig. Utslippspunktene ligger nærmere land i posisjoner oppgitt av kunde (røde kryss i Figur 2.2).



Figur 2.2: Oversiktskart over området ved lokaliteten. Dybde er vist med blå konturer. Utslippspunktene er vist med røde kryss og mulige inntakspunkt med grønne kryss. Kartet er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.



## 3. Metodikk

### 3.1 Spredning og fortykning

Ved utslipp til en resipient er det vanlig å skille mellom to prosesser, primærfortynning og sekundærfortynning (Ranneklev, 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 fra matfiskanlegget ved Sætre vil bestå av sjøvann som er tenkt sluppet ut på et dyp rundt 40 m. Inntakspunktene er planlagt å ligge like dypt eller dypere enn utslippspunktet og siden sjøvannets egenvekt øker med dypet er utslippsvannet dermed forventet å være tyngre en resipienten ved utslippspunktet. Dette betyr at utslippsvannet i stor grad er forhindret fra å nå direkte opp til overflaten. I løpet av primærfortynningen vil utslippsvannet følge bunnens helning samtidig som det blander seg med resipienten. I denne prosessen vil tettheten til utslippsvannet bli utlignet med resipienten. Utslippet fra settefiskanlegget består av ferskvann sluppet ut ved bunnen. Siden egenvekten til ferskvann er betydelig lavere enn sjøvann vil dette vannet raskt stige mot overflaten. Av den grunn er utslippet fra settefiskanlegget modellert som utslipp ved 5 m. I begge tilfeller vil utslippsvannet følge strømmen i fjorden og gradvis fortynnes videre.

For å bestemme transport 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, Roelvink, van Kester, & Stelling, 2004), sammen med ligninger som beskriver temperatur, saltholdighet og spredning av utslipp.

### 3.2 Spredning av utslipp i 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.

#### 3.2.1 Bunndata og modellstørrelse

En tredimensjonal strømmodell er laget for området i form av et horisontalt rutenett rundt utslippspunktet, vist i Figur 3.1. Rutenettet dekker hele Tresfjorden og nord til åpningen mot Romsdalsfjorden. For å oppnå stabilitet og numerisk effektivitet har modellen høyest oppløsning med  $50 \text{ m} \times 30 \text{ m}$  utenfor Daugstad. Herfra avtar modellens oppløsning gradvis til rundt  $120 \text{ m} \times 150 \text{ m}$  ved Romsdalsfjorden. Den østlige enden av Tresfjordbrua ligger på en fylling. Denne er inkludert i modellen som en ugjennomtrengelig barriere.

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



Figur 3.1: Rutenett benyttet for å modellere spredning fra lokaliteten. Lokaliteten er vist med . 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 50 m. Nederst er det i alt 10 vannlag som hver utgjør 8% av den totale dybden.

Vannlag	Tykkelse (%)	Tykkelse ved 50m dyp (m)	Dybde (m)
1	2	1.0	0 - 1.0
2	3	1.5	1 - 2.5
3	4	2.0	2.5 - 4.5
4	5	2.5	4.5 - 7.0
5	6	3.0	7.0 - 10.0
6-15	80	40.0	10.0 - 50.0

### 3.2.2 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, 2020; 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, 2018). 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 strømodellen.

Informasjon om ferskvannstilsig fra elvene i området er hentet fra Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE Atlas, 2020) 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 8.

For å unngå ustabilitet i starten av modellkjøringen er modellen startet med en oppstartsperiode på en måned (desember 2019). Resultatene fra denne kjøringen er deretter brukt som inngangsverdi for den endelige modellkjøringen. Etter oppstartsperioden er strømodellen kjørt for januar 2020 til og med desember 2020.

Parametere som er benyttet i modellen, blant annet for å beskrive turbulens, er gitt i Tabell 3.2.

Tabell 3.2: Modellparametere i Delft3D-FLOW.

Parameter	Verdi
Horizontal eddy viscosity	0.001 m <sup>2</sup> /s
Background vertical eddy viscosity	0.0001 m <sup>2</sup> /s
Horizontal eddy diffusivity	0.001 m <sup>2</sup> /s
Background vertical eddy diffusivity	0.0001 m <sup>2</sup> /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. Produksjonen i matfiskanlegget er simulert med inntaks- og utslippsrater på 4 m<sup>3</sup>/s. Saltholdigheten og temperaturen på utslippsvannet er likt med inntaksvannet. Tre ulike posisjoner er vurdert som mulige inntakspunkt (nord, sentralt og sør). Utslipet fra settefiskanlegget er modellert som utslipp av ferskvann ved omkring 5 m.

Tabell 3.3: Posisjoner for simulert inntak og utslipp.

	Posisjon (N)	Posisjon (Ø)	Dyp (m)	Vannføring (m <sup>3</sup> /s)
Inntak nord	62° 34.026'	7° 7.908'	37	4.0
Inntak sentralt	62° 33.642'	7° 8.418'	50	4.0
Inntak sør	62° 33.222'	7° 8.376'	50	4.0
Utslipp Matfisk	62° 33.750'	7° 8.808'	40	4.0
Utslipp Settefisk	62° 33.522'	7° 8.754'	25	0.9

## 4. Resultater

Det er foretatt simulering av utslipp fra anleggene gjennom året 2020. Simuleringen er gjort med inntaks- og utslippsrater på  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  for matfiskanlegget og  $0.9 \text{ m}^3/\text{s}$  utslipp fra settefiskanlegget. Resultatene er vist med konsentrasjon på utvalgte dager i løpet av året, og med maksimal og gjennomsnittsverdier for konsentrasjon i en utvalgt måned. Det er relativt svak strøm i området gjennom hele året (se kapittel 6).

Resultatene for spredningen er vist ved overflaten og bunnen. Ettersom inntaket av vann til anlegget skjer ved bunnen er det viktig at konsentrasjonen av utslippsvann her er lav. Konsentrasjonsnivå opp til 5 % er vist. Dette nivået er valgt som en representativ maksimumsverdi for lokaliteten, men merk at det nær utslippspunktene vil være høyere nivå. Konsentrasjonsnivå av avløpsvann ved inntakspunktene er vist for å kunne vurdere krysskontaminering fra utslipp til inntak.

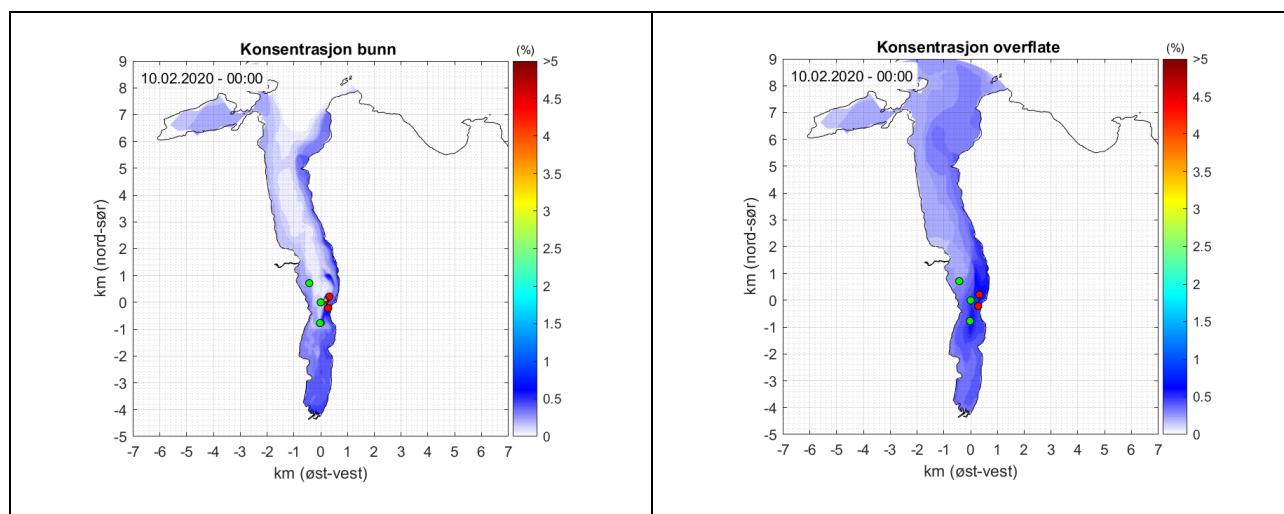
Ut fra innholdet av fosfor og nitrogen i utslippet fra matfiskanlegget, og fortynningsgraden av avløpsvannet, er konsentrasjonen av disse stoffene i resipienten beregnet. For klassifisering av miljøtilstand se «Klassifisering av miljøtilstand i vann», tabell 9.26 (Direktoratsgruppen vanddirektivet, 2018).

