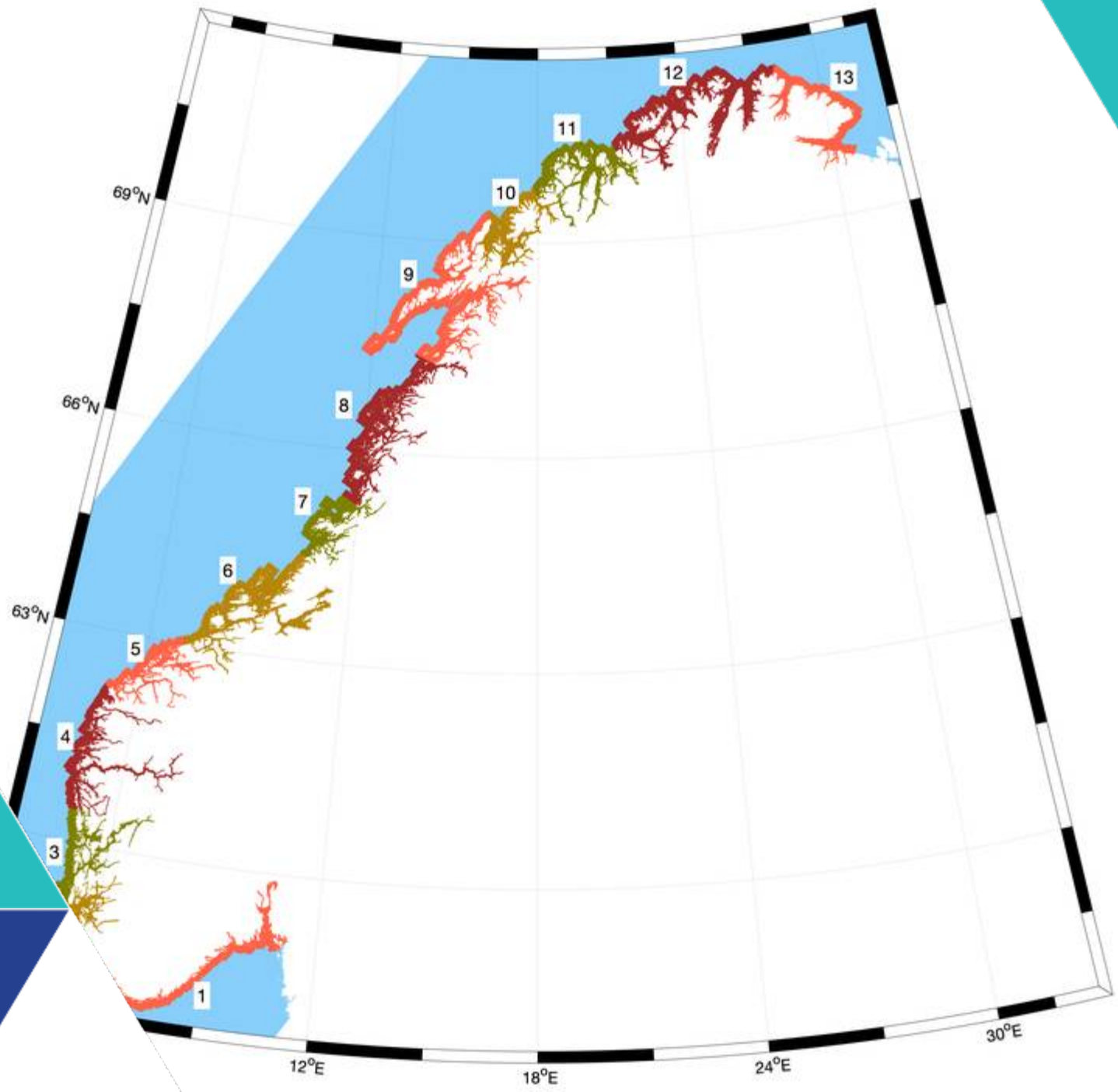
FYSISK OSEANOGRAFISKE FORHOLD I PRODUKSJONSOMRÅDENE FOR AKVAKULTUR

Oppdatering september 2023

Jon Albretsen, Lars Asplin, Håvard Guldbrandsen Frøysa og Anne Dagrun Sandvik (HI)



RAPPORT FRA HAVFORSKNINGEN NR. 2023-42

Tittel (norsk og engelsk):

Fysisk oseanografiske forhold i produksjonsområdene for akvakultur

Physical oceanographic climate in the salmon aquaculture production zones

Undertittel (norsk og engelsk):

Oppdatering september 2023

Update September 2023

Rapportserie:	**År - Nr.:**	**Dato:**
Rapport fra havforskningen	2023-42	23.11.2023

ISSN:1893-4536

Forfatter(e):

Jon Albretsen, Lars Asplin, Håvard Guldbrandsen Frøysa og Anne Dagrun Sandvik (HI)

Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Geir Lasse Taranger
Programleder(e): Terje Svåsand

Distribusjon:

Åpen

Prosjektnr:

15691-01 og 15696-04

Oppdragsgiver(e):

Havforskningsinstituttet

Program:

Miljøeffekter av akvakultur

Forskningsgruppe(r):

Oseanografi og klima

Antall sider:

74

Sammendrag (norsk):

Vintermånedene januar og februar 2023 har vært noe varmere enn normalt i så å si hele landet. De påfølgende vårmånedene har hatt nær normale temperaturer. En kraftig oppvarming av overflatevannet i juni førte til at områdene sør for Trøndelag hadde relativt høye temperaturer på forsommeren. Mens sommertemperaturene var normale sør for Trøndelag resten av sommeren, var det relativt høye temperaturer i den nordlige delen av landet i juli og august etter svært godt vær i vår nordligste landsdel.

De valgte indikatorene for saltholdighet angir at for produksjonsområdene sør for Trøndelag var saltholdighetene relativt høye i mai (lav brakkvannsstyrke) og lave i juni (høy brakkvannsstyrke) grunnet økt avrenning/nedbør i mai. I Trøndelag har saltholdighetene vært lave (høy brakkvannsstyrke) i både mai og juni. Brakkvannsstyrke er her definert som arealet innenfor produksjonssonen som har overflatesaltholdighet under 20. I stort sett alle områdene nord for Trøndelag var overflatesaltholdigheten lav i både mai og juni (høy brakkvannsstyrke) grunnet høy avrenning på forsommeren.

Denne rapporten er basert på modelldata fra et fornyet modellsystem, kalt NorKyst800 versjon 3. En større del av rapporten er derfor viet en analyse og validering av dette modellsystemet med fokus på hvor dette har betydning for den fysiske beskrivelsen som er presentert for alle produksjonsområdene.

Sammendrag (engelsk):

The winter months of January and February 2023 have been slightly warmer than normal along the entire coast. The subsequent spring months have had close to normal temperatures. A strong warming of the surface water in June led to the areas south of Trøndelag having relatively high temperatures. While summer temperatures were normal south of Trøndelag for the rest of the summer, there were relatively high temperatures in northern Norway in July and August.

The selected indicators for salinity indicate that for the production areas south of Trøndelag the salinities were relatively high in May and low in June due to increased runoff/precipitation in May. In Trøndelag, salinities have been low in both May and June. In almost all areas north of Trøndelag, the surface salinity was low in both May and June due to high runoff before summer.

This report is based on model data from a renewed model system, called NorKyst800 version 3. A larger part of the report is therefore dedicated to analysis and validation of this model system with a focus on where this has significance for the physical environment presented.

Innhold

1 Introduksjon 5

2 Validering av modellsystemet med fokus på øvre vannmasser 7

2.1. Målt og modellert strøm i Hardangerfjorden 7

2.2. Målt og modellert saltholdighet 11

2.3. Målt og modellert temperatur 17

2.4. Statistikk og tidsserier over innstrømningsepisoder i sentrale fjorder 18

3 Vurdering av miljøforholdene for hvert produksjonsområde i 2023 22

Oppsummering for alle produksjonsområdene: 22

Produksjonsområde 1: Svenskegrensen - Jæren 22

Produksjonsområde 2: Ryfylke 22

Produksjonsområde 3: Karmøy - Sotra 23

Produksjonsområde 4: Sotra - Stadt 23

Produksjonsområde 5: Stadt - Hustadvika 23

Produksjonsområde 6: Nordmøre - Sør-Trøndelag 23

Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag - Bindal 23

Produksjonsområde 8: Helgeland - Bodø 24

Produksjonsområde 9: Vestfjorden - Vesterålen 24

Produksjonsområde 10: Andfjorden - Senja 24

Produksjonsområde 11: Kvaløya - Loppa 24

Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark 24

Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark 25

4 Referanser 26

Appendiks A 27

Produksjonsområde 1: Svenskegrensen - Jæren 28

Produksjonsområde 2: Ryfylke 30

Produksjonsområde 3: Karmøy - Sotra 32

Produksjonsområde 4: Sotra - Stadt 34

Produksjonsområde 5: Stadt - Hustadvika 36

Produksjonsområde 6: Nordmøre - Sør-Trøndelag 38

Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag - Bindal 40

Produksjonsområde 8: Helgeland - Bodø 42

Produksjonsområde 9: Vestfjorden - Vesterålen 44

Produksjonsområde 10: Andfjorden - Senja 46

Produksjonsområde 11: Kvaløya - Loppa 48

Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark 50

Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark 52

Appendiks B 55

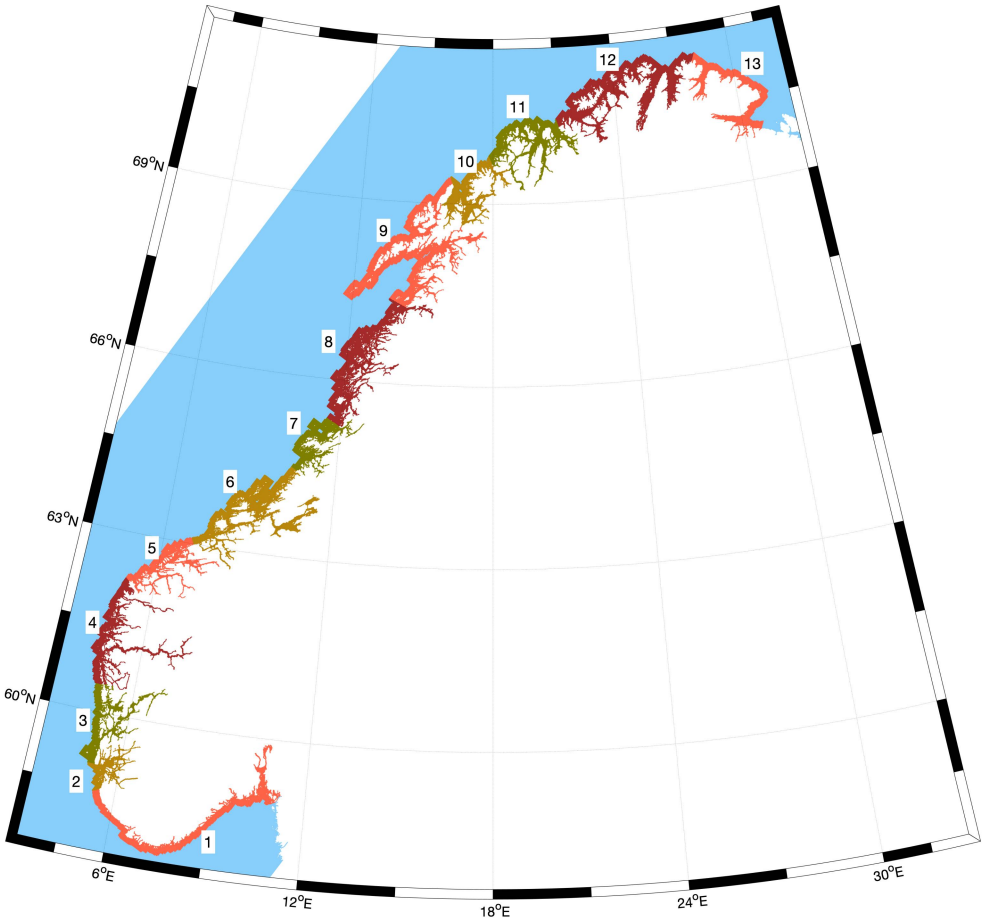
Appendiks C 70

1 - Introduksjon

Denne rapporten beskriver det fysiske miljøet langs norskekysten med fokus på vanntemperatur, saltholdighet og strøm, både fra observasjoner og numeriske modellresultater. Oppsummering av forholdene i hvert produksjonsområde gjøres gjennom tidsserier av modellert overflatesaltholdighet og ferskvannsavrenning for perioden 2012-2023. Sjøtemperatur påvirker lakselusas vekst og utviklingshastighet, mens ferskvannspåvirkning indikerer i hvilken grad villfisk beskyttes gjennom et utviklet brakkvannslag. Strømforholdene er essensielle for spredningen av lakselus i sine nauplius- og copepoditt-stadier, og spesielt er langsgående strøm i fjordene viktig for forflytninger fra ytterst til innerst, eller omvendt.

Dette er en oppdatering av tidligere rapporter til Ekspertgruppen for vurdering av lakselus-indusert villfiskdødelighet i de 13 produksjonsområdene (Trafikklyssystemet).

Tidsserier for vanntemperatur og saltholdighet i overflaten er beregnet som romlige midler innen de fastsatte produksjonsområdene (områdene er markert med ulike farger i Figur 1). I tillegg er alle verdier midlet over kalendermåneder.



Figur 1. Kart over produksjonsområdene (inndelt med ulike farger) der miljøinformasjon er hentet ut.

Det som er nytt i forbindelse med årets beskrivelse av miljøtilstanden for perioden 2012-23 er at Havforskningsinstituttet sammen med Meteorologisk institutt har etablert en ny versjon av NorKyst800-modellsystemet (versjon 3). Datagrunnlaget for denne rapporten samt lakselus-simuleringene er derfor endret siden sist. Ettersom vi ikke kan referere til dokumentasjon som beskriver det nye modellsystemet ennå, er en stor del av det neste kapitlet viet til modellvalidering mot måledata og sammenligninger mot den forrige modellversjonen som er anvendt i tidligere rapporter om de fysisk oseanografiske forholdene i produksjonsområdene.

Aktuell miljøtilstand fra de numeriske modellsimuleringene med NorKyst800 (f.eks. Asplin m.fl. 2020, Albretsen m.fl. 2011, Myksvoll m.fl. 2018 og 2020, Dalsøren m.fl. 2020) for hvert produksjonsområde er plottet for tidsperioden januar 2012 til og med august 2023 (figurene presenteres for hvert produksjonsområde bakerst i dokumentet).

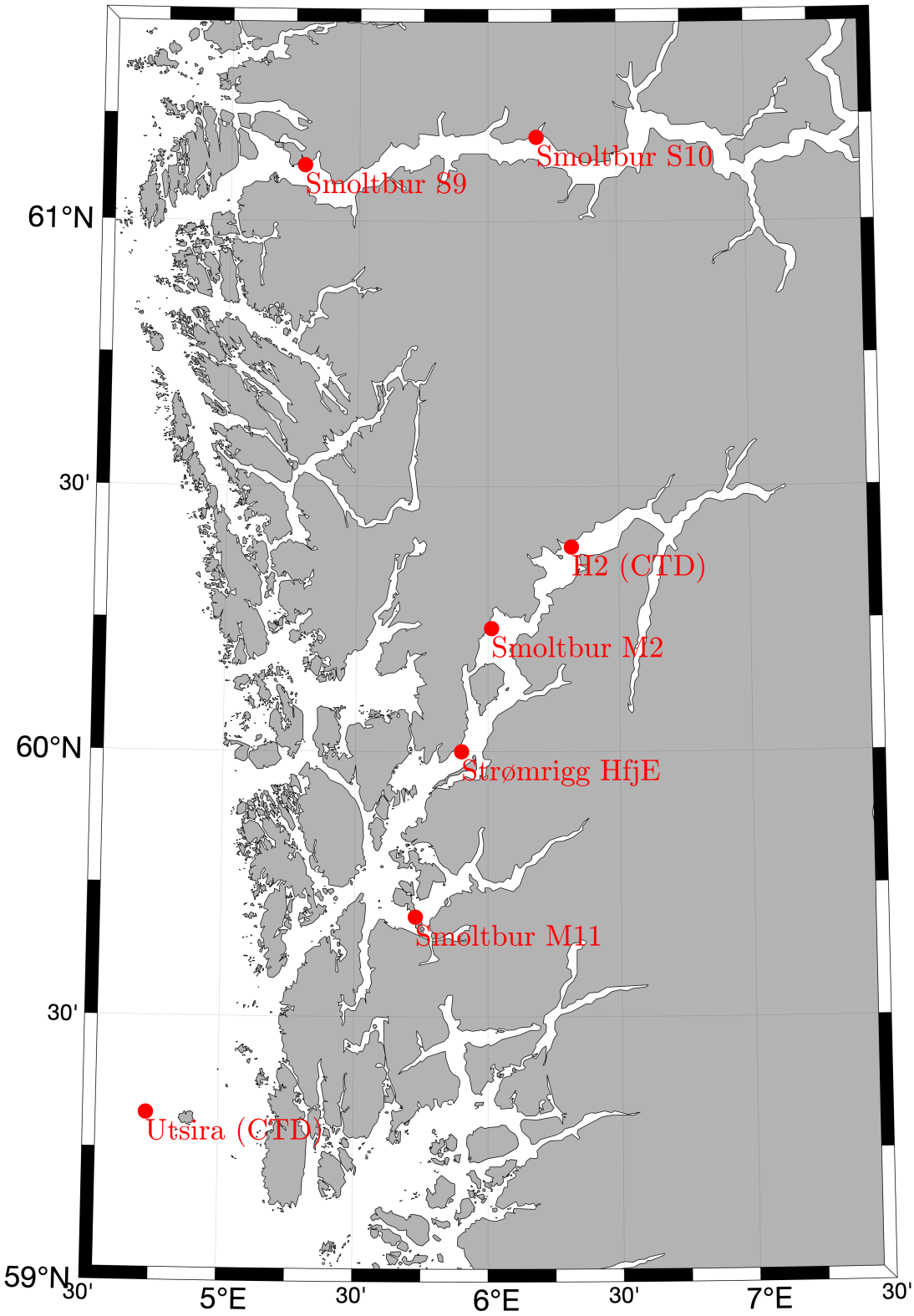
2 - Validering av modellsystemet med fokus på øvre vannmasser

Strømmen av vann i de øverste 10-20 m bestemmer hvor den pelagiske lakselusa forflyttes. Strømmene kan være periodevis sterke og rettet både innover og utover fjordene. Drivkreftene for strøm er ferskvannsavrenning, vind, tidevann og trykkforskjeller mellom fjord- og kystvannet, sistnevnte siden Den norske kyststrømmen er lagdelt og påvirkes av vinddrevet opp- eller nedstuing (se f.eks. Asplin m.fl. 2014, Asplin m.fl. 2020 eller Sætre 2007).

Saltholdigheten er viktig grunnet lakselusa sin unnvikelse av vann med lave saltholdighetsverdier. Valideringen i dette kapitlet fokuserer derfor på saltholdighet og strøm der vi belyser kvaliteten til den nye versjonen av NorKyst800-systemet (versjon 3) samt ulikheter i forhold til tidligere versjon (versjon 2).

2.1. Målt og modellert strøm i Hardangerfjorden

I Hardangerfjorden har Havforskningsinstituttet målt strøm ved lokaliteten Hardangerfjorden Øst (HfjE) på høyde med Rosendal (Figur 2). Denne observasjonen gir en indikasjon på om lakselusa fraktes innover eller utover i Hardangerfjorden. En presis gjengivelse i modellen av de målte strømhastighetene er veldig viktig for at lakselusa sin drift og spredning skal kunne modelleres realistisk. Selv om alle de norske fjordene har sine særegne strømmønstre og transportveier, vil en god validering av strøm utenfor Rosendal i Hardangerfjorden indikere at tilsvarende kvalitet også gjelder i andre fjorder.

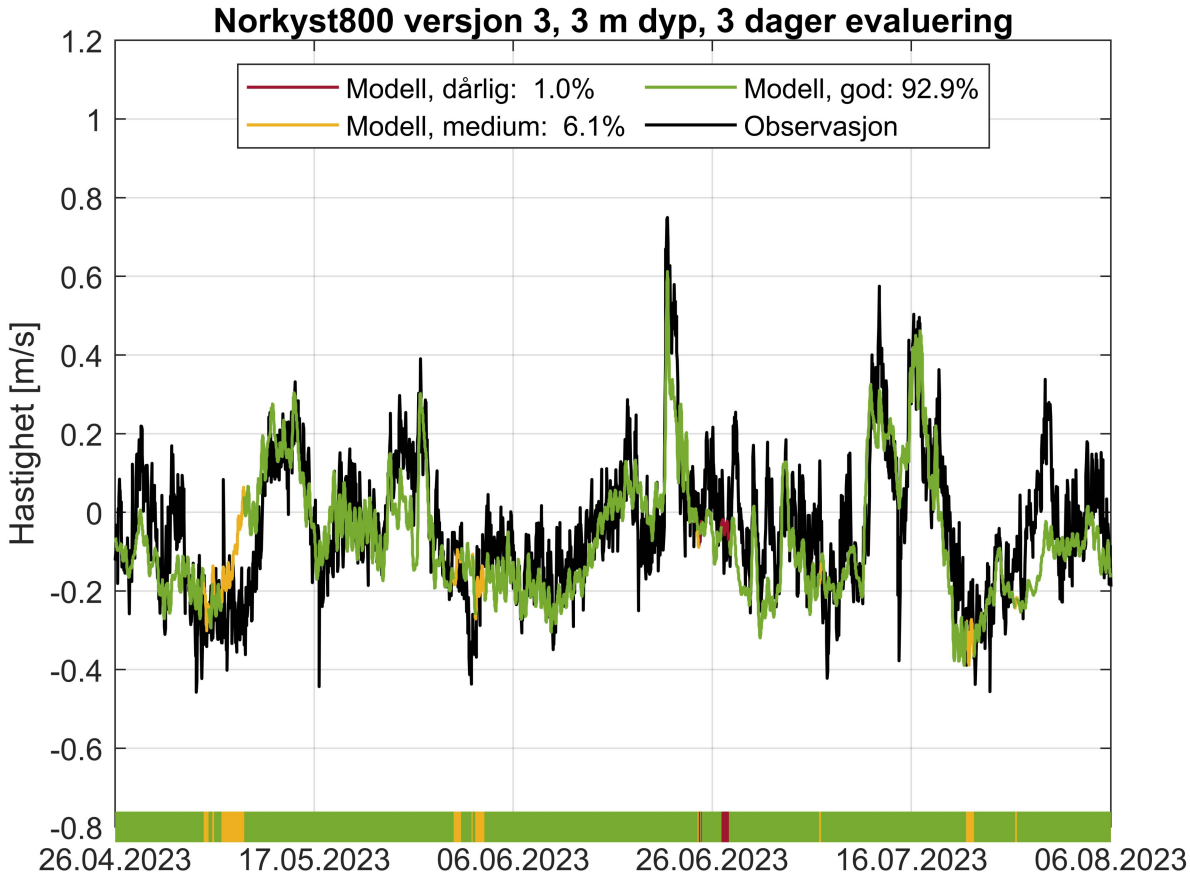


Figur 2. Posisjonen til strømriggen Hardangerfjorden Øst (HfjE) utenfor Rosendal, posisjonene til de faste hydrografiske stasjonene (CTD) utenfor Utsira og innerst i Hardangerfjorden (H2) samt posisjon til fire av smoltburene.

