

Kristiansand Havn

# ► Grunnlagsrapport

Søknad om mudring og utfylling i sjø

Havneavsnitt Nord (Kongsgård/Vige)

Oppdragsnr.: 52110063 Dokumentnr.: RIM-02 Versjon: E04 Dato: 12.05.2023



## Grunnlagsrapport

Søknad om mudring og utfylling i sjø

Oppdragsnr.: 52110063 Dokumentnr.: RIM-02 Versjon: E03



**Oppdragsgiver:** Kristiansand Havn  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Steffen Borgar Løvdahl  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Henrik Wergelandsgate 27, NO-4612 Kristiansand  
**Oppdragsleder:** Ignacio Rausa  
**Fagansvarlig:** Marte Eik Isaksen (forfatter)  
**Andre nøkkelpersoner:** Silje Nag Ulla (fagkontroll), Stig Bjørnløw Dalsøren (Strømvurderinger)

E04	12.05.2023	Revidert figur 7 og 21, samt kapittel 4.6	Maeis/sbd	Sinul	Ingrau
E03	20.01.2023	For godkjenning hos myndigheter	Maeis	Sinul	Ingrau
B02	16.12.2022	For gjennomgang hos oppdragsgiver	Maeis	Sinul	Ingrau
A01	02.12.2022	Intern versjon	Maeis	Sinul	Ingrau
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## ► Sammendrag

Kristiansand havn skal tilrettelegge for havneutbygging i Kongsgård/Vige. Dette medfører mudring og utfylling i sjø, samt etablering av vertikale dren for å redusere konsolideringstiden for fyllingen. Norconsult har på oppdrag fra Kristiansand havn gjennomført miljøtekniske undersøkelser av sjøbunnen, prosjektert tiltakene og innhentet relevant grunnlagsinformasjon om lokale forhold som kan påvirkes av tiltaket.

Havneutbyggingen er forventet å pågå i flere faser fordelt over flere tiår. Dette dokumentet gjelder utbygging tilknyttet område SHA4 fase 1, samt en ev. motfylling i område SHA5 for en skråkailøsning. SHA4 fase 1 inkluderer mudring, etablering av vertikaldren og utfylling opp til kote -8. Det er utarbeide egne geotekniske rapporter for SHA4 og SHA5 (Norconsult, 2022) (Norconsult, 2022).

Nøkkeltallene for tiltaket, sjørarbeider opp til kote -8, er beskrevet i Tabell 1.

Tabell 1: Nøkkeltall for tiltaket i Kristiansand Havn

Sted	Areal (ca.) **	Volum (ca.) **	Høyder (iht. NN2000)
SHA4 – utfylling	75 000 m <sup>2</sup>	390 000 m <sup>3</sup>	Før tiltak: 5 - 23 m vanddyp Etter tiltak: kote -8 m
SHA4 – mudring	4000 m <sup>2</sup>	20 000 m <sup>3</sup>	Før tiltak: 5 - 17 m vanddyp Etter tiltak: 10 - 19 m vanddyp
SHA5 - motfylling	42 000 m <sup>2</sup>	225 000 m <sup>3</sup>	Før tiltak: 23 - 39 m vanddyp Etter tiltak: 20 - 35 m vanddyp

\*\* Beregnet areal og volum er basert på dagens kjennskap av grunnforhold. Prosjektert volum

**SHA4:** Deler av sjøbunnen innenfor utfyllingsområdet består av fjell og sprengsteinsfylling. Den delen av sjøbunnen som inneholder sedimenter av betydning består i hovedsak av siltig sand eller sand. Innholdet av finstoff varierer i hovedsak fra 3,8-17,5 % silt og 0,3 - <0,1 leire. Organisk innhold varierer mellom 0,18-0,52 % tørrvekt. Innenfor tiltaksområdet er det påvist i hovedsak PAH'er i tilstandsklasse II, med unntak av antracen i det ene punktet som er i tilstandsklasse III. Det er i tillegg TBT i tilstandsklasse 2 i fire av seks punkter, samt kobber i tilstandsklasse II i et punkt. Figur 21 viser en presentasjon av høyeste påviste tilstandsklasse i hvert punkt.

**SHA5:** Innholdet av finstoff i sedimentene i område SHA5 varierer i hovedsak fra 27 – 72 % silt og 0,2-0,9 % leire. Organisk innhold varierer mellom 0,62-1,2 % tørrvekt. Konsentrasjoner av PAH-forbindelser er i hovedsak i tilstandsklasse II, med unntak av antracen som er i tilstandsklasse III i alle punktene. Konsentrasjonen av TBT er i tilstandsklasse III med unntak av i ett punkt. Tungmetaller er i tilstandsklasse I, med unntak av at det er påvist konsentrasjoner av kobber i tilstandsklasse II i to punkt og i tilstandsklasse IV i ett punkt og konsentrasjoner av kvikksølv i tilstandsklasse II i ett punkt.

Dersom man sammenligner tidligere resultater (eldre enn 10 år) med resultatene fra de nyere prøvetakingene (etter 2020) er forurensningstilstanden på sjøbunnen i all hovedsak forbedret i SHA4, mens situasjonen er tilsvarende i SHA5. Sedimentundersøkelsene viser også at det i all hovedsak er høyere forurensning i influensområdet til tiltakene enn i SHA4, mens det er tilsvarende i SHA5.

Trinn-1 risikovurderingen viser at sedimentene innenfor SHA-4 utgjør en akseptabel økologisk risiko, med unntak av de dypereliggende sedimentene som skal mudres. SHA-5 har overskridelse av trinn-1 grenseverdien for antracen.

## Grunnlagsrapport

Søknad om mudring og utfylling i sjø

Oppdragsnr.: 52110063 Dokumentnr.: RIM-02 Versjon: E03



En oppsummering av miljørisiko og avbøtende tiltak er vist i Tabell 8 i kapittel 5.

Det utføres en modellering og beregning av spredning av partikler fra mudring og utfylling i anleggsfasen, resultatene vil beskrives i en egen rapport hvor også ytterligere avbøtende tiltak for partikkelspredning vil vurderes. Denne rapporten ettersendes søknaden ila. februar.

## ► Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Bakgrunn</b>	<b>10</b>
2.1	Beskrivelse av faser i havneutbyggingen	10
2.2	Fase 1: Utfylling og mudring i sjø, nedsetting av ev. vertikaldren	12
2.2.1	<i>Omfang</i>	12
2.2.2	<i>Disponering av mudringsmasser</i>	13
2.3	Myndighetskrav og saksgang	14
2.4	Planer og arealbruk	14
2.5	Prøvetaking og undersøkelser i området	17
<b>3</b>	<b>Lokale forhold</b>	<b>18</b>
3.1	Resipientbeskrivelse	18
3.2	Friluftsjøinteresser	18
3.3	Kabler og ledninger	19
3.4	Sjøtrafikk	21
3.5	Kulturminner	21
3.6	Utfyllingshistorikk og grunnforhold	21
3.7	Naturmangfold og vannmiljø	24
3.8	Forurensningssituasjon	26
3.8.1	<i>Sedimentundersøkelser</i>	26
3.8.2	<i>Resultater</i>	26
3.8.3	<i>Trinn-1 risikovurdering sediment</i>	29
3.9	Strømvurderinger	30
<b>4</b>	<b>Miljørisikovurdering</b>	<b>31</b>
4.1	Innledning	31
4.2	Beslag av sjøbunnsområder	31
4.3	Spredning av miljøgifter fra sjøbunnen	31
4.3.1	<i>Porevann</i>	31
4.3.2	<i>Partikler</i>	31
4.4	Spredning av forurensning fra utfyllingsmasser	32
4.4.1	<i>Nitrogen</i>	32
4.4.2	<i>Plast</i>	32
4.5	Spredning av partikler	33
4.6	Endring av strømforhold	33
4.7	Konsekvensvurdering naturtyper og vannmiljø	34
<b>5</b>	<b>Oppsummering av miljørisiko og avbøtende tiltak</b>	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>Referanser</b>	<b>39</b>

## Grunnlagsrapport

Søknad om mudring og utfylling i sjø

Oppdragsnr.: 52110063 Dokumentnr.: RIM-02 Versjon: E03



### Vedlegg:

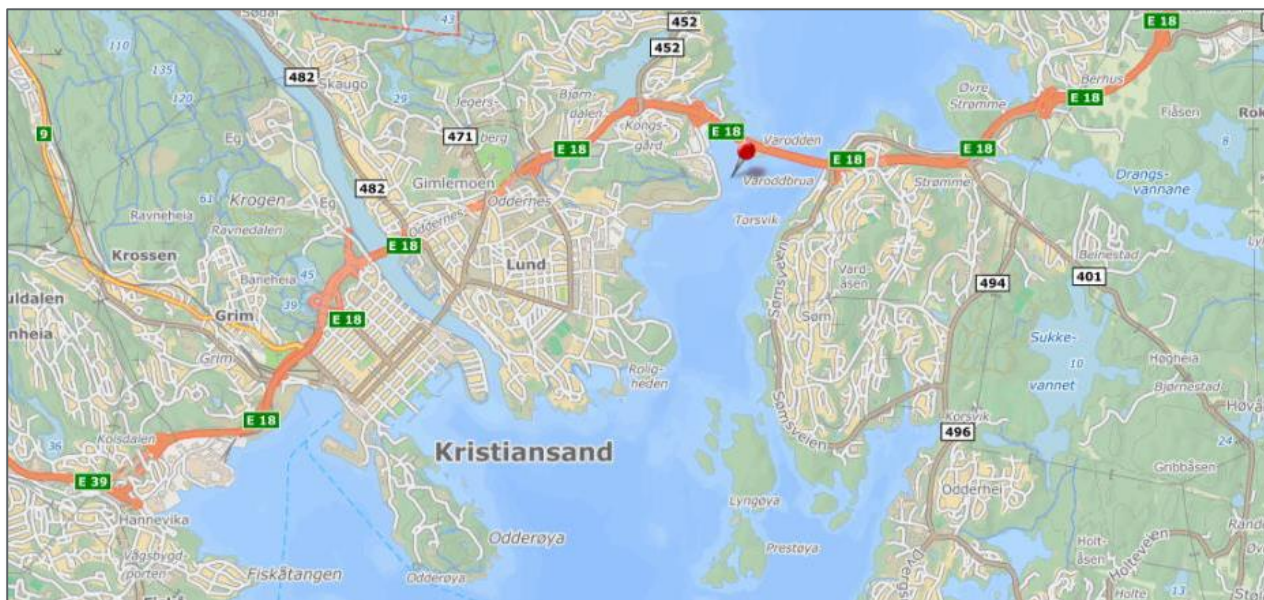
- Vedlegg A: Datarapport sediment Havneavsnitt Nord
- Vedlegg B: Datarapport sediment Havneavsnitt Nord V059
- Vedlegg C: NV42E39VK-YML-NOT-0002-Miljøteknisk undersøkelse i Vige- Datarapport sediment\_b01
- Vedlegg D: Datarapport sjøfjær
- Vedlegg E: Konsekvensvurdering naturtyper Havneavsnitt Nord
- Vedlegg F: NV42E39VK-YML-NOT-0004-Narviga- kartlegging av sjøbunnen b01
- Vedlegg G: Topdalsfjordutredningen
- Vedlegg H: Tegning RIM01 – Sedimentundersøkelser, historisk og nåværende
- Vedlegg I: Rapport Norsk Maritimt Museum
- Vedlegg J: Geoteknisk datarapport, 52110063-RIG01

# 1 Innledning

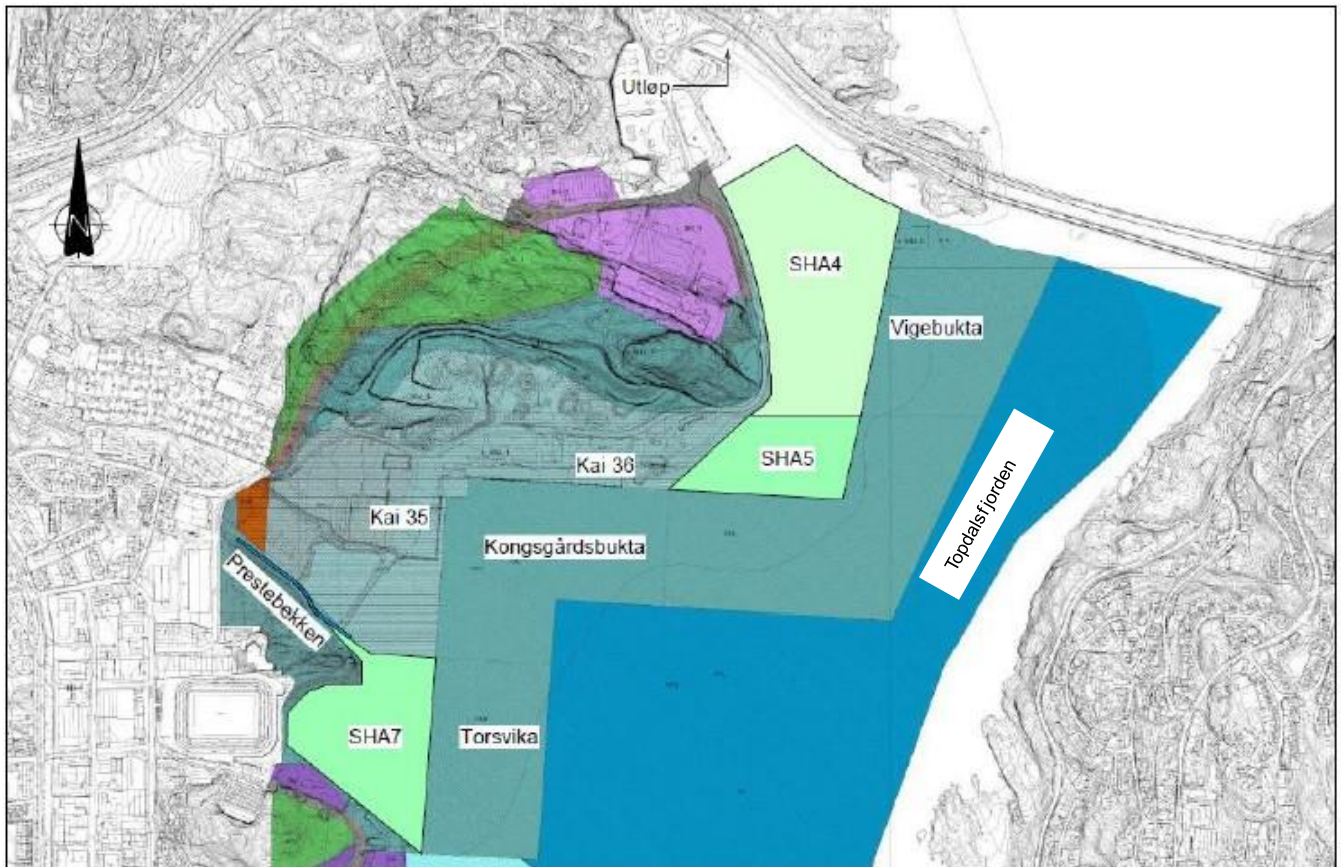
Kristiansand havn skal tilrettelegge for havneutbygging i Kongsgård/Vige. Dette medfører utfylling og mudring i sjø, samt å sette vertikale dren for å redusere konsolideringstiden for fyllingen. Norconsult har på oppdrag fra Kristiansand havn gjennomført miljøtekniske undersøkelser av sjøbunnen, prosjektert tiltakene og innhentet relevant grunnlagsinformasjon om lokale forhold som kan påvirkes av tiltaket.

Havneutbyggingen er forventet å pågå i flere faser fordelt over flere tiår. Dette dokumentet gjelder utbygging tilknyttet område SHA 4 fase 1, samt motfylling i område SHA5. SHA4 fase 1 inkluderer mudring, etablering av vertikaldren og utfylling opp til kote -8. Formålet med dette dokumentet er å gi en utfyllende beskrivelse av punkter som skal belyses i Statsforvalteren i Agder (SFAG) sitt *Søknadsskjema for tiltak i sedimenter i sjø og vassdrag (mudring, utfylling, dumping av masser og andre tiltak)* og Miljødirektoratets veileder M-350 | 2015: *Veileder for håndtering av sediment – revidert 25.mai 2018*.

Tiltaksområdets plassering er vist i figur 1, Figur 2 og figur 3.



Figur 1: Lokalisering av utfyllingsområdet i Vige, i Kristiansand. Kartutsnitt hentet fra kart.finn.no.



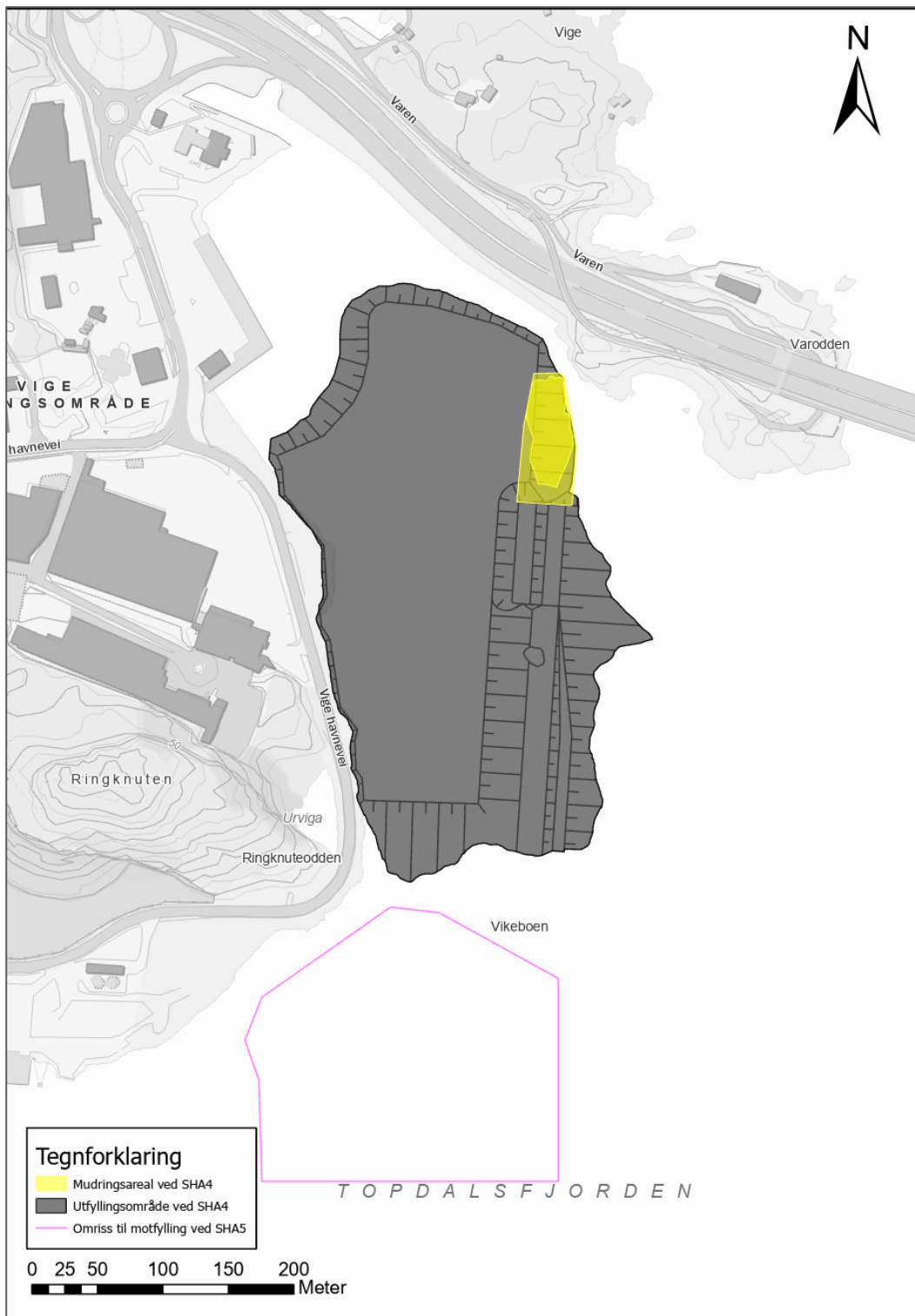
Figur 2: Utsnitt fra kommunedelplan som viser regulerte områder (27.03.2019), hentet fra geoteknisk rapport 52110063-RIG03.



# Grunnlagsrapport

Søknad om mudring og utfylling i sjø

Oppdragsnr.: 52110063 Dokumentnr.: RIM-02 Versjon: E03



Figur 3: Lokalisering og utbredelse av utfyllingsområdene, gul farge viser mudringen i SHA4, grå farge viser utfyllingen i SHA4 og rosa strek viser avgrensningen av motfyllingen i SHA5.

## 2 Bakgrunn

### 2.1 Beskrivelse av faser i havneutbyggingen

Tilrettelegging for utvikling av havnearealer SHA4 og SHA5 i Havneavsnitt Nord medfører behov for utfylling i sjø. Det skal etableres en fylling samt motfyllinger.

Utstyr og metode som benyttes til utfylling vil avhenge av entreprenørens løsningsforslag. Entreprenør er ikke kontrahert på nåværende tidspunkt. Eventuelle vilkår i tillatelsen fra SFAG vil implementeres i konkurransegrunnlaget til entreprenør der dette er relevant.

Fremdriften av utfyllingsarbeidene i SHA4 kan settes opp i følgende faser, hvor det kun er fase 1 som det søkes om i denne søknaden. Det vises til geoteknisk rapport 52110063-RIG03-Områdestabilitet (Norconsult, 2022):

1. Utfylling opp til kote -8, samt mudring i nord, og eventuelt nedsetting av vertikaldren (denne søknaden):
  - a. Utfylling av sprengstein mottatt fra f.eks. Ytre ringveg prosjekt (YR).
  - b. Utfylling av sprengstein mottatt fra andre prosjekter i området. Disse prosjektene er ikke identifisert enda.
2. Undervannsprengning av Vigeboen ned til kote -10, samt sprengning i SHA5, tidspunkt for gjennomførelse av sprengning er usikkert og vil inkluderes i en senere søknad.
3. Konsolideringsfase: 11 år i den nordlige delen av området. Omtrent 6 år i den sørlige delen av området. Konsolideringstiden i den nordlige delen av området kan kortes ned til noen måneder ved å sette vertikaldren.
4. Utfylling opp til kote -2.
5. Konsolideringsfase: 3 – 6 år. Dersom det settes vertikaldren i nord, vil ikke den nordlige delen behøve en konsolideringsfase på dette tidspunkt.
6. Utfylling opp til kote +2,5.
7. Konsolideringsfase: 3 – 4,5 år. Dersom det settes vertikaldren i nord, vil ikke den nordlige delen behøve en konsolideringsfase på dette tidspunkt.

Det kan bli behov for motfylling i SHA5, og det er dermed tatt med som et alternativ i reguleringsarbeidet. Eksakt omfang bestemmes etter supplerende geotekniske undersøkelser, beregninger og endelig valg av løsning. I denne søknaden er det lagt til grunn en motfylling for SHA5. Det vises til geoteknisk rapport 52110063-RIG04-Områdestabilitet (Norconsult, 2022)

I SHA5 kan det bli behov for å etablere en motfylling, utfyllingsarbeidene i SHA5 består kun av en fase (utfylling opp til kote -19, med en gjennomsnittlig tykkelse på ca. 5 m). På et senere tidspunkt skal det mudres sør for SHA5, det vil også være noe graving i bakkant av kaiplate for at den skal bli stabil.

Figur 4 viser det planlagte tiltaket. Hele tiltaksområdet (SHA4 og SHA5) vil bli berørt av første fase, men kun opp til kote -8.

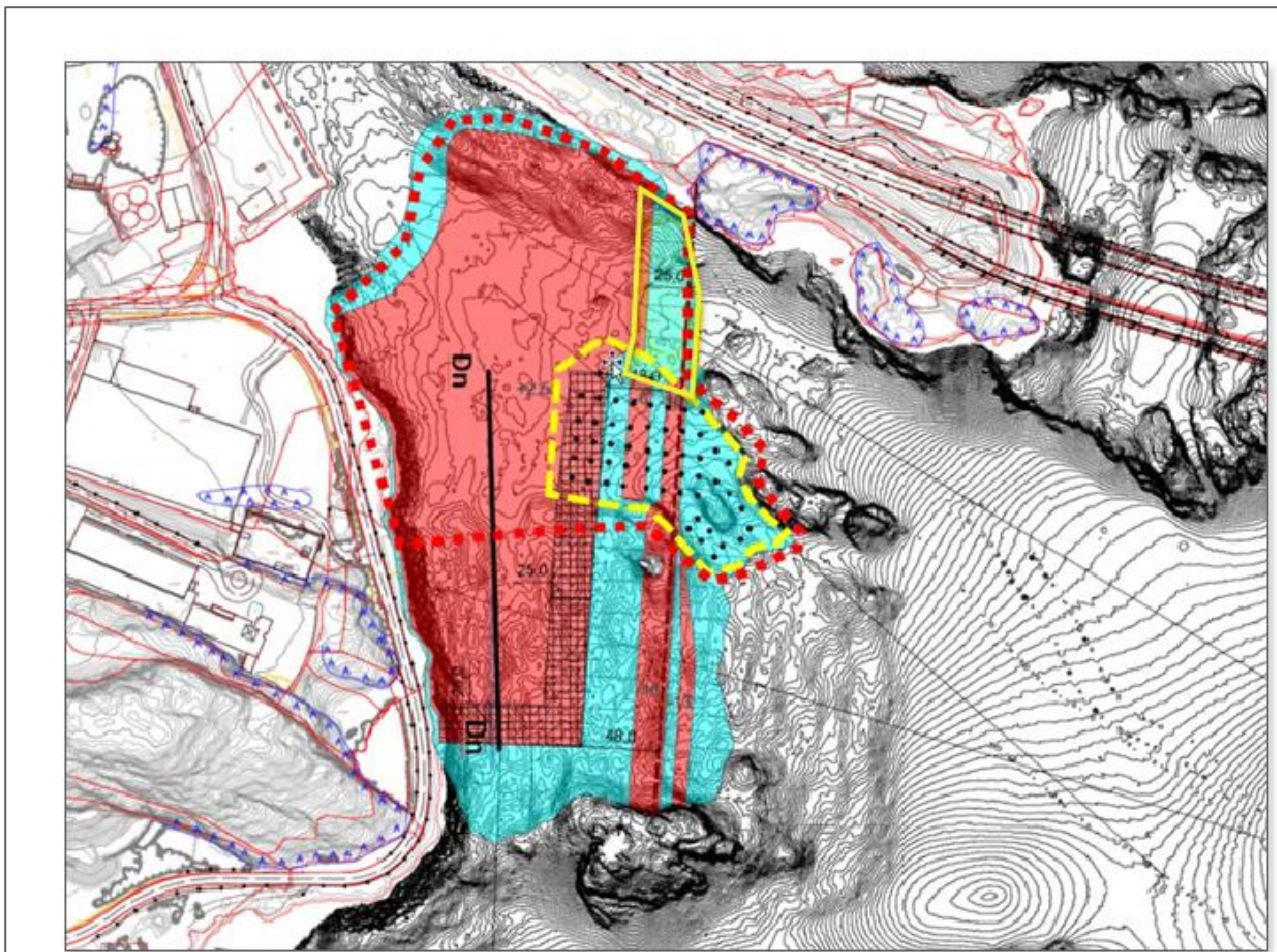
Nøyaktige tidspunkter for gjennomføring er foreløpig usikre. Oppstartstidspunkt vil i hovedsak avhenge av når fyllingsmasser er tilgjengelig, men trolig i løpet av høsten 2023. Det er beregnet hvor lang tid mudring og utfylling vil ta basert på mengder og erfaringer fra tidligere prosjekt. Det er tatt utgangspunkt i 12 timers dager, 6 dager i uken.

Beste estimat for varighet for mudring i SHA4 er 1-2 uker. Ved en lav mudringrate er det beregnet at det kan ta 3 uker

Beste estimat for varighet for utfylling i SHA4 er 27 uker. Ved en lav utfyllingsrate er det beregnet at det kan ta 54 uker.

Beste estimat for varighet for etablering av motfylling i SHA5 er 13 uker. Ved en lav utfyllingsrate er det beregnet at det kan ta 26 uker

Denne søknaden omhandler punkt 1 under SHA4; utfylling av massene som mottas fra f.eks. YR-prosjektet og ev. andre prosjekter, til maksimalt kote -8, mudring av et område i nord, samt ev. vertikaldren. Samt motfylling i SHA5 til maksimalt kote -8. Forventet varighet er ca. 10-11 måneder, og opp mot 1 år og 9 måneder ved lave rater. Søknad for utfylling høyere enn dette, samt sprengning av deler av Vigeboen, og mudring sør for SHA5, vil komme på et senere tidspunkt, når en reguleringsprosess opp til kote +2,5 er i gang.



Figur 4: Utsnitt fra geoteknisk figur som viser tiltaket. Røde områder viser utfyllingsflater, blå områder viser utfyllingsskråninger, rød stiplet linje viser området hvor konsolideringstiden kan kortes ned ved å sette vertikaldren, gul stiplet linje viser området for minimumsløsning av vertikaldren, gul heltrukket linje viser omtrentlig mudringsområde. (Norconsult, 2022)

## 2.2 Fase 1: Mudring og utfylling i sjø, nedsetting av ev. vertikaldren

### 2.2.1 Omfang

#### Mudring i forkant av utfylling

Nordøst i utfyllingsområdet skal det mudres før utfylling for å øke stabiliteten av utfyllingen samt redusere omfanget av fyllingen betraktelig.

Det skal mudres i et område på ca. 4000 m<sup>2</sup>. Totalt vil det mudres ca. 20 000 m<sup>3</sup>. Volumet er beregnet ut fra snitt basert på geotekniske totalsonderinger.

Mudringsmetode er ikke bestemt, men mudringen vil utføres fra flåte.

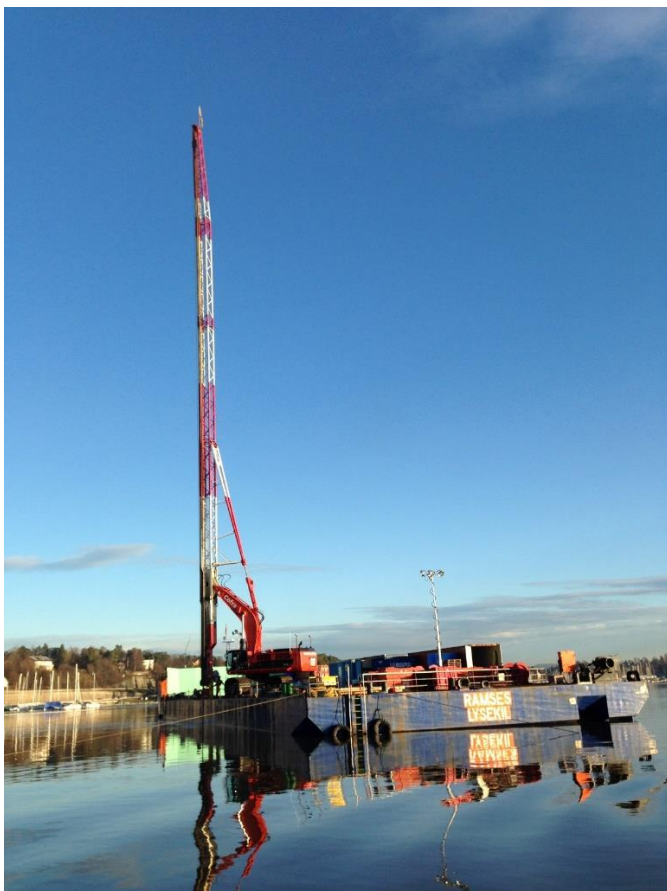
#### Nedsetting av vertikaldren for å korte ned konsolideringstiden

I den nordlige delen av utfyllingen, markert med rød stiplet linje i Figur 4, kan konsolideringstiden kortes ned betraktelig ved å sette vertikaldren. Det er to mulige løsninger:

1. Vertikaldren settes i hele området markert med rød stiplet linje. Konsolideringstiden vil kun ta noen måneder. Potensielt kan hele utfyllingen opp til kote +2,5 utføres i løpet av et år. Fyllingen vil da også være tilnærmet setningsfri, og det kan settes opp eventuelle bygg for havnedrift på området.
2. Vertikaldren settes kun innenfor området markert med gul stiplet linje. Konsolideringstiden vil kun ta noen måneder. Potensielt kan hele utfyllingen opp til kote +2,5 utføres i løpet av et år. Fyllingen vil imidlertid ikke være helt setningsfri, det kan ikke settes opp noen bygg ifm. havnedriften, men arealet kan benyttes til havnedrift.

Ved løsning 1 vil det settes i størrelses ca. 3000 vertikaldren, mens det i løsning 2 vil settes i størrelsesorden ca. 1000 vertikaldren. Denne søknaden vil omfatte løsning 1, det vil si det største omfanget av vertikaldren. Eventuell justering ned til minimumsløsning for vertikaldren vil tas på et senere tidspunkt basert på kost/nytte.

Vertikaldren settes ved å presse en stikke med et dren ned i sedimentet, se Figur 5. Deretter trekker man opp stikken og drenet blir stående igjen nede i sedimentet. Hensikten med vertikaldren er å få raskere dissipering av poreovertrykk slik at man har en bedre kontroll under oppbyggingen av ny fylling, samt fremskynde setningsutviklingen. Setting av vertikaldren vil føre til en raskere frigjøring av porevann, dette er beskrevet nærmere i kapittel 4.3.1.



Figur 5 Installasjon av vertikaldren fra lekter, ref. <https://batcofra.se/referensprosjekt/vertikaldrnering/2014-2015/>

#### **Utfylling opp til kote -8 i SHA4:**

Utfyllingen berører et areal på 75 000 m<sup>2</sup>, og medfører tilføring av et volum sprengstein på ca. 390 000 m<sup>3</sup> (prosjektet volum).

Utfyllingen vil i hovedsak skje fra flåte, men i noen områder vil det trolig fylles fra land.

#### **Motfylling i SHA5:**

Utfyllingen berører et areal på ca. 42 000 m<sup>2</sup>, og medfører tilføring av et volum sprengstein på ca. 225 000 m<sup>3</sup> (prosjektet volum).

Utfyllingen vil skje fra flåte.

### **2.2.2 Disponering av mudringsmasser**

Det er tatt tre miljøtekniske prøver av overflatesediment i nærheten av området hvor det skal mudres. Disse prøvene viser at det øverste laget består av sand med forurensningstilstand i tilstandsklasse II i henhold til veileder M608. Det er i midlertidig historiske data som viser tilstandsklasse V i området rundt. Disse resultatene er over 10 år gamle, og kan bety at dypere liggende lag har høyere forurensning.

Forurensningsgrad i dypere sedimenter må avklares med ytterligere sedimentprøvetaking i anleggsfasen. Mektigheten av forurenset lag er vanskelig å anslå uten prøvetaking, men det kan forventes en del

sedimentasjon grunnet tilførsel av sedimenter fra Topdalselva/Todalsfjorden og kulverten fra Narviga. Det legges derfor opp til at det først mudres ned til ca. 50 cm. Deretter tas det ut tre prøver, hver bestående av fire delprøver, iht. veileder M-409<sup>1</sup>. Dersom det er mulig bør man ta ut kjerneprøver ved bruk av dykker, man vil da kunne avgrense forurensningen i dypere lag.

### 2.3 Myndighetskrav og saksgang

Alle tiltak i sjø som omfatter mudring, dumping og/eller utfylling fra skip er søknadspliktige, basert på et generelt forbud nedfelt i forurensningsforskriftens kapittel 22. Tiltak i sjø utført fra land kan være søknadspliktige etter forurensningsloven §7 dersom de medfører fare for skade eller ulempe for miljøet.

M-350 | 2015: *Veileder for håndtering av sediment – revidert 25.mai 2018*, gir veiledning ved planlegging av tiltak som omfatter sedimenter i sjø, vassdrag og innsjøer. Veilederen kategoriserer et tiltak basert på areal og volum som vist i tabell 2 (Miljødirektoratet, 2015).

Tabell 2: Tiltakets kategori basert på volum og areal (M-350).

Tiltakets størrelse basert på volum og areal		
Kategori	Volum	Areal
Små tiltak	<500 m <sup>3</sup>	<1000 m <sup>2</sup>
Mellomstore tiltak	>500 m <sup>3</sup> og <50 000 m <sup>3</sup>	>1000 m <sup>2</sup> og <30 000 m <sup>2</sup>
Store tiltak	>50 000 m <sup>3</sup>	>30 000 m <sup>2</sup>

Det planlagte tiltaket berører ca. 117 000 m<sup>2</sup>, utfylling av 615 000 m<sup>3</sup> sprengstein og mudring av ca. 20 000 m<sup>3</sup>, og regnes derfor som et stort tiltak. Tilnærmet hele tiltaksområdet innenfor SHA4 er grunnere enn 20 meter, mens tilnærmet hele tiltaksområdet innenfor SHA5 er dypere enn 20 meter. Tiltakets størrelse er avgjørende for hvilke undersøkelser som skal gjennomføres. I henhold til veileder M-350 skal man ved store tiltak utføre sedimentundersøkelse og naturkartlegging. I henhold til veileder M-409 er det krav til prøvetaking i totalt 9-10 stasjoner på det aktuelle utfyllingsområdet (Miljødirektoratet, 2015).

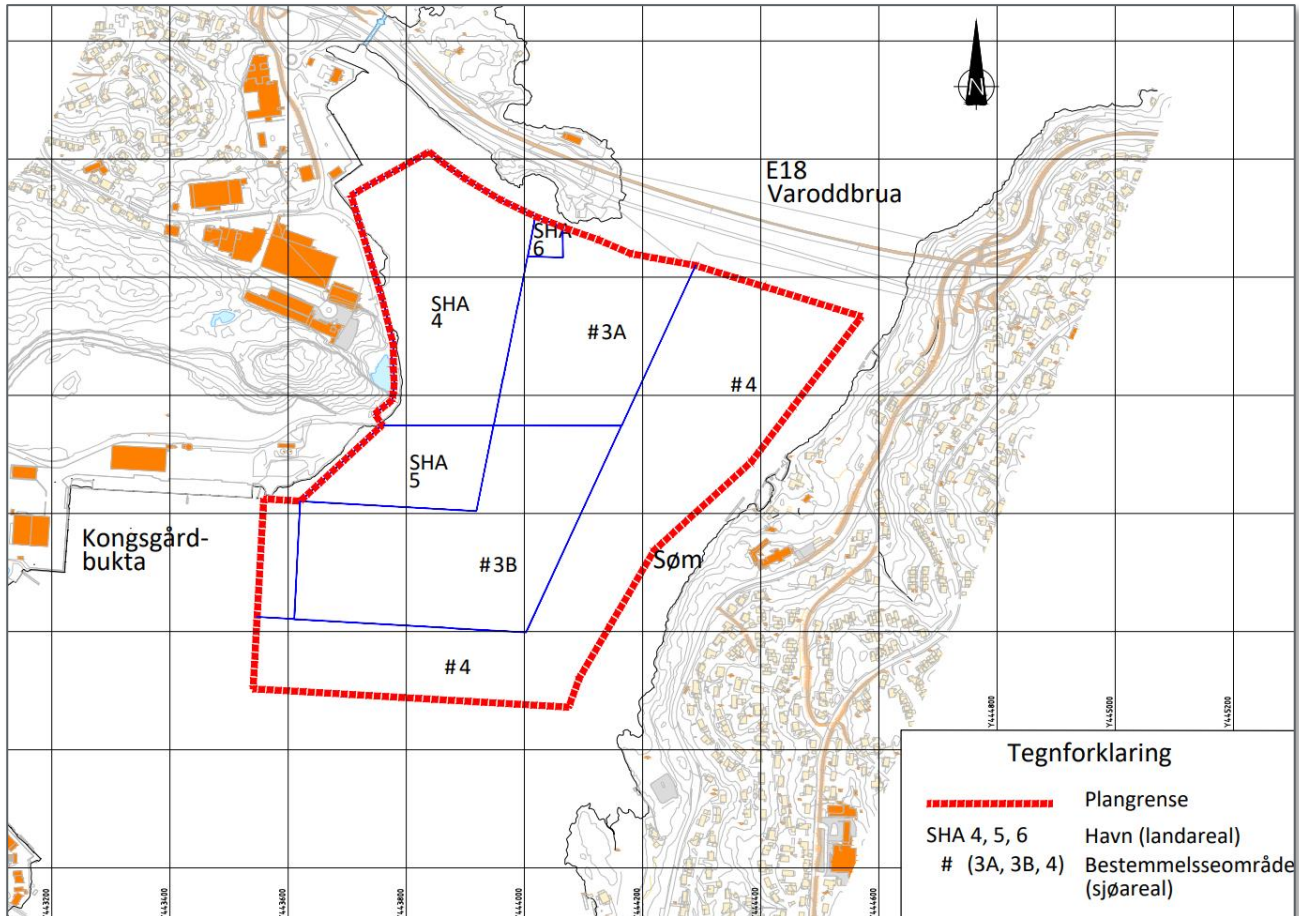
Tiltaket er søknadspliktig etter plan og bygningslovens §20-1 bokstav k, fordi det regnes om et vesentlig terrenginngrep

Tiltaket er også søknadspliktig etter havne – og farvannsloven, det må avklares om det er Kystverket eller lokal havnemyndighet som skal behandle denne saken.

### 2.4 Planer og arealbruk

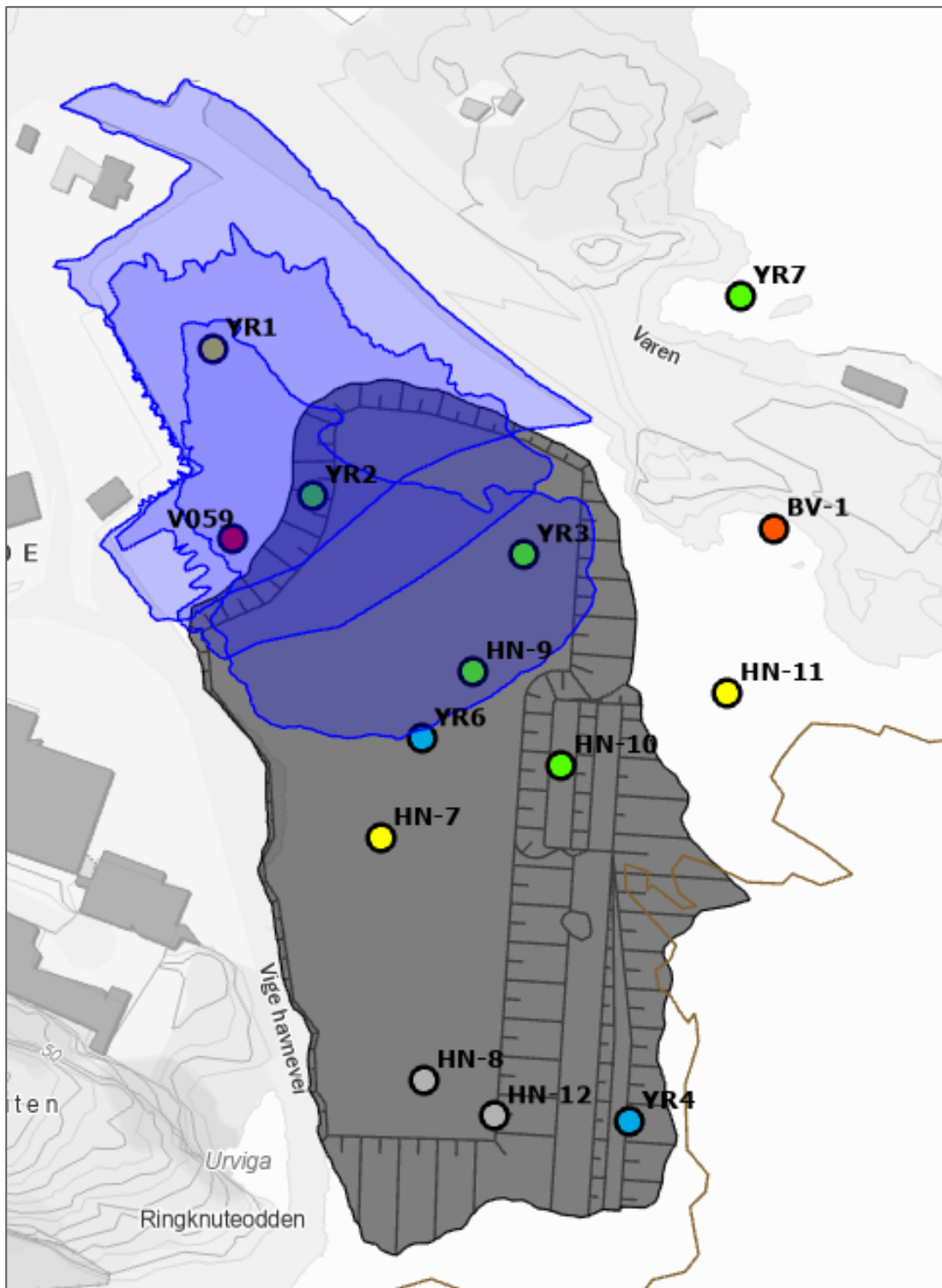
Området omfattes av kommunedelplanen 2011-2022, denne dekker deler av utfyllingsområdet, men utfyllingsområdet går utenfor plangrensen på noen områder, i form av motfyllinger i sjø for å ivareta nødvendig områdestabilitet. I tillegg har Kristiansand Havn en prosess med ny detaljreguleringsplan for området opp til kote -8, *Detaljregulering Kongsgård – Vige Havneområde, SHA4, SHA5 og SHA6* (ViaNova, 2021), Figur 6 viser plangrensen for varslingen. Varsel om igangsetting av detaljreguleringen ble sendt ut 14. desember 2021, politisk behandling våren 2023.

<sup>1</sup> M-409 sier at det ved områder < 30 000m<sup>2</sup> bør minimum tas prøver i tre stasjoner.



Figur 6: Utsnitt fra tegning "Plangrense for varsling" ifm. varsel om oppstart av detaljregulering Kongsgård - Vige Havneområde SHA4, SHA5, SHA6.

Utfyllingen i sjø i Nye veiers prosjekt E18 Ytre Ringvei overlapper delvis med tiltaksområdet i dette prosjektet. I forbindelse med kryssløsningen i Vige vil Ytre Ringvei prosjektet føre til en utfylling i Vigebukta, trolig 2023/2024. Tidspunkt for oppstart er ikke kjent, men det er forutsatt i denne søknaden at utfyllingen for Ytre Ringvei vil skje før utfyllingen for Havneavsnitt Nord, men stedvis parallelt (sør i SHA4 og i SHA5). Figur 7 viser utfyllingsområdet for Ytre Ringvei og for Havneavsnitt Nord.



Figur 7: Utfyllings- og motfyllingsområdet for Ytre Ringvei (blått fyll) og for Havneavsnitt Nord (grått fyll). Stasjoner for prøvetaking av sediment er vist med fylte sirkler, klassifisert med fargekoding i henhold til høyeste påviste tilstandsklasse etter M608, grå farge på stasjoner indikerer at det ikke var mulig å ta opp prøve grunnet fjell eller stein.



## 2.5 Prøvetaking og undersøkelser i området

Det har vært gjennomført flere miljøtekniske undersøkelser og utredninger i området. En oversikt over tidligere utredninger er gitt i Tabell 3. Undersøkelsene er nærmere beskrevet i kapittel 3.7 og 3.8.

Tabell 3: Oversikt utførte utredninger og undersøkelser i området.

Årstall	Utredning/undersøkelse	Prosjekt
2022	Datarapport sediment. Utfylling i sjø. Havneavsnitt Nord (Oppdragsnr.: 52110063 Dokumentnr.: RIM-01 Versjon: B01 Dato: 2022-04-22) (Norconsult, 2022)	Havneavsnitt Nord
2022	Datarapport: Supplerende kartlegging av sjøfjærbunn i Kristiansand. (Norconsult, 2022)	Havneavsnitt Nord
2022	Konsekvensvurdering naturmangfold og vannforskriften §12 (Norconsult, 2022)	Havneavsnitt Nord
2021	Konsekvenser for marint liv og strømforhold ved flytting av containerterminalen til havneområde nord, Kongsgård – Vige (oppdragsnr. 52104386, dok.nr. S001, versjon: 1.0). (Norconsult og SINTEF, 2021)	Konsekvenser for marint liv og strømforhold ved flytting av containerterminalen til havneområde nord, Kongsgård – Vige
2021	Miljøteknisk undersøkelse i Vige - Datarapport sediment (Oppdragsnr.: 5206182 Dokumentnr.: NV42E39VK-YML-NOT-0002) (Norconsult, 2021)	E39 Ytre Ringvei
2021	Narviga - kartlegging sjøbunntilstanden (Oppdragsnr.: 5206182 Dokumentnr.: NV42E39VK-YML-NOT-0004 Versjon: b01) (Norconsult, 2021)	E39 Ytre Ringvei
2019	Innledende miljøteknisk kartlegging av sedimenter Kongsgård-Vige (Oppdragsnr.: 5176609 Dokumentnr.: RIM-01-5176609 Versjon: J01). Sedimentundersøkelse utført i 2018. (Norconsult, 2019)	Havneavsnitt Nord

### 3 Lokale forhold

#### 3.1 Resipientbeskrivelse

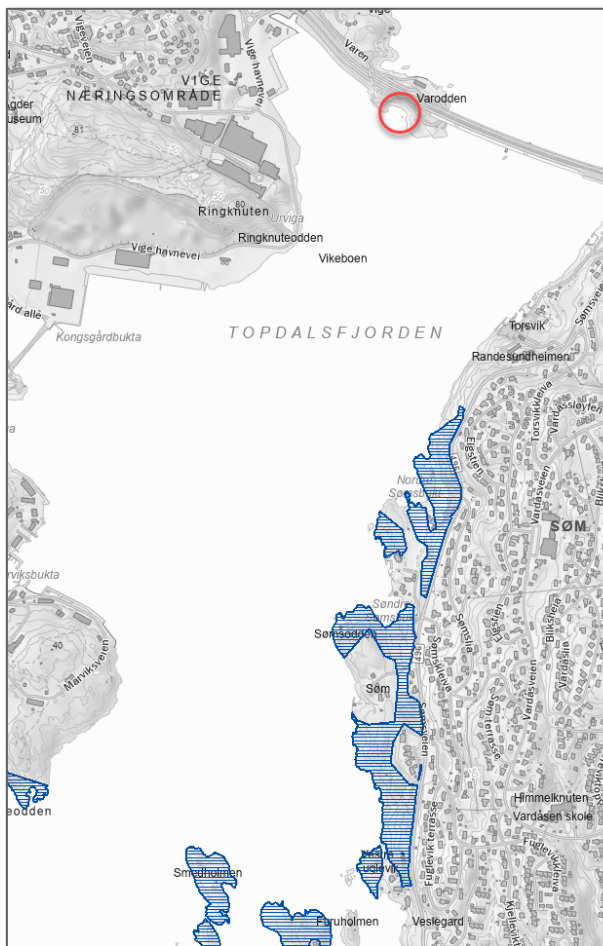
Tiltaket ligger innenfor vannforekomsten Toppdalsfjorden-indre (0130010400-1-C), ca. 1,3 km sør for tiltaksområdet ligger vannforekomsten Toppdalsfjorden-ytre. En oversikt over egenskapene for de to vannforekomstene er gitt i Tabell 4.

Tabell 4: Egenskaper for vannforekomstene slik de er oppgitt i vann-nett per 5. oktober 2022.

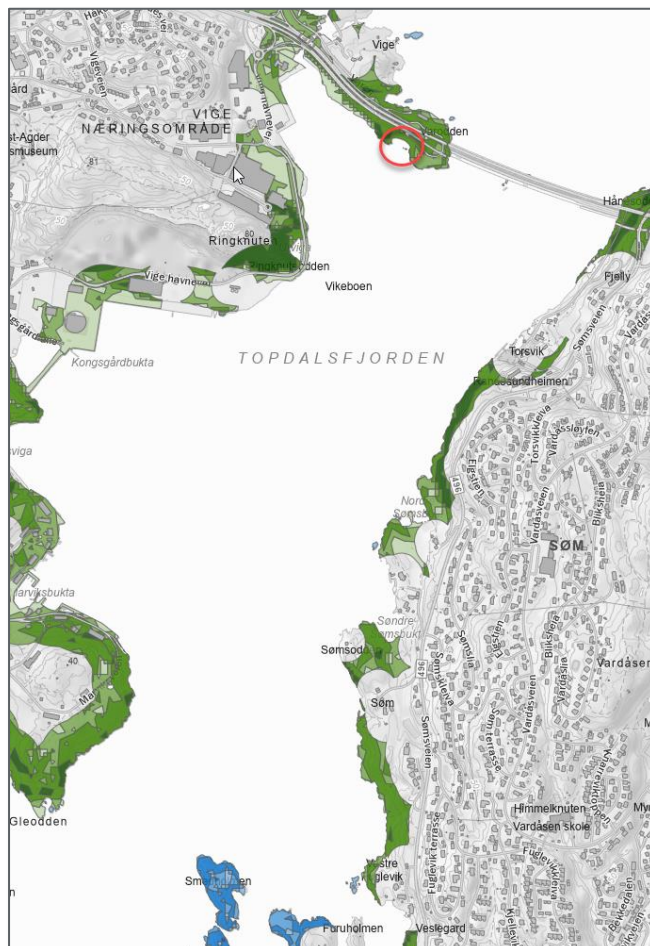
Vannforekomst	Toppdalsfjorden-indre	Toppdalsfjorden-ytre
ID	0130010400-1-C	0130010400-2-C
Vanntypenavn	Oksygenfattig fjord	Oksygenfattig fjord
Saltholdighet	Polyhalin (18 – 30)	Polyhalin (18 – 30)
Bølgeeksponering	Beskyttet	Beskyttet
Tidevann	Liten (< 1 m)	Liten (< 1 m)
Areal	10,1 km <sup>2</sup>	0,4 km <sup>2</sup>
Økologisk tilstand	Moderat	Dårlig
Kjemisk tilstand	God	God

#### 3.2 Friluftsjnteresser

Figur 8 og Figur 9 viser utsnitt fra naturbase med temalag henholdsvis *Statlig sikra friluftsområder* og *Tilgjengelig strandsoner*. Det er også en badeplass på Varodden markert med rød sirkel i figuren.



Figur 8: Utsnitt fra naturbase, blå skravur viser temalaget Statlig sikra friluftslivsområder. Badeplassen på Varodden er markert med rød sirkel.



Figur 9: Utsnitt fra naturbase, grønn og blå skravur viser temalaget Tilgjengelig strandsoner. Badeplassen på Varodden er markert med rød sirkel.

### 3.3 Kabler og ledninger

Det er flere kabler som kommer i konflikt med tiltakene, som vist i Figur 10. Disse må ivaretas i forkant og under anleggsarbeidene. Det er også to vannledninger som ligger rett ved siden av tiltaket, som vist i Figur 11. Det må i tillegg undersøkes nærmere om det er andre kabler, og ledninger i området, f.eks. vanninntak, som kan komme i konflikt med tiltaket.



Figur 10: Utsnitt fra Kystinfo.no, temalag Ledninger og kabler fra ENC og Sjøkabler-el (NVE).



Figur 11: Utsnitt som viser to vannledninger, kilde: <https://kommunekart.com/klient/kristiansand/kristiansandskart>.

### 3.4 Sjøtrafikk

Deler av det sørlige utfyllingsområdet kommer inn i /er tilgrensende hovedled (Vestergapet – Kongsgårdbukta), som vist i Figur 12 hentet fra Kystinfo.no.



Figur 12: Utsnitt fra kystinfo.no, temalag Hoved- og biled og Farledsareal. Rød stiptet linje viser hovedled, og grønn skraver viser farledsareal.

### 3.5 Kulturminner

Norsk Maritimt Museum har utført undersøkelser i utfyllingsområdene SHA 4, SHA5 og SHA7. I Vigebukta er det flere registrert funn, men disse er dispensert for i forbindelse med tidligere saker. Det ble konkludert med at det ikke er påvist kulturminner innen tiltaksområdene SHA4, 5 og 7, som er automatisk vernet eller fredet iht. kulturminneloven. Rapporten til Norsk Maritimt Museum ligger som vedlegg A.

### 3.6 Utfyllingshistorikk og grunnforhold

Fra ca. 1970-1980 startet utfyllinger i Vigebukta. Det har blitt fylt ut i flere omganger i forbindelse med blant annet havnevirksomhet, E18, bensinstasjonen. De ulike utfyllingene er vist i Figur 13 - Figur 19.

## Grunnlagsrapport

Søknad om mudring og utfylling i sjø

Oppdragsnr.: 52110063 Dokumentnr.: RIM-02 Versjon: E03



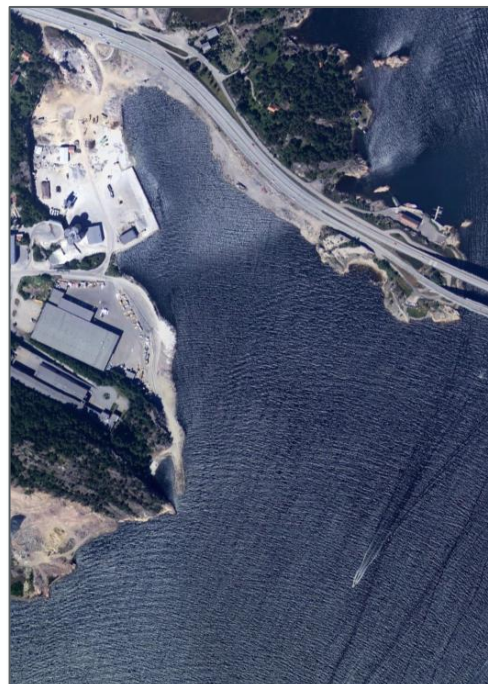
Figur 13: Flyfoto fra 1961, kilde: Norge i Bilder.



Figur 14: Flyfoto fra 1978, kilde: Norge i Bilder.



Figur 15: Flyfoto fra 2000, kilde: Norge i Bilder.



Figur 16: Flyfoto fra 2005, kilde: Norge i Bilder.

## Grunnlagsrapport

Søknad om mudring og utfylling i sjø

Oppdragsnr.: 52110063 Dokumentnr.: RIM-02 Versjon: E03



Figur 17: Flyfoto fra 2009, kilde: Norge i Bilder.



Figur 18: Flyfoto fra 2014, kilde: Norge i Bilder.



Figur 19: Flyfoto fra 2022, kilde: Norge i Bilder.

Det er utført geotekniske undersøkelser i området i 2022. Rapport fra geotekniske grunnundersøkelser ligger som vedlegg A.

### 3.7 Naturmangfold og vannmiljø

I 2021 ble det gjennomført en sammenstilling av relevant informasjon om vannmiljø fra området og en kartlegging av marint naturmangfold i utfyllingsområdet og relevante nærområder. Det ble under kartleggingen blant annet gjort observasjoner av sjøfjær (Norconsult, 2021) (Norconsult og SINTEF, 2021). Sentrale funn er oppsummert under:

- **Vannkjemi:** Analyseresultater viser generelt lave konsentrasjoner av næringsstoffer og klorofyll. Fra 1950-2020 har det vært en nedgang i oksygenivået i bunnvann. Det har vært en tendens til forbedring i dypvannet, men i vinterhalvåret er det fortsatt generelt lavt. Vannkjemien i Topdalselva og Topdalsfjorden tyder på at det sannsynligvis forekommer situasjoner der høy konsentrasjon av aluminium i brakkvann er problematisk for laksesmolt.
- **Bløtbunnsfauna:** Undersøkelsene viste samlet tilstandsklasse «god». Det ble påvist arter som både er følsomme og tolerante for forurensning, samt én art som er indikator på forhøyet næringstilgang.
- **Naturtypekartlegging:** Vest i undersøkelsesområdet er det registrert sjøbunn påvirket av ulike menneskelige aktiviteter ned til ca. 30 m. I tillegg er det registrert en ålegraseng i Torsvika som ikke er registrert tidligere. I grunne områder i øst (ned til ca. 20 m) er det hovedsakelig naturlig sjøbunn og et par undervannsenger, i tillegg er det et område med påvirket sjøbunn også på denne siden. Under 30 m er det naturlig mudderbunn med sjøfjær.

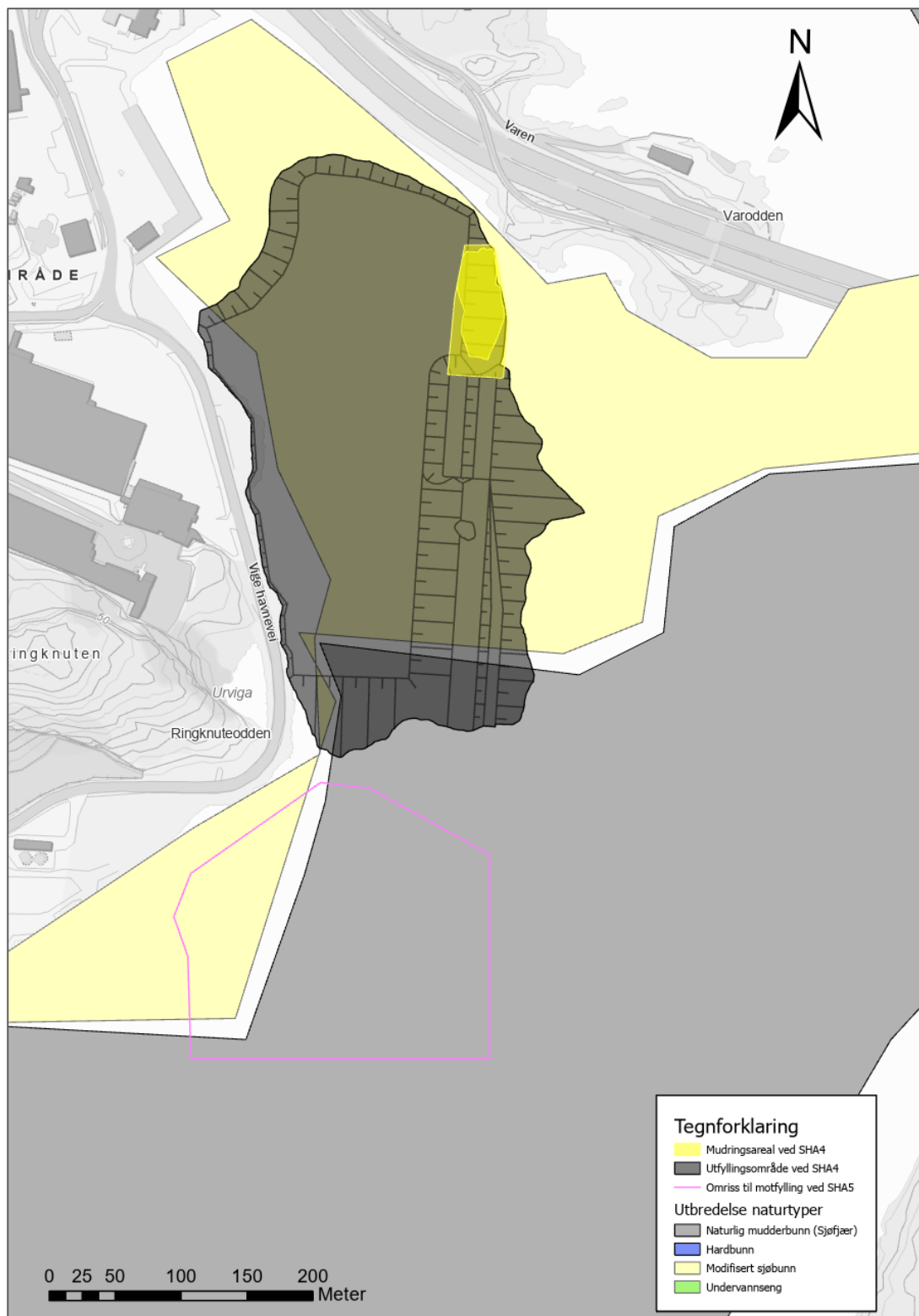
I forbindelse med varsel om oppstart av detaljregulering kom det i forbindelse med utfyllingen innspill fra Statsforvalteren i Agder (Ref: 2021/10468). Innspillet viste til kartleggingen av naturmangfold i Ytre Topdalsfjorden og registrering av naturlig mudderbunn med sjøfjær. Statsforvalteren stilte krav i innspillet om at det måtte komme frem mulige konsekvenser ved omdisponering av bløtbunnsområder med sjøfjærsamfunn og etablering av utfylte hardbunnsområder, samt en grundigere vurdering etter vannforskriftens § 12.

Basert på innspillet ble det deretter gjennomført supplerende kartlegging av sjøfjær og sjøfjærbunn ved bruk av ROV i og rundt tiltaksområdet. Resultatene viste forekomster av sjøfjær i tre av fire stasjoner nord for Varoddbrua og i tre av åtte stasjoner sør for Varoddbrua. I områder med bløtbunn ble det observert sjøfjær i sju av ni stasjoner. Det ble konkludert at i områder med bløtbunn og gode strømningsforhold vil det forventes å finne forekomster av sjøfjær, mens i områder hvor bunntopografien består av bratte skråninger, hardbunn eller områder som blir trålet, vil det ikke forventes forekomster av sjøfjær. Kartleggingen er rapportert i en egen datarapport som ligger vedlagt søknaden (Norconsult, 2022).

I etterkant av kartleggingen av sjøfjær ble det gjort en vurdering av sjøfjær og vannmiljø i forbindelse med utfyllingsarbeidet. Denne vurderingen ligger vedlagt søknaden. Rapporten består av en tiltaksbeskrivelse samt en vurdering av påvirkning og konsekvens på sjøfjærbunn, vurderinger av konsekvenser på vannmiljø, samt skadereuserende tiltak. Både denne vurderingen og datarapporten ble utarbeidet med utgangspunkt i en worst case-utfylling, utfyllingsområdet er senere blitt kraftig redusert (Norconsult, 2022).

Figur 20 viser naturtypene som er kartlagt i og rundt tiltaksområdet (SHA4 og SHA5), samt utbredelsen av utfyllinger. Kartleggingen viser at den nordlige og sørvestlige delen av utfyllingen ikke vil berøre naturlig mudderbunn (sjøfjær), men kun modifisert sjøbunn.





Figur 20: Utsnitt av kartlagte naturtyper i og rundt tiltaksområdet, utfyllingsområdene og mudringsområdet.

### 3.8 Forurensningssituasjon

#### 3.8.1 Sedimentundersøkelser

Det er totalt 13 stasjoner innenfor utfyllingsområdet, i to av disse stasjonene var det sprengsteinsfylling eller fjell og dermed ikke mulig å ta ut sedimentprøve. Prøvetakingen er både utført i regi av Kristiansand havn og i regi av Statens vegvesen (Ytre Ringvei prosjektet). Supplerende prøvetaking i 2022 var basert på en mye mer omfattende utfylling. Gjennom de geotekniske beregningene og prosjekteringen har utbredelsen av fyllingen blitt redusert. I nordøst er det identifisert et område som kan mudres slik at fyllingsfoten har blitt flyttet nesten 400 meter vestover. Det er derfor tatt en del prøver i influensområdet til tiltaket.

Tabell 5: Oversikt utførte undersøkelser i området.

Årstall	Utredning/undersøkelse	Prosjekt
2022	Datarapport sediment. Utfylling i sjø. Havneavsnitt Nord (Oppdragsnr.: 52110063 Dokumentnr.: RIM-01 Versjon: B01 Dato: 2022-04-22) (Norconsult, 2022)	Havneavsnitt Nord
2022	Sedimentprøvetaking på badeplassen ved Varodden	E18 Ytre Ringvei
2021	Miljøteknisk undersøkelse i Vige - Datarapport sediment (Oppdragsnr.: 5206182 Dokumentnr.: NV42E39VK-YML-NOT-0002) (Norconsult, 2021)	E18 Ytre Ringvei
2021	Narviga - kartlegging sjøbunnstilstanden (Oppdragsnr.: 5206182 Dokumentnr.: NV42E39VK-YML-NOT-0004 Versjon: b01) (Norconsult, 2021)	E18 Ytre Ringvei
2019	Innledende miljøteknisk kartlegging av sedimenter Kongsgård-Vige (Oppdragsnr.: 5176609 Dokumentnr.: RIM-01-5176609 Versjon: J01). Sedimentundersøkelse utført i 2018. (Norconsult, 2019)	Havneavsnitt Nord

I tillegg til sedimentundersøkelsene nevnt i Tabell 5, er det også blitt utført andre sedimentundersøkelser tidligere i området. Da disse er over 10 år gamle, er de ikke med i vurderingen av forurensningssituasjonen. Alle sedimentundersøkelser, eldre og nyere, er imidlertid vist i vedlegg H.

#### 3.8.2 Resultater

SHA4:

Deler av sjøbunnen innenfor utfyllingsområdet består av fjell og sprengsteinsfylling. Den delen av sjøbunnen som inneholder sedimenter av betydning består i hovedsak av siltig sand eller sand. Innholdet av finstoff varierer i hovedsak fra 3,8-17,5 % silt og 0,3 - <0,1 leire. Organisk innhold varierer mellom 0,18-0,52 % tørrvekt. Innenfor tiltaksområdet er det påvist i hovedsak PAH'er i tilstandsklasse II, med unntak av antracen i det ene punktet som er i tilstandsklasse III. Det er i tillegg TBT i tilstandsklasse 2 i fire av seks punkter, samt kobber i tilstandsklasse II i et punkt. Figur 21 viser en presentasjon av høyeste påviste tilstandsklasse i hvert punkt.

SHA5:

Innholdet av finstoff i sedimentene i område SHA5 varierer i hovedsak fra 27 – 72 % silt og 0,2-0,9 % leire. Organisk innhold varierer mellom 0,62-1,2 % tørrvekt. Konsentrasjoner av PAH-forbindelser er i hovedsak i tilstandsklasse II, med unntak av antracen som er i tilstandsklasse III i alle punktene. Konsentrasjonen av TBT er i tilstandsklasse III med unntak av i ett punkt. Tungmetaller er i tilstandsklasse I, med unntak av at det

## Grunnlagsrapport

Søknad om mudring og utfylling i sjø

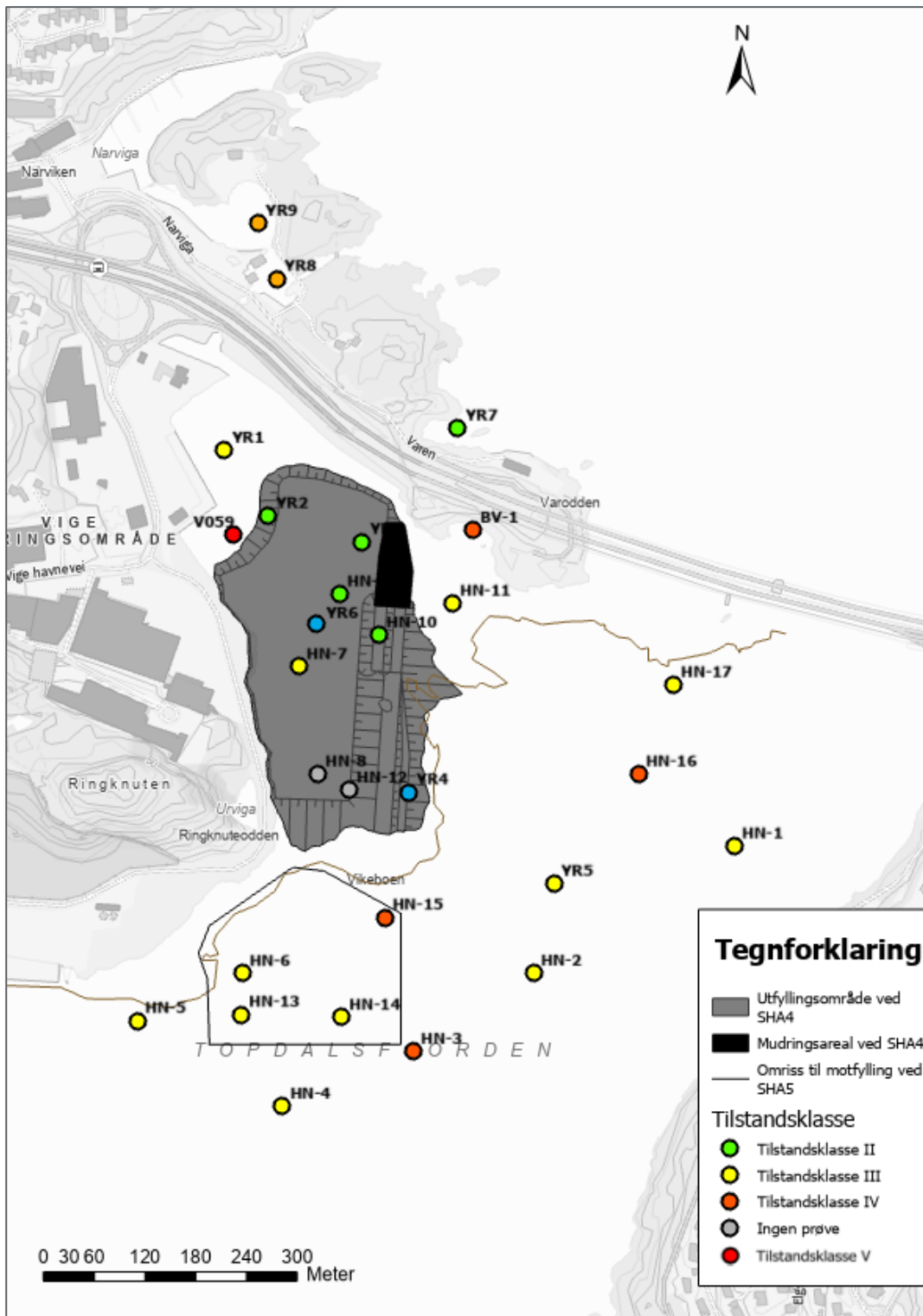
Oppdragsnr.: 52110063 Dokumentnr.: RIM-02 Versjon: E03



er påvist konsentrasjoner av kobber i tilstandsklasse II i to punkt og i tilstandsklasse IV i ett punkt og konsentrasjoner av kvikksølv i tilstandsklasse II i ett punkt.

Dersom man sammenligner de tidligere resultatene (eldre enn 10 år) med resultatene fra de nyere prøvetakingene er forurensningstilstanden på sjøbunnen i all hovedsak forbedret i SHA4, mens situasjonen er tilsvarende i SHA5. Sedimentundersøkelsene viser også at det i all hovedsak er høyere forurensning i influensområdet til tiltakene enn i SHA4, mens det er tilsvarende i SHA5.

Dette gjelder også sedimentprøven ved badeplassen på Varodden (BV-1), som blant annet har tilstandsklasse IV for to PAH-er. Prøven på Varodden ble tatt som en blandprøve av 10 stikk ved vading.



Figur 21: Sedimentprøver klassifisert iht. høyeste påviste tilstandsklasse basert på veileder M608. Utfillingsområdet for SHA4 er markert med grå farge, og mudringsarealet i SHA4 er vist med gul farge. Området for motfylling i SHA5 er vist med rosa strek. Den brune streken viser 20-meters koten.

### 3.8.3 Trinn-1 risikovurdering sediment

Risikovurdering Trinn 1 er en forenklet risikovurdering som kun ser på risiko for økologiske effekter, ikke human helse. Analyseresultatene sammenlignes med grenseverdiene gitt i Faktaboks 3 i veileder M-409. Når man skal sammenligne med grenseverdiene, skal man benytte gjennomsnittsnivåene av miljøgiftene, dette da det er den samlede risikoen man skal vurdere og ikke risiko for et enkelt punkt. I henhold til veilederen kan sedimentene anses å utgjøre en akseptabel risiko, og kan «friskmeldes» dersom:

- Gjennomsnittskonsentrasjonen for hver miljøgift over alle prøvene (minst 5) er lavere enn grenseverdien for Trinn 1, og ingen enkeltkonsentrasjon er høyere enn den høyeste av:
  - 2\*grenseverdien,
  - Grensen mellom klasse III og IV for stoffet

Veilederen sier også at dersom overskridelsen er knyttet til en eller noen få stasjoner, kan man vurdere om det er aktuelt å sette denne delen av området som forurenset («hotspot»), mens resten «friskmeldes».

Det er utført en Trinn 1 risikovurdering av analyseresultatene i sediment basert på resultatene fra prøvetakingen utført i forbindelse med Havneavsnitt Nord i 2022 (tre stasjoner) og fra YR-prosjektet i 2021 (fire stasjoner). Totalt er det 11 prøver som danner grunnlaget for risikovurderingen. Tre av stasjonene som brukes vil bli tildekket i forkant av Havneavsnitt Nord utfyllingen, i forbindelse med utfyllingen for Ytre Ringvei. Dette området vil derfor bestå av sprengstein på sjøbunnen når utfyllingen for Havneavsnitt Nord starter. Trinn-1 risikovurderingen er vist i tabell 6.

Det er én overskridelse av grensene i Trinn-1 risikovurderingen, dette gjelder antracen, og sedimentene kan dermed ikke «friskmeldes» i sin helhet i SHA4 og SHA5. Dersom man ser på SHA4 og SHA5 separat kan sedimentene innenfor SHA4 «friskmeldes», mens sedimentene i SHA5 fortsatt overskrider grenseverdiene i trinn-1. Stasjon V059 er i nærheten av SHA4 og har høy forurensning, prøvene viser at det forurensete laget er inntil 50 cm tykt. Prøvene tatt i 2022 i området rundt viser at det har sedimentert renere masser over tidligere høy forurensning. Dette gjør at ved en utfylling vil potensiale for spredning av forurensning være lavt. Området hvor stasjon V059 ligger vil i tillegg bli fylt ut i forbindelse med YR-prosjektet før utfyllingen for Havneavsnitt Nord. Ved mudring vil man komme ned i sediment som trolig har høyere forurensning (tilstandsklasse 4-5), dypereleggende sediment i området hvor det skal mudres er derfor ikke «friskmeldt».

Tabell 6: Sammenligning med Trinn-1 grenseverdi.

Parameter	Enhet	Gjennomsnitt	Trinn 1 grenseverdier	Høyeste påviste konsentrasjon	2x Trinn 1 grenseverdi	Grense tilstandsklasse III/IV
As (Arsen)	mg/kg TS	2,92	18	4,9	36	71
Pb (Bly)	mg/kg TS	11,87	150	21	300	1480
Cu (Kopper)	mg/kg TS	23,09	84	87	168	84
Cr (Krom)	mg/kg TS	12,40	660	20	1320	6000
Cd (Kadmium)	mg/kg TS	0,02	2,5	0,05	5	16
Hg (Kvikksølv)	mg/kg TS	0,06	0,52	0,1	1,04	0,75
Ni (Nikkel)	mg/kg TS	9,91	42	16	84	271
Zn (Sink)	mg/kg TS	51,64	139	87	278	750
Naftalen	µg/kg TS	5,00	27	5	54	1754
Acenaftylen	µg/kg TS	5,00	33	5	66	85
Acenaften	µg/kg TS	5,00	96	5	192	195
Fluoren	µg/kg TS	5,00	150	5	300	694
Fenantren	µg/kg TS	20,27	780	61	1560	2500
Antracen	µg/kg TS	7,66	4,6	19	9,2	30
Fluoranten	µg/kg TS	35,18	400	90	800	400
Pyren	µg/kg TS	30,45	84	75	168	840
Benso(a)antracen	µg/kg TS	21,55	60	52	120	501
Krysen	µg/kg TS	23,18	280	56	560	280
Benso(b+j)fluoranten	µg/kg TS	21,82	140	49	280	140
Benso(k)fluoranten	µg/kg TS	18,82	135	42	270	135
Benso(a)pyren	µg/kg TS	22,36	183	51	366	230
Dibenso(ah)antracen	µg/kg TS	10,33	27	19	54	273
Benso(ghi)perylene	µg/kg TS	22,27	84	49	168	84
Indeno(123cd)pyren	µg/kg TS	20,18	63	44	126	63
Sum PAH-16	µg/kg TS	253,00	2000	610	4000	6000
Tributyltinn	µg/kg TS	3,63	35	13,8	70	20

### 3.9 Strømvurderinger

Det er utført modellberegninger for nåsituasjonen i forbindelse med utredningen av konsekvenser ved flytting av containerterminalen til havneområde nord, Kongsgård – Vige (Norconsult, 2021; SINTEF, 2021). Beregningene viser at sirkulasjonen i Ålefjær-, Topdals- og Kristiansandsfjorden overordnet sett følger det generelle mønsteret for sirkulasjon i fjorder. Ferskvann fra elveutløp er lettere enn sjøvannet og strømmer i stor grad ut nær overflaten. Under dette laget strømmer det inn saltere vann. Nettostrømmen er ut fjorden og tilsvarer mengden tilført ferskvann fra elvene med utløp i fjorden. Dette er bildet når man midler over måneder eller år. Ved høyere oppløsning på tidsskalaen (timer-dager) er det store variasjoner i retning og strømstyrke forårsaket av variasjon i pådriv som elveavrenning, vind og tidevann. Det er høyest strømhastighet ved overflaten og ved utløpet av Otra, Topdalselva og ute på kysten. I Topdalsfjorden, er det stort sett moderat strømfart, men sterkere strøm nær innsnevringene ved Varoddbrua og Gleodden og i området mellom. Det er jevnt over sterkere strøm midt i fjorden og lavere strømfart ved havneområder og bukter nær land.

## 4 Miljørisikovurdering

### 4.1 Innledning

Miljørisikovurderingen i dette kapittelet omhandler tiltaket med utfylling av masser på forurenset sjøbunn, mudring og vertikaldren. Følgende risikomomenter/ulempeser for naturmiljøet er identifisert og konsekvenser vurdert i påfølgende kapitler:

- Permanent beslag av sjøbunnsområder
- Spredning av miljøgifter fra berørt sjøbunn
- Spredning av forurensning og plast fra utfyllingsmasser
- Tilførsel av partikler i sjøbunn og vannsøyle
- Endring av strømforhold

### 4.2 Beslag av sjøbunnsområder

117 000 m<sup>2</sup> blir permanent beslaglagt til utfyllings- og motfyllingsformål. I tillegg vil området ca. inntil 50 meter ut fra utfyllingsfoten sannsynlig bli permanent dekket med sand og grus fra utfyllingen. Størstedelen av utfyllingen skjer på modifisert sjøbunn. En mindre del av utfyllingen i sør vil beslaglegge deler av området hvor det er funnet sjøfjær.

### 4.3 Spredning av miljøgifter fra sjøbunnen

#### 4.3.1 Porevann

Spredning av løste forurensningsforbindelser kan skje som følge av frigjøring av forurenset porevann i sediment. Dette kan skje som følge av komprimering av underliggende sediment ved utfylling og ved frigjøring av porevann fra sediment ved mudring. Konsentrasjoner av forurensning i vannfasen over tilstandsklasse III (iht. M-608) kan gi akutte effekter på vannlevende organismer. Da sedimentet i tiltaksområdet som en helhet har lav forurensning anses ikke frigjøring av forurenset porevann å utgjøre en risiko som følge av tiltaket.

Vertikaldren vil føre til at porevannet vil frigjøres raskere. Basert på tidligere prøvetaking er det påvist et lag med sediment i tilstandsklasse IV og V, med inntil 50 cm mektighet. Dagens overflatesediment er i tilstandsklasse II, og sediment under det forurensete laget i tilstandsklasse IV og V er påvist i tilstandsklasse I. Mektigheten av det forurensete laget er svært liten i forhold til dybden på vertikaldrenene. Porevannet fra den forurensete delen av sedimentet vil derfor fortynnes av porevannet under og over. I tillegg vil det fortynnes når det kommer ut i fri vannfase. En raskere frigjøring av forurenset porevann som følge av vertikaldren anses derfor ikke å utgjøre en risiko.

#### 4.3.2 Partikler

Spredning av forurensete partikler fra sjøbunnen kan skje som følge av oppvirvling ved utfylling og mudring i forurensete området. Det er de fine partiklene i leir- (<2 µm) og siltfraksjonen (2-63 µm) som utgjør størst spredningspotensiale. Partikler i sandfraksjonen vil, på grunn av sin form og høyere vekt, sedimentere forholdsvis raskt, og har derfor et lavt spredningspotensial.

I henhold til Trinn-1 risikovurderingen som vist i kapittel 3.8.3 utgjør forurensning i overflatesedimentet i området samlet sett ikke en økologisk risiko, og forurensningsgraden i tiltakets influensområde er tilsvarende eller høyere enn forurensningsgraden i overflatesediment innenfor tiltaksområdet. Spredning av overflatesediment som følge av utfylling anses derfor ikke å utgjøre en risiko.

Basert på tidligere resultater er det forventet å finne en høyere forurensningsgrad under overflatesedimentene. Ved mudring vil man derfor sannsynligvis komme ned i sediment som trolig har høyere forurensning (tilstandsklasse 4-5). Mudring i tiltaksområdet kan derfor medføre risiko for spredning av forurensning.

Det utføres en spredningsmodellering som vil rapporteres i et eget dokument, dette er nærmere beskrevet i kapittel 4.5.

#### **4.4 Spredning av forurensning fra utfyllingsmasser**

Sprengsteinsmasser kan inneholde plast (tennsystem, foringsrør etc.), avfall fra sprengning, rester av sprøytebetong (tunnel), olje- og nitrogenforbindelser fra sprengstoffmiddelet (slurry) og av oljesøl fra anleggsmaskiner.

##### **4.4.1 Nitrogen**

I marine miljøer kan nitrogen være vekstbegrensede og tilførsel av nitrat kan føre til eutrofiering (Bækken, 1998). Nitrogen er normalt ikke problematisk ved utslipp til sjø, tilførsel av nitrogen fra sprengstein vurderes derfor ikke å utgjøre en risiko for vannforekomstenes økologiske tilstand.

##### **4.4.2 Plast**

Plast brytes i liten grad ned i det marine miljøet, men vil fragmentere til svært små plastpartikler over tid. Fugl, fisk og andre levende organismer kan forveksle disse plastpartiklene med mat. Svært små plastpartikler har også evnen til å trenge inn i en organismes celler, og påvirke negativt. Plast i sjø og strandsone vil også oppleves skjæmmende, og føre til betydelige bruksulempere.

Mengden plast i sprengsteinsmassene vil avhenge av metode for sprengning, hvor sprengning i tunnel vil gi størst innhold av plast. Erfaringer fra gjennomførte utfyllingsprosjekter viser at bortsortering av plast etter at den har kommet inn i utfyllingsmassene utgjør en stor arbeidsmiljørisiko, og i tillegg er svært areal-, tid- og kostnadskrevende. Tiltak for å redusere plast i sprengstein bør derfor gjøres før selve sprengningen.

Plast fra elektroniske tennsystem har høyere egenvekt og vil i større grad synke, og bli liggende i utfyllingsmassene, enn tradisjonelle nonelslanger. Bruk av elektronisk tennsystem vil derfor medføre mindre spredning av plast ved utfylling av sprengstein i sjø.

Uavhengig av hvilke avbøtende tiltak som gjennomføres i forkant av utfylling vil det være rester av plast som vil spres når sprengstein fylles ut i sjø. Norconsults erfaringer med utfylling av store mengder sprengstein i sjø i forbindelse med tunnelprosjektet Ryfast, har vist at siltskjørt og oljelenser er mindre egnet til å holde tilbake plast fra utfyllingsområdet ettersom plast i vannsøylen vil ha potensiale til å bevege seg langt, og under siltskjørtet før den flyter til overflaten, og strøm og bølger vil spre plast ut av en ev. lense/barriere på overflaten.

Tiltak som har vist å gi redusert spredning av plast er fylling fra endetipp og å fylle ut innenfor en sjeté. Ved utfylling av masser fra endetipp, istedenfor lekter, vil plasten i større grad holdes i massene i stedet for å vaskes ut i vannsøylen. Dersom det etableres en sjeté som helt eller delvis omkranser utfyllingsområder, før innfylling, vil dette kunne hindre spredning av både plast og finstoff. Det forutsetter imidlertid at volumet stein som går med på å utforme en hensiktsmessig sjeté ikke er så stort sammenlignet med volumet man sitter igjen med til innfylling innenfor sjetéen at tiltaket har liten effekt.

Hvordan selve utførelsen av fyllingen gjennomføres er først og fremst styrt av geotekniske og anleggstekniske aspekter mht. HMS for å unngå risiko for brudd/ras i fyllingen, og må samkjøres med både fagområdet geoteknikk og utførende entreprenør. Utførelsen har også konsekvenser for fremdrift, der en



effektiv gjennomføring av anleggsarbeidene vil medføre en kortere anleggsperiode, og en kortere belastning på områdets funksjon på for naturmangfold. Uavhengig av hvilke avbøtende tiltak som er mulig å gjennomføre vil det være behov for løpende kontroll og beredskap for å samle opp ev. plast som kan observeres i sjøen, og på stranden i og nær tiltaksområdet under utfylling.

#### **4.5 Spredning av partikler**

Tiltaket i Vige vil føre til at resipienten tilføres rene partikler fra finstoff i utfyllingsmasser samt oppvirvling av stedlige sedimenter ved mudring og utfylling. Finstoffet i utfyllingsmasser vil sedimentere i ulik avstand fra utfyllingsområde basert på partikkelstørrelse, dybde og strømforhold. Spredning av partikler fra tiltaket kan medføre:

- Nedslamming og forringelse av viktige naturtyper og fødesøkområder
- Endret sammensetning av bunndyrfaunaen
- Negativ påvirkning på gyteområder
- Mekaniske skadeeffekter på fisk (gjeller), bunndyr og dyreplankton (spesielt på arter som filtrerer vannet for næring).

Ettersom tiltaksområdet ikke berører gyteområder eller akvakulturlokaliteter anses nedslamming og forringelse av viktige naturtyper og fødesøkområder å utgjøre størst risiko som følge av partikkelspredning fra tiltaket.

Det er registrerte ålegressenger sør og sørvest for tiltaksområdet i naturbaser. I tillegg ble det registrert en ny ålegraseng i Torsvika under kartleggingen utført ifm. Topdalsfjordutredningen (Norconsult og SINTEF, 2021). Ålegrasengene ble registrert som sunne, med en nedre voksegrense på 4-5 meter. Grunnet tidspunktet for kartleggingen ble det ikke utført en tilstands- og/eller verdivurdering av de observerte ålegrasforkeomstene. Ålegras er sensitivt for partikler i vekstsesongen.

I områder med mudderbunn, dypere enn 33, meter, er det forekomster av sjøfjær. Sjøfjærføremålet er kartlagt i en egen rapport (Norconsult, 2022), i tillegg er det utført en konsekvensvurdering i forbindelse med denne utfyllingen (Norconsult, 2022). Sjøfjæren innenfor tiltaksområdet, samt ca. 50 meter utenfor tiltaksområdet, vil gå tapt.

Det utføres modellberegninger for spredning av finpartikulært materiale ved mudring og utfylling av masser for å anslå hvor stort areal som indirekte blir berørt av tiltaket som følge av spredning av partikler. Arbeidene utføres av Norconsult AS. For å modellere spredning av utslipp av finpartikulært materiale i resipienten vil man kombinere to ulike modellverktøy. Strømdata hentes fra simuleringer med strømodellen NorFjords (Asplin, Albretsen, Johnsen, & Sandvik, 2020; Dalsøren, Albretsen, & Asplin, 2020). Denne modellen er basert på modellsystemet ROMS (Regional Ocean Modeling System), men er videreutviklet for norske kyst- og fjordområder av Havforskningsinstituttet (HI) og Meteorologisk institutt. I NorFjords utføres simuleringene med 32 m x 32 m store beregningsruter og 35 vertikale lag som er den beste tilgjengelige oppløsningen for NorFjords simuleringer. Beregningene av strøm og turbulent blanding vil bli brukt som input til partikkelspredningsmodellen LADiM (Lagrangian Advection and Diffusion Model) utviklet av HI (Ådlandsvik, 2019). Resultatene fra disse beregningene og mulige konsekvenser for naturverdier diskuteres i en egen rapport og ettersendes søknaden.

#### **4.6 Endring av strømforhold**

Konsekvenser for strømforhold ved flytting av containerterminalen til havneområde nord, Kongsgård – Vige og tilhørende utfylling ble utredet ved detaljerte modellberegninger (Norconsult og SINTEF, 2021; SINTEF, 2021). I henhold til oppdrags-presisering ble vurderingene gjort for full havneutbygging i driftsfase. Modellberegningene ble basert på daværende kunnskap om mulig utforming og omfang av utfylling. Det ble

lagt til grunn en maksimal mulig innsnevring av fjordens tverrsnitt og vann-volum og således ble et «worst case scenario» brukt, som ga øvre estimater for effekter av utbygging. I planene for utfylling som nå foreligger, basert på senere geotekniske beregninger og prosjektering, er utbredelsen av fyllingen vesentlig redusert.

Modellberegningene i tidligere studie viser at utbyggingen av havneområdet primært medfører strøm- endringer i og nær havnebassenget med økt strømfart for både ut- og innstrømming som viktigste endring. Endringenes størrelse er stort sett moderate på alle dyp. Typiske endringer i overflaten er godt under 0,1 m/s i strømfart. Sammenlignet med havnebassengets strømfart for nå-situasjonen er endringene moderate også i et relativt perspektiv. Lenger inn i Topdalsfjorden, innenfor Varoddbrua, er det i praksis ingen endringer da det ikke skjer permanente endringer i storskala vannutveksling.

Med mindre utfylling kan det generelt forventes mindre endringer i strømfart og påvirknings-område enn for ovennevnte studie. Innsnevringen av fjorden ved havnebassenget i Kongsgård-Vige området blir mindre med de nye planene. Dette forventes å moderere endringene i strømfart sammenlignet med funnene i beregningene med større utfylling. I de beregningene var viktigste endring moderat økning i strømfart for inn- og utstrømming i og nær havnebassenget. Med mindre utfylling kan det forventes mindre økning i strømfart i dette området.

#### **4.7 Konsekvensvurdering naturtyper og vannmiljø**

Det er utført en egen utredning av konsekvensene for sjøfjær grunnet utfyllingen som beskrevet i kapittel 3.7. Det er i den forbindelse utført ROV-kartlegging av sjøfjær innenfor utfyllingsområdet, samt i Topdalsfjorden-indre og Topdalsfjorden-ytre. Det er vurdert at virkningene på sjøbunnen i hovedsak vil være arealbeslag og tildekking av sjøbunnen, og tap av habitat for marine organismer som benytter området til næringsøk, leveområde og gyteområde.

Den sørøstlige delen av utfyllingen i SHA4 vil direkte beslaglegge naturlig mudderbunn (sjøfjær). Totalt blir ca. 10 500 m<sup>2</sup> naturlig mudderbunn berørt i dette området. I SHA5 vil ca. 33 000 m<sup>2</sup> naturlig mudderbunn berøres. I tillegg vil et belte på 50 m utenfor dette området trolig endres som følge av sand og grus som vil sedimentere nær fyllingsfoten. I sjøfjærkartleggingen ble det vist at det er sjøfjær i flere områder i Topdalsfjorden og i Kristiansandsfjorden, og at det er tenkelig at de finnes i alle områder i fjorden hvor det er mudderbunn og det ikke bunnråles. Iht. vurderingen av påvirkning og konsekvens på sjøfjærbunn vil området ikke bli sterkt påvirket så lenge det ikke skjer store endringer i strømmønsteret. Dette innebærer at det gjennomføres avbøtende tiltak under anleggsfase for å redusere partikkelspredningen. Det er uvisst hvordan sjøfjær tåler påvirkning av større mengder partikler og hvor raskt de kan reetablere seg. Dersom avbøtende tiltak ikke medfører redusert partikkelspredning til områder med sjøfjær er det en risiko for at større områder av sjøfjærbunn vil gå tapt. Etter at utfyllingen er gjennomført vil sjøbunnen som ikke blir direkte beslaglagt fortsatt være mudderbunn, og et egnet sted for sjøfjær.

Ved vurderingen av vannforskriften §12 ble utredningsområdet delt inn i tre delområder:

- Tiltaksområdet i sjø (Kongsgård/Vige) er et eget delområde da det her vil bli vesentlige endringer.
- Vannforekomsten Topdalsfjorden-indre er et eget delområde da fagtema vannmiljø skal si noe om tiltakets påvirkning på hele vannforekomsten.
- Vannforekomsten Topdalsfjorden-ytre er et eget delområde da fagtema vannmiljø skal si noe om tiltakets påvirkning på vannforekomster og denne forekomsten vil være i influensområdet til utfyllingen.

Tiltaket ble vurdert opp mot hvordan det vil påvirke vannforekomstene i nærheten og deres mulighet for å oppnå miljømål om god økologisk og kjemisk tilstand. En oversikt over påvirkning og konsekvens for de tre ulike delområdene ble satt opp i en tabell i konsekvensutredningen og er gjengitt i Tabell 7.

Tabell 7: Oversikt over påvirkning og konsekvens for de tre ulike delområdene. Tabellen er hentet fra konsekvensutredningen for sjøfjær og vannforskriften §12.

Delområde	Påvirkning	Konsekvens	Begrunnelse
Kongsgård/Vige (Tiltaksområdet)	Stor påvirkning	Høy negativ konsekvensgrad	Beslaglegning av habitat og potensielle utilsiktede hendelser fører til risiko for at vannmiljø forringes til lavere enn god tilstand.
Topdalsfjorden-indre (Vannforekomst)	Noe til liten påvirkning	Liten/ubetydelig negativ konsekvensgrad	Det er en forutsetning for vurderingen at det utføres avbøtende tiltak
Topdalsfjorden-ytre (Vannforekomst)	Liten påvirkning	Liten/ubetydelig negativ konsekvensgrad	Det er en forutsetning for vurderingen at det utføres avbøtende tiltak

## 5 Oppsummering av miljørisiko og avbøtende tiltak

Miljørisiko, -konsekvens, avbøtende tiltak og dokumentasjon/overvåkning er gitt i Tabell 8.

Det skal i tillegg utarbeides en kontroll- og overvåkingsplan for hvordan man skal sikre og dokumentere at vilkårene i tillatelsen fra Statsforvalteren i Agder blir overholdt.

Tabell 8: Identifisert risiko, konsekvenser, avbøtende tiltak og overvåkning/dokumentasjon for tiltak i sjø.

Aktivitet	Risiko	Mulig konsekvens	Avbøtende tiltak	Overvåkning/dokumentasjon
Utfylling i sjø	Beslag av sjøbunn	Tap av biotoper	Ingen mulig	
	Spredning av forurenset porevann og sediment	Overflatesedimentet i utfyllingsområdet er i tilstandsklasse II – IV, områdene utenfor er i tilstandsklasse III-IV. Spredning av overflatesediment som følge av utfyllingen vil dermed ikke føre til en forverring av forurensningstilstanden i influensområdet, og konsekvensen anses derfor som liten.	Ikke vurdert som nødvendig	
	Nitrogen i sprengstein	Liten konsekvens	Ikke vurdert som nødvendig	
	Plast i sprengstein	Spredning av plast i vannresipient som kan medføre forsøpling og påvirke marint liv	<ol style="list-style-type: none"> <li>Dialog med prosjekt/aktør hvor steinen hentes om følgende: <ol style="list-style-type: none"> <li>Bruk av elektronisk tennsystem</li> <li>Utarbeidelse av plan for hvordan finstoff og plast i sprengstein kan reduseres</li> </ol> </li> <li>Innfylling bak sjeté dersom det er mulig ut fra HMS og fremdrift</li> <li>Kontroll og oppsamling av plast i nærliggende områder</li> </ol>	Daglig kontroll og oppsamling av flytende plast Mengde oppsamlet plast og metode for utfylling dokumenteres i sluttrapport.

**Grunnlagsrapport**

Søknad om mudring og utfylling i sjø

Oppdragsnr.: 52110063 Dokumentnr.: RIM-02 Versjon: E03



Aktivitet	Risiko	Mulig konsekvens	Avbøtende tiltak	Overvåkning/dokumentasjon
	Finstoff i sprengstein	<p>Påvirkning av vannsøylen nær tiltaksområdet i anleggsfase.</p> <p>Permanent tildekking av sjøfjærbunn inntil 50-100 m fra fyllingsfot.</p> <p>Midlertidig tildekking av sjøfjær og sjøfjærbunn nær tiltaksområdet. Det er en usikkerhet på hvor påvirket sjøfjær er av partikler, og hvor raskt de ev kan reetablere seg.</p> <p>Midlertidig tildekking av ålegressenger nær tiltaksområdet. Ålegressengene er mest sensitive for partikler i vekstsesongen (mai - september). Sjøfjær har ikke en spesiell periode hvor de er mer sensitive enn ellers i året.</p>	<p>4. Prioritere stein fra dagbrudd fremfor tunnel</p> <p>Spredningsbegrensende tiltak må vurderes når spredningsmodellering er gjennomført.</p>	<p>Det gjennomføres en spredningsmodellering for en mer nøyaktig vurdering av spredning, konsekvenser, og hvilke avbøtende tiltak som er nødvendige</p>
	Endring av strømforhold	Liten konsekvens	Ingen tiltak nødvendig	
	Utlekking av metaller fra sprengsteinsmasser	Dersom det er naturlig høye nivåer av metall i steinen, kan dette medføre negative konsekvenser for vannmiljø	Det skal ikke benyttes stein som kan føre til varig forringelse av vannmiljøet.	
Mudring i sjø	Spredning av forurenset porevann og sediment	Sedimentet i dypere lag kan ha høyere forurensning enn overflatesedimentet i omkringliggende områder.		Det gjennomføres en spredningsmodellering for en mer nøyaktig vurdering av spredning, konsekvenser.

## Grunnlagsrapport

Søknad om mudring og utfylling i sjø

Oppdragsnr.: 52110063 Dokumentnr.: RIM-02 Versjon: E03



Aktivitet	Risiko	Mulig konsekvens	Avbøtende tiltak	Overvåkning/dokumentasjon
		Badeplassen ved Varodden er 60-70 meter unna mudringsområdet. Dypere sedimentlag kan ha høyere forurensningsgrad enn sedimentet på badeplassen, og mudringen kan således føre til spredning av høyere forurensning til badeplassen.		
Vertikaldren	Spredning av forurenset porevann	Ubetydelig	Ikke vurdert som nødvendig.	
Generelt alle aktiviteter	Anleggsaktivitet og -støy ift. marint liv og fugl.	Liten <ul style="list-style-type: none"><li>ingen viktige funksjonsområder for fugl og fisk som anses å bli berørt av støy</li><li>ingen sprenging, peling eller andre spesielt støyende aktiviteter</li></ul>	Ikke vurdert som nødvendig	

## 6 Referanser

- Asplin, L., Albretsen, J., Johnsen, I. A., & Sandvik, A. D. (2020). The hydrodynamic foundation for salmon lice modeling along the Norwegian coast. *Ocean Dynamics*, 70(10.1007/s10236-020-01378-0).
- Dalsøren, S. B., Albretsen, J., & Asplin, L. (2020). New validation method for hydrodynamic fjord models applied in the Hardangerfjord, Norway. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 246(<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107028>).
- Miljødirektoratet. (2015). *M-350. Veileder for håndtering av sediment - revidert 25. mai 2018*.
- Miljødirektoratet. (2015). *M-409. Risikovurdering av forurenset sediment. Veileder*.
- Norconsult. (2019). *Innledende miljøteknisk kartlegging av sedimenter Kongsgård-Vige. Oppdrag 5176609. Dok.nr. RIM-01-5176609. Rev. J01*.
- Norconsult. (2021). *Miljøteknisk undersøkelse i Vige - Datarapport sediment. Oppdrag 5206182. Dok.nr. NV42E39VK-YML-NOT-0002. Rev. B01*.
- Norconsult. (2021). *Narviga - kartlegging sjøbunntilstanden. Oppdrag 5206182. Dok.nr. NV42E39VK-YML-NOT-0004*.
- Norconsult. (2021). *Topdalsfjorden: Nåsituasjon for marine natur- og miljøforhold. RIM-01*. Kristiansand: Norconsult.
- Norconsult. (2022). *Datarapport sediment. Utfylling i sjø. Havneavsnitt Nord. RIM-01, rev. B01*.
- Norconsult. (2022). *Datarapport: Supplerende kartlegging av sjøfjærbunn Kristiansand*.
- Norconsult. (2022). *Fyllingsplaner Topdalsfjorden - SHA5. Områdestabilitetsvurdering i henhold til NVE-veileder 1/2019*.
- Norconsult. (2022). *Fyllingsplaner Topdalsfjorden. Områdestabilitetsvurdering i henhold til NVE-veileder 1/2019*.
- Norconsult. (2022). *Vurderinger vedrørende sjøfjær og vannmiljø i forbindelse med utfyllingsarbeid i Kongsgård/Vige*.
- Norconsult og SINTEF. (2021). *Sammendragsrapport: Konsekvenser for marint liv og strømforhold ved flytting av containerterminalen til havneområde nord, Kongsgård – Vige*. Kristiansand: Norconsult.
- SINTEF. (2021). *Strømsimulering for Topdalsfjorden. 2021:01421*. . Trondheim: SINTEF.
- ViaNova. (2021). <https://www.kristiansand.kommune.no/navigasjon/bolig-kart-og-eiendom/plan-og-bygg/reguleringsplan/reguleringsplaner-under-arbeid/alfabetisk-liste/kongsgard---vige-havneomrade-sha4-sha5-og-sha6/>.
- Ådlandsvik, B. (2019). *LADiM documentation*. Hentet juni 25, 2022 fra <https://ladim.readthedocs.io>

Kristiansand Havn

## ► Datarappport sediment

Utfylling i sjø

Havneavsnitt Nord

Oppdragsnr.: 52110063 Dokumentnr.: RIM-01 Versjon: J02 Dato: 2022-05-30





**Oppdragsgiver:** Kristiansand Havn  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Steffen Borgar Løvdahl  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Henrik Wergelandsgate 27, NO-4612 Kristiansand  
**Oppdragsleder:** Ignacio Rausa  
**Fagansvarlig:** Marte Eik Isaksen  
**Andre nøkkelpersoner:** Silje Nag Ulla

J02	2022-05-30	For bruk	maeis	sinul	igrau
B01	2022-04-22	For kommentar hos oppdragsgiver	maeis	sinul	igrau
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## ► Sammen drag

Norconsult har på oppdrag for Kristiansand Havn utført miljøtekniske undersøkelser av sediment i Havneavsnitt Nord i Kongsgård/Vige, i Kristiansand kommune. Hensikten med undersøkelsene var å dokumentere forurensningsgraden i sedimentet i forbindelse med utfylling i områdene SHA-4, SHA-5 og SHA-6 i Havneavsnitt Nord.

Det ble tatt ut overflateprøver av sediment med grabb i 15 stasjoner. Analysene viste at tre av prøvene var i tilstandsklasse IV, 10 prøver var i tilstandsklasse III, mens to prøver var i tilstandsklasse II.

En beskrivelse av lokale forhold, forurensning, risikovurdering, samt en vurdering av avbøtende tiltak vil bli utført i en egen rapport.

## ► Innhold

<b>1</b>	<b>Metode</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Resultater</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Referanser</b>	<b>8</b>

### Vedlegg:

Vedlegg A: tabeller

Vedlegg B: kart

Vedlegg C: analyserapport fra laboratoriet

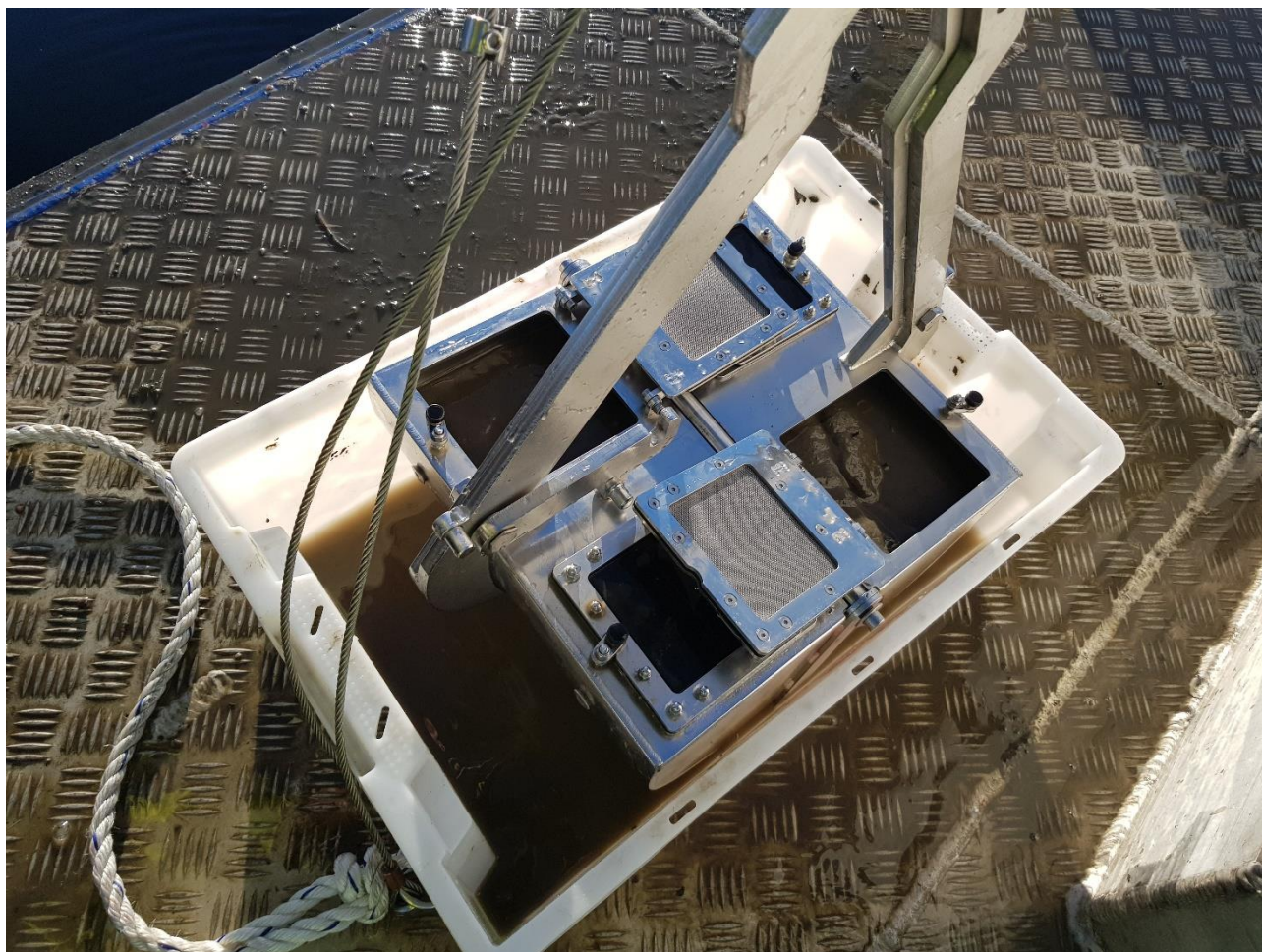
## 1 Metode

Det ble benyttet en van Veen grabb (1000 cm<sup>2</sup>) for sedimentprøvetakingen, se Figur 1. Det ble tatt ut prøvemateriale av de øverste inntil 10 cm av sediment fra minimum 4 delprøver per stasjon iht. NS-EN ISO 5667-19:2004 Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder (Norsk Standard, 2004). I enkelte stasjoner var det ikke mulig å få opp materiale grunnet f.eks. stein. Prøvematerialet for hver stasjon ble kombinert til én blandprøve og homogenisert før overføring til rilsanposer. Samtlige sedimentprøver ble beskrevet mht. farge, lukt, konsistens, kornstørrelse og sammensetning, ev. avfall og ev. observasjoner av liv. Vanddyb, prøvetakingsdybde og posisjon ble dokumentert.

Data fra stasjonene og prøvetakingslogg er gitt i vedlegg A.

Feltarbeidet ble utført 7. februar 2022.

Sedimentprøvene ble analysert for de vanligste miljøgiftene; arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel sink, tinnorganiske forbindelser, PAH, PCB. Prøvene ble i tillegg analysert for totalt organisk karbon, vanninnhold og kornstørrelse. Kjemiske analyser ble gjennomført ved ALS Laboratory Group Norway AS. Laboratoriet er akkreditert for analysene som er gjennomført.



Figur 1: Prøvetaking av sediment med van Veen grabb.

## 2 Resultater

Resultatene fra undersøkelsen er sammenlignet med tilstandsklasser for forurenset sediment i Miljødirektoratets veileder M608 (Miljødirektoratet, 2020). En beskrivelse av tilstandsklassene er vist i tabell 1. For forbindelser som ikke er påvist, er halve rapporteringsgrensen benyttet i klassifiseringen. Parametere som det ikke finnes klassegrenser for er vist med hvit bakgrunn. TBT og sum PAH-16 er klassifisert i henhold til forvaltningsbaserte tilstandsklasser. Fullstendige analyserapporter er gitt i vedlegg C.

Tabell 1: Beskrivelse av tilstandsklasser, veileder M608.

I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved korttids-eksponering	Omfattende toksiske effekter
Øvre grense: bakgrunn	Øvre grense: AA-QS, PNEC	Øvre grense: MAC-QS, PNEC <sub>akutt</sub>	Øvre grense: PNEC <sub>akutt</sub> X AF <sup>1)</sup>	

1) AF: sikkerhetsfaktor

Analysene viste at tre av prøvene var i tilstandsklasse IV, 10 prøver var i tilstandsklasse III, mens to prøver var i tilstandsklasse II. TOC-innholdet varierer mellom 0,33 % tørrvekt til 1,8 % tørrvekt. Massene er i hovedsak sandig silt, et par stasjoner er silt og et par stasjoner er sand. Klassifiserte resultater er vist i kart i vedlegg B.

Datarapport sediment

Utfylling i sjø

Oppdragsnr.: 52110063 Dokumentnr.: RIM-01 Versjon: J02



Tabell 2: Analyseresultater klassifisert iht. M-608.