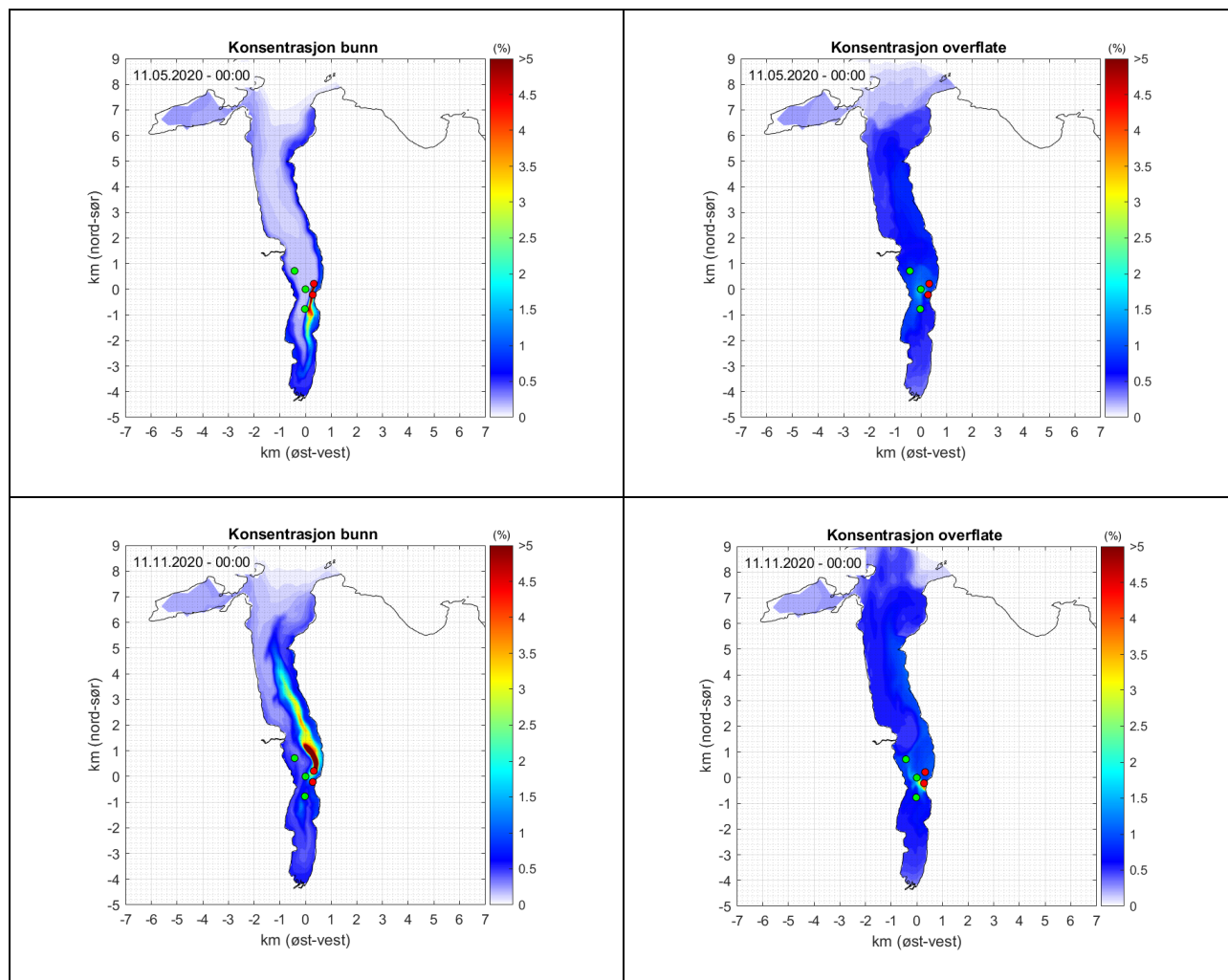
### 4.1 Daglig spredning

Spredningen av utslipp varierer i løpet av de simulerte periodene og påvirkes av tidevannet og direkte påvirkning fra vind. Figur 4.1 viser den kombinerte konsentrasjonen av utslippsvann fra både matfiskanlegget og settefiskanlegget for tre utvalgte dager gjennom året (ved inngangen til angitt dato, kl 00:00). Disse dagene er valgt grunnet ulike strømforhold og spredning. Konsentrasjonen er volumandelen (%) av utslippsvann i resipienten. Utslippet ved bunnen representerer i all hovedsak utslipp fra matfiskanlegget, mens utslippet fra settefiskanlegget dominerer konsentrasjonene ved overflaten.

Resultatene viser at de høyeste konsentrasjonene av utslippet ved bunnen spres på østsiden av fjorden. Konsentrasjonen er høyest ved utslippspunktet og spredningen veksler mellom å være inn og ut fjorden. Ved overflaten er det lavere konsentrasjoner og utslippet spres mer over hele fjorden. Overflatespredningen er ikke like påvirket av tidevannet og spredningen skjer både inn og ut fjorden.

Utviklingen i konsentrasjon i modellområdet er vist gjennom simuleringperioden ved overflaten og på bunnen i vedlagte animasjoner.





Figur 4.1: Konsentrasjon på bunn og i overflaten, på dagene 10.02, 11.05 og 11.11.2020. Konsentrasjoner av avløpsvann er vist med fargeskala fra 0% til 5%. Punkt for vanninntak vist med grønne prikker og utslippspunkt med røde prikker.

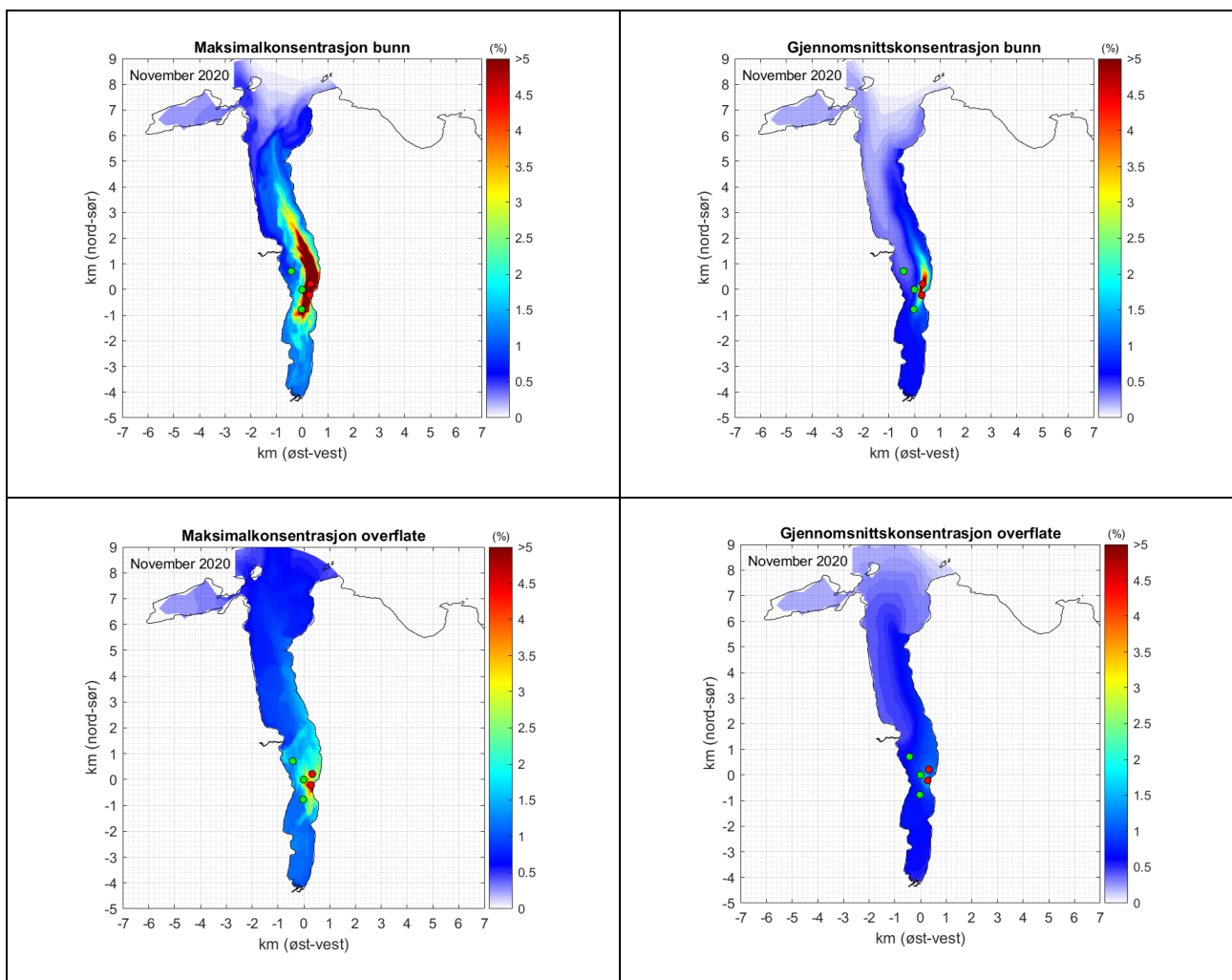
## 4.2 Månedlige verdier

Spredningen av utslipp varierer i løpet av døgnet og påvirkes av tidevannet. De utvalgte dagene (Figur 4.1) viser bare en del av variasjonen som kan forekomme.