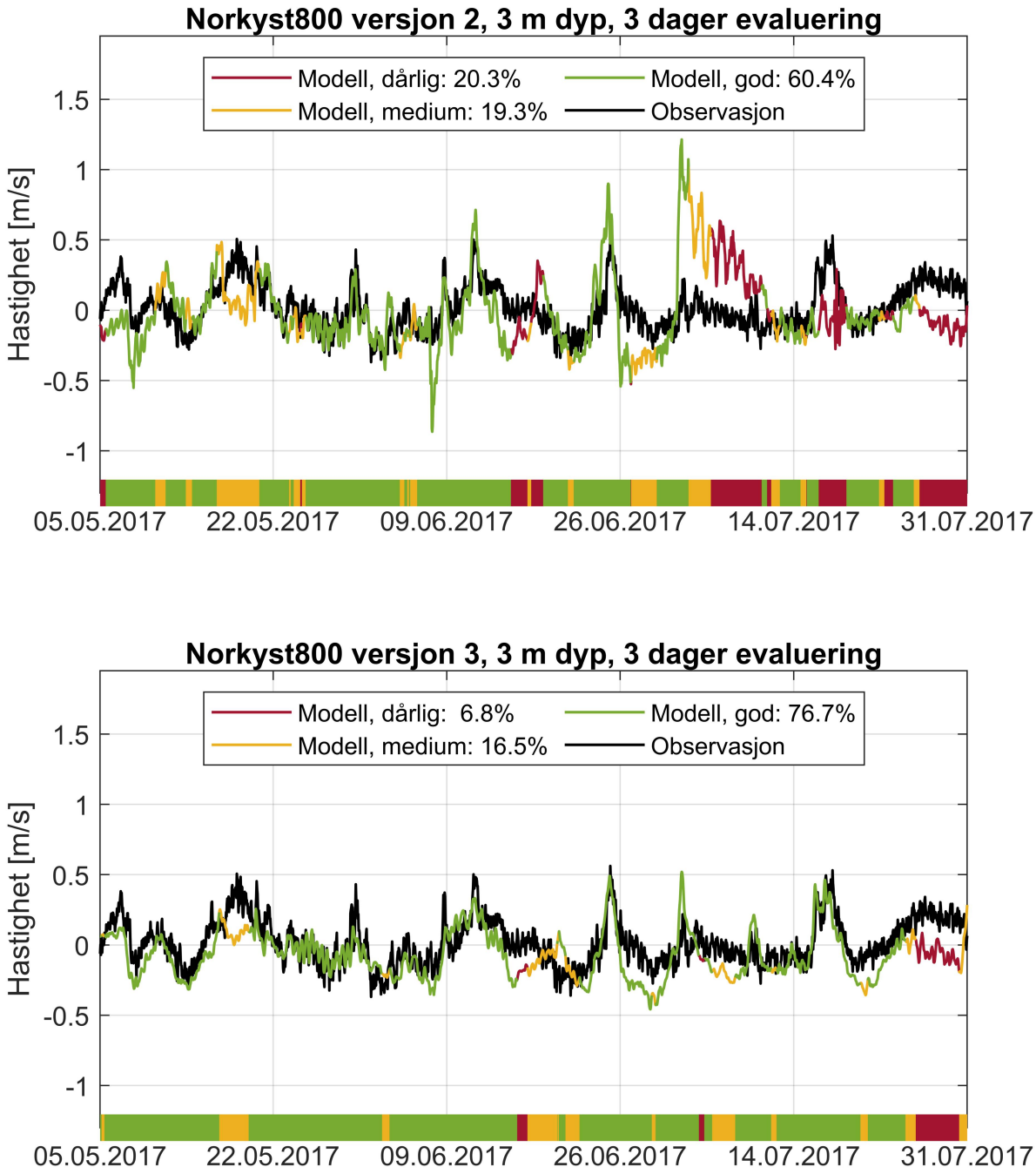
Strømmålingene fra 26/4 til 6/8 2023 fra 3m dyp viser at vannmassenes forflytning varierer en hel del i tid (Figur 3). Vi ser at det har vært korte (~én dag) og lengre (opptil en uke) perioder med både inn- og utstrømning. På 3m dyp vil de dominerende kreftene som avgjør strømmen være vind, elveavrenning og trykk- (dvs. tetthet-/saltholdighet) gradienter/forskjeller. Sammenligningen i Figur 3 viser også at NorKyst800 versjon 3 stemmer svært godt overens med målingene, og ved å bruke evalueringsmetoden beskrevet i Dalsøren m.fl. (2020) med tre dagers evalueringsvindu og λ_{crit}=0.05 får vi at modellen er god i 93% av tidsperioden. Det er kun unntaksvis at modellen ikke samsvarer godt med målingene.

Vi har også sammenlignet versjon 2/*Hindcast* og versjon 3 mot målt langsgående strømkomponent i 3m dyp, og Figur 4 viser en evaluering for perioden 5/5-31/7 2017. Begge modellene evalueres til å være gode mesteparten av tiden, hhv. 60 og 77 % for versjon 2 og 3. Versjon 2/*Hindcast* har derimot simulert feil strømretning rundt 20% av tiden, mesteparten i juli 2017. Resultatene fra versjon 3 stemmer bedre med målingene, og modellen er dårlig kun 7% av tiden

Vi vil påpeke at selv om modellen angir perioder med feil strømretning midt i Hardangerfjorden i enkelte perioder, betyr ikke dette nødvendigvis at alle lakselus i lakselus-modellen spres i feil retning. Der er gjerne nyanser i strømforholdene på tvers av fjorden og variasjoner i hvor omfattende inn - eller utstrømningen er i fjorden varierer. Årsaken til at modellen kan bomme på strømretningen er sammensatt, men stort sett kan man knytte dette til unøyaktigheter i de ulike drivkreftene som modellen har (som inngangsdata, fra atmosfæremodell, hydrologiske data eller storskala havmodell).



Figur 3. Tidsserie med målt strøm (sort linje) og modellert strøm fra NorKyst800 versjon 3 (farget linje) utenfor Rosendal i Hardangerfjorden fra 26/4-6/8 2023. Komponenten som går langs fjordaksen er vist slik at styrke over 0m/s angir strøm innover fjorden, mens styrke under 0m/s angir strøm ut fjorden. Fargene på modellens strømstyrke er basert på hvor godt de korresponderer med målingene. Grønn farge indikerer at modell og måling samsvarer bra i retning og styrke, gul farge at de samsvarer i retning og ikke helt i styrke, mens rød farge indikerer at modell og måling har ulik retning tidsmidlet over tre dager.



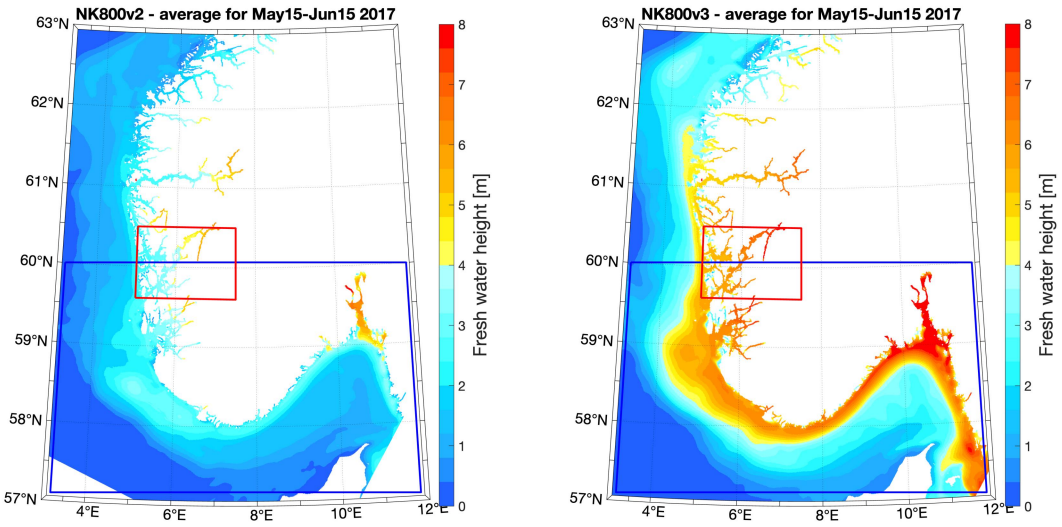
Figur 4. Som Figur 3, men her er både NorKyst800 versjon 2/Hindcast (øverst) og versjon 3 (nederst) evaluert for perioden 5/5-31/7 2017.

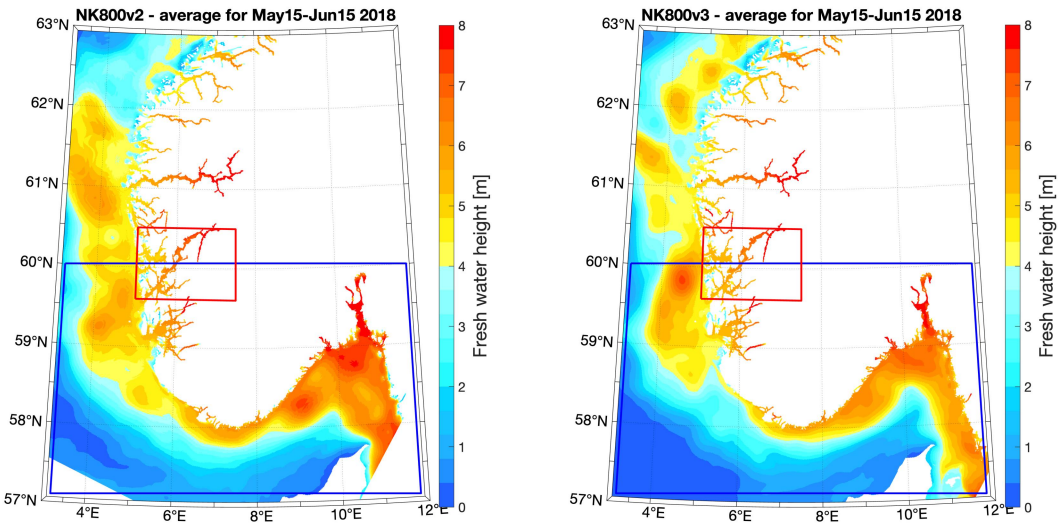
2.2. Målt og modellert saltholdighet

At modellsystemet klarer å gjengi realistiske saltholdigheter i fjordene samt langs kysten er viktig for at lakselus-modellen skal klare å reprodusere unnvikelsen som lakselus har, både med tanke på de geografiske

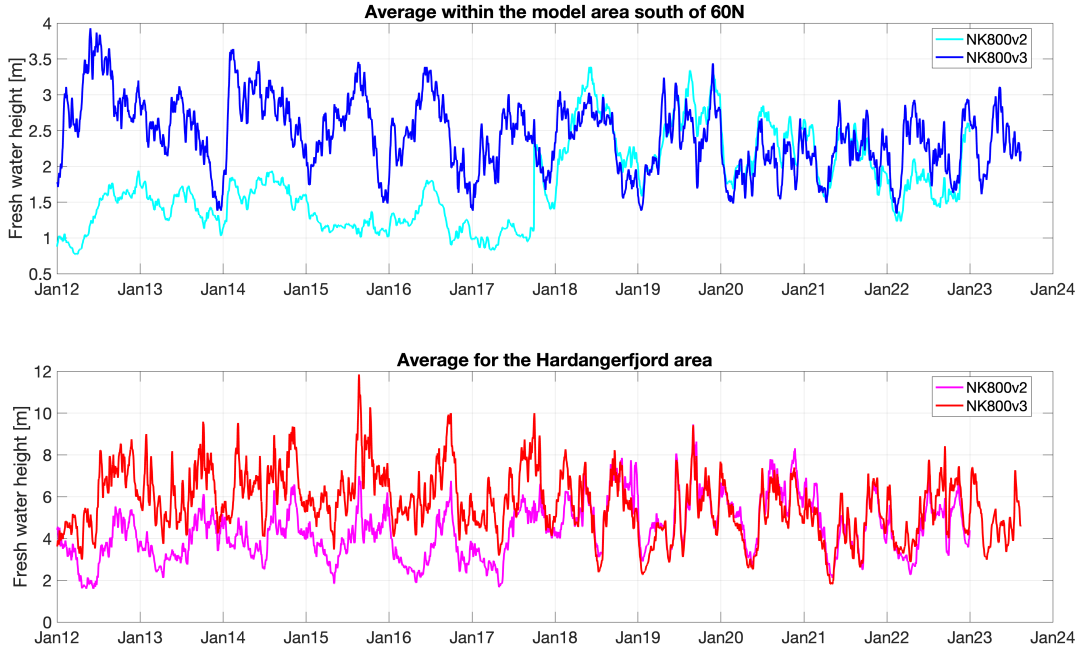
forskjellene i fjordsystemene og vertikalplassering. Saltholdighet har også størst betydning for tettheten til sjøvann, og horisontale forskjeller i tetthet setter opp strømmer som har stor betydning for transportmønsteret i fjordene og langs kysten i tillegg til f.eks. ferskvannsavrenning, vind og tidevann. Bl.a. innstrømningsepisodene som er beskrevet i kap. 2.1. og 2.4. er sterkt drevet av variasjoner i saltholdighet.

En av de store forskjellene mellom versjon 2 (*Hindcast*, brukt for årene 2012-17 og *Lus2* brukt for årene 2018-22) og versjon 3 av NorKyst800 modellsystemet er at det i nyere simuleringer (*Lus2* og versjon 3) er benyttet modelldata fra NEMO-Baltic-modellen (https://data.marine.copernicus.eu/product/BALTICSEA_ANALYSISFORECAST_PHY_003_006/description) langs den åpne grensen i Kattegat (detaljer er beskrevet i Albretsen m.fl., 2022). I simuleringen versjon 2/*Hindcast* ble andre grenseflatebetingelser benyttet, og dette medførte at saltholdighetene i Skagerrak og langs Vestlandskysten lå på et for høyt nivå. For å illustrere forskjellene i saltholdighetsnivået mellom versjon 2/*Hindcast*, versjon 2/*Lus2* og versjon 3, har vi benyttet et mål på dybdeintegrert saltholdighet (under 35 psu) som heter ferskvannshøyde (se f.eks. Gustafsson og Stigebrandt, 1996). Forhøyete verdier av ferskvannshøyde indikerer større andel av vannmasser med lave saltholdigheter. Figur 5 viser hvordan ferskvannshøyden er gjengitt i alle de tre modellene, og det kommer tydelig frem at mens versjon 2/*Lus2* og versjon 3 har sammenlignbare nivåer av ferskvannshøyde (dvs. saltholdigheter), er versjon 2/*Hindcast* noe for salt både i Skagerrak, langs Vestlandskysten og inne i fjordene (mao. det mangler ferskvann). Tidsserier vist i Figur 6 fra Sør-Norge og Hardangerfjorden viser at saltholdighetsnivået i versjon 2/*Lus2* og versjon 3 er sammenlignbare for årene 2018-2022, mens versjon 2/*Hindcast* har omtrent halvparten så mye ferskvann (vann med saltholdighet under 35 psu). Vi vil gjøre oppmerksomme på at til tross for de vesentlig høyere saltholdighetene i versjon 2/*Hindcast*, viser valideringen av strøm i Hardangerfjorden i kap. 2.1. at denne modellen også fungerer fint. Dette skyldes at tetthetsdrevne strømmer er styrt av horisontale saltholdighets-gradienter (forskjeller) og ikke absoluttnivået.





Figur 5. Kart over Skagerrak og Vestlandskysten som viser beregnet ferskvannshøyde (dybdeintegrert mål på saltholdigheter under 35 psu) midlet over perioden 15/5-15/6 2017 (øvre paneler) og 15/5-15/6 2018 (nedre paneler). Kartene til venstre er hentet fra versjon 2/Hindcast (øverst) og versjon 2/Lus2 (nederst), mens kartene til høyre er hentet fra versjon 3. Blå og rød firkant indikerer området hvor romlig middel er beregnet og gjengitt som tidsserie i figuren under.



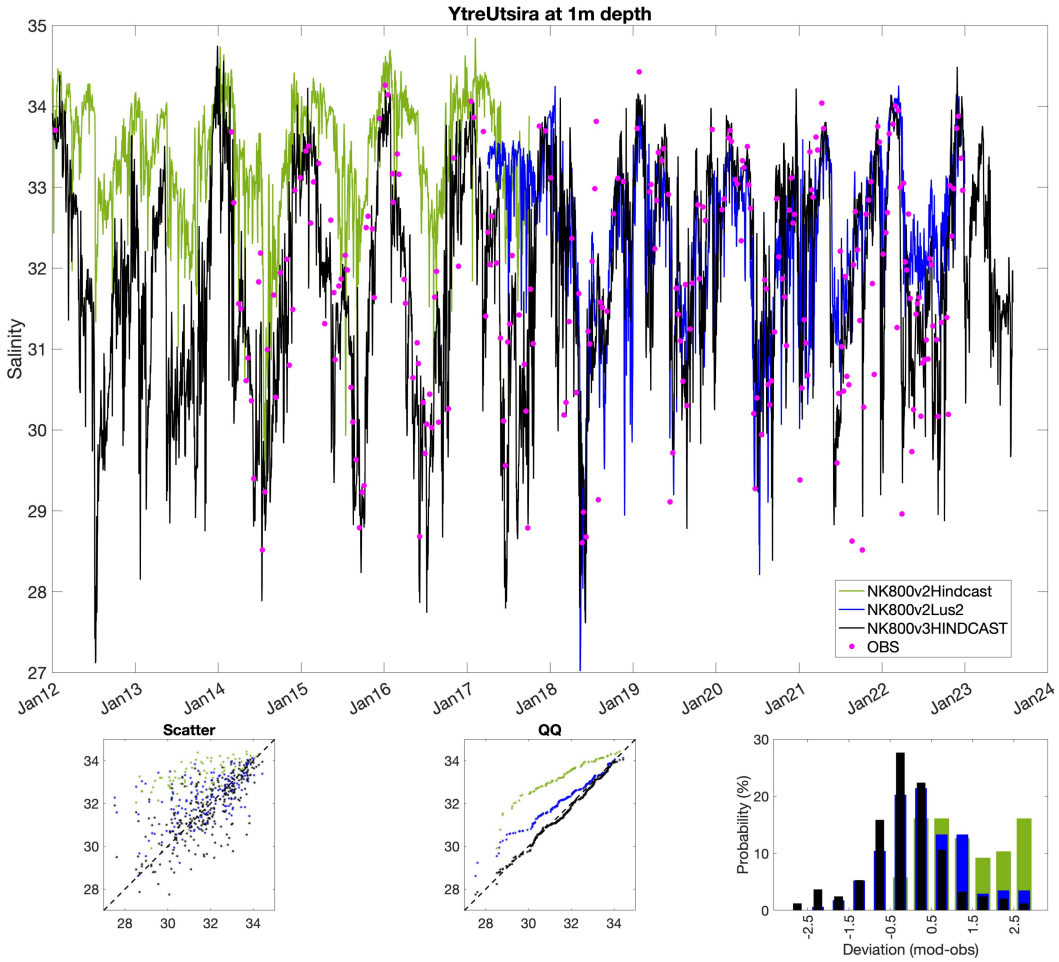
Figur 6. Tidsserier av romlig midlet ferskvannshøyde fra NorKyst800 versjon 2 og versjon 3 for område som dekker hele Sør-Norge (innenfor blå firkant i Figur 5) og kun Hardangerfjorden (innenfor rød firkant i Figur 5). Merk at versjon 2 er satt sammen av arkivene versjon 2/Hindcast (2012-17) og versjon 2/Lus2 (2018-22).

Når det gjelder å vurdere hvor realistisk saltholdighetene er i de ulike modellarkivene, så viser Figur 7 en sammenligning mot målte saltholdigheter fra den faste målestasjonen utenfor Utsira for 1m dyp (posisjonen er angitt i Figur 2, mens data er tilgjengelig fra http://www.imr.no/forskning/forskningsdata/stasjoner). På denne lokaliteten utenfor Vestlandskysten strømmer vannet nordover, og dette vannet her har stor innvirkning på vannet inne i f.eks. Hardangerfjorden. Basert på denne sammenligningen ser vi at alle modell-realiseringene gjengir overflatesaltholdighetene realistisk siden den naturlige variabiliteten er så stor, men spesielt qq-plottet viser at versjon 3 er den mest presise. Figur 7 viser også at versjon 2/*Hindcast* er litt for salt.

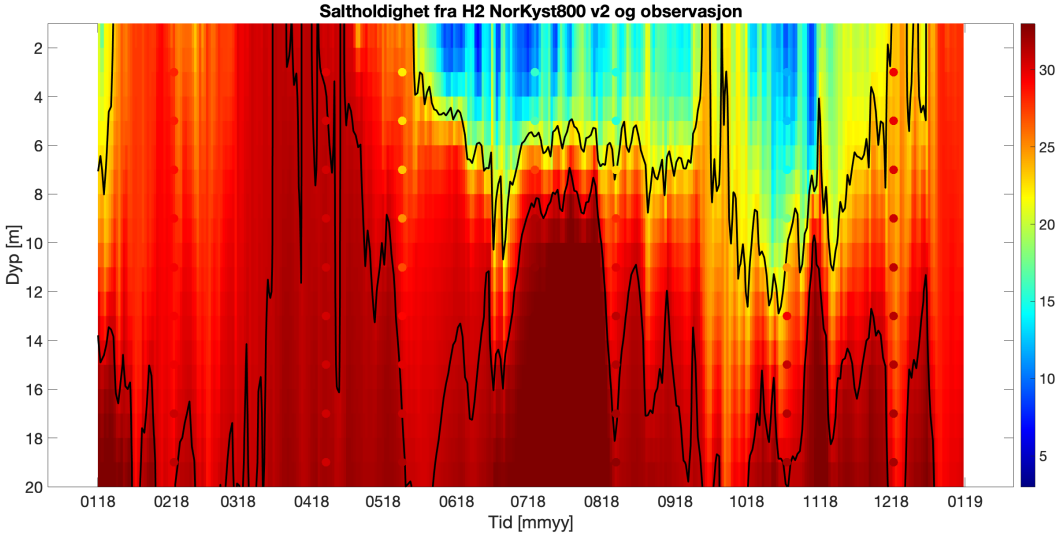
For å illustrere modellert saltholdighet fra versjon 2/*Lus2* og versjon 3 inne i Hardangerfjorden (stasjonen H2 nær Kvamsøy, se Figur 2) har vi plottet modellenes verdier mot måledata for hele 2018 (Figur 8). Avviket mellom måledata og modelldata varierer noe, men vi ser tydelig at begge disse modellrealiseringene gir samsvarende resultater. F.eks. er isolinjene for både saltholdighet 23 og 31 svært likt plassert, og de følger så å si de samme dybdene i begge modellene.

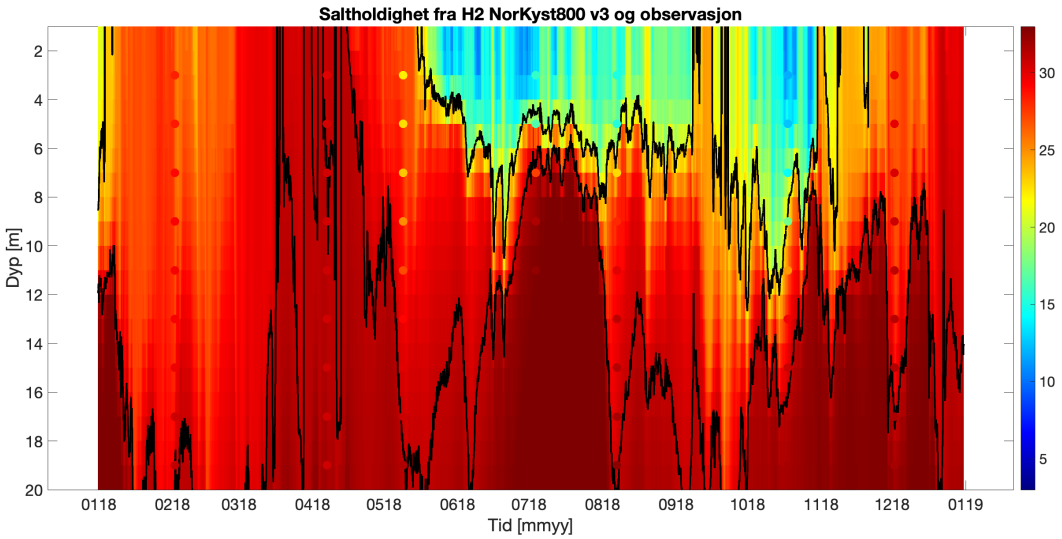
I tillegg til målepunktet H2 innerst i Hardangerfjorden har det også vært plassert Star-Oddi DST CT målere for saltholdighet (konduktivitet) og temperatur plassert på opphenget til en rekke smoltbur i Hardangerfjorden og Sognefjorden. Star-Oddi-sensorene har ifølge produsenten en nøyaktighet for saltholdighet på 0,02 psu og +/- 0,1 ^{o}C. Et representativt utvalg av målte tidsserier av saltholdighet og temperatur er presentert i Appendiks C sammen med korresponderende verdier fra NorKyst800 versjon 3. Resultatene viser at kvaliteten på Star Oddi-målerene har stort sett vært god ved at sammenligningen med RBR-sondedataene er konsistente og det er mindre drift og støy i særlig saltholdighetsverdiene. Drift mot lavere saltholdighet er som regel et resultat av begroing på sensoren (biofauling). Vi finner også at resultatene fra NorKyst800 (versjon 3) stemmer godt med observasjonene. Noen steder er det en bias i temperaturen der modelldataene er litt for varme. Et karakteristisk trekk, som sannsynligvis gjenspeiler dynamikken i det øvre ferskvannslaget i fjordene, er periodevise hurtige endringer der saltholdigheten kan endres opp mot 10 psu i løpet av en dag eller to.

For å vise presisjonen i saltholdigheten for en kystlokalitet i Nord-Norge, så har vi valgt den faste målestasjonen utenfor Skrova i Lofoten. Figur 9 viser en sammenligning mellom målt og modellert overflatesaltholdighet, og mens alle modellrealiseringene fanger opp mesteparten av variabiliteten, er det versjon 2/*Lus2* og versjon 3 som er mest presis. Også her er versjon 2/*Hindcast* litt for salt.