	Enhet	HN-1	HN-2	HN-3	HN-4	HN-5	HN-6	HN-7	HN-9	HN-10	HN-11	HN-13	HN-14	HN-15	HN-16	HN-17
Tørrstoff ved 105 grader	%	56,1	82	57,5	62,6	67,5	72,9	82,3	84,6	78,3	79,6	70,2	64,5	74,4	64,2	68
Vanninnhold	%	43,9	18	42,5	37,4	32,5	27,1	17,7	15,4	21,7	20,4	29,8	35,5	25,6	35,8	32
Sand (>63µm)	%	30,8	83,5	34,4	17,1	59,7	57,3	82,2	96,1	91,4	86,3	72,4	27	61,8	18,5	39,8
Kornstørrelse <2 µm	%	0,9	0,3	0,7	1,1	0,6	0,6	0,3	<0.1	<0.1	0,2	0,3	0,9	0,6	1,2	1,4
Totalt organisk karbon (TOC)	% tørrvekt	1,8	0,41	1,4	1,1	0,81	0,62	0,52	0,18	0,33	0,34	1	0,94	1,2	1,1	0,68
As (Arsen)	mg/kg TS	6,6	2,8	6,2	4,6	3,1	3	3,8	1,2	1,9	3,9	3,3	4,1	4,9	3,7	4,3
Pb (Bly)	mg/kg TS	28	10	25	23	16	16	11	4,6	4,3	8,3	17	17	21	20	19
Cu (Kopper)	mg/kg TS	21	7	22	20	14	21	7,1	23	5,9	7,2	24	13	87	16	14
Cr (Krom)	mg/kg TS	20	9,3	21	21	17	20	9,4	4,5	4,3	9,3	17	15	16	18	18
Cd (Kadmium)	mg/kg TS	<0.020	<0.020	0,032	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020
Hg (Kvikksølv)	mg/kg TS	0,063	0,015	0,086	0,064	0,033	0,037	0,027	0,017	<0.010	0,028	0,065	0,041	0,042	0,06	0,039
Ni (Nikkel)	mg/kg TS	22	8,7	23	21	13	16	8,9	3,1	3,1	6,3	14	16	15	17	14
Zn (Sink)	mg/kg TS	75	33	76	65	53	65	34	33	25	32	69	52	87	61	59
Sum PCB-7	µg/kg TS	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Naftalen	µg/kg TS	11	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	20	<10
Acenaftylen	µg/kg TS	11	<10	15	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	10	<10	<10
Acenaften	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	95	<10
Fluoren	µg/kg TS	18	<10	21	11	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	10	<10	62	<10
Fenantren	µg/kg TS	50	16	69	40	31	26	18	<10	<10	16	46	61	42	100	44
Antracen	µg/kg TS	21	6,6	27	18	12	11	7,3	<4	<4	6,4	18	19	17	34	16
Fluoranten	µg/kg TS	95	32	120	74	54	44	34	<10	<10	25	79	90	77	120	84
Pyren	µg/kg TS	81	29	100	66	47	40	30	<10	<10	20	66	75	66	96	72
Benso(a)antracen	µg/kg TS	58	23	74	45	34	28	21	<10	<10	15	47	52	46	69	48
Krysen	µg/kg TS	61	24	79	49	37	30	23	<10	<10	16	49	56	50	69	50
Benso(b+j)fluoranten	µg/kg TS	78	23	82	50	31	34	22	<10	<10	10	40	49	38	58	41
Benso(k)fluoranten	µg/kg TS	49	15	69	33	29	21	23	<10	<10	11	36	38	42	54	33
Benso(a)pyren	µg/kg TS	59	21	75	46	34	30	22	<10	<10	13	45	51	48	64	45
Dibenso(ah)antracen	µg/kg TS	24	11	31	18	14	13	<10	<10	<10	<10	17	19	19	22	16
Benso(ghi)perylene	µg/kg TS	67	26	80	51	36	30	25	<10	<10	12	41	49	47	57	41
Indeno(123cd)pyren	µg/kg TS	59	22	72	45	32	27	22	<10	<10	<10	38	44	43	51	37
Sum PAH-16	µg/kg TS	740	250	910	550	390	330	250	<160	<160	140	520	610	550	970	530
Monobutyltinn	µg/kg TS	10,5	2,61	7,79	6,39	7,21	4,62	1,99	1,23	1,5	1,8	10,4	5,24	7	6,4	4,52
Dibutyltinn	µg/kg TS	9,44	1,96	9,91	7,09	6,92	5,71	1,46	<1	1,1	1,39	14	5,26	6,67	9,46	4,3
Tributyltinn	µg/kg TS	4,17	1,38	4,72	3,22	7,43	6,37	1,32	<1	2,38	<1	13,8	3,59	5,6	3	2,44

### 3 Referanser

Miljødirektoratet. (2020). *M608 - 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota - revidert 30.10.2020.*

Norsk Standard. (2004). *Norsk Standard NS-EN ISO 5667-19:2004 Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder .*

# Vedlegg








## Vedlegg A: Tabeller

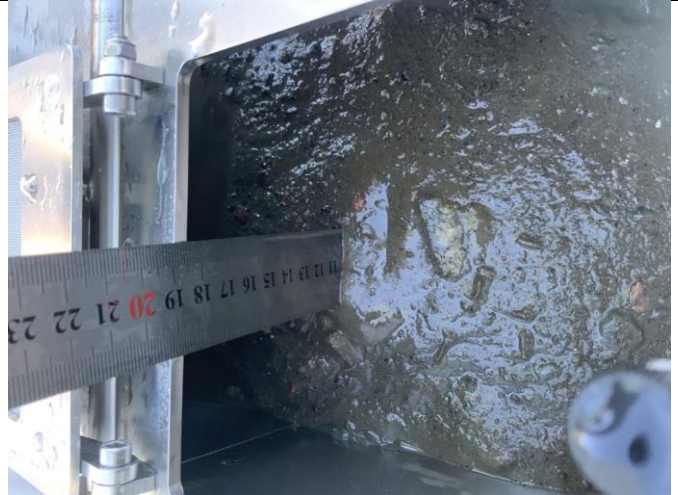


Tabell 1: Stasjonsdata



Stasjonsnavn	UTM32_Øst	UTM32_Nord	Vanndyp (m)	Dybde i sediment (cm)
HN-1	444337,564702	6446787,840895	51	17
HN-2	444100,02092	6446637,136547	36	12-13
HN-3	443958,435561	6446544,484752	42	14-17
HN-4	443803,505899	6446479,864636	38	16-18
HN-5	443632,281402	6446580,660542	34	??
HN-6 ny	443755,693706	6446636,433794	33	7-10
HN-7	443822,630354	6446999,237236	12	4-10
HN-8	443845,362087	6446872,720988	-	-
HN-9	443870,936288	6447085,775205	14	3-7
HN-10	443917,32593	6447036,870754	16	5-9
HN-11	444004,174619	6447074,61722	16-16,5	2-11
HN-12	443882,36632	6446853,635268	-	-
HN-13	443755,010075	6446588,194936	36	12
HN-14	443873,658058	6446584,655693	39	15-17
HN-15	443924,374724	6446702,717196	36	10-14
HN-16	444223,993169	6446872,948829	39	15
HN-17	444265,687367	6446978,146617	32	12-17




Tabell 2: Feltlogg

Stasjonsnavn	Bilde	Beskrivelse
HN-1		<p>Det ble tatt to grabbskudd. Det ble tatt ut to delprøver per grabbskudd, totalt fire delprøver.</p> <p>0-17 cm: alle grabbskuddene besto av brun silt/leire. Det var sorte rør fra mark i massene.</p>
HN-2		<p>Det ble tatt to grabbskudd. Det ble tatt ut to delprøver per grabbskudd, totalt fire delprøver.</p> <p>0-13 cm: begge grabbskuddene besto av brun silt/leire. Det var sorte rør fra mark i massene.</p>

<p>HN-3</p>		<p>Det ble tatt to grabbskudd. Det ble tatt ut to delprøver per grabbskudd, totalt fire delprøver. 0-17 cm: begge grabbskuddene besto av brun leire. Det var noen få dyr i massene.</p>
<p>HN-4</p>		<p>Det ble tatt to grabbskudd. Det ble tatt ut to delprøver per grabbskudd, totalt fire delprøver. 0-18 cm: Begge grabbskuddene besto av brun leire. Det var noen dyr og sjøfjær i massene.</p>
<p>HN-5</p>		<p>Det ble tatt to grabbskudd. Det ble tatt ut to delprøver per grabbskudd, totalt fire delprøver. 0-34 cm: det ene grabbskuddet besto av silt eller leire, med litt sort farge i, grabbskudd nr. 2 var det brun silt.</p>

HN-6 ny		<p>Det ble tatt to grabbskudd. Det ble tatt ut to delprøver per grabbskudd, totalt fire delprøver.</p> <p>0-10 cm: det ene grabbskuddet besto av brun silt med noe små stein, det andre grabbskuddet besto av brun silt/leire med en stor stein i. Prøvepunktet ble flyttet noe.</p>
HN-7		<p>Det ble tatt to grabbskudd. Det ble tatt ut to delprøver per grabbskudd, totalt fire delprøver.</p> <p>0-10 cm: det ene grabbskuddet besto av gråsvart grov sand og stein, det andre grabbskuddet besto av gråbrun grov sand. Noe rør fra mark.</p>
HN-8		<p>Det ble tatt flere grabbskudd men det kom kun opp stor stein</p>
HN-9		<p>Det ble tatt to grabbskudd. Det ble tatt ut to delprøver per grabbskudd, totalt fire delprøver.</p> <p>0-7 cm: det ene grabbskuddet besto av gråsvart silt/sand, med noe små stein. Det andre grabbskuddet besto av gråsvart grov sand, med noe små stein.</p>

HN-10		<p>Det ble tatt to grabbskudd. Det ble tatt ut to delprøver per grabbskudd, totalt fire delprøver.</p> <p>0-9 cm: sedimentet besto av gråsvart grov sand med noe stein, i det ene grabbskuddet var det noe skjell.</p>
HN-11		<p>Det ble tatt to grabbskudd. Det ble tatt ut to delprøver per grabbskudd, totalt fire delprøver.</p> <p>0-11 cm: sedimentet besto av brun silt/leire. Det var en rød klatt i massene; søppel eller biologi?. Det var mye stein etc. og grabben satte seg fast to ganger.</p>
HN-12		<p>Det ble tatt flere grabbskudd men det kom kun opp stor stein</p>

HN-13		<p>Det ble tatt to grabbskudd. Det ble tatt ut to delprøver per grabbskudd, totalt fire delprøver.</p> <p>0-17 cm: sedimentet besto av brun leire.</p>
HN-14		<p>Det ble tatt to grabbskudd. Det ble tatt ut to delprøver per grabbskudd, totalt fire delprøver.</p> <p>0-14 cm: sedimentet besto av brun leire. Det var et par dyr i massene.</p>
HN-15		<p>Det ble tatt to grabbskudd. Det ble tatt ut to delprøver per grabbskudd, totalt fire delprøver.</p> <p>0-15 cm: det ene grabbskuddet besto av brun leire og skjellsand, det andre grabbskuddet besto av brun skjellsand. Noe sorte rør fra mark i massene.</p>

HN-16		<p>Det ble tatt to grabbskudd. Det ble tatt ut to delprøver per grabbskudd, totalt fire delprøver. 0-15 cm: sedimentet besto av brun silt/leire.</p>
HN-17		<p>Det ble tatt to grabbskudd. Det ble tatt ut to delprøver per grabbskudd, totalt fire delprøver. 0-17 cm: sedimentet besto av brun silt/leire. Det var noen røde ormer og plastsøppel i det ene grabbskuddet, mens det var sorte rør fra mark i det andre grabbskuddet.</p>

# Vedlegg B: Tegninger





## Vedlegg C: Analyserapporter fra laboratoriet



---

## ANALYSERAPPORT

---

Ordrenummer	: NO2202725	Side	: 1 av 23
Kunde	: Norconsult AS	Prosjekt	: KS Havn - Fyllingsplaner SHA4, SHA5 og SHA6
Kontakt	: 93277 Marte Eik Isaksen	Prosjektnummer	: 93277/52110063
Adresse	: Henrik Wergelandsgate 27 4612 Kristiansand Norge	Prøvetaker	: ----
Epost	: marte.eik.isaksen@norconsult.com	Sted	: ----
Telefon	: ----	Dato prøvemottak	: 2022-02-14 13:03
COC nummer	: ----	Analysedato	: 2022-02-14
Tilbuds- nummer	: OF170333	Dokumentdato	: 2022-02-23 15:43
		Antall prøver mottatt	: 15
		Antall prøver til analyse	: 15

---

### Om rapporten

Forklaring til resultatene er gitt på slutten av rapporten.

Denne rapporten erstatter enhver foreløpig rapport med denne referansen. Resultater gjelder innleverte prøver slik de var ved innleveringstidspunktet. Alle sider på rapporten har blitt kontrollert og godkjent før utsendelse.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultater gjelder bare de analyserte prøvene.

Hvis prøvetakingstidspunktet ikke er angitt, prøvetakingstidspunktet vil bli default 00:00 på prøvetakingsdatoen. Hvis datoen ikke er angitt, blir default dato satt til dato for prøvemottak angitt i klammer uten tidspunkt.

---

Underskrivere	Posisjon
Torgeir Rødsand	DAGLIG LEDER

---

Laboratorium	: ALS Laboratory Group avd. Oslo	Nettside	: www.alsglobal.no
Adresse	: Drammensveien 264 0283 Oslo Norge	Epost	: info.on@alsglobal.com
		Telefon	: ----



## Analyseresultater

Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn

Prøvenummer lab

Kundes prøvetakingsdato

**HN-1**

NO2202725001

2022-02-07 00:00

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>Tørrstoff</b>								
Tørrstoff ved 105 grader	56.1	± 8.42	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Tørrstoff ved 105 grader	51.2	± 2.00	%	0.1	2022-02-16	S-DW105	LE	a ulev
<b>Prøvepreparering</b>								
Ekstraksjon	Yes	----	-	-	2022-02-21	S-P46	LE	a ulev
<b>Totale elementer/metaller</b>								
As (Arsen)	6.6	± 2.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pb (Bly)	28	± 8.40	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cu (Kopper)	21	± 6.30	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cr (Krom)	20	± 6.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cd (Kadmium)	<0.020	----	mg/kg TS	0.02	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Hg (Kvikksølv)	0.063	± 0.10	mg/kg TS	0.01	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Ni (Nikkel)	22	± 6.60	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Zn (Sink)	75	± 22.50	mg/kg TS	3	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>PCB</b>								
PCB 28	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 52	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 101	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 118	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 138	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 153	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 180	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PCB-7	<4	----	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)</b>								
Naftalen	11	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaftylen	11	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaften	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoren	18	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fenantren	50	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Antracen	21	± 20.00	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoranten	95	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pyren	81	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)antracen <sup>^</sup>	58	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Krysen <sup>^</sup>	61	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(b+j)fluoranten <sup>^</sup>	78	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(k)fluoranten <sup>^</sup>	49	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)pyren <sup>^</sup>	59	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Dibenso(ah)antracen <sup>^</sup>	24	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev



Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

Parameter	Resultat	MU	Enhet	HN-1		Metode	Utf. lab	Acc.Key
				LOR	Analysedato			
				NO2202725001				
				2022-02-07 00:00				
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH) - Fortsetter</b>								
Benso(ghi)perylen	67	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Indeno(123cd)pyren^	59	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PAH-16	740	----	µg/kg TS	160	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Organometaller</b>								
Monobutyltinn	10.5	± 1.10	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Dibutyltinn	9.44	± 0.95	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Tributyltinn	4.17	± 0.42	µg/kg TS	1.0	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
<b>Fysikalsk</b>								
Vanninnhold	43.9	----	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sand (>63µm)	30.8	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Kornstørrelse <2 µm	0.9	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>Andre analyser</b>								
Totalt organisk karbon (TOC)	1.8	± 0.50	% tørrvekt	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev

Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

Parameter	Resultat	MU	Enhet	HN-2		Metode	Utf. lab	Acc.Key
				LOR	Analysedato			
				NO2202725002				
				2022-02-07 00:00				
<b>Tørrstoff</b>								
Tørrstoff ved 105 grader	82	± 12.30	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Tørrstoff ved 105 grader	75.3	± 2.00	%	0.1	2022-02-16	S-DW105	LE	a ulev
<b>Prøvepreparering</b>								
Ekstraksjon	Yes	----	-	-	2022-02-21	S-P46	LE	a ulev
<b>Totale elementer/metaller</b>								
As (Arsen)	2.8	± 2.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pb (Bly)	10	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cu (Kopper)	7	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cr (Krom)	9.3	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cd (Kadmium)	<0.020	----	mg/kg TS	0.02	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Hg (Kvikksølv)	0.015	± 0.10	mg/kg TS	0.01	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Ni (Nikkel)	8.7	± 3.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Zn (Sink)	33	± 10.00	mg/kg TS	3	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>PCB</b>								
PCB 28	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 52	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 101	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 118	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 138	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 153	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 180	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PCB-7	<4	----	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)</b>								



Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

Parameter	Resultat	MU	Enhet	HN-2		Metode	Utf. lab	Acc.Key
				LOR	Analysedato			
				NO2202725002 2022-02-07 00:00				
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH) - Fortsetter</b>								
Naftalen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaftylene	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaften	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoren	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fenantren	16	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Antracene	6.6	± 20.00	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoranten	32	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pyren	29	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)antracene^	23	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Krysen^	24	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(b+j)fluoranten^	23	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(k)fluoranten^	15	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)pyren^	21	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Dibenso(ah)antracene^	11	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(ghi)perylene	26	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Indeno(123cd)pyren^	22	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PAH-16	250	----	µg/kg TS	160	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Organometaller</b>								
Monobutyltinn	2.61	± 0.27	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Dibutyltinn	1.96	± 0.21	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Tributyltinn	1.38	± 0.15	µg/kg TS	1.0	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
<b>Fysikalsk</b>								
Vanninnhold	18	----	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sand (>63µm)	83.5	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Kornstørrelse <2 µm	0.3	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>Andre analyser</b>								
Totalt organisk karbon (TOC)	0.41	± 0.50	% tørrvekt	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev

Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

Parameter	Resultat	MU	Enhet	HN-3		Metode	Utf. lab	Acc.Key
				LOR	Analysedato			
				NO2202725003 2022-02-07 00:00				
<b>Tørrstoff</b>								
Tørrstoff ved 105 grader	57.5	± 8.63	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Tørrstoff ved 105 grader	59.2	± 2.00	%	0.1	2022-02-16	S-DW105	LE	a ulev
<b>Prøvepreparering</b>								
Ekstraksjon	Yes	----	-	-	2022-02-21	S-P46	LE	a ulev
<b>Totale elementer/metaller</b>								
As (Arsen)	6.2	± 2.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pb (Bly)	25	± 7.50	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cu (Kopper)	22	± 6.60	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev



Submatris: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn

Prøvenummer lab

Kundes prøvetakingsdato

**HN-3**

NO2202725003

2022-02-07 00:00

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>Totale elementer/metaller - Fortsetter</b>								
Cr (Krom)	21	± 6.30	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cd (Kadmium)	0.032	± 0.10	mg/kg TS	0.02	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Hg (Kvikksølv)	0.086	± 0.10	mg/kg TS	0.01	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Ni (Nikkel)	23	± 6.90	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Zn (Sink)	76	± 22.80	mg/kg TS	3	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>PCB</b>								
PCB 28	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 52	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 101	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 118	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 138	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 153	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 180	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PCB-7	<4	----	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)</b>								
Naftalen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaftylen	15	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaften	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoren	21	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fenantren	69	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Antracen	27	± 20.00	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoranten	120	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pyren	100	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)antracen <sup>^</sup>	74	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Krysen <sup>^</sup>	79	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(b+j)fluoranten <sup>^</sup>	82	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(k)fluoranten <sup>^</sup>	69	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)pyren <sup>^</sup>	75	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Dibenso(ah)antracen <sup>^</sup>	31	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(ghi)perylene	80	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Indeno(123cd)pyren <sup>^</sup>	72	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PAH-16	910	----	µg/kg TS	160	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Organometaller</b>								
Monobutyltinn	7.79	± 0.78	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Dibutyltinn	9.91	± 0.99	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Tributyltinn	4.72	± 0.48	µg/kg TS	1.0	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
<b>Fysikalsk</b>								
Vanninnhold	42.5	----	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sand (>63µm)	34.4	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Kornstørrelse <2 µm	0.7	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>Andre analyser</b>								



Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

<b>HN-3</b>
NO2202725003
2022-02-07 00:00

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>Andre analyser - Fortsetter</b>								
Totalt organisk karbon (TOC)	1.4	± 0.50	% tørrvekt	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev

Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

<b>HN-4</b>
NO2202725004
2022-02-07 00:00

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>Tørrstoff</b>								
Tørrstoff ved 105 grader	62.6	± 9.39	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Tørrstoff ved 105 grader	60.6	± 2.00	%	0.1	2022-02-16	S-DW105	LE	a ulev
<b>Prøvepreparering</b>								
Ekstraksjon	Yes	----	-	-	2022-02-21	S-P46	LE	a ulev
<b>Totale elementer/metaller</b>								
As (Arsen)	4.6	± 2.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pb (Bly)	23	± 6.90	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cu (Kopper)	20	± 6.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cr (Krom)	21	± 6.30	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cd (Kadmium)	<0.020	----	mg/kg TS	0.02	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Hg (Kvikksølv)	0.064	± 0.10	mg/kg TS	0.01	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Ni (Nikkel)	21	± 6.30	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Zn (Sink)	65	± 19.50	mg/kg TS	3	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>PCB</b>								
PCB 28	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 52	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 101	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 118	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 138	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 153	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 180	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PCB-7	<4	----	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)</b>								
Naftalen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaftylene	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaften	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoren	11	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fenantren	40	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Antracen	18	± 20.00	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoranten	74	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pyren	66	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)antracen <sup>^</sup>	45	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Krysen <sup>^</sup>	49	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(b+j)fluoranten <sup>^</sup>	50	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev



Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

Parameter	Resultat	MU	Enhet	HN-4		Metode	Utf. lab	Acc.Key
				LOR	Analysedato			
				NO2202725004				
				2022-02-07 00:00				
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH) - Fortsetter</b>								
Benso(k)fluoranten^	33	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)pyren^	46	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Dibenso(ah)antracen^	18	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(ghi)perylene	51	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Indeno(123cd)pyren^	45	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PAH-16	550	----	µg/kg TS	160	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Organometaller</b>								
Monobutyltinn	6.39	± 0.64	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Dibutyltinn	7.09	± 0.71	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Tributyltinn	3.22	± 0.33	µg/kg TS	1.0	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
<b>Fysikalsk</b>								
Vanninnhold	37.4	----	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sand (>63µm)	17.1	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Kornstørrelse <2 µm	1.1	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>Andre analyser</b>								
Totalt organisk karbon (TOC)	1.1	± 0.50	% tørrvekt	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev

Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

Parameter	Resultat	MU	Enhet	HN-5		Metode	Utf. lab	Acc.Key
				LOR	Analysedato			
				NO2202725005				
				2022-02-07 00:00				
<b>Tørrstoff</b>								
Tørrstoff ved 105 grader	67.5	± 10.13	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Tørrstoff ved 105 grader	68.2	± 2.00	%	0.1	2022-02-16	S-DW105	LE	a ulev
<b>Prøvepreparering</b>								
Ekstraksjon	Yes	----	-	-	2022-02-21	S-P46	LE	a ulev
<b>Totale elementer/metaller</b>								
As (Arsen)	3.1	± 2.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pb (Bly)	16	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cu (Kopper)	14	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cr (Krom)	17	± 5.10	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cd (Kadmium)	<0.020	----	mg/kg TS	0.02	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Hg (Kvikksølv)	0.033	± 0.10	mg/kg TS	0.01	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Ni (Nikkel)	13	± 3.90	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Zn (Sink)	53	± 15.90	mg/kg TS	3	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>PCB</b>								
PCB 28	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 52	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 101	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 118	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 138	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev





Submatris: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

<b>HN-5</b>
NO2202725005
2022-02-07 00:00

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>PCB - Fortsetter</b>								
PCB 153	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 180	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PCB-7	<4	----	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)</b>								
Naftalen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaftylen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaften	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoren	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fenantren	31	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Antracen	12	± 20.00	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoranten	54	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pyren	47	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)antracena <sup>^</sup>	34	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Krysen <sup>^</sup>	37	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(b+j)fluoranta <sup>^</sup>	31	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(k)fluoranta <sup>^</sup>	29	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)pyrena <sup>^</sup>	34	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Dibenso(ah)antracena <sup>^</sup>	14	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(ghi)perylene	36	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Indeno(123cd)pyrena <sup>^</sup>	32	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PAH-16	390	----	µg/kg TS	160	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Organometaller</b>								
Monobutyltinn	7.21	± 0.73	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Dibutyltinn	6.92	± 0.70	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Tributyltinn	7.43	± 0.75	µg/kg TS	1.0	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
<b>Fysikalsk</b>								
Vanninnhold	32.5	----	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sand (>63µm)	59.7	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Kornstørrelse <2 µm	0.6	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>Andre analyser</b>								
Totalt organisk karbon (TOC)	0.81	± 0.50	% tørrvekt	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev

Submatris: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

<b>HN-6</b>
NO2202725006
2022-02-07 00:00

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>Tørrstoff</b>								
Tørrstoff ved 105 grader	72.9	± 10.94	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Tørrstoff ved 105 grader	68.5	± 2.00	%	0.1	2022-02-16	S-DW105	LE	a ulev
<b>Prøvepreparering</b>								
Ekstraksjon	Yes	----	-	-	2022-02-21	S-P46	LE	a ulev



Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn

Prøvenummer lab

Kundes prøvetakingsdato

**HN-6**

NO2202725006

2022-02-07 00:00

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>Totale elementer/metaller</b>								
As (Arsen)	3	± 2.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pb (Bly)	16	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cu (Kopper)	21	± 6.30	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cr (Krom)	20	± 6.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cd (Kadmium)	<0.020	----	mg/kg TS	0.02	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Hg (Kvikksølv)	0.037	± 0.10	mg/kg TS	0.01	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Ni (Nikkel)	16	± 4.80	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Zn (Sink)	65	± 19.50	mg/kg TS	3	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>PCB</b>								
PCB 28	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 52	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 101	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 118	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 138	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 153	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 180	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PCB-7	<4	----	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)</b>								
Naftalen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaftylen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaften	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoren	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fenantren	26	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Antracen	11	± 20.00	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoranten	44	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pyren	40	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)antracen <sup>^</sup>	28	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Krysen <sup>^</sup>	30	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(b+j)fluoranten <sup>^</sup>	34	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(k)fluoranten <sup>^</sup>	21	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)pyren <sup>^</sup>	30	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Dibenso(ah)antracen <sup>^</sup>	13	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(ghi)perylen	30	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Indeno(123cd)pyren <sup>^</sup>	27	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PAH-16	330	----	µg/kg TS	160	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Organometaller</b>								
Monobutyltinn	4.62	± 0.47	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Dibutyltinn	5.71	± 0.58	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Tributyltinn	6.37	± 0.64	µg/kg TS	1.0	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
<b>Fysikalsk</b>								
Vanninnhold	27.1	----	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev



Submatris: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

HN-6								
NO2202725006								
2022-02-07 00:00								
Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>Fysikalsk - Fortsetter</b>								
Sand (>63µm)	57.3	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Kornstørrelse <2 µm	0.6	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>Andre analyser</b>								
Totalt organisk karbon (TOC)	0.62	± 0.50	% tørrvekt	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev

Submatris: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

HN-7								
NO2202725007								
2022-02-07 00:00								
Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>Tørrstoff</b>								
Tørrstoff ved 105 grader	82.3	± 12.35	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Tørrstoff ved 105 grader	77.3	± 2.00	%	0.1	2022-02-16	S-DW105	LE	a ulev
<b>Prøvepreparering</b>								
Ekstraksjon	Yes	----	-	-	2022-02-21	S-P46	LE	a ulev
<b>Totale elementer/metaller</b>								
As (Arsen)	3.8	± 2.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pb (Bly)	11	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cu (Kopper)	7.1	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cr (Krom)	9.4	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cd (Kadmium)	<0.020	----	mg/kg TS	0.02	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Hg (Kvikksølv)	0.027	± 0.10	mg/kg TS	0.01	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Ni (Nikkel)	8.9	± 3.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Zn (Sink)	34	± 10.20	mg/kg TS	3	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>PCB</b>								
PCB 28	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 52	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 101	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 118	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 138	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 153	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 180	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PCB-7	<4	----	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)</b>								
Naftalen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaftylen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaften	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoren	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fenantren	18	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Antracen	7.3	± 20.00	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoranten	34	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pyren	30	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev

Dokumentdato : 2022-02-23 15:43  
 Side : 11 av 23  
 Ordrenummer : NO2202725  
 Kunde : Norconsult AS



Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

Parameter	Resultat	MU	Enhet	HN-7		Metode	Utf. lab	Acc.Key
				LOR	Analysedato			
				NO2202725007				
				2022-02-07 00:00				
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH) - Fortsetter</b>								
Benso(a)antracen <sup>^</sup>	21	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Krysen <sup>^</sup>	23	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(b+j)fluoranten <sup>^</sup>	22	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(k)fluoranten <sup>^</sup>	23	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)pyren <sup>^</sup>	22	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Dibenso(ah)antracen <sup>^</sup>	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(ghi)perylene	25	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Indeno(123cd)pyren <sup>^</sup>	22	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PAH-16	250	----	µg/kg TS	160	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Organometaller</b>								
Monobutyltinn	1.99	± 0.21	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Dibutyltinn	1.46	± 0.17	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Tributyltinn	1.32	± 0.14	µg/kg TS	1.0	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
<b>Fysikalsk</b>								
Vanninnhold	17.7	----	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sand (>63µm)	82.2	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Kornstørrelse <2 µm	0.3	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>Andre analyser</b>								
Totalt organisk karbon (TOC)	0.52	± 0.50	% tørrvekt	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev

Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

Parameter	Resultat	MU	Enhet	HN-9		Metode	Utf. lab	Acc.Key
				LOR	Analysedato			
				NO2202725008				
				2022-02-07 00:00				
<b>Tørrstoff</b>								
Tørrstoff ved 105 grader	84.6	± 12.69	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Tørrstoff ved 105 grader	80.7	± 2.00	%	0.1	2022-02-16	S-DW105	LE	a ulev
<b>Prøvepreparering</b>								
Ekstraksjon	Yes	----	-	-	2022-02-21	S-P46	LE	a ulev
<b>Totale elementer/metaller</b>								
As (Arsen)	1.2	± 2.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pb (Bly)	4.6	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cu (Kopper)	23	± 6.90	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cr (Krom)	4.5	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cd (Kadmium)	<0.020	----	mg/kg TS	0.02	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Hg (Kvikksølv)	0.017	± 0.10	mg/kg TS	0.01	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Ni (Nikkel)	3.1	± 3.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Zn (Sink)	33	± 10.00	mg/kg TS	3	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>PCB</b>								
PCB 28	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 52	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev

Dokumentdato : 2022-02-23 15:43  
 Side : 12 av 23  
 Ordrenummer : NO2202725  
 Kunde : Norconsult AS



Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

Parameter	Resultat	MU	Enhet	HN-9		Metode	Utf. lab	Acc.Key
				LOR	Analysedato			
				NO2202725008				
				2022-02-07 00:00				
<b>PCB - Fortsetter</b>								
PCB 101	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 118	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 138	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 153	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 180	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PCB-7	<4	----	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)</b>								
Naftalen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaftylen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaften	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoren	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fenantren	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Antracen	<4	----	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoranten	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pyren	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)antracen <sup>^</sup>	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Krysen <sup>^</sup>	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(b+j)fluoranten <sup>^</sup>	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(k)fluoranten <sup>^</sup>	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)pyren <sup>^</sup>	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Dibenso(ah)antracen <sup>^</sup>	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(ghi)perylene	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Indeno(123cd)pyren <sup>^</sup>	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PAH-16	<160	----	µg/kg TS	160	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Organometaller</b>								
Monobutyltinn	1.23	± 0.15	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Dibutyltinn	<1	----	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Tributyltinn	<1	----	µg/kg TS	1.0	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
<b>Fysikalsk</b>								
Vanninnhold	15.4	----	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sand (>63µm)	96.1	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Kornstørrelse <2 µm	<0.1	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>Andre analyser</b>								
Totalt organisk karbon (TOC)	0.18	± 0.50	% tørrvekt	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev

Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

Parameter	Resultat	MU	Enhet	HN-10		Metode	Utf. lab	Acc.Key
				LOR	Analysedato			
				NO2202725009				
				2022-02-07 00:00				
<b>Tørrstoff</b>								
Tørrstoff ved 105 grader	78.3	± 11.75	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev

Dokumentdato : 2022-02-23 15:43  
 Side : 13 av 23  
 Ordrenummer : NO2202725  
 Kunde : Norconsult AS



Submatris: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn

**HN-10**

Prøvenummer lab

NO2202725009

Kundes prøvetakingsdato

2022-02-07 00:00

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>Tørrstoff - Fortsetter</b>								
Tørrstoff ved 105 grader	79.6	± 2.00	%	0.1	2022-02-16	S-DW105	LE	a ulev
<b>Prøvepreparering</b>								
Ekstraksjon	Yes	----	-	-	2022-02-21	S-P46	LE	a ulev
<b>Totale elementer/metaller</b>								
As (Arsen)	1.9	± 2.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pb (Bly)	4.3	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cu (Kopper)	5.9	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cr (Krom)	4.3	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cd (Kadmium)	<0.020	----	mg/kg TS	0.02	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Hg (Kvikksølv)	<0.010	----	mg/kg TS	0.01	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Ni (Nikkel)	3.1	± 3.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Zn (Sink)	25	± 10.00	mg/kg TS	3	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>PCB</b>								
PCB 28	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 52	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 101	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 118	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 138	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 153	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 180	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PCB-7	<4	----	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)</b>								
Naftalen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaftylen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaften	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoren	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fenantren	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Antracen	<4	----	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoranten	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pyren	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)antracen <sup>^</sup>	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Krysen <sup>^</sup>	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(b+j)fluoranten <sup>^</sup>	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(k)fluoranten <sup>^</sup>	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)pyren <sup>^</sup>	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Dibenso(ah)antracen <sup>^</sup>	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(ghi)perylen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Indeno(123cd)pyren <sup>^</sup>	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PAH-16	<160	----	µg/kg TS	160	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Organometaller</b>								
Monobutyltinn	1.50	± 0.17	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev

Dokumentdato : 2022-02-23 15:43  
 Side : 14 av 23  
 Ordrenummer : NO2202725  
 Kunde : Norconsult AS



Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

HN-10								
NO2202725009								
2022-02-07 00:00								
Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>Organometaller - Fortsetter</b>								
Dibutyltinn	1.10	± 0.14	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Tributyltinn	2.38	± 0.24	µg/kg TS	1.0	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
<b>Fysikalsk</b>								
Vanninnhold	21.7	----	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sand (>63µm)	91.4	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Kornstørrelse <2 µm	<0.1	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>Andre analyser</b>								
Totalt organisk karbon (TOC)	0.33	± 0.50	% tørrvekt	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev

Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

HN-11								
NO2202725010								
2022-02-07 00:00								
Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>Tørrestoff</b>								
Tørrestoff ved 105 grader	79.6	± 11.94	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Tørrestoff ved 105 grader	79.0	± 2.00	%	0.1	2022-02-16	S-DW105	LE	a ulev
<b>Prøvepreparering</b>								
Ekstraksjon	Yes	----	-	-	2022-02-21	S-P46	LE	a ulev
<b>Totale elementer/metaller</b>								
As (Arsen)	3.9	± 2.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pb (Bly)	8.3	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cu (Kopper)	7.2	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cr (Krom)	9.3	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cd (Kadmium)	<0.020	----	mg/kg TS	0.02	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Hg (Kvikksølv)	0.028	± 0.10	mg/kg TS	0.01	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Ni (Nikkel)	6.3	± 3.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Zn (Sink)	32	± 10.00	mg/kg TS	3	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>PCB</b>								
PCB 28	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 52	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 101	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 118	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 138	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 153	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 180	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PCB-7	<4	----	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)</b>								
Naftalen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaftylen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaften	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoren	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev



Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

Parameter	Resultat	MU	Enhet	HN-11		Metode	Utf. lab	Acc.Key
				LOR	Analysedato			
				NO2202725010				
				2022-02-07 00:00				
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH) - Fortsetter</b>								
Fenantren	16	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Antracen	6.4	± 20.00	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoranten	25	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pyren	20	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)antracen <sup>^</sup>	15	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Krysen <sup>^</sup>	16	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(b+j)fluoranten <sup>^</sup>	10	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(k)fluoranten <sup>^</sup>	11	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)pyren <sup>^</sup>	13	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Dibenso(ah)antracen <sup>^</sup>	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(ghi)perylene	12	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Indeno(123cd)pyren <sup>^</sup>	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PAH-16	140	----	µg/kg TS	160	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Organometaller</b>								
Monobutyltinn	1.80	± 0.20	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Dibutyltinn	1.39	± 0.16	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Tributyltinn	<1	----	µg/kg TS	1.0	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
<b>Fysikalsk</b>								
Vanninnhold	20.4	----	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sand (>63µm)	86.3	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Kornstørrelse <2 µm	0.2	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>Andre analyser</b>								
Totalt organisk karbon (TOC)	0.34	± 0.50	% tørrvekt	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev

Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

Parameter	Resultat	MU	Enhet	HN-13		Metode	Utf. lab	Acc.Key
				LOR	Analysedato			
				NO2202725011				
				2022-02-07 00:00				
<b>Tørrstoff</b>								
Tørrstoff ved 105 grader	70.2	± 10.53	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Tørrstoff ved 105 grader	65.6	± 2.00	%	0.1	2022-02-16	S-DW105	LE	a ulev
<b>Prøvepreparering</b>								
Ekstraksjon	Yes	----	-	-	2022-02-21	S-P46	LE	a ulev
<b>Totale elementer/metaller</b>								
As (Arsen)	3.3	± 2.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pb (Bly)	17	± 5.10	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cu (Kopper)	24	± 7.20	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cr (Krom)	17	± 5.10	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cd (Kadmium)	<0.020	----	mg/kg TS	0.02	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Hg (Kvikksølv)	0.065	± 0.10	mg/kg TS	0.01	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Ni (Nikkel)	14	± 4.20	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev





Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

Parameter	Resultat	MU	Enhet	HN-13		Metode	Utf. lab	Acc.Key
				LOR	Analysedato			
					NO2202725011			
					2022-02-07 00:00			
<b>Totale elementer/metaller - Fortsetter</b>								
Zn (Sink)	69	± 20.70	mg/kg TS	3	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>PCB</b>								
PCB 28	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 52	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 101	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 118	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 138	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 153	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 180	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PCB-7	<4	----	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)</b>								
Naftalen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaftilen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaften	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoren	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fenantren	46	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Antracen	18	± 20.00	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoranten	79	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pyren	66	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)antracen <sup>^</sup>	47	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Krysen <sup>^</sup>	49	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(b+j)fluoranten <sup>^</sup>	40	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(k)fluoranten <sup>^</sup>	36	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)pyren <sup>^</sup>	45	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Dibenso(ah)antracen <sup>^</sup>	17	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(ghi)perylene	41	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Indeno(123cd)pyren <sup>^</sup>	38	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PAH-16	520	----	µg/kg TS	160	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Organometaller</b>								
Monobutyltinn	10.4	± 1.00	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Dibutyltinn	14.0	± 1.40	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Tributyltinn	13.8	± 1.40	µg/kg TS	1.0	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
<b>Fysikalsk</b>								
Vanninnhold	29.8	----	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sand (>63µm)	72.4	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Kornstørrelse <2 µm	0.3	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>Andre analyser</b>								
Totalt organisk karbon (TOC)	1	± 0.50	% tørrvekt	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev



Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn

**HN-14**

Prøvenummer lab

NO2202725012

Kundes prøvetakingsdato

2022-02-07 00:00

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>Tørrstoff</b>								
Tørrstoff ved 105 grader	64.5	± 9.68	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Tørrstoff ved 105 grader	64.2	± 2.00	%	0.1	2022-02-16	S-DW105	LE	a ulev
<b>Prøvepreparering</b>								
Ekstraksjon	Yes	----	-	-	2022-02-21	S-P46	LE	a ulev
<b>Totale elementer/metaller</b>								
As (Arsen)	4.1	± 2.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pb (Bly)	17	± 5.10	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cu (Kopper)	13	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cr (Krom)	15	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cd (Kadmium)	<0.020	----	mg/kg TS	0.02	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Hg (Kvikksølv)	0.041	± 0.10	mg/kg TS	0.01	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Ni (Nikkel)	16	± 4.80	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Zn (Sink)	52	± 15.60	mg/kg TS	3	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>PCB</b>								
PCB 28	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 52	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 101	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 118	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 138	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 153	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 180	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PCB-7	<4	----	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)</b>								
Naftalen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaftilen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaften	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoren	10	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fenantren	61	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Antracen	19	± 20.00	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoranten	90	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pyren	75	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)antracen <sup>^</sup>	52	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Krysen <sup>^</sup>	56	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(b+j)fluoranten <sup>^</sup>	49	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(k)fluoranten <sup>^</sup>	38	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)pyren <sup>^</sup>	51	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Dibenso(ah)antracen <sup>^</sup>	19	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(ghi)perylene	49	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Indeno(123cd)pyren <sup>^</sup>	44	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PAH-16	610	----	µg/kg TS	160	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Organometaller</b>								

Dokumentdato : 2022-02-23 15:43  
 Side : 18 av 23  
 Ordrenummer : NO2202725  
 Kunde : Norconsult AS



Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

**HN-14**

NO2202725012

2022-02-07 00:00

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>Organometaller - Fortsetter</b>								
Monobutyltinn	5.24	± 0.53	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Dibutyltinn	5.26	± 0.53	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Tributyltinn	3.59	± 0.36	µg/kg TS	1.0	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
<b>Fysikalsk</b>								
Vanninnhold	35.5	----	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sand (>63µm)	27	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Kornstørrelse <2 µm	0.9	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>Andre analyser</b>								
Totalt organisk karbon (TOC)	0.94	± 0.50	% tørrvekt	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev

Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn  
 Prøvenummer lab  
 Kundes prøvetakingsdato

**HN-15**

NO2202725013

2022-02-07 00:00

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>Tørrstoff</b>								
Tørrstoff ved 105 grader	74.4	± 11.16	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Tørrstoff ved 105 grader	68.6	± 2.00	%	0.1	2022-02-16	S-DW105	LE	a ulev
<b>Prøvepreparering</b>								
Ekstraksjon	Yes	----	-	-	2022-02-21	S-P46	LE	a ulev
<b>Totale elementer/metaller</b>								
As (Arsen)	4.9	± 2.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pb (Bly)	21	± 6.30	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cu (Kopper)	87	± 26.10	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cr (Krom)	16	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cd (Kadmium)	<0.020	----	mg/kg TS	0.02	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Hg (Kvikksølv)	0.042	± 0.10	mg/kg TS	0.01	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Ni (Nikkel)	15	± 4.50	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Zn (Sink)	87	± 26.10	mg/kg TS	3	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>PCB</b>								
PCB 28	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 52	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 101	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 118	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 138	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 153	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 180	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PCB-7	<4	----	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)</b>								
Naftalen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaftalen	10	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaften	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev

Dokumentdato : 2022-02-23 15:43  
 Side : 19 av 23  
 Ordrenummer : NO2202725  
 Kunde : Norconsult AS



Submatris: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn

**HN-15**

Prøvenummer lab

NO2202725013

Kundes prøvetakingsdato

2022-02-07 00:00

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH) - Fortsetter</b>								
Fluoren	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fenantren	42	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Antracen	17	± 20.00	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoranten	77	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pyren	66	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)antracen <sup>^</sup>	46	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Krysen <sup>^</sup>	50	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(b+j)fluoranten <sup>^</sup>	38	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(k)fluoranten <sup>^</sup>	42	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)pyren <sup>^</sup>	48	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Dibenso(ah)antracen <sup>^</sup>	19	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(ghi)perylene	47	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Indeno(123cd)pyren <sup>^</sup>	43	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PAH-16	550	----	µg/kg TS	160	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Organometaller</b>								
Monobutyltinn	7.00	± 0.70	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Dibutyltinn	6.67	± 0.67	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Tributyltinn	5.60	± 0.56	µg/kg TS	1.0	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
<b>Fysikalsk</b>								
Vanninnhold	25.6	----	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sand (>63µm)	61.8	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Kornstørrelse <2 µm	0.6	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>Andre analyser</b>								
Totalt organisk karbon (TOC)	1.2	± 0.50	% tørrvekt	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev

Submatris: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn

**HN-16**

Prøvenummer lab

NO2202725014

Kundes prøvetakingsdato

2022-02-07 00:00

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>Tørrstoff</b>								
Tørrstoff ved 105 grader	64.2	± 9.63	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Tørrstoff ved 105 grader	62.1	± 2.00	%	0.1	2022-02-16	S-DW105	LE	a ulev
<b>Prøvepreparering</b>								
Ekstraksjon	Yes	----	-	-	2022-02-21	S-P46	LE	a ulev
<b>Totale elementer/metaller</b>								
As (Arsen)	3.7	± 2.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pb (Bly)	20	± 6.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cu (Kopper)	16	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cr (Krom)	18	± 5.40	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cd (Kadmium)	<0.020	----	mg/kg TS	0.02	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Hg (Kvikksølv)	0.060	± 0.10	mg/kg TS	0.01	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev



Submatris: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn

**HN-16**

Prøvenummer lab

NO2202725014

Kundes prøvetakingsdato

2022-02-07 00:00

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>Totale elementer/metaller - Fortsetter</b>								
Ni (Nikkel)	17	± 5.10	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Zn (Sink)	61	± 18.30	mg/kg TS	3	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>PCB</b>								
PCB 28	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 52	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 101	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 118	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 138	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 153	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 180	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PCB-7	<4	----	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)</b>								
Naftalen	20	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaftylen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaften	95	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoren	62	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fenantren	100	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Antracen	34	± 20.00	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoranten	120	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pyren	96	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)antracen <sup>^</sup>	69	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Krysen <sup>^</sup>	69	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(b+j)fluoranten <sup>^</sup>	58	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(k)fluoranten <sup>^</sup>	54	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)pyren <sup>^</sup>	64	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Dibenso(ah)antracen <sup>^</sup>	22	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(ghi)perylene	57	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Indeno(123cd)pyren <sup>^</sup>	51	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PAH-16	970	----	µg/kg TS	160	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Organometaller</b>								
Monobutyltinn	6.40	± 0.64	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Dibutyltinn	9.46	± 0.95	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Tributyltinn	3.00	± 0.30	µg/kg TS	1.0	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
<b>Fysikalsk</b>								
Vanninnhold	35.8	----	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sand (>63µm)	18.5	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Kornstørrelse <2 µm	1.2	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>Andre analyser</b>								
Totalt organisk karbon (TOC)	1.1	± 0.50	% tørrvekt	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev



Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn

**HN-17**

Prøvenummer lab

NO2202725015

Kundes prøvetakingsdato

2022-02-07 00:00

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>Tørrstoff</b>								
Tørrstoff ved 105 grader	68	± 10.20	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Tørrstoff ved 105 grader	68.1	± 2.00	%	0.1	2022-02-16	S-DW105	LE	a ulev
<b>Prøvepreparering</b>								
Ekstraksjon	Yes	----	-	-	2022-02-21	S-P46	LE	a ulev
<b>Totale elementer/metaller</b>								
As (Arsen)	4.3	± 2.00	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pb (Bly)	19	± 5.70	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cu (Kopper)	14	± 5.00	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cr (Krom)	18	± 5.40	mg/kg TS	1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Cd (Kadmium)	<0.020	----	mg/kg TS	0.02	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Hg (Kvikksølv)	0.039	± 0.10	mg/kg TS	0.01	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Ni (Nikkel)	14	± 4.20	mg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Zn (Sink)	59	± 17.70	mg/kg TS	3	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>PCB</b>								
PCB 28	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 52	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 101	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 118	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 138	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 153	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
PCB 180	<0.50	----	µg/kg TS	0.5	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PCB-7	<4	----	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)</b>								
Naftalen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaftylen	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Acenaften	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoren	<10	----	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fenantren	44	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Antracen	16	± 20.00	µg/kg TS	4	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Fluoranten	84	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Pyren	72	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)antracen <sup>^</sup>	48	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Krysen <sup>^</sup>	50	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(b+j)fluoranten <sup>^</sup>	41	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(k)fluoranten <sup>^</sup>	33	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(a)pyren <sup>^</sup>	45	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Dibenso(ah)antracen <sup>^</sup>	16	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Benso(ghi)perylen	41	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Indeno(123cd)pyren <sup>^</sup>	37	± 50.00	µg/kg TS	10	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sum PAH-16	530	----	µg/kg TS	160	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	*
<b>Organometaller</b>								



Submatriks: **SEDIMENT**

Kundes prøvenavn

**HN-17**

Prøvenummer lab

NO2202725015

Kundes prøvetakingsdato

2022-02-07 00:00

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analysedato	Metode	Utf. lab	Acc.Key
<b>Organometaller - Fortsetter</b>								
Monobutyltinn	4.52	± 0.46	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Dibutyltinn	4.30	± 0.44	µg/kg TS	1	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
Tributyltinn	2.44	± 0.25	µg/kg TS	1.0	2022-02-21	S-GC-46	LE	a ulev
<b>Fysikalsk</b>								
Vanninnhold	32	----	%	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Sand (>63µm)	39.8	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
Kornstørrelse <2 µm	1.4	----	%	-	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev
<b>Andre analyser</b>								
Totalt organisk karbon (TOC)	0.68	± 0.50	% tørrvekt	0.1	2022-02-14	S-SEDB (6578)	DK	a ulev

*Dette er slutten av analyseresultatdelen av analysesertifikatet*

## Kort oppsummering av metoder

Analysemetoder	Metodebeskrivelser
S-DW105	Gravimetrisk bestemmelse av tørrstoff ved 105°C iht SS 28113 utg. 1.
S-GC-46	Bestemmelse av organiske tinnforbindelser (OTC) i slam og sediment av GC-ICP-MS i henhold til SE-SOP-0036 (SS-EN ISO 23161:2018).
S-P46	Prep metode- OTC i henhold til SE-SOP-0036 (SS-EN ISO 23161:2018).
S-SEDB (6578)	Sediment basispakke. Tørrstoff gravimetrisk, metode: DS 204:1980 Kornfordeling ved laserdiffraksjon, metode: ISO 11277:2009 TOC ved IR, metode EN 13137:2001. Målesikkerhet: 15% PAH-16 metode: REFLAB 4:2008 PCB-7 ved GC/MS/SIM, metode: EPA 8082 MOD Metaller ved ICP, metode: DS259

**Noter:** **LOR** = Rapporteringsgrenser representerer standard rapporteringsgrenser for de respektive parameterne for hver metode. Merk at rapporteringsgrensen kan bli påvirket av f.eks nødvendig fortykning grunnet matriksinterferens eller ved for lite prøvemateriale

**MU** = Målesikkerhet

**a** = A etter utøvende laboratorium angir akkreditert analyse gjort av ALS Laboratory Norway AS

**a ulev** = A ulev etter utøvende laboratorium angir akkreditert analyse gjort av underleverandør

\* = Stjerne før resultat angir ikke-akkreditert analyse.

< betyr mindre enn

> betyr mer enn

n.a. – ikke aktuelt

n.d. – Ikke påvist

### Målesikkerhet:

**Målesikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.**

**Målesikkerheten angis som en utvidet målesikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.**

**Målesikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.**

Dokumentdato : 2022-02-23 15:43  
Side : 23 av 23  
Ordrenummer : NO2202725  
Kunde : Norconsult AS



---

**Utførende lab**

	<b>Utførende lab</b>
DK	<i>Analysene er utført av:</i> ALS Denmark A/S, Bakkegårdsvej 406A Humlebæk
LE	<i>Analysene er utført av:</i> ALS Scandinavia AB Luleå, Aurorum 10 Luleå Sverige 977 75



Kristiansand Havn

# Innledende miljøteknisk kartlegging av sedimenter

Kongsgård-Vige



Oppdragsnr.: 5176609 Dokumentnr.: RIM-01-5176609 Versjon: J01  
2019-09-06

**Oppdragsgiver:** Kristiansand Havn  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Odd-Leif Berg  
**Rådgiver:** Norconsult  
**Oppdragsleder:** Martin Schreck  
**Fagansvarlig:** Silje Nag Ulla (fagkontroll)  
**Andre nøkkelpersoner:** Marte Eik Isaksen

J01	2019-09-06	For bruk	Marte Eik Isaksen	Silje Nag Ulla	Martin Schreck
A01	2018-12-17	Intern versjon	Marte Eik Isaksen	Silje Nag Ulla	Martin Schreck
<b>Versjon</b>	<b>Dato</b>	<b>Beskrivelse</b>	<b>Utarbeidet</b>	<b>Fagkontrollert</b>	<b>Godkjent</b>

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## Sammendrag

Norconsult har fått i oppdrag fra Kristiansand havn KF å avklare behovet for, og utføre supplerende undersøkelser mht. miljø og geoteknikk i forbindelse med eventuell endring av arealbruk, utbygging og utfylling i området Kongsgård-Vige. Norconsult har tidligere utført sammenstillingen av eksisterende data mht. miljø- og geotekniske undersøkelser for dette området. I forbindelse med gjennomføring av geotekniske undersøkelser i sjø, ble det tatt ut kjerneprøver til analyse av forurensningsparametere i et utvalg prøvepunkt. Dette ble gjort for å få et inntrykk av vertikal utbredelse av forurensning i området. Det var kun mulig å få opp prøvemateriale i totalt tre av fem punkt. Denne rapporten omhandler de miljøtekniske prøvene som er tatt.

Prøvene ble tatt med geoteknisk borerigg (kjerneprøver i sylinder) fra flåte i tre punkter av Rambøll i forbindelse med de geotekniske undersøkelsene i sjø. De geotekniske undersøkelsene ble utført i mai 2018 til september 2018. Sylinderprøvene fra den øverste meter ble delt i sjikt på 10 cm. Tre av sjiktene (0-10 cm, 20-30 cm og 50-60 cm) ble analysert med hensyn til forurensningsparametere, for å kunne se på fordeling av forurensning vertikalt i sedimentet.

Det er påvist en avtakende forurensningsgradient i samtlige prøvepunkt. I punkt K005 er forurensningsgraden høyest i sjiktet fra 20-30 cm og lavest i sjiktet 0-10 cm. I de andre punktene er forurensningsgradienten høyest i sjiktet 0-10 cm og lavest i sjiktet 50-60 cm. I K005 er det påvist forurensning (tilstandsklasse II) i sjiktet 50-60 cm, mens det i de andre to punktene kun er påvist forurensning til og med sjiktet 20-30 cm. Resultatene viser at ev. forurenset sediment i de undersøkte områdene kan forventes å finnes i den øvre 0,5 -1 m.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>5</b>
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Målsetning	5
<b>2</b>	<b>Miljøundersøkelse</b>	<b>6</b>
2.1	Metode	6
2.1.1	Prøvetaking	6
2.1.2	Vurderingsgrunnlag	7
2.2	Feltarbeid	7
2.3	Resultater	8
<b>3</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Referanser</b>	<b>11</b>

### Vedlegg 1: Analyserapporter

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Norconsult har fått i oppdrag fra Kristiansand havn KF å avklare behovet for, og utføre supplerende undersøkelser mht. miljø og geoteknikk i forbindelse med endring av arealbruk, utbygging og utfylling i området Kongsgård-Vige. Norconsult har tidligere utført sammenstillingen av eksisterende data mht. tidligere miljøtekniske og geotekniske undersøkelser i samme område. I forbindelse med geotekniske undersøkelser i sjø er det utført innledende miljøtekniske undersøkelser i tre av de geotekniske punktene.

## 1.2 Målsetning

Målsetningen var å få en indikasjon på vertikal utbredelse av forurensningen i sedimentet innenfor det planlagte nye havneområdet i Kongsgård – Vige.

## 2 Miljøundersøkelse

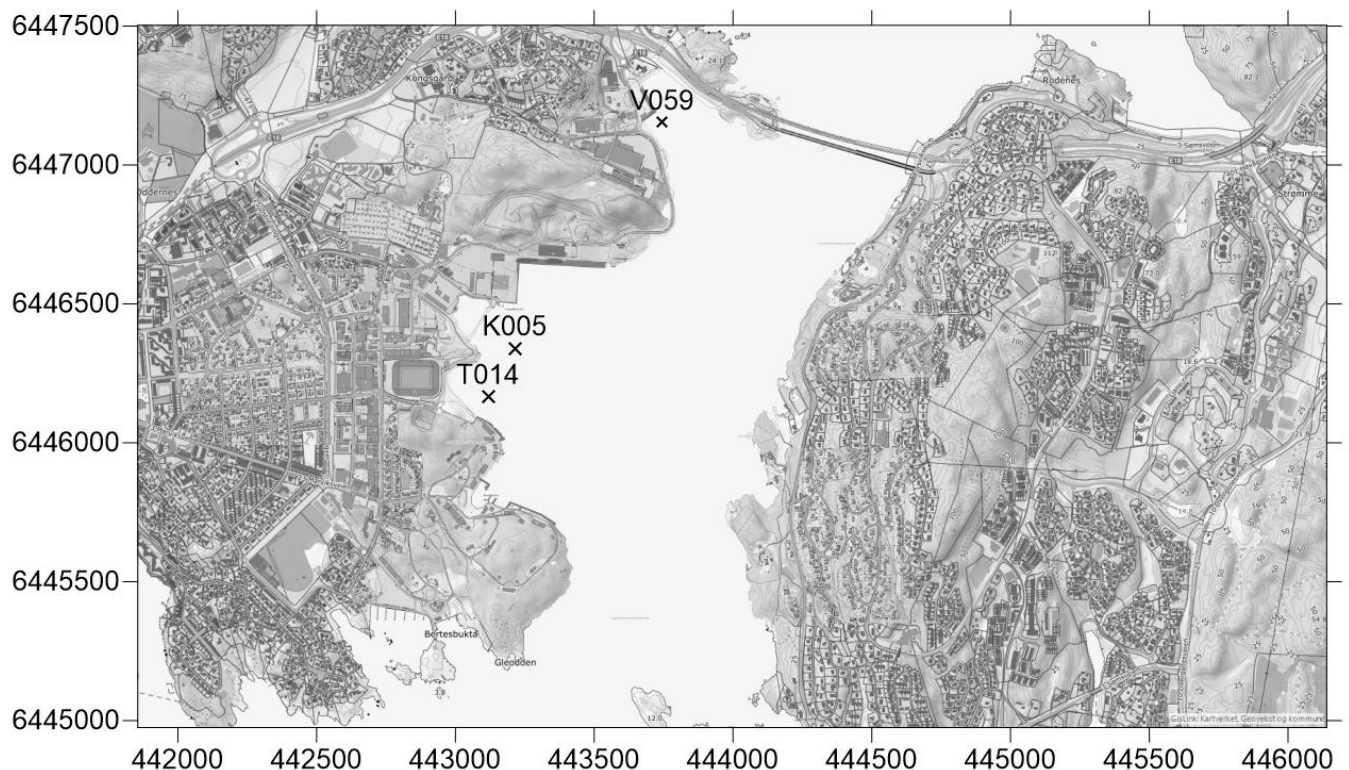
### 2.1 Metode

Tiltak i forurensede sedimenter er styrt av Miljødirektoratets veiledning M-350/2015; Håndtering av sedimenter. Undersøkelser av sjøbunnen og klassifisering av forurensningstilstand i henhold til Miljødirektoratets klassifiseringssystem for miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (M-608) skal legges til grunn i vurdering om og hvordan forurensningsbegrensende tiltak kan gjennomføres.

For å avklare forurensningssituasjonen, naturforholdene på stedet og fare for spredning av forurensning må det gjøres undersøkelser og en risikovurdering. Behov for tiltak og aktuelle tiltaksmetoder må vurderes i lys av undersøkelsene.

#### 2.1.1 Prøvetaking

Det er utført prøvetaking i tre punkter (T014, K005 og V059). Plassering av punktene er vist i Figur 1, koordinatene og sjødybden for punktene er vist i Tabell 1. For hvert punkt ble det tatt ut en kjerneprøve. Kjerneprøvene fra den øverste meter ble delt i sjikt på 10 cm. Tre av sjiktene (0-10 cm, 20-30 cm og 50-60 cm) ble analysert med hensyn til forurensningsparametere. Prøvene er sendt til laboratoriet ALS for analyse på tungmetaller, PCB, PAH, TBT, TOC, tørrstoff og korfordeling (< 2  $\mu\text{m}$  og < 63  $\mu\text{m}$ ). Basert på området bruk er det ansett at disse analysene dekker den mest sannsynlige forurensingen i området.



Figur 1 Plassering av de tre prøvetatte punktene (T014, K005, V059), de øvrige punktene er undersøkelser utført tidligere i området.

Tabell 1: Oversikt over koordinater og sjødybde for punktene. Koordinatsystem EUREF 89 UTM sone 32 og høydereferanse NN2000.

Prøvepunkt	UTM 32 X	UTM 32 Y	Dybde Z
T014	443118,36	6446164,5	-20,113
K005	443214,78	6446338,8	-26,248
V059	443745,12	6447153,6	-10,339

## 2.1.2 Vurderingsgrunnlag

Konsentrasjoner i sedimentet sammenlignes med grenseverdier for tilstandsklassene i veiledning M-608 utarbeidet av Miljødirektoratet (Miljødirektoratet, 2016) og Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen vanndirektivet, 2018). Tilstandsklassene representerer ulik forurensningsgrad basert på fare for effekter på organismer. Beskrivelse av de ulike tilstandsklassene er vist i Tabell 2. Mht. TBT har Miljødirektoratet utarbeidet forvaltningsbaserte tilstandsklasser, ettersom dette er en forbindelse som man svært ofte vil påvise i tilstandsklasse V iht. effektbaserte tilstandsklasser i områder hvor det har vært skipsaktivitet. Forvaltningsbaserte tilstandsklasser mht. TBT er gitt i veileder 02:2018, mens effektbaserte tilstandsklasser er gitt i M608.

Tabell 2 Klassifiseringssystem for metaller og organiske miljøgifter (M-608)

Tilstandsklasse	I	II	III	IV	V
Beskrivelse av tilstand	Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Betingelser	Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids eksponering	Akutt toksiske effekter ved korttids eksponering	Omfattende akutt-toksiske effekter

## 2.2 Feltarbeid

Prøvetakingen ble utført av Rambøll samtidig som de utførte de geotekniske undersøkelsene. Prøvene ble tatt ved bruk av en borerigg som tok ut sylinderprøver. Det ble tatt ut prøver for miljøtekniske undersøkelser i tre punkter.

## 2.3 Resultater

Resultatene av den gjennomførte undersøkelsen er vist i Tabell 3 og fargene tilsvarer tilstandsklassene i Tabell 2. Fullstendige analyserapporter er gitt i vedlegg 1.

Konsentrasjonen av forurensningsparametere er størst i punkt V059 (0-10 cm), de underliggende massene 20-30 cm dybde er i tilstandsklasse IV, mens de er rene i det dypeste sjiktet 50-60 cm. Av forurensning over tilstandsklasse II (god tilstand) er dette kun i punkt T014 0-10 cm. De øvrige prøvene er i tilstandsklasse II. Konsentrasjonen av Sum PAH-16 ligger akkurat på grensen mellom tilstandsklasse IV og V.

Det er utført full kornfordelingsanalyse av 0-10 cm for hvert punkt, samt analyse av kornfordeling (<2µm, >63 µm) for alle prøvene. Sedimentene er klassifisert etter kornfordeling tabellen i henhold til Statens vegvesens vedlegg 1 *Jordartsklassifisering* til håndbok 014 Laboratorieundersøkelser.

Tabell 3: Analyseresultater klassifisert i henhold til veileder M-608, veileder 02:2018 (PAH og forvaltningsmessig TBT). Der parameteren ikke har blitt påvist står det n.d. i tabellen.

Parameter	Enhet	K005	K005	K005	T014	T014	T014	V059	V059	V059
Prøvedyp		0-10 cm	20-30 cm	50-60 cm	0-10 cm	20-30 cm	50-60 cm	0-10 cm	20-30 cm	50-60 cm
Tørrstoff (E)	%	77,4	77,7	68,1	76,4	80	72	79,6	81	75,3
Vanninnhold	%	22,6	22,3	31,9	23,6	20	28	20,4	19	24,7
TOC	% TS	0,49	0,43	0,23	1,07	0,84	0,32	0,82	0,66	0,6
Naftalen	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10	<10	280	12	<10
Acenaftylen	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10	<10	45	17	<10
Acenaften	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10	<10	350	62	<10
Fluoren	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10	<10	330	80	<10
Fenantren	µg/kg TS	<10	<10	<10	28	14	<10	2000	620	<10
Antracen	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10	<10	590	150	<10
Fluoranten	µg/kg TS	<10	<10	<10	37	24	<10	2600	550	<10
Pyren	µg/kg TS	<10	<10	<10	36	29	<10	2500	460	<10
Benso(a)antracen^	µg/kg TS	<10	<10	<10	17	13	<10	1600	250	<10
Krysen^	µg/kg TS	<10	<10	<10	37	29	<10	1500	240	<10
Benso(b)fluoranten^	µg/kg TS	<10	<10	<10	25	27	<10	2500	260	12
Benso(k)fluoranten^	µg/kg TS	<10	<10	<10	22	23	<10	940	96	<10
Benso(a)pyren^	µg/kg TS	<10	<10	<10	21	21	<10	2100	210	<10
Dibenso(ah)antracen^	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10	<10	280	28	<10
Benso(ghi)perylene	µg/kg TS	<10	<10	<10	32	35	<10	1200	140	<10
Indeno(123cd)pyren^	µg/kg TS	<10	<10	<10	25	23	<10	1000	120	<10
Sum PAH-16	µg/kg TS	n.d.	n.d.	n.d.	280	240	n.d.	20000	3300	<100
Sum PAH carcinogene^	µg/kg TS	n.d.	n.d.	n.d.	150	140	n.d.	11000	1300	<100
PCB 28	µg/kg TS	<0.70	<0.70	<0.70	<0.70	<0.70	<0.70	<0,50	<0,50	<0,50
PCB 52	µg/kg TS	<0.70	<0.70	<0.70	<0.70	<0.70	<0.70	<0,50	<0,50	<0,50



Parameter	Enhet	K005	K005	K005	T014	T014	T014	V059	V059	V059
Prøvedyp		0-10 cm	20-30 cm	50-60 cm	0-10 cm	20-30 cm	50-60 cm	0-10 cm	20-30 cm	50-60 cm
PCB 101	µg/kg TS	<0.70	<0.70	<0.70	<0.70	<0.70	<0.70	<0.50	<0.50	<0.50
PCB 118	µg/kg TS	<0.70	<0.70	<0.70	<0.70	<0.70	<0.70	<0.50	<0.50	<0.50
PCB 138	µg/kg TS	<0.70	<0.70	<0.70	1,21	0,91	<0.70	<0.50	<0.50	<0.50
PCB 153	µg/kg TS	<0.70	<0.70	<0.70	1,15	0,76	<0.70	<0.50	<0.50	<0.50
PCB 180	µg/kg TS	<0.70	<0.70	<0.70	<0.70	<0.70	<0.70	<0.50	<0.50	<0.50
Sum PCB-7	µg/kg TS	n.d.	n.d.	n.d.	2,4	1,7	n.d.	<4	<4	<4
As (Arsen)	mg/kg TS	2,78	2,48	1,91	1,54	3,64	1,44	3,9	4,5	2,7
Pb (Bly)	mg/kg TS	5	6,7	9,5	22,7	18,1	5,5	20	20	4
Cu (Kopper)	mg/kg TS	19	50,1	35,6	28,1	17,9	13,8	12	8,4	5
Cr (Krom)	mg/kg TS	8,77	11,3	18	27,6	16	8,67	10	9,8	8,7
Cd (Kadmium)	mg/kg TS	<0.10	0,18	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0,03	0,09	<0,02
Hg (Kvikksølv)	mg/kg TS	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	0,07	0,06	<0,01
Ni (Nikkel)	mg/kg TS	6,1	9,3	14,1	13,5	8,9	5,8	10	8,5	6
Zn (Sink)	mg/kg TS	27,4	35,2	65,5	61,8	37,3	24,6	51	34	30
Tørrstoff (L)	%	78	79,6	68,6	74,2	76,9	82,2	80,7	80,3	73,6
Monobutyltinnkation	µg/kg TS	<1	<1	<1	9,56	<1	<1	<1	<1	<1
Dibutyltinnkation	µg/kg TS	<1	<1	<1	9,95	1,27	<1	<1	<1	<1
Effektbasert TBT	µg/kg TS	<1	<1	<1	11	<1	<1	1,83	<1	<1
Forvaltningsbasert TBT	µg/kg TS	<1	<1	<1	11	<1	<1	1,83	<1	<1
Kornstype (basert på kornford)		Sandig silt	Sandig silt	Leirig silt	Sand	Siltig sand	Siltig sand	Siltig sand	Sand	Sandig silt
Kornstørrelse >63 µm	%	24,7	26,7	6,5	84,2	65,5	54	78,5	91,3	25,2
Kornstørrelse 0,032-0,063 mm	%	26,8	i. a.	i. a.	4,49	i. a.	i. a.	3,15	i. a.	i. a.
Kornstørrelse 0,016-0,032 mm	%	21,1	i. a.	i. a.	4,26	i. a.	i. a.	4,25	i. a.	i. a.
Kornstørrelse 0,008-0,016 mm	%	12	i. a.	i. a.	3,79	i. a.	i. a.	5,29	i. a.	i. a.
Kornstørrelse 0,004-0,008 mm	%	6,19	i. a.	i. a.	1,79	i. a.	i. a.	3,33	i. a.	i. a.
Kornstørrelse < 0,002 mm	%	3,98	i. a.	i. a.	0,55	i. a.	i. a.	2,94	i. a.	i. a.
Kornstørrelse <2 µm	%	4	4,4	14,3	0,5	1,5	2,8	0,8	0,3	3,2

### 3 Konklusjon

Det er påvist forurensning i samtlige prøvepunkt. Forurensningen varierer fra tilstandsklasse II til tilstandsklasse V. Forurensningen er overflatenær og avtar i dybden. Det er kun påvist forurensning dypere enn 0,5 meter ned i sedimentet i K005.

## 4 Referanser

Direktoratsgruppen vanndirektivet. (2018). *Veileder 02:2018 Klassifisering*.

Miljødirektoratet. (2016). *M-608. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota*.



Mottatt dato **2018-10-29**  
 Utstedt **2018-11-12**

Norconsult  
 Silje Nag Ulla  
 Ansattnr 86184

Pb 8984  
 Norway

Prosjekt **Kongsgård - Vige**  
 Bestnr **5176609**

## Analyse av sediment

Deres prøvenavn	<b>K005 0-10 cm Sediment</b>					
Labnummer	N00617418					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Sedimentpakke-basis CZ *	-----		-	1	1	ELNO
Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup>	<b>77.4</b>	4.67	%	2	2	SAHM
Vanninnhold <sup>a ulev</sup>	<b>22.6</b>	1.38	%	2	2	SAHM
Kornstørrelse >63 µm <sup>a ulev</sup>	<b>24.7</b>	2.47	%	2	2	SAHM
Kornstørrelse <2 µm <sup>a ulev</sup>	<b>4.0</b>	0.4	%	2	2	SAHM
Kornfordeling <sup>a ulev</sup>	-----		se vedl.	2	2	MAMU
TOC <sup>a ulev</sup>	<b>0.49</b>	0.12	% TS	2	2	SAHM
Naftalen <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Acenaftilen <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Acenaften <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fluoren <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fenantren <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Antracen <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fluoranten <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Pyren <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(a)antracen <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Krysen <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(b)fluoranten <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(k)fluoranten <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(a)pyren <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Dibenso(ah)antracen <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(ghi)perylene <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Indeno(123cd)pyren <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PAH-16 *	<b>n.d.</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PAH carcinogene <sup>A</sup> *	<b>n.d.</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 28 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 52 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 101 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 118 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 138 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 153 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 180 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM



Deres prøvenavn	<b>K005 0-10 cm Sediment</b>					
Labnummer	N00617418					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Sum PCB-7*	n.d.		µg/kg TS	2	2	SAHM
As (Arsen) <sup>a ulev</sup>	2.78	0.56	mg/kg TS	2	2	SAHM
Pb (Bly) <sup>a ulev</sup>	5.0	1.0	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cu (Kopper) <sup>a ulev</sup>	19.0	3.79	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cr (Krom) <sup>a ulev</sup>	8.77	1.75	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cd (Kadmium) <sup>a ulev</sup>	<0.10		mg/kg TS	2	2	SAHM
Hg (Kvikksølv) <sup>a ulev</sup>	<0.20		mg/kg TS	2	2	SAHM
Ni (Nikkel) <sup>a ulev</sup>	6.1	1.2	mg/kg TS	2	2	SAHM
Zn (Sink) <sup>a ulev</sup>	27.4	5.5	mg/kg TS	2	2	SAHM
Tørrestoff (L) <sup>a ulev</sup>	78.0	2.0	%	3	V	MAMU
Monobutyltinnkation <sup>a ulev</sup>	<1		µg/kg TS	3	T	MAMU
Dibutyltinnkation <sup>a ulev</sup>	<1		µg/kg TS	3	T	MAMU
Tributyltinnkation <sup>a ulev</sup>	<1		µg/kg TS	3	T	MAMU
Kornfordeling <sup>a ulev</sup>	-----		se vedl.	4	2	MAMU
Kornstørrelse >63 µm <sup>a ulev</sup>	24.7	2.47	%	4	2	SAHM
Kornstørrelse 0,032-0,063 mm <sup>a ulev</sup>	26.8	2.68	%	4	2	SAHM
Kornstørrelse 0,016-0,032 mm <sup>a ulev</sup>	21.1	2.11	%	4	2	SAHM
Kornstørrelse 0,008-0,016 mm <sup>a ulev</sup>	12.0	1.20	%	4	2	SAHM
Kornstørrelse 0,004-0,008 mm <sup>a ulev</sup>	6.19	0.619	%	4	2	SAHM
Kornstørrelse < 0,002 mm <sup>a ulev</sup>	3.98	0.398	%	4	2	SAHM
Kornstørrelse <2 µm <sup>a ulev</sup>	4.0	0.4	%	4	2	SAHM



Deres prøvenavn	<b>K005 20-30 cm Sediment</b>					
Labnummer	N00617419					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Sedimentpakke-basis CZ *</b>	-----		-	1	1	ELNO
<b>Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup></b>	<b>77.7</b>	4.69	%	2	2	SAHM
<b>Vanninnhold <sup>a ulev</sup></b>	<b>22.3</b>	1.37	%	2	2	SAHM
<b>Kornstørrelse &gt;63 µm <sup>a ulev</sup></b>	<b>26.7</b>	2.7	%	2	2	SAHM
<b>Kornstørrelse &lt;2 µm <sup>a ulev</sup></b>	<b>4.4</b>	0.4	%	2	2	SAHM
<b>Kornfordeling <sup>a ulev</sup></b>	-----		se vedl.	2	2	MAMU
<b>TOC <sup>a ulev</sup></b>	<b>0.43</b>	0.11	% TS	2	2	SAHM
<b>Naftalen <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Acenaftilen <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Acenaften <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Fluoren <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Fenantren <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Antracen <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Fluoranten <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Pyren <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(a)antracen<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Krysen<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(b)fluoranten<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(k)fluoranten<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(a)pyren<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Dibenso(ah)antracen<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(ghi)perylene <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Indeno(123cd)pyren<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Sum PAH-16 *</b>	<b>n.d.</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Sum PAH carcinogene<sup>A</sup> *</b>	<b>n.d.</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 28 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 52 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 101 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 118 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 138 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 153 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 180 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Sum PCB-7 *</b>	<b>n.d.</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>As (Arsen) <sup>a ulev</sup></b>	<b>2.48</b>	0.50	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Pb (Bly) <sup>a ulev</sup></b>	<b>6.7</b>	1.3	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Cu (Kopper) <sup>a ulev</sup></b>	<b>50.1</b>	10.0	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Cr (Krom) <sup>a ulev</sup></b>	<b>11.3</b>	2.26	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Cd (Kadmium) <sup>a ulev</sup></b>	<b>0.18</b>	0.04	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Hg (Kvikksølv) <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.20</b>		mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Ni (Nikkel) <sup>a ulev</sup></b>	<b>9.3</b>	1.9	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Zn (Sink) <sup>a ulev</sup></b>	<b>35.2</b>	7.0	mg/kg TS	2	2	SAHM



Deres prøvenavn	<b>K005 20-30 cm Sediment</b>					
Labnummer	N00617419					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Tørrstoff (L)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>79.6</b>	2.0	%	3	V	MAMU
<b>Monobutyltinnkation</b> <sup>a ulev</sup>	<1		µg/kg TS	3	T	MAMU
<b>Dibutyltinnkation</b> <sup>a ulev</sup>	<1		µg/kg TS	3	T	MAMU
<b>Tributyltinnkation</b> <sup>a ulev</sup>	<1		µg/kg TS	3	T	MAMU



Deres prøvenavn	<b>K005 50-60 cm Sediment</b>					
Labnummer	N00617420					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Sedimentpakke-basis CZ *</b>	-----		-	1	1	ELNO
<b>Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup></b>	<b>68.1</b>	4.11	%	2	2	SAHM
<b>Vanninnhold <sup>a ulev</sup></b>	<b>31.9</b>	1.95	%	2	2	SAHM
<b>Kornstørrelse &gt;63 µm <sup>a ulev</sup></b>	<b>6.5</b>	0.6	%	2	2	SAHM
<b>Kornstørrelse &lt;2 µm <sup>a ulev</sup></b>	<b>14.3</b>	1.4	%	2	2	SAHM
<b>Kornfordeling <sup>a ulev</sup></b>	-----		se vedl.	2	2	MAMU
<b>TOC <sup>a ulev</sup></b>	<b>0.23</b>	0.08	% TS	2	2	SAHM
<b>Naftalen <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Acenaftilen <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Acenaften <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Fluoren <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Fenantren <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Antracen <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Fluoranten <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Pyren <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(a)antracen<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Krysen<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(b)fluoranten<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(k)fluoranten<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(a)pyren<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Dibenso(ah)antracen<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(ghi)perylene <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Indeno(123cd)pyren<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Sum PAH-16 *</b>	<b>n.d.</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Sum PAH carcinogene<sup>A</sup> *</b>	<b>n.d.</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 28 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 52 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 101 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 118 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 138 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 153 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 180 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Sum PCB-7 *</b>	<b>n.d.</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>As (Arsen) <sup>a ulev</sup></b>	<b>1.91</b>	0.38	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Pb (Bly) <sup>a ulev</sup></b>	<b>9.5</b>	1.9	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Cu (Kopper) <sup>a ulev</sup></b>	<b>35.6</b>	7.11	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Cr (Krom) <sup>a ulev</sup></b>	<b>18.0</b>	3.60	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Cd (Kadmium) <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.10</b>		mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Hg (Kvikksølv) <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.20</b>		mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Ni (Nikkel) <sup>a ulev</sup></b>	<b>14.1</b>	2.8	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Zn (Sink) <sup>a ulev</sup></b>	<b>65.5</b>	13.1	mg/kg TS	2	2	SAHM





Deres prøvenavn	<b>K005 50-60 cm Sediment</b>					
Labnummer	N00617420					
Analyse	Resultater	Usikkerhet ( $\pm$ )	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Tørrstoff (L)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>68.6</b>	2.0	%	3	V	MAMU
<b>Monobutyltinnkation</b> <sup>a ulev</sup>	<1		$\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	3	T	MAMU
<b>Dibutyltinnkation</b> <sup>a ulev</sup>	<1		$\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	3	T	MAMU
<b>Tributyltinnkation</b> <sup>a ulev</sup>	<1		$\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	3	T	MAMU



Deres prøvenavn	<b>T014 0-10 cm Sediment</b>					
Labnummer	N00617421					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Sedimentpakke-basis CZ *	-----		-	1	1	ELNO
Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup>	<b>76.4</b>	4.62	%	2	2	SAHM
Vanninnhold <sup>a ulev</sup>	<b>23.6</b>	1.44	%	2	2	SAHM
Kornstørrelse >63 µm <sup>a ulev</sup>	<b>84.2</b>	8.42	%	2	2	SAHM
Kornstørrelse <2 µm <sup>a ulev</sup>	<b>0.5</b>	0.05	%	2	2	SAHM
Kornfordeling <sup>a ulev</sup>	-----		se vedl.	2	2	MAMU
TOC <sup>a ulev</sup>	<b>1.07</b>	0.22	% TS	2	2	SAHM
Naftalen <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	SAHM
Acenaftilen <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	SAHM
Acenaften <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fluoren <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fenantren <sup>a ulev</sup>	<b>28</b>	8.36	µg/kg TS	2	2	SAHM
Antracen <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fluoranten <sup>a ulev</sup>	<b>37</b>	11.1	µg/kg TS	2	2	SAHM
Pyren <sup>a ulev</sup>	<b>36</b>	10.8	µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(a)antracen <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>17</b>	5.22	µg/kg TS	2	2	SAHM
Krysen <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>37</b>	11.2	µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(b)fluoranten <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>25</b>	7.47	µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(k)fluoranten <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>22</b>	6.72	µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(a)pyren <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>21</b>	6.40	µg/kg TS	2	2	SAHM
Dibenso(ah)antracen <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(ghi)perylene <sup>a ulev</sup>	<b>32</b>	9.54	µg/kg TS	2	2	SAHM
Indeno(123cd)pyren <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>25</b>	7.59	µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PAH-16 *	<b>280</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PAH carcinogene <sup>A</sup> *	<b>150</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 28 <sup>a ulev</sup>	<0.70		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 52 <sup>a ulev</sup>	<0.70		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 101 <sup>a ulev</sup>	<0.70		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 118 <sup>a ulev</sup>	<0.70		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 138 <sup>a ulev</sup>	<b>1.21</b>	0.362	µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 153 <sup>a ulev</sup>	<b>1.15</b>	0.345	µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 180 <sup>a ulev</sup>	<0.70		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PCB-7 *	<b>2.4</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
As (Arsen) <sup>a ulev</sup>	<b>1.54</b>	0.31	mg/kg TS	2	2	SAHM
Pb (Bly) <sup>a ulev</sup>	<b>22.7</b>	4.5	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cu (Kopper) <sup>a ulev</sup>	<b>28.1</b>	5.63	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cr (Krom) <sup>a ulev</sup>	<b>27.6</b>	5.51	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cd (Kadmium) <sup>a ulev</sup>	<0.10		mg/kg TS	2	2	SAHM
Hg (Kvikksølv) <sup>a ulev</sup>	<0.20		mg/kg TS	2	2	SAHM
Ni (Nikkel) <sup>a ulev</sup>	<b>13.5</b>	2.7	mg/kg TS	2	2	SAHM
Zn (Sink) <sup>a ulev</sup>	<b>61.8</b>	12.4	mg/kg TS	2	2	SAHM



Deres prøvenavn	<b>T014 0-10 cm Sediment</b>					
Labnummer	N00617421					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Tørrestoff (L)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>74.2</b>	2.0	%	3	V	MAMU
<b>Monobutyltinnkation</b> <sup>a ulev</sup>	<b>9.56</b>	3.76	µg/kg TS	3	T	MAMU
<b>Dibutyltinnkation</b> <sup>a ulev</sup>	<b>9.95</b>	3.92	µg/kg TS	3	T	MAMU
<b>Tributyltinnkation</b> <sup>a ulev</sup>	<b>11.0</b>	3.5	µg/kg TS	3	T	MAMU
<b>Kornfordeling</b> <sup>a ulev</sup>	-----		se vedl.	4	2	MAMU
<b>Kornstørrelse &gt;63 µm</b> <sup>a ulev</sup>	<b>84.2</b>	8.42	%	4	2	SAHM
<b>Kornstørrelse 0,032-0,063 mm</b> <sup>a ulev</sup>	<b>4.49</b>	0.449	%	4	2	SAHM
<b>Kornstørrelse 0,016-0,032 mm</b> <sup>a ulev</sup>	<b>4.26</b>	0.426	%	4	2	SAHM
<b>Kornstørrelse 0,008-0,016 mm</b> <sup>a ulev</sup>	<b>3.79</b>	0.379	%	4	2	SAHM
<b>Kornstørrelse 0,004-0,008 mm</b> <sup>a ulev</sup>	<b>1.79</b>	0.179	%	4	2	SAHM
<b>Kornstørrelse &lt; 0,002 mm</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.550</b>	0.055	%	4	2	SAHM
<b>Kornstørrelse &lt;2 µm</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.5</b>	0.05	%	4	2	SAHM



Deres prøvenavn	<b>T014 20-30 cm Sediment</b>					
Labnummer	N00617422					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Sedimentpakke-basis CZ *</b>	-----		-	1	1	ELNO
<b>Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup></b>	<b>80.0</b>	4.83	%	2	2	SAHM
<b>Vanninnhold <sup>a ulev</sup></b>	<b>20.0</b>	1.23	%	2	2	SAHM
<b>Kornstørrelse &gt;63 µm <sup>a ulev</sup></b>	<b>65.5</b>	6.5	%	2	2	SAHM
<b>Kornstørrelse &lt;2 µm <sup>a ulev</sup></b>	<b>1.5</b>	0.2	%	2	2	SAHM
<b>Kornfordeling <sup>a ulev</sup></b>	-----		se vedl.	2	2	MAMU
<b>TOC <sup>a ulev</sup></b>	<b>0.84</b>	0.18	% TS	2	2	SAHM
<b>Naftalen <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Acenaftilen <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Acenaften <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Fluoren <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Fenantren <sup>a ulev</sup></b>	<b>14</b>	4.10	µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Antracen <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Fluoranten <sup>a ulev</sup></b>	<b>24</b>	7.24	µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Pyren <sup>a ulev</sup></b>	<b>29</b>	8.64	µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(a)antracen<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>13</b>	4.01	µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Krysen<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>29</b>	8.64	µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(b)fluoranten<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>27</b>	8.19	µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(k)fluoranten<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>23</b>	7.00	µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(a)pyren<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>21</b>	6.36	µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Dibenso(ah)antracen<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(ghi)perylene <sup>a ulev</sup></b>	<b>35</b>	10.5	µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Indeno(123cd)pyren<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>23</b>	6.85	µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Sum PAH-16 *</b>	<b>240</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Sum PAH carcinogene<sup>A</sup> *</b>	<b>140</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 28 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 52 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 101 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 118 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 138 <sup>a ulev</sup></b>	<b>0.91</b>	0.274	µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 153 <sup>a ulev</sup></b>	<b>0.76</b>	0.227	µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 180 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Sum PCB-7 *</b>	<b>1.7</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>As (Arsen) <sup>a ulev</sup></b>	<b>3.64</b>	0.73	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Pb (Bly) <sup>a ulev</sup></b>	<b>18.1</b>	3.6	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Cu (Kopper) <sup>a ulev</sup></b>	<b>17.9</b>	3.59	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Cr (Krom) <sup>a ulev</sup></b>	<b>16.0</b>	3.19	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Cd (Kadmium) <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.10</b>		mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Hg (Kvikksølv) <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.20</b>		mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Ni (Nikkel) <sup>a ulev</sup></b>	<b>8.9</b>	1.8	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Zn (Sink) <sup>a ulev</sup></b>	<b>37.3</b>	7.5	mg/kg TS	2	2	SAHM



Deres prøvenavn	<b>T014 20-30 cm Sediment</b>					
Labnummer	N00617422					
Analyse	Resultater	Usikkerhet ( $\pm$ )	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L) <sup>a ulev</sup>	<b>76.9</b>	2.0	%	3	V	MAMU
Monobutyltinnkation <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;1</b>		$\mu\text{g/kg TS}$	3	T	MAMU
Dibutyltinnkation <sup>a ulev</sup>	<b>1.27</b>	0.53	$\mu\text{g/kg TS}$	3	T	MAMU
Tributyltinnkation <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;1</b>		$\mu\text{g/kg TS}$	3	T	MAMU



Deres prøvenavn	<b>T014 50-60 cm Sediment</b>					
Labnummer	N00617423					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Sedimentpakke-basis CZ *</b>	-----		-	1	1	ELNO
<b>Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup></b>	<b>72.0</b>	4.35	%	2	2	SAHM
<b>Vanninnhold <sup>a ulev</sup></b>	<b>28.0</b>	1.71	%	2	2	SAHM
<b>Kornstørrelse &gt;63 µm <sup>a ulev</sup></b>	<b>54.0</b>	5.4	%	2	2	SAHM
<b>Kornstørrelse &lt;2 µm <sup>a ulev</sup></b>	<b>2.8</b>	0.3	%	2	2	SAHM
<b>Kornfordeling <sup>a ulev</sup></b>	-----		se vedl.	2	2	MAMU
<b>TOC <sup>a ulev</sup></b>	<b>0.32</b>	0.09	% TS	2	2	SAHM
<b>Naftalen <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Acenaftilen <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Acenaften <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Fluoren <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Fenantren <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Antracen <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Fluoranten <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Pyren <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(a)antracen<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Krysen<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(b)fluoranten<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(k)fluoranten<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(a)pyren<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Dibenso(ah)antracen<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Benso(ghi)perylene <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Indeno(123cd)pyren<sup>A</sup> <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;10</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Sum PAH-16 *</b>	<b>n.d.</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Sum PAH carcinogene<sup>A</sup> *</b>	<b>n.d.</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 28 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 52 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 101 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 118 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 138 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 153 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>PCB 180 <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.70</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Sum PCB-7 *</b>	<b>n.d.</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
<b>As (Arsen) <sup>a ulev</sup></b>	<b>1.44</b>	0.29	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Pb (Bly) <sup>a ulev</sup></b>	<b>5.5</b>	1.1	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Cu (Kopper) <sup>a ulev</sup></b>	<b>13.8</b>	2.76	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Cr (Krom) <sup>a ulev</sup></b>	<b>8.67</b>	1.73	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Cd (Kadmium) <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.10</b>		mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Hg (Kvikksølv) <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.20</b>		mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Ni (Nikkel) <sup>a ulev</sup></b>	<b>5.8</b>	1.2	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Zn (Sink) <sup>a ulev</sup></b>	<b>24.6</b>	4.9	mg/kg TS	2	2	SAHM



Deres prøvenavn	<b>T014 50-60 cm Sediment</b>					
Labnummer	N00617423					
Analyse	Resultater	Usikkerhet ( $\pm$ )	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L) <sup>a ulev</sup>	82.2	2.0	%	3	V	MAMU
Monobutyltinnkation <sup>a ulev</sup>	<1		$\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	3	T	MAMU
Dibutyltinnkation <sup>a ulev</sup>	<1		$\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	3	T	MAMU
Tributyltinnkation <sup>a ulev</sup>	<1		$\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	3	T	MAMU



"a" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert ved ALS Laboratory Group Norway AS.

"a ulev" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert av underleverandør.

"\*\*" etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.

Utførende laboratorium er oppgitt i tabell kalt Utf.

n.d. betyr ikke påvist.

n/a betyr ikke analyserbart.

< betyr mindre enn.

> betyr større enn.

Metodespesifikasjon	
1	<b>Pakkenavn «Sedimentpakke basis»</b> Øvrig metodeinformasjon til de ulike analysene sees under
2	<b>«Sediment basispakke» Risikovurdering av sediment</b>  <b>Bestemmelse av vanninnhold og tørrstoff</b>  Metode: ISO 11465 Måleprinsipp: Tørrstoff bestemmes gravimetrisk og vanninnhold beregnes utfra målte verdier. Rapporteringsgrense: 0,10 % Måleusikkerhet: 5 %  <b>Bestemmelse av Kornfordeling (&lt;63 µm, &gt;63 µm og &lt;2 µm)</b>  Metode: ISO 11277:2009 Måleprinsipp: Laserdiffraksjon Rapporteringsgrense: 0,10 %  <b>Bestemmelse av TOC</b>  Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936 Måleprinsipp: Coulometrisk bestemmelse Rapporteringsgrense: 0,010 %TS  <b>Bestemmelse av polysykliske aromatiske hydrokarboner, PAH-16</b>  Metode: EPA 429, EPA 1668, EPA 3550 Måleprinsipp: GC/MSD Rapporteringsgrenser: 10 µg/kg TS Måleusikkerhet: 30 %  <b>Bestemmelse av polyklorete bifenyler, PCB-7</b>  Metode: EPA 429, EPA 1668, EPA 3550 Måleprinsipp: GC/MSD Rapporteringsgrenser: 0,7 µg/kg TS Måleusikkerhet: 30 %  <b>Bestemmelse av metaller, M-1C</b>  Metode: EPA 200.7, ISO 11885, EPA 6010, SM 3120





Metodespesifikasjon	
Måleprinsipp:	ICP-AES
Rapporteringsgrenser:	As(0.50), Cd(0.10), Cr(0.25), Cu(0.10), Pb(1.0), Hg(0.20), Ni(5.0), Zn(1.0) alle enheter i mg/kg TS
Måleusikkerhet:	20 %
3	<b>«Sediment basispakke»</b> <b>Risikovurdering av sediment</b>  <b>Bestemmelse av tinnorganiske forbindelser</b>  Metode:                                              ISO 23161:2011 Deteksjon og kvantifisering:                      GC-ICP-SFMS Rapporteringsgrenser:                              1 µg/kg TS
4	<b>Bestemmelse av kornfordeling – finfraksjon – i jord og sediment</b>  Metode:                                              ISO 11277:2009 Måleprinsipp:                                          Laserdiffraksjon (63 µm – 2 µm) Rapporteringsgrenser:                              0.010 % Andre opplysninger:                                  Det angis totalt 7 fraksjoner: >0.063 mm 0.032 - 0.063 mm 0.016 – 0.032 mm 0.008 – 0.016 mm 0.004 – 0.008 mm 0.002 – 0.004 mm <0.002 mm

Godkjenner	
ELNO	Elin Noreen
MAMU	Marte Muri
SAHM	Sabra Hashimi

Utf <sup>1</sup>	
T	GC-ICP-QMS
	Ansvarlig laboratorium:                      ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
V	Ansvarlig laboratorium:                      ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
1	Ansvarlig laboratorium:                      ALS Laboratory Group Norway AS, Postboks 643 Skøyen, 0214 Oslo, Norge Leveringsadresse: Drammensveien 264, 0283 Oslo, Norge

<sup>1</sup> Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).



	Utf¹
2	<p>Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harfě 9/336, Praha, Tsjekkia</p> <p>Lokalisering av andre ALS laboratorier:</p> <p>Ceska Lipa Bendlova 1687/7, 470 03 Ceska Lipa Pardubice V Raji 906, 530 02 Pardubice</p> <p>Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon</p>

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensinterval på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside [www.alsglobal.no](http://www.alsglobal.no)

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.



**RESULTS OF GRAIN SIZE ANALYSIS**

Sample label:	N00617418	N00617421
Lab. ID:	001	004
Total weight of sample [g]	42.34	40.32
FW < 0.063 mm [g]	31.87	6.39
FW > 0.063 mm [g]	10.47	33.93
q < 0,002 mm [%]	3.98	0.55
q 0.002-0.004 mm [%]	5.19	0.96
q 0.004-0.008 mm [%]	6.19	1.79
q 0.008-0.016 mm [%]	12.02	3.79
q 0.016-0.032 mm [%]	21.13	4.26
q 0.032-0.063 mm [%]	26.77	4.49
q > 0.063 mm [%]	24.72	84.16
Q < 0,002 mm [%]	3.98	0.55
Q < 0.004 mm [%]	9.18	1.51
Q < 0.008 mm [%]	15.36	3.30
Q < 0.016 mm [%]	27.38	7.09
Q < 0.032 mm [%]	48.51	11.35
Q < 0.063 mm [%]	75.28	15.84

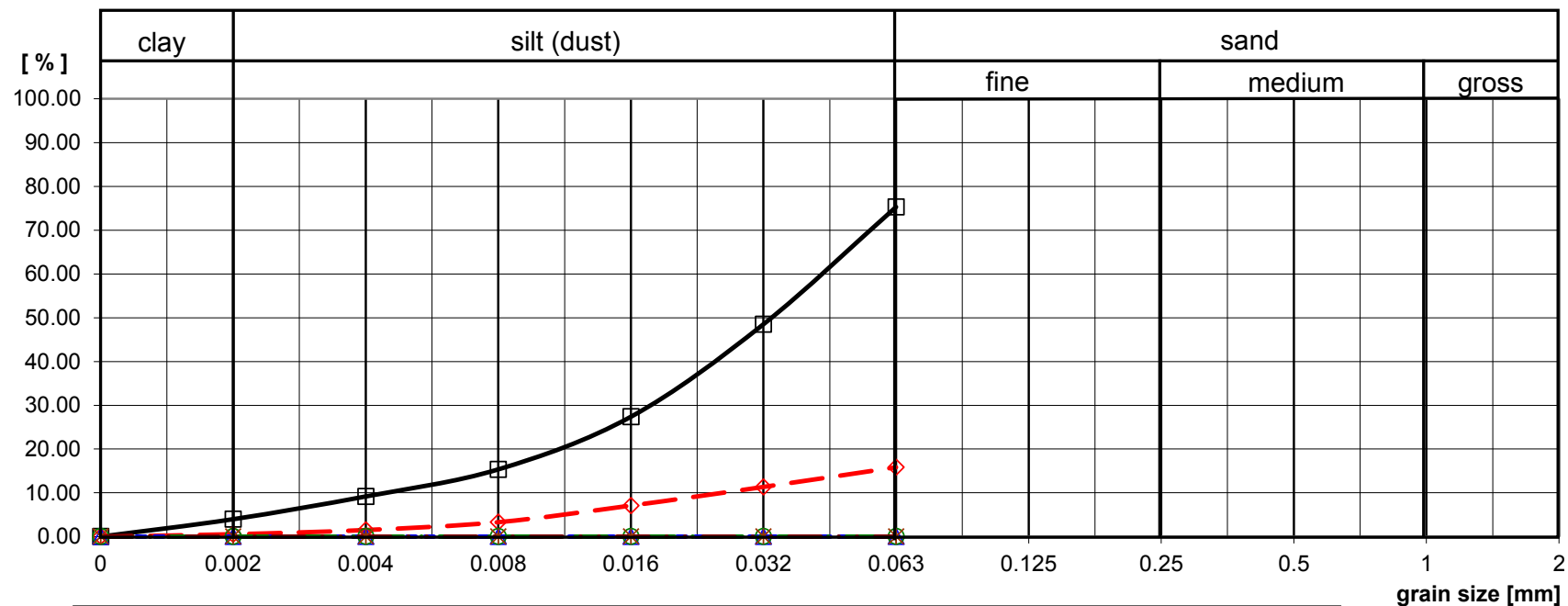
FW - fraction weight, q -fraction percentage part, Q - fraction cumulative part.

**Test method specification:** CZ\_SOP\_D06\_07\_120 Grain size analysis using the wet sieve analysis using laser diffraction (fraction from 2 µm to 63 mm). Fractions > 0.063 mm, were determined by wet sieving method, other fractions were determined from the fraction "<0.063 mm" by laser particle size analyzer using liquid dispersion mode.

**Test specification, deviations, additions to or exclusions from the test specification:**



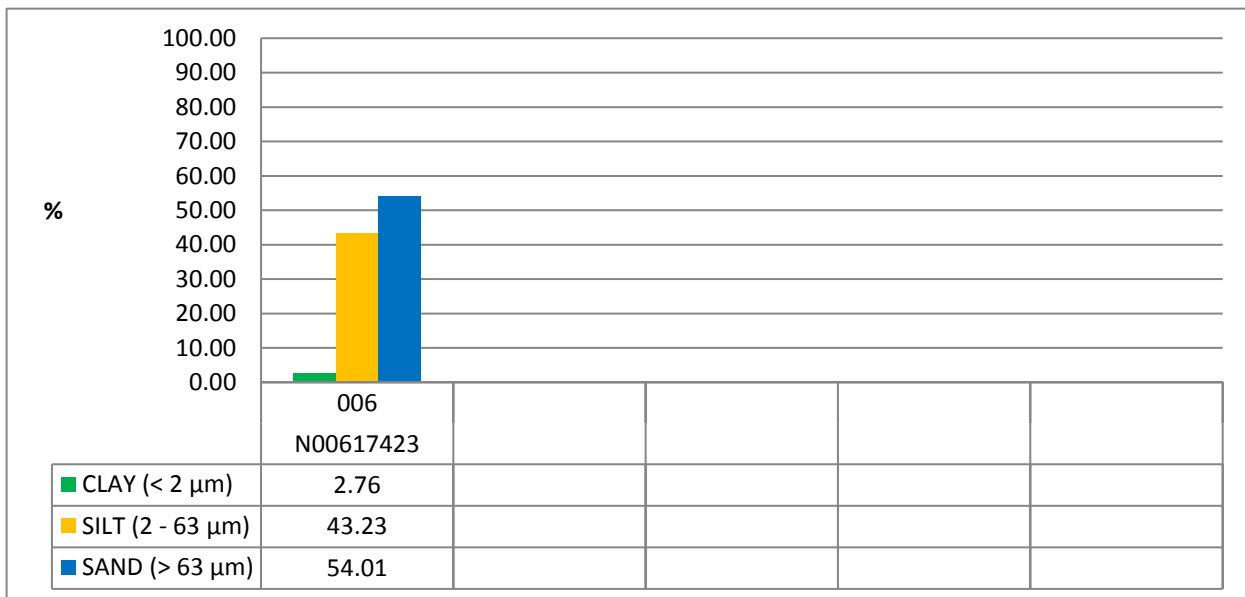
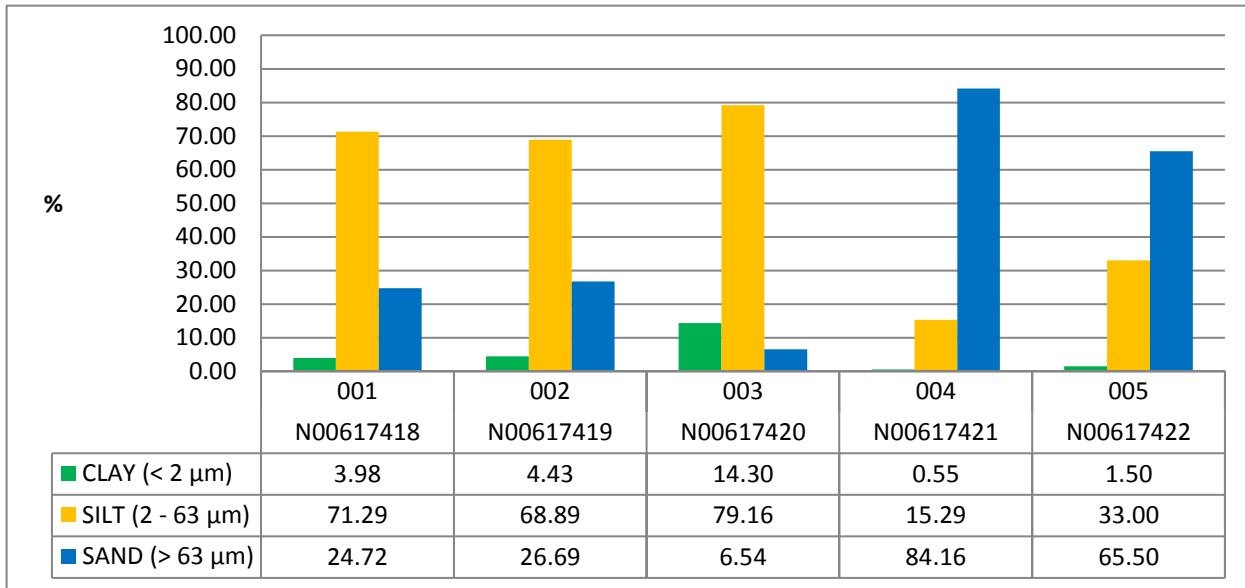
**RESULTS OF GRAIN SIZE ANALYSIS**





*Attachment no. 1 to the certificate of analysis for work order PR18B2827*

**Results of soil texture analysis**



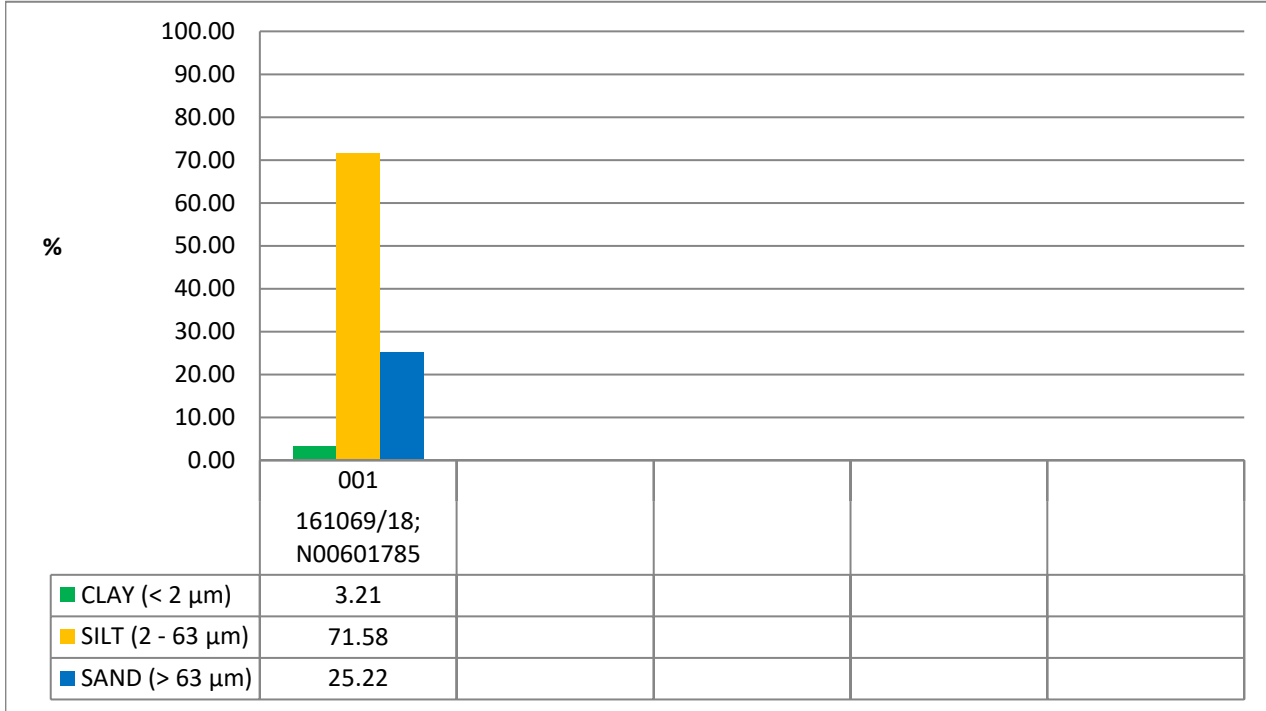
**Test method specification:** CZ\_SOP\_D06\_07\_120 Grain size analysis using the wet sieve analysis using laser diffraction (fraction from 2 μm to 63 mm) Fraction > 0.063 mm determined by wet sieving method, other fractions determined from the fraction "< 0.063mm" by laser particle size analyzer using liquid dispersion mode. Fractions "Sand >63 μm", "Silt 2-63 μm" and "Clay <2 μm" evaluated from measured data.

*The end of result part of the attachment the certificate of analysis*



*Attachment no. 1 to the certificate of analysis for work order PR18A2913*

**Results of soil texture analysis**



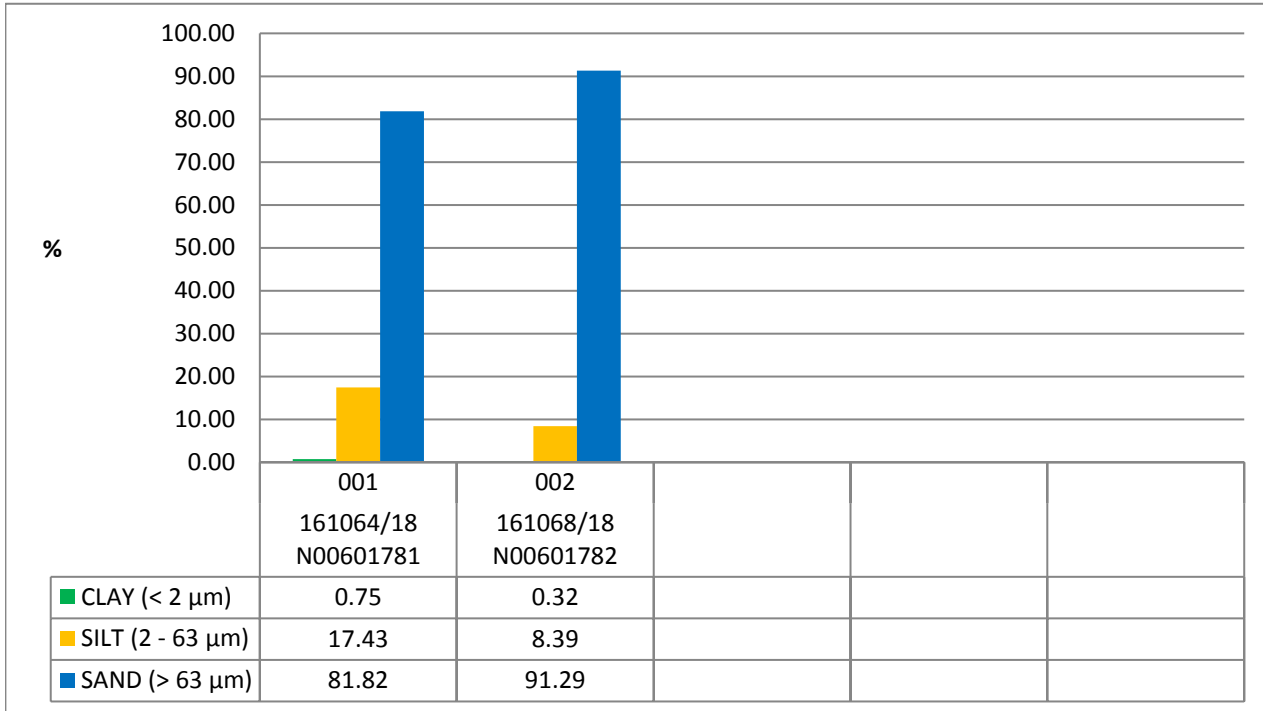
Test method specification: CZ\_SOP\_D06\_07\_120 Grain size analysis using the wet sieve analysis using laser diffraction (fraction from 2 μm to 63 mm) Fraction > 0.063 mm determined by wet sieving method, other fractions determined from the fraction "< 0.063mm" by laser particle size analyzer using liquid dispersion mode. Fractions "Sand >63 μm", "Silt 2-63 μm" and "Clay <2 μm" evaluated from measured

*The end of result part of the attachment the certificate of analysis*



*Attachment no. 1 to the certificate of analysis for work order PR1898182*

**Results of soil texture analysis**



Test method specification: CZ\_SOP\_D06\_07\_120 Grain size analysis using the wet sieve analysis using laser diffraction (fraction from 2 μm to 63 mm) Fraction > 0.063 mm determined by wet sieving method, other fractions determined from the fraction "< 0.063mm" by laser particle size analyzer using liquid dispersion mode. Fractions "Sand >63 μm", "Silt 2-63 μm" and "Clay <2 μm" evaluated from measured

*The end of result part of the attachment the certificate of analysis*



Mottatt dato **2018-09-20**  
 Utstedt **2018-10-12**

Norconsult  
 Silje Nag Ulla  
 Ansattnr 86184

Pb 8984  
 Norway

Prosjekt **Kongsgård- Vige**  
 Bestnr **5176609**

## Analyse av sediment

Deres prøvenavn	<b>V059 0-10cm Sediment</b>					
Labnummer	N00601781					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Sedimentpakke-basis DK *	-----		-	1	1	PIHO
Tørrstoff (DK) <sup>a ulev</sup>	<b>79.6</b>	7.96	%	2	2	SAHM
Vanninnhold <sup>a ulev</sup>	<b>20.4</b>		%	2	2	SAHM
TOC <sup>a ulev</sup>	<b>0.82</b>	0.123	% TS	2	2	SAHM
Naftalen <sup>a ulev</sup>	<b>280</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Acenaftylene <sup>a ulev</sup>	<b>45</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Acenaften <sup>a ulev</sup>	<b>350</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fluoren <sup>a ulev</sup>	<b>330</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fenantren <sup>a ulev</sup>	<b>2000</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Antracen <sup>a ulev</sup>	<b>590</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fluoranten <sup>a ulev</sup>	<b>2600</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Pyren <sup>a ulev</sup>	<b>2500</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(a)antracen <sup>^</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>1600</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Krysen <sup>^</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>1500</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(b+j)fluoranten <sup>^</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>2500</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(k)fluoranten <sup>^</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>940</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(a)pyren <sup>^</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>2100</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Dibenso(ah)antracen <sup>^</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>280</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(ghi)perylene <sup>a ulev</sup>	<b>1200</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Indeno(123cd)pyren <sup>^</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>1000</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PAH-16 <sup>a ulev</sup>	<b>20000</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PAH carcinogene <sup>^</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>11000</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 28 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.50</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 52 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.50</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 101 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.50</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 118 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.50</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 138 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.50</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 153 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.50</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 180 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.50</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PCB-7 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;4</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
As (Arsen) <sup>a ulev</sup>	<b>3.9</b>	2	mg/kg TS	2	2	SAHM
Pb (Bly) <sup>a ulev</sup>	<b>20</b>	4	mg/kg TS	2	2	SAHM





Deres prøvenavn	<b>V059 0-10cm Sediment</b>					
Labnummer	N00601781					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Cu (Kopper)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>12</b>	2.4	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Cr (Krom)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>10</b>	2	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Cd (Kadmium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.03</b>	0.1	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Hg (Kvikksølv)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.07</b>	0.02	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Ni (Nikkel)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>10</b>	2	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Zn (Sink)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>51</b>	10.2	mg/kg TS	2	2	SAHM
<b>Tørrstoff (L)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>80.7</b>	2.0	%	3	V	MAMU
<b>Monobutyltinnkation</b> <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;1</b>		µg/kg TS	3	T	MAMU
<b>Dibutyltinnkation</b> <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;1</b>		µg/kg TS	3	T	MAMU
<b>Tributyltinnkation</b> <sup>a ulev</sup>	<b>1.83</b>	0.58	µg/kg TS	3	T	MAMU
<b>Kornfordeling</b> <sup>a ulev</sup>	-----		se vedl.	4	3	SAHM
<b>Kornstørrelse &gt;63 µm</b> <sup>a ulev</sup>	<b>78.5</b>	7.85	%	4	3	SAHM
<b>Kornstørrelse 0,032-0,063 mm</b> <sup>a ulev</sup>	<b>3.15</b>	0.315	%	4	3	SAHM
<b>Kornstørrelse 0,016-0,032 mm</b> <sup>a ulev</sup>	<b>4.25</b>	0.425	%	4	3	SAHM
<b>Kornstørrelse 0,008-0,016 mm</b> <sup>a ulev</sup>	<b>5.29</b>	0.529	%	4	3	SAHM
<b>Kornstørrelse 0,004-0,008 mm</b> <sup>a ulev</sup>	<b>3.33</b>	0.333	%	4	3	SAHM
<b>Kornstørrelse &lt; 0,002 mm</b> <sup>a ulev</sup>	<b>2.94</b>	0.294	%	4	3	SAHM
<b>Kornstørrelse &lt;2 µm</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.8</b>		%	4	3	SAHM



Deres prøvenavn	<b>V059 20-30cm Sediment</b>					
Labnummer	N00601782					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Sedimentpakke-basis DK *	-----		-	1	1	PIHO
Tørrstoff (DK) <sup>a ulev</sup>	<b>81.0</b>	8.1	%	2	2	SAHM
Vanninnhold <sup>a ulev</sup>	<b>19.0</b>		%	2	2	SAHM
Kornstørrelse >63 µm <sup>a ulev</sup>	<b>91.3</b>		%	2	2	SAHM
Kornstørrelse <2 µm <sup>a ulev</sup>	<b>0.3</b>		%	2	2	SAHM
Kornfordeling <sup>a ulev</sup>	-----		se vedl.	2	2	SAHM
TOC <sup>a ulev</sup>	<b>0.66</b>	0.1	% TS	2	2	SAHM
Naftalen <sup>a ulev</sup>	<b>12</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Acenaftilen <sup>a ulev</sup>	<b>17</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Acenaften <sup>a ulev</sup>	<b>62</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fluoren <sup>a ulev</sup>	<b>80</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fenantren <sup>a ulev</sup>	<b>620</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Antracen <sup>a ulev</sup>	<b>150</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fluoranten <sup>a ulev</sup>	<b>550</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Pyren <sup>a ulev</sup>	<b>460</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(a)antracen <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>250</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Krysen <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>240</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(b+j)fluoranten <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>260</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(k)fluoranten <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>96</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(a)pyren <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>210</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Dibenso(ah)antracen <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>28</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(ghi)perylene <sup>a ulev</sup>	<b>140</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Indeno(123cd)pyren <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>120</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PAH-16 <sup>a ulev</sup>	<b>3300</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PAH carcinogene <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>1300</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 28 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.50</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 52 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.50</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 101 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.50</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 118 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.50</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 138 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.50</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 153 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.50</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 180 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.50</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PCB-7 <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;4</b>		µg/kg TS	2	2	SAHM
As (Arsen) <sup>a ulev</sup>	<b>4.5</b>	2	mg/kg TS	2	2	SAHM
Pb (Bly) <sup>a ulev</sup>	<b>20</b>	4	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cu (Kopper) <sup>a ulev</sup>	<b>8.4</b>	1.68	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cr (Krom) <sup>a ulev</sup>	<b>9.8</b>	1.96	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cd (Kadmium) <sup>a ulev</sup>	<b>0.09</b>	0.1	mg/kg TS	2	2	SAHM
Hg (Kvikksølv) <sup>a ulev</sup>	<b>0.06</b>	0.02	mg/kg TS	2	2	SAHM
Ni (Nikkel) <sup>a ulev</sup>	<b>8.5</b>	1.7	mg/kg TS	2	2	SAHM
Zn (Sink) <sup>a ulev</sup>	<b>34</b>	6.8	mg/kg TS	2	2	SAHM



Deres prøvenavn	<b>V059 20-30cm Sediment</b>					
Labnummer	N00601782					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Tørrstoff (L)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>80.3</b>	2.0	%	3	V	MAMU
<b>Monobutyltinnkation</b> <sup>a ulev</sup>	<1		µg/kg TS	3	T	MAMU
<b>Dibutyltinnkation</b> <sup>a ulev</sup>	<1		µg/kg TS	3	T	MAMU
<b>Tributyltinnkation</b> <sup>a ulev</sup>	<1		µg/kg TS	3	T	MAMU



Deres prøvenavn	<b>V059 50-60cm Sediment</b>					
Labnummer	N00601785					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Sedimentpakke-basis DK *	-----		-	1	1	PIHO
Tørrstoff (DK) <sup>a ulev</sup>	<b>75.3</b>	7.53	%	2	2	MAMU
Vanninnhold <sup>a ulev</sup>	<b>24.7</b>		%	2	2	MAMU
Kornstørrelse >63 µm <sup>a ulev</sup>	<b>25.2</b>		%	2	2	MAMU
Kornstørrelse <2 µm <sup>a ulev</sup>	<b>3.2</b>		%	2	2	MAMU
Kornfordeling <sup>a ulev</sup>	-----		se vedl.	2	2	MAMU
TOC <sup>a ulev</sup>	<b>0.60</b>	0.1	% TS	2	2	MAMU
Naftalen <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	MAMU
Acenaftilen <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	MAMU
Acenaften <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	MAMU
Fluoren <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	MAMU
Fenantren <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	MAMU
Antracen <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	MAMU
Fluoranten <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	MAMU
Pyren <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	MAMU
Benso(a)antracen <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	MAMU
Krysen <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	MAMU
Benso(b+j)fluoranten <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<b>12</b>		µg/kg TS	2	2	MAMU
Benso(k)fluoranten <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	MAMU
Benso(a)pyren <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	MAMU
Dibenso(ah)antracen <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	MAMU
Benso(ghi)perylene <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	MAMU
Indeno(123cd)pyren <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<10		µg/kg TS	2	2	MAMU
Sum PAH-16 <sup>a ulev</sup>	<100		µg/kg TS	2	2	MAMU
Sum PAH carcinogene <sup>A</sup> <sup>a ulev</sup>	<100		µg/kg TS	2	2	MAMU
PCB 28 <sup>a ulev</sup>	<0.50		µg/kg TS	2	2	MAMU
PCB 52 <sup>a ulev</sup>	<0.50		µg/kg TS	2	2	MAMU
PCB 101 <sup>a ulev</sup>	<0.50		µg/kg TS	2	2	MAMU
PCB 118 <sup>a ulev</sup>	<0.50		µg/kg TS	2	2	MAMU
PCB 138 <sup>a ulev</sup>	<0.50		µg/kg TS	2	2	MAMU
PCB 153 <sup>a ulev</sup>	<0.50		µg/kg TS	2	2	MAMU
PCB 180 <sup>a ulev</sup>	<0.50		µg/kg TS	2	2	MAMU
Sum PCB-7 <sup>a ulev</sup>	<4		µg/kg TS	2	2	MAMU
As (Arsen) <sup>a ulev</sup>	<b>2.7</b>	2	mg/kg TS	2	2	MAMU
Pb (Bly) <sup>a ulev</sup>	<b>4</b>	2	mg/kg TS	2	2	MAMU
Cu (Kopper) <sup>a ulev</sup>	<b>5.0</b>	1	mg/kg TS	2	2	MAMU
Cr (Krom) <sup>a ulev</sup>	<b>8.7</b>	1.74	mg/kg TS	2	2	MAMU
Cd (Kadmium) <sup>a ulev</sup>	<0.02		mg/kg TS	2	2	MAMU
Hg (Kvikksølv) <sup>a ulev</sup>	<0.01		mg/kg TS	2	2	MAMU
Ni (Nikkel) <sup>a ulev</sup>	<b>6</b>	1.2	mg/kg TS	2	2	MAMU
Zn (Sink) <sup>a ulev</sup>	<b>30</b>	6	mg/kg TS	2	2	MAMU



Deres prøvenavn	<b>V059 50-60cm Sediment</b>					
Labnummer	N00601785					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L) <sup>a ulev</sup>	73.6	2.0	%	3	V	MAMU
Monobutyltinnkation <sup>a ulev</sup>	<1		µg/kg TS	3	T	MAMU
Dibutyltinnkation <sup>a ulev</sup>	<1		µg/kg TS	3	T	MAMU
Tributyltinnkation <sup>a ulev</sup>	<1		µg/kg TS	3	T	MAMU



"a" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert ved ALS Laboratory Group Norway AS.