For å finne ut hvilke områder som kan bli berørt av utslipp, er maksimal konsentrasjon i løpet av hver måned, over hele modellområdet, registrert ved bunnen og i overflaten. I tillegg er gjennomsnittskonsentrasjonen i løpet av hver måned, i hver gittercelle, beregnet. Dette er vist for november i Figur 4.2. De andre månedene viser lignende resultat. På bunnen er det et område på østsiden av fjorden rundt utslippsposisjonene hvor maksimalkonsentrasjonen er over 5 % november. Det nordlige inntakspunktet ligger utenfor denne sonen, mens både det sentrale og sørlige ligger i/på grensen til de høye konsentrasjonene. I overflaten er det maksimalkonsentrasjoner opp mot 5 % nær utslippspunktet til settefiskanlegget, men dette arealet er relativt begrenset (Figur 4.2).

Gjennomsnittsverdiene viser lignende mønster som maksimalverdiene, men med mindre areal av høye konsentrasjoner. Ved bunnen er det et område som strekker seg i nord/sør-retning nær utslippspunktet der konsentrasjonen er over 5 %. Det er som forventet generelt høyest verdier nær bunnen, siden det er utslippet fra matfiskanlegget som er størst. Hele fjorden er i større og mindre grad påvirket av utslippene.

Merk at begge disse scenarioene ikke viser et realistisk spredningsmønster, men heller viser det maksimale spredningspotensialet og hvilke konsentrasjoner som i snitt er representativt for området.

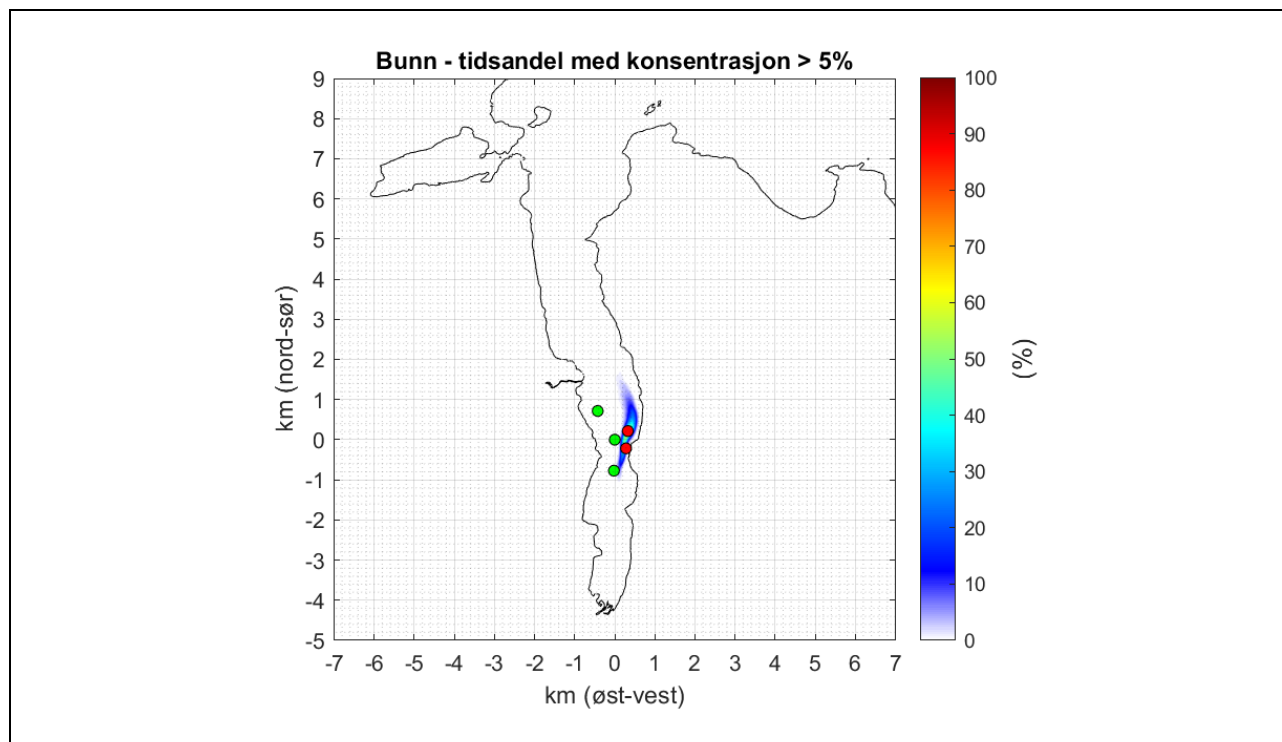


Figur 4.2: Maksimal (venstre) og gjennomsnittlig (høyre) konsentrasjon på bunn (øverst) og i overflaten (nederst) i løpet av november 2020. Utslippspunktene er vist med røde prikker og de mulige inntakspunktene er vist med grønne prikker.

### 4.3 Tidsandel med konsentrasjon over 5 %

I Figur 4.3 viser prosentandelen av tiden (hele simuleringsperioden) hvor konsentrasjonen av avløpsvann i området er over 5 %. Det vil si at 100 % betyr at konsentrasjonen var over 5 % gjennom hele simuleringen, mens 0 % betyr at konsentrasjonen aldri var over 5 % i det aktuelle området.

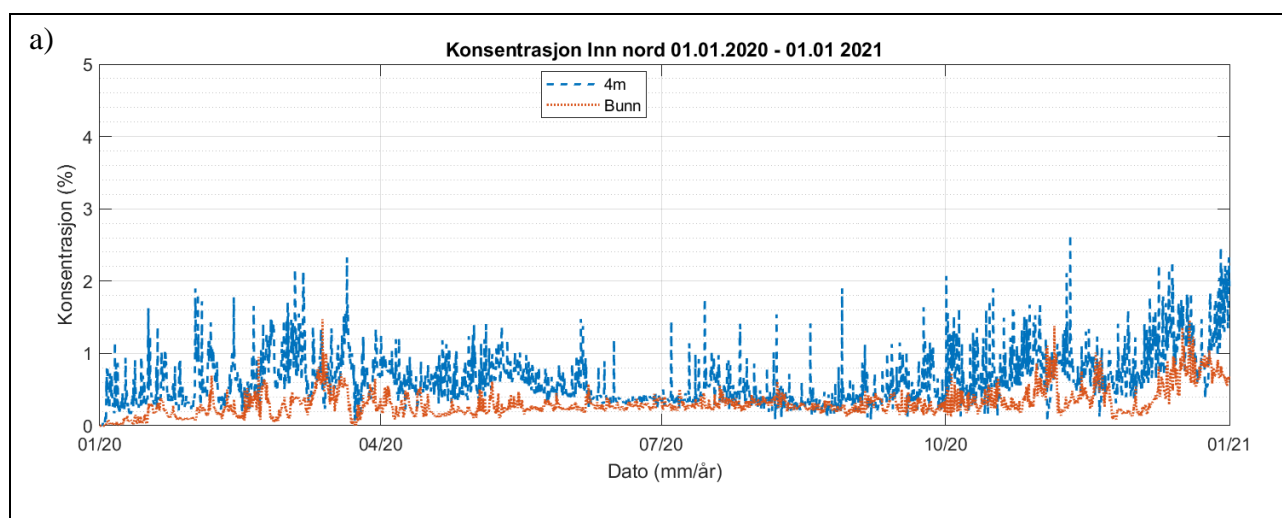
Figuren viser at det langs bunnen er et lite område rundt utslippspunktene hvor konsentrasjonen var over 5 % over 30 % av tiden. I overflaten ble det ikke simulert konsentrasjon over 5 % og dette er derfor ikke vist.