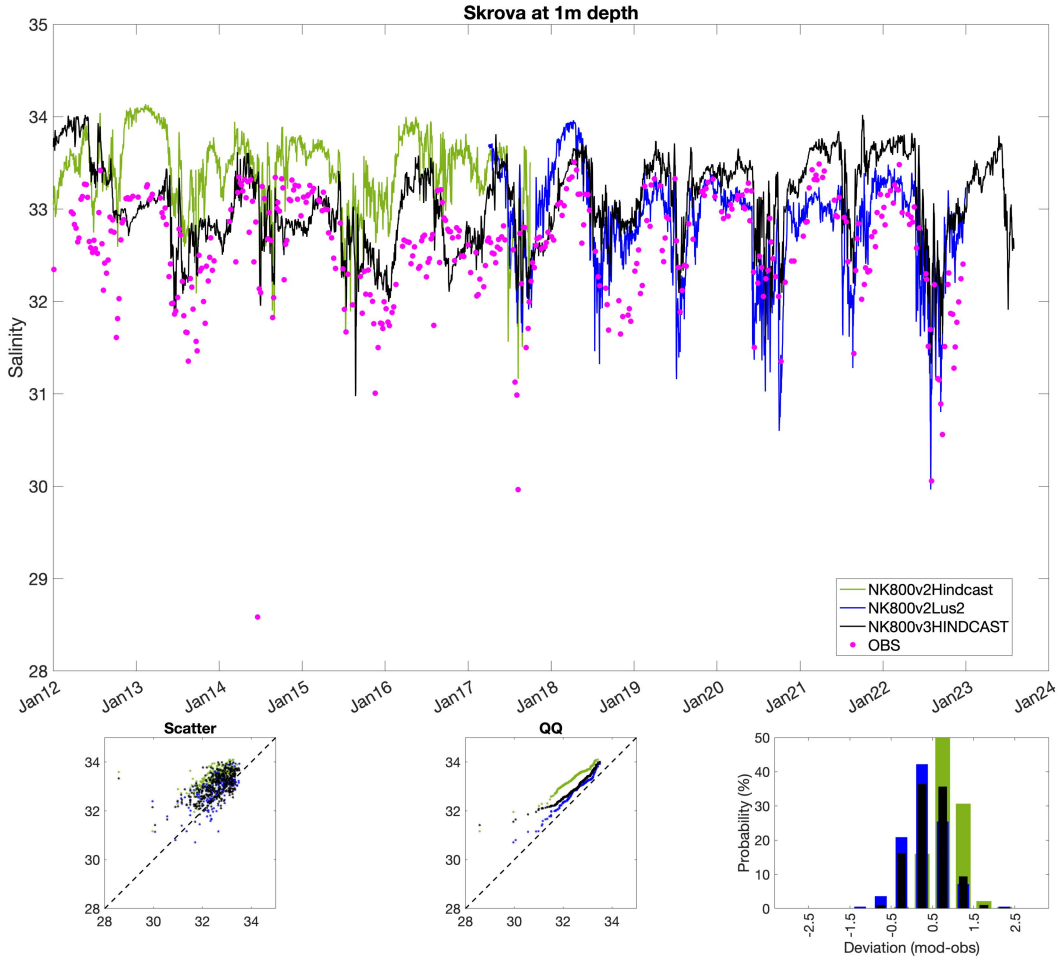


Figur 7. Sammenligning av målte og modellerte saltholdigheter utenfor Utsira i 1m dyp. Øverste panel viser tidsserie fra 2012-23 der lilla sirkler er måledata, mens de ulike linjene angir verdiene i de tre modellene (se forklaringen nede til høyre). Panelene nederst viser spredningsdiagram (målt verdi mot modellert verdi til samme tid), qq-plott (målt verdi mot modellert verdi etter at alle verdier er rangert fra minst til størst) og histogram av modellens avvik i forhold til målingene.





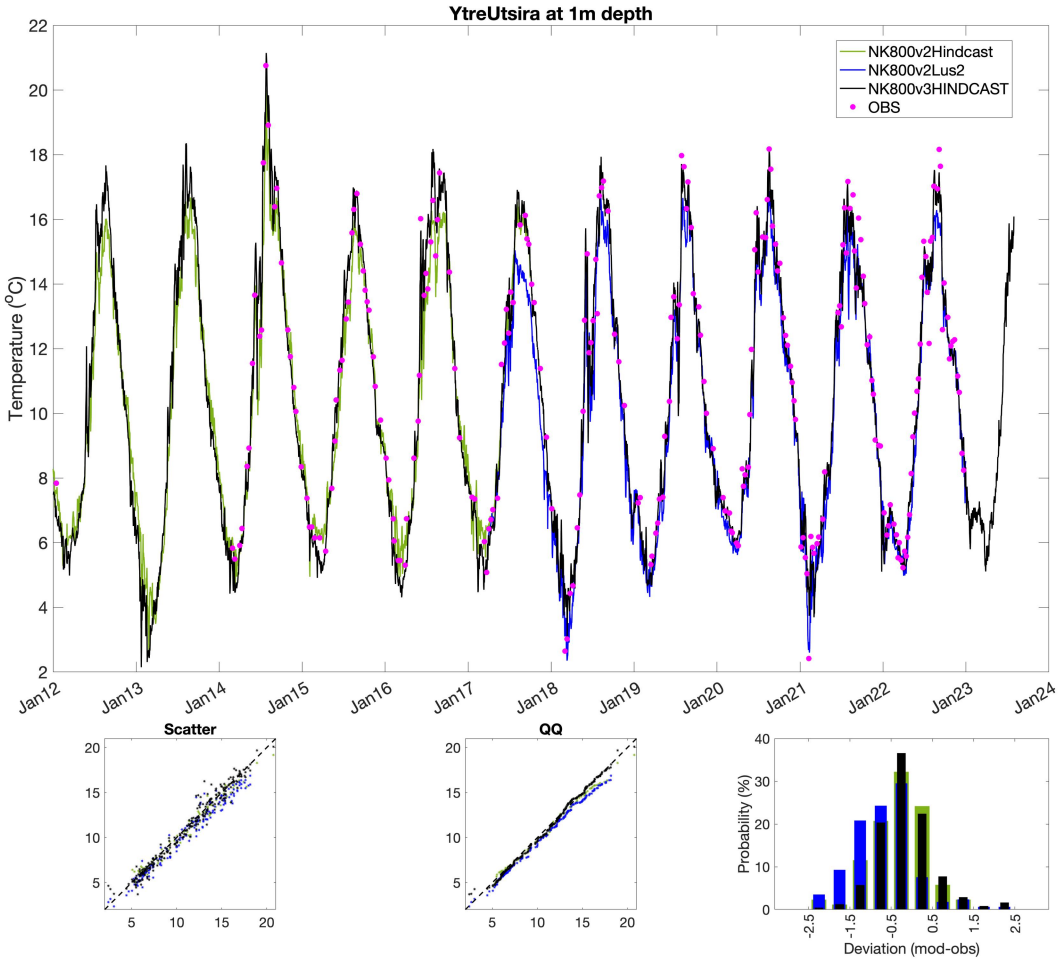
Figur 8. Tidsserie av saltholdighet for hele 2018 fra NorKyst versjon2/Lus2 (øverst) og versjon 3 (nederst) fra målepunktet like ved Kvamsøy innerst i Hardangerfjorden. Konturfargene er modellens verdier, mens sirklene angir målte verdier. Konturen for saltholdighet lik 23 og 31 er angitt med sorte linjer.



Figur 9. Samme som Figur 7, men fra den faste målestasjonen utenfor Skrova i Lofoten.

2.3. Målt og modellert temperatur

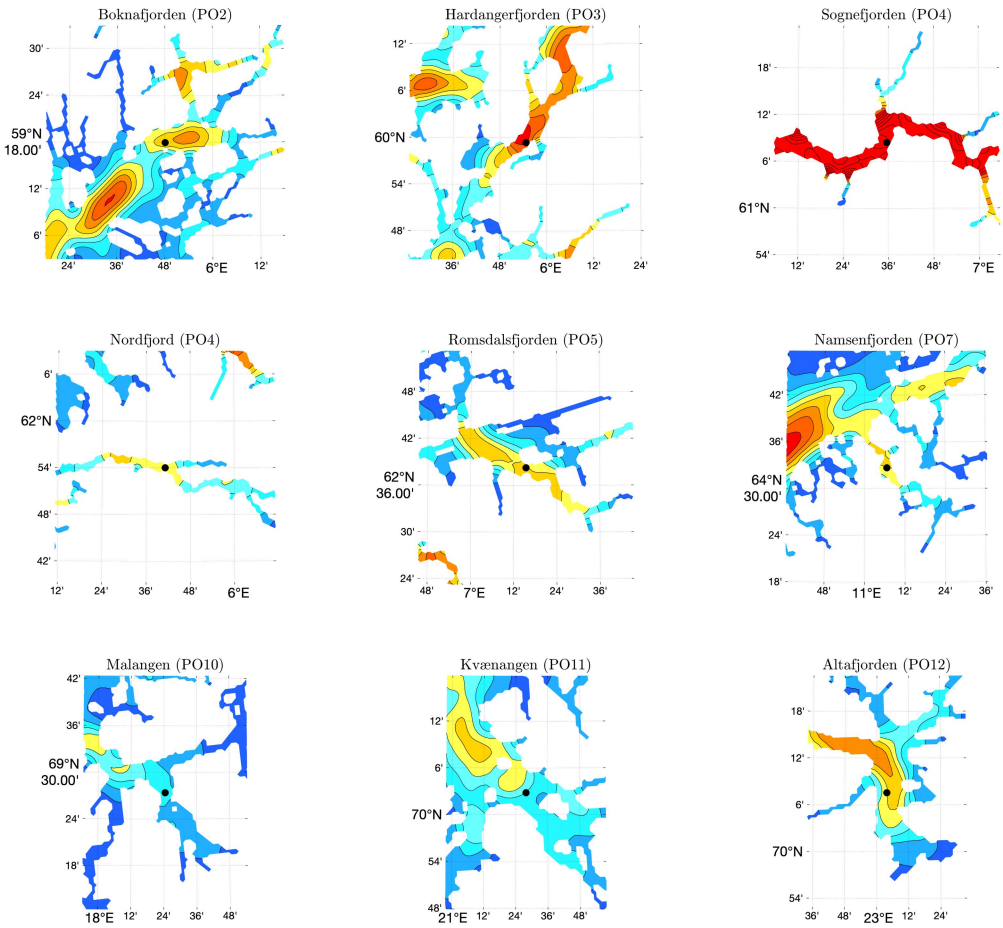
Overflatetemperaturen langs kysten og i fjordene er mest styrt av solinnstråling, lufttemperatur og forflytningen av vannmasser, men selvsagt også vind og bølger som blander vannmasser og jevner ut forskjeller horisontalt og vertikalt. Den modellerte sjøtemperaturen er viktig inngangsdata for lakselus sin vekst og modning, og vi har derfor tatt ut ett målepunkt for å vise presisjonen i modellene. Ved å sammenligne temperatur i 1m dyp mellom måledata og modelldata for perioden 2012-23 for målepunktet utenfor Utsira (Figur 2), ser vi at alle modellene samsvarer svært godt med måledataene (Figur 10). De fleste avvikene er innenfor 0,5 ^{o}C, spesielt for versjon 3. Validering av temperatur er også vist for et utvalg av Star Oddi-sensorer som har vært festet til smoltburene på forsommeren i 2023 (se Appendiks C). Det viser seg at modellens avvik er ulik fra lokalitet til lokalitet, men den kraftige variabiliteten er godt representert i modellsystemet.



Figur 10. Sammenligning av målte og modellerte temperaturer utenfor Utsira i 1m dyp. Øverste panel viser tidsserie fra 2012-23 der lilla sirkler er måledata, mens de ulike linjene angir verdiene i de tre modellene (se forklaringen nede til høyre). Panelene nederst viser spredningsdiagram (målt verdi mot modellert verdi til samme tid), qq-plott (målt verdi mot modellert verdi etter at alle verdier er rangert fra minst til størst) og histogram av modellens avvik i forhold til målingene.

2.4. Statistikk og tidsserier over innstrømningsepisoder i sentrale fjorder

Det kan være av betydning for smittepresset i de store fjordene om nettostrømmen er innover eller utover i smoltutvandringsperioden. Fra modellresultatene med NorKyst800 (versjon 3) har vi beregnet relativ tid med inn- og utstrømning for månedene april, mai og juni i årene 2012-2023. Dette har vi gjort for fjordene i PO2 (Nedstrandsfjorden/Boknafjorden), PO3 (ved Rosendal i Hardangerfjorden), PO4 (både ved Balestrand i Sognefjorden og ved Isefjorden i Nordfjord, PO5 (ved Sekken i Romsdalsfjorden), PO7 (ved Otterøya i Namsenfjorden), PO10 (Malangen), PO11 (Kvænangen) og PO12 (Altafjorden). Paneler med kart som viser de valgte fjordlokalitetene er vist i Figur 11, mens tidsserier av langsfjord strømkomponent som antyder inn- eller utstrømning er vist i Appendiks B.



Figur 11. Kart som viser lokalitetene (sorte prikker) der langsgående strømkomponent er hentet fra NorKyst800. Fargene viser bunndypet som er brukt i modellen.

Tabell 1. Oppsummering av resultatene for opptellingen av andel tid med innstrømning for de utvalgte fjordene med spesielt fokus på april-juni 2023.

Fjordlokalitet	Hva lokaliteten representerer?	Normal sirkulasjon	Status for april-juni 2023
Nedstrandsfjorden innenfor Boknafjorden (PO2) (se figur B1 og B10)	Den nordlige delen av PO2, og mye av transportene i fjordene innenfor (Vindafjorden, Sandsfjorden, Jelsafjorden)	Vanntransportene i overflaten går for det meste utover (ca. 70% av tiden), mens de i 10m dyp er omtrent likt fordelt mellom inn- og utstrømning.	En rekke episoder med både inn og utstrømning i april-juni 2023. Summen av tid med strøm inn/ut skiller seg ikke mye ut for de foregående årene, men det var en kraftig innstrømning fra rundt 10. til 25. juni på 10m dyp.
Hardangerfjorden (PO3) (se figur B2 og B11)	Store deler av Hardangerfjorden	Vanntransportene i overflaten går for det meste utover (ca. 70% av tiden), mens de i 10m dyp er omtrent likt fordelt mellom inn- og utstrømning.	I 2023 var der relativt mye innstrømning i 10m dyp i april samt en kraftig innstrømningsepisode hele siste delen av juni i samme dyp.
Sognefjorden (PO4) (se figur B3 og B12)	Store deler av Sognefjorden	Vanntransportene i overflaten går for det meste utover (ca. 70% av tiden), mens de i 10m dyp er omtrent likt fordelt mellom inn- og utstrømning.	I 2023 er det stor variabilitet i inn- og utstrømningsepisoder i både 1 og 10m dyp, men ingen av månedene skiller seg spesielt ut fra hva som er registrert tidligere år.
Nordfjord (PO4) (se figur B4 og B13)	Store deler av Nordfjord og innover Hundvikfjorden	Vanntransportene i overflaten går for det meste utover (ca. 90% av tiden), mens de i 10m dyp er mer likt fordelt mellom inn- og utstrømning hhv. 40 og 60% av tiden.	I 2023 strømmer det stort sett utover i overflaten, mens der er en vedvarende innstrømning i 10m dyp som varer fra rundt 8. mai til 1. juni.

Romsdalsfjorden (PO5) (se figur B5 og B14)	Store deler av Romsdalsfjorden, Storfjorden utenfor og Langfjorden	Vanntransportene i overflaten går for det meste utover (ca. 80% av tiden). I 10m dyp er strømmen også hovedsakelig rettet utover like mye av tiden, men mer ujevnt fordelt enn i overflaten.	I 2023 er det kun registrert kortvarige innstrømningsepisoder i både 1 og 10m dyp.
Namsenfjorden (PO7) (se figur B6 og B15)	Store deler av Namsenfjorden	Vanntransportene i overflaten går for det meste utover (ca. 90% av tiden), mens de i 10m dyp er omtrent likt fordelt mellom inn- og utstrømning.	I 2023 var der mest innstrømning i 10m dyp i april og mai med noen episoder med varighet 1-1,5 uker. I 1m dyp gikk så å si alle vannmassene utover i fjordsystemet.
Malangen (PO10) (se figur B7 og B16)	Innerste delen av Malangen innenfor Straumsfjorden	Vanntransportene i overflaten går for det meste utover (90-95% av tiden), mens de i 10m dyp er omtrent likt fordelt mellom inn- og utstrømning.	I 2023 var der mest utstrømning i 1m dyp hele perioden, mens det i 10m dyp var jevnt fordelt med innstrømningsepisoder hele perioden april-juni.

Kvænangen (PO11) (se figur B8 og B17)	Store deler av Kvænangen innenfor Haukøya-Rødøya. NB: Lokaliteten i Kvænangen er satt primært for å fange opp innstrømmingen på vestsiden av fjorden. Området lenger øst vil ha vesentlig høyere andel utstrømming ettersom transportene i fjordene har store gradienter øst-vest.	Vanntransportene i overflaten er omtrent likt fordelt mellom inn- og utstrømning, mens det er en liten overvekt av innstrømning i 10m dyp i forhold til utstrømning.	I 2023 var innstrømningsepisodene jevnt fordelt hele perioden april-juni i både 1 og 10m dyp.
Altafjorden (PO12) (se figur B9 og B18)	Store deler av Altafjorden innenfor Altenes. NB: Lokaliteten i Altafjorden er satt for å primært fange opp innstrømmingen på vestsiden av fjorden. Området lenger øst vil ha vesentlig høyere andel utstrømming ettersom transportene i fjordene har store gradienter øst-vest.	Vanntransportene i overflaten går oftest innover (ca. 75% av tiden), mens det er jevnt fordelt mellom inn- og utstrømning i 10m dyp.	Normal vanntransport i både 1 og 10m dyp hele perioden april-juni.

3 - Vurdering av miljøforholdene for hvert produksjonsområde i 2023

Oppsummering for alle produksjonsområdene:

Vintermånedene januar og februar 2023 har vært noe varmere enn normalt i så å si hele landet. De påfølgende vårmånedene har hatt nær normale temperaturer. En kraftig oppvarming av overflatevannet i juni førte til at områdene sør for Trøndelag hadde relativt høye temperaturer på forsommeren. Mens sommertemperaturene var normale sør for Trøndelag resten av sommeren, var det relativt høye temperaturer i den nordlige delen av landet i juli og august etter svært godt vær i vår nordligste landsdel.

De valgte indikatorene for saltholdighet angir at for produksjonsområdene sør for Trøndelag var saltholdighetene relativt høye i mai (lav brakkvannsstyrke) og lave i juni (høy brakkvannsstyrke) grunnet økt avrenning/nedbør i mai. I Trøndelag har saltholdighetene vært lave (høy brakkvannsstyrke) i både mai og juni. Brakkvannsstyrke er her definert som arealet innenfor produksjonssonen som har overflatesaltholdighet under 20. I stort sett alle områdene nord for Trøndelag var overflatesaltholdigheten lav i både mai og juni (høy brakkvannsstyrke) grunnet høy avrenning på forsommeren.

At tilstanden betegnes normal betyr at situasjonen liknet på middeltilstanden for årene 2012-22. Merk at alle verdier som er presentert som midler innen kalendermåneder kan skjule dynamiske hendelser med kortere tidsskala.

Figurene med verdier ligger i Appendiks A, men her er en oppsummering som tar for seg hvert produksjonsområde.

Produksjonsområde 1: Svenskegrensen - Jæren

De øvre vannmassene i dette store kystområdet langs Skagerrak har middeltemperaturer på rundt 16-17 ^{o}C om sommeren og 3-4 ^{o}C om vinteren. Vinteren 2023 var noe varm, mens vår og sommer har hatt relativt normale temperaturer med unntak av en relativ varm juni.

Ferskvannsavrenningen til området har vært relativt lav i hele 2023, mens brakkvannsstyrken har vært normal i mai og juni 2023.

Produksjonsområde 2: Ryfylke

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på 15-16 ^{o}C om sommeren og 4-5 ^{o}C om vinteren. Vinteren 2023 var noe varm, mens vår og sommer har hatt relativt normale temperaturer med unntak av en relativ varm juni.

Ferskvannsavrenningen til området har vært normal med unntak av mars og april som hadde lite avrenning i området og juli hvor det var stor avrenning. Dette hadde betydning for brakkvannsstyrken som viser lave verdier i mars og til dels april og høye verdier i juni og juli. Merk at i Appendiks A er Jøsenfjorden merket med høye saltholdigheter i anomali-kartene for overflatesaltholdighet i 2023, mens alle nabofjordene har lav saltholdighet de samme månedene. Dette er en feil i modellen som skyldes at vi mangler data for elveavrenning fra NVE. Vi

må derfor anta at Jøsenfjorden følger samme mønster som nabofjordene (Sandsfjorden, Vindafjorden osv.).

Produksjonsområde 3: Karmøy - Sotra

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på 15-16 ^{o}C om sommeren og 5-6 ^{o}C om vinteren. Vinteren 2023 var noe varm, våren har hatt relativt normale temperaturer, mens det var varmere enn normalt i juni og juli før en kjøligere august.

Ferskvannsavrenningen til området har vært lav hele vinteren og våren til starten av mai. Juni og juli har hatt mye avrenning slik at brakkvannstyrken har vært høy gjennom sommeren. Mens hele Hardangerfjordsystemet hadde relativt høye overflatesaltholdigheter i mai, var de samme vannmassene ferskere enn normalt i juni.

Produksjonsområde 4: Sotra - Stadt

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på 15-16 ^{o}C om sommeren og 5-6 ^{o}C om vinteren. Vinteren og våren 2023 har hatt relativt normale temperaturer, mens det var varmere enn normalt i juni og juli før en kjøligere august.

Ferskvannsavrenningen til området har vært stort sett normal frem til mai. Juni og juli har hatt mye avrenning slik at brakkvannstyrken har vært høy gjennom sommeren. Mens Sognefjorden og Nordfjord hadde relativt høye overflatesaltholdigheter i mai, var de samme vannmassene ferskere enn normalt i juni.

Produksjonsområde 5: Stadt - Hustadvika

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på rundt 15 ^{o}C om sommeren og 5-6 ^{o}C om vinteren. Vinteren og våren 2023 har hatt relativt normale temperaturer, mens det var varmere enn normalt i juni og juli før en kjøligere august.

Ferskvannsavrenningen til området har vært stort sett normal frem til mai. Juni og juli har hatt mye avrenning slik at brakkvannstyrken har vært høy gjennom sommeren. Mens de største fjordsystemene hadde relativt høye overflatesaltholdigheter i mai, var de samme vannmassene ferskere enn normalt i juni.

Produksjonsområde 6: Nordmøre - Sør-Trøndelag

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på 14-15 ^{o}C om sommeren og rundt 6 ^{o}C om vinteren. Både vinter, vår og sommer 2023 har hatt nær normale temperaturer.

Ferskvannsavrenningen til området har vært stort sett normal frem til mai. Juni og juli har hatt mye avrenning slik at brakkvannstyrken har vært noe høy gjennom sommeren. Mens Trondheimsfjorden hadde relativt høye overflatesaltholdigheter i både mai og juni, har situasjonen vært motsatt i de mindre tilhørende fjordene.

Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag - Bindal

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på 13-14 ^{o}C om sommeren og 5-6 ^{o}C om vinteren. Vinteren 2023 var litt varmere enn normalt, våren hadde normale temperaturer, mens juni startet med lave temperaturer. Påfølgende sommer har hatt noe høyere temperaturer enn normalt.

Ferskvannsavrenningen til området har vært høyere enn normalt, spesielt i februar og mai 2023. Dette har gitt en brakkvannsstyrke som også var sterkere enn normalt i periodene februar-mars og mai-juni. Både mai og juni har vært preget av lave saltholdigheter i så å si hele produksjonsområdet.

Produksjonsområde 8: Helgeland - Bodø

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på rundt 13 ^{o}C om sommeren og rundt 5 ^{o}C om vinteren. Vinteren 2023 var litt varmere enn normalt, våren hadde normale temperaturer, mens juni startet med lave temperaturer. Påfølgende sommer har hatt noe høyere temperaturer enn normalt.

Ferskvannsavrenningen til området var lavere enn normalt gjennom vinteren frem til mai 2023, mens det var relativt høy avrenning i juni. Brakkvannsstyrken har vært normal stort sett hele perioden unntatt høye verdier i juni. Mens overflatesaltholdighetene var relativt normale i mai, var de fleste fjordene ferskere enn normalt i juni.

Produksjonsområde 9: Vestfjorden - Vesterålen

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på 12-13 ^{o}C om sommeren og rundt 5 ^{o}C om vinteren. Vinteren 2023 var litt varmere enn normalt, våren hadde normale temperaturer, mens juni startet med lave temperaturer. Påfølgende sommer har hatt noe høyere temperaturer enn normalt.

Ferskvannsavrenningen til området var lavere enn normalt gjennom vinteren frem til mai 2023, mens det var relativt høy avrenning i juni. Brakkvannsstyrken har vært litt svakere enn normalt stort sett hele perioden unntatt episode med høye verdier i mai og i hele juni. Overflatesaltholdighetene i de fleste fjordene har vært lavere enn normalt i både mai og juni.

Produksjonsområde 10: Andfjorden - Senja

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på rundt 12 ^{o}C om sommeren og rundt 4 ^{o}C om vinteren. Vinteren 2023 var litt varmere enn normalt, våren hadde normale temperaturer, mens juni startet med lave temperaturer. Påfølgende sommer har hatt noe høyere temperaturer enn normalt.

Ferskvannsavrenningen til området var lavere enn normalt gjennom vinteren frem til mai 2023, mens det var relativt høy avrenning i mai og juni. Brakkvannsstyrken har vært litt svakere enn normalt stort sett hele perioden unntatt episode med høye verdier i mai og i hele juni. Overflatesaltholdighetene i de fleste fjordene har vært lavere enn normalt i både mai og juni.

Produksjonsområde 11: Kvaløya - Loppa

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på rundt 11 ^{o}C om sommeren og rundt 4 ^{o}C om vinteren. Vinteren 2023 var litt varmere enn normalt, våren hadde normale temperaturer, mens juni startet med litt lave temperaturer. Påfølgende sommer har hatt noe høyere temperaturer enn normalt.

Ferskvannsavrenningen til området var lavere enn normalt gjennom vinteren frem til mai 2023, mens det var relativt høy avrenning i mai og juni. Brakkvannsstyrken har vært litt svakere enn normalt stort sett hele perioden unntatt episode med høye verdier i mai og i hele juni. Overflatesaltholdighetene i de fleste fjordene har vært lavere enn normalt i både mai og juni.

Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på 10-11 ^{o}C om sommeren og rundt 4 ^{o}C om vinteren. Vinteren 2023 var litt varmere enn normalt, mens våren og sommeren har hatt nær normale temperaturer med unntak av episoder med høye temperaturer i juli og august.

Ferskvannsavrenningen til området var lavere enn normalt gjennom vinteren frem til mai 2023, mens det var

relativt høy avrenning i mai og juni. I produksjonsområdet er saltholdighetene så høye fra oktober-april at det ikke registreres brakkvannsstyrke med anvendt definisjon (saltholdighet under 20). I mai var brakkvannsstyrken høy, mens den var lav resten av sommeren. Overflatesaltholdighetene i de fleste fjordene var lavere enn normalt i mai, mens de var høyere enn normalt i juni.

Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark

Temperaturen i de øvre vannmassene ligger normalt på 10-11 ^{o}C om sommeren og rundt 3-4 ^{o}C om vinteren. Vinteren 2023 var litt varmere enn normalt, mens våren og sommeren har hatt nær normale temperaturer med unntak av episoder med høye temperaturer i juli og august.

Ferskvannsavrenningen til området var lavere enn normalt gjennom vinteren frem til mai 2023, mens det var relativt høy avrenning i mai og juni. I mai var brakkvannsstyrken høy, mens den var normal resten av sommeren. Overflatesaltholdighetene i de fleste fjordene var lavere enn normalt i mai, mens de var høyere enn normalt i juni.

4 - Referanser

Albretsen J, Sperrevik AK, Staalstrøm A, Sandvik AD, Vikebø F, Asplin L (2011) NorKyst-800 report no. 1: User manual and technical descriptions. IMR Res Rep Ser Fisken og Havet 2/2011. Institute of Marine Research, Bergen. https://www.hi.no/resources/publikasjoner/fisken-og-havet/2011/fh_2-2011_til_web.pdf

Albretsen J, Sandvik AD, Asplin L, Lien V, Skardhamar J (2022) NorKyst800: versjoner og arkiver - Oversikt over versjoner og arkiver av NorKyst800 som hittil er brukt for modellering av det fysiske miljø i norsk kystsone - med fokus på implikasjoner for lakselusmodellen til Havforskningsinstituttet. Rapport fra havforskningen 2022-35. https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2022-35

Asplin L, Johnsen IA, Sandvik AD, Albretsen J, Sundfjord V, Aure J & Boxaspen KK (2014) Dispersion of salmon lice in the Hardangerfjord, Marine Biology Research, 10:3, 216-225, doi: 10.1080/17451000.2013.810755

Asplin L, Albretsen J, Johnsen IA, Sandvik AD (2020) The hydrodynamic foundation for salmon lice dispersion modeling along the Norwegian coast. Ocean Dynamics. doi: 10.1007/s10236-020-01378-0.

Dalsøren S, Albretsen J, Asplin L (2020) New validation method for hydrodynamic fjord models applied in the Hardangerfjord, Norway, Estuarine Coastal and Shelf Sci., 246, 107028.

Gustafsson B, Stigebrandt A (1996) Dynamics of the freshwater-influenced surface layers in the Skagerrak. J. of Sea Res. 35 (1-3), pp. 39.53.

Myksvoll MS, Sandvik AD, Albretsen J, Asplin L, Johnsen IA, Karlsen Ø, Kristensen NM, Melsom A, Skarðhamar J, Ådlandsvik B (2018) Evaluation of a national operational salmon lice monitoring system - From physics to fish, PLoS ONE, 13, e0201338.

Myksvoll MS, Sandvik AD, Johnsen IA, Skarðhamar J, Albretsen J (2020) Impact of variable physical conditions and future increased aquaculture production on lice infestation pressure and its sustainability in Norway, Aquacult. Environ. Interact., 12, 193–204.

Sætre R (2007) The Norwegian Coastal Current - Oceanography and Climate, Tapir Academic Press, 159 pp

Appendiks A

Figurene som beskriver tilstanden innen hvert produksjonsområde er her listet opp. Resultatene er summert opp i kapittel 3, men forklaringen for hver av de fire figurene som er vist for hvert produksjonsområde er:

1. Grafene for sjøtemperatur

Sjøtemperatur i overflaten er presentert både som tidsserie av døgnmidler fra inneværende år, 2023, samt som månedsvise temperaturanomalier for hele perioden tilbake tom. 2012. Det siste årets temperaturer er angitt sammen med normaltilstanden for hvert produksjonsområde, og normaltilstanden er definert som middelverdien for perioden 2012-22 +/- ett standardavvik. Anomaliene er beregnet ut fra månedlige midler for de 11 foregående årene, dvs. 2012-22, og i tillegg er de standardiserte ved bruk av månedlige standardavvik for de samme referanseårene. Anomaliene angir derfor avvik i sjøtemperatur i antall standardavvik i forhold til en normaltilstand for inneværende måned. Sjøtemperaturen som ligger til grunn for tidsseriene er beregnet som et romlig gjennomsnitt for den delen av produksjonsområdet som ligger innenfor de ytterste øyene.

Variabiliteten i sjøtemperatur kan indikere vekstforholdene for lakselusene samt utviklingshastigheten.

2. Grafene for saltholdighet/ferskvannspåvirkning/brakkvannsstyrke

Innenfor hvert produksjonsområde er en indikator for brakkvannsstyrke sammenholdt med samlet vannføring fra alle hovedelver (kilde: NVE). Brakkvannsstyrken er avledet fra modellert overflatesaltholdighet der arealet av produksjonsområdet med verdi under 20 (psu) er summert opp og midlet for hver måned. Disse arealene av lavsaltholdighet-områdene er standardiserte ved bruk av middelverdi og standardavvik for perioden 2012-22. Tilsvarende er avrenningen til fjord- og kystområdene innenfor hvert produksjonsområde oppsummert for hver måned for perioden januar 2012 til og med juli 2023 og standardisert på samme måte som de andre tidsseriene. Fortegnet på anomaliene vil kunne indikere om fjordsystemene i produksjonsområdene har vært eksponert for mye (positivt) eller lite (negativt) elveavrenning. Merk at man normalt har en sesongsyklus for ferskvannspåvirkning i fjordene med økt avrenning om våren (smelting i fjellet) og høsten (økt nedbør). Siden anomaliene er basert på årsmidler, så må disse tolkes med hensyn til dette. Av spesiell viktighet for smoltvandringen er mai og juni hvert år fremhevet i grafene samt at brakkvannsindikatoren for de to månedene hvert år fra 2012 til 2023 er presentert i et eget panel.

3. Tidsserie av siste års brakkvannsstyrke

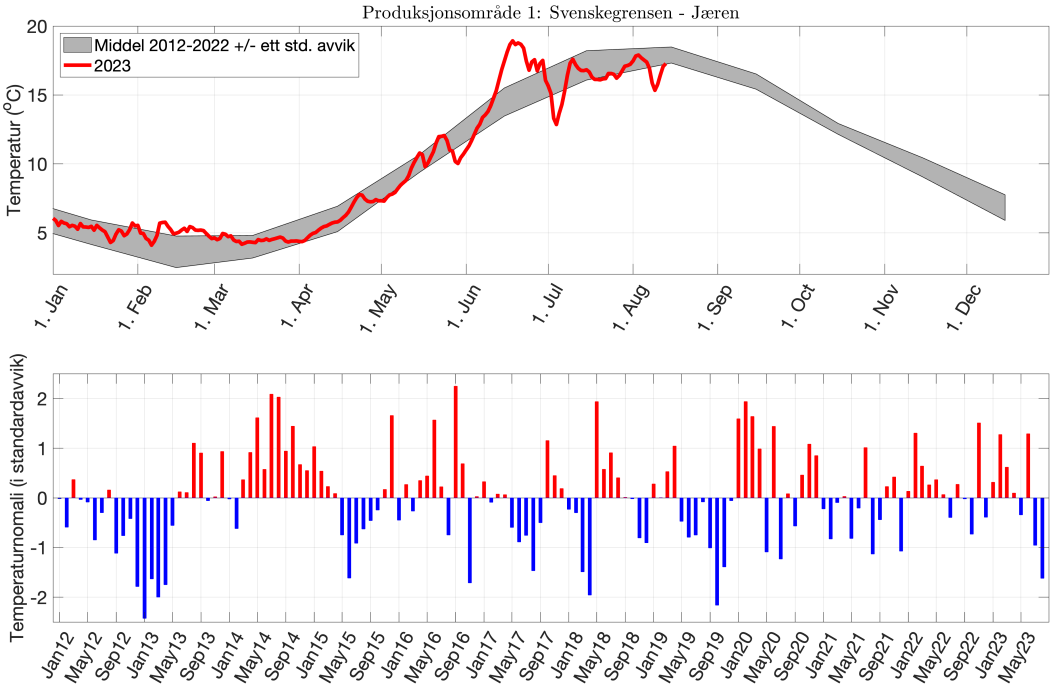
Som et supplement til de månedsvise søylediagrammene med brakkvannsstyrke som er normalisert slik at enheten er i antall standardavvik, så viser tidsserien av siste års verdier en mer detaljert utvikling over tid fra januar tom. juli 2023. Det siste årets brakkvannsindikator, dvs. daglig verdi av arealet til den delen av produksjonsområdet som har overflatesaltholdighet under 20, er angitt sammen med normaltilstanden, og normaltilstanden er definert som middelverdien for perioden 2012-22 +/- ett standardavvik innen hver kalendermåned.

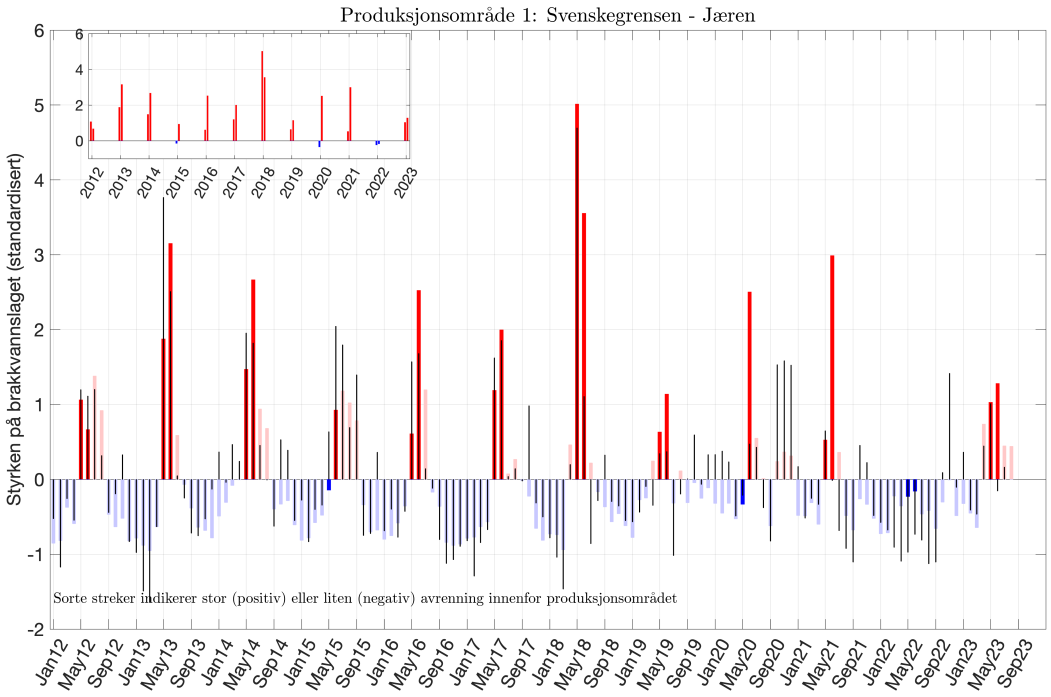
4. Kart for siste års avvik i overflatesaltholdighet

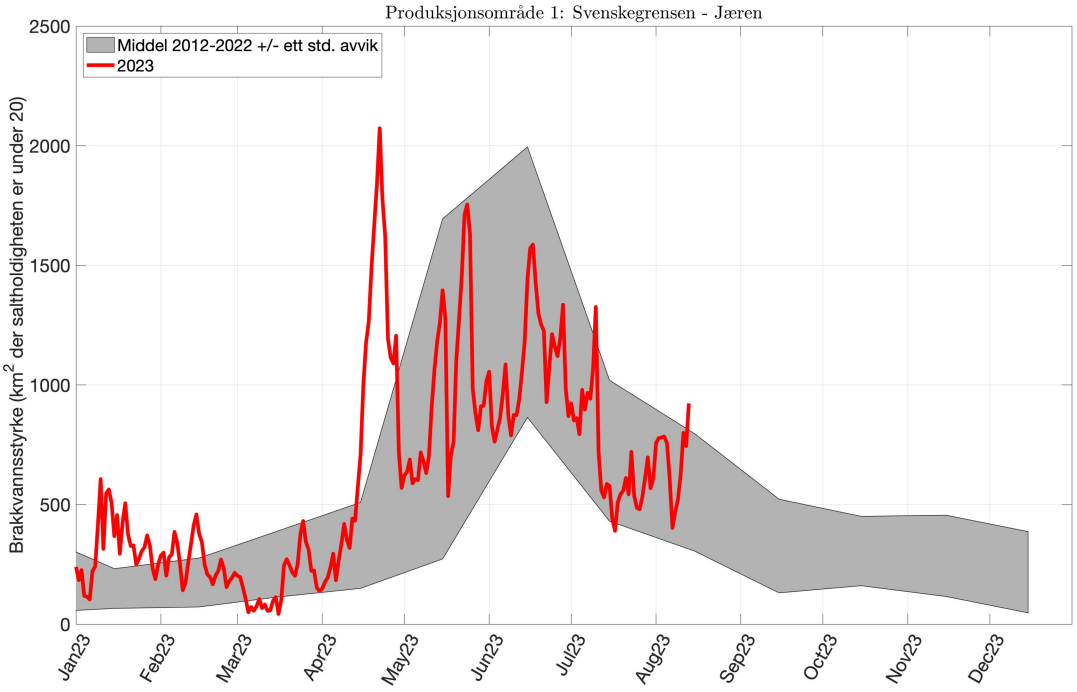
I tillegg til å presentere brakkvannsstyrken som romlig aggregerte tidsserier, presenteres det også romlige kart av overflatesaltholdighet for hvert produksjonsområde. I tillegg til månedsklimatologi (2012-22) for mai og juni vises siste års (2023) avvik fra disse. Denne anomalien er definert ved at negative verdier antyder at det siste året var mindre saltholdig enn årene før, mens positive verdier antyder at det siste året var saltere i overflaten enn de foregående årene.

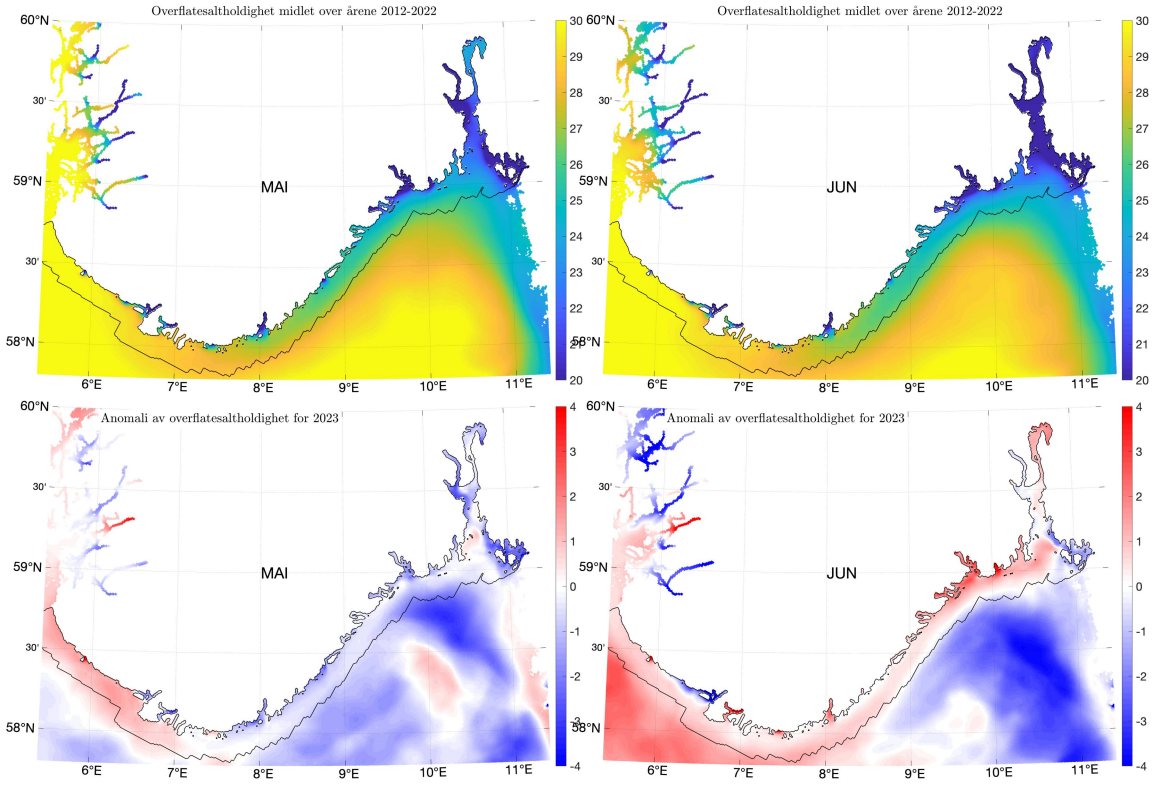
Ved å sammenligne brakkvannsstyrken i fjordene med avrenning, så vil man ved overensstemmelse få et relativt robust mål på den relative utbredelsen til det villfisk-beskyttede brakkvannslaget. Disse dataseriene kan også virke i utakt, f.eks. ved mye vind som rører opp saltere vann mot overflaten, eller ved ekstra innsig av saltere vann fra ytre kyst. Kartene med anomalier av overflatesaltholdighet vil i tillegg peke på om der er geografiske forskjeller innen produksjonsområdet.

Produksjonsområde 1: Svenskegrensen - Jæren

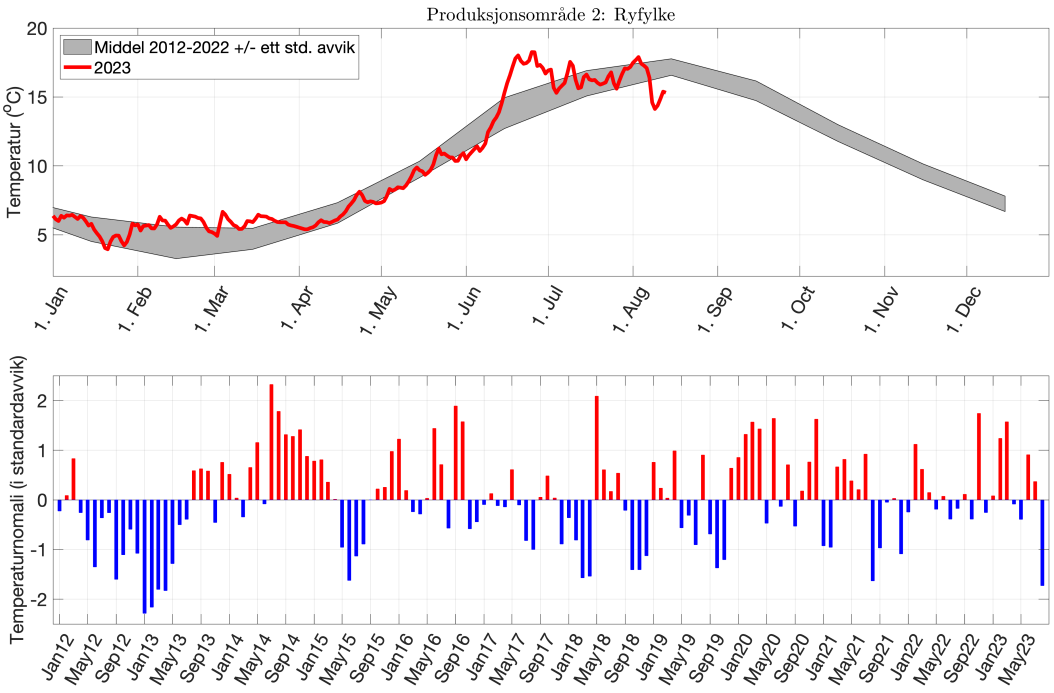


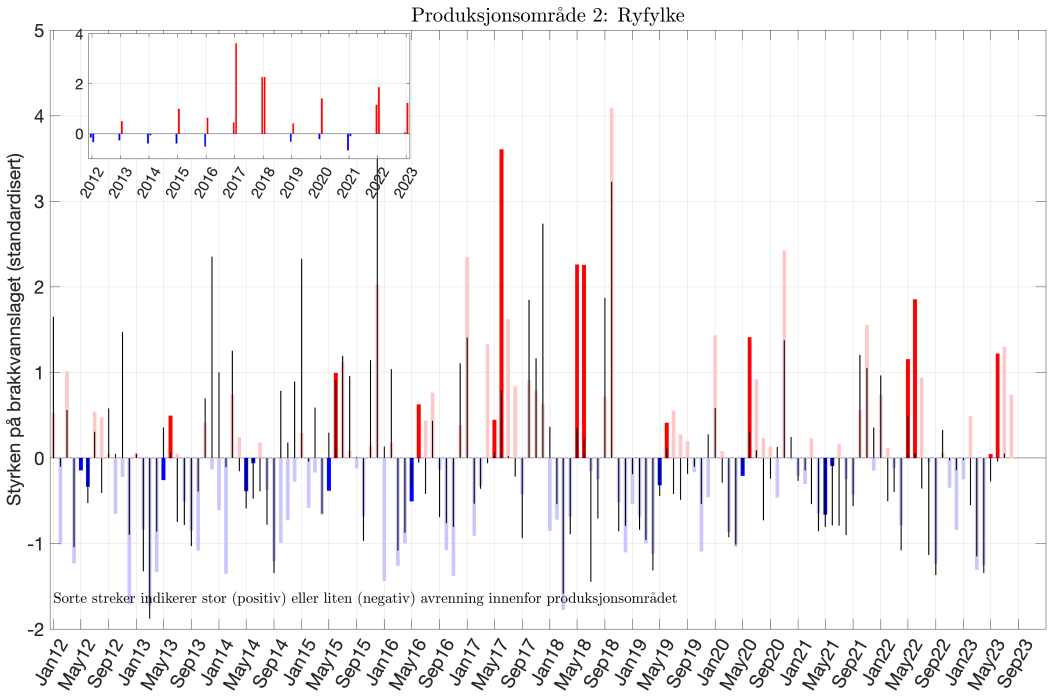

Produksjonsområde 1: Svenskegrensen - Jæren
Styrken på brakkvannslaget (standardisert)
Sorte streker indikerer stor (positiv) eller liten (negativ) avrenning innenfor produksjonsområdet

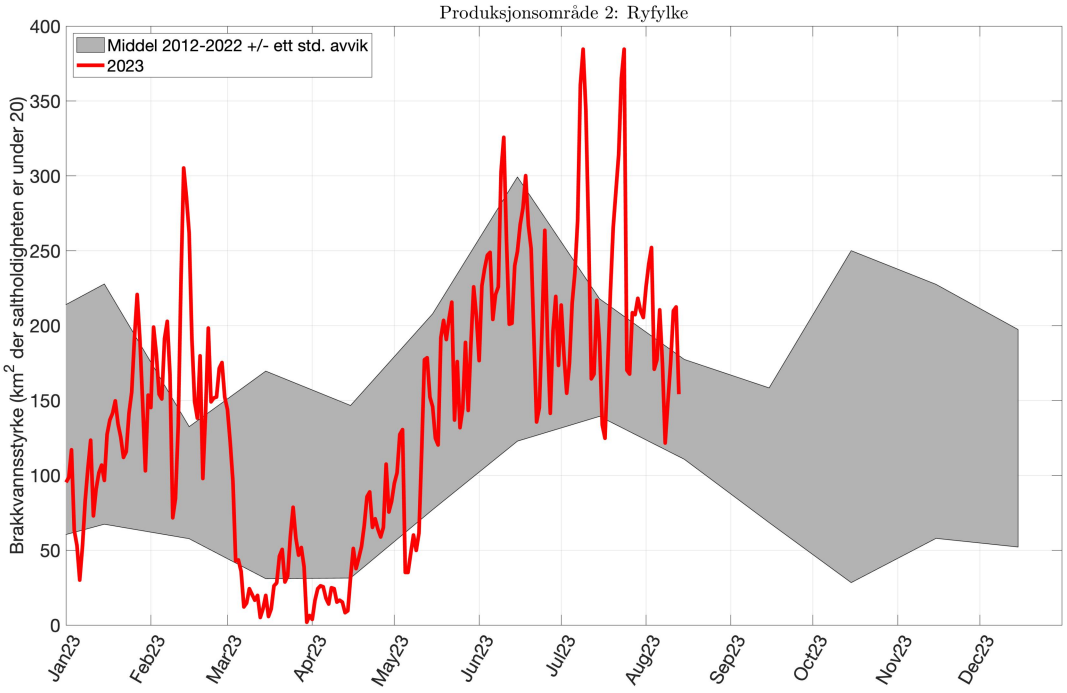

Produksjonsområde 1: Svenskegrensen - Jæren
Middel 2012-2022 +/- ett std. avvik
2023
Brakkvannsstyrke (km2 der saltholdigheten er under 20)

