

2021:01421 - Åpen

Rapport

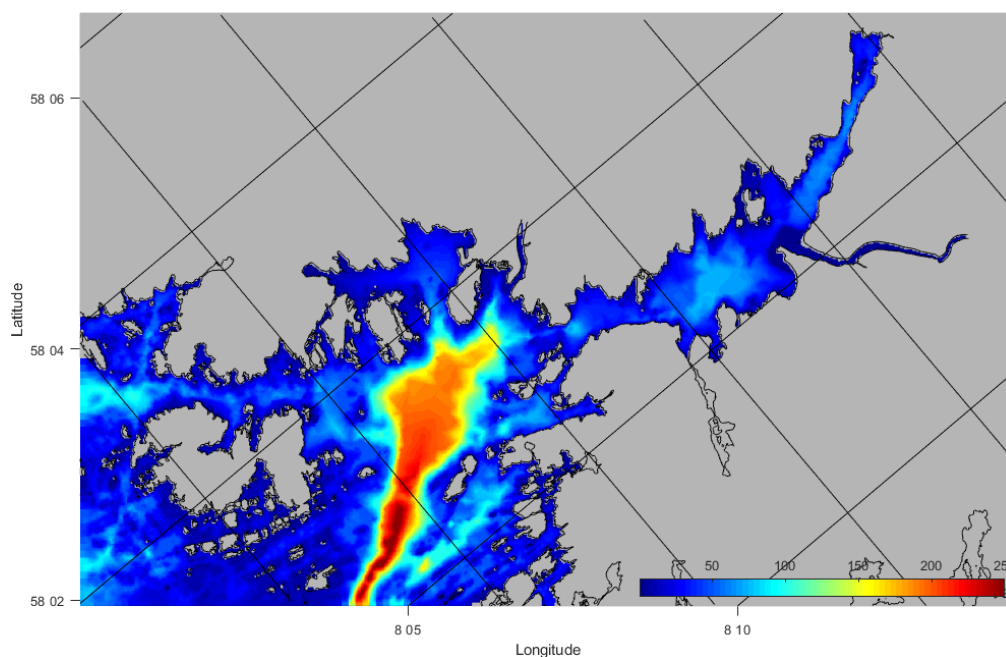
Strømsimulering for Topdalsfjorden

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

SINTEF Ocean AS

Postadresse:
Postboks 4762 Torgarden
7465 Trondheim

Sentralbord: 46415000

Foretaksregister:
NO 937 357 370 MVA

Rapport

Strømsimulering for Topdalsfjorden

Med fokus på endringer i strømforhold og saltholdighet i forbindelse med utbygging av kai

RAPPORTNR	PROSJEKTNR	VERSJON	DATO
2021:01421	302006191	1	2021-12-20

FORFATTER(E)
Øyvind Knutsen
Stig Bjørnløv Dalsøren

OPPDRAGSGIVER(E)
Kristiansand Kommune

OPPDRAGSGIVERS REF.
Jan Erik Lindjord

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
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



Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1	2021-12-20	

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	4
2	Metoder.....	4
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
3	Resultater	9
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
4	Diskusjon	50
5	Referanser.....	52
A	Appendiks	53
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

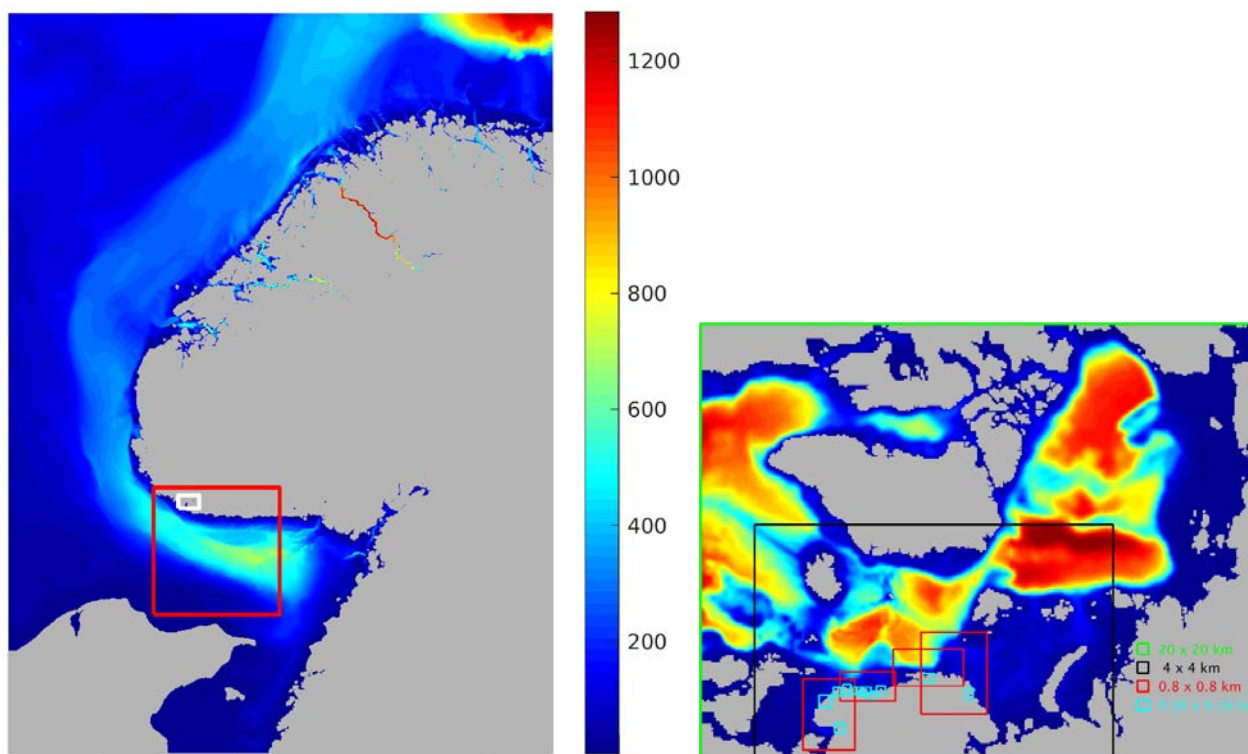
2.1 Havmodell

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 (Uglen 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 Nordatlanten 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 (MetCoOp1km¹, 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 ECMWF².

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/>

¹ <https://api.met.no/doc/locationforecast/datamodel>

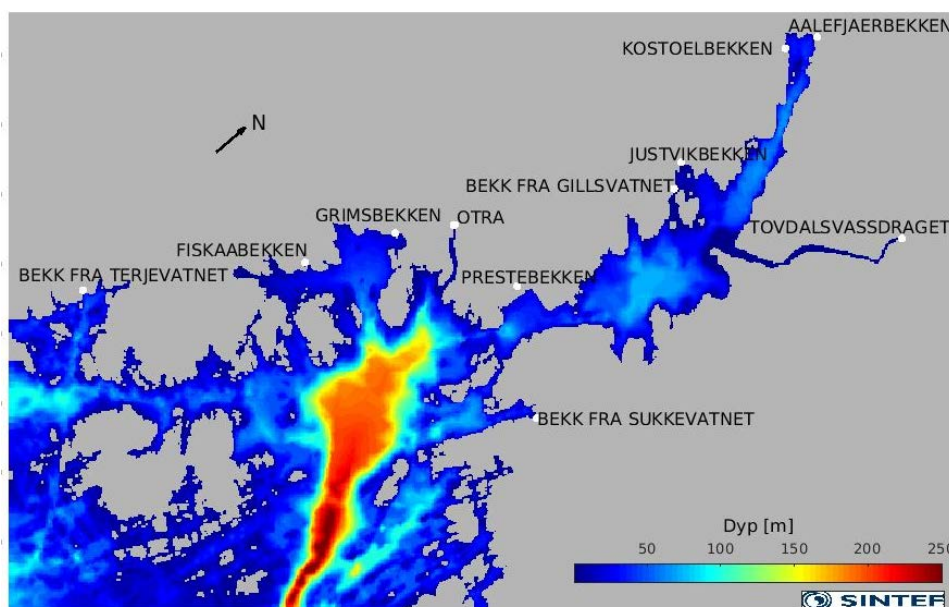
² European Centre for Medium range Weather Forecasts, Reading, England.

2.3.3 Ferskvann

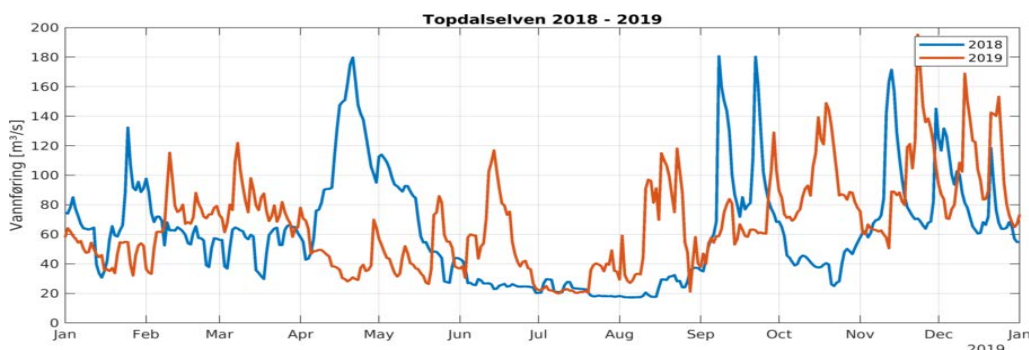
Ferskvann i modellen kommer fra NVE, og er basert på deres modeller. Oppsplitting av NVEs vassdragsområder til individuelle elver er basert på statistiske sammenhenger for distribusjon av nedbør. Det er 11 elver/bekker som kommer ut i modellområdet, og de er listet opp i tabellen under og vist i Figur 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 m³/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.

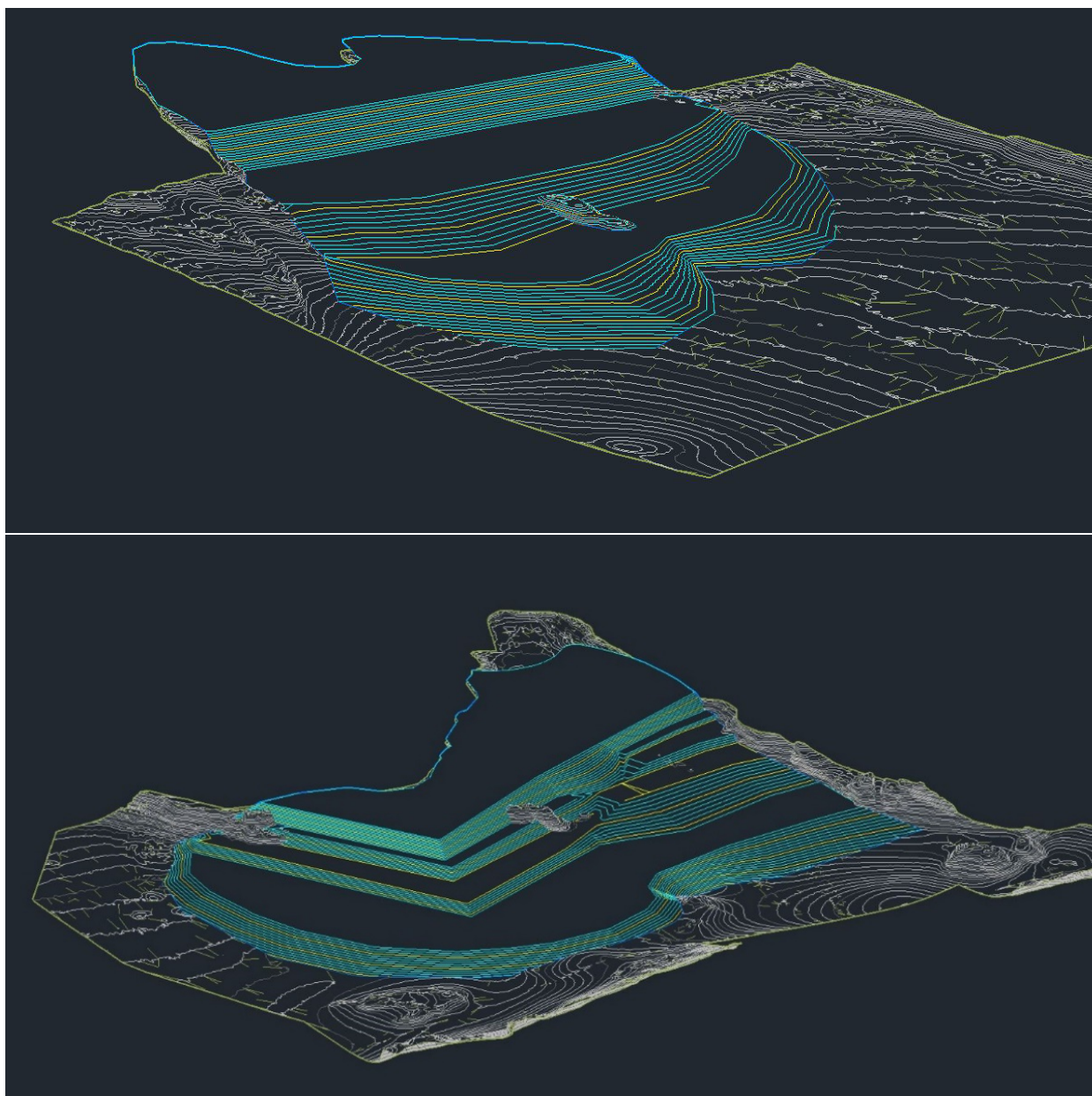
2.3.4 Bunntopografi

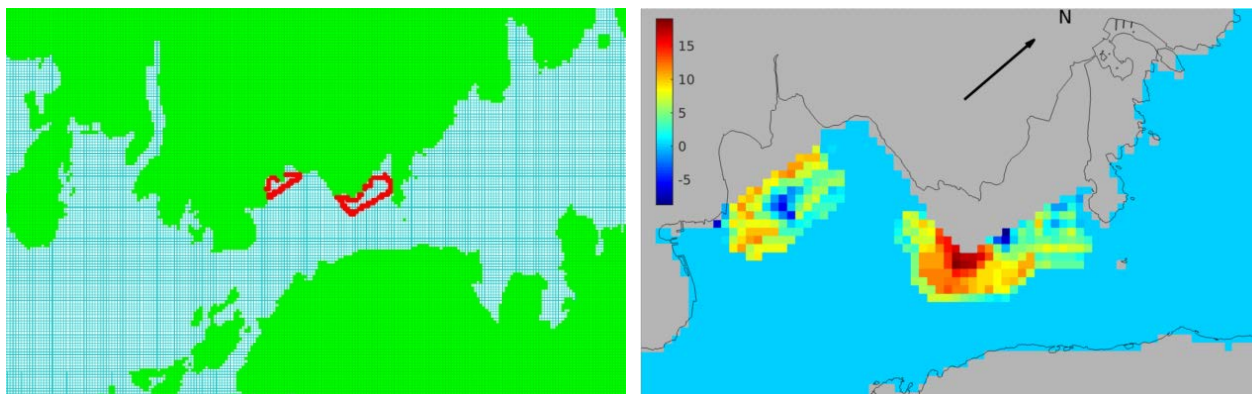
Bunndata som modellen er bygget på er fra Statens kartverk sjø, og er versjonen med 25 m horisontal oppløsning. I området ved utløpet av Topdalselva og litt oppover elven er det brukt høyoppløst data med 1 m horisontal oppløsning. Disse data er skaffet til veie via Norconsult.

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. Elevasjonen 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 støttefylling 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.

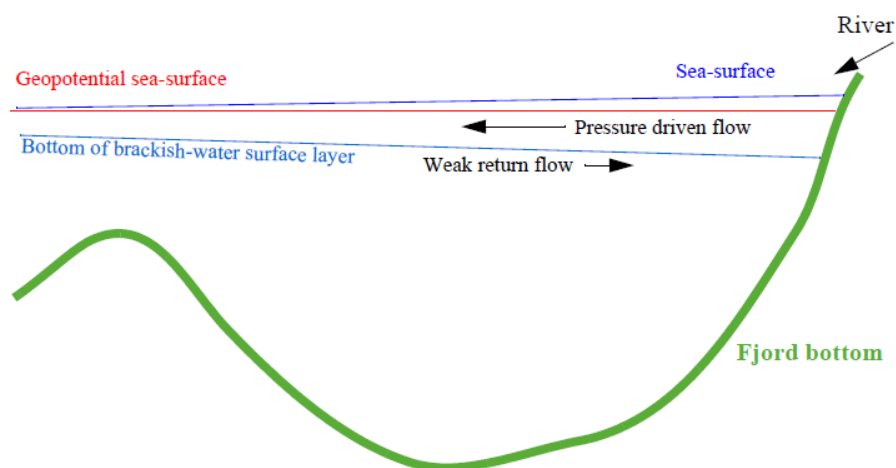
Tabell 3. Oppspinning av modeller, simuleringsperioder og lagring av datasett.

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

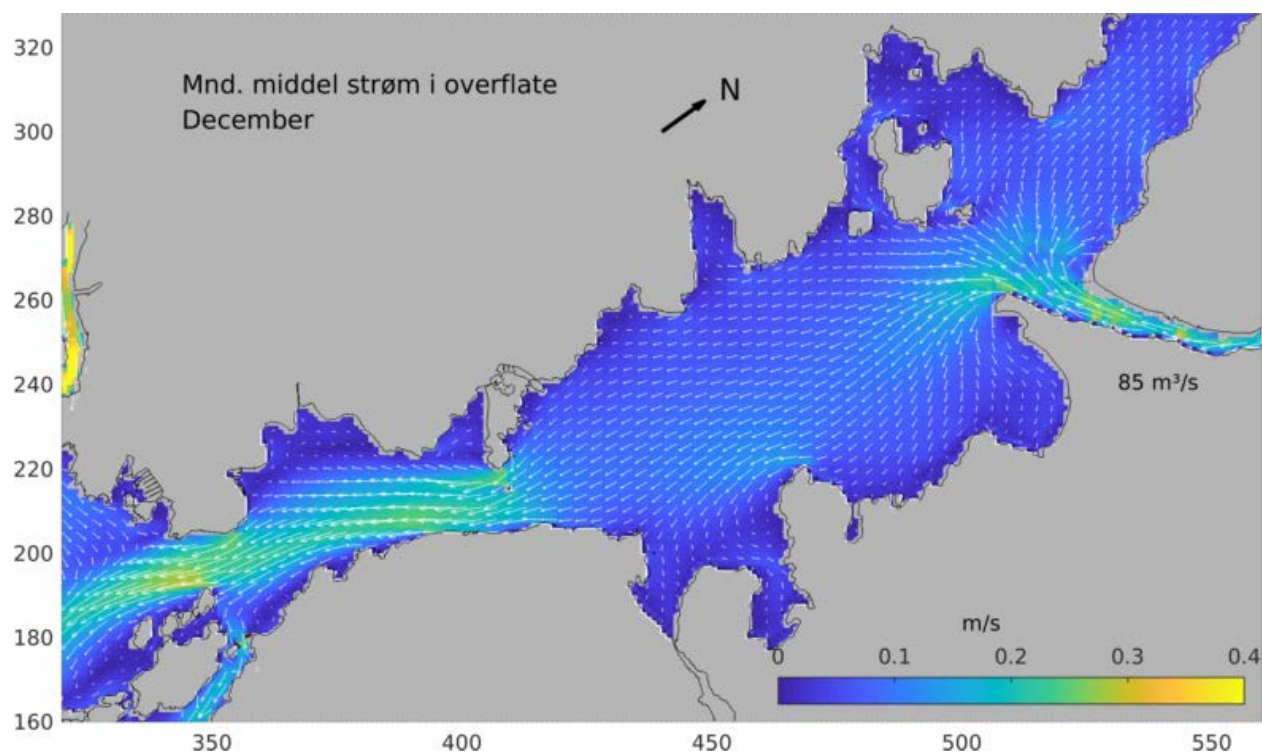
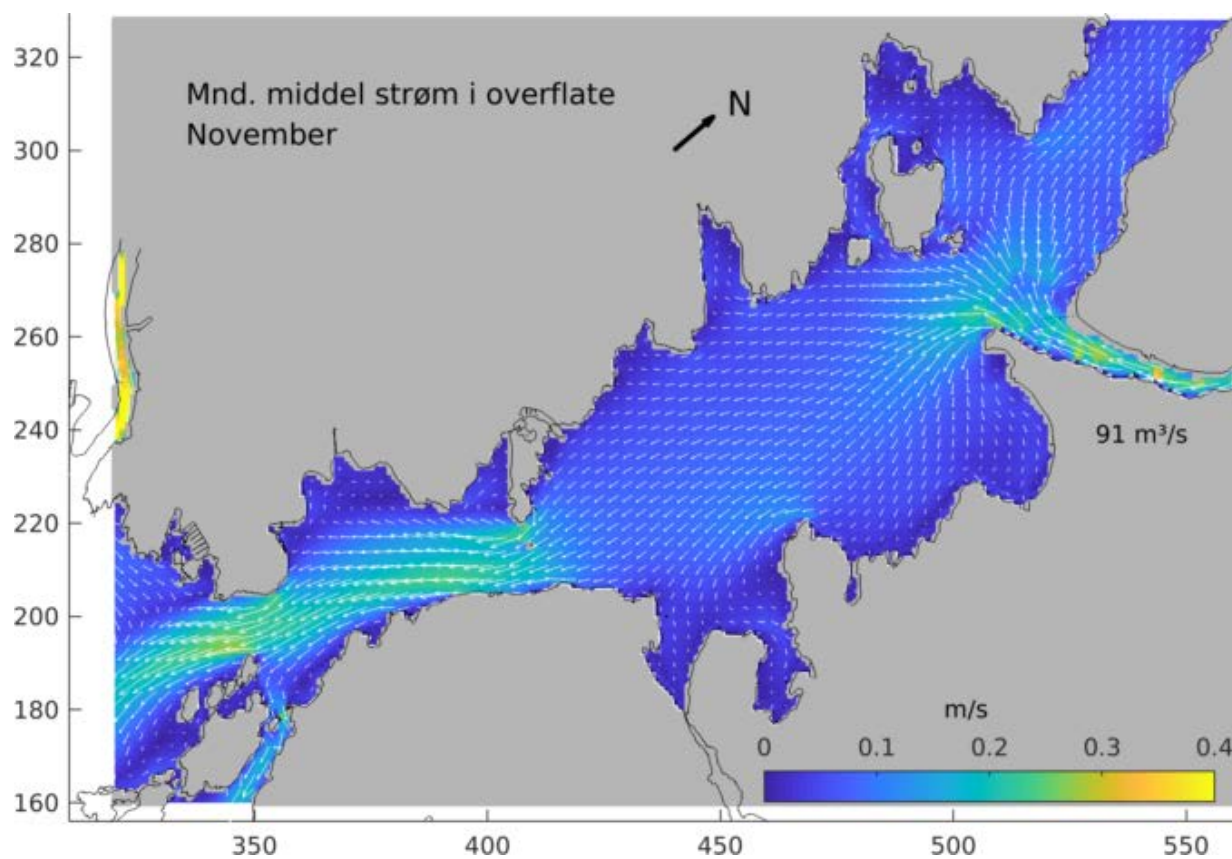
3.1 Generelt strømmønster

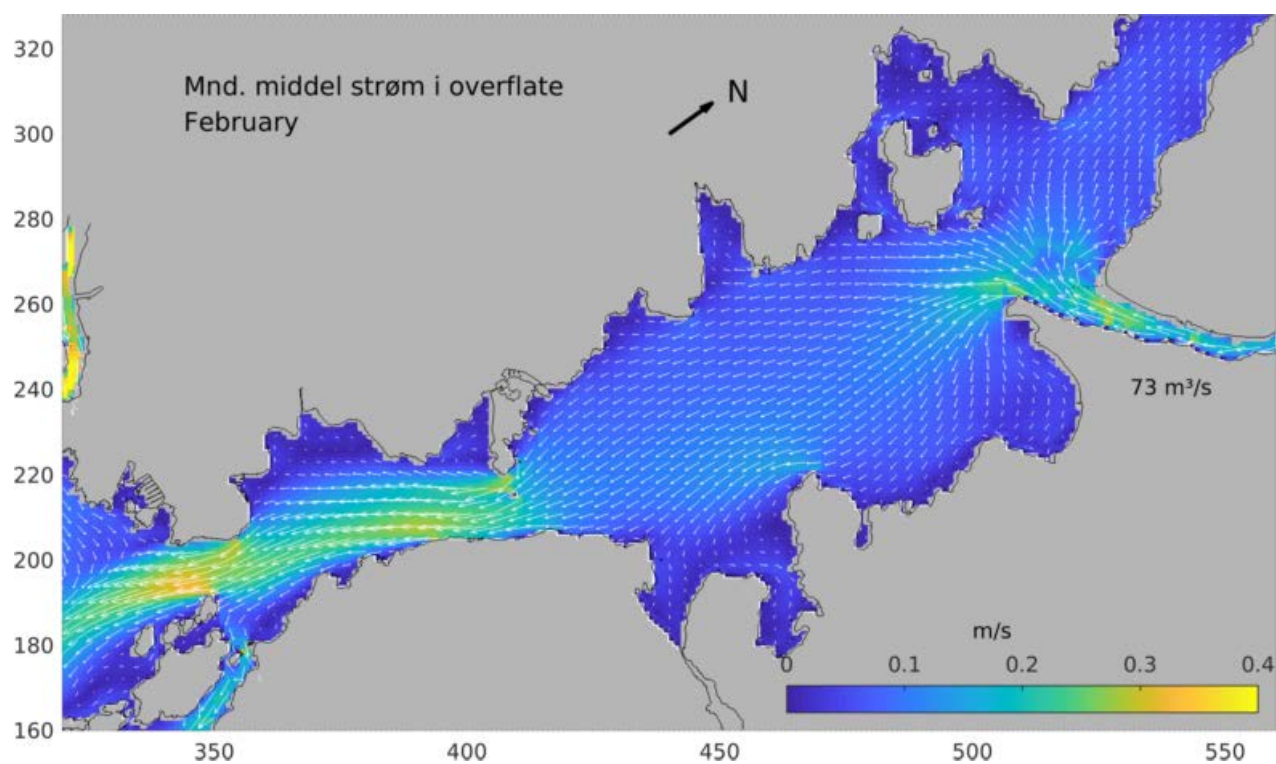
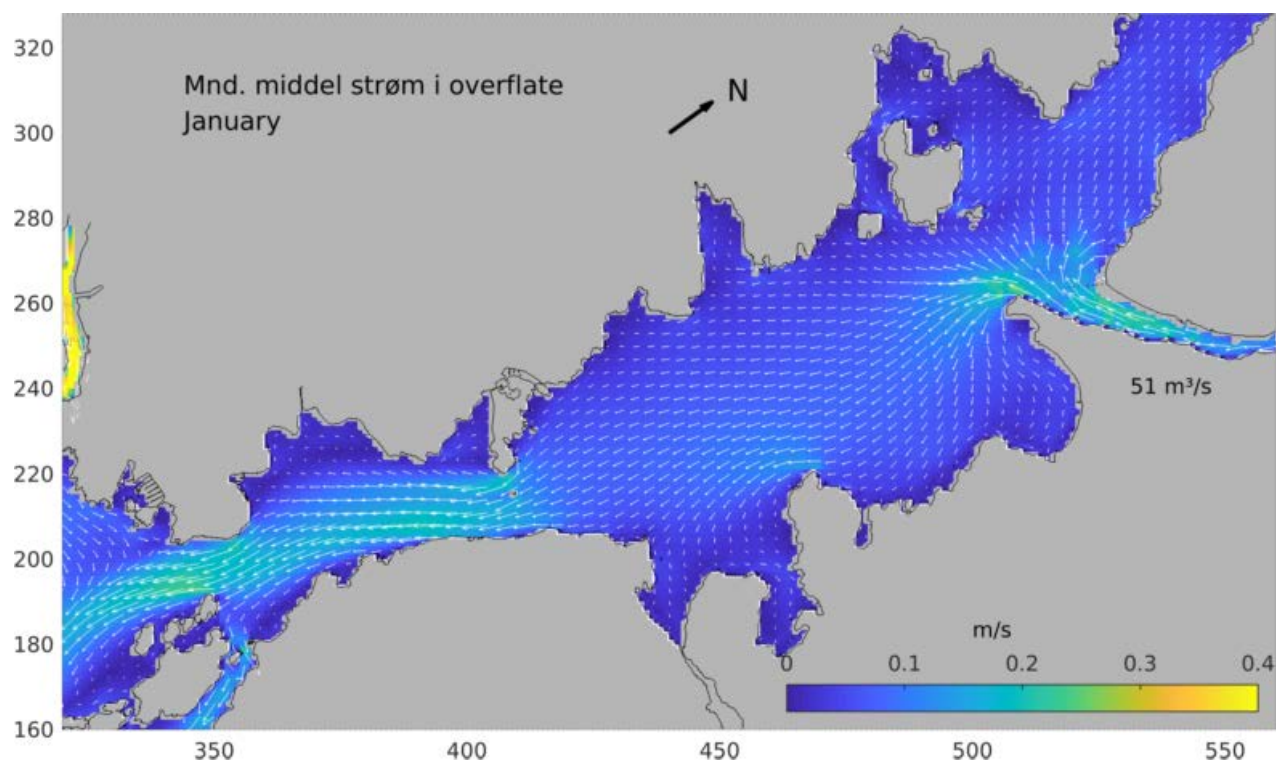
Sirkulasjon i Topdalsfjorden følger det generelle mønsteret for sirkulasjon i fjorder, der det kommer ferskvann ut i sjøen langt inne i fjorden og dette vannet er lettere enn sjøvannet og strømmer dermed ut i overflaten. Under dette laget strømmer det inn en kompensasjonsstrøm med saltare vann. Dette vises i snitt ved Varoddbrua hvor strømfarten viser klart skille mellom de to forskjellige vannmassene.

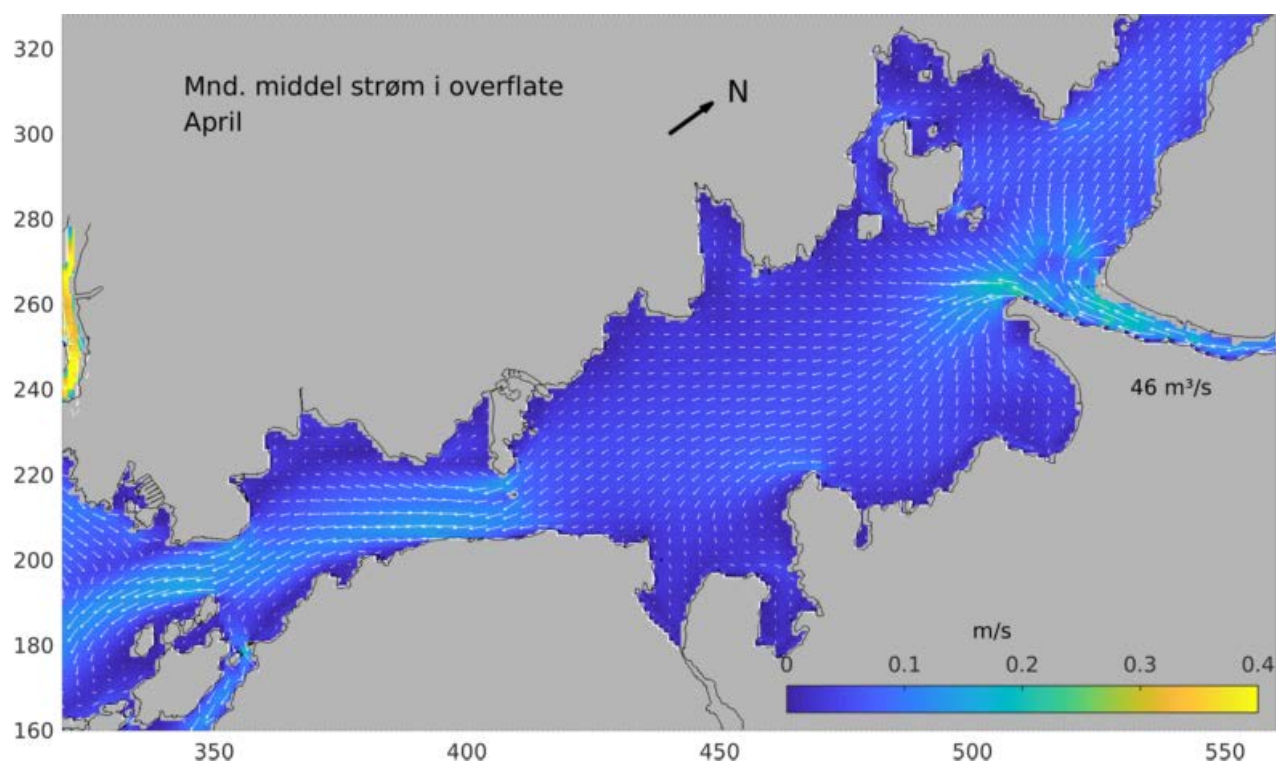
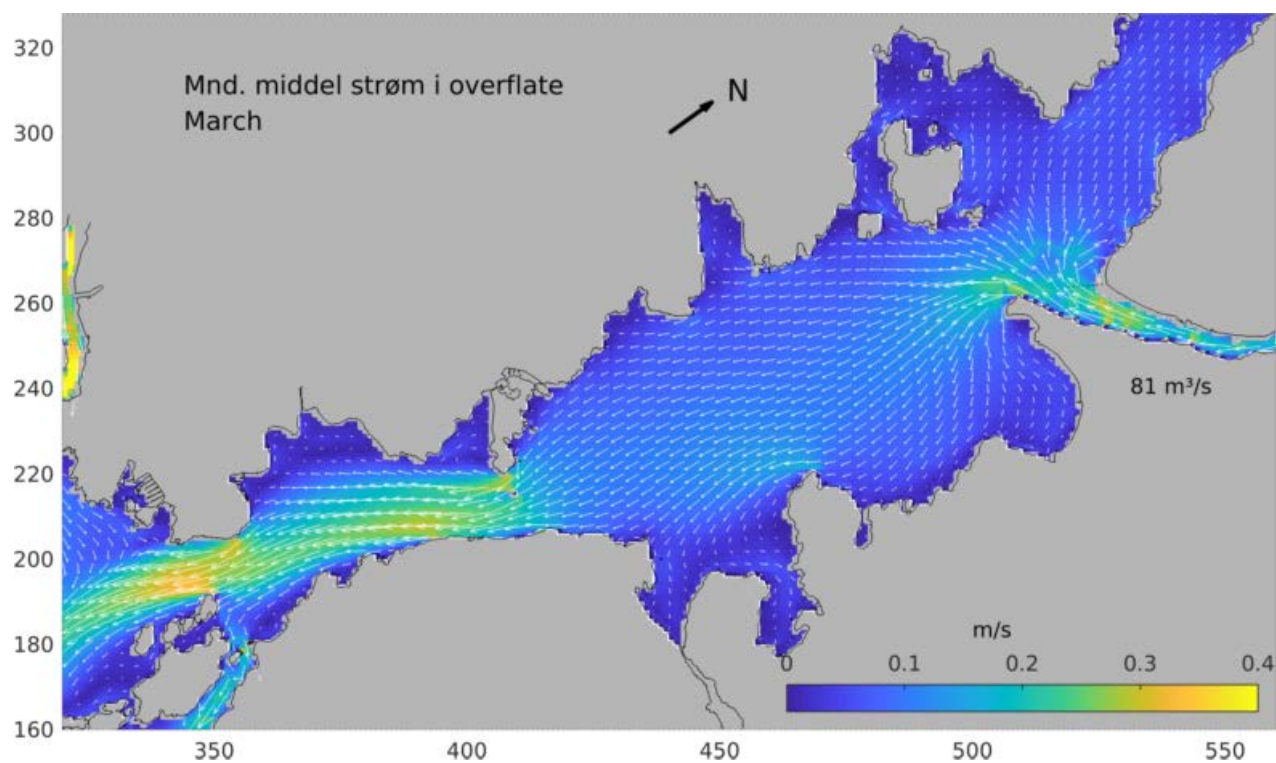


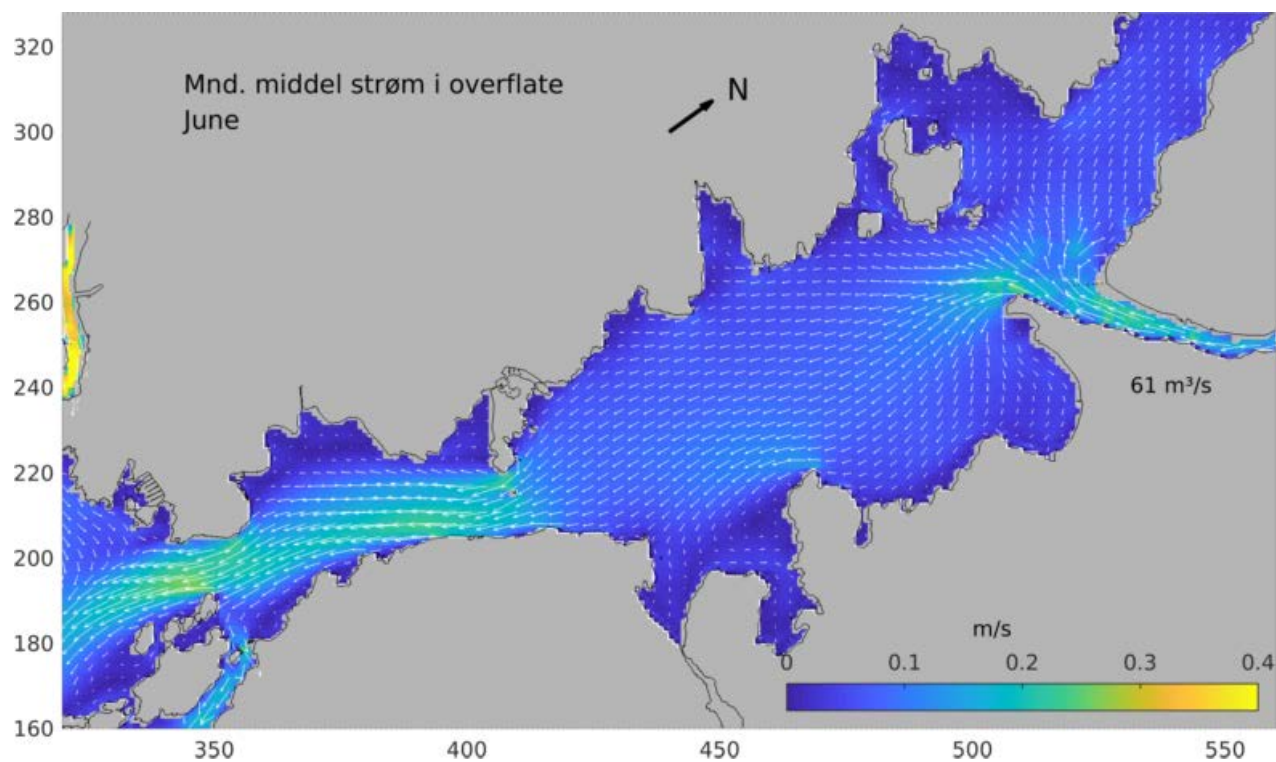
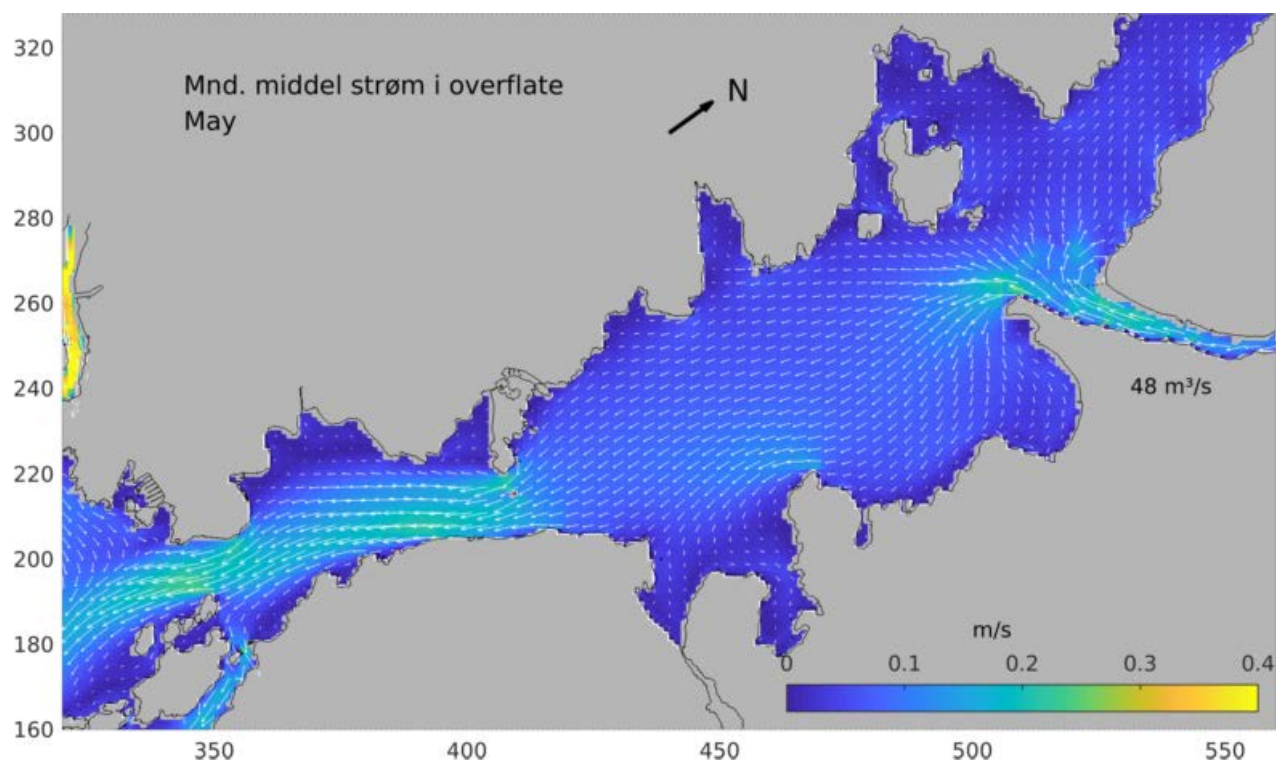
Figur 5. Konseptuell skisse av generell sirkulasjon i en fjord. Denne er hentet fra en presentasjon av Lars Asplin ved Havforskningsinstituttet.