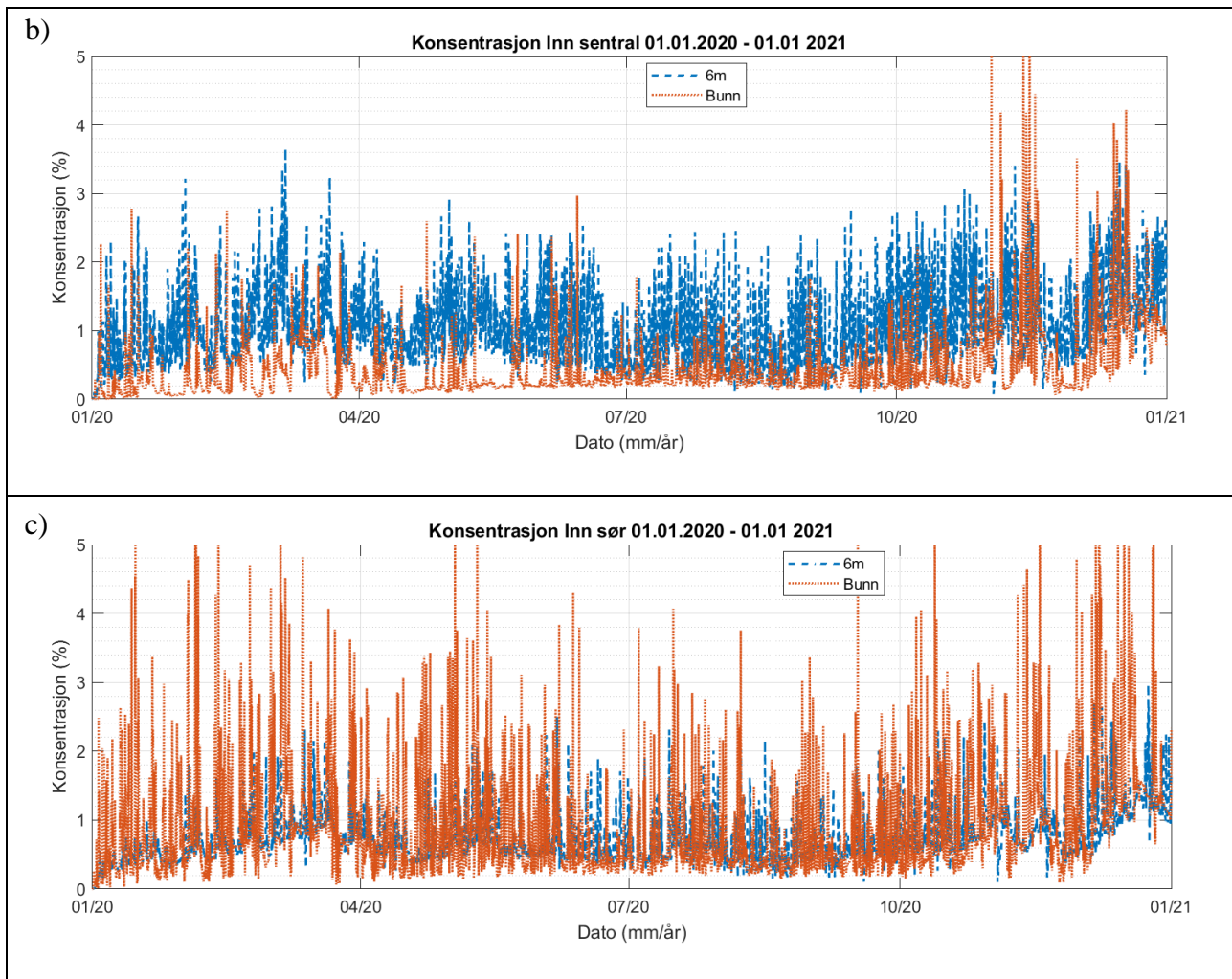
Figur 4.3: Tidsandel av den totale tidsperioden hvor konsentrasjonen ved bunnen var over 5 %. Utslippspunktene er vist med røde prikker og de mulige inntakspunktene er vist med grønne prikker.

#### 4.4 Konsentrasjon av utslippsvann ved inntakspunkt

Tre ulike inntakspunkt for vann til anlegget er vurdert (Tabell 3.3). For å vurdere risikoen for krysskontaminering mellom inntak og utslipp, er konsentrasjonen ved de ulike inntakspunktene (nær overflaten og ved bunnen) vist gjennom simuleringsperioden (Figur 4.4). Det er inntaksposisjon nord som har lavest konsentrasjon av utslippsvann med maksimal konsentrasjonen ved bunnen på 1.5 % i løpet av simuleringsperioden (Figur 4.4 a)). Denne konsentrasjonen inntreffer 13.03.2020.







Figur 4.4: Konsentrasjon av utslippsvann ved inntakspunkt a) nord, b) sentralt og c) sør for utslippspunktene i løpet av 2020 nær 5 m (blå) og på bunnen (oransje).

Ved inntakspunktet sentralt og sør for utslippspunktene er konsentrasjonen av utslippsvann høyere og det er større risiko for krysskontaminasjon for disse inntakspunktene.

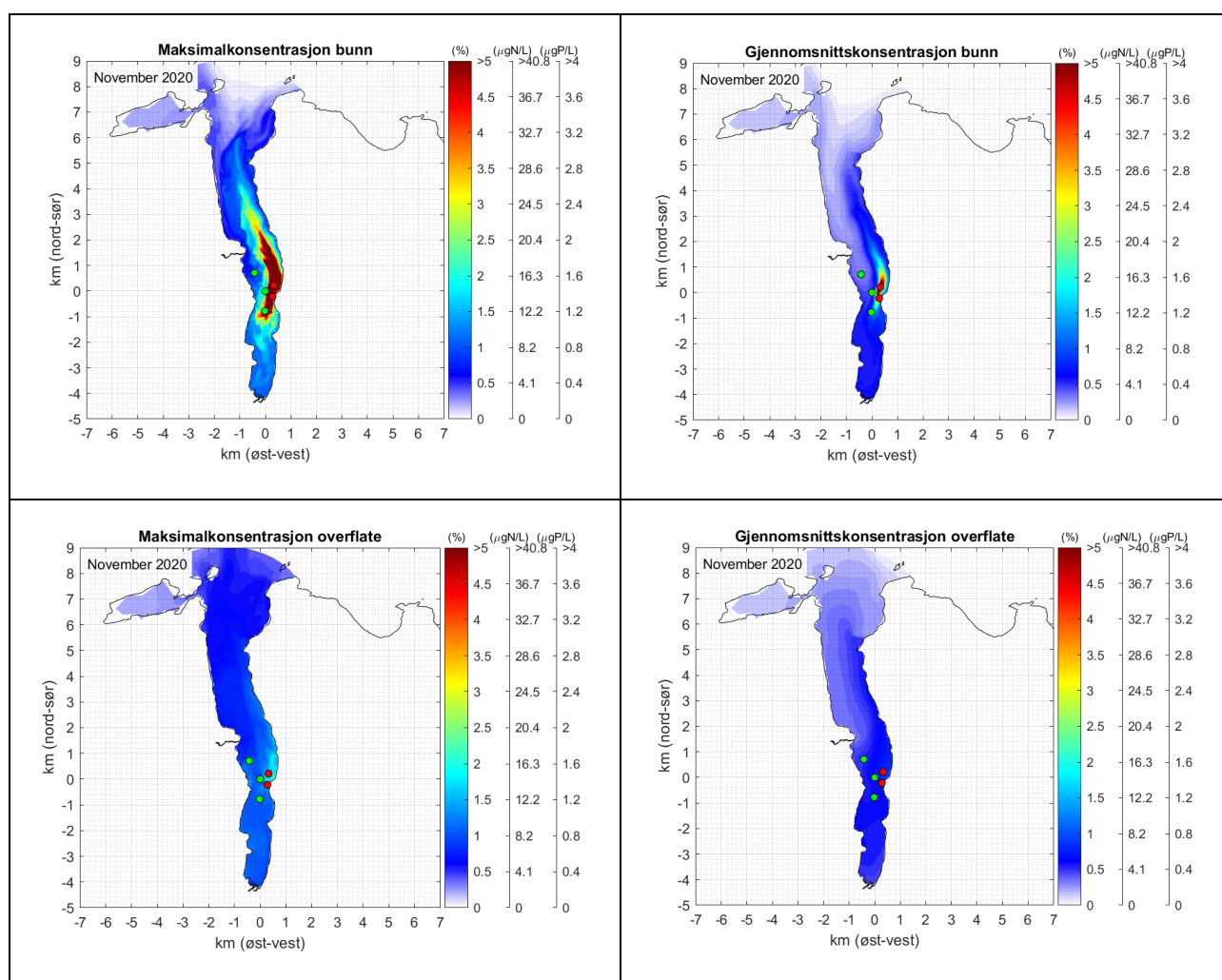
Generelt er konsentrasjonen av utslippsvann lavest på vestsiden av fjorden og nord for utslippspunktene.

## 4.5 Konsentrasjoner av fosfor og nitrogen

Utslipet fra matfiskanlegget inneholder 0.8165 mgN/L og 0.0793 mgP/L. Spredningen av disse næringssaltene følger samme mønster som det totale utslippet fra begge anleggene ved bunnen. Dette kommer av at utslippet fra settefiskanlegget i stor grad holder seg nær overflaten. De maksimale konsentrasjonene (> 5% for utslippet, tilsvarende > 40.8  $\mu\text{gN/L}$  og > 4  $\mu\text{gP/L}$ ) holder seg på østsiden av fjorden i en akse nord/sør for utslippspunktet (Figur 4.5). Resultatene er vist for november, men de andre månedene viser lignende mønster.

Ved overflaten er maksimalkonsentrasjonene lave, og med en gjennomsnittskonsentrasjon av utslippsvann på under 1 % ligger konsentrasjonene for nitrogen og fosfor under henholdsvis 8.2  $\mu\text{gN/L}$  og 0.8  $\mu\text{gP/L}$  (Figur 4.5).

