



Dokumentasjonsvedlegg til søknad om landbasert konsesjon for
Norwegian Seafarming AS i Ramsvika i Tysvær kommune

DHI AS notat innlagringsberegninger i Yrkefjorden 2021

Innlagringsberegninger i Yrkefjorden

Visualisering av et planlagt utslipp av næringssalter og organisk stoff (TOC) fra matfiskanlegg

Trinn 1 av Modellering av strømforhold i Yrkefjorden

Utarbeidet for
Representert ved

Rådgivende Biologer
Bjarte Tveranger, Fagansvarlig
oppdrett



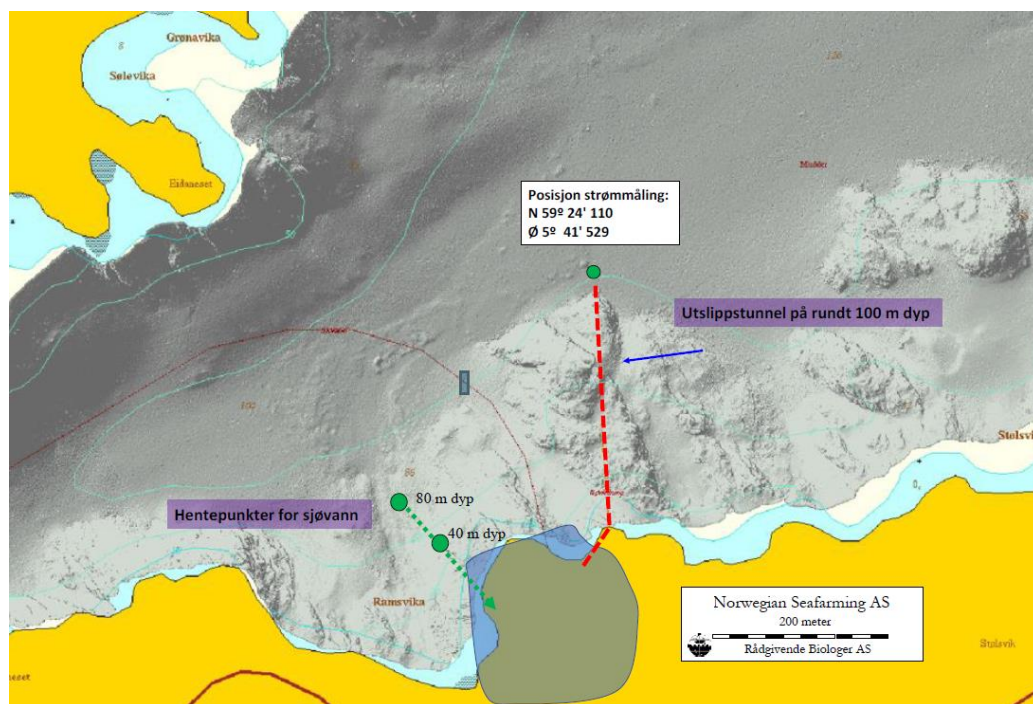
Prosjektleder	Henrik Fjørtoft
Kvalitetsansvarlig	Mads J. Birkeland

Prosjektnummer	13801221
Godkjennelsesdato	18.06.2021
Revisjon	Endelig 1.0
Klassifikasjon	Begrenset

1 Introduksjon

Dette notatet sammenfatter resultater ifra innblandingsberegninger, som et Trinn 1 i prosjektet modellering av strømforhold i sjø i Yrkefjorden.

Det er modellert et planlagt utslipp av avløpsvann fra et nytt landbasert anlegg for produksjon av matfisk på 15.000 tonn i Ramsvika i Tysvær kommune. Dette er sjøvann som tas fra både 80 og 40 meters dyp, går igjennom anlegget og slippes ut ved grønt punkt omtalt med koordinater i figuren under. Det er benyttet same posisjon for utslippspunktet fra tunnelen som posisjon for strømmålingene.



Figur 1 Plassering for punkt 2 som er modellert i dette notatet (Hentet ifra Rådgivende Biologers tilbudsforespørsel). Bunnkart fra multistrålekartleggingen er også vist, sammen med posisjon for strømmåling benyttet like ved punkt 2.

DHIs eget nyutviklede verktøy EnviroCast er benyttet til beregningene, som er et sterkt visualiseringsverktøy sprunget ut ifra DHIs anerkjente programvarepakke MIKE Powered By DHI. Resultatene er beregnet i tre romlige dimensjoner, samt varierende i tid, og det er derfor behov for å sammenfatte og forenkle. I dette notatet presenteres derfor hovedresultater, differensierte resultater og detaljerte resultater.

1.1 Input til modellen

Til innlagingsberegningene er to typer modeller benyttet; en jetmodell for nærfeltsberegninger og en 3-dimensjonell modell for fjernfeltsberegninger. Simuleringsperioden er ifra 04. mars til 07. april 2021, basert på strømmålinger ved utslippspunktet.

Beregningene tar utgangspunkt i strømmålinger med profilerende dopplermåler på bunnen, mottatt fra Rådgivende Biologer. DHI har selv filtrert rådataene til bruk i modellen. Det er også benyttet hydrografiske profiler for ulike tider av året for vannsøylen i dette fjordområdet og oppmålt bunntopografi i forbindelse med prosjektet.