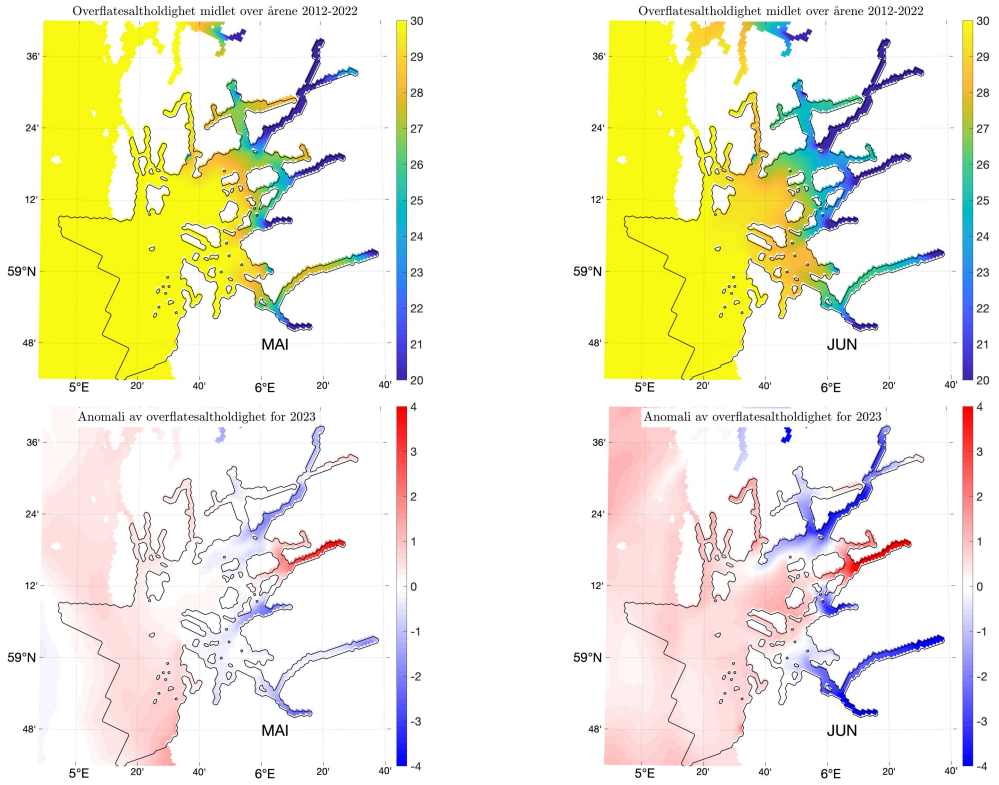


Produksjonsområde 2: Ryfylke

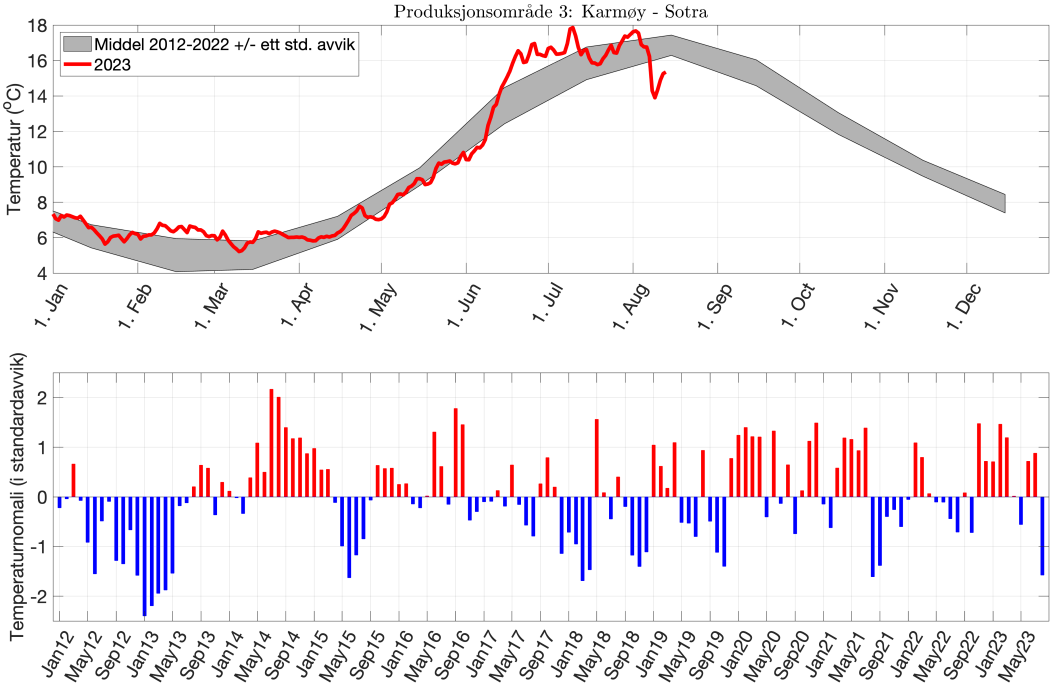


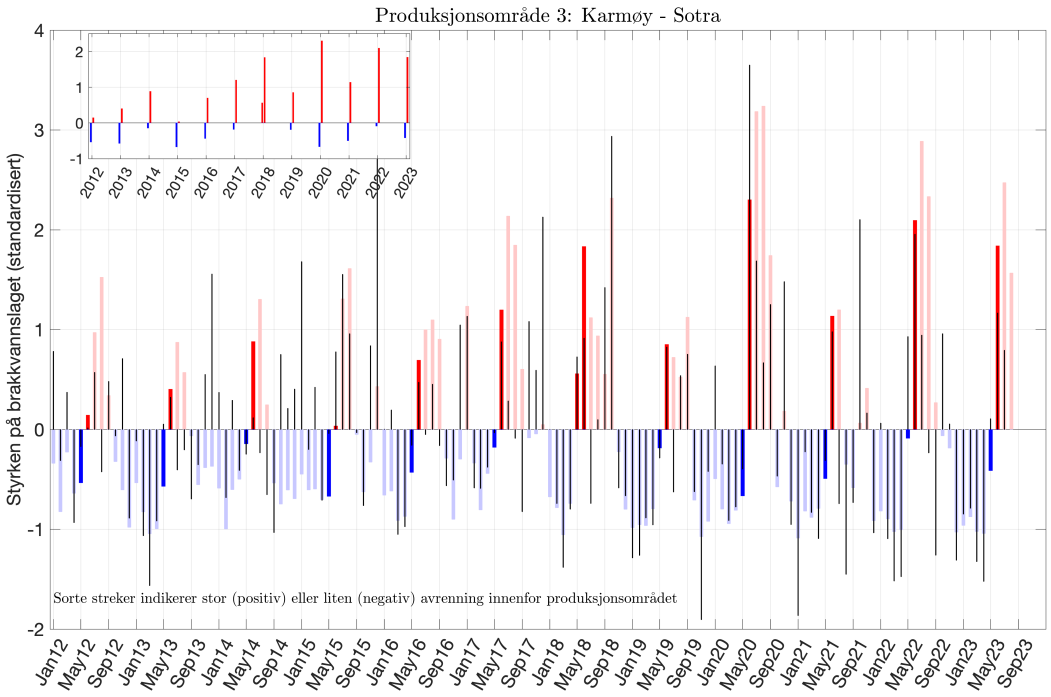

Produksjonsområde 2: Ryfylke
Styrken på brakkvannslaget (standardisert)
Sorte streker indikerer stor (positiv) eller liten (negativ) avrenning innenfor produksjonsområdet

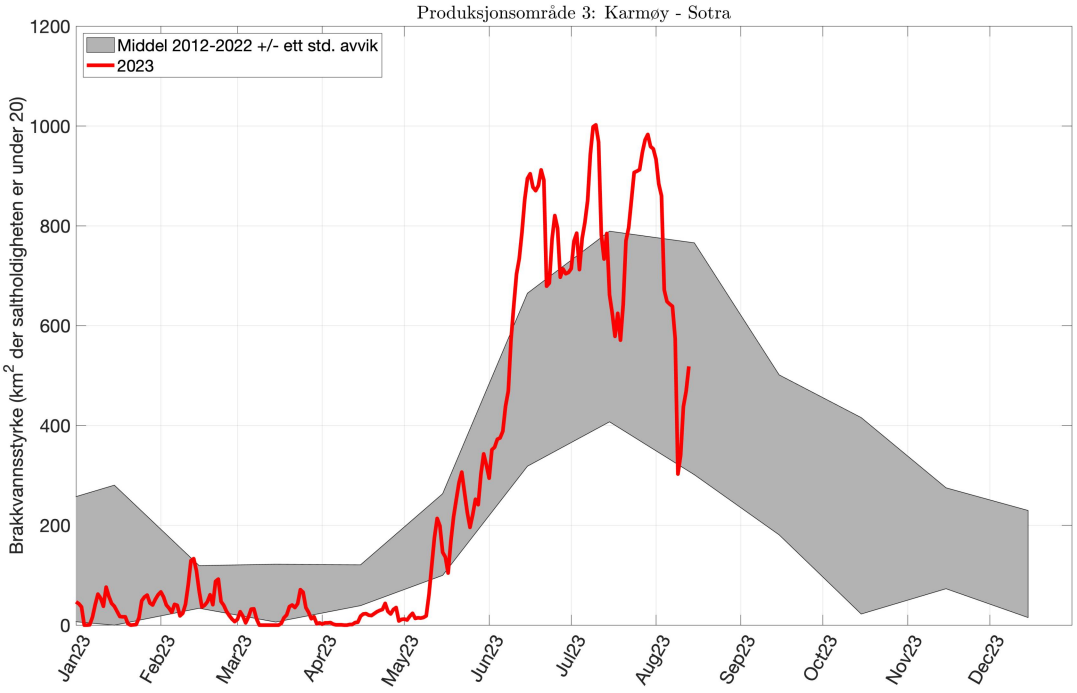

Produksjonsområde 2: Ryfylke
Middel 2012-2022 +/- ett std. avvik
2023
Brakkvannsstyrke (km2 der saltholdigheten er under 20)

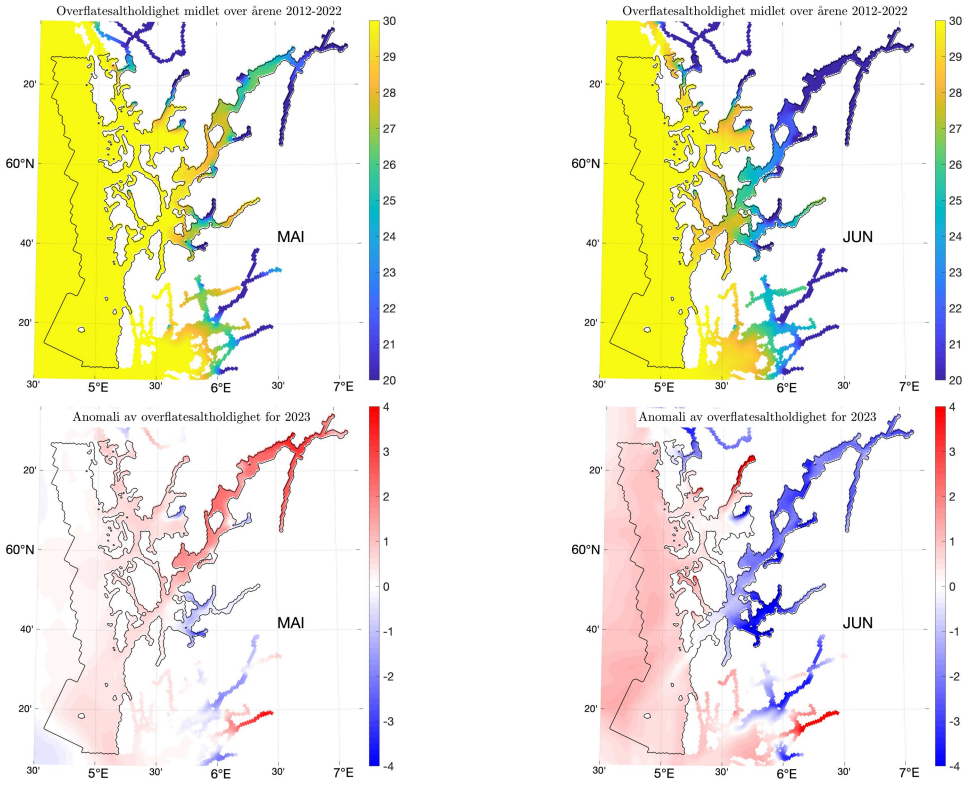


Produksjonsområde 3: Karmøy - Sotra

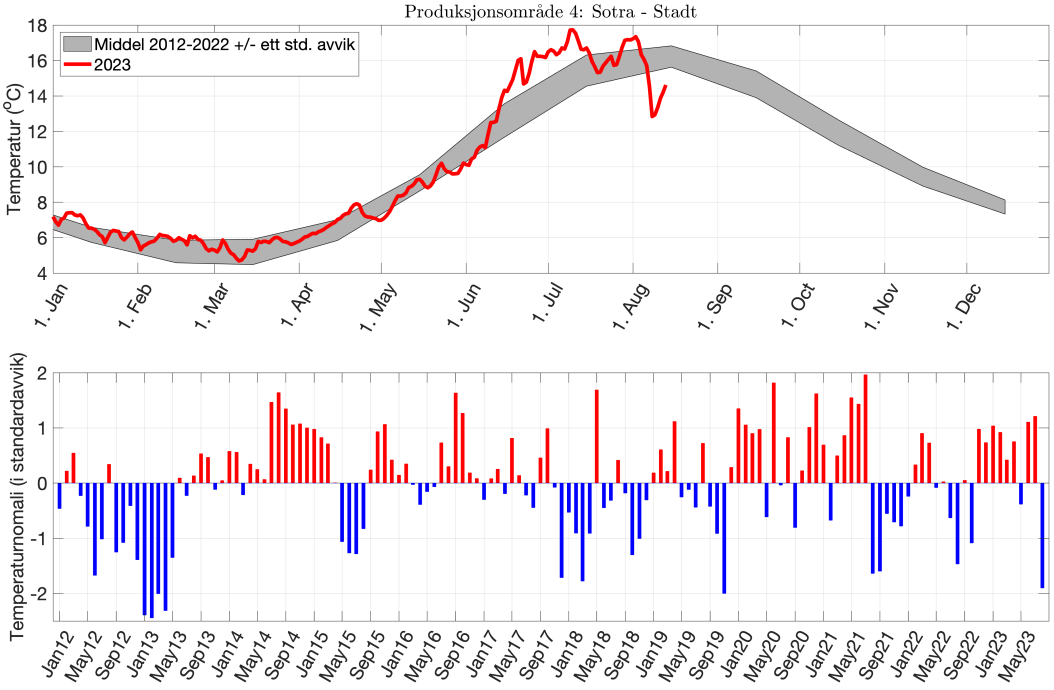


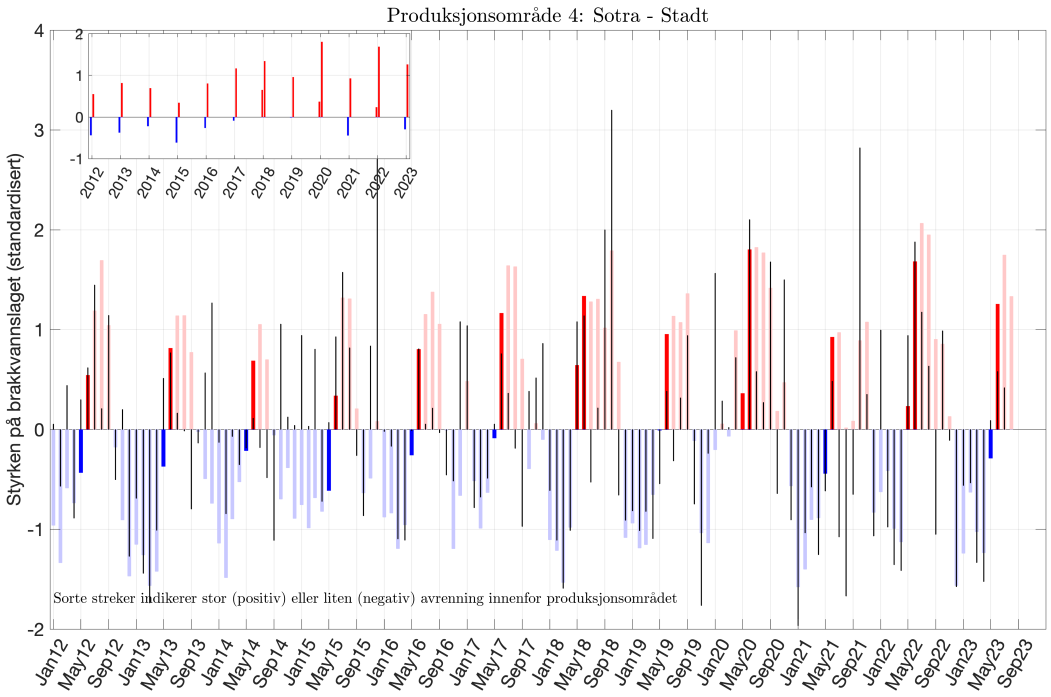

Produksjonsområde 3: Karmøy - Sotra
Styrken på brakkvannslaget (standardisert)
Sorte streker indikerer stor (positiv) eller liten (negativ) avrenning innenfor produksjonsområdet

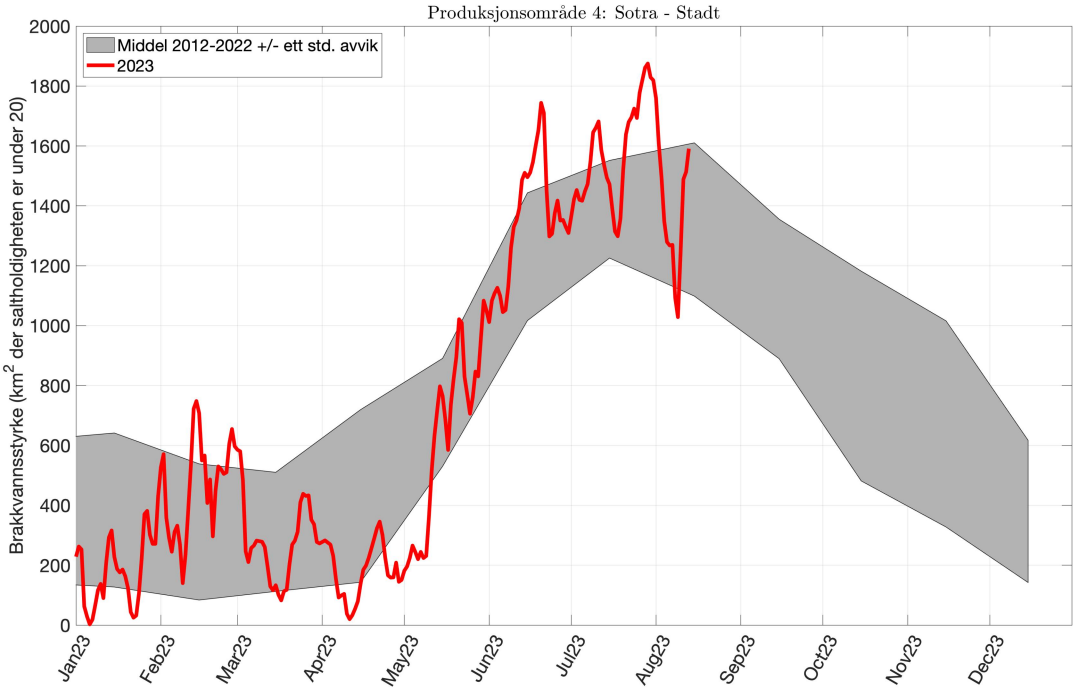

Produksjonsområde 3: Karmøy - Sotra
Middel 2012-2022 +/- ett std. avvik
2023
Brakkvannsstyrke (km2 der saltholdigheten er under 20)

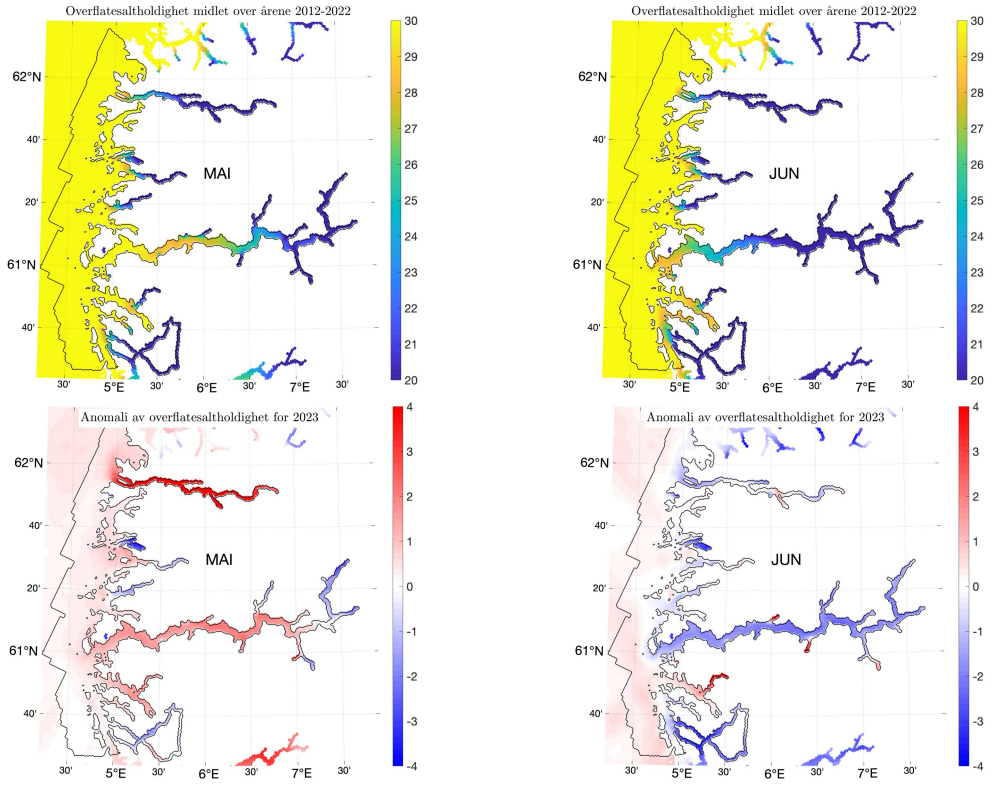


Produksjonsområde 4: Sotra - Stadt

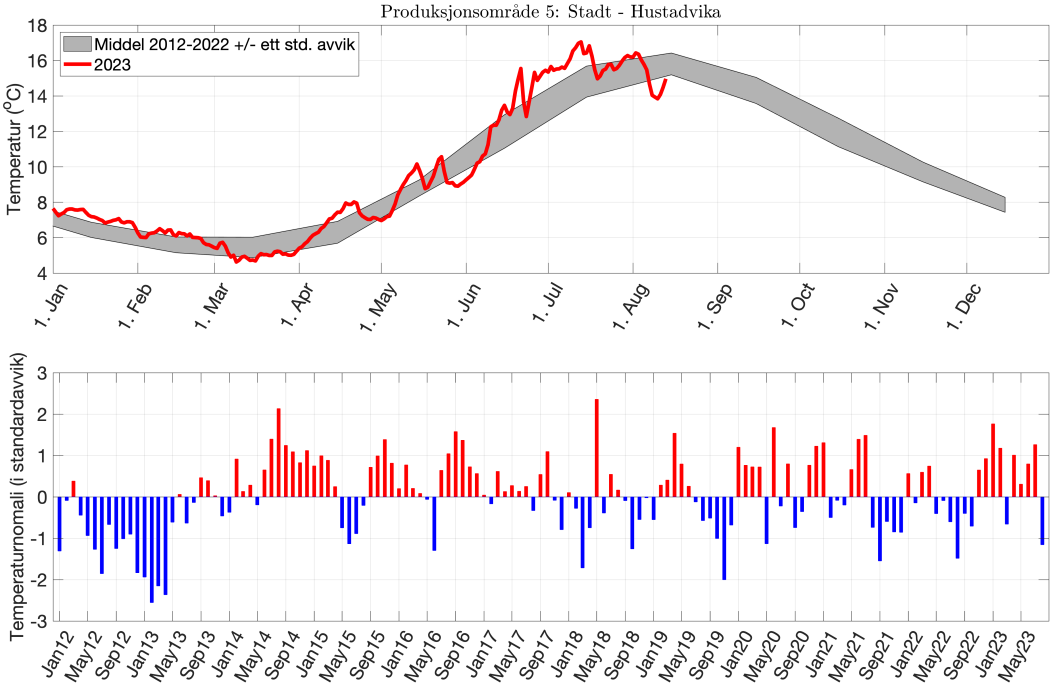


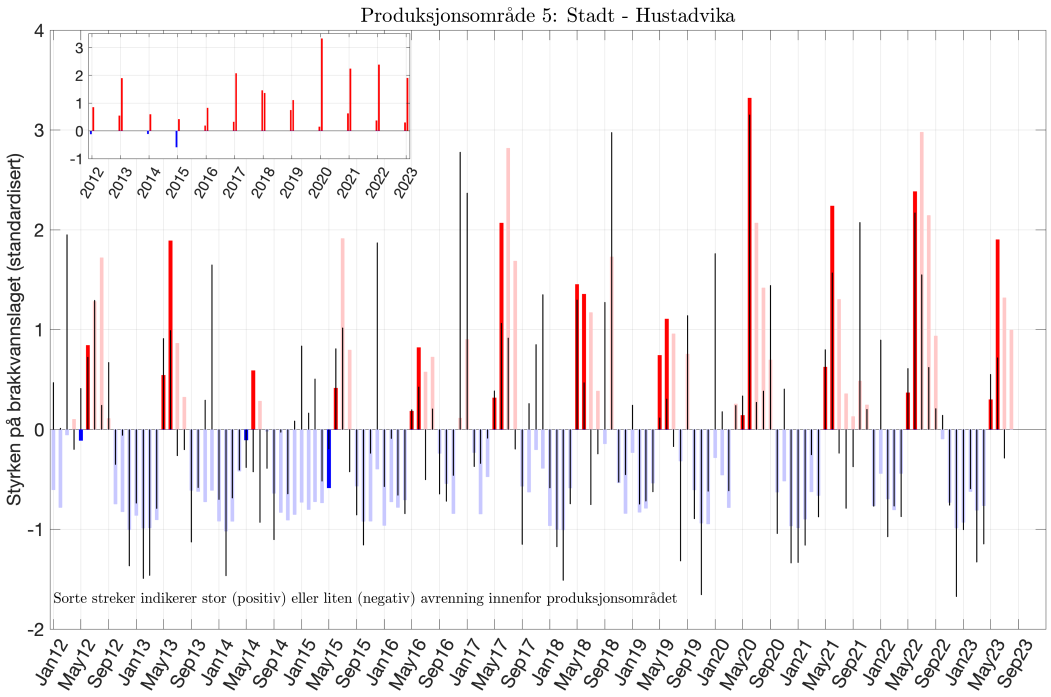

Produksjonsområde 4: Sotra - Stadt
Styrken på brakkvannslaget (standardisert)
Sorte streker indikerer stor (positiv) eller liten (negativ) avrenning innenfor produksjonsområdet