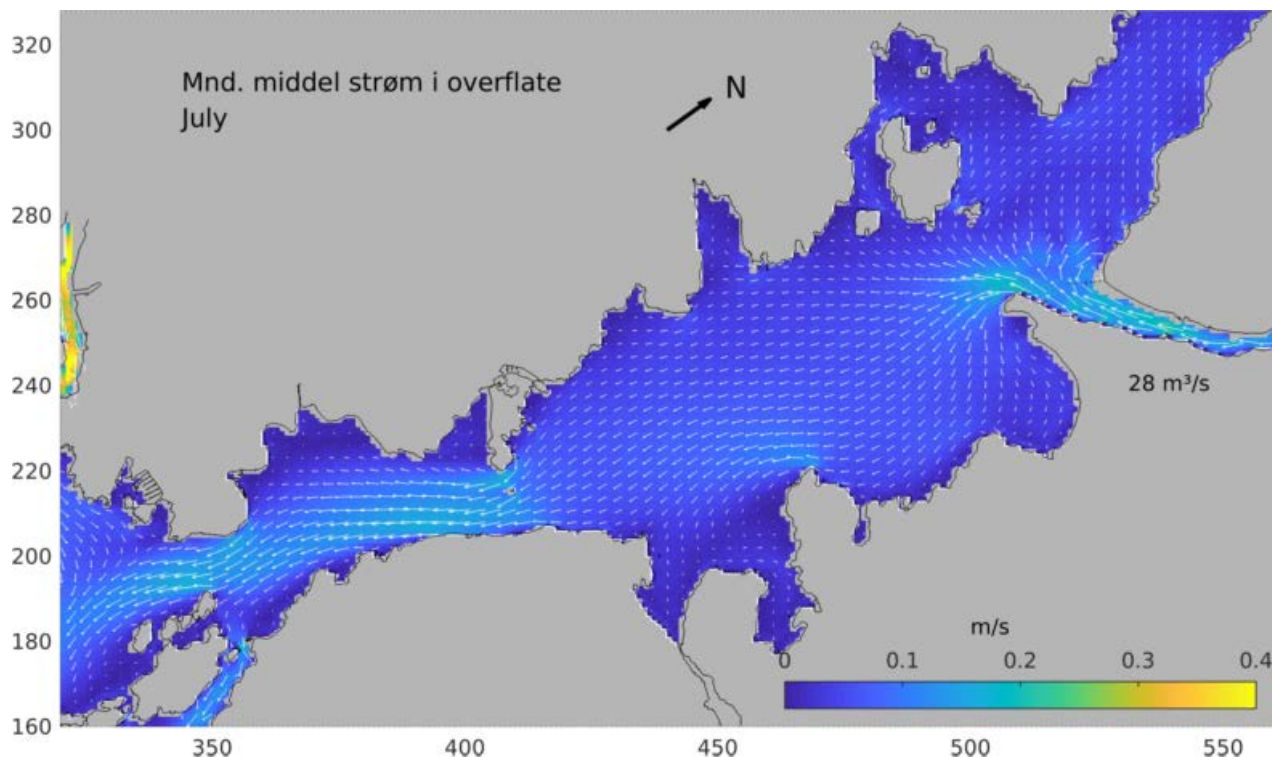
For å videre illustrere sirkulasjon før utbygging, har vi plottet gjennomsnittsstrøm for hver måned av simuleringen for overflaten (0-0.25 m dyp) i Figur 6, og for 25 -30 m dyp (som er like over terskeldypet på 33 m ved Varoddbrua) i Figur 7. Sammen med figurene for volumfluks gir dette et bilde av fjordsirkulasjonen før utbygging.





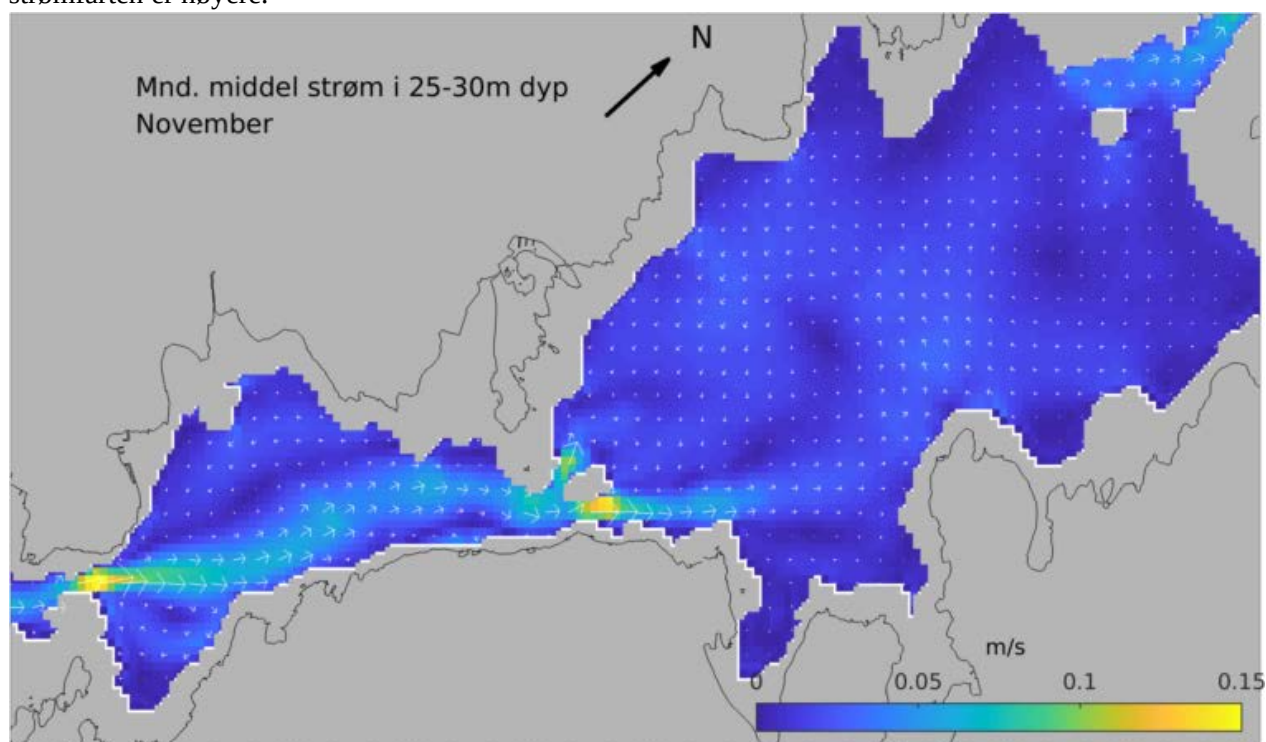


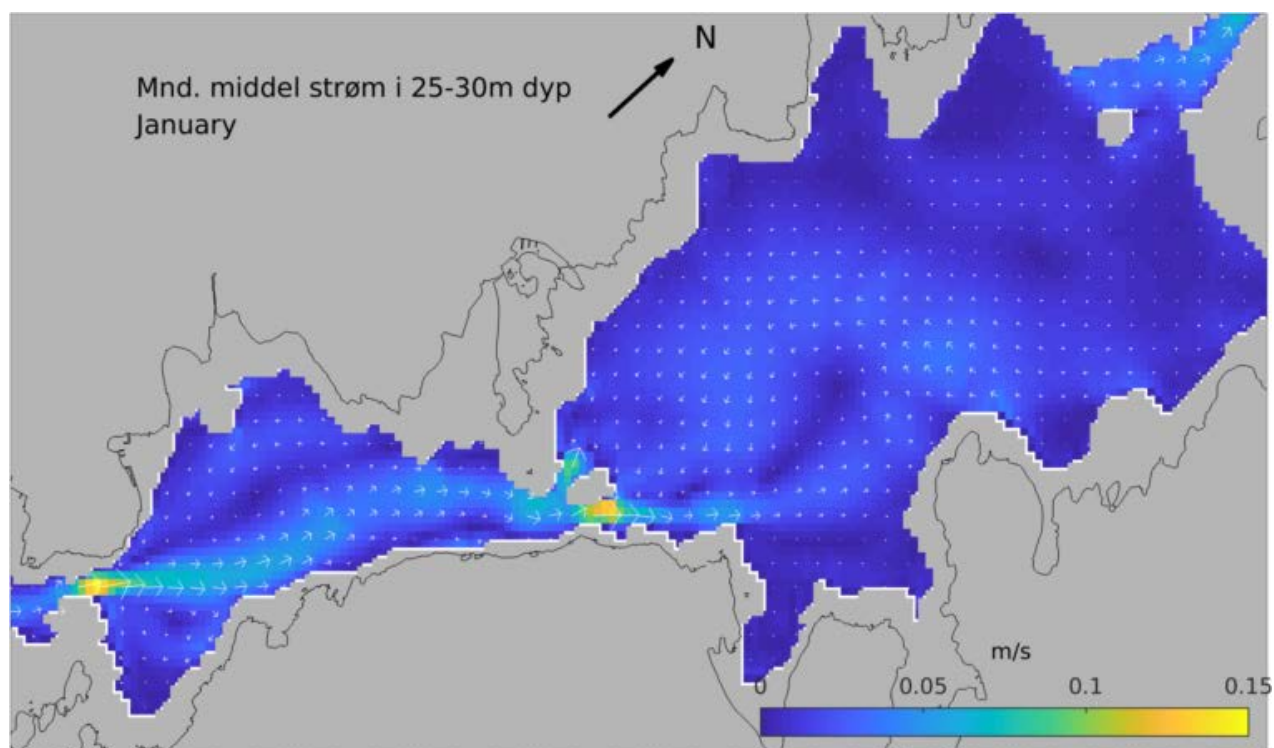
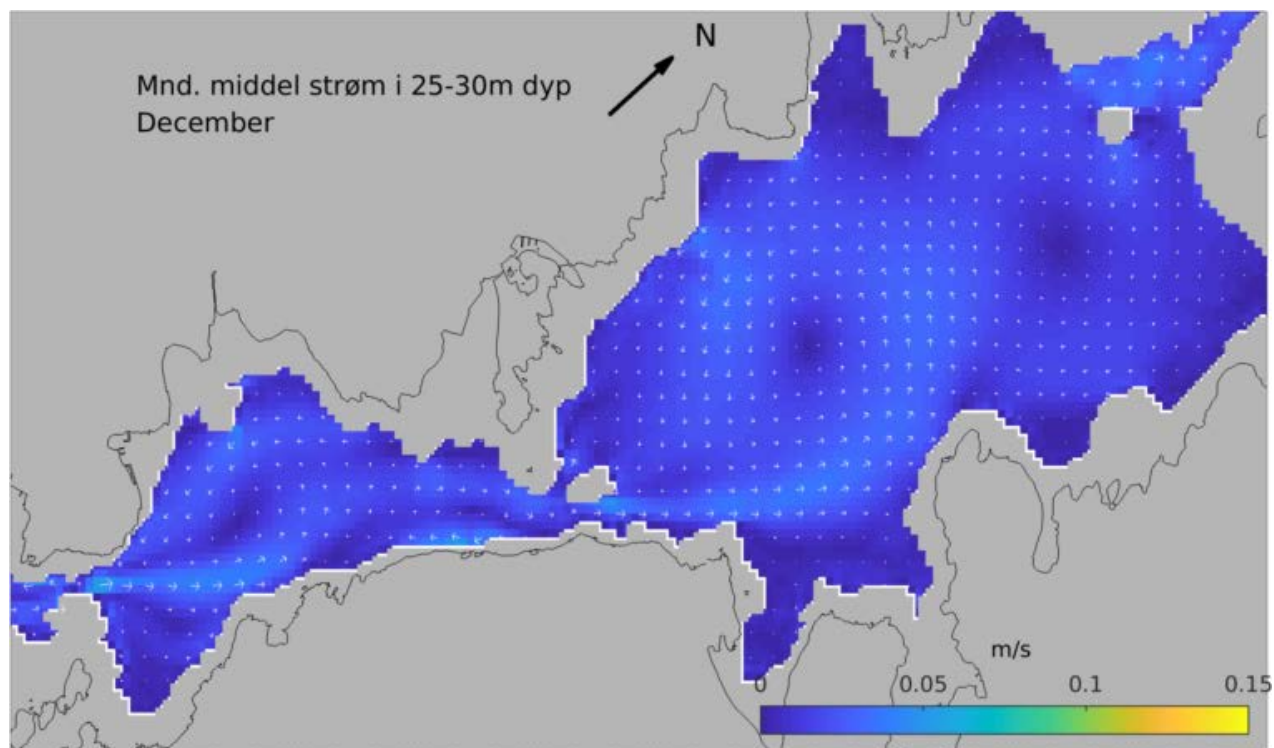


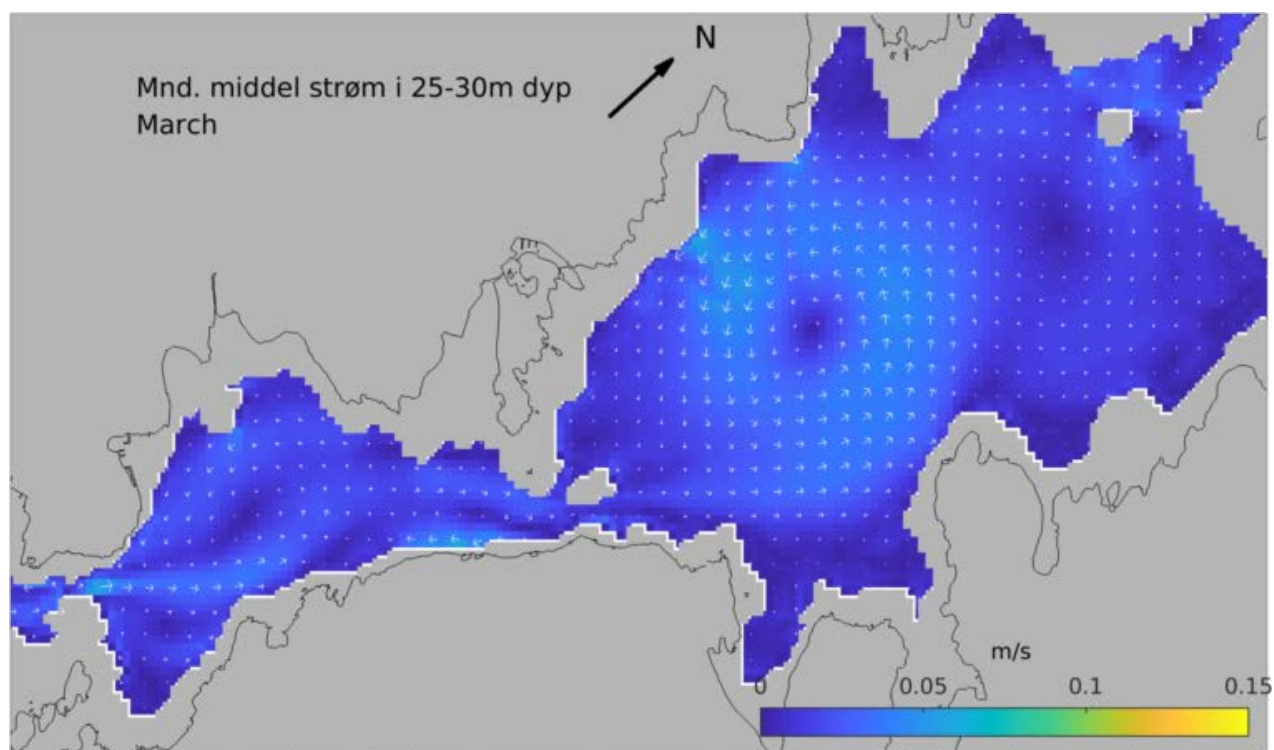
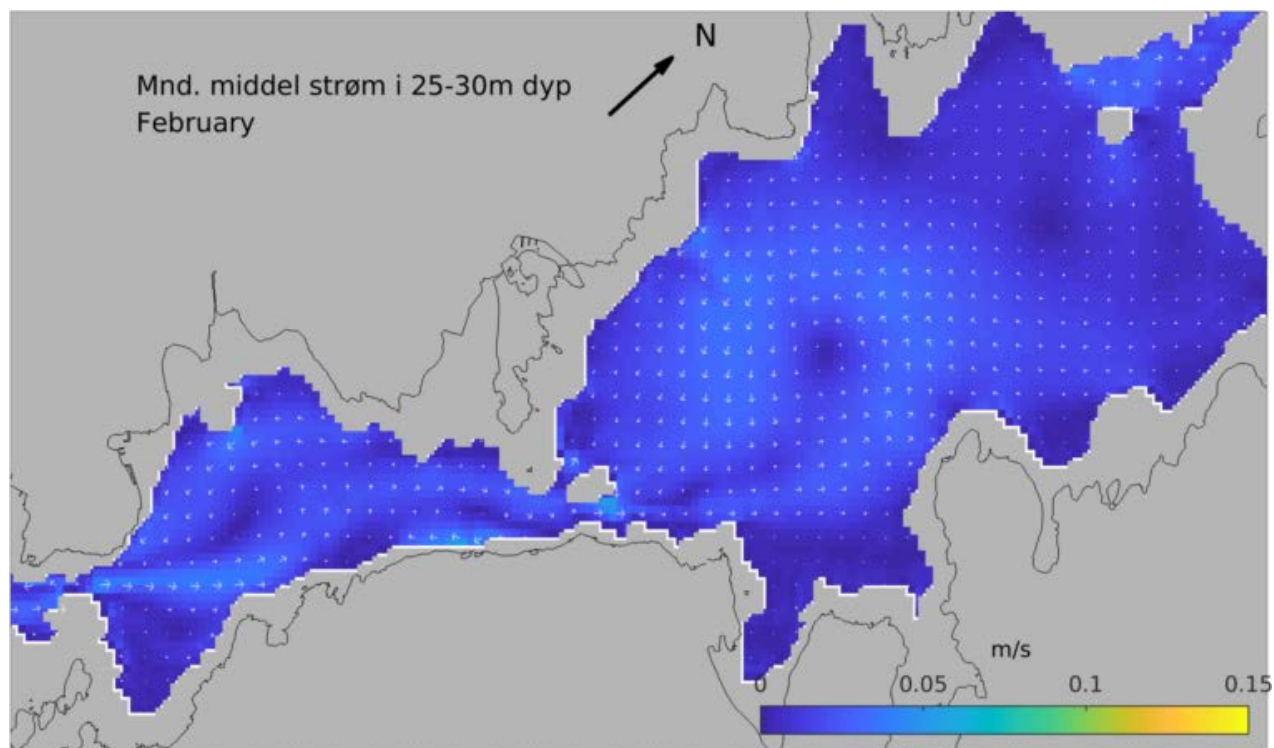


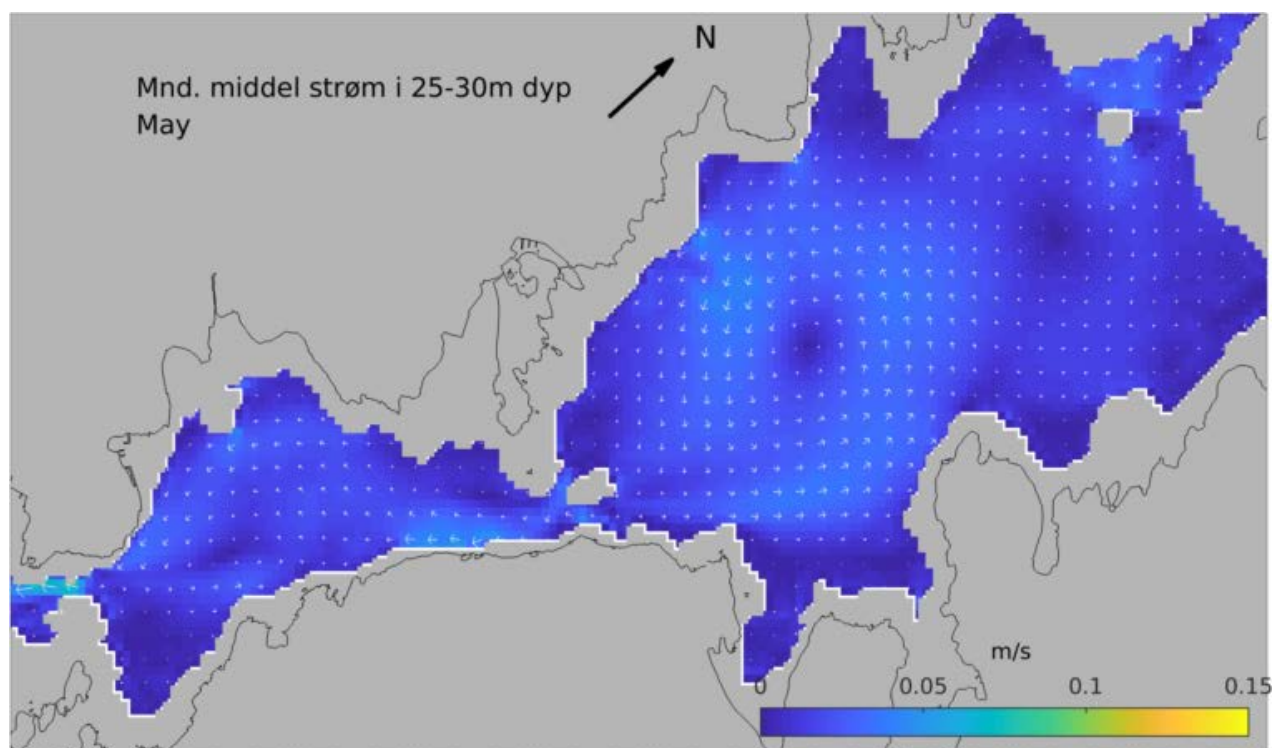
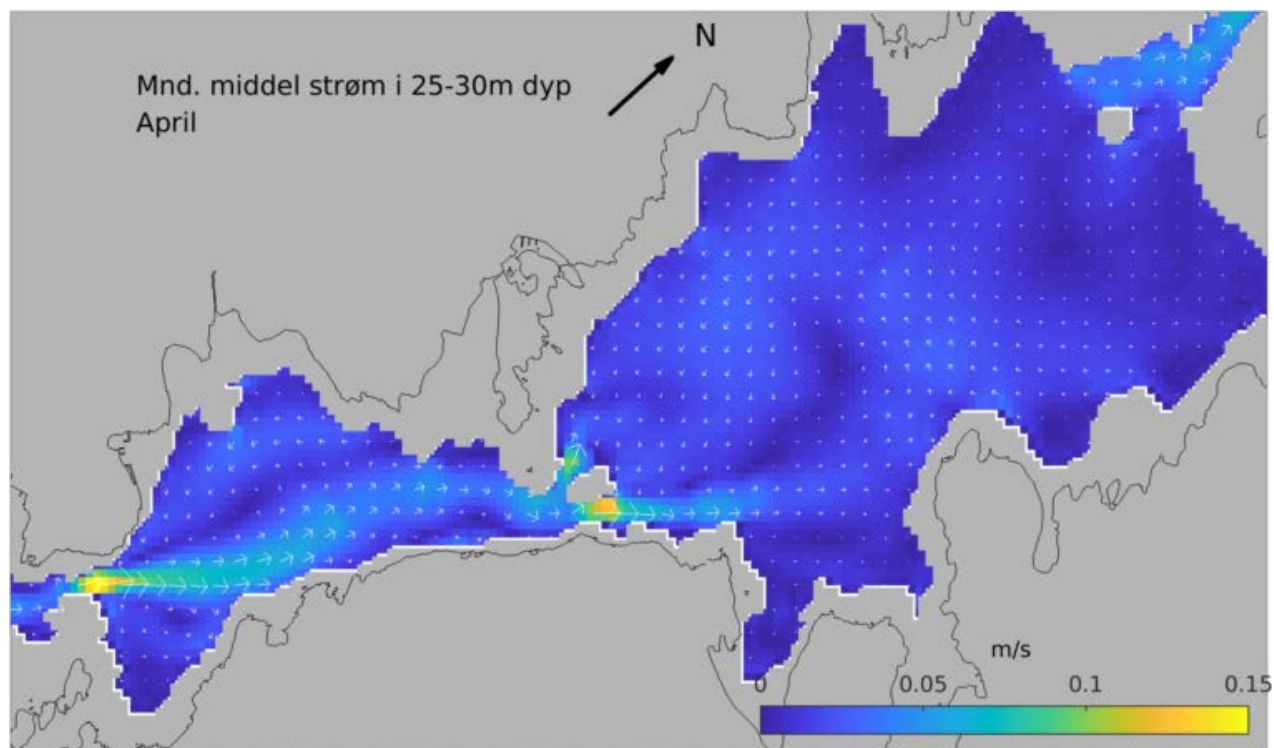
Figur 6. Månedlig gjennomsnitt for strøm i overflaten for november 2018 til juli 2019 før utbygging av kai. Fargeskalaen viser strømfart i m/s. Hver 3. strømpil er plottet. Tallet nær Topdalselva er gjennomsnittlig vannføring for den måneden.

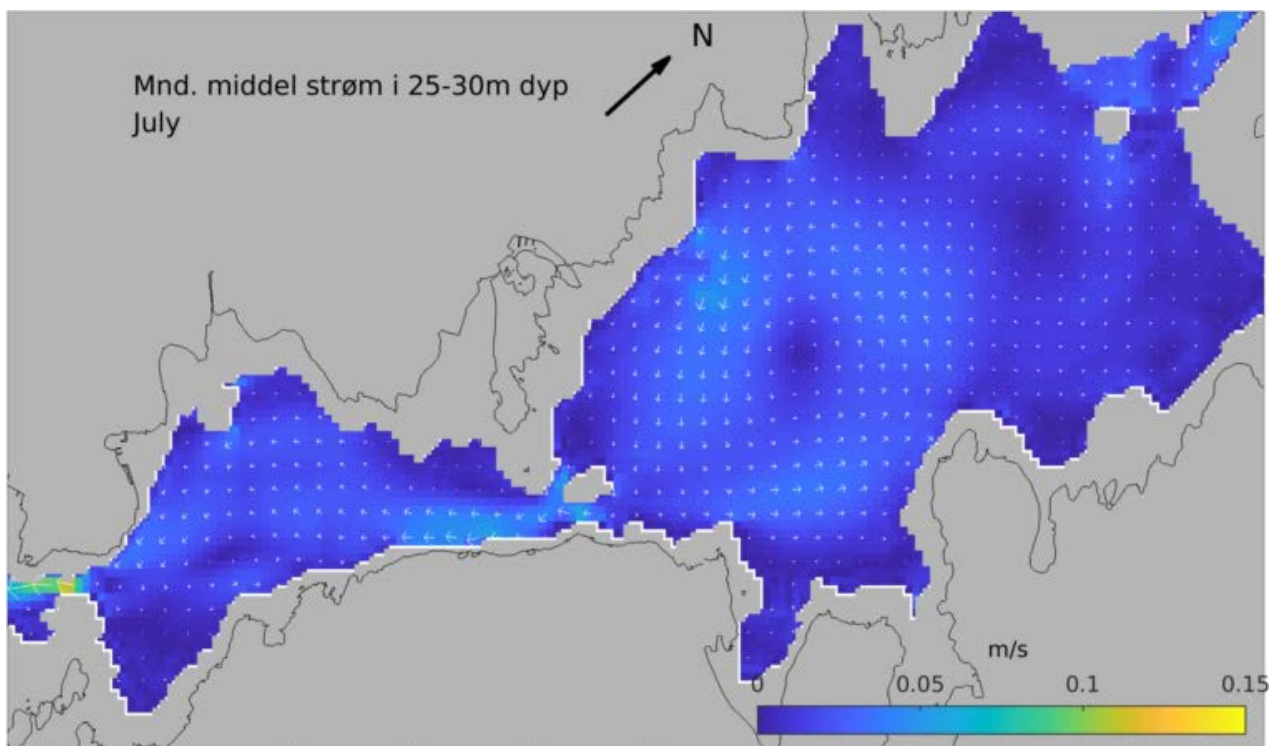
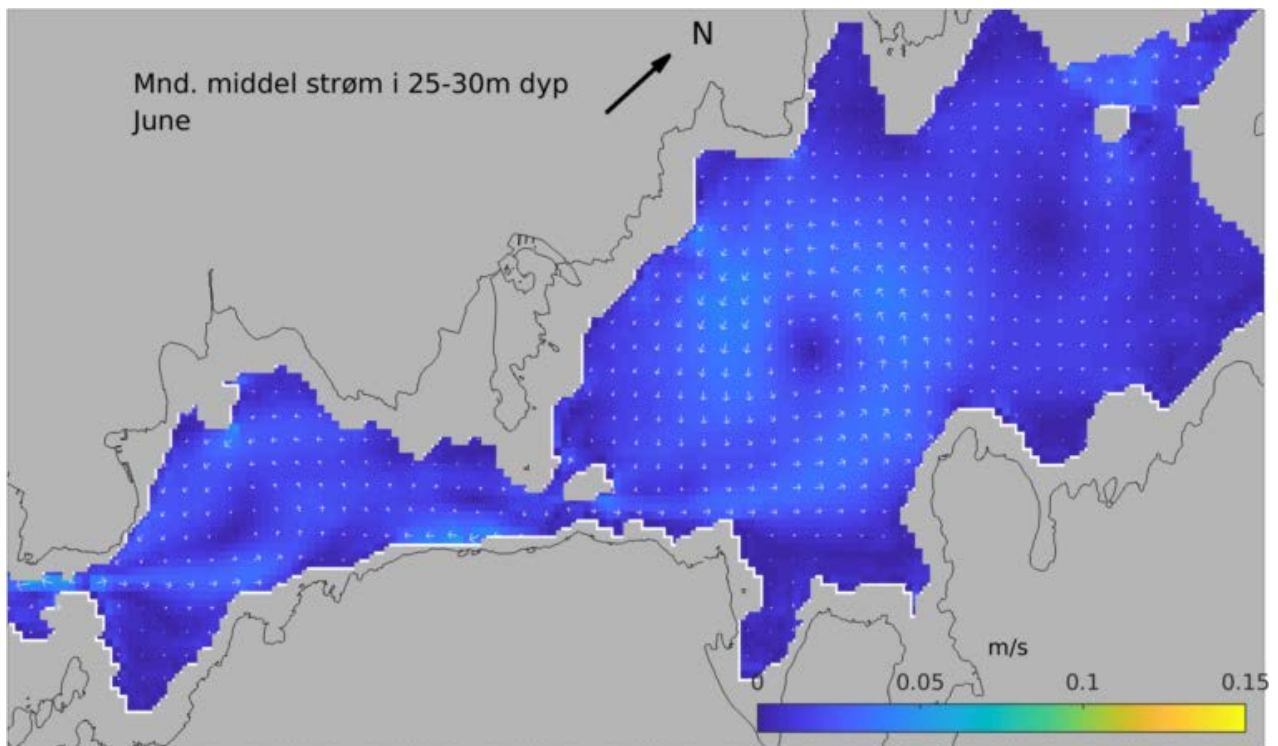
Under er det plottet strøm fra 25-30 m dyp, som generelt går innover i fjorden. Kartutsnittet er litt mindre enn for Figur 6 for å få frem litt mer detaljer. Fargeskalaene er også endret med samme begrunnelse. Tersklene ved Gleodden og Varoddbrua er de smale partiene henholdsvis til venstre og nær midten, hvor strømfarten er høyere.









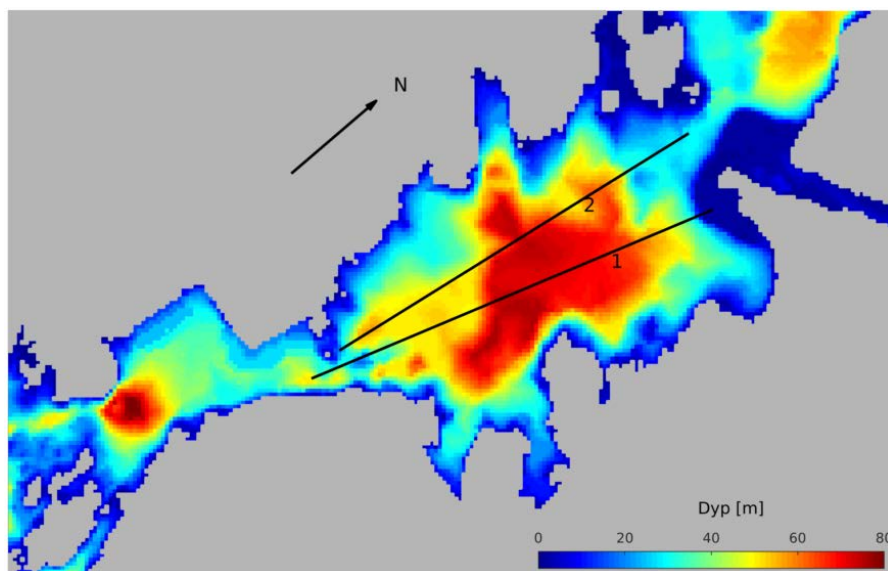


Figur 7. Månedlig gjennomsnitt av strøm i overflaten for november 2018 til juli 2019 før utbygging av kai. Fargeskalaen viser strømfart i m/s. Hver 3. strømpil er plottet.

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.

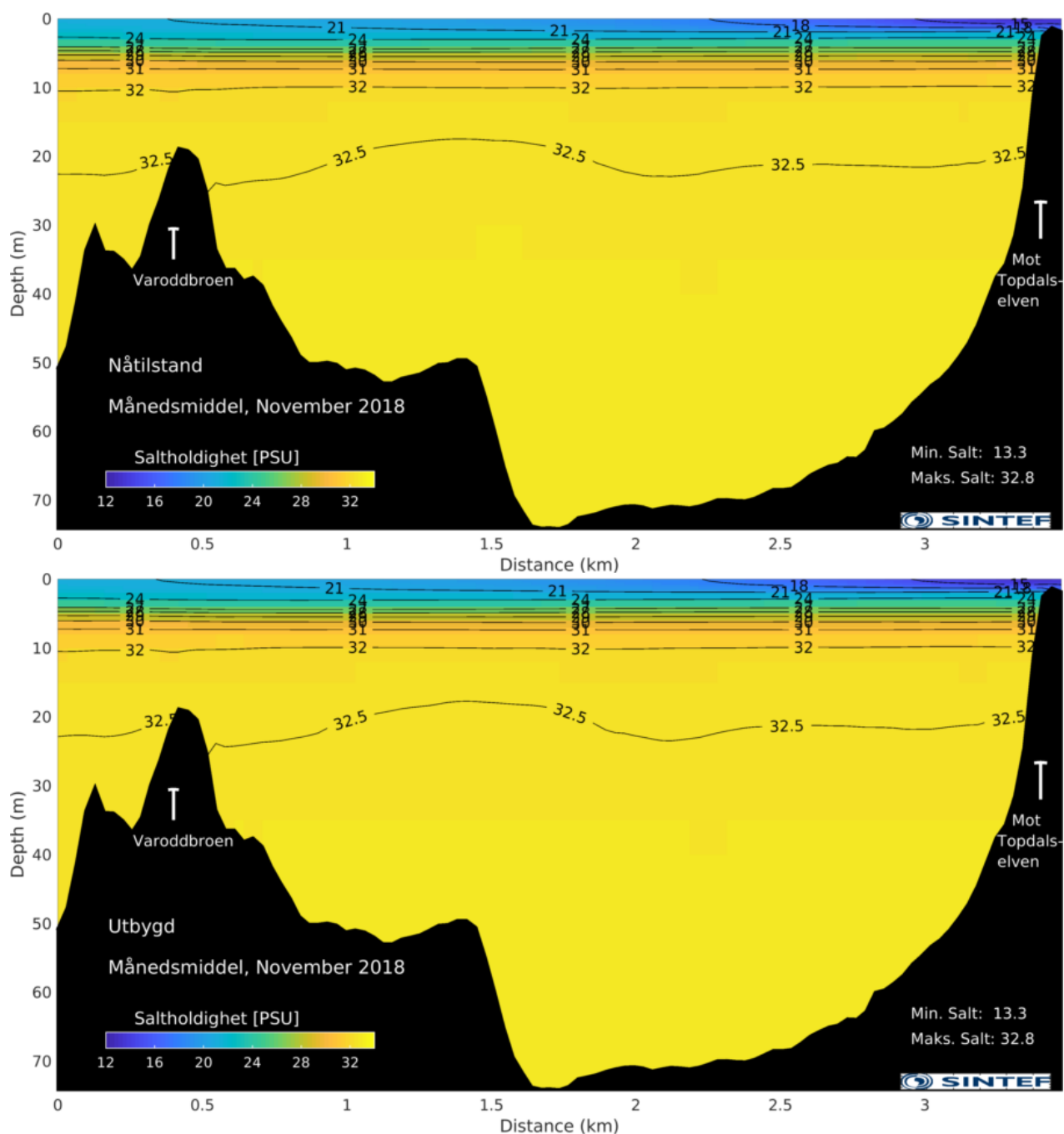
For snitt 2 er det valgt ut mai måned for tilsvarende figurer som for snitt 1, og resten av figurene er plassert i Appendiks A.1.