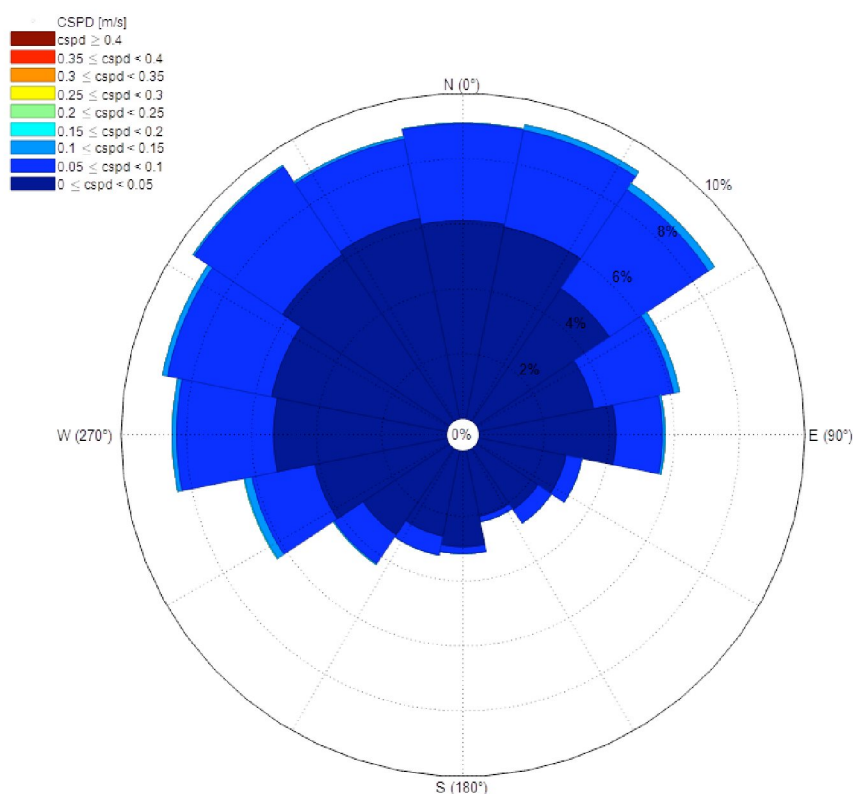
Forventet temperatur på utslippet er 10 grader Celsius. Utslipet skjer via en utslippstunnel med diameter på 3m. Salinitet på utslippet vil variere mellom sesong og om vanninntaket på 40 eller 80 meters dyp benyttes. Rådgivende Biologer har derfor estimert en gjennomsnittlig salinitet på 34,3 psu som er benyttet i modelleringen. Vanddyptet er ca. 100 m ved utslippspunktet.

Følgende næringsstoffkonsentrasjoner i utslippet er ansett som representative etter rensing, og er benyttet som inngangsverdier i modellen (obs: merk at enheten som er benyttet er µg/l, mikrogram per liter):

- Nitrogen (N): 1596 µg/l
- Fosfor (P): 166 µg/l
- Suspendert tørrstoff (S-TS): 3811 µg/l
- Organisk stoff (TOC): 1692 µg/l.

Det er verdt å merke seg at det er ikke tatt hensyn til bakgrunnskonsentrasjoner, og at konsentrasjonene kan anses som overkonsentrasjoner.

Det er planlagt å rette utslippspunktet i nordlig retning (0 grader). Strømbildet lokalt i området indikerer i hovedsak en svak nordlig strøm. Strømrose ved utslippspunktet er vist i Figur 2 nedenfor.



Figur 2 Strømrose ved utslippspunktet

Det er beregnet to forskjellige scenarier for vannmengder;

- Middelvannføring med 650 m³/min og 1,54 m/s hastighet. Dette vil være representativt det aller meste av tiden.
- Maksimalvannføring med 900 m³/min. Dette vil være tilfelle når kar i anlegget skylls.

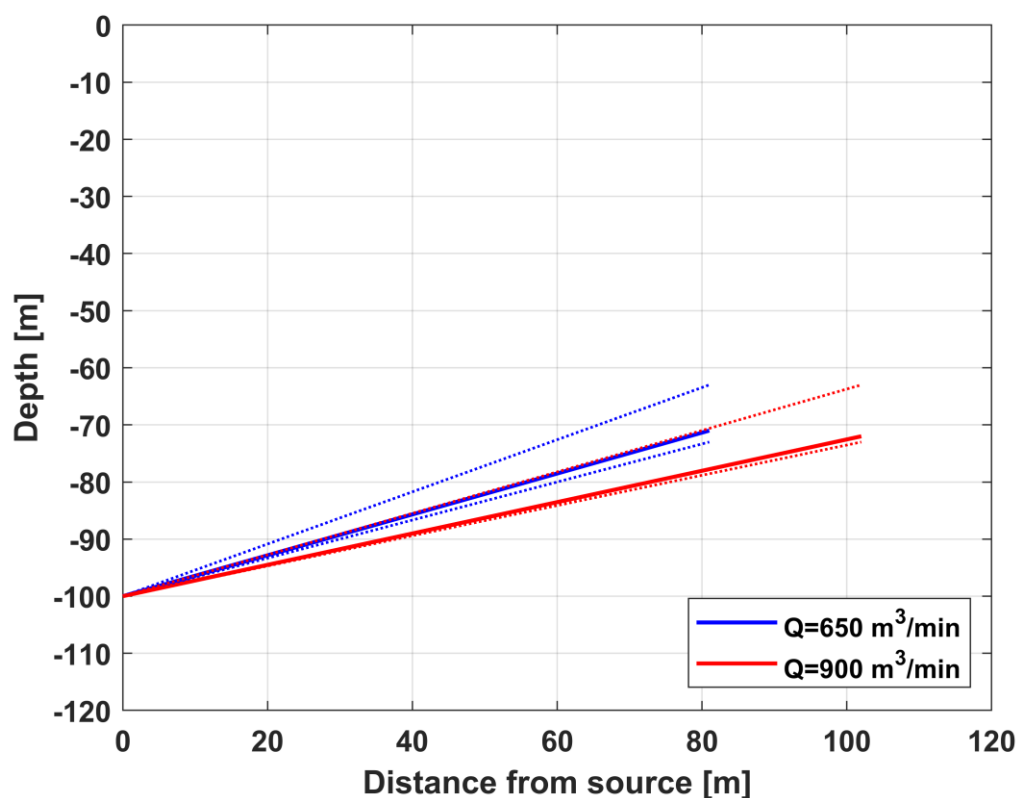
Det er modellert innlagringsdybde i tre romlige dimensjoner, varierende i tid over hele strømmålingsperioden, og det foreligger derfor et stort antall resultater for innlagringsdybde og konsentrasjoner over nær en måneds modellert tid. For å forenkle et komplekst 3-dimensjonalt bilde som varierer i tid er resultatene også sammenfattet ved å presentere 50% og 90% fraktiler. Dette gjøres ved at alle utfallene fra modelleringen samles, sorteres etter verdi for hver av parameterne som sees på. Deretter presenteres den 50% høyeste verdien (midten av alle resultatene) eller den verdien som har 90% av utfallene under seg (altså et mål for nær høyeste verdi). Med verdi i denne sammenhengen menes i hovedsak innlagringsdybde og utstrekning for utslippsfanen eller konsentrasjoner av nitrogen, fosfor og TOC.