"a ulev" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert av underleverandør.

"\*\*" etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.

Utførende laboratorium er oppgitt i tabell kalt Utf.

n.d. betyr ikke påvist.

n/a betyr ikke analyserbart.

< betyr mindre enn.

> betyr større enn.

Metodespesifikasjon	
1	<b>Pakkenavn «Sedimentpakke basis»</b> Øvrig metodeinformasjon til de ulike analysene sees under
2	<b>«Sediment basispakke» Risikovurdering av sediment</b>  <b>Bestemmelse av vanninnhold og tørrstoff</b>  Metode: DS 204:1980 Rapporteringsgrense: 0,1 %  <b>Bestemmelse av Kornfordeling (&lt;63 µm, &gt;63 µm og &lt;2 µm)</b>  Metode: ISO 11277:2009 Måleprinsipp: Laserdiffraksjon Rapporteringsgrense: 0,1 %  <b>Bestemmelse av TOC</b>  Metode: EN 13137:2001 Måleprinsipp: IR Rapporteringsgrense: 0.1 % TS Måleusikkerhet: Relativ usikkerhet 15 %  <b>Bestemmelse av polysykliske aromatiske hydrokarboner, PAH-16</b>  Metode: REFLAB 4:2008 Rapporteringsgrenser: 10 µg/kg TS for hver individuelle forbindelse  <b>Bestemmelse av polyklorerte bifenyler, PCB-7</b>  Metode: GC/MS/SIM Rapporteringsgrenser: 0.5 µg/kg TS for hver individuelle kongener 4 µg/kg TS for sum PCB7.  <b>Bestemmelse av metaller</b>  Metode: DS259 Måleprinsipp: ICP Rapporteringsgrenser: As(0.5), Cd(0.02), Cr(0.2), Cu(0.4), Pb(1.0), Hg(0.01), Ni(0.1), Zn(0.4) alle enheter i mg/kg TS



Metodespesifikasjon	
3	<p>«Sediment basispakke» <b>Risikovurdering av sediment</b></p> <p><b>Bestemmelse av tinnorganiske forbindelser</b></p> <p>Metode: ISO 23161:2011                      Deteksjon og kvantifisering: GC-ICP-SFMS                      Rapporteringsgrenser: 1 µg/kg TS</p>
4	<p><b>Bestemmelse av kornfordeling – finfraksjon – i jord og sediment</b></p> <p>Metode: ISO 11277:2009                      Måleprinsipp: Laserdiffraksjon (63 µm – 2 µm)                      Rapporteringsgrenser: 0.010 %                      Andre opplysninger: Det angis totalt 7 fraksjoner:                      &gt;0.063 mm                      0.032 - 0.063 mm                      0.016 – 0.032 mm                      0.008 – 0.016 mm                      0.004 – 0.008 mm                      0.002 – 0.004 mm                      &lt;0.002 mm</p>

	Godkjenner
MAMU	Marte Muri
PIHO	Pia Holm
SAHM	Sabra Hashimi

Utf <sup>1</sup>	
T	GC-ICP-QMS  Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
V	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
1	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group Norway AS, Postboks 643 Skøyen, 0214 Oslo, Norge Leveringsadresse: Drammensveien 264, 0283 Oslo, Norge
2	Ansvarlig laboratorium: ALS Denmark A/S, Bakkegårdsvej 406A, 3050 Humlebæk, Danmark
3	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harfě 9/336, Praha, Tsjekkia  Lokalisering av andre ALS laboratorier:

<sup>1</sup> Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).



Utf¹	
Ceska Lipa Pardubice	Bendlova 1687/7, 470 03 Ceska Lipa V Raji 906, 530 02 Pardubice
Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon	

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensinterval på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside [www.alsglobal.no](http://www.alsglobal.no)

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.



Oppdragsgiver: Nye veier

Oppdragsnr.: 5206182 Dokumentnr.: NV42E39VK-YML-NOT-0002

Til: Nye veier  
Fra: Norconsult  
Dato: 2021-09-20

## ► Miljøteknisk undersøkelse i Vige - Datarapport sediment

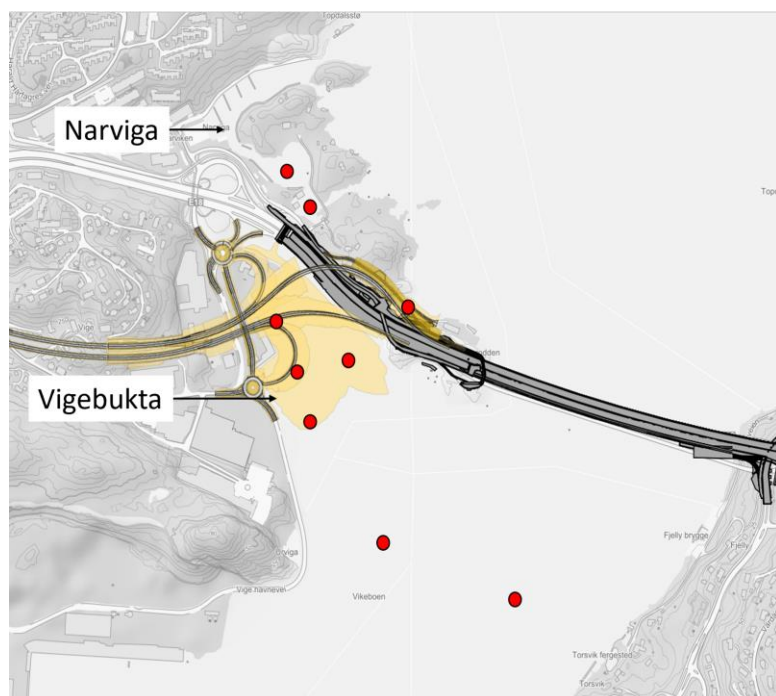
### Bakgrunn

Nye Veier utarbeider detaljregulering for E39 Ytre Ringvei mellom Vige (Varoddbrua) og Grauthelleren i Kristiansand kommune. Nye Veier har engasjert Norconsult AS som rådgivende konsulent for detaljregulering.

Tiltaket i Vige inkluderer et stort vegkryss med tilhørende vegsystem som skal plasseres på utfylt sjøbunn. I arbeidet med å utvikle reguleringsplanen har det vært vurdert flere mulige løsninger for kryss og endelig utforming er ikke bestemt når dette notatet skrives. Løsningen som er aktuell på nåværende tidspunkt er vist med ca. utstrekning i Figur 1. Løsningen forutsetter en utfylling i sjø på ca. 50 000 m<sup>2</sup>, av dette er ca. halvparten en motfylling som er nødvendig for å sikre fyllingens stabilitet. Av disse utgjør ca. 10 000<sup>2</sup> sprengsteinsfylling uten finstoff. I tillegg medfører etableringen av vegkrysset en del mindre utfylling nord for E18 på ca. 7000 m<sup>2</sup>.

Det er gjennomført flere tidligere undersøkelser av sedimentene i Vigebukta i forbindelse med planlagt havneutbygging. Men siden de fleste av disse undersøkelsene i Vigebukta er over 10 år gamle er det nødvendig med nye prøver som kan supplere allerede tilgjengelig informasjon.

Dette notatet beskriver resultater fra miljøteknisk prøvetaking av overflaten til sjøsedimentene.



Figur 1. Plassering av kryss i Vige pr. 11.08.2021 og plassering av prøvepunkt.

## Metode

### **Feltarbeid**

I Miljødirektoratets veileder for risikovurdering (M409) kreves minimum 5 stasjoner fra et tiltaksområde (<30 000m<sup>2</sup>), der hver stasjon maksimalt kan representere et areal på maks 10 000 m<sup>2</sup>. Der bunnen er dypere enn 20 m kan man forvente større homogenitet i sedimentstruktur og hver stasjon kan representere inntil 40 000 m<sup>2</sup> bunn. På hver stasjon bør det være 4 parallelle prøver, som kan forenes til en blandprøve. I tillegg til prøver i tiltaksområdet kan det være gunstig for videre vurderinger å ta prøver på referansestasjoner. Prøvene skal dekke det øvre, biologisk aktive laget- som oftest 0-10 cm.





Feltarbeidet ble utført den 9. og 10. juni 2021 av Norconsult, og leid mannskap fra hhv. Agder Dykk AS og Sørlandsdykk A/S. Det ble tatt prøver fra fire stasjoner direkte under tiltaksområdet i Vige, en stasjon under tiltaksområdet nord for E18, to referansestasjoner i en transekt utover i fjorden, og to referansestasjoner i Narviga (Figur 1). Langs E18 og innerst ved kai/bensinstasjon er det steinfyllinger og ikke mulig å ta prøver med grabb. I hver stasjon ble det tatt 4 parallelle prøver som ble blandet til en prøve og sendt til laboratorium for kjemiske analyser. I Narviga ble det brukt en mindre grabb, og dette medførte at det var nødvendig med flere enn 4 parallelle prøver/grabbskudd for å få nok prøvemateriale.


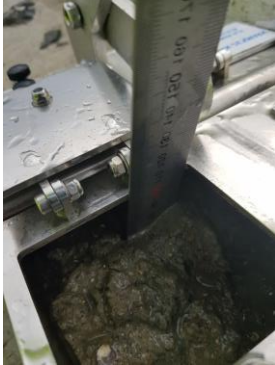
Sedimentprøvene ble analysert for PCB-7, PAH-16, TBT, metaller (As, Ni, Cd, Cr, Hg, Zn, Cu, Pb), TOC, vanninnhold og kornstørrelse. Analysene ble utført av laboratoriet ALS Laboratory Group Norway AS, som er akkreditert for disse analysene. I vedlegg 1 er alle prøvene nærmere beskrevet, og i vedlegg 2 er rådata fra analysene.




## Observasjoner under feltarbeidet




Observasjoner og kommentarer fra feltarbeidet er vist i tabell 2 per stasjon. I vedlegg 1 finnes utfyllende informasjon og GPS koordinater.

Tabell 2. Observasjoner under feltarbeidet.

Nr	Bilde	Visuell sedimentbeskrivelse per grabbskudd
1		<p>1. Svart mudder, brun silt, råtnete trebiter, ingen tegn til liv, ingen lukt</p> <p>2. Brun siltig sand, småstein, rødlige alger, ingen spesiell lukt</p> <p>3. Lys brun, siltig sand, ingen tegn til liv, svart organisk silt i bunnen,</p> <p>4. Fin sand, sandig silt, litt småstein, noen biter av skjell,</p> 
2		<p>1. Brun og svart silt, noen få småstein</p> <p>2. Røde alger på toppen, leire/silt, noe leire, småstein</p> <p>3. Brun silt på toppen, svart silt under, stein 5-10cm</p> <p>4. Brun og svart silt, slangestjerne, litt småstein</p> 

<p>3</p>			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mellomgrov brun sand, sort sand i bunnen, noen steiner 5 cm,</li> <li>2. Brun mellomgrov sand, litt stein, sort sand i bunn,</li> <li>3. Brun silt på toppen, svart silt under, noen biter av hvite skjell,</li> <li>4. Brun siltig sand, svart siltig sand under,</li> </ol> 
<p>4</p>			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Brun sandlig silt, biter av skjell, småstein, grå silt med skjellbiter i bunnen, liten rødlig mark, stein 1-2 cm, slangestjerne.</li> </ol> <p>Bare en prøve, seks bomskudd</p> 

5			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tynt lag med brunlig silt øverst, mørkere/svart siltlag under,</li> <li>2. Tynt lag med brunlig silt øverst, mørkere/svart siltlag under, mark,</li> <li>3. Tynt lag med brunlig silt øverst, mørkere/svart siltlag under, slangestjerne, biter av skjell, ingen spesiell lukt, børstemark, mark som bygger svarte rør</li> <li>4. Tynt lag med brunlig silt øverst, mørkere/svart siltlag under, mange svarte rør, slangestjerne,</li> </ol>
6			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mellomgrov sand, tynt lag brun sand øverst, grå sand under, småstein, biter av skjell</li> <li>2. Grov brun sand øverst, fin brun sand unde</li> <li>3. Brun silt/mudder øverst, fin mørk grå sand under, lysere fin sand på bunnen</li> <li>4. Mellomgrov brun sand øverst, fin mørkegrå sand under</li> </ol> 

7		<p>Ti skudd i blandprøven Hovedsakelig fin, grå sand med noe småstein og skjellbiter, sjøgress</p>
8		<p>Åtte skudd i blandprøven. Hovedsakelig svart mudder med H2S lukt, en del sjøgress</p>
9		<p>Fem skudd i blandprøven. Brunt/mørkt mudder, noe sand, noe sjøgress og skjell. To av prøvene hadde H2S lukt</p>

### Vurdering av resultat

Resultatene fra undersøkelsen er sammenlignet med tilstandsklasser for forurenset sediment i veileder M-608 (Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota). En beskrivelse av tilstandsklassene er vist i tabell 1.

Parametere som det ikke finnes klassegrenser for er vist med hvit bakgrunn. TBT er klassifisert i henhold til forvaltningsmessige tilstandsklasser. Parameterne hvor verdiene er under deteksjonsgrensen, men hvor deteksjonsgrensen er over grensen mellom tilstandsklasse 1 og 2, er markert med grå farge.

Tabell 1: Beskrivelse av tilstandsklasser, Veileder M-608.

I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved korttids-eksponering	Omfattende toksiske effekter
Øvre grense: bakgrunn	Øvre grense: AA-QS, PNEC	Øvre grense: MAC-QS, PNEC <sub>akutt</sub>	Øvre grense: PNEC <sub>akutt</sub> X AF <sup>1)</sup>	

1) AF: sikkerhetsfaktor

### Resultat

Analyseresultater fra prøvetaking i Vigebukta og Narviga er vist i Tabell 3 og Figur 2. I henhold til SVV sin håndbok R211 (vedlegg 1 Jordartsklassifisering) klassifiserer et flertall av prøvene som siltig sand. Enkelte prøvene har en større andel silt og en mindre andel sand.

#### Vigebukta:

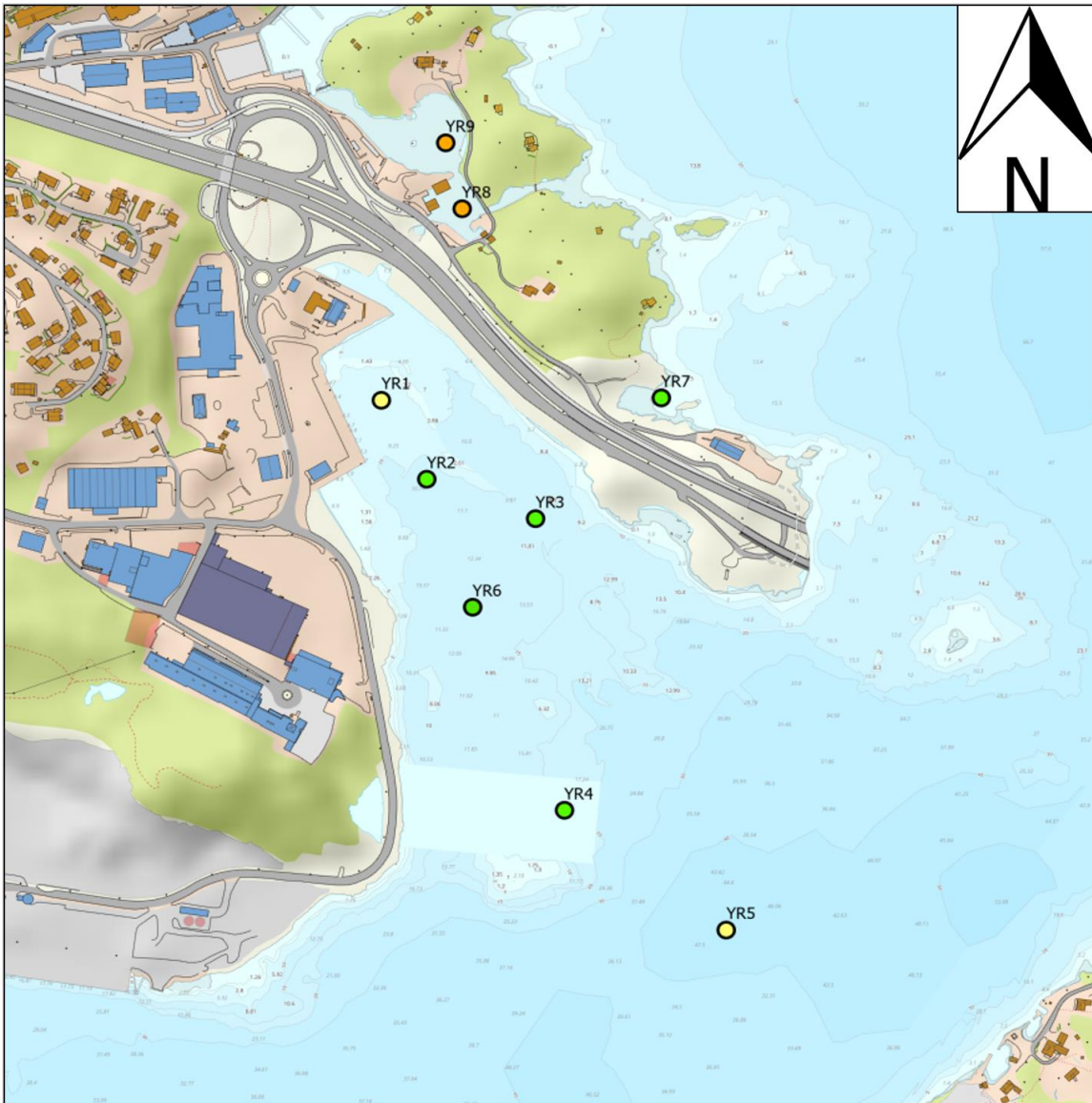
Det er påvist lite forurensning i sedimentene i Vigebukta. Antracen tilsvarer tilstandsklasse 3 i YR-1 og YR-5. Det er også påvist TBT i tilstandsklasse 3 i YR-1. Ellers er alle forurensningsparametere i tilstandsklasse 2 eller bedre.

#### Narviga:

Det er påvist forurensning av sink i tilstandsklasse 3, og PAH og TBT opp til tilstandsklasse 4 i Narviga. Ellers er alle forurensningsparametere i tilstandsklasse 2 og lavere.

#### Nord for E18

Alle forurensningsparametere er i tilstandsklasse 2 eller bedre.



Figur 2. Prøvepunktene i 2021 i Vigebukta, Narviga og nord for E18 med farger tilsvarende tilstandsklasser i veileder M-608.



# Notat

Oppdragsgiver: **Nye veier**

Oppdragsnr.: **5206182** Dokumentnr.: **NV42E39VK-YML-NOT-0002**

Tabell 3. Resultater fra prøvetaking av sediment i Vigebukta den 15.06.21 klassifisert iht. veileder M-608.

ELEMENT	SAMPLE	YR-1	YR-2	YR-3	YR-4	YR-5	YR-6	YR-7	YR-8	YR-9
Sampling Date		2021-06-15	2021-06-15	2021-06-15	2021-06-15	2021-06-15	2021-06-15	2021-06-15	2021-06-15	2021-06-15
Tørrestoff ved 105 grader	%	49,9	61,1	74,2	63,7	61,8	69,9	76,5	22,5	20,8
Ekstraksjon		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
As (Arsen)	mg/kg TS	3,3	4,14	1,81	1,93	3,2	2,01	1,04	7	8,49
Cd (Kadmium)	mg/kg TS	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,3	0,53
Cr (Krom)	mg/kg TS	21,8	19,2	9,98	15,3	15	5,76	4,21	19,5	23,5
Cu (Kopper)	mg/kg TS	34,2	30,7	14,8	16,9	15,4	10,6	3,12	73	53,1
Hg (Kvikksølv)	mg/kg TS	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Ni (Nikkel)	mg/kg TS	13	11,6	7	10,4	14,9	3,9	3,5	18,3	24,4
Pb (Bly)	mg/kg TS	15,7	14,7	9,5	10,7	17,4	4,8	5,6	37,1	34,1
Zn (Sink)	mg/kg TS	91,6	71	40,5	62,8	53,6	28,7	20,9	149	160
PCB 28	mg/kg TS	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070
PCB 52	mg/kg TS	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	0,00092	<0,00070
PCB 101	mg/kg TS	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	0,00386	<0,00070
PCB 118	mg/kg TS	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	0,00221	<0,00070
PCB 138	mg/kg TS	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	0,00098	<0,00070	<0,00070	0,00732	0,00162
PCB 153	mg/kg TS	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	0,00073	<0,00070	<0,00070	0,006	0,00092
PCB 180	mg/kg TS	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	0,00388	<0,00070
Sum PCB-7	mg/kg TS	<0,00245	<0,00245	<0,00245	<0,00245	0,00171	<0,00245	<0,00245	0,0242	0,00254
Naftalen	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<19	<19
Acenaftalen	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Acenaften	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Fluoren	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Fenantren	µg/kg TS	19	<10	<10	<10	20	<10	12	48	24
Antracen	µg/kg TS	6	<4	<4	<4	5	<4	<4	16	10
Fluoranten	µg/kg TS	54	24	19	<10	47	<10	31	143	131
Pyren	µg/kg TS	48	22	16	<10	42	<10	25	154	119
Benso(a)antracen	µg/kg TS	26	13	10	<10	26	<10	18	73	60
Krysen	µg/kg TS	28	15	12	<10	27	<10	22	88	73
Benso(b)fluoranten	µg/kg TS	42	20	17	<10	44	<10	25	143	122
Benso(k)fluoranten	µg/kg TS	27	15	12	<10	30	<10	20	84	76
Benso(a)pyren	µg/kg TS	29	17	13	<10	32	<10	22	85	74
Dibenso(ah)antracen	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	21	18
Benso(ghi)perylene	µg/kg TS	26	18	15	<10	44	<10	18	111	82
Indeno(123cd)pyren	µg/kg TS	24	16	12	<10	36	<10	14	85	67
Sum of 16 PAH (M1)	µg/kg TS	329	160	126	<77	353	<77	207	1050	856
Sum PAH carcinogene	µg/kg TS	176	96	76	<35	195	<35	121	579	490
Monobutyltinn	µg/kg TS	2,42	2,53	2,39	<1	1,79	<1	1,12	3,53	7,54
Dibutyltinn	µg/kg TS	47,1	21,8	17,9	1,76	13,2	5,16	8,03	144	186
TBT forvaltningsmessig	µg/kg TS	8,19	4	1,4	<1	1,02	<1	3,44	26,2	14,8
Leire <2 µm	%	0,3	0,7	0,1	3,6	0,8	<0,1	<0,1	0,3	0,2
Silt (2-63 µm)	%	37,6	59,4	14,7	40,3	54,3	8,6	1,6	63,5	78,9
Sand (> 63 µm)	%	62,1	39,9	85,2	56,1	44,9	91,3	98,4	36,2	20,9
Totalt organisk karbon (TOC)	% tørrvekt	1,56	0,9	1,33	1,2	1,4	1,24	1,84	7,07	5,7
Jordartsklassifisering		Siltig sand	Sandig silt	Sand	Siltig og sandig	Siltig og sandig	Sand	Sand	Sandig silt	Sandig silt

Oppdragsgiver: Nye veier

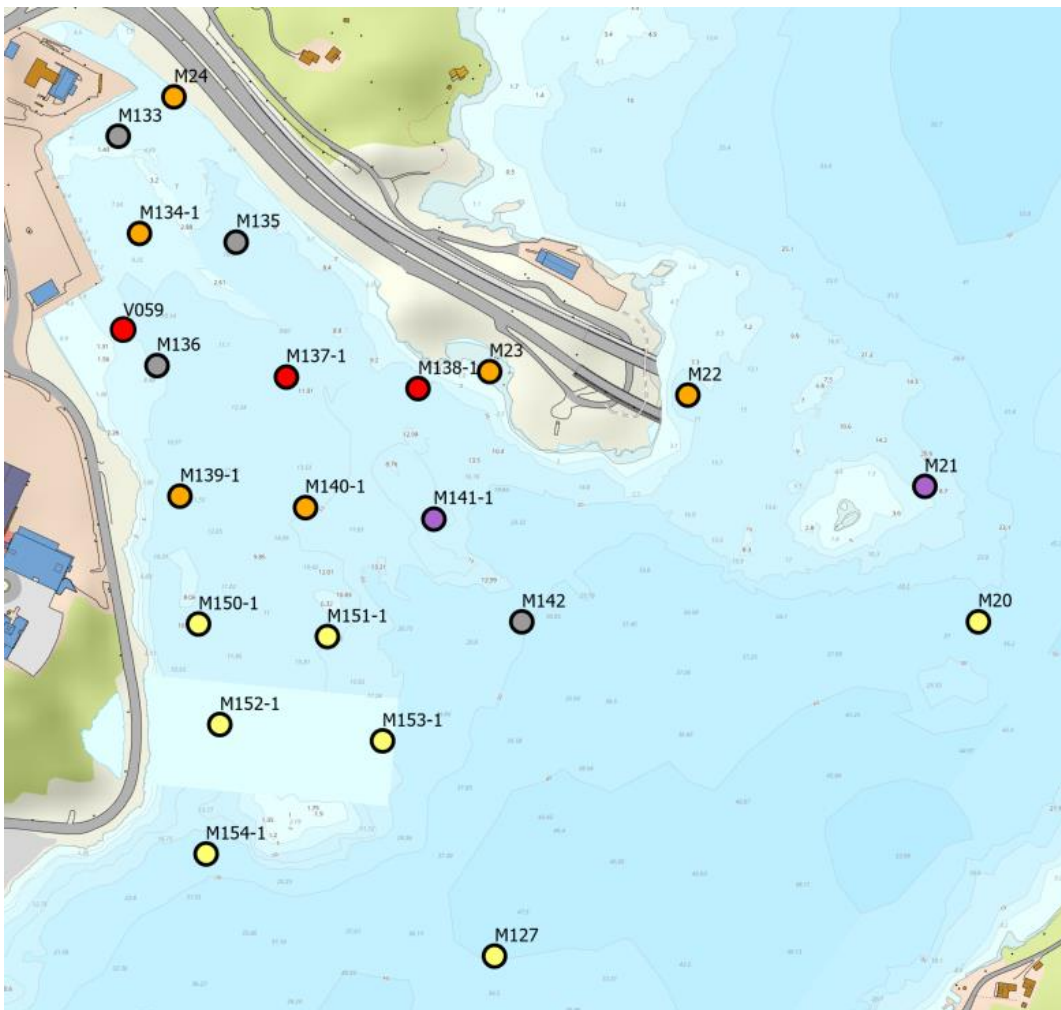
Oppdragsnr.: 5206182 Dokumentnr.: NV42E39VK-YML-NOT-0002

## Sammenligning med tidligere prøvetaking

Det er gjennomført flere tidligere undersøkelser av sedimentene i Vige og Kongsgårdbukta i forbindelse med havneutbygging. En oppsummering av resultatene er gitt i Tabell 4. De fleste tidligere undersøkelsene i Vigebukta er gjort av Sørlandskonsult i 2008. Resultater som er over 10 år gamle regnes som foreldet. Unntaket er en prøverekke langs Varoddbroa/E18 (nr. M20-M24) som er prøvetatt i 2011 og prøvepunktet V-059 fra 2018.

Alle undersøkelser er klassifisert etter veileder M-608 og vist med fargekoder i Figur 3. Tidligere resultater viser at sedimentene i Vigebukta er forurenset i tilstandsklasse 2 til 5. Det har vært flest overskridelser for ulike PAH-forbindelser, men også for PCB, TBT og ulike tungmetaller. Høyest forurensningsgrad er funnet innerst i vigebukta, og det er noe mindre utover mot sørøst.

Prøvene i 2021 innenfor tiltaksområdet i vigebukta indikerer at forurensningsgraden i sedimentene har blitt bedre siden forrige store prøvetaking i 2008. Prøvene i 2021 i tiltakets influensområde viser en svakt forbedret eller tilsvarende forurensningsgrad siden forrige store prøvetaking i 2008.



Figur 3. Kart over tidligere prøvetaking i Vigebukta der forurensningsgraden i sediment er fargekodet iht. veileder M-608. Grå farge betyr steinfylling eller ingen prøve. Lilla farge betyr at deteksjonsgrensen er høyere enn grenseverdien TK II/III.

Tabell 4. Oppsummering av tidligere undersøkelser av sediment i Vigebukta.

Nr. figur	Firma	Dato	Doknr	Tittel
V-059	Norconsult	29.10.2018	5176609-RIM-01-5176609	Innledende miljøteknisk kartlegging av sedimenter. Kongsgård- Vige. Kjerneprøver
M19-M24	Norconsult	02.11.2011	5112256-NOT-01	Vurdering av marint miljø ved Varoddbrua
M133-142 og 150-154	Sørlandskonsult	21.10.2008	2636.419	Kristiansand havn KF - Utfylling Vige. Analyser av sedimenter.

## Vurdering

### Vige

Det er tatt fem gyldige prøver innenfor tiltaksområdet, hvorav en prøve er fra 2018 (V059) og de resterende er fra 2021. Resultatene fra prøvene som er tatt i 2021 viser i utg. pkt. en lav forurensingsgrad som ikke utgjør en risiko for spredning av forurensing. Samtidig må man ta hensyn til at kan finnes sterkere forurensning i dypere sediment. Dette er spesielt viktig å ta hensyn til ved peling eller mudring. Resultatet fra prøven i 2018 viser en høyere forurensingsgrad også i overflaten. Dette må hensyntas ved planlegging av tiltak for å unngå spredning av forurensing.

### Narviga

Det er påvist forurensning av sink i tilstandsklasse 3, og PAH og TBT opp til tilstandsklasse 4 i Narviga. Ellers er alle forurensningsparametere i tilstandsklasse 2 og lavere. Det må påregnes avbøtende tiltak mot spredning av forurensning ved utfylling/mudring i dette området.

### Nord for E18

Alle forurensningsparametere er i tilstandsklasse 2 eller bedre. Ingen spesielle tiltak er nødvendig for å redusere/hindre spredning av forurensing

b01	2021-09-20	Etter FK	inggre	sinul	tefaa
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

**Vedlegg 1**

Feltlogg er vist i Tabell 5, mens plassering av alle prøvepunkt er vist i Figur 4-7.

Tabell 5. Feltlogg prøvetaking 9 og 10. juni 2021.

Navn	UTM 32 E	UTM 32 W	Dybde (m)	Mektighet (cm)	Beskrivelse
<b>YR1</b>					
YR1-1	443766	6447277	-	-	Bomskudd
YR1-2	443735	6447255	5	6	Svart mudder, brun silt, råtne trebiter, ingen tegn til liv, ingen lukt
YR1-3	443763	6447261	5	3,5	Brun siltig sand, småstein, rødlige alger, ingen spesiell lukt
YR1-4	443751	6447234	-	7,5	Lys brun siltig sand, ingen tegn til liv, svart organisk silt i bunnen, ingen spesiell lukt, noe småstein, ingen tegn til liv
YR1-5	443713	6447231	-	-	Småstein/grus
YR1-6	443734	6447217	10	6	Fin sand, sandlig silt, litt småstein, noen biter av skjell, ikke tegn til liv, svart silt i bunn, ingen spesiell lukt
<b>YR2</b>					
YR2-1	443739	6447178	10,5		Småstein/grus
YR2-2	443787	6447178	9,9	3	Brun og svart silt, noen få småstein
YR2-3	443778	6447168	10,6		Røde alger
YR2-4	443764	6447177	10,3	6	Røde alger på toppen, leire/silt, noe ren leire, biter av skjell, småstein, ingen spesiell lukt
YR2-5	443797	6447167	-	-	En stein, slangestjerne
YR2-6	443806	6447166	11	3,5	Brun silt på toppen, svart silt under, stein 5-10 cm, ingen spesiell lukt, ingen tegn til liv
YR2-7	443811	6447162	11,5	7	Brun og svart silt, slangestjerne, biter av skjell, litt småstein
<b>YR3</b>					
YR3-1	443898	6447147	13,5	5	Mellomgrov brun sand, sort sand i bunnen, noen steiner 5 cm, ingen spesiell lukt, rødlige alger
YR3-1	443938	6447117	16	6	Brun mellomgrov sand, litt stein, sort sand i bunn, ingen spesiell lukt
YR3-3	443874	6447128	13	-	Småstein/grus
YR3-4	443851	6447160	12	5,5	Brun silt på toppen, svart silt under, noen biter av hvite skjell, ingen spesiell lukt, ingen tegn til liv
YR3-5	443856	6447170	12	-	Stein
YR3-6	443855	6447155	12	-	Stor stein med mye røde alger
YR3-7	443840	6447132	12	6,5	Brun siltig sand, svart siltig sand under, ingen tegn til liv, ingen spesiell lukt

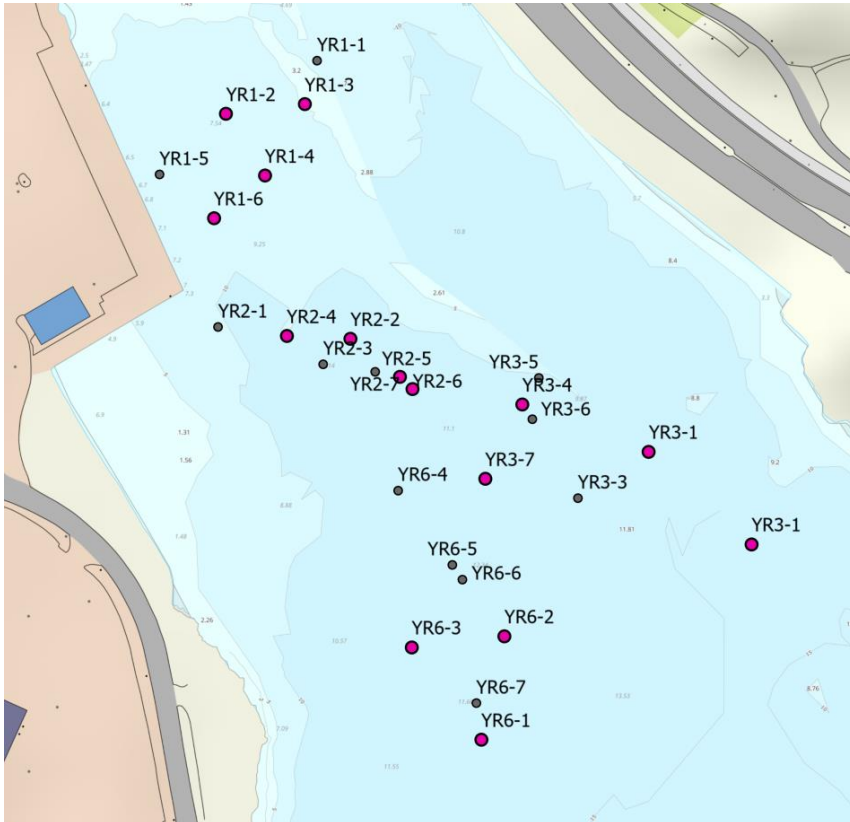
Navn	UTM 32 E	UTM 32 W	Dybde (m)	Mektighet (cm)	Beskrivelse
<b>YR4</b>					
YR4-1	443920	6446917	15,5	-	En stein med røde alger
YR4-2	443953	6446851	21	7	Brun sandlig silt, biter av skjell, småstein, grå silt med skjellbiter i bunnen, liten rødlig mark, stein 1-2 cm, slangestjerne. Ingen spesiell lukt. <b>NB Eneste prøve fra felt 4</b>
YR4-3	443974	6446870	19	-	Bomskudd
YR4-4	444024	6446962	24	-	En stein, et skjell
YR4-5	444009	6446871	23	-	Bomskudd
YR4-6	443955	6446836	20	-	Bomskudd
YR4-7	443952	6446852	21	-	Bomskudd
<b>YR5</b>					
YR5-1	444124	6446743	45	12	Tynt lag med brunlig silt øverst, mørkere/svart siltlag under, ingen tegn til liv, ingen spesiell lukt
YR5-2	444115	6446807	43	15,5	Tynt lag med brunlig silt øverst, mørkere/svart siltlag under, mark, ingen spesiell lukt
YR5-3	444235	6446783	43,5	15,5	Tynt lag med brunlig silt øverst, mørkere/svart siltlag under, slangestjerne, biter av skjell, ingen spesiell lukt, børstemark, mark som bygger svarte rør
YR5-4	443996	6446675	39,5	8	Tynt lag med brunlig silt øverst, mørkere/svart siltlag under, mange svarte rør, slangestjerne, ingen spesiell lukt
<b>YR6</b>					
YR6-1	443847	6447038	12	9	Mellomgrov sand, tynt lag brun sand øverst, grå sand under, småstein, biter av skjell
YR6-2	443852	6447076	12,5	7	Grov brun sand øverst, fin brun sand under, noe liv men usikkert hva
YR6-3	443819	6447069	12	8	Brun silt/mudder øverst, fin mørk grå sand under, lysesere fin sand på bunnen
YR6-4	443809	6447125	12	-	En stein
YR6-5	443831	6447100	12,5	-	Bomskudd
YR6-6	443835	6447095	12	-	Bomskudd
YR6-7	443844	6447051	12	-	Mellomgrov brun sand øverst, fin mørkegrå sand under
<b>YR7</b>					
YR7-1	443996	6447278	1,4	2 cm	
YR7-2	443997	6447282	1,4	-	Fin sand med litt skjell, småstein. Ingen spesiell lukt, grå farge
YR7-3	444007	6447284	1,9	-	5 cm stor stein, noe alger, ellers likt som forrige. Fin sand med skjell, grå
YR7-4	444022	6447291			Bomskudd - stein

Navn	UTM 32 E	UTM 32 W	Dybde (m)	Mektighet (cm)	Beskrivelse
YR7-5	444011	6447282	1,8	-	Fin, grå sand, med skjellbiter og småstein, sjøgress
YR7-6	444008	6447290	1,5	-	Fin grå sand med litt stein og skjellbiter, litt gress
YR7-7	443994	6447292	1,2	-	Sjøgress, skjellbiter, fin grå sand
YR7-8	444029	6447284	1,6	-	Tang, glasskår, fin grå sand som resten.
YR7-9	444020	6447276	1,6	-	Samme som resten, fin grå sand, skjellbiter, småstein, sjøgress
YR7-10	443996	6447273	-	-	Fin, grå sand
YR7-11	443994	6447275	1,3	-	Fin grå sand, noen steiner, men færre enn de andre prøvene
YR7-12	443993	6447278	-	-	Fin grå sand med småstein og skjellbiter
<b>YR8</b>					
YR8-1	443799	6447445	2,5	-	Sjøgress, svart mudder, H2S-lukt
YR8-2	443801	6447477	2,2	-	Svart mudder, sjøgress, H2S-lukt
YR8-3	443807	6447455	2,1	-	Mye tynt sjøgress med mudder
YR8-4	4438020	6447460	-	-	Bomskudd
YR8-5	443797	6447458	2,3	-	Svart mudder, H2S-lukt
YR8-6	443788	6447455	2,6	-	Sjøgress, svart mudder, H2S-lukt
YR8-7	443780	6447453	2,6	-	Grå siltig sand, litt småstein, blanda med mudder
YR8-8	443779	6447468	1,6	-	Svart mudder, sjøgress, H2S-lukt
YR8-9	443796	6447479	1,8	-	Svart mudder, ikke gress, H2S-lukt
<b>YR9</b>					
YR9-1	443771	6447509	1,7	-	Brunt mudder på toppen, mørkere under, sjøgress, ingen spesiell lukt
YR9-2	4473775	6447514	1,2	-	Levene skjell, sjøgress, mørkbrunt mudder
YR9-3	443775	6447524	0,4	-	H2S-lukt, mørk brun/svart mudder
YR9-4	4437729	6447515	1,4	-	Skjellbiter, ingen lukt, mudder med sandpartikler, biter av dødt ålegress
YR9-5	443734	6447529	0,7	-	Brunt mudder, litt sjøgress, ingen særlig lukt
YR9-6	443716	6447532	-	-	Sjøgress, lukka skjell

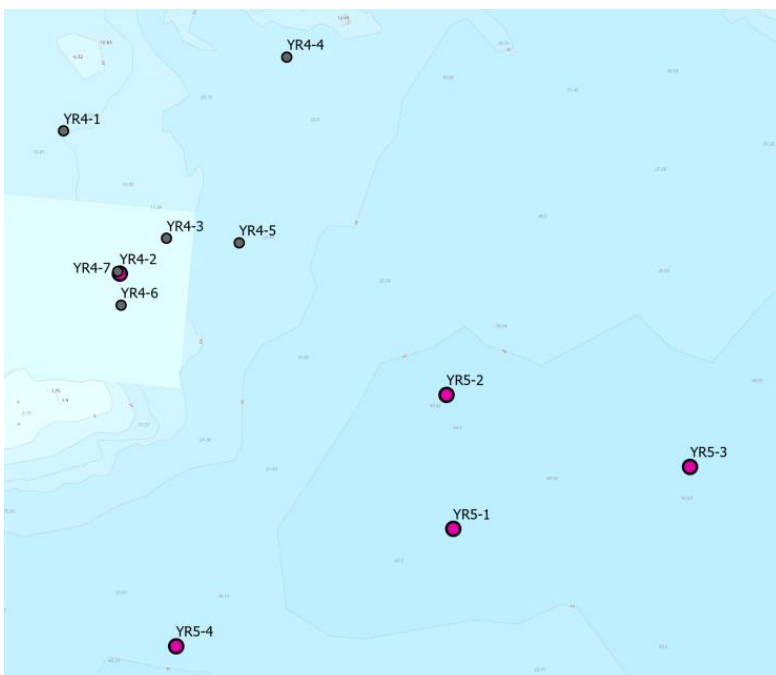
# Notat

Oppdragsgiver: Nye veier

Oppdragsnr.: 5206182 Dokumentnr.: NV42E39VK-YML-NOT-0002



Figur 4. Alle prøvepunkt innerst i Vigebukta. Bomskudd er vist med grått.

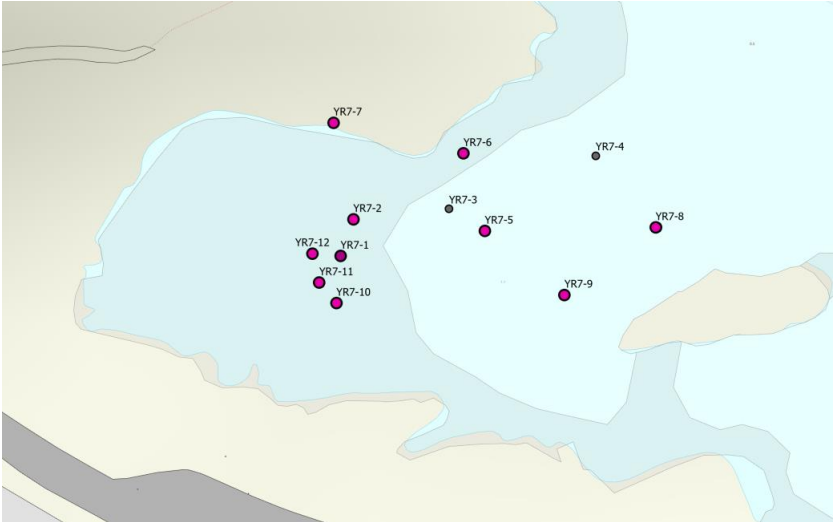


Figur 5. Alle prøvepunkt ytterst i Vigebukta. Bomskudd er vist med grått.

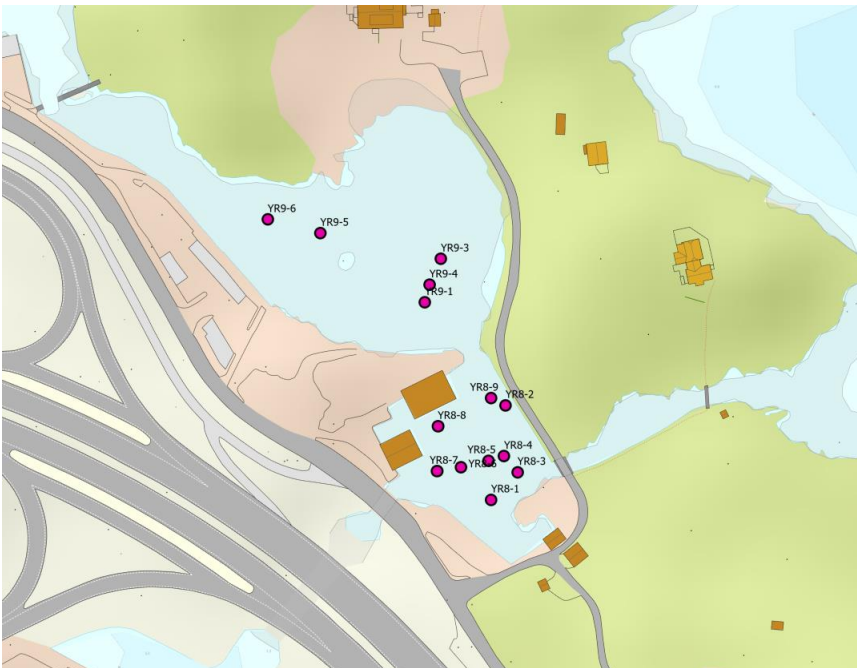
# Notat

Oppdragsgiver: Nye veier

Oppdragsnr.: 5206182 Dokumentnr.: NV42E39VK-YML-NOT-0002



Figur 6. Alle prøvepunkt nord for E18. Bomskudd er vist med grått.



Figur 7. Alle prøvepunkt i Narviga.



## Appendix (i) – Bærekraftsvurderinger knyttet til CEEQUAL-manualen

I tabellen 6 oppsummeres fagrapportens arbeid med økonomisk / miljømessig / sosial bærekraft i henhold til relevante krav i CEEQUAL-manualen.

Tabell 6. Ceequal krav med kommentar

<i>Krav i CEEQUAL-manualen</i>	<i>Kommentar</i>
4.2.1. «Contamination risk assessment»	Det er gjennomført en vurdering av risiko for spredning av forurensing ved tiltak i sjø
4.2.2. «Further assessment of contamination» (a)	Vurderingen inkluderer prøvetaking av sediment for å få mer informasjon om faktiske forhold.

## ► Datarapport: Supplerende kartlegging av sjøfjærbunn Kristiansand

### Sammendrag/konklusjon

Etter kartlegging av marint naturmangfold i forbindelse med planlagt utfylling i Vigebukta i Kristiansand ble det satt lys på den observerte naturtypen sjøfjærbunn i området. Etter møte mellom Kristiansand Havn, Statsforvalteren i Agder og Norconsult ble det bestemt å gjennomføre supplerende kartlegging av nærliggende områder for å avklare utbredelsen av sjøfjær og sjøfjærbunn i og rundt tiltaksområdet i Vigebukta.

Supplerende kartlegging ble gjennomført av marinbiologer fra Norconsult AS 05.04.2022. Kartleggingen ble gjennomført ved hjelp av undervannsdronen «Blueye».

Resultatene viste forekomster av sjøfjær nord for Varoddbrua i tre av fire stasjoner. Sør for Varoddbrua ble det observert sjøfjær i tre av åtte stasjoner. Høyest tetthet av sjøfjær ble observert på st.4.

I områder med bløtbunn ble det observert sjøfjær ved syv av ni lokasjoner. Ved å se på bunntopografien og strømforhold kan man forutse hvor det kan forventes sjøfjær. I områder med bløtbunn og gode strømningsforhold vil det forventes å finne forekomster av sjøfjær, mens i områder hvor bunntopografien består av bratte skråninger, hardbunn eller som blir trålet, vil det ikke forventes forekomster av sjøfjær.

J03	2022-05-30	Til bruk	EmbUle	AmaLia	IgRau
B02	2022-05-13	Til kommentar hos oppdragsgiver	EmbUle	AmaLia	IgRau
A01	2022-04-29	Til fagkontroll	EmbUle	AmaLia	
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## 1 Bakgrunn

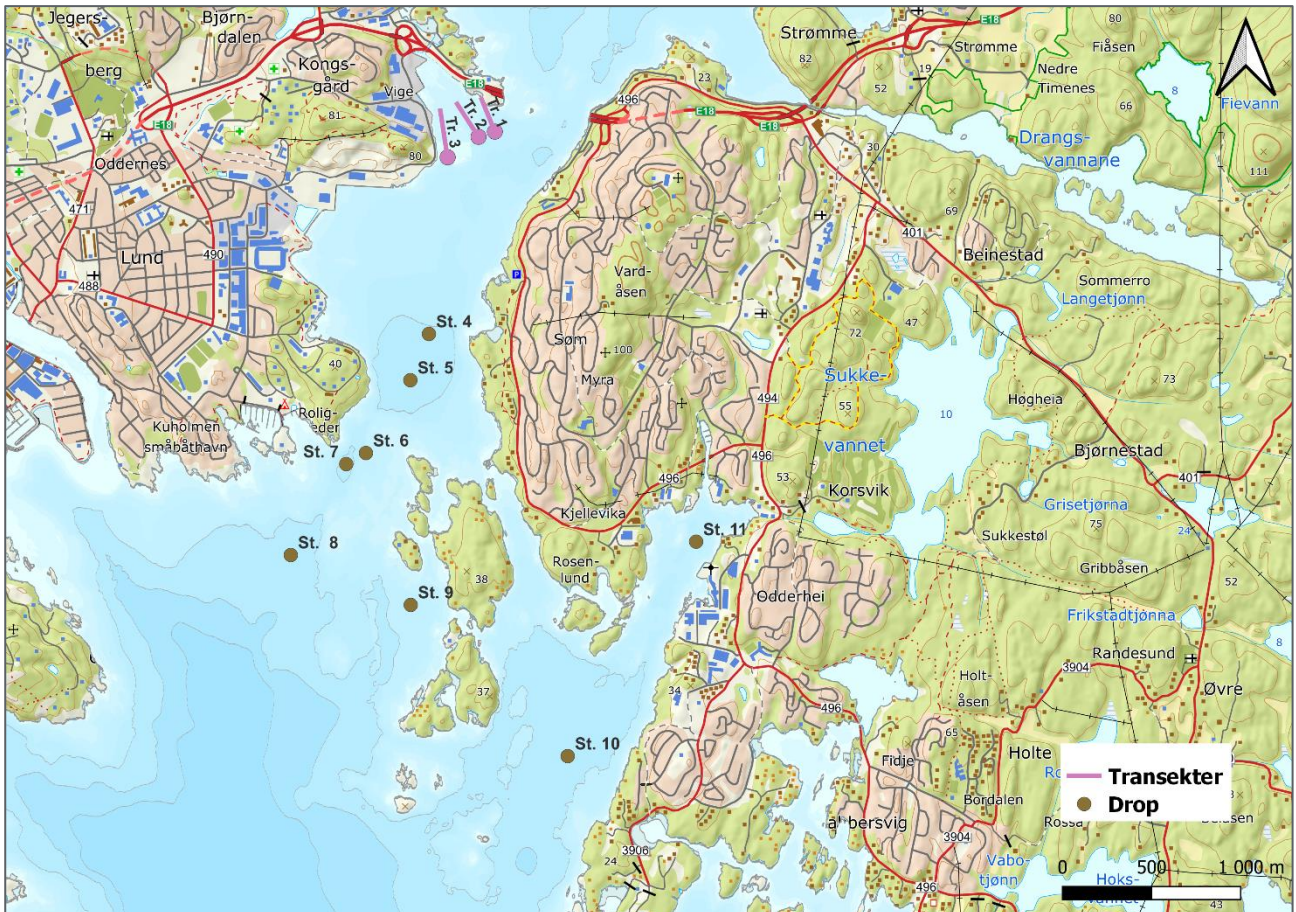
Etter kartlegging av marint naturmangfold i forbindelse med planlagt utfylling i Vigebukta i Kristiansand ble det satt lys på den observerte naturtypen sjøfjærbunn i området. Etter møte mellom tiltakshaver (Kristiansand Havn), miljømyndighet (Statsforvalteren i Agder), samt tiltakshavers innleide biologer (Norconsult AS) ble det bestemt at det skulle gjennomføres supplerende kartlegging av nærliggende områder for å avklare utbredelsen av sjøfjær og sjøfjærbunn i og rundt tiltaksområdet i Vigebukta. Ordenen sjøfjær (*Pennatulacea*) består av vanlig sjøfjær (*Pennatula phosphorea*), liten piperenser (*Virgularia mirabilis*), stor piperenser (*Funiculina quadrangularis*), *Virgularia tuberculata*, og hanefot (*Kophobelemnion stelliferum*). Sjøfjær lever på bløtbunn fra 10-3500 m dyp. Utbredelsen varierer fra art til art.

## 2 Feltarbeid

Supplerende kartlegging ble gjennomført av marinbiologer fra Norconsult AS 05.04.2022. Kartleggingen ble gjennomført ved hjelp av undervannsdronen «Blueye», og områdene som ble kartlagt er vist i Figur 2-1 og Figur 2-2.



Figur 2-1: Kart som viser området for kartlegging med stasjon 0-3 i tillegg til transektene. Brune punkter viser lokasjon for drop og rosa streker er transekter.



Figur 2-2: Kart som viser området for kartlegging med stasjon 4-11 i tillegg til transektene. Brune punkter viser lokasjon for drop og rosa streker er transekter.

### 3 Resultater

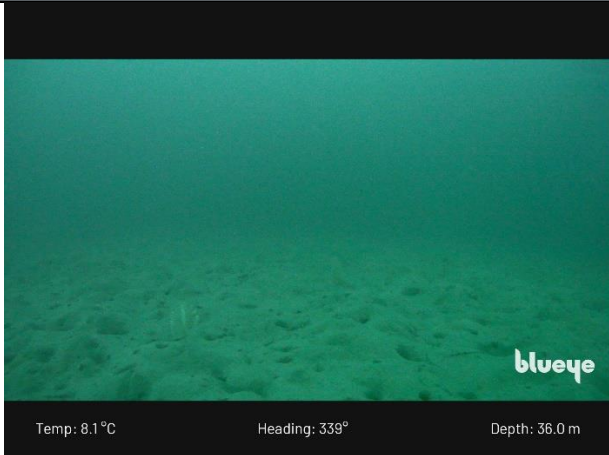
Videopptak viste forekomster av sjøfjær flere steder i Topdalsfjorden. Nord for Varoddbrua ble det observert sjøfjær på alle stasjoner (st.0-st.4). Ved stasjon 1 og 2 ble det observert sjøfjær med et partikkellag over. I Vigebukta ble det observert sjøfjær i områder uten utfyllingsstein. Det gjaldt ved starten av transekt 1 og 3 på ca. 35 meter dyp og fram til sprengsteinsfyllingen (ca. 20 meter). Ved transekt 2 ble det kun observert sprengsteinsfylling. I tillegg ble det observert sjøfjær på st.4, st.9 og st.10. Høyest tetthet av sjøfjær ble observert på st.4. Ved de resterende stasjonene ble det i hovedsak observert hardbunnsområder og derfor ikke egnet substrat for sjøfjær. Figur 3-1 viser en oversikt over områder hvor det antas å være sjøfjærbunn basert på observasjoner i felt, dybdeforhold og bløtbunn. Grunnlag fra tidligere rapport fra kartlegging av natur i Topdalsfjorden (RIM-01) er også brukt i vurderingen.



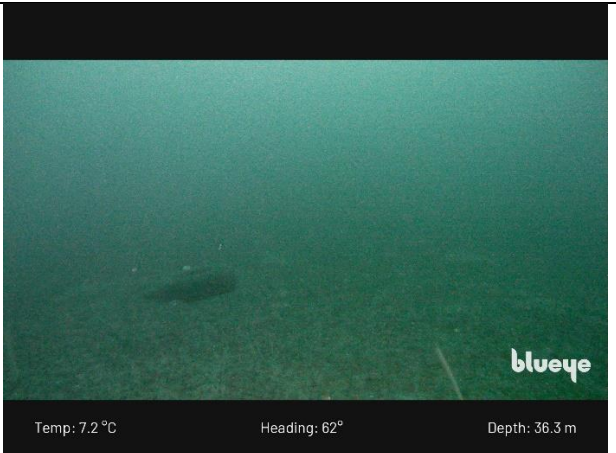





Figur 3-1: Kart over området med antatte naturtyper. Tiltaksområdet er vist med sort markering, markeringen viser størst mulig utfylling, og kan justeres til mindre omfang.


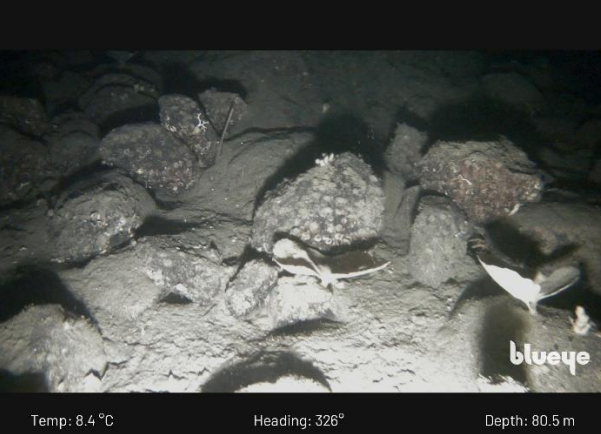

Oversikt over hva som ble observasjoner kan sees i Tabell 3-1.

Tabell 3-1: Oversikt over observasjoner på stasjonene



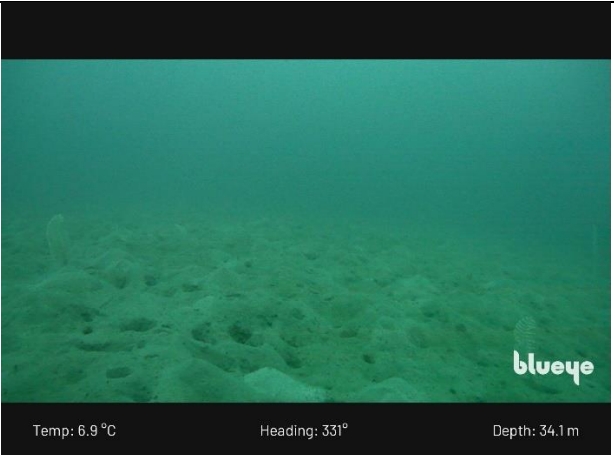
Stasjon	Observasjon	Eksempelbilde
St. 0	Bløtbunn med noe vanlig sjøfjær og liten/stor piperenser	

St. 1	Bløtbunn. Begrodd på bunn, potensielt sjøfjær dekket av partikler.	
St. 2	Hardbunn, steinete med et mudderlag noen steder. Begrodd på bunn, potensielt sjøfjær dekket av partikler.	
St. 3	Steinete bunn, noe mudder og noen observasjoner av liten/stor piperenser	

St. 4	Bløtbunn med vanlig sjøfjær og liten/stor piperenser – flest observasjoner	 <p>Kongsgård/Vige Stasjon 4 05.04.2022 08:40:52</p> <p>Temp: 7.6 °C Heading: 349° Depth: 54.2 m</p> <p>blueye</p>
St. 5	Mudderbunn, ingen sjøfjær observert. Mye reker, en breiflabb og flere torskefisk	 <p>Kongsgård/Vige Stasjon 5 05.04.2022 09:06:46</p> <p>Temp: 7.9 °C Heading: 335° Depth: 92.9 m</p> <p>blueye</p>
St. 6	Skråning med hardbunn. Steinete, noe fjell og kabel	 <p>Kongsgård/Vige Stasjon 6 05.04.2022 09:20:28</p> <p>Temp: 7.3 °C Heading: 54° Depth: 30.7 m</p> <p>blueye</p>

St. 7	Lite lag med sand/grus og antatt hardbunn under	 <p>Kongsgård/Vige Stasjon 7</p> <p>05.04.2022 09:29:41</p> <p>Temp: 7.8 °C Heading: 201° Depth: 55.4 m</p> <p>blueye</p>
St. 8	Steinete hardbunn. Forekomster av viftesvamp	 <p>Temp: 8.4 °C Heading: 326° Depth: 80.5 m</p> <p>blueye</p>
St. 9	Bløtbunn med vanlig sjøfjær og liten/stor piperenser	 <p>Kongsgård/Vige Stasjon 9</p> <p>05.04.2022 10:05:31</p> <p>Temp: 7.7 °C Heading: 271° Depth: 47.1 m</p> <p>blueye</p>



St. 10	Bløtbunn med vanlig sjøfjær og liten/stor piperenser	
St. 11	Sand med antatt hardbunn under, noen store steiner	
St. 12 (Transekt 1)	Bløtbunn med enkelte sjøfjær og liten/stor piperenser fra ca. 20-33 meter. Sprengsteinsfylling fra ca. 18 meter.	

St. 13 (Transekt 2)	Utfylling fra tidligere, kun stein	
St. 14 (Transekt 3)	Bløtbunn med noe vanlig sjøfjær og liten/stor piperenser ved start, deretter utfyllingsstein fra tidligere utfylling (fra ca. 28 meter)	

#### 4 Konklusjon

I områder med bløtbunn ble det observert sjøfjær ved syv av ni lokasjoner. Undersøkelsene viser at i områder med bløtbunn og gode strømningsforhold vil det forventes å finne forekomster av sjøfjær. Dette støtter opp om antagelsene som ble gjort før feltarbeidet ble gjennomført. I områder hvor bunntopografien består av bratte skråninger og/eller hardbunn, eller områder hvor det tråles, vil det ikke forventes å finne sjøfjær. Kartet i figur 3-1 viser områdene hvor man kan anta, ut fra denne og tidligere kartlegginger, at det er sjøfjær i området rundt Topdalsfjorden/Kristiansandsfjorden.

Kristiansand Havn IKS

# ► **Vurderinger vedrørende sjøfjær og vannmiljø i forbindelse med utfyllingsarbeid i Kongsgård/Vige**

Kristiansand

Oppdragsnr.: **52110063** Dokumentnr.: **RIM-03** Versjon: **J04** Dato: **2022-05-27**



**Oppdragsgiver:** Kristiansand Havn IKS  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Steffen Borgar Løvdahl  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika  
**Oppdragsleder:** Ignacio Rausa  
**Fagansvarlig:** Elisabeth Lundsør  
**Andre nøkkelpersoner:** Amalie Sofie Liane

J04	2022-05-27	Til bruk	AmaLia	EILun	IgRau
A03	2022-05-27	Til fagkontroll etter kommentar hos oppdragsgiver	AmaLia	EILun	
B02	2022-05-16	Til kommentar hos oppdragsgiver	AmaLia	EILun	IgRau
A01	2022-05-12	Til fagkontroll	AmaLia	EILun	
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## ► Sammendrag

I forbindelse med planarbeidet for Kongsgård-Vige havneområde – SHA4 – SHA5 og SHA6 i Kristiansand kommune skal det legges til rette for mottak av overskuddsmasse fra E39 ytre Ringvei. Planområdet skal reguleres fra sjøbunn opp til kote 8 m.u.h på bakgrunn av lang konsolideringstid for utfyllinger. I innspill til varsel om oppstart av detaljregulering har det i forbindelse med utfyllingen kommet innspill fra Statsforvalteren i Agder (Ref: 2021/10468). Innspillet viser til kartlegging av naturmangfold i Ytre Topdalsfjorden og registrering av naturlig mudderbunn med sjøfjær. Statsforvalteren stiller i sitt innspill krav om at det skal komme frem vises mulige konsekvenser ved omdisponering av bløtbunnsområder med sjøfjærsamfunn og etablering av utfylte hardbunnsområder. I tillegg stilles det krav om en grundigere vurdering etter vannforskriftens § 12.

Resultater fra feltkartlegginger (2021 og 2022) viste at sjøbunnen i selve tiltaksområdet består av tidligere utfyllingsstein før den overgår i naturlig bløtbunn/sand i ytterkant av den planlagte fyllingen. Bløtbunnsområder, med observasjoner av sjøfjær, strekker seg ut til resterende deler av planområdet. Influensområdet består i hovedsak av ulike naturtyper og det er registrert sjøfjærbunn i dypere bløtbunnsområder, samt ålegraseng i grunnere områder i tillegg til hardbunnsområder. Datarapport fra kartleggingen gjennomført i 2022 ligger vedlagt (Vedlegg 1). I områder med mudderbunn ble det i hovedsak registrert sjøfjær, det er derfor tenkelig at alle områder i Topdalsfjorden og Kristiansandsfjorden med lignende forhold (dybde, bunnforhold og strømforhold) vil ha noen registreringer av sjøfjær. Sjøfjærføremstene som ble registrert i innerst del av undersøkelsesområdet (nord), var dekket av partikler og kan i større grad være påvirket av landaktivitet og ulike utslipp.

Tiltaket er vurdert opp mot hvordan det vil påvirke vannforekomstene i nærheten og deres mulighet for å oppnå miljømål om god økologisk og kjemisk tilstand. Det er derfor vurdert påvirkning og konsekvens av tiltaket på tre ulike delområder (se figur 1-2 for oversikt over områdene) som vist i tabellen under.

Delområde	Påvirkning	Konsekvens
Kongsgård/Vige (Tiltaksområdet)	Stor påvirkning	Høy negativ konsekvensgrad
Topdalsfjorden-indre (Vannforekomst)	Noe til liten påvirkning	Liten/ubetydelig negativ konsekvensgrad
Topdalsfjorden-ytre (Vannforekomst)	Liten påvirkning	Liten/ubetydelig negativ konsekvensgrad

Rapporten viser også hvilke skadereduserende tiltak som bør implementeres i arbeidet. Det innebærer følgende tiltak:

- Ved utfylling av sprengstein bør det gjøres vurderinger om følgende; hvilken type stein massene er fra (syredannende, myke eller harde bergarter), bruk av NONEL-system ved sprenging, hvordan ev plast fra sprengstein skal fjernes. Vask av sprengstein for å minimere finstoff blir i noen tilfeller anbefalt. I dette tiltaket er mengden stein så stor at det ikke anses som realistisk.
- Ved utfyllingsarbeid er det vanlig å benytte partikkelsperre (silt- eller boblegardin) for å redusere spredning av partikler og nedslamming av sjøarealet. Dersom det på bakgrunn av strømningsforholdene viser seg vanskelig å bruke partikkelsperre bør det vurderes å bruke turbiditetsmålere som fanger opp eventuell spredning av partikler. Eventuelt en kombinasjon av begge teknikker.

- I driftsfasen vil økt båttrafikk kunne medføre økt partikkelspredning av sedimenter. For å minimere spredning bør oppholdstid hvor båtene er i drift (hvor propell går) minimeres og drift av kaien bør optimaliseres. Ved eventuell utilsiktet utslipp av miljøgifter fra drift av fartøy presiseres det at det i Kristiansand er god beredskap for slike hendelser.

Avbøtende tiltak vurderes ytterligere i søknad om tiltak i sjø som utarbeides på et senere tidspunkt og sendes til Statsforvalteren i Agder.

Generelt forventes ikke tiltaket å medføre vesentlige endringer for det marine miljøet i vannforekomsten Topdalsfjorden sammenlignet med dagens situasjon, sett bort fra arealbeslaget og at avbøtende tiltak settes inn for å hindre oppvirvling av sediment under drift.

## ► Innhold

<b>1</b>	<b>Tiltaksbeskrivelse</b>	<b>6</b>
1.1	Bakgrunn	6
1.2	Planområdet	7
1.3	Tidligere undersøkelser	8
1.3.1	<i>Naturtypekartlegging</i>	8
1.3.2	<i>Sedimentundersøkelser</i>	8
1.3.3	<i>Bløtbunnsfauna</i>	9
1.3.4	<i>Strømforhold</i>	9
1.4	Karakteristiske trekk ved området	9
1.5	Generelle påvirkningsfaktorer på marint naturmiljø	12
1.6	Vurdering av påvirkning og konsekvens på sjøfjærbunn	12
<b>2</b>	<b>Vurdering av konsekvenser på vannmiljø</b>	<b>13</b>
2.1	Metode og datagrunnlag	13
2.1.1	<i>Inndeling i delområder</i>	14
2.1.2	<i>Datainnsamling</i>	15
2.2	Vurdering av påvirkning og konsekvens	15
2.2.1	<i>Generelle påvirkningsfaktorer på vannmiljø</i>	15
2.2.2	<i>Konsekvenser av tiltak i sjø ved Kongsgård/Vige</i>	15
2.2.3	<i>Konsekvenser av tiltak på vannforekomst Topdalsfjorden-indre</i>	16
2.2.4	<i>Konsekvenser av tiltak på vannforekomst Topdalsfjorden-ytre</i>	16
2.2.5	<i>Oppsummering – påvirkning og konsekvens</i>	16
<b>3</b>	<b>Skadereduserende tiltak</b>	<b>17</b>

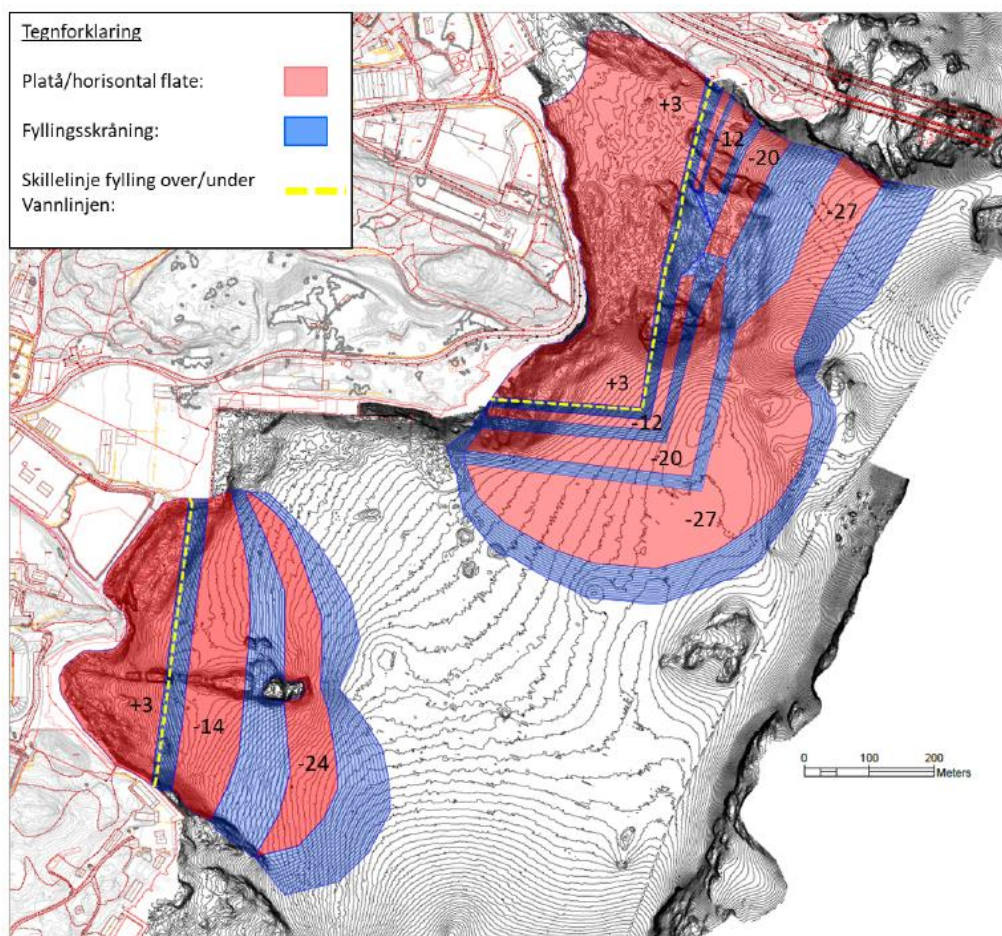
# 1 Tiltaksbeskrivelse

## 1.1 Bakgrunn

I forbindelse med planarbeidet for Kongsgård-Vige havneområde – SHA4 – SHA5 og SHA6 i Kristiansand kommune skal det legges til rette for mottak av overskuddsmasse fra E39 ytre Ringvei. Planområdet skal reguleres fra sjøbunn opp til kote 8 m.u.h på bakgrunn av lang konsolideringstid og krav til seilingsdybde. Planen for hele fyllingen er vist i Figur 1-1, planen er laget i et skisseprosjekt og er «worst case». Geotekniske vurderinger som gjennomføres i mai 2022 vil medføre en nedjustering av arealet på utfyllingen.

I innspill til varsel om oppstart av detaljregulering har det i forbindelse med utfyllingen kommet innspill fra Statsforvalteren i Agder (Ref: 2021/10468). Innspillet viser til kartlegging av naturmangfold i Ytre Topdalsfjorden og registrering av naturlig mudderbunn med sjøfjær. Statsforvalteren stiller i sitt innspill krav om at det skal komme frem mulige konsekvenser av omdisponering av bløtbunnsområder med sjøfjærsamfunn og etablering av utfylte hardbunnsområder. I tillegg stilles det krav om en grundigere vurdering etter vannforskriftens § 12.

Denne rapporten tar for seg utfyllingens påvirkning på sjøfjær i Topdalsfjorden, og vurdering av tiltakets påvirkning og konsekvens på vannforekomsten.



Figur 1-1: Planområdet med utsnitt av utfyllingsområde basert på skisseprosjekt nivå.



## 1.2 Planområdet

Planområdet ligger i Topdalsfjorden, øst for Kristiansand sentrum, nærmere bestemt i «Topdalsfjorden-indre» (VannforekomstID: 0130010400-1-C). Fjorden har utløp i Kristiansandsfjorden før Skagerak. Planområdet ligger mellom to terskler i Topdalsfjorden som vist i Figur 1-2. Topdalsfjorden er delt inn i to vannforekomster «Topdalsfjorden-indre» hvor tiltaket er plassert, og «Topdalsfjorden ytre» som potensielt kan bli påvirket av partikkelspredning fra tiltaket. Vannforekomstene er registrert som en oksygenfattig fjord med saltholdighet 18-30 psu og liten tidevannspåvirkning (< 1 m).

«Topdalsfjorden-indre» er registrert i vann-nett med moderat økologisk tilstand basert på undersøkelser av bløtbunnsfauna gjennomført i 2018, denne undersøkelsen er gjennomført igjen i 2021 og viste da god økologisk tilstand for denne parameteren (se neste kapittel). I tillegg er det registrert høye konsentrasjoner av PAH i sedimentet i forekomsten som bidrar til den økologiske tilstanden forverres. Forekomsten er registrert med dårlig kjemisk tilstand basert på høye konsentrasjoner av prioriterte miljøgifter i saltvann, biota (fisk og taskekrabbe) og sediment. Vannforekomsten er i middels grad påvirket av avrenning fra flyplass og kysttransport.

«Topdalsfjorden-ytre» er registrert i vann-nett med dårlig økologisk tilstand basert på voksegrense for makroalger fra undersøkelser gjennomført av NIVA i 2020, samt høye konsentrasjoner av arsen i sedimentet fra undersøkelser gjennomført i 2016. Forekomsten er registrert med god kjemisk tilstand basert på sedimentundersøkelser fra 2016. Forekomsten er i middels grad påvirket av punktutslipp fra industri.

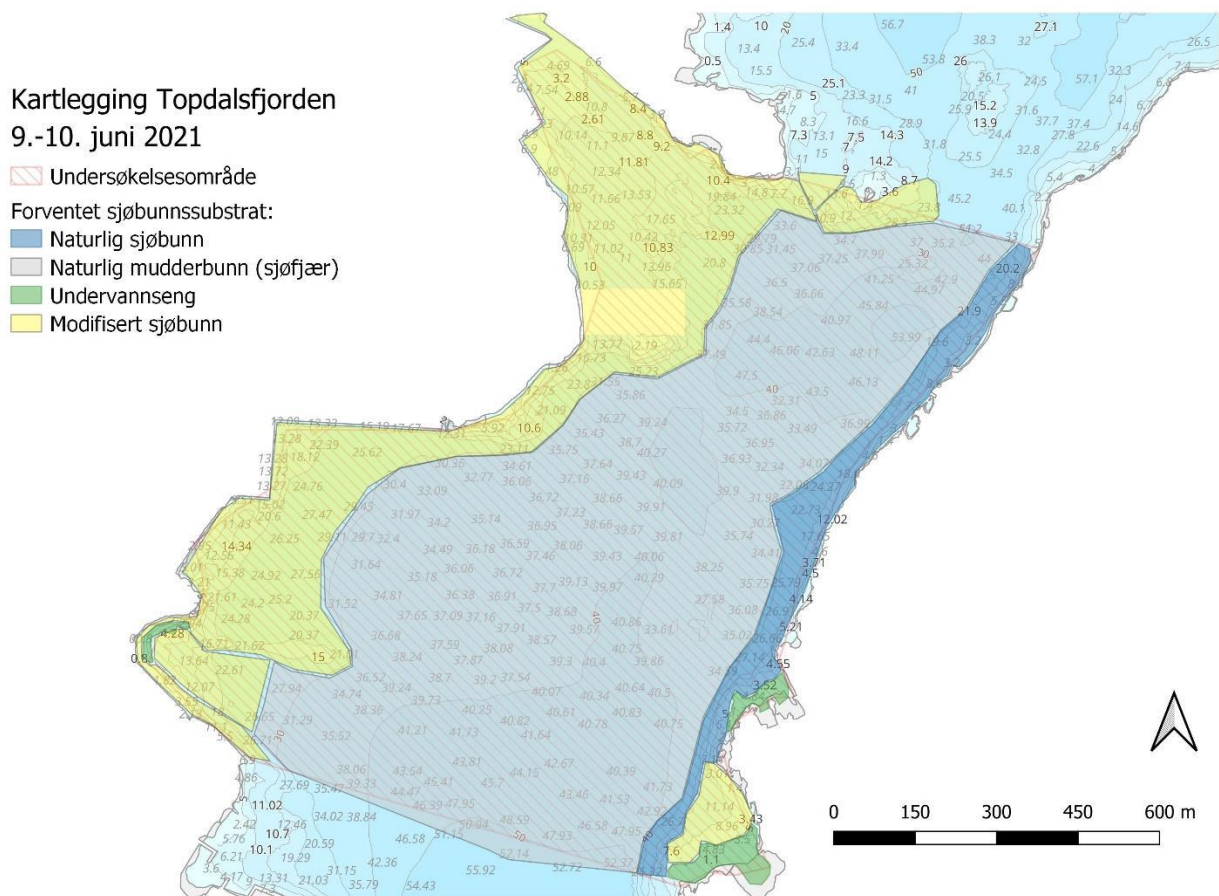


Figur 1-2: Oversikt over Topdalsfjorden, vannforekomster er markert med blå linje, terskler er vist med oransje strek. Potensielt utfyllingsområde er vist med svart omriss, markeringen viser størst mulig utfylling, og kan justeres til mindre omfang.

### 1.3 Tidligere undersøkelser

#### 1.3.1 Naturtypekartlegging

Kartlegging av naturtyper i Topdalsfjorden er gjennomført i flere omganger i mindre områder ved ulike utbyggingsaktiviteter. Sist ble det gjennomført i tiltaksområdet av Norconsult i 2021. Kart vist i Figur 1-3 viser naturtypene som ble registrert.



Figur 1-3: Kart over naturtyper som ble registrert under naturkartlegging av Norconsult i juni 2021. Kart hentet fra rapport "Topdalsfjorden: Nåsituasjon for marine natur- og miljøforhold. RIM-01".

Supplerende kartlegging av sjøfjær ble gjennomført av Norconsult i 2022. Datarapport ligger vedlagt og påvirkning er vurdert i kapittel 3.

#### 1.3.2 Sedimentundersøkelser

Det er gjennomført mange tidligere undersøkelser av sedimentene i Topdalsfjorden og de er beskrevet i detalj i Norconsults rapport "Topdalsfjorden: Nåsituasjon for marine natur- og miljøforhold. RIM-01". Prøvene som er tatt i Kongsgårdbukta viser høye konsentrasjoner av miljøgifter (tilstandsklasse III-V) av ulike PAH-forbindelser, PCB og TBT, samt noen tungmetaller. Flere av disse prøvene ble tatt i forbindelse med sluttkontroll for opprydding av forurenset sediment da Kongsgårdbukta tidligere er brukt som avfallsplass. Området er dekket med stein og løsmasser etter nedleggelsen og videre utbedringsarbeid i 2005 (strandkantdeponi) og 2008-2010 (sugemudring og strandkantdeponi). De dypere områdene er likevel fortsatt

forurenset opp til tilstandsklasse IV. I Vigebukta er det også gjort en del undersøkelser som viser høye konsentrasjoner av miljøgifter, men en svak forbedring fra 2008 til 2021 i flere prøver. Likevel ligger flere av stasjonene i tilstandsklasse III-V og forurensingen består i hovedsak av PAH-forbindelser, PCB, TBT og noen tungmetaller. Høyest forurensingsgrad er funnet innerst i Vigebukta.

### **1.3.3 Bløtbunnsfauna**

Bløtbunnsfauna i sedimentene i Topdalsfjorden er tidligere undersøkt av NIVA i 1983, 2002 og 2012, og av Norconsult i 2021. Undersøkelsene viste dårlige forhold i de dypeste stasjonene i 1983 og 2002. I 2012 ble det tatt en prøve i Kongsgårdbukta – Marviksbukta som viste god økologisk tilstand, og prøven fra 2021 fra Topdalsfjorden viste også god økologisk tilstand for bløtbunnsfauna.

Det er også gjennomført tilsvarende undersøkelser i Kristiansandsfjorden utenfor Topdalsfjorden. Resultatene fra disse undersøkelsene er relevante for å sammenligne med resultatene i Topdalsfjorden. I 2020 ble det tatt tre prøver av COWI av bløtbunnsfauna i Kristiansandsfjorden, som alle viste gode oksygenforhold i bunnvannet. De grunnere stasjonene viste bunnfauna i tilstandsklasse «god», mens stasjonen som lå mer midt i Kristiansands byfjord hadde tilstandsklasse «moderat» basert på lav individtetthet og forekomst av opportunistiske arter i tillegg til arter som indikerer forurensning av næringssalter. Økokystprogrammet har også gjort undersøkelser av bløtbunnsfauna i byfjorden i samme område i 2019. Det ble tatt en prøve som viste at bløtbunnsfauna havnet i tilstandsklasse «god» selv om det var lav individtetthet. Det er høye TOC verdier, men ikke indikasjoner på at dette skyldes avrenning fra land.

### **1.3.4 Strømforhold**

Strømforholdene ved en utfylling ved Kongsgård og Vige er modellert i en tidligere rapport "Topdalsfjorden: Nåsituasjon for marine natur- og miljøforhold. RIM-01". Der ble det konkludert med ubetydelig endring i strømforholdene ved gjennomføring av tiltaket.

## **1.4 Karakteristiske trekk ved området**

Utredningsområdet ligger ved Kongsgård og Vige i Topdalsfjorden i Kristiansand kommune. Tiltaksområdet med utfylling i sjø ligger i to bukter vist i Figur 1-4. Områdene i seg selv er skjernet for bølge- og vindeksponering fra åpent farvann.

Resultater fra feltkartlegginger viste at sjøbunnen i selve tiltaksområdet består av tidligere utfyllingsstein før den overgår i naturlig bløtbunn/sand i ytterkant av planlagt utfylling. Bløtbunnsområder, med observasjoner av sjøfjær, strekker seg ut til resterende deler av planområdet. Influensområdet består i hovedsak av ulike naturtyper og det er registrert sjøfjærbunn i dypere bløtbunnsområder, ålegraseng i grunnere områder, i tillegg til hardbunnsområder. Antatt utbredelse av ulike naturtyper etter supplerende kartlegging i 2022 er vist i Figur 1-4. Datarapport fra kartleggingen gjennomført i 2022 ligger vedlagt (Vedlegg 1). I de fleste områder med mudderbunn ble det registrert sjøfjær, det er derfor tenkelig at alle områder i Topdalsfjorden og Kristiansandsfjorden med lignende forhold (dybde, bunnforhold og strømforhold) vil ha noen registreringer av sjøfjær. Sjøfjær som ble registrert i innerst del av undersøkelsesområdet (nord), var dekket av partikler og kan i større grad være påvirket av landaktivitet, avsetninger fra topdalselva og ulike utslipp.



Figur 1-4: Utbredelse av naturtyper i nærheten til tiltaksområdet. Svart omriss viser potensiell utfylling i sjø, markeringen viser størst mulig utfylling og kan justeres til mindre omfang etter videre prosjektering.

Eksempelbilder av områdene er vist i Figur 1-5 og Figur 1-6.



Figur 1-5. Utfyllingen som i dag er i Vigebukta. Steinen er begrodd i hovedsak av alger.



Figur 1-6. Det ble registrert sjøfjær i bløtbunnsområder fra ca. 20 m dybde.

## 1.5 Generelle påvirkningsfaktorer på marint naturmiljø

En utfylling på sjøbunn kan gi ulike påvirkninger på det marine miljøet. Virkningene vil først og fremst være arealbeslag og tildekking av sjøbunnen, og tap av habitat for marine organismer som benytter området til næringssøk, leveområde og gyteområde. Videre antas fyllingen å kunne medføre mindre endringer i overflatehydrologi, små endringer i lokale strømforhold og bølgepåvirkning, samt eventuelle utslipp av kjemikalier og temperaturendringer i forbindelse med økt skipsfart i området. Tiltaket forventes ikke å medføre vesentlige endringer for det marine miljøet i Topdalsfjorden sammenlignet med dagens situasjon, sett bort fra arealbeslaget og at avbøtende tiltak settes inn for å hindre oppvirvling av sediment under drift.

## 1.6 Vurdering av påvirkning og konsekvens på sjøfjærbunn

Så lenge det ikke skjer store endringer i strømmønster i ytterste delen av Topdalsfjorden er det vurdert at sjøfjær i området ikke vil bli sterkt påvirket. Dette innebærer at det gjennomføres avbøtende tiltak under anleggsfase, slik at partikkelspredning reduseres. Partiklene som spres fra en utfylling er av en annen form enn mudderbunnen som sjøfjær lever på, de nærmeste forekomstene av sjøfjær kan derfor bli påvirket i større grad enn de dypere liggende områdene i fjorden da større partikler sedimenterer raskere enn finstoff. Sjøfjær som ligger innenfor tiltaksområdet vil gå tapt, men det er i hovedsak observert sjøfjær utenfor tiltaksområdet med utfylling. Det er vist gjennom den supplerende kartleggingen av sjøfjær finnes i flere områder i Topdalsfjorden og i Kristiansandsfjorden. De er registrert på mudderbunn, og det er tenkelig at de finnes i alle områder i fjorden med denne typen bunnsstrat hvor det ikke bunntråles. Det er uvisst hvordan sjøfjær tåler påvirkning av større mengder partikler og hvor raskt de kan re-etablere seg. Dersom avbøtende tiltak ikke medfører redusert partikkelspredning til områder med sjøfjær er det derfor en risiko for at større områder av sjøfjærbunn vil gå tapt.

## 2 Vurdering av konsekvenser på vannmiljø

### 2.1 Metode og datagrunnlag

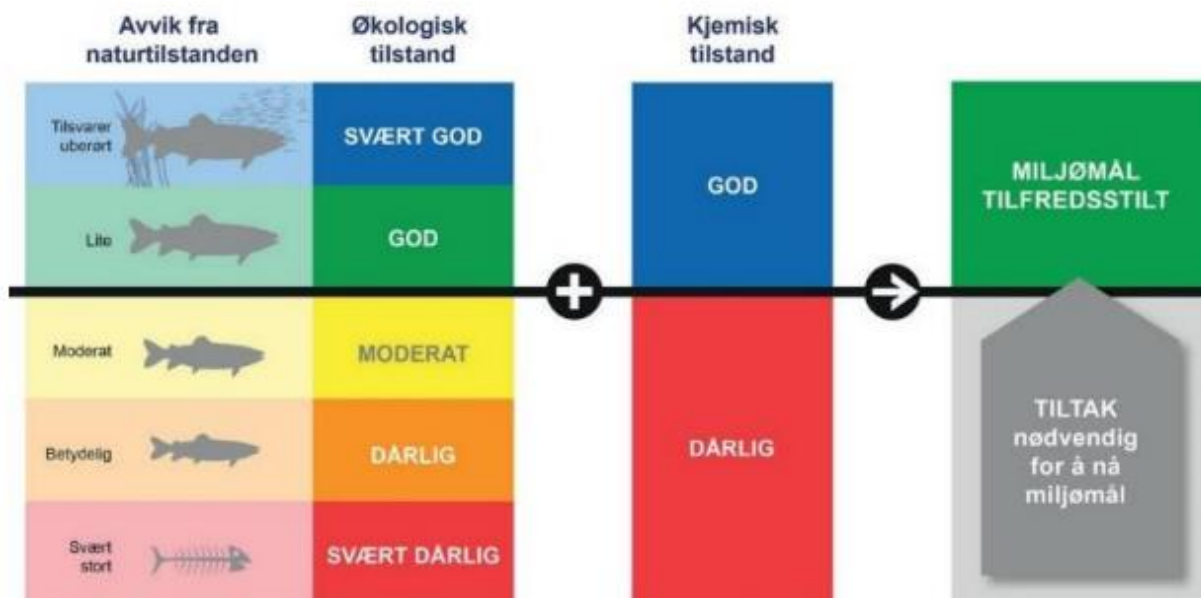
Konsekvensutredninger gjennomføres i henhold til metoden i Miljødirektoratets veileder M-1941 *Konsekvensutredninger for klima og miljø*. Generelt, står det tre begreper sentralt i konsekvensutredningen:

- **Verdi:** Med verdi menes en vurdering av hvor stor betydning et område har for et fagtema.
- **Påvirkning:** Med påvirkning menes en vurdering av hvordan det samme området påvirkes som følge av et definert tiltak. Under fagtema vannmiljø vurderes påvirkning ved følgende spørsmål:
  - vil ny aktivitet / ny inngrep medføre forringelse av miljøtilstanden i vannforekomsten?
  - vil ny aktivitet / ny inngrep hindre vannforekomsten å nå miljømålene?I prinsippet betyr det at det skal vurderes påvirkningen den nye virksomheten eller inngrepet vil ha på kvalitetselementene som er mest følsomme for endringen. På bakgrunn av dette kan det vurderes om tilstanden forringes eller om miljømål ikke nås.
- **Konsekvens:** Konsekvens framkommer ved sammenstilling av verdi og påvirkning. Konsekvensen er en vurdering av om et definert tiltak vil medføre bedring eller forringelse i et område. Konsekvensvurdering under fagtema vannmiljø følger ikke samme konsekvensvifte som andre fagtemaene. Miljødirektoratets veileder M-1941 sier følgende; *hvis vannforekomster står i fare for å forringes til lavere enn god tilstand av ett eller flere alternativer skal dette føre til en **høy negativ konsekvensgrad** i konsekvensutredningen. Tilsvarende gjelder dersom vannforekomsten er i moderat eller dårligere tilstand, og tiltaket vil føre til at miljømålet ikke nås.*

Vannmiljø lar seg ikke uttrykke i verdi som andre fagtemaer vist i Miljødirektoratets veileder og er dermed ikke en del av selve konsekvensutredning etter veilederen. Temaet vannmiljø er knyttet til vannforskriften og spesielt vannforskriftens § 12. Vannrammedirektivet legger rammene for forvaltning av vann, dette er et EU-direktiv som omfatter Norge på bakgrunn av EØS avtalen. Målet for vannforvaltningen i Norge er at alle vannforekomster skal oppnå god økologisk og kjemisk tilstand, i samsvar med vannforskriftens § 4.

Et eget klassifiseringssystem for ulike vanntyper definerer om miljøtilstand og miljømål nås i vannforekomsten. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota er gitt i vandirektivets veileder 02:2018 «Klassifisering av miljøtilstand i vann». Generelt sett vil påvirkning på marint liv gjennom utslipp, inngrep og andre aktiviteter være akseptabel så lenge artssammensetning, antall individer og miljøstoffkonsentrasjoner kun i liten grad avviker fra det man finner under upåvirkede forhold.

I klassifiseringssystemet skilles det på økologisk og kjemisk tilstand (Figur 2-1). Økologisk tilstand i en kystvannforekomst klassifiseres på grunnlag av biologiske kvalitetselementer, med fysiske og kjemiske støtteparametere. Kjemisk tilstand bestemmes på bakgrunn av konsentrasjoner av prioriterte stoffer målt i vann, sedimenter eller biota og klassifiseres som god eller dårlig.



Figur 2-1: Oversikt over klassifisering iht. veileder 02:2018. Økologisk tilstand deles opp i en fem delt klassifisering og kjemisk tilstand i to-delt. Hvis noen parametere av økologisk eller kjemisk tilstand klassifiseres hhv. som moderat eller under, eller dårlig vil tiltak være nødvendig for å oppnå miljømålene. Figur hentet fra veileder 02:2018.

### 2.1.1 Inndeling i delområder

Utredningsområdet deles inn i mindre, enhetlige delområder, basert på selve tiltaksområdet, samt vannforekomsten. Enhetlige områder er områder som henger naturlig sammen, og som samlet sett har en viktig funksjon. I dette tilfellet er det vurdert at det deles opp i to ulike delområder.

- **Tiltaksområdet i sjø (Kongsgård/Vige)** er et eget delområde, da innenfor dette området vil det bli vesentlig endringer.
- **Vannforekomsten Topdalsfjorden-indre:** vil være det andre delområdet da fagtema vannmiljø skal si noe om tiltakets påvirkning på hele vannforekomsten.
- **Vannforekomsten Topdalsfjorden-ytre:** vil være det tredje delområdet da fagtema vannmiljø skal si noe om tiltakets påvirkning på vannforekomsten og denne forekomsten vil være i influensområdet til utfyllingen.



## 2.1.2 Datainnsamling

Kunnskapsgrunnlaget er i innhentet ved gjennomgang av eksisterende data fra offentlige tilgjengelige databaser og litteratur, samt fra rapporter som er gjennomført i planområdet og i vannforekomsten. Undersøkelser som tidligere er gjennomført fremgår i kapittel 1.3 samt databaser som er undersøkt fremgår av Tabell 2.1.

Tabell 2.1. Oversikt over innhentet eksisterende datagrunnlag med beskrivelser og kilder.

Data	Beskrivelse	Kilde	Lenke
Historiske flyfoto	Historiske flyfoto	Finn	Kart.finn.no/
Vannmiljø	Nettbasert kartverktøy for arbeidet med vannforskriften. Viser tilstand og mål for den enkelte vannforekomst	Vannmiljø, Vann-Nett	Vannmiljø ( <a href="http://vannmiljo.miljodirektoratet.no">http://vannmiljo.miljodirektoratet.no</a> ), Vann-Nett ( <a href="http://vann-nett.no">http://vann-nett.no</a> )

## 2.2 Vurdering av påvirkning og konsekvens

### 2.2.1 Generelle påvirkningsfaktorer på vannmiljø

Et inngrep på sjøbunn i form av steinfylling kan gi ulike påvirkninger på det marine miljøet. Virkningene vil først og fremst være arealbeslag og tildekking av sjøbunnen. Dette vil føre til tap av habitat for marine organismer som benytter området til opphold/levested, beiting og/eller gyting. Videre kan tiltaket medføre mindre endringer i overflatehydrologi, endringer i lokale strømforhold og bølgepåvirkning.

I forbindelse med økt trafikk av fartøy i området kan medføre økt turbiditet og oppvirvling av sediment fra proppeloppvirvling. Økt trafikk vil også øke faren for utilsiktede utslipp av miljøgifter. I Kristiansand er det god beredskap for slike hendelser.

### 2.2.2 Konsekvenser av tiltak i sjø ved Kongsgård/Vige

Tiltaket som innebærer utfylling over et større område i Kongsgårdbukta og i Vigebukta medfører et permanent arealbeslag av sjøbunnen i området. Det er tidligere vist at det er utlekking av miljøgifter fra et nedlagt avfallsdeponi i Kongsgård, selv om dette er ryddet opp, er det fortsatt registrert forurenset sjøbunn i området. Strandsonen i området er også vist å inneha forurensingstolerante arter, men at det er artsfattig. Utfylling i området vil dekke til eksisterende forurensing i sedimentene og hindre videre utlekking. Dette kan virke positivt på vannmiljø i området. I Vigebukta er det registrert en del gammel utfyllingsstein, og det er vurdert at området ikke innehar store naturverdier. Likevel er det registrert sjøfjær i utkant av utfyllingen, men siden dette ikke inngår i registrering av økologisk eller kjemisk tilstand vil det vurderes nærmere i et senere kapittel i denne rapporten.

Utfylling av sprengstein kan medføre spredning av finstoff og næringssalter, men avbøtende tiltak vil begrense spredning. Tiltaket vil på sikt medføre økt aktivitet fra båter, som kan medføre partikkelspredning fra proppeloppvirvling. Slik spredning avhenger av vanddyp og størrelse på båter, og kan ved enkle tiltak være minimal. Økt båttrafikk øker faren for utilsiktede utslipp av miljøgifter. God beredskapskapasitet i området gjør at eventuelle utslipp raskt håndteres og risikoen for spredning er derfor minimal. Disse påvirkningene kan

forringe tilstanden til ev. makroalger og bløtbunnsfauna i området, samt øke utslipp av prioriterte miljøgifter til området.

Med hensyn på beslaglegging av habitat og potensielle utilsiktede hendelser betyr det at innenfor tiltaksområdene er det risiko for at vannmiljø forringes til lavere enn god tilstand og dermed er det konkludert at tiltaket vil ha en **høy negativ konsekvensgrad** ved Kongsgård og Vige.

### 2.2.3 Konsekvenser av tiltak på vannforekomst Topdalsfjorden-indre

De ovenfornevnte påvirkninger (tap av naturlig sjøbunn, økt turbiditet og ev. økt tilførsel av kjemisk og organisk forurensning) er vurdert å være i hovedsak lokale til området rundt Kongsgård/Vige og vil påvirke vannforekomsten (Topdalsfjorden-indre) i liten grad. Nylige modelleringer av potensielle endringer i strømforhold som følge av utfyllingen viser at det ikke er noen betydelig endring av strømforhold i vannforekomsten. Økt havneaktivitet og spredning av miljøgifter ved utfylling kan forringe tilstanden i denne delen av Topdalsfjorden dersom avbøtende tiltak ikke inkluderes.

Forutsatt gjennomføring av avbøtende tiltak er det vurdert at tiltaket vil ha **liten til ubetydelig negativ konsekvensgrad** for vannforekomsten Topdalsfjorden-indre. Liten negativ konsekvensgrad stammer fra beslaglegging av habitat i deler av fjorden.

### 2.2.4 Konsekvenser av tiltak på vannforekomst Topdalsfjorden-ytre

Påvirkninger med tap av naturlig sjøbunn er lokale til området Kongsgård/Vige. For vannforekomsten Topdalsfjorden-ytre vil økt båttrafikk kunne medføre økt turbiditet og ev. tilførsel av kjemisk og organisk forurensning. Modelleringer viser ingen endring i strømforhold, og det er registrert god gjennomstrømming i området. Det er i hovedsak registrert hardbunn i områdene som kan bli påvirket av eventuell partikkelspredning. Inngrep planlagt i Kongsgård/Vige er vurdert å ha en liten til ubetydelig bidrag til å øke risikoen at vannforekomsten Topdalsfjorden-ytre ikke når sine miljømål.

Det vil si at det vurderes at tiltaket ikke er til hinder for at vannforekomsten skal nå sine miljømål, forutsatt at avbøtende tiltak gjennomføres. Det betyr at tiltakene vil ha **liten til ubetydelig negativ konsekvensgrad** for vannforekomsten Topdalsfjorden-ytre.

### 2.2.5 Oppsummering – påvirkning og konsekvens

I Tabell 2.2 nedenfor er verdier, påvirkning og konsekvens for de ulike delområdene oppsummert.

Tiltaket forventes ikke å medføre vesentlige endringer for vannmiljøet i hele vannforekomsten sammenlignet med dagens situasjon.

Tabell 2.2. Oppsummering av påvirkning og konsekvens for delområdene med syn på vannmiljø.

Delområde	Påvirkning	Konsekvens
Kongsgård/Vige	Stor påvirkning	Høy negativ konsekvensgrad
Topdalsfjorden-indre	Noe til liten påvirkning	Liten/ubetydelig negativ konsekvensgrad
Topdalsfjorden-ytre	Liten påvirkning	Liten/ubetydelig negativ konsekvensgrad

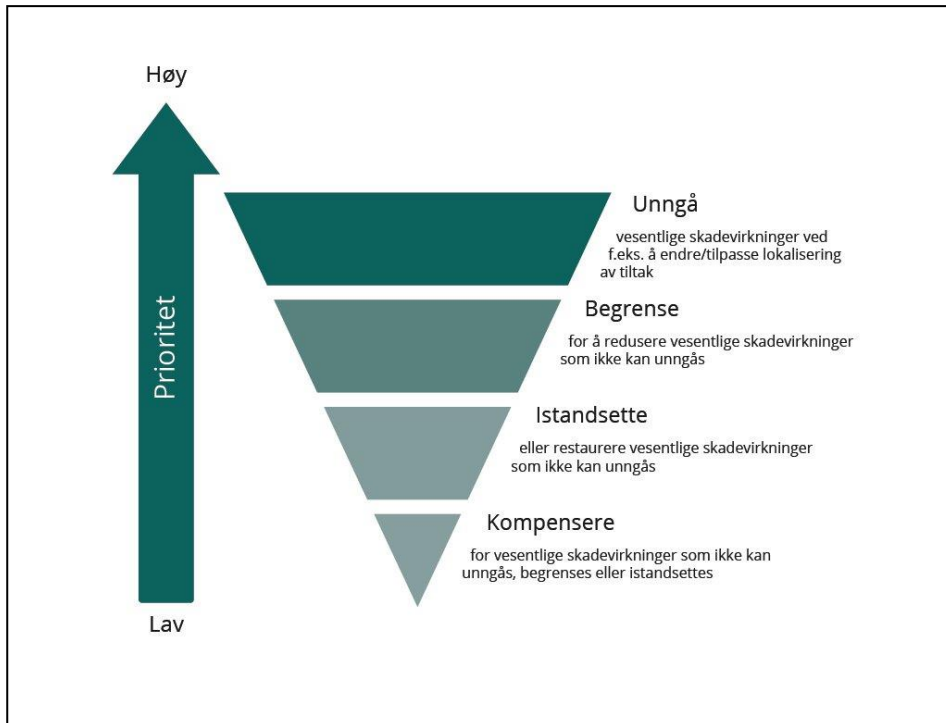
### 3 Skadereduserende tiltak

Konsekvenser i anleggsfasen ved utfylling i sjø vil først og fremst være knyttet til terrenginngrep, økt partikkelspredning (turbiditet), forurensning og støy fra anleggsarbeid og ferdsel. Alle disse faktorene kan medføre betydelig påvirkning på omliggende sjøarealer, hvor særlig tilføring av masser vil kunne ha negative konsekvenser. Anleggsfasen og driftsfasen kan medføre følgende negative virkninger på det marine miljøet:

#### Partikkelspredning og sedimentasjon

- Graving, utfylling, og arbeid i sjø i anleggsfasen vil kunne medføre oppvirvling av sjøbunn og spredning av partikkelsedimenter. Slik aktivitet vil kunne gi midlertidige negative konsekvenser på det marine miljøet. Ved arbeid på land vil det også være en fare for avrenning av partikler til sjø. Avhengig av strømf forholdene i området og mengden partikler som virvles opp kan partiklene spres over store avstander før de sedimenterer.
- Økt sedimentasjon som følge av spredning av finpartikler og utlekking fra utfyllingsmasser. Partiklenes utforming vil i stor grad avhenge av bergtypen de stammer fra, og sammensetningen som vil finnes i utfyllingsmassene, samt endelige volumer som tilføres. Avhengig av størrelsen på fyllmassene og om massene er sprengt ut fra stein vil utfyllingen medføre partikkelspredning. Dersom fyllmassene består av sprengstein kan spredning av plastrester fra skyteledninger i sprengsteinmasser ved utfylling i sjø innebære en miljørisiko. Avhengig av utformingen på utfyllingsmassene og hvor massene stammer fra vil det kunne medføre utlekking av stoffer som nitrogen.
- Partikkelspredning og utslipp av miljøgifter ved økt båttrafikk i området. Økt båttrafikk vil kunne medføre oppvirvling av sedimenter fra propeller ved kai, samt ved lengre opphold før båtene legger til kai. I tillegg vil båttrafikk kunne medføre utslipp av miljøgifter slik som olje fra båtene. Skip har strenge regler til miljømessige forhold og utslipp er derfor sjeldne. Dersom det likevel skulle skje er det god beredskap for å håndtere situasjonen raskt i umiddelbar nærhet.

Planlagte tiltak er vurdert å ha noe miljøskade for vannmiljø i tiltaksområdet. På grunn av tiltakets arealbehov og utforming, ansees det som nødvendig å vurdere muligheten til å gjennomføre avbøtende tiltak jf. Figur 3-1.



Figur 3-1. Illustrasjon av tiltakshierarkiet som skal sikre at negative konsekvenser først og fremst unngås, deretter begrenses, istandsettes og som siste utvei kompenseres (hentet fra M-1941).

I anleggsfasen vil tiltaket kunne medføre partikkelspredning og potensiell forurensning fra sedimentene og masseutfylling som vil påvirke det marine miljøet. Det beste avbøtende tiltaket vil være å redusere partikkelspredningen, både fra utfyllingsmassene og fra sedimentene utfyllingsmassene faller ned på. Finstoff i utfyllingsmassene bør minimeres, slik at turbiditet i vannmassene reduseres. Dersom det benyttes sprengstein bør det gjøres vurderinger om følgende; hvilken type stein massene er fra (syredannende, myke eller harde bergarter), bruk av NONEL-system ved sprenging, hvordan ev plast fra sprengstein skal fjernes. Vask av sprengstein for å minimere finstoff blir i noen tilfeller anbefalt. I dette tiltaket er mengden stein så stor at det ikke anses som realistisk. Videre vil avbøtende tiltak vurderes ytterligere i søknad om tiltak i sjø som utarbeides på et senere tidspunkt og sendes til Statsforvalteren i Agder. Statsforvalteren vil i tillatelsen sette vilkår for arbeidene for sikre at utfyllingen skjer på en miljømessig forsvarlig måte.

Ved utfyllingsarbeid er det vanlig å benytte partikkelsperre (silt- eller boblegardin) for å redusere spredning av partikler og nedslamming av sjøarealet. Dersom det på bakgrunn av strømningsforholdene viser seg vanskelig å bruke partikkelsperre bør det vurderes å bruke turbiditetsmålere som fanger opp eventuell spredning av partikler.

I driftsfasen vil økt båttrafikk kunne medføre økt partikkelspredning av sedimenter. For å minimere spredning bør oppholdstid hvor båten er i drift (hvor propell går) minimeres og drift av kaien bør optimaliseres. Ved eventuell utilsiktet utslipp av miljøgifter fra drift av fartøy presiseres det at det i Kristiansand er god beredskap for slike hendelser.

## ► Narviga - kartlegging sjøbunnstilstanden

### Sammendrag/konklusjon

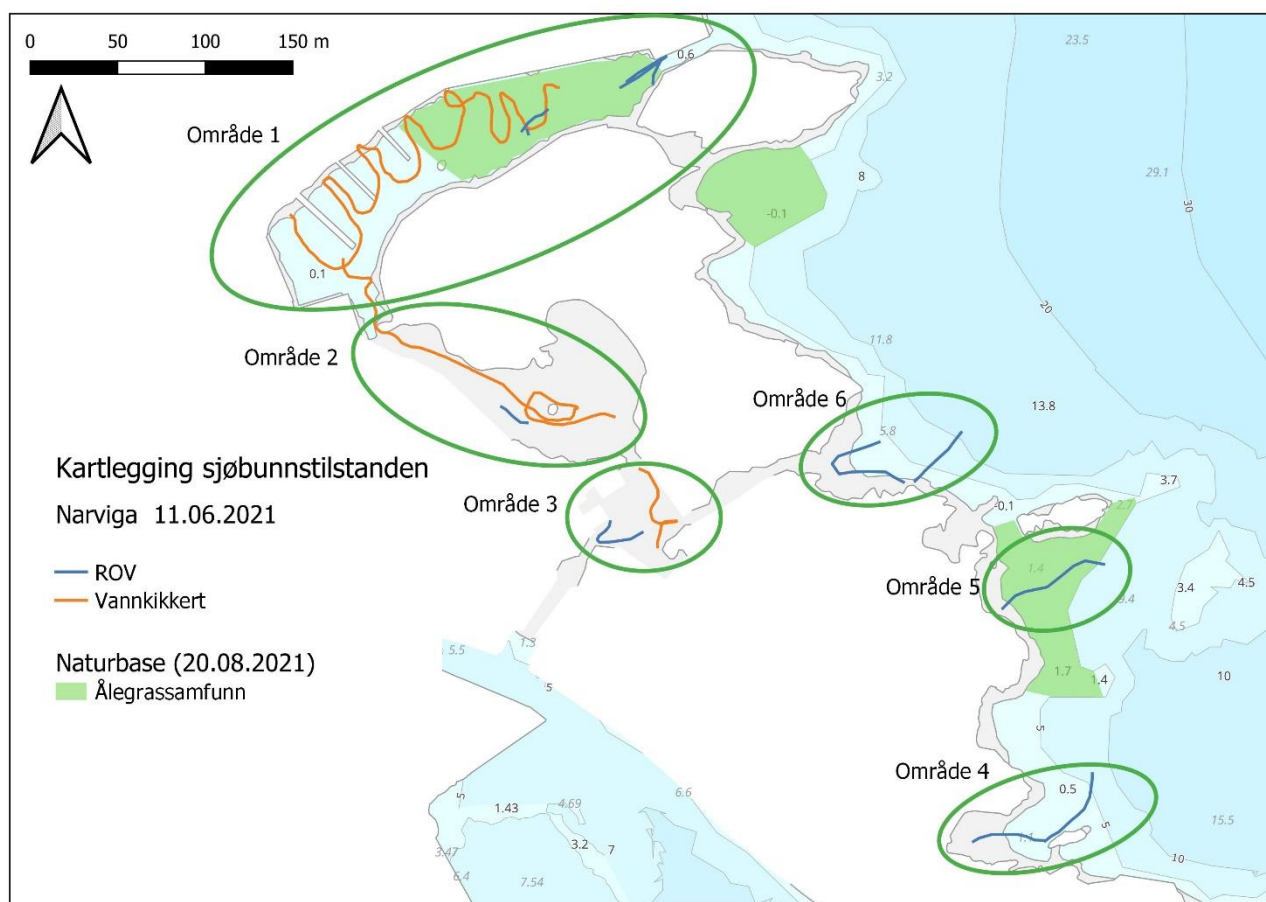
Ifb. utbygging av ytre ringvei i Kristiansand har Norconsult utført kartlegging av ålegrasforekomstene i og omkring i Narviga.

Det ble observert ålegrasforekomster i alle tre pollene i Narviga, samt utenfor disse. Tilstand til engene varierte fra moderat til dårlig. Verdien av forekomstene i Narviga ble vurdert til C – lokalt viktig. Dette tilsvarer til «noe verdi» iht. V712.

Koordinater er ETRS89 UTM 32N.

## 1 Feltarbeid

Sjøbunnen i Narviga ble kartlagt 11. juni 2021 ved bruk av vannkikkert, undervannskamera av type Blueye Pioneer eller GoPro. Kartlegging ble utført av marinbiologer fra Norconsult AS. Det ble utført videofilming i 6 delområder som skissert på Figur 1. Områdene 1, 2 og 3 ble først sjekket med vannkikkert og GoPro. Dette for å få overordnet bilde over sjøbunnen. Det ble valgt ut enkelte punkter som var karakteristiske til området. Disse ble videofilmet med ROV. Områdene 4, 5 og 6 ble undersøkt med Blueye.



Figur 1: Kart viser Narviga og områder hvor det ble utført visuell kartlegging i juni 2021. Grønne områder viser ålegrasforekomster registrert i Naturbase av Havforskningsinstituttet i 2008.

### Område 1 – Narviga nordlig bukt

Området ble kartlagt fra overflaten ned til ca. 3,8 m vanddyb med både vannkikkert og ROV.

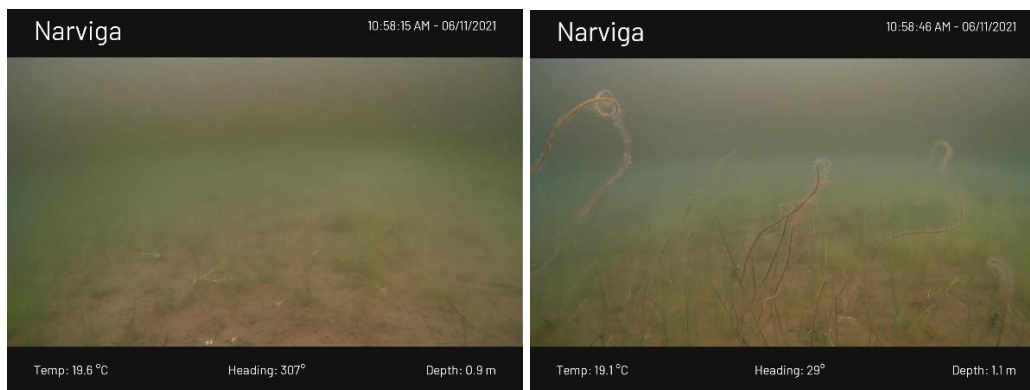
- Naturtypen var mudderbunn med en større ålegrasforekomst. Området så nedslammet ut og sikten var dårlig i vannet.
- Høyden til ålegrasbladene varierte fra ca. 10 cm til rundt 50 cm med enkelte blader opp til 1 m. Generelt ble det observert tett eng med flekker av alger og sandbunn. Det ble observert flere algematter bestående av grønne rådformede alger. Det ble også registrert en del døde ålegras. Spredte planter ble registrert ved 2,8 m vanddyb, mens tetthetover 10 % mellom 1 og 1,6 m vanddybde.
- Av fauna ble det observert en ål og mange glassmaneter.
- Det ble observert diverse avfall på sjøbunnen, bl.a. flere ølbokser.



### Område 2 – Narviga midtre bukt

Området ble kartlagt fra overflaten ned til ca. 1 m vandndyp med både vannkikkert og ROV.

- Naturtypen er svært grunn mudderbunn.
- Hele området var dekket med små grasplanter. Plantene var små og var ikke mulig å artsbestemme. Siden ålegras ble observert i alle de andre fem områdene, er det sannsynlig at de små plantene også er ålegras.
- Det ble observert mange flekker av trådformede grønnalger i området.
- Av dyr ble det observert flyndre og ål, samt enkelte maneter.
- Det ble registrert mye avfall på sjøbunnen, bl.a. ølbokser og plastbestikk.

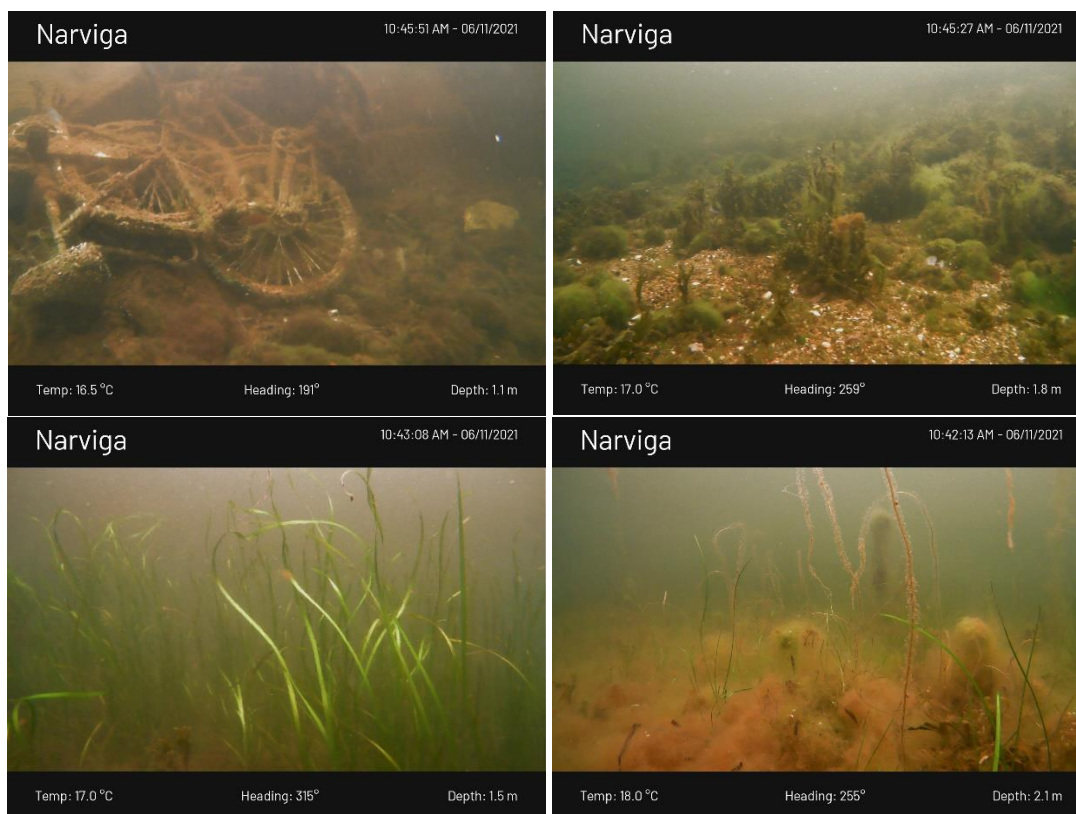




### Område 3 – Narviga sørlig bukt

Området ble kartlagt fra overflaten ned til ca. 2,4 m vanddyp med både vannkikkert og ROV.