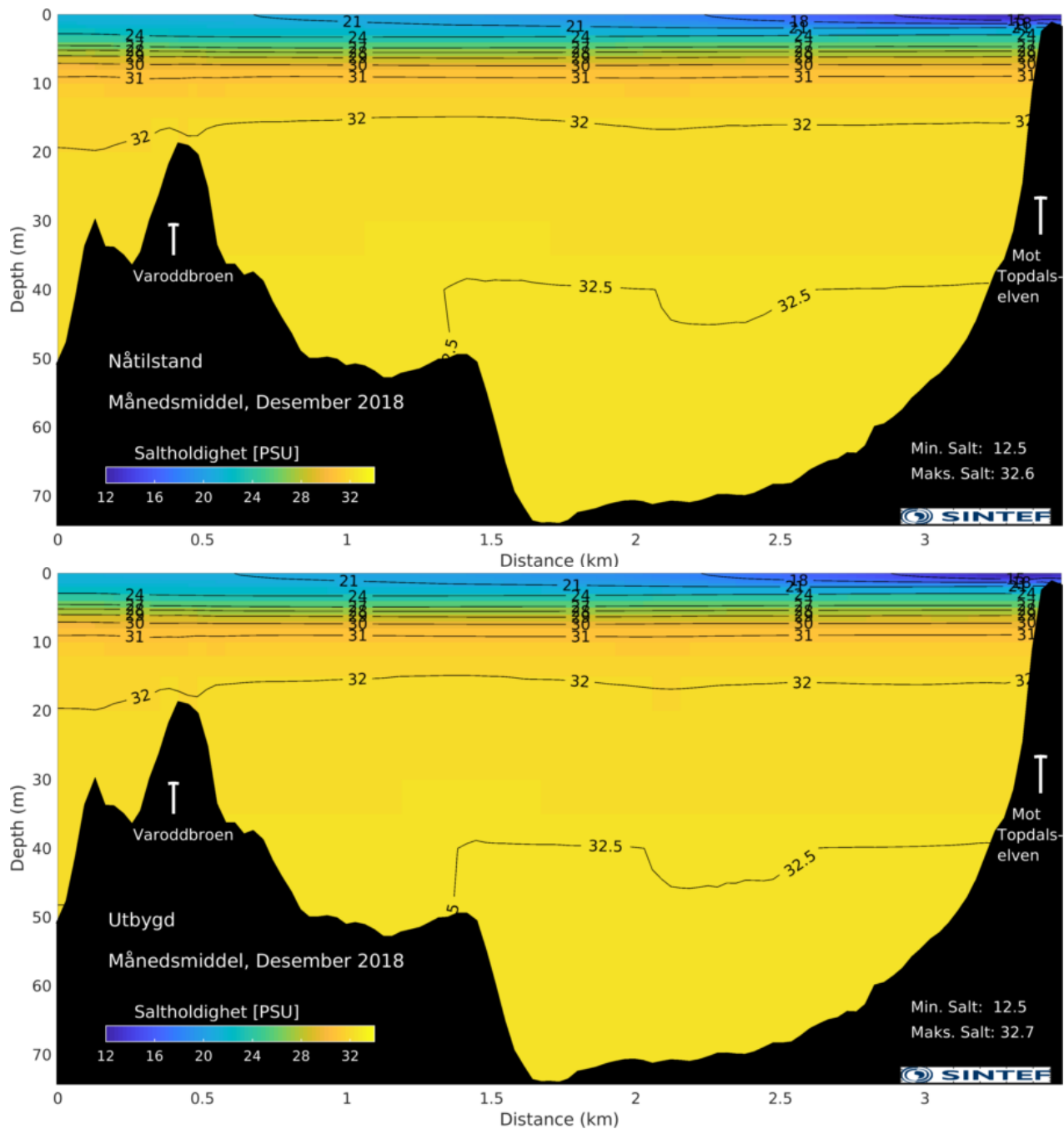


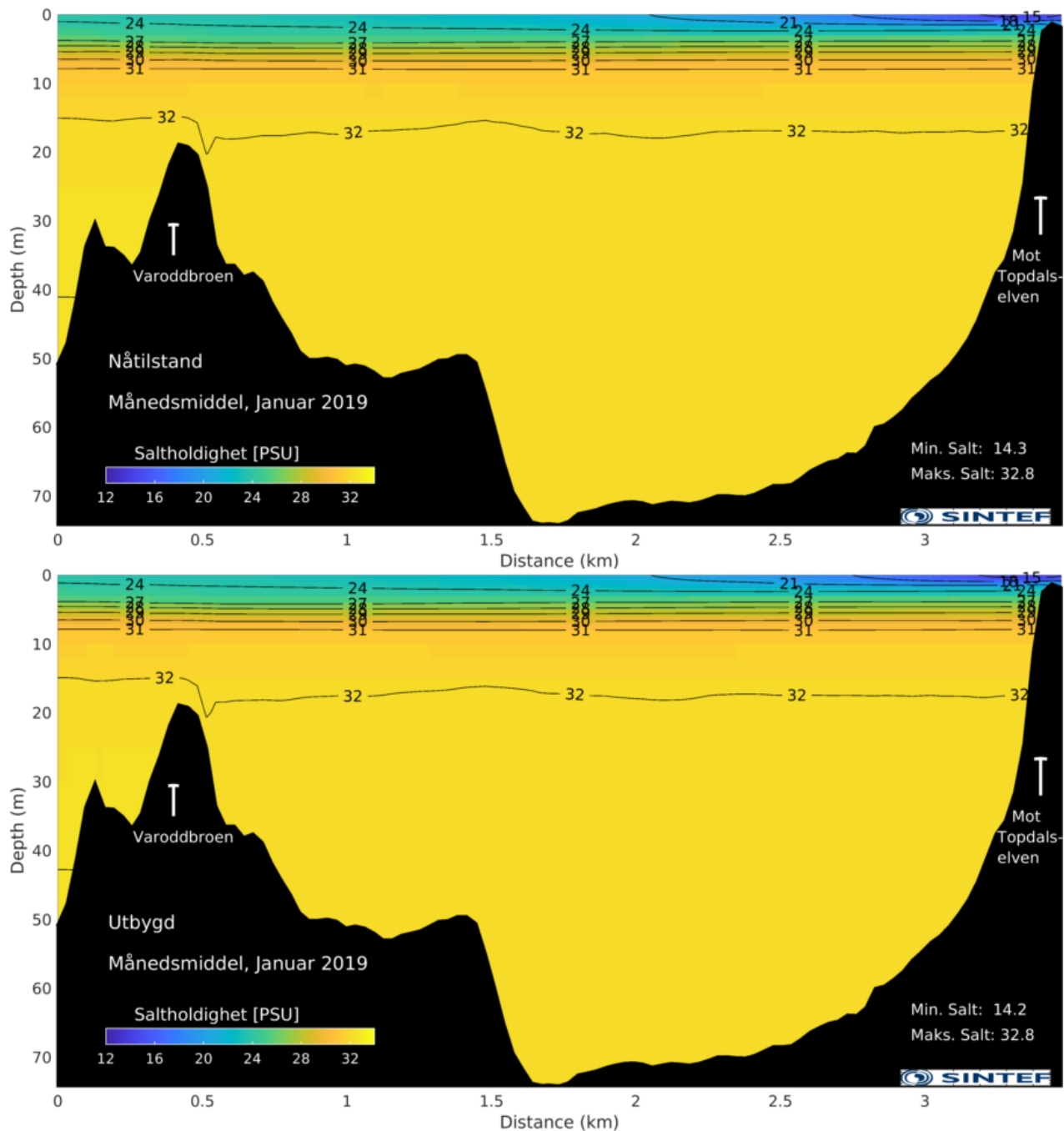
Figur 8. Oversikt over plassering av de to snittene som undersøkes mht. saltholdighet. Det første snittet går fra utsiden av terskelen ved Varoddbrua og over til Hamresanden, mens det andre snittet starter innenfor terskelen ved Varoddbrua og går til utenfor elvemunningen til Topdalselva.

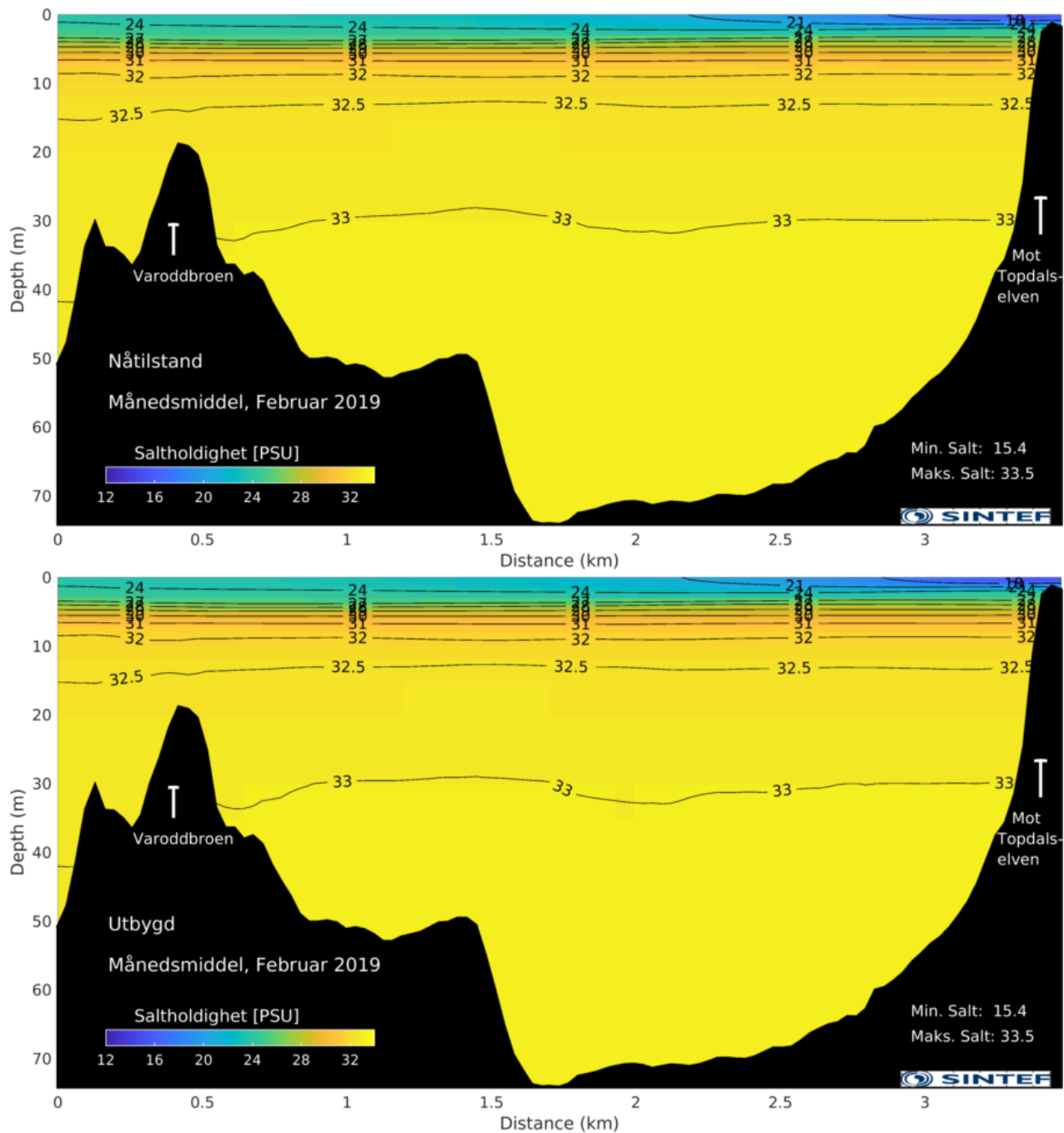
Snitt 1 Varodd til Hamresanden.

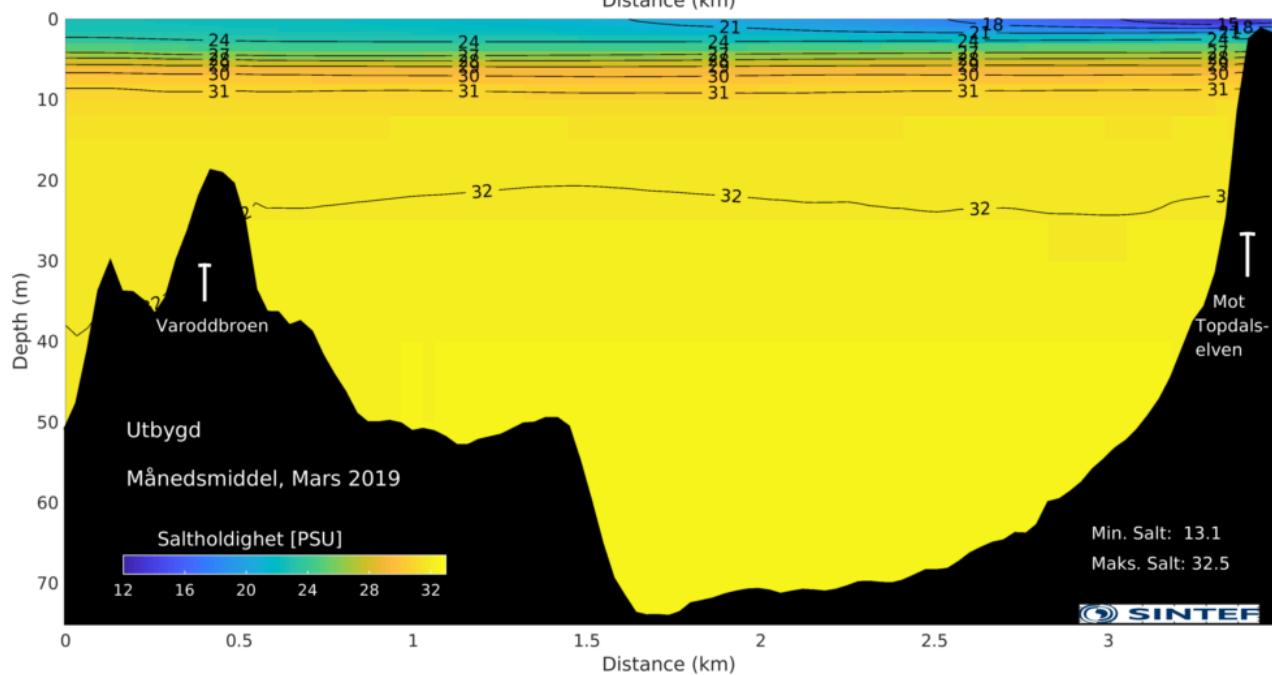
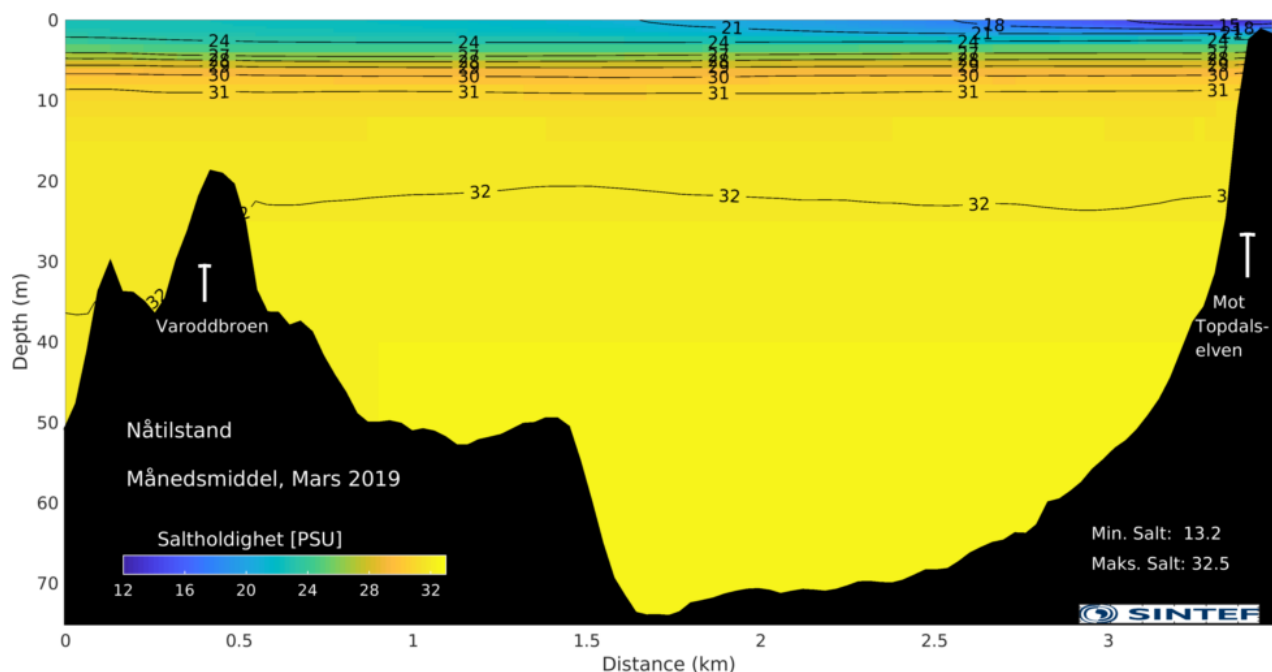
Først vises saltholdighet for hele vannsøylen i Figur 9, og deretter kun de øverste 8 m i Figur 10. Før utbygging (øverst) og etter utbygging (nederst).

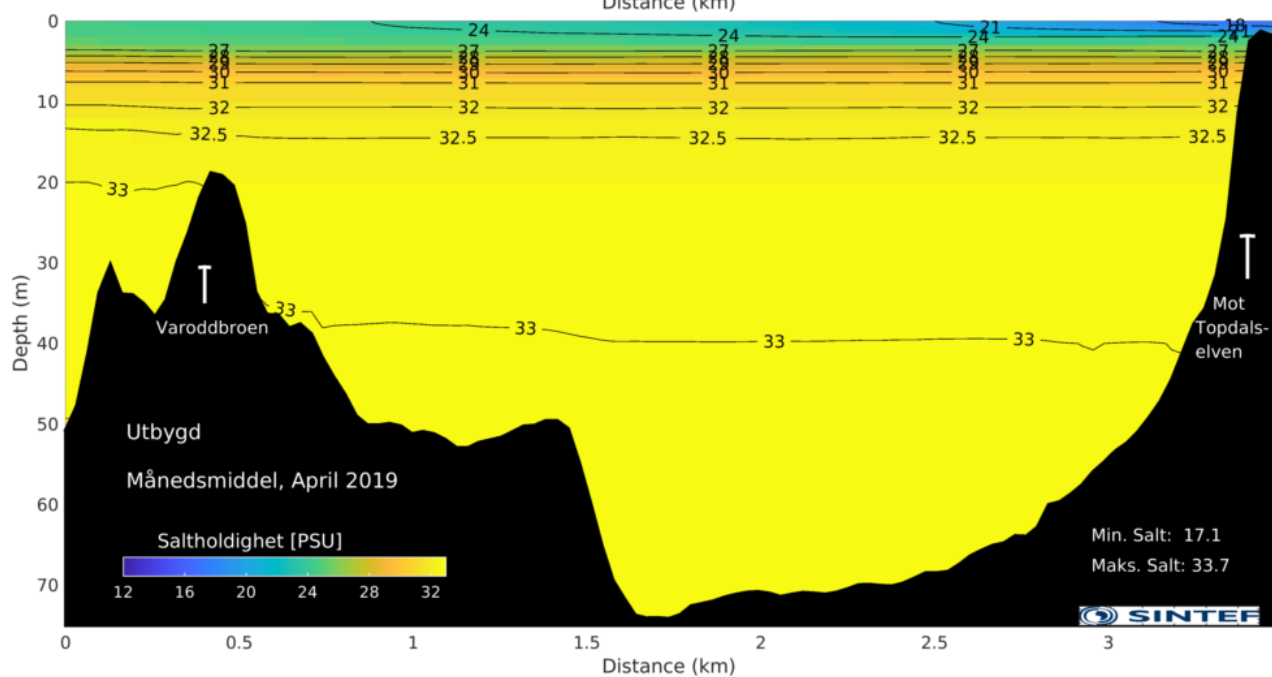
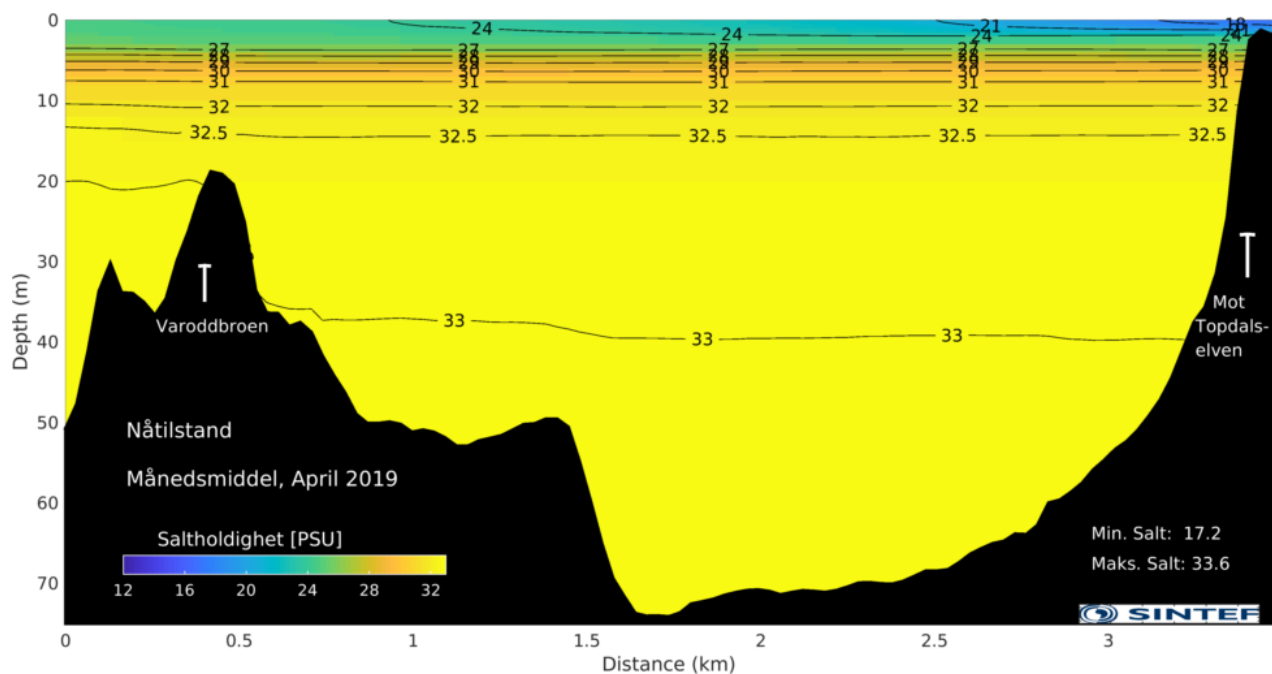


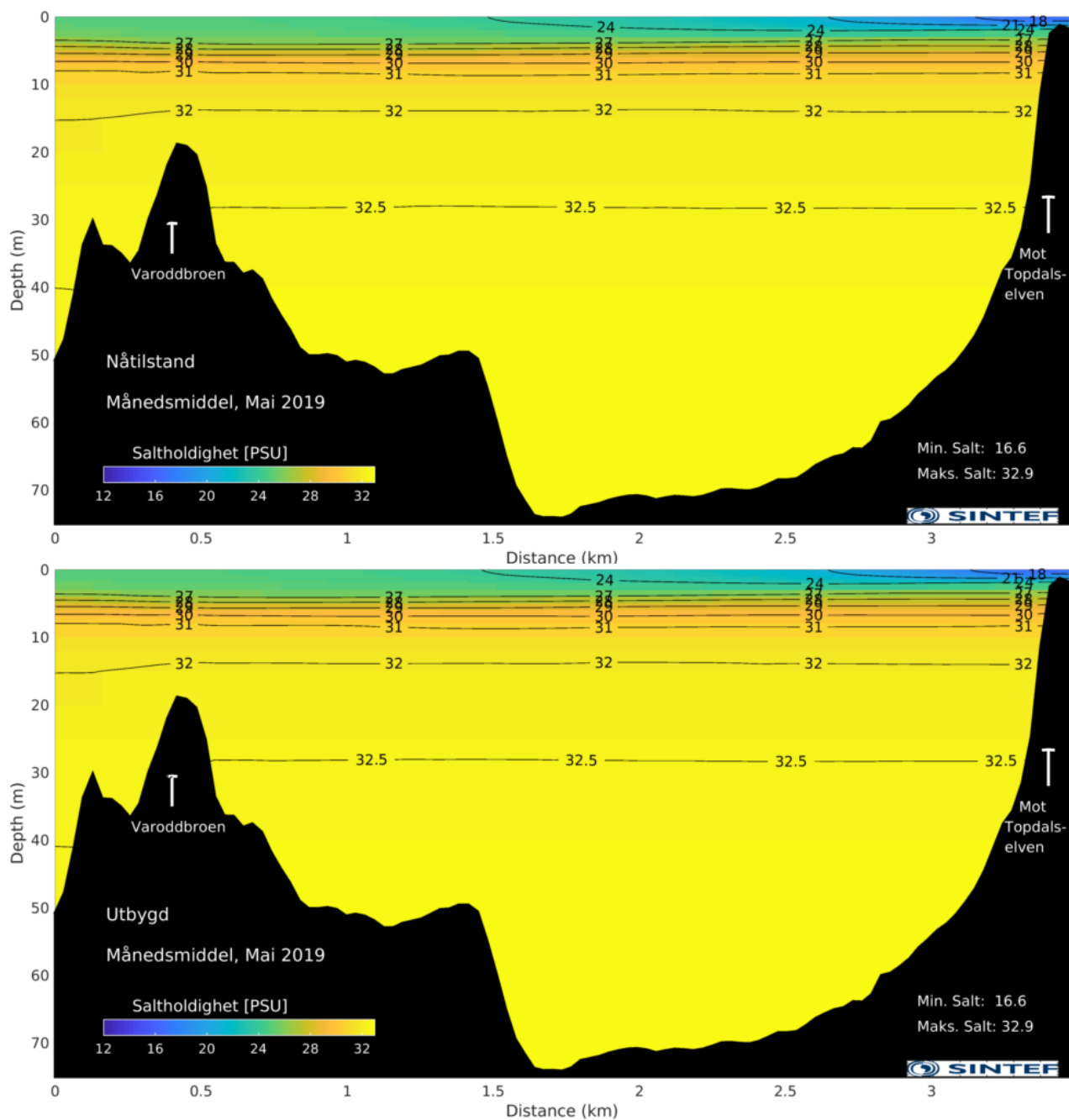


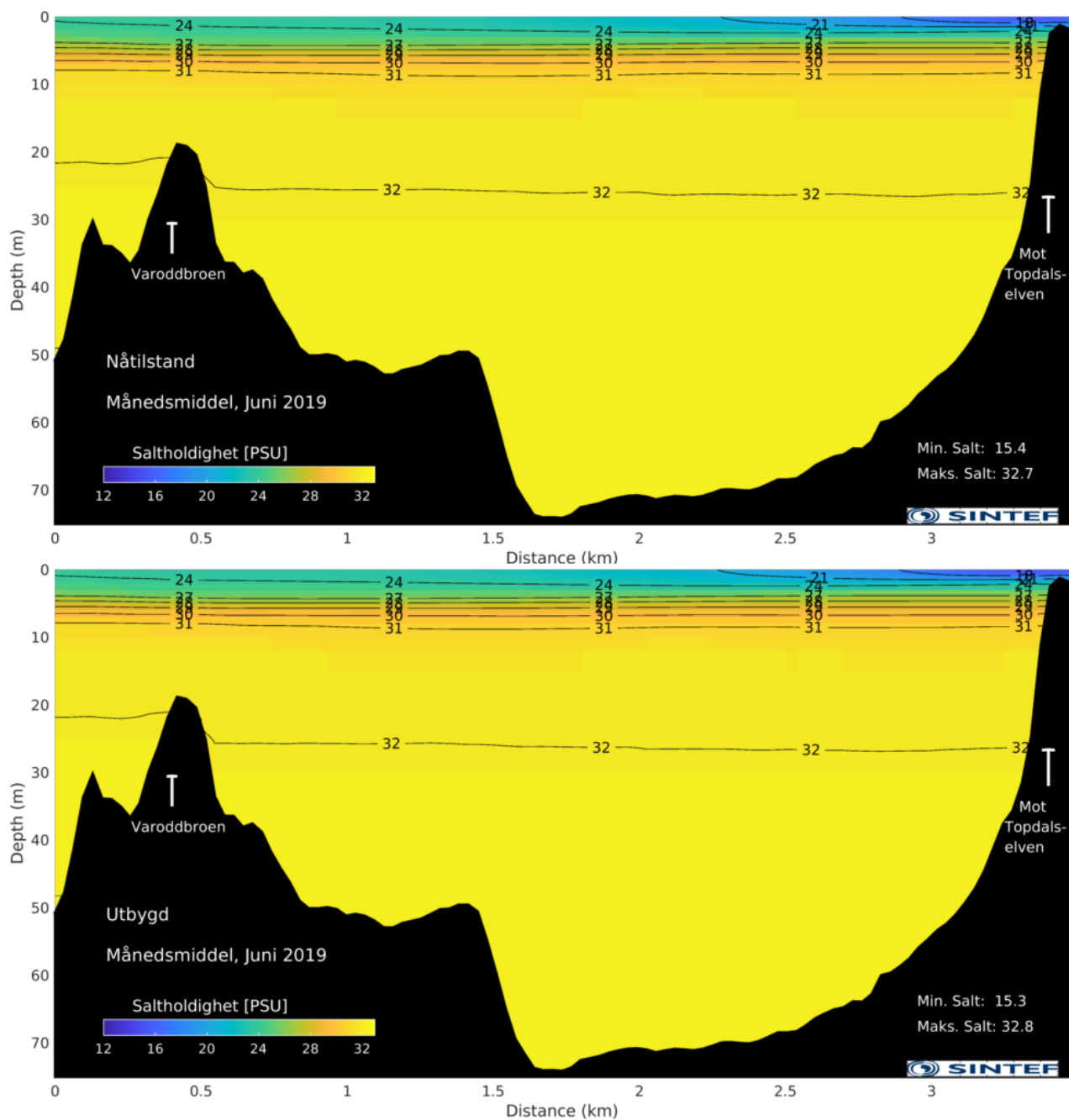






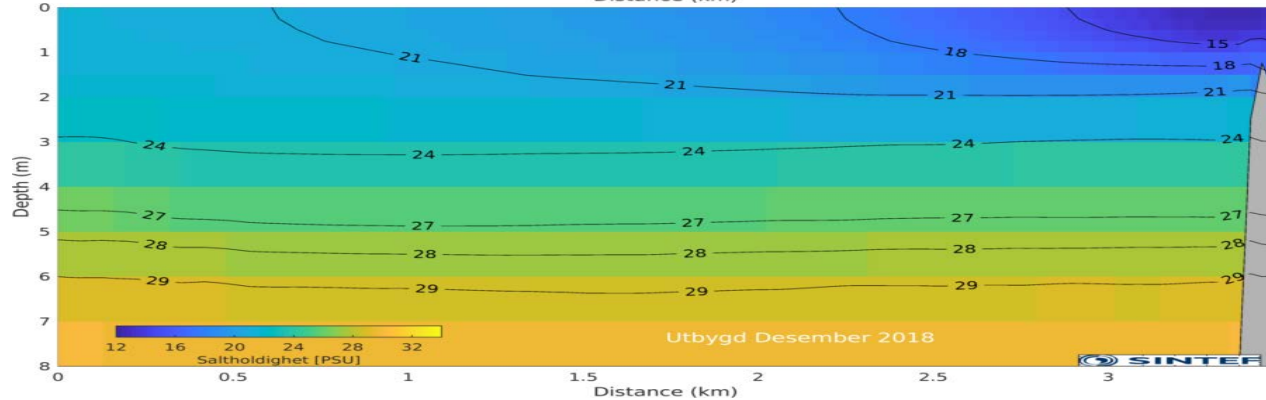
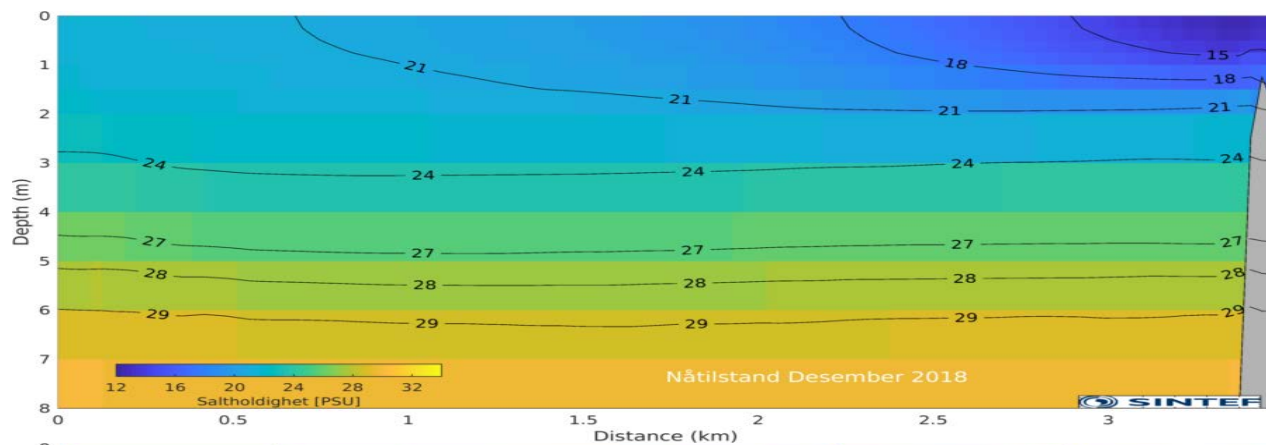
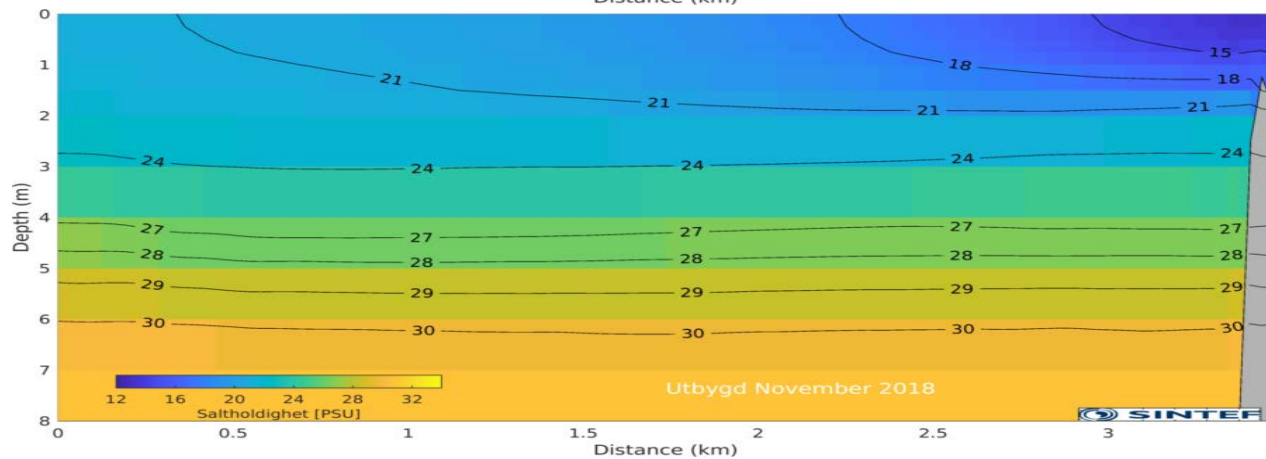
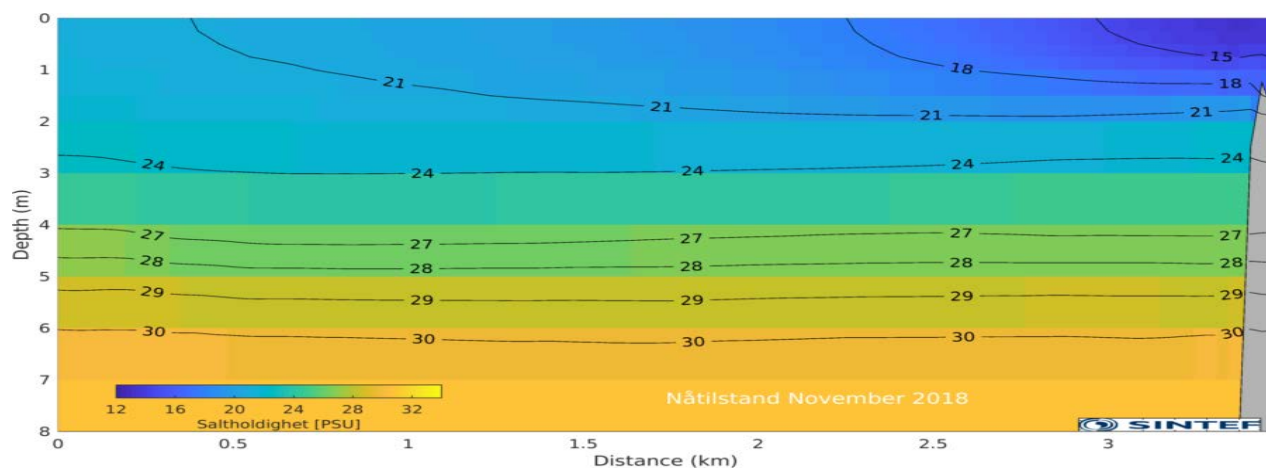