Resultatfigurene kan dermed leses som at man presenterer henholdsvis de topp 50% og topp 10% høyeste verdiene som er fremkommet ifra modelleringen.

- 50% fraktil vil være representativt som en middelvariant eller gjennomsnitt,
- 90% fraktil er en konservativ tilnærming, og dette kan sies som i praksis å være et mål for «nær verst tenkelige» resultat eller utfall i løpet av modelleringsperioden.

2 Hovedresultater

Under følger en skjematisk visning av hvordan utslippsfanen utvikler seg i nærfeltet, og ender idet utslippsfanen har nådd innlagringsdybde. Denne figuren sammenfatter i overkant av en måneds dynamiske modellberegninger, og presenteres for middelvannføring og maksimalvannføring. Som figuren indikerer så innlagres utslippsfanen for begge alternativer omtrent på samme dyp, men for maksimalvannføring noe lenger nedstrøms.



Figur 3 Skjematisk visning av utvikling av utslippsfanen, for et gjennomsnitt av verdiene (se også Tabell 1). Kurven stanser idet vannstrømmen har nådd høyeste modellerte

innlagringsdybde. Stiplede linjer viser hhv. øvre og nedre innlagringsdybde som er funnet gjennom modelleringen.

I Tabell 1 og Tabell 2 vises utstrekning av utslippsfanen idet denne stabiliserer seg ved innlagringsdybde, som vil si idet momentum i utslippsfanen ikke lenger kan differensieres ifra vannet for øvrig. I det etterfølgende er gjennomsnittsverdiene fra Tabell 1 og Tabell 2 benyttet.

Tabell 1 Hovedresultater for horisontal utstrekning av utslippsfanen. Tallene representerer verdier for utslippsfanen ved innlagringstidspunktet, når momentum til utslippsfanen ikke kan differensieres fra vannet for øvrig. Beregnet for middel- og maksimalvannføring

Horisontal utstrekning, retning = 0 grader (nordlig)	Kortest distance (x_min)	Gjennomsnitt (x_avg)	Lengst distance (x_max)
Ved middelvannføring (Q=650)	45 m	81 m	93 m
Ved maksimalvannføring (Q=900)	67 m	102 m	103 m

Tabell 2 Hovedresultater for vertikal utstrekning av utslippsfanen. Tallene representerer verdier for utslippsfanen ved innlagringstidspunktet, når momentum til utslippsfanen ikke kan differensieres fra vannet for øvrig. Beregnet for middel- og maksimalvannføring

Vertikal utstrekning, retning = 0 grader (nordlig)	Største dyp (x_min)	Gjennomsnittsdyp (x_avg)	Minste dyp (x_max)
Ved middelvannføring (Q=650)	-73 m	-71 m	-63 m
Ved maksimalvannføring (Q=900)	-73 m	-72 m	-63 m

Under er et mål for konsentrasjonsendringer presentert, som en funksjon av distanse fra utslippspunktet, i Figur 4. Røde kurver representerer middelvannføring på 650 m³/min og grønne kurver representerer maksimalvannføring på 900 m³/min.