- Det ble observert ålegras i mesteparten av området. Høyden av bladene varierte fra under 10 cm til over 1 m. Det ble også registrert flekker med døde planter.
- Nærmere kanalene (mot både vest og øst) ble det observert betydelig mindre begroingsalger. Sjøbunnen var dekket med skjellrester, noe som er vanlig i mer strømpåvirkede områder. Ved kartleggingstidspunktet var det tydelig at vann renner inn i Narviga fra kanalen mot vest og ut fra Narviga gjennom kanalen mot øst.
- Mellom de tette ålegrasflekkene ble det registrert algematter bestående av trådformede alger. I disse områdene ble det også observert mye dødt ålegras.
- Av dyr ble det observert diverse fisk, bl.a. flyndre og diverse maneter, bl.a. glassmanet.
- Det ble observert diverse avfall på sjøbunnen, bl.a. to sykler og store dekk.



#### Område 4 - utfyllingsområde

Området ble undersøkt fra ca. 1 m vanddyb ned til ca. 8,5 m vanddyb.

- Det ble observert steinfylling ned til ca. 0,5 m vanddyb. Mellom 0,5 m og 1 m var sjøbunnen dekket med blæretang som stort sett var nedslammet og/eller begrodd.
- Sjøbunnen fra ca. 1 m vanddyb var dekket med sand. Det ble registrert blæretang og skjellrester, samt flekker av grønnalger og små planter, antatt ålegras. Generelt så sjøbunnen sunn ut.
- Fra 2 m ble det observert økt forekomst av trådformede alger.
- I området var det et bergknaus som var dekket med sukkertare. Det ble observert mye begroingsalger på berget med gradvis synkende tetthet mot dyp.
- Fra 7 m vanddyb er det mudderbunn. Sjøbunnen ser sunt ut med mye tegn for biologisk liv, dvs. mange hulrom.
- Det ble observert noen planter av ålegras ved 3 m vanddyb.
- Av dyr ble det observert sjøstjerner og diverse fisk, bl.a. leppefisk og flyndre.



### Område 5 – mulig trase for vannledning på sørsiden av skjæret

Området ble undersøkt fra ca. 1 m vanddyb ned til ca. 6 m vanddyb.

- Det ble observert sandbunn med skjellrester og blæretang fra 1 m ned til 2 m vanddybde. Det ble observert små planter, antatt ålegras. Rundt 2 m vanddyb er sjøbunn tett begrodd av brunalger, bl.a. sukkertareblader og martaum.
- Fra ca. 3 m ble det registrert tett ålegraseng. Ålegrasbladene var ca. 50 cm høye med enkelte blader over 1 m. Det ble observert betydelig mindre trådalger i forekomsten enn det som ble observert i Narviga. Tettheten av planter reduserer rundt 4 m vanddybde og ålegras forsvinner fra 5 m vanddybde. Dypere ble det registrert blader mindre enn 10 % dekning.
- Fra 5 m vanddybde ble det observert mudderbunn med sukkertareblader og flekker av andre alger. Generelt så sjøbunnen nedslammet ut.
- Av dyr ble det observert diverse fisk og sjøstjerner.



### Område 6 – mulig trase for vannledning utenfor utløp fra sørlig bukt

To transekter med ROV som dekker vanndybdene fra 1,5 til 11,5 meters vandndyp.

- Fra 1,5 m vandndyp ned til ca. 3 meter ble det registrert hardt substrat. Sjøbunnen var dekket med trådsalger. Det ble observert noen tare, men siden det var så begrodd var det ikke mulig å se hvilke art det var.
- Ved omtrent 3 meters dyp flater sjøbunnen ut og det ble observert flekker med sand og mye skjellrester mellom algene. Mellom 3,5 og 4,5 m dyp ble det registrert enkelte ålegrasblader. Området kan ikke klassifiseres til ålegraseng fordi det var svært lite planter og et lite område.
- Mot utløpet fra Narviga forsvinner trådalger. Mengden skjellrester på sjøbunnen og blæretang øker betydelig.
- Mot dypet blir sandbunn mer dominerende og enkelte sukkertareblader og alger forsvinner gradvis.
- Fra 9 -12 meters vandndyp ble det registrert sandbunn med mye tegn av biologisk aktivitet i sedimentet.
- Av dyr ble det observert diverse fisk (flyndre og leppefisk, bl.a. blåstål) og sjøstjerner, samt hvor det var bløtbunn var det mye spor av fjæremark.
- Av avfall ble det observert en ølboks og en båt ved ca. 9 meters vandndyp.



## 2 Vurderinger: Tilstand og verdi

Siden formålet med kartleggingen var å klassifisere tilstanden av naturverdier i Narviga, samt verdisette ålegrasforekomsten er i denne kapittelet vurdert de tre buktene i Narviga, dvs. områder 1, 2 og 3.

Generelt så sjøbunnen nedslammet ut. Det ble observert mye trådformede alger og avfall på sjøbunnen.

### 2.1 Vurdering av tilstand

Tilstandsvurderinger av kartlagte undervannsenger ble gjort i samsvar med Veileder 02:2018. Den nasjonale indeksen for ålegras inneholder foreløpig tre ålegraseng-parametere basert på metoder som brukes i det europeiske vanddirektivarbeidet:

1. **Nedre voksegrense**, dvs. dybdeutbredelse av ålegras er en respons på vannets klarhet, forutsatt at det ikke er andre forhold som f.eks. manglende egnet substrat eller forekomst av andre arter, som begrenser utbredelsen. Overgjødning og avrenning fra land påvirker vannets klarhet og dermed dyputbredelsen for både vannplanter og makroalger.
2. **Tetthet av ålegras** (forekomst, dekningsgrad). Registrert forløpende for å få en kvantitativ oversikt over hele området (Tabell 1). Tetthet av planter er uttrykk for biomasse og forteller også noe om ålegrasengens tilstand i betydning av hvor livskraftig engen er.

Tabell 1: Skala for dekningsgradvurdering (Veileder 02:2018).

Intervalkode	Tettheten	Dekningsgrad (%)
4 - Svært god	tett, heldekkende eng	75-100
3 – God	flekkvis tett eng (markert flekkvis forekomst)	50-75
2 – Moderat	spredte planter (glissen eng)	25-50
1 – Dårlig	enkeltfunn (enkelte planter)	0-25

3. **Tetthet filamentøse alger** i en ålegraseng kan være en indikasjon på dårlig vannkvalitet og overgjødning. Begroing sier noe om den økologiske tilstanden i vannforekomsten. Parameteren registreres som areal ikke dekket av alger, slik at høyere poengverdi betyr bedre tilstand, slik det gjør for de øvrige parameterne.

- 1 = mindre enn 50 % av areal uten filamentøse alger
- 2 = 50-85 % av areal uten filamentøse alger
- 3 = mer enn 85 % areal uten filamentøse alger, men fortsatt forekomster
- 4 = 100 % (lite til ingen forekomster)

Basert på de målingene beregnes det ålegrasindeksen.

#### Område 1 – Narviga nordlig bukt

Ålegras ble registrert ned til omtrent 2 meters dyp. Dette tilsvarer til 1 poeng i et beskyttet kyst/fjord i Skagerrak. Referansedyp for området er 5 m (for nærmere info om poeng- og referanseverdier se Tabeller 9-16, 9-17 og 9-18 i veilederen 02:2018).

Det var kartlagt en tett forekomst av ålegras. Tettheten var dermed klassifisert som «tett eng» som tilsvarer 4 poeng i indeksberegningen. Referanse for Skagerrak er 4 poeng, dvs. tett eng.

Det ble observert filamentøse alger med dekningsgrad mellom 15 % og 50 %. Ålegrasforekomsten ble dermed klassifisert som «50-85 % av areal uten filamentøse alger». Dette tilsvarer til 2 poeng i indeksberegningen. Lite til ingen forekomster av filamentøse alger er satt som referanseverdi til ålegrasengene i økoregionen Skagerrak, dvs. 4 poeng.

Basert på disse registreringene ble det beregnet EQR (*Ecological Quality Ratios*) som viser grenseverdier for økologisk tilstand for ålegras:

$$0,5 = \frac{0,5 \times 1}{5} + \frac{0,3 \times 4}{4} + \frac{0,2 \times 2}{4}$$

Etter beregninger ble EQR fastsett til 0,5 og dette svarer til tilstandsklasse «**moderat**» i økoregionen Skagerrak.

#### Område 2 – Narviga midtre bukt

Ålegras ble registrert ned til omtrent 1 meters dyp. Dette tilsvarer til 0 poeng i et beskyttet kyst/fjord i Skagerrak. Referansedyp for området er 5 m (for nærmere info om poeng- og referanseverdier se Tabeller 9-16, 9-17 og 9-18 i veilederen 02:2018).

Det var kartlagt en tett forekomst av ålegras. Tettheten var dermed klassifisert som «flekvis tett eng» som tilsvarer 3 poeng i indeksberegningen. Referanse for Skagerrak er 4 poeng, dvs. tett eng.

Det ble observert filamentøse alger med dekningsgrad mellom 15 % og 50 %. Ålegrasforekomsten ble dermed klassifisert som «50-85 % av areal uten filamentøse alger». Dette tilsvarer til 2 poeng i indeksberegningen. Lite til ingen forekomster av filamentøse alger er satt som referanseverdi til ålegrasengene i økoregionen Skagerrak, dvs. 4 poeng.

Basert på disse registreringene ble det beregnet EQR (*Ecological Quality Ratios*) som viser grenseverdier for økologisk tilstand for ålegras:

$$0,33 = \frac{0,5 \times 0}{5} + \frac{0,3 \times 3}{4} + \frac{0,2 \times 2}{4}$$

Etter beregninger ble EQR fastsett til 0,33 og dette svarer til tilstandsklasse «**dårlig**» i økoregionen Skagerrak.

#### Område 3 – Narviga sørlig bukt

Ålegras ble registrert ned til omtrent 2 meters dyp. Dette tilsvarer til 1 poeng i et beskyttet kyst/fjord i Skagerrak. Referansedyp for området er 5 m (for nærmere info om poeng- og referanseverdier se Tabeller 9-16, 9-17 og 9-18 i Veileder 02:2018).

Det var kartlagt en tett forekomst av ålegras. Tettheten var dermed klassifisert som «tett eng» som tilsvarer 4 poeng i indeksberegningen. Referanse for Skagerrak er 4 poeng, dvs. tett eng.

Det ble observert filamentøse alger med dekningsgrad mellom 15 % og 50 %. Ålegrasforekomsten ble dermed klassifisert som «50-85 % av areal uten filamentøse alger». Dette tilsvarer til 2 poeng i indeksberegningen. Lite til ingen forekomster av filamentøse alger er satt som referanseverdi til ålegrasengene i økoregionen Skagerrak, dvs. 4 poeng.

Basert på disse registreringene ble det beregnet EQR (*Ecological Quality Ratios*) som viser grenseverdier for økologisk tilstand for ålegras:

$$0,5 = \frac{0,5 \times 1}{5} + \frac{0,3 \times 4}{4} + \frac{0,2 \times 2}{4}$$

Etter beregninger ble EQR fastsett til 0,5 og dette svarer til tilstandsklasse «**moderat**» i økoregionen Skagerrak.

## 2.2 Vurdering av verdi

Verdivurdering er utført med formål å gjøre det egnet for å bruke i en konsekvensutredning iht. V712. Dermed er alle tre buktene i Narviga vurdert sammen som et helhetlig område.

Verdien av ålegrasforekomstene i Narviga er vurdert i henhold til veilederen utarbeidet av NIVA, Havforskningsinstituttet og NGU (*Nasjonal kartlegging – kyst 2019. Ny revisjon av kriterier for verdisetting av marine naturtyper og nøkkelområder for arter. NIVA Rapport 7454-2020*). Poengsum for hvert enkelt kriterium er vist i Tabell 2.

Tabell 2: Verdivurdering av ålegrasforekomstene i Narviga.

Kriterier benyttet i verdisetting	Narviga	Poeng
Størrelse – areal av nærliggende (>200 m avstand) enger	≥ 1 000 m <sup>2</sup>	2 poeng
Produksjonsrate – grad av skuddtetthet	Vanlig, flekkvis	6 poeng
Lav naturtyperikdom i fjord/basseng. Dokumentert mangel på annen skog/eng-dannende vegetasjon (f.eks. tangbelte, tareskog)	Stort mangfold av vegetasjonsbyggende vegetasjonstyper)	0 poeng
Naturtyperikdom - nærhet til og overlapp med samhørende* naturtyper og arter (f.eks. gyteområde for fisk eller fugl)	-	0 poeng
Sjeldne arter - forekomsten er funksjonsområde** for rødlistet(e) art(er)	Ingen/ett individ	0 poeng
Avvik fra naturtilstand (dvs. grad av menneskelig påvirkning mht. artsmangfold eller funksjon)	Sterkt påvirket forekomst	0 poeng
Sjeldenhet	Enkelte forekomster	1 poeng
<b>SUM</b>		<b>9 poeng</b>

\*«Samhørende» betyr at de artene og naturtypene som forekomsten er i nærheten av eller overlapper med må ha en tilhørighet til forekomsten.

\*\*«Funksjonsområde» betyr at forekomsten har en viktig funksjon for arten.

Totalt får ålegrasforekomstene i Narviga 9 poeng, som tilsvarer til indeks **C**, lokalt viktig. Dette svarer til **noe verdi** iht. Statens vegvesens håndbok V712.

b01	2021-08-20	For informasjon	karram	elilun	Tefaa
<b>Versjon</b>	<b>Dato</b>	<b>Beskrivelse</b>	<b>Utarbeidet</b>	<b>Fagkontrollert</b>	<b>Godkjent</b>

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## CEEQUAL-Tabell

Tabell 1 oppsummeres dette notates arbeid med økonomisk / miljømessig / sosial bærekraft i henhold til relevante krav i CEEQUAL-manualen.

Tabell 1. Relevante Ceequal-krav og kommentar

<i>Krav i CEEQUAL-manualen</i>	<i>Kommentar</i>
4.4.1 «Survey of protected species»	Naturmangfold på sjøbunnen i Narviga er kartlagt.
4.4.3 «Survey and evaluation of ecological value»	Forekomstene av ålegress er verdivurdert i hht. Statens vegvesens håndbok V712.
6.1.3 «Control of impacts on the water environment from the completed project»	Notatet vurderer nåtilstand for vannkvalitet og naturmangfold i Narviga.



Kristiansand kommune

## ► **Topdalsfjorden**

Nåsituasjonen for marine natur- og miljøforhold

Oppdragsnr.: 52104386 Dokumentnr.: RIM-01 Versjon: J01 Dato: 2021-10-22



**Topdalsfjorden**

Nåsituasjonen for marine natur- og miljøforhold

Oppdragsnr.: **52104386** Dokumentnr.: **RIM-01** Versjon: **J01**



**Oppdragsgiver:** Kristiansand kommune  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Jan Erik Lindjord  
**Rådgiver:** Norconsult  
**Oppdragsleder:** Martin Schreck  
**Fagansvarlig:** Elisabeth Lundsør (Marinbiologi), Ruth Vingerhagen (Vannkjemi) Silje Nag Ulla (Miljøgifter i sediment),  
**Andre nøkkelpersoner:** Inga Greipsland, Karin Raamat, Leif Simonsen

J01	2021-10-22	til bruk	elilu, rutvin, inggre, karram	lesim, sinul, elilu	maesch
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## ► **Forord**

Kristiansand kommune utlyste i januar 2021 konkurransen «*Utredning av konsekvenser for marint liv, samt kartlegging av strømningsforhold, salinitet m.m. i Topdalsfjorden ved flytting av containerterminalen til havneområde nord, Kongsgård – Vige*». Norconsult og SINTEF har samarbeidet om å løse oppgaven. SINTEF har hatt ansvar for strømningsanalysen, mens Norconsult har hatt ansvar for undersøkelser av marinbiologi og vurdering etter vannforskriften.

Denne rapporten beskriver nåsituasjon for marint liv i Topdalsfjorden basert på tilgjengelig kunnskap og nye undersøkelser i 2021.

## Sammen drag

Kristiansand kommune utlyste januar 2021 konkurransen «*Utredning av konsekvenser for marint liv, samt kartlegging av strømningsforhold, salinitet m.m. i Topdalsfjorden ved flytting av containerterminalen til havneområde nord, Kongsgård – Vige*». Denne rapporten svarer ut spørsmålet: «Dokumentere nåsituasjonen for natur- og miljøforhold i Topdalsfjorden».

Spørsmålet er svart ut med en gjennomgang av tilgjengelige overvåkingsdata og gjennomføring av nye undersøkelser. I indre basseng av Topdalsfjorden er det gjort en undersøkelse av bløtbunnsfauna og i nærområdet til ny havn er det gjennomført kartlegging av biologisk mangfold med undervannsvideo.

**Vannkjemi:** Data angående vannkjemi er hentet fra Vannmiljø og stasjon VT50. Ved dette punktet er det registrert månedlige vannprøver og hydrografiske målinger hvert år mellom 2011 og 2020. Det er Havforskningsinstituttet som har vært ansvarlig for prøvetakingen i perioden.

Analyseresultatene viser generelt lave konsentrasjoner av næringsstoffer og lave konsentrasjoner av klorofyll. Lave konsentrasjoner av klorofyll tyder på at tilførsler av næringsstoffer ikke fører til store og uheldige algeoppblomstringer i fjorden.

Historiske målinger av oksygen i perioden 1950 til 2020 viser en nedgang i oksygenivåene i bunnvannet fra 1950 til 2020. I de siste årene (fra år 2000) er den en tendens til forbedring i dypvannet, men oksygenkonsentrasjon i vinterhalvåret er fremdeles generelt lav.

Vannkjemien i Topdalselva og Topdalsfjorden tyder på at det sannsynligvis forekommer situasjoner der høy konsentrasjon av aluminium i brakkvann er problematisk for laksesmolt. Smolt er spesielt sårbar for høye konsentrasjoner av aluminium i brakkvann ved salinitet mellom 1 til 10 psu (practical salinity unit). I gjennomsnitt er det kun den øverste meteren som har en salinitet innenfor dette intervallet i Topdalsfjorden, men dette laget kan gå ned til mellom to og fem meter i enkelte situasjoner.

**Bløtbunnsfauna:** Resultatene fra undersøkelser av bløtbunnsfauna fra 2021 ved prøvepunktet VT50 i Topdalsfjorden viste samlet tilstandsklasse «god». Det ble funnet arter som både er følsomme og tolerante for forurensning, men kun en art som er indikator på forhøyet næringstilgang. Årets undersøkelser viser at forholdene i dypområdene i fjorden har forbedret seg siden 2003 og dette antas å ha sammenheng med noe forbedrede oksygenforhold i dypvannet.

**Naturtypekartlegging:** Vest i undersøkelsesområdet er det registrert sjøbunn påvirket av ulike menneskelige aktiviteter ned til ca. 30 m. I tillegg er det registrert en ålegraseng i Torsvika som ikke er registrert tidligere. I grunne områder i øst (ned til ca. 20 m) er det hovedsakelig naturlig sjøbunn og et par undervannsenger, i tillegg er det et område med påvirket sjøbunn også på denne siden. Under 30 m er det naturlig mudderbunn med sjøfjær.

**Miljøgifter:** Sedimentene i deler av Topdalsfjorden er forurenset med ulike PAH-forbindelser, PCB, TBT og ulike tungmetaller. Det er tegn til forbedring i enkelte områder i tråd med mindre utslipp fra land. Enkelte miljøgifter akkumulerer i biota, og det er funn av høye konsentrasjoner av miljøgifter i torskelerver, blåskjell og mykdeler av taskekrabbe.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Bakgrunn</b>	<b>8</b>
2.1	Topdalsfjorden	8
2.2	Topdalselva	8
2.3	Vannforskriften	10
<b>3</b>	<b>Vannkjemi</b>	<b>11</b>
3.1	Metode	11
3.2	Næringssalter	12
3.3	Oksygen	13
3.4	Salinitet	15
3.5	Aluminium	16
3.6	Hydrografiske målinger 2021	20
<b>4</b>	<b>Bløtbunnsfauna</b>	<b>21</b>
4.1	Metode	21
4.2	Tidligere undersøkelser	22
4.3	Resultater 2021	23
<b>5</b>	<b>Naturtypekartlegging</b>	<b>24</b>
5.1	Metode	24
5.2	Tidligere undersøkelser	27
5.3	Resultater 2021	28
<b>6</b>	<b>Miljøgifter</b>	<b>34</b>
6.1	Metode	34
6.2	Kongsgårdsbukta	36
6.3	Vigebukta	37
6.4	Indre Topdalsfjord	38
6.5	Miljøgifter i biota	39
<b>7</b>	<b>Usikkerhet</b>	<b>41</b>
<b>8</b>	<b>Oppsummering</b>	<b>42</b>
<b>9</b>	<b>Referanser</b>	<b>43</b>
	<b>Vedlegg 1. Grenseverdier i veileder 02:2018</b>	<b>45</b>
	<b>Vedlegg 2. Litteraturstudium aluminiumskjemi</b>	<b>48</b>
	<b>Vedlegg 3. Rådata bløtbunnsfauna</b>	<b>49</b>

## 1 Innledning

Kristiansand kommune utlyste januar 2021 konkurransen «*Utredning av konsekvenser for marint liv, samt kartlegging av strømningsforhold, salinitet m.m. i Topdalsfjorden ved flytting av containerterminalen til havneområde nord, Kongsgård – Vige*». Utredningen skulle dekke to ulike utredningsbehov:

1. Kristiansand bystyre vedtok 27.11.2019 (sak 67/19) at det skal gjennomføres en grundig, ekstern og uavhengig utredning av konsekvensene en eventuell flytting av containerhavna til Vige kan få for marint liv i Topdalsfjorden.
2. Fylkesmannen har, i brev av 03.03.2020 til Kristiansand havn, gitt et foreløpig svar på søknad om fylling i Vigebukta, med krav om kartlegging av strømforhold, vannutskiftning og salinitet i Topdalsfjorden, med den hensikt å vurdere om utbygging av Havneavsnitt Nord vil påvirke innstrømning av saltvann og saliniteten i Topdalsfjorden, og i hvilken grad økologien i Topdalsfjorden vil påvirkes av en eventuell endring i strømforhold og salinitet.

I ulike spørsmål stilt under konkurransen ble det i tillegg presisert at utredningen kun skulle vurdere full havneutbygging i driftsfase. Det ble også presisert at dokumentasjon av nåsituasjonen skulle være tilstrekkelig for å vurdere konsekvenser av havneutbygging på marint liv i fjorden, men at det ikke skulle gjennomføres «full overvåking» i henhold til vannforskriften.

Videre spesifiserte utlysningen tre hovedleveranser; a) modellering av strømforhold og b) dokumentere nåsituasjon, og c) vurdering av i hvilken grad utfylling og peling i havneområdet vil få konsekvenser for marin økologi i Topdalsfjorden. Denne rapporten svarer ut spørsmål b).

- b. Dokumentere nåsituasjonen for natur- og miljøforhold i Topdalsfjorden og oppdatere kunnskapsgrunnlaget som, etter tilbyders vurdering, er nødvendig for slik dokumentasjon, som naturmangfold, miljøgifter, oksygenforhold og lignende. Behov for tilleggskartlegging for å oppdatere kunnskapsgrunnlaget skal begrunnes.

Spørsmålet er svart ut med en gjennomgang av tilgjengelige overvåkingsdata og gjennomføring av nye undersøkelser. I indre basseng av Topdalsfjorden er det gjort en undersøkelse av bløtbunnsfauna. Bløtbunnsfauna er en parameter som brukes som indikator for økologisk tilstand i vannforskriften. Mengde og sammensetning av faunaen vil indikere eutrofinivå og oksygenforhold. I nærområdet til ny havn er det gjennomført kartlegging av biologisk mangfold med undervannsvideo.

## 2 Bakgrunn

### 2.1 Topdalsfjorden

Topdalsfjorden ligger i Kristiansand kommune, øst for Kristiansand sentrum (Figur 1). Fjorden har utløp i Kristiansandsfjorden før Skagerak. Den største tilførselsen er Topdalselva som løpet ut i fjorden ved Hamresanden. Denne bidrar med ca. 95 % av ferskvannstilførselen til Topdalsfjorden. Topdalsfjorden har flere dypbasseng som er adskilt med terskler og har i dag et brakkvannslag som er anslått til å være 1-3 meter dypt (NIVA, 2003), dette endres gjennom sesongen basert på vannføring i Topdalselva og tidevann/stormflo.

I vann-nett er Topdalsfjorden delt i to; «Topdalsfjorden-indre» og «Topdalsfjorden ytre», grensen mellom vannforekomstene går ved Sømsodden. Ålefjærfjorden er merket som en egen vannforekomst (Figur 1). Mesteparten av fjorden er del av vannforekomster «Topdalsfjorden-indre» og er i vann-nett lagt i kategorien oksygenfattig fjord med saltholdighet 18-30psu (practical salinity unit) og liten tidevannspåvirkning (< 1 m). I vann-nett er økologisk tilstand satt til moderat og kjemisk tilstand er satt til dårlig.

Negative påvirkninger registrert i vann-nett er:

- Flere tilfeller av bekreftet forurenset grunn og deponier rundt fjorden.
- Diffus avrenning fra byer/tettsteder.
- Diffus avrenning fra flytransport (Kjevik).
- Diffus avrenning fra dyrka mark. Det er lite direkte avrenning, men det tilføres næringsstoffer fra Topdalselva og andre tilførselsbekker.
- Diffus avrenning og utslipp fra transport/infrastruktur
- Punktutslipp fra industri

Målingene av oksygen i dypvannet startet helt tilbake i 1928, men de tidligste undersøkelsene er ikke offentlig tilgjengelige. Samme år startet havforskningsinstituttets undersøkelser med strandnoter og dette er deretter gjort hvert år til og med 2021 (minus 1940-1944). Havforskningsinstituttet overvåker fremdeles fjorden og tar blant annet månedlige hydrografimålinger. Andre store undersøkelser som er gjennomført i fjorden er:

- NIVA (1984) «Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden i perioden 1982-1984».
- NIVA (2003) Overvåking av Topdalsfjorden og Ålefjærfjorden, Kristiansand kommune 2002-2003. Tilførsel, vannkvalitet, bløtbunnsfauna og sedimenter.
- Miljødirektoratet: Sukkertareovervåking (KYS). 2009-2011.
- Miljødirektoratet: Økokyst – Delprogram Skagerrak. 2011-2020

I forbindelse med planarbeidet «Kommunedelplan for havneområdet nord, Kongsgård- Vige» ble det utarbeidet et notat om forurensing og miljøkonsekvenser for Topdalsfjorden (Kristiansand kommune, 2018). Notatet oppsummerte kjent kunnskap om natur- og miljøverdier i fjorden på dette tidspunktet på overordnet nivå.

### 2.2 Topdalselva

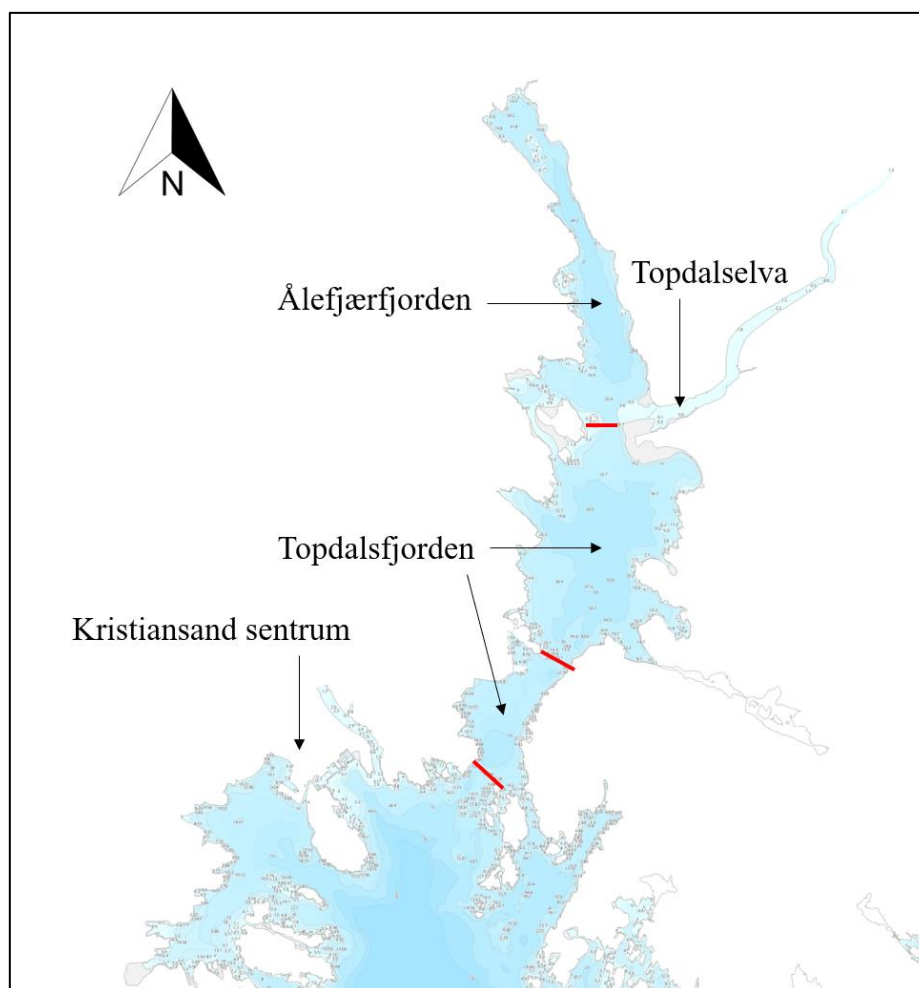
Topdalselva (Tovdalselva) er 143 km lang og nedslagsfeltet er ca. 1800 km<sup>2</sup>. Topdalselva klassifiseres som en stor, klar og svært kalkfattig elvetype i lavland. I vann-nett er elva registrert som en sterkt modifisert vannforekomst på grunn av «Hydrologiske endringer uten minstevannføring – vannkraft».



Elven har bestander av anadrom fisk (sjørret og laks) og ål og anadrom strekning er om lag 35 km. Som følge av sur nedbør forsvant så godt som hele bestanden, og laksen ble regnet som utdødd tidlig på 1990-tallet. Utover 1990-tallet ble kalking iverksatt, og etter hvert bygde det seg igjen opp en laksebestand i elva. Ved Boenfossen, ca. 7.5 km fra elvemunningen ble det i 2003 installert en fisketrapp, og i etterkant av dette økte laksebestanden i vassdraget betraktelig. Det var likevel lenge en betydelig dødelighet ved nedvandring forbi kraftverket og i 2021 åpnet en ny og forbedret fisketrapp. Ved slusen er det kameraovervåking og overvåking av oppvandrende laks.

Fangsten av laks i Tovdalselva varierer noe, men ligger vanligvis på mellom 500-700 fisk. Det fanges markant mindre sjørret enn laks, og fangstene ligger de fleste år på mellom 50-100 sjørret. De viktigste gyteområdene for sjørret er oppgitt å være nedstrøms Boenfossen, mens en stor andel av laksen vandrer videre oppstrøms (Bendixby, 2012). Smolt vandrer fra Topdalselva og ut i Topdalsfjorden i perioden mellom 15. april til 1. juni, nøyaktig tidspunkt er temperaturbestemt og vil variere mellom år.

Økologisk potensial i vann-nett er satt til moderat. En av årsakene er lav alkalinitet og tidvis høye konsentrasjoner av labilt aluminium. Ifølge Vannmiljø er det også funnet høye konsentrasjoner av aluminium på gjelleprøver av smolt i 2005. Smolt er spesielt sårbar for høye konsentrasjoner av aluminium i brakkvann ved salinitet mellom 1 til 10 psu (practical salinity unit). Kjemisk tilstand er satt til god.



Figur 1. Oversikt over Topdalsfjorden, terskler er merket med rødt.

### 2.3 Vannforskriften

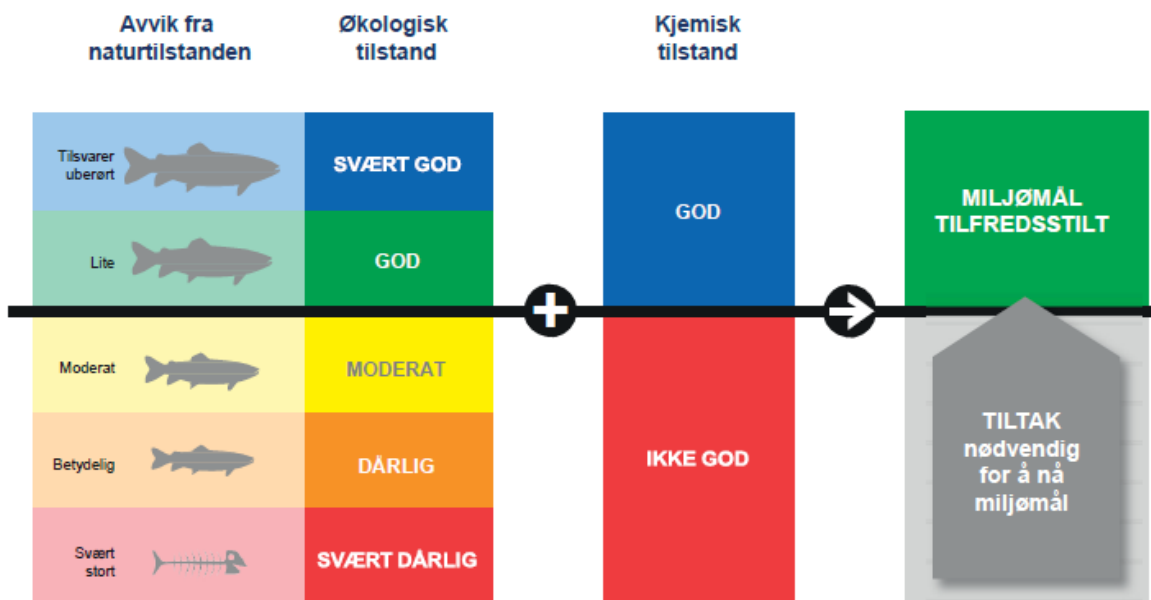
Norge har som EØS-medlem forpliktet seg til å legge EUs Vanndirektiv (Directive 2000/60, 2000) til grunn for norsk vannforvaltningen. Vannforskriften danner hjemmel for gjennomføring av EUs Vanndirektiv i Norge. Paragraf 4 i vannforskriften sier at tilstanden i overflatevann skal beskyttes mot forringelse, forbedres og gjenopprettes med sikte på at vannforekomstene skal ha minst god økologisk og god kjemisk tilstand. Sterkt modifiserte vannforekomster skal ha som mål å oppnå «godt økologisk potensial».

Forskriften har flere bestemmelser om unntak fra miljømålene slik som fristutsettelse (§ 9), mindre strenge miljømål (§ 10) og adgang til å tillate nye inngrep/aktivitet selv om dette medfører at miljømålene ikke nås eller at tilstanden forringes (§ 12). Paragraf 12 kommer til anvendelse i tilfeller hvor ny virksomhet enten medfører at "miljømålene i § 4 - § 7 ikke nås", eller "at tilstanden forringes".

Miljømålet for naturlige vannforekomster av overflatevann (elver, innsjøer og kystvann) er at de skal ha minst god økologisk og kjemisk tilstand. For vannforekomster der miljømålet ikke er tilfredsstilt skal det (med visse unntak) iverksettes miljøforbedrende tiltak slik at miljømålet nås.

I henhold til vannforskriften skal vannforekomsten klassifiseres mht. økologisk tilstand basert på biologiske, fysisk- kjemiske og hydromorfologiske kvalitetselementer. En forenklet figur som viser fargekoding av miljøtilstand og miljømålklassifisering er vist i Figur 2. Denne fargeskalaen er vist i videre rapport der det finnes grenseverdier i veilederen. Grenseverdier som er brukt i vurderingene er vist i vedlegg 1.

## Miljøtilstand- og miljømål-klassifisering



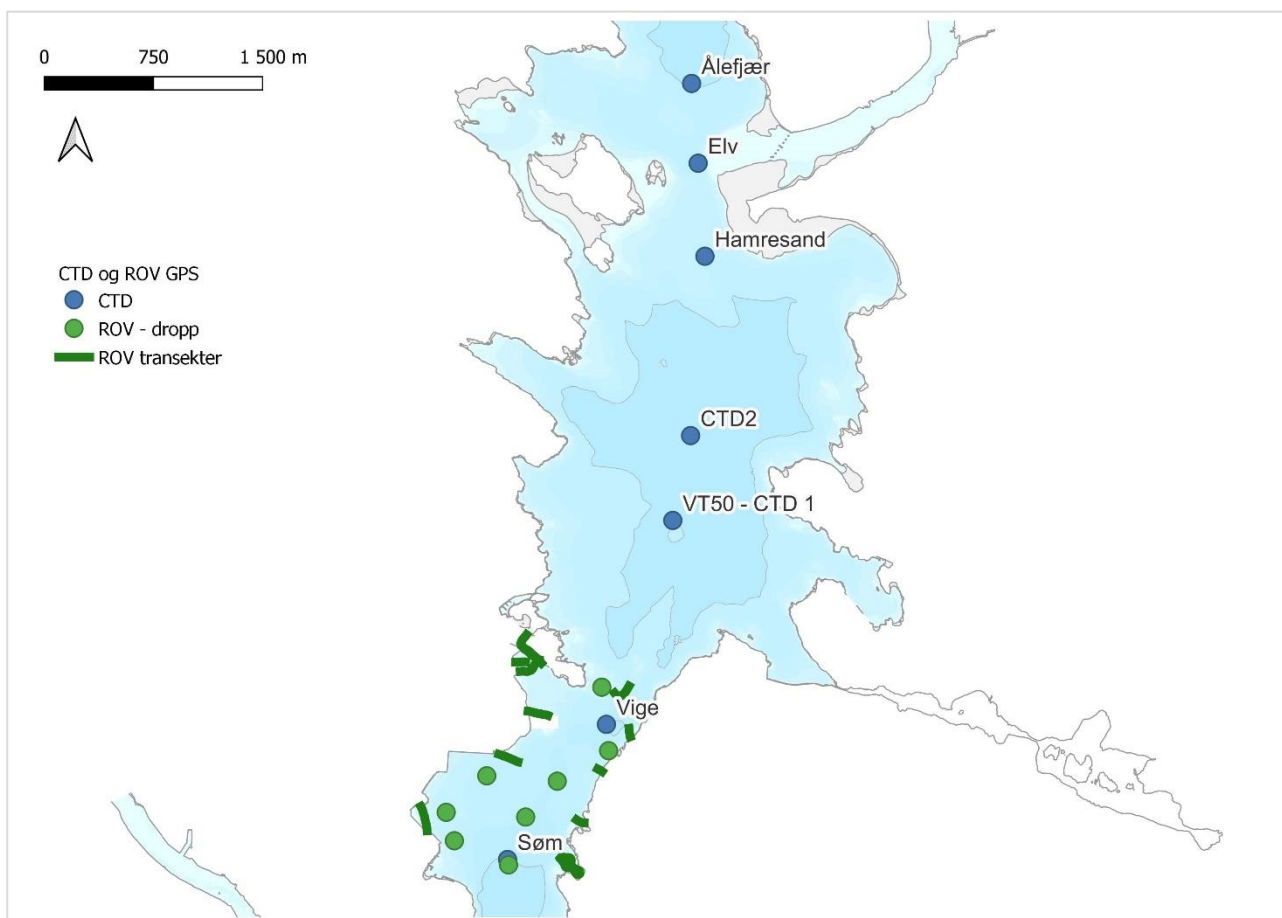
Figur 2. Miljøtilstand og miljø-klassifisering hentet fra veileder 02:2018-Klassifisering av miljøtilstand i vann.

## 3 Vannkjemi

### 3.1 Metode

Data angående vannkjemi er hentet fra Vannmiljø og stasjon VT50 (VannlokalitetsID 01.30-57156). Ved dette punktet er det registrert månedlige vannprøver og hydrografiske målinger hvert år mellom 2011 og 2020 (unntatt 2017 og 2018). Hydrografiske målinger registrerer salinitet, temperatur og oksygen i en vertikal profil i vannsøylen. Arbeidet er gjennomført i forbindelse med prosjektet Økokyst (Økosystemovervåking i kystvann). Det er Havforskningsinstituttet som har vært ansvarlig for prøvetakingen i perioden. For mer info om metode og resultater se nettsiden til miljødirektoratet (Økokyst, 2021). Norconsult har også fått tilgang til historiske målinger av oksygen i perioden 1950 til 2020 for september måned (Kilde: Havforskningsinstituttet). Data angående vannkjemi i Topdalselva er hentet fra Boenfossen (VannlokalitetsID 020-44497).

I tillegg tok dette prosjektet syv hydrografiske kampanjemålinger (CTD) i juni 2021 i ulike punkt i Topdalsfjorden. Målingene registrerte salinitet, temperatur og oksygen i en vertikal profil i vannsøylen. I etterkant ble det oppdaget en feil på oksygensonden, og målinger av oksygen er derfor ikke vist i resultatdelen. Figur 3 viser en oversikt over alle undersøkelsene gjennomført i 2021, inkludert kartlegging av naturmangfold.



Figur 3. Oversikt over plassering av ulike undersøkelser i Topdalsfjorden i 2021. Merk at det ble tatt en prøve av bløtbunnsfauna fra VT50 – CTD 1. ROV står for «Remotely operated vehicle» og betyr videokartlegging.

### 3.2 Næringssalter

Status for næringssalter i Topdalsfjorden ved prøvepunkt VT50 er klassifisert etter veileder 02:2018 (Tabell 1). Det er brukt grenseverdier som gjelder ved salinitet mellom 5 og 18 psu (practical salinity unit) og det er beregnet gjennomsnitt av prøver fra vanddybde 0-2 m. Næringssalter i Topdalselva er også klassifisert etter veileder 02:2018, men etter grenseverdier i ferskvann og vanntype R102. Tabeller med grenseverdier og tilstandsklasse er vist i vedlegg 1. Siden enkeltår kan ha spesielle utfordringer skal klassifisering av tilstand alltid gjøres på bakgrunn av minimum tre år med overvåking. I Tabell 1 er alle årene fargelagt etter tilstandsklasse for de aktuelle parametere som en illustrasjon, og gjennomsnittet fra de siste tre år med målinger er vist til sist.

Gjennomsnittet for de siste tre år med målinger av total nitrogen viser at det er «svært god» tilstand om sommeren og «god» tilstandsklasse om vinteren. Konsentrasjonen av nitrat-nitritt er «svært god» begge sesonger. Noe lavere konsentrasjon av total nitrogen om sommeren skyldes algevekst og dermed større forbruk av næringsstoffer. Historisk varierer gjennomsnittlige konsentrasjoner fra tilstandsklasse «svært god» til tilstandsklasse «svært dårlig». Dårligste registrerte tilstandsklasser var henholdsvis sommer og vinter 2011. Dette året ble det tatt færre prøver enn vanlig, kun tre prøver om sommeren og to om vinteren.

Gjennomsnittet for de siste tre år med målinger av total fosfor i Topdalsfjorden viser at det er «god» tilstand om sommeren og «moderat» tilstand om vinteren. Tilsvarende som for nitrogen er konsentrasjonen av fosfor lavere om sommeren enn om vinteren grunnet algevekst. Historisk varierer gjennomsnittlige konsentrasjoner fra tilstandsklasse «svært god» til tilstandsklasse «moderat».

Klorofyll er et mål på algevekst og konsentrasjon av klorofyll er lav alle år. Dette tyder på at observerte konsentrasjoner og tilførsler av næringsstoffer ikke fører til store og uheldige algeoppblomstringer i fjorden.

I Topdalselva har gjennomsnittlig årlig konsentrasjonen av total nitrogen vært i tilstandsklasse «god» hvert år. Gjennomsnittlig årlig konsentrasjonen av total fosfor varierer mellom tilstandsklasse «god» og «svært god». Det er høyere konsentrasjoner av fosfor i Topdalsfjorden enn i Topdalselva, dette tyder på at det finnes andre betydelige kilder til fosfor enn Topdalselva.

Tabell 1. Klassifisering av tilstand for næringssalter i prøvepunkt VT50 i perioden februar til oktober 2011-2020. Gjennomsnitt er vist for de tre siste årene med registrerte målinger. Årene 2017 og 2018 ble ikke prøvetatt. Året 2015 er registrert med lave og usannsynlige verdier og derfor ikke vist. Fargesetting iht. tilstandsklasse. \*Klorofyll er vist som 90 persentil. Kilde: Vannmiljø.

År	2011	2012	2013	2014	2016	2019	2020	Gjennomsnitt
<b>Overflatelag Sommer (juni-august)</b>								
Totalfosfor (µg/l)	4.7	11.5	14.0	11.4	11.1	10.9	12.0	11.3
Fosfat (µg/l)	1.2	3.2	3.7	3.0	2.4	2.4	2.5	2.4
Totalnitrogen (µg/l)	729	315	414	303	220	211	206	212
Nitrat + nitritt (µg/l)	50	26	25	10		12	15	12
Siktedyp (m)	4.50	3.50	7.50				3.33	4.8
<b>Overflatelag Vinter (Desember-februar)</b>								
Totalfosfor (µg/l)	7.4	17.3	22.2	12.0	16.9	15.0	17.0	16.3
Fosfat (µg/l)	5.1	7.3	14.4	8.6	9.5	7.8	8.6	8.7
Totalnitrogen (µg/l)	1062	404	424	216	287	425	288	333
Nitrat + nitritt (µg/l)	178	132	102	87		125	99	104
<b>Overflatelag (februar-oktober)</b>								
Klorofyll a (µg/l)*	2.5	1.9	2.7	2.7	3.0	2.2	2.1	2.4
<b>Topdalselva Boenfoss årlig- Klassifisert som ferskvann vanntype R102</b>								
Totalfosfor (µg/l)	14.9	6.0	5.8	9.7	7.8	4.5	3.6	5.3
Totalnitrogen (µg/l)	354	347	369	335	304	345	288	312

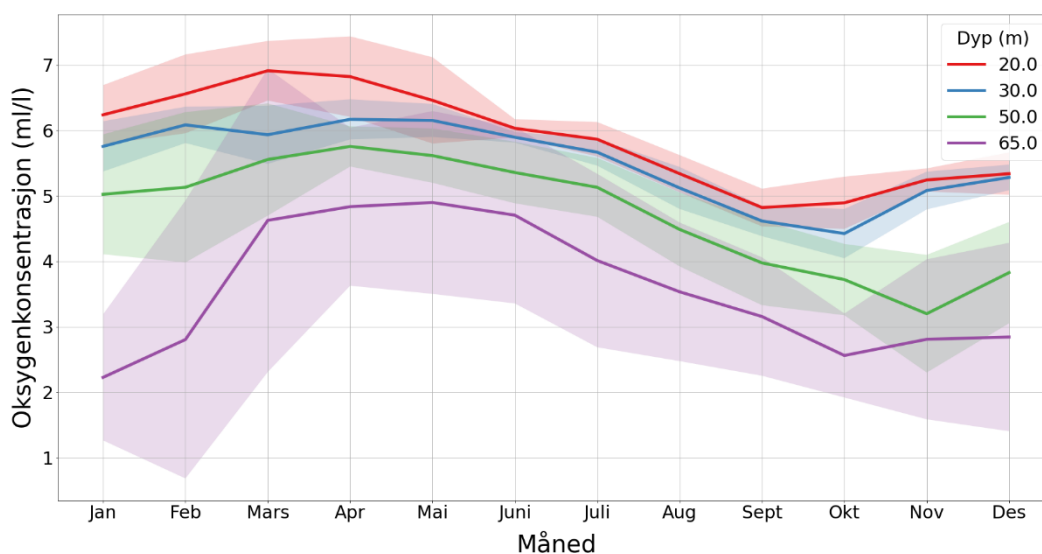
### 3.3 Oksygen

Topdalsfjorden ligger innenfor Kristiansandsfjorden og grenser mot Ålefjærfjorden i nord. Tersklene mellom disse tre fjordsystemene er på ca. 25 m dyp, mens Topdalsfjordens største dyp er ca. 78 m. Det største dypet i Ålefjærfjorden er 64 m. Denne bunntopografien fører til lange oppholdstider av bunnvann og lengre perioder med lave oksygenforhold i bunnvannet flere steder i fjorden (NIVA, 2003). Topdalsfjorden har tidligere blitt kategorisert til «moderat» økologisk tilstand basert på de lave oksygenforholdene i bunnvannet.

Oksygenmålinger og vurdering av tilstand med hensyn til oksygen skal gjøres i perioden man forventer lavest konsentrasjoner (Veileder 02:2018). I Topdalsfjorden viser registrerte målinger av det som oftest er lave verdier i vinterperioden fra oktober til februar, og at det deretter som regel er en økning på våren i forbindelse med sirkulering av vannmasser (Figur 4). Enkelte år er det også registrert lav oksygenkonsentrasjon andre deler av året. Grenseverdier i vedlegg 1 viser at en oksygenkonsentrasjon under 3,5 ml O<sub>2</sub>/l i dypvannet i den verste perioden regnes som moderat tilstand, mens en oksygenkonsentrasjon under 2,5 ml O<sub>2</sub>/l regnes som dårlig eller svært dårlig. I Topdalsfjorden er det registrert enkelte år med god tilstand og enkelte år med moderat eller dårlig tilstand (Tabell 2).

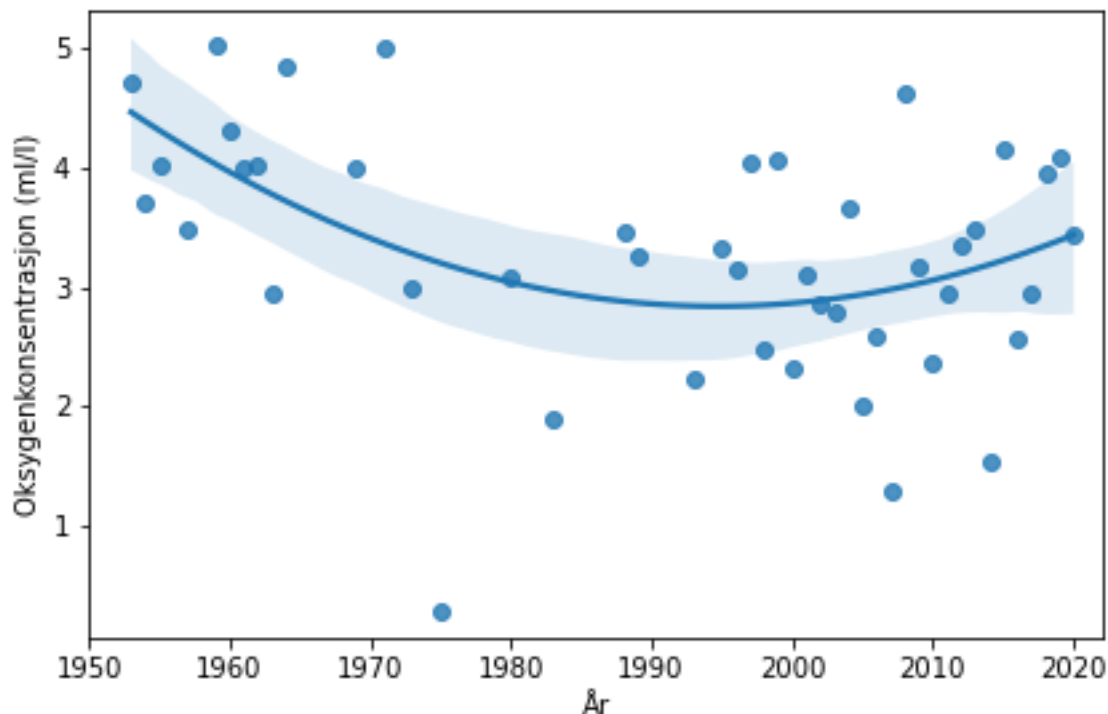
Tabell 2. Gjennomsnitt av oksygen (ml/l) og oksygenmetning (%) i dypvannet i prøvepunkt VT50 i vinterperioden 2011-2020. Årene 2017 og 2018 ble ikke prøvetatt. Kilde: Vannmiljø.

År	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2019	2020	Gjennomsnitt
Dypvann Vinter (Desember-februar)									
Oksygen	1,8	3,1	4,1	1,6	1,9	3,1	3,1	3,8	3,3
Oksygenmetning			61	24	30	47	46	58	50



Figur 4. Gjennomsnitt (heltrukket linje) og standardavvik (farget felt) av oksygenkonsentrasjon (ml/l) i prøvepunkt VT50 fordelt på ulike måneder og ulike dyp i perioden 2011 og 2021. Kilde: Vannmiljø.

Historiske målinger av oksygen i perioden 1950 til 2020 for september er vist i Figur 5 (Kilde: Havforskningsinstituttet). Samme figur viser en ikke- lineær regresjon med 95 % konfidensintervall i valgt periode. Samlet viser figuren en nedgang i oksygenivåene i bunnvannet fra 1950 frem til rundt 1990. Før 1970 var det aldri konsentrasjoner av oksygen under 3,5 ml/l (tilsvarer grensen mellom moderat og god tilstand). Etter 1970 er konsentrasjonen av oksygen lavere enn dette relativt ofte. I de siste årene (fra rundt år 2000) viser figuren en tendens til forbedring i dypvannet (Figur 6). Men gjennomsnittlig oksygenkonsentrasjon er fremdeles lav.



Figur 5. Oksygenmålinger fra september 1950 til 2020 ved 65 m dyp sammen med en ikke-lineær regresjonskurve og 95 % konfidensintervall.

### 3.4 Salinitet

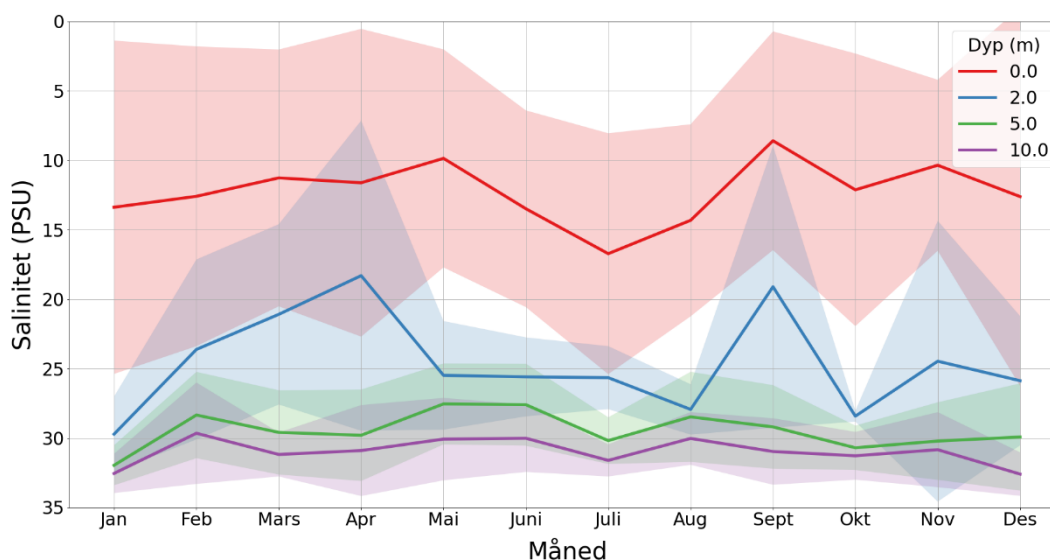
Salinitet (saltholdighet) i havvann ligger gjennomsnittlig på mellom 30 og 35 psu (practical salinity unit), mens ferskvann gjennomsnittlig ligger nært 0 psu. Studier har vist at aluminium og andre metaller er spesielt giftig ved salinitet mellom 1 og 10 psu (Diserud m.fl. 2012). Årsaken er blant annet endrede tilstandsformer, dette er nærmere beskrevet i vedlegg 2.

Målinger av salinitet i punktet VT50 midt i fjorden viser at det ofte ligger et brakkvannslag i de øverste vannmassene. Dette laget varierer i tykkelse mellom år og gjennom sesong. I gjennomsnitt er det den øverste meteren som har et brakkvannspreg med salinitet mellom 1-10 psu, men dette laget kan gå ned til mellom to og fem meter i enkelte situasjoner (Tabell 3). Det er ikke registrert verdier under 10 psu på dybder under fem meter.

Figur 6 viser gjennomsnittlige salinitet med standardavvik i ulike dyp og ulike måneder for perioden 2011-2020. Figuren viser at saliniteten relativt ofte er mellom 1 og 10 psu i det øverste laget. På sommeren er det generelt noe høyere salinitet. Ved 2 meters dyp er det registrert verdier av salinitet under 10 psu i enkelte perioder (april og september).

Tabell 3. Gjennomsnitt, min. og maks. av salinitet i ulike dyp ved prøvepunkt VT50 i perioden 2011 til 2020. Kilde: Vannmiljø

Dyp	Salinitet (psu)		
	Gjennomsnitt	Min.	Maks.
0	12	0	29
2	23	1	32
5	30	23	33
10	31	24	34
20	33	28	34
30	34	32	35
50	34	34	35
65	34	34	35



Figur 6. Gjennomsnitt (heltrukket linje) og standardavvik (farget felt) av salinitet i prøvepunkt VT50 fordelt på ulike måneder i perioden 2011 og 2021. Kilde: Vannmiljø.

### 3.5 Aluminium

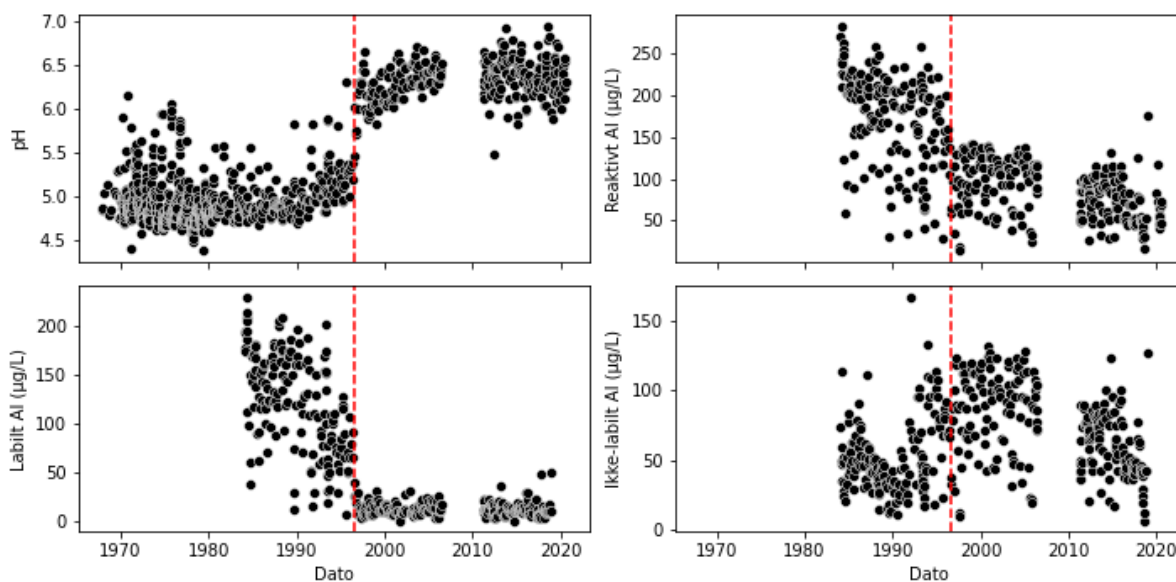
Det finnes ikke tilgjengelig data på konsentrasjon av aluminium i Topdalsfjorden. Vurdering av problematikk knyttet til aluminium må derfor basere seg på undersøkelser som er gjort i Topdalselva. Generell informasjon om aluminium og miljøkonsekvenser er beskrevet i et litteraturstudium (Vedlegg 2).

Tovdalselva ble hardt rammet av sur nedbør og laksebestanden ble hardt rammet. Noen steder ble det kalket allerede på 1970- og 1980-tallet, og i 1996 - 1997 ble det satt opp seks store kalkdoserere i vassdraget. Målet er å holde pH over 6,0 i perioden 1. juni til 14. februar og pH 6,2 fra 15. februar til 31. mai. Etter installasjonen av kalkdoserere har pH i Tovdalselva som regel vært over 6 (Figur 8). Unntak er knyttet til kraftig nedbør.

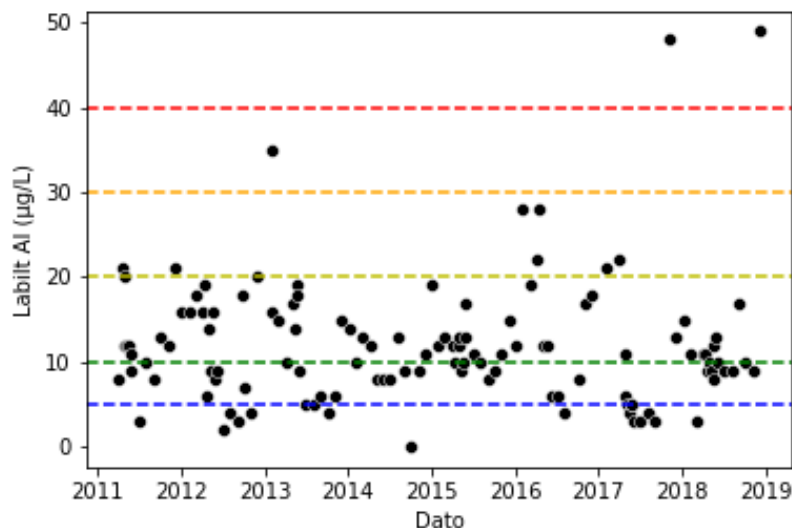


Det er en del registrerte prøvepunkter i databasen Vannmiljø i nedre del av Topdalselva, men det er desidert flest i prøvepunktet ved Boenfoss (VannlokalitetsID 020-44497). Dette prøvepunktet er overvåket gjennom Miljødirektoratets program for tiltaksobservasjon i lakseelver skadet av sur nedbør. Aluminiumsdata fra Boenfoss anses å være representativ for utslipp til Topdalsfjorden siden det ikke er store tilførselsbekker på elvestrekning ned mot sjøen. Gjennomsnittskonsentrasjon av reaktivt, labilt og ikke labilt Al i dette punktet i perioden 2010-2020 var henholdsvis 71, 12 og 60  $\mu\text{g/l}$ .

Konsentrasjon av labilt Al (LAI) må være under 10  $\mu\text{g/l}$  for å oppnå god tilstand i anadrome elvestrekninger (Veileder 02:2018). I perioden 2010-2020 er det ofte overskridelse av 10  $\mu\text{g/l}$ , men pH er samtidig, for det meste, over 6 (Figur 7). Det er anbefalt at både LAI og pH brukes sammen for å evaluere effekten av giftigheten av labilt Al (Hindar, Garmo og Teien 2015). Kalking av Tovdalselva har tydelig redusert konsentrasjon av labilt-Al (Figur 7). Likevel er det en betydelig mengde ikke-labilt Al som eksporteres til fjorden hvor økt salinitet kan endre tilstandsformen til labilt aluminium. Disse prosessene er nærmere beskrevet i vedlegg 1 - litteraturstudie aluminiumskjemi.



Figur 7. Endring av pH over tid, samt konsentrasjon av reaktivt, labilt og ikke labilt Al ved Boenfoss (vannlokalitet-kode 020-44497). De røde linjene synliggjøre økningen i pH når kalkdoserere ble satt opp.

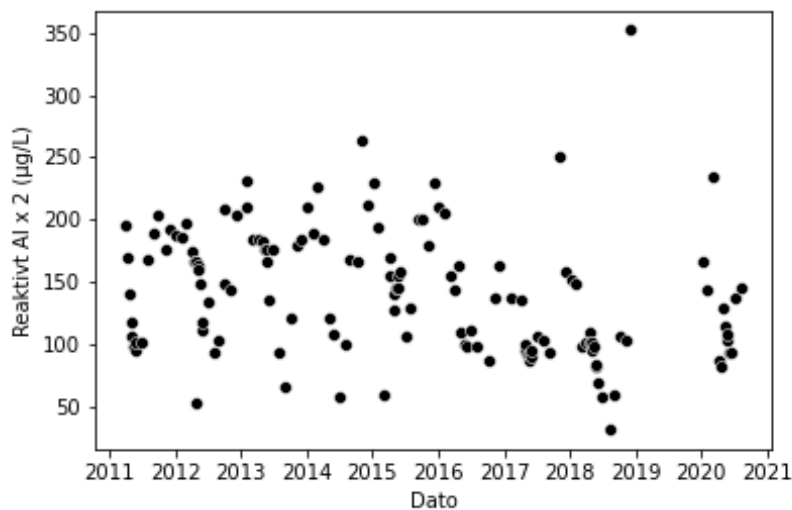


Figur 8. Konsentrasjoner av labilt aluminium fra de siste 10-årene fra Boenfoss. De fargete linjene tilsvare de forskjellige klassegrensene vist (veileder 02:2018) fra tilstandsklasse «svært god» (blå) til «dårlig» (rødt).

I brakkvann bør konsentrasjon av total aluminium legges til grunn for vurdering av miljørisiko (pers. med. Frode Kroglund). Konsentrasjon av total aluminium kan estimeres ved å doble konsentrasjonen av reaktivt aluminium (pers. med. Frode Kroglund). Hvis konsentrasjon av total aluminium ved utløp av Tovdalselva antas å være lik som ved Boenfoss er estimert gjennomsnittlige konsentrasjon av total aluminium (tot-Al) 142 µg/l, mens maksimal målt konsentrasjon er 350 µg/l. Når ellevannet blandes med fjordvannet er det forventet at andelen labilt Al av tot-Al først vil øke på grunn av endringer i tilstandsformer. Studier har som tidligere nevnt vist at aluminium og andre metaller er spesielt giftig ved salinitet mellom 1 og 10 psu (Diserud m.fl. 2012), men etter hvert vil konsentrasjonen av både tot-Al og labilt Al avta til et lavt nivå på grunn av fortykning, sedimentering og flokkulering. Hvor fort disse prosessene skjer i Topdalsfjorden, og hvor utbredt sonen med høy labilt Al konsentrasjon er, vil være avhengig av blandeforhold i fjorden ved ulike tidspunkt.

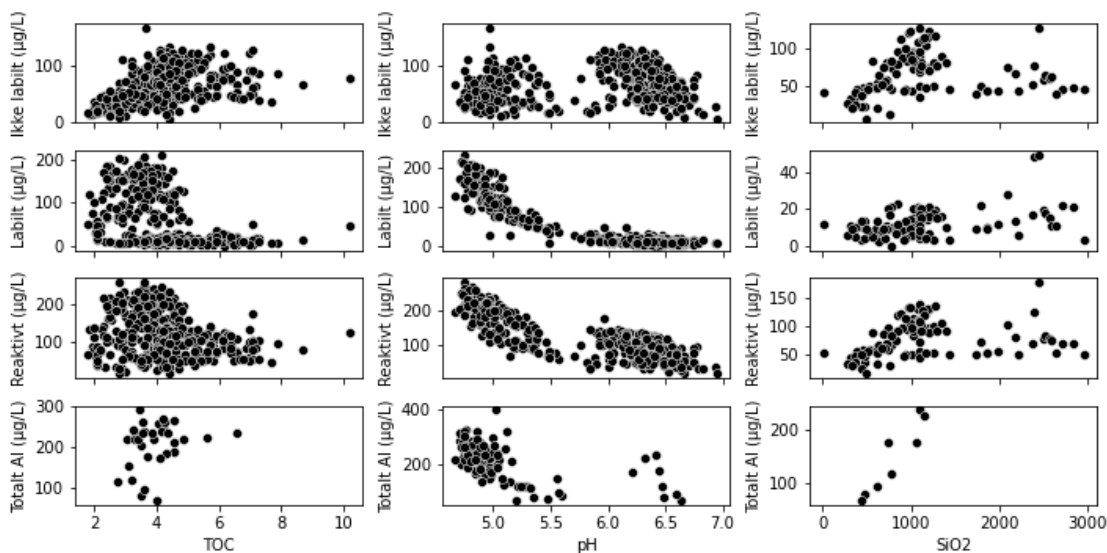
Forskning fra Storelva i Tvedestrand har estimert at ved en konsentrasjon av tot-Al på ca. 150 µg/l vil ca. 60 µg/l være bioreaktiv<sup>1</sup> ved en salinitet på 7 psu i dette fjordsystemet (Diserud m.fl. 2012). Det er usikkert i hvilken grad disse resultatene kan overføres til et annet fjordsystem, men vannkjemien i Topdalselva og Topdalsfjorden tyder på at forhold i brakkvann hvor det kan forekomme Al konsentrasjoner som er problematisk for smolt er sannsynlig. Ikke minst fordi fiskens tålegrenser for Al i brakkvann/saltvann er lavere enn i ferskvann (Kroglund, Haraldstad, og Güttrup 2014). I hvor stor grad og hvor ofte det oppstår negative situasjoner vil avhenge av utbredelse og tykkelse av laget med salinitet mellom 1-10 psu. Dette spørsmålet er forsøkt svart ut av SINTEF sin strømningsanalyse (Knutsen, 2021).

<sup>1</sup> definert som fraksjoner som passerer gjennom en 0,45 micro filter (Teien et. al 2006)



Figur 9. Estimert konsentrasjon (µg/L) av total aluminium (reaktivt aluminium x 2) fra de siste 10-årene fra Boenfoss.

Enkelte studier har vist at hovedkildene til giftige Al i brakkvann var ikke-labilt Al som var bundet til organiske materialer, men som ble løst når saliniteten økte i overgang fra fersk- til saltvann (Teien et. al 2006, Kroglund, 2014, Kroglund et. al 2011). I Topdalselva er økende konsentrasjon av ikke-labilt Al assosiert med økende konsentrasjon av totalt organisk materiale (TOC) (Figur 10). Totalt Al og ikke-labilt Al øker også med økende konsentrasjoner av silisiumdioksid (SiO<sub>2</sub>) opp til SiO<sub>2</sub> er ca. 1300 µg l<sup>-1</sup> (Figur 11). Det kan indikere at aluminium er bundet både til organiske materialer og til leirpartikler. Leirpartikler er mer stabile i brakkvann enn organisk-bundet Al.

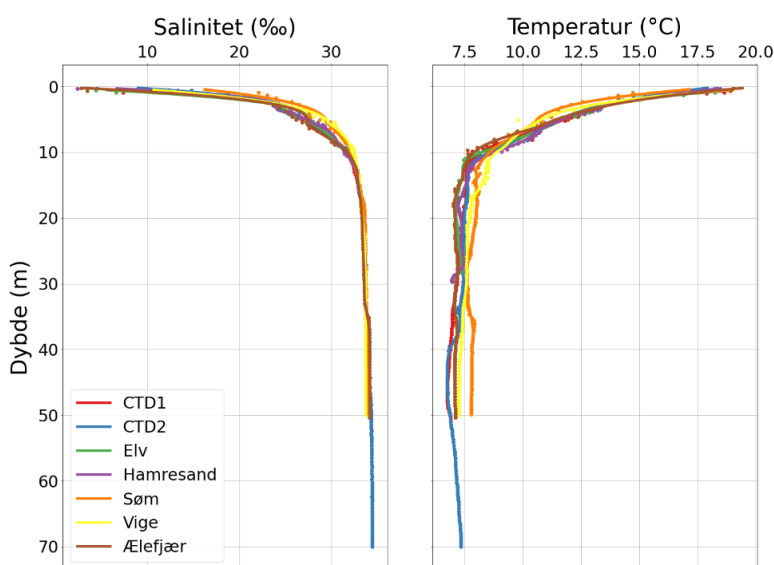


Figur 10. Relasjon mellom de forskjellige tilstandsformer av Al og TOC, pH og SiO<sub>2</sub>.

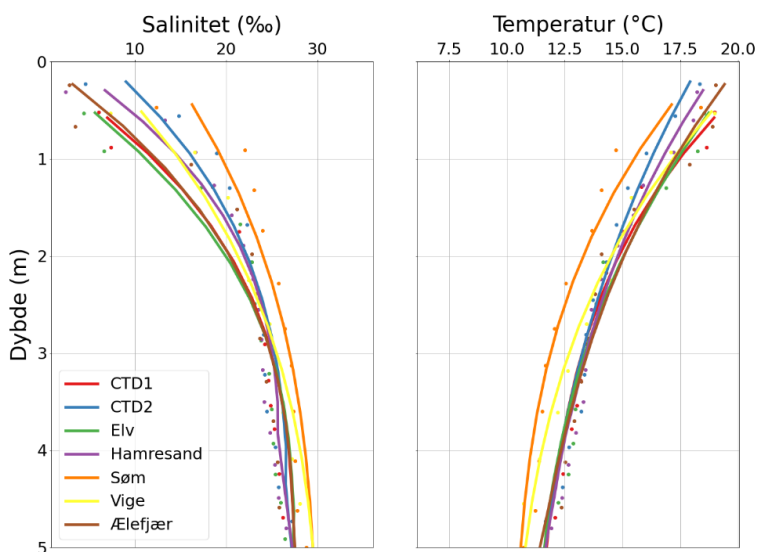
### 3.6 Hydrografiske målinger 2021

Hydrografiske målinger ble gjennomført i juni 2021 og er vist i Figur 11 og Figur 12. På dette tidspunktet gikk brakkvannslaget (definert som salinitet mindre enn 30 psu) ned til ca. 7 - 9 m dyp og det var lite forskjell mellom prøvepunktene. Generelt var det kun den øverste meteren som hadde salinitet mellom 1-10 psu (Figur 12).

Undersøkelsene viser et øyeblikksbilde og forskjeller mellom prøvepunkt vil kunne være større på andre tidspunkt. Men i dette tilfellet viser undersøkelsene at elvevann relativt fort blandet seg med fjordvannet og det var få forskjeller mellom prøvepunktene.



Figur 11. Salinitet (psu) og Temperatur (C°) målt på ulike punkt i Topdalsfjorden i juni 2021.



Figur 12. Salinitet (psu) og Temperatur (C°) i de øverste 5 m målt på ulike punkt i Topdalsfjorden i juni 2021.

## 4 Bløtbunnsfauna

Bløtbunnsfauna omfatter virvelløse dyr som lever i områder med leire-, mudder og sandholdigbunn. Artene graver seg ned i bunnssubstratet eller lever på sedimentoverflaten. Artene må være tilpasset miljøforholdene på stedet de lever da de fleste er stasjonære. Det foreligger et godt kunnskapsgrunnlag om bløtbunnsarter som enten er spesielt ømfintlige eller tolerante ovenfor endringer i miljøtilstand. Ved store belastninger kan både individmengden og artsantallet bli sterkt endret, noe som gir utslag i beregningen av den økologiske tilstanden i et område. Ved stor organisk belastning kan for eksempel individtettheten av opportunistiske arter bli høy, mens diversiteten samlet sett likevel er lav.

### 4.1 Metode

Bløtbunnsfauna prøvetas, analyseres og vurderes iht. Veileder 02:2018 og ISO 16665. I tillegg til innsamling av fauna fra fire grabbhugg, ble det også tatt kjemiske og geologiske prøver fra de øverste 1-5 cm av sedimentet ved et grabbhugg for analyse av kornfordeling, TOC (Totalt organisk karbon).

Prøvetakingen ble gjennomført 9. juni 2021. Prøven ble tatt nær prøvepunktet VT50 som er en referansestasjon i Topdalsfjorden der det regelmessig tas vannprøver. Det er også tidligere tatt prøver av bløtbunnsfauna her. Værforholdene var gode. Det ble innhentet fire grabbhugg på stasjonen. Vanddyptet var ca. 70m, se Figur 3 for plassering av prøvepunkt. Prøvene ble tatt med Van veen grabb (0,1 m<sup>2</sup>), og siktet i felt. Deretter ble prøvene fiksert med etanol og sendt til Medins AB for akkreditert taksonomisk analyse.

Klassifisering av bløtbunnsfaunaens artsmangfold og ømfintlighet beregnes etter følgende indekser:

- ❖ Artsmangfold:
  - H' (Shannons diversitetsindeks)
  - ES100 (Hulberts diversitetsindeks)
  - NQI1 (Norwegian Quality Index)
- ❖ Ømfintlighet:
  - ISI2012 (Indicator Species Index)
  - NSI (Norwegian sensitivity Index)
  - NQI1 (Norwegian Quality Index)

Klassifisering er gjennomført iht. vannforskriftens Veileder 02:2018. Det er fem tilstandsklasser fra svært god tilstand (klasse I) til svært dårlig tilstand (klasse V). Klassegrensene er differensiert mellom vanntyper, som er videre definert i Veileder 02:2018. Ut fra de enkelte indeksene beregnes normaliserte EQR-verdier som gir en samlet tilstand basert på alle de fem indeksene.

Det blir benyttet en støtteparameter, TOC (totalt organisk karbon) i sedimentet som gir informasjon om graden av organisk belastning. Her benyttes SFT-veileder 97:03 som er inkludert i Veileder 02:2018.

Beregning av normalisert TOC avhenger av informasjon om sedimentenes kornstørrelse. Dette er støtteinformasjon i tolkningen av artssammensetning ettersom sedimentets fysiske struktur har stor betydning for faunaens artssammensetning. Sedimentets finfraksjon (% < 0,063 mm) bestemmes ved våtsikting, og fraksjoner grovere enn 63 µm beregnes ved kornfordelingsanalyser utført av akkreditert laboratorium.



Figur 13. Feltarbeid i Topdalsfjorden i 2021.

## 4.2 Tidligere undersøkelser

Bløtbunnsfauna i sedimentene i Topdalsfjorden er tidligere undersøkt i 1983, 2002 og 2012 (NIVA, 1986, NIVA, 2003, og NIVA 2013). Ifølge NIVA (1986) var de dypeste stasjonene uten dyreliv og hadde hydrogensulfid ( $H_2S$ ) i sedimentene, mens det var normalt artsrike dyresamfunn grunnere enn ca. 50 m. Undersøkelser av NIVA i 2003 viste ingen vesentlige endringer sammenlignet med 1983, men artsmangfoldet hadde økt på to av stasjonene. På stasjonene i dypbassengene var det dårlige forhold og visuelt vurdert ingen dyr til stede i prøvene. I 2012 ble det tatt en bløtbunnsprøve i Kongsgårdbukta - Marviksbukta. Økologisk tilstand i prøven ble vurdert til god (NIVA 2013).

Det er også gjennomført tilsvarende undersøkelser i Kristiansandsfjorden utenfor Topdalsfjorden. Resultatene fra disse undersøkelsene er relevante for å sammenligne med resultatene i Topdalsfjorden. I 2020 ble det tatt tre prøver av bløtbunnsfauna i Kristiansandsfjorden. Prøvene ble tatt i en transekt fra Kristiansand sentrum til Dvergsøya, se COWI (2021) for mer informasjon. På alle punkter som ble undersøkt var det gode oksygenforhold i bunnvannet. De grunnere stasjonene viste bunnfauna i tilstandsklasse «god», mens stasjonen som lå mer midt i Kristiansands byfjord hadde tilstandsklasse «moderat» basert på lav individtetthet og forekomst av opportunistiske arter i tillegg til arter som indikerer forurensning av næringsalter (COWI 2021). Økokystprogrammet har også gjort undersøkelser av bløtbunnsfauna i byfjorden i samme område i 2019. Det ble tatt en prøve som viste at bløtbunnsfauna havnet i tilstandsklasse «god» selv om det var lav individtetthet. Det er høye TOC verdier, men ikke indikasjoner på at dette skyldes avrenning fra land (Økokyst 2019).

### 4.3 Resultater 2021

Resultatene fra 2021 ved prøvepunktet VT50 i Topdalsfjorden viste samlet tilstandsklasse «god» for parameteren bløtbunnsfauna (Tabell 4). I en prøve av delprøvene var det få individer, men dette hadde lite utslag i beregningen av tilstandsklasse. Det ble totalt funnet 72 ulike taxa og en individtetthet i snitt på 1472 individer/m<sup>2</sup>. Det ble funnet arter som både er følsomme og tolerante for forurensning, men kun en art som er indikator på forhøyet næringstilgang. Resultater fra bløtbunnsundersøkelsen er nærmere beskrevet i vedlegg 3.

Tabell 4. Klassifisering av bløtbunnsfaunaens artsmangfold etter indekser. Kilde: Medins, 2021.

	NQI	H'	ES100	ISI	NSI
NQI	0,70	3,43	24,80	8,45	21,80
nEQR	0,678	0,629	0,707	0,788	0,672
Medel nEQR	0,695				



Figur 14. Prøvetaking av bløtbunnsfauna i 2021.

## 5 Naturtypekartlegging

### 5.1 Metode

Sjøbunnen i Topdalsfjorden ble kartlagt 9.-10. juni 2021 ved bruk av vannkikkert og ROV. Kartlegging ble utført av marinbiologer fra Norconsult AS. Feltarbeidet ble gjort i henhold til Håndbok 19 «Kartlegging av marinbiologisk mangfold». Området som ble videofilmet er vist på Figur 15.

Kartleggingen av Topdalsfjorden ble utført vha. følgende metoder:

- Dype områder ble kartlagt vha. «stikkprøver», dvs. at ROV-en ble senket ned for å videofilme et begrenset område på sjøbunnen. Det ble vurdert at dype områder (dypere enn 30 m) er relativt stabile og disse områdene er forventet å være like i hele undersøkelsesområdet. ROV-punktene ROV1-ROV8 på Figur 15 viser plassering av «stikkprøver».
- For å kartlegge grunne områder ble ortofoto og topografi av området undersøkt før feltkartlegging. Dette for å definere områdene som er like og dermed kan forventes å ha relativt like naturtyper. Det ble da tatt et utvalg av områder som ble kartlagt med ROV-transekter. Grønne linjer på Figur 15 viser til transekter som ble videofilmet med ROV.
- I to områder ble det kartlagt med vannkikkert. Disse var grunne områder og/eller områder med mye begroing og ikke egnet for kartlegging med ROV. Disse er vist som VK1 og VK2 på Figur 15.

Feltlogg fra feltundersøkelser er vist i Tabell 5. Feltlogg oppsummerer viktigste observasjoner per stikkprøve og per transekt. Feltloggen viser til startpunkt og -tid til hvert transekt, samt maksimum og minimum vanddybde det ble kartlagt. Stasjonsnavn i tabellen tilsvarer stasjonsnavnene på kartet i Figur 15.

Kart i Figur 16 viser områder hvor det ble observert undervannsenger under feltarbeidet. Utstrekning av forekomster er estimert basert på både feltobservasjoner og egnethet ut fra grunnlagskart.

Formålet med undersøkelsene var å registrere ev. verdifulle marine naturtypeforekomster og avgrense disse.

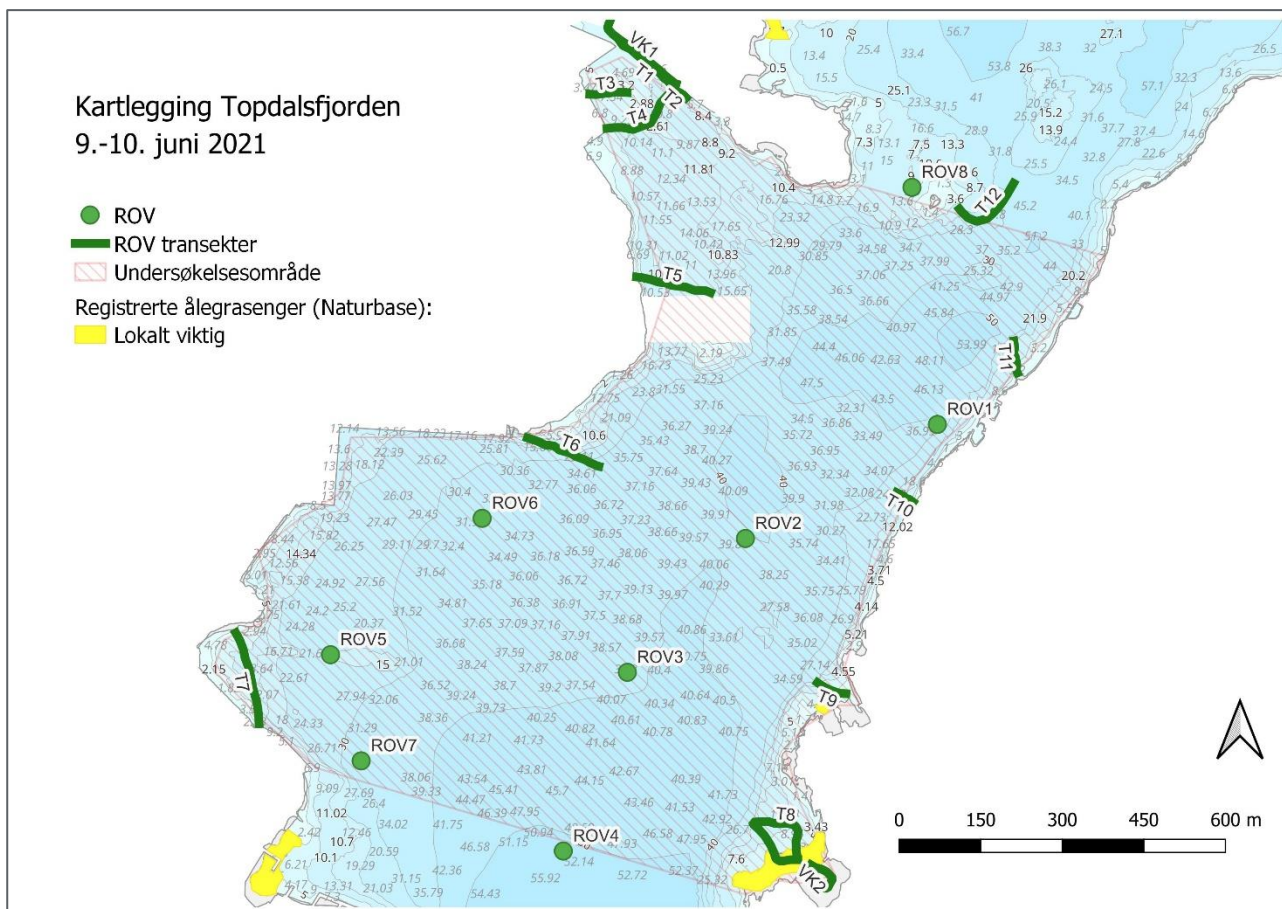
Tabell 5. Feltlogg fra kartleggingen i Topdalsfjorden i juni 2021.

Stasjonsnavn	Date	Start time	Lat (start)	Long (start)	Max. dybde	Min. dybde	Kommentar
ROV1	2021-06-09	12:07:00	58,15762	8,05401	40	40	Sjøfjærbunn. Noe uidentifiserbart avfall.
ROV2	2021-06-09	12:25:00	58,15569	8,04807	40	40	Sjøfjærbunn. Fisk, sjøpølse og sjøkreps. Noe uidentifiserbart avfall.
ROV3	2021-06-09	12:42:00	58,15346	8,04444	40	39	Sjøfjærbunn. To store metallavfall.
ROV4	2021-06-09	12:54:00	58,15050	8,04252	51	50	Sjøfjærbunn. Betydelig mer kupert enn grunnere områder. Noe uidentifiserbart avfall.



Stasjonsnavn	Date	Start time	Lat (start)	Long (start)	Max. dybde	Min. dybde	Kommentar
ROV5	2021-06-09	13:23:00	58,15368	8,03516	19	15	Hardbunn, både fjell og løsmasser. Rødalger. Kjetting til et skip.
ROV6	2021-06-09	13:44:00	58,15597	8,03984	33	34	Sjøfjærbunn.
ROV7	2021-06-09	13:54:00	58,15194	8,03617	32	31	Sjøfjærbunn. Et stort metallavfall.
T1	2021-06-10	09:20:55	58,16317	8,04569	2	0	Steinfylling begrodd med blæretang og grisetang, samt sterkt begrodd med brune trådalger. Flere leppefisk. 2 vannledninger.
T2	2021-06-10	09:38:27	58,16315	8,04556	0	1	Samme som T1.
VK2	2021-06-10	09:42:35	58,16315	8,04556	0	1	Det ble undersøkt med vannkikkert. Hele området ser samme ut. Inn i kanalen litt mindre påvekst. Innsiden av kanalen masse døde skjell - mer strøm.
T3	2021-06-10	09:49:57	58,16298	8,04300	8	7	En del nedslammet mudderbunn med grovere flekker innimellom. Sukkertare observert på 8 m dyp. Ved 7 m møter steinfylling. Noe avfall.
T4	2021-06-10	10:02:39	58,16243	8,04356	11	7	I starten steinfylling, fra 9 m mudderbunn med små stein, fra 10 m på andre side steinfylling igjen. Enkelte sjøfjær, leppefisk (bl.a. blåstål). Litt diverse avfall her og der.
T5	2021-06-10	10:35:36	58,16001	8,04469	14	0	Bergvegg med sukkertare og små rødalger. Fra 4 m bare rødalger. Fjellveg/fylling ned til 14 m. Etter det steinfylling langs hele transektet. Lite naturmangfold. En del div. avfall langs fyllingen.
T6	2021-06-10	11:21:11	58,15730	8,04121	6	34	Steinfylling med flekker av grov sand. Ved ca. 25 m starter overgang til steinblandet mudderbunn. Naturlig bunn på ca. 33 m. Steinfylling med rødalger, sandbunn med sjøfjær mot dypere. Det var en del avfall på sjøbunnen.
T7	2021-06-10	11:48:01	58,15252	8,03296	14	3	Steinfylling i begynnelsen. Naturlig sandbunn fra 12 m som blir mer og mer nedslammet mot nord. Vekst av ålegras ned til 4 m, blader opp til over 1 m høye. Flekkvis tett forekomst med lite trådformede alger. Mot grunnere blir det steinfylling igjen. 2 ledninger, noe div. avfall på fyllingen mot sør.
VK2	2021-06-10	12:42:56	58,15012	8,05029	2	0	Mudderbunn med undervannsenseng. Bladene til grasplanter er så små at det ikke er mulig å

Stasjonsnavn	Date	Start time	Lat (start)	Long (start)	Max. dybde	Min. dybde	Kommentar
							identifisere til arten. Stein er begrodd av alger. Gras slutter på 1,8 m vanddybde.
T8	2021-06-10	13:05:24	58,15040	8,04984	15	2	Mudderbunn. Tett ålegrasforekomst på mudderbunn ned til 5 m vanddybde med lite trådformede alger. Blader rundt 60 cm høye. Det ble observert enkelte bergknauser som var dekket med tare, rødalger og epifauna f.eks. sjøpung, og pigget sjøstjerne. 1 rørledning.
T9	2021-06-10	13:30:08	58,15315	8,05127	15	2	Mudderbunn i grunne områder. Spredte stein ned til 8 m, deretter bergvegg ned mot dype. Tett ålegrasforekomst med lite trådformede alger ned til 5 m. Ålegrasblader ca. 60 cm høye. Resten mudderbunn og hardbunn. Flere leppefisk og taskekrabbe.
T10	2021-06-10	13:58:31	58,15633	8,05330	20	0	Hardbunn ned til 12 m deretter sandbunn. Sukkertare og brunalger øverste 4 m deretter rødalger, dødmannshånd, sjøpung, flere arter av leppefisk, pigget sjøstjerne osv. Strømrikt område; jolle og traktordekk på 12 m.
T11	2021-06-10	14:18:13	58,15849	8,05649	20	2	Hardbunn med brunalger, tare og blæretang, til 3 m deretter grov sandbunn med små stein og mye døde skjell. Fra 20 m sandbunn med spredte bergknauser begrodd av dødmannshånd, rødalger og sjøpung. Mot dypere noen sjøfjær. 1 kabel, 1 ølflaske.
T12	2021-06-10	14:41:04	58,16118	8,05461	33	6	Blanding av utfylling og berg og sand. Rødalger, sukkertare, sjøpung og leppefisk. Generelt lite biologi under 9 m vanddybde. Veldig strømrikt område. Veldig mye div. avfall langs hele transektet, ledninger, samt hodeskalle til et dyr.
ROV8	2021-06-10	15:03:04	58,16153	8,05312	16	10	Sandbunn med diverse stein på sjøbunnen. Hardt substrat begrodd av rødalger og dødmannshånd. 1 bøtte.



Figur 15. Kart som viser Topdalsfjorden og plassering av transekter hvor det ble utført visuell kartlegging i juni 2021. Gule områder viser lokalt viktige ålegrasforekomster registrert i Naturbase av Havforskningsinstituttet i 2008.

## 5.2 Tidligere undersøkelser

I begynnelsen av 80-tallet ble det gjort undersøkelser av strandsonen ned til nedre voksegrense for makroalger (NIVA 1985). Stasjoner som ble undersøkt tilsvarer omtrentlig T4, T6, T7 og T9 på Figur 15. Kartleggingen i 1982-1983 viste påvirket (av industri) sjøbunn på de vestlige stasjonene og lite påvirket sjøbunn på andre siden av fjorden.

I forbindelse med utbygging av småbåthavn i Hånesbukta, nordøst for Varoddbrua, har NIVA utført undersøkelser av strandsonen før og etter tiltaket, hhv. i 2003 (NIVA 2003b) og i 2008 (NIVA 2008). Det ble i tillegg undersøkt to stasjoner nordvest for Varoddbrua som referansestasjon. I 2003 viste undersøkelser av strandsoneorganismer at vegetasjonen var artsfattig og tydelig påvirket av ferskvannstilførsler. Det ble observert tett vegetasjon på fjell med mye makroalger og høy andel av grønnalger. Samme stasjoner ble undersøkt på nytt i 2008, og resultater viste ingen endringer i tilstanden til strandhabitater.

Norconsult har gjennomført kartlegging av ålegrasengene i Narviga, nordvest for tiltaksområde (Norconsult, 2021). Det ble observert ålegrasforekomster i alle tre pollene i Narviga, samt utenfor disse. Tilstand til engene varierte fra moderat til dårlig. Verdien av forekomstene i Narviga ble vurdert til C – lokalt viktig.

I offentlige databaser er det registrert flere spredte forekomster av ålegras og havgras i Topdalsfjorden og Ålefjærfjorden. Ved Justnesøya er det også registrert to ålegrasforekomster som er klassifiserte som «Svært viktige» basert på utbredelse og plantetetthet.

De tre forekomstene som er registrert i undersøkelsesområdet, Søm ved T9 (Naturbase ID: BM00044047), Marviksbukta (BM00044040) og Søm ved T8 og VK2 (BM00044046) er alle registrert i Naturbase av Havforskningsinstituttet den 15. oktober 2008. Norconsult har vært i kontakt med HI for å få mer informasjon om kartleggingsmetodikk og ev. rapporter fra registreringer. Ifølge HI *foreligger det ikke arkiverte bilder fra kartleggingen i 2008 dessverre. Metodikken den gangen inkluderte vannkikkert og et dropp-kamera. Utstrekning av ålegrasenga ble tegnet inn på kart og i sentral del av enga ble tetthet og lengde på ålegraset notert. Rapport fra kartleggingen er hva som ligger i naturbase.*

I 2016 gjennomførte Agder naturmuseum og botanisk hage IKS undersøkelser av biologiske mangfold i samme område (Lie, 2016). Undersøkelsene ble utført fra land og de konkluderte med at de tidligere registreringene av ålegrasengene i Naturbase stemte bra med verdisetting og utbredelse av disse i 2016.






Ålefjærfjorden er et nasjonal viktig gytefelt for torsk og tidvis høye eggtettheter og høy retensjon dvs. oppholdstid i området, er dokumentert av Havforskningsinstituttet.

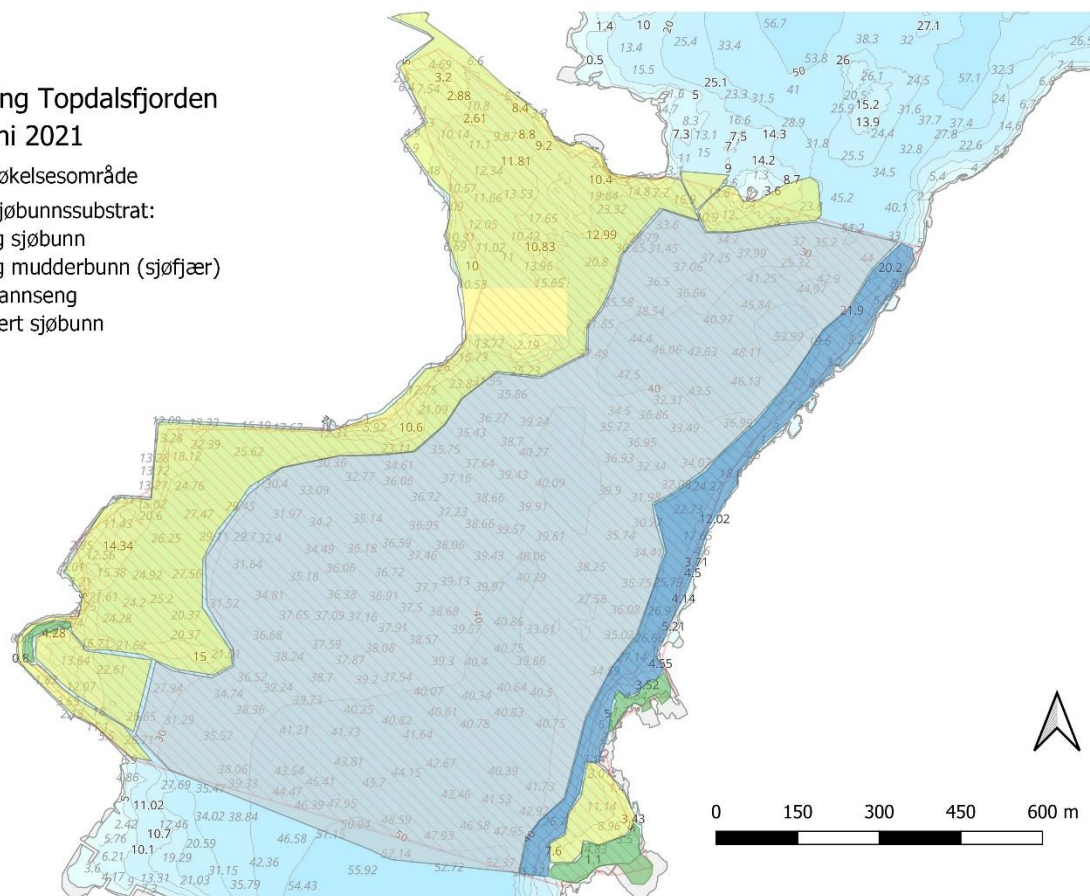
Utover disse registreringer er det ikke funnet resultater fra tidligere undersøkelser fra undersøkelsesområdet (Figur 15).

### 5.3 Resultater 2021

Kart over naturtyper som ble registrert under kartlegging i juni 2021 er vist i Figur 16. I vest er det registrert sjøbunn påvirket av ulike menneskelige aktiviteter ned til ca. 30 m. I tillegg er det registrert en ålegraseng i Torsvika som ikke er registrert tidligere. I grunne områder i øst (ned til ca. 20 m) er det hovedsakelig naturlig sjøbunn og et par undervannsenger, men det er et område med påvirket sjøbunn også på denne siden. Under 30 m er det naturlig mudderbunn med sjøfjær og gravende fauna. De ulike naturtypene er nærmere forklart og beskrevet i videre avsnitt.

## Kartlegging Topdalsfjorden 9.-10. juni 2021

-  Undersøkelsesområde
- Forventet sjøbunnsstrat:
  -  Naturlig sjøbunn
  -  Naturlig mudderbunn (sjøfjær)
  -  Undervannseng
  -  Modifisert sjøbunn



Figur 16. Kart viser naturtyper som ble registrert under kartleggingen i juni 2021. Utstrekning av polygoner er estimert basert på feltobservasjoner og predikert ut av de forutsetningene fra grunnlagskart.

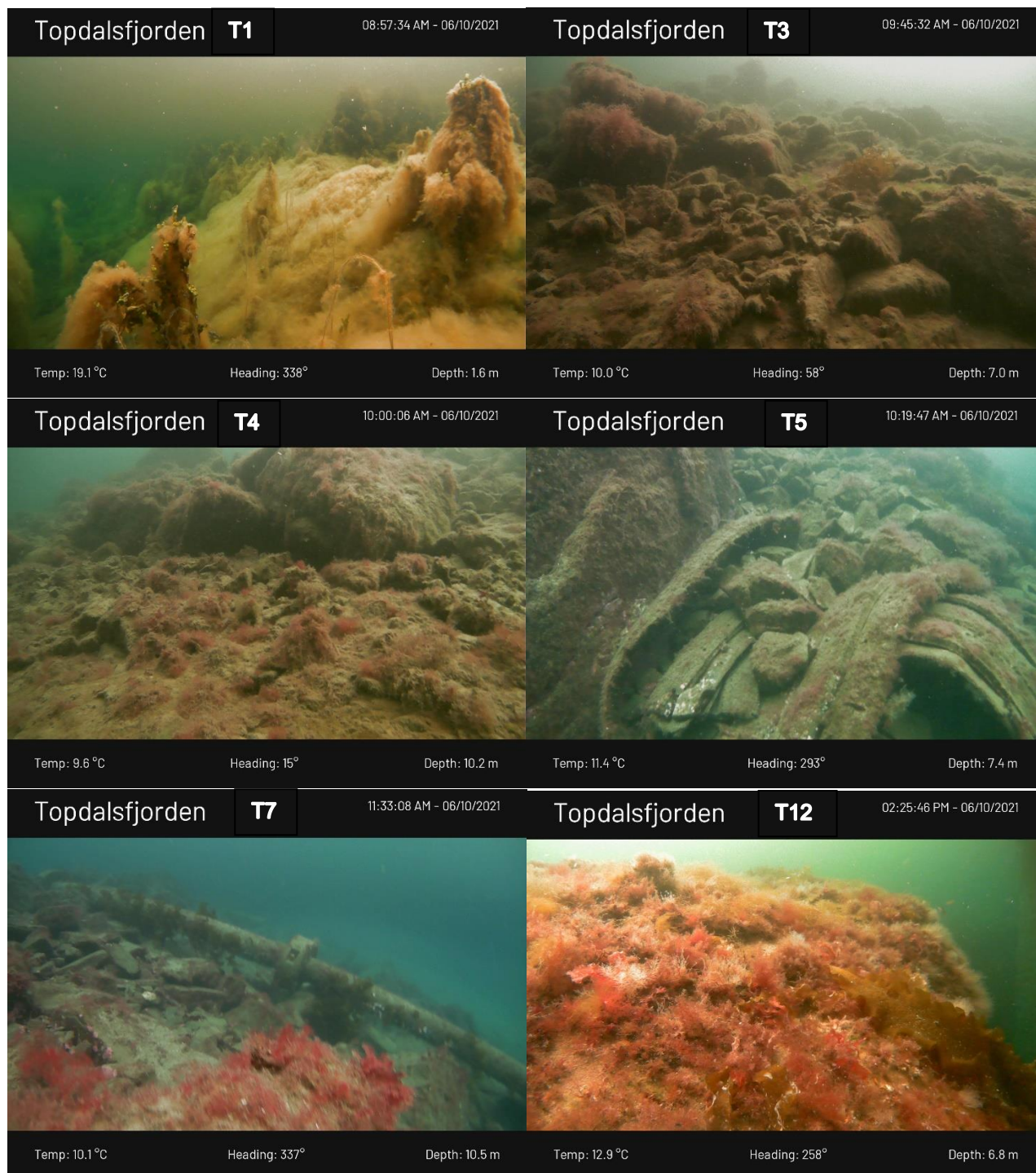
### Modifisert sjøbunn

Grunne områder mot vest (ROV transekter T1-T7, se Figur 15) viste hardbunn som dominerende substrat. Lignende hardt substrat ble også observert under brupelen midt i fjorden (T12). Det ble observert enkelte naturlige bergknauser på sjøbunnen, men mest dominerende var modifisert (kunstig/konstruert) hardbunn. Nesten hele strandsonen var steinfylling som ble observert å være fra noen meters bredde (transekt T7) opp til 150 meter bred (transekt T5).

I disse områdene ble det observert lite biologi. Grunnere områder var begrodd av filamentøse brunalger, samt blæretang og sukkertare. Mot dypere områder var små rødalger mer vanlige. Det ble observert en del leppefisk og sjøpung. Steinfylling under brua så mer frisk ut enn de andre områdene. Dette er forventet fordi det er ganske mye strøm der.

Det ble registrert mye avfall av forskjellig art på sjøbunnen.

Eksempelbilder av sjøbunnen er vist i Figur 17. De to øverste bildene er tatt langs T5, nederst til venstre er tatt langs T1 og nederst til høyre under brua, T12.



Figur 17: Eksempelbilder fra modifisert hardbunn observert langs transekter T1-T7 og T12. Det er vist på hvert enkelt bilde hvilke transekt disse er tatt fra.

### Naturlig sjøbunn

Grunne områder mot øst i undersøkelsesområde viste naturlig sjøbunnssubstrat. Det ble observert relativt bratt fjellvegg ned til 12 - 20 m vanndybde (T10). Sammenlignet med hardbunnsområder mot vest hadde disse områdene betydelig høyere flere arter. Som mot vest ble det også her observert sukkertare og blæretang, samt leppefisk og sjøpung, men her var mengden tang og tare, samt antall dyr betydelig høyere. I tillegg ble det observert flere dødmannshånd og sjøstjerner, bl.a. pigget sjøstjerne og døde skjell.

Det ble observert mindre avfall her. Det ble registrert en liten båt, et traktordekk og noe som kan være forlatte krabbeteiner.

Eksempelbilder av naturlig hardbunn mot øst er vist i Figur 18.



Figur 18. Eksempelbilder fra naturlig sjøbunn observert langs transekter T10 og T11. Det er vist på hvert enkelt bilde hvilke transekt disse er tatt fra.

## Undervannsenger

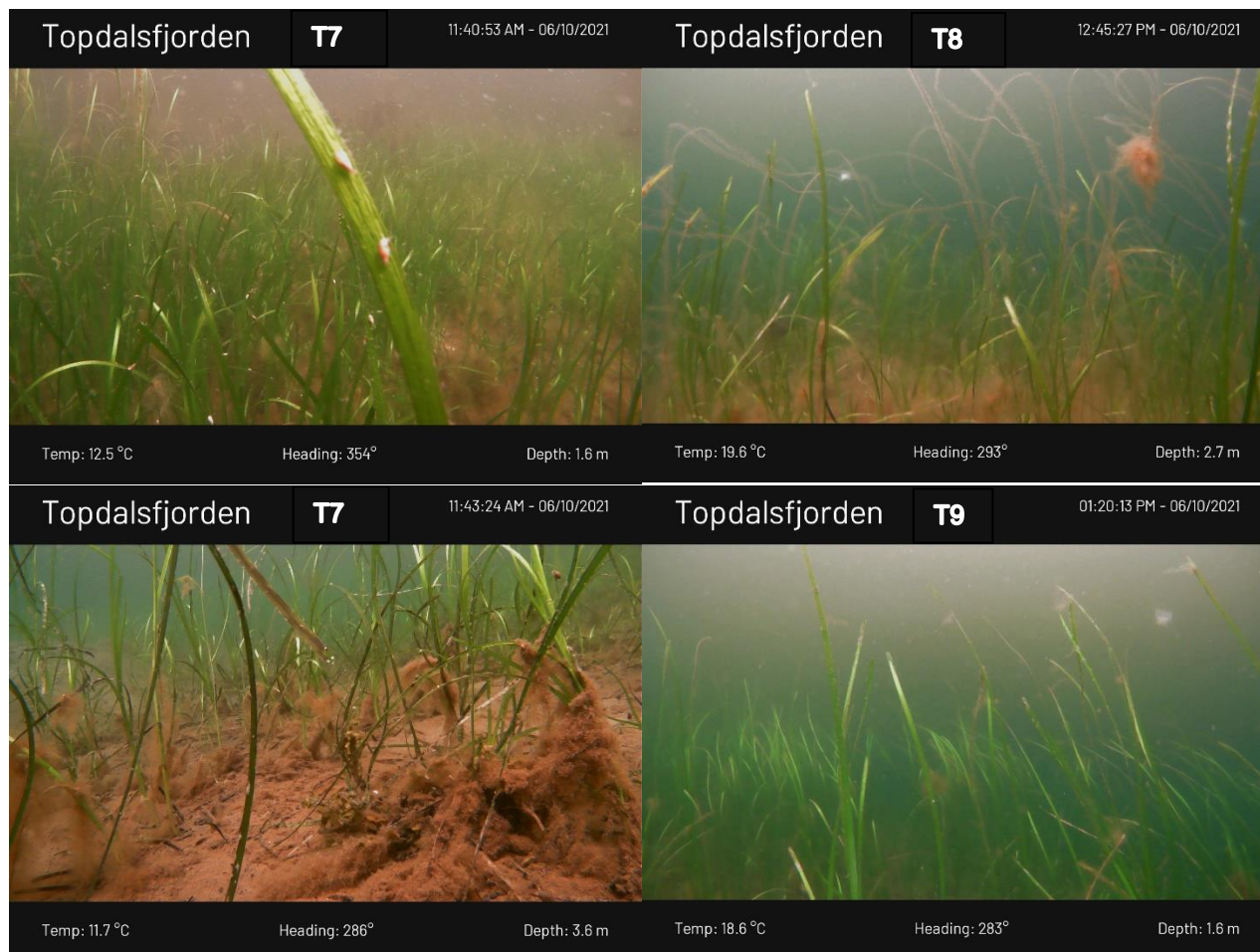
I tre områder ble det påvist ålegrasforekomst, langs T7, T8 og T9.

Ålegrasforekomstene så sunne ut. Alle tre forekomstene hadde en tett eng, med nedre voksegrense på 4 - 5 m. Det ble observert lite filamentøse alger og bladene var generelt mellom 60 cm og 1 m høye.

Kartleggingen ble utført i juni og dermed kan tetthet av filamentøse alger ikke brukes til tilstandsvurderingen. I tillegg finnes det ikke referanseverdier for ålegrasindeks i oksygenfattig fjord i Skagerrak ifølge veileder 02:2018. Det er derfor ikke gjort tilstands- og/eller verdivurdering av de observerte ålegrasforekomstene.

Kart i Figur 16 viser områder hvor det ble observert undervannsenger under feltarbeidet. Utstrekning av forekomster er estimert basert på både feltobservasjoner og egnethet ut fra grunnlagskart.

Nedenfor er eksempelbilder av undervannsenger (Figur 19).



Figur 19. Eksempelbilder av observerte undervannsenger. Det er vist på hvert enkelt bilde hvilke transekt disse er tatt fra.

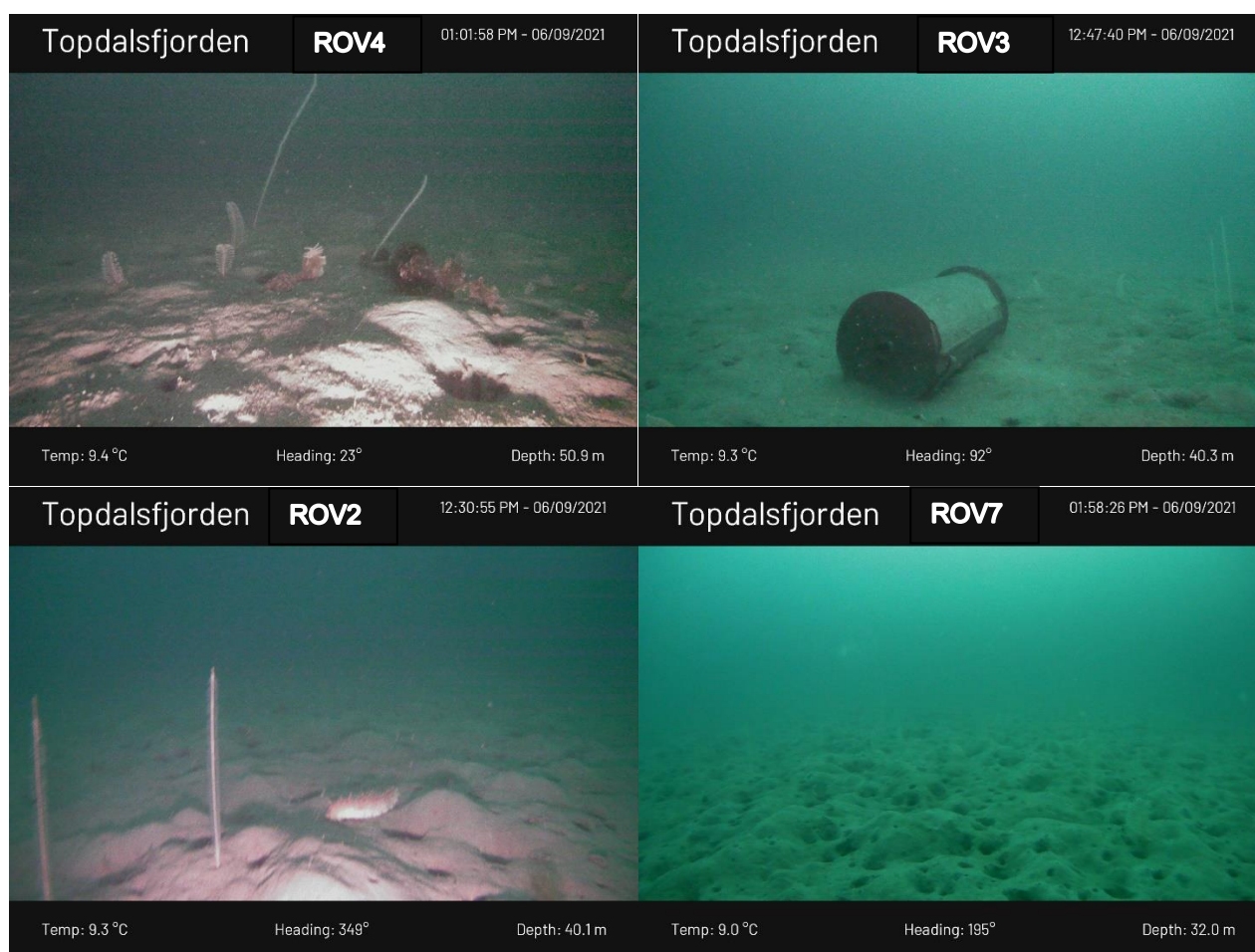


### Naturlig mudderbunn (sjøfjær)

Sjøbunnen dypere enn 33 m i hele undersøkelsesområde var naturlig mudderbunn med flekkvis tett sjøfjæreforekomst. I OSPAR sin liste kalles denne naturtypen *sjøfjær og gravende megafauna* (OSPAR 2010). Sjøbunnen så sunt ut med mange hulrom og makrofauna, f.eks. sjøkreps, sjøpølse og fisk. Mot dypere vann (rundt 50 m) ble sjøbunnen mer kupert.

Det ble observert noe avfall på sjøbunnen, bl.a. store metallavfall.

Eksempelbilder av dypere områder er vist nedenfor (Figur 20).



Figur 20. Eksempelbilder av naturlig mudderbunn. Det er vist på hvert enkelt bilde hvilke transekt disse er tatt fra.

## 6 Miljøgifter

### 6.1 Metode

Det er tidligere gjennomført flere undersøkelser av sedimentene i Topdalsfjorden. Dette er gjort i forbindelse med opprydning av tidligere industri, som forberedelse til havneutbygging og diverse utredninger. Opplysninger om undersøkelsene er funnet i litteratursøk, i Vannmiljø eller informasjon gitt fra Kristiansand havn. En oppsummering av hva som er kjent gjennomført i fjorden er gitt i Tabell 7 og Tabell 8 og resultatene er diskutert i videre avsnitt. På grunn av erosjon og sedimentasjon av rene og forurensede partikler i sjø kan forurensningssituasjonen i sedimenter ha endret seg siden undersøkelsene ble gjort. Som en tommelfingerregel regnes undersøkelser som er eldre enn 10 år som foreldet. De fleste av undersøkelsene fra området er eldre enn 10 år, men det er også nyere undersøkelser.

I forbindelse med bløtbunnsundersøkelse i prosjektet «Utredning av miljøkonsekvenser i Topdalsfjorden» ble det tatt en sedimentprøve i prøvepunktet VT50 (Figur 3). Metode for prøvetaking er beskrevet i kapittel for bløtbunnsfauna.

#### Vurderingsgrunnlag

Resultatene fra undersøkelsen er sammenlignet med tilstandsklasser for forurenset sediment i Veileder M608 Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota – revidert 30.10.2020. En beskrivelse av tilstandsklassene er vist i Figur 6.