Det er utveksling av vannmasser mellom Tresfjorden og Romsdalsfjorden både ved bunnen og i overflaten.



Figur 4.5: Maksimal (venstre) og gjennomsnittlig (høyre) konsentrasjon registrert på bunn (øverst) og i overflaten (nederst) i løpet av november 2020. Utslippspunktene vist med røde prikker og de mulige inntakspunktene er vist med grønne prikker. Konsentrasjoner av avløpsvann er vist med fargeskala fra 0 % til 5 %, konsentrasjon av nitrogen ( $\mu\text{gN/L}$ ) vist på skala i midten, og konsentrasjon av fosfor ( $\mu\text{gP/L}$ ) vist på fargeskala til høyre.

## 5. Konklusjon

---

Simuleringen viser at utslippet spres fra utslippspunktene samtidig som det fortynnes. De høye konsentrasjonene fra utslippet fra matfiskanlegget spres langs en nord/sør-akse ved utslippspunktene. Utslippet fortynnes både under den gradvise vertikale spredningen mot overflaten, og videre under den horisontale spredningen, og av den grunn er konsentrasjonen i overflaten generelt lavere enn ved bunnen. Utslippet fra settefiskanlegget spres i større grad over hele fjorden, men med en lavere konsentrasjon.

Av de tre inntakspunktene som ble vurdert var det det nordlige punktet som var minst utsatt for krysskontaminering. Her var maksimal konsentrasjon av utslippsvann 1.5 %. Generelt er konsentrasjonen av utslippsvann lavest på vestsiden av fjorden og nord for utslippspunktene.

Utslippene av fosfor og nitrogen følger utslippene ellers og har maksimale konsentrasjoner  $> 40.8 \mu\text{gN/L}$  og  $> 4 \mu\text{gP/L}$  på østsiden av fjorden i en akse nord/sør for utslippspunktet.

Resultatene er basert på bestemte utslippsmengder og må vurderes ut fra dette sammen med lokal kunnskap.

## 6. Vedlegg – Resultater fra strømmodellering

### 6.1 Strømresultater

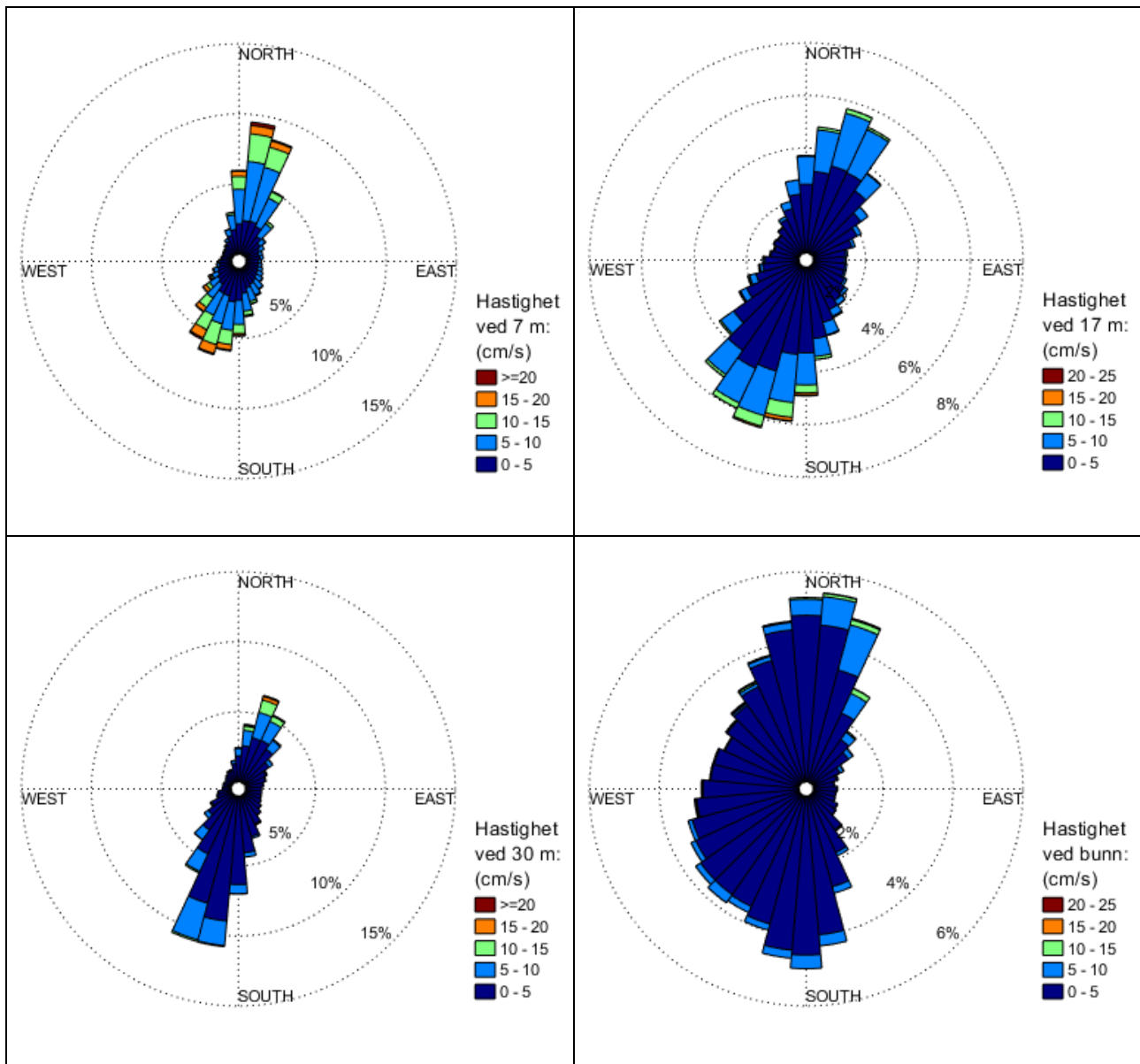
Tabell 6.1 viser modellerte strømdata fra utslippspunktet markert med rødt kryss for matfiskanlegget i Figur 2.2. Gjennomsnittshastigheten er 6.2 cm/s på 7 m dyp, og den signifikante makshastigheten 11.2 cm/s. Strømhastigheten avtar i dypet og nær bunnen har strømmen en gjennomsnittshastighet på 2.5 cm/s.

Strømrosene viser at den dominerende retningen er langs en akse mot nordøst og sørvest nær overflaten og videre nedover i dypet (Figur 6.1). Ved bunnen har strømmen også en komponent mot vest (Figur 6.1).

Styrken på strømmen varierer gjennom året. En sammenligning mellom modellert strøm for mai og august 2020 ved to ulike dyp viser at både styrke og retning kan variere mellom de ulike tidsperiodene (Figur 6.2). Slike endringer gjennom året illustrerer dynamikken i fjorden, og modellering gjennom hele året fanger opp påvirkningen på spredningen av utslippene.

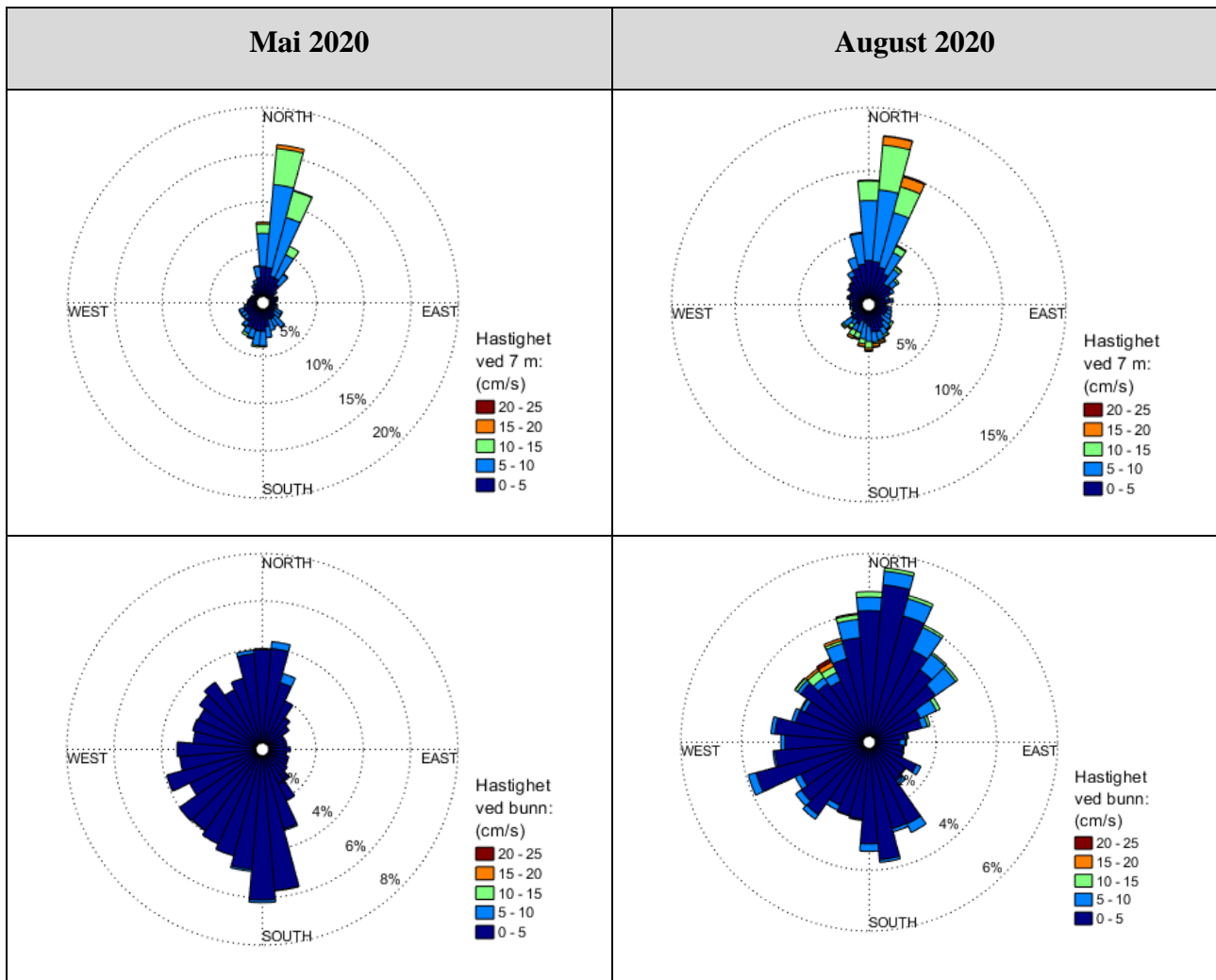
Tabell 6.1: Strømverdier fra simuleringer ved utslippspunktet marker med rødt kryss i Figur 2.2 for perioden 01.01.20 – 01.01.21.