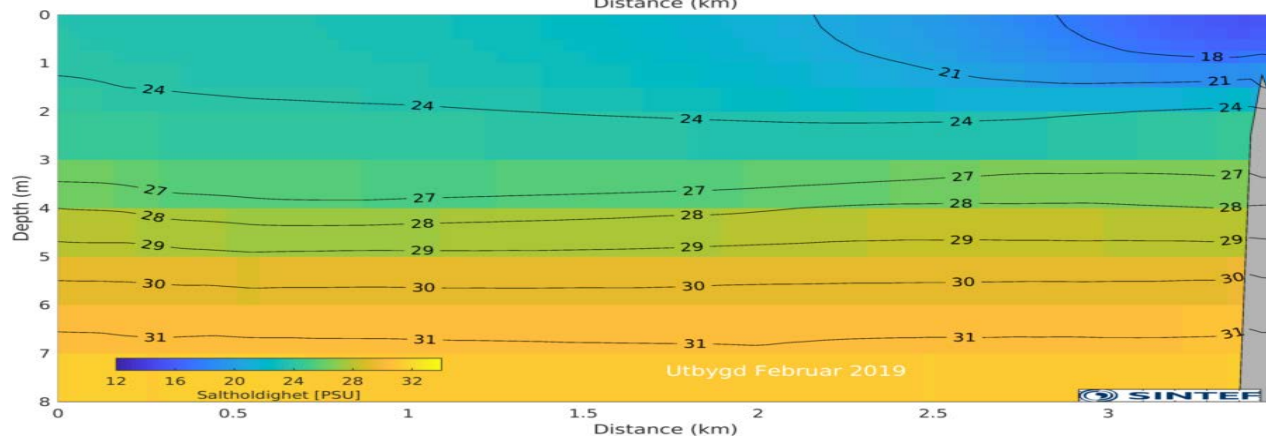
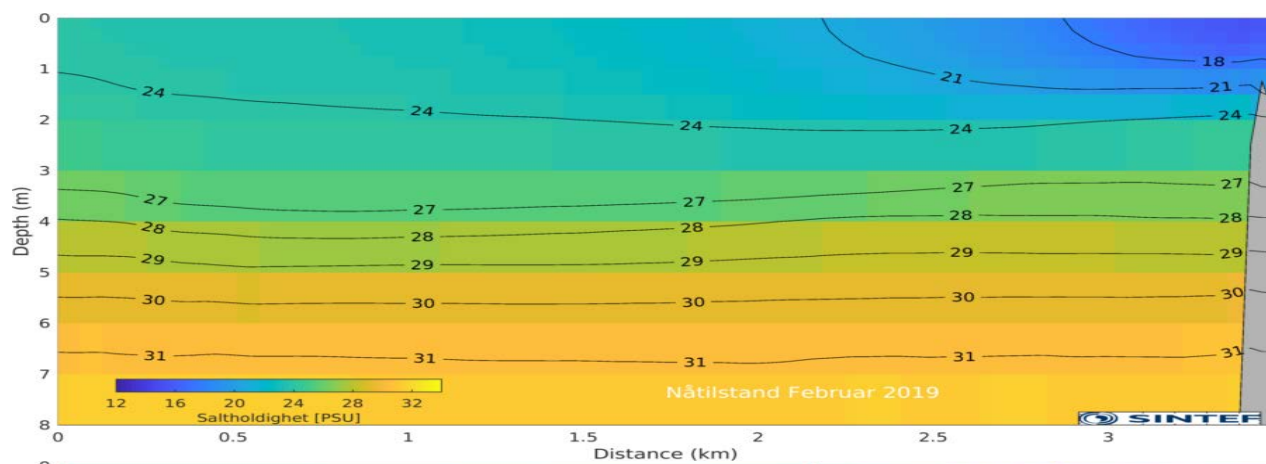
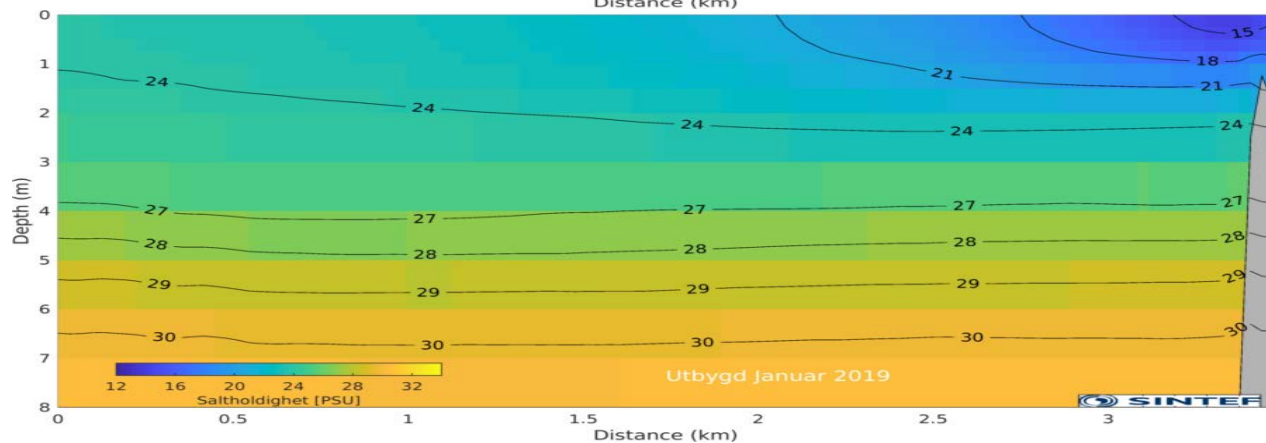
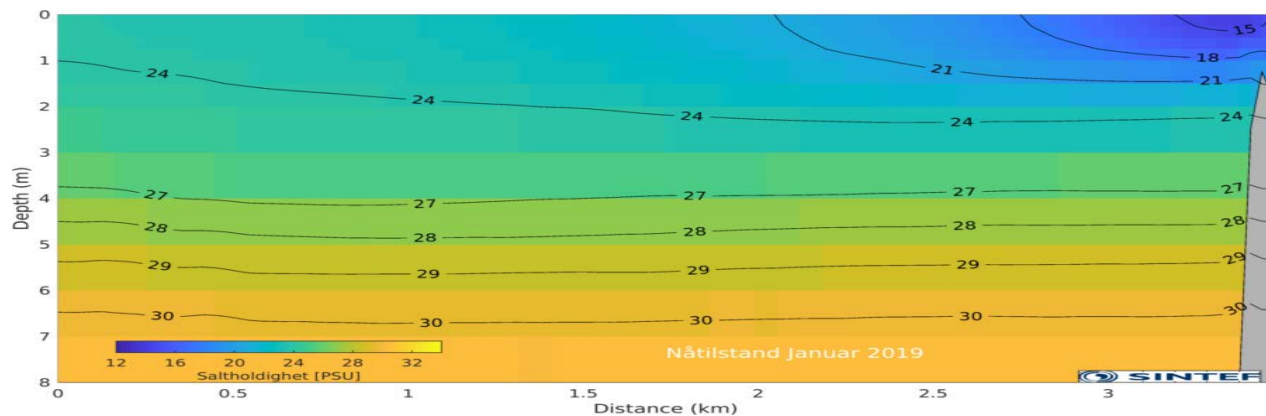


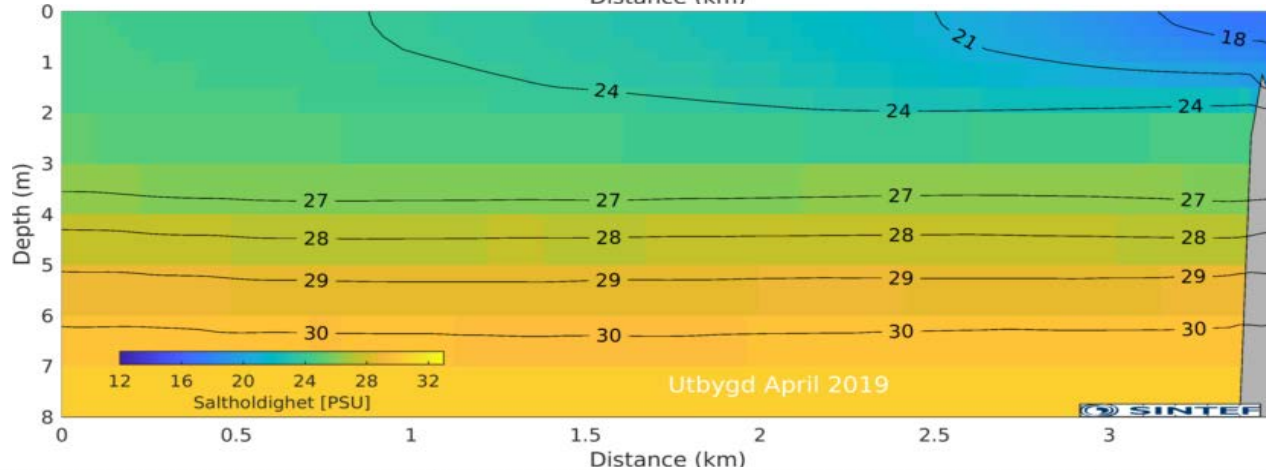
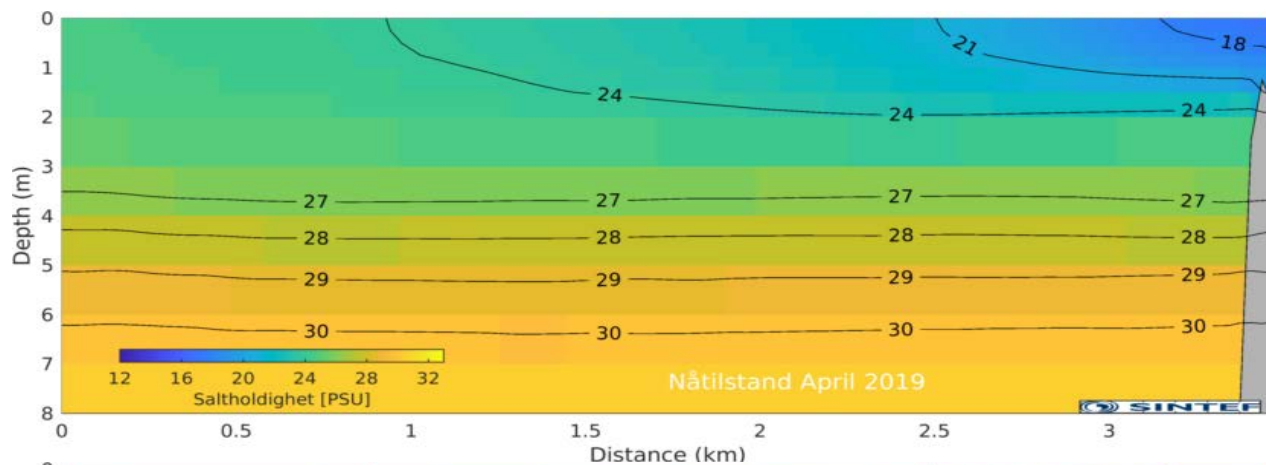
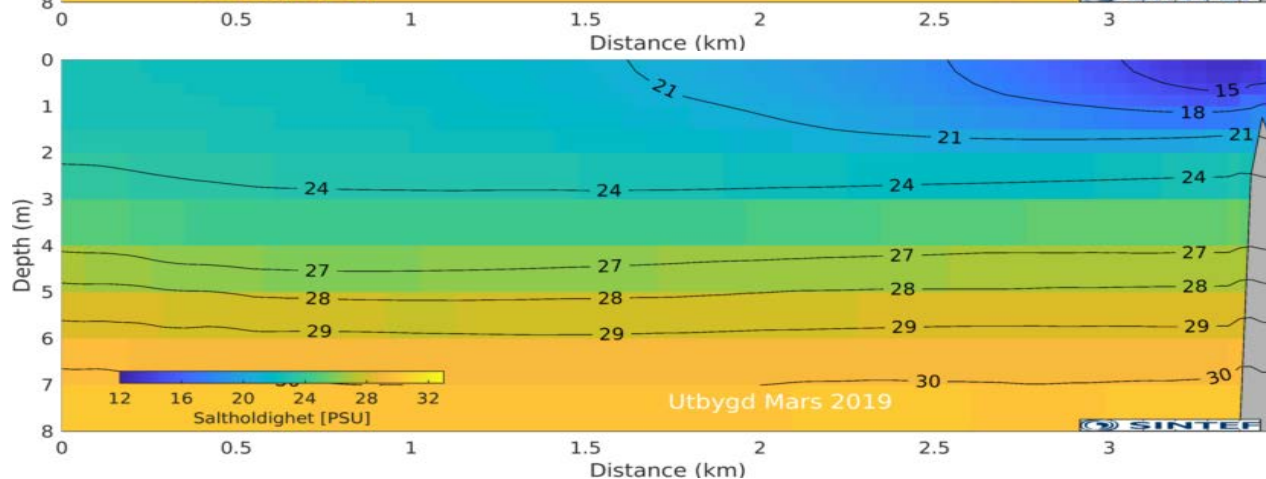
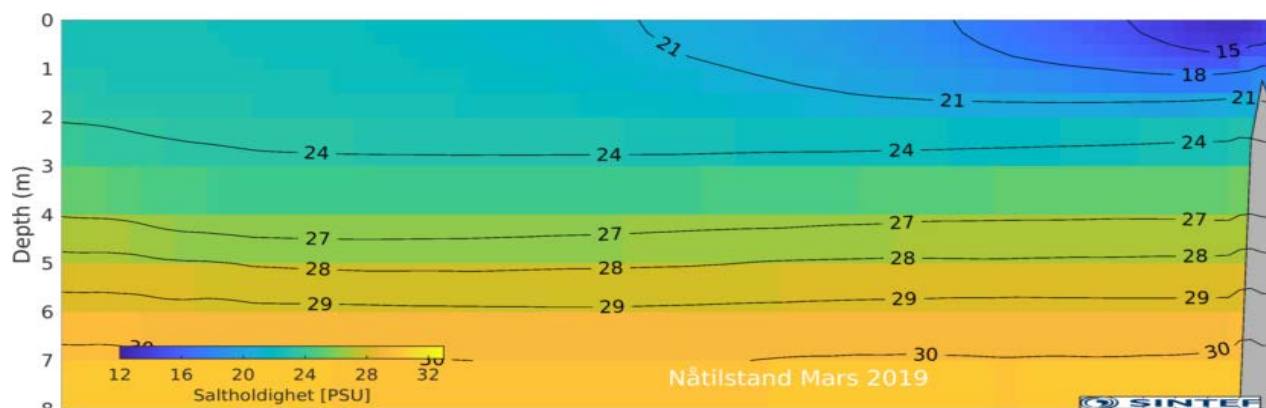


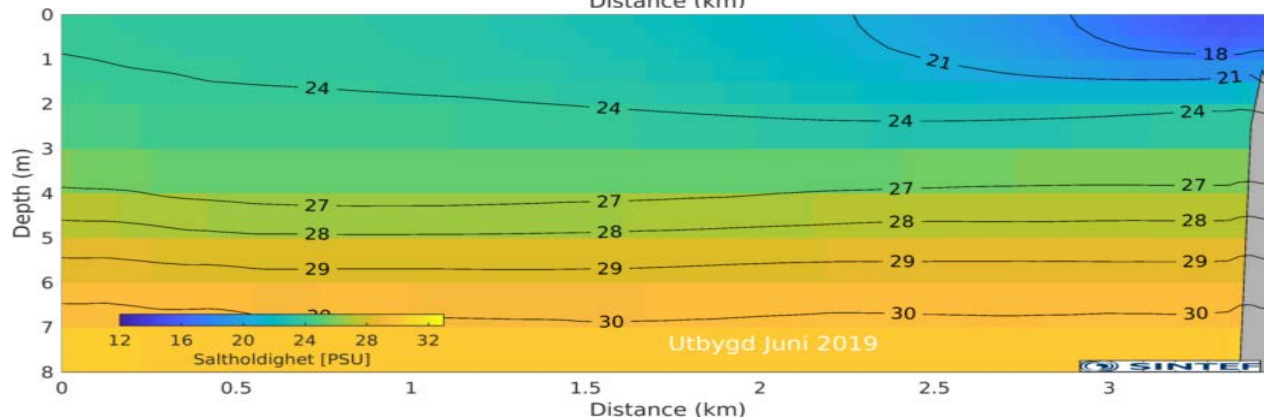
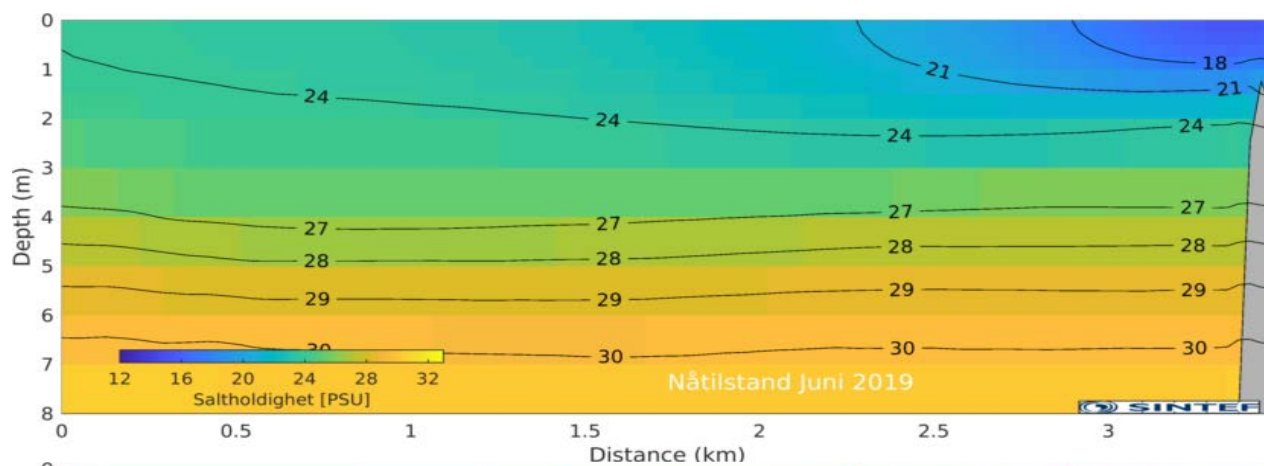
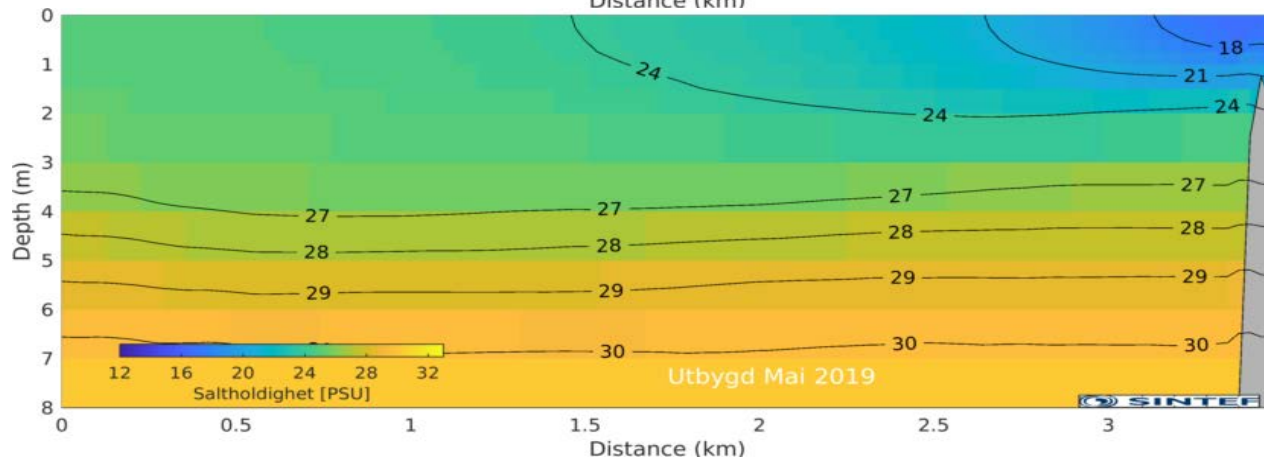
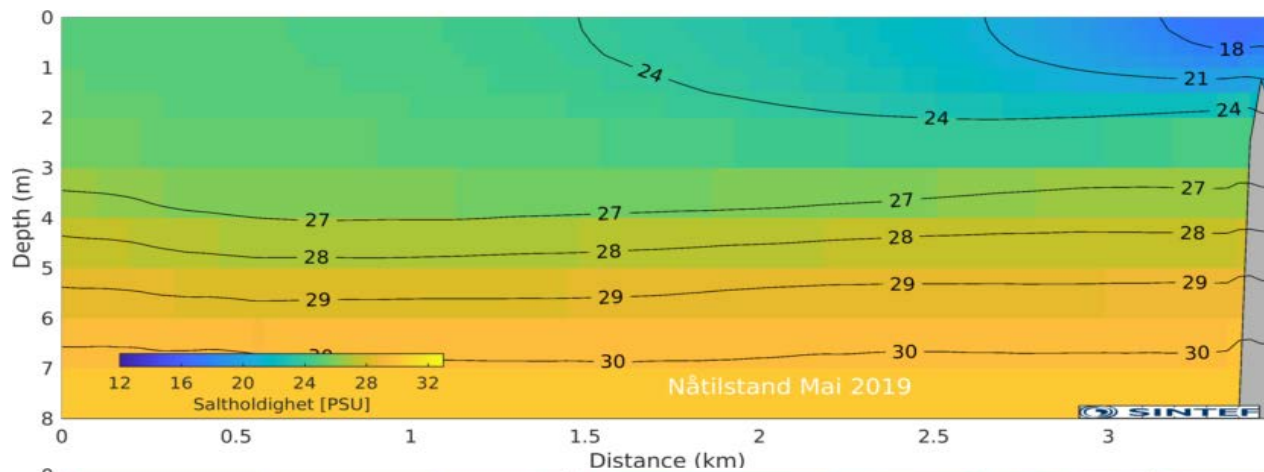
Figur 9. Snitt med saltholdighet, på langs av fjorden som vist i Figur 8. Månedsmidler for nåtilstand og utbygd tilstand fra november 2018 til juli 2019.

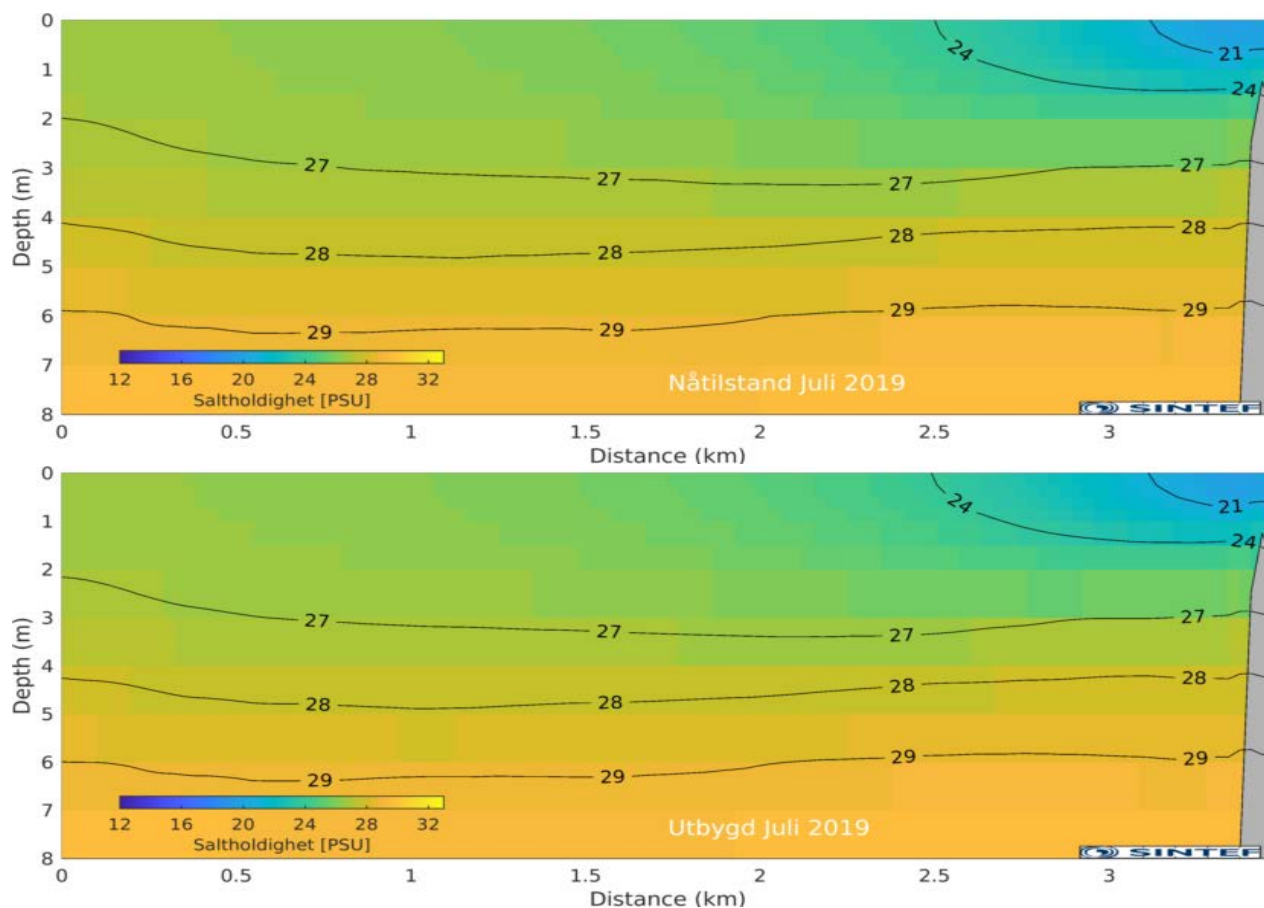
For å få en oversikt over øverste delen av vannsøylen, plottes 0-8 m dyp i egne figurer. For laksesmolten er det de 2 øverste meterne som er viktigst siden det er stort sett der de svømmer, og det er lettere å se på Figur 10 enn når hele vannsøylen plottes som i Figur 9.







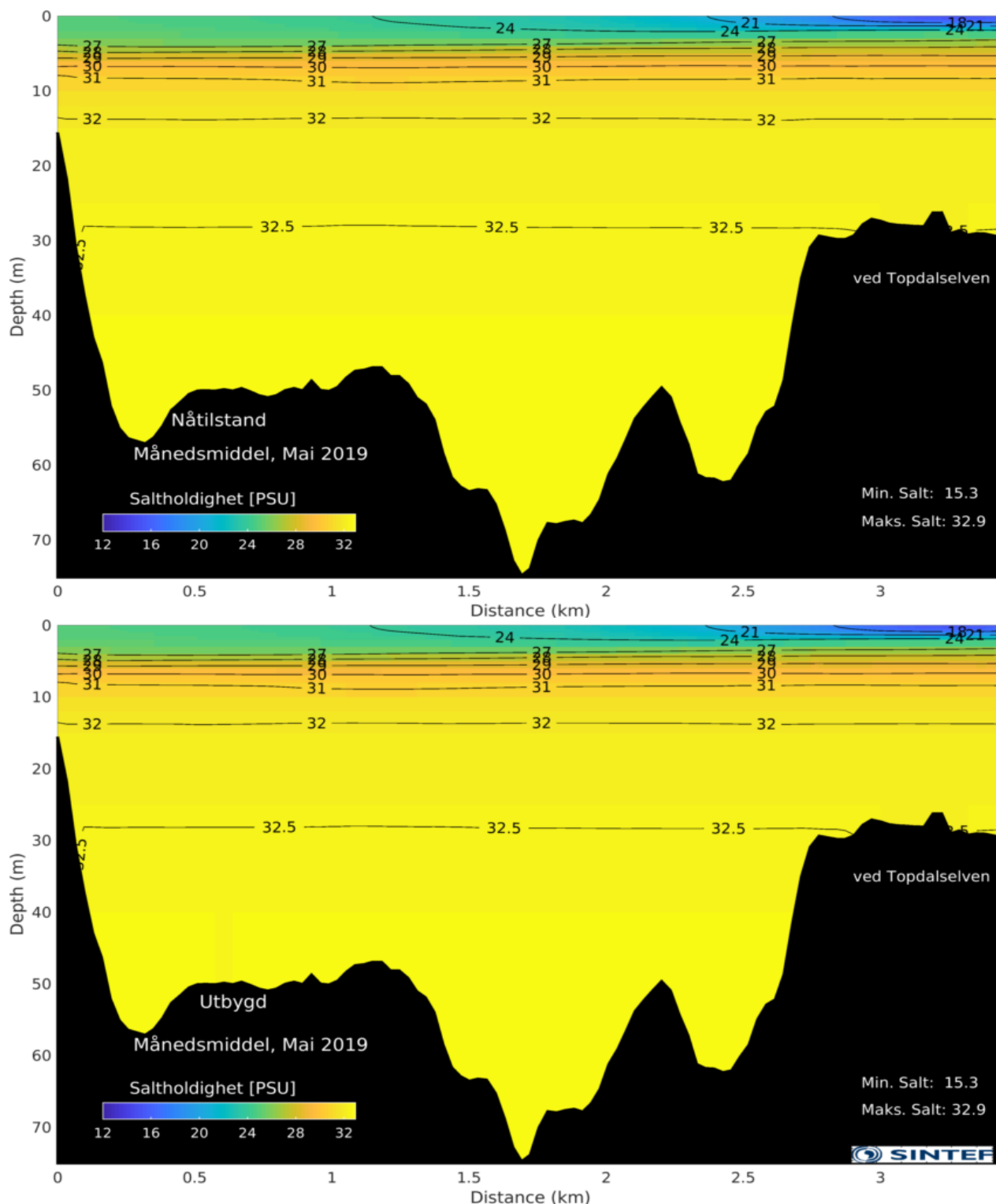




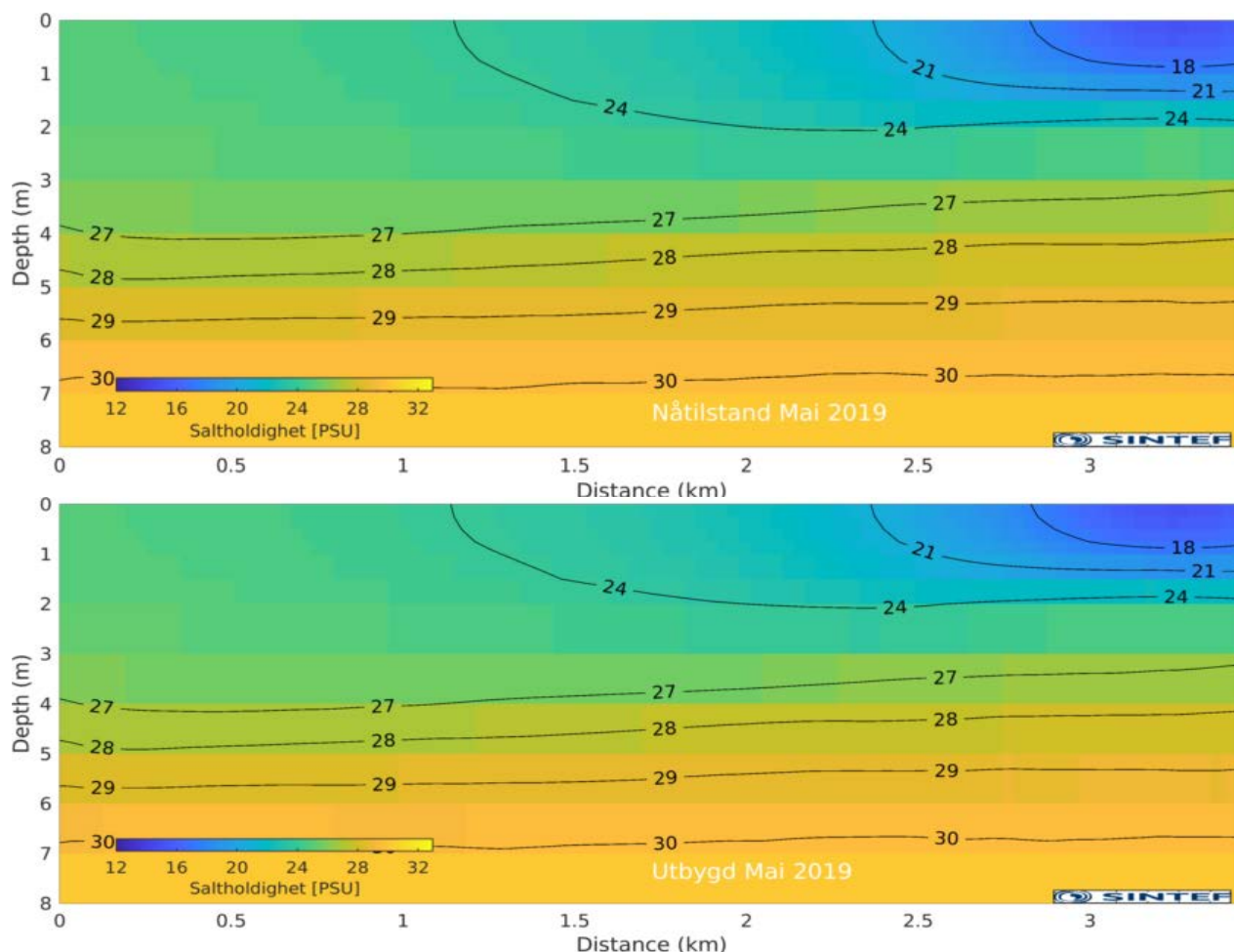
Figur 10. Samme snitt som i Figur 9, men fokusert på de øverste 8 m av vannsøylen. Det er veldig små forskjeller på simuleringene før og etter utbyggingen.

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.



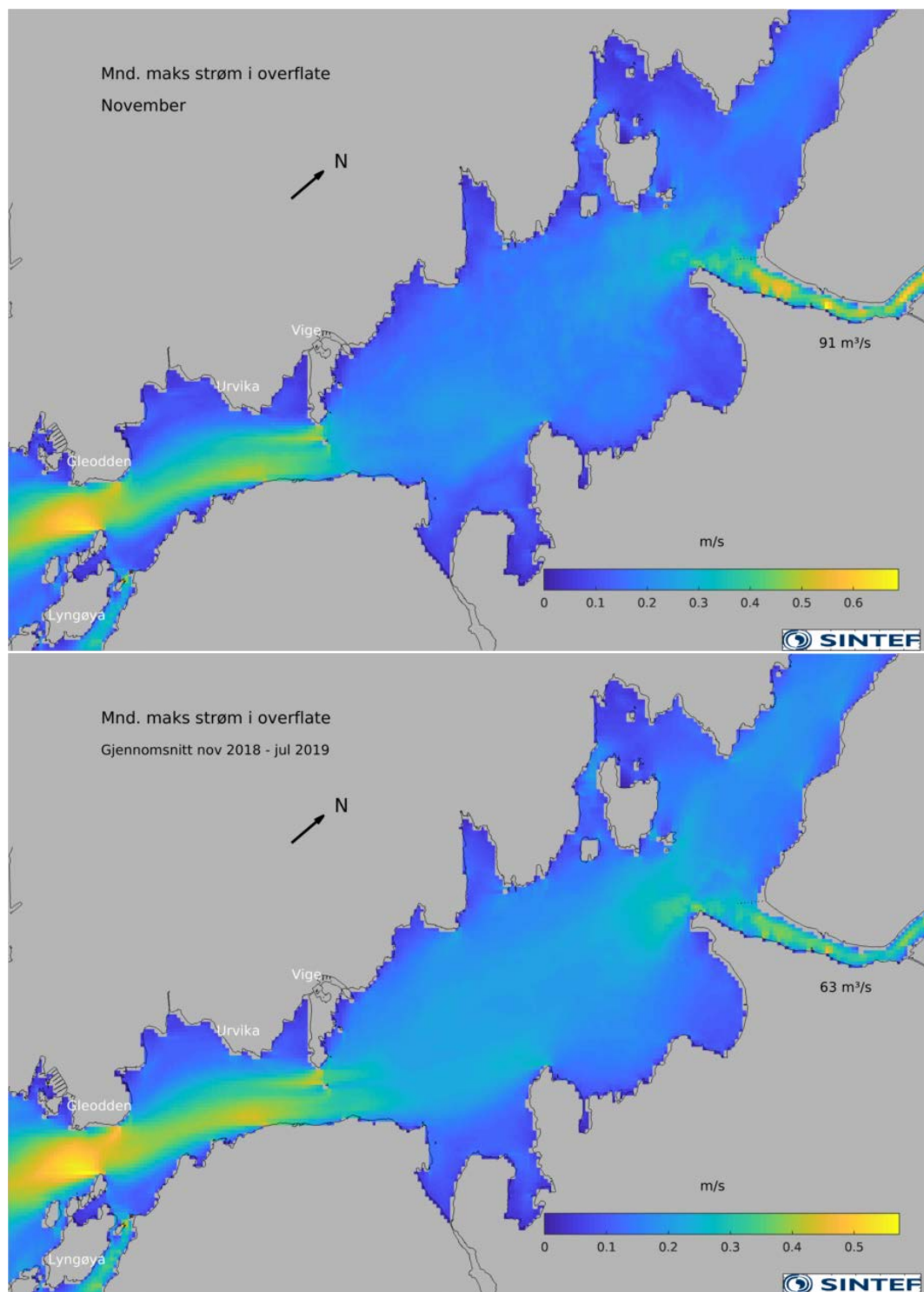
Figur 12. Øverste 8 m av snitt 2, for å se detaljer i overflaten. Det er vanskelig å se noen forskjell.

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.