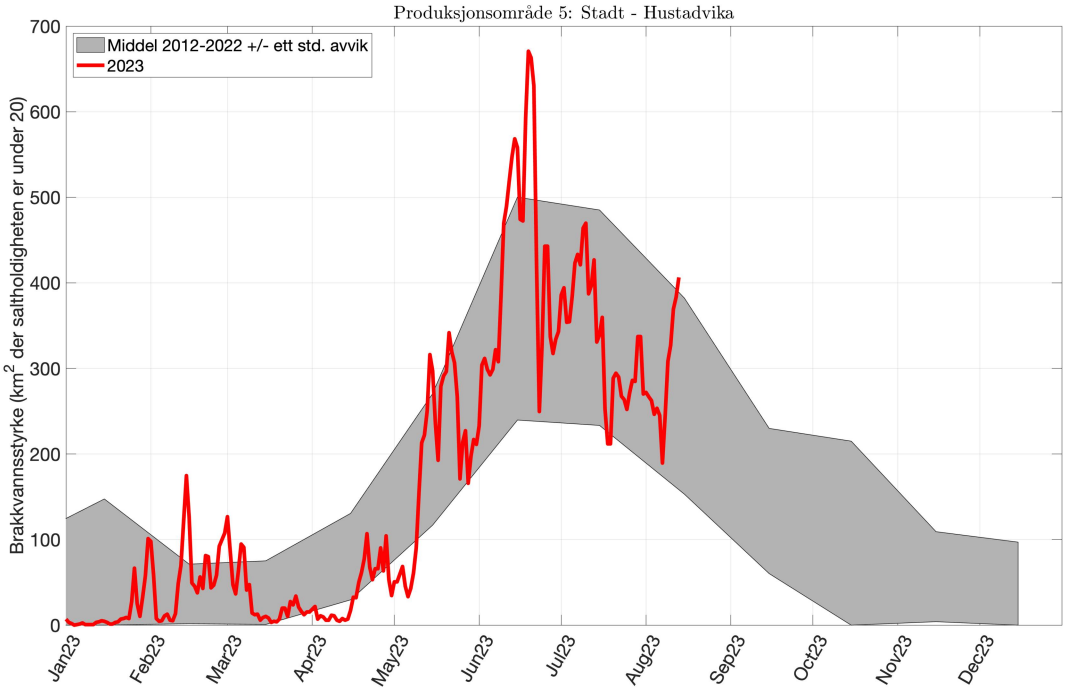

Produksjonsområde 4: Sotra - Stadt
Middel 2012-2022 +/- ett std. avvik
2023
Brakkvannsstyrke (km2 der saltholdigheten er under 20)

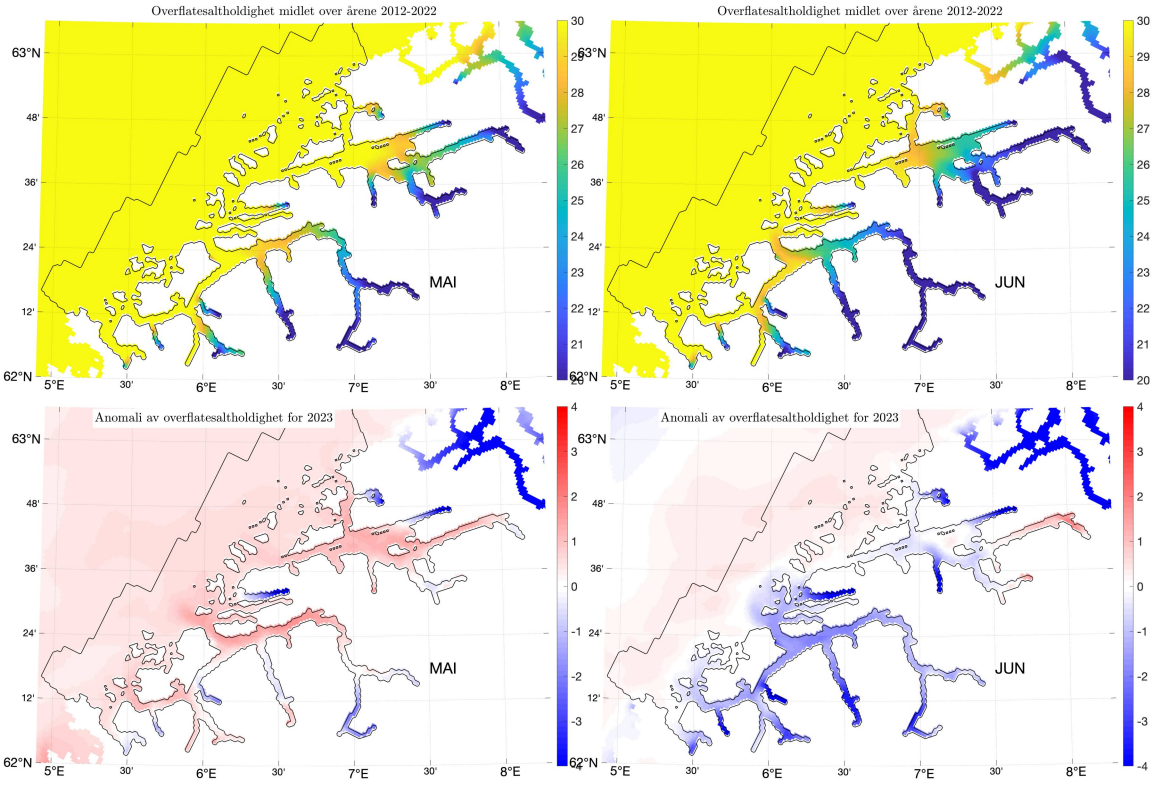


Produksjonsområde 5: Stadt - Hustadvika

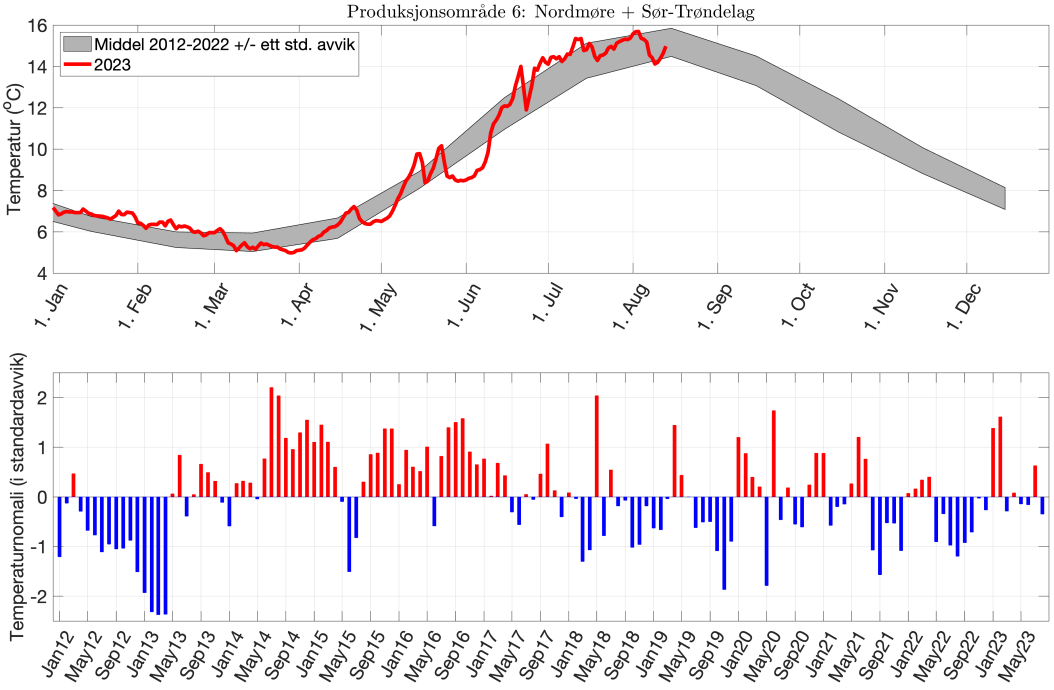


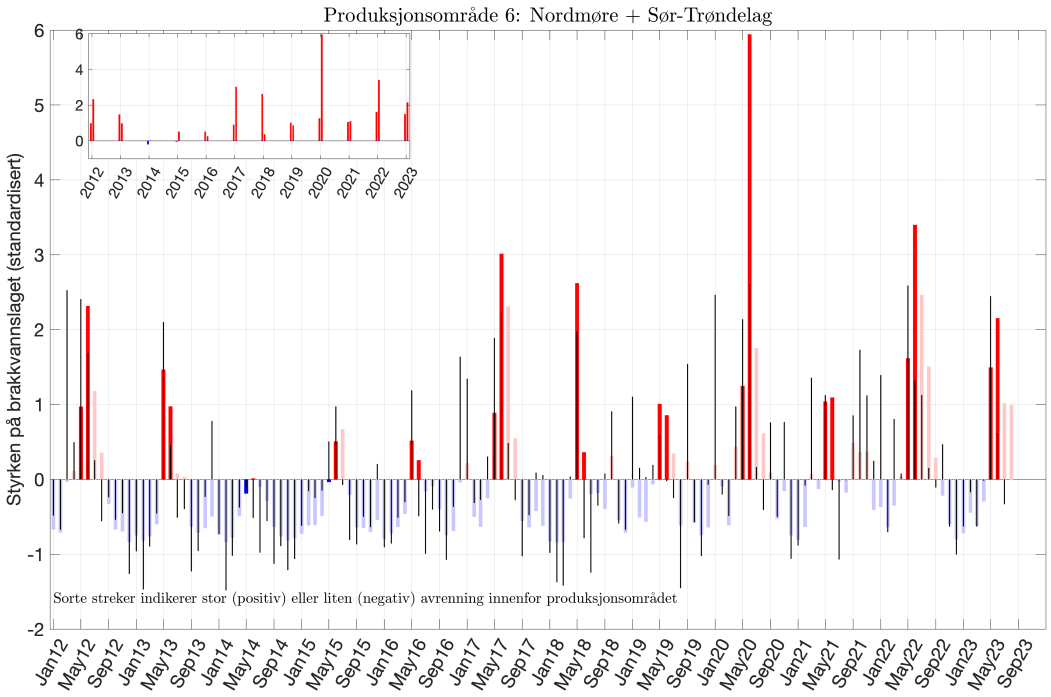

Produksjonsområde 5: Stadt - Hustadvika
Styrken på brakkvannslaget (standardisert)
Sorte streker indikerer stor (positiv) eller liten (negativ) avrenning innenfor produksjonsområdet

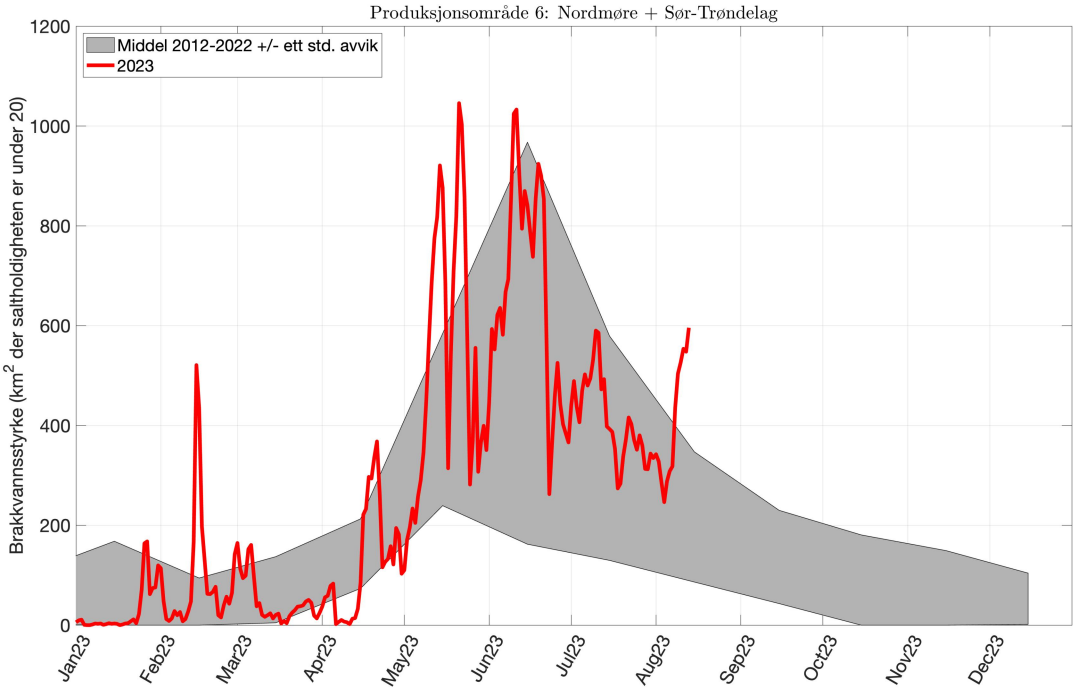

Produksjonsområde 5: Stadt - Hustadvika
Middel 2012-2022 +/- ett std. avvik
2023
Brakkvannsstyrke (km2 der saltholdigheten er under 20)

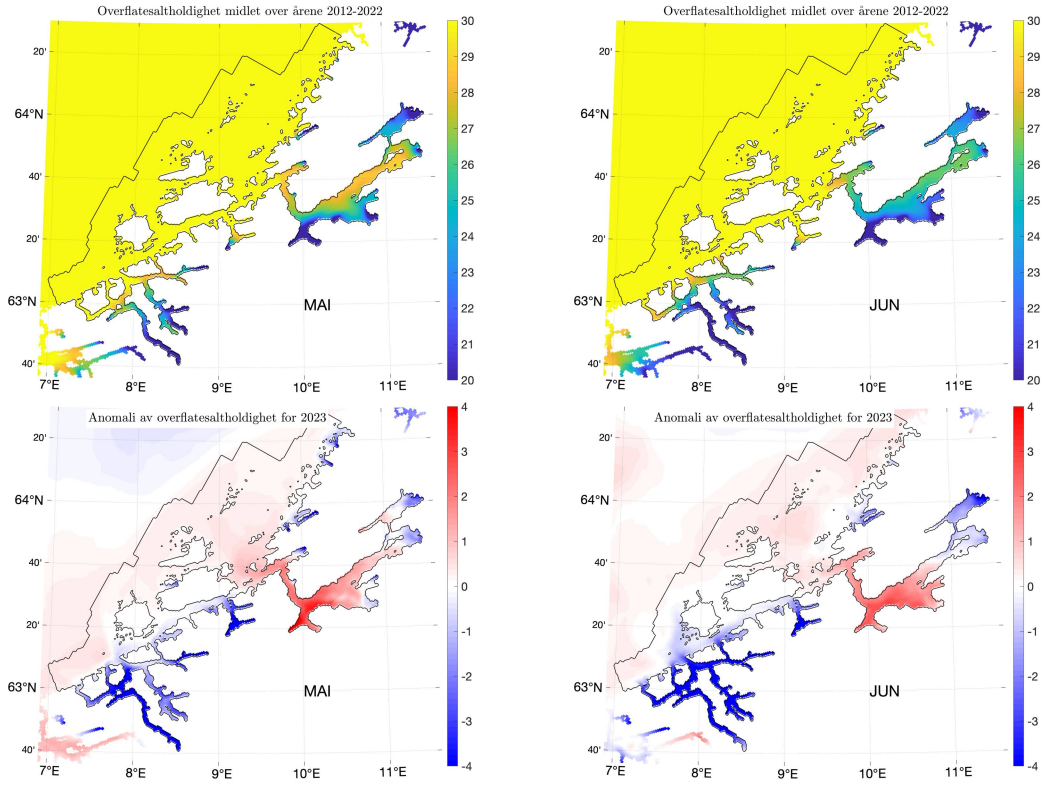


Produksjonsområde 6: Nordmøre - Sør-Trøndelag

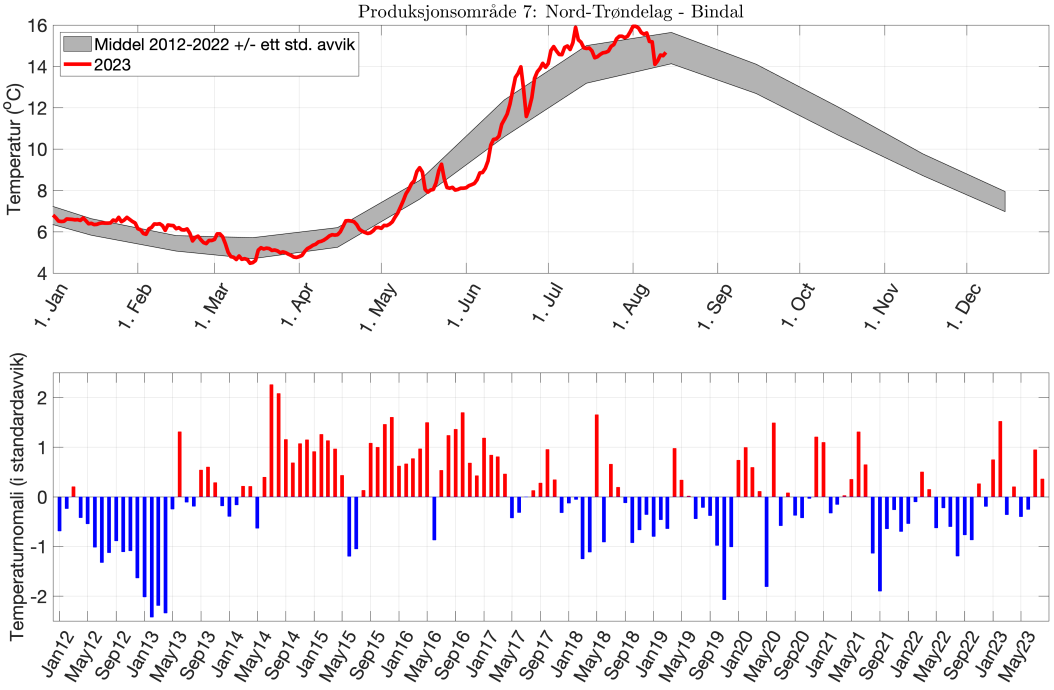


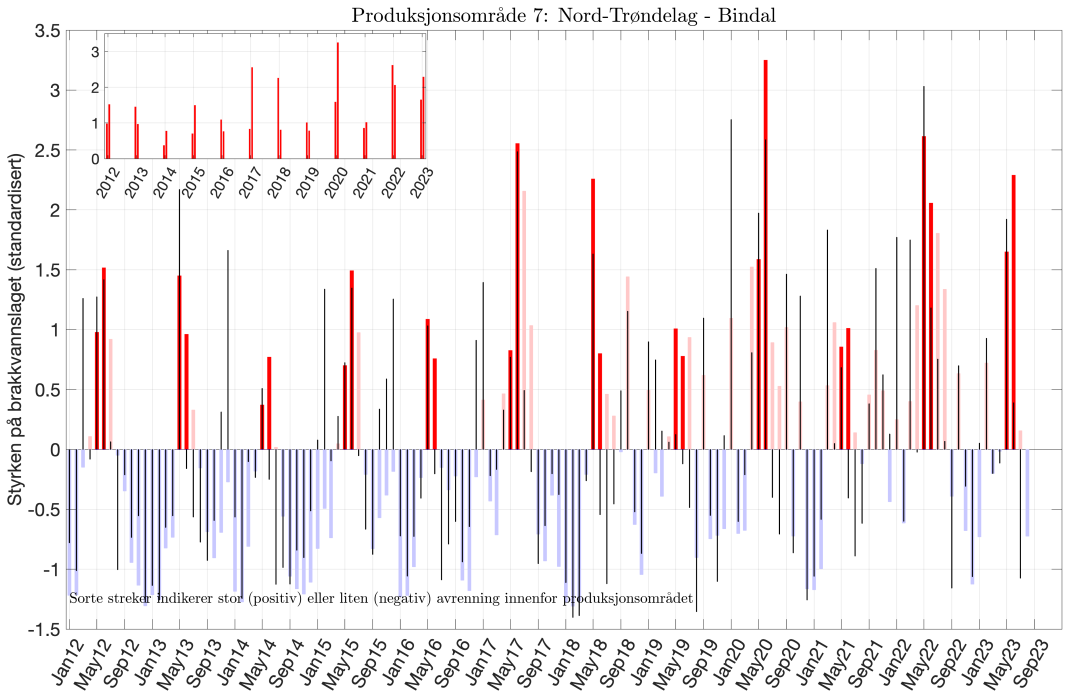

Produksjonsområde 6: Nordmøre + Sør-Trøndelag
Styrken på brakkvannslaget (standardisert)
Sorte streker indikerer stor (positiv) eller liten (negativ) avrenning innenfor produksjonsområdet
Jan12
May12
Sep12
Jan13
May13
Sep13
Jan14
May14
Sep14
Jan15
May15
Sep15
Jan16
May16
Sep16
Jan17
May17
Sep17
Jan18
May18
Sep18
Jan19
May19
Sep19
Jan20
May20
Sep20
Jan21
May21
Sep21
Jan22
May22
Sep22
Jan23
May23
Sep23

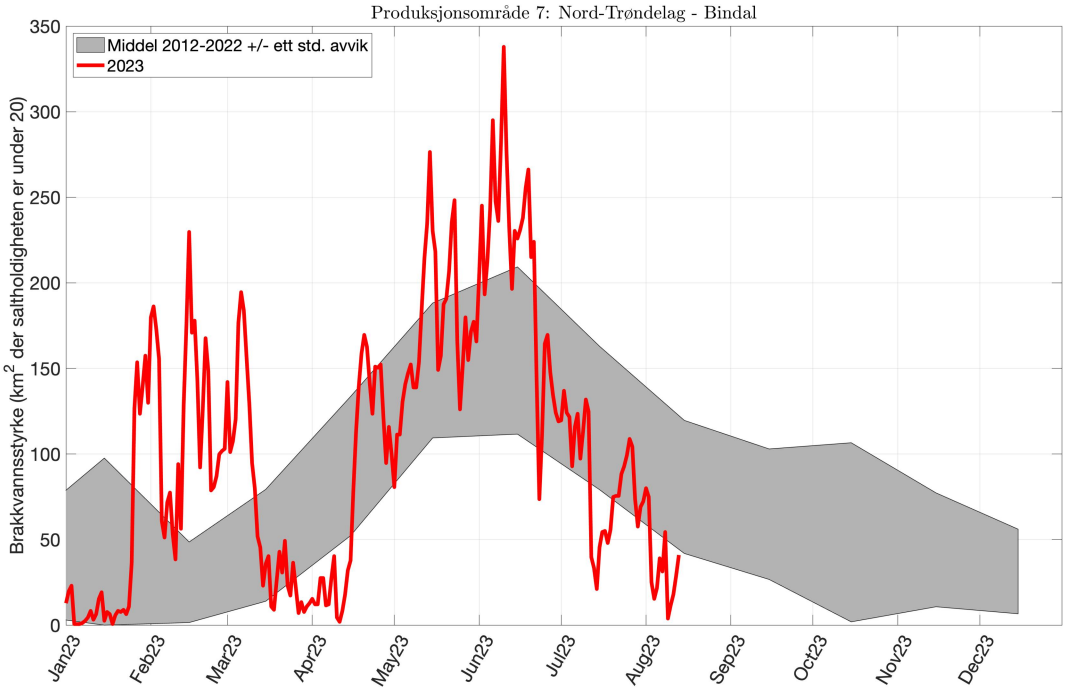

Produksjonsområde 6: Nordmøre + Sør-Trøndelag
Middel 2012-2022 +/- ett std. avvik
2023
Brakkvannsstyrke (km2 der saltholdigheten er under 20)
Jan23
Feb23
Mar23
Apr23
May23
Jun23
Jul23
Aug23
Sep23
Oct23
Nov23
Dec23