Tabell 6. Beskrivelse av tilstandsklasser iht. Veileder M608. 1: AF - sikkerhetsfaktor

I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved korttids-eksponering	Omfattende toksiske effekter
Øvre grense: bakgrunn	Øvre grense: AA-QS, PNEC	Øvre grense: MAC-QS, PNEC <sub>akutt</sub>	Øvre grense: PNEC <sub>akutt</sub> X AF <sup>1)</sup>	

Videre er Topdalsfjorden delt inn i tre områder; Kongsgårdsbukta, Vigebukta og indre Topdalsfjord.

Tabell 7. Oppsummering av tidligere undersøkelser av sediment i indre Topdalsfjorden (nord for E18).

Nr. Figur	Firma	År	Doknr.	Tittel
YR7-YR9	Norconsult	2021	NV42E39VK-YML-NOT-0002	Miljøteknisk undersøkelse i Vige - Datarapport sediment
VT50	Norconsult	2021		Denne rapporten
R2-R3	Multiconsult	2009	Ukjent	Ukjent- Ronabukta
R4	NIVA	2008	5710-2009	Oppfølgende undersøkelser i sjøområdet i Hånesbukta småbåthavn, Kristiansand
R5-R8	Multiconsult	2005	Ukjent	Ukjent- Justvik Båthavn
R10	NIVA	2003	4769	Miljøundersøkelser i Hånesbukta, Kristiansand, før utbygging av småbåthavn
T3	NIVA	2002	4745-2003	Overvåking av Topdalsfjorden og Ålefjærfjorden, Kristiansand kommune, 2002-2003

Tabell 8. Oppsummering av tidligere undersøkelser av sediment i Vige- og Kongsgårdsbukta.

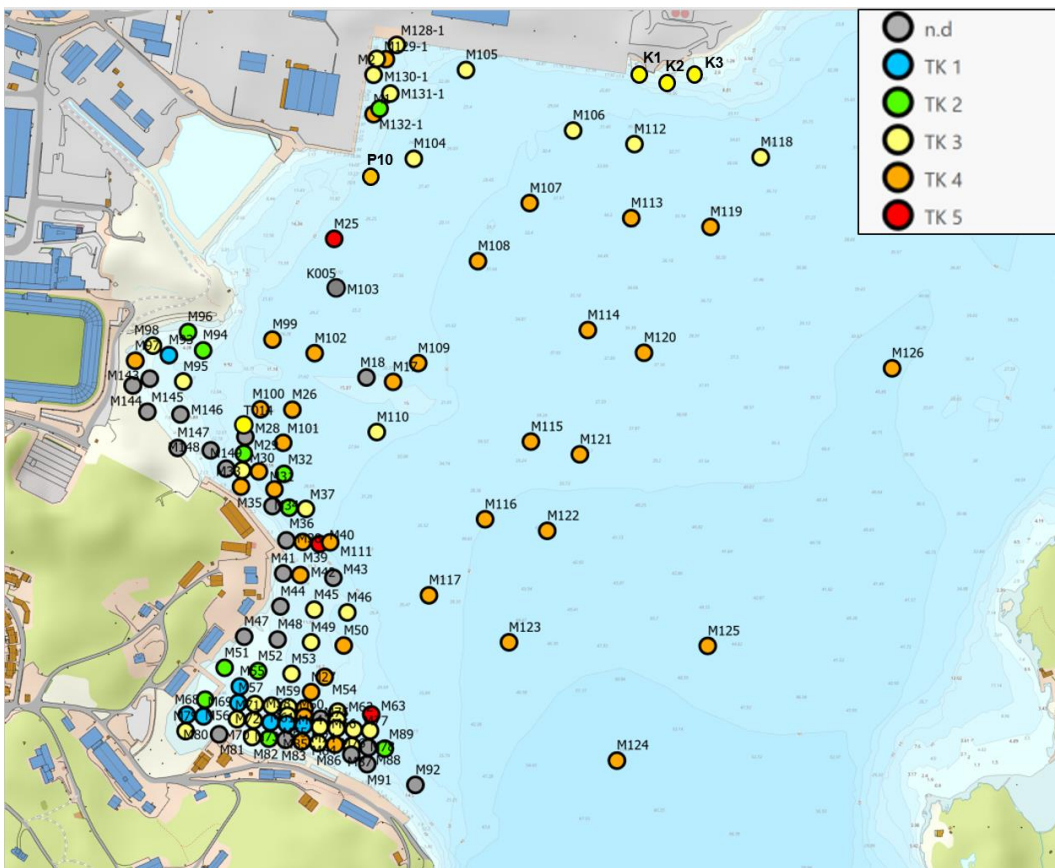
Nr. Figur	Firma	År	Doknr.	Tittel
YR1-YR9	Norconsult	2021	RIM-01	Miljøteknisk undersøkelse i Vige- Datarapport sediment
P10	COWI	2020	A115403-02	Overvåking Kristiansandsfjorden
K1-K3	Norconsult	2019	5196817-9107-002	Utvidelse av kai 36, Kristiansand havn
V-059	Norconsult	2018	RIM-01-5176609	Innledende miljøteknisk kartlegging av sedimenter. Kongsgård- Vige. Kjerneprøver
M2-M18	Multiconsult	2016	713151-RIGM-RAP-001	Kystverket, innseiling Kristiansand. Miljøgeologiske undersøkelser.
M25-M27	NIVA	2013	6540-2013	Overvåking av miljøgifter i Kristiansands-fjorden i 2012. Undersøkelse av blåskjell, torsk, taskekrabbe, sedimenter og bløtbunnsfauna.
M19-M24	Norconsult	2011	5112256-NOT-01	Vurdering av marint miljø ved Varoddbrua
M28-M98	Multiconsult	2011	411326-5-3	Miljøopprydding Marvika, sjø. Sluttrapport
M1-M3	Multiconsult	2009	311877-1	Kristiansand Havn. Risiko- og tiltaksvurdering av forurensede sedimenter
M133-142 og 150-154	Sørlandskonsult	2008	2636.419	Kristiansand havn KF - Utfylling Vige. Analyser av sedimenter.
M128-M132	Sørlandskonsult	2007	2636.420	Kongsgårdbukta. Kai med gammelt deponi. Miljøteknisk sluttrapport
M128-M132	Sørlandskonsult	2005	420.490/AV-	Kristiansand kommune. Kongsgårdbukta-ny havndokumentasjon av bunnforhold 2005
M99-M127	NIVA	2004	4854-2004	Supplerende sedimentundersøkelser i Kongsgårdbukta, Bredalsholmen og Hannevika i 2004.

## 6.2 Kongsgårdsbukta

De fleste prøvene som er tatt i Kongsgårdsbukta er over ti år gamle og regnes derfor som foreldet. Totalt er det registrert elleve prøver som er nyere enn ti år. Alle undersøkelser er klassifisert etter veileder M-608, og vist med fargekoder i Figur 21. Tidligere resultater viser at sedimentene var forurenset i tilstandsklasse to til fem. Det har vært flest overskridelser for ulike PAH-forbindelser, men også for PCB, TBT og ulike tungmetaller. De nyere prøvene viser samme generelle tilstand, og er forurenset i tilstandsklasse tre til fem. Det er overskridelser for PAH, PCB, TBT og ulike tungmetaller.

Et flertall av de historiske prøvene er tatt i forbindelse med sluttkontroll for opprydning av forurenset sediment. I Kongsgårdsbukta ble det drevet kommunal fyllplass i årene 1950 - 70 med mottak av avfall og slagg fra husholdninger, industri og øvrig næringsliv fra hele Kristiansand kommune. Avfallet ble i hovedsak lagt i sjøen, og det var ingen spesielle restriksjoner på hva som kunne leveres. Etter nedleggelsen av deponiet ble området dekket med stein og løsmasser.

Grunnet utlekking av miljøgifter fra det gamle deponiet ble det gjennomført en rekke tiltak for å tette deponiet, samle opp sigevann og avskjære inntrengende overvann og grunnvann. Utbedringsarbeidene ble fullført i 2005, og samtidig ble det etablert et strandkantdeponi rett nedstrøms det nedlagte avfallsdeponiet. Miljøtiltak i Torsvika og Marvika ble gjennomført i perioden 2008 til 2010. De forurensete bunnsedimentene ble fjernet med sugemudring og lagt i strandkantdeponiet i Kongsgårdsbukta. Prøvene som er tatt på dypere vann er hovedsakelig tatt av NIVA i 2012 i prosjektet «Overvåking av Kristiansandsfjorden».



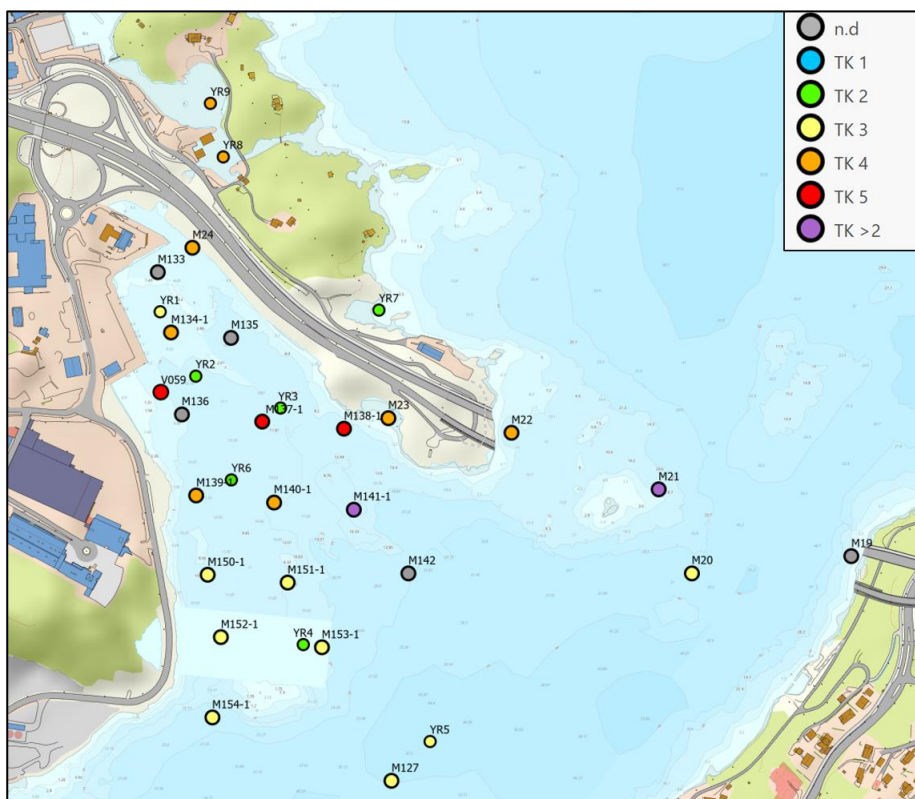
Figur 21. Kart over tidligere prøvetaking i Kongsgårdsbukta der forensingsgraden i sediment er fargekodet iht. veileder M-608. Grå farge betyr steinfylling eller ingen prøve.

### 6.3 Vigebukta

De fleste tidligere undersøkelser i Vigebukta er gjort av Sørlandskonsult i 2008. Resultater som er over ti år gamle regnes som foreldet. Det finnes syv gyldige prøver i Vigebukta (nyere enn ti år), hvorav en prøve er fra 2018 (V059) og de resterende er fra 2021.

Alle undersøkelser er klassifisert etter veileder M-608 og vist med fargekoder i Figur 22. Tidligere resultater viser at sedimentene i Vigebukta er forurenset i tilstandsklasse 2 til 5. Det har vært flest overskridelser for ulike PAH-forbindelser, men også for PCB, TBT og ulike tungmetaller. Høyest forurensningsgrad er funnet innerst i Vigebukta, og det er noe mindre utover mot sørøst.

Prøvene i 2021 innerst i Vigebukta indikerer at forurensningsgraden i sedimentene har blitt bedre siden forrige store prøvetaking i 2008. Prøvene i 2021 tatt ytterst i bukta viser en svakt forbedret eller tilsvarende forurensningsgrad sammenlignet med tidligere prøvetaking. Samtidig må man ta hensyn til at det kan finnes sterkere forurensning i dypere sediment. Resultatet fra prøven i 2018 viser en høyere forurensningsgrad også i overflaten. Denne prøven viste høye konsentrasjoner av PAH, tilsvarende tilstandsklasse V for antracen og fluoranten.

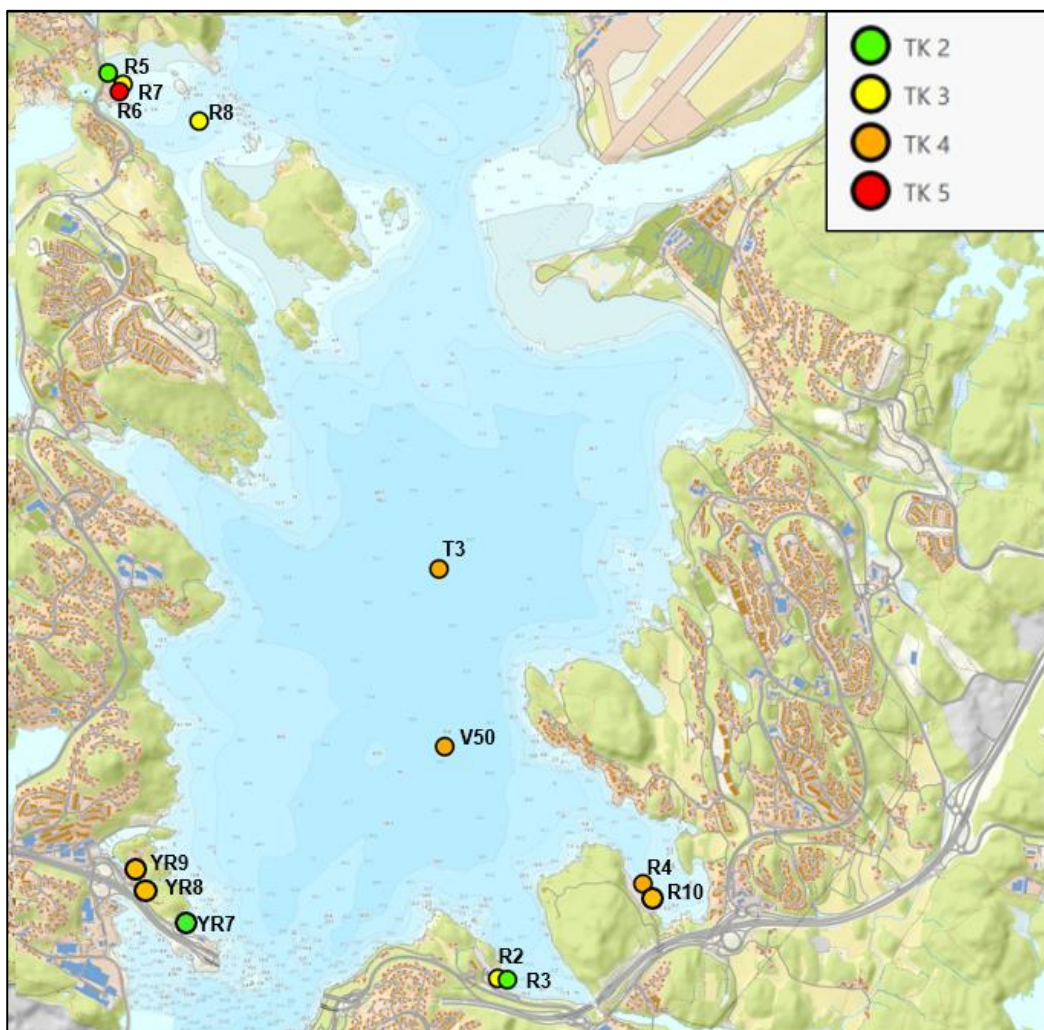


Figur 22.. Kart over tidligere prøvetaking i Vigebukta der forurensningsgraden i sediment er fargekodet iht. veileder M-608. Grå farge betyr steinfylling eller ingen prøve. Lilla farge betyr at deteksjonsgrensen er høyere enn grenseverdien TK II/III.

## 6.4 Indre Topdalsfjord

I Vannmiljø er det registrert sedimentprøver i Hånesbukta, Justvikbukta, Ronabukta, og i prøvepunktet T3 midt i fjorden. I 2021 det tatt tre sedimentprøver i Narviga av Nye veier i forbindelse med planleggingen av E39 Ytre ringvei, og en prøve i prøvepunktet VT50 i dette prosjektet (Topdalsfjorden). I tillegg til prøvene tatt i 2021 er det kun prøvene i Ronabukta fra 2009 som ikke er foreldet. Figur 23 viser prøvepunktene og tilstandsklasser iht. veileder M-608.

Tilstandsklassen til alle prøvene varierer fra tilstandsklasse 1 til tilstandsklasse 5. Det er påvist høyest forurensingsgrad for parameterne PAH og TBT. Tilstandsklassen i prøvepunktet midt i fjorden er spesielt interessant siden dette i større grad representerer påvirkning i hele fjorden. Analyseresultatene fra midt i fjorden i 2002 og 2021 er vist i Tabell 9. Begge prøvene viser høy forurensingsgrad av ulike PAH-forbindelser, tilsvarende tilstandsklasse 4. Prøven fra 2021 viser gjennomgående betydelig lavere konsentrasjoner, og det er færre parametere i tilstandsklasse 3 eller 4.



Figur 23. Kart over tidligere prøvetaking i Indre Topdalsfjord der forurensingsgraden i sediment er fargekodet iht. veileder M-608.

Tabell 9. Analyseresultater for sediment i prøvepunktet T3 i 2002 og prøvepunktet VT50 i 2021. Analysene er fargekodet iht. veileder M-608. Lilla farge betyr at deteksjonsgrensen er høyere enn grenseverdien mellom tilstandsklasse 2 og 3 (TK II/III). Grå farge betyr at deteksjonsgrensen er høyere enn grenseverdien mellom tilstandsklasse 1 og 2 (TK I/II).

ELEMENT	Enhet	V50 2021	T3-2002	ELEMENT	Enhet	V50 2021
Sampling Date		2021-06-15	2002-06-02			
Tørrestoff ved 105 grader		36,2				
Ekstraksjon		Yes				
As (Arsen)	mg/kg TS	6,78		PCB 101	mg/kg TS	<0,00070
Cd (Kadmium)	mg/kg TS	<0,10	0,6	PCB 118	mg/kg TS	<0,00070
Cr (Krom)	mg/kg TS	26,2		PCB 138	mg/kg TS	0,00119
Cu (Kopper)	mg/kg TS	30,7	67,4	PCB 153	mg/kg TS	0,00083
Hg (Kvikksølv)	mg/kg TS	<0,20	0,26	PCB 180	mg/kg TS	<0,00070
Ni (Nikkel)	mg/kg TS	28,7	66,5	PCB 28	mg/kg TS	<0,00070
Pb (Bly)	mg/kg TS	45,5	85,4	PCB 52	mg/kg TS	<0,00070
Zn (Sink)	mg/kg TS	102	213	Sum PCB-7	mg/kg TS	0,00202
Acenaften	µg/kg TS	<10	15	Monobutyltinn	mg/kg TS	6,66
Acenaftylen	µg/kg TS	<10	113	Dibutyltinn	mg/kg TS	69,7
Antracen	µg/kg TS	15	62	TBT forvaltningsmessig	mg/kg TS	2,83
Benso(a)antracen	µg/kg TS	54	159	Leire <2 µm	%	1
Benso(a)pyren	µg/kg TS	82	193	Silt (2-63 µm)	%	91,9
Benso(b)fluoranten	µg/kg TS	135	416	Sand (> 63 µm)	%	7,1
Benso(ghi)perylene	µg/kg TS	111	241	Totalt organisk karbon (TOC)	% TS	2,9
Benso(k)fluoranten	µg/kg TS	89	129	normalisert TOC	mg/g	30,3
Dibenso(ah)antracen	µg/kg TS	21		Jordartsklassifisering		Silt
Fenantren	µg/kg TS	45	210			
Fluoranten	µg/kg TS	103	387			
Fluoren	µg/kg TS	<10	40			
Indeno(123cd)pyren	µg/kg TS	105	288			
Pyren	µg/kg TS	88	380			
Krysen	µg/kg TS	62				
Naftalen	µg/kg TS	<12	167			
Sum of 16 PAH (M1)	µg/kg TS	910				
Sum PAH carcinogene	µg/kg TS	548				
Sum PAH (må spesifiseres)	µg/kg TS		2956			
Sum Crysen og Trifenylene	µg/kg TS		120			
Sum Dibenzo[a,c/a,h]antracen	µg/kg TS		36			
Høyeste påviste tilstandsklasse		Dårlig	Dårlig			

## 6.5 Miljøgifter i biota

Miljøgifter i blåskjell er analysert av NIVA i 2010, 2011, 2012 og 2013. Blåskjell er hentet fra Marvika i Topdalsfjorden. I tillegg har COWI gjort analyser av miljøgifter i blåskjell i 2018/19 og 2020/21 i indre deler av Topdalsfjorden som vist i Figur 24. Prøvene viser generelt en oppkonsentrering av PCB i biota. I tillegg har enkelte prøver fra 2021 forhøyede verdier av krom og sink.

I 2012 gjorde NIVA også en undersøkelse av miljøgifter i torsk og krabbe. Overordnet var det lavere konsentrasjoner av miljøgifter i Kristiansandsfjorden i perioden 2010 til 2012 sammenlignet med forrige store undersøkelse i 2006 (NIVA 2013). I Vannmiljø er det ikke registrert vannprøver med analyse av miljøgifter bortsett fra PFAS undersøkelser i forbindelse med Kjevik flyplass.



Kristiansand  
Figur 24. Oversikt over plassering av blåskjellstasjoner i Topdalsfjorden.



## 7 Usikkerhet

Vurderingene av vannkjemi og bløtbunnsfauna som er gjort i rapporten er basert på et prøvepunkt (VT50). Prøvepunktet ligger midt i fjorden og det er nært det dypeste punktet. Vannkjemien anses til å være representativt for de frie vannmasser, men det vil kunne være variasjoner nært land spesielt ved utløpet av bekker og elver. Prøven av bløtbunnsfauna er tatt nært fjordens dypeste punkt og i et område der det er antatt lavest oksygenkonsentrasjon. Ifølge vanndirektivet skal tilstanden i en vannforekomst vurderes basert på prinsippet om at det verste styrer. Stasjonen VT50 anses som representativ for å vurdere tilstanden for bløtfauna i dypområder i fjorden, men det påpekes at tilstanden på grunnere vann antas å være bedre enn i dypvannet.

Det er ikke gjort egne undersøkelser av Ålefjærfjorden. På grunn av lokalisering og strømningsforhold kan tilstanden i dette området skille seg fra selve Topdalsfjorden. Ålefjærfjorden er også definert som egen vannforekomst i vann-nett.

Det er kun gjennomført naturtypekartlegging i nærområdet til ny havn. Hvilke naturtyper som finnes i andre deler av fjorden og utbredelsen av disse er dermed ikke kjent. Samtidig er det naturen i direkte nærområde til ny havn som vil bli mest påvirket av utbygging.

## 8 Oppsummering

### Næringsstatus og algeoppblomstring

Analyseresultatene av vannprøver fra midten av fjorden viser generelt lave konsentrasjoner av næringsstoffer om sommeren og lave konsentrasjoner av klorofyll. Lave konsentrasjoner av klorofyll tyder på at tilførsler av næringsstoffer ikke fører til store og uheldige algeoppblomstringer i fjorden.

### Oksygeninnhold og bløtbunnsfauna

Som terskelfjord med begrenset vannutskiftning er Topdalsfjorden sårbar for eutrofipåvirkning som kan føre til dårlige oksygenforhold i bunnvannet. Historiske målinger av oksygen i perioden 1950 til 2020 viser en nedgang i oksygenivåene i bunnvannet fra 1950 til 2020. I de siste årene (fra rundt år 2000) er det en tendens til forbedring i dypvannet. Men gjennomsnittlig oksygenkonsentrasjon om vinteren er fremdeles lav.

Resultatene fra undersøkelser av bløtbunnsfauna fra 2021 ved prøvepunktet VT50 i Topdalsfjorden viste samlet tilstandsklasse «god». Det ble funnet arter som både er følsomme og tolerante for forurensning, men kun en art som er indikator på forhøyet næringstilgang. Undersøkelsene i 2021 viser at forholdene for bløtbunnsfauna i dypområdene i fjorden har forbedret seg siden 2003, og dette antas å ha sammenheng med noe forbedrede oksygenforhold i dypvannet.

### Salinitet og aluminiumskjemi

Målinger av salinitet i punktet VT50 midt i fjorden viser at det ofte ligger et brakkvannslag i de øverste vannmassene. Dette laget varierer i tykkelse mellom år og gjennom sesong. I gjennomsnitt er det kun den øverste meteren som har et brakkvannspreg med salinitet mellom 1-10 psu, men dette laget kan gå ned til mellom to og fem meter i enkelte situasjoner.

Vannkjemien i Topdalselva og Topdalsfjorden tyder på at det sannsynligvis forekommer situasjoner der høy konsentrasjon av aluminium i brakkvann er problematisk for smolt. Endringer i salinitet vil kunne påvirke giftigheten til aluminium.

### Naturtypekartlegging

Ved utbyggingsområdet til ny havn er store deler av området allerede påvirket av menneskelig aktivitet, men det finnes også områder som i større grad er upåvirket. Dette inkluderer en tidligere ukjent ålegraseng i Torsvika og naturlig mudderbunn på dyp under 30 m. I grunne områder i øst (ned til ca. 20 m) er det hovedsakelig naturlig sjøbunn og et par undervannsenger, under 30 m er det naturlig mudderbunn med sjøfjær.

### Miljøgifter

Sedimentene i deler av Topdalsfjorden er forurenset med ulike PAH-forbindelser, PCB, TBT og ulike tungmetaller. Det er tegn til forbedring i enkelte områder i tråd med mindre utslipp fra land. Enkelte miljøgifter akkumulerer i biota og det er funn av høye konsentrasjoner av miljøgifter i torskelever, blåskjell og mykdeler av taskekrabbe.

## 9 Referanser

- Bendixby, L., 2012. Boenfoss kraftverk - Utredning av biologisk mangfold, s.l.: Norconsult AS.
- COWI 2019. Overvåking av Kristiansandsfjorden
- COWI. 2021. Overvåking av Kristiansandsfjorden. Undersøkelser i 2020/21.
- Hindar, Garmo, og Teien 2015. Sammenhengen mellom labilt aluminium og pH i kalkede laksevasdrag, NIVA
- Diserud, O.H., Kroglund, F., Teien, H.-C., Tjomsland, T. & Økland, F. 2012. Modellering av gjellealuminium: Aluminiumspåslag på gjellene til laksesmolt og betydningen dette kan ha for utvandringen. - NINA Rapport 773. 41 s.
- Kommunedelplan for havneområde nord Kongsgård-Vige. Notat forurensing og miljøkonsekvenser for Topdalsfjorden. 31.mai 2017, revidert 26.juni 2018, korrigert 16. august 2018.
- Kroglund, F., Høgberget, R., Haraldstad, T., Økland, F., Thorstad, E., Teien, H.-C., Rosseland, B.O., Salbu, B., Nilsen, T.O., Stefansson, S., Güttrup, J., 2011. Påvirkes laksesmolt av aluminium i brakkvann? Storelva i Holt, Aust-Agder og Audna, Vest-Agder, 2007.
- Kroglund, F., Haraldstad, T., Güttrup, J., 2014. Sjøoverlevelse til smolt eksponert for aluminium i brakkvann - oppvandring av laks i Storelva i 2010-2013.
- Kroglund, F., Haraldstad, T., Güttrup, J., 2014. Sjøoverlevelse til smolt eksponert for aluminium i brakkvann - oppvandring av laks i Storelva i 2010-2013.
- Knutsen, Ø. 2021. Strømsimulering for Topdalsfjorden, med fokus på endringer i strømforhold og saltholdighet i forbindelse med utbygging av kai i Kristiansand Havn, SHA 4,5 & 7.: SINTEF report 2021:01421, ISBN 978-82-14-07701-8.
- Lie, A. 2016. Biologisk mangfold Kongsgård-Vige Ny havn Kristiansand kommune. Agder naturmuseum og botaniske hage IKS.
- Miljødirektoratet (tidligere Klif): Sukkertareovervåking (KYS). 2009-2011. Datarapport 2009 og 2010. Rapportnr. TA 2814.
- Miljødirektoratet 2015. Økokyst – Delprogram Skagerrak. Årsrapport 2015. M-224.
- NIVA. 1986. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden 1982-1984.
- NIVA. 2003. Overvåking av Topdalsfjorden og Ålefjærfjorden, Kristiansand kommune 2002-2003. Tilførsel, vannkvalitet, bløtbunnsfauna og sedimenter. Rapport LNR 4745-2003.
- NIVA. 2003b. Miljøundersøkelser i Hånesbukta, Kristiansand, før utbygging av småbåthavn.
- NIVA. 2008. Oppfølgende undersøkelser i sjøområdet i Hånesbukta småbåthavn, Kristiansand.
- NIVA. 2011. Overvåking av miljøgifter i Kristiansandsfjorden i 2011. Undersøkelser av blåskjell, torsk og vann. RAPPORTLNR 6364-2012
- NIVA 2012. Overvåking av miljøgifter i Kristiansandsfjorden i 2011 Undersøkelse av blåskjell, torsk og vann. NIVA RAPPORTLNR 6364-2012.
- NIVA 2013. Overvåking av miljøgifter i Kristiansandsfjorden i 2012. Undersøkelse av blåskjell, torsk, taskekrabbe, sedimenter og bløtbunnsfauna. NIVA RAPPORT L.NR. 6540-2013

NIVA 2014. Overvåking av miljøgifter i Kristiansandsfjorden i 2013. Undersøkelse av blåskjell. NIVA RAPPORT L.NR. 6695-2014

Norconsult. 2021. Narviga - kartlegging sjøbunntilstanden

OSPAR. 2010. Background Document for Seapen and Burrowing megafauna communities.

Teien, et al., 2006, Gill reactivity of aluminium-species following liming, Science of the Total Environment, 358, 206-220

### **Veileder**

Håndbok 19. 2001 revidert 2007. «Kartlegging av marinbiologisk mangfold». Utgiver: Direktoratet for naturforvaltning

Veileder 02:2018. Direktorsgruppen vanndirektivet 2018. Veileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann.

ISO 16665. Water quality — Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna

### **Internett**

Vann-nett. 2021. <https://vann-nett.no/portal/>

Vannmiljø. 2021. <https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>

Naturbase. 2021. <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/naturbase/>

Økokyst . 2021. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/overvaking-arealplanlegging/miljoovervaking/overvakingsprogrammer/basisovervaking/okokyst/>

Norske Lakselver. 2021. <https://lakseelver.no>

### **Direkte kommunikasjon**

Havforskningsinstituttet - Historiske målinger av oksygenkonsentrasjon 1950-2020

Frode Kroglund- Seniorrådgiver hos Statsforvalteren i Agder.

## Vedlegg 1. Grenseverdier i veileder 02:2018

**Tabell 9.27** Klassifisering av tilstand for næringssalter og siktedyp i overflatelaget, samt oksygen i dypvannet ved saltholdighet (psu) 5 og 18 (modifisert fra SFT 97:03).

Parameter	psu	Tilstandsklasser						
		I	II	III	IV	V		
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig		
Overflatelag Sommer (Juni-August)	Totalfosfor ( $\mu\text{g P/l}$ )*	5	<8	8-12	12-22	22-53	>53	
		18	<11,5	11,5-15,5	15,5-28	28-59	>59	
	Fosfat ( $\mu\text{g P/l}$ )*	5	<2	2-3,5	3,5-7,5	7,5-21	>21	
		18	<3,5	3,5-6,5	6,5-15	15-46	>46	
	Total nitrogen ( $\mu\text{g N/l}$ )*	5	<250	250-383	383-538	538-800	>800	
		18	<250	250-337	337-505	505-800	>800	
	Nitrat + nitritt ( $\mu\text{g N/l}$ )*	5	<97	97-156	156-223	223-363	>363	
		18	<24	24-41	41-86	86-265	>265	
	Siktedyp (m)	5	>7	7-4,5	4,5-2,5	2,5-1,5	<1,5	
		18	>7,5	7,5-6	6-4	4-2,5	<2,5	
	Overflatelag Vinter (Desember- Februar)	Totalfosfor ( $\mu\text{g P/l}$ )*	5	<10,5	10,5-14,5	14,5-26	26-53	>53
			18	<20	20-24	24-40	40-59	>59
Fosfat ( $\mu\text{g P/l}$ )*		5	<7	7-9	9-16	16-31	>31	
		18	<14,5	14,5-19	19-32	32-48	>48	
Total nitrogen ( $\mu\text{g N/l}$ )*		5	<261	261-385	385-553	553-800	>800	
		18	<291	291-398	398-559	559-800	>800	
Nitrat + nitritt ( $\mu\text{g N/l}$ )*		5	<143	143-226	226-326	326-478	>478	
		18	<97	97-139	139-239	239-367	>367	

**Tabell 9.26** Klassifisering av tilstand for næringssalter og siktedyp i overflatelaget, samt oksygen i dypvannet ved saltholdighet over 18 (modifisert fra SFT 97:03).

Parameter		Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Overflatelag Sommer (Juni-August)	Totalfosfor (µg P/l)*	< 11,5	11,5-16	16-29	29-60	>60
	Fosfat (µg P/l)*	< 3,5	3,5-7	7-16	16-50	>50
	Total nitrogen (µg N/l)*	< 250	250-330	330-500	500-800	>800
	Nitrat + nitritt (µg N/l)*	< 12	12-23	23-65	65-250	>250
	Ammonium (µg N/l)*	< 19	19-50	50-200	200-325	>325
	Siktedyp (m)	> 7,5	7,5-6	6-4,5	4,5-2,5	< 2,5
Overflatelag Vinter (Desember-Februar)	Totalfosfor (µg P/l)*	< 20	20-25	25-42	42-60	>60
	Fosfat (µg P/l)*	< 14,5	14,5-21	21-34	34-50	>50
	Total nitrogen (µg N/l)*	< 291	291-380	380-560	560-800	>800
	Nitrat + nitritt (µg N/l)*	< 97	97-125	125-225	225-350	>350
	Ammonium (µg N/l)*	< 33	33-75	75-155	155-325	>325
Dypvann	Oksygen (mO <sub>2</sub> /l)**	> 4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	< 1,5
	Oksygen metning (%)***	> 65	65-50	50-35	35-20	< 20

**Tabell 7.9a** Referanseverdier og klassegrenser for Total fosfor – elver. a) Absoluttverdier.

N-GIG-type	Elvetype*	Beskrivelse	Total Fosfor (Tot-P) i elver (µg/L)					
			Ref. verdi	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
R-N2	R104, R105, R207	Klar, kalkfattig i lavland (eller moderat kalkrik i skog)	6	1 - 11	11 - 17	17 - 30	30 - 60	>60
R-N3	R106, R208	Humøs, kalkfattig, lavland (eller moderat kalkrik i skog)	9	1 - 17	17 - 24	24 - 45	45 - 83	>83
R-N1, R-N4	<b>R107</b> , R109	Klar, moderat kalkrik og kalkrik, lavland	9	1 - 15	15 - 25	25 - 38	38 - 65	>65
n.a.	<b>R108</b> , R110	Humøs, moderat kalkrik og kalkrik, lavland	11	1 - 20	20 - 29	29 - 58	58 - 98	>98
R-N5, R-N6	R101, R102, R201, R202, R204, <b>R205</b>	Klar eller svært klar, svært kalkfattig eller kalkfattig i skog (eller svært kalkfattig i lavland)	5	1 - 8	8 - 15	15 - 25	25 - 55	>55
R-N9	R103, R203, R206	Humøs, svært kalkfattig eller kalkfattig i skog (eller svært kalkfattig i lavland)	8	1 - 13	13 - 20	20 - 36	36 - 68	>68
R-N7	R301, R302, <b>R305</b>	Fjell, klar eller svært klar, kalkfattig eller svært kalkfattig	3	1 - 5	5 - 8	8 - 17	17 - 30	>30
n.a.	R303, R306	Fjell, humøs, kalkfattig eller svært kalkfattig	5	1 - 8	8 - 12	12 - 25	25 - 40	>40

**Tabell 7.10** Referanseverdier og klassegrenser for Total nitrogen – Innsjøer og elver. a) Absoluttverdier.

Innsjøtype N-GIG	Innsjøtype (nr)*	Elvetype N-GIG	Elvetype (nr)*	Total Nitrogen (Tot-N) i innsjøer og elver (µg/L)					
				Ref. verdi	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
L-N2a	L104, L105a, L207	R-N2	R104, R105, R207	200	1-325	325-475	475-775	775-1350	>1350
L-N2b	L105b	n.a.		175	1-200	200-400	400-650	650-1300	>1300
L-N3a	L106, L208	R-N3	R106, R208	275	1-475	475-650	650-1075	1075- 1775	>1775
L-N1	<b>L107</b> , L109	R-N1, R-N4	<b>R107</b> , R109	275	1-425	425-675	675-950	950-1425	>1425
L-N8a	<b>L108</b> , L110	n.a.	<b>R108</b> , R110	325	1-550	550-775	775-1325	1325- 2025	>2025
L-N5a	L101, L102, L201, L202, L204, <b>L205</b>	R-N5, R-N6	R101, R102, R201, R202, R204, <b>R205</b>	150	1-250	250-425	425-675	675-1250	>1250
L-N6a	L103, L203, L206	R-N9	R103, R203, R206	250	1-400	400-550	550-900	900-1500	>1500
L-N7	L301, L302, L304, L305	R-N7	R301, R302, <b>R305</b>	125	1-175	175-250	250-475	475-775	>775
n.a.	L303, L306	n.a.	R303, R306	150	1-250	250-425	425-675	675-1250	>1250

## **Vedlegg 2. Litteraturstudium aluminiumskjemi**



## **Vedlegg 3. Rådata bløtbunnsfauna**

Oppdragsgiver: **Kristiansand kommune**

Oppdragsnr.: **RIM-02** Dokumentnr.: **52104386**

**Til:** Kristiansand kommune

**Fra:** Norconsult

**Dato** 2021-10-15

## ► Litteraturstudium Aluminiumskjemi

### Bakgrunn

Kristiansand kommune utlyste januar 2021 konkurransen «*Utredning av konsekvenser for marint liv, samt kartlegging av strømningsforhold, salinitet m.m. i Topdalsfjorden ved flytting av containerterminalen til havneområde nord, Kongsgård – Vige*». Utredningen skulle dekke to ulike utredningsbehov:

1. Kristiansand bystyre vedtok 27.11.2019 (sak 67/19) at det skal gjennomføres en grundig, ekstern og uavhengig utredning av konsekvensene en eventuell flytting av containerhavna til Vige kan få for marint liv i Topdalsfjorden.
2. Fylkesmannen har, i brev av 03.03.2020 til Kristiansand havn, gitt et foreløpig svar på søknad om fylling i Vigebukta, med krav om kartlegging av strømforhold, vannutskiftning og salinitet i Topdalsfjorden, med den hensikt å vurdere om utbygging av Havneavsnitt Nord vil påvirke innstrømning av saltvann og saliniteten i Topdalsfjorden og i hvilken grad økologien i Topdalsfjorden vil påvirkes av en eventuell endring i strømforhold og salinitet.

Dette notatet er et underlag for å svare ut punkt 2 og gir en bakgrunn for problemstillingen. Hovedtemaet for notatet er aluminiumskjemi i brakkvannsoner og hvordan endringer i kjemien kan påvirke økologien.

### Innledning

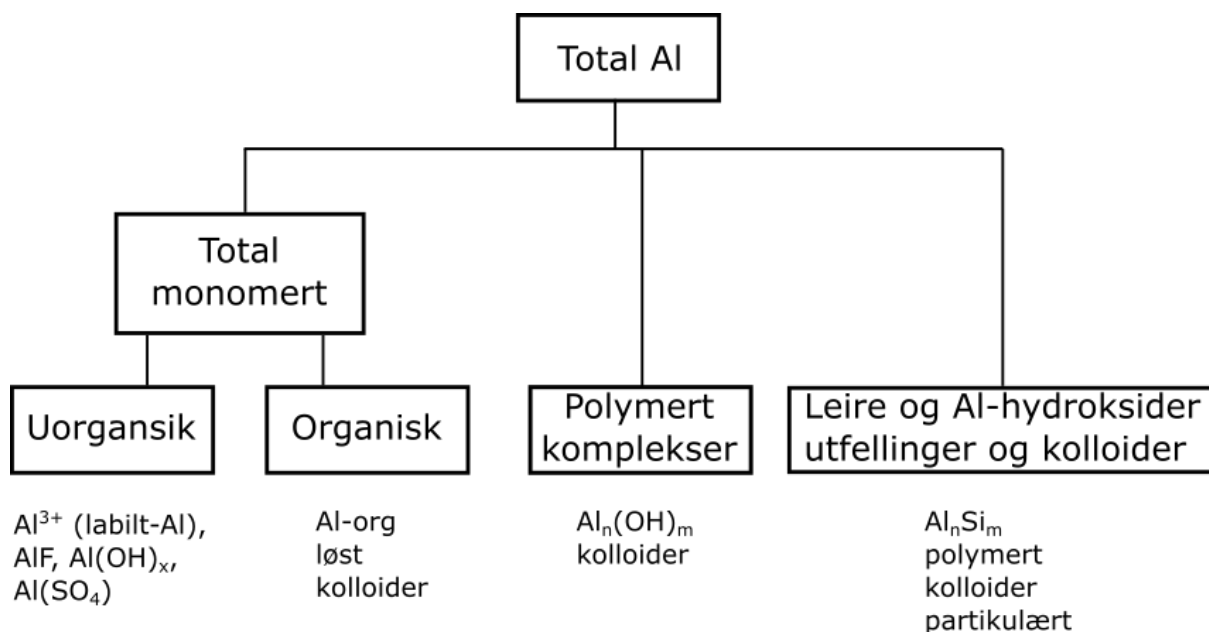
Aluminium (Al) er en av hovedgrunnstoffene i jordens skorpe og forekommer i de fleste silikatmineralene. Gjennom erosjon og forvitningsprosesser av jord, stein og sediment som inneholder Al-mineraler f.eks. gibbsitt ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), blir Al fra jord transportert til elver og til slutt sjøen. Al kan også transporteres med organiske stoff. Transport til elver kan øke som følge av menneskelig aktivitet. Sur nedbør forårsaket av blant annet kullbrenning har ført til utlekking av en toksisk form av Al fra jord. Mange elver som drenerer områder rammet av surnedbør har som følge av dette opplevd stor fiskedød. Som tiltak har mange av disse elvene blitt kalket med mål om å øke pH og redusere konsentrasjon av den toksiske formen av Al.

I vann forekommer aluminium i mange fysiske og kjemiske form som er avhengig av vannets kjemiske sammensetning og egenskaper (f.eks. pH, temperatur, ionstyrke<sup>1</sup>). Den komplekse interaksjonen mellom mange styrende faktorer er ennå ikke helt forstått.

I fysiske form, kan Al være løst, eller bundet til kolloider, partikler eller sediment. Fraksjoner er definert i forhold til den analytiske metoden som benyttes, men er normalt ikke er en ren fraksjon kjemisk sett. For eksempel, «løst-Al» er ofte definert som alt som passerer gjennom et 0,45 µm filter, men denne fraksjonen vil også inneholde kolloider og mindre leirpartikler. For å minimere andel kolloider kan prøver ultrafiltreres (bruk av  $10^4$  Dalton filter). Figur 1 oppsummere de vanligste form av Al i vann.

---

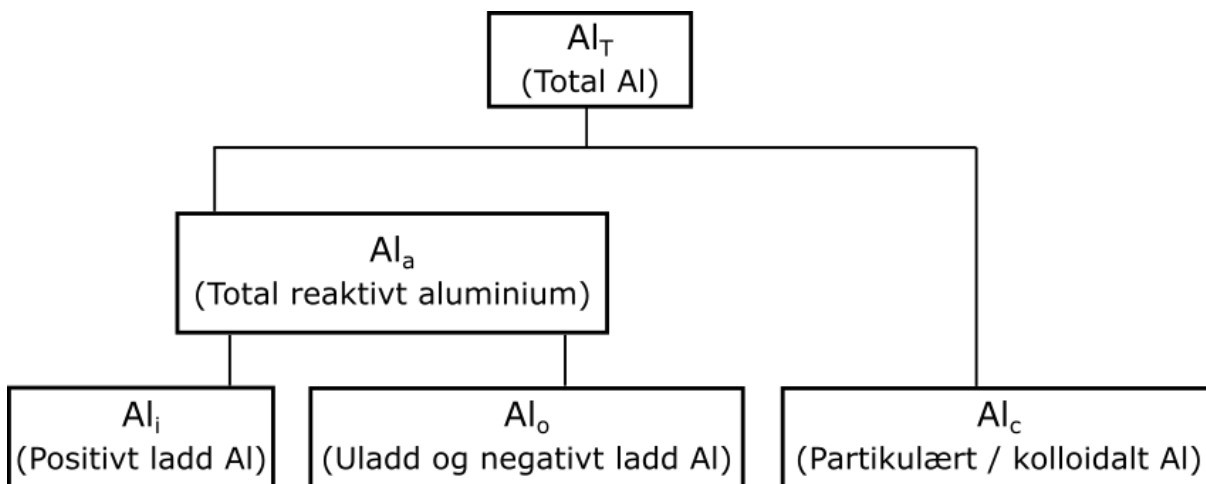
<sup>1</sup> Mål på konsentrasjon av ioner i vannet.



Figur 1: Hovedfraksjonene av aluminium som forekommer i vann. Firkanter viser analytiske definert fraksjoner. Tilsvarende kjemiske begrep er under (Crane et al., 2007; Wilson, 2011).

Laboratorier rapporterer ofte Al-kjemi i tre fraksjoner: labilt (LAI), ikke-labilt (ILAI) og reaktive (RAI). Reaktivt aluminium er syreløselig aluminium og vil inneholde alt Al i vannet med unntak av Al som sitter på leirpartikler og andre tungt løselige forbindelser av Al. Ikke-labilt Al tilsvarer organisk monomert aluminium<sup>2</sup>. Labilt Al er regnet ut som differanse mellom reaktivt og ikke-labilt Al og tilsvarer uorganisk monomert aluminium. Hvis kolloider ikke er fjernet fra prøven ved hjelp av ultrafiltrering, kan det medføre at monomert uorganisk Al overestimeres. Samtidig skjer det en endring fra lavmolekylært uorganisk monomert Al mot lavmolekylært organisk monomert Al ved transport fra felt til laboratorium. Dette kan føre til at labilt Al i elva underestimeres (Hindar et al., 2000). Et eksempel på en annen inndeling er gitt i Figur 2.

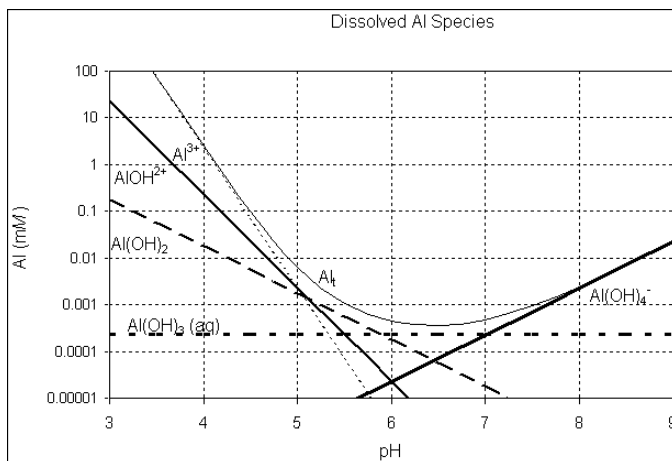
<sup>2</sup> Monomert aluminium tilsvarer et enkelt Al-ion ( $\text{Al}^{3+}$ ) som er ofte bundet til andre organiske eller uorganiske ligander (se fotnote 3).



Figur 2: En mulig inndeling av Al-fraksjoner basert på ekstraksjon og kationebyttekromatografi (Hindar et al., 2000).

### Løst aluminium

Generelt er aluminium lite vannløselig og konsentrasjoner av løst Al i vannet er lave. Løselighet er lavest ved pH 6-7 og øker ved både lavere (pH<6) og høyere (pH>7) pH (Figur 3). Løselighet øker også med lavere temperatur og ved forhold der Al kan danne komplekser med ligander (Driscoll and Schecher, 1990). For aluminium i likevekt ved gibbsitt forekommer Al som  $Al^{3+}$  ved pH < 5. Ved økende pH, øker grad hydrolysering (f.eks.  $Al(OH)^{2+}$ ,  $Al(OH)_2^+$ ), som fører til at det dannes nøytrale  $Al(OH)_3$  kompleks. Når pH er større enn 6,7 er anionen  $Al(OH)_4^-$  hovedform.



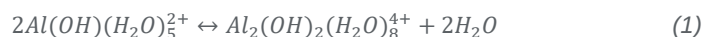
Figur 3: Løselighet av Al i forhold til pH i et system i likevekt med gibbsitt (Driscoll and Schecher, 1990).

Aluminium danner komplekser med både uorganiske og organiske ligander<sup>3</sup>. Eksempler på uorganiske ligander er florid ( $F^-$ ) og sulfat ( $SO_4^{2-}$ ). Forbindelser med silisium er også viktig. Endringer i tilstandsformer av uorganiske forbindelse tar minutter til timer og er avhengig av pH og temperatur. Organiske ligander omfatter f.eks. oksalsyre, humussyre og fulvussyre og løst organisk karbon (DOC) som er definert som den organiske fraksjonen som passerer gjennom 0,45  $\mu m$  filter. I ferskvann med pH < 7 og lav ionestyrke er de

<sup>3</sup> En ligand er et ion eller molekyl som binder til et sentralt atom – i dette tilfelle aluminium - og danner et kompleks. For eksempel, i komplekset  $AlCl_3$  er de tre klorid atomer ligander.

dominerende forbindelsene med fluorid og organiske stoffer. En enkelt Al ion ( $Al^{3+}$ ) som er bundet til en eller flere ligander, enten uorganisk eller organisk, er kalt monomert Al.

Monomert Al kan polymeriseres når pH er større enn 4,5 (Eq.1).



Størrelse på polymere øker til en såkalt  $Al_{13}$  polykation dannes (Parker and Bertsch, 1992). Med tid blir polymere stort og moden nok til at det dannes krystallin  $Al(OH)_3$  som sedimenteres på sjøbunn. Endringer i organiske forbindelser kan ta minutter til timer og løsnings er ofte ikke i likevekt. Al-polymere er å anse som en midlertidig, dog viktig, tilstandsform av Al (Gensemer and Playle, 1999).

### Kolloider

Kolloider er små partikler av størrelsen 1 nm – 1  $\mu$ m i vannet. Kolloider dannet av jern og aluminium er veldig vanlig i naturen og både andre metaller og organiske stoff kan adsorbere til dem. Adsorpsjon er en reversibel prosess og vannkjemien vil styre hva er adsorbent til enhver tid.

Flokkulering er en prosess hvor kolloider klumper seg sammen og kan sedimentere ut av vannsøylen (Takayanagi and Gobeil, 2000). Høye konsentrasjoner av Al kan øke sannsynlighet for flokkulering.

### **Effekt av endringer i vannkemi: brakkvann**

Aluminiumskjemi er veldig følsom mot endringer i pH. Forskning fokusert på endring i ferskvann nedstrøms områder hvor det har vært kalking, viser at pH-endringer i blandingssonen kan føre til midlertidig dannelse av toksiske-former av Al (Kroglund et al., 2001) og, i verste fall, fiskedød (Rosseland et al., 1992). Disse toksiske former er monomert uorganisk Al og polymert Al med positiv ladning. Med tid forvandler de positivt ladede molekylene seg til nøytralt/negativt ladd og/eller danner kolloider som gjør de mindre toksiske (Teien et al., 2006a).

Saltvann har høyere pH (8,1) og høyere ionstyrke enn ferskvann. Det kan også være en temperaturforskjell mellom elv og sjø. I motsetning til typisk ferskvann (pH < 7) hvor Al er positivt ladd (Figur 3), er hovedform for Al i saltvann  $Al(OH)_4^-$ . En annen stor forskjell fra ferskvann er at saltvann har neglisjerbare konsentrasjoner av kolloider (Angel et al., 2015). I blandingssonen mellom ferskvann og saltvann foregår det dermed en rekke kjemiske forandringer. Det er seks hovedprosesser (Simonsen et al., 2019):

1. Fortynning: elvevann blir fortynnet ved møte ved sjøen.
2. Hydrolyse og polymerisering: Økende pH fører til at monomeriske forbindelser danner polymer, først ved lav molekylær masse (LMM) og deretter med høy molekylær masse (HMM).
3. Flokkulering og sedimentasjon: Økende salinitet kan føre til at kolloider klumper seg sammen og faller til sjøbunn.
4. Remobilisering: Saltvann har høyere konsentrasjoner av basekationer som Na og Ca enn ferskvann. Disse konkurrerer med Al for bindingsplasser på organiske stoff. Al er trivalent og taper konkurranse mot divalent og monivalent kationer. Løst Al konsentrasjon øker.
5. Resuspensjon: Under visse vannforhold, f.eks. storm eller høyvann kan sedimenter virvles opp i vannet og bli utsatt for videre kjemiske prosesser.
6. Anion: Ved pH > 7,5 kan Al danne aluminat ( $Al(OH)_4^-$ )

Balansegang mellom disse prosessene styrer både tilstandsform og mengde aluminium i brakkvann.

I elver rike på organiske stoff er aluminium bundet til kolloider og komplekser med organiske molekyler som ikke er biologisk tilgjengelig, og anses dermed å ha neglisjerbar toksisitet (Driscoll et al., 1980). Når salinitet øker blir Al som er bundet til organiske stoff (enten løst eller som kolloider) mobilisert og forvandlet til positivt

ladd former av Al (inkludert polymere) som er skadelige for gjeller (Mackin and Aller, 1984a; Teien et al., 2006b). Med tid og full innblanding vil disse toksiske formene omvandles til non-toksiske former (polymere blir for stor) eller feller ut.

I elver med lave konsentrasjoner av organiske stoff er det foreslått at dannelse av aluminosilikat partikler styrer løst aluminium konsentrasjoner (Mackin and Aller, 1984b). I andre brakkvannssoner er sorpsjon/desorpsjon til suspendert stoff fremhevet som nøkkelprosess (Morris et al., 1986). Som regel bidra flere prosesser og nøyaktig hvilke prosess(er) som er styrende kan endre seg avhengig av vannføring i elva, tidevann og vær (Bjerknes et al., 2003; Morris et al., 1986; Takayanagi and Gobeil, 2000).

### Toksisitet av aluminium i biota

Biologisk liv trenger ikke Al for å leve og Al er ikke et næringsstoff. Aluminium akkumulerer ikke i biologiske muskelvev (Driscoll and Schecher, 1990), men vil inngå inn i celler i gjellene. DOC (løst organisk karbon), pH og vannets hardhet er de tre mest viktige variabler som styrer aluminiums toksisitet i vann.

Uorganisk monomert Al og polymert Al anses som de mest toksiske tilstandsformene av Al (Parent and Campbell, 1994). I ferskvann er toksisitet høyest rundt pH 6. Al bundet til organiske stoff er mindre tilgjengelig og dermed i en mindre toksisk form (Gensemer and Playle, 1999). Økt DOC konsentrasjoner er assosiert med redusert mengde monomert Al og er derfor en beskyttende faktor (Driscoll et al., 1980).

### Fisk

Aluminium påvirker fisk gjennom gjellene. De toksiske mekanismene er best forstått for ferskvann. Siden Al er lite løselig ved nøytral pH (pH 7) er de toksiske effekter mest synlig på pH < 6 og > 8. Den nøyaktige mekanismen er avhengig av vannkjemi (spesifikt konsentrasjoner av H<sup>+</sup> (pH), Ca og Al) og er knyttet til ionregulering, respirasjon eller begge deler (Gensemer and Playle, 1999). I Norge er det kalkfattige og humøse elver i lavlandet som er mest påvirket. Sørlandet har vært spesielt hardt rammet (Direktoratet for naturforvaltning, 2004).

**Ionregulering:** Mest viktig ved lav pH. Gjeller er negativt ladd. Ved lav pH (pH < 6) forekommer uorganisk Al primært som kationer (Al<sup>3+</sup>, Al(OH)<sub>x</sub><sup>x-1</sup>). Al binder seg til celler i gjellene på samme måte som H<sup>+</sup> og forstyrrer ionreguleringen som igjen fører til død. Høye Ca-konsentrasjoner har en beskyttende effekt mot denne toksiske mekanismen.

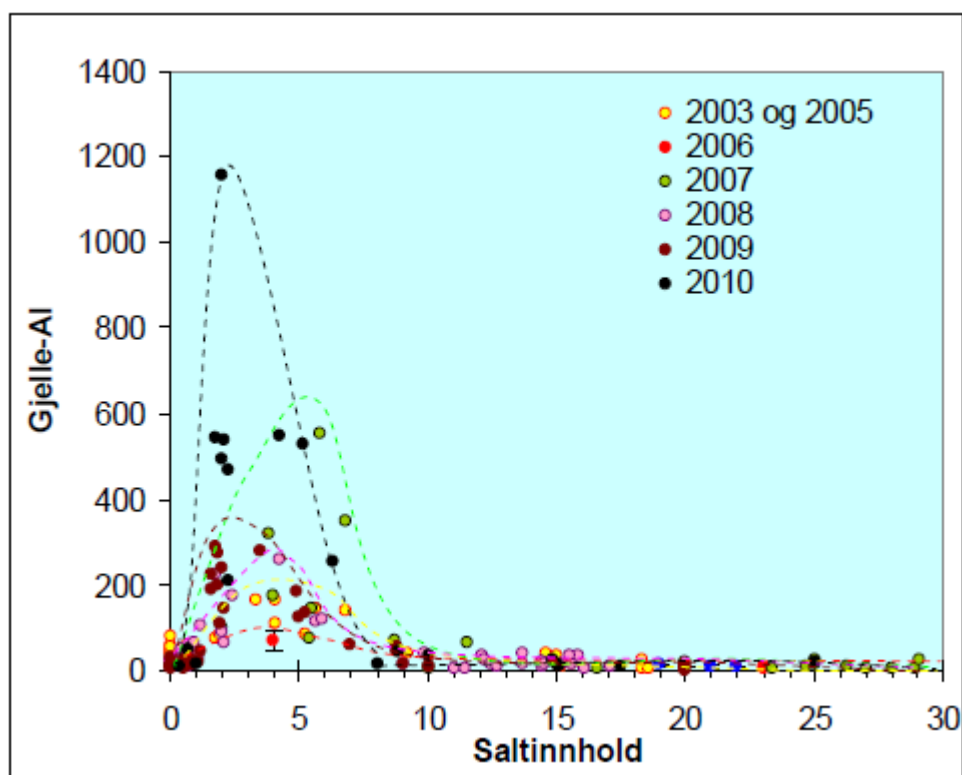
**Respirasjon:** Mest viktig ved høyere pH (< 7). Fisk utskiller ammoniumgass gjennom gjellene. Dette fører til en lokal økning av pH som igjen fører til redusert Al-løselighet. Aluminium kan felle ut og danne polymere som akkumulerer på gjellene og kveler fisken.

Mekanismene beskrevet ovenfor er basert på forskning utført i ferskvann. Det er relativt lite forskning på toksisitet under salt- og brakkvannsforhold, men det er antatt at lignende prosesser foregår (Wilson, 2011). Storelva i Agder fylke er en av de få brakkvannssoner hvor det har vært langtidsforskning på effekten av aluminium på fisk.

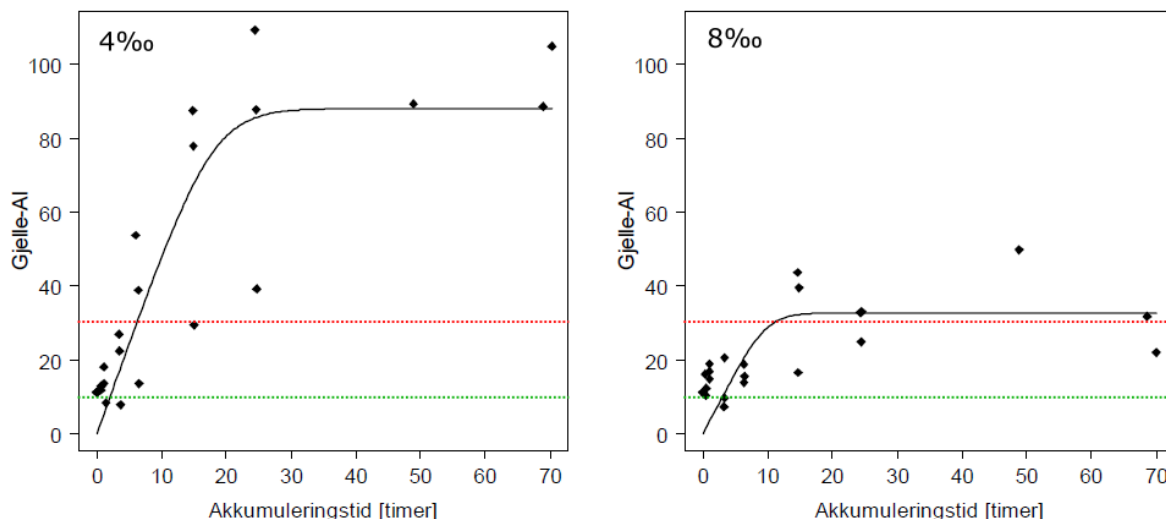
Forskning fra Storelva tyder på at Al kan ha negativ påvirkning på fiskens adferd og migrasjon. Laksesmolt begynner migrasjon når vanntemperatur i elva er høy nok. I Storelva starter smoltvandringen, i gjennomsnitt, 14 dager etter at elvetemperaturen har passert 6 grader (skjer typisk i perioden april til juni) (Haraldstad et al., 2020). Laksesmolt er mest forsuringfølsom i denne utvandringsperioden. Data fra Storelva indikerer at det er forhold i starten vandringsruten (innerste i fjorden) som påvirker sjøoverlevelse mest. Høye Al-konsentrasjoner påvirker vandringsvilligheten av smolt som da utsetter migrasjon til sjø (Kroglund et al., 2011). I tillegg kan Al i brakkvann akkumulere på luktorganer til utvandrende laksesmolt som kan bidra til redusert orienteringsevne og feilvandring (Haraldstad et al., 2015). Dermed kan konsentrasjoner av Al som

ikke har toksiske effekter i ferskvann likevel fører til redusert sjøoverlevelse for smolt (Kroglund and Finstad, 2003).

Fisk er mest utsatt for akkumulasjon av gjelle-Al når salinitet er mellom 1 og 10‰ (Figur 4). Akkumulering av gjelle-Al er en rask prosess og kan nå toksiske konsentrasjoner etter få timer (Figur 5). Når salinitet er mer enn 10‰ vil Al-påslaget forsvinner i løpet av noen timer. Forsøk har vist at 50-60% av gjelle-Al forsvinner i løpet av 6 timer når fisk er plassert i saltvann (Kroglund et al., 2014). I områder med hyppige endringer i saltnivåer knyttet til tidevann vil dermed også gjelle-Al variere betydelig innen et døgn. I tillegg til Al-konsentrasjon er dermed fiskens oppholdstid i brakkvannssonen kritisk for akkumulering av gjelle-Al. Fisk kan minimere eksponering til monomert-Al ved å dykke dypere for å unngå brakkvannslag og/eller øker vandringshastighet (Diserud et al., 2012). Sannsynligheten for vellykket utvandring avtar utover sesongen. Hver fjord har sin unike kombinasjon av faktorer som styrer utbredelse av brakkvannssonen, derfor kan effekt av Al på fisk være svært varierende fra år til år og også geografisk.



Figur 4: Sammenheng mellom saltinnhold (‰) og gjelle-Al ( $\mu\text{g/g}$ ) målt i brakkvann utenfor Storelva (Kroglund et al., 2010)



Figur 5: Akkumuleringshastigheten for gjelle-Al ved 4 og 8 salinitet. De stiplede linjene viser øvre klassegrenser (grønn=god, rød=moderat) for laksesmolt (Tabell 2). Figur fra (Diserud et al., 2012).

## Andre dyr og vannplanter

Det er foreslått at Al påvirker ionregulering. Dette kan føre til at dyr mister viktige ioner som natrium og klorid. Toksiske effekter har også vært observert på fytoplankton (Gensemer and Playle, 1999), men den fysiologiske mekanismen og til hvilken grad det er samspill med andre næringsstoff som fosfor og silisium er fortsatt usikker (se under). Det er generelt lite forskning på effekt aluminium kan ha på biota og vannplanter med unntak av fisk.

## Andre effekter

Høy konsentrasjoner av Al kan også påvirker tilgjengelighet til viktig næringsstoffer som fosfor, organisk karbon og noen spormetaller gjennom flokkulering og adsorpsjon som gjør disse stoff mindre biotilgjengelig. Flokkulering kan også påvirke vannets klarhet med ringvirkninger for hele økosystemet (Gensemer and Playle, 1999; Wilson, 2011).

## Grenseverdier

På grunn av de forskjellige formene av Al i vann med forskjell i grad av toksisitet, samt bruk av forskjellige analysemetoder, har det vist seg vanskelig å sette grenseverdier. Norge har satt grenseverdier for labilt aluminium (analysert med en bestemt metode) i innsjøer og elver både med og uten anadrom fisk (Tabell 1). Men, siden tilstandsformer for aluminium kan endre seg kjapt kan total aluminium være en bedre indikator for total belastning i et økosystem. Konsentrasjon av total aluminium bør derfor også inkluderes i en miljørisikovurdering.

Tabell 1: Klassegrenser for labilt Al i kalkfattige, anadrom elvestrekning.

Klasse	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
LAI (µg/l)	<5	5-10	10-20	20-40	>40



Kunnskap om hvilke konsentrasjoner som gir negative effekter i saltvann og brakkvann er ikke like god (Gensemer and Playle, 1999; Kroglund and Rosseland, 2004; USEPA, 2018). Løst Al-konsentrasjon er ofte ikke tilstrekkelig til å forklare observert toksisitet, men total Al er heller ikke ideelt da den inkluderer inerte Al-mineraler (Santore et al., 2018). De foreslåtte grenseverdier for sjøvann fra Environment Agency (EA) er 10 ganger lavere enn de for ferskvann for å ta hensyn til at noen marine arter er mer følsomme enn de som holder til i ferskvann. EAs foreslåtte grenseverdier er 0,005 µg l<sup>-1</sup> uorganisk monomert Al (labilt Al) for langtidseksponering og 0,025 µg l<sup>-1</sup> uorganisk monomert Al for korttidseksponering (Crane et al., 2007). USEPA har ikke satt grenseverdier på grunn av manglende kunnskap (USEPA, 2018). I Norge anbefales det å bruke gjelle-Al i blandsoner (Direktoratsgruppen vanddirektivet, 2018; Diserud et al., 2012). Grenseverdier for laks er gitt i Tabell 2.

Tabell 2: Klassegrenser for gjelle-Al på laks.

Klasse	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Laksepar (µg/g t.v.)	100	200	400	800
Laksesmolt (µg/g t.v.)	10	30	60	150

## Referanser

- Angel, B.M., Apte, S.C., Batley, G.E., Golding, L.A., 2015. Geochemical controls on aluminium concentrations in coastal waters. *Environmental Chemistry* 13, 111–118. <https://doi.org/10.1071/EN15029>
- Bjerknes, V., Fyllingen, I., Holtet, L., Teien, H.-C., Rosseland, B.O., Kroglund, F., 2003. Aluminium in acidic river water causes mortality of farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in Norwegian fjords. *Marine Chemistry* 83, 169–174.
- Crane, M., Atkinson, C., Comber, S., Sorokin, N., 2007. Proposed EQS for water framework directive annex VIII substances: aluminium (inorganic monomeric).
- Direktoratet for naturforvaltning, 2004. Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver - informasjon fra prosjektet Reetablering av laks på Sørlandet.
- Direktoratsgruppen vanddirektivet, 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018.
- Diserud, O.H., Kroglund, F., Teien, H.-C., Tjomsland, T., Økland, F., 2012. Modellering av gjelle aluminium. Aluminiumpåslag på gjellene til laksesmolt og betydningen dette kan ha for utvandringen.
- Driscoll, C.T., Baker, J.P., Bisogni, J.J., Schofield, C.L., 1980. Effect of aluminium speciation on fish in dilute acidified waters. *Nature* 284, 161–164.
- Driscoll, C.T., Schecher, W.D., 1990. The chemistry of aluminium in the environment. *Environmental Geochemistry and Health* 12, 28–49. <https://doi.org/10.1007/BF01734046>
- Gensemer, R.W., Playle, R.C., 1999. The bioavailability and toxicity of aluminum in aquatic environments. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 29, 315–450. <https://doi.org/10.1080/10643389991259245>
- Haraldstad, T., Johansen, K., Güttrup, J., 2020. Slep av laksesmolt fra Storelva som avbøtende tiltak mot estuarine blandsoner. Smoltårgang 2020.
- Haraldstad, T., Kroglund, F., Güttrup, J., 2015. Sjøoverlevelse til smolt eksponert for aluminium i brakkvann - smoltårgang 2012.
- Hindar, A., Teien, H.-C., Salbu, B., Lierhaugen, S., Oug, E., 2000. Faktorer som påvirker aluminiumskjemien og dermed vannkvalitetsmålet for laks i Tovdal- og Mandalsvassdraget.
- Kroglund, F., Finstad, B., 2003. Low concentrations of inorganic monomeric aluminum impair physiological status and marine survival of Atlantic salmon. *Aquaculture* 222, 119–133.
- Kroglund, F., Haraldstad, T., Güttrup, J., 2014. Sjøoverlevelse til smolt eksponert for aluminium i brakkvann - oppvandring av laks i Storelva i 2010-2013.

- Kroglund, F., Haraldstad, T., Teien, H.-C., Güttrup, J., Johansen, Å., 2010. Påvirkes laksesmolt av aluminium i brakkvann? Storelva i Holt, Aust-Agder og Audna, Vest-Agder, 2010.
- Kroglund, F., Høgberget, R., Haraldstad, T., Økland, F., Thorstad, E., Teien, H.-C., Rosseland, B.O., Salbu, B., Nilsen, T.O., Stefansson, S., Güttrup, J., 2011. Påvirkes laksesmolt av aluminium i brakkvann? Storelva i Holt, Aust-Agder og Audna, Vest-Agder, 2007.
- Kroglund, F., Rosseland, B.O., 2004. Effekter av forsurende episoder på parr- og smoltkvalitet til laks.
- Kroglund, F., Teien, H.C., Rosseland, B.O., Salbu, B., 2001. Time and pH-dependent detoxification of aluminium in mixing zones between acid and non-acid rivers. *Water, Air and Soil Pollution* 130, 905–910.
- Mackin, J.E., Aller, R.C., 1984a. Processes affecting the behavior of dissolved aluminum in estuarine waters. *Marine Chemistry* 14, 213–232.
- Mackin, J.E., Aller, R.C., 1984b. Dissolved Al in sediments and waters of the East China Sea: Implications for authigenic mineral formation. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48, 281–297.
- Morris, A.W., Howland, R.J.M., Bale, A.J., 1986. Dissolved aluminium in the Tamar Estuary, southwest England. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 30, 189–197.
- Parent, L., Campbell, P.G.C., 1994. Aluminum bioavailability to the green alga *Chlorella pyrenoidosa* in acidified synthetic soft water 13, 587–598.
- Parker, D.R., Bertsch, P.M., 1992. Identification and quantification of the “Al<sub>13</sub>” tridecameric polycation using ferron. *Environmental Science and Technology* 26, 908–914.
- Rosseland, B.O., Blakar, I.A., Bulger, A., Kroglund, F., Kvellstad, A., Lydersen, E., Oughton, D.H., Salbu, B., Staurnes, M., Vogt, R., 1992. The mixing zone between limed and acidic river waters: complex aluminium chemistry and extreme toxicity for salmonids. *Environmental Pollution* 78, 3–8. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(92\)90003-S](https://doi.org/10.1016/0269-7491(92)90003-S)
- Santore, R.C., Ryan, A.C., Kroglund, F., Rodriguez, P.H., Stubblefield, W.A., Cardwell, A.S., Adams, W.J., Nordheim, E., 2018. Development and Application of a Biotic Ligand Model for Predicting the Chronic Toxicity of Dissolved and Precipitated Aluminum to Aquatic Organisms. *Environmental Toxicology and Chemistry* 37, 70–79.
- Simonsen, M., Teien, H.-C., Lind, O.C., Saetra, Ø., Albretsen, J., Salbu, B., 2019. Modeling key processes affecting Al speciation and transport in estuaries. *Science of the Total Environment* 687, 1147–1163. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.318>
- Takayanagi, K., Gobeil, C., 2000. Dissolved aluminium in the Upper St. Lawrence estuary. *Journal of Oceanography* 56, 517–525.
- Teien, H.-C., Kroglund, F., Salbu, B., Rosseland, B.O., 2006a. Gill reactivity of aluminium-species following liming. *Science of the Total Environment* 358, 206–220. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.04.023>
- Teien, H.-C., Strandring, W.J.F., Salbu, B., 2006b. Mobilization of river transported colloidal aluminium upon mixing with seawater and subsequent deposition in fish gills. *Science of the Total Environment* 364, 149–164. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.01.005>
- USEPA, 2018. Aquatic life ambient water quality criteria for aluminium.
- Wilson, R.W., 2011. Aluminium, in: *Homeostasis and Toxicology of Non-Essential Metals*, Fish Physiology. Elsevier, Amsterdam, pp. 67–123.

b01	2021-10-15	ferdig	rutvin, inggre	lesim	maesch
<b>Versjon</b>	<b>Dato</b>	<b>Beskrivelse</b>	<b>Utarbeidet</b>	<b>Fagkontrollert</b>	<b>Godkjent</b>

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.



Bottenfauna från en station i Topdalsfjorden,  
Kristiansand 2021

2021-10-25

## **Bottenfauna från en station i Topdalsfjorden, Kristiansand 2021**

Rapportdatum: 2021-10-25

Version: 1.0

Projektnummer: 4374

Uppdragsgivare: Norconsult AS, Apotekergaten 14, NO-3187 Horten

Utförare: Medins Havs och Vattenkonsulter AB  
Företagsvägen 2, 435 33 Mölnlycke  
Tel +46 31-338 35 40 | <http://www.medinsab.se> | Org. nr 556389-2545

Författare: Anna Scherer

Kvalitetsgranskare: Andrea Johansson

Medverkande: -

Underleverantörer: -

Allt bildmaterial i rapporten omfattas av © Medins Havs och Vattenkonsulter AB, om inte annat anges.

Medins Havs och Vattenkonsulter AB är ackrediterat av SWEDAC i enlighet med ISO 17025:2018 (ackrediteringsnummer 1646) samt ISO 9001:2015 certifierat av RISE (certifieringsnummer 4609). Medins är också miljöcertifierat av RISE enligt ISO 14001:2015 (certifieringsnummer 4609 M).

# Innehållsförteckning

Inledning .....	4
Provtagning och analys.....	4
Resultat.....	4
Station Top .....	5
Referenser.....	7

## Inledning

Medins Havs- och Vattenkonsulter AB har fått i uppdrag av Norconsult AS att utföra bottenfaunaanalyser från en station i Topdalsfjorden, Kristiansand.

## Provtagning och analys

Provtagningen genomfördes av Norconsult AS 9 juni 2021, varpå proverna skickades till Medins Havs- och Vattenkonsulter AB för analys och indexberäkningar. För provtagning användes en van Veen-huggare med en area av 0,1 m<sup>2</sup>. Det samlades in fyra prov som sedan analyserades med preparer- och ljusmikroskop. Analys av bottenfauna följde den internationella standarden ISO 16665:2013.

## Resultat

Beräknade norska indexvärden är gjorda enligt Veileder 2:2018 Klassifisering inklusive vedlegg (Direktoratsgruppen 2018).

På station Top fanns ett prov (Top 1) där antalet individer understeg 100. För beräkning av indexet ES100 bör individantalet vara minst 100. Beräknade index gav tillståndsklassen "god" för stationen Top även om man vid beräkningen uteslöt värden för ES100 helt. Värdena i Tabell 1 är beräknade med ES100. Indexvärden och ekologiska tillståndsklasser presenteras i Tabell 1 och beräknade index samt abundans (individdensitet) och antal arter för varje separat prov visas i Tabell 2. Artlistor bifogas separat som en pdf-fil. I artlistorna redovisas taxanamn enligt World Register of Marine Species (WoRMS, [marinespecies.org](http://marinespecies.org)).

Tabell 1. Stationsbeteckning, vanntyp, index medelvärden (genomsnitt), nEQR för respektive index samt stationens genomsnittliga nEQR-värde. Röd text är värden för ES100 där antalet individer understeg 100. Vilken ekologisk tillståndsklass indexvärdena indikerar beskrivs med färg enligt följande:

Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
-----------	-----	---------	--------	--------------

Top		NQI	H'	ES100	ISI	NSI
S3	NQI	0,70	3,43	24,80	8,45	21,80
	nEQR	0,678	0,629	0,707	0,788	0,672
	Medel nEQR	0,695				

Tabell 2. Beräknade index samt abundans (individdensitet) och antal taxa för varje separat prov. Röd text är värden för ES100 där antalet individer understeg 100.

Stasjon	Grabb	AMBI	ES100	H'	NSI	ISI2012	NQI1	Abundans	Antal taxa
Top	1	2,705	26	3,938	21,237	7,910	0,701	62	26
Top	2	2,537	23,792	3,375	21,892	8,323	0,699	192	33
Top	3	2,336	25,206	3,196	22,049	8,491	0,717	143	31
Top	4	2,617	24,199	3,216	22,006	9,062	0,700	192	35

Tabell 3. Inndeling og beskrivelse av marine arter i økologisk gruppe (Borja, A. et al. 2000). Inndeling i fem økologiske grupper tilsvarer NSI-gruppe I-V (Norwegian Sensitivity Index) iht. Veileder 02/2018.

Inndeling (taxa)	Økologisk gruppe	Beskrivelse
Følsomme	I	Arter med høy følsomhet for næringsstoffer og/eller forurensning
Indifferente	II	Arter som forekommer i områder med både lav og høy belastning av næringsstoffer og/eller forurensning (generalister)
Tolerante	III	Arter som forekommer ved normale forhold, som er tolerante og til dels kan dra nytte av høy belastning av næringsstoffer og/eller forurensning
Opportunistiske	IV	Arter som drar nytte av høy belastning av næringsstoffer og/eller forurensning
Forurensnings-indikerende	V	Arter som drar sterkt nytte av høy belastning av næringsstoffer og/ eller forurensning

## Station Top

Proverna från Topdalsfjorden hade en artsammansättning av totalt 72 taxa och en individdensitet på i snitt 1472 individer/m<sup>2</sup>. Fördelningen av de olika andelarna av taxa och individer illustreras i Figur 1.

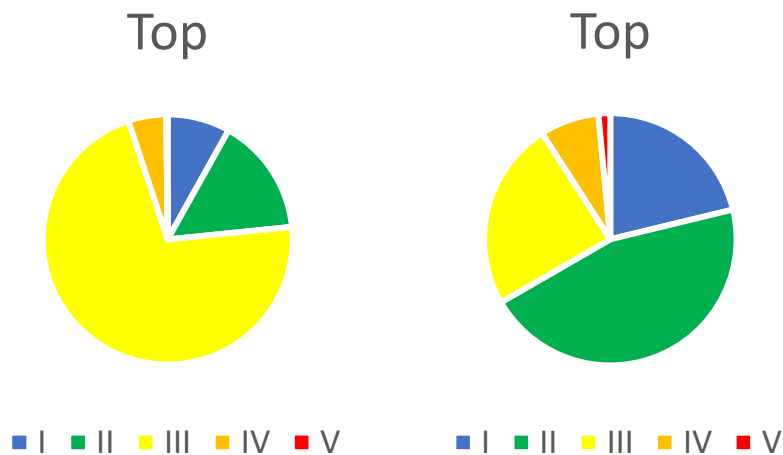
Flest taxa (30 stycken) på stationen tillhörde NSI grupp II (se förklaring för grupperna i Tabell 2), som är organismer som förekommer vid både låg och hög belastning av näringsämnen och/eller föroreningar. Störst individantal i denna grupp hade havsborstmaskarna *Diplocirrus glaucus* och *Paradoneis lyra*. I mindre andel förekom toleranta taxa (16 stycken, NSI grupp III). Denna grupp tillhör havsborstmasken *Paramphinome jeffreysi* som individmässigt dominerade samtliga prov från Topdalsfjorden. Toleranta taxa fanns det flest individer av (379) i jämförelse med övriga grupper. Arter som räknas som

känsliga (NSI grupp I) noterades med 14 taxa, varav musselkräftan *Philomedes globosus* och kräftdjuret *Harpinia antennaria* dominerade i individantal. Opportunistiska taxa (NSI grupp IV) noterades med 5 taxa och havsborstmaskfamiljen Cirratulidae fanns det flest individer av i denna grupp. Endast en havsborstmaskart, *Capitella capitata*, tillhörde NSI grupp V som är föroreningsindikerande. Arter som inte har någon NSI-grupptillhörighet fanns representerade med 6 taxa.

Beräknade index gav tillståndsklassen ”god”.

Tabell 4. Totalt antal individer och kumulativ procentandel för de tio mest förekommande taxa i proverna från Topdalsfjorden.

Top	Antall	Kumulert (%)
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	253	43
Spionidae	60	53
Paraonidae	51	62
Parathyasira equalis	20	65
Cirratulidae	15	68
Nemertea	13	70
<i>Philomedes globosus</i>	13	72
<i>Diplocirrus glaucus</i>	13	74
<i>Spiophanes kroyeri</i>	12	76
<i>Paradoneis lyra</i>	11	78



Figur 1. Ekologisk grupp baserat på individtäthet (vänster) och ekologisk grupp baserat på taxa (höger).



## Referenser

Borja A., Franco J., Pérez V. 2000. A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos within European Estuarine and Coastal Environments. *Marine Pollution Bulletin* Vol. 40, No. 12, pp. 1100-1114.

Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018 rev. 2020-10-15 (1). Veileder 2:2018  
Klassifisering.

Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018 (2). Vedlegg till veileder 2:2018  
Klassifisering.

ISO 16665:2013. Water quality –Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna.

Miljødirektoratet, 2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Veileder 02:2013 – revidert 2015.

# Top

2021-06-09

Determinator: A. Scherer, A. Johansson, Medins Havs- och Vattenkonsulter AB

Metod: SS-EN ISO 16665:2013, HVMFS 2019:25, Havs- och vattenmyndighetens handledningar: Undersökningstyp Mjukbottenlevande makrofauna kartering samt trend- och områdesövervakning (Version 1:2, 2016-12-18) och associerade dokument

Analyskommentar: Förekomst av många tomma rör från havsborstmaskfamiljen Maldanidae.

ARTER/TAXA		Delprov			
		1	2	3	4
BIVALVIA	<i>Abra nitida</i>	1		1	
BIVALVIA	<i>Ennucula tenuis</i>	3	4	2	
BIVALVIA	<i>Parathyasira equalis</i>	4	3	7	6
BIVALVIA	<i>Tellimya tenella</i>				1
CAUDOFOVEATA	<i>Chaetoderma nitidulum</i>	2			
CRUSTACEA	Amphipoda			1	1
CRUSTACEA	Decapod larver			1	
CRUSTACEA	<i>Diastylis boeckii</i>			1	
CRUSTACEA	<i>Diastylis cornuta</i>		2		
CRUSTACEA	<i>Eriopisa elongata</i>		3		
CRUSTACEA	<i>Harpinia antennaria</i>	1	5	2	1
CRUSTACEA	<i>Leucon (Leucon) nasica</i>	3	1	2	
CRUSTACEA	Paguridae				1
CRUSTACEA	<i>Synchelidium</i> sp.				1
CRUSTACEA	Tanaidacea	1	1	1	3
CRUSTACEA	<i>Westwoodilla caecula</i>				1
CRUSTACEA	Zoealarve				1
ECHINODERMATA	<i>Amphipholis squamata</i>	1			1
ECHINODERMATA	<i>Amphiura chiajei</i>		1		
ECHINODERMATA	Asteroidea	1			
GASTROPODA	<i>Diaphana minuta</i>			1	
GASTROPODA	<i>Hyalia vitrea</i>				1
NEMERTEA	Nemertea	1	7	2	3
OSTRACODA	<i>Philomedes globosus</i>	1	2		10
PHORONIDA	<i>Phoronis</i> cf. <i>muelleri</i>		2		
POLYCHAETA	<i>Brada villosa</i>		2		
POLYCHAETA	<i>Capitella capitata</i>	1			
POLYCHAETA	<i>Capitella</i> sp.			1	
POLYCHAETA	Capitellidae	1			
POLYCHAETA	<i>Ceratocephale loveni</i>		1		
POLYCHAETA	<i>Chaetoparia nilssoni</i>			2	
POLYCHAETA	<i>Chone infundibuliformis</i>				1
POLYCHAETA	Cirratulidae	4	8	1	2
POLYCHAETA	<i>Cossura longocirrata</i>	1			1
POLYCHAETA	<i>Diplocirrus glaucus</i>		3	6	4

ARTER/TAXA	1	2	3	4
POLYCHAETA Eclysippe eliasoni				1
POLYCHAETA Euchone papillosa				2
POLYCHAETA Eupolymnia nebulosa				1
POLYCHAETA Glycera alba		1	1	
POLYCHAETA Glycera unicornis	1			
POLYCHAETA Glyphohesione klatti		1	1	2
POLYCHAETA Harmothoe sp.				2
POLYCHAETA Heteromastus filiformis	1			5
POLYCHAETA Levinsenia gracilis			3	2
POLYCHAETA Lumbrineridae			1	
POLYCHAETA Mediomastus fragilis		1		1
POLYCHAETA Oweniidae		3		
POLYCHAETA Oxydromus flexuosus		1	1	
POLYCHAETA Paradoneis lyra	1	7	1	2
POLYCHAETA Paramphinome jeffreysii	17	80	64	92
POLYCHAETA Paraonidae	2	14	25	10
POLYCHAETA Pectinaria belgica	1		1	
POLYCHAETA Pholoe pallida		1		
POLYCHAETA Phyllodoce sp.			1	
POLYCHAETA Phyllodocidae		1		
POLYCHAETA Phylo norvegicus		1		
POLYCHAETA Pista lornensis	1	1		
POLYCHAETA Polyphysia crassa		1		
POLYCHAETA Prionospio dubia				1
POLYCHAETA Prionospio fallax			1	
POLYCHAETA Pseudopolydora pulchra	1			
POLYCHAETA Rhodine loveni			3	
POLYCHAETA Sabellidae				1
POLYCHAETA Sphaerodorum gracilis		1		
POLYCHAETA Spionidae	8	28	1	23
POLYCHAETA Spiophanes kroyeri	2	1	4	5
POLYCHAETA Spiophanes sp.		3		
POLYCHAETA Streblosoma bairdi			2	
POLYCHAETA Streblosoma sp.		1	2	1
POLYCHAETA Terebellidae	1			
POLYCHAETA Terebelliformia				1
POLYCHAETA Trichobranchus roseus				1
SUMMA (antal individer/prov):	62	192	143	192
SUMMA (antal taxa/prov):	26	33	31	35

Laboratorium ackrediteras av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC) enligt svensk lag. Den ackrediterade verksamheten vid laboratorerna uppfyller kraven i SS-EN ISO/IEC 17025:2005) Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg godkänt annat.

2021:01421 - Åpen

# Rapport

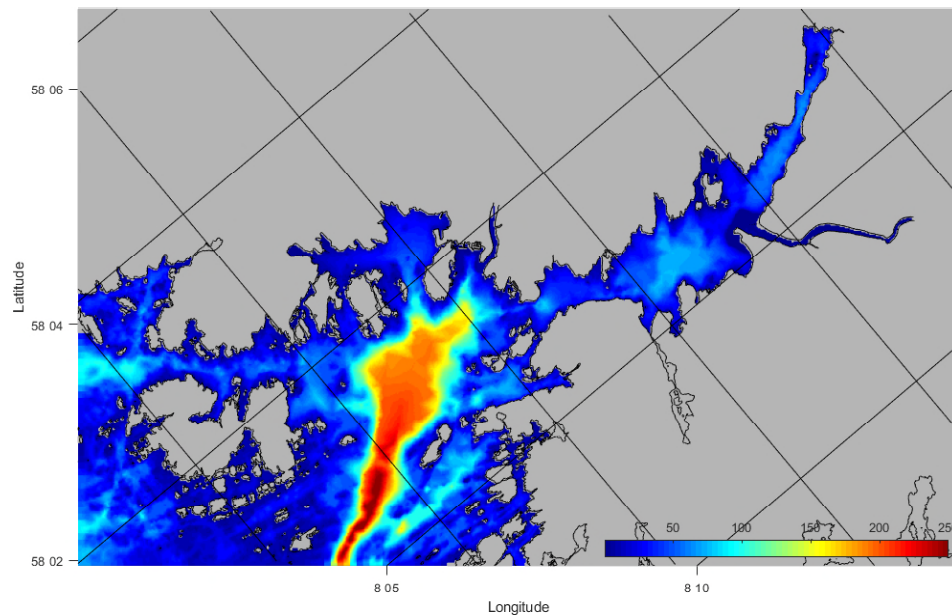
## Strømsimulering for Topdalsfjorden

Med fokus på endringer i strømforhold og saltholdighet i forbindelse med utbygging av kai i Kristiansand Havn, SHA 4,5 & 7.

### Forfatter(e)

Øyvind Knutsen

Stig Bjørløw Dalsøren



SINTEF Ocean AS

2021-12-20

# Rapport

## Strømsimulering for Topdalsfjorden

Med fokus på endringer i strømforhold og saltholdighet i forbindelse med utbygging av kai

**EMNEORD:**  
Havmodell  
SINMOD  
strøm  
saltholdighet  
utbygging

RAPPORTNR	PROSJEKTNR	VERSJON	DATO
2021:01421	302006191	1	2021-12-20

**FORFATTER(E)**  
Øyvind Knutsen  
Stig Bjørnløv Dalsøren

**OPPDRAGSGIVER(E)**  
Kristiansand Kommune

OPPDRAGSGIVERS REF.	ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
Jan Erik Lindjord	70 + vedlegg

GRADERING	GRADERING DENNE SIDE	ISBN
Åpen	Åpen	978-82-14-07701-8

### SAMMENDRAG

Vi har brukt havmodellen SINMOD for å simulere strøm og hydrografi for Topdalsfjorden med 32 m oppløsning for å undersøke eventuelle konsekvenser en utbygget havn har på vannutveksling og fysiske miljøforhold. Vi finner at utbyggingen primært har lokale konsekvenser i havnebassenget med økt strømfart for både ut- og innstrømming som viktigste endring. Vi finner ikke permanente endringer i volumtransport inn/ut av Topdalsfjorden, men små endringer som svinger fra måned til måned. For strøm og saltholdighet i Topdalsfjorden innenfor terskelen ved Varoddbrua, finner vi lite eller ingen endring i saltholdighet og strømforhold.



**UTARBEIDET AV**  
Øyvind Knutsen

**KONTROLLERT AV**  
Ragnhild Lundmark Daae

**GODKJENT AV**  
Harry Westavik

*Øyvind Knutsen*

*Ragnhild Daae*

*Harry Westavik*

# Historikk

---

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1	2021-12-20	

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Metoder</b> .....	<b>4</b>
2.1	Havmodell .....	4
2.2	Nøsting.....	4
2.3	Inputdata .....	5
2.3.1	Atmosfæredata .....	5
2.3.2	Tidevann .....	5
2.3.3	Ferskvann.....	6
2.3.4	Bunntopografi.....	7
2.3.5	Grensebetingelser.....	7
2.4	Utbygd kai og tilpasninger i modellen.....	7
2.5	Vertikal inndeling i modellen .....	8
2.6	Simuleringer.....	8
<b>3</b>	<b>Resultater</b> .....	<b>9</b>
3.1	Generelt strømmønster .....	9
3.2	Snitt.....	19
3.3	Maksimal strømfart.....	34
3.4	Differansekart .....	36
3.5	Volumfluks .....	39
3.6	Sammenligning med observasjoner .....	43
3.7	Saltholdighet på utvalgte punkter i fjorden .....	46
3.8	Fire snitt for saltholdighet på tvers av fjorden .....	47
3.9	Utbredelse av området med saltholdighet på 1-10 PSU .....	48
<b>4</b>	<b>Diskusjon</b> .....	<b>50</b>
<b>5</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>52</b>
<b>A</b>	<b>Appendiks</b> .....	<b>53</b>
A.1	Snitt 2.....	53
A.2	Snitt midtfjords .....	62
A.3	Saltholdighetsprofiler.....	64

## 1 Innledning

I forbindelse med utbygging av Kristiansand Havn (delområde SHA 4,5 & 7, se Figur 4 trengs en konsekvensutredning for strøm, vannutskiftning og økologi i havneområdet og innover i Topdalsfjorden. Denne tekniske rapporten tar for seg de fysiske forholdene i sjøen og simulerer strøm, temperatur og saltholdighet i området før og etter utbygging ved bruk av havmodellen SINMOD. Eventuelle økologiske konsekvenser beskrives i rapport av Norconsult (Greipsland, 2021). En kort samlerapport felles for strømsimulering og økologi leveres også i dette prosjektet, og presenterer de viktigste resultatene fra de tekniske rapportene.

## 2 Metoder

### 2.1 Havmodell

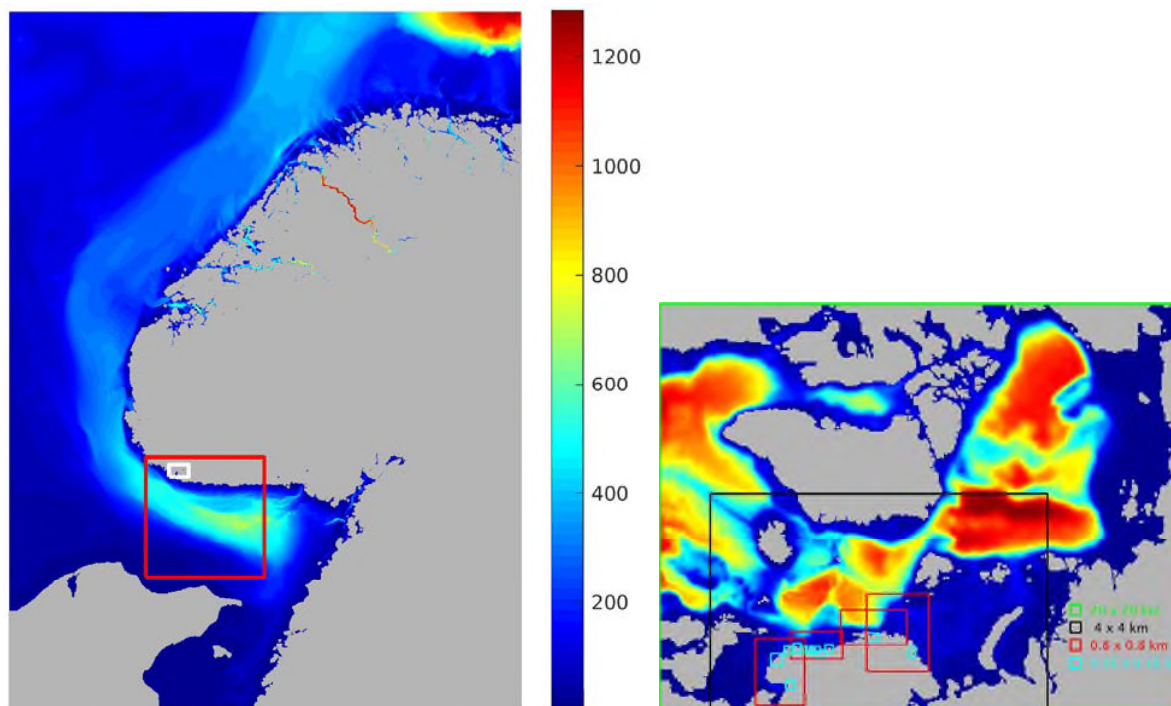
Havmodellen SINMOD (Støle-Hansen og Slagstad, 1991, Slagstad og McClimans, 2005) er utviklet av SINTEF og har vært brukt i en lang rekke (ca 100) vitenskapelige publikasjoner i tillegg til bruk i prosjekter for industri og forvaltning. Den første 3D versjonen av SINMOD ble i 1987 utviklet for Barentshavet. SINMOD har siden blitt brukt for å simulere havstrømmer og biologi fra næringsstoffer til dyreplankton i nordiske og arktiske havområder. I det siste tiåret er modellen også satt opp med høy romlig oppløsning for kyst og fjordområder blant annet i prosjekter for havbruksnæringen. Modellen er for eksempel brukt til å se på smittespredning mellom lokaliteter og simulering av spredning av lakselus, og brukes i det nasjonale Trafikklyssystemet mot lakselus (eks. Ellingsen & Knutsen, 2019). SINMOD brukes også til å studere effekter av utslipp fra oppdrett på økosystemet (eks. Knutsen & Broch, 2014), til å simulere vekst av tare (Broch & Slagstad, 2012, Broch et al. 2019), blåskjell og drift av torskeegg (Uglem et al. 2013). Modellen er også flittig brukt av oljeindustrien og for utslipp fra gruvedrift (eks. Brønner et al. 2013).

### 2.2 Nøsting

SINMOD kjøres i et nøstet oppsett, der vi begynner å simulere et stort område med grov oppløsning og så nøster oss nedover til mindre områder med høyere oppløsning, se Figur 1. Slik nøsting er vanlig å bruke i hav- og atmosfæremodeller for å overføre effekter (f.eks. strøm) fra stor skala til liten skala. Det er viktig med oppløsning tilpasset det man ønsker å studere, og for effekter på liten skala (f. eks. et havneområde) trengs gjerne finere enn 50 m oppløsning.

Data som lagres som grensebetingelser er elevasjon, strøm i u- og v-retning, som lagres hvert 6. minutt, og temperatur og saltholdighet som lagres hver time.





Figur 1 viser til venstre de tre minste modell-domener i oppsettet av totalt fem modelldomener, hvor det største området har 800 m oppløsning, den røde firkanten har 160 m oppløsning og den hvite firkanten er modellområdet for Topdalsfjorden som har 32 m oppløsning. Til høyre vises et stort modellområde som strekker seg fra Nordatlanteneren til Beringstredet og som simuleres med 20 km oppløsning. Data lagres på kanten til det neste området (svart firkant) som simuleres med 4 km oppløsning, før kystområder (røde firkanter) simuleres med 800 m oppløsning. De lyseblå firkantene er eksempler på eksisterende modellområder som er kjørt med 160 m oppløsning.

## 2.3 Inputdata

Her gis en kort beskrivelse av hvilke data som går inn i modellen som grunnlag for simuleringene som gjøres.

### 2.3.1 Atmosfæredata

Vi har hentet høyoppløste atmosfæredata (MetCoOp1km<sup>1</sup>, 1 km oppløsning) fra Meteorologisk Institutt for perioden fra november 2018 og ut hele 2019. 32 m- og 160 m modellene er kjørt med disse atmosfæredata for den perioden. Disse dataene har 1 time tidsoppløsning. Utenfor denne perioden er det brukt ERA5 reanalyse-data fra ECMWF<sup>2</sup>.

De større modellene er kjørt med ERA5, med tre timers tidsoppløsning.

### 2.3.2 Tidevann

Tidevann er hentet fra Global Tidal Model, TPXO (<https://www.tpxo.net/global>), og lagt til på yttergrensen av 20 km modellen. Derfra forplanter tidevannet seg innover i modellområdene, og lagres på grensene til de mindre områdene. Vi har brukt åtte tidevannskomponenter; M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1 og Q1. En tidevannstabell kan forklare de forskjellige harmoniske komponentene nærmere, f.eks.

<https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva/>

<sup>1</sup> <https://api.met.no/doc/locationforecast/datamodel>

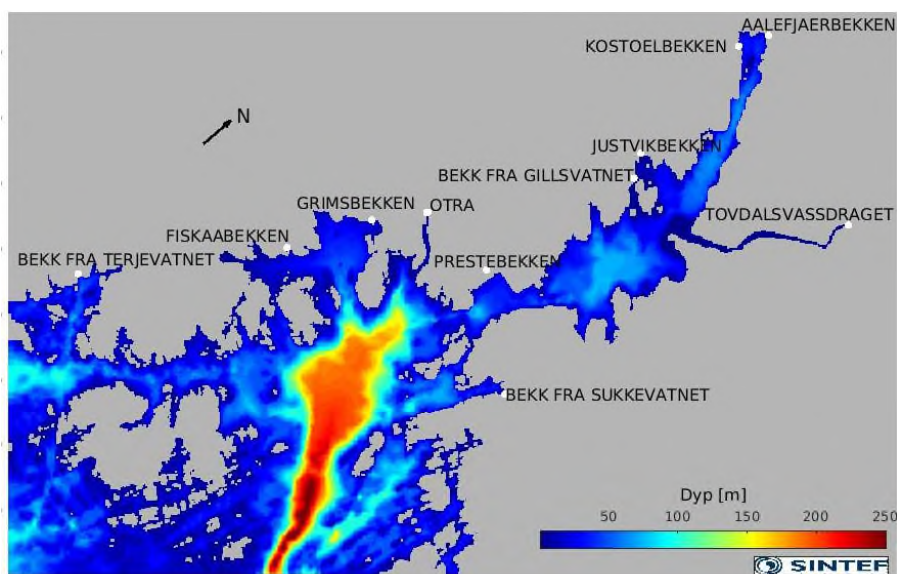
<sup>2</sup> European Centre for Medium range Weather Forecasts, Reading, England.

### 2.3.3 Ferskvann

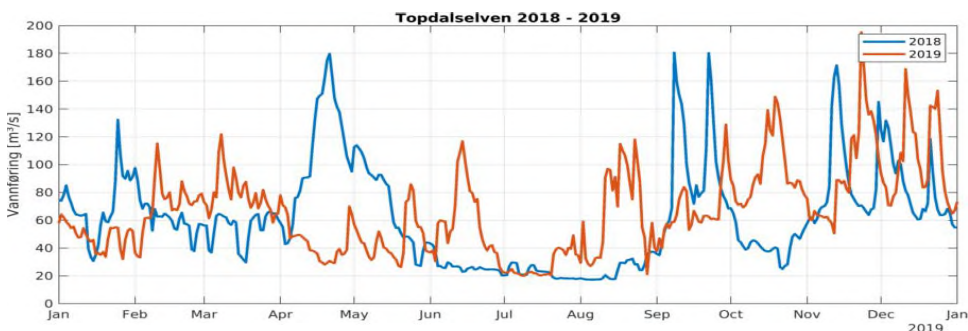
Ferskvann i modellen kommer fra NVE, og er basert på deres modeller. Oppsplitting av NVEs vassdragsområder til individuelle elver er basert på statistiske sammenhenger for distribusjon av nedbør. Det er 11 elver/bekker som kommer ut i modellområdet, og de er listet opp i tabellen under og vist i Figur 2.

**Tabell 1** lister opp ferskvannskildene som kommer ut i modellen. OTRA er klart størst, og Topdalselva dominerer inne i Topdalsfjorden. Maks-verdien er for 2018. Topdalselva hadde i 2019 maks 195.2 m<sup>3</sup>/s.

River name	m3/s	max
BEKK FRA GILLSVATNET	0.3	0.8
BEKK FRA SUKKEVATNET	0.1	0.3
BEKK FRA TERJEVATNET	0.1	0.4
GRIMSBEKKEN	0.3	1.0
JUSTVIKBEKKEN	0.2	0.5
Norge_AALEFJAERBEKKEN.nc	1.0	2.9
Norge_FISKAABEKKEN.nc	0.2	0.5
Norge_KOSTOELBEKKEN.nc	0.1	0.3
OTRA	147.9	428.7
PRESTEBEKKEN	0.2	0.4
TOVDALSVASSDRAGET	62.3	180.6
sum freshwater from all	11 rivers =	212.5399 m3/s



Figur 2. Oversikt over ferskvannskildene i modellen. Fargeskalaen viser bunndyp i meter. Gjennomsnittlig vannføring for 2018 er gitt i Tabell 1. Kartet reflekterer kart-orienteringen som er brukt i de større modellene, og er derfor ikke orientert mot nord. En svart pil indikerer retningen mot nord.



Figur 3. Tidsserie av vannføringen i Topdalselva for 2018 og 2019, basert på daglige verdier.

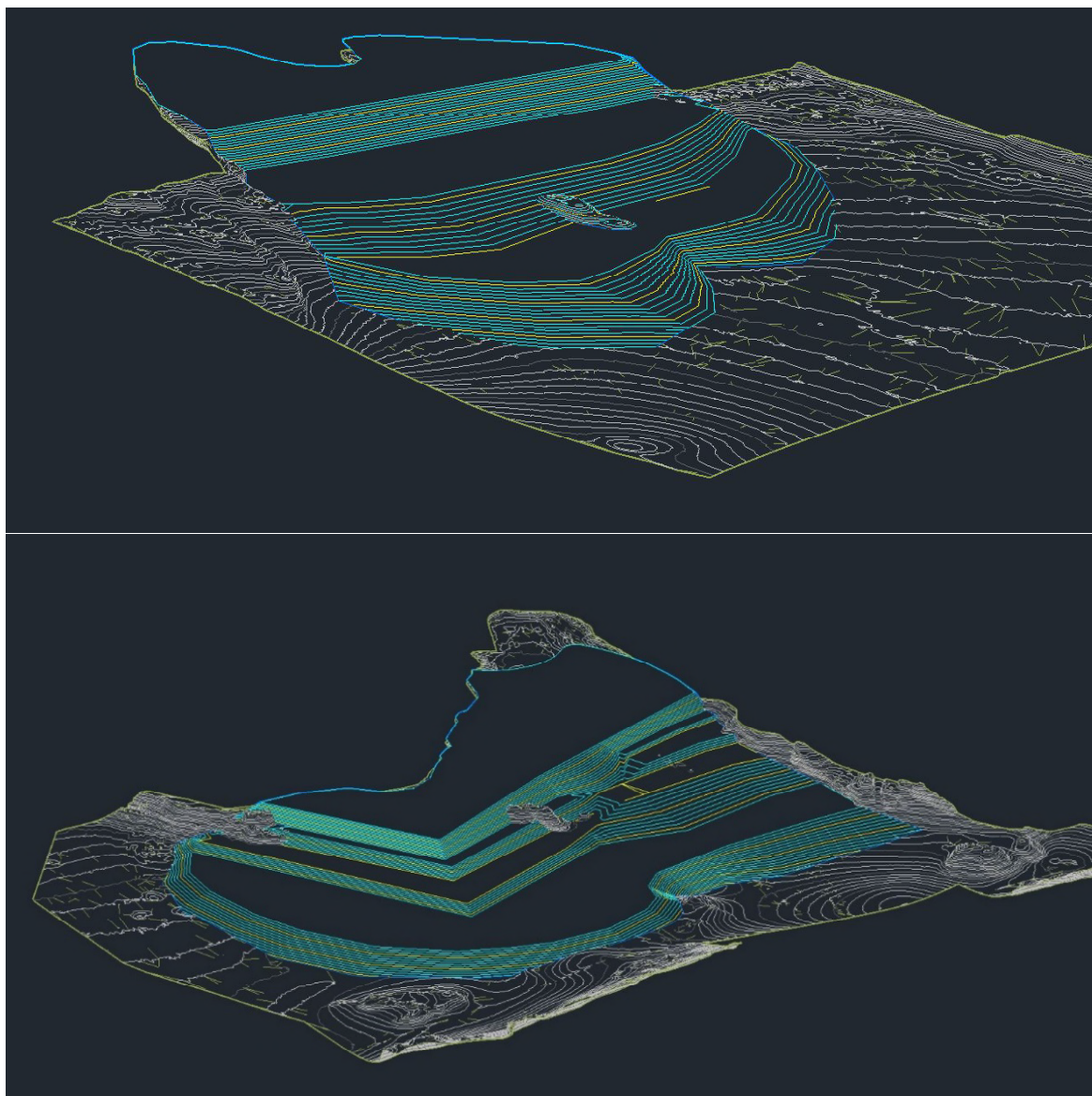
### 2.3.4 Bunntopografi

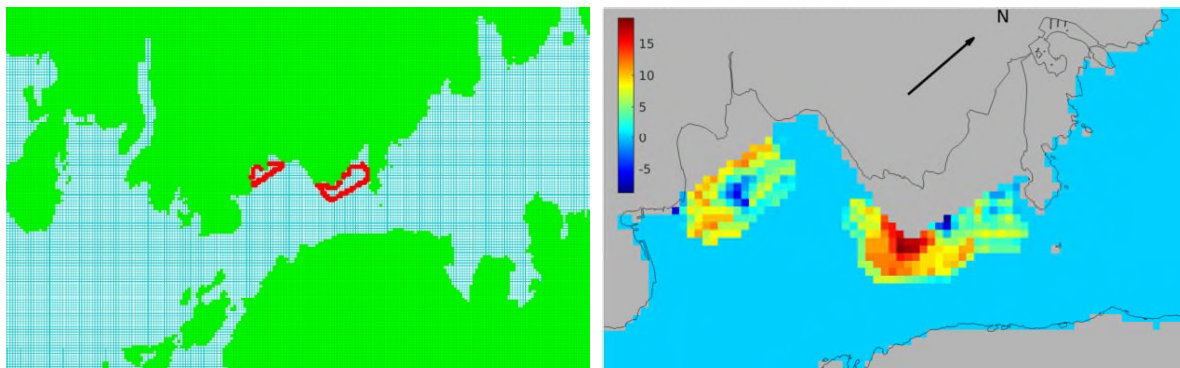
Bunndata som modellen er bygget på er fra Statens kartverk sjø, og er versjonen med 25 m horisontal oppløsning. I området ved utløpet av Topdalselva og litt oppover elven er det brukt høyoppløst data med 1 m horisontal oppløsning. Disse data er skaffet til veie via Norconsult.

### 2.3.5 Grensebetingelser

I et nøstet modelloppsett som brukt her er grensebetingelsene (verdiene for strøm, saltholdighet, temperatur og elevasjon på modellområdets yttergrenser) generert av den modellen som er ett nivå større. Den største modellen bruker spesifiserte verdier på grensene basert på generell sirkulasjon og klimatologi for hydrografi. Elevationen er tidevannet som kommer fra en global tidevannsmodell, samt bidrag fra strøm.

## 2.4 Utbygd kai og tilpasninger i modellen





Figur 4. Forrige side vises utbygd kai med tilhørende støttestøtting for sørlige delområde (Kongsgård) og utfyllingen i nord (Vige). Denne side, til venstre viser hvor i modellområdet vi har lagt inn land, og de innelukkede cellene innenfor kaien er også land i modellen. Til høyre vises modifisering som gjøres i bunnmatrisen pga. utfylling i sjø. Fargeskalaen representerer utfylling i meter. Det kom med noen negative verdier i forsøket på å tilnærme bunnforholdene til skissene for utbyggingen, og disse skulle ikke vært med. Vi regner denne unøyaktigheten som ubetydelig for resultatene. Dagens kystlinje er tegnet inn med svart tynn strek.

## 2.5 Vertikal inndeling i modellen

Tabell 2. Oversikt over de vertikale lagene i 32 m modellen.

Lag nr	tykkelse	dyp	Lag nr	tykkelse	dyp	Lag nr	tykkelse	dyp
1	0.25	0.25	11	1	7	21	10	50
2	0.25	0.5	12	1	8	22	10	60
3	0.25	0.75	13	2	10	23	15	75
4	0.25	1	14	2	12	24	25	100
5	0.5	1.5	15	3	15	25	25	125
6	0.5	2	16	5	20	26	25	150
7	1	3	17	5	25	27	25	175
8	1	4	18	5	30	28	25	200
9	1	5	19	5	35	29	25	225
10	1	6	20	5	40	30	25	250

## 2.6 Simuleringer

En havmodell trenger litt tid til å justere seg inn til en normaltilstand for generell sirkulasjon under påvirkning av drivkreftene når den startes fra et interpolert felt som er i ro. De to største modellområdene, 20 km og 4 km modellene, er i bruk i mange prosjekter og er derfor spunnet opp tidligere over flere tiår. I Tabell 3 under er det listet opp oppspinningsperiode for de tre modellene som er kjørt i dette prosjektet. Kolonnen "Simulering fra" er bare utfylt for 32 m modellen, for det er bare herfra at vi har lagret høyoppløselige data (hver time for alle vertikale lag i modellen). Alle de større modellene enn 32 m modellen trengs simpelthen for å lage grensebetingelser, og dermed nedskalere effektene av de større strømsystemene for å putte det inn i 32 m modellen.