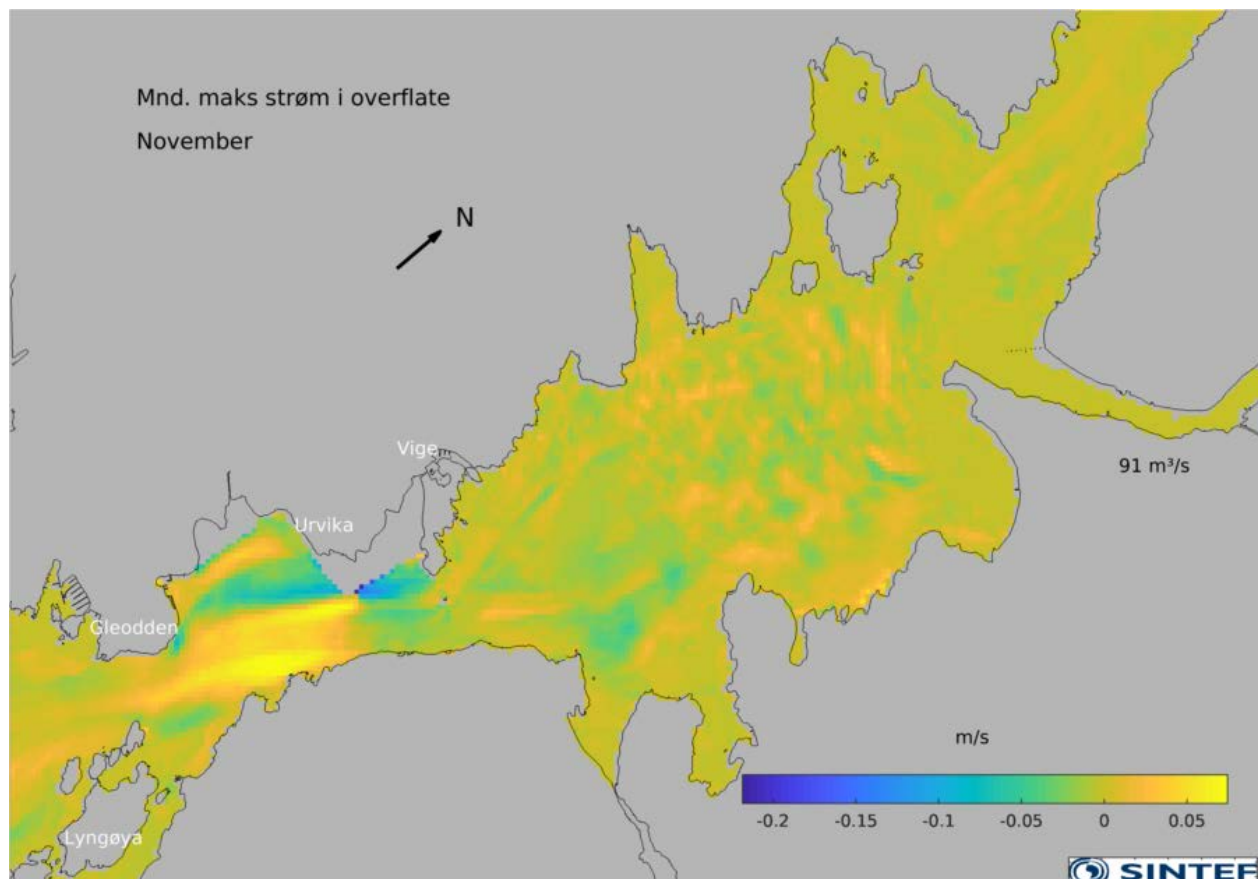
I Figur 13 vises maksimal strøm for overflaten for november 2018 (øverst) og gjennomsnitt av månedlig maksimalstrøm for hele simuleringsperioden (nederst). Derfor er den maksimale strømfarten større i øvre figur enn nedre.



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.

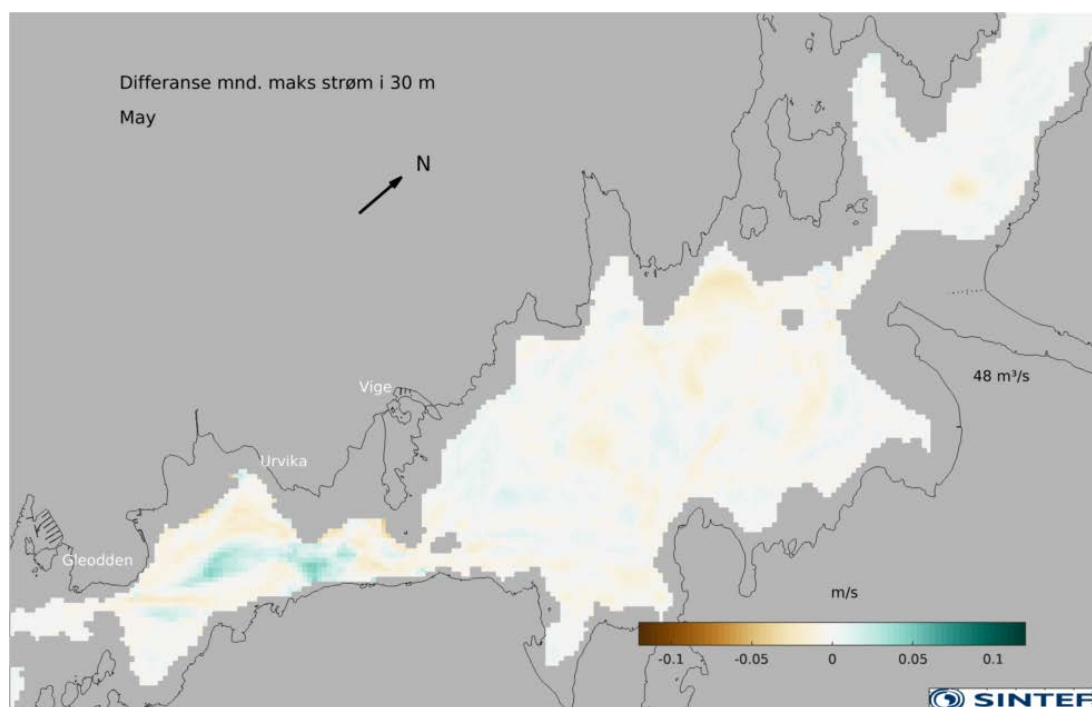
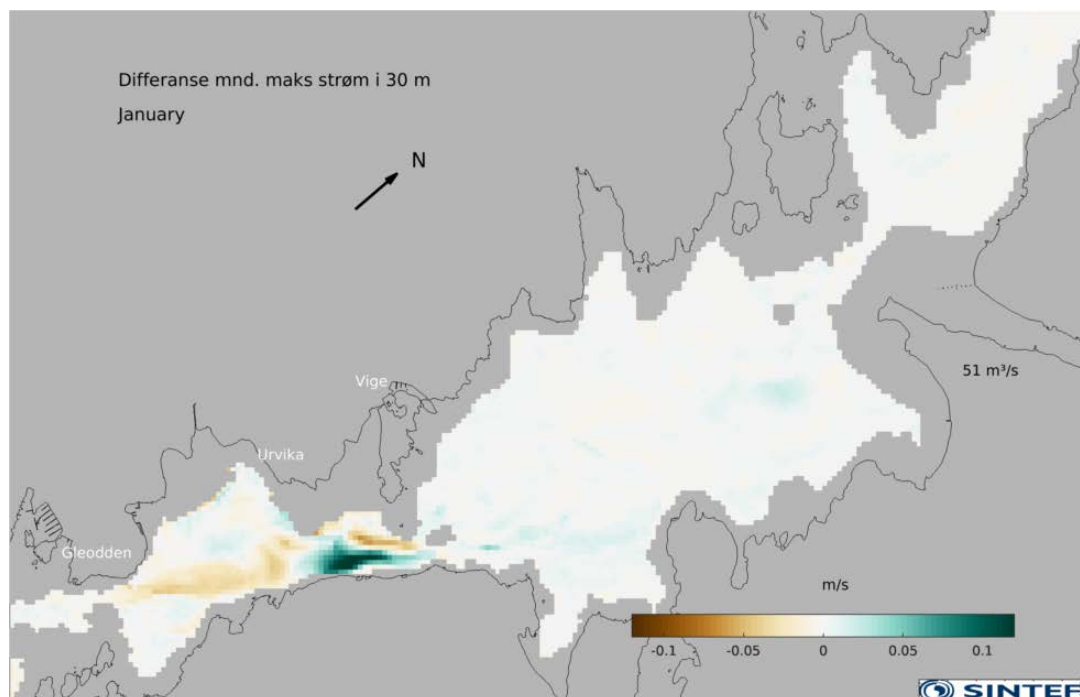
3.4 Differansekart

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.



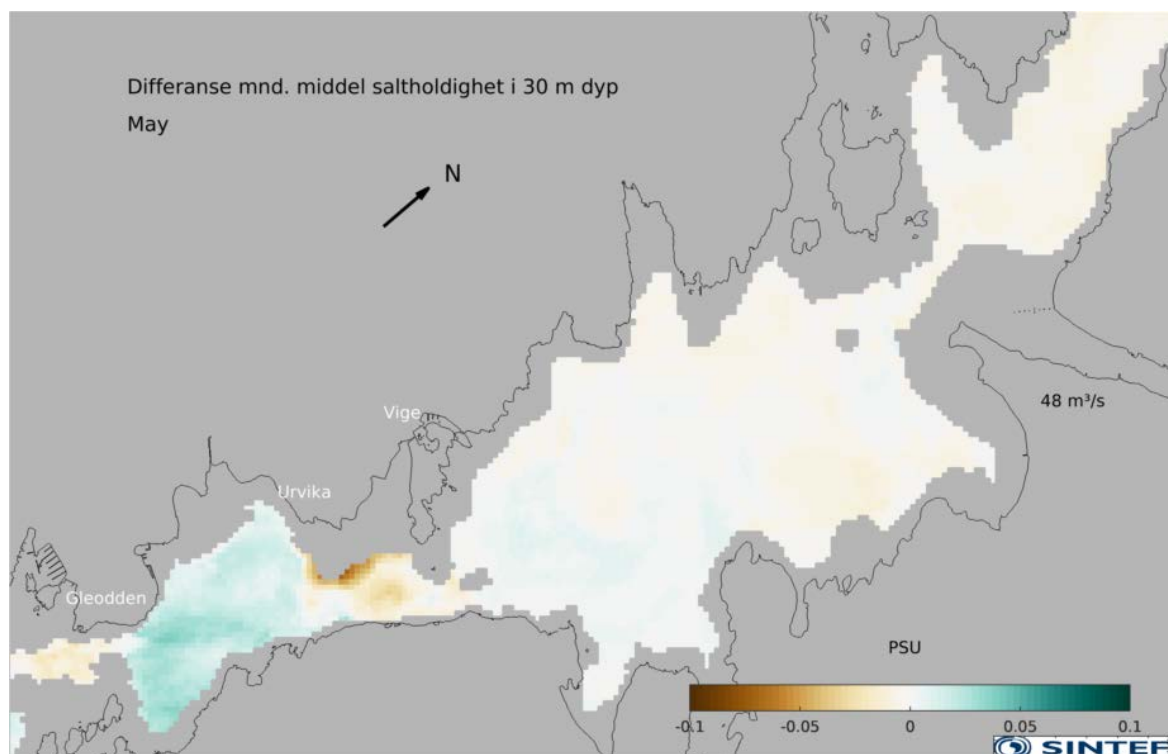
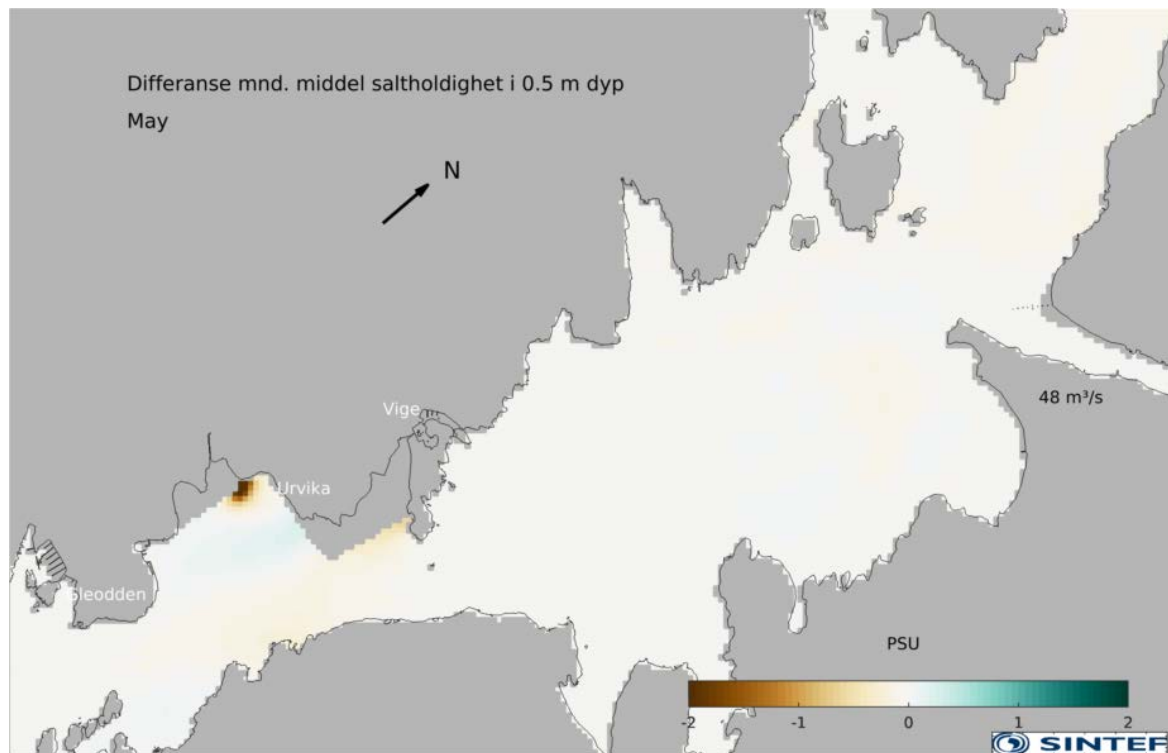
Figur 14. Differanse for maksimal strømfart i månedsmiddel mellom de to simuleringene (utbygd minus nåtilstand), slik at økt maks strømfart blir positive verdier (gul) og reduksjon i maks strømfart blir negativ (blå-grønn). Økningen og reduksjonen i strømfart i havneområdet er konsistent gjennom alle simulerte måneder, mens sjatteringene innover i Topdalsfjorden skifter mellom måneder og vil dermed glattes 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).

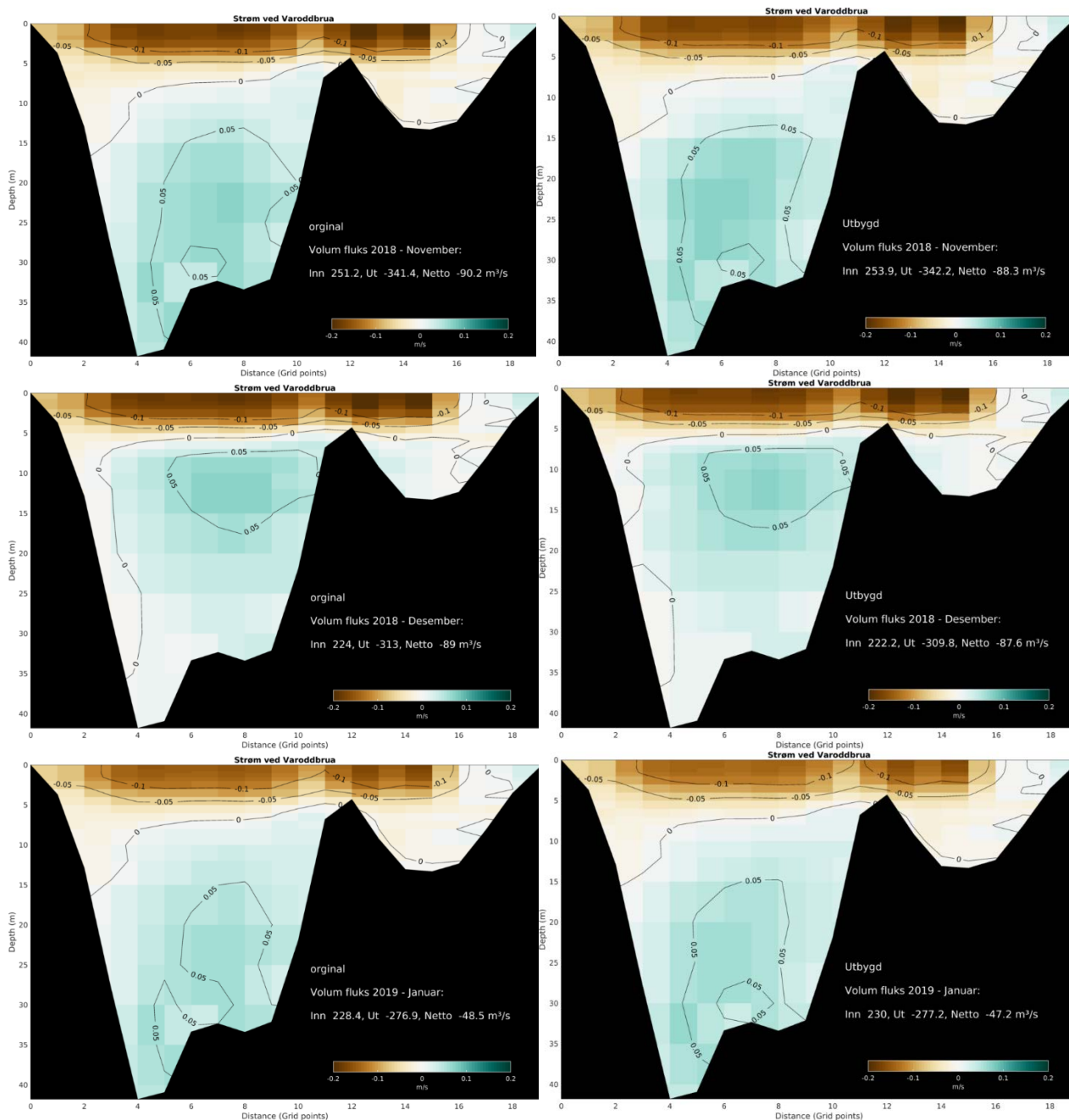
Endringer i saltholdighet for nær overflaten og i 25-30 m dyp er vist i Figur 16. Det kommer en bekk ut i området som blir dekket av den sørligste fyllingen, og i utfylt simulering må denne bekken flyttes ut til kanten av fyllingen. Dette er en perturbasjon av saltholdighetsfeltet som skaper en del lokale 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.

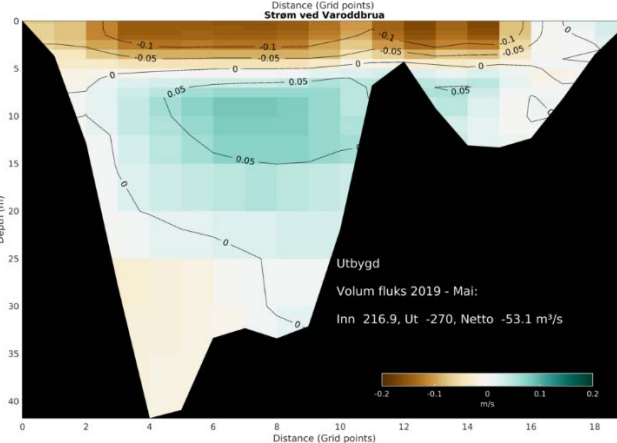
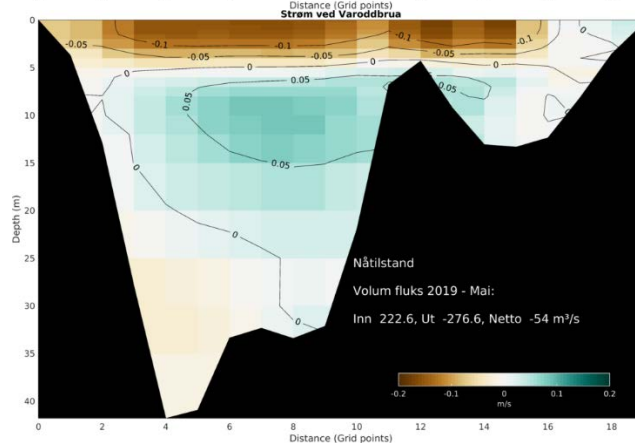
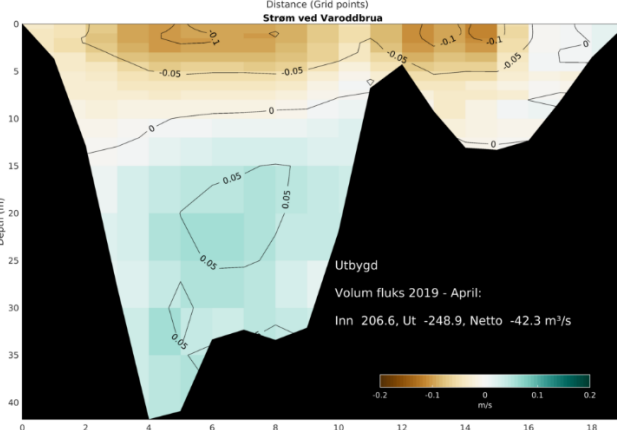
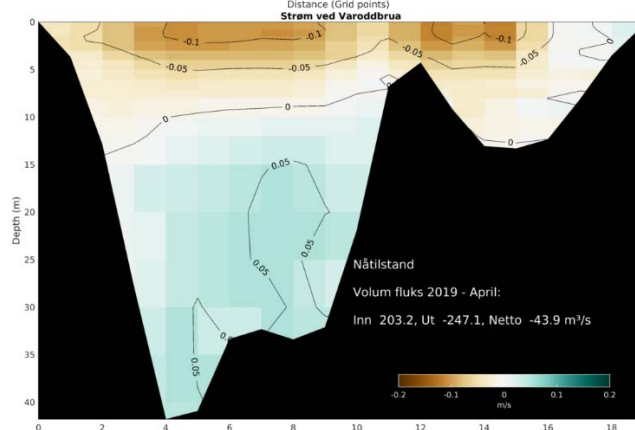
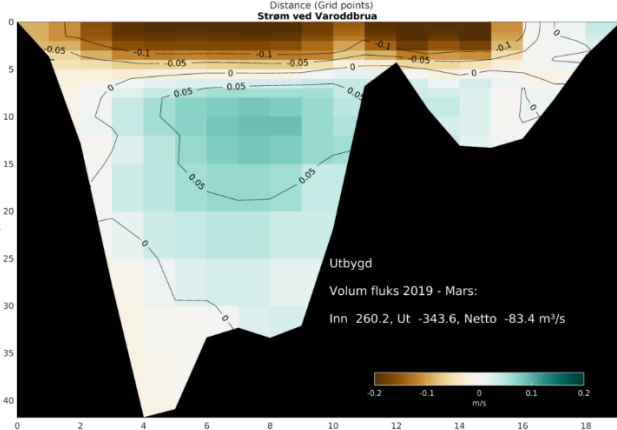
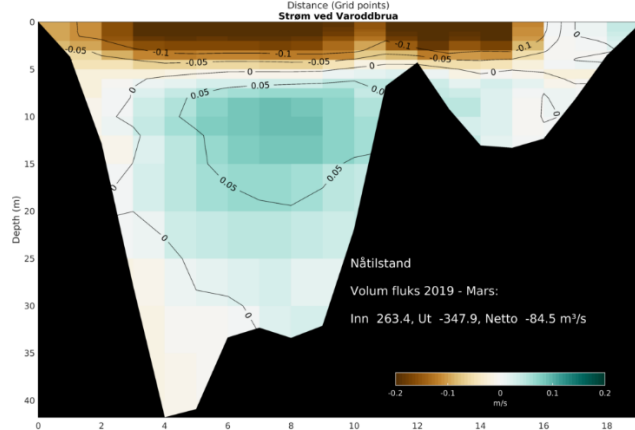
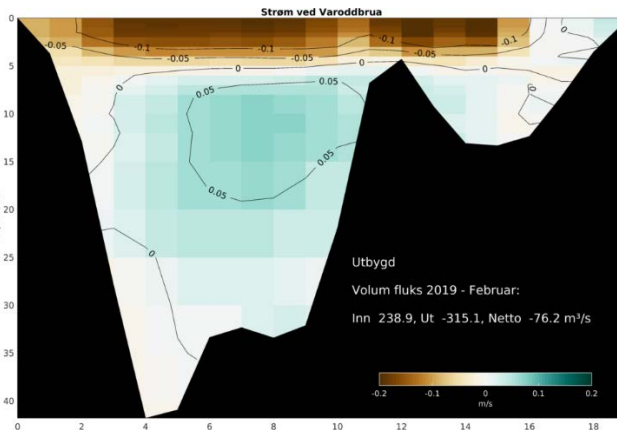
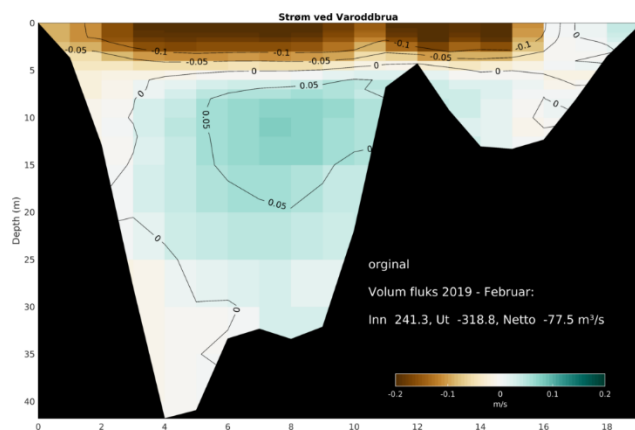


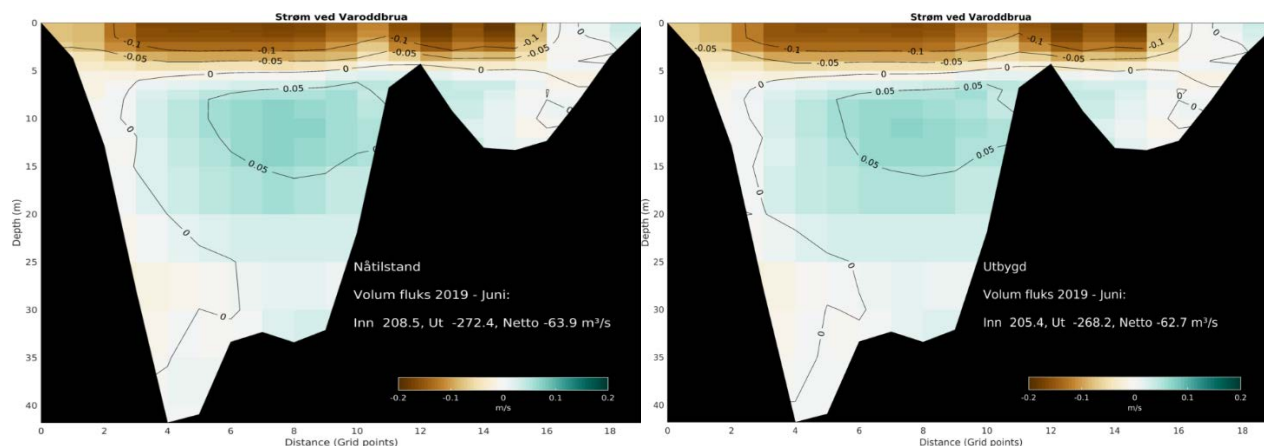
Figur 16. Differanse i månedsmiddel saltholdighet for laget rett under overflaten (øverst) og i 25-30 m dyp (nederst). Fargeskalaen er ikke lik mellom de to figurene. Øverst er det et lite område med ferskere vann i utbygd tilstand, og det har med flytting av en bekk slik at den kom ut til kanten av 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.







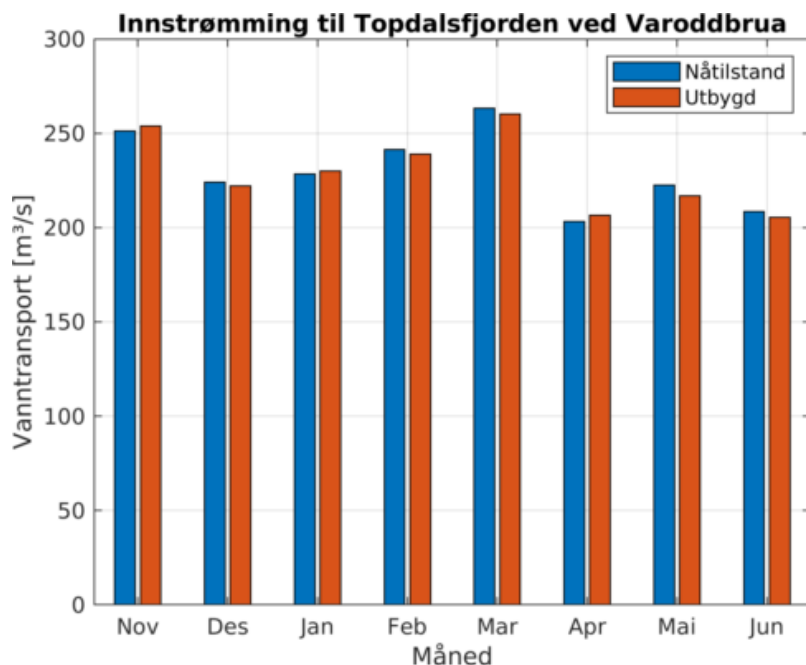
Figur 17. Snitt som viser strøm ved Varoddbrua. Strømmen går normalt på snittet, og de brune fargene er utstrømming mens grønne farger er innstrømming. Hvite områder er strømfart nær null. Isolinjene viser strømfart, som også vises på fargeskalaen som er lik for alle delfigurene og går fra -0.2 til 0.2 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.

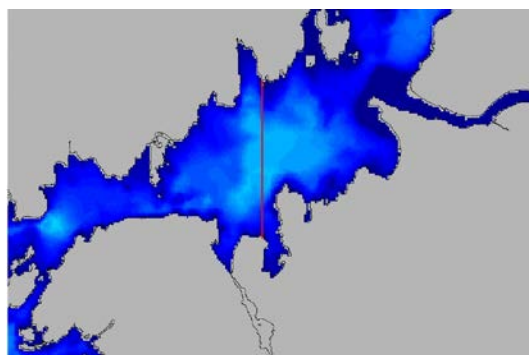
Måned	Simulering før utbygging(netto) m ³ /s	Simulering utbygd (netto) m ³ /s	Ferskvannstilførsel Topdalsfjord m ³ /s
Nov	90.2	88.3	90.5
Des	89.0	87.6	85.3
Jan	48.5	47.2	50.9
Feb	77.5	76.2	72.7
Mar	84.5	83.4	81.0
Apr	43.9	42.3	45.8
Mai	54.0	53.1	47.8
Jun	63.9	62.7	60.8

Tabell 5 Oversikt over volumtransport ut og inn i Topdalsfjorden ved snittet ved Varoddbrua, vist som månedsmidler.

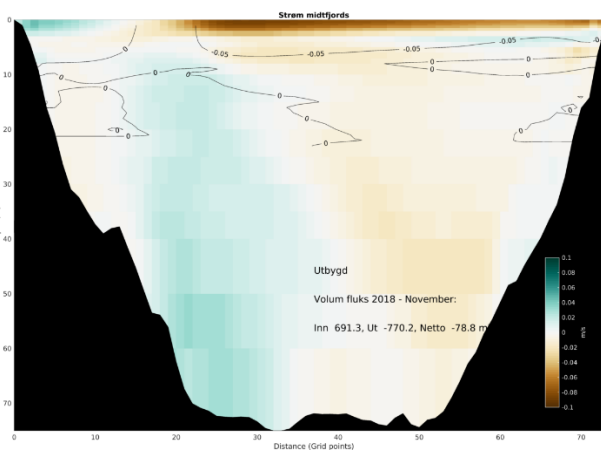
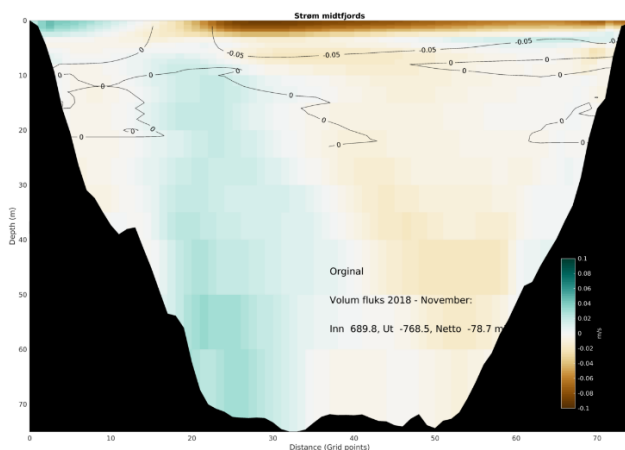
	Ut	Inn	Ut – utbygd	Inn - utbygd
Nov	341.4	251.2	342.2	253.9
Des	313.0	224.0	309.8	222.2
Jan	276.9	228.4	277.2	230.0
Feb	318.8	241.3	315.1	238.9
Mar	347.9	263.4	343.6	260.2
Apr	247.1	203.2	248.9	206.6
Mai	276.6	222.6	270.0	216.9
Jun	272.4	208.5	268.2	205.4

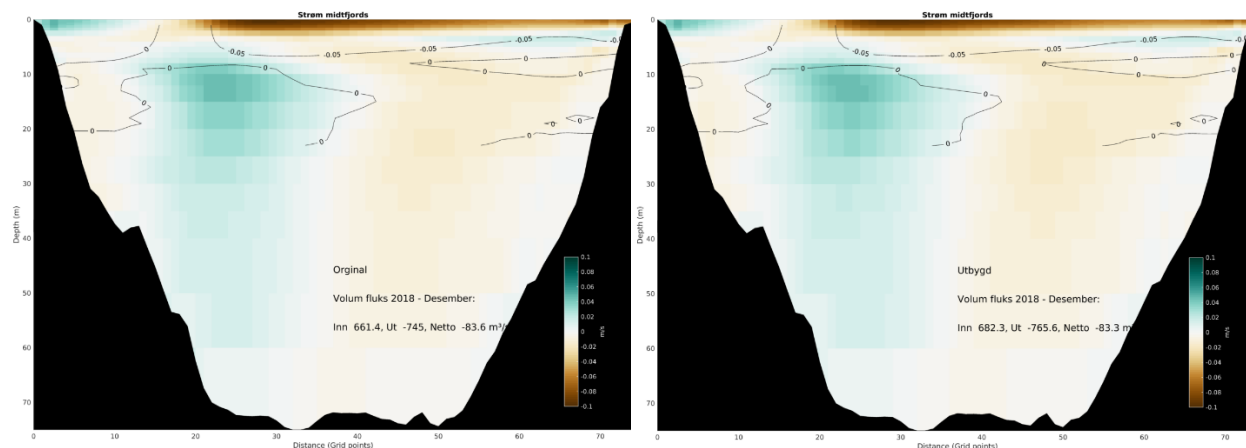


Figur 18. Innstrømming til Topdalsfjorden som gjennomsnitt pr måned.



Figur 19. Den røde linjen i kartet viser plasseringen av snittet som er vist i Figur 20.

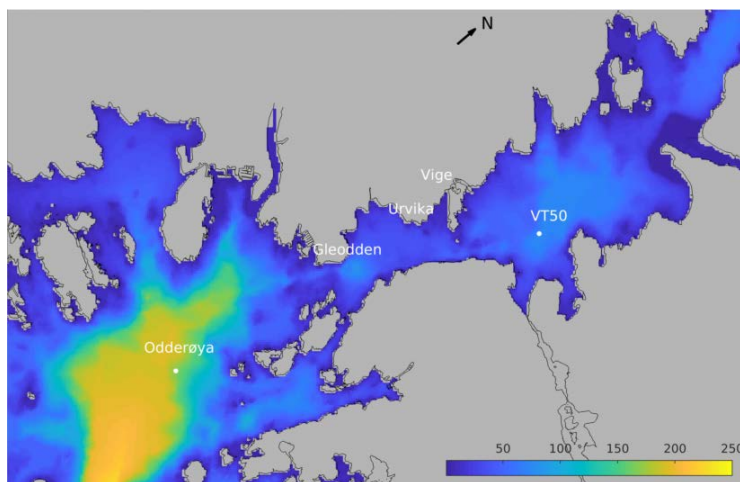




Figur 20. Strøm gjennom et midtfjords snitt (vist i Figur 19) for november og desember 2018. Fargeskalaen viser strømfart og isolinjene markerer punkter med lik strømhastighet. Netto volumtransport gjennom snittet er nær identisk mellom nåtilstand og utbygd tilstand.

3.6 Sammenligning med observasjoner

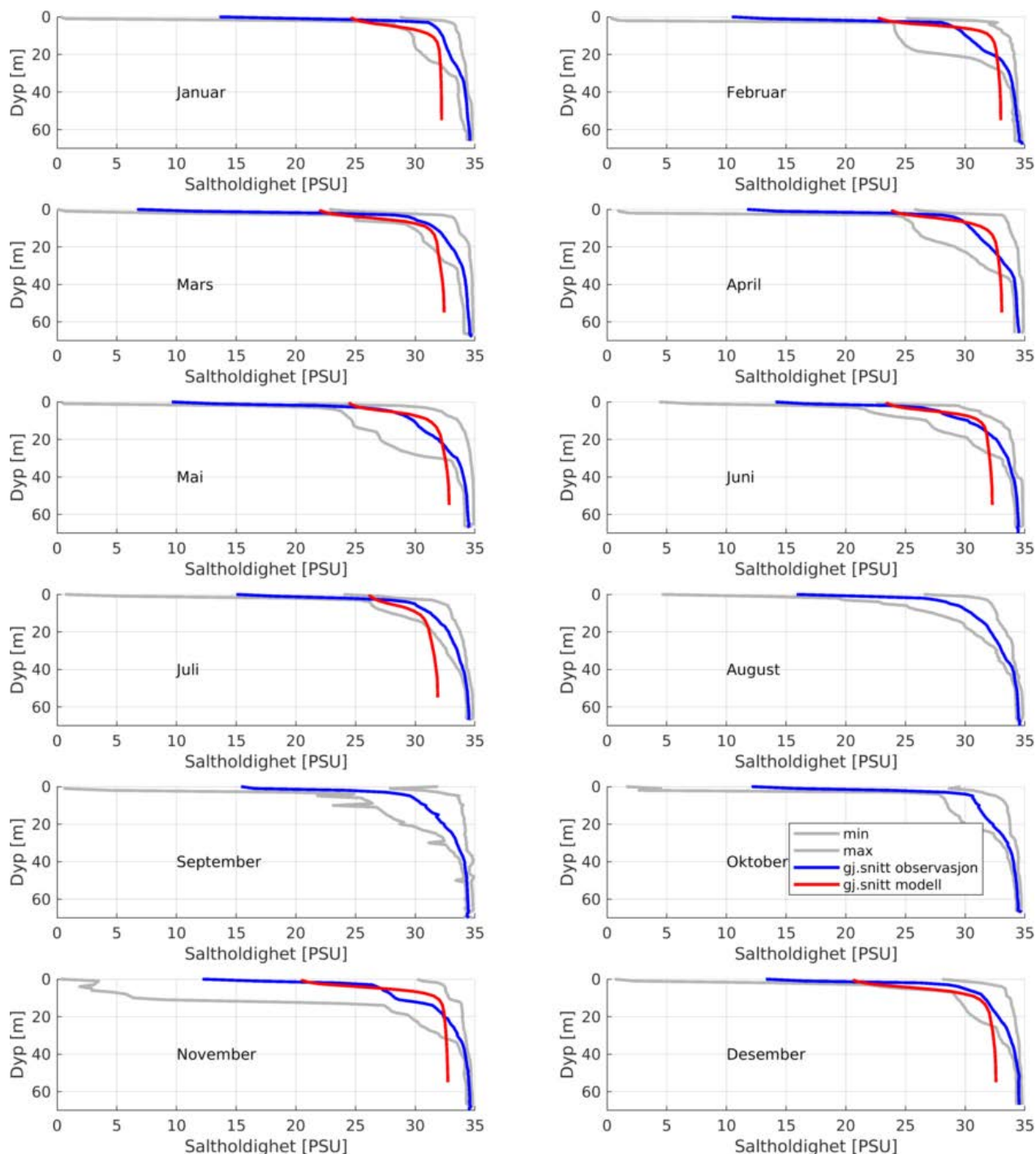
Vi gjør en enkel sammenligning med observasjoner fra to stasjoner som Havforskningsinstituttet har samlet inn data over lengre tid. Det er CTD-profiler som er tilgjengelig, dvs. målinger av temperatur, saltholdighet og trykk fra overflaten og ned til bunnen. Vi plottet disse profilene sammen med minimum 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 månedsvise og plottet disse sammen med månedsmidler fra modellen.