Dyp (m)	7	17	30	Nær bunnen
Gjennomsnitt (cm/s)	6.2	3.6	3.3	2.5
Sign. maks (cm/s)	11.2	6.6	6.1	4.5
Sign. min (cm/s)	2.2	1.3	1.2	0.9
Std. avvik (cm/s)	4.4	2.7	2.7	1.9
% < 1 cm/s	4.0	10.0	11.8	18.9



Figur 6.1: Strømroser av simulert strøm ved utslippsposisjonen for matfiskanlegget (rødt kryss i Figur 2.2) for perioden 01.01.20 – 01.01.21.



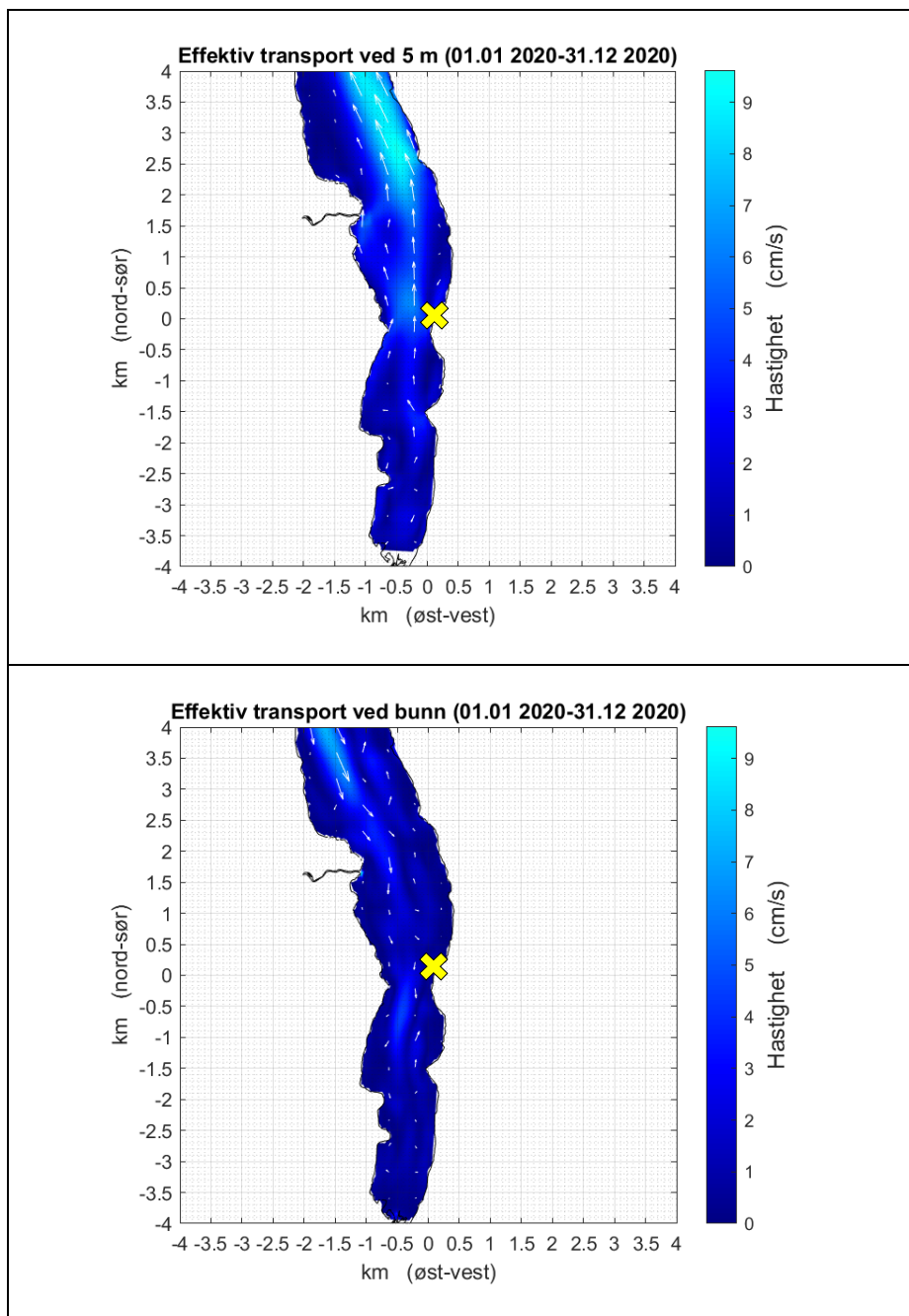


Figur 6.2: Sammenligning av strømhastighet for mai og august 2020 ved 7 m (venstre) og nær bunnen (høyre kolonne). Posisjonen er markert med matfiskanlegg og rødt kryss i Figur 2.2.

## 6.2 Simulert strøm i området rundt lokaliteten

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 6.3 er effektiv transporthastighet vist ved overflaten (oppe) og ved bunnen (nede). Det gule krysset viser omtrentlig plassering av utslippet fra matfiskanlegget.

I overflaten er den dominerende strømmen ut fjorden. I dypet er det svakere strømshastighet med en variabel retning i indre del av fjorden, mens det i ytre del av fjorden er strøm inn som dominerer.



Figur 6.3: Effektiv transporthastighet ved 5 m dyp (oppe) og ved bunnen (nede). Omtrentlig plassering av anleggene er vist med gult kryss.

### 6.3 Strømresultater sammenlignet med målinger

Det er utført strømmålinger ved lokaliteten i tidsrommet fra 25.02.21 - 30.04.21 av Åkerblå AS (2021). Posisjonen for strømriggeren er gitt med rødt kryss ved utslippspunktet for matfiskanlegget i Figur 2.2. Målingene er gjort ved tre dyp (6, 23 og 42 m). Simulasjonen dekker ikke måleperioden og målingene sammenlignes derfor med modellert strøm ved tilsvarende dyp i samme tidsperiode året før (25.02.20 - 30.04.20, Tabell 6.2).

Både observert og modellert strøm er svak og har perioder med strømstille ( $\% < 1\text{cm/s}$ ) i alle dyp. Generelt er den modellerte strømmen sterkere enn den observerte strømmen ved overflaten og svakere nær bunnen.