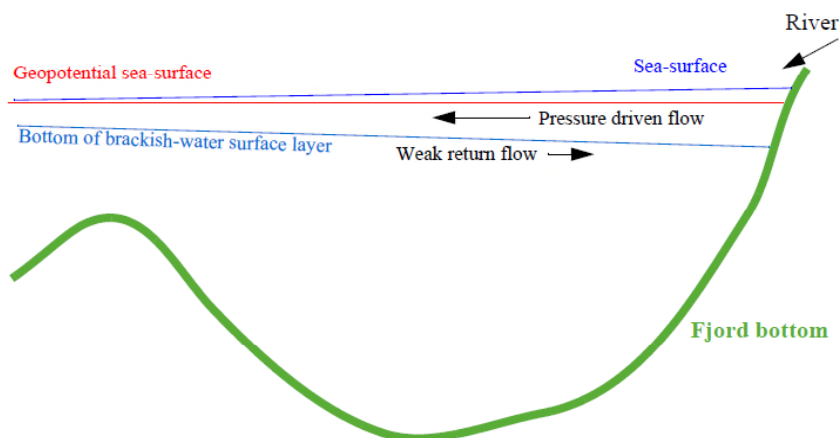
**Tabell 3. Oppspinning av modeller, simuleringsperioder og lagring av datasett.**

Modell	Oppspinning fra	Simulering fra	Simulering til
800 m	1/1-2015		31/12-2019
160 m	1/1-2018		31/10-2019
32 m	1/8-2018	2/11-2018	31/7 - 2019

### 3 Resultater

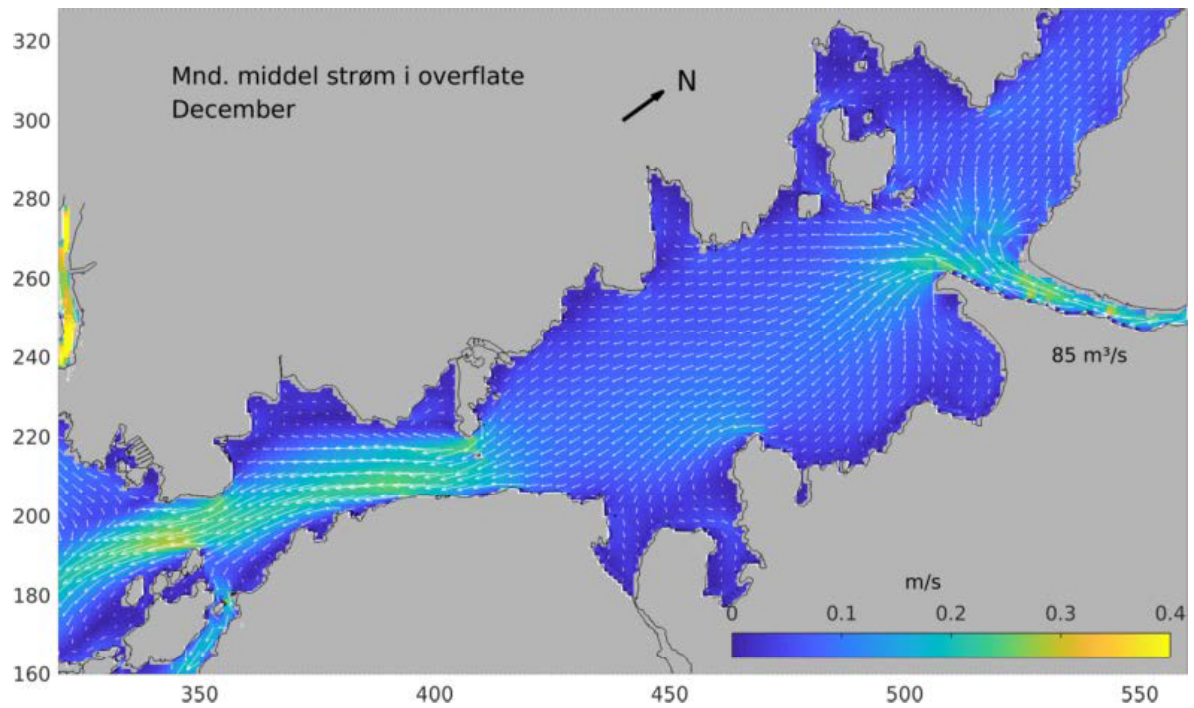
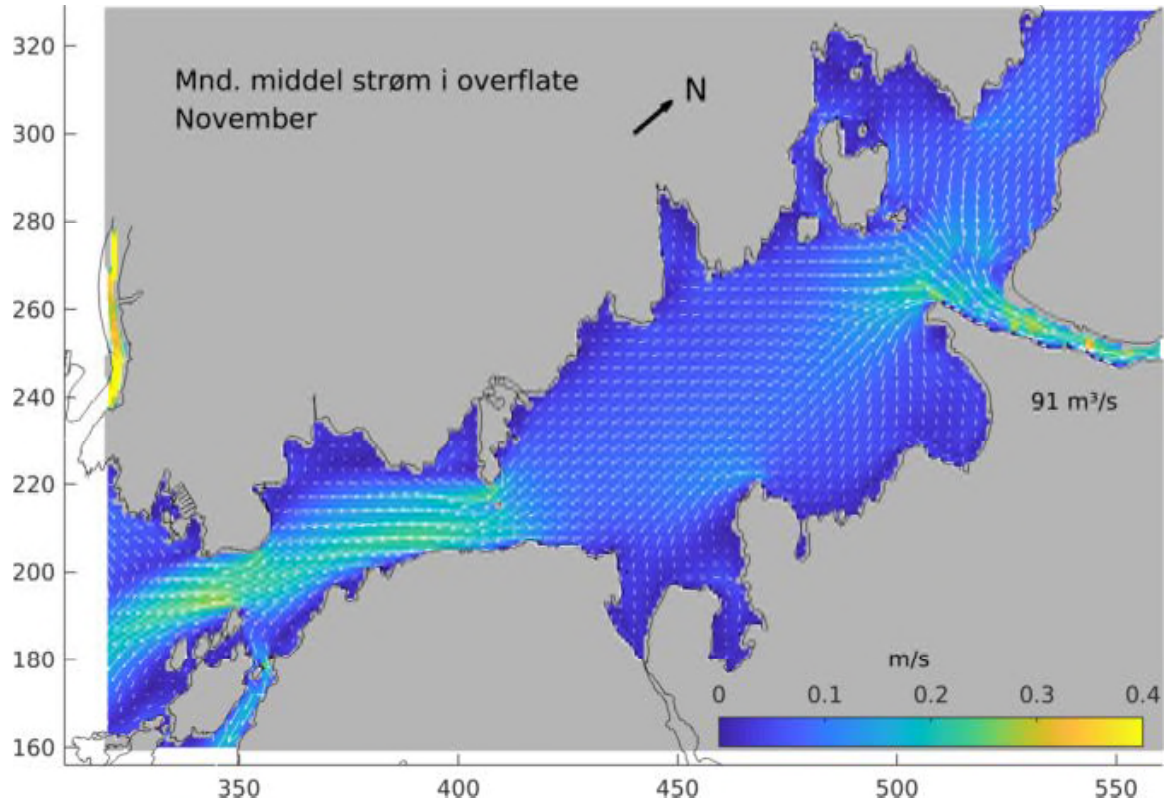
#### 3.1 Generelt strømmønster

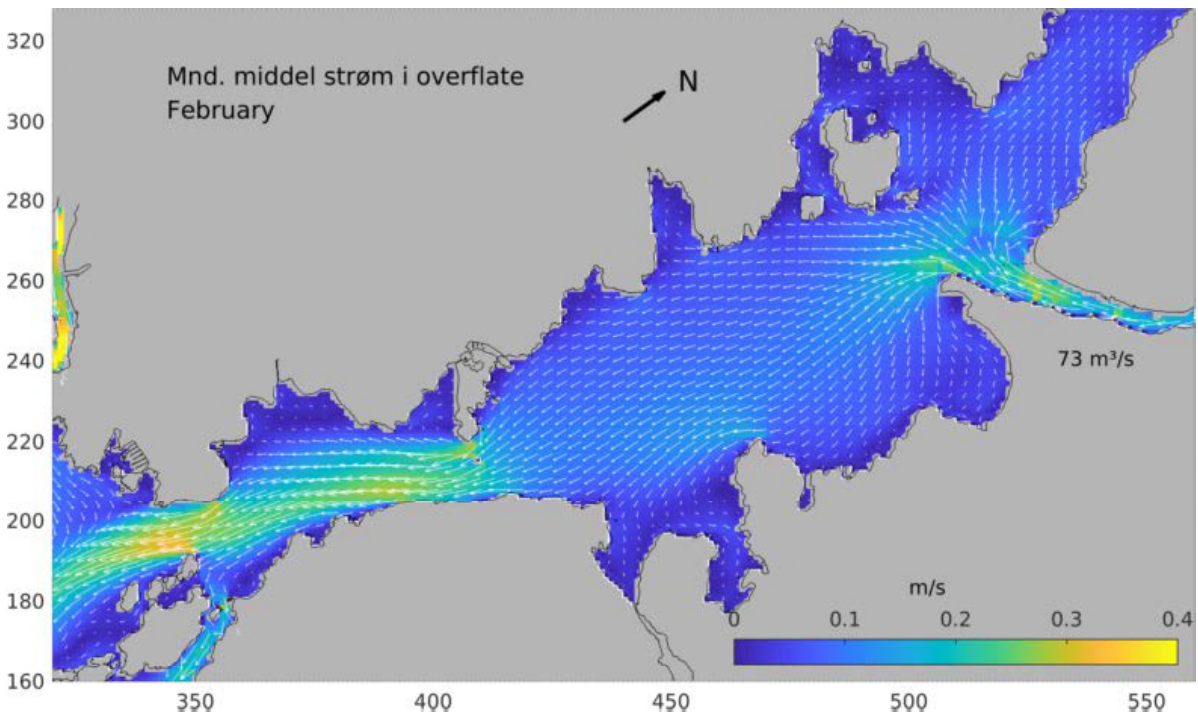
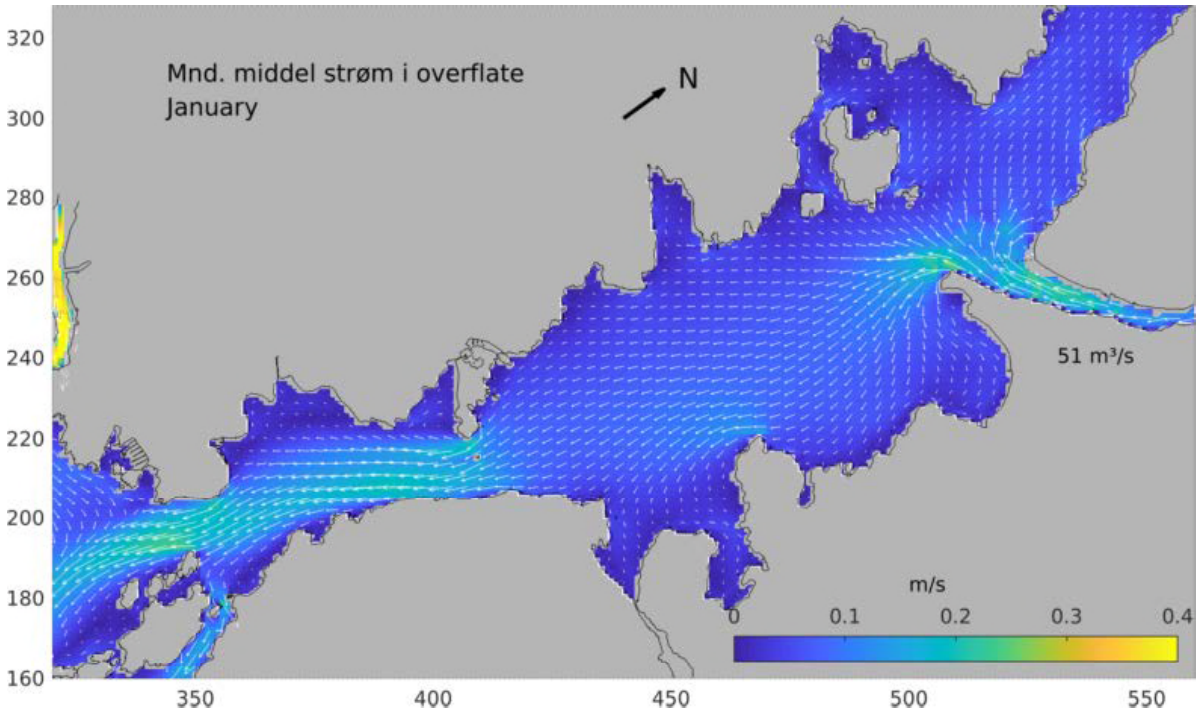
Sirkulasjon i Topdalsfjorden følger det generelle mønsteret for sirkulasjon i fjorder, der det kommer ferskvann ut i sjøen langt inne i fjorden og dette vannet er lettere enn sjøvannet og strømmer dermed ut i overflaten. Under dette laget strømmer det inn en kompensasjonsstrøm med saltere vann. Dette vises i snitt ved Varoddbrua hvor strømfarten viser klart skille mellom de to forskjellige vannmassene.

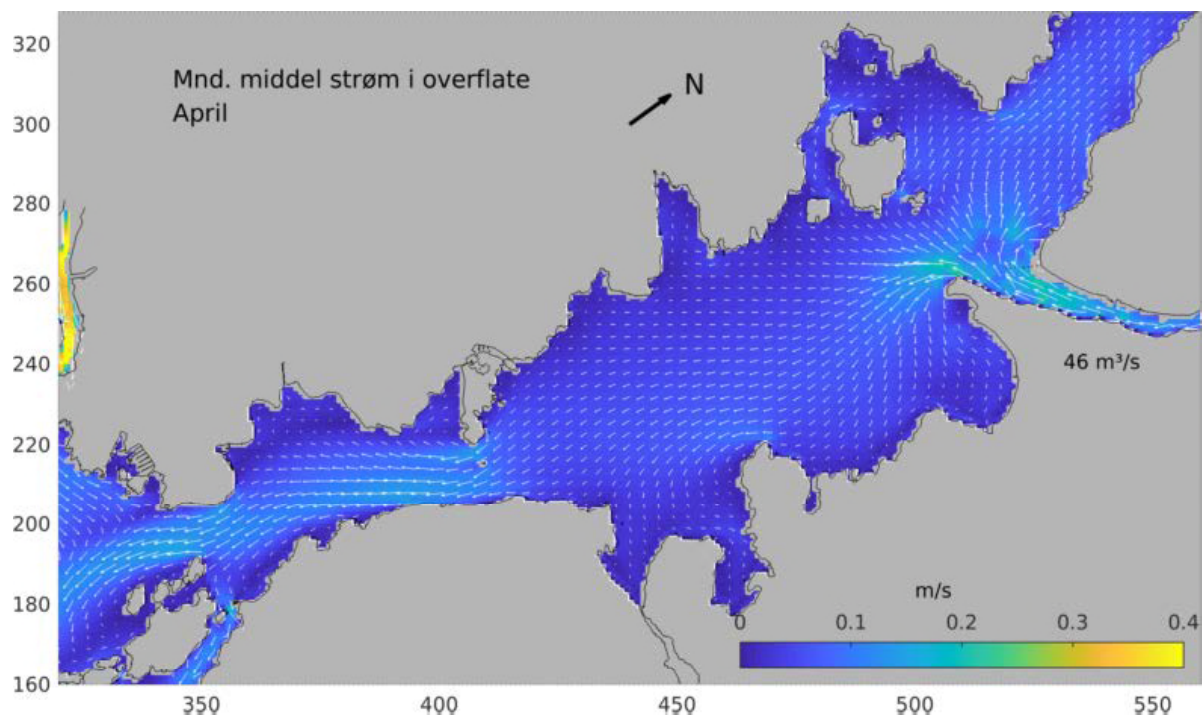
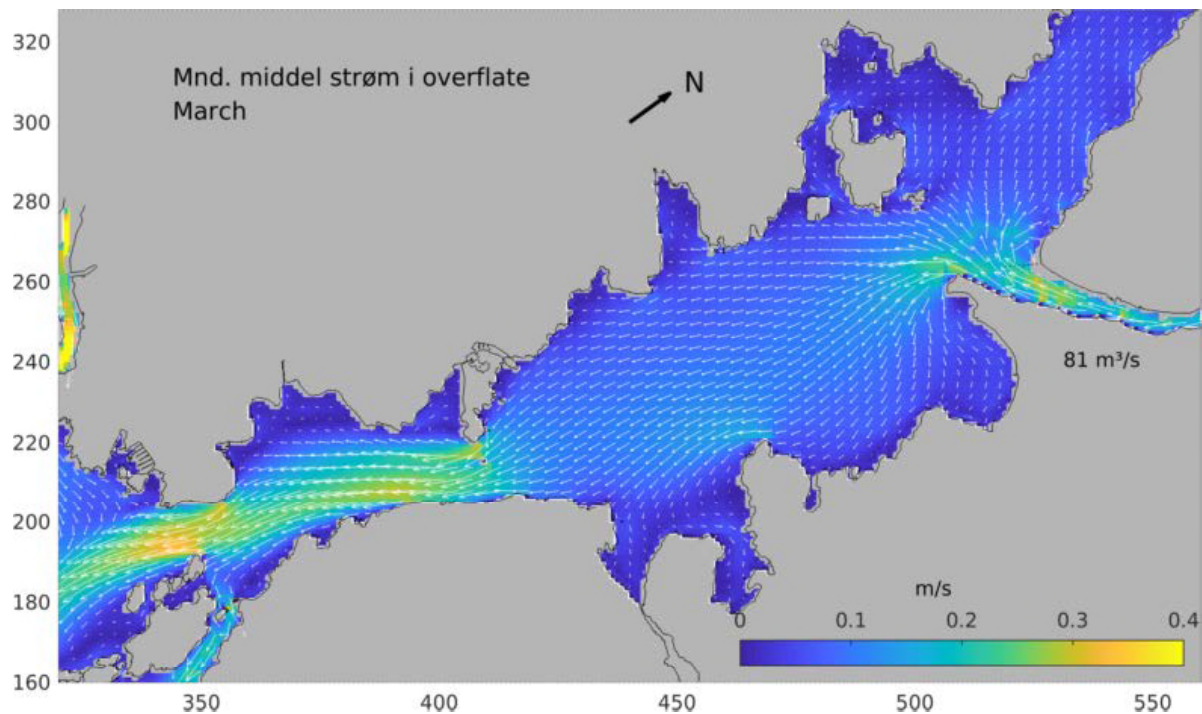


Figur 5. Konseptuell skisse av generell sirkulasjon i en fjord. Denne er hentet fra en presentasjon av Lars Asplin ved Havforskningsinstituttet.

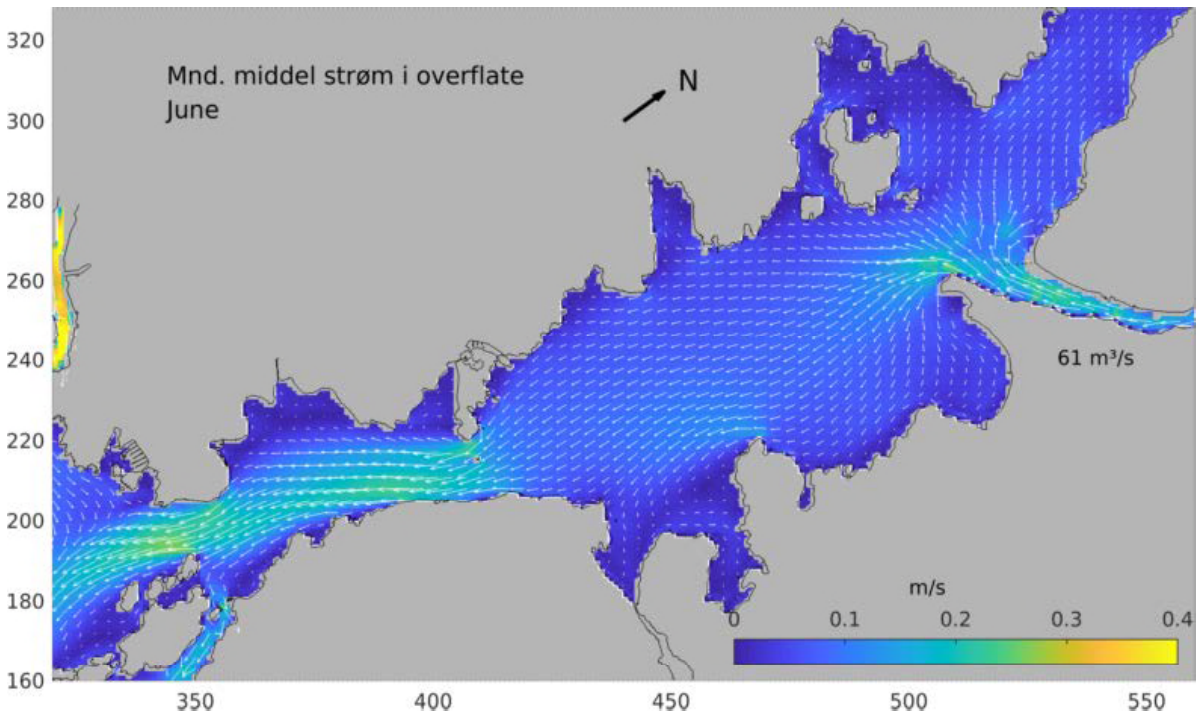
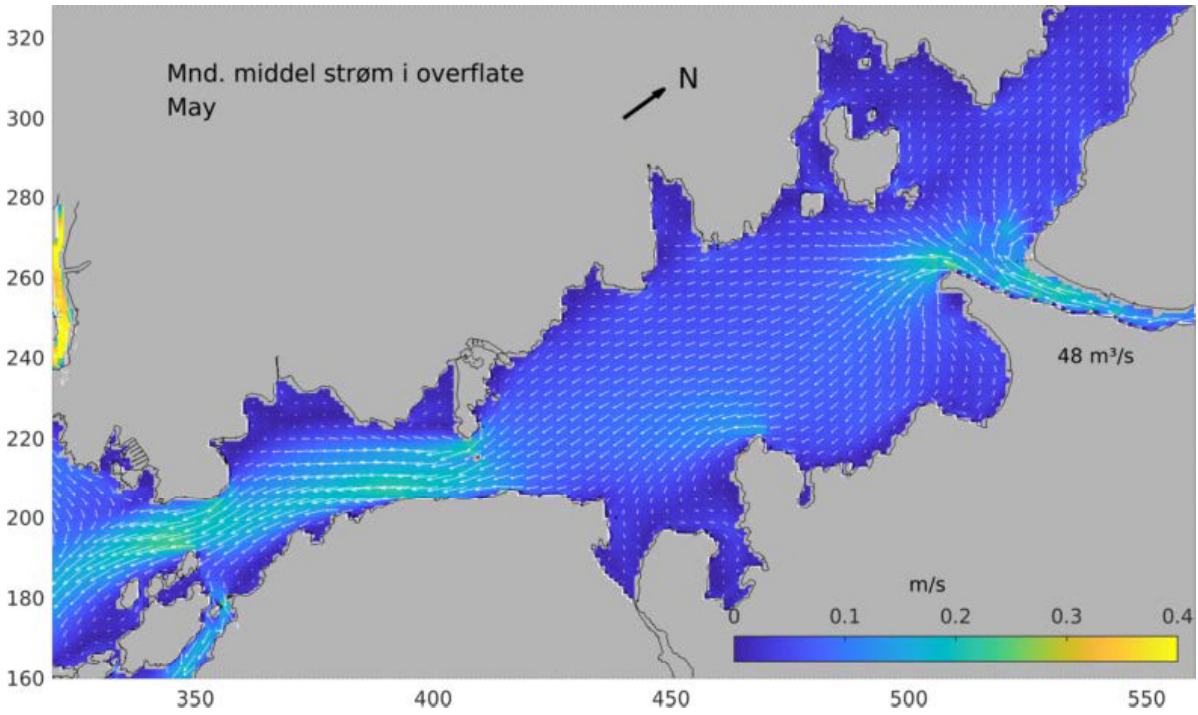
For å videre illustrere sirkulasjon før utbygging, har vi plottet gjennomsnittsstrøm for hver måned av simuleringen for overflaten (0-0.25 m dyp) i Figur 6, og for 25 -30 m dyp (som er like over terskeldypet på 33 m ved Varoddbrua) i Figur 7. Sammen med figurene for volumfluks gir dette et bilde av fjordsirkulasjonen før utbygging.

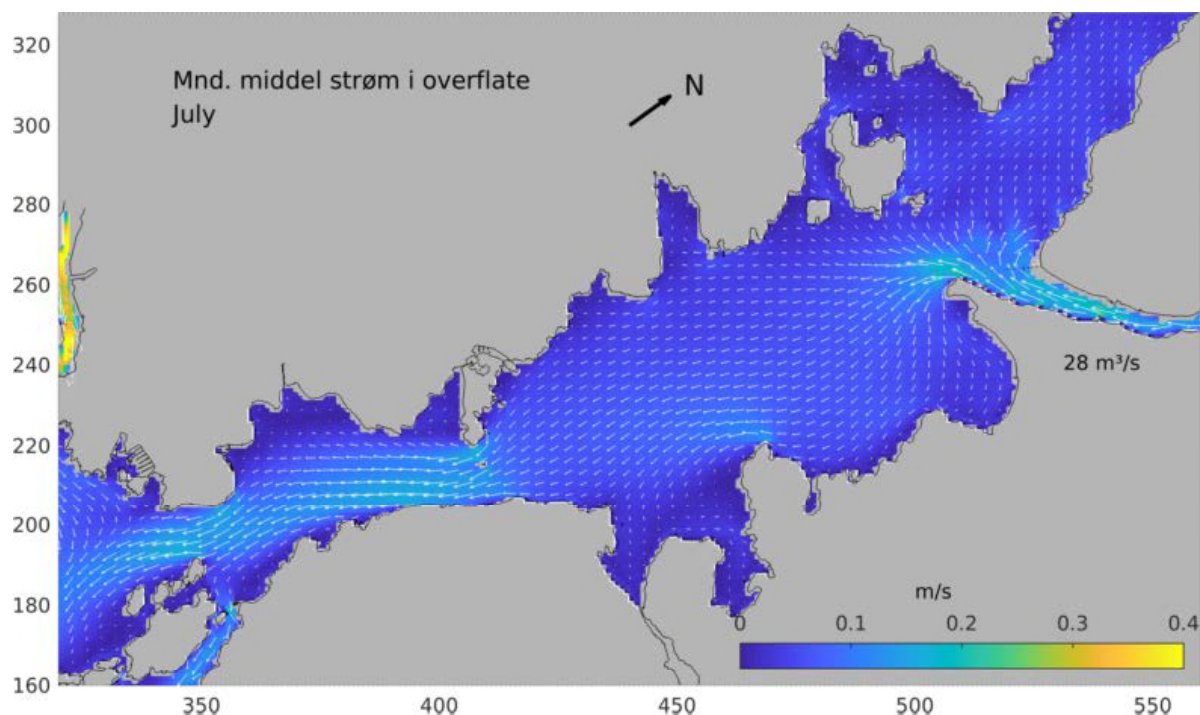






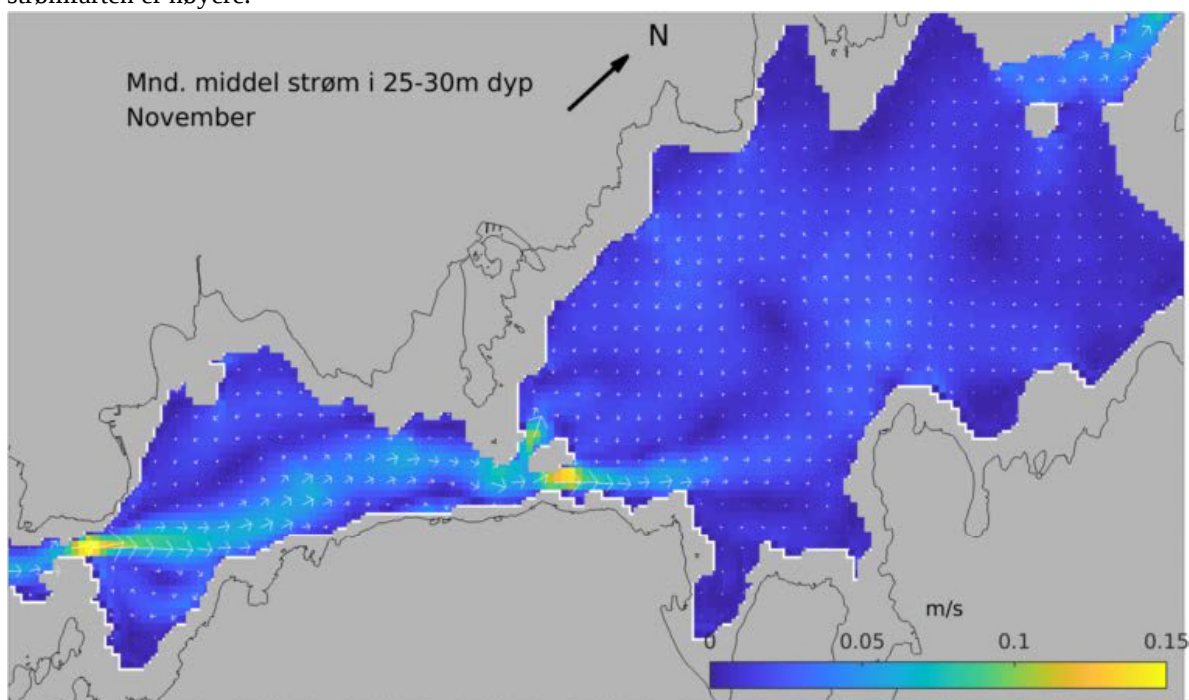


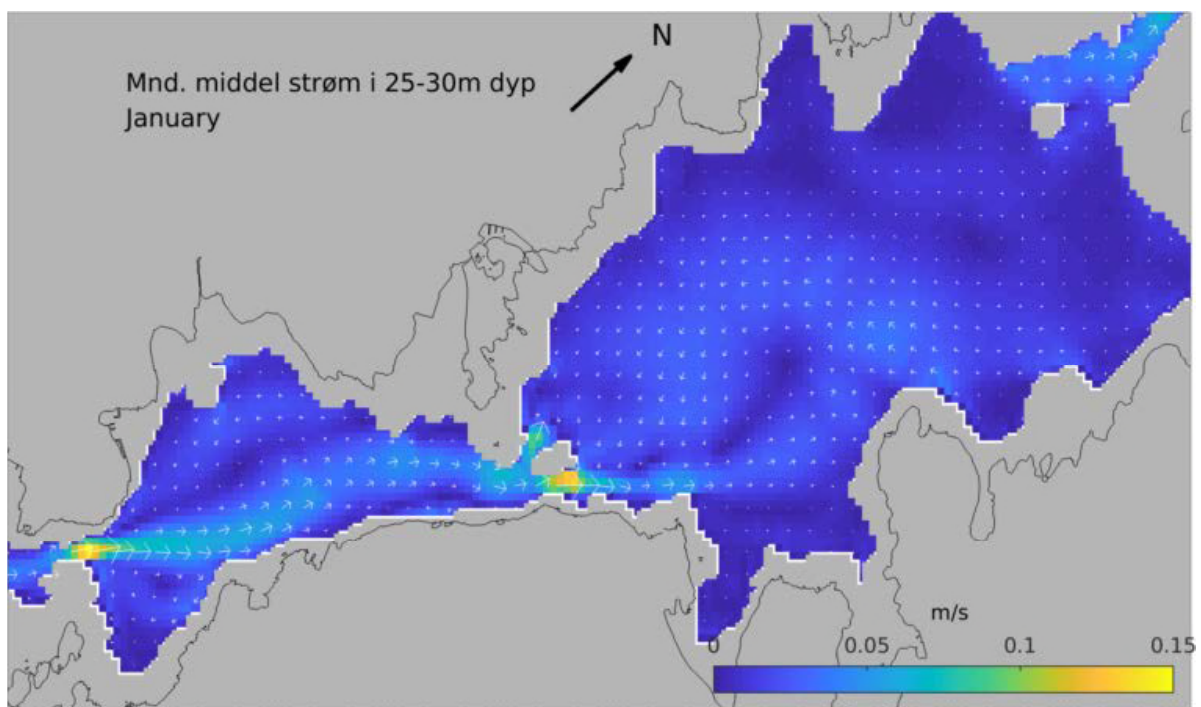
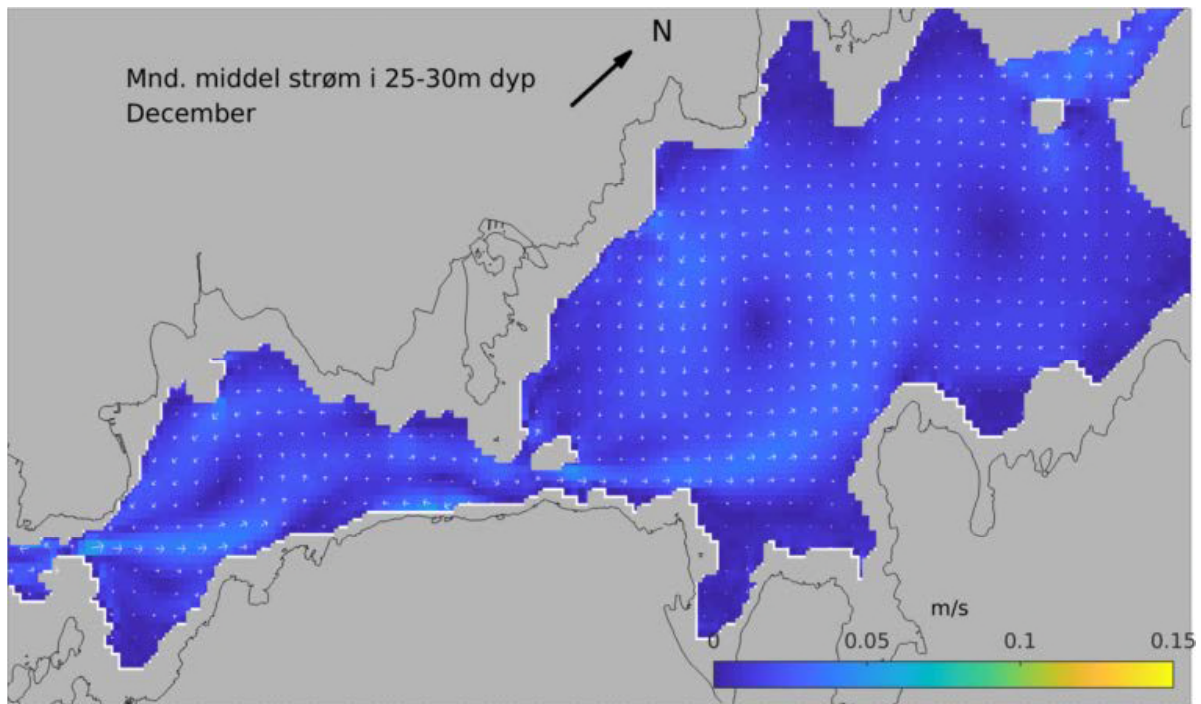


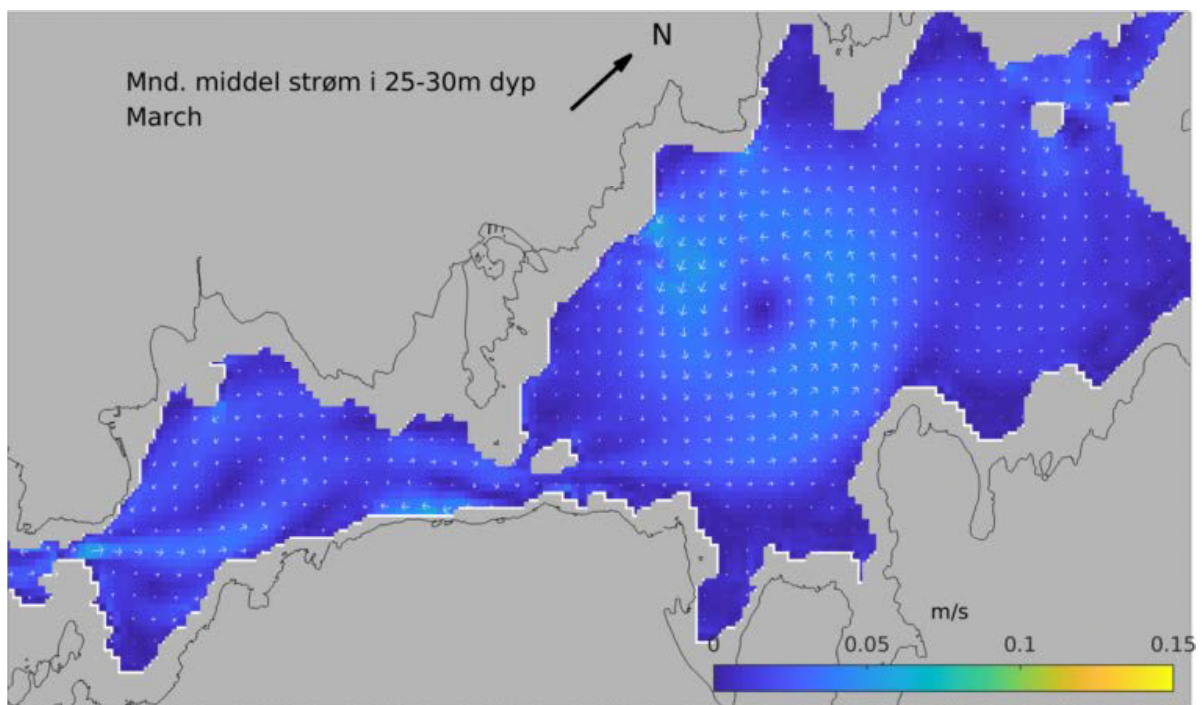
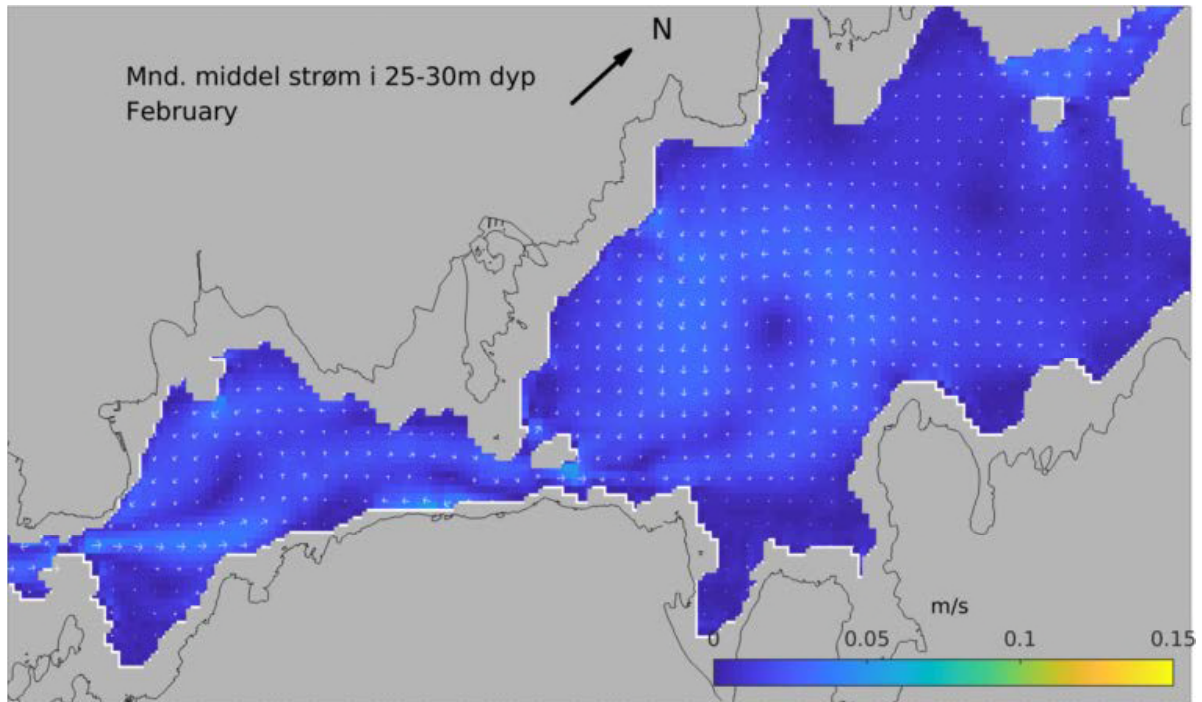


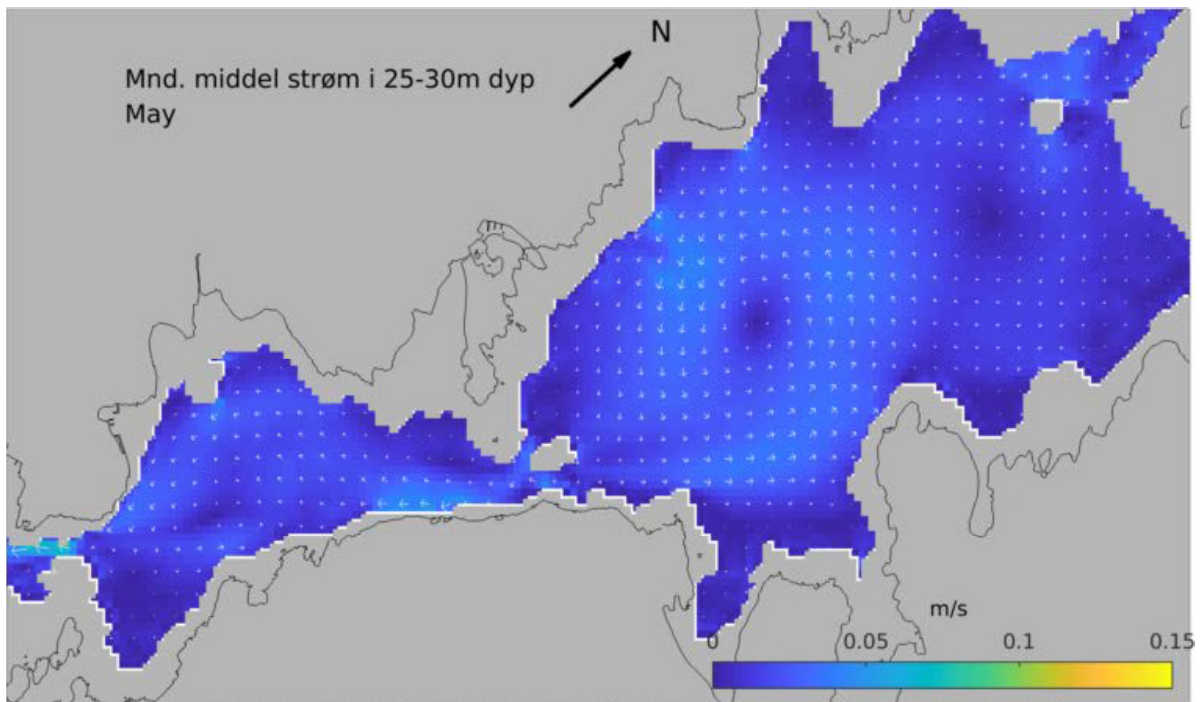
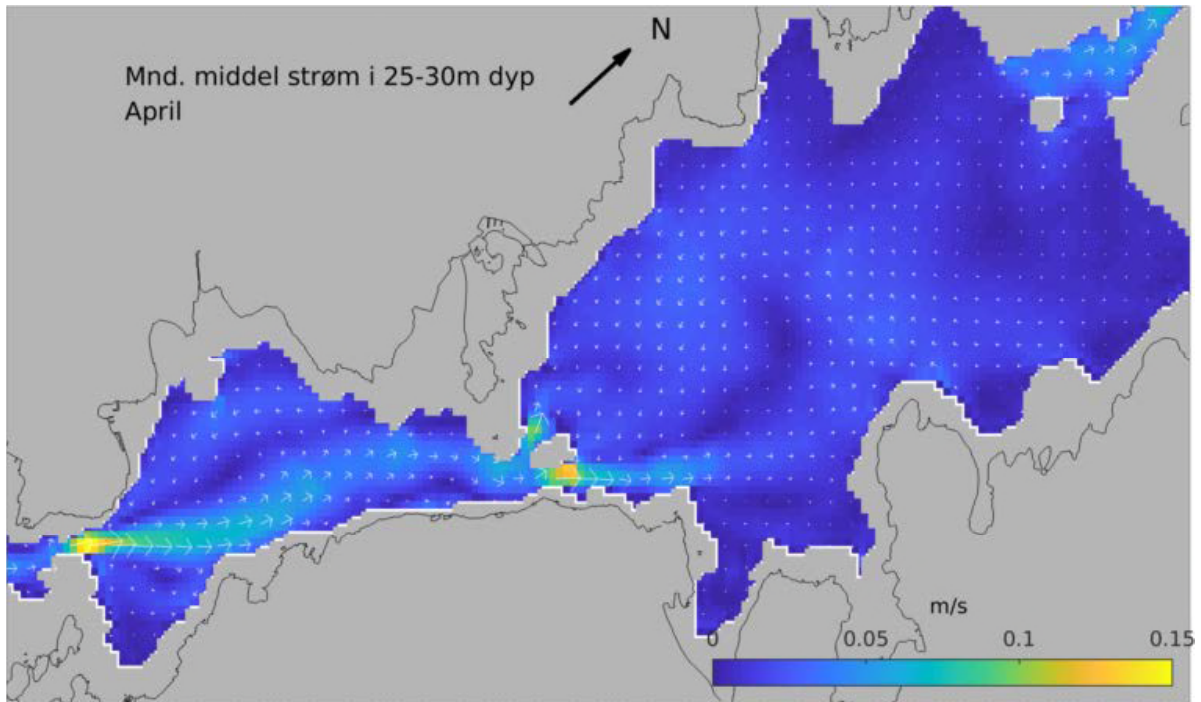
Figur 6. Månedlig gjennomsnitt for strøm i overflaten for november 2018 til juli 2019 før utbygging av kai. Fargeskalaen viser strømfart i m/s. Hver 3. strømpil er plottet. Tallet nær Topdalselva er gjennomsnittlig vannføring for den måneden.

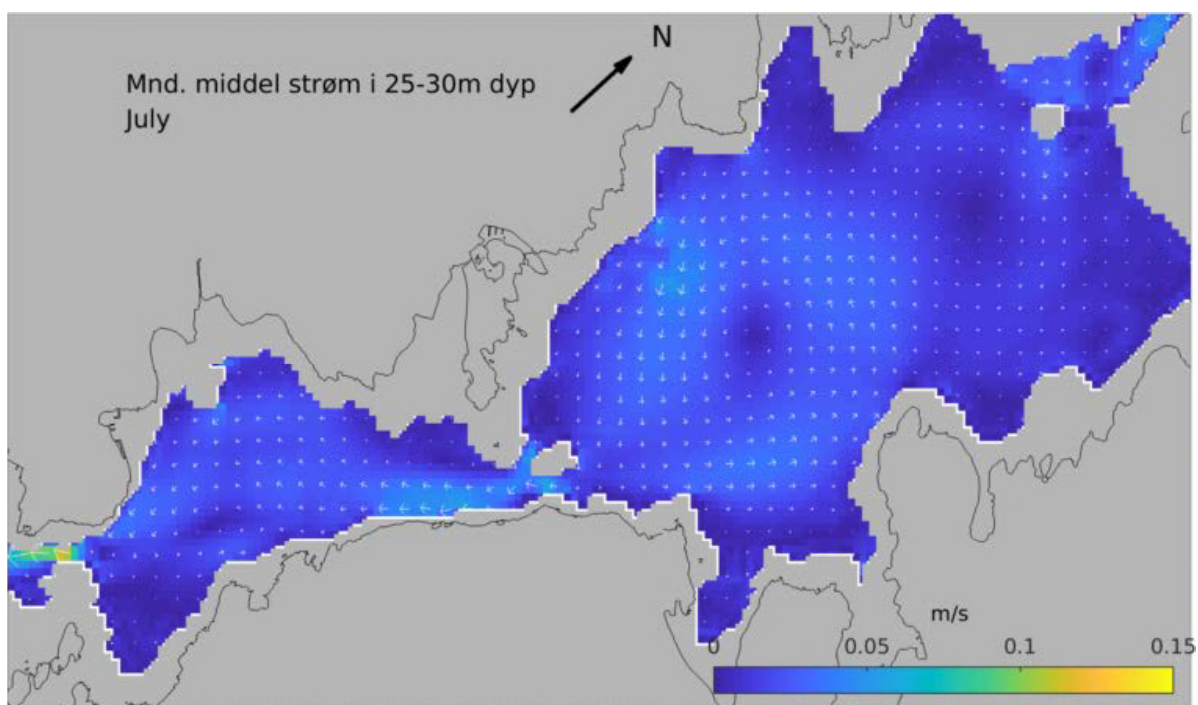
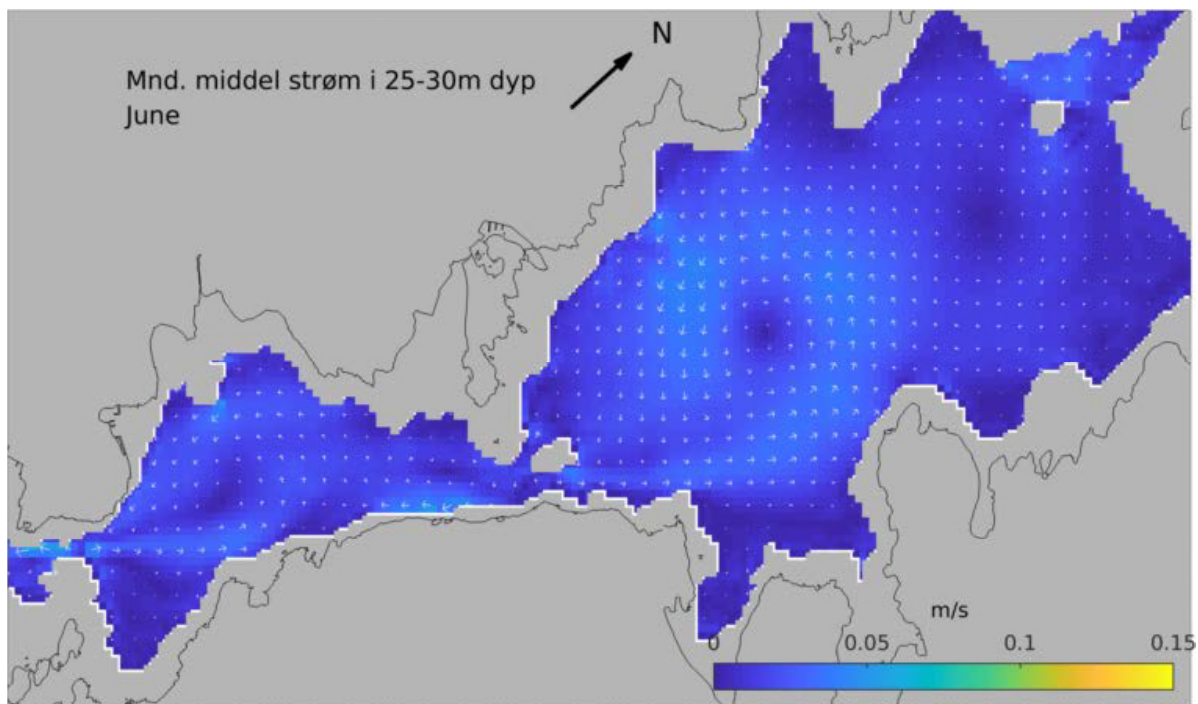
Under er det plottet strøm fra 25-30 m dyp, som generelt går innover i fjorden. Kartutsnittet er litt mindre enn for Figur 6 for å få frem litt mer detaljer. Fargeskalaene er også endret med samme begrunnelse. Tersklene ved Gleodden og Varoddbrua er de smale partiene henholdsvis til venstre og nær midten, hvor strømfarten er høyere.









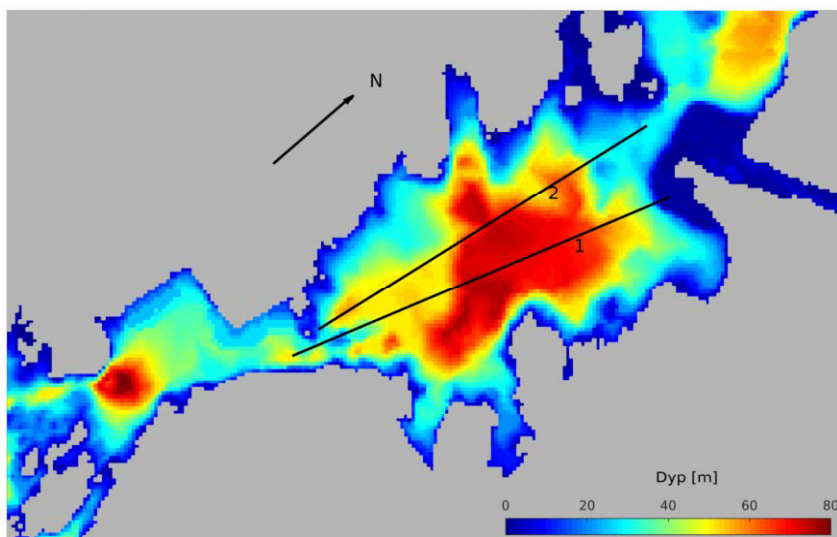


Figur 7. Månedlig gjennomsnitt av strøm i overflaten for november 2018 til juli 2019 før utbygging av kai. Fargeskalaen viser strømfart i m/s. Hver 3. strømpil er plottet.

### 3.2 Snitt

Vi har tatt ut to snitt over Topdalsfjorden fra omkring broen mot Topdalselva, som vist på Figur 8. Vi ser på saltholdighet, for å se etter eventuelle endringer som skyldes utbyggingen av havnen. Snitt 1 er vist for november – juli for hele vannsøylen (Figur 9) og i tillegg for øverste 8 m (Figur 10). Tilstand før utbygging (øverst) og utbygd tilstand (nederst) vises i figuren. Vi plotter hele vannsøylen for å se om vi finner endringer mellom de to simuleringene. Utsnittet med de 8 øverste meterne er vist med tanke på at det er i overflaten at de største forskjellene i saltholdighet er i naturen, og vi er interessert i å se hvordan dette ser ut i modellen. Smoltutvandring gjør også at overflaten er spesielt interessant.

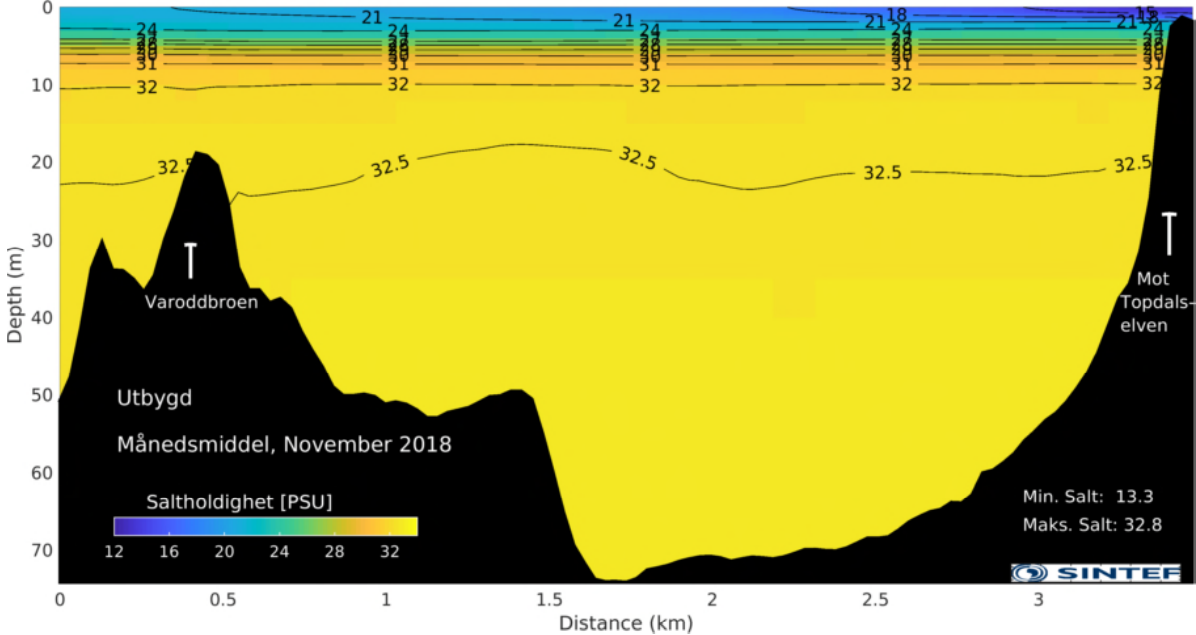
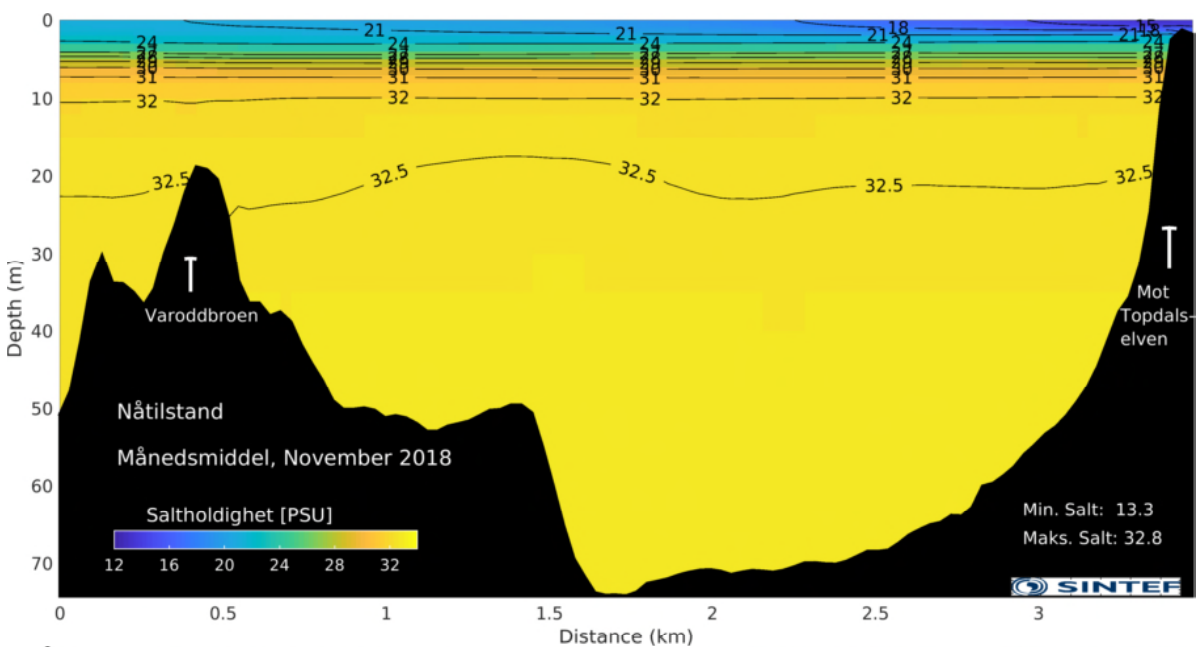
For snitt 2 er det valgt ut mai måned for tilsvarende figurer som for snitt 1, og resten av figurene er plassert i Appendiks A.1.



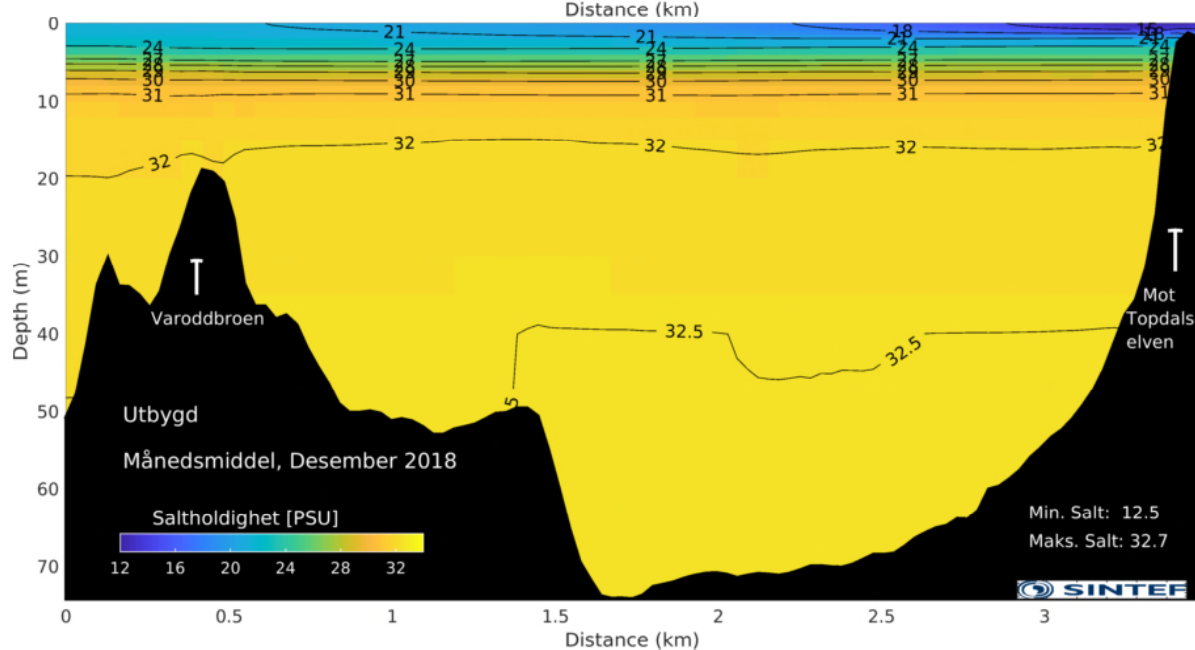
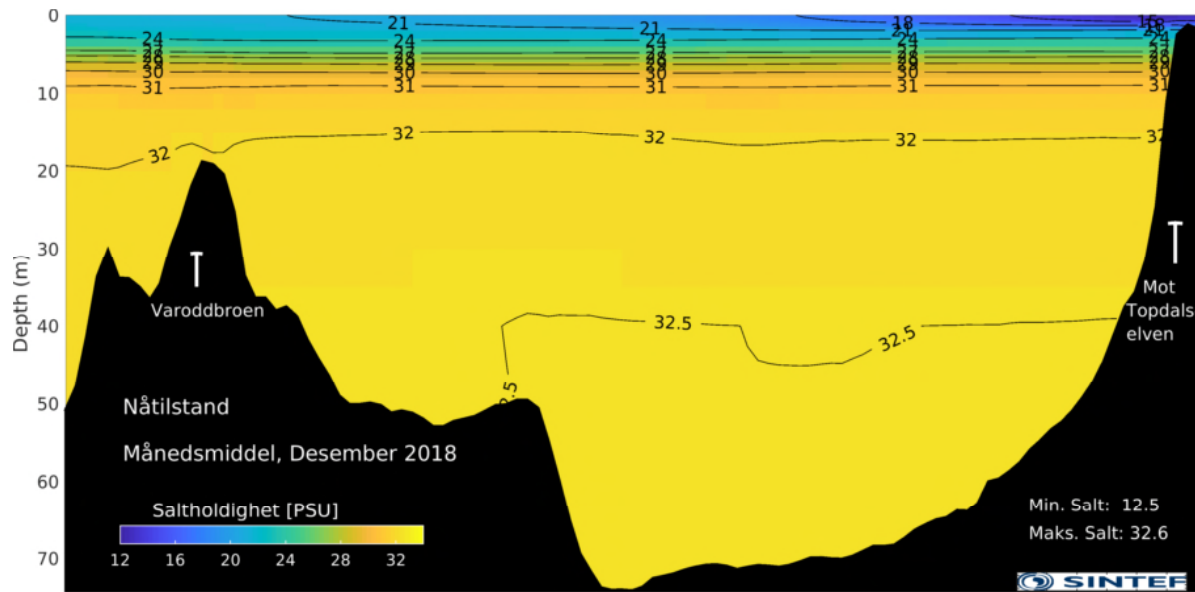
Figur 8. Oversikt over plassering av de to snittene som undersøkes mht. saltholdighet. Det første snittet går fra utsiden av terskelen ved Varoddbrua og over til Hamresanden, mens det andre snittet starter innenfor terskelen ved Varoddbrua og går til utenfor elvemunningen til Topdalselva.

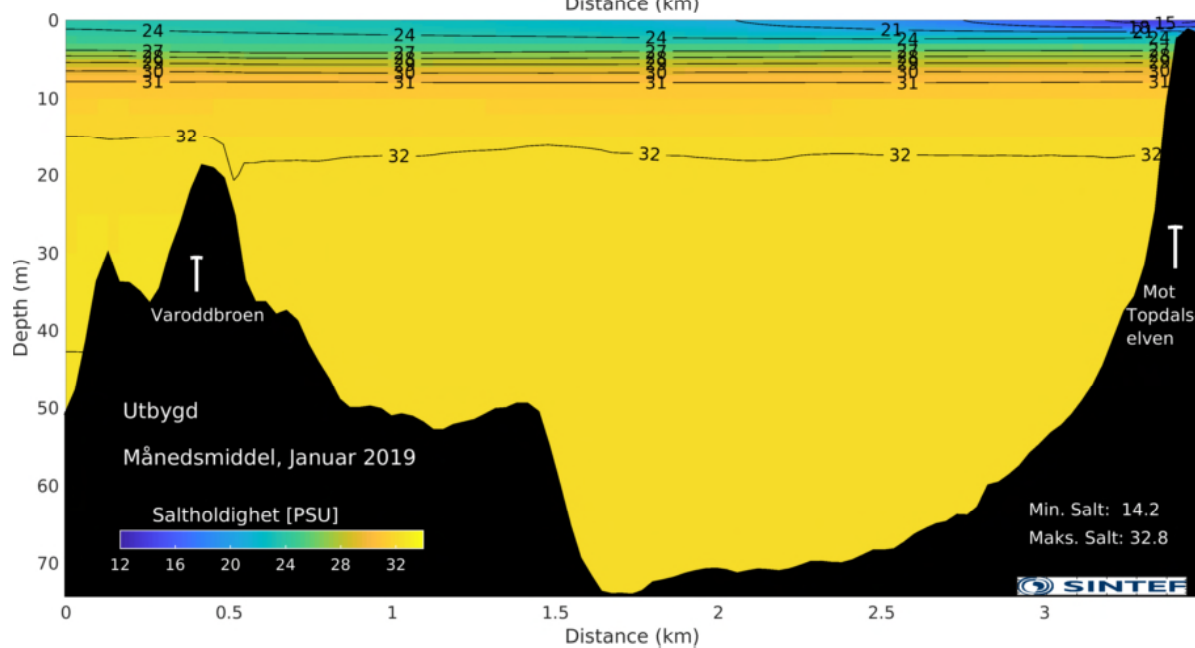
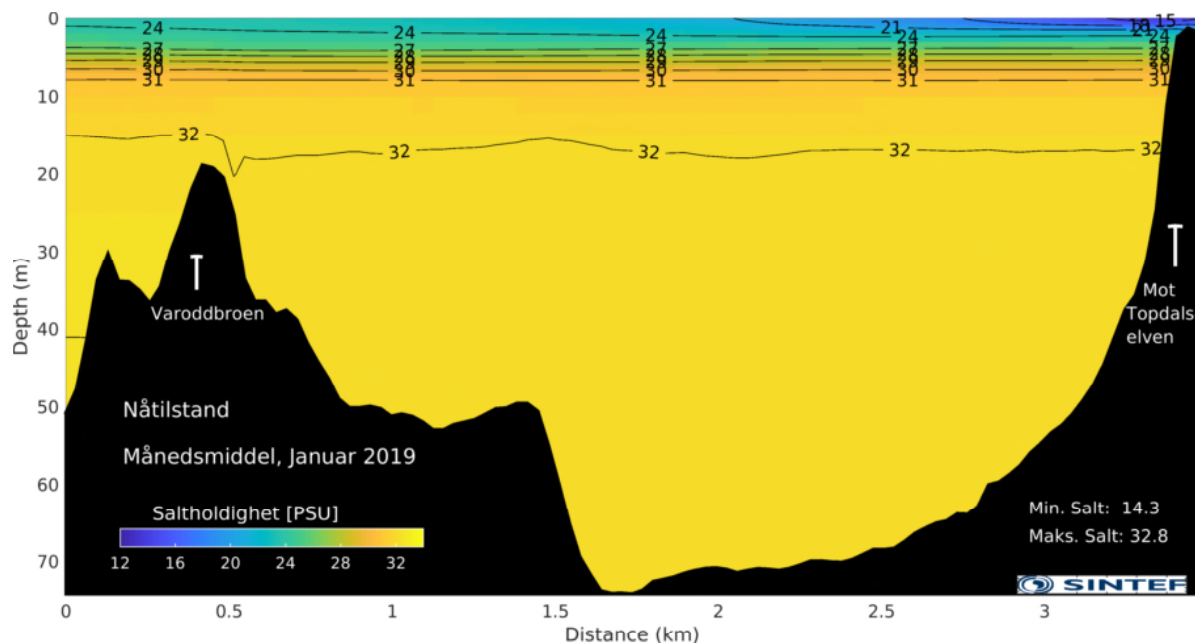
**Snitt 1** Varodd til Hamresanden.

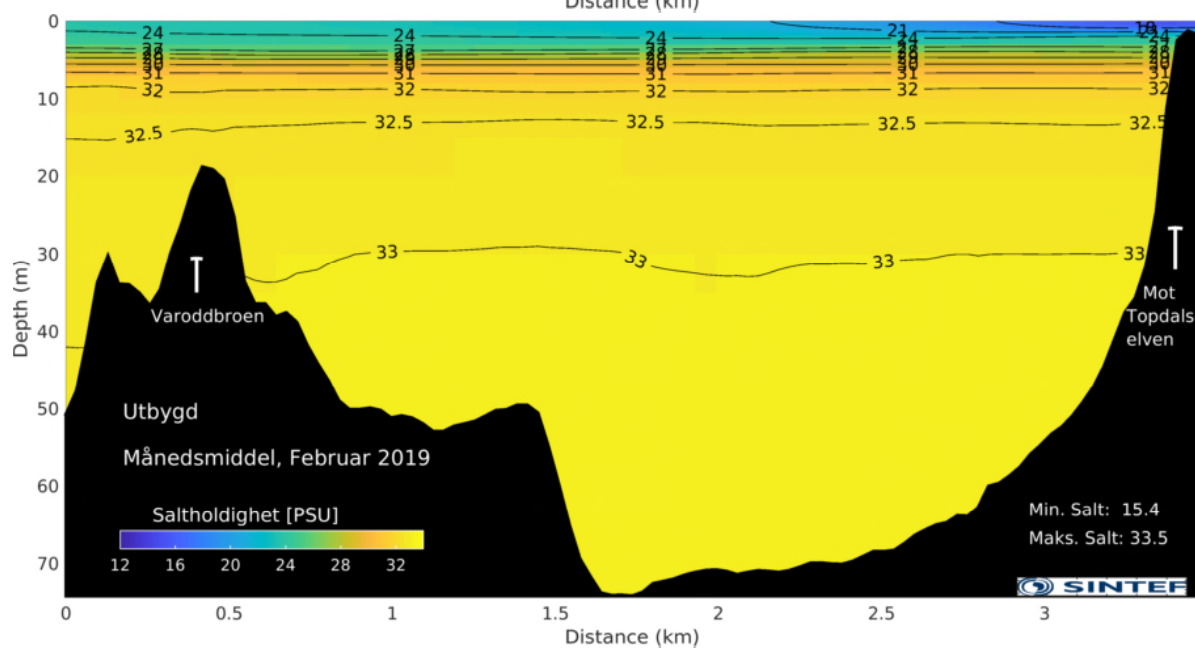
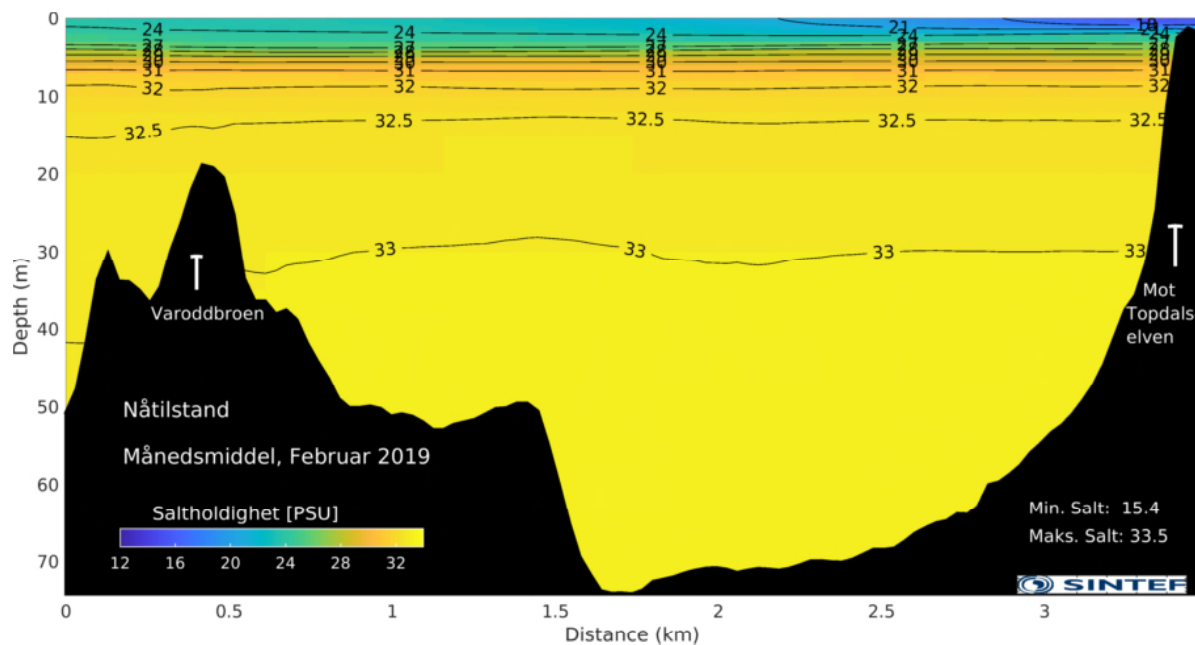
Først vises saltholdighet for hele vannsøylen i Figur 9, og deretter kun de øverste 8 m i Figur 10. Før utbygging (øverst) og etter utbygging (nederst).

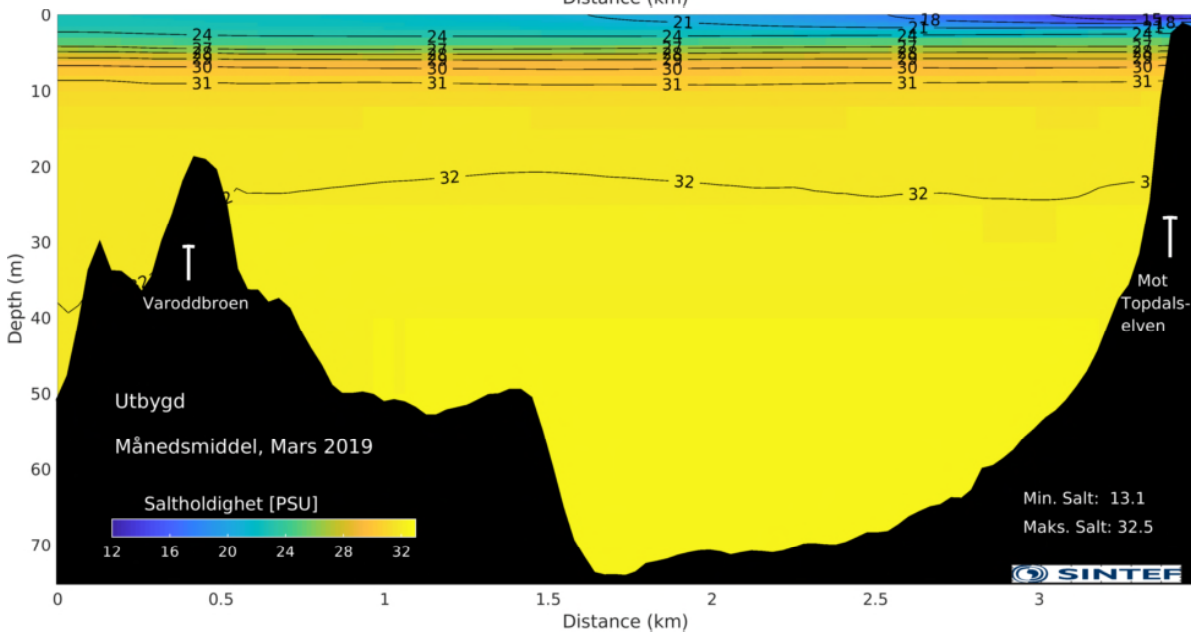
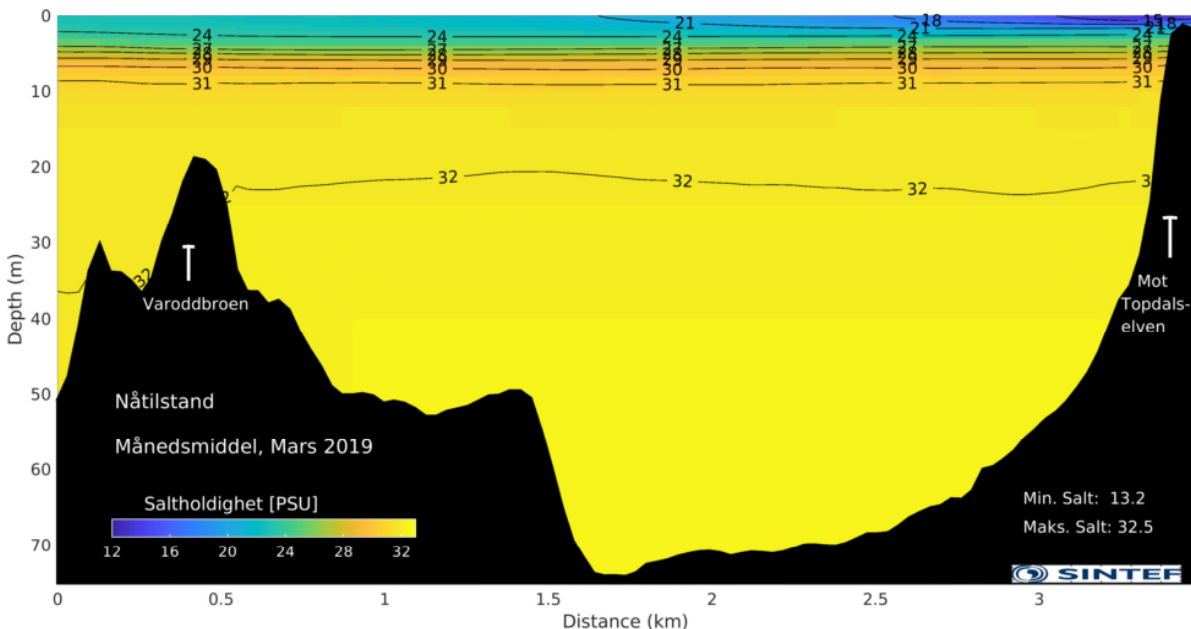


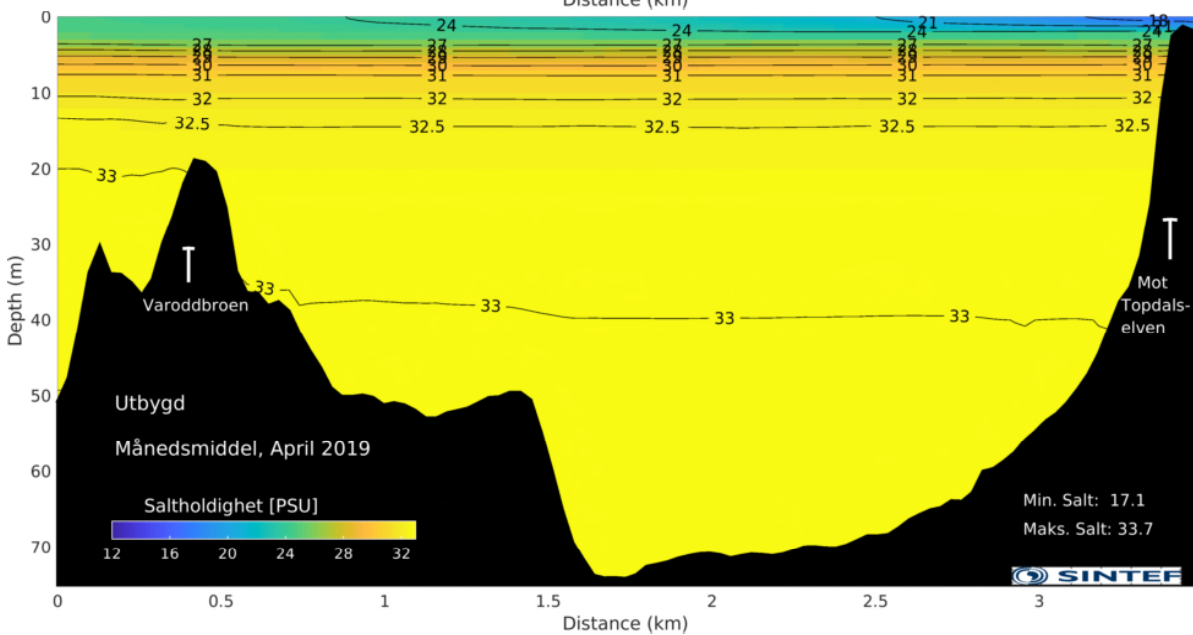
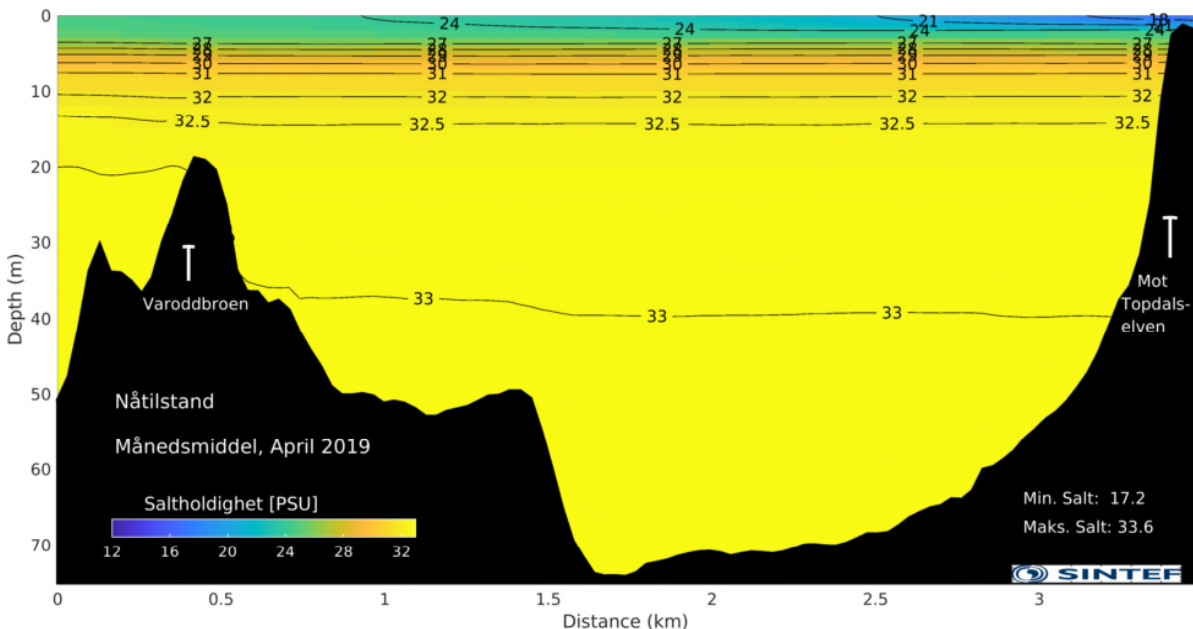


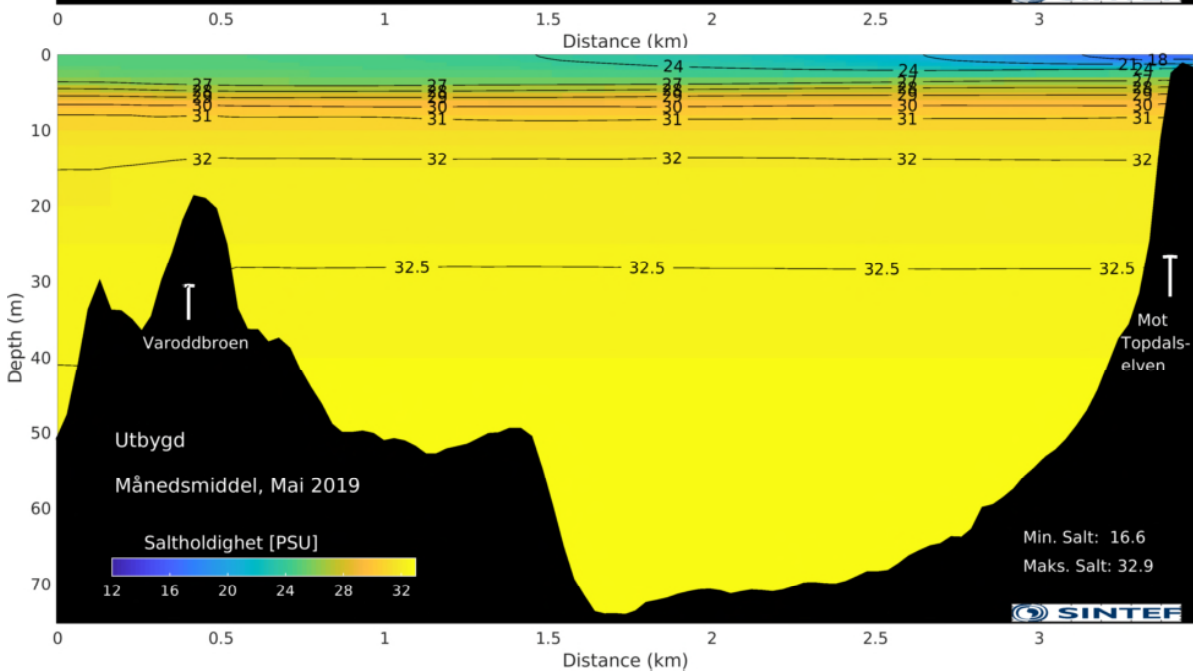
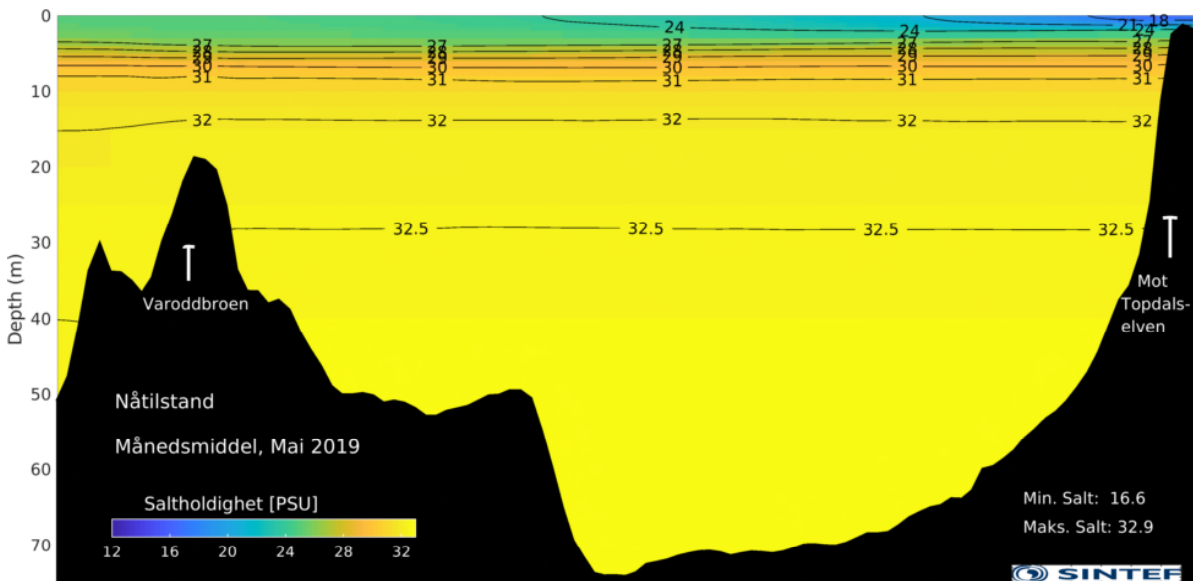


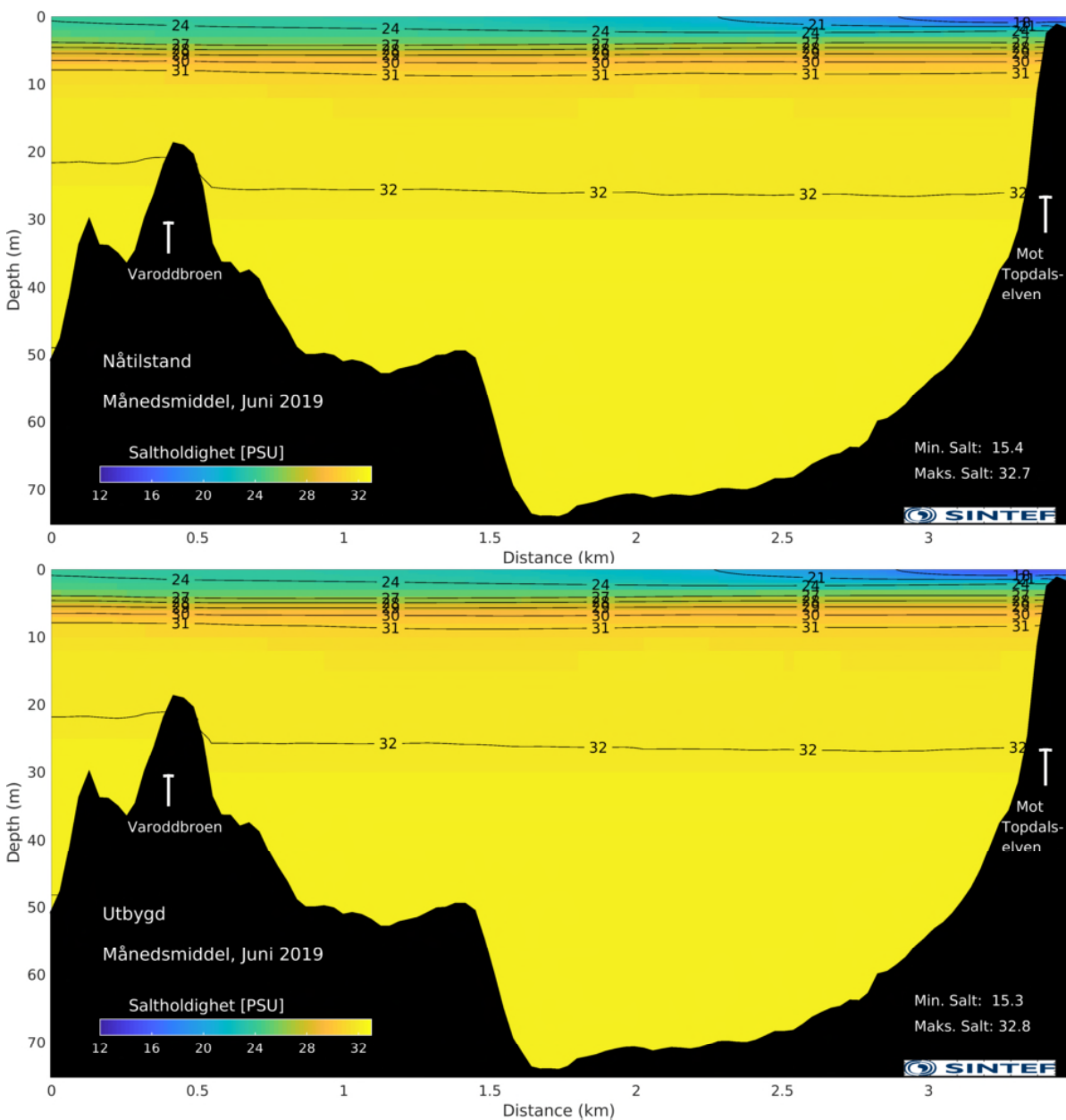






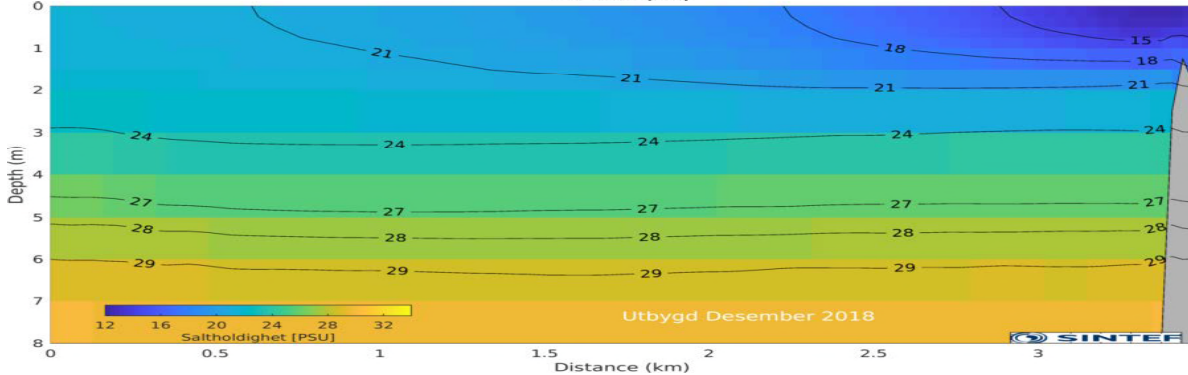
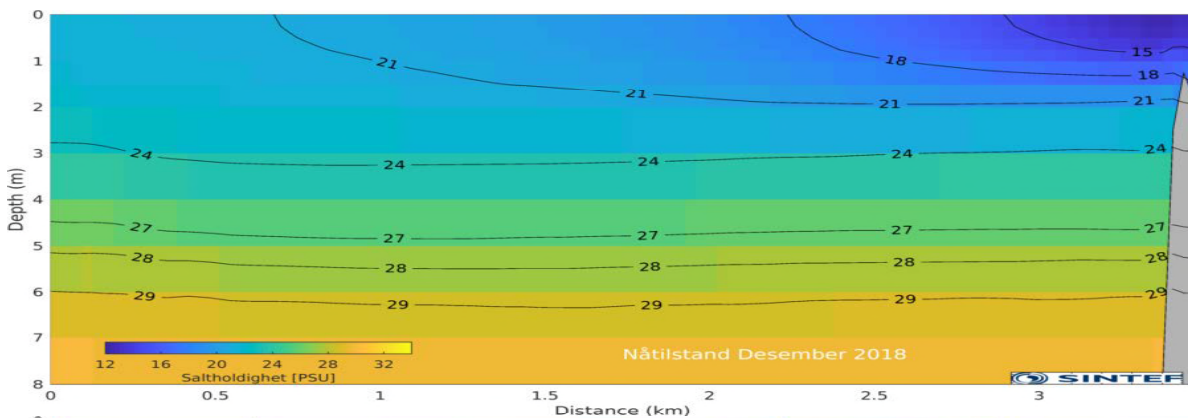
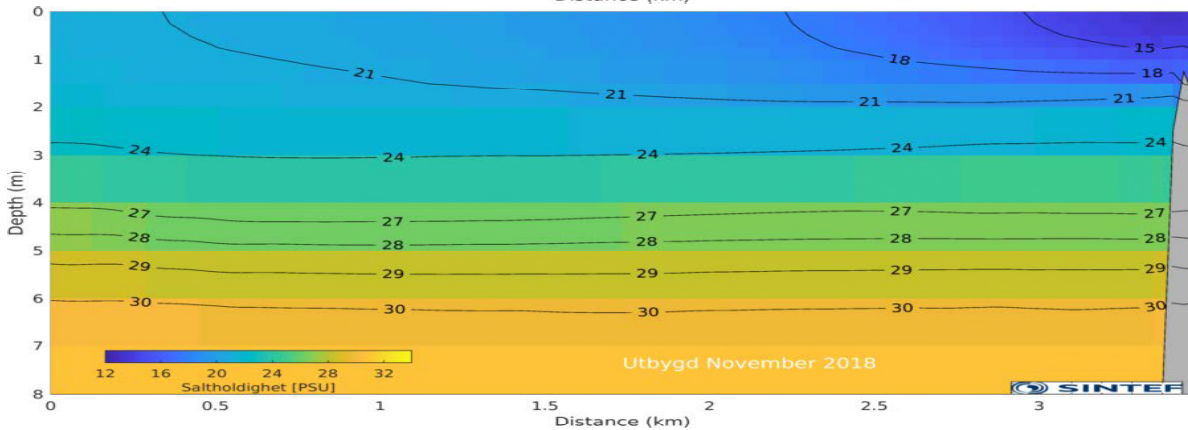
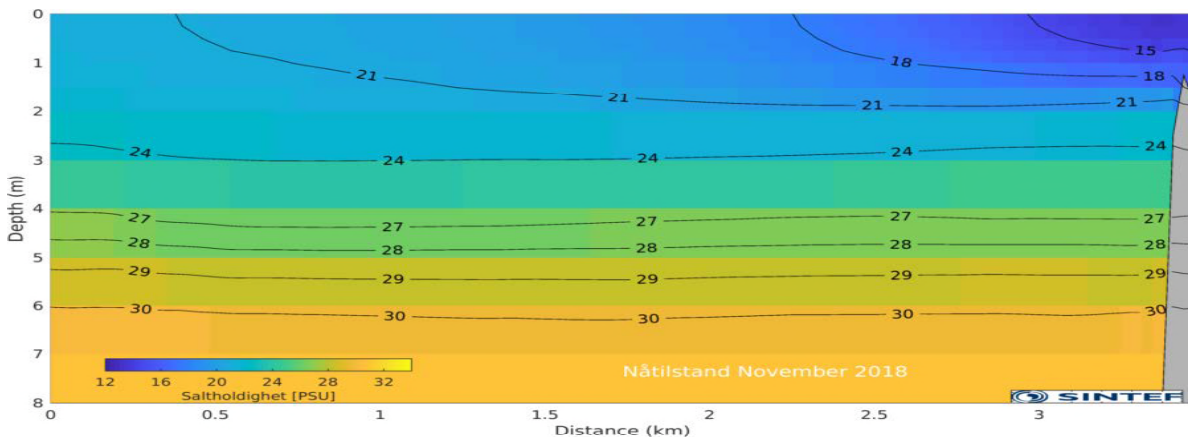




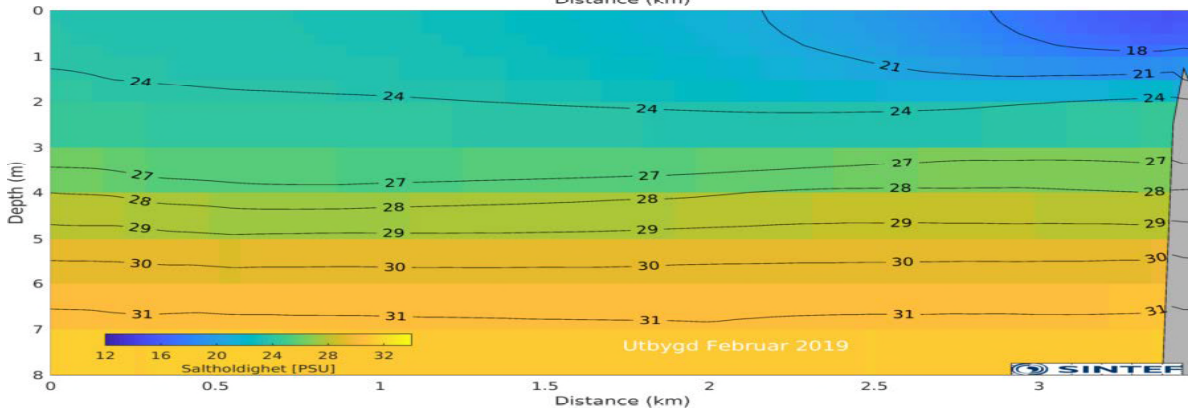
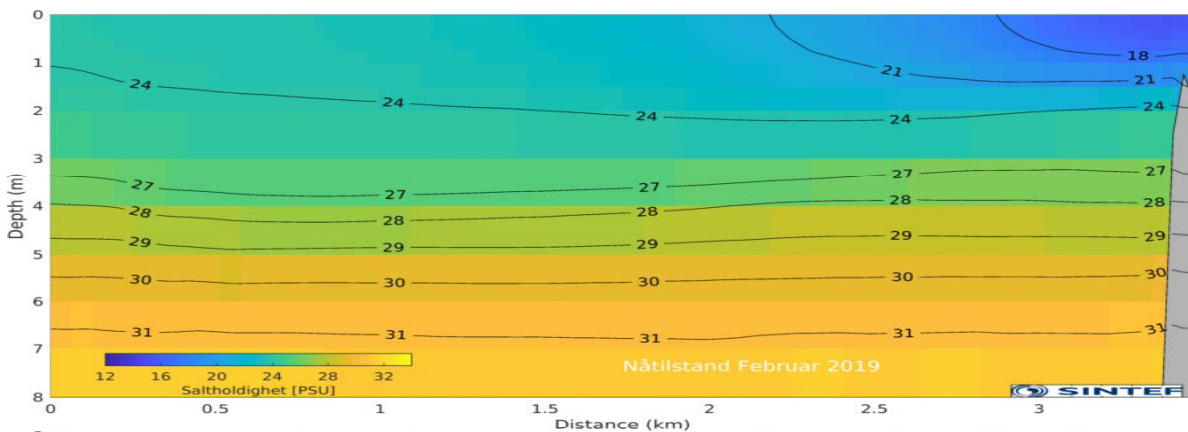
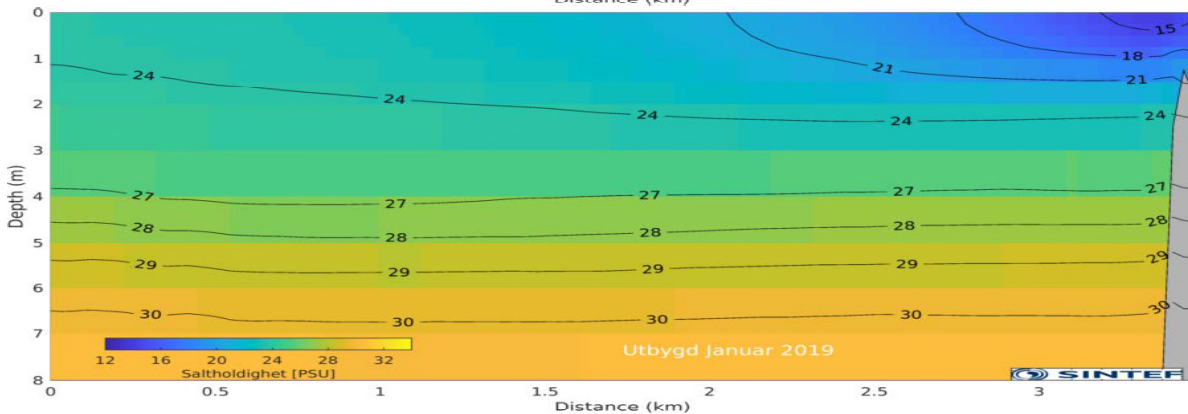
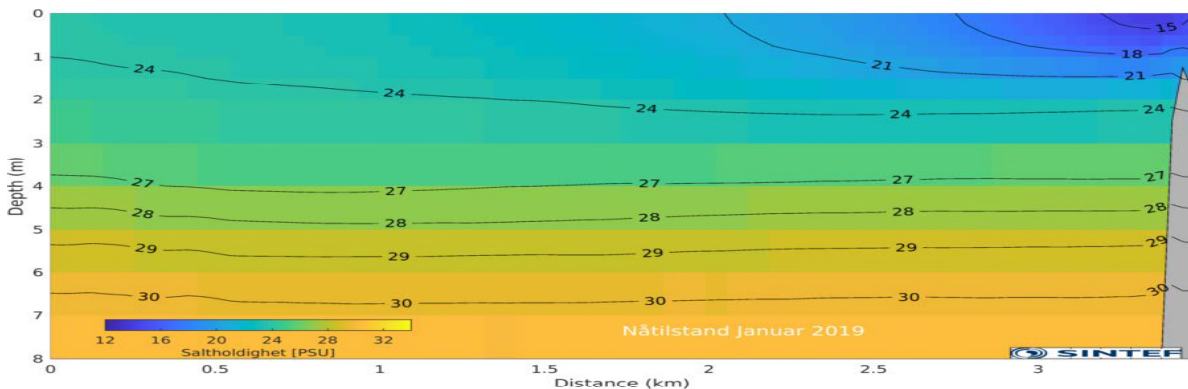


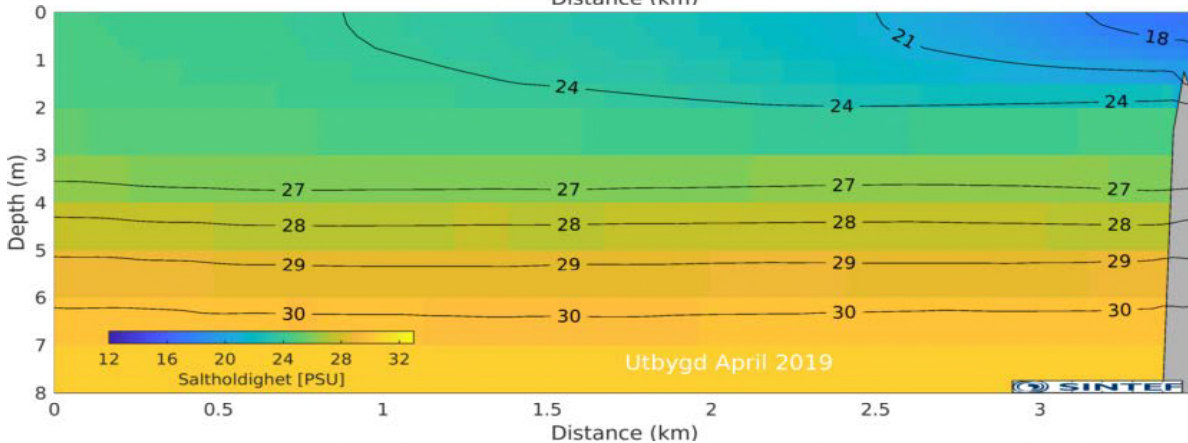
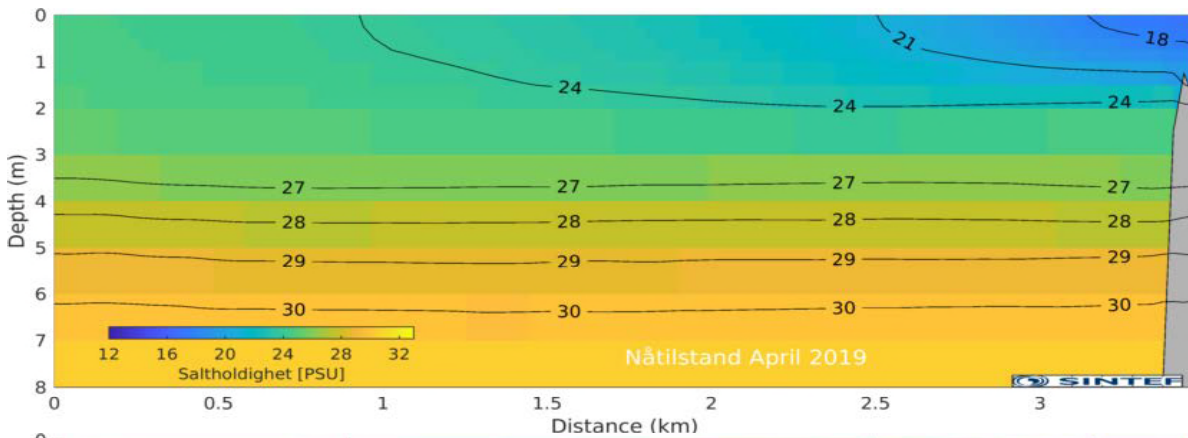
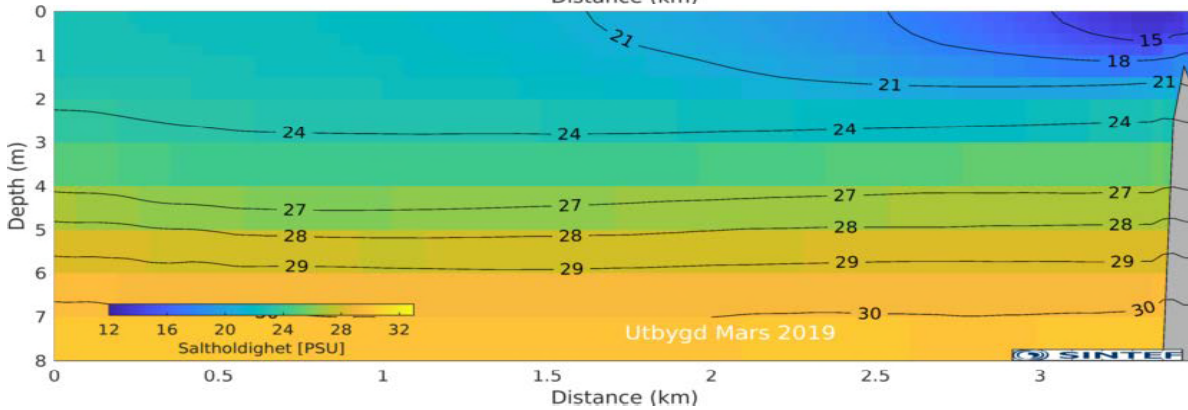
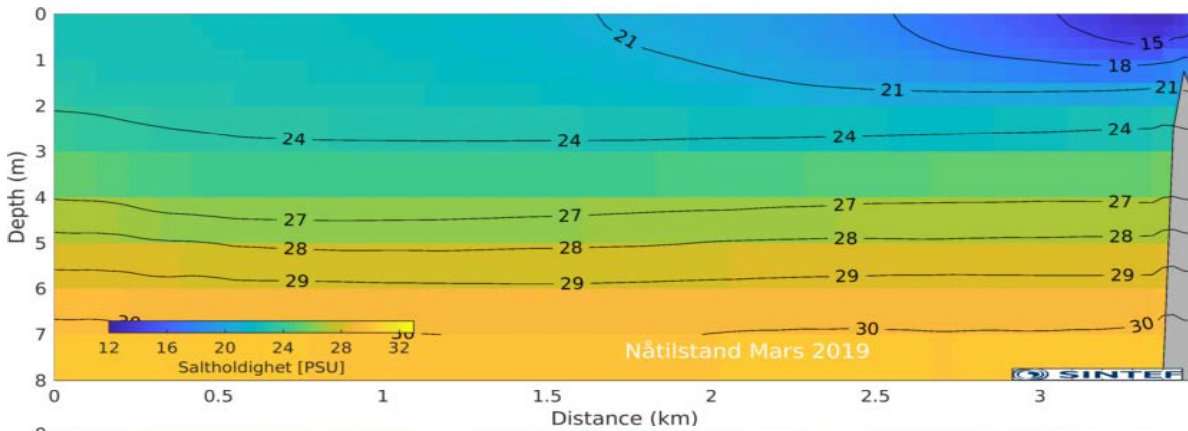
Figur 9. Snitt med saltholdighet, på langs av fjorden som vist i Figur 8. Månedsmidler for nåtilstand og utbygd tilstand fra november 2018 til juli 2019.

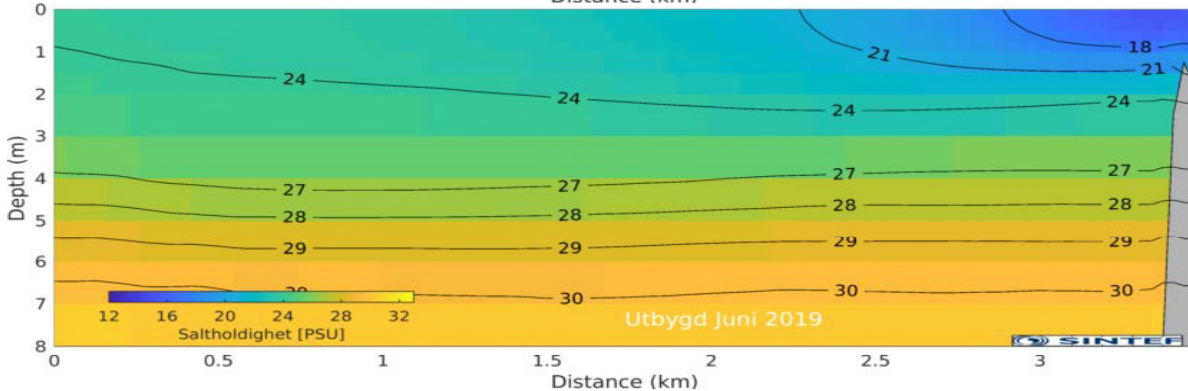
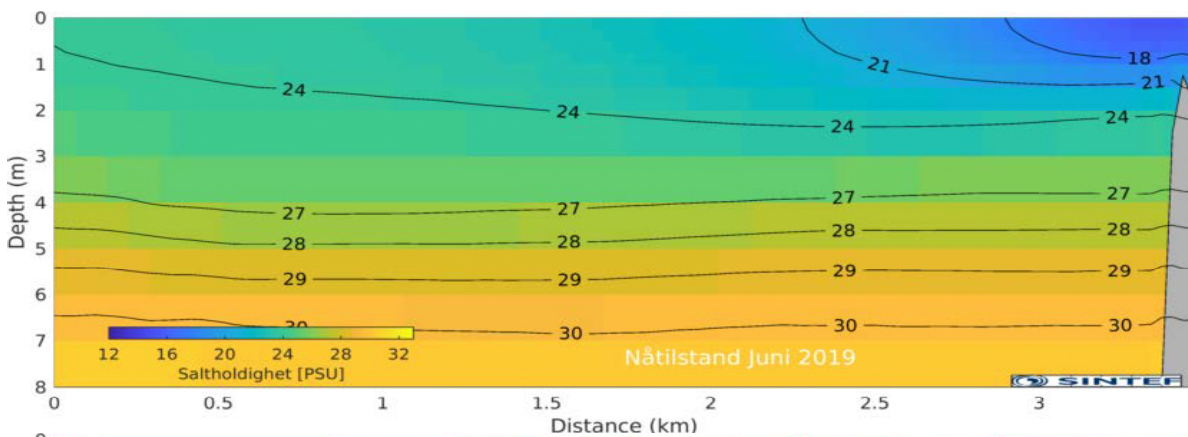
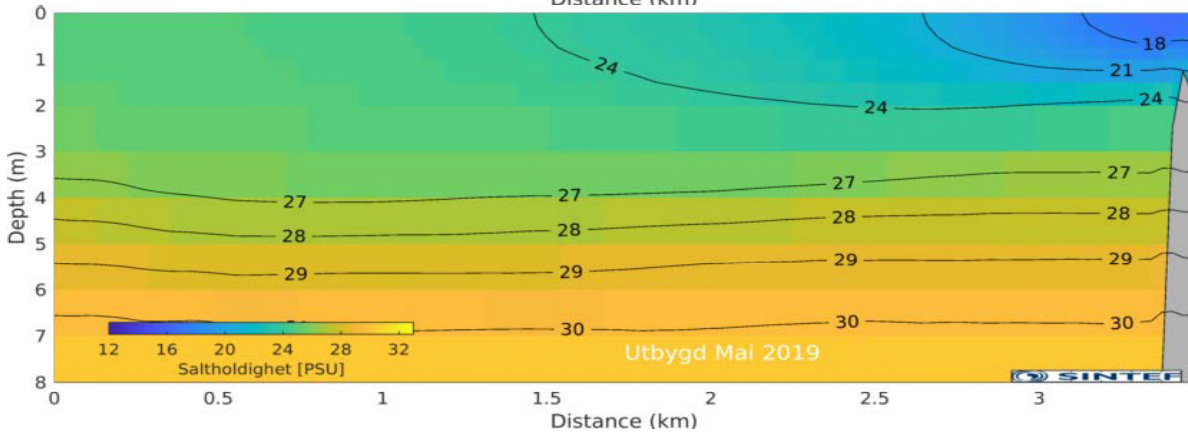
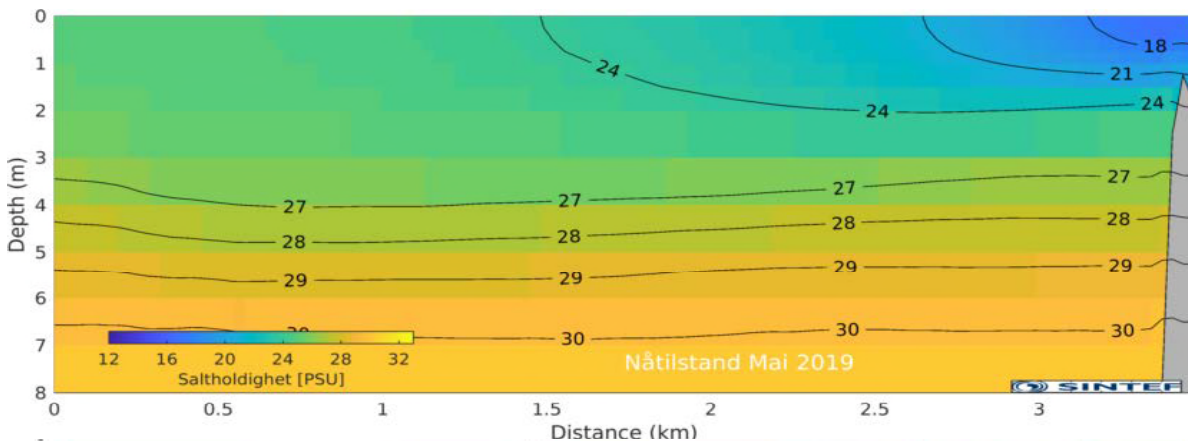
For å få en oversikt over øverste delen av vannsøylen, plottes 0-8 m dyp i egne figurer. For laksesmolten er det de 2 øverste meterne som er viktigst siden det er stort sett der de svømmer, og det er lettere å se på Figur 10 enn når hele vannsøylen plottes som i Figur 9.