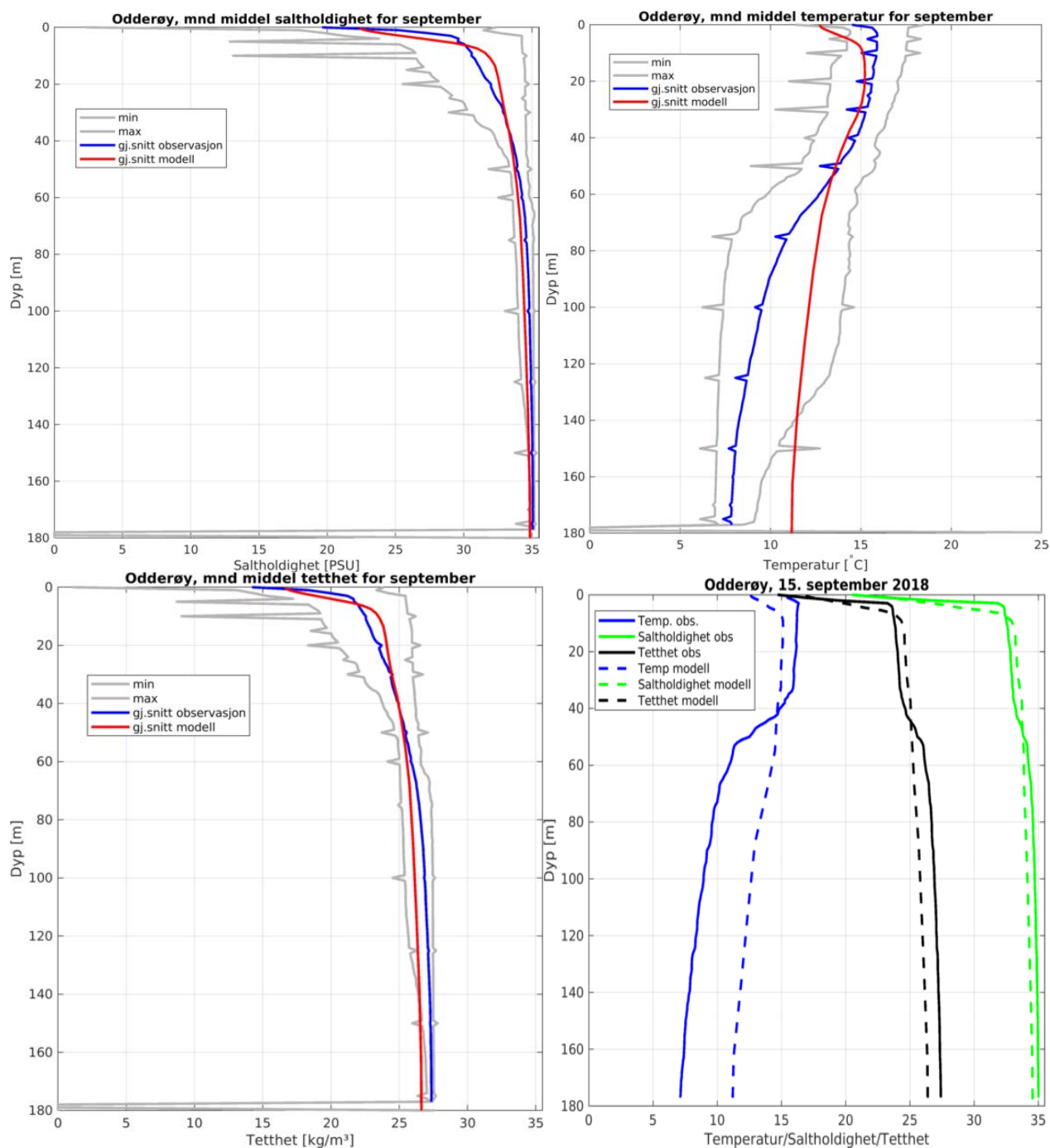
Figur 22. Oversikt over saltholdighets-observasjoner for Topdalsfjorden. Observert middelerdi er blå, og grå streker er minimum og maksimum av observerte verdier (henholdsvis til venstre og til høyre for den blå kurven), rød er simulerte verdier. August og september mangler data fra modell, fordi vi startet modellen i november og kjørt ut juli.

Modellen reproducerer ikke helt den til dels svært lave saltholdigheten i den øverste meteren. Observasjonene ligger en del ganger under 5 PSU³ som historisk minimum i overflaten, og med middelerdi fra 7 til 16. Men modellen er likevel innenfor det observerte spennet i saltholdighet i

³ 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.

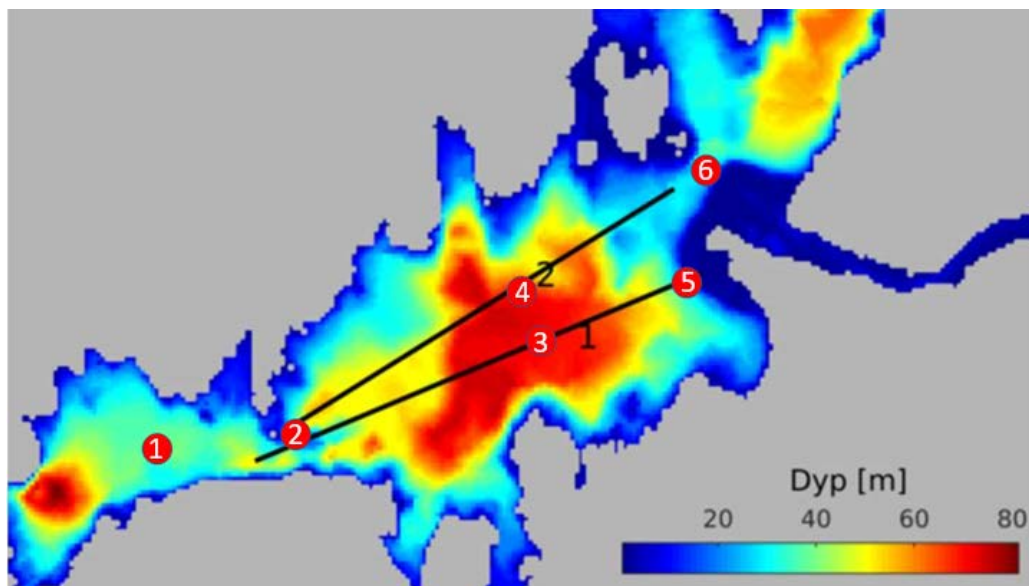
Odderøy.



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.

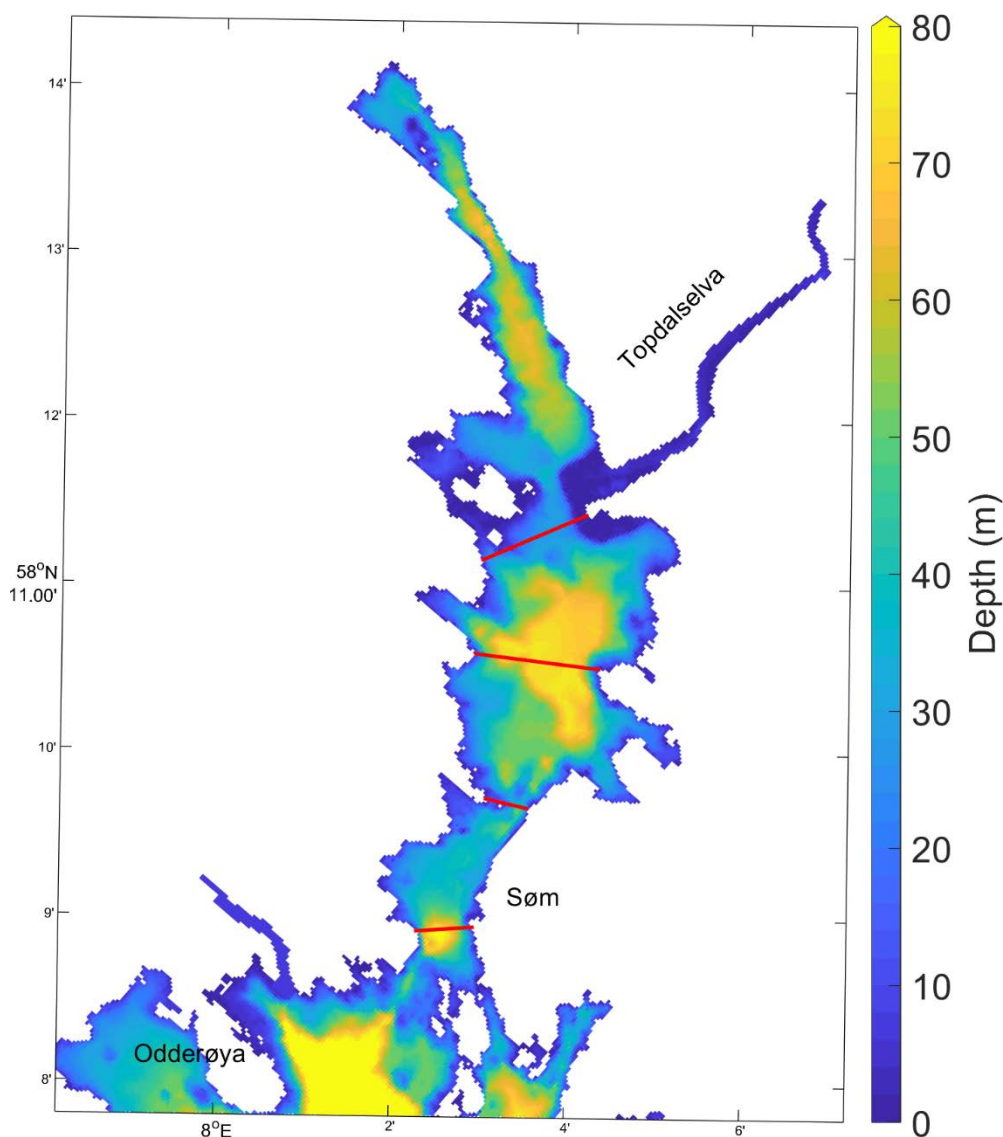
Tabell 6. Liste over saltholdighet innenfor gitte intervaller (oppgitt i timer) i 0.5 m og 2 m dyp for seks punkter, for simulering av nåtilstand og utbygd tilstand. I tilfeller uten forskjell er kun ett tall listet, ellers er nåtilstand skrevet først og utbygd tilstand er etter skråstreken.

	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
2 m dyp						
<=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

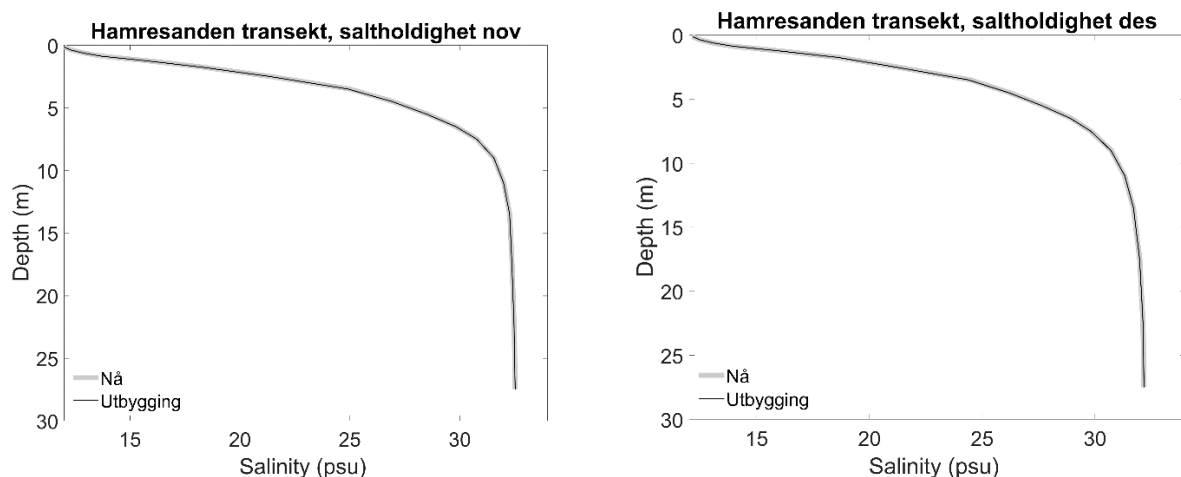
Tabellen viser hvor mange timer saltholdigheten er innenfor gitte intervaller i smoltutvandringsperioden 15. april til 31. mai, for simuleringen av nåtilstand (tallene til venstre for skråstreken) og for utbygd tilstand. Vi ser som forventet at saltholdigheten er høyere lengst ute og blir gradvis lavere 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.

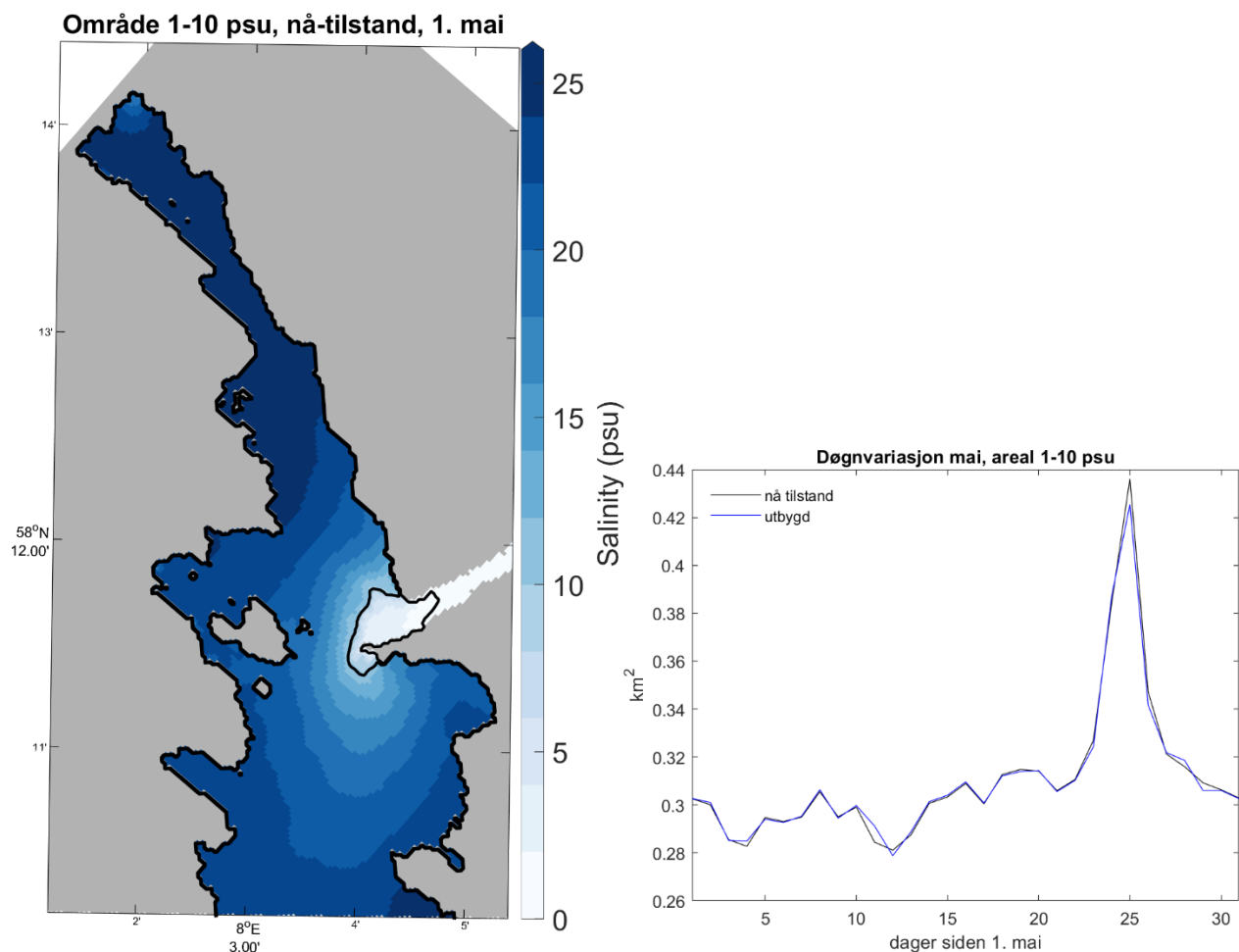


Figur 26. Eksempel på snitt med saltholdighet fra Hamresanden, det nordligste snittet, for november og desember 2018. Nåtilstand er plottet med en tykk grå linje og utbygd tilstand er plottet med tynn sort linje. Kurvene ligger oppå hverandre, og derfor ser det ut som bare én linje. For alle snittene 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 Varoddbua.

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 Varoddbua 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 Varoddbua 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 Varoddbua 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 middelerverdier 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 mellomstykke 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, middelfilen 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 i 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 Exhibitor 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 næringssalter og agens i en økosystemmodell. SINTEF Rapport ISSN 1504-9795.

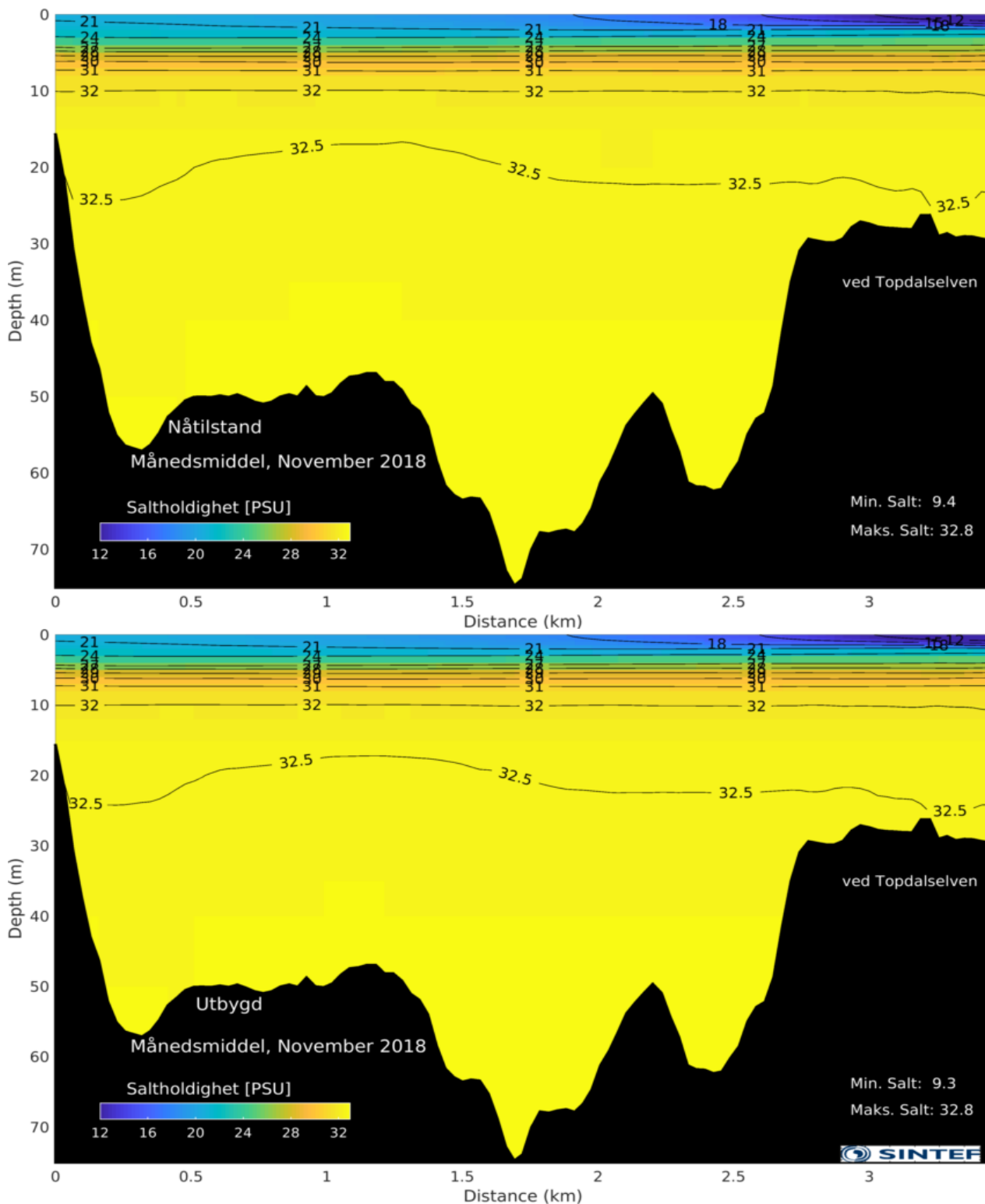
Uglem Ingebrigt, Øyvind Knutsen, Olav Sigurd Kjesbu, Øyvind J. Hansen, Jarle Mork, Pål Arne Bjørn, Rebekka Varne, Rune Nilsen, Ingrid Ellingsen, Tim Dempster (2012) Extent and ecological importance of escape through spawning in sea-cages for Atlantic cod *AQUACULTURE ENVIRONMENT INTERACTIONS* Vol. 3: 33–49. doi: 10.3354/aei00049

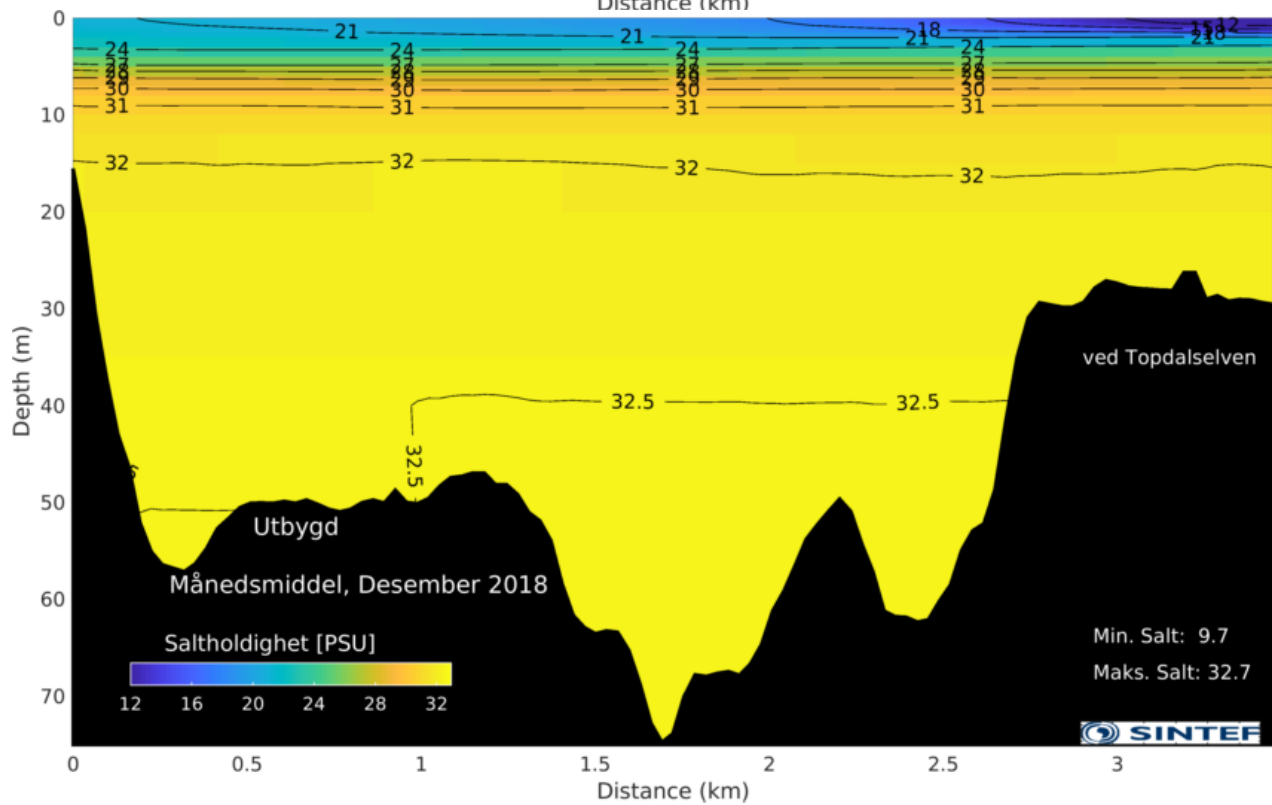
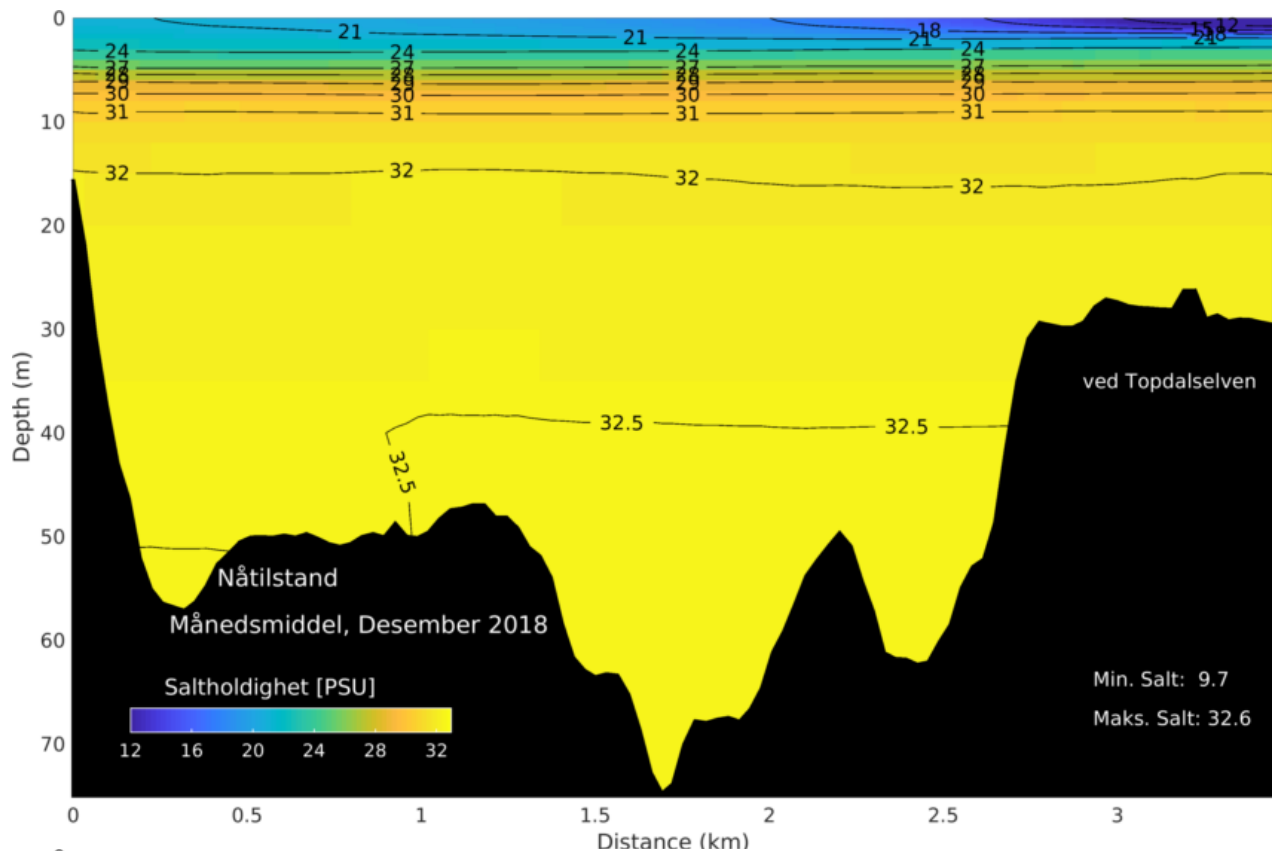
A Appendiks

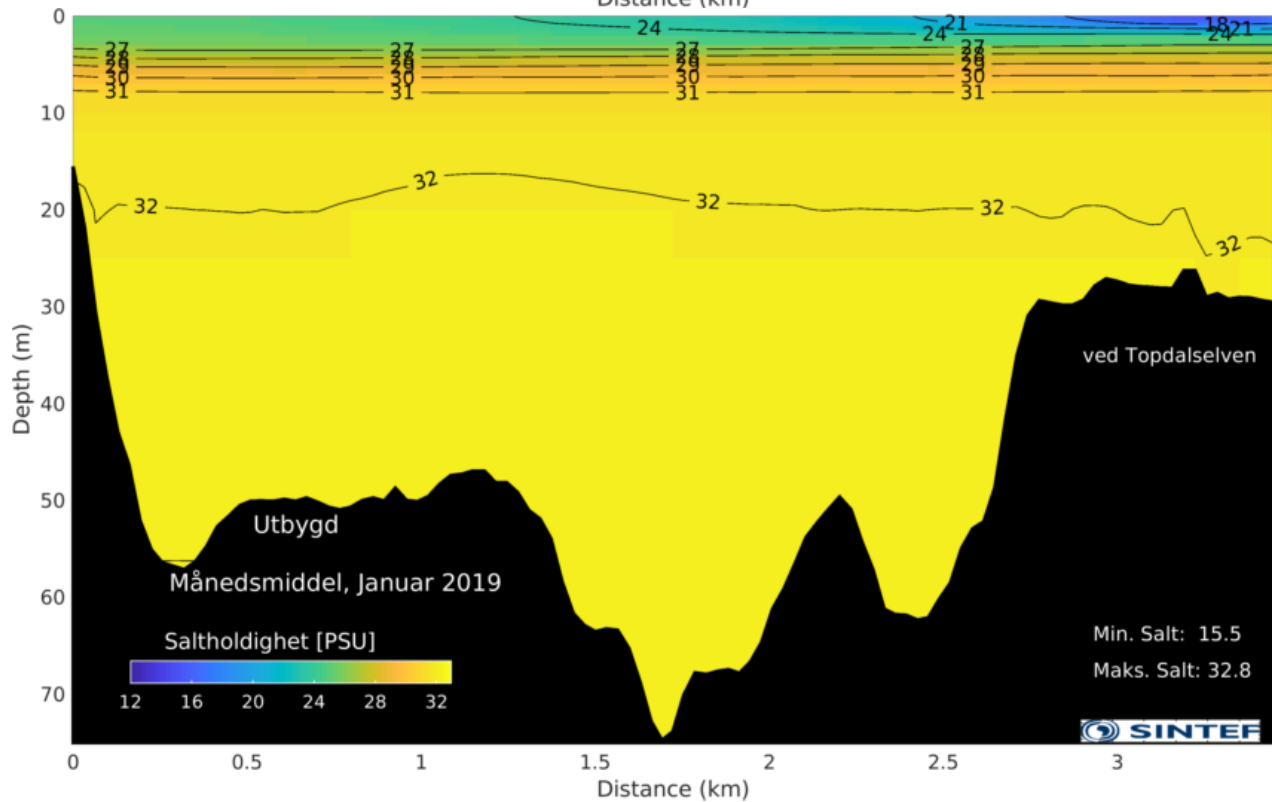
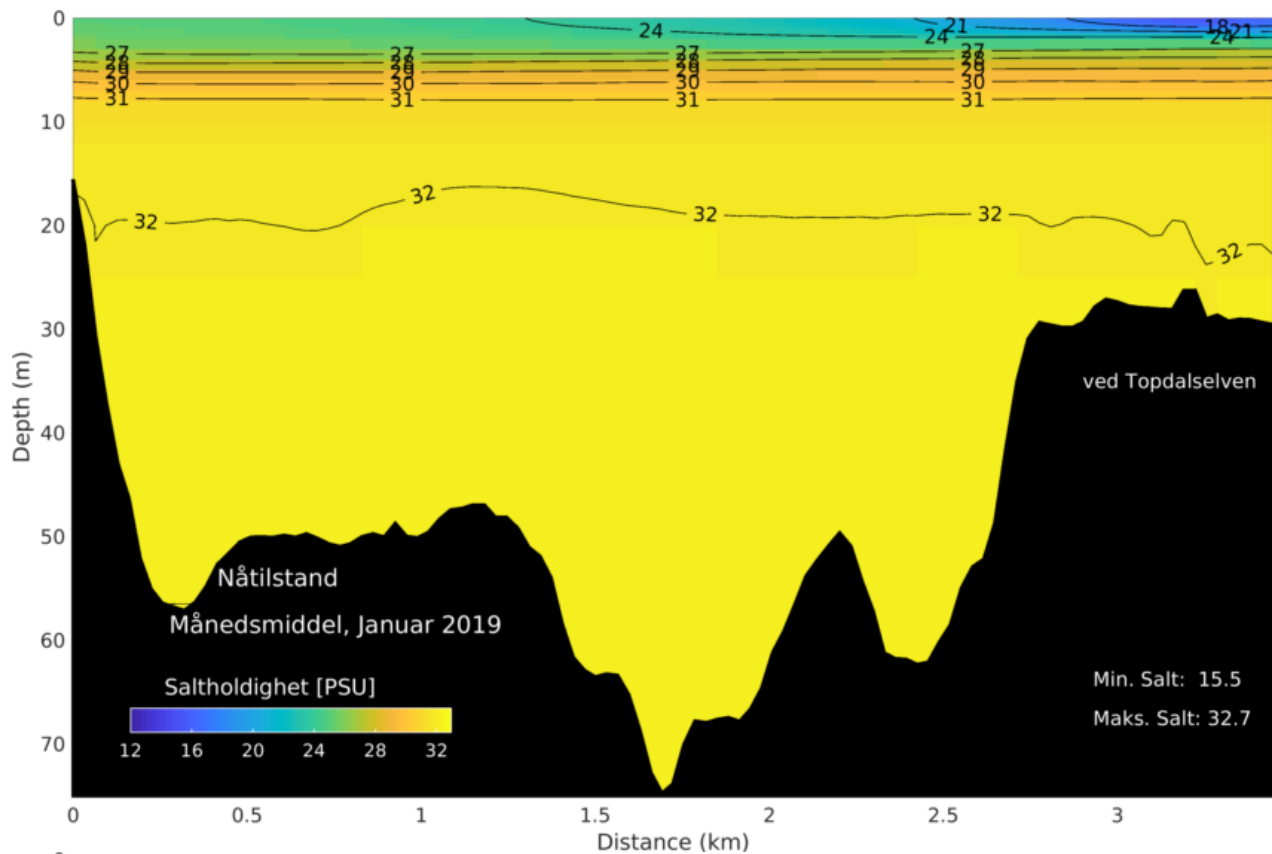
Her legger vi noen figurer som tilleggsinformasjon.