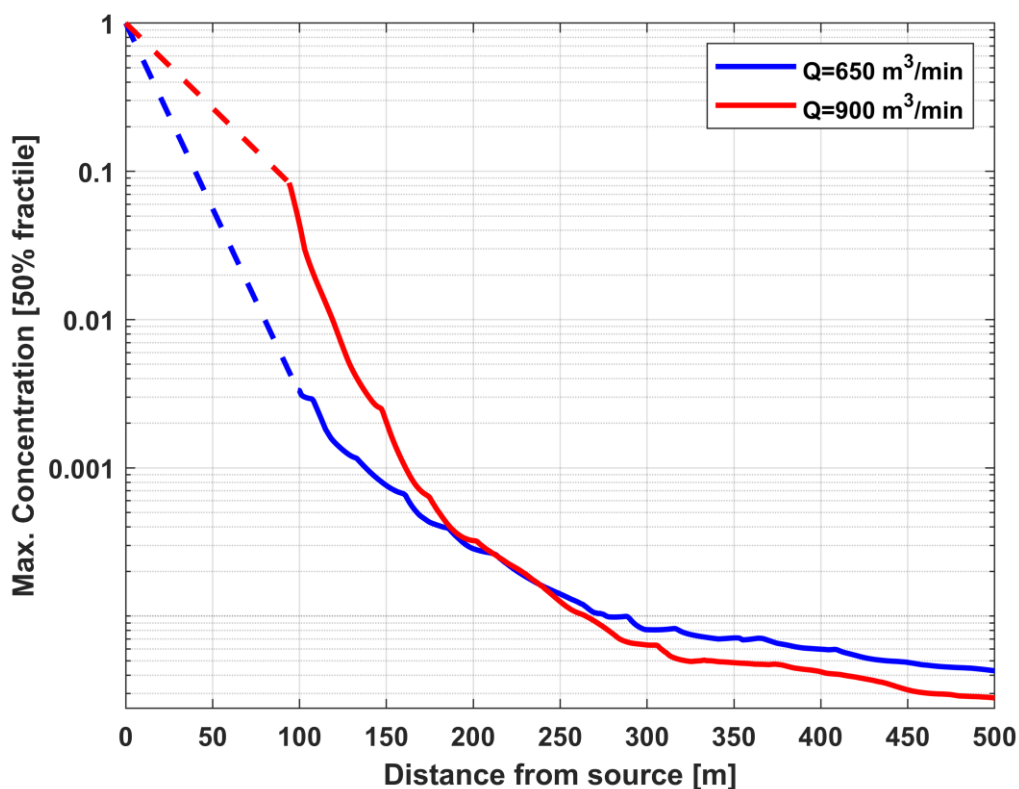
Konsentrasjonen på 1,0 svarer til en utløpskonsentrasjon på 1,0 mg/l eller 1000 µg/l, og de enkelte stoffers konsentrasjonsvariasjon kan beregnes ved å multiplisere utløpskonsentrasjonen med avleste verdier langs y-aksen i figuren.

Kurvene i Figur 4 viser de 50% høyeste verdiene som er funnet gjennom modelleringen, og representerer et gjennomsnittlig utfall i løpet av perioden som er modellert. Merk at dette ikke representerer en konservativ tilnærming, og reell konsentrasjon kan være høyere især nærme utslippspunktet.

Figur 4 er valgt å vises med logaritmisk skala langs y-aksen for å synliggjøre konsentrasjonsendringer langt unna utslippspunktet. Kurvene i nærfeltet, før utslippsfanen innlagres, er opptegnet med en stiplet linje for å synliggjøre indikative kurver. Figuren viser blant annet at;

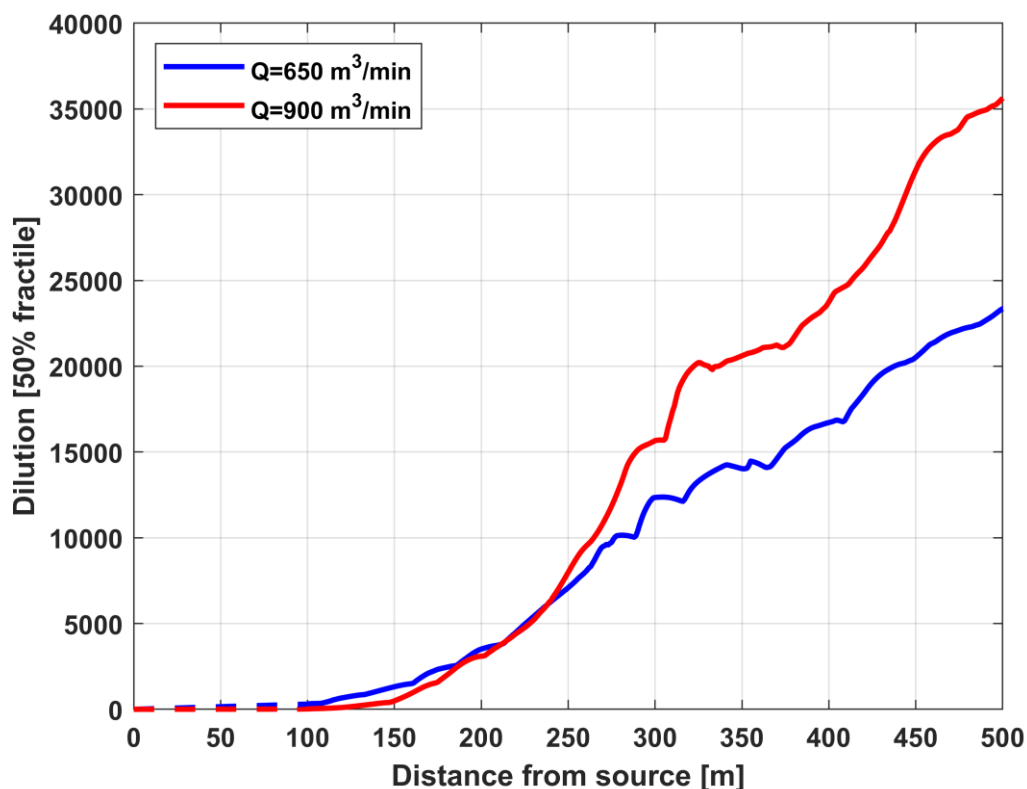
- De største endringene i konsentrasjon av utslippsfanen skjer nærmere utslippspunktet, hvor utslippsfanen er turbulent og drar inn omkringliggende vann inn i strømmen.
- Utslippsfanen fortynnes jevnt før den etter nærmere 500m indikeres å blir liggende mer passiv i fjernfeltet, og transporteres med bakgrunnsstrømmen.
- For en gjennomsnittssituasjon er konsentrasjonen ved innlagring estimert redusert til ca. 0,003 for middelvannføring, altså en ca. 300x reduksjon i forhold til opprinnelig konsentrasjon for alle utslippsalternativene.