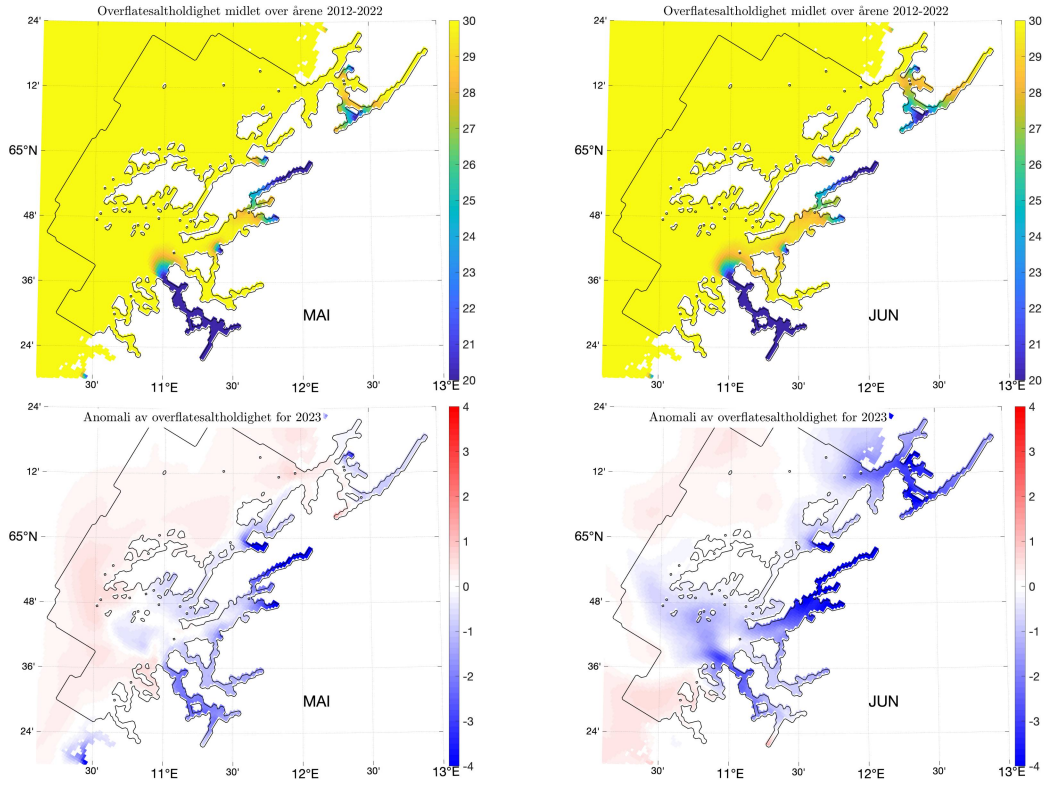


Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag - Bindal

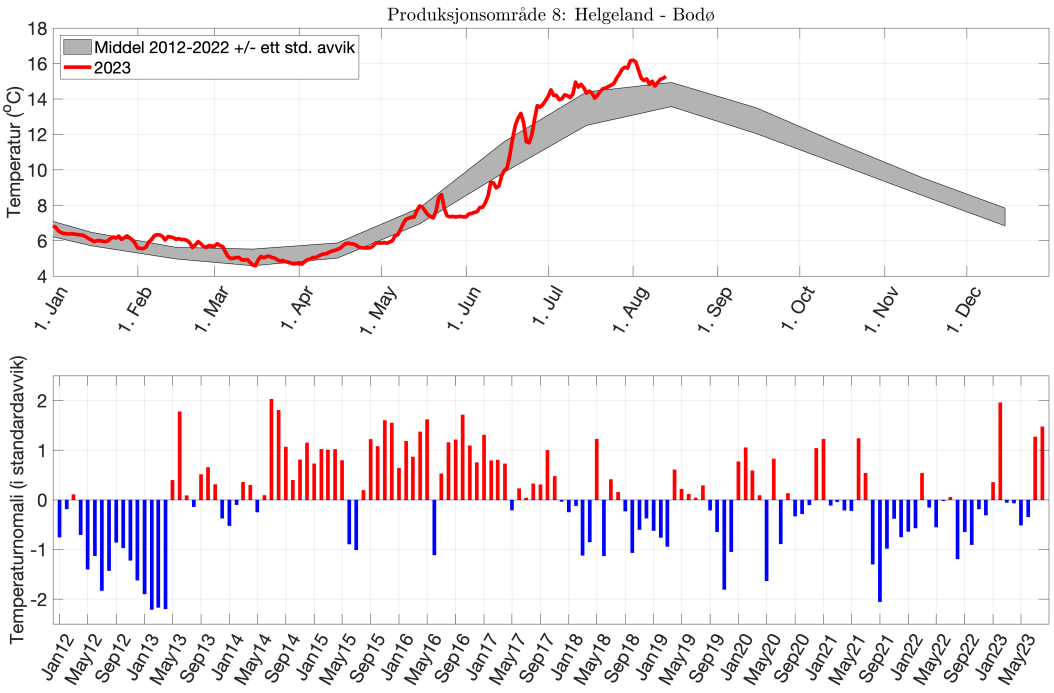


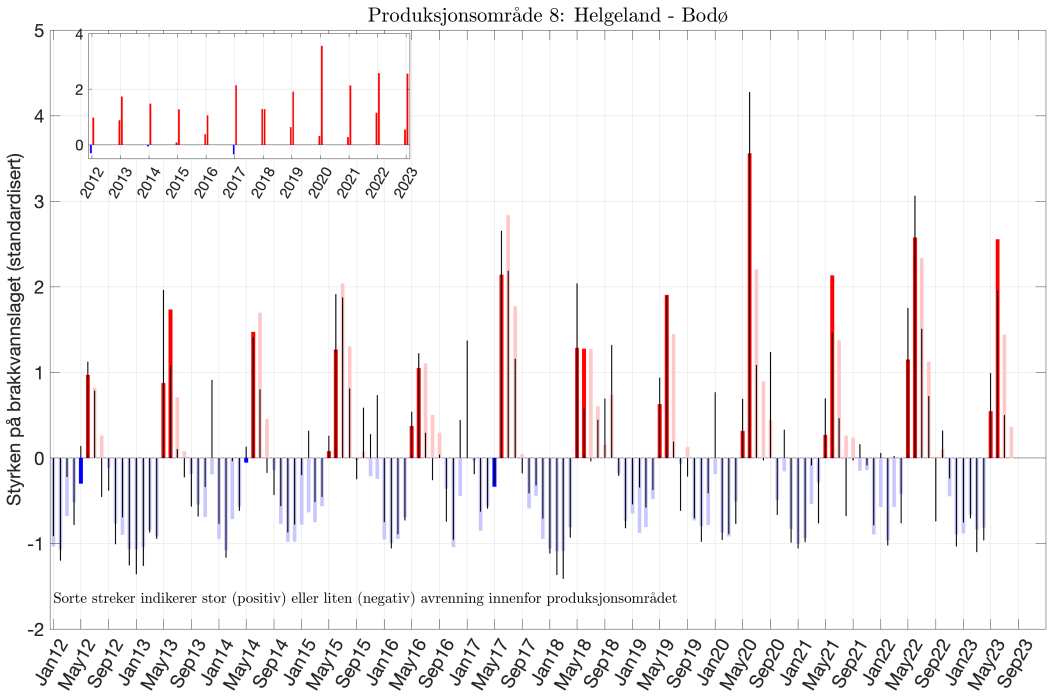

Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag - Bindal
Styrken på brakkvannslaget (standardisert)
Sorte streker indikerer stor (positiv) eller liten (negativ) avrenning innenfor produksjonsområdet

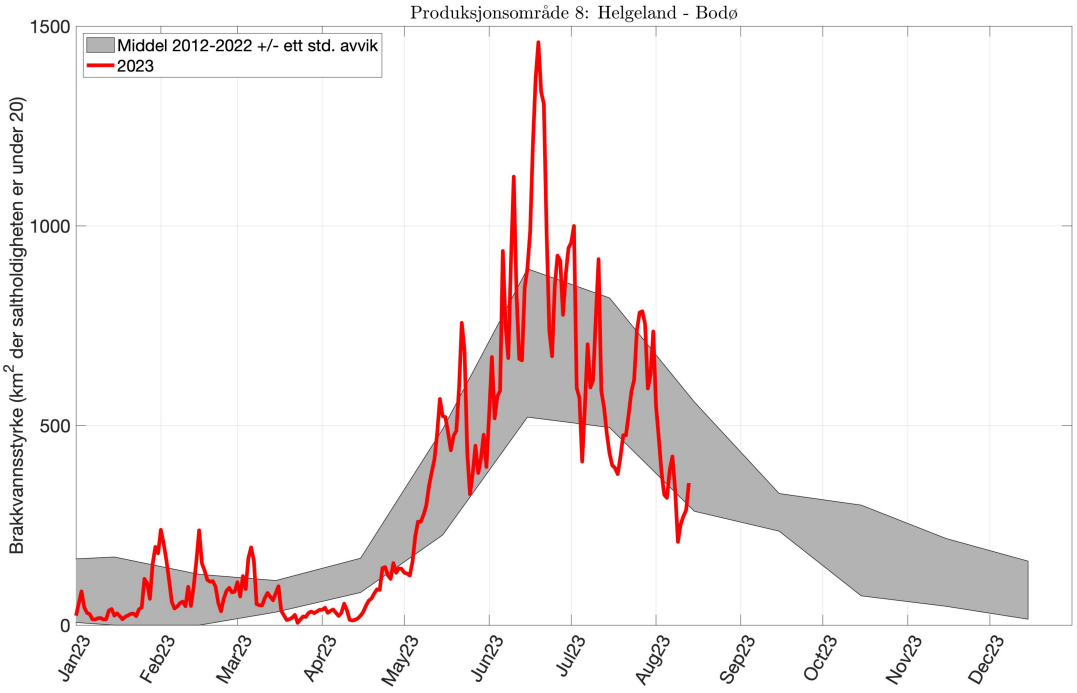

Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag - Bindal
Middel 2012-2022 +/- ett std. avvik
2023
Brakkvannsstyrke (km2 der saltholdigheten er under 20)

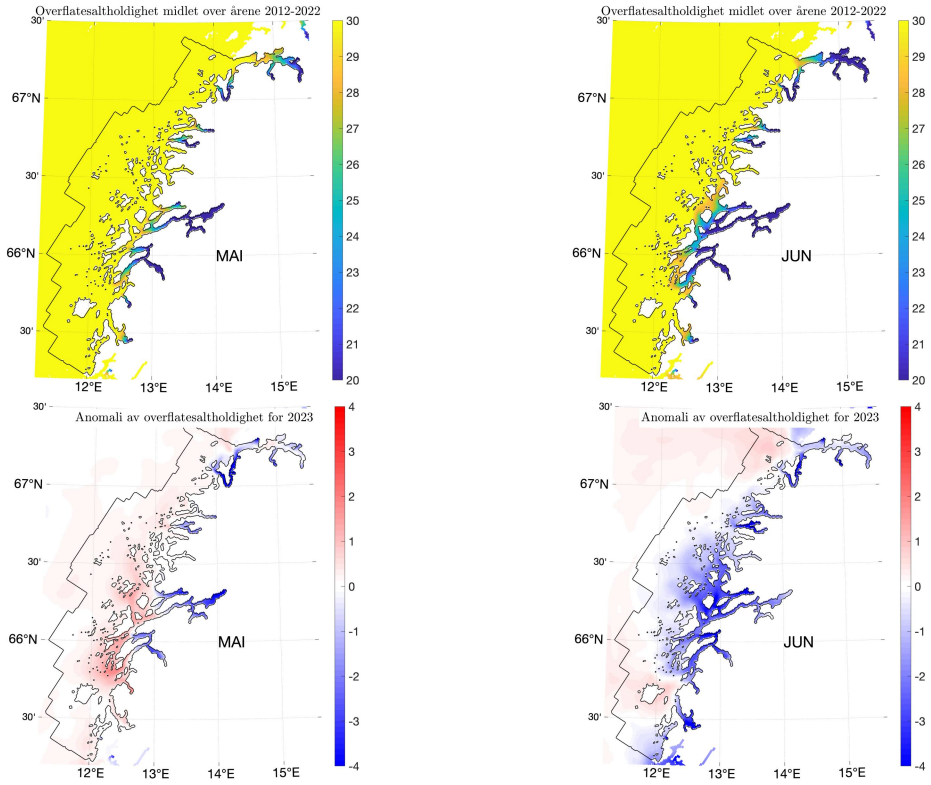


Produksjonsområde 8: Helgeland - Bodø

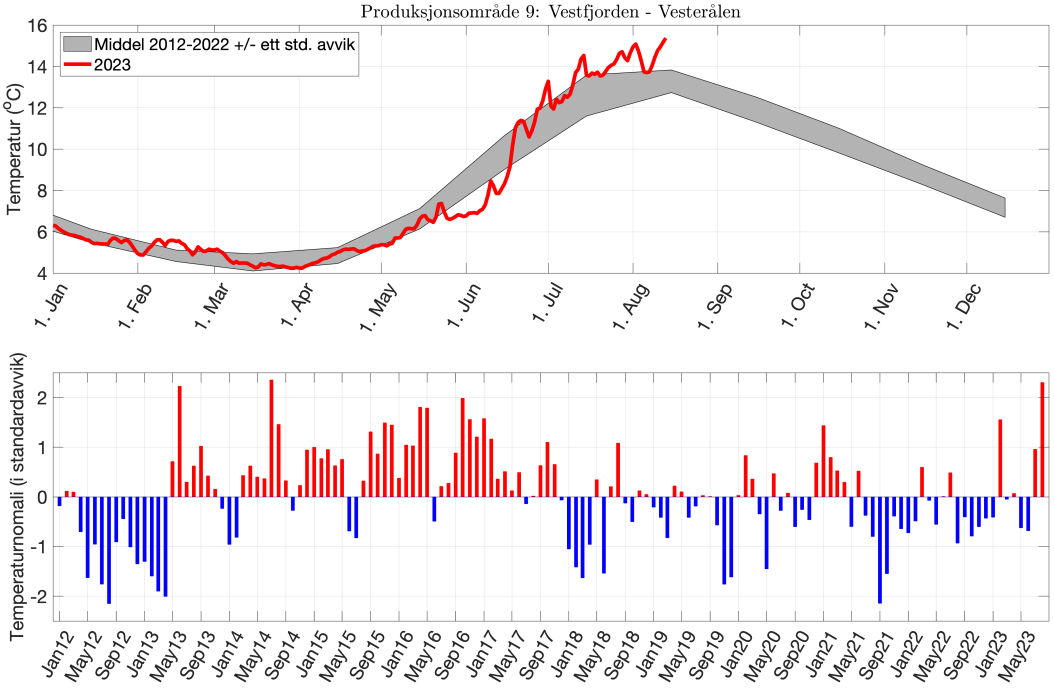


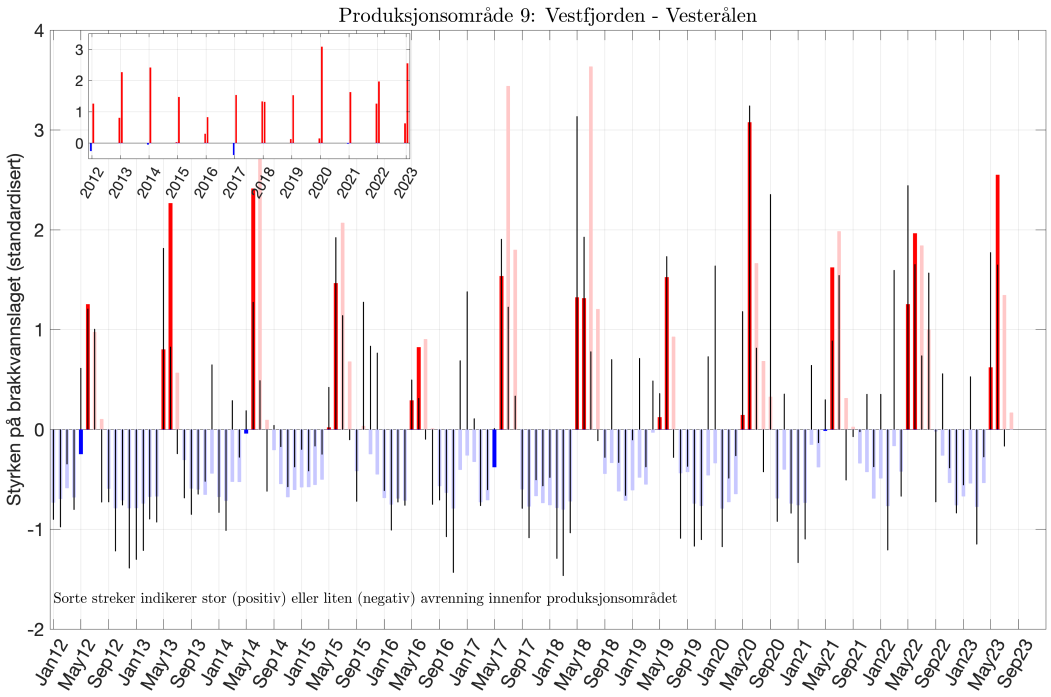

Produksjonsområde 8: Helgeland - Bodø
Styrken på brakkvannslaget (standardisert)
Sorte streker indikerer stor (positiv) eller liten (negativ) avrenning innenfor produksjonsområdet

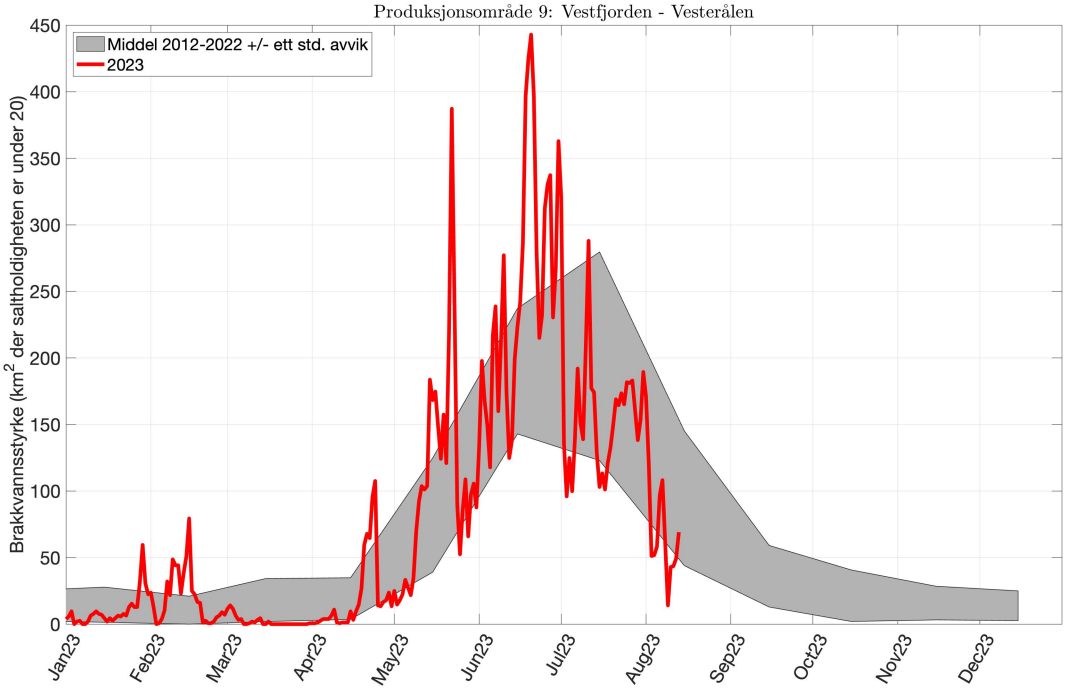

Produksjonsområde 8: Helgeland - Bodø
Middel 2012-2022 +/- ett std. avvik
2023
Brakkvannsstyrke (km2 der saltholdigheten er under 20)

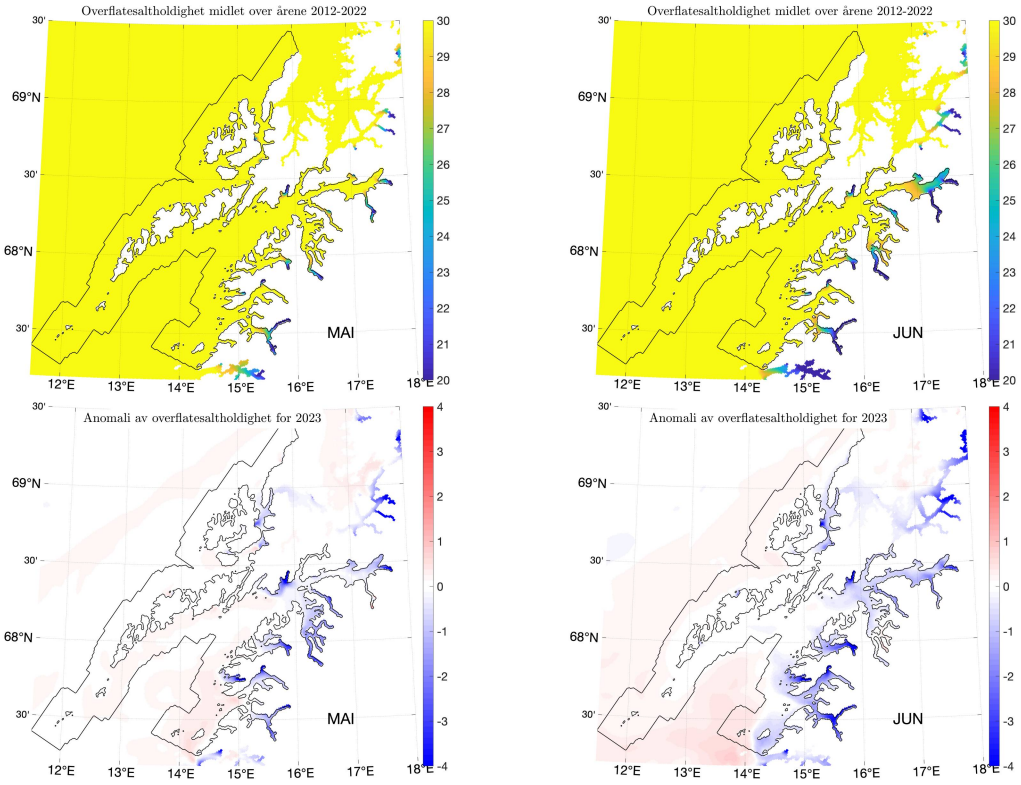


Produksjonsområde 9: Vestfjorden - Vesterålen

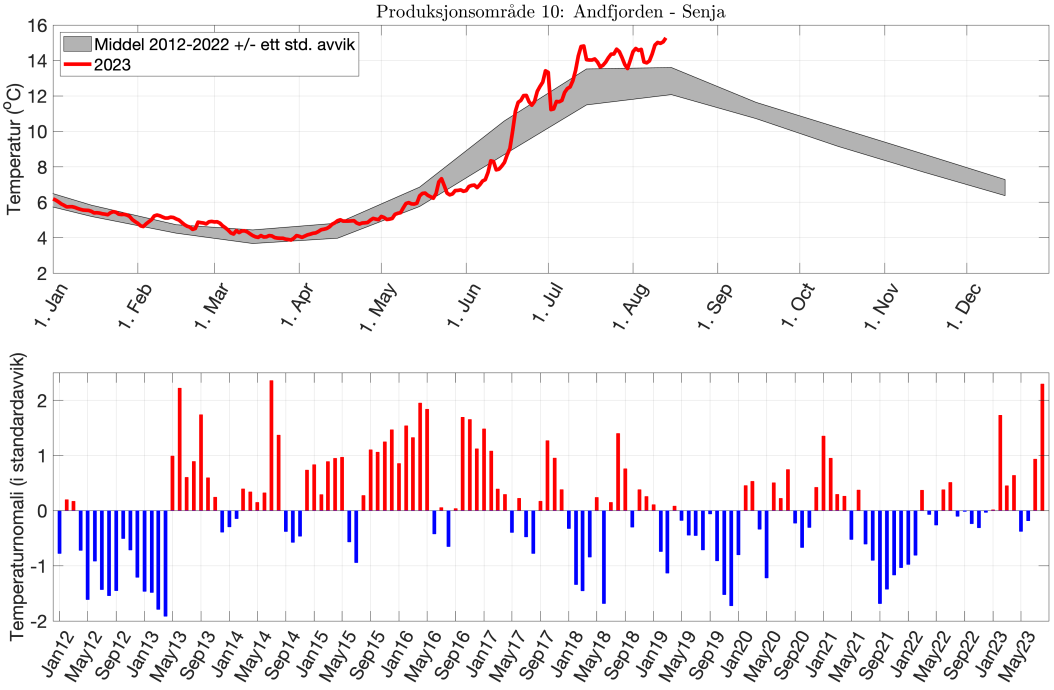


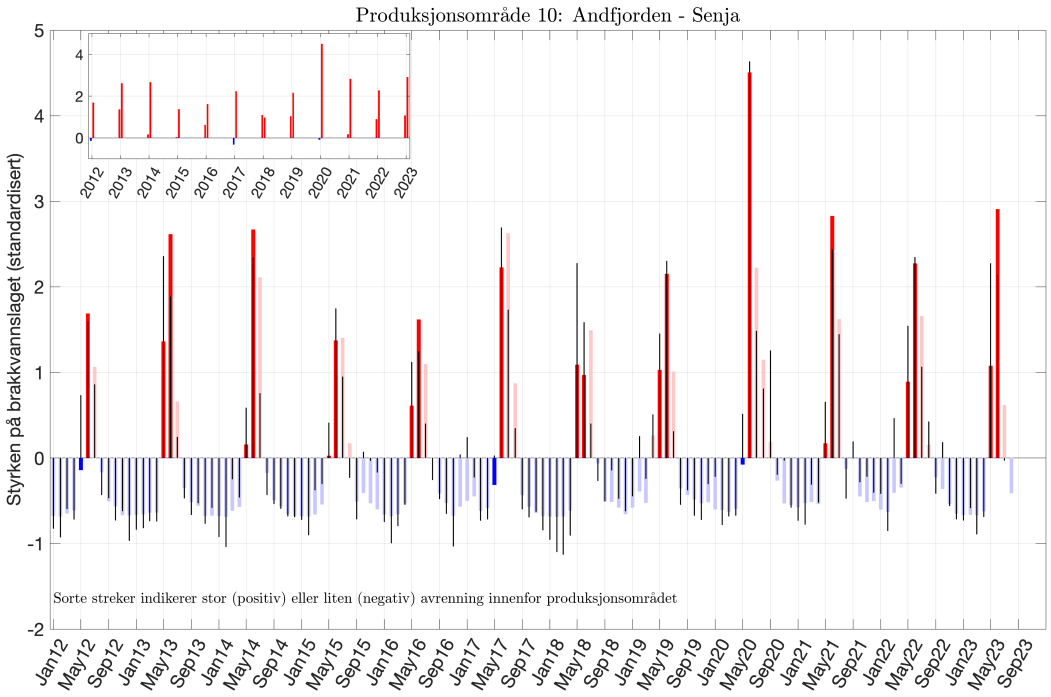

Produksjonsområde 9: Vestfjorden - Vesterålen
Styrken på brakkvannslaget (standardisert)
Sorte streker indikerer stor (positiv) eller liten (negativ) avrenning innenfor produksjonsområdet