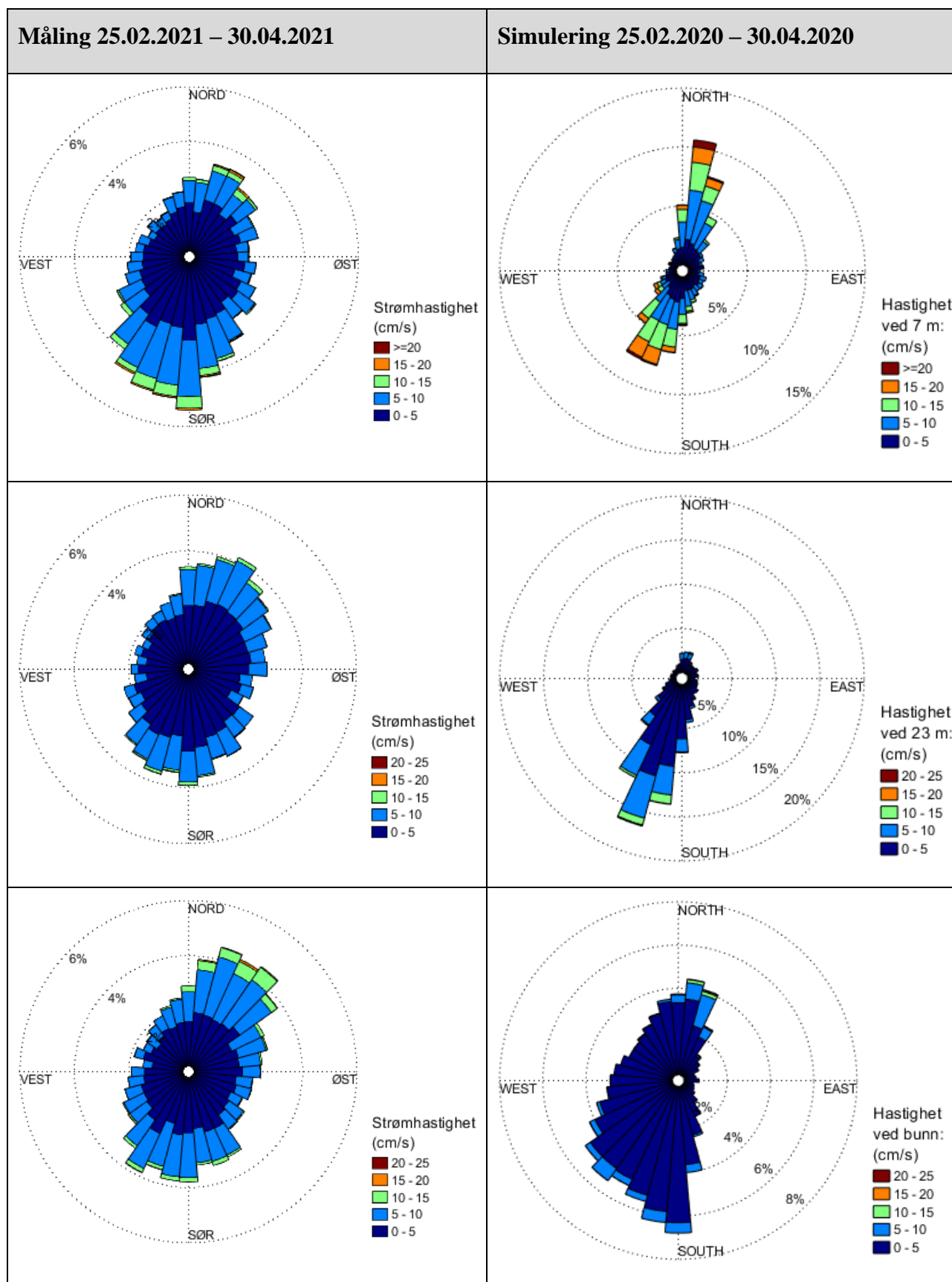
Hovedstrømretningen i fjorden følger batymetrien både i dypet og videre oppover i vannsøylen med strøm langs en nordøst/sørvest-akse (Figur 6.4). Simulasjonen og observasjonene er ikke for samme periode og en variasjon i fjordsirkulasjonen er med på å forklare de ulike retningene.

Grunner til avvik mellom målinger og modellresultater:

- Simuleringene har en oppløsning på 30 m x 50 m (og grovere) 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.
- Kompliserte bunnforhold: Størst avvik kan forventes å opptre i måleposisjoner som er nært land, hvor det er relativt komplisert batymetri. Målepunktet ligger på skrånende bunn relativt nært land. 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 6.2: Strømverdier fra målepunktet ved matfiskanlegget markert med rødt kryss i Figur 2.2. Målte verdier står i kolonnene til venstre (Åkerblå AS, 2021) og modellresultat til høyre.

	Målinger			Simuleringer		
	6 m	23 m	42 m	7 m	23 m	40 m
Periode	29.04.2021 – 03.06.2021			29.04.2020 – 03.06.2020		
Gjennomsnitt (cm/s)	4.5	4.0	4.7	7.1	3.6	2.4
Signifikant max (cm/s)	7.6	6.5	7.7	12.8	6.5	4.3
Signifikant min (cm/s)	1.9	1.7	2.0	2.5	1.3	0.9
Standardavvik (cm/s)	2.8	2.2	2.7	4.9	2.7	1.9
% < 1 cm/s	4.6	5.5	4.2	3.6	10.5	21.6



Figur 6.4: Sammenligning av strømroser fra de ulike måledypene 6 m, 23 m og 42 m i 2021 (venstre kolonne) (Åkerblå AS, 2021) med strømroser fra simulering ved tilsvarende dyp for samme periode i 2020 (høyre kolonne). Sammenligningen gjelder for punktet markert som utslipp matfiskanlegg (rødt kryss) i Figur 2.2.

## 7. Vedlegg - Havnivå

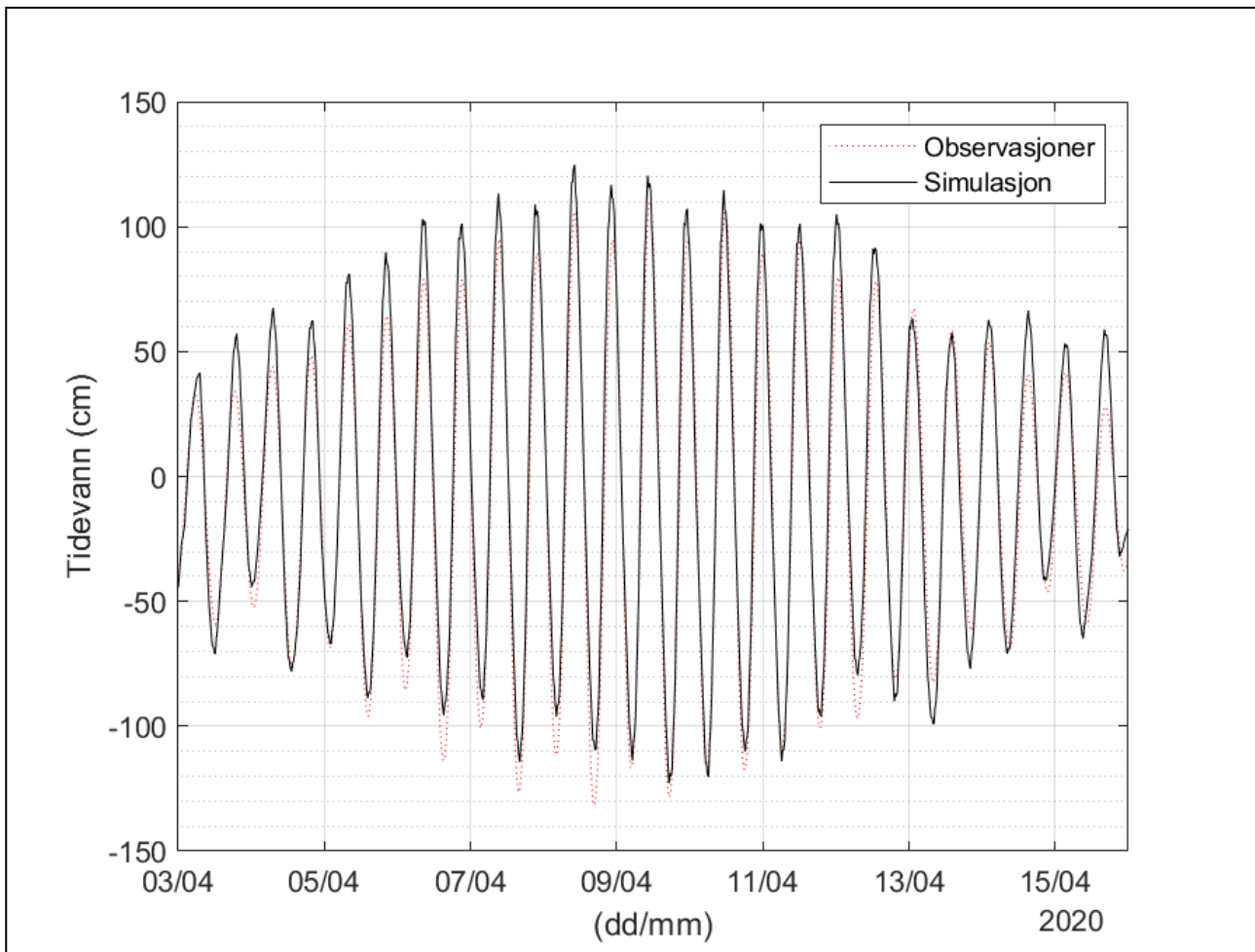
Strømmen i simuleringene blir blant annet drevet av havnivå og en sammenligning med observasjoner er med på å evaluere modellytelsen. Kartverkets nærmeste observasjonspunkt ligger i Kristiansund, 68 km nordøst for lokaliteten (Figur 7.1). På grunn av avstanden er det gjort en korreksjon for forskjeller i havnivå, og for utslippspunktet ved Sætre er tidevannet justert med en høydekorreksjonsfaktor på 0.98 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. Et utsnitt av tidsserien viser at vannstanden i modellen veksler mellom være litt høyere og lavere enn observert vannstand (Figur 7.2). Forskjellen mellom målt og simulert vannstand for hele simulingsperioden er beregnet til å være 7 %, der modellen i gjennomsnitt overestimerer tidevannsutslaget. Det er ikke ventet at denne forskjellen har signifikant betydning for strøm- og spredningsmodelleringen for lokaliteten.