- d. Tilsvarende for maksimalvannføring, er denne estimert redusert til 0,08, altså en ca. 12,5x reduksjon.
- e. Ved 500m ifra utslippspunktet er konsentrasjonen redusert betydelig, til rundt 23000x reduksjon for middelvannføring og noe nær 30000x reduksjon i konsentrasjon ved maksimalvannføring.



Figur 4 Beregnet konsentrasjonsnivå for de 50 % høyeste verdiene som er modellert, presentert ved avstand ifra utslippspunkt. Konsentrasjonen er beregnet gjennom et markørstoff (konsentrasjon på 1,0 mg/l eller 1000 µg/l) som er modellert sluppet ut i vannstrømmen.

En alternativ visning av konsentrasjonsendringer er vist i Figur 5 under, der fortyningseffekten kan leses ut ifra kurvene etter avstand ifra utslippspunktet.



Figur 5 Beregnet fortynningsfaktor for de 50 % høyeste verdiene som er modellert, presentert ved avstand ifra utslippspunkt. Faktoren er beregnet gjennom et markørstoff (konsentrasjon på 1,0 mg/l eller 1000 µg/l) som er modellert sluppet ut i vannstrømmen.

3 Differensierte resultater ved innlagring

Under følger noe differensierte resultater, som gir et mer detaljert bilde av utslippsfanen og resultatene som ble presentert i kapittel 2. Tabell 3 og Tabell 4 viser utvalgte resultater og karakteristikk for utslippsfanen ved innlagringstidspunktet for middel- og maksimalvannføring for nordlig utløpsretning.

Tabell 3 Differensierte resultater for middelvannføring på 650 m³/min og 1,54 m/s fra rør. Tallene representerer verdier for utslippsfanen ved innlagringstidspunktet, når momentum til utslippsfanen ikke kan differensieres fra vannet for øvrig. Nøkkeltall hentet ut der minimum og maksimum inntreffer, samt gjennomsnittsverdier og standardavvik. Utgangsretning fra utslippstunnel er nordlig (0 grader).

Q= 650 m³/min, retning = 0 grader (nordlig)	Minimum	Maksimum	Gjennomsnitt	Standardavvik
z "Innlagringsdyp" (m)	-73.1	-62.6	-71.1	1.0
Karakteristisk bredde på utslippsfane (m)	11.9	37.5	13.8	1.5
Distanse horisontalt fra utslippspunkt til der innlagring inntreffer (m)	45.3	92.6	80.9	6.5

Tabell 4 Differensierte resultater for maksimalvannføring på 900 m³/min. Tallene representerer verdier for utslippsfanen ved innlagringstidspunktet, når momentum til utslippsfanen ikke kan differensieres fra vannet for øvrig. Nøkkeltall hentet ut der minimum og maksimum inntreffer, samt gjennomsnittsverdier og standardavvik. Utgangsretning fra utslippstunnel er nordlig (0 grader).

Q= 900 m³/min, retning = 0 grader (nordlig)	Minimum	Maksimum	Gjennomsnitt	Standardavvik
z "Innlagringsdyp" (m)	-73.6	-63.0	-72.0	0.7
Karakteristisk bredde på utslippsfane (m)	13.9	21.8	15.8	1.0
Distanse horisontalt fra utslippspunkt til der innlagring inntreffer (m)	66.9	112.9	102.4	6.1

VEDLEGG A – Innlagringsberegninger

Detaljerte plott

A Detaljerte resultater fra innlagringsberegningene

Dette vedlegget beskriver detaljert hvordan det modellerte utslippet oppfører seg, og er differensiert på tre parametere;

- Vannstrøm (Q=650 og 900 m³/min, for nordlig utløpsretning)
- Næringsstoff (N, P, S-TS og TOC)
- 50% og 90% fraktiler (varierende grad av konservativ tilnærming, med henholdsvis visning av de topp 50% og topp 10% høyeste verdiene)

I figurene er horisontal utstrekning vist gjennom «Easting» - øst-vest-retning, og «Northing» - nord-sør-retning. Enheten er meter.

Resultatverdier for N, P, S-TS og TOC er vist i mikrogram per liter, µg/l.