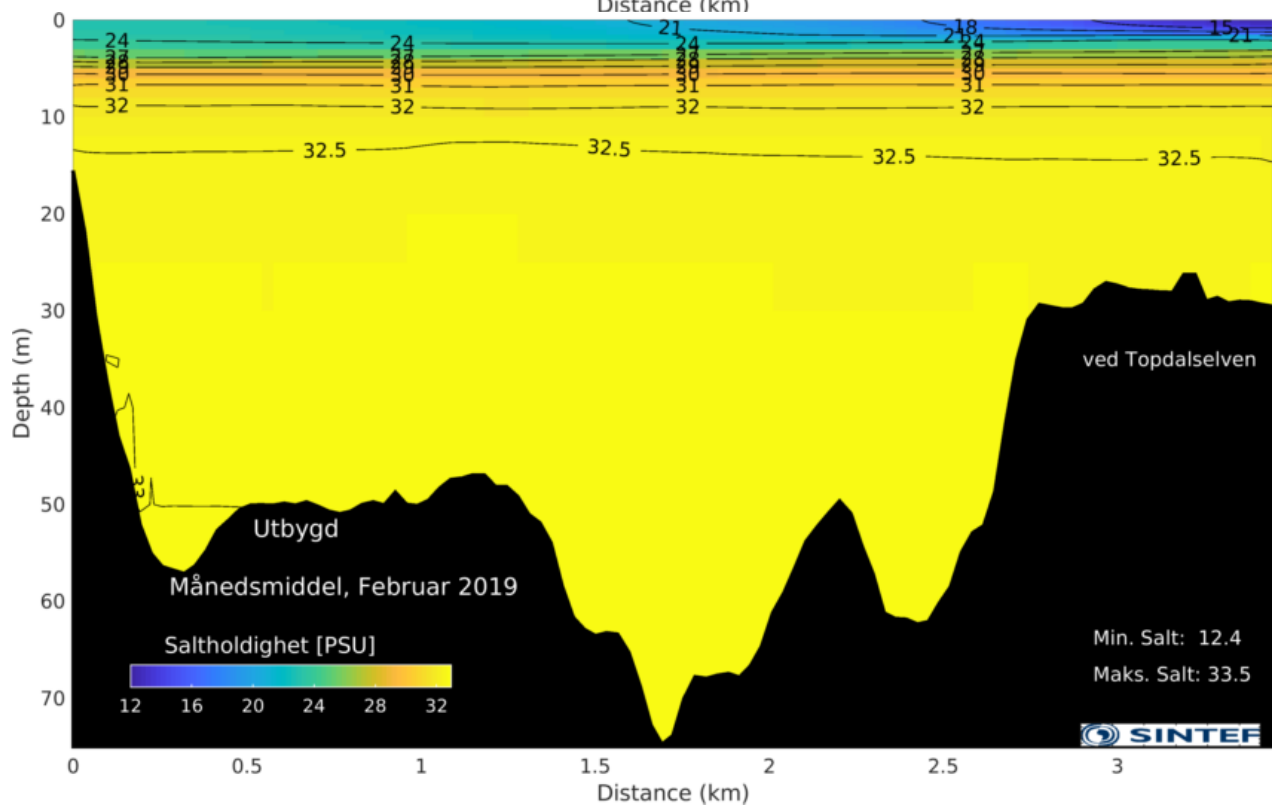
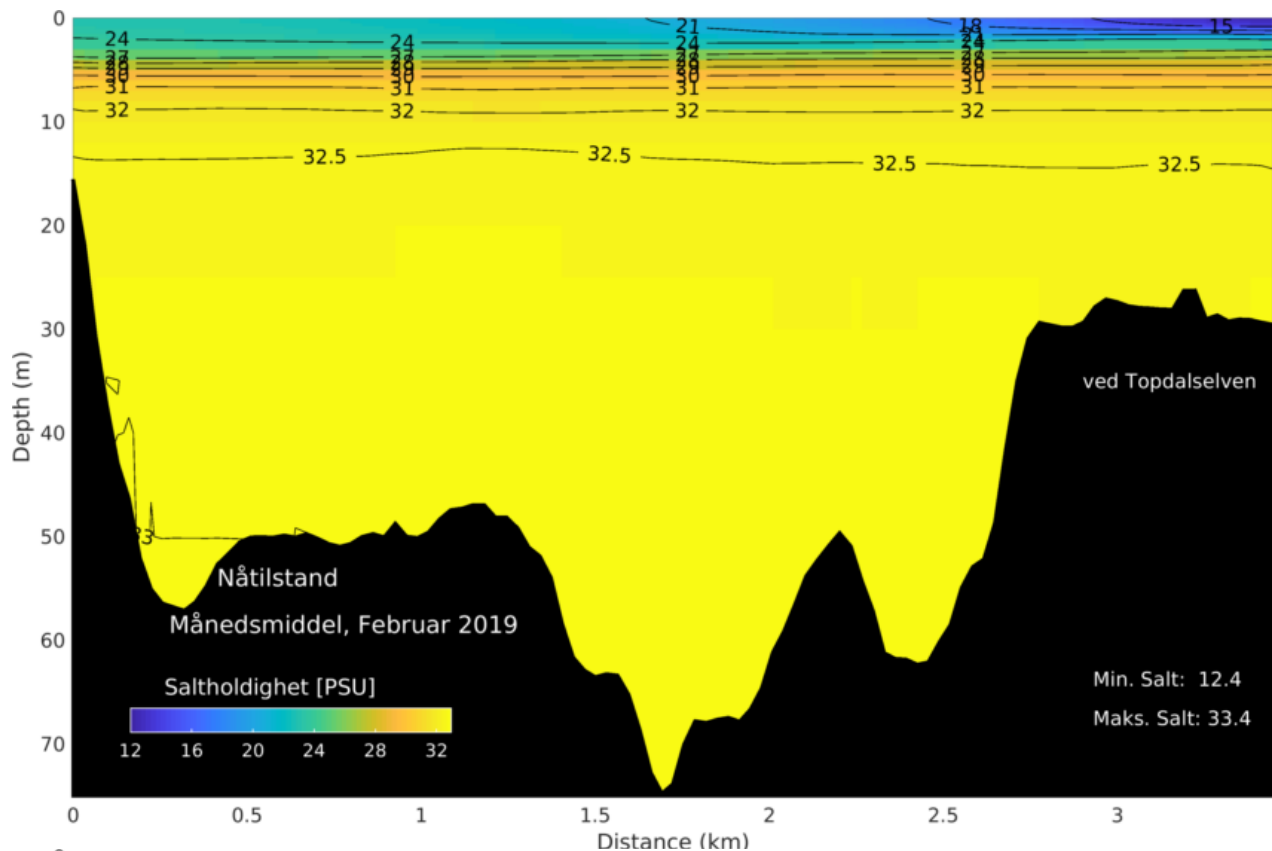
A.1 Snitt 2

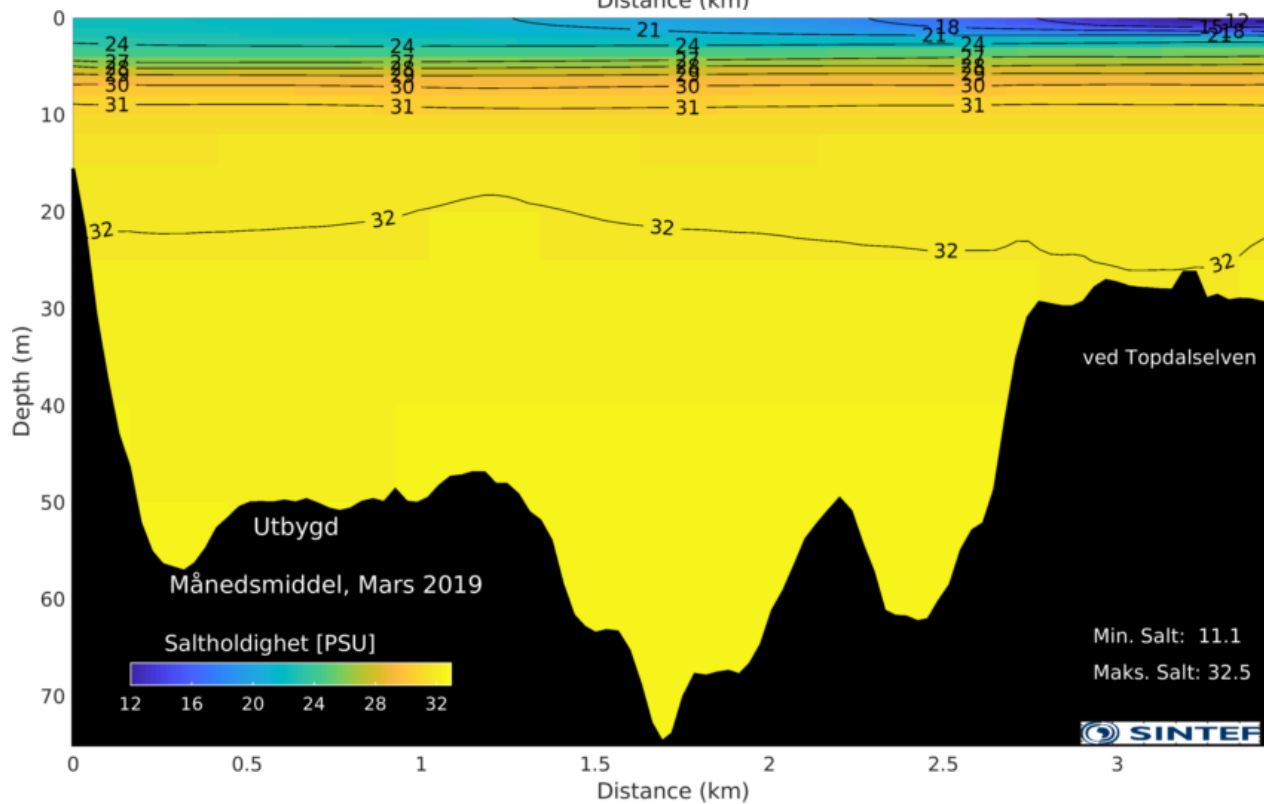
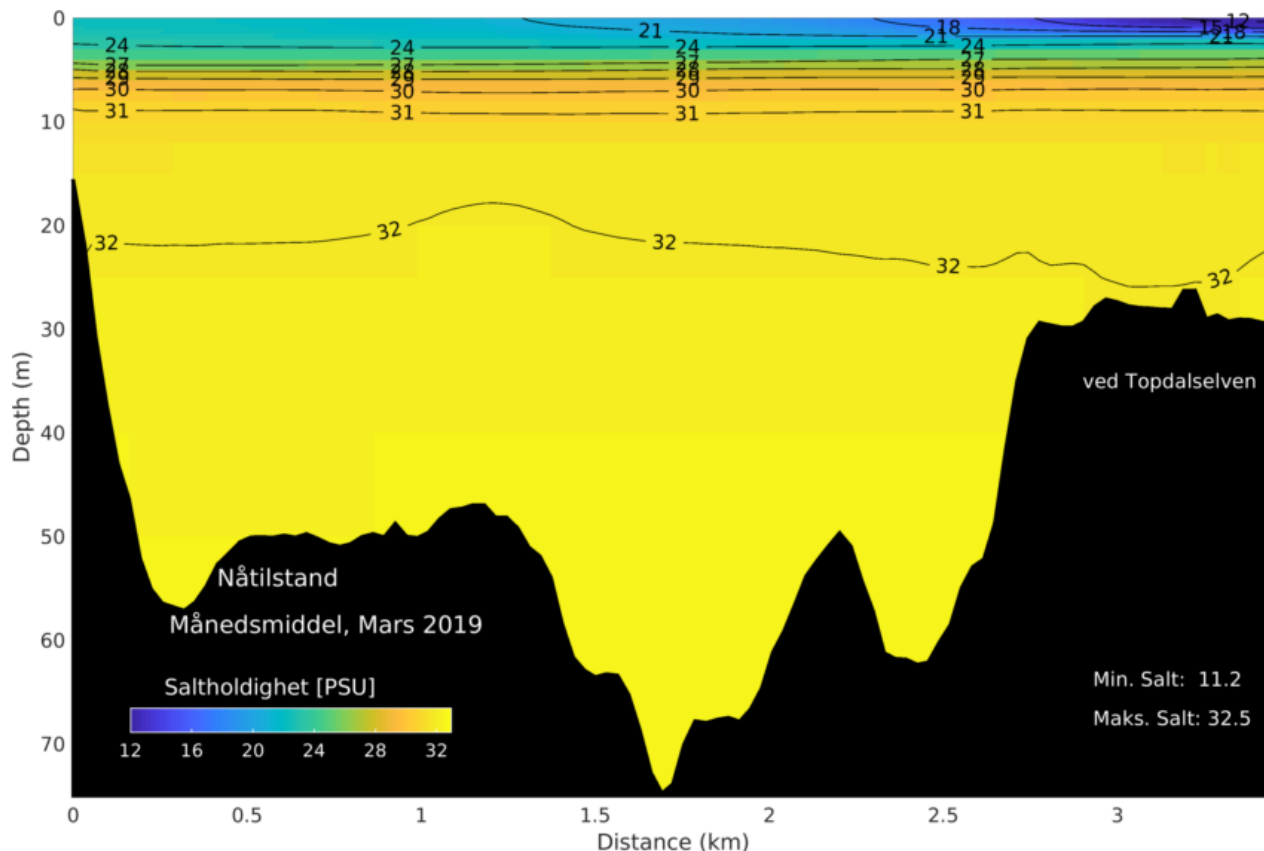
Snitt 2 går fra like innenfor Varoddbrua og til terskelen før Ålefjærfjorden / utenfor Topdalselva, se Figur 8. Vi har plottet saltholdighet for å se etter endringer mellom de to simuleringene.

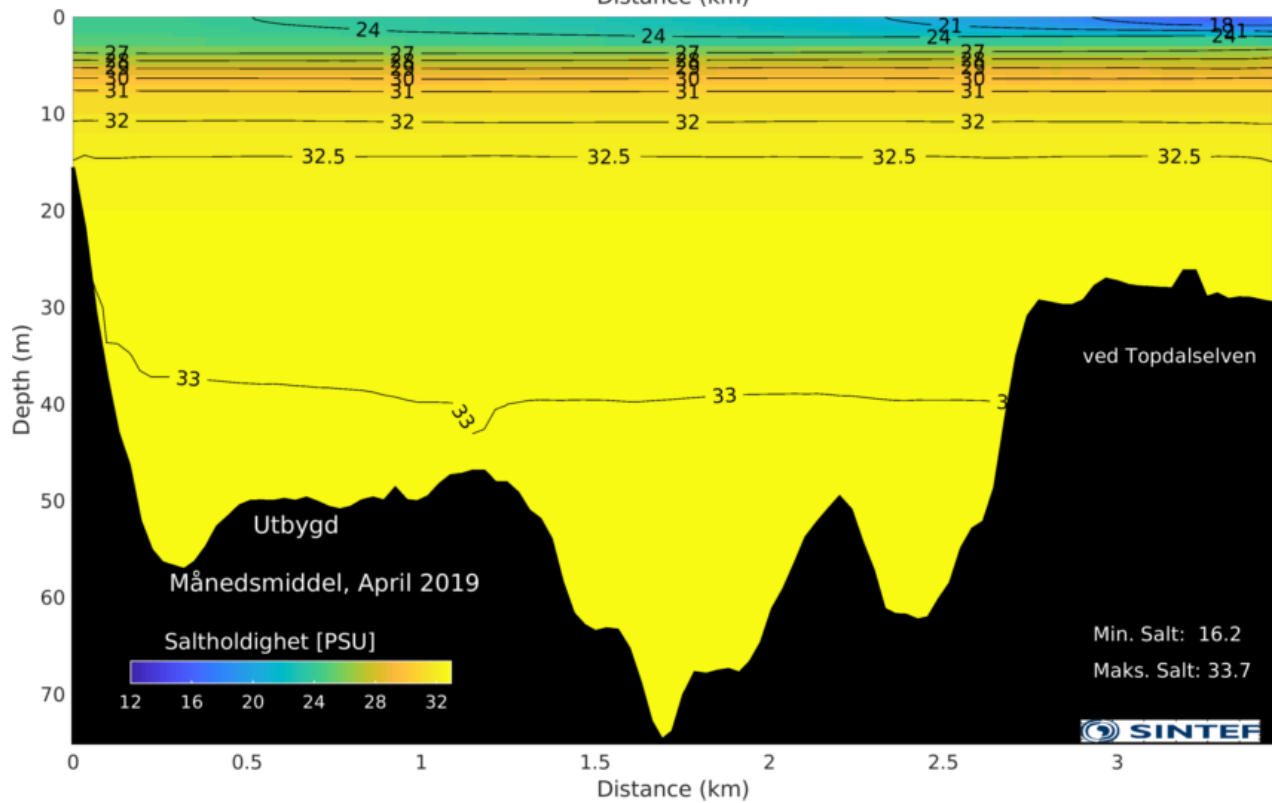
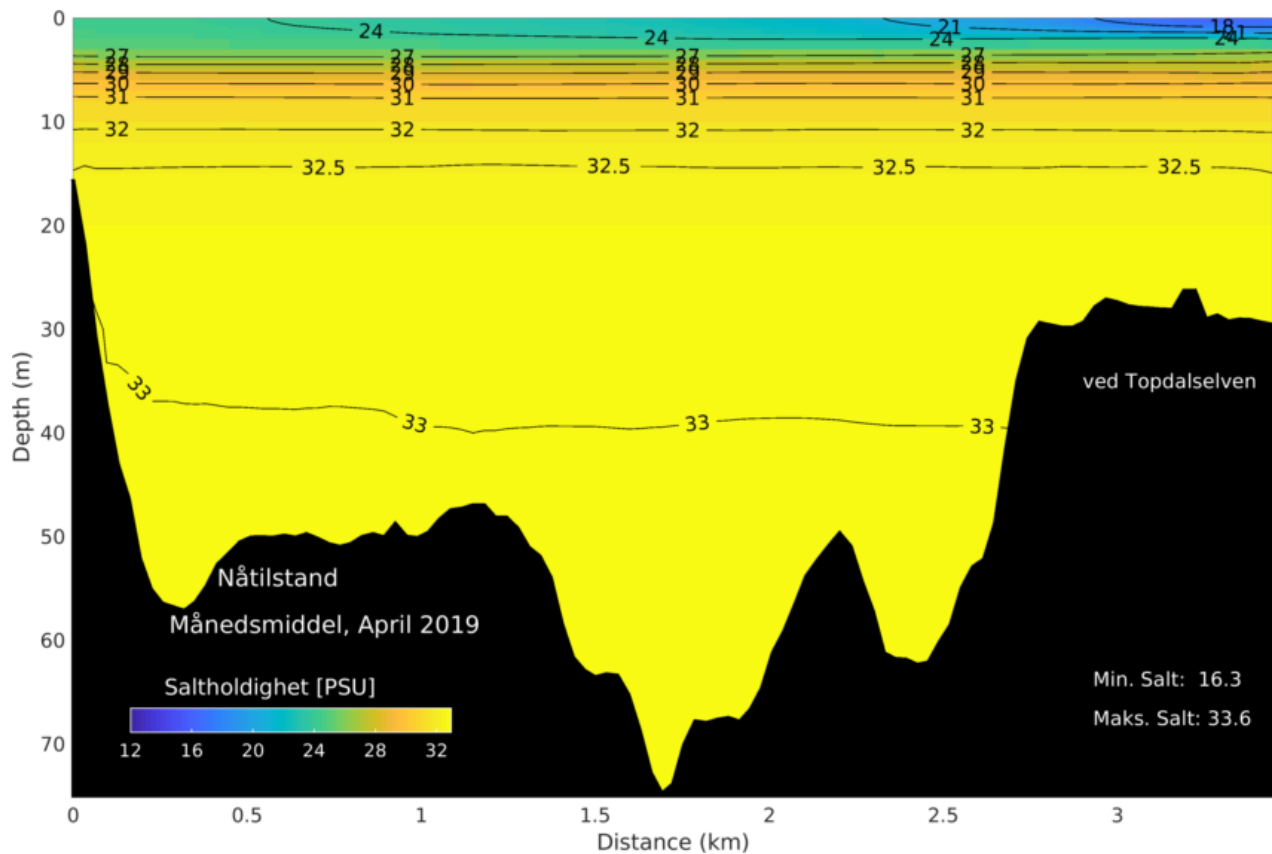


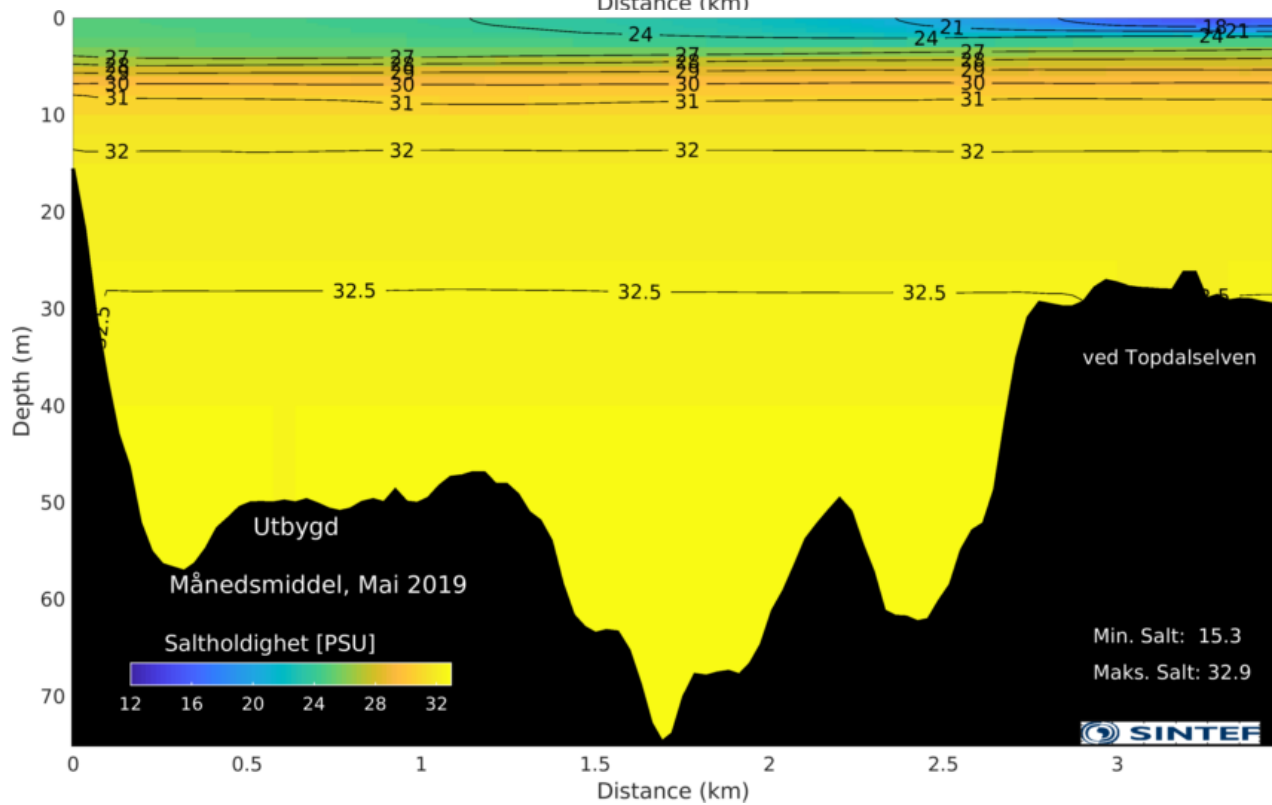
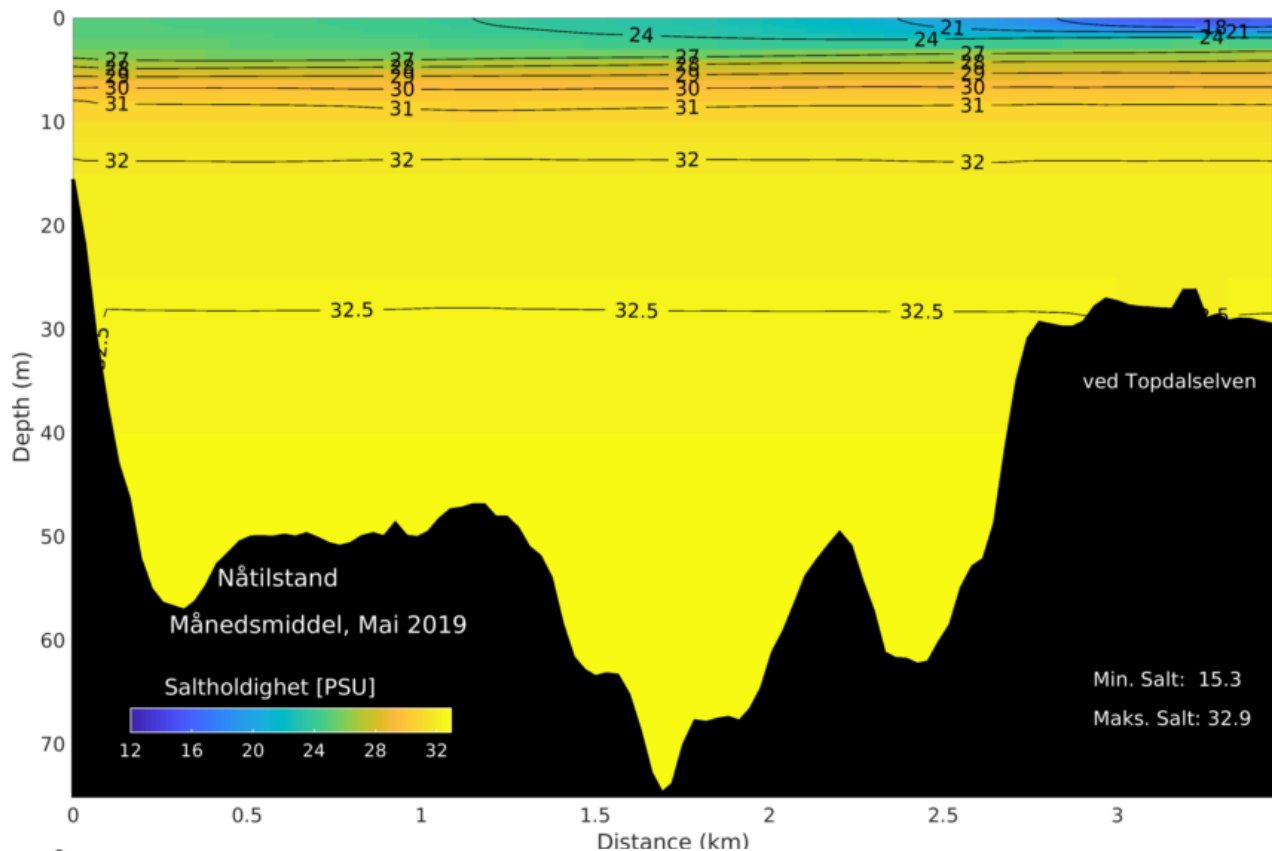


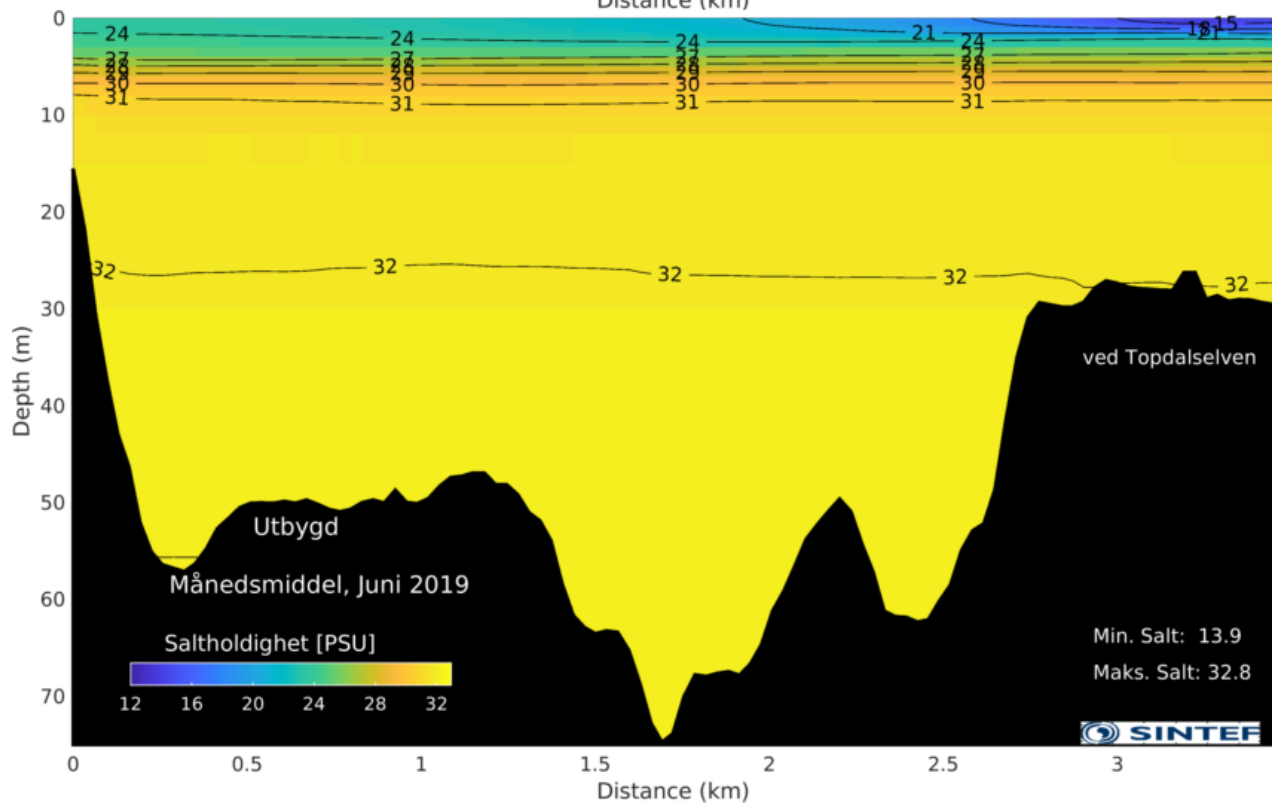
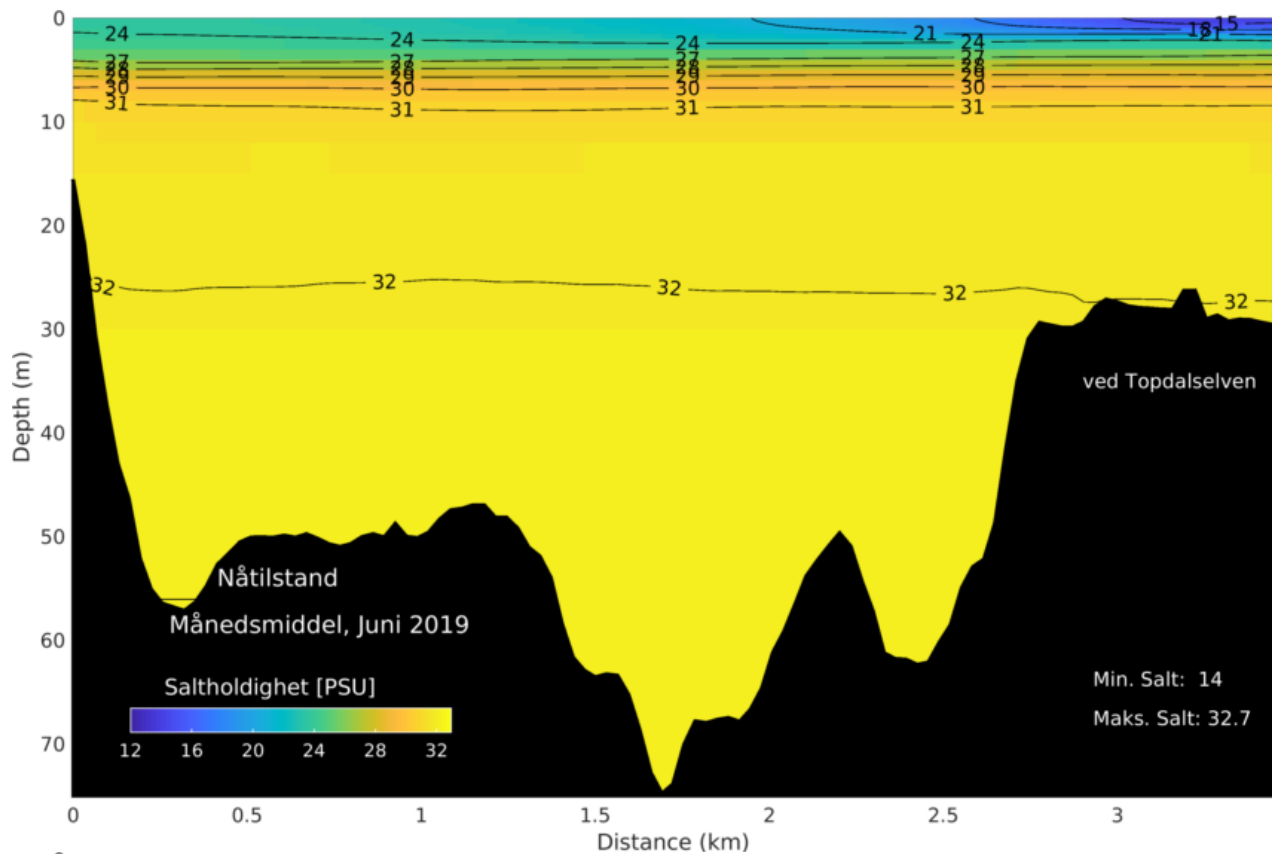


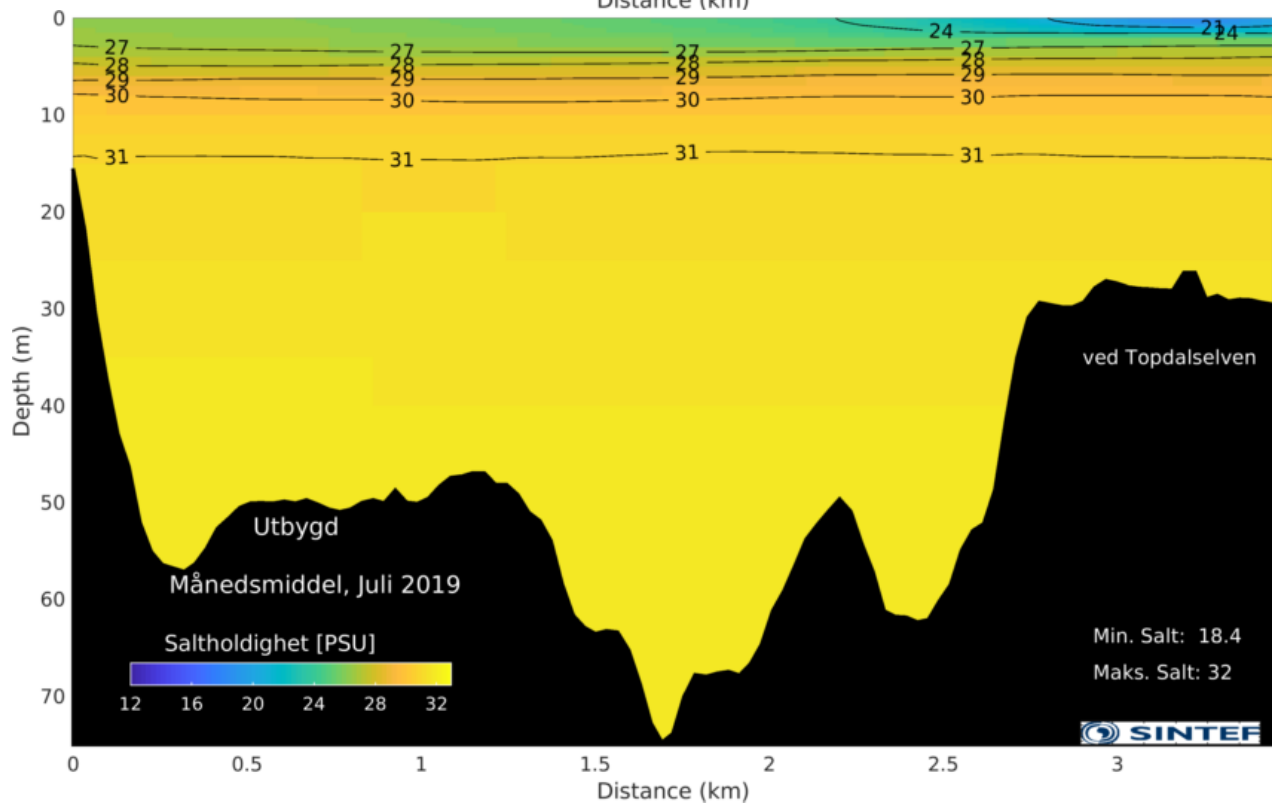
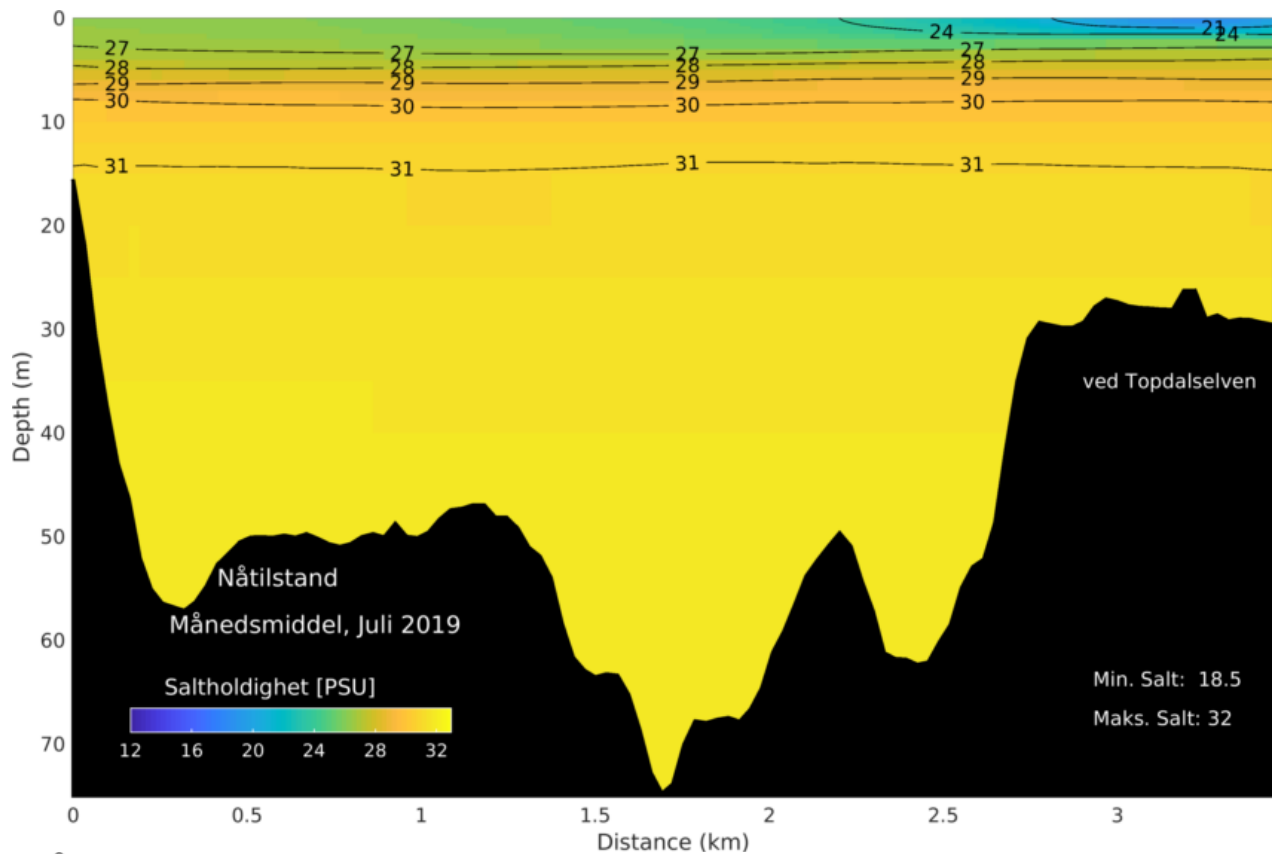






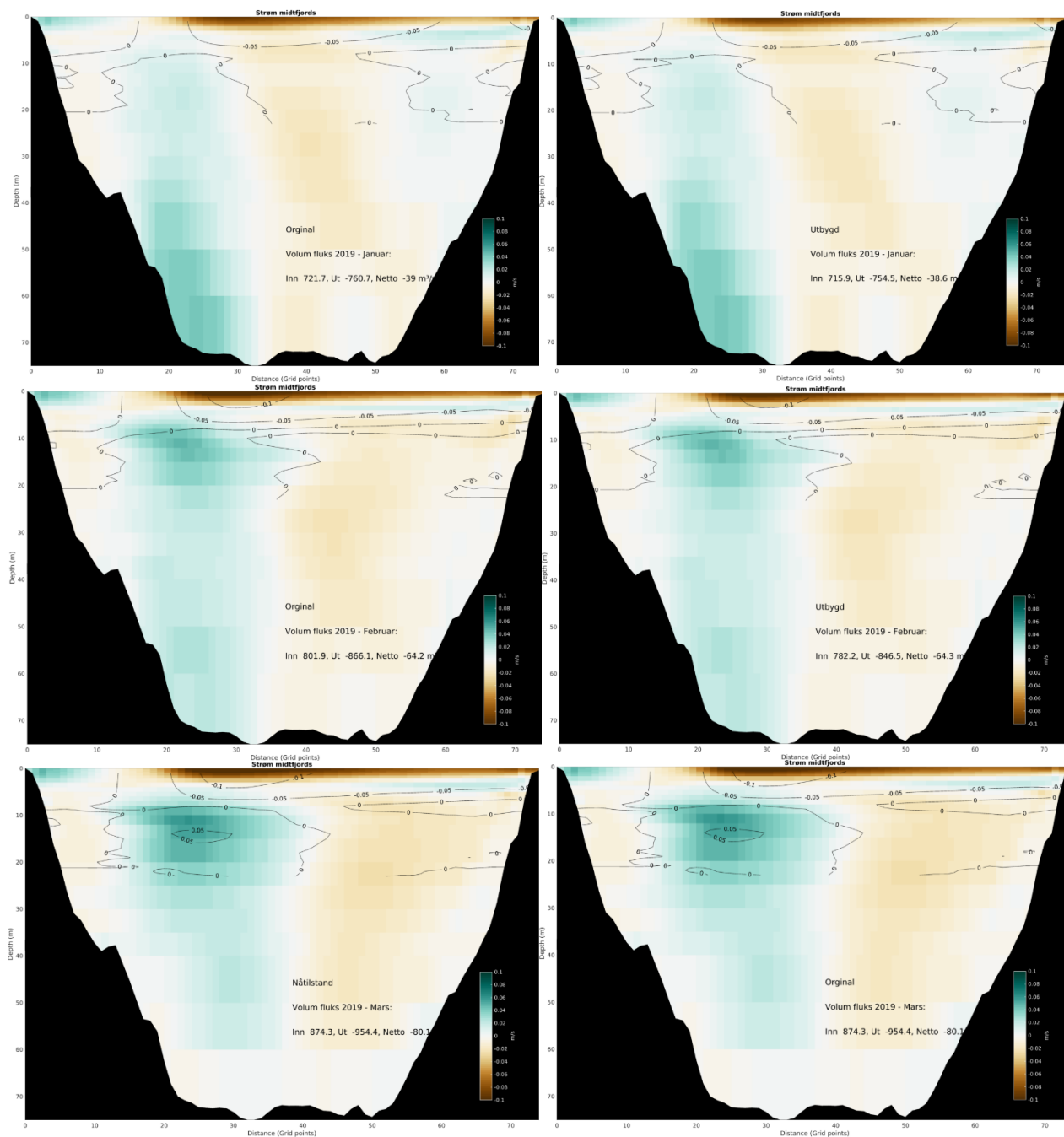


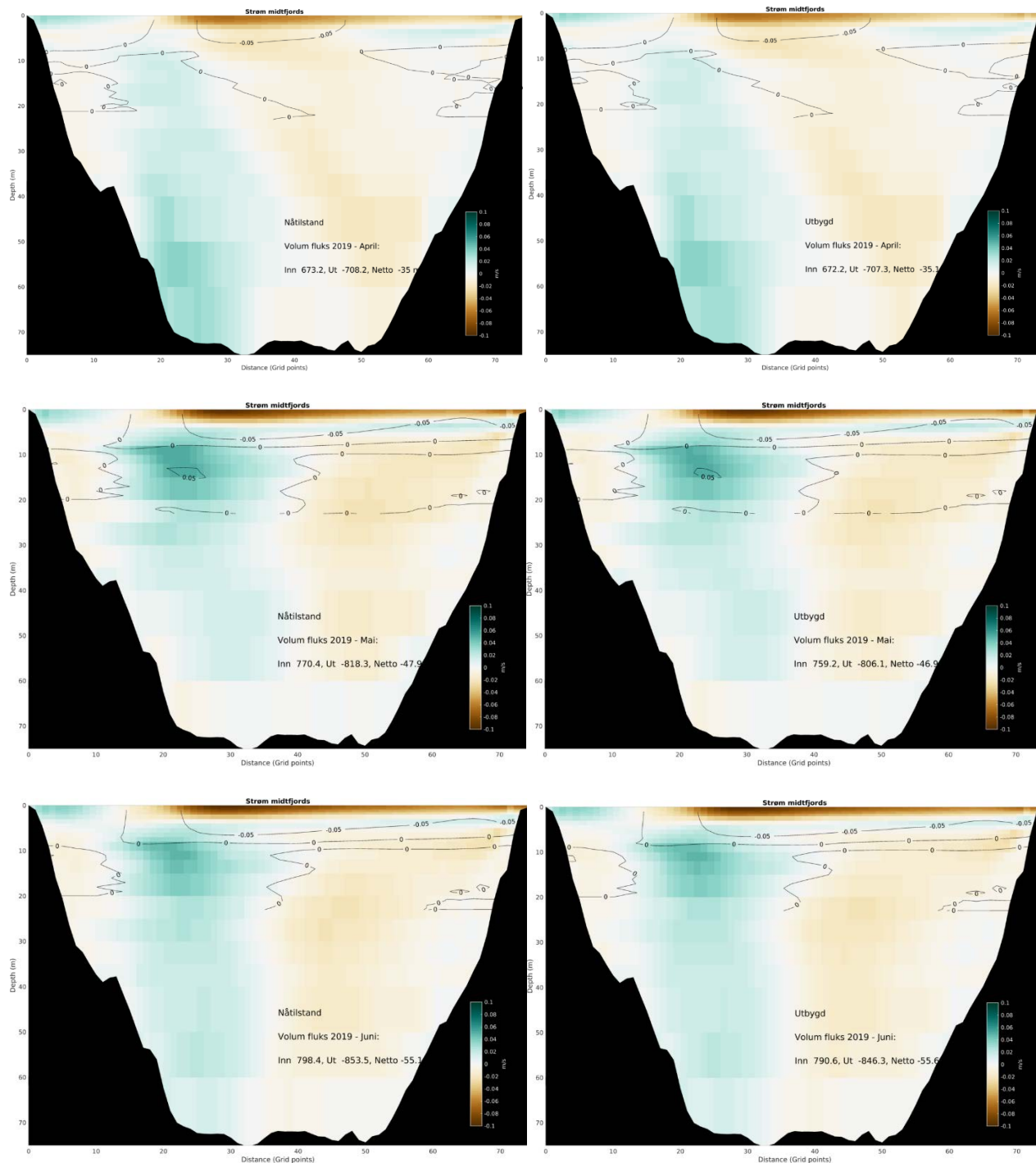




A.2 Snitt midtfjords

Her er resten av månedene fra Figur 20, januar – juli 2019.