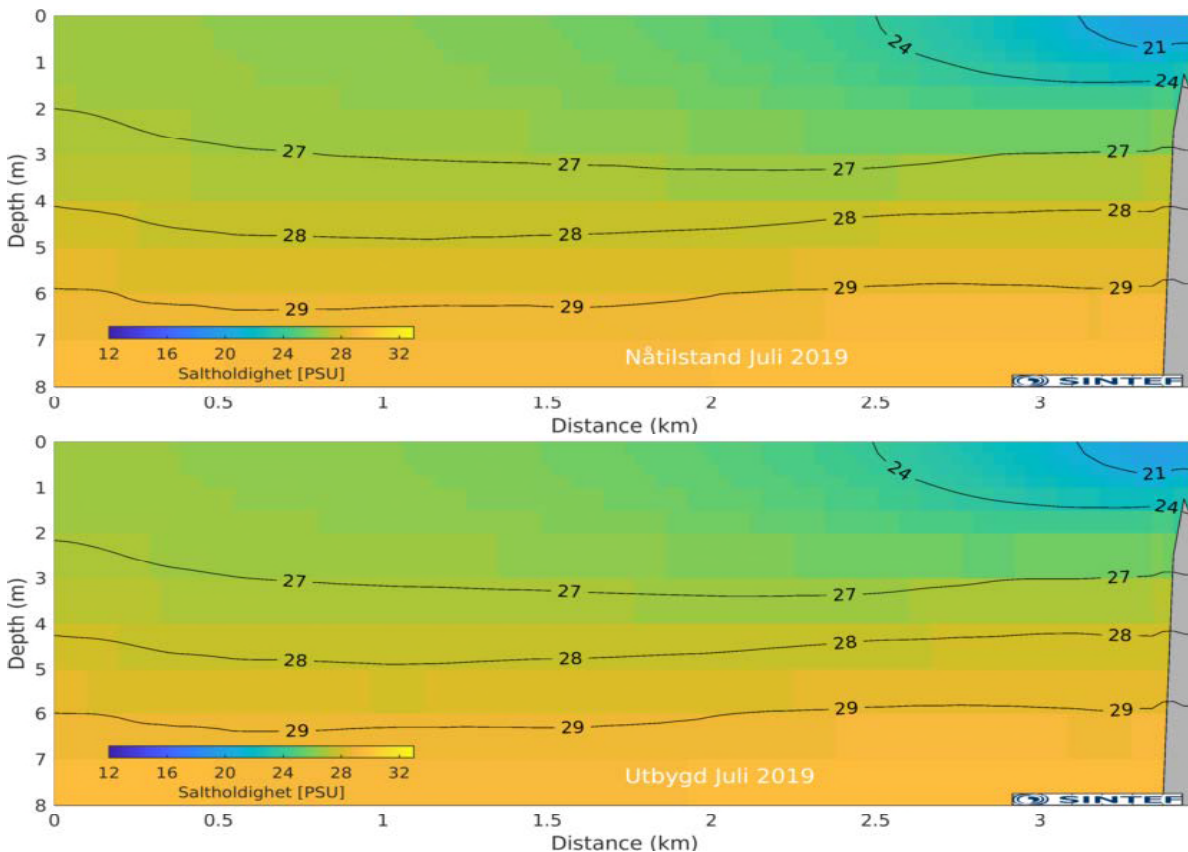








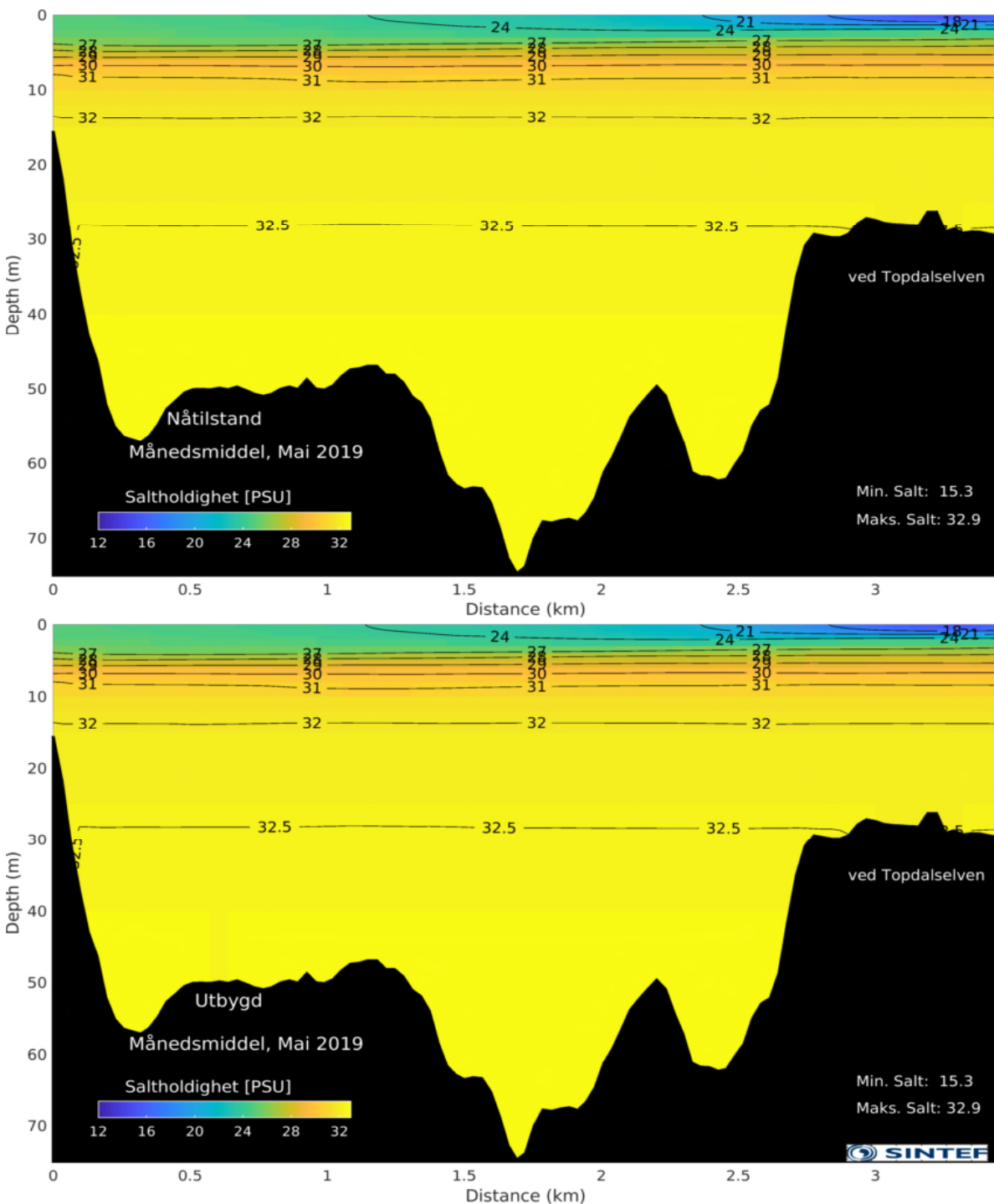




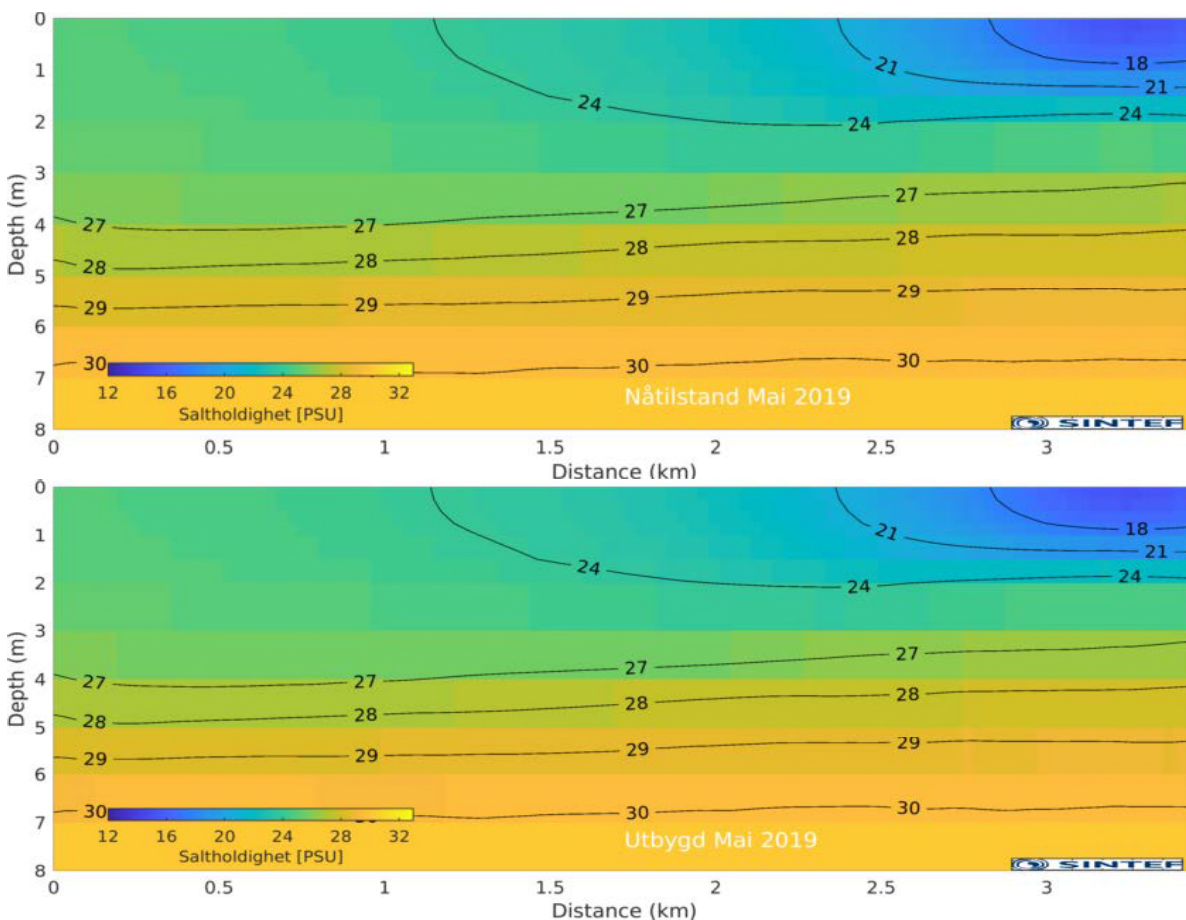
Figur 10. Samme snitt som i Figur 9, men fokusert på de øverste 8 m av vannsøylen. Det er veldig små forskjeller på simuleringene før og etter utbyggingen.

**Snitt 2** Varodd til terskel mot Ålefjærfjorden / utløpet av Topdalselva.

Først vises hele vannsøylen i Figur 11, og deretter kun de øverste 8 m i Figur 12. Vi har valgt å kun vise mai måned her i rapporten, og har heller alle månedene presentert i Appendiks A1. Som for snitt 1 er det små forskjeller i de to simuleringene.



Figur 11. Saltholdighet for snitt 2 som går fra innenfor Varoddbrua og mot Topdalselva.



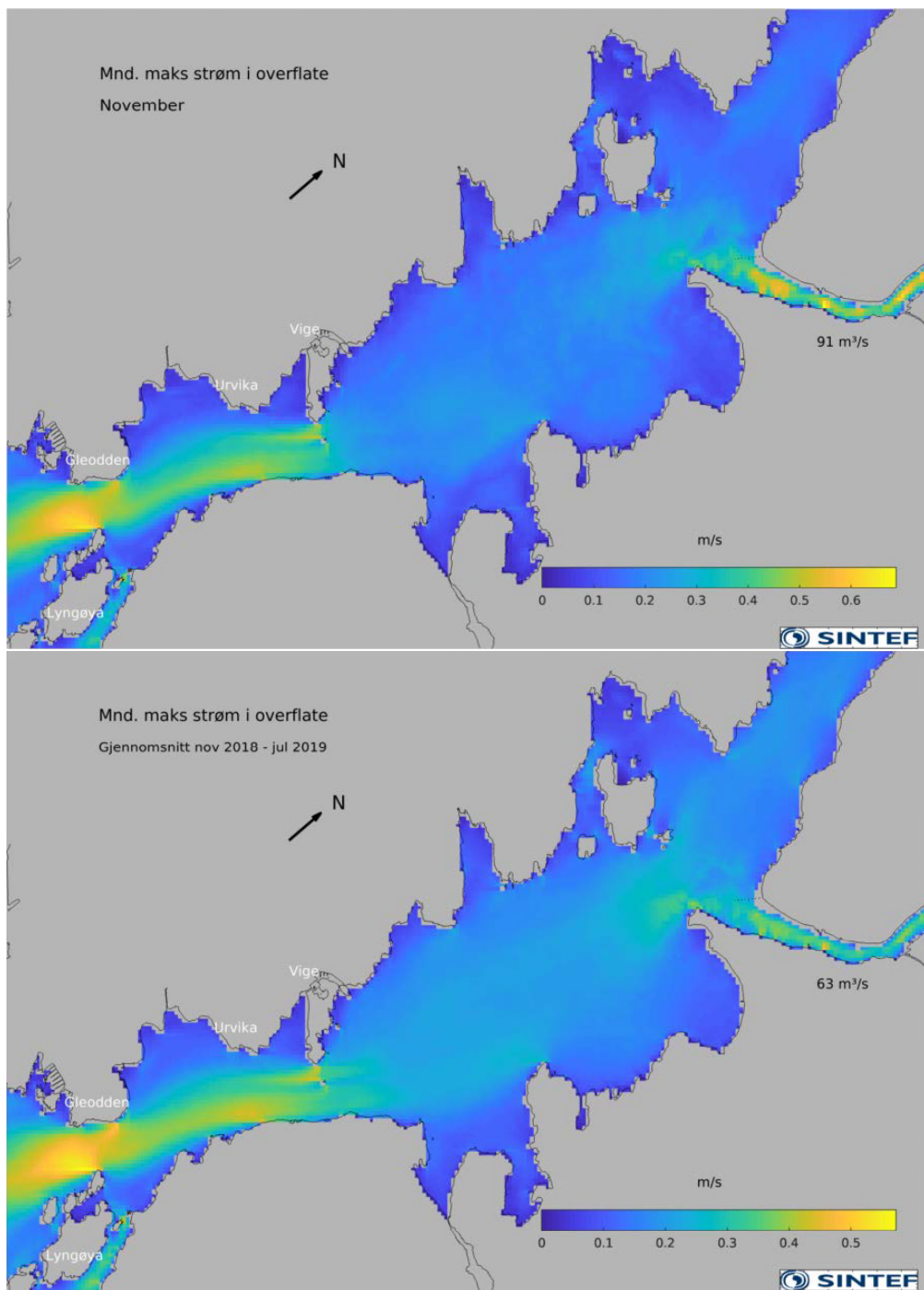
Figur 12. Øverste 8 m av snitt 2, for å se detaljer i overflaten. Det er vanskelig å se noen forskjell.

### 3.3 Maksimal strømfart

Når vi ser på maksimal strømfart i modellområdet, så er den høyeste farten i utløpet av Otra og ute på kysten. Modellen tilsier at det var inntil 1.8 m/s på utsiden av Flekkerøya. Det er lavere maksimal strømfart i Topdalsfjorden, hvor november var den måneden med høyest fart på ca 0.65 m/s mellom Gleodden og Smedholmen (som er holmen utenfor Lyngøya, tvers over fra Gleodden).

Maksimal strøm er her den maksimale strømfarten gjennom hele perioden (måned eller hele simuleringen), for hver gridcelle. Dvs. at den faktiske strømmen i sjøen ikke vil se slik ut, siden ikke alle gridcellene vil ha maks strøm samtidig.

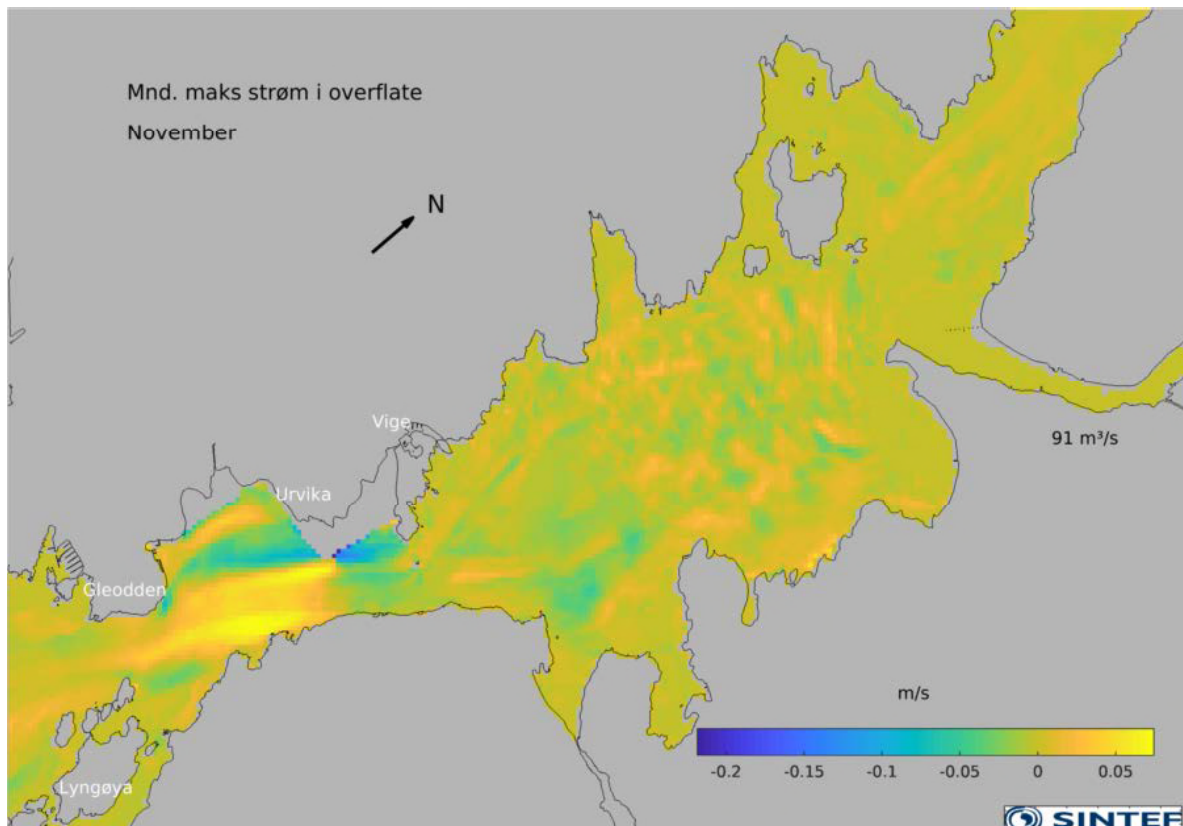
I Figur 13 vises maksimal strøm for overflaten for november 2018 (øverst) og gjennomsnitt av månedlig maksimalstrøm for hele simuleringsperioden (nederst). Derfor er den maksimale strømfarten større i øvre figur enn nedre.



Figur 13. Kart med månedlig maksimalstrøm for overflaten (øverst) og gjennomsnitt av maksimal strøm for hver måned (nederst). Gjennomsnitt vannføring i Topdalselva er gitt for tilsvarende periode. Figuren med gjennomsnitt av maksimal strømfart er naturligvis en del glattere enn når det bare er vist for én måned.

### 3.4 Differansekart

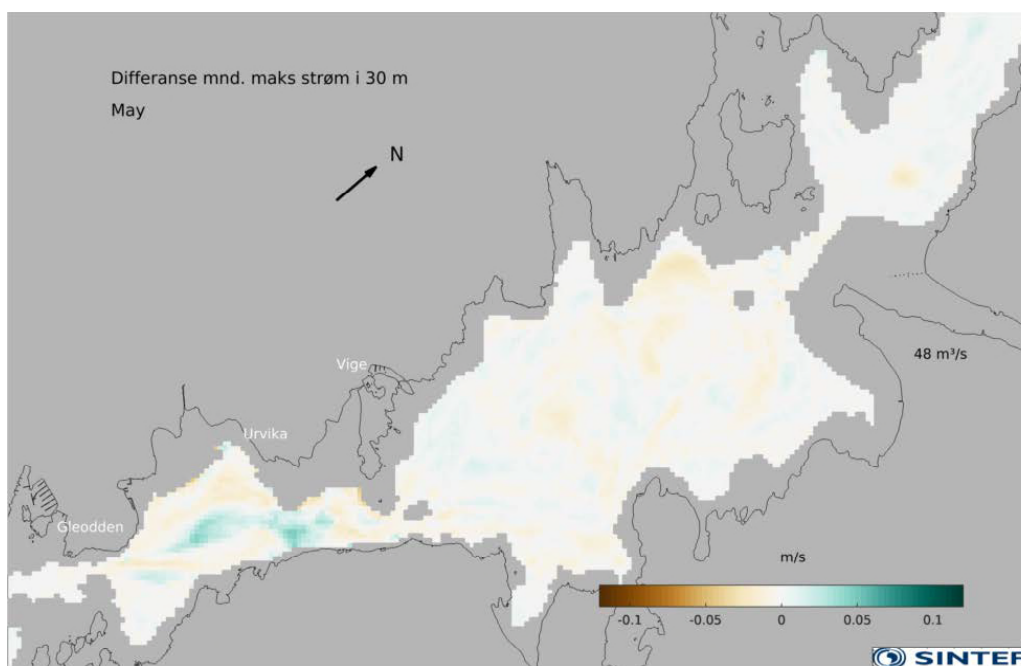
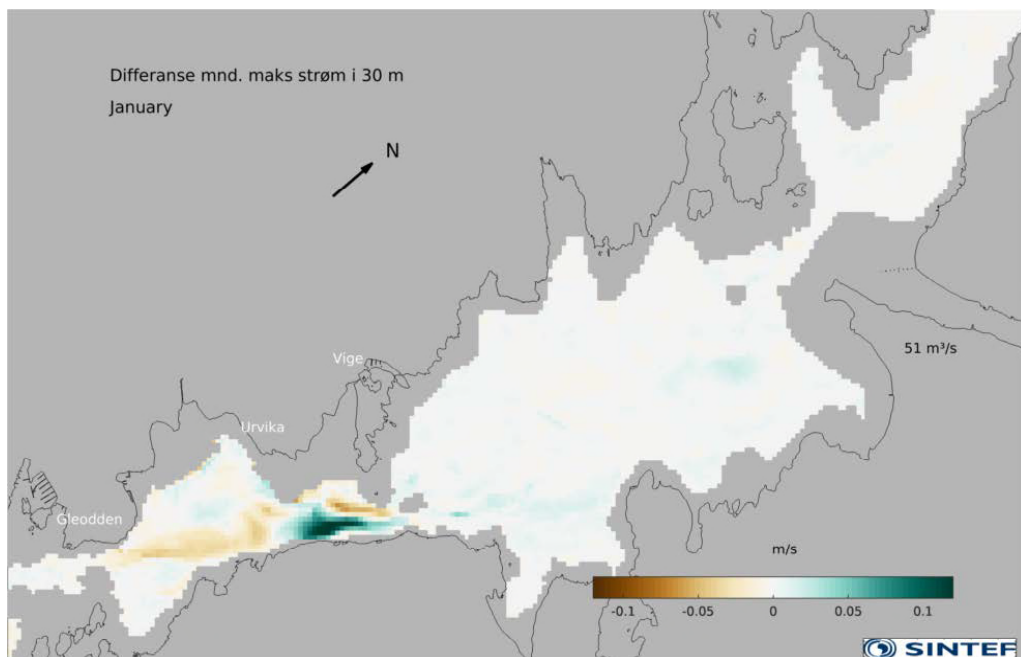
For å se på differanse i maksimal strømfart i overflaten vises Figur 14. Her er det subtrahert strømfart i simuleringen før utbygging fra simuleringen med utbygd havn. Dette betyr at positive verdier tilsvarer en økning i strømfart og negative er en reduksjon i strømfart, som følge av utbyggingen.



Figur 14. Differanse for maksimal strømfart i månedsmiddel mellom de to simuleringene (utbygd minus nåtilstand), slik at økt maks strømfart blir positive verdier (gul) og reduksjon i maks strømfart blir negativ (blå-grønn). Økningen og reduksjonen i strømfart i havneområdet er konsistent gjennom alle simulerte måneder, mens sjatteringene innover i Topdalsfjorden skifter mellom måneder og vil dermed glates ut i en midling. Det betyr at det er kun i havneområdet at vi ser signifikante endringer i strømfart som følge av utbyggingen.

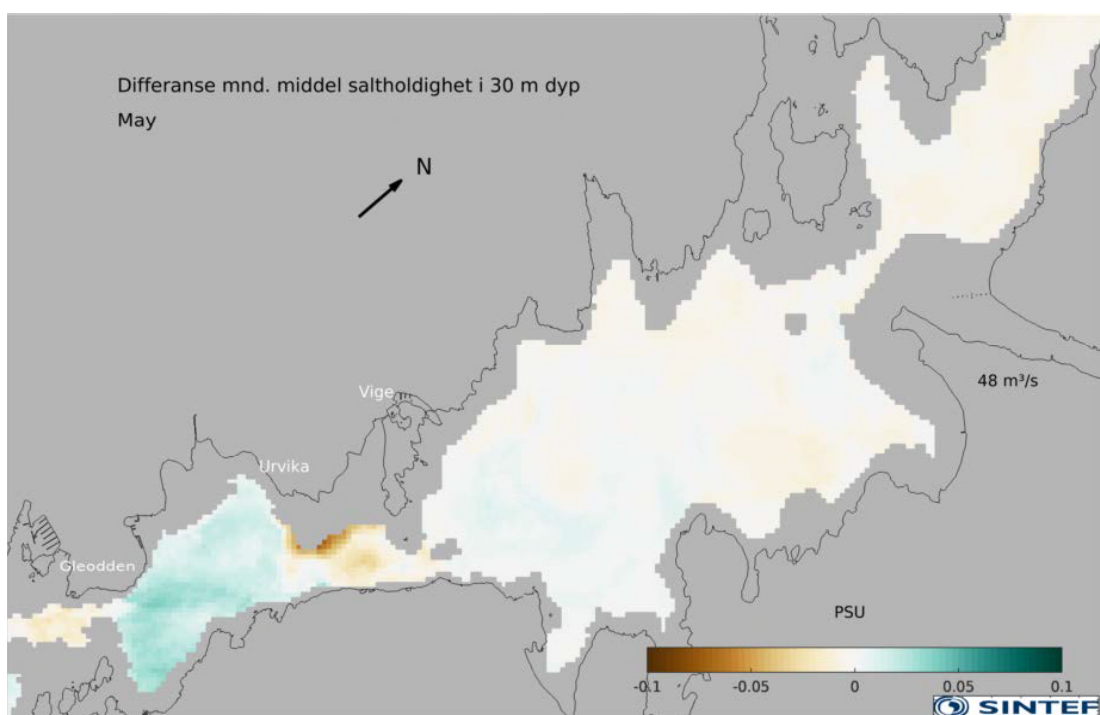
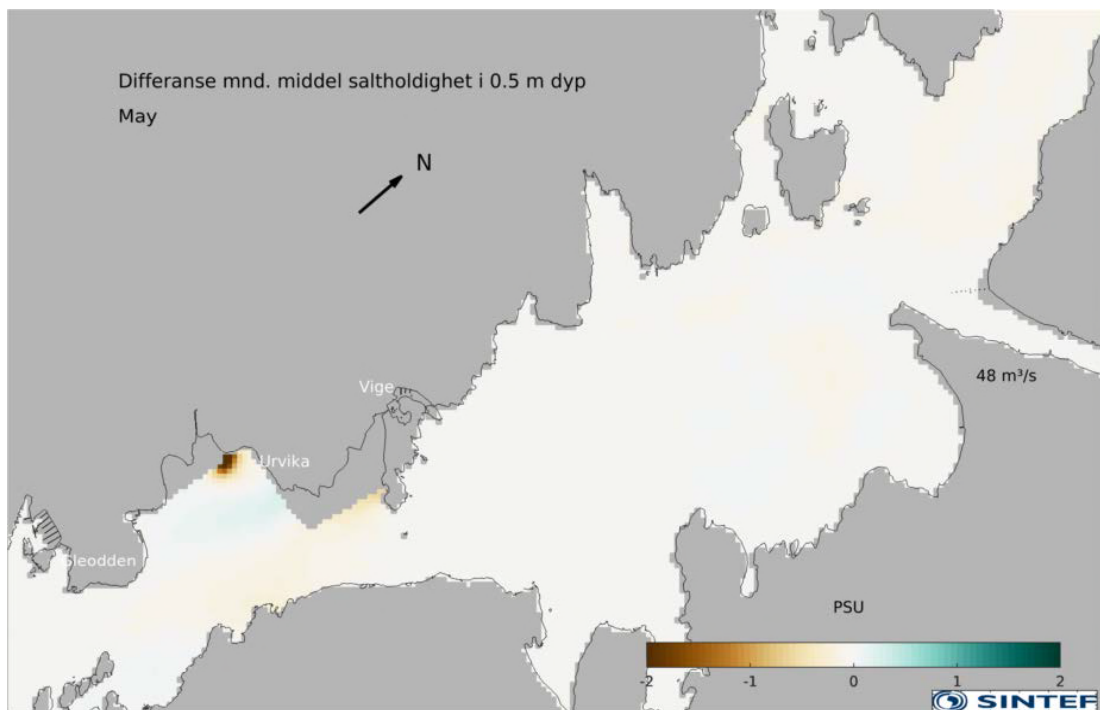
Det innstrømmende vannet er representert med laget fra 25 til 30 m dyp i Figur 14, og der vises differanse av maksimal strømfart for en måned, før og etter utbygging. Vi har igjen plottet slik at positive verdier tilsvarer en økning i strømfart og negative er en reduksjon i strømfart, som følge av utbyggingen. I dypene mellom overflaten og 30 m er differansene litt mindre, slik at Figur 14 og 15 representerer spennet i endringene som forventes av utbygd kai.





Figur 15. Differanse av maksimal strømfart i 30 m dyp for en måned, slik at positive verdier er en økning av strømfart pga. utbyggingen. Øverst vises januar som var den måneden med størst differanse (inntil 0.14 m/s) og mai som var en måned med liten differanse (inntil 0.05 m/s).

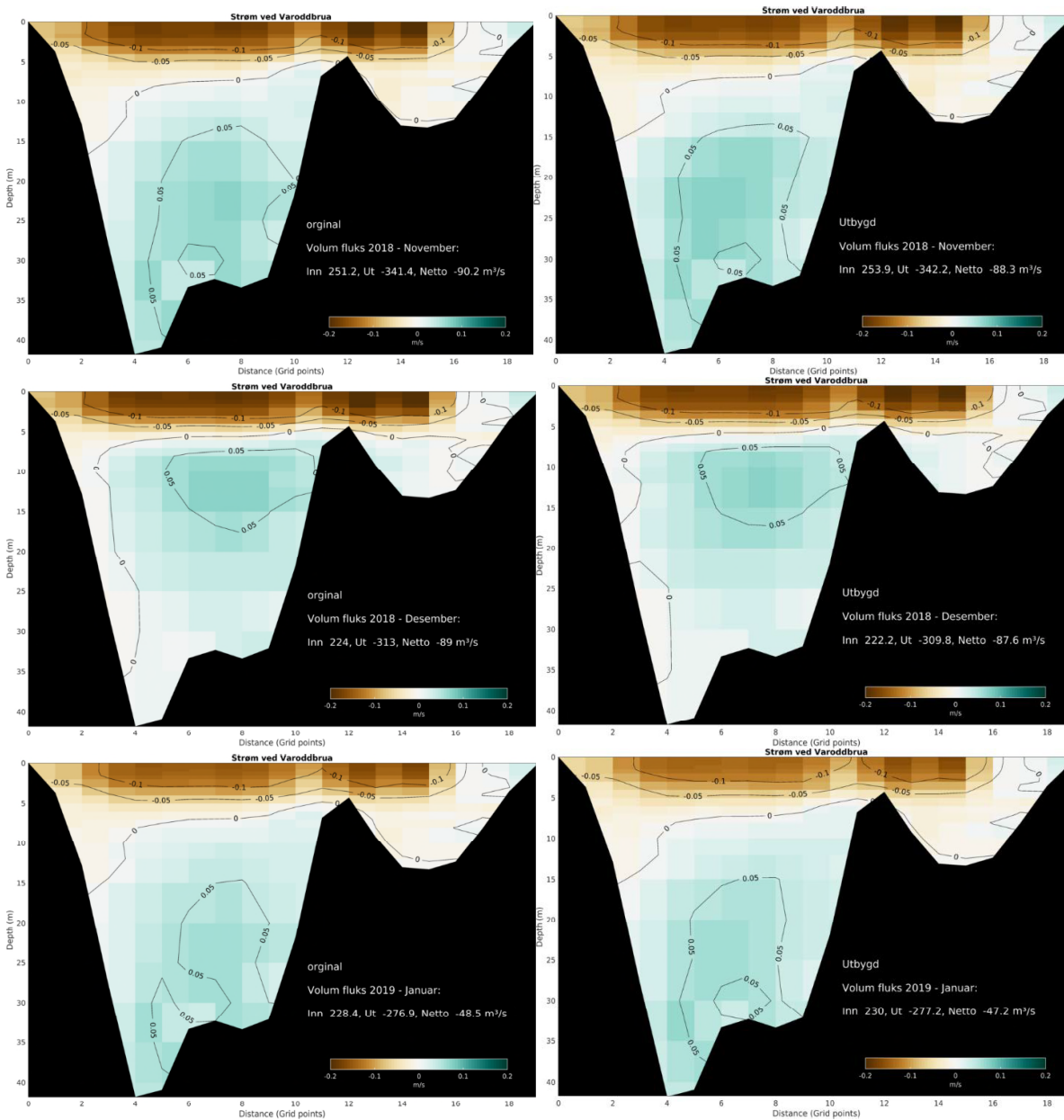
Endringer i saltholdighet for nær overflaten og i 25-30 m dyp er vist i Figur 16. Det kommer en bekk ut i området som blir dekket av den sørligste fyllingen, og i utfylt simulering må denne bekken flyttes ut til kanten av fyllingen. Dette er en perturbasjon av saltholdighetsfeltet som skaper en del lokale endringer. I overflaten er det naturligvis stor forskjell akkurat der bekken kommer ut i simulering for utfylt kai, derfor vises laget rett under overflaten, 0.25-0.5 m dyp.

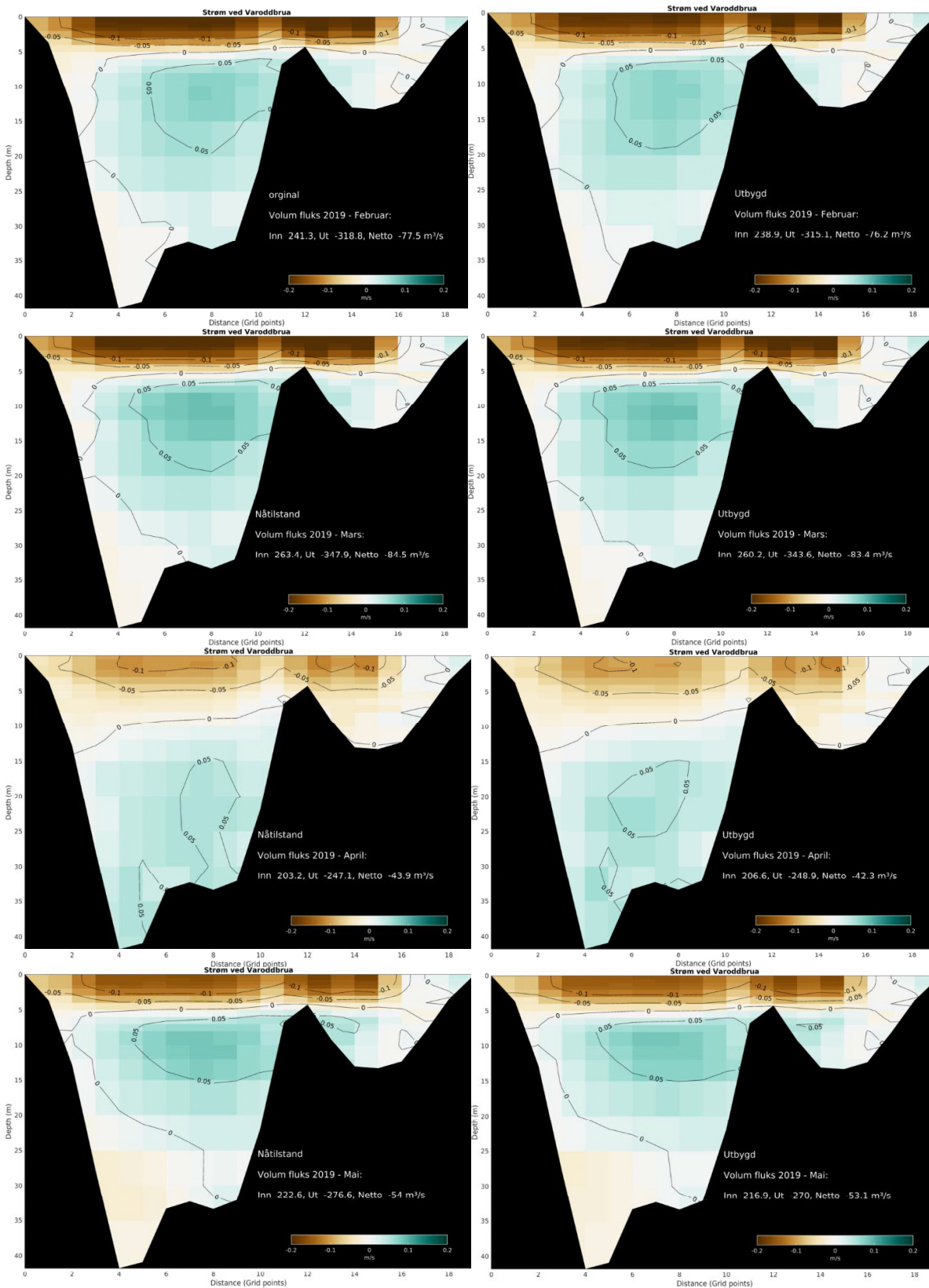


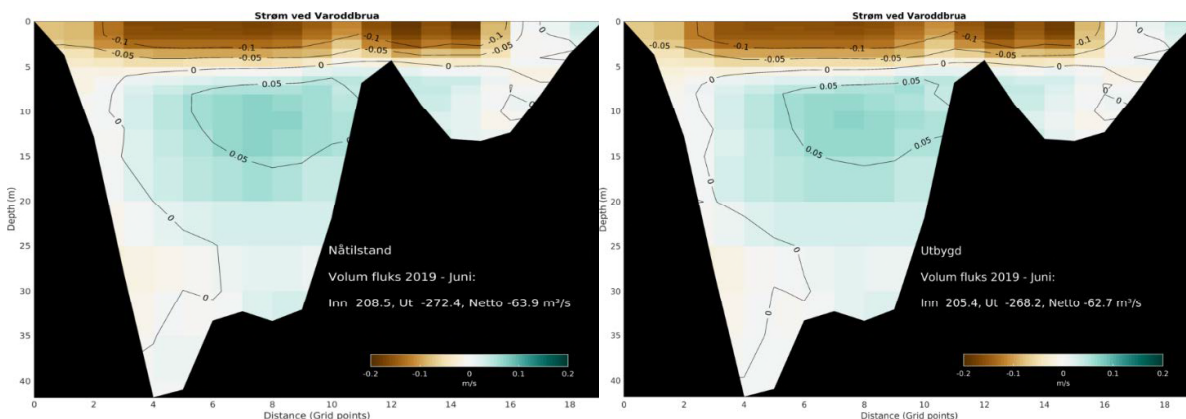
Figur 16. Differanse i månedsmiddel saltholdighet for laget rett under overflaten (øverst) og i 25-30 m dyp (nederst). Fargeskalaen er ikke lik mellom de to figurene. Øverst er det et lite område med ferskere vann i utbygd tilstand, og det har med flytting av en bekk slik at den kom ut til kanten av fyllingen for utbygd simulering. Ellers er det veldig svake signaler innover i Topdalsfjorden i begge delfigurene. Nederst er fargeskalaen snevret inn for å få frem at det er noen svake og lokale forskjeller mellom simuleringene.

### 3.5 Volumfluks

Først vises volumfluks ved Varoddbrua, siden dette er terskelen rett innenfor det utfylte området, og derfor der vi først forventer å se en eventuell endring som følge av utbyggingen. Vi viser månedsmidler for u-hastighet, som representerer strømmen normalt på snittet og som derfor er dekkende for volumtransporten. Tall for volumtransporten er gitt i Tabell 4 og Tabell 5.







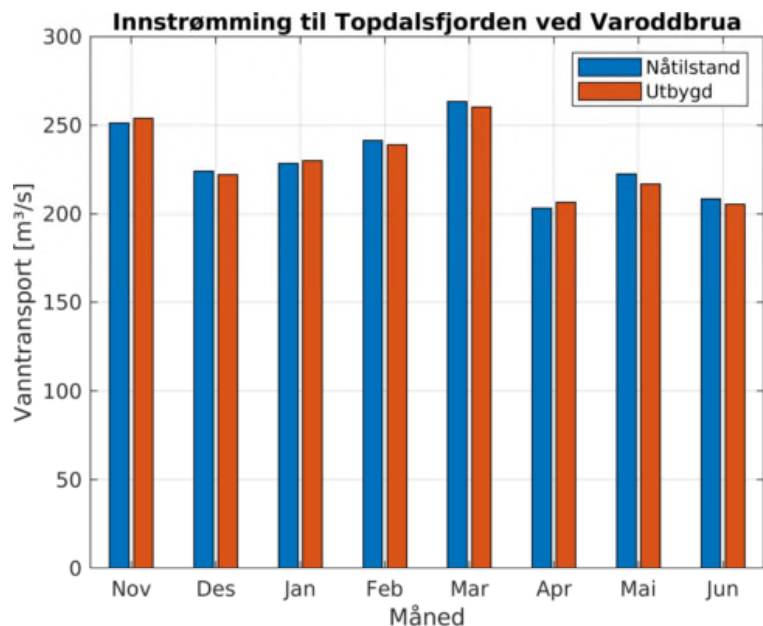
Figur 17. Snitt som viser strøm ved Varoddbrua. Strømmen går normalt på snittet, og de brune fargene er utstrømming mens grønne farger er innstrømming. Hvite områder er strømfart nær null. Isolinjene viser strømfart, som også vises på fargeskalaen som er lik for alle delfigurene og går fra -0.2 til 0.2 m/s. Kolonnen til venstre viser månedlig middel strømfart før utbygging, og kolonnen til høyre viser etter utbygging. Øverst vises november 2018, så vises påfølgende måneder til juni 2019 nederst.

Tabell 4 Viser netto middel volumtransport i snittet ved Varoddbrua for simulert nåtilstand og simulert utbygd tilstand for hver måned, i tillegg til summen av ferskvannstilførsel innenfor Varoddbrua for hver måned.

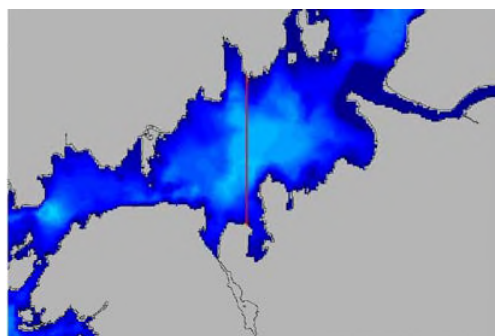
Måned	Simulering før utbygging(netto) m <sup>3</sup> /s	Simulering utbygd (netto) m <sup>3</sup> /s	Ferskvannstilførsel Topdalsfjord m <sup>3</sup> /s
Nov	90.2	88.3	90.5
Des	89.0	87.6	85.3
Jan	48.5	47.2	50.9
Feb	77.5	76.2	72.7
Mar	84.5	83.4	81.0
Apr	43.9	42.3	45.8
Mai	54.0	53.1	47.8
Jun	63.9	62.7	60.8

Tabell 5 Oversikt over volumtransport ut og inn i Topdalsfjorden ved snittet ved Varoddbrua, vist som månedsmidler.

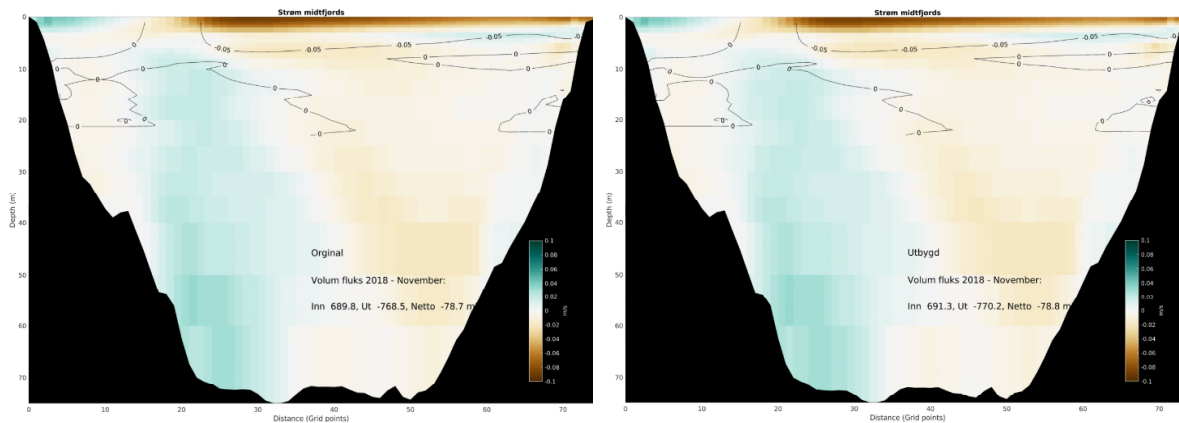
	Ut	Inn	Ut – utbygd	Inn - utbygd
Nov	341.4	251.2	342.2	253.9
Des	313.0	224.0	309.8	222.2
Jan	276.9	228.4	277.2	230.0
Feb	318.8	241.3	315.1	238.9
Mar	347.9	263.4	343.6	260.2
Apr	247.1	203.2	248.9	206.6
Mai	276.6	222.6	270.0	216.9
Jun	272.4	208.5	268.2	205.4

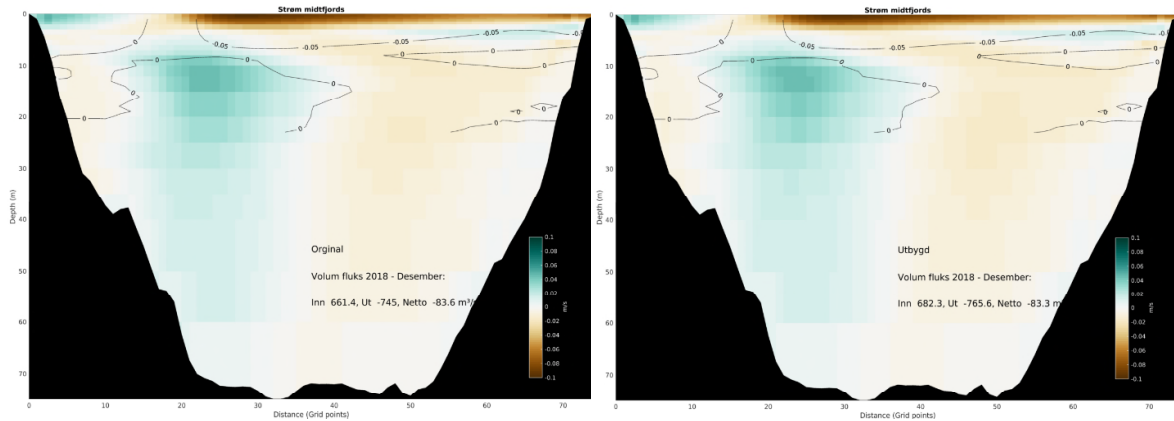


Figur 18. Innstrømming til Topdalsfjorden som gjennomsnitt pr måned.



Figur 19. Den røde linjen i kartet viser plasseringen av snittet som er vist i Figur 20.

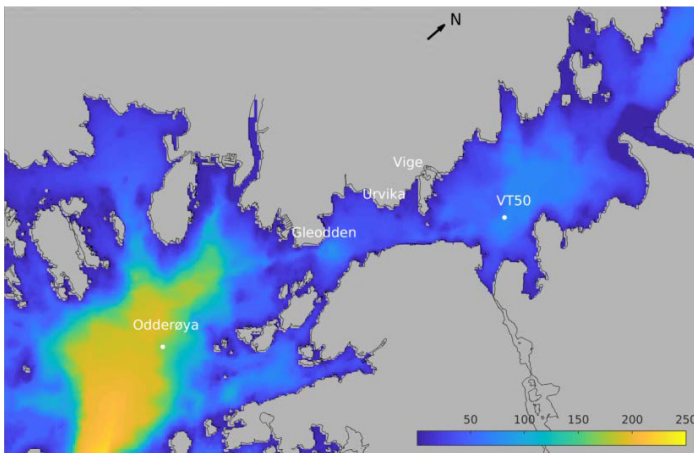




Figur 20. Strøm gjennom et midtfjords snitt (vist i Figur 19) for november og desember 2018. Fargeskalaen viser strømfart og isolinjene markerer punkter med lik strømhastighet. Netto volumtransport gjennom snittet er nær identisk mellom nåtilstand og utbygd tilstand.

### 3.6 Sammenligning med observasjoner

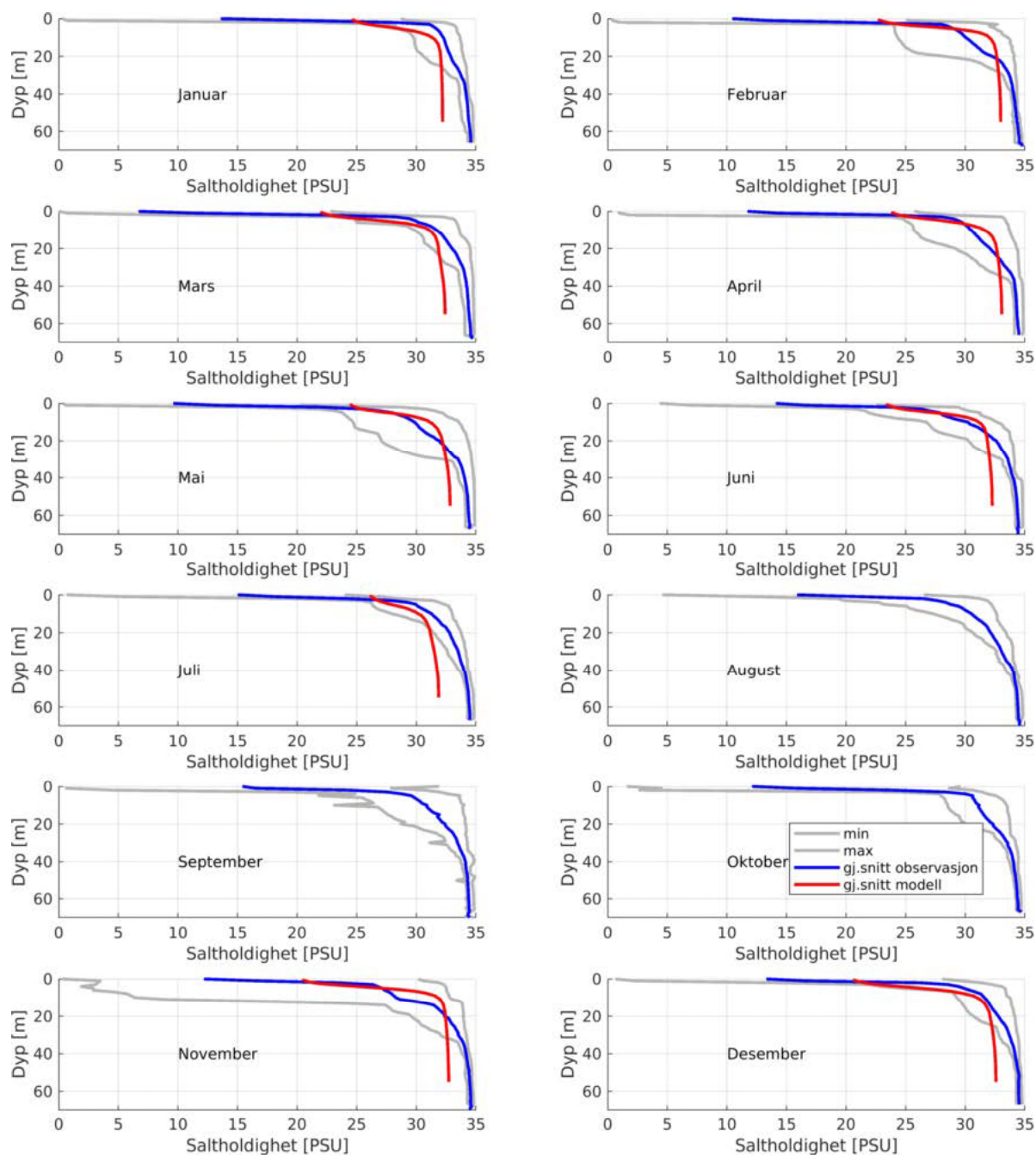
Vi gjør en enkel sammenligning med observasjoner fra to stasjoner som Havforskningsinstituttet har samlet inn data over lengre tid. Det er CTD-profiler som er tilgjengelig, dvs. målinger av temperatur, saltholdighet og trykk fra overflaten og ned til bunnen. Vi plottet disse profilene sammen med minimum og maksimum av de historisk observerte data, og modelldata i Figur 22 og 23.



Figur 21. Markering av de to målestasjonene VT50 og Odderøy. Fargeskalaen viser dybde i meter.

#### Stasjon VT50

Måledata fra Havforskningsinstituttet fra 1950 til 2021 har blitt tilgjengeliggjort for dette prosjektet, og under har vi plottet observasjoner sammen med modelldata. Vi har gruppert observasjoner månedsvis og plottet disse sammen med månedsmidler fra modellen.



Figur 22. Oversikt over saltholdighets-observasjoner for Topdalsfjorden. Observert middelverdi er blå, og grå streker er minimum og maksimum av observerte verdier (henholdsvis til venstre og til høyre for den blå kurven), rød er simulerte verdier. August og september mangler data fra modell, fordi vi startet modellen i november og kjørt ut juli.

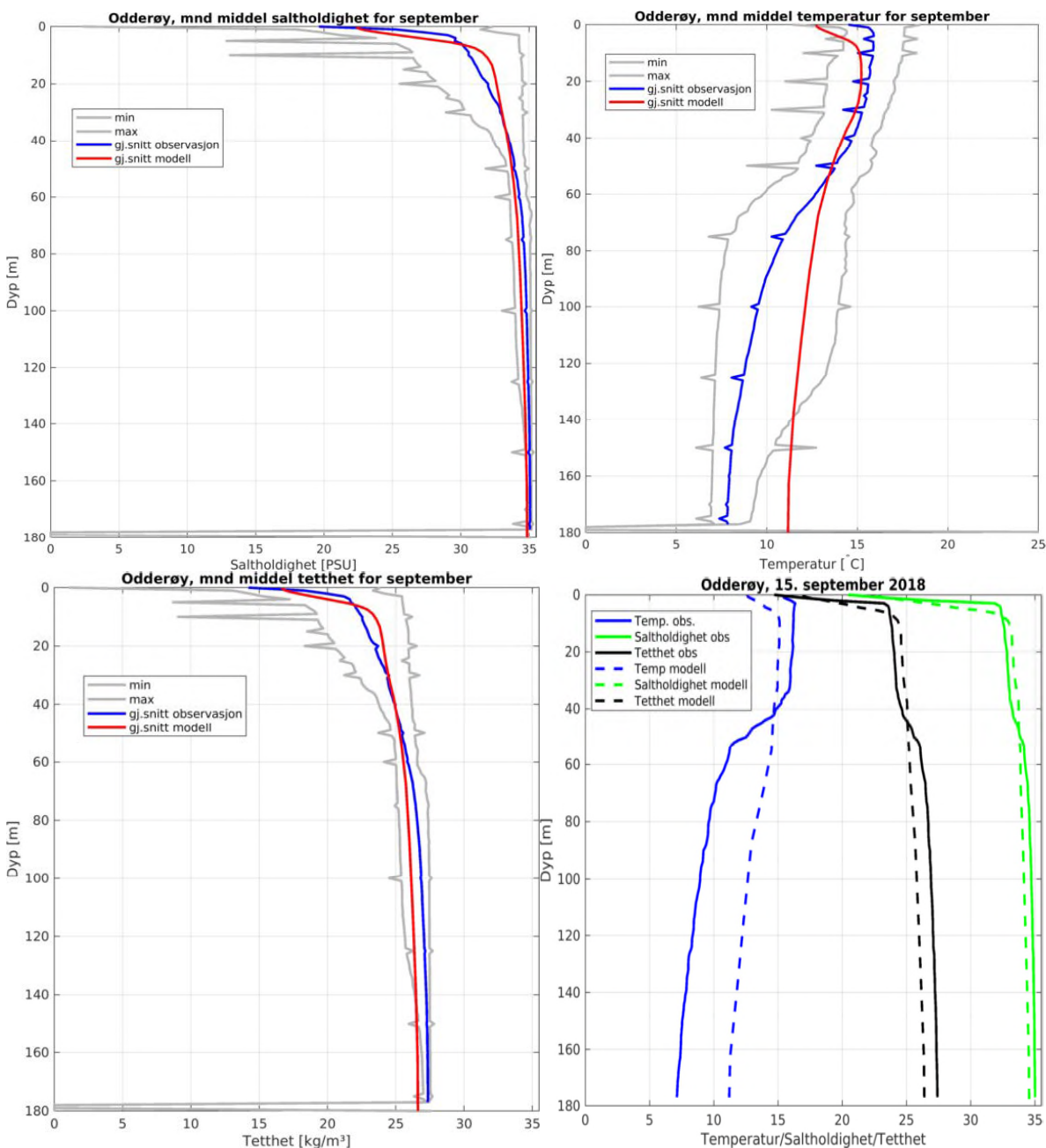
Modellen reproduserer ikke helt den til dels svært lave saltholdigheten i den øverste meteren. Observasjonene ligger en del ganger under 5 PSU<sup>3</sup> som historisk minimum i overflaten, og med middelverdier fra 7 til 16. Men modellen er likevel innenfor det observerte spennet i saltholdighet i

<sup>3</sup> PSU -Practical Salinity Units er enheten til saltholdighet i sjø, og tilsvarer omtrent promille.



overflaten. Under dette er det relativt bra samsvar med modellen ned til omkring terskeldypet (ca 30 m), hvor modellen har for lav saltholdighet videre nedover.

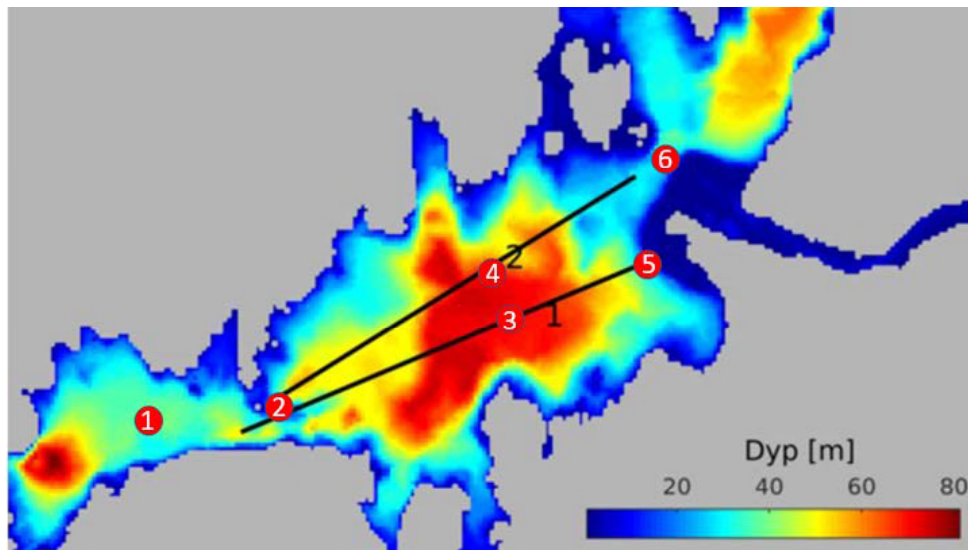
### Odderøy.



Figur 23 viser observasjoner for stasjonen ved Odderøy fra Havforskningsinstituttet, en stasjon som i hovedsak har data fra september måned, tilbake til 1924. De grå linjene markerer minimal og maksimal verdi som er observert på et dyp, den blå linjen er gjennomsnittet av observasjonene og den røde linjen er fra modellen. Saltholdighet, temperatur og tetthet vises. Nede til høyre vises observasjoner fra en spesifikk dag, 15. september 2018, og tilsvarende dag er hentet ut fra modellen (i oppspinningsfasen). Heltrukne linjer er observasjon mens stiplede linjer er modell. Temperaturen over 50 m dyp er litt for lav i modellen, mens under 50 m er den for høy. Saltholdigheten er ganske nær observerte verdier, og tettheten blir da ganske bra reproduisert over 50 m dyp, mens den blir litt for lav under 50 m.

### 3.7 Saltholdighet på utvalgte punkter i fjorden

I forbindelse med utvandring av laksesmolt fra Topdalselva er det interessant å se på simulerte saltholdighetsverdier i de øverste to meterne på forskjellige steder i fjorden. I den forbindelse har vi sett på saltholdighet i 0.5 m og 2 m dyp på de seks punktene som er markert med rød prikk i kartet under.



Figur 24 viser nummererte prikker med punkter der vi har hentet ut data for saltholdighet, som er presentert i tabell 6. Punkt 2-5 er i forbindelse med snitt 1 og snitt 2 som er vist i Figur 17 og 20.

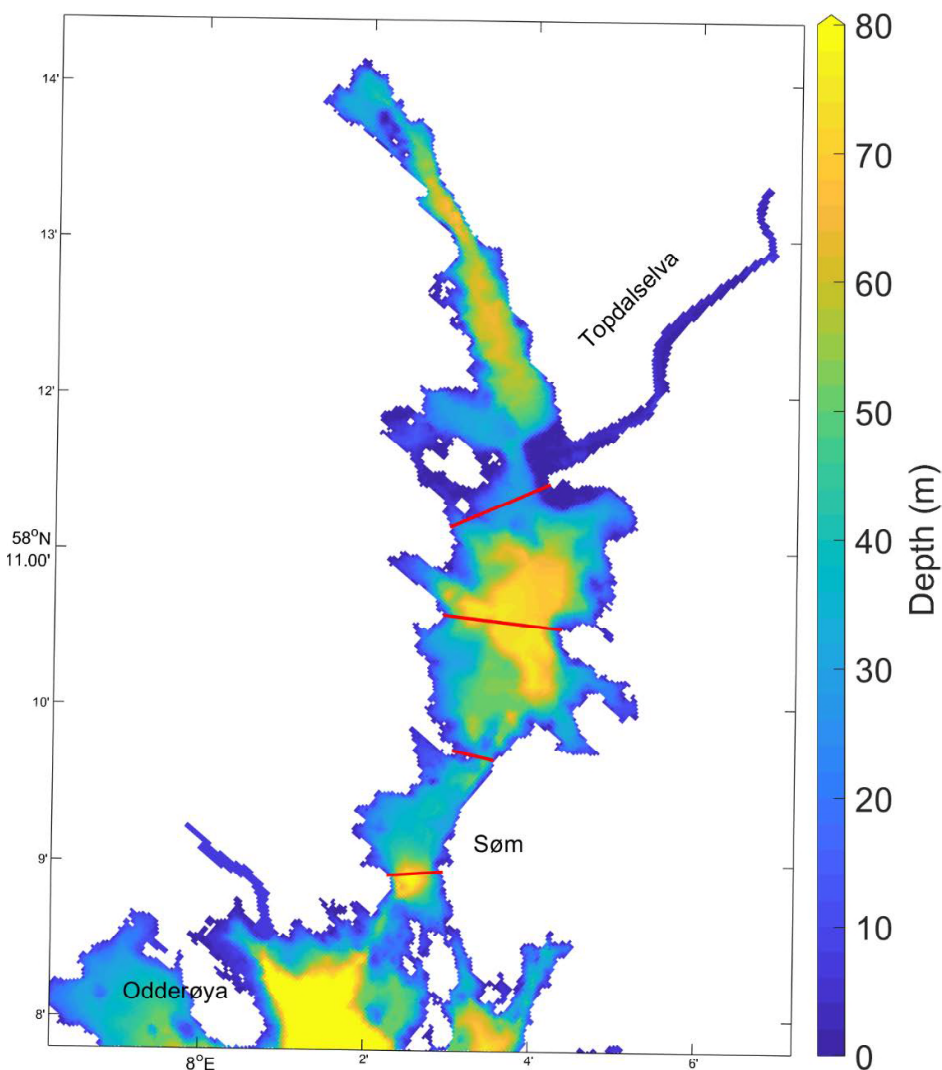
**Tabell 6. Liste over saltholdighet innenfor gitte intervaller (oppgitt i timer) i 0.5 m og 2 m dyp for seks punkter, for simulering av nåtilstand og utbygd tilstand. I tilfeller uten forskjell er kun ett tall listet, ellers er nåtilstand skrevet først og utbygd tilstand er etter skråstreken.**

	Timer med saltholdighet innenfor gitt intervall, i perioden 15. april til 31. mai 2019					
0.5m dyp	Pkt. 1	Pkt. 2	Pkt. 3	Pkt. 4	Pkt. 5	Pkt. 6
<=1 PSU	0	0	0	0	0	0
>1 & <=5	0	0	0	0	0	0
>5 & <=7	0	0	0	0	0	0
>7 & <=10	0	0	0	0	0	21 / 26
>10 & <=15	0	0	0	0	35 / 40	249 / 240
>15 & <=20	0	0	11 / 18	9 / 13	769 / 768	681 / 679
>20 & <=25	397 / 479	565 / 573	1020 / 1014	1006 / 1016	324 / 320	177 / 183
>25 & <=30	731 / 649	563 / 555	97 / 96	113 / 152	0	0
>30	0	0	0	0	0	0
<b>2 m dyp</b>						
<=1 PSU	0	0	0	0	0	0
>1 & <=5	0	0	0	0	0	0
>5 & <=7	0	0	0	0	0	0
>7 & <=10	0	0	0	0	0	0
>10 & <=15	0	0	0	0	0	0
>15 & <=20	0	0	0	3 / 4	41 / 43	79 / 85
>20 & <=25	167 / 253	459 / 498	973 / 972	969 / 972	1079 / 1068	1046 / 1039
>25 & <=30	961 / 875	669 / 630	155 / 156	156 / 152	8 / 17	3 / 4
>30	0	0	0	0	0	0

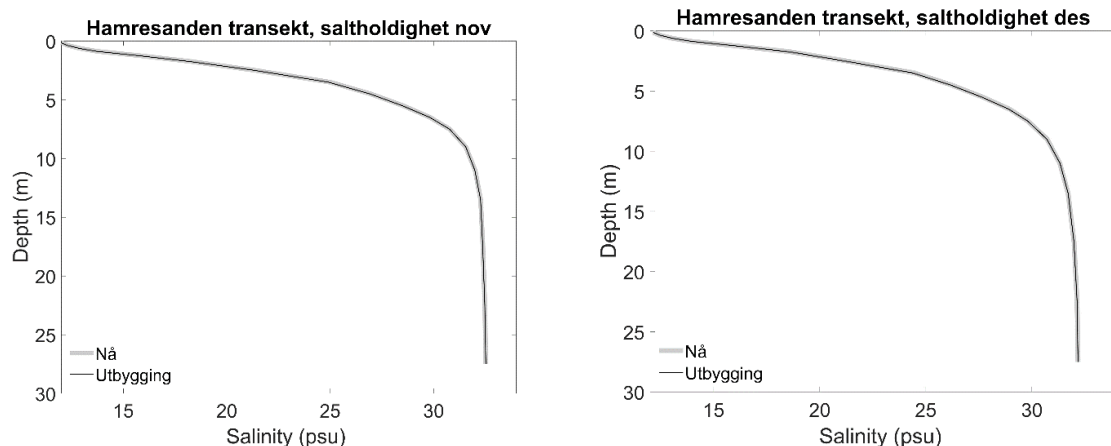
Tabellen viser hvor mange timer saltholdigheten er innenfor gitte intervaller i smoltutvandringsperioden 15. april til 31. mai, for simuleringen av nåtilstand (tallene til venstre for skråstreken) og for utbygd tilstand. Vi ser som forventet at saltholdigheten er høyere lengst ute og blir gradvis lavere mot munningen av Topdalselva. For disse punktene viser ikke modellen saltholdighet innenfor intervallet hvor aluminium er giftig (1-10 PSU), da dette området blir enda nærmere elvemunningen i modellen. Dette er vist i delkapittel 3.9 og Figur 27. Derimot finner vi at endringene i timetallet mellom de to forskjellige simuleringene er størst lengst ute (nær utbyggingsområdet) og vesentlig mindre innover i fjorden, hvilket indikerer at påvirkningen av utbyggingen er størst i nærområdet.

### 3.8 Fire snitt for saltholdighet på tvers av fjorden

For å vurdere om utbyggingen vil endre saltholdigheten i Topdalsfjorden, har vi valgt ut fire snitt over fjorden og plottet månedsmidler for saltholdighet for nåtilstand og utbygget tilstand. Hver måned er plottet i en figur, og nåtilstand og utbygd vises som gjennomsnitt for hele snittet. Disse figurene er veldig like og er derfor bare vist som eksempel for nordligste snitt i Figur 26, mens resten av figurene er i Appendiks A.3.



Figur 25 viser de fire snittene over fjorden som presenteres under. Lengst nord er Hamresanden, deretter Topdal, så Varodd og i sør Gleodden.

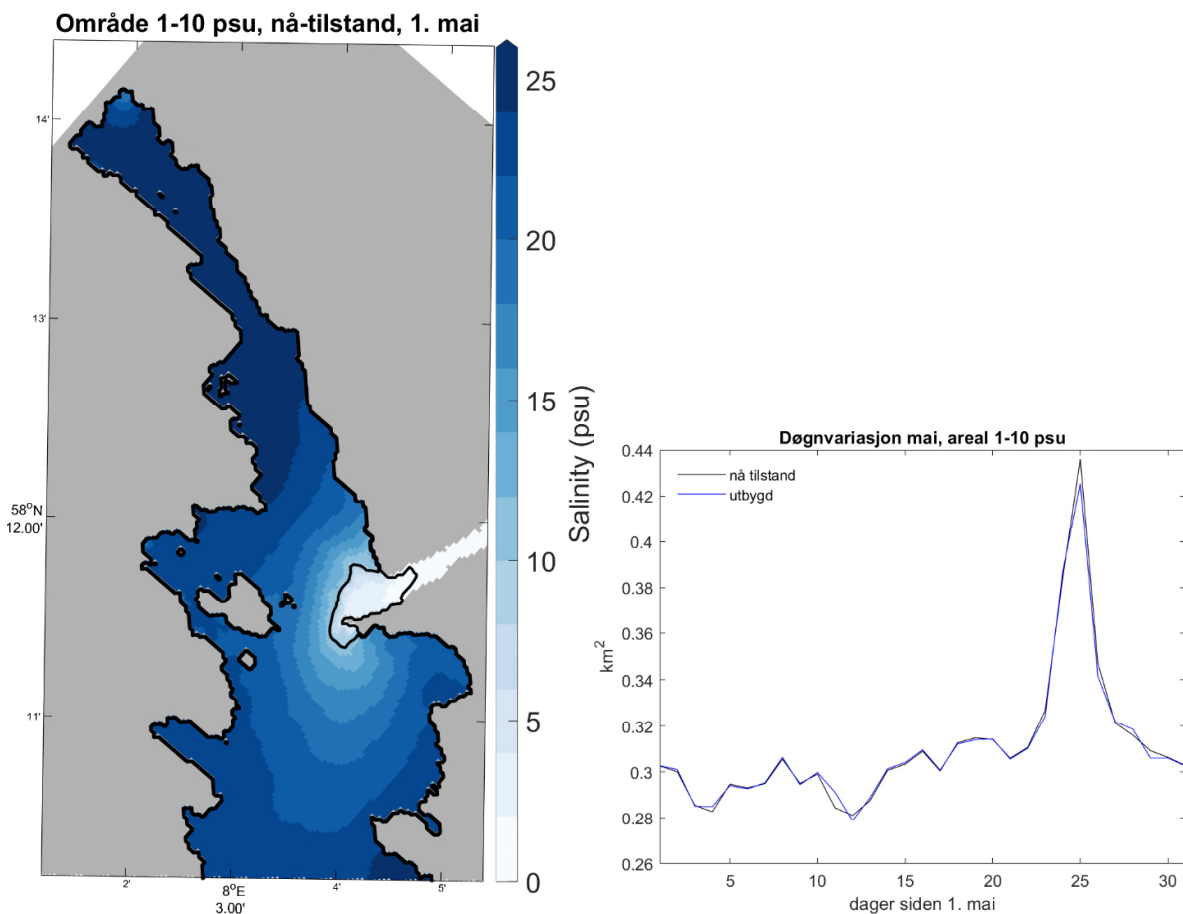


Figur 26. Eksempel på snitt med saltholdighet fra Hamresanden, det nordligste snittet, for november og desember 2018. Nåtilstand er plottet med en tykk grå linje og utbygd tilstand er plottet med tynn sort linje. Kurvene ligger oppå hverandre, og derfor ser det ut som bare én linje. For alle snittene og alle månedene ligger kurvene oppå hverandre. Alle delfigurene er vist i appendiks A3.

### 3.9 Utbredelse av området med saltholdighet på 1-10 PSU

En viktig tematikk i Topdalsfjorden er utbredelsen av området hvor brakkvann møter ferskvann, mer spesifikt området med saltholdighet 1-10. Årsaken er at i dette saltholdighetsintervallet er at oppløst aluminium i vann er giftig for fisk, og man ønsker å beskytte laksesmolten som hovedsakelig vandrer ut til kysten i perioden 15. april til 31. mai.

For å undersøke eventuelle effekter av utbyggingen på denne tematikken, har vi plottet figurene under hvor saltholdighet er gitt for 1. mai, og området med 1-10 i saltholdighet er rammet inn med svart strek.



Figur 27. Venstre: Simulert saltholdighet i indre del av Topdalsfjorden og Ålefjærfjorden 1. mai 2019. Topdalselva er det hvite feltet som kommer inn fra høyre. Området med saltholdighet på 1-10 er vist som ringet inn med svart linje i elvemunningen til Topdalselva. Høyre: Tidsserie av areal av området med 1-10 i saltholdighet. Mesteparten av tiden ligger kurvene oppå hverandre, men noen ganger er kurven for utbygd litt over, andre ganger litt under. Dvs. at det ikke er konsistente endringer i arealet av området med 1-10 i saltholdighet i overflaten.

## 4 Diskusjon

Tidligere studier med havmodellen SINMOD har vist at den er i stand til å reprodusere et strømmønster som samsvarer godt med observasjoner, eks. Anon. (2011), Broch et al. (2017) og Michelsen et al. (2019). I dette prosjektet var oppgaven å simulere en fjord og endringer som følge av en utbygget kai. Sirkulasjon i fjorden er i stor grad styrt av Topdalselva, og siden vi har daglige vannføringsdata fra NVE så ligger forholdene godt til rette for å kunne reprodusere et realistisk strømmønster i fjorden.

Figur 6 og 7 viser gjennomsnittlig strøm for hver måned i henholdsvis overflaten og i laget 25-30 m dyp. I overflaten går strømmen ut av fjorden i snitt for alle månedene, og måneder med stor vannføring i Topdalselva (f. eks. desember) har sterkere utstrømming enn måneder med liten vannføring (f.eks. juli), hvilket intuitivt gir mening. November er den simulerte måneden med høyest vannføring og juli er den med minst vannføring. Utstrømmingen av brakkvannslaget i overflaten fyller hele bredden av Topdalsfjorden, det er ingen tegn til innstrømming langs sidene slik som forekommer i endel fjorder. Dette er nok relatert til den ganske store vannføringen i Topdalselva i kombinasjon med at fjorden og de to sundene/tersklene ut mot kysten, Gleodden og Varodd, er ganske smale.

Tykkelsen av det utstrømmende brakkvannslaget varierer, men er omkring 6-10 m. Figur 17 viser dette, og her er overflatelaget oftere rundt 6 m enn 10 m, men begge deler forekommer. Det er ikke slik at grenselaget mellom de to vannmassene nødvendigvis er helt horisontal, det forekommer at utstrømmingen går dypere på vestsiden av den lille holmen midt i sundet ved Varoddbrua.

Det innstrømmende laget med saltere vann under overflatelaget som strømmer ut, representeres av laget fra 25-30 m i Figur 7. Dette laget har lavere gjennomsnittlig strømfart enn overflatelaget, og de høyeste hastighetene forekommer over tersklene (se f. eks november). I havnebassenget går strømmen i relativt rett bane fra sørligste til nordligste terskel, og med litt syklonsk resirkulasjon innover mot Kongsgård. Innenfor terskelen ved Varoddbrua får strømmen mot Hånestangen før den dreier mot klokken og danner en virvel som dekker sørligste delen av Topdalsfjorden. I Nordre del av Topdalsfjorden mot Topdalselva er det en antisyklonsk (med klokken) virvel som sameksisterer med den syklonske virvelen i sør. Dette er synlig på de fleste av månedsmidlene i Figur 7, men den nordligste virvelen er svakere i styrke og litt mindre i utbredelse. Kraftig innstrømming vil aksellerere disse virvlene og ved vedvarende svak innstrømming vil virvlene avta i styrke.

For å se på eventuelle saltholdighetsendringer i Topdalsfjorden er det plottet to snitt på langs over fjorden, snitt 1 og snitt 2. Snitt 1 er vist i detalj for nåtilstand og for utbygd tilstand, for hele vannsøylen og for bare den øverste delen (0-8 m), og det er vanskelig å se noen forskjell for simuleringene før og etter utbygging. De to simuleringene er ikke identisk, men endringene er så små at det i realiteten vurderes som likt. Dette er tilfellet for begge snittene, så snitt 2 er bare vist kort i rapporten og figurene er lagt i Appendiks A.1.

Maksimal strømfart for Topdalsfjorden innenfor Varoddbrua er generelt i nedre del eller utløpet av Topdalselva. Her var strømfarten i månedlig gjennomsnitt i modellen opp mot 0.6 m/s, men kan nok i naturen bli enda høyere ved sterkere vannføring enn i den simulerte perioden. Ellers i fjorden er det moderat strømfart i gjennomsnitt før strømfarten øker ved Varoddbrua og oppnår størst fart ved Gleodden på vei ut av Topdalsfjorden. Strømfarten er høyest i overflaten og avtar raskt med dypet. Innstrømmingen over tersklene har lavere strømfart og maksfarten er som oftest på 10-15 m dyp, selv om det også hender at maksfarten er nær bunnen. Dette fremkommer av figurene for volumfluks i Figur 17.

Volumtransporten gjennom snittene vist i Figur 17 er oppsummert i Tabell 4 og 5, og innstrømmingen er vist i Figur 18. Den viser at månedlig middel innstrømming til Topdalsfjorden varierer litt fra måned til måned, og at det er en liten variasjon mellom simuleringene før og etter utbyggingen. Men om det kommer mer eller mindre vann inn, det skifter ca annenhver måned slik at man kan ikke si at det er en permanent endring; det er kun fluktuerende endringer. Og at endringene fra måned til måned er mye større enn endringene før og etter utbygging. Om det ville blitt signifikante endringer i innstrømmingen (og fornyelse av bunnvann) som følge av utbyggingen, burde vi sett det på disse figurene.

De historiske observasjonene fra Havforskningsinstituttet som er gjort tilgjengelig for prosjektet viser at på stasjonen VT50 i Topdalsfjorden klarer ikke modellen å gjenskape den aller laveste saltholdigheten i overflaten (Figur 22), som kan gå ned i under 5 PSU noen ganger. Selv om observerte middelverdier ikke har så lav saltholdighet, så er modellen likevel saltere enn observert middel i den øverste meteren. Dette er ganske vanlig å se i havmodeller, at de ikke helt klarer å reprodusere hele variabiliteten til det naturlige systemet som modelleres. Modellen er likevel innenfor den naturlige observerte variasjonen i overflaten.

I et mellomsjikt ned til ca 30 m dyp gjør modellen det ganske bra for saltholdighetsprofiler, før modellen blir for fersk nederst. Avviket nederst har to mulige forklaringer; enten at vannet som strømmer inn er for ferskt eller at det kommer for lite vann inn (ev. en kombinasjon). For å belyse dette nærmere fikk vi tilgang til observasjoner utenfor Odderøya, markert på kart i Figur 21. Plasseringen av denne stasjonen gjør at den kan anses som en kilde til de innstrømmende vannmassene til Topdalsfjorden. Modellsammenligning med den stasjonen viser at modellen ikke er for fersk i nivået rundt det innstrømmende vannet, middelprofilen er svært tett på modell-profil i 30-40 m dyp. Også øyeblikksbildet fra 15. september 2018 viser at modellen er svært nær observert saltholdighet i dette dybdeintervallet. Dermed er det sannsynlig at saltholdighetsavviket i Topdalsfjorden er relatert til en litt for svak innstrømming. Dette kan ha flere årsaker, den mest åpenbare er at det kan være unøyaktigheter i bunndata som vi har tilgang til. Det kan tenkes at tersklene er *litt* dypere enn hva vårt datagrunnlag tilsier. En annen mulighet er at mangelen på glatting av bunnmatrisen kan gjøre at det er litt ekstra friksjon som kan redusere innstrømmingen. Vi vet at initialfeltet er for ferskt, men dette har vi sjekket med ekstra simuleringer og det kan forklare saltholdighetsavvik i starten av simuleringen, men ikke mot slutten av simuleringen. Gitt ekstra tid og ressurser i prosjektet så er dette de ledetrådene vi ville fulgt for å dykke videre ned i denne problemstillingen.

Utvandring av laksesmolt i april-mai er en viktig hendelse i Topdalsfjorden. Smolten holder seg stort sett i øverste 2 m av vannet, og derfor har vi sett litt nærmere på saltholdighet på seks punkter i fjorden, til dels langs snitt 1 og snitt 2. Problemet til smolten er at aluminium blir giftig i saltholdighetsintervallet 1-10 PSU. Tabell 6 lister opp forekomster av vann innenfor forskjellige intervaller av saltholdighet, og vi ser at modellen forekommer ikke dette spesifikke intervallet på disse punktene. Antagelig er det ikke riktig, når vi ser på målingene av saltholdighet på VT50, men simuleringene konstaterer at det ikke er vesentlige endringer som følge av utbyggingen.

Saltholdigheten i overflaten er styrt av ferskvannstilførsel og blandingsprosesser, hovedsakelig vind og strøm. Når modellen er for salt i overflaten er den dermed tettere knyttet til det salte vannet under, som igjen er knyttet til innstrømmingen av saltere vann. Hvis modellen hadde vært ferskere i overflaten, ville den vært mer "frikoblet" fra innstrømmingen, som kan påvirkes av utbyggingen. Dermed er det mer sannsynlig at vi skulle sett en effekt av utbyggingen i overflaten i modellen når den er for salt i overflaten, enn hvis den hadde vært ferskere i overflaten.

Dette prosjektet har vært oppdragsforskning på et relativt stramt budsjett slik at vi ikke har kunnet tillate oss å gå i dybden og utforske alle de mulighetene som ligger i en havmodell. Det er flere ting som vi kunne ønske å studere mer og å belyse i større detalj, som for eksempel avviket i saltholdighet under terskeldyp inne i Topdalsfjorden, fornyelse av bunnvann, statistikk for strøm og sammenhengen mellom vind og strømforhold/vannutveksling.

## 5 Referanser

Anon. LOfoten and VEsterålen CURrents (LOVECUR). Comparison of hindcasts with measurements. Revision 2. Technical report, Forristall Ocean Engineering, Inc., 2011.

Broch OJ and Slagstad D (2012). Modelling seasonal growth and composition of the kelp *Saccharina latissima*. *J Appl Phycol* 24:759-776; doi: 10.1007/s10811-011-09695-y.

Broch, O.J., Daae, R.L., Ellingsen, I.H., Nepstad, R., Bendiksen, E.Å., Reed, J.L., Senneset, G., 2017. Spatiotemporal dispersal and deposition of fish farm wastes: a model study from central Norway. *Front. Mar. Sci.* 4:199; doi: 10.3389/fmars.2017.00199

Broch, Ole Jacob; Alver, Morten; Bekkby, Trine; Gundersen, Hege; Forbord, Silje; Handå, Aleksander; Skjermo, Jorunn; Hancke, Kasper. The kelp cultivation potential in coastal and offshore regions of Norway. VOL. 5, 2019. *Frontiers in Marine Science*. DOI=10.3389/fmars.2018.00529

Brønner, U., Nepstad, R., Eidnes, G., Rønningen, P., Rye, H., 2013. A real-time discharge modelling and environmental monitoring system for drilling operations. In: SPE European HSE Conference and Exhibition conference paper, April 16–18th 2013, London, UK. <http://dx.doi.org/10.2118/164949-MS>.

Ellingsen, I. E. & Knutsen, Ø., Appendix VIII Simulert lakseindusert dødelighet på virtuell smolt i produksjonsområde 2 til 7 ved bruk av SINMOD: SINTEF Ocean rapporter;2019:01069 A.

Greipsland, Inga. Norconsult, 2021. Topdalsfjorden. Nåsituasjonen for marine natur- og miljøforhold. 52104386 RIM-01

Michelsen FA, Klebert P, Broch OJ, Alver MO. Impacts of fish farm structures with biomass on water currents a case study from Frøya. *J Sea Res.* 2019; 101806.

Knutsen, Ø. & Broch, O. J., 2014. Miljødokumentasjon Nordmøre - Utslipp av næringsalter og agens i en økosystemmodell. SINTEF Rapport ISSN 1504-9795.

Uglem Ingebrigt, Øyvind Knutsen, Olav Sigurd Kjesbu, Øyvind J. Hansen, Jarle Mork, Pål Arne Bjørn, Rebekka Varne, Rune Nilsen, Ingrid Ellingsen, Tim Dempster (2012) Extent and ecological importance of escape through spawning in sea-cages for Atlantic cod AQUACULTURE ENVIRONMENT INTERACTIONS Vol. 3: 33–49. doi: 10.3354/aei00049

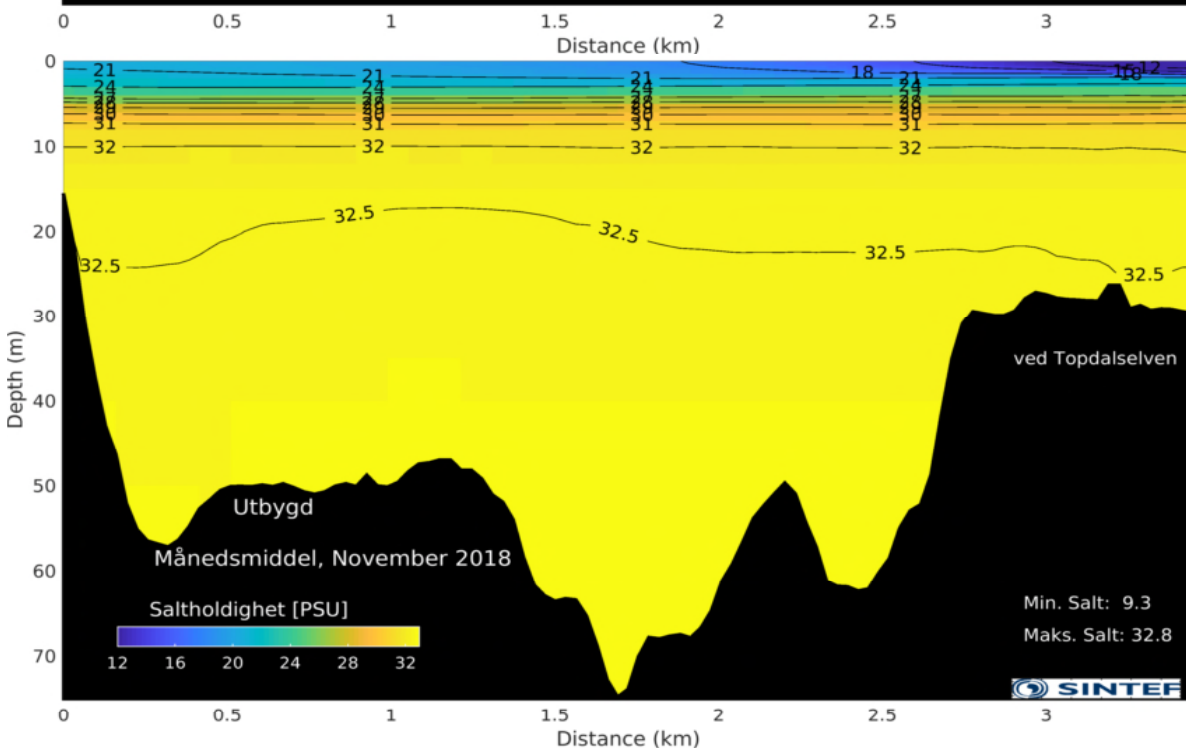
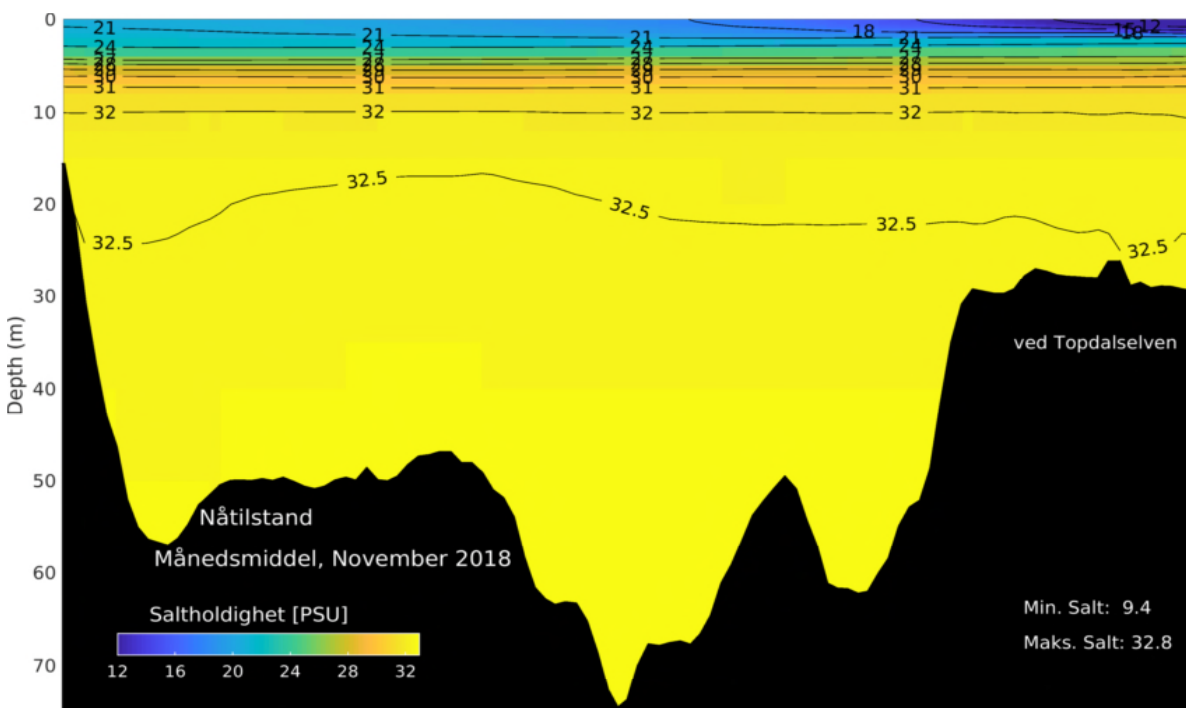


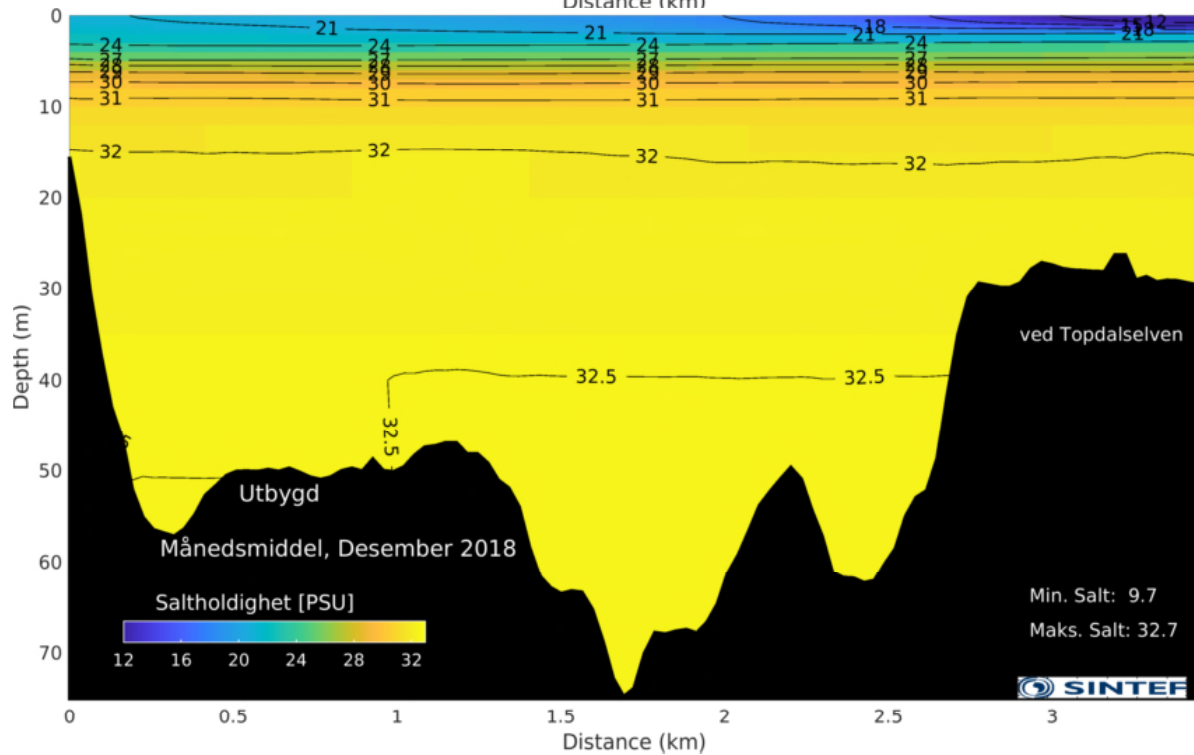
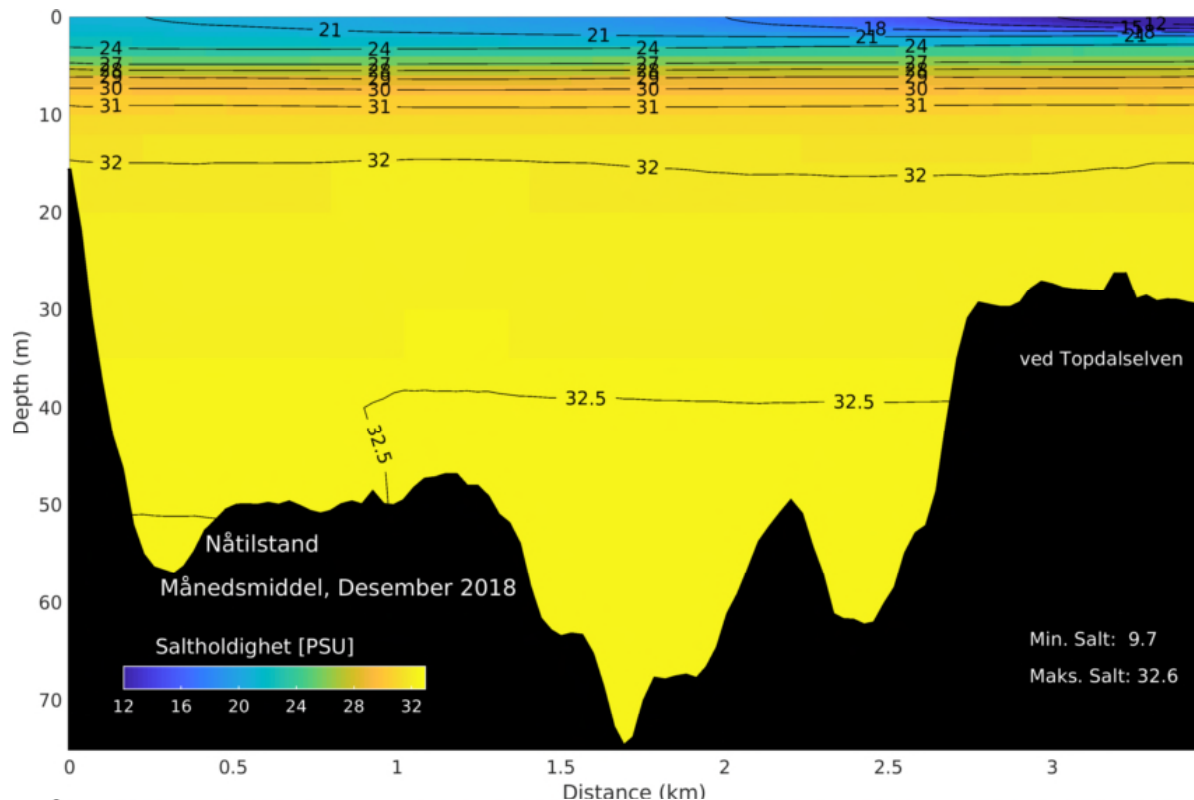
## A Appendiks

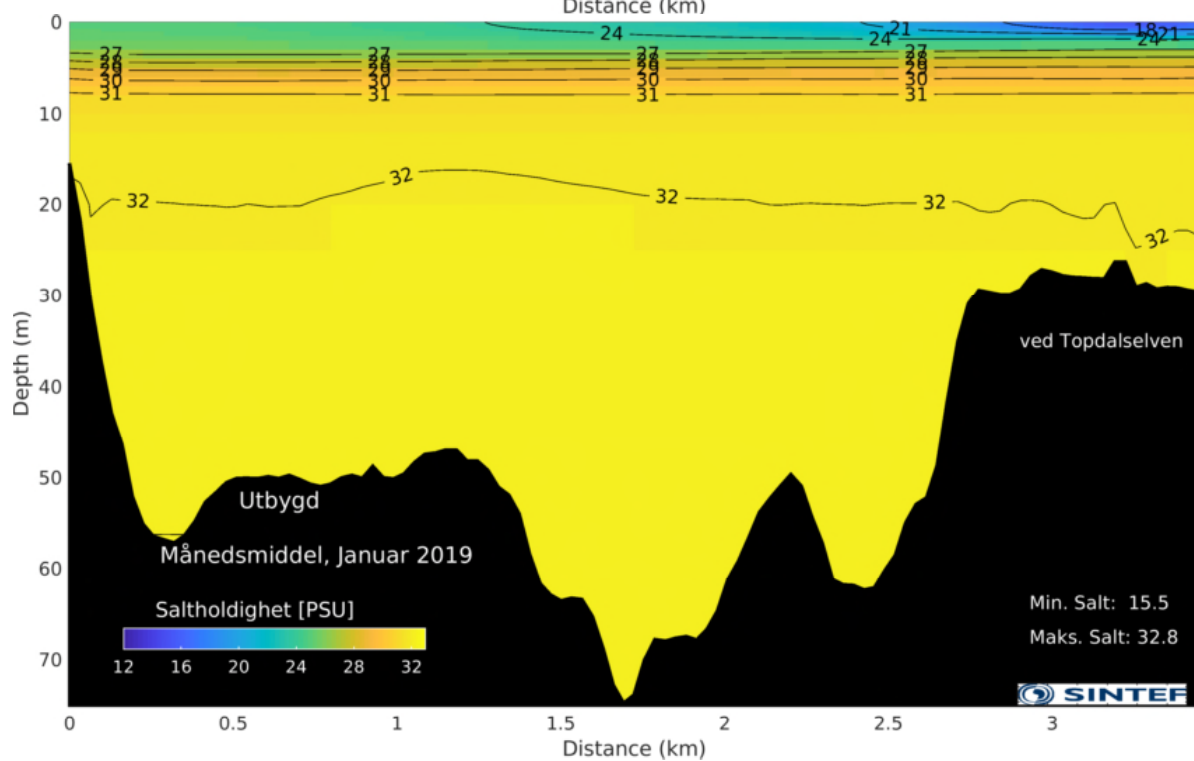
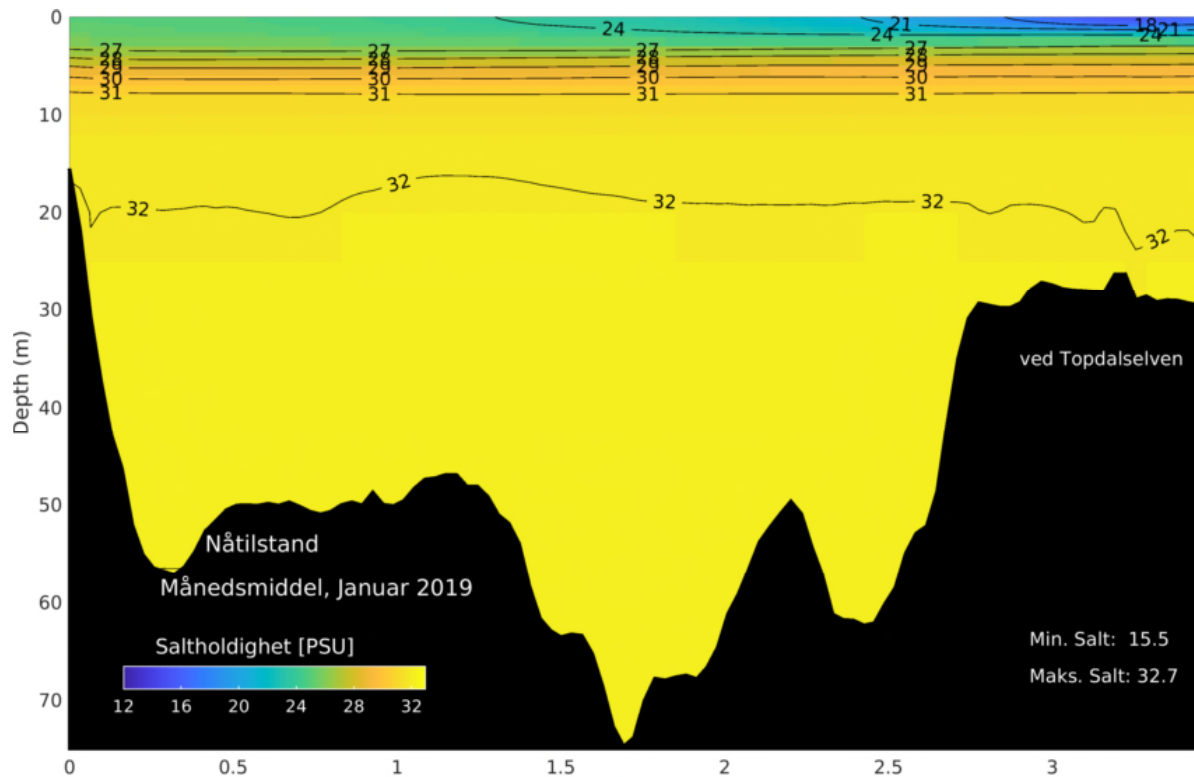
Her legger vi noen figurer som tilleggsinformasjon.

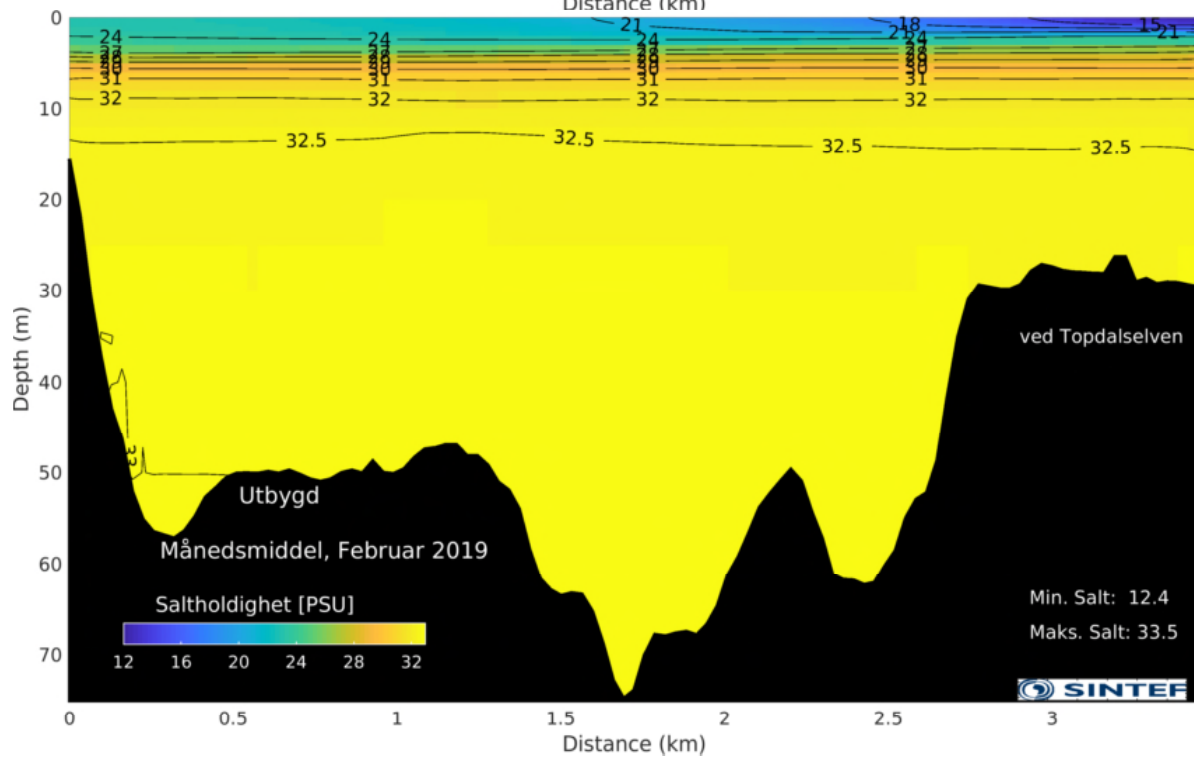
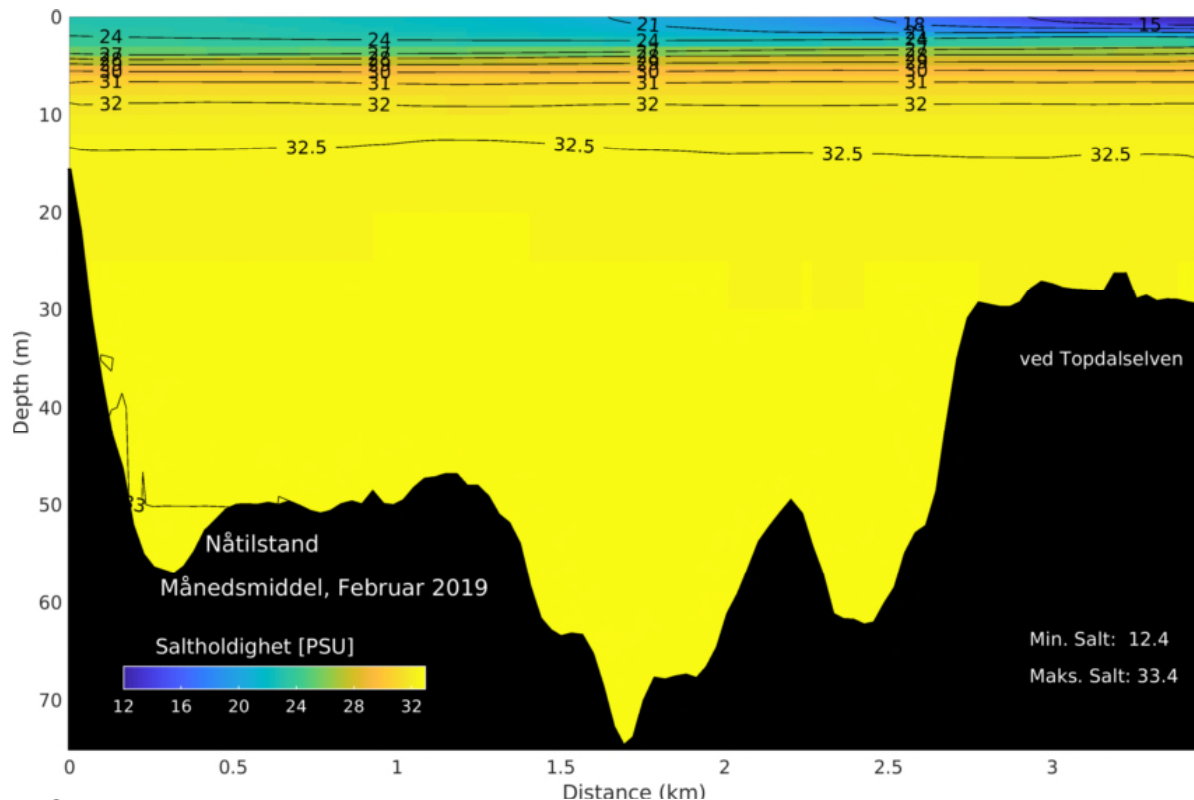
### A.1 Snitt 2

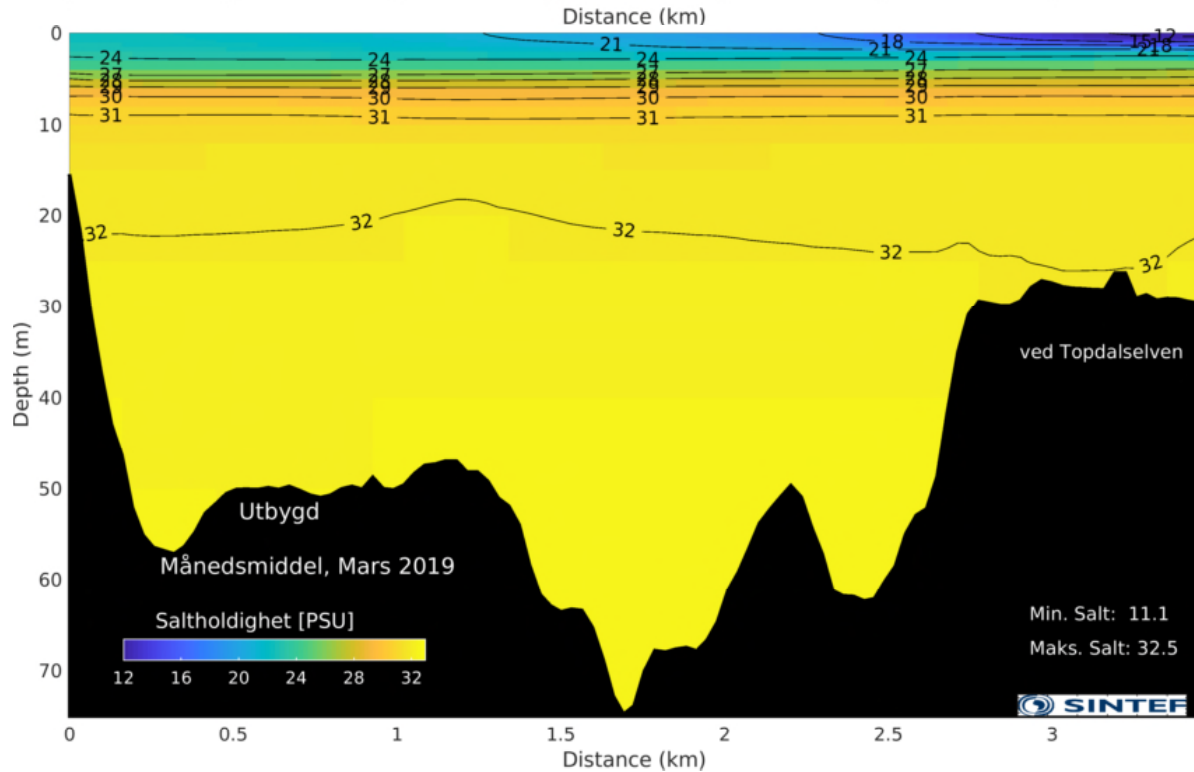
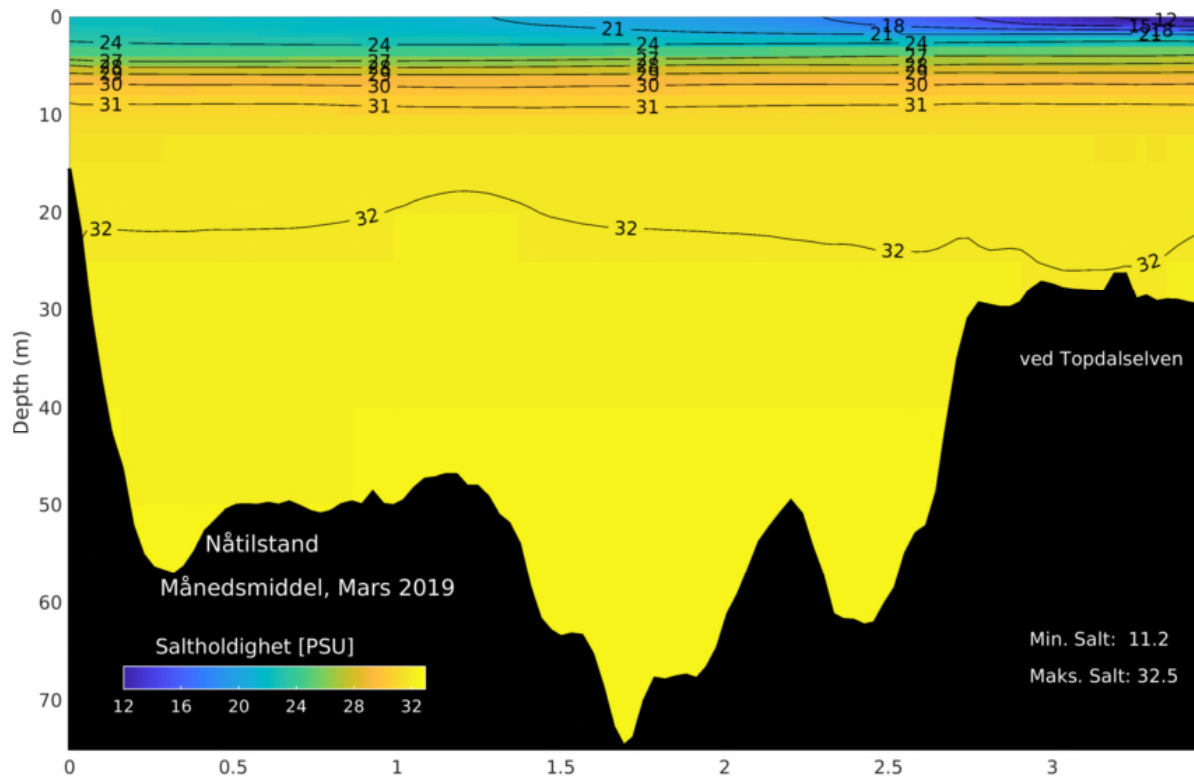
Snitt 2 går fra like innenfor Varoddbrua og til terskelen før Ålefjærfjorden / utenfor Topdalselva, se Figur 8. Vi har plottet saltholdighet for å se etter endringer mellom de to simuleringene.