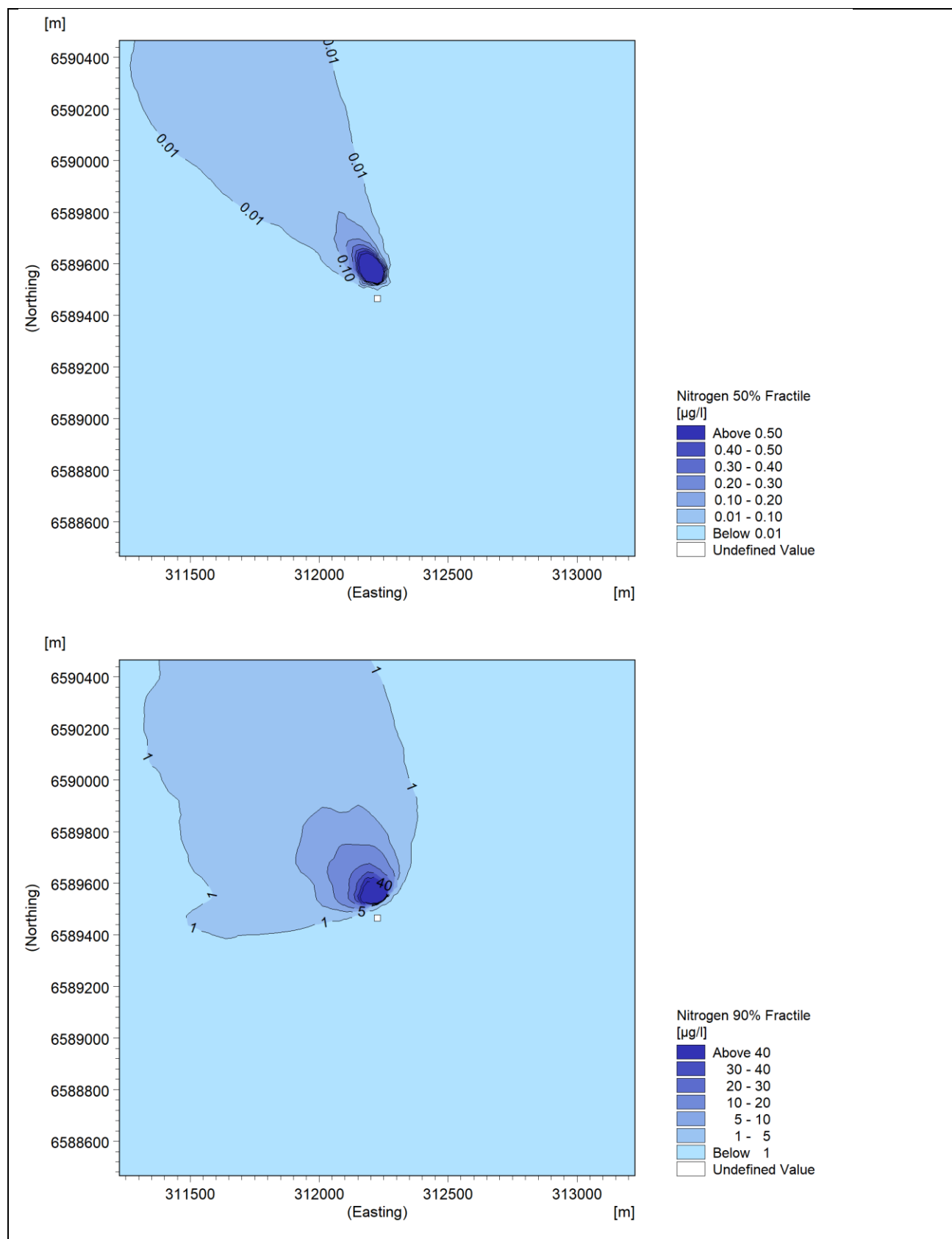
Området helt nær utslippspunktet er modellert med en jetmodell og etterfølgende overført til denne 3-dimensjonale modellen ved aktuelt innlagringsdyp på ca. 71 m dyp som fremkommet tidligere i notatet. Utslippspunkt og omriss for jetmodell er illustrert i figurene.

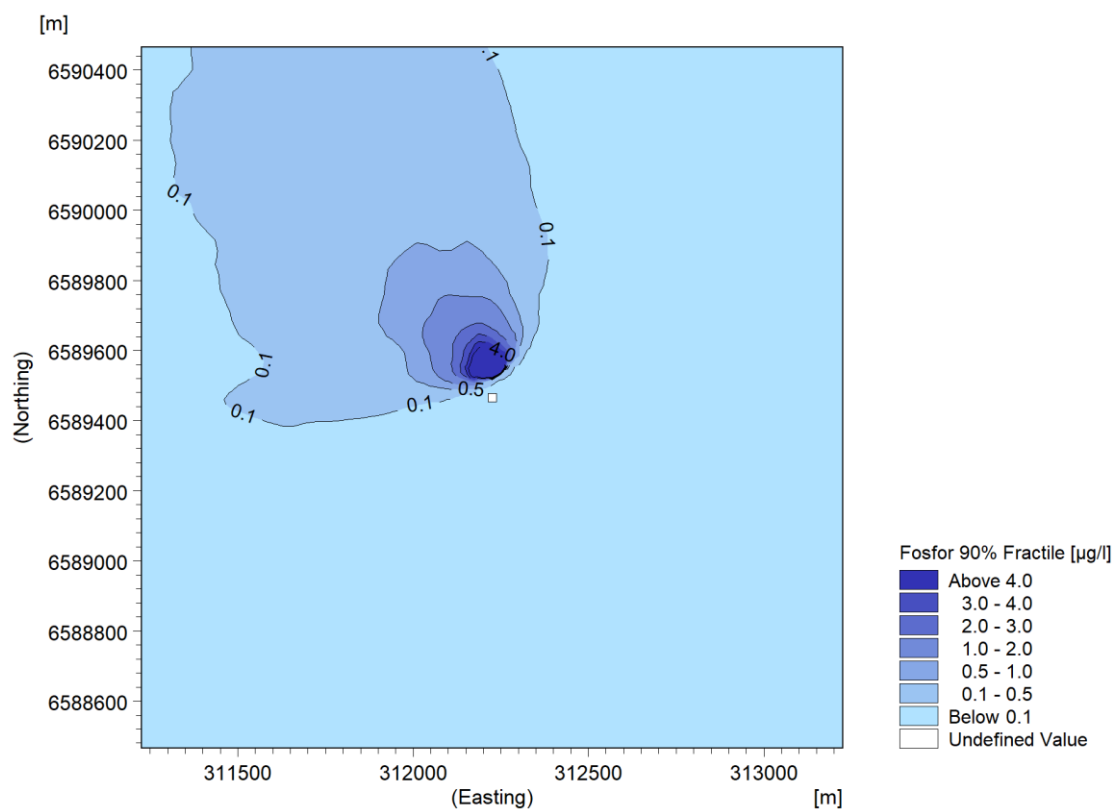
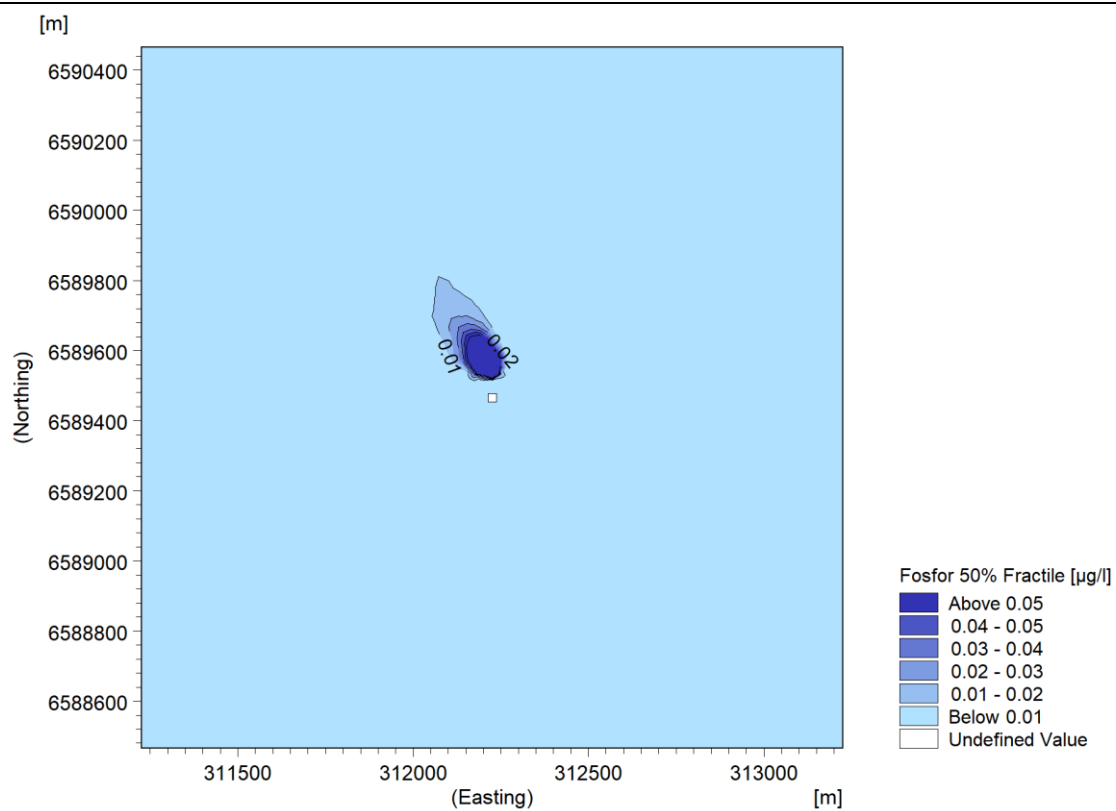
Modellområde er valgt slik at strømmålingene med høy sannsynlighet kan representere hele området, men vil naturlig nok ha større usikkerhet jo lenger unna strømmålingene man går.