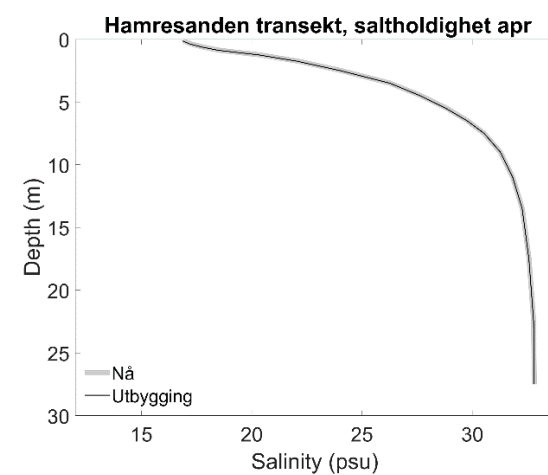
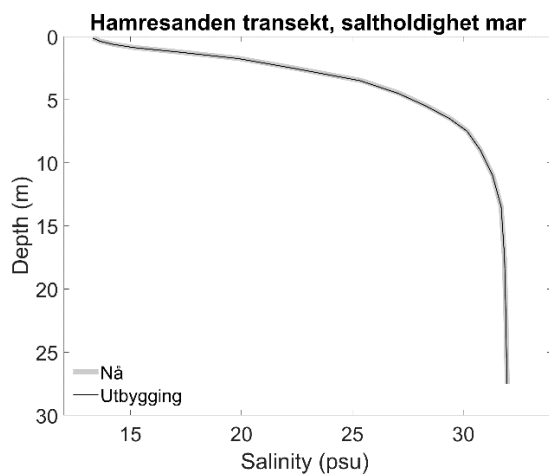
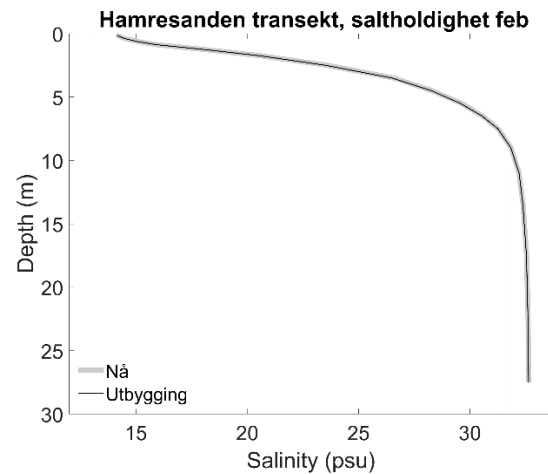
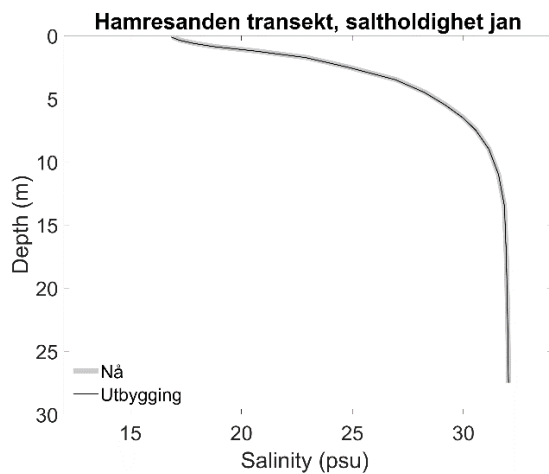
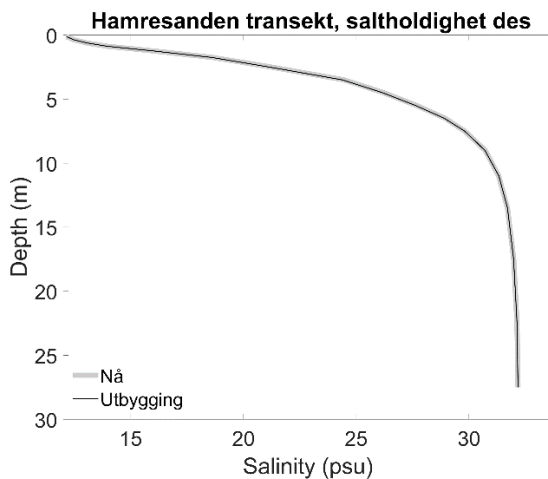
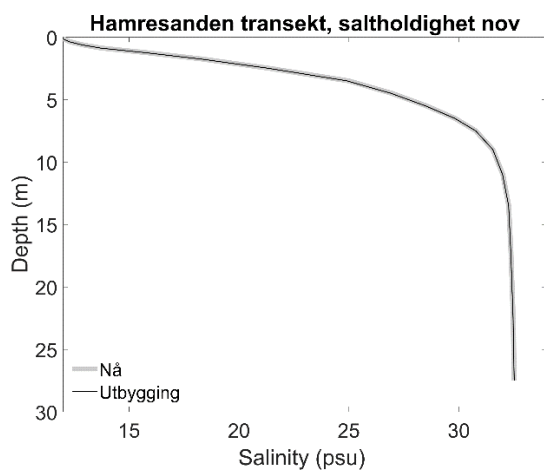


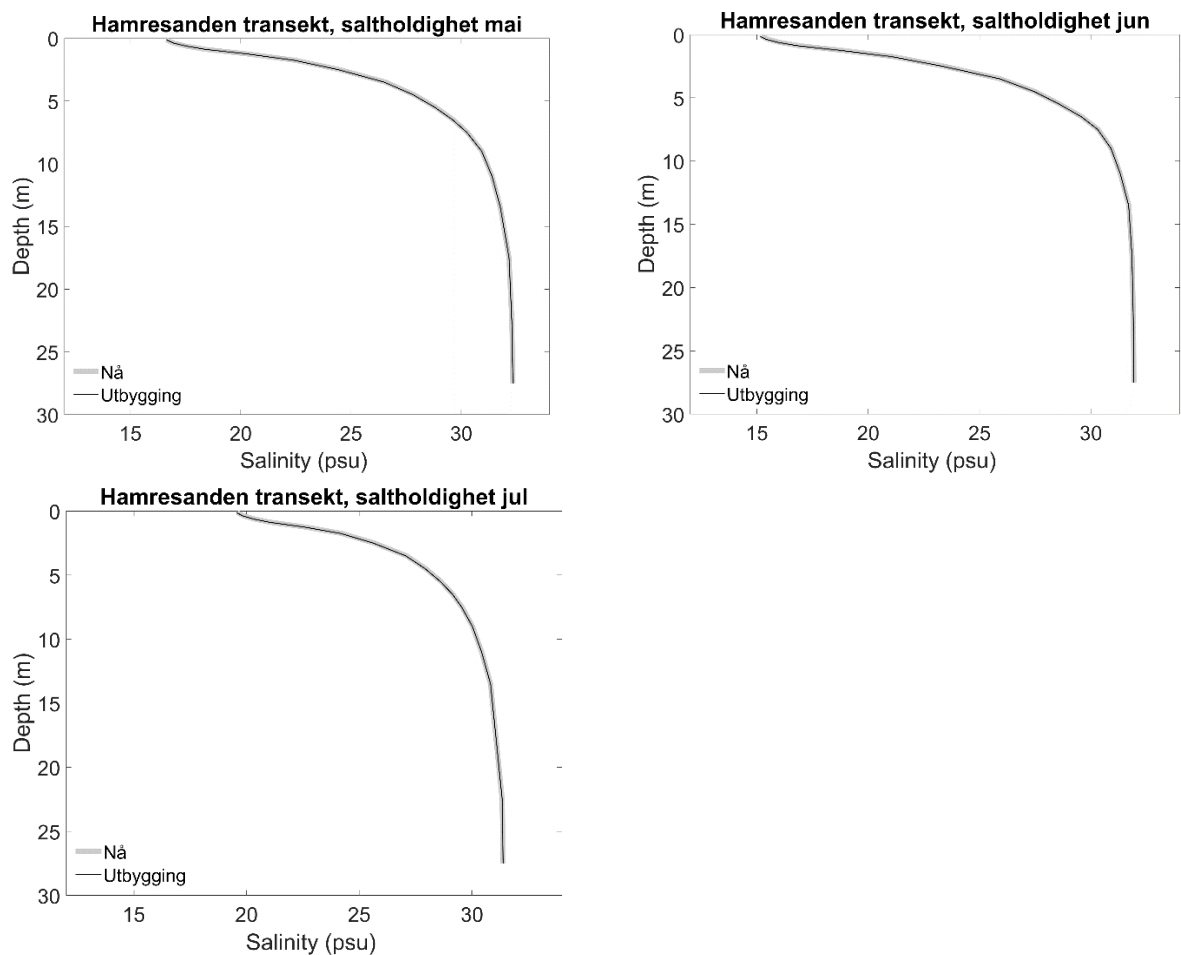


Figur A2. Snittet fra Figur 20, januar – juli 2019.

A.3 Saltholdighetsprofiler

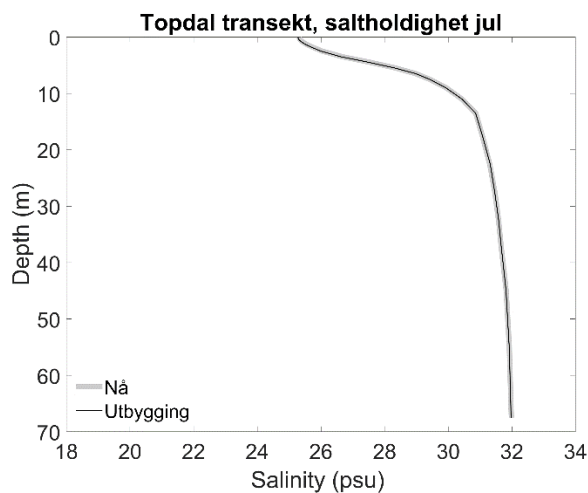
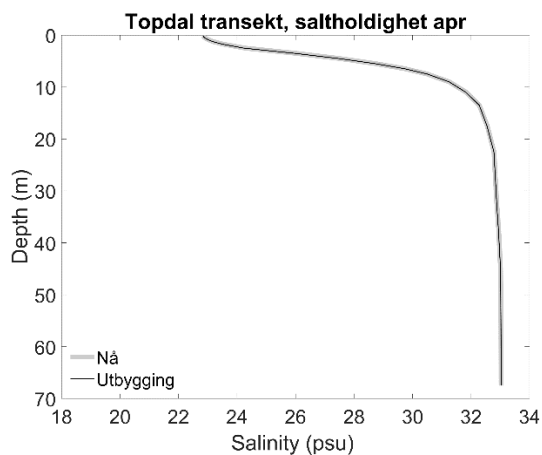
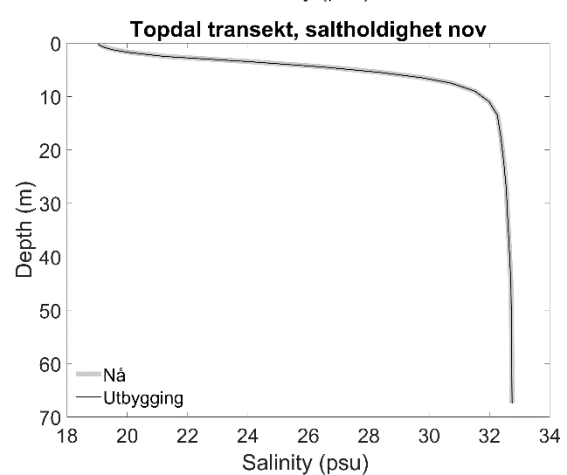
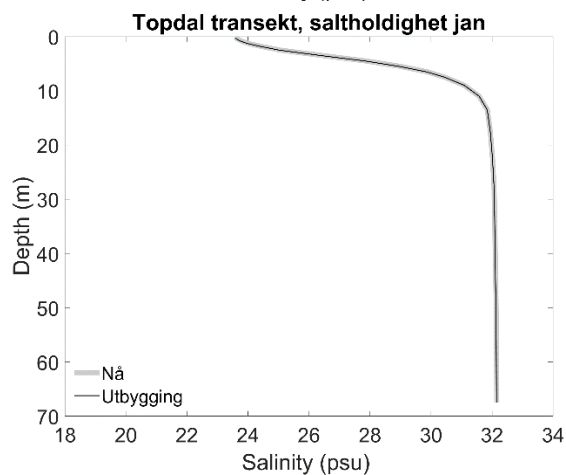
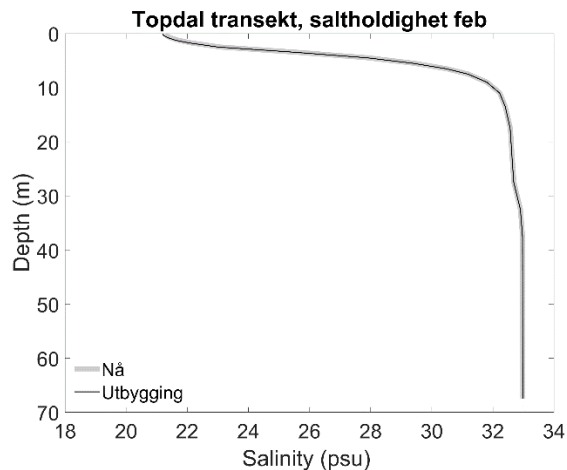
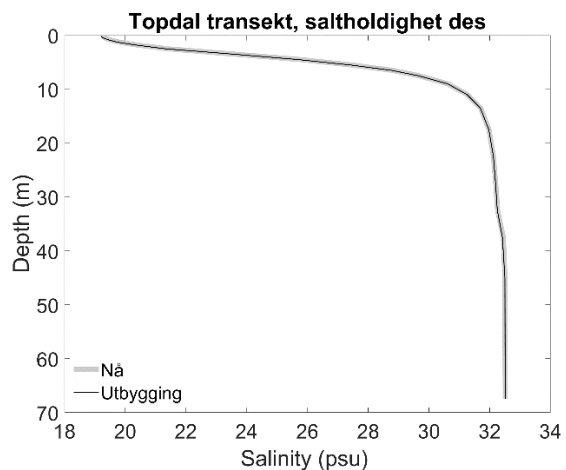
Hamresanden

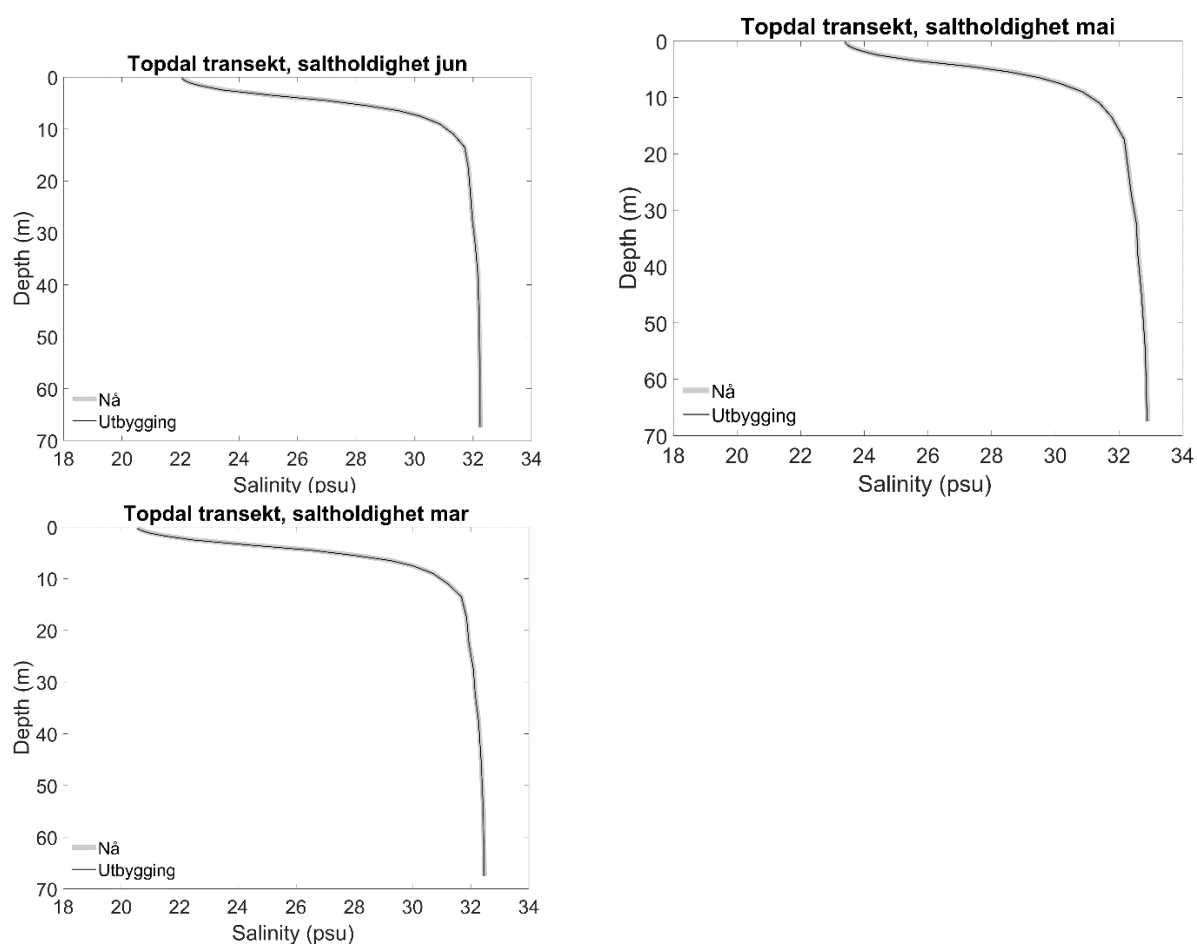




Figur A3.1 viser saltholdighetssnittene for Hamresanden for november 2018 til juli 2019.

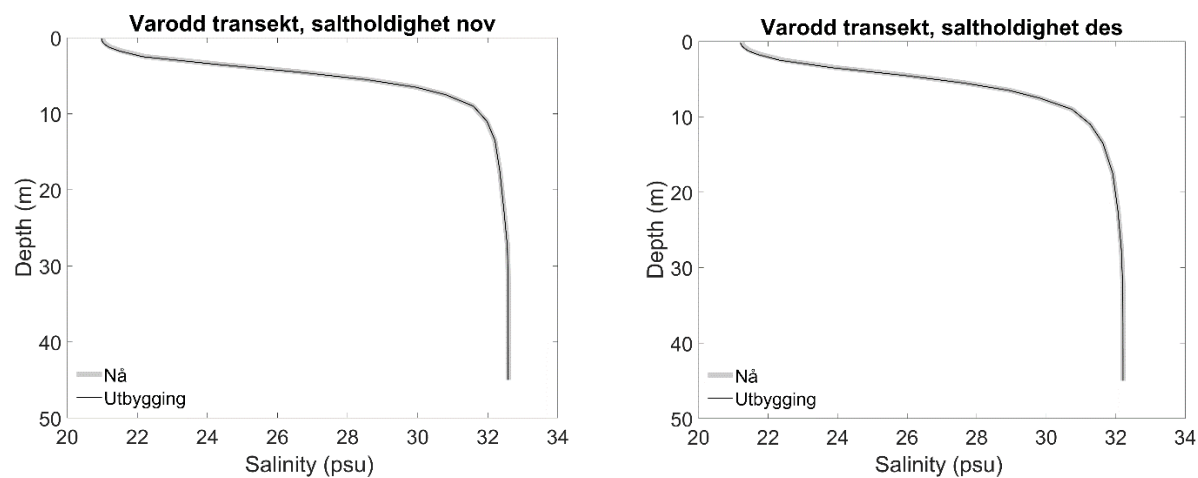
Topdal

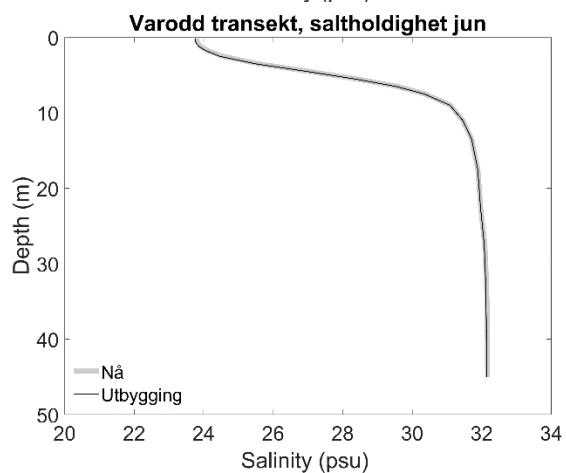
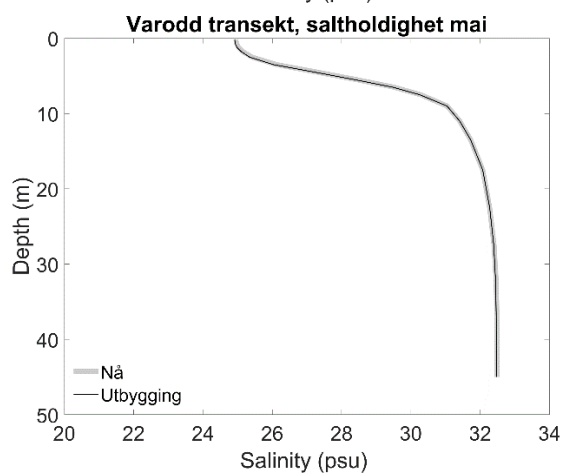
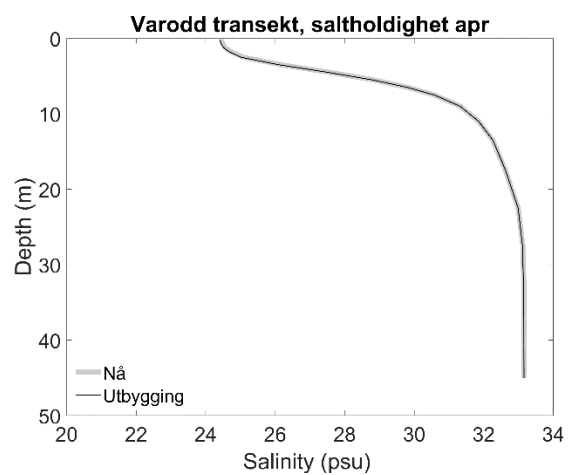
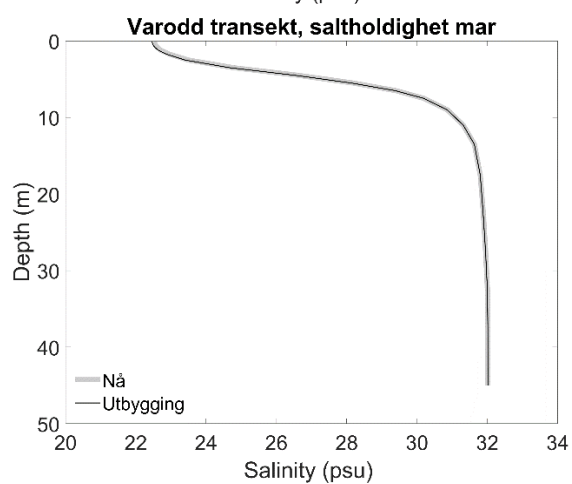
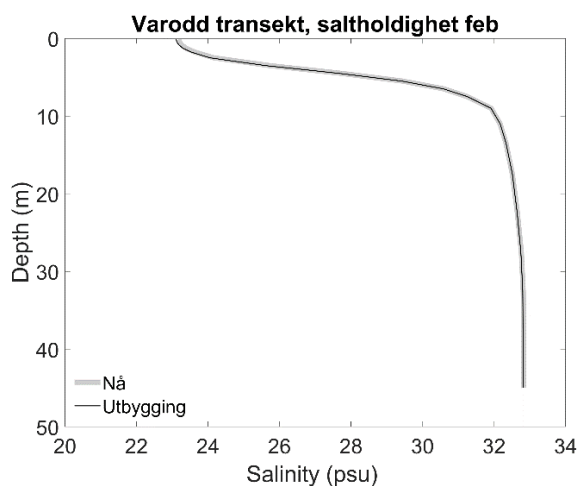
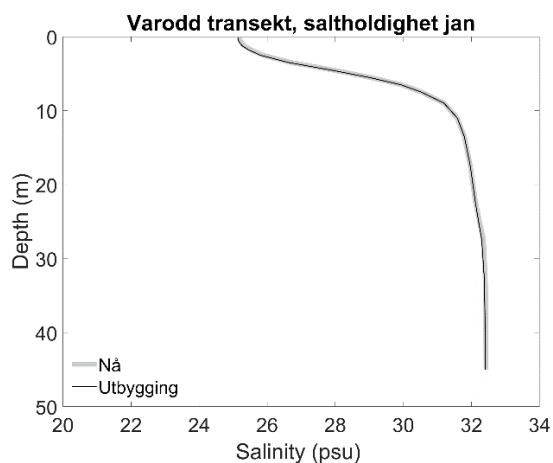


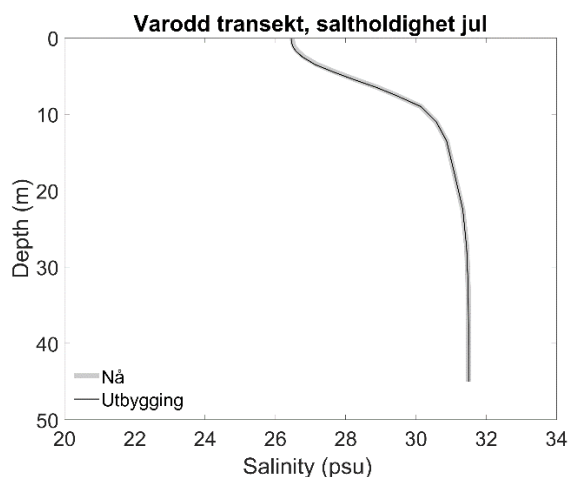


Figur A2 viser saltholdighetssnittene for Topdal for november 2018 til juli 2019.

Varodd

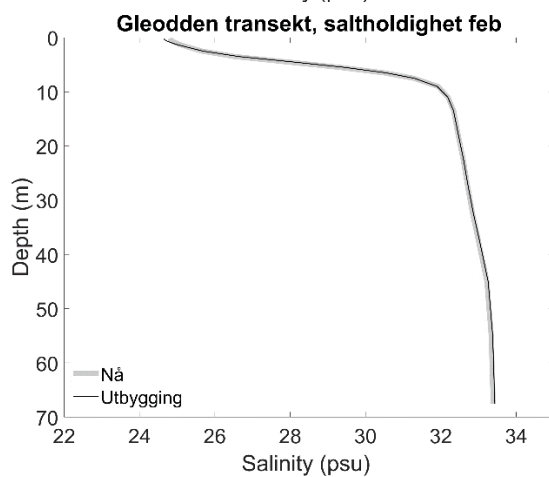
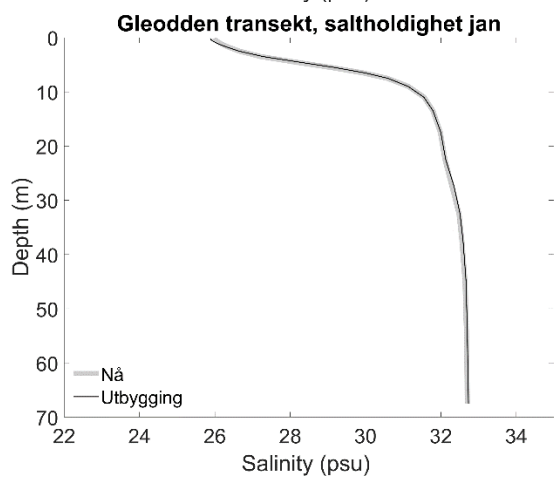
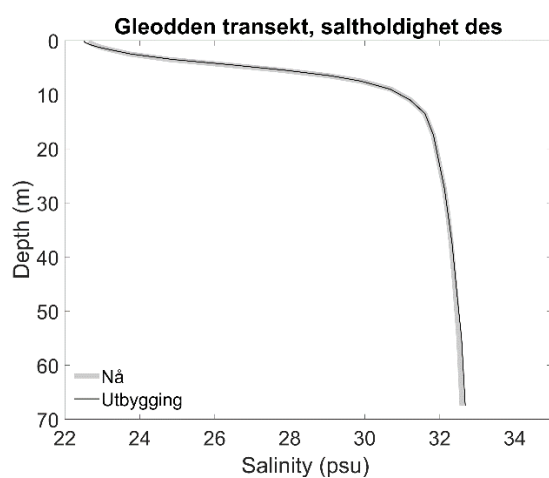
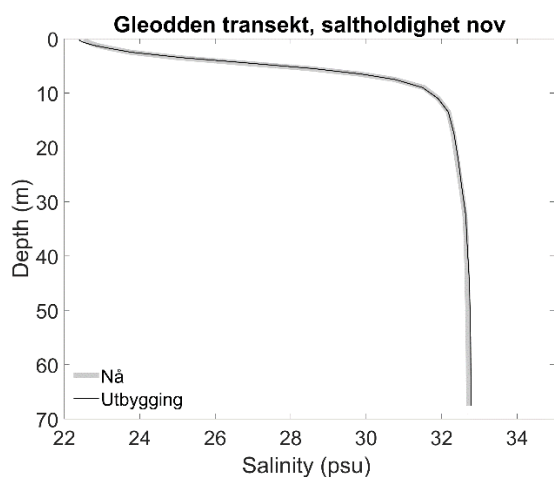


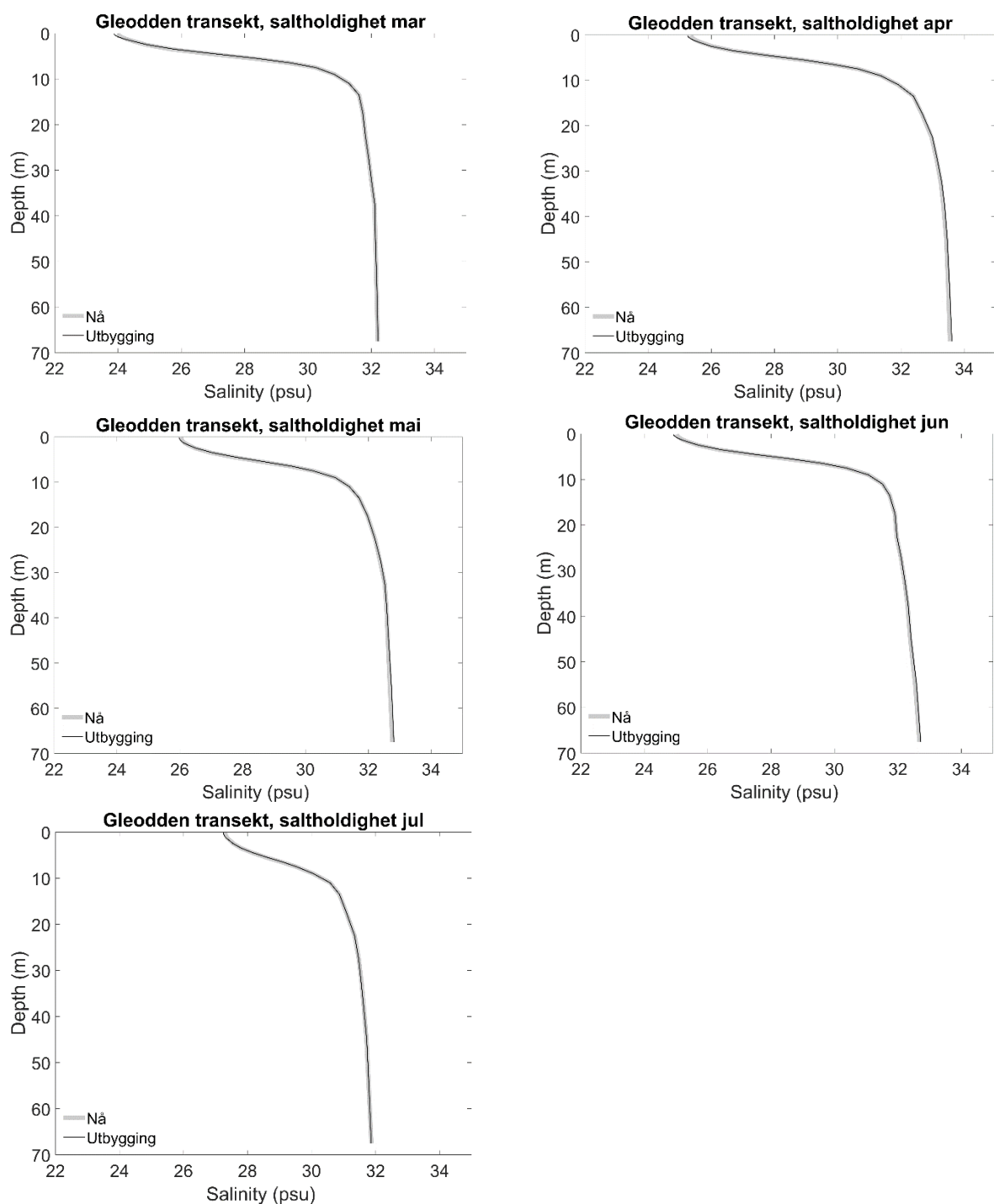




Figur A3.2 viser saltholdighetssnittene for Varodd for november 2018 til juli 2019.

Gleodden





Figur A3.3 viser saltholdighetssnittene for Gleodden for november 2018 til juli 2019.