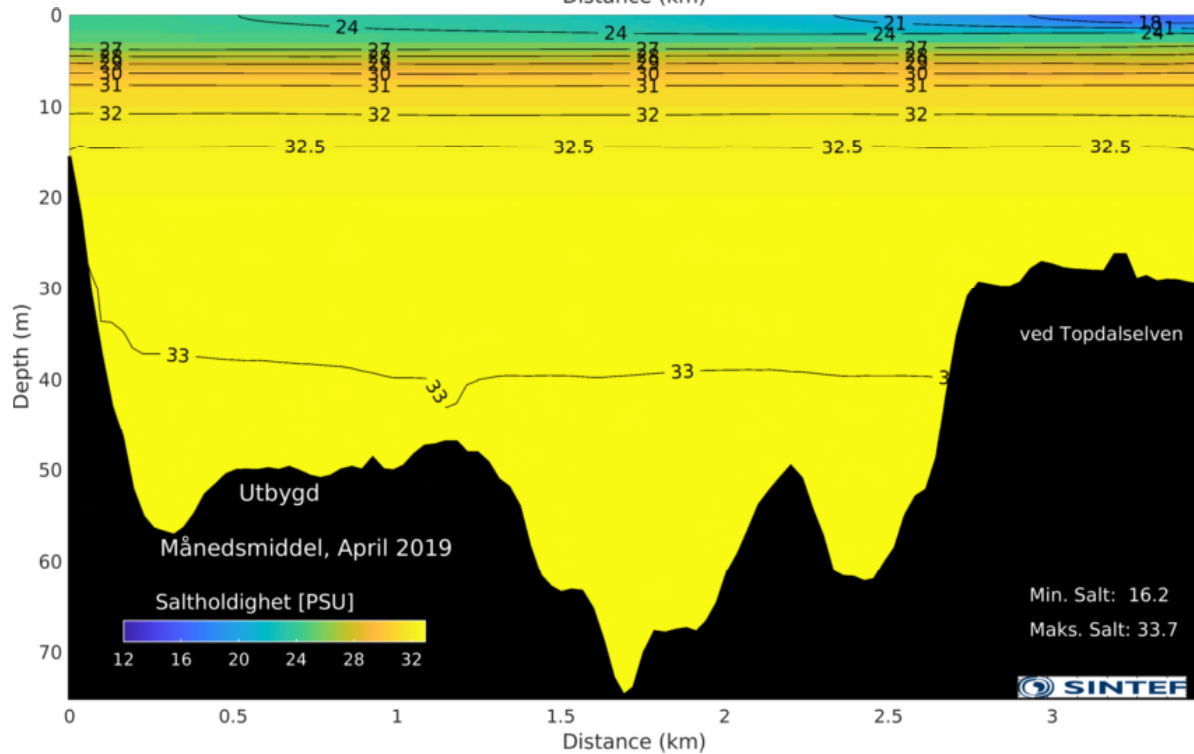
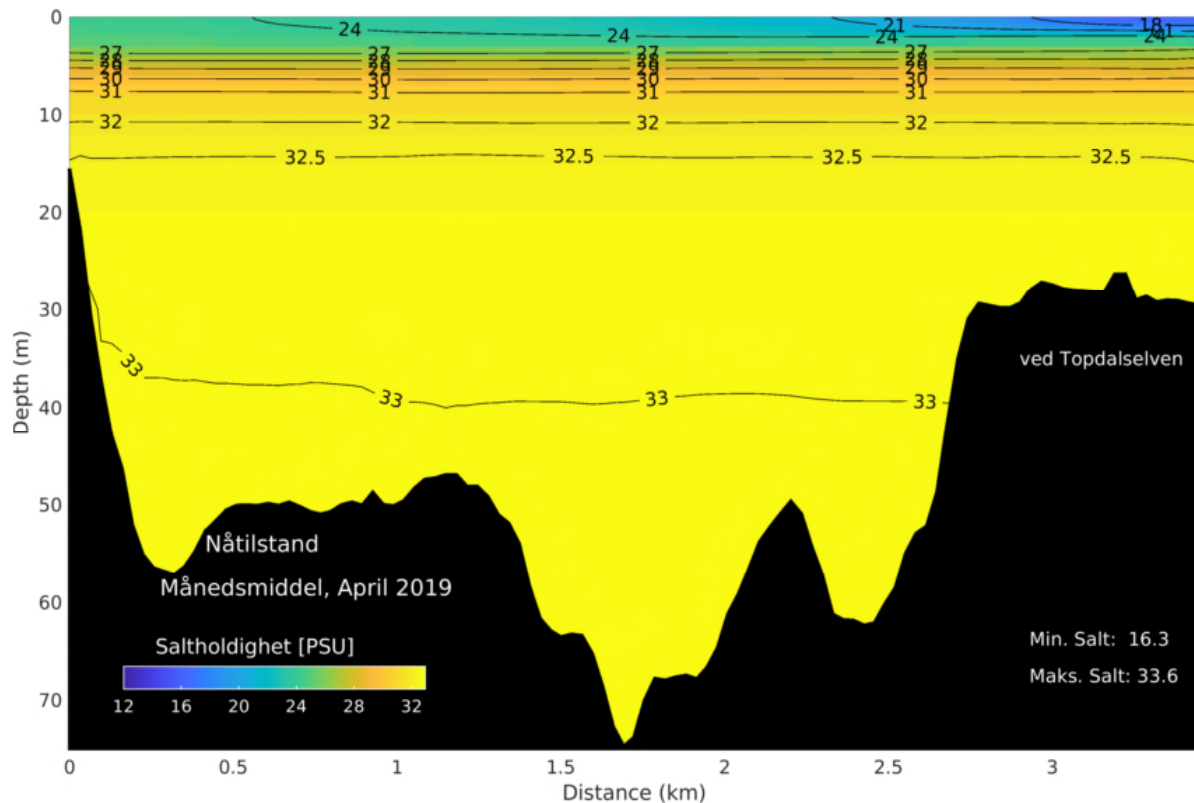


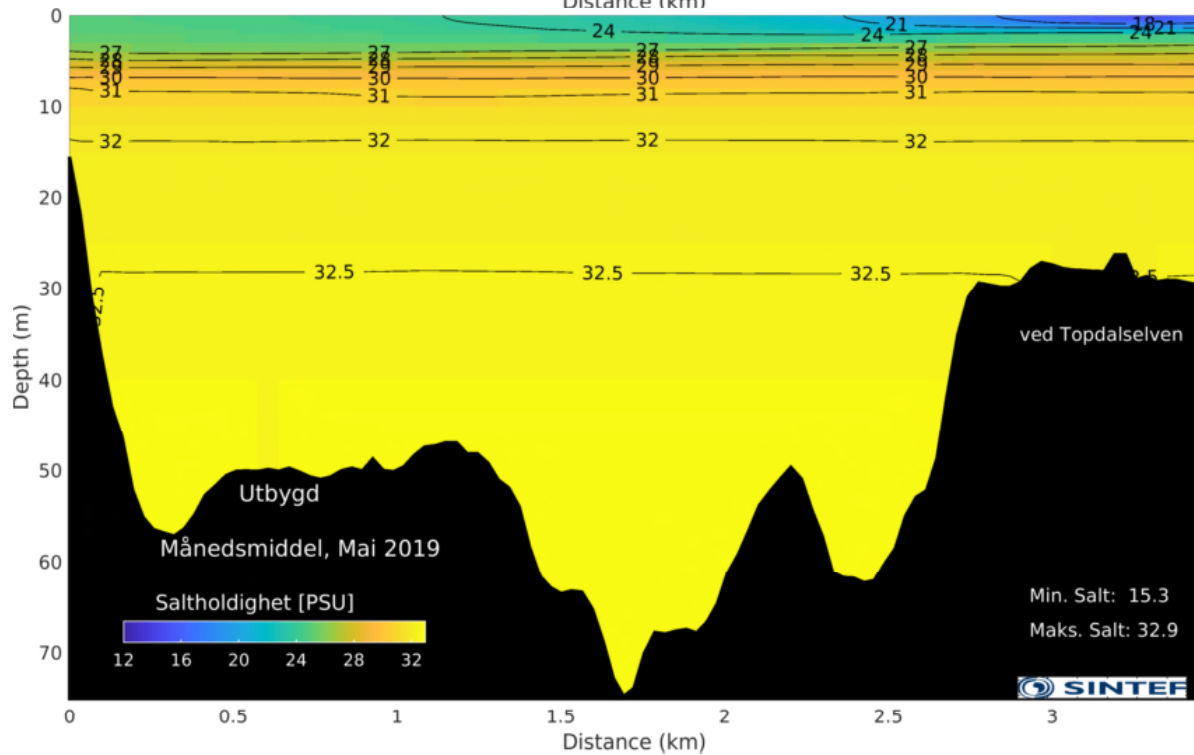
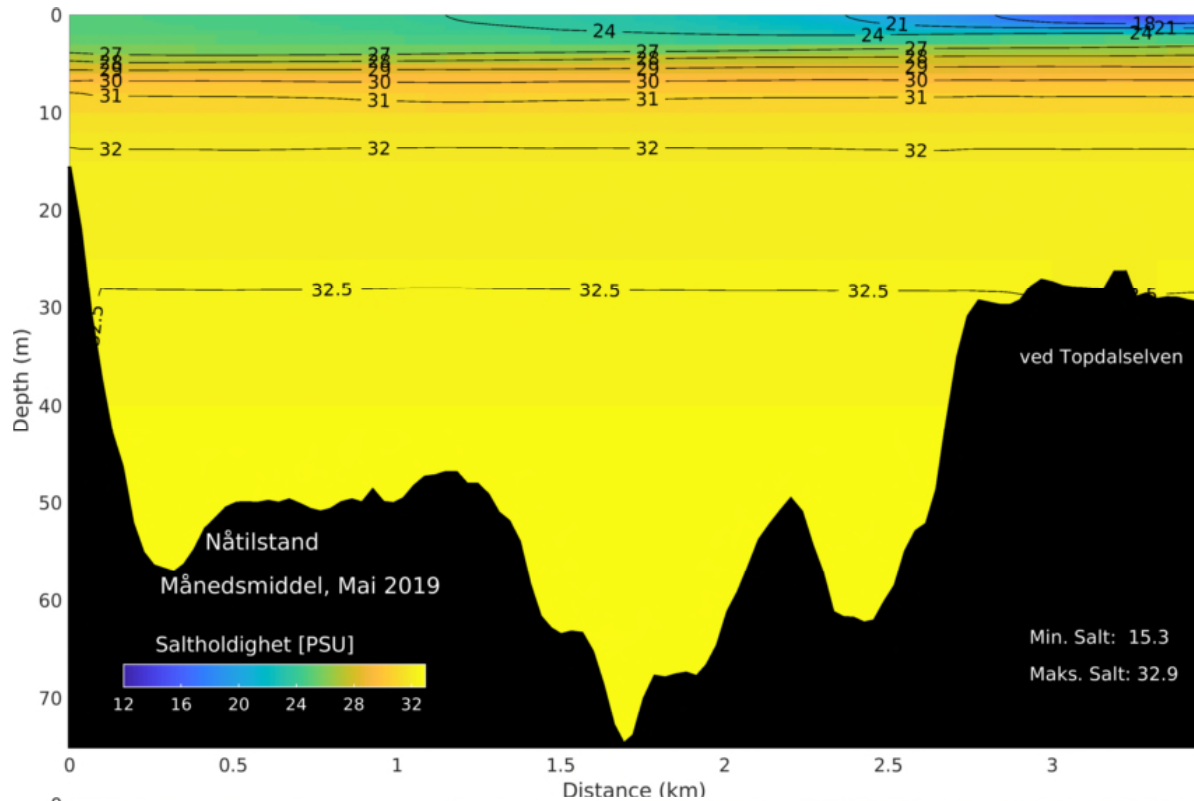


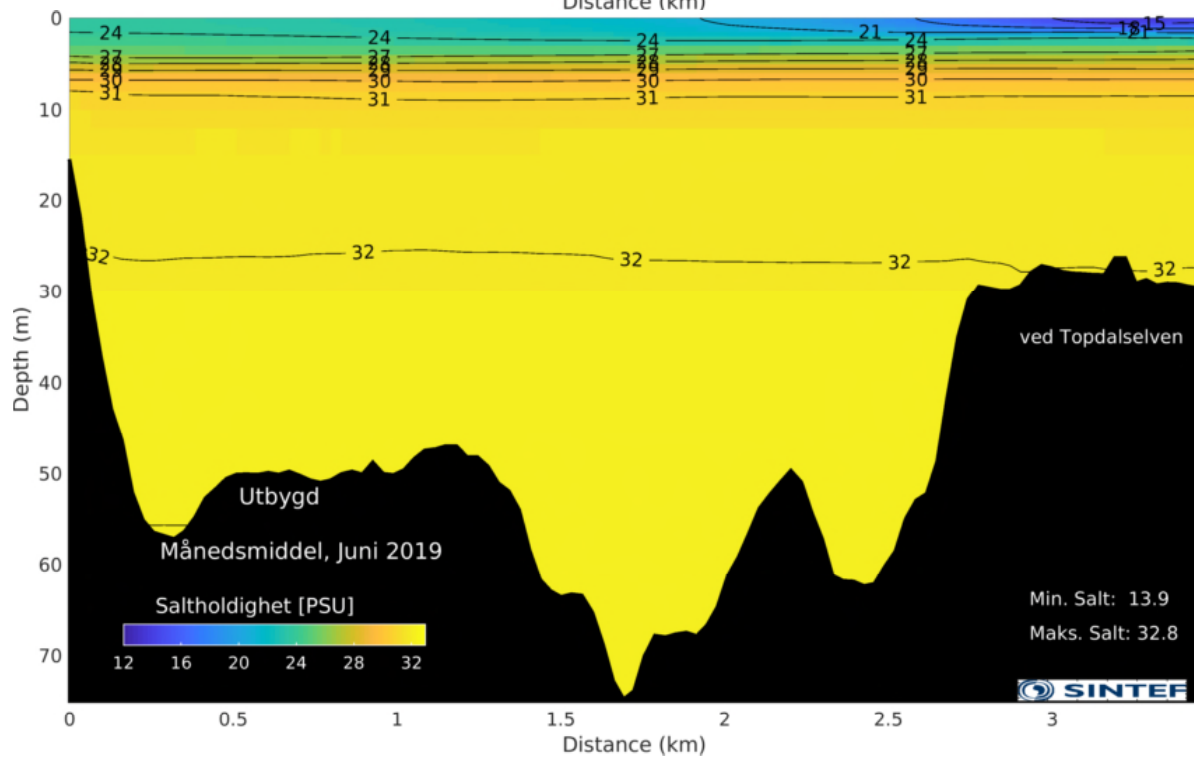
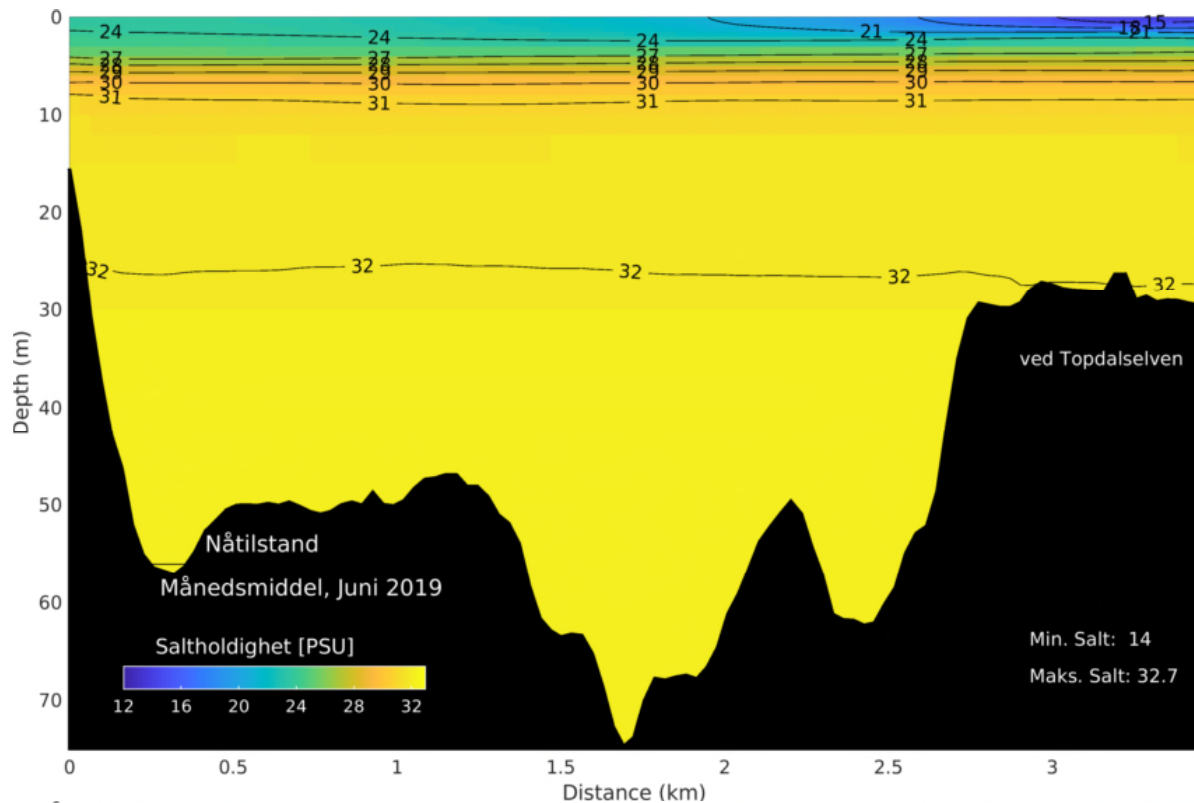




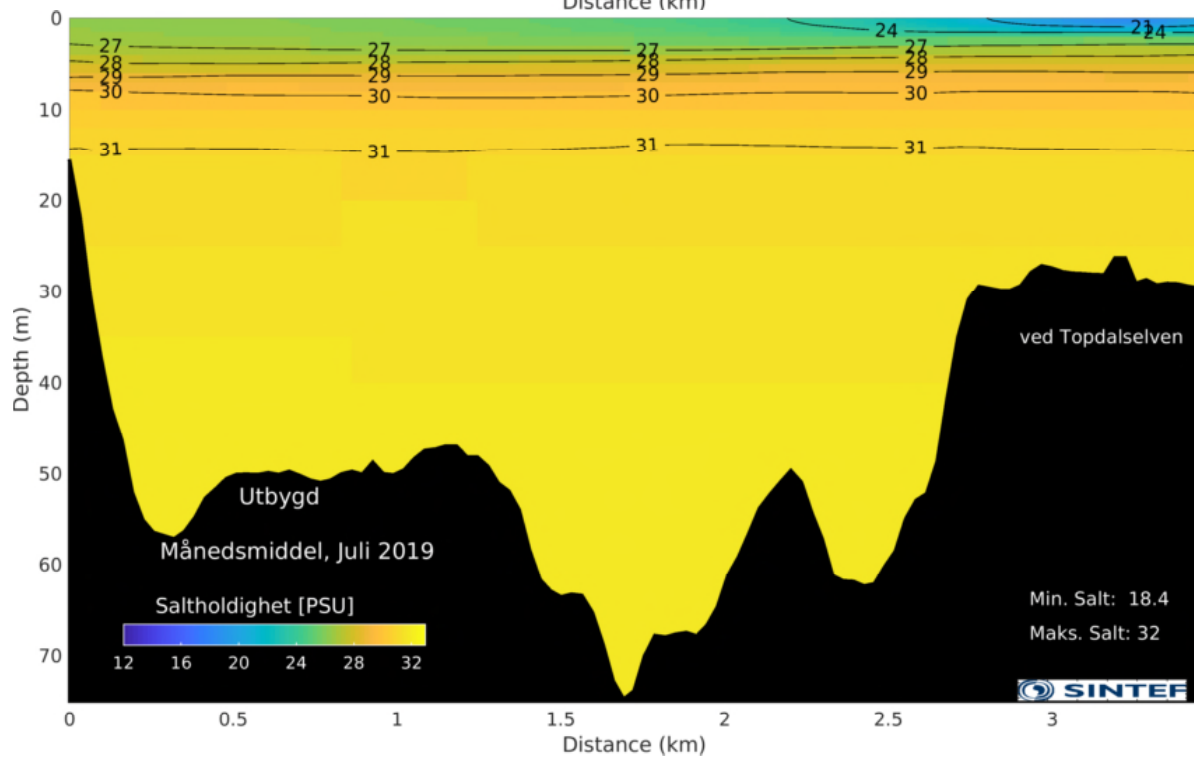
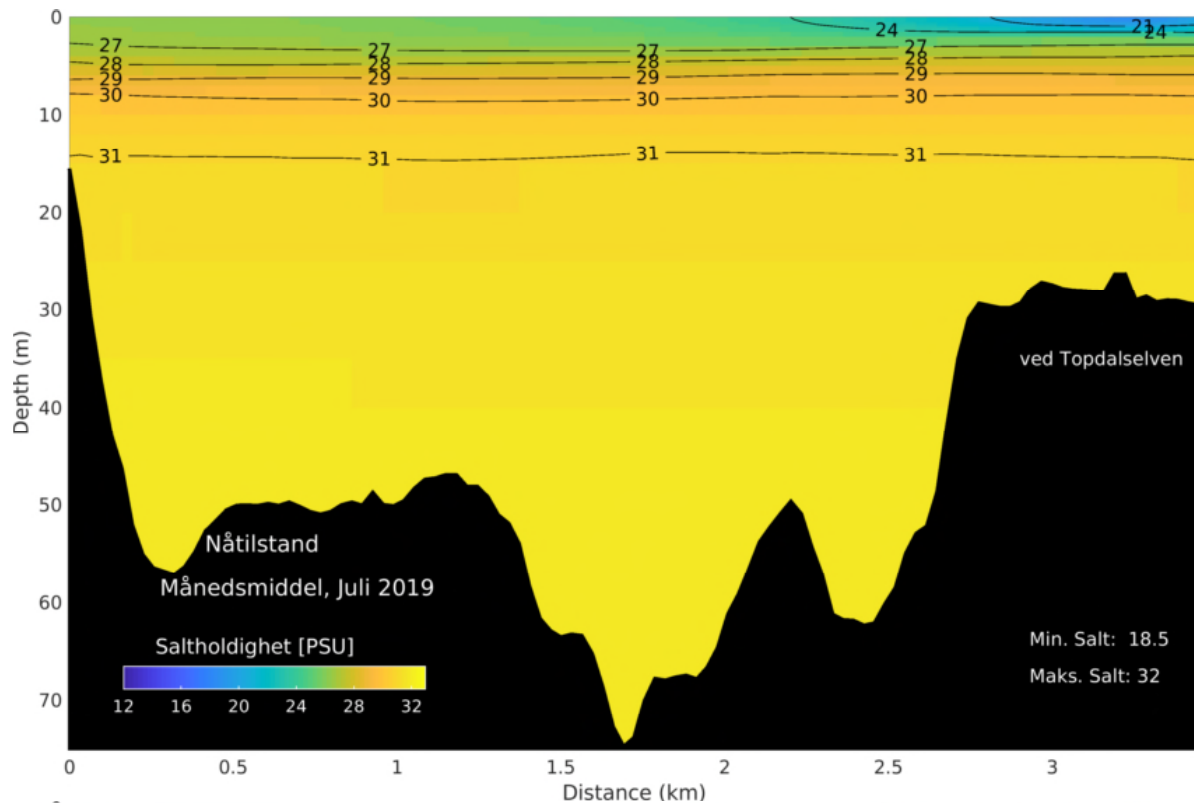






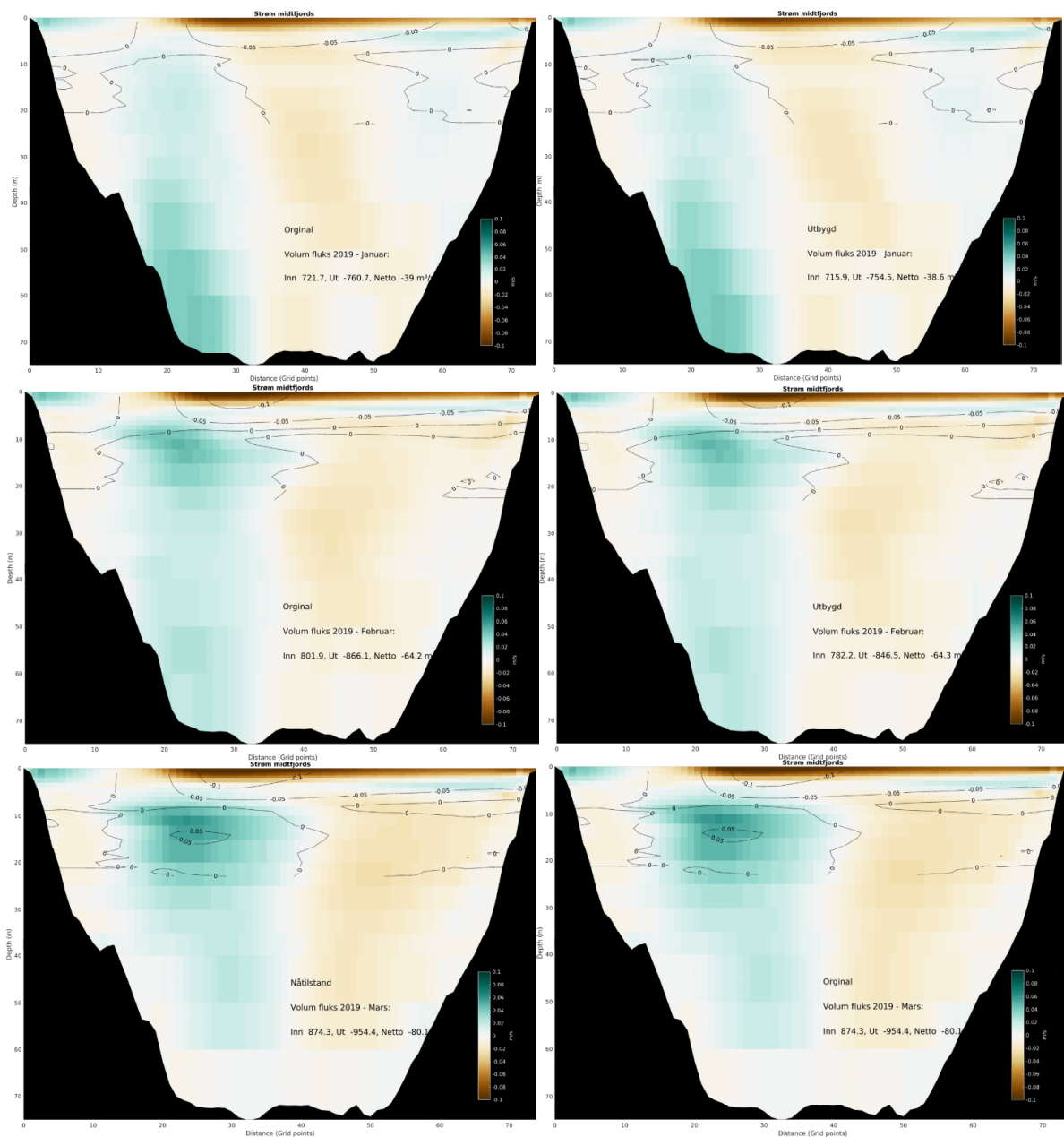


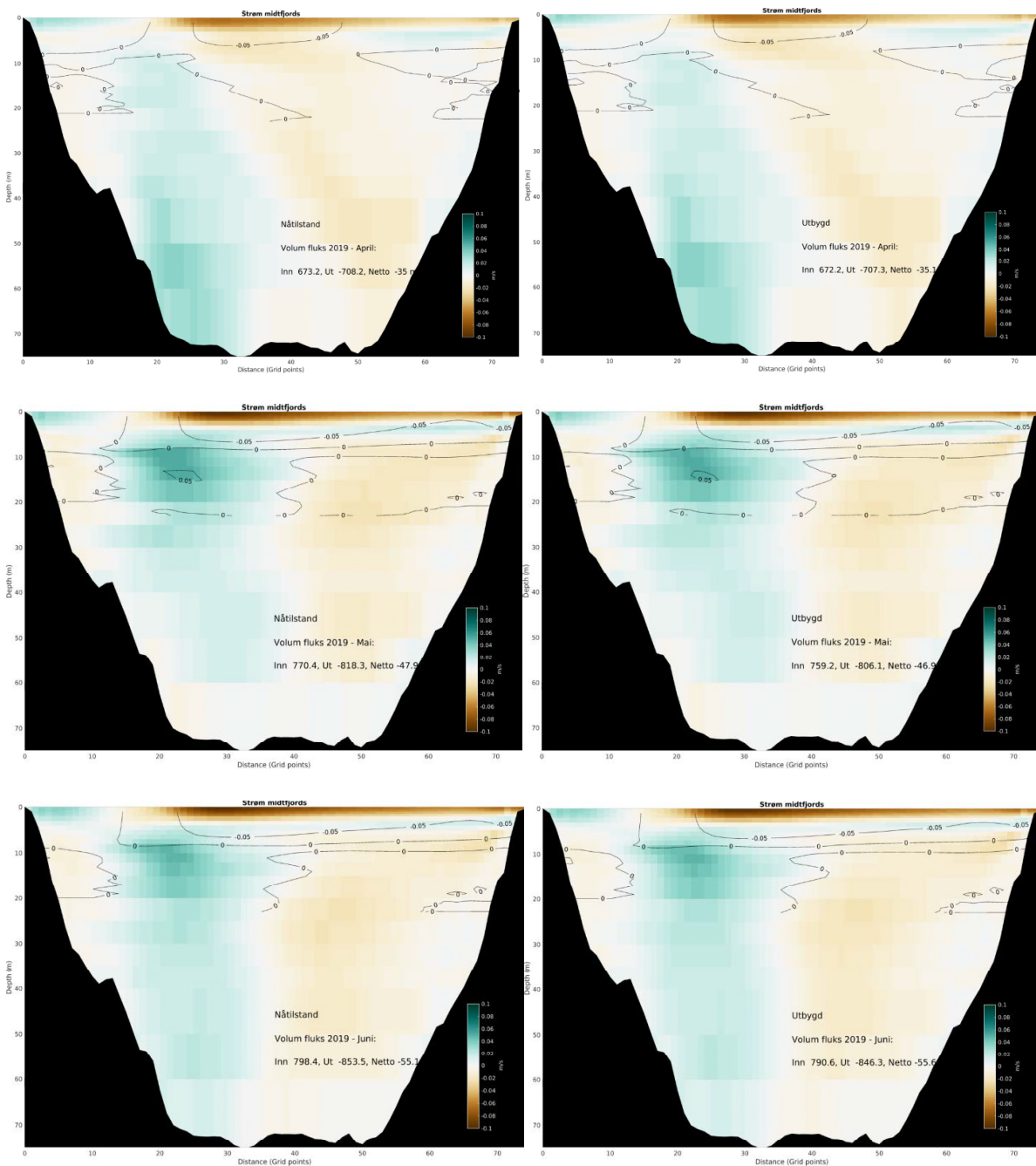




## A.2 Snitt midtjords

Her er resten av månedene fra Figur 20, januar – juli 2019.

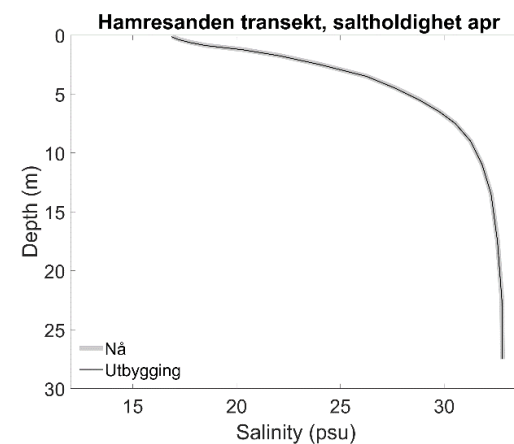
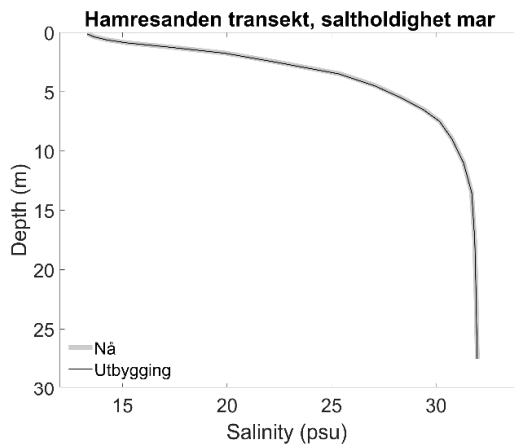
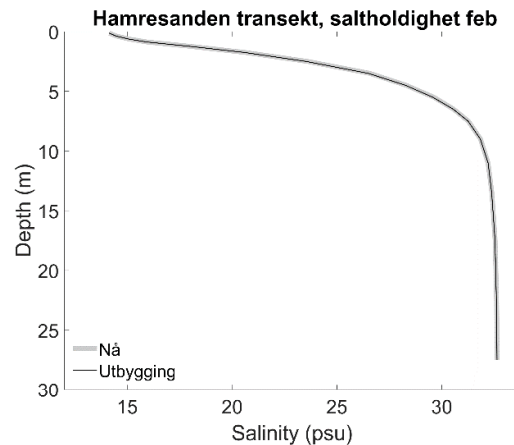
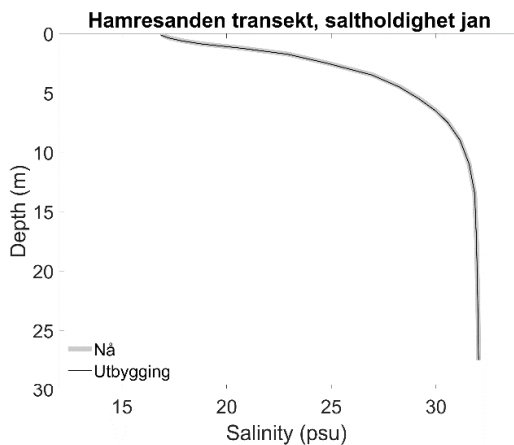
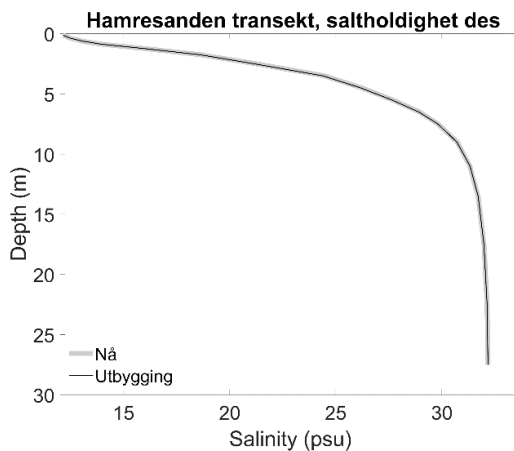
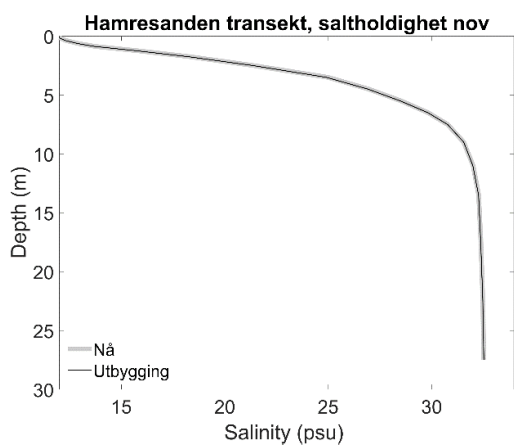


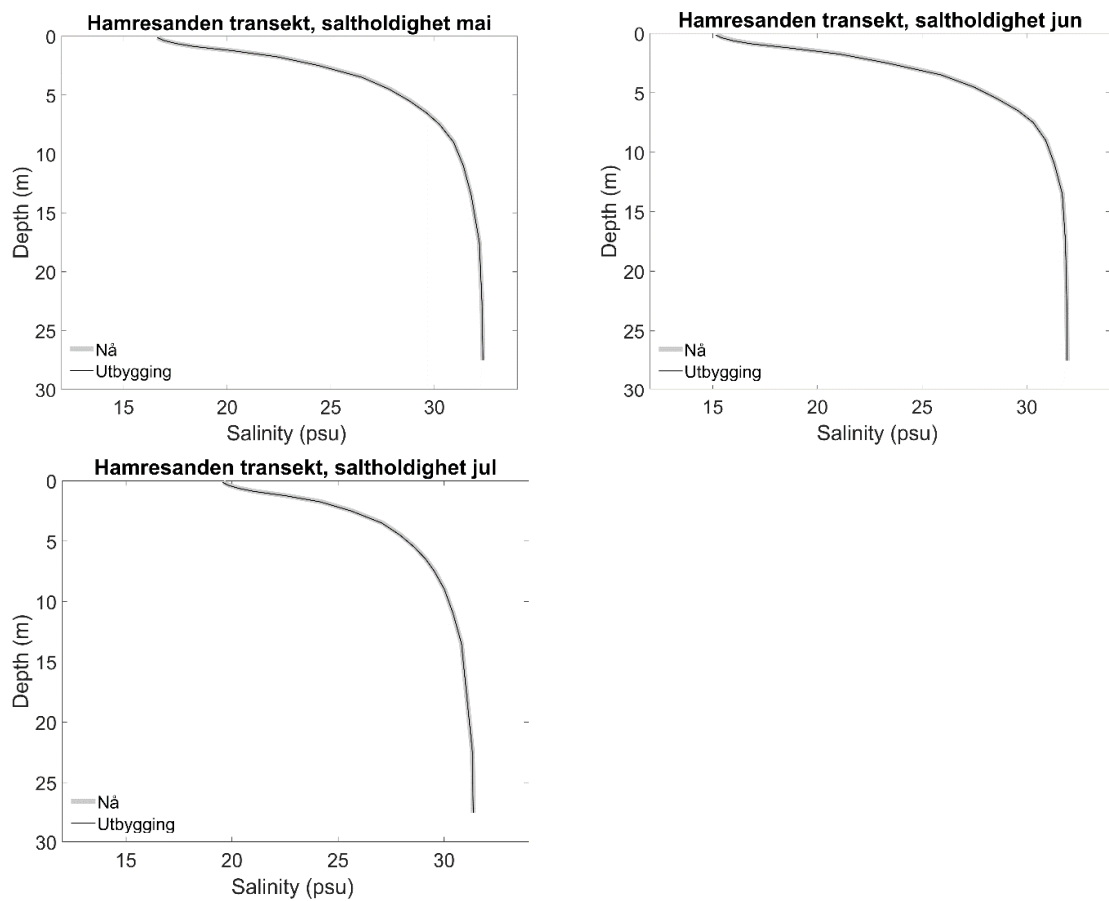


Figur A2. Snittet fra Figur 20, januar – juli 2019.

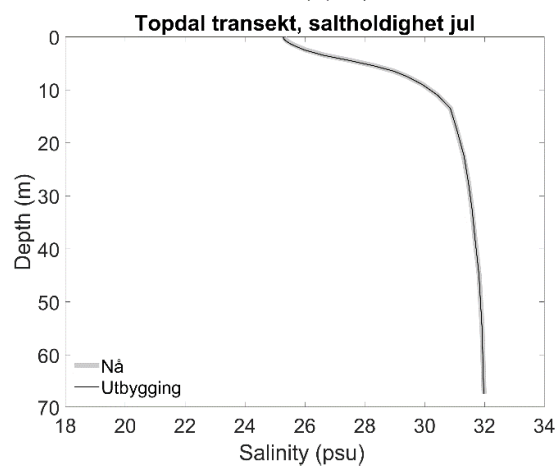
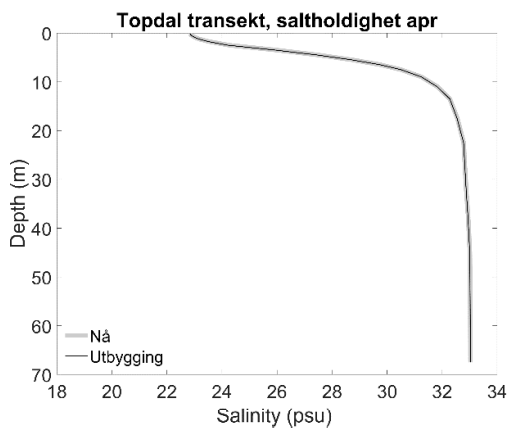
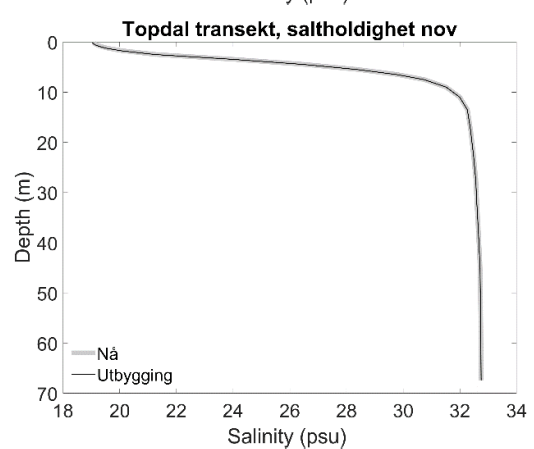
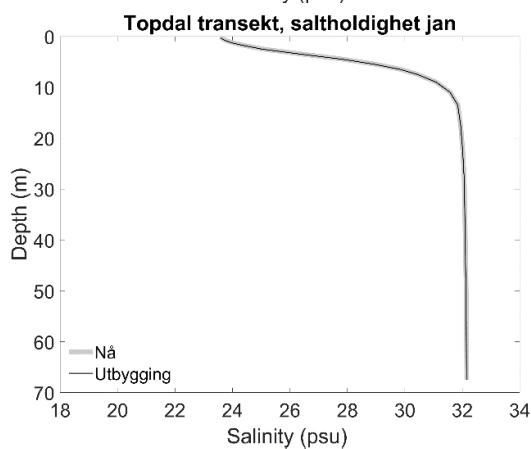
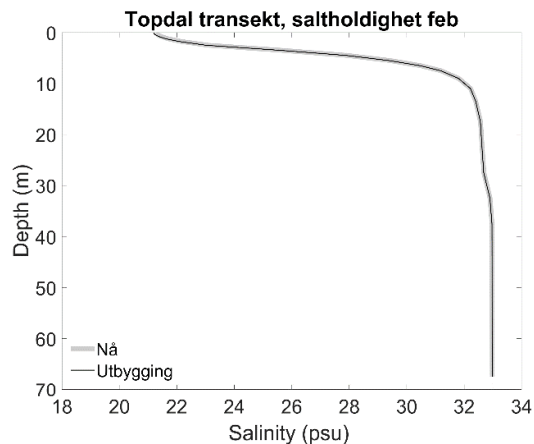
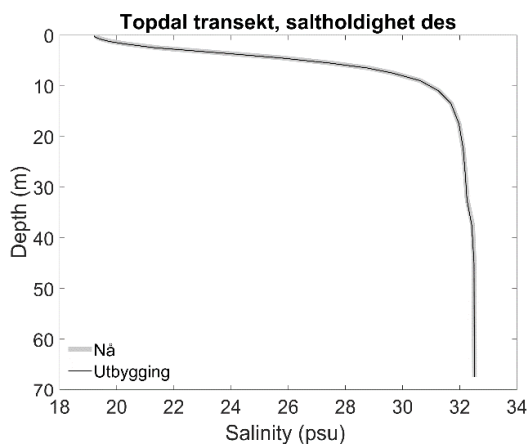
### A.3 Saltholdighetsprofiler

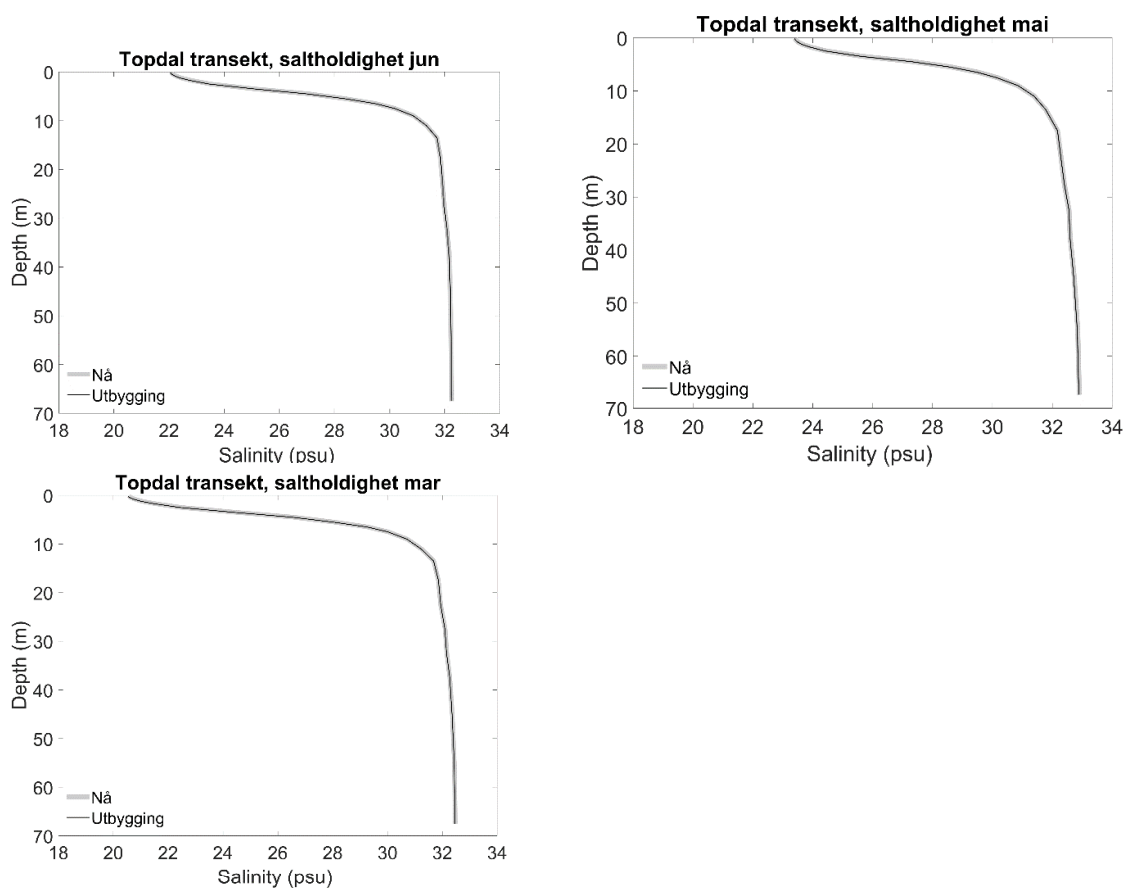
#### Hamresanden





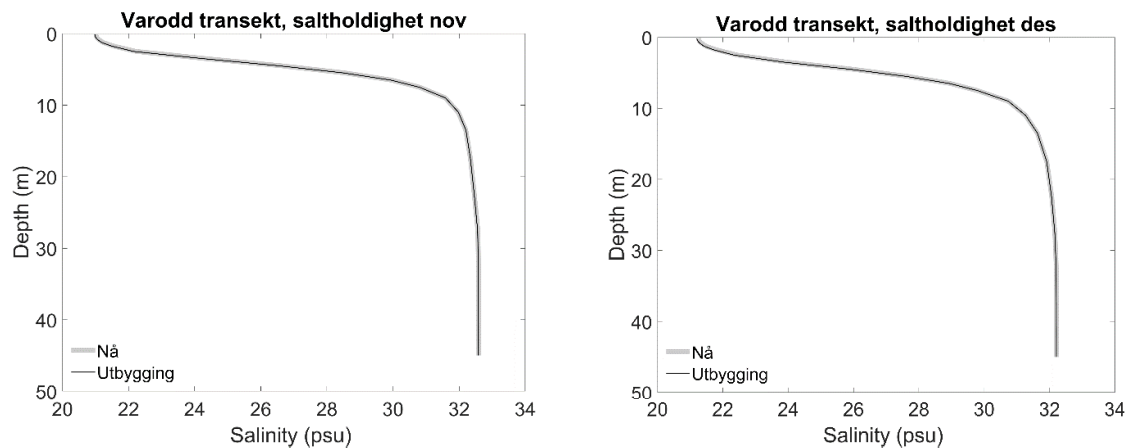
Figur A3.1 viser saltholdighetsnittene for Hamresanden for november 2018 til juli 2019.

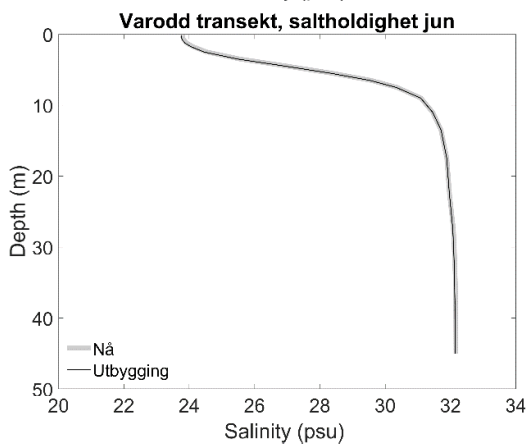
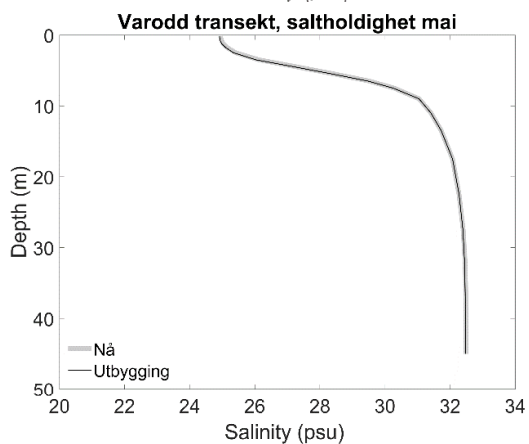
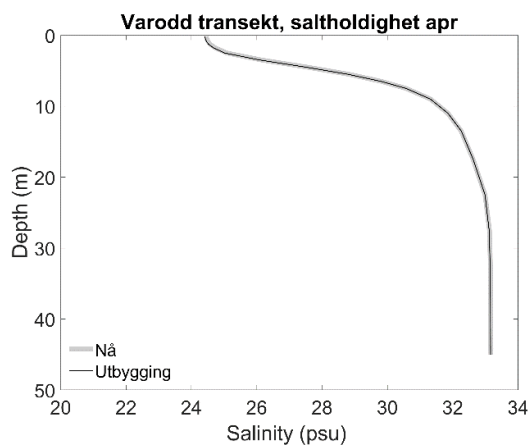
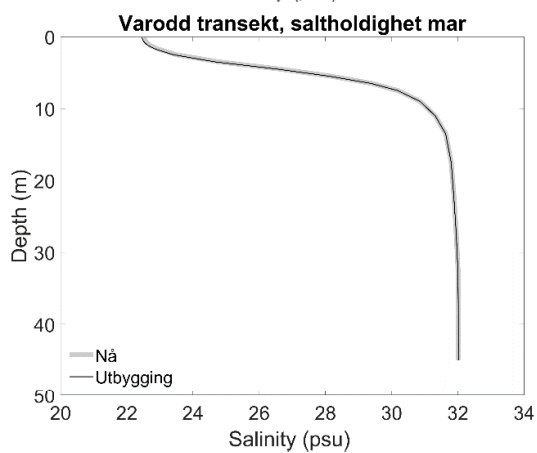
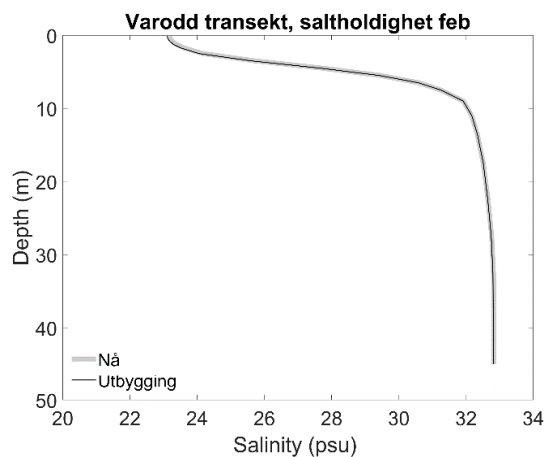
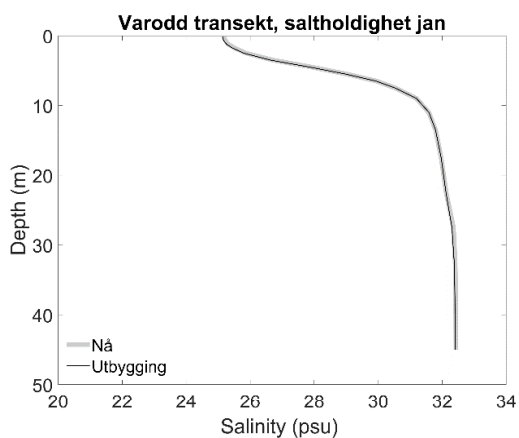
**Topdal**




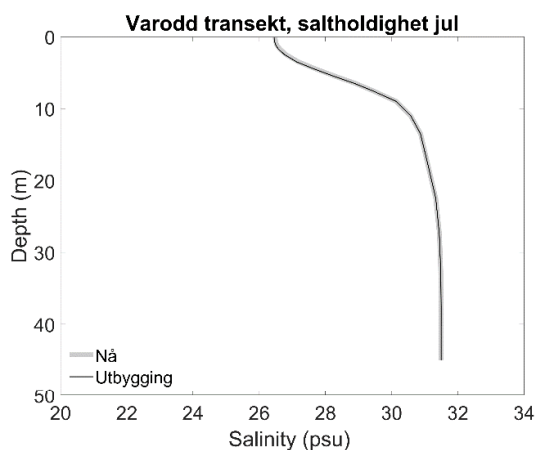
Figur A2 viser saltholdighetssnittene for Topdal for november 2018 til juli 2019.

### Varodd



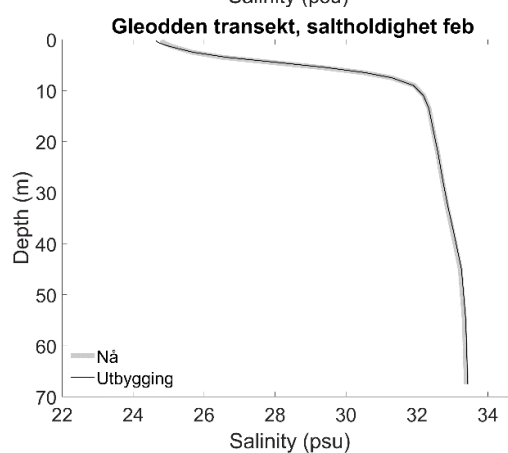
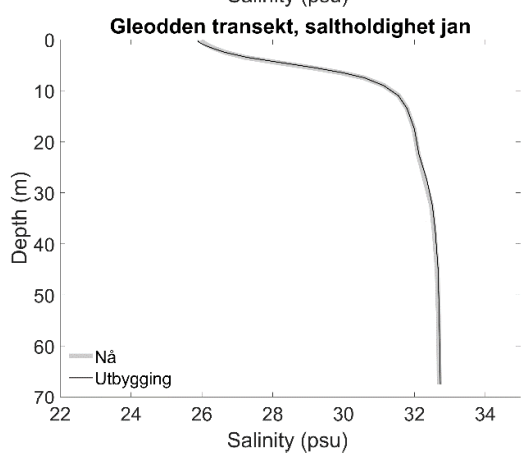
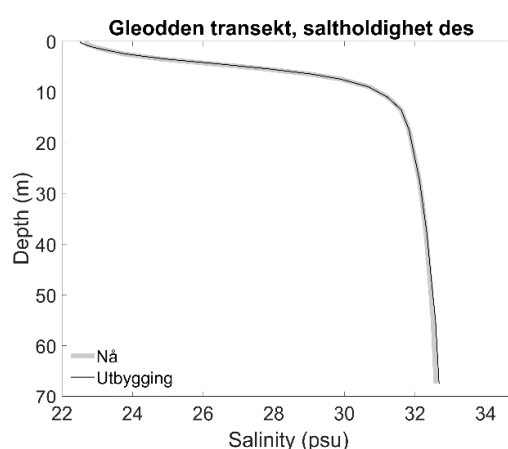
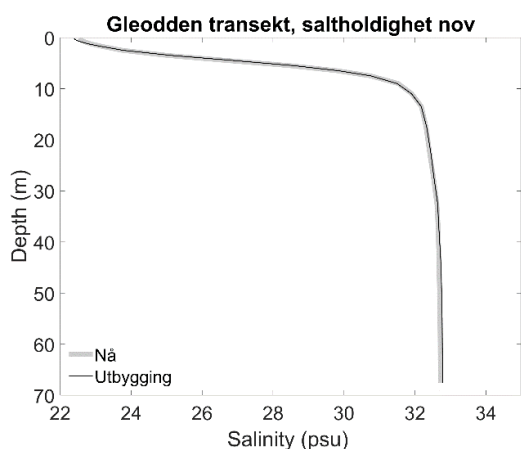


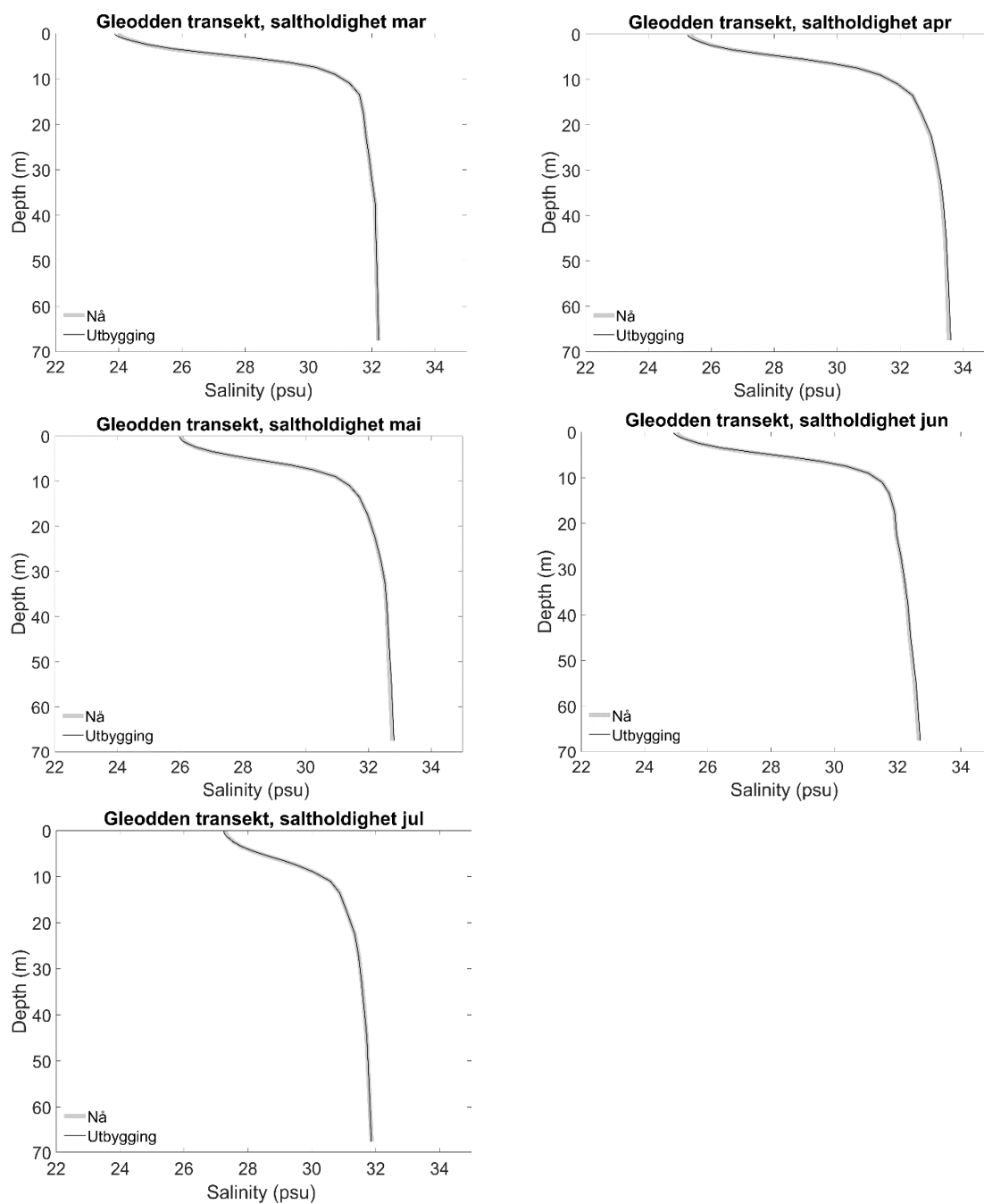




Figur A3.2 viser saltholdighetsnittene for Varodd for november 2018 til juli 2019.

### Gledden





Figur A3.3 viser saltholdighetsnittene for Gleodden for november 2018 til juli 2019.

Kristiansand kommune

## ► Sammenendragsrapport: Konsekvenser for marint liv og strømforhold ved flytting av containerterminalen til havneområde nord, Kongsgård – Vige

Oppdragsnr.: 52104386 Dokumentnr.: S001 Versjon: 1.0 Dato: 2021-12-21



Bilde fra feltarbeid i Topdalsfjorden

Oppdragsnr.: 52104386 Dokumentnr.: S001 Versjon: 1.0

**Oppdragsgiver:** Kristiansand kommune  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Jan Erik Lindjord  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Henrik Wergelandsgate 27, NO-4612 Kristiansand  
**Oppdragsleder:** Martin Schreck  
**Fagansvarlig:** Elisabeth Lundsør (marinbiologi), Ruth Vingerhagen (vannkjemi), Silje Nag Ulla (miljøgifter i sedimenter), Øyvind Knutsen (strøm-modellering), Bård Venås (strøm-modellering)  
**Andre nøkkelpersoner:** Inga Greipsland, Karin Raamat, Leif Simonsen, Stig Bjørløw Dalsøren

1.0	2021-12-21	Sammendrag av delrapportene	Stig Bjørløw Dalsøren	Inga Greipsland, Elisabeth Lundsør, Øyvind Knutsen, Bård Venås, Karin Raamat	Martin Schreck
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## ► Sammen drag

Kristiansand kommune og Kristiansand havn utlyste, i januar 2021, oppdraget «Utredning av konsekvenser for marint liv, samt kartlegging av strømningsforhold, saltholdighet m.m. i Topdalsfjorden ved flytting av containerterminalen til havneområde nord, Kongsgård – Vige».

Norconsult og SINTEF har samarbeidet om å løse oppdraget. I henhold til oppdrags-presisering er vurderingene gjort for full havneutbygging i driftsfase. SINTEF har hatt ansvar for modellering og analyse av strømforhold og saltholdighet for nåsituasjon og utbygd tilstand. Norconsult har gjort undersøkelser av marinbiologi, vurdert nåværende økologiske situasjon og endringer etter havneutbygging.

Modellberegningene er basert på hittil etablert kunnskap om mulig utforming og omfang av utfylling. De er gjort med maksimal innsnevring av fjordens tverrsnitt og vann-volum der følgende er lagt til grunn:

1. Kaianlegg uten peler som medfører:
2. Maksimal fyllingshøyde for kaianlegg som igjen maksimerer tilhørende motfylling og fyllingsfotens avstand fra land

Utredningen er dermed gjort for et «worst case scenario» som gir øvre estimater for effekter av utbygging. Effektene vil i realiteten trolig bli mindre. Skulle det oppstå behov for større fylling enn «worst case scenarioet» bør en ny utredning vurderes.

Denne sammendragsrapporten oppsummerer innholdet i utredningens to fagrapporter. Innledningsvis defineres viktige spørsmål som så er besvart. Under følger spørsmålene med kortversjon av svarene, mer utdypende svar er gitt i konklusjonen.

- Hva er nåsituasjonen for marint liv i Topdalsfjorden?

Tilførsel av næringsstoffer er på et nivå som ikke medfører uønskede algeopplomstringer. Det er en nedgang i oksygennivåene i dypvannet fra 1950 til 2020. Fra rundt år 2000 er det tendens til forbedring. Konsentrasjonen om vinteren er fremdeles lav. For bløtbunnsfauna var samlet tilstandsklasse i 2021 «god» etter vannforskriftens kriterier. Dette er en forbedring siden 2003 som antas å ha sammenheng med noe forbedrede oksygenforhold i bunnvannet. Det forekommer sannsynligvis situasjoner der høy konsentrasjon av aluminium i brakkvann er problematisk for utvandrende lakseyngel (smolt). Sedimentene i deler av Topdalsfjorden er forurenset av miljøgifter og det er funn av høye konsentrasjoner i torskelever, blåskjell og mykdelere av taskekrabbe. Det er tegn til forbedring i enkelte områder i tråd med mindre utslipp fra land.

- I hvilken grad vil utbyggingen endre strømforholdene i Topdalsfjorden?

Det vil bli moderate endringer i strømmønster og saltholdighet lokalt, nær havneområdet, som følge av innsnevring av fjorden og endret bunntopografi. Lenger inn i Topdalsfjorden, innenfor Varoddbua, er det liten eller ingen endring da det ikke oppstår permanente endringer i vannutvekslingen.

- Vil utbygging av havn påvirke omfang og hyppighet av utskifting av dypvannet i Topdalsfjorden?

Nei, volumfluksberegninger og saltholdighetsprofiler viser ubetydelige forskjeller i utveksling av dypvann før og etter utbygging.

- Vil utbygging av havn endre utbredelse av lav saltholdighet i overflatelaget?

Nei, snitt av modellresultater på langs og tvers av fjorden i områdene med lav saltholdighet viser omtrent ingen forskjeller før og etter utbygging. For smolt er utbredelsen av området med saltholdighet 1-10 psu av betydning for overlevelse. Det er ubetydelige forskjeller i utbredelsen før og etter utbygging.

- I hvilken grad vil utbyggingen påvirke økologien i Topdalsfjorden.

Simuleringene viser at strømforholdene og vannutskiftning er uendret i indre deler, men det er en liten påvirkning rundt utfyllingsområdet. Dette betyr at økologien i indre Topdalsfjorden (nord for E18) ikke vil bli påvirket av dette tiltaket.

Store deler av utfyllingsområdet er allerede sterkt påvirket av menneskelig aktivitet (steinfyllinger, forurensede sedimenter og avfall). De resterende arealene har i dag et naturlig preg og tiltaket erstatter disse med steinfylling. Dette medfører en endring i sjøbunnssubstrat med tap av økologisk viktig og sårbare bløtbunnsområder med gravende megafauna og sjøfjær (OSPAR, 2011). På grunn av størrelsen på arealet som går tapt vurderes dette som en betydelig endring sammenlignet med nå-tilstanden.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Introduksjon</b>	<b>6</b>
1.1	<i>Utredningsgrunnlag</i>	6
1.2	<i>Innholdsoversikt</i>	6
1.3	<i>Topdalsfjorden</i>	7
1.4	<i>Omfang utfyllingsområde ny havn i Kongsgård – Vige</i>	7
<b>2</b>	<b>Nåsituasjon for marine natur- og miljøforhold</b>	<b>8</b>
2.1	<i>Næringssalter og algeoppblomstring</i>	9
2.2	<i>Oksygeninnhold og bløtbunnsfauna</i>	9
2.3	<i>Saltholdighet og aluminiumskjemi</i>	9
2.4	<i>Naturtypekartlegging i og nært utbyggingsområde</i>	10
2.5	<i>Miljøgifter</i>	10
<b>3</b>	<b>Analyse av strømforhold og saltholdighet</b>	<b>11</b>
3.1	<i>Modellverktøy</i>	11
3.2	<i>Simuleringer</i>	11
3.3	<i>Sammenligning modell og målinger</i>	11
3.4	<i>Sirkulasjon i Topdalsfjorden for nå-tilstanden</i>	11
3.5	<i>Effekt av utbygging på sirkulasjon og saltholdighet i Topdalsfjorden</i>	12
3.5.1	<i>Nær havneområde</i>	12
3.5.2	<i>Vannutskiftning</i>	13
3.5.3	<i>Områder med lav saltholdighet i overflatelaget</i>	14
<b>4</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Referanser</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>Appendix</b>	<b>17</b>

## 1 Introduksjon

### 1.1 Utredningsgrunnlag

Kristiansand kommune og Kristiansand havn utlyste i januar 2021 oppdraget «Utredning av konsekvenser for marint liv, samt kartlegging av strømningsforhold, saltholdighet m.m. i Topdalsfjorden ved flytting av containerterminalen til havneområde nord, Kongsgård – Vige».

Oppdraget omfattet to utredningsbehov:

1. Kristiansand bystyre vedtok 27.11.2019 (sak 67/19) at det skal gjennomføres en grundig, ekstern og uavhengig utredning av konsekvensene en eventuell flytting av containerhavna til Vige kan få for marint liv i Topdalsfjorden.
2. Fylkesmannen, i brev av 03.03.2020 til Kristiansand havn, kom med krav om kartlegging av strømforhold, vannutskiftning og saltholdighet i Topdalsfjorden og vurdering av i hvilken grad utbygging gir endringer i disse parameterne som påvirker økologien i Topdalsfjorden.

Det ble i tillegg presisert at utredningen kun skulle vurdere full havneutbygging i driftsfase. Videre at dokumentasjon av nåsituasjonen for marine natur- og miljøforhold var tilstrekkelig til å vurdere konsekvenser av havneutbyggingen.

Norconsult og SINTEF har samarbeidet om å løse oppdraget. SINTEF har hatt ansvar for modellering og analyse av strømforhold og saltholdighet for nåsituasjon og utbygd tilstand. Norconsult har gjort undersøkelser av marinbiologi, vurdert nåværende økologiske situasjon og endring av den etter havneutbygging.

### 1.2 Innholdsoversikt

I kapittel 2 og 3 av dette sammendraget oppsummeres innholdet i utredningens to mer detaljerte fagrapporter:

- Topdalsfjorden: Nåsituasjon for marine natur- og miljøforhold. RIM-01, Norconsult (2021).
- Strømsimulering for Topdalsfjorden. 2021:01421, SINTEF (2021).

I konklusjonen (kapittel 4) besvares, basert på utlysningen og presiseringene i etterkant, først spørsmålet:

- Hva er nåsituasjonen for marint liv i Topdalsfjorden?

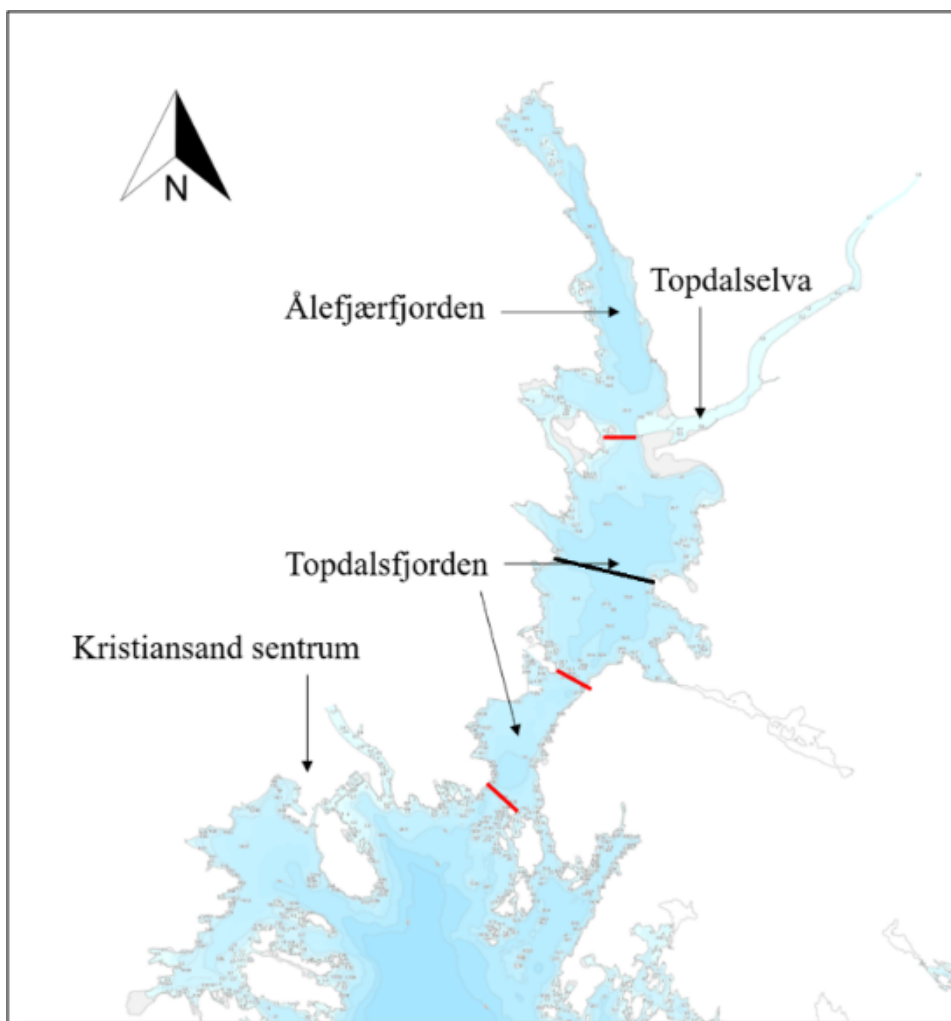
Basert på vurderingene av økologisk nåsituasjon, strømforhold, utlysningen og presiseringene besvares så:

- I hvilken grad vil utbyggingen endre strømforholdene i Topdalsfjorden?
- Vil utbygging av havn påvirke omfang og hyppighet av utskifting av dypvannet i Topdalsfjorden?
- Vil utbygging av havn endre utbredelse av lav saltholdighet i overflatelaget?
- I hvilken grad vil utbyggingen påvirke økologien i Topdalsfjorden?



### 1.3 Topdalsfjorden

Topdalsfjorden ligger i Kristiansand kommune, øst for Kristiansand sentrum (Figur 1). Den største tilførselselven til Topdalsfjorden er Topdalselva som bidrar med ca. 95 % av ferskvannstilførselen. Det er utveksling med Ålefjærfjorden i nord og i sør er det utløp i Kristiansandsfjorden som igjen grenser mot Skagerrak. Fjordsystemet består av flere dypbassenger adskilt av grunnere terskler som begrenser vannutveksling (Figur 1). Topografi med stor påvirkning på vannutveksling er ganske vanlig i norske fjorder.



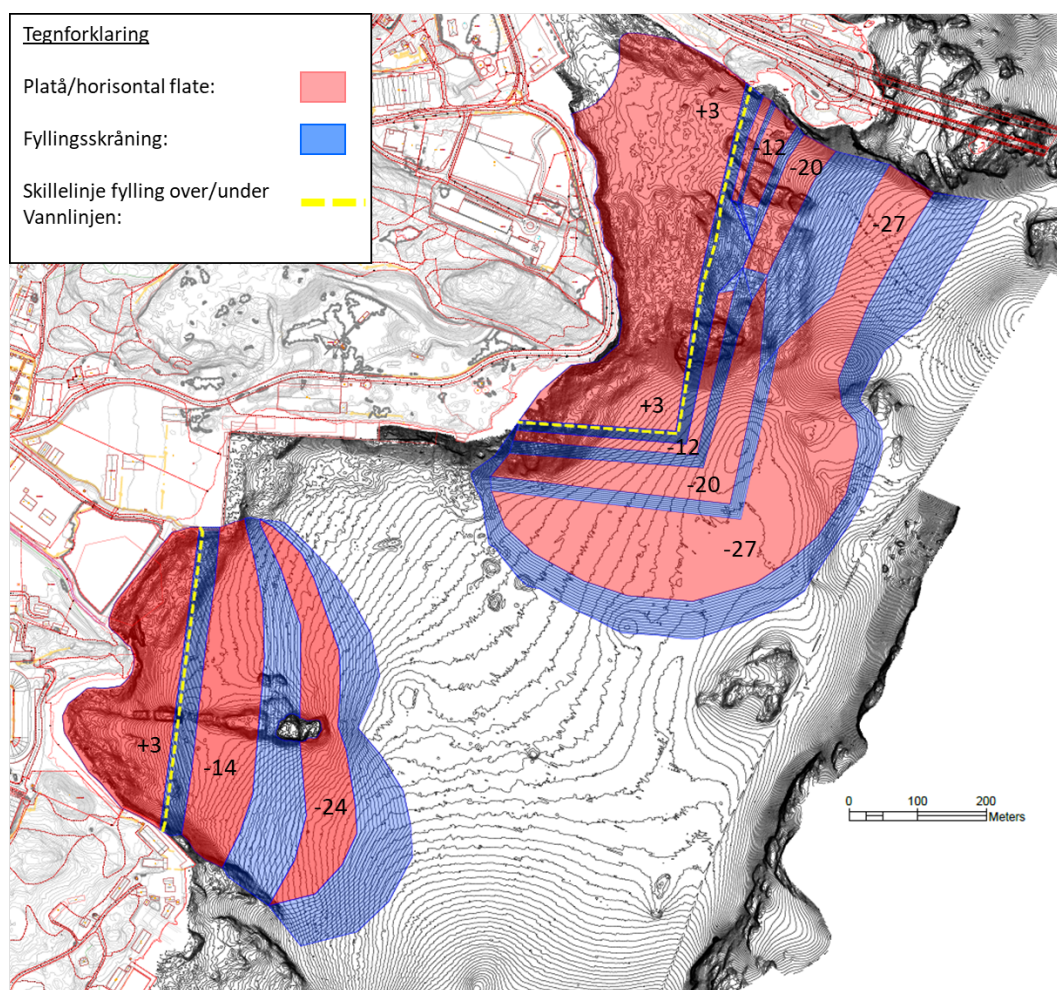
Figur 1: Oversikt over Topdalsfjorden, terskler er merket med rødt. Sort linje indikerer tverrsnitt brukt i Figur 7.

### 1.4 Omfang utfyllingsområde ny havn i Kongsgård – Vige

Kommunedelplan for havneområde nord, Kongsgård-Vige, trådte i kraft 10.04.2019. Planen beskriver overordnet utforming av ny havn i Topdalsfjorden ved Kongsgård-Vige. Utforming er ikke endelig prosjektert i påvente av resultater fra grunnundersøkelser og før utbygging må det foreligge en detaljregulering. I forbindelse med denne utredningen er det tatt utgangspunkt i det som utfra dagens kunnskap er maksimalt utfyllingsomfang med maksimal innsnevring av fjordens tverrsnitt og vann-volum (Figur 2). Følgende er lagt til grunn:

1. Kaianlegg uten peler som medfører:
2. Maksimal fyllingshøyde for kaianlegg som igjen maksimerer tilhørende motfylling og fyllingsfotens avstand fra land

Modellberegningene av strømforhold og saltholdighet er basert på dette. Utredningen er dermed gjort for et «worst case scenario» som gir øvre estimater for effekter av utbygging. Effektene vil i realiteten trolig bli mindre.



Figur 2: Utforming steinfyllinger i Kongsgård-Vige havneområde brukt i denne utredningen. Fyllingene har til sammen et volum på 6,9 millioner m<sup>3</sup>.

## 2 Nåsituasjon for marine natur- og miljøforhold

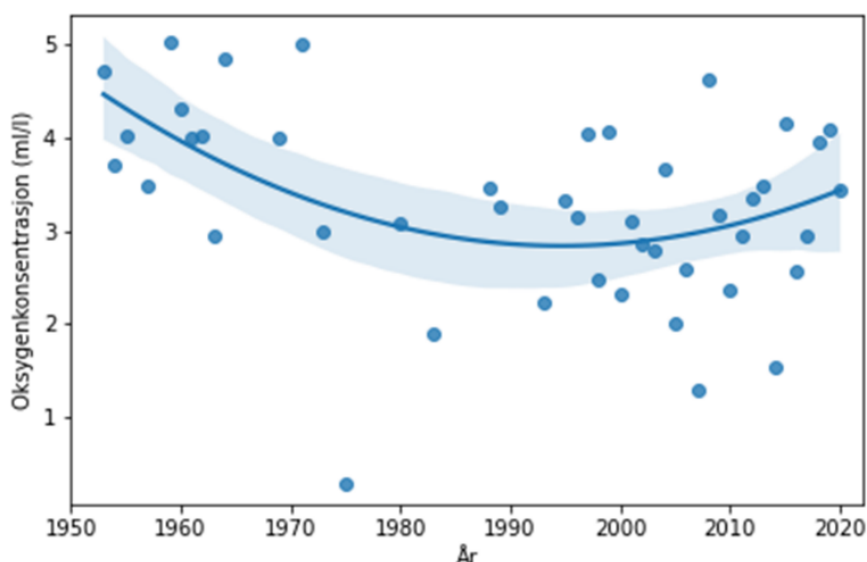
Dette kapitlet oppsummerer rapporten: Topdalsfjorden: Nåsituasjon for marine natur- og miljøforhold, RIM-001, Norconsult (2021). Rapporten er basert på tilgjengelig kunnskap, måledata (for flere av parameterne fra tiår tilbake og fram til nåtid) og nye undersøkelser i 2021 (undersøkelse av bløtbunnsfauna i indre basseng av Topdalsfjorden og kartlegging av biologisk mangfold i nærområdet til ny havn).

## 2.1 Næringssalter og algeoppblomstring

Analyseresultatene av vannprøver fra midten av fjorden viser generelt lave konsentrasjoner av næringssalter om sommeren og lave konsentrasjoner av klorofyll. Lave konsentrasjoner av klorofyll tyder på at tilførsler av næringssalter ikke fører til store og uønskede algeoppblomstringer i fjorden.

## 2.2 Oksygeninnhold og bløtbunnsfauna

Som terskelfjord med begrenset vannutskiftning er Topdalsfjorden sårbar for overgjødningseffekter fra næringssalter og partikkel-tilførsel som kan føre til dårlige oksygenforhold i bunnvannet. Historiske målinger av oksygen i perioden 1950 til 2020 viser en nedgang i oksygennivåene i dypvannet (Figur 3). Fra rundt år 2000 er det tendens til forbedring. Gjennomsnittlig oksygenkonsentrasjon om vinteren er fremdeles lav.



Figur 3: Oksygenmålinger fra september 1950 til 2020 ved 65 m dyp (mørkeblå sirkler). En ikke-lineær regresjonskurve (mørkeblå linje) med 95 % konfidensintervall (lyseblått felt) gir estimat for hvorvidt nivået er fallende eller økende.

Resultatene fra undersøkelser av bløtbunnsfauna (virvelløse dyr som lever i områder med leire-, mudder og sandholdig bunn) fra 2021 viste samlet tilstandsklasse «god» etter vannforskriftens kriterier. Det ble funnet arter som både er følsomme og tolerante for forurensning, men kun en art som er indikator på forhøyet næringstilgang. Undersøkelsene i 2021 viser at forholdene i dypområdene i fjorden har forbedret seg siden 2003, og dette antas å ha sammenheng med noe forbedrede oksygenforhold i dypvannet.

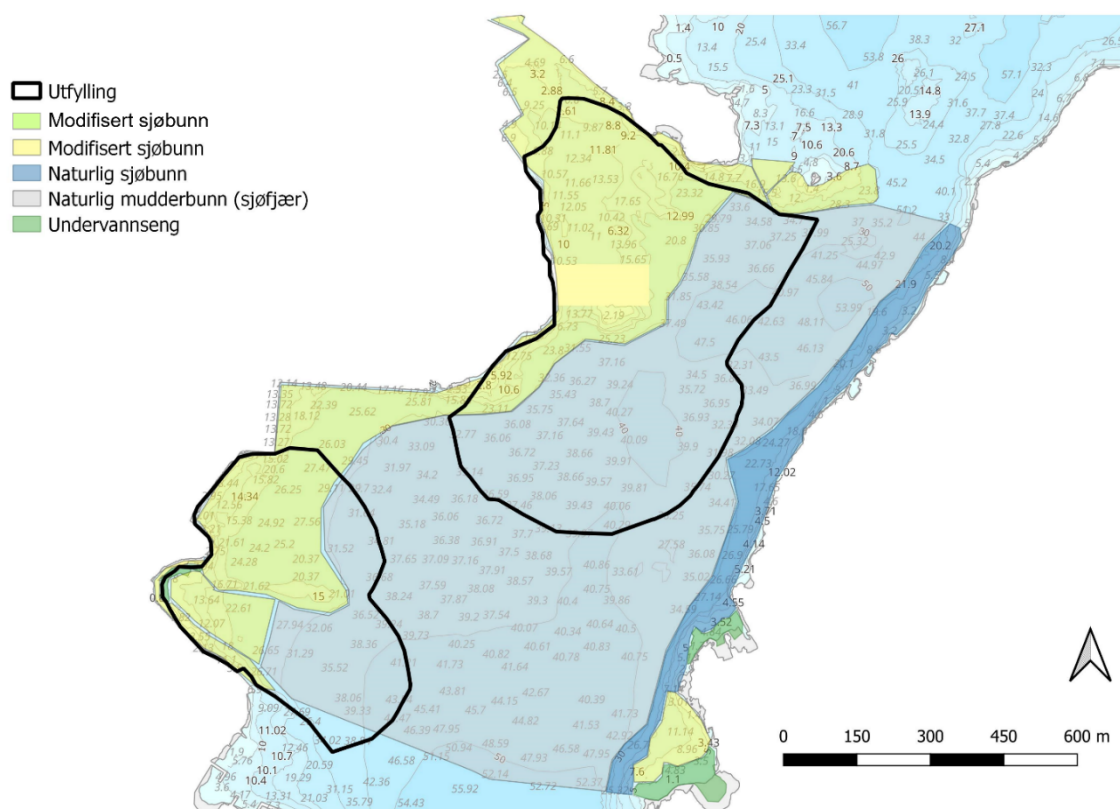
## 2.3 Saltholdighet og aluminiumskjemi

Målinger av saltholdighet midt i fjorden viser at det ofte er et brakkvannslag nær overflaten. Dette laget varierer i tykkelse mellom år og gjennom sesong. Lakseyngel (smolt) er spesielt sårbar for høye konsentrasjoner av aluminium. Spesielt i brakkvann ved saltholdighet 1-10 psu. I gjennomsnitt er det kun den øverste meteren som har et brakkvannspreg med saltholdighet mellom 1-10 psu, men dette laget kan gå ned til mellom to og fem meter i enkelte situasjoner.

Vannkjemien i Topdalselva og Topdalsfjorden og målinger i Topdalselva tyder på at det sannsynligvis forekommer situasjoner der høy konsentrasjon av aluminium i brakkvann er problematisk for utvandrende smolt. Endringer i saltholdighet vil kunne påvirke giftigheten til aluminium.

## 2.4 Naturtypekartlegging i og nær utbyggingsområde

Ved utbyggingsområdet til ny havn er store deler av området allerede påvirket av menneskelig aktivitet (steinfyllinger, forurensede sedimenter og avfall) men det finnes også områder som i større grad er upåvirket (Figur 4). Dette inkluderer en tidligere ukjent ålegraseng og naturlig mudderbunn på dyp under 30 m. I grunne områder i øst (ned til ca. 20 m) er det hovedsakelig naturlig sjøbunn og noen undervannsenger. Under 30 m er det naturlig mudderbunn med sjøfjær og gravende megafauna, men det er påvist forurensing også i disse områdene.



Figur 4: Naturtyper registrert under kartlegging juni 2021. Utstrekning er basert på feltobservasjonene i juni 2021 og grunnlagskart fra tidligere undersøkelser.

## 2.5 Miljøgifter

Sedimentene i deler av Topdalsfjorden er forurenset med ulike PAH-forbindelser, PCB, TBT og ulike tungmetaller. Det er tegn til forbedring i enkelte områder i tråd med mindre utslipp fra land. Enkelte miljøgifter akkumulerer i biota og det er funn av høye konsentrasjoner av miljøgifter i torskelever, blåskjell og mykdelere av taskekrabbe.

### 3 Analyse av strømforhold og saltholdighet

Kapitlet oppsummerer fagrapporten: Strømsimulering for Topdalsfjorden. 2021:01421, SINTEF (2021).

#### 3.1 Modellverktøy

Hav og fjordmodellen SINMOD er brukt til å simulere strøm og hydrografi (saltholdighet og temperatur). For simuleringene i denne utredningen er det brukt 32 m horisontal oppløsning (680 x 430 gridbokser) og 30 vertikale lag som dekker hele vannsøylen fra bunnen til overflaten. Modellområdet dekker Ålefjær-, Topdals- og Kristiansandsfjorden vist i Figur 1 og videre området ut til grensen mot Skagerrak (sør for Flekkerøy og Oksøy).

#### 3.2 Simuleringer

Simuleringene i utredningen dekker perioden november 2018-juli 2019. Denne tidsperioden er valgt da den får med sesongvariasjonen i ferskvannstilførsel til Topdalsfjorden, perioden med smolt utvandring om våren og eventuell utskifting av dypvann på vinteren. To simuleringer er gjort. Én med nåværende havneområde i Kongsgård-Vige og én med utbygd havn. I simuleringen av utbygd fase blir vannområdene i modellen som forsvinner pga. ny kai erstattet med land og bunntopografien modifisert som følge av utfyllinger (jfr. Figur 2). Ellers er de to simuleringene identiske.

#### 3.3 Sammenligning modell og målinger

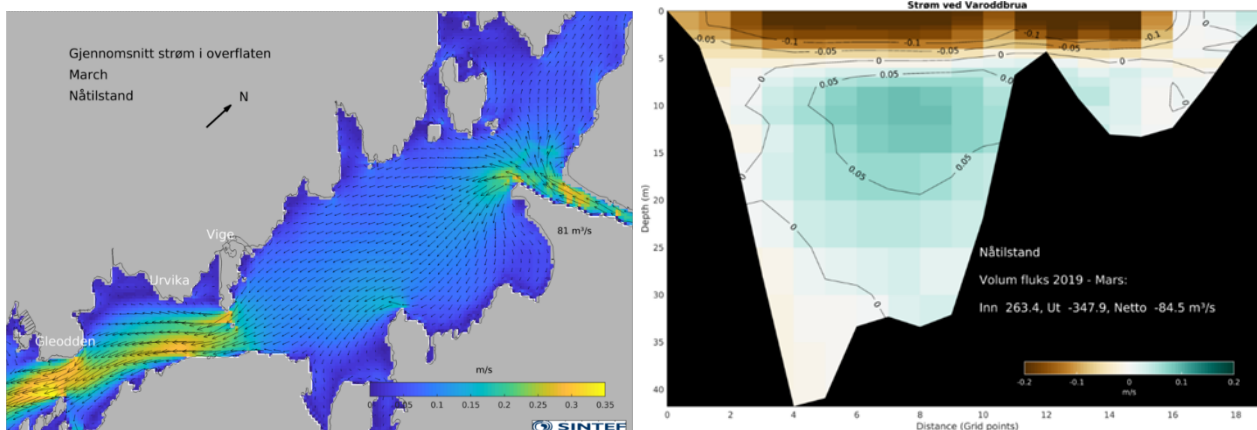
Simuleringen for nå-tilstand er sammenlignet med tilgjengelige målinger. Havforskningsinstituttet har over mange år utført regelmessige målinger av temperatur, saltholdighet og tetthet i Topdalsfjorden innenfor Varoddbrua og sydøst av Odderøya. Dataene fra disse målingene er brukt til evaluering av modellen.

I Topdalsfjorden klarer ikke modellen helt å reprodusere til dels svært lav saltholdighet i de øverste par meterne. Sammenligningene viser at ferskvannsmengden i modellen er rimelig, men at brakkvanslaget ofte er dypere enn det målingene tilsier, dvs. det er en litt for kraftig vertikal blanding i modellen. Under dette er det relativt bra samsvar med målingene ned til omkring terskeldypet (ca. 30 m), mens modellen har noe for lav saltholdighet videre nedover. Avvikene nær overflaten og i dypvannet er vurdert til å ikke ha vesentlige effekter på beregningen av endring fra nåsituasjon til utbygd tilstand.

Målingene sydøst av Odderøya indikerer om modellen reproduserer de fysiske forholdene til kystvann. Dette er viktig da de fysiske egenskapene i kystvannet er styrende for vannutskiftningen innover i fjordsystemet. Sammenligningen fra overflaten ned til 60m dyp (dybdene relevant for utveksling kyst-fjord) viser at modellen er nær observerte verdier av saltholdighet, temperatur og tetthet.

#### 3.4 Sirkulasjon i Topdalsfjorden for nå-tilstanden

Sirkulasjonen i Topdalsfjorden følger det generelle mønsteret for sirkulasjon i fjorder, der ferskvann fra elveutløp er lettere enn sjøvannet og i stor grad strømmer ut nær overflaten (Figur 5). Under dette laget strømmer det inn saltvann (Figur 5, høyre). Nettostrømmen er ut fjorden og tilsvarer mengden tilført ferskvann fra elvene med utløp i fjorden. Dette er bildet når man midler over måneder eller år, på tidsskalaen timer-dager er det store variasjoner i retning og strømstyrke forårsaket av variasjon i pådriv som vind og tidevann.

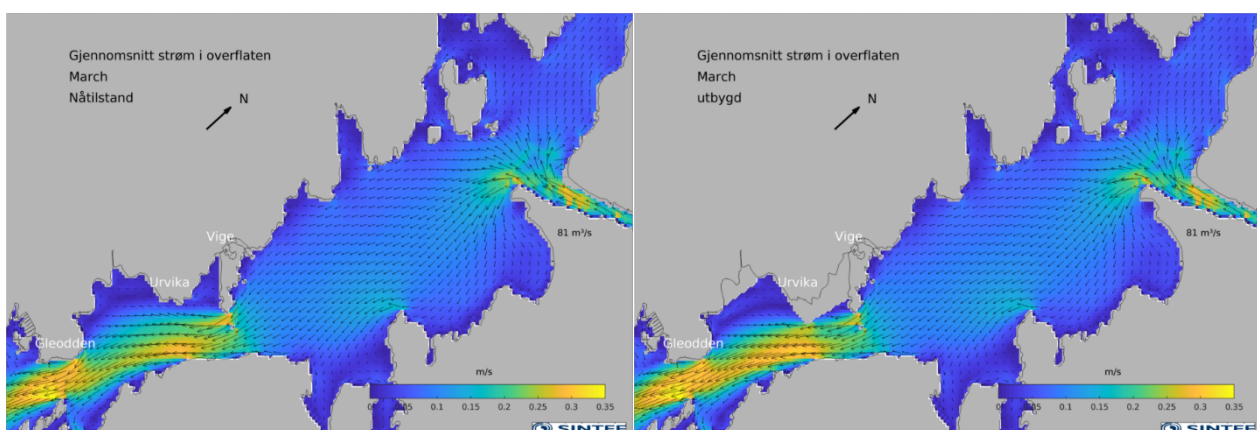


Figur 5: Gjennomsnittsverdier for mars 2019. Venstre: Strømfart og retning i overflaten i Topdalsfjorden. Høyre: Strøm normalt på snitt ved Varoddbrua. De brune fargene er utstrømming mens grønne er innstrømming. Hvite områder er strømfart nær null. Strømfarten er også indikert av isolinjer (sorte).

### 3.5 Effekt av utbygging på sirkulasjon og saltholdighet i Topdalsfjorden

#### 3.5.1 Nær havneområde

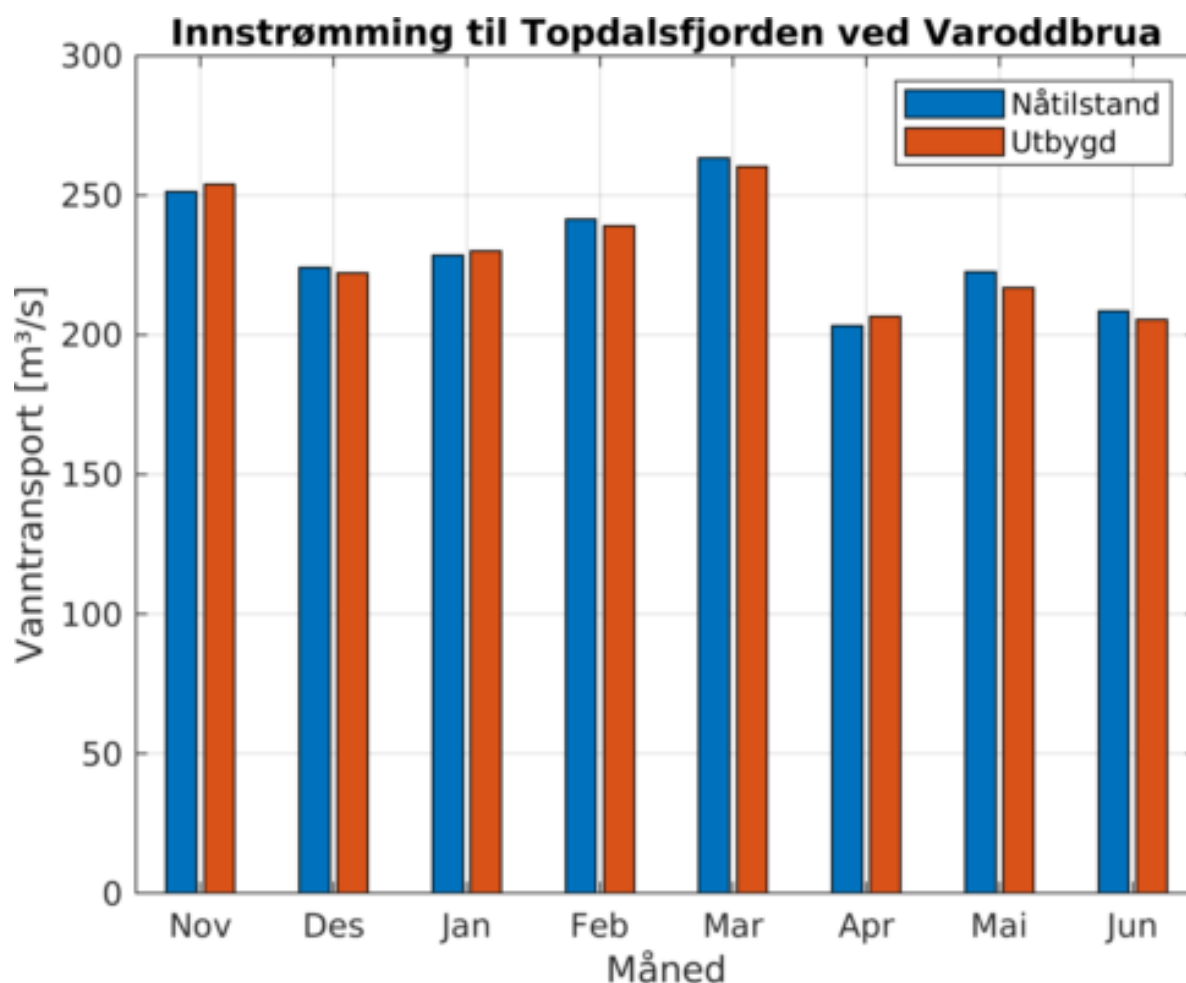
Utbyggingen medfører primært endringer i og nær havnebassenget med økt strømfart for både ut- og innstrømming som viktigst (Figur 6). Endringenes størrelse er stort sett moderate på alle dyp. Typiske endringer i overflaten er godt under 0,1 m/s i strømfart og 1 psu for saltholdighet. Sammenlignet med havnebassengets overflatesaltholdighet (21-27 psu, avhengig av sesong) og strømfart (Figur 6) er endringene moderate også i et relativt perspektiv. Lenger inn i Topdalsfjorden, innenfor Varoddbrua, er det i praksis ingen endringer da det ikke er permanente endringer i storskala vannutveksling. Dette belyses under.



Figur 6: Gjennomsnittlig strømfart og retning i overflaten i Topdalsfjorden i mars. Venstre: Nå-tilstand. Høyre: Utbygd tilstand.

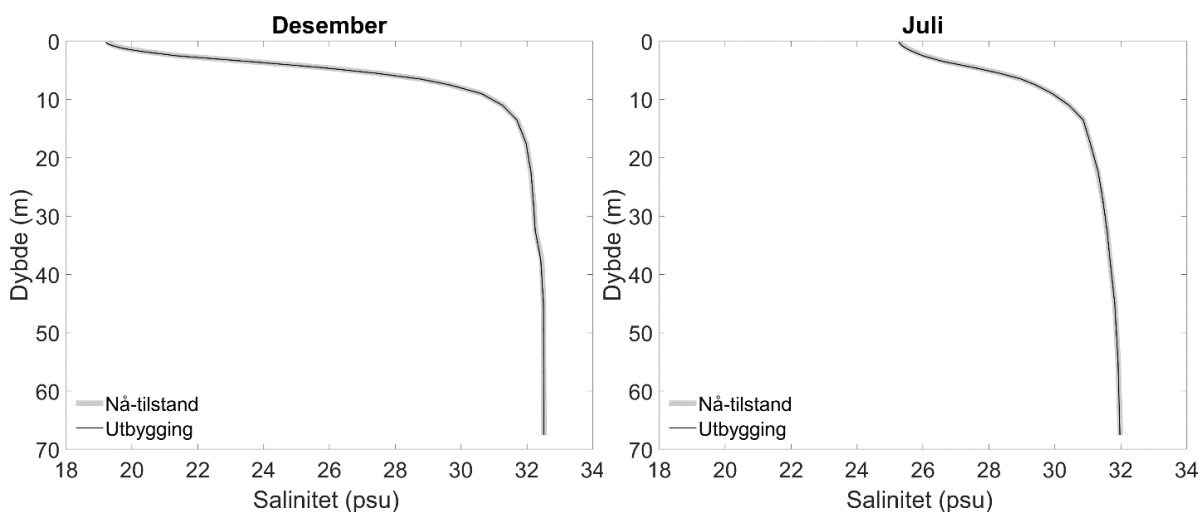
### 3.5.2 Vannutskifting

Volumfluksberegninger gjennom snittet ved Varoddbrua gir et godt mål på storskala vannutveksling. Hvis utbyggingen har betydelig påvirkning på resten av Topdalsfjorden, burde man se tydelige endringer der, ved terskelen til de dypere delene av Topdalsfjorden. Figur 7 viser at det er liten forskjell før og etter utbygging. Det varierer om det kommer mer eller mindre vann inn fra måned til måned og totalt sett er det ikke noen permanent endring. Samme funn gjelder for utstrømming og konklusjonen er at det ikke er permanente endringer i volumtransport inn/ut av Topdalsfjorden.



Figur 7: Gjennomsnittlig innstrømming til Topdalsfjorden ved Varoddbrua.

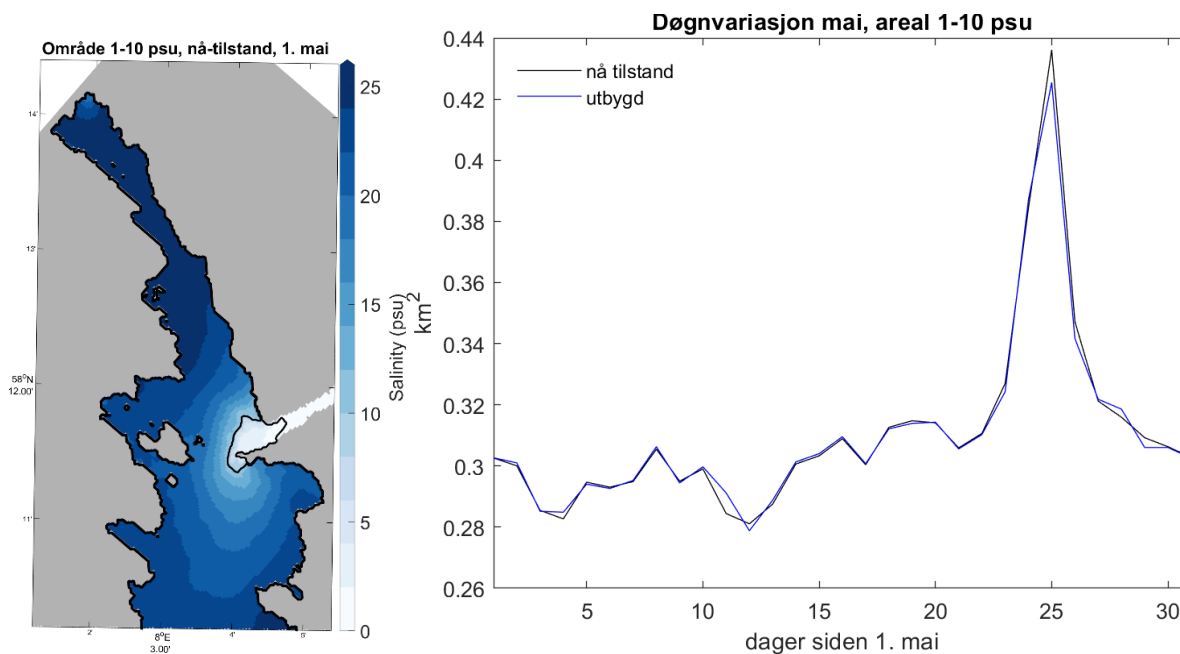
Man finner små endringer i inn- og utstrømming også på dager-ukers tidsskala og utbygging medfører derfor ikke endring i omfang og hyppighet til utskifting av dypvannet i Topdalsfjorden. Minimale endringer i vannutskifting understøttes også av saltholdighetsprofiler for snitt på tvers (Figur 8) og på langs av fjorden. Månedsmiddelkurvene for nå-tilstand og utbygging ligger i praksis oppå hverandre og det samme er tilfelle hvis man går ned på ukes-skala.



Figur 8: Midlet saltholdighet over snitt (sort linje Figur 1) i den dypeste delen av Topdalsfjorden for måned med stor (desember) og liten (juli) ferskvannstilførsel fra Topdalselva.

### 3.5.3 Områder med lav saltholdighet i overflatelaget

Områdene med lavest saltholdighet befinner seg innenfor Varoddbrua i nærheten av utløpet av Topdalselva (Figur 9, venstre). For utvandrende lakseyngel (smolt) er utbredelsen av området med saltholdighet 1-10 psu i mai av betydning for overlevelse. Det er ubetydelige forskjeller i utbredelsen før og etter utbygging (Figur 9, høyre). Dette samsvarer med snittplott, eksempelvis Figur 8, som viser minimal endring både ved høy og lav ferskvannstilførsel fra Topdalselva.



Figur 9: Venstre: Saltholdighet (midlet over øverste meter) i indre del av Topdalsfjorden og Ålefjærfjorden 1. mai 2019. Topdalselva er det hvite feltet som kommer inn fra høyre. Området med saltholdighet på 1-10 psu er innrammet med svart linje. Høyre: Tidsserie av areal av området med saltholdighet på 1-10 psu.



## 4 Konklusjon

Som en avsluttende oppsummering besvares spørsmålene lansert i introduksjonen (kapittel 1.2). I henhold til oppdrags-presisering er vurderingene gjort for full havneutbygging i driftsfase:

- Hva er nåsituasjonen for marint liv i Topdalsfjorden?

Tilførsel av næringsstoffer er på et nivå som ikke medfører uønskede algeoppblomstringer. Det er en nedgang i oksygennivåene i dypvannet fra 1950 til 2020. Fra rundt år 2000 er det tendens til forbedring. Konsentrasjonen om vinteren er fremdeles lav. For bløtbunnsfauna var samlet økologisk tilstandsklasse i 2021 «god» etter vannforskriftens kriterier. Det er en forbedring siden 2003 og antas å ha sammenheng med noe forbedrede oksygenforhold. Det forekommer sannsynligvis situasjoner der høy konsentrasjon av aluminium i brakkvann er problematisk for utvandrende smolt. Sedimentene i deler av Topdalsfjorden er forurenset av ulike miljøgifter og det er funn av høye konsentrasjoner i torskelever, blåskjell og mykdeler av taskekrabbe. Det er tegn til forbedring i enkelte områder i tråd med mindre utslipp fra land.

- I hvilken grad vil utbyggingen endre strømforholdene i Topdalsfjorden?

Det vil bli moderate endringer i strømmønster og saltholdighet lokalt, nært havneområde, som følge av innsnevring av fjorden og endret bunntopografi. Lenger inn i Topdalsfjorden, innenfor Varoddbrua, er det liten eller ingen endring da det ikke er permanente endringer i storskala vannutveksling. Dette skyldes at drivkreftene (ferskvannstilførsel, tidevann, variasjoner i kyststrømmen, vind) og terskeldyp som er styrende for storskala vannutveksling ikke endres.

- Vil utbygging av havn påvirke omfang og hyppighet av utskifting av dypvannet i Topdalsfjorden?

Nei, volumfluksberegninger og saltholdighetsprofiler viser ubetydelige forskjeller i utveksling av dypvann før og etter utbygging.

- Vil utbygging av havn endre utbredelse av lav saltholdighet i overflatelaget?

Nei, snitt av modellresultater på langs og tvers av fjorden i områdene med lav saltholdighet viser små forskjeller før og etter utbygging. For utvandrende lakseyngel (smolt) er utbredelsen av området med saltholdighet 1-10 psu av betydning for overlevelse. Det er ubetydelige forskjeller i utbredelsen før og etter utbygging.

- I hvilken grad vil utbyggingen påvirke økologien i Topdalsfjorden?

Simuleringene viser at strømforholdene og vannutskifting er uendret i indre deler, men det er en liten påvirkning rundt utfyllingsområdet. Dette betyr at økologien i indre Topdalsfjorden (nord for E18) ikke vil bli påvirket av dette tiltaket. Endringene i strømforhold rundt utfyllingsområdet er moderate og vil ikke påvirke økologien i vesentlig grad.

Store deler av utfyllingsområdet er allerede sterkt påvirket av menneskelig aktivitet (steinfyllinger, forurensete sedimenter og avfall). De resterende arealene har i dag et naturlig preg og tiltaket erstatter disse med steinfylling. Dette medfører en endring i sjøbunnssubstrat med tap av økologisk viktig og sårbare bløtbunnsområder med gravende megafauna og sjøfjær (OSPAR, 2011). På grunn av størrelsen på arealet som går tapt vurderes dette som en betydelig endring sammenlignet med nå-tilstanden.

Området vil tildekkes med steinfylling som med rett utforming kan bidra til å skape nye habitat og økt artsmangfold for hardbunnsorganismer.

## 5 Referanser

OSPAR (2011): Background Document for Seapen and Burrowing megafauna communities. ISBN 978-1-907390-22-7.

Norconsult (2021): Topdalsfjorden: Nåsituasjon for marine natur- og miljøforhold. RIM-01.

SINTEF (2021): Strømsimulering for Topdalsfjorden. 2021:01421.

## 6 Appendix

Utredningens fagrapporter er vedlagt i rekkefølgen:

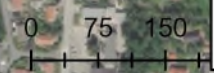
Appendix A: Topdalsfjorden: Nåsituasjon for marine natur- og miljøforhold. RIM-01. Norconsult (2021).

Appendix B: Strømsimulering for Topdalsfjorden. 2021:01421. SINTEF (2021).



### Tegnforklaring

- Ingen prøve/fjell/stein
- Tilstandsklasse 1
- Tilstandsklasse 2
- Tilstandsklasse 3
- Tilstandsklasse 4
- Tilstandsklasse 5





# 2021370

## Vigebukta og Kongsgårdbukta

Kristiansand kommune, Agder

Frode Kvalø



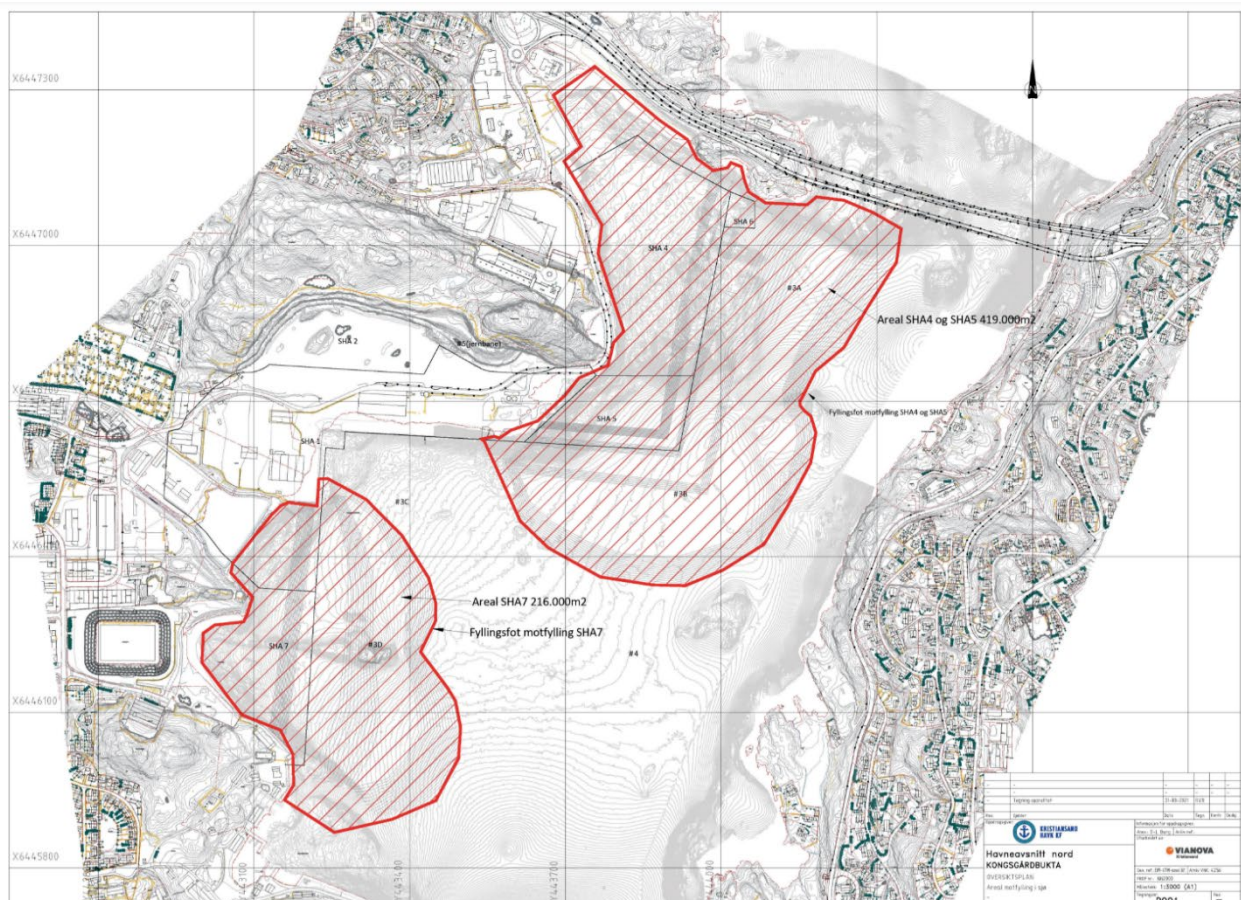
## Innhold

Bakgrunn .....	3
Undersøkelserstrategi og metode .....	4
Gjennomføring i felt .....	4
HMS .....	5
Resultater .....	5
BJARTE.....	6
KJELLØY.....	7
Konklusjon.....	7

Kommune: Kristiansand	Fylke: Agder
Saksnummer: 2021370	Navn: Vige Kongsgårdbukta
Tiltakshaver: Norsk Maritimt Museum	Tidsrom for undersøkelsen: 30.11.- 3.12.2021
Askeladden id. 100468	NMM funnummer: 10010036
Kulturminnetype: Skipsfunn	Prosjektleder: Frode Kvalø
Rapport ved: Frode Kvalø	Kvalitetsikret: Morten Reitan 9.12.2021

## Bakgrunn

Kristiansand Havn planlegger store utfyllinger i Vigebukta og Kongsgårdbukta ved Topdalsfjorden. De har definert to hovedområder, i nord-feltene ved Vigebukta SHA 4 og SHA 5 på til sammen 419 000 m<sup>2</sup> og i syd-feltet SHA7 på 216 000 m<sup>2</sup> i Kongsgårdbukta, se figur 1. Norsk Maritimt Museum (NMM) har registrert i deler av inngrepsområdene tidligere, se sak 1997076, 1999020, 2006201, 2008423, 2009065. I Vigebukta er det gjort en rekke funn, se NMM 10010039 (Askeladden ID 100483), NMM 10010049 (ID 100483), NMM 10010050 (ID100483). Disse er dispensert for i forbindelse med tidligere saker. I Kongsgårdbukta er det registrert fem vrak ved Prestebekken i området SHA7, NMM



Figur 1. Tiltaksområdene.

10010036 (ID 100468). Vernestatusen til disse er uavklart. Enkelte deler av begge hovedområdene er ikke registrert tidligere.

Etter avtale med tiltakshaver og deres representant hos Vianova avtalte vi å avklare vernestatusen til de kjente skipsfunnene og registrere prioriterte deler av de uavklarte områdene.

## Undersøkellesstrategi og metode

Etter en gjennomgang av arkivmaterialet og kjente sjøbunnsdata ble områdene SHA4 og SHA5 vurdert for å ha lavere potensial for nye funn enn SHA7. Vi valgte derfor å fokusere på området rundt de kjente vrakene ved utløpet av Prestebekken. Feltprosjektet ble derfor noe redusert i forhold til budsjetteringen. Undersøkelsen ble lagt opp i to faser. Først fase var å dekke aktuelle områder med sidesøkende sonar for å påvise eventuelle ukjente skipsfunn. Neste fase var å dykke på eventuelle anomalier, samt avklare de kjente skipsfunnene.

## Gjennomføring i felt

Til fase 1 ble det brukt en sidesøkende sonar av typen Deepvision Deepeye 340/680 KHz towfish. Sonaren kartlegger mikrotopografi og styrken på refleksjonene. Den er ikke bunnpenetrerende. Sonarfisken er operativ på inntil 100 meter vanddyb og kan søke opptil 100 meter til hver side med høy oppløsning og 200 meter til hver side på lavere oppløsning. I dette søket ble sonaren kjørt fra en åpen båt av typen Pioneer Multi med 100 meter kabel. Denne konfigurasjonen av utstyret gir et effektivt søk ned til 80 m vanddyb. Posisjonering ble gjort med en GPS for pc. Ettersom sonarfisken slepes etter båten må posisjonen for denne bestemmes i forhold til båten der GPSen registrerer posisjonen. Korreksjon i bredde og lengde mellom GPS-antennen og sonarfisken ble lagt inn i sonarprogrammet DeepView for å justere sonogrammet. Dette gir en viss økning i usikkerhet for posisjoneringen av objekter på sjøbunnen, men på dybder ned til 40 meter er dette ikke signifikant.

I fase 2 bestod dykkelaget av Kenneth Ødegaard, Jørgen Johannessen, Morten Reitan og Frode Kvalø. Det ble gjennomført 8 dykk, tabell 1. Alle dykkene ble utført med overflateforsynt luft og kommunikasjon. Maksimal dykkedybde ble satt til 30 m. Fire dykk ble utført som søk over større områder og fire dykk ble brukt på å dokumentere de kjente skipsfunnene.

Tabell 1. Dykketid i minutter.

Dykker	Kenneth Ødegaard	Jørgen Johannessen	Morten Reitan	Frode Kvalø
30.11	49	37	46	49
2.12	34	31	39	34



## HMS

Registreringen ble for gjennomført med bemanning og utstyr i henhold til gjeldende lowerk og NMMS HMS-prosedyrer. Sikker jobbanalyse og nødplakat ble gjennomgått hver dag. Alle deltakerne var sertifisert for sine oppgaver. Båten var utstyrt med kartplotter, side søkende sonar, kommunikasjon og nødpeilesender. Ingen uønskede hendelser oppstod.

## Resultater



Figur 2. Mosaikk av sidesøkende sonarfiler. NMM.

Sonardataene viste en del moderne skrap, men svært få interessante anomalier. Dette ble bekreftet med dykkere. Informasjon fra Agder Marine AS forklarte dette ved at deler av området er miljømudret i 2012 da 5000 m<sup>3</sup> masse ble fjernet i Kongsgårdbukta. Denne saken er ikke registrert hos oss.

I 1998 observerte NMM tre lektere og to fartøy utenfor munning av Prestbekken i Kongsgårdbukta. Nå er disse lekterne borte. Historiske bilder i Norgebilder.no viser at området hvor lekterne lå ble fylt ut rundt 2008. Om de ble hevet eller overfylt er uklart. De to større fartøyene ligger fortsatt samme sted. De er nå identifisert som taubåten BJARTE og tråleren KJELLØY. Begge fartøyene skulle skrapes av det lokale selskapet Sjuve Ship Gjenvinningsindustri, som nå er avviklet. De var fortøyd sammen og sank samme natt i november 1995. Begge skipene var gjort klare for å skrapes, figur 3

## BJARTE

Innerst mot odden ligger slepebåten BJARTE på babord side med baugen fra land. Navnet er fortsatt leselig på baugen, figur 4. Skroget er ca. 28 m langt. Dybden er fra 2 til 10 m.

BJARTE var bygget i 1964 ved Schulte & Bruns i Emden, Tyskland, som bygnummer 237. Skroget var isforsterket og klassifisert for offshore. Første eier var bergingskompaniet A/S Em. Z. Svitzers Bjergnings-Enterprise i København. Tjue år senere selges skipet til Brødrene Sørensen AS i Porsgrunn. De dømte skipet FINDAL. I 1986 ble skipet solgt til Bukser og Bjergning A/S i Porsgrunn, figur 5. Der blir skipet omdøpt til BJARTE. Antagelig ble skipet solgt rundt 1995 til Kristiansand for opphugging.



Figur 4. Navnet på taubåten.



Figur 3. Demontert køye på BJARTE. NMM.



Figur 5. Rederimerket er delvis synlig på skorsteinen. NMM.

## KJELLØY

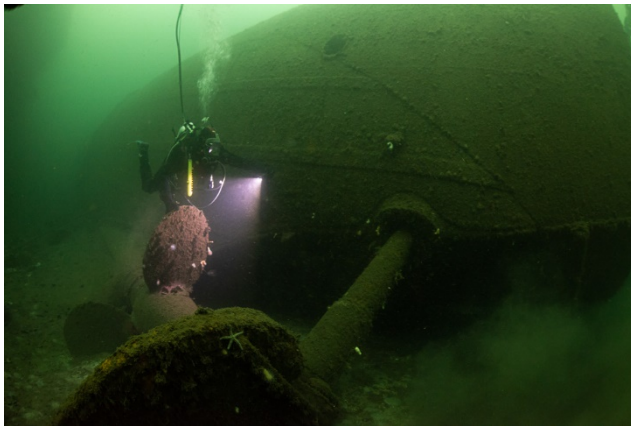
Langsmed BJARTE ligger tråleren KJELLØY på babord side med baugen mot land, figur 7. Steiner på vraket indikerer at det lå der før fyllingen på land ble utvidet. Dybde fra 5 til 18 m. Lengden på vraket er ca. 40 m. Lite er kjent av historien til KJELLØY. Vraket har klinket stålskrog. Sveising av stålskrog blir mer og mer vanlig i mellomkrigstiden, men klinking av skrog fortsetter frem mot 1960. Det er lite sannsynlig at KJELLØY er bygget etter 1960. Skroget har trålerhekk og dobbelt sett propeller og ror. Dette indikerer at KJELLØY nok er bygget i tiden rundt 2. verdenskrig, figur 6 og 8.



Figur 7. Navnet på baugen.



Figur 6. Trålerhekk til KJELLØY. NMM.



Figur 8. Styrbord ror og propell, KJELLØY. NMM.

## Konklusjon

Det er ikke påvist kulturminner innen tiltaksområdene SHA 4, 5, og 7, som er automatisk vernet eller fredet i henhold til kulturminneloven.

De to større fartøyene BJARTE og KJELLØY var forberedt til skraping før de sank. Deres konstruksjon eller historie fremstår heller ikke som spesielle. Vi anser derfor verneverdien som lav.

Opplevelsesverdien for sportsdykkere er imidlertid stor og tilgjengeligheten er usedvanlig god, også for sportsdykkere med liten erfaring. Sportsdykkeroperatører, som One Ocean Dive Resort i Søgne, bruker disse vrakene som turistmål. Om det er forenlig med de planlagte tiltakene bør ivaretagelse av opplevelsesverdien bli forsøkt sikret.