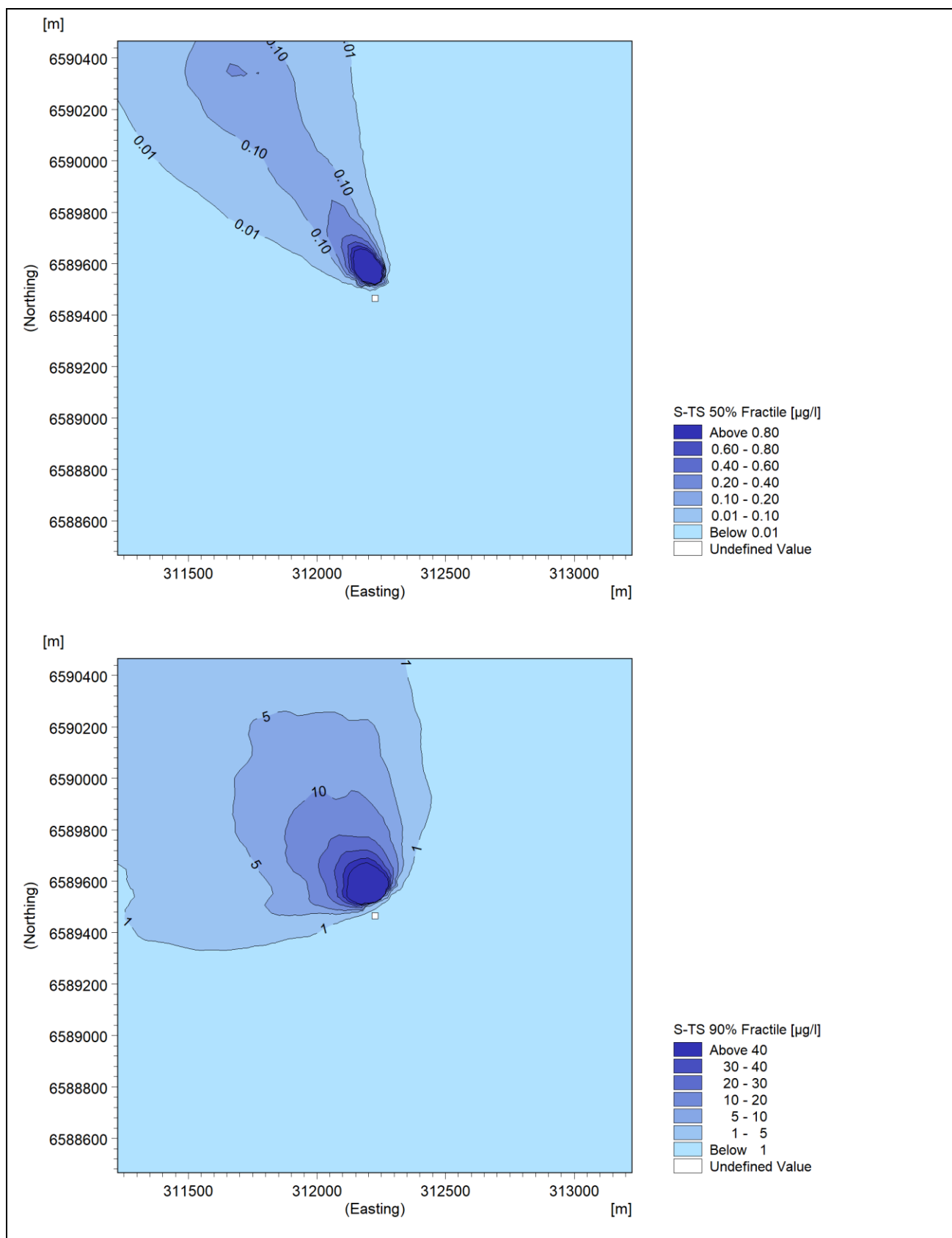
En foreløpig konklusjon er at utslippene ser ut til å gå i en nordlig retning, ut i Yrkefjorden, når strømforholdene fra oppmålinger i en spesifikk periode i 2021 benyttes som inngangsdata.