Figur 7.1: Oversiktskart fra Tresfjorden og nordover. Punkt for vannstandsmåling i Kristiansund er vist med rød prikk og punkt med korreksjon (inntakspunkt) vist med gul prikk. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy med datum WGS84.

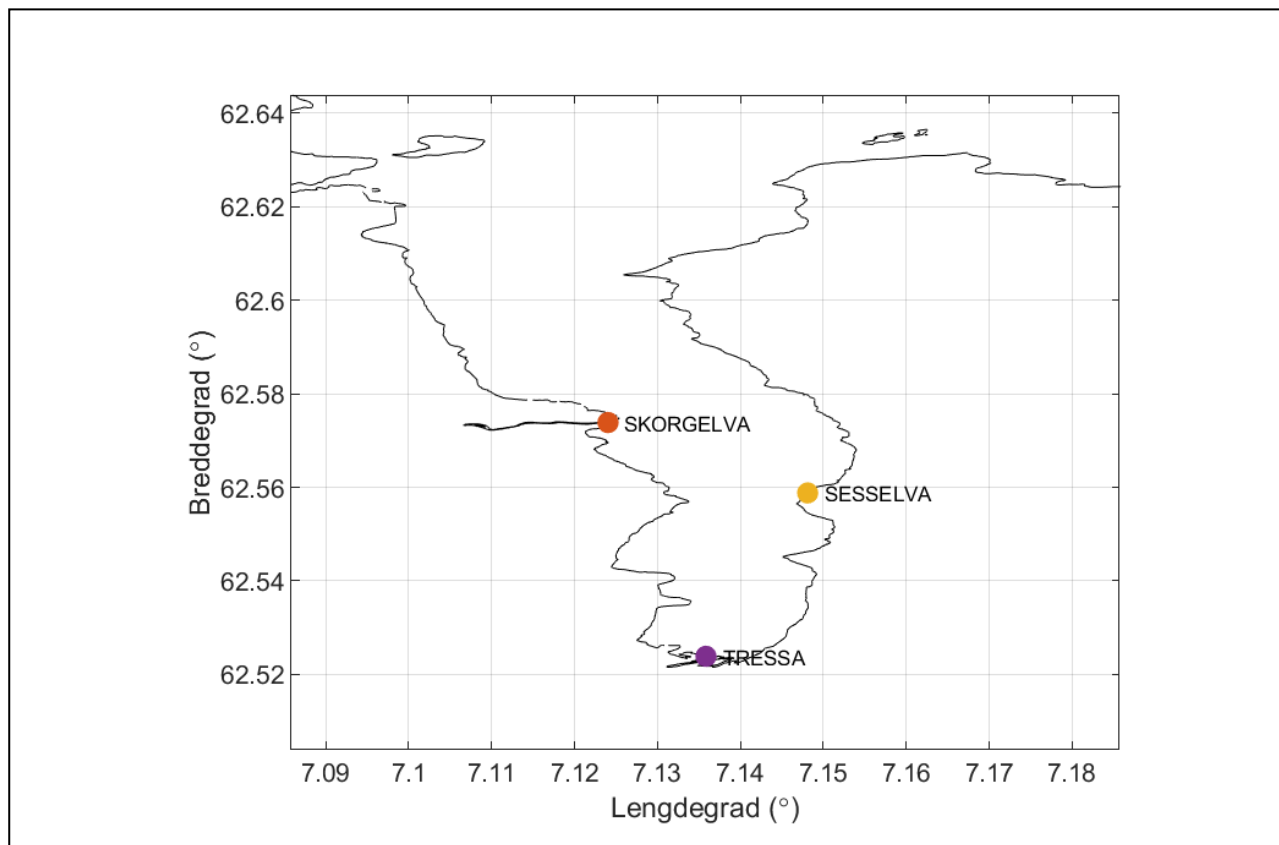




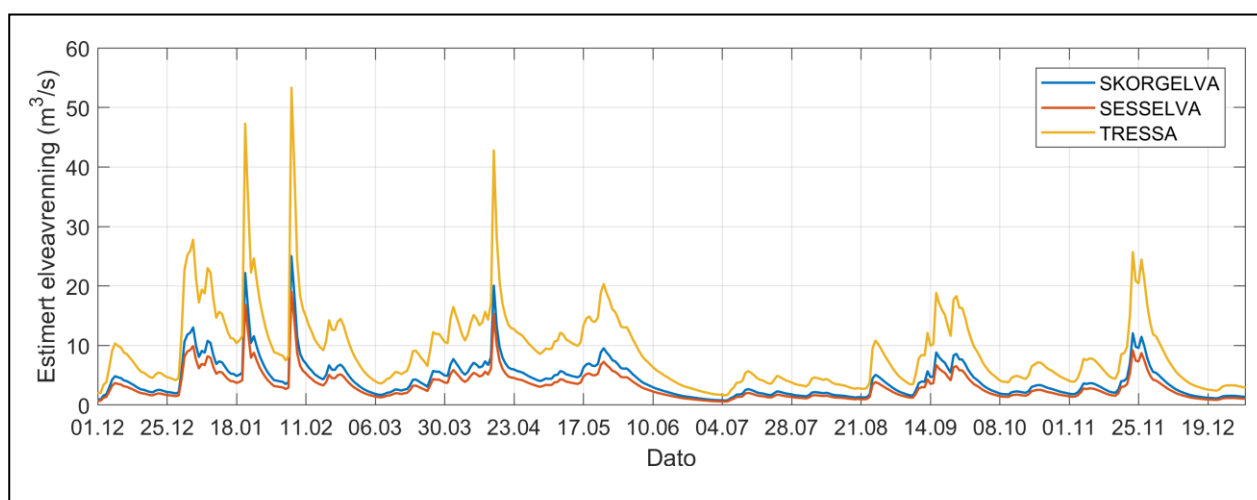
Figur 7.2: Havnivå ved inntakspunkt i perioden 03.04.2020 - 16.04.2020. Svart linje er resultatene fra modellering. Rød prikket linje er tidevannstabell.

## 8. 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 8.1. Det er Tressa som har størst vannføring (Figur 8.2).



Figur 8.1: Oversikt over vassdrag som bidrar med ferskvann i modellen.



Figur 8.2: Ferskvannstilsig for de viktigste vassdragene som påvirker strømmen ved lokaliteten.

## 9. 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.

### 9.1 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 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.

### 9.2 Strømmodell

Det kan være variasjon innenfor rutenett som ikke er fanget opp av modellen. 3D-modellen har en oppløsning på omtrent 50 m x 50 m horisontalt i 15 dybdevarierende lag med størst variasjon ved overflaten. Havstrømmen kan være mer kompleks enn det som fanges opp i modellen. Modellen har størst oppløsning nær overflaten der den fanger opp en detaljert sjiktingen i vannlagene. Nær bunnen er det grovere oppløsning dette kan påvirke resultatene i områder med komplisert og varierende bunntopografi.

Med en lokalitet over en bratt skråning er det vanskelig å fange strømmønsteret nærme bunn tilstrekkelig ved å bare se på strøm i et punkt. Spesielt vanskelig er bunnstrømmen, som endres mye over korte avstander på grunn av skråningen. Dette gjør det ekstra viktig å modellere strømmen med høy oppløsning over et større område, og ikke bare bruke punktmålinger.

## 10. Referanser

---

- Albretsen, J., Sperrevik, A., Staalstrøm, A., Sandvik, A., Vikebø, F., & Asplin, L. (2011). *NorKyst-800 Report No.1 User Manual and technical descriptions*. Bergen: Fisken og Havet, Havforskningsinstituttet.
- 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_User_Manual.pdf)
- Lesser, G. P., Roelvink, J. A., van Kester, J., & Stelling, G. S. (2004). Development and validation of a three-dimensional morphodynamic model.
- Met.no. (2018). *MetCoOp Ensemble Prediction System*. Hentet fra <http://thredds.met.no/thredds/metno.html>
- Meteorologisk Institutt, H. (2020). *ROMS NorKyst800m coastal ocean fields*. Hentet fra <http://thredds.met.no/thredds/fou-hi/norkyst800m.html>
- NVE Atlas . (2020). Hentet fra <https://atlas.nve.no/>
- Ranneklev, S. V. (2013). Veileder for fastsetting av innblandingssoner.
- Åkerblå AS. (2021). *Strømrappport, Måling av strøm ved utslippspunkt til Sætre i februar-april 2021*.