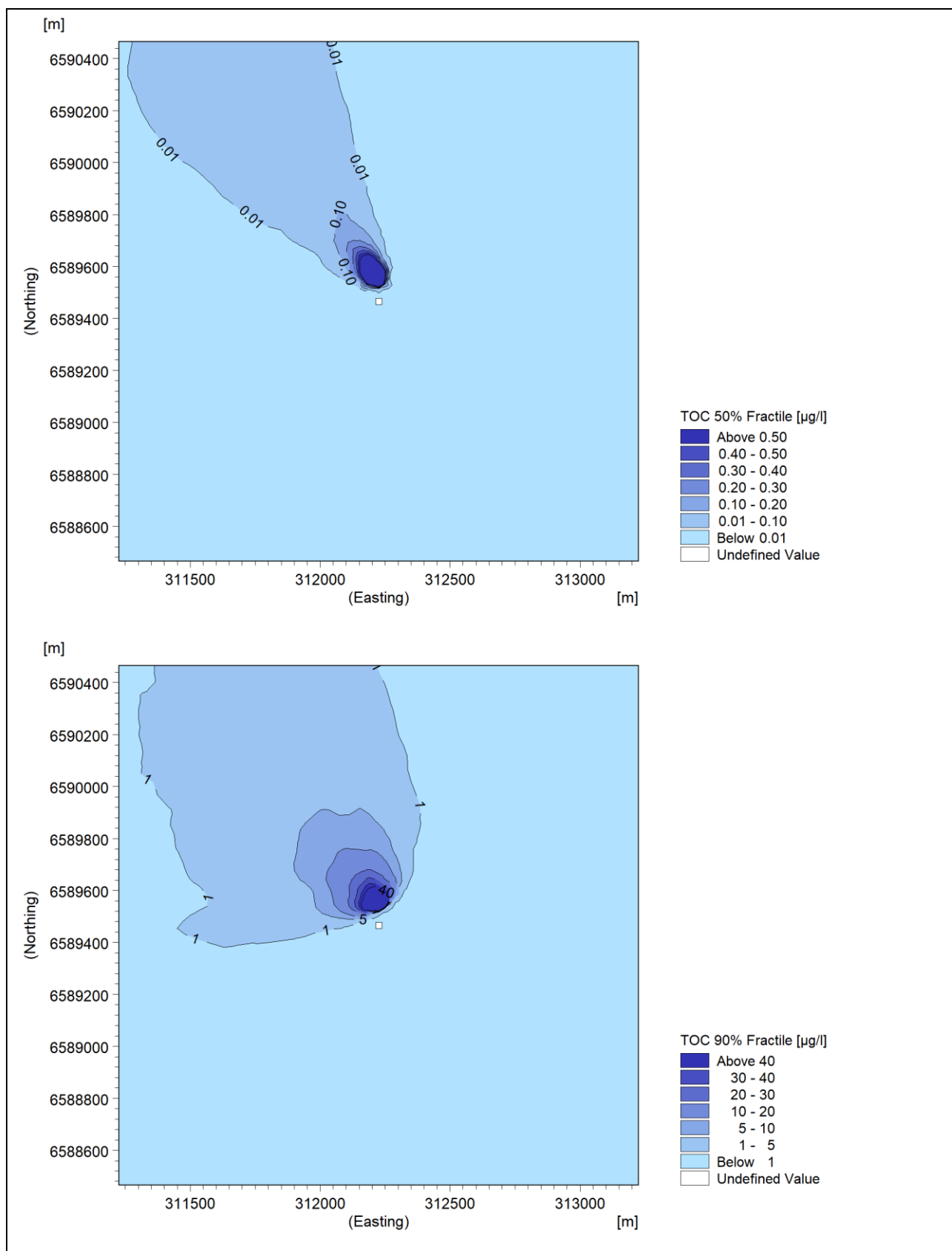
A.1 Detaljerte resultater for middelvannføring i nordlig retning ($Q=650\text{m}^3/\text{min}$, retning 0 grader)

Presentert for Nitrogen (N), Fosfor (P), suspendert tørrstoff (S-TS) og totalt organisk karbon (TOC), og for 50% og 90% fraktiler. Se kapittel 1 for nærmere beskrivelse.









A.2 Detaljerte resultater for maksimalvannføring i nordlig retning ($Q=900\text{m}^3/\text{min}$, retning 0 grader)

Presentert for Nitrogen (N), Fosfor (P), suspendert tørrstoff (S-TS) og totalt organisk karbon (TOC), og for 50% og 90% fraktiler. Se kapittel 1 for nærmere beskrivelse.