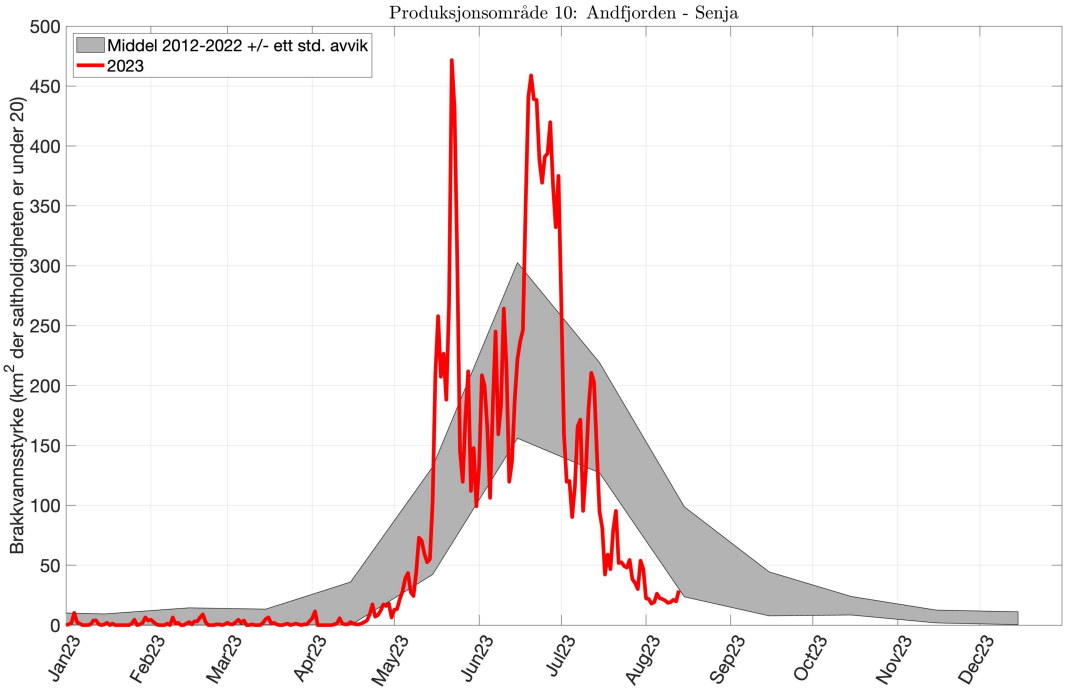

Produksjonsområde 9: Vestfjorden - Vesterålen
Middel 2012-2022 +/- ett std. avvik
2023
Brakkvannsstyrke (km2 der saltholdigheten er under 20)

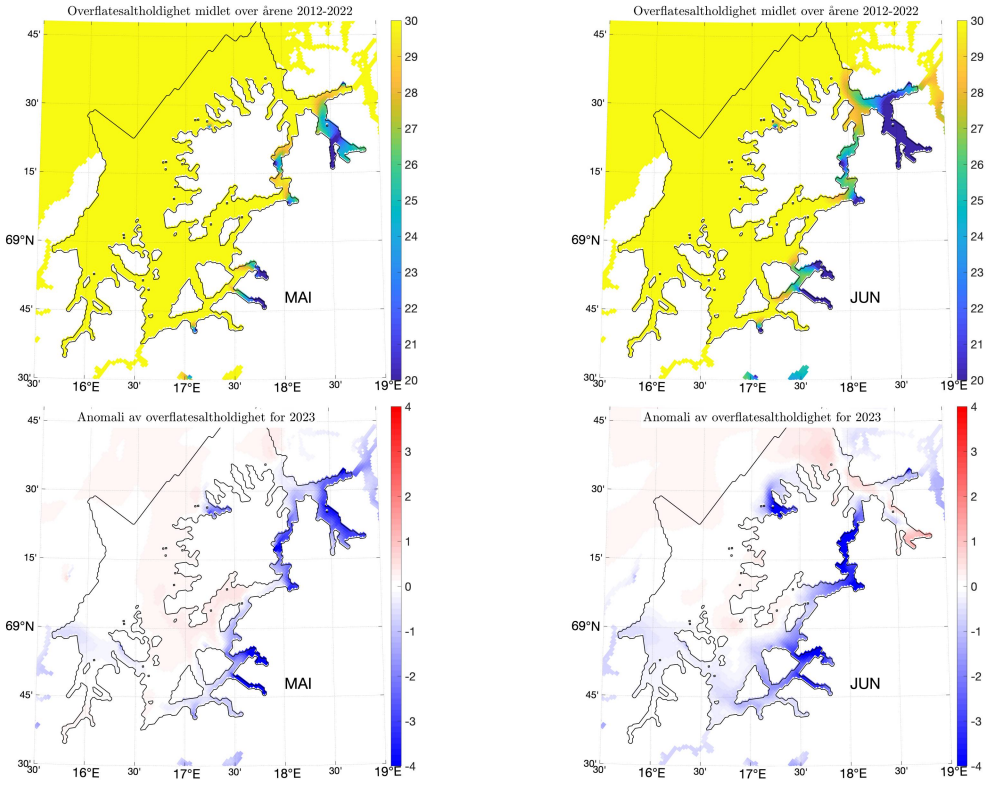


Produksjonsområde 10: Andfjorden - Senja

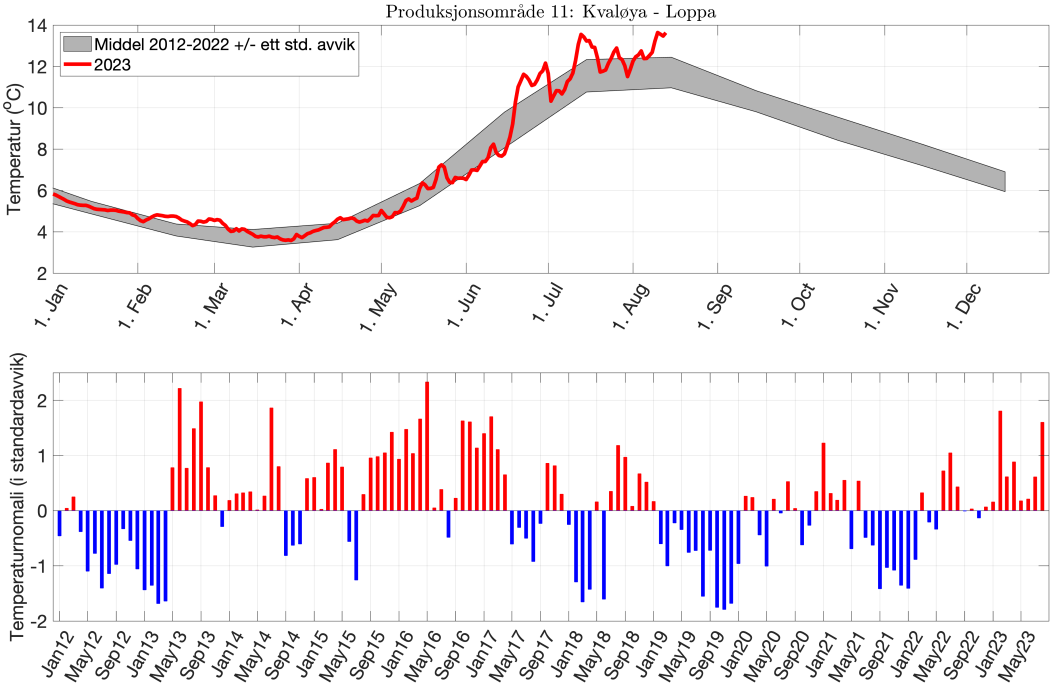


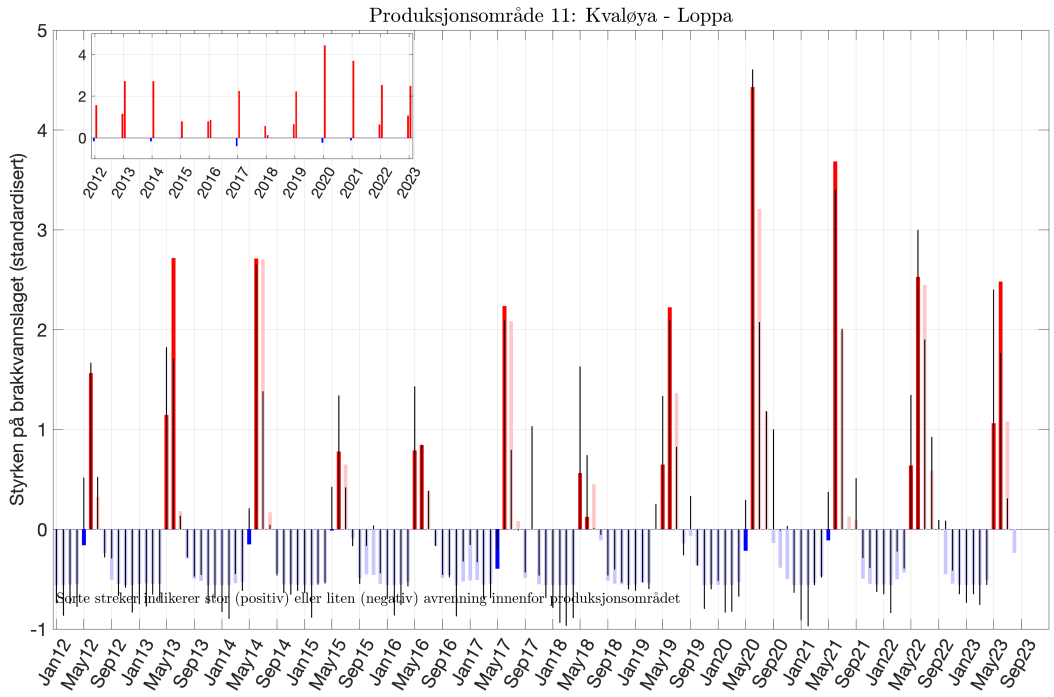

Produksjonsområde 10: Andfjorden - Senja
Styrken på brakkvannslaget (standardisert)
Sorte streker indikerer stor (positiv) eller liten (negativ) avrenning innenfor produksjonsområdet

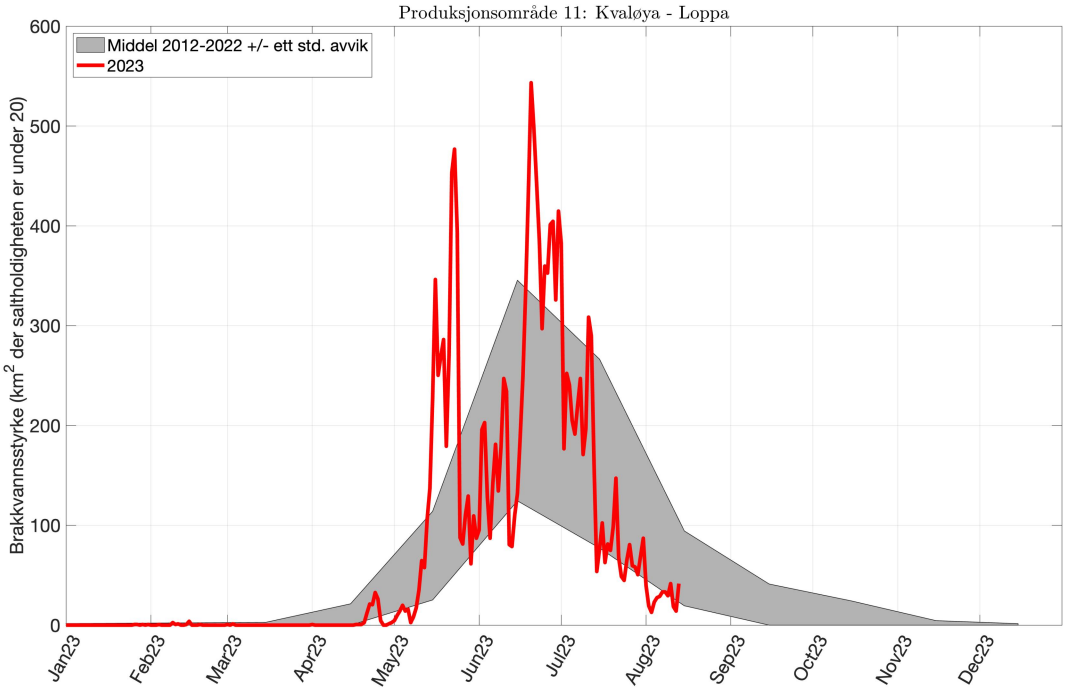

Produksjonsområde 10: Andfjorden - Senja
Middel 2012-2022 +/- ett std. avvik
2023
Brakkvannsstyrke (km2 der saltholdigheten er under 20)

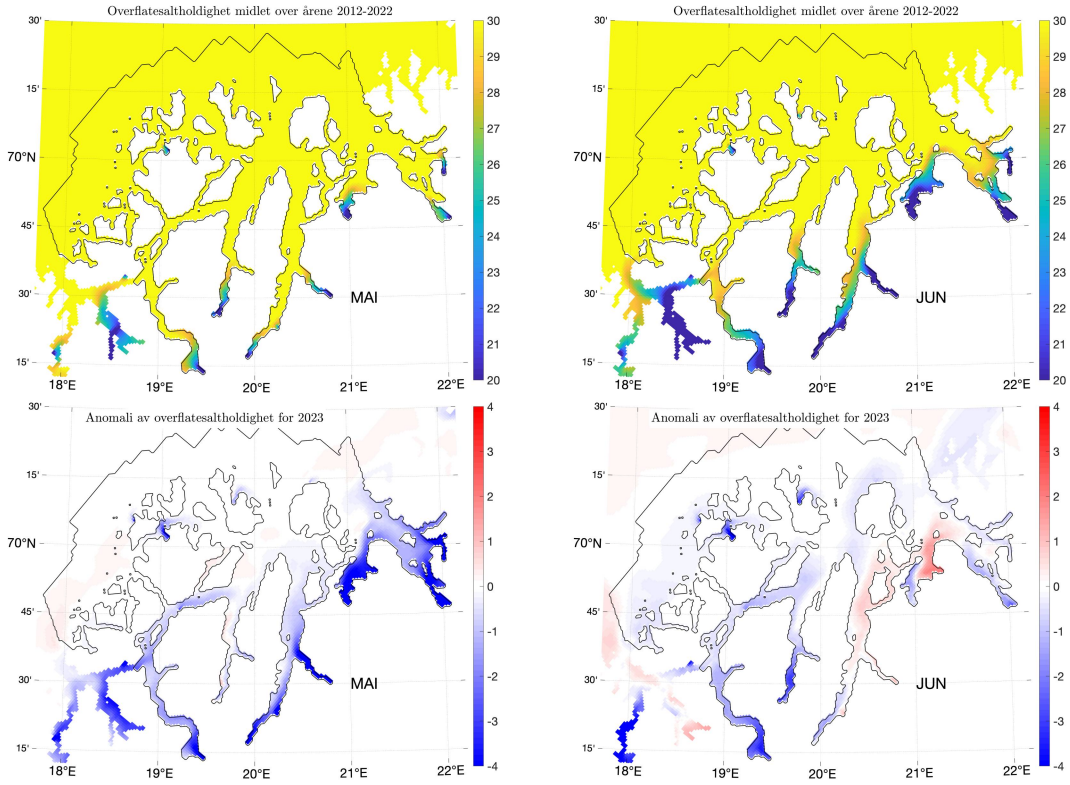


Produksjonsområde 11: Kvaløya - Loppa

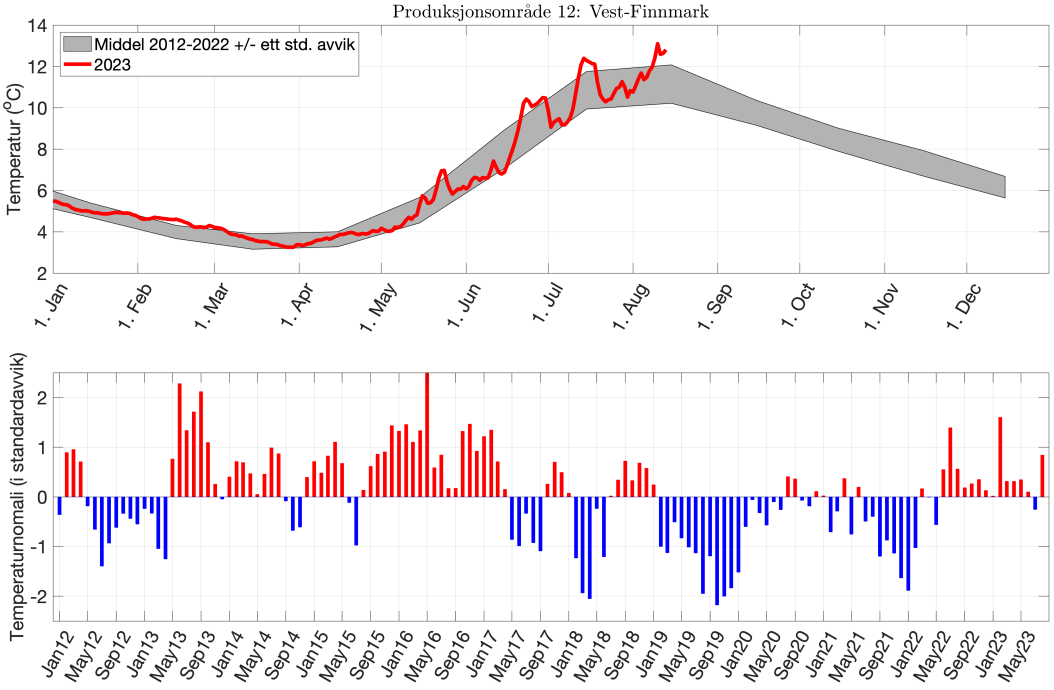


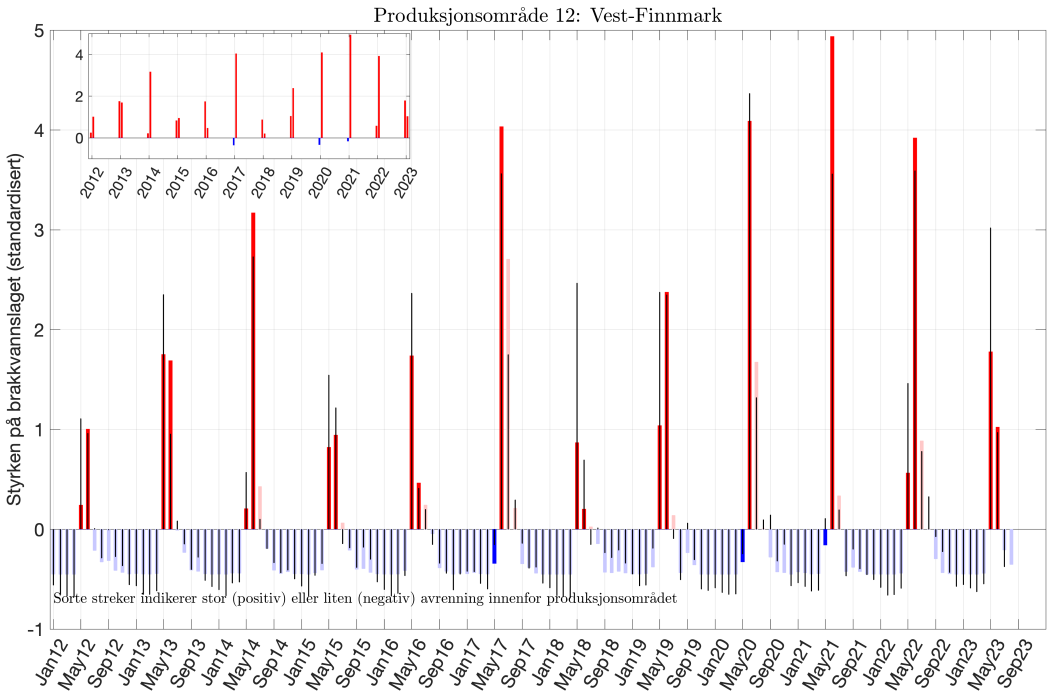

Produksjonsområde 11: Kvaløya - Loppa
Styrken på brakkvannslaget (standardisert)
Sorte streker indikerer stor (positiv) eller liten (negativ) avrenning innenfor produksjonsområdet

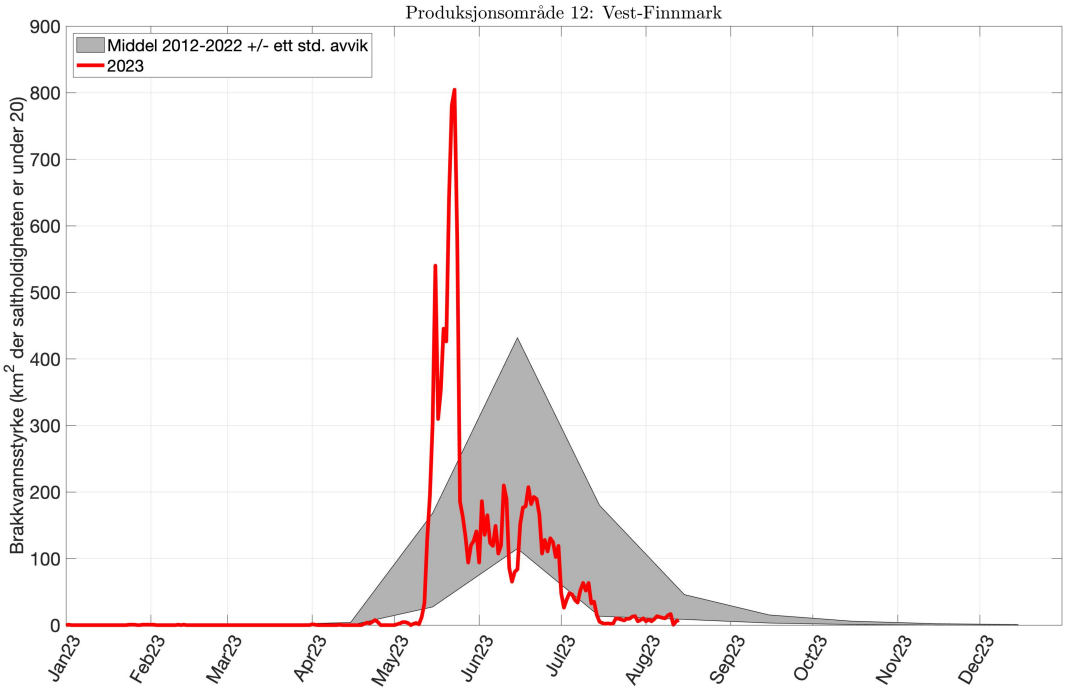

Produksjonsområde 11: Kvaløya - Loppa
Middel 2012-2022 +/- ett std. avvik
2023
Brakkvannsstyrke (km2 der saltholdigheten er under 20)

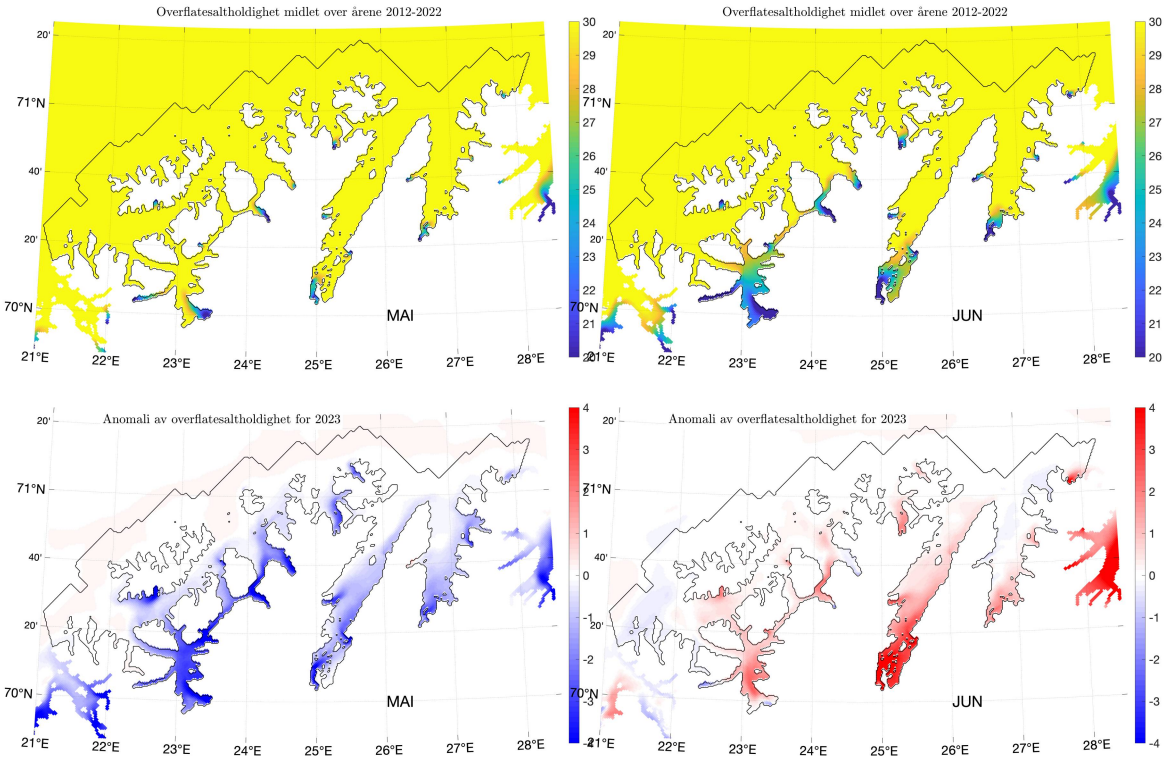


Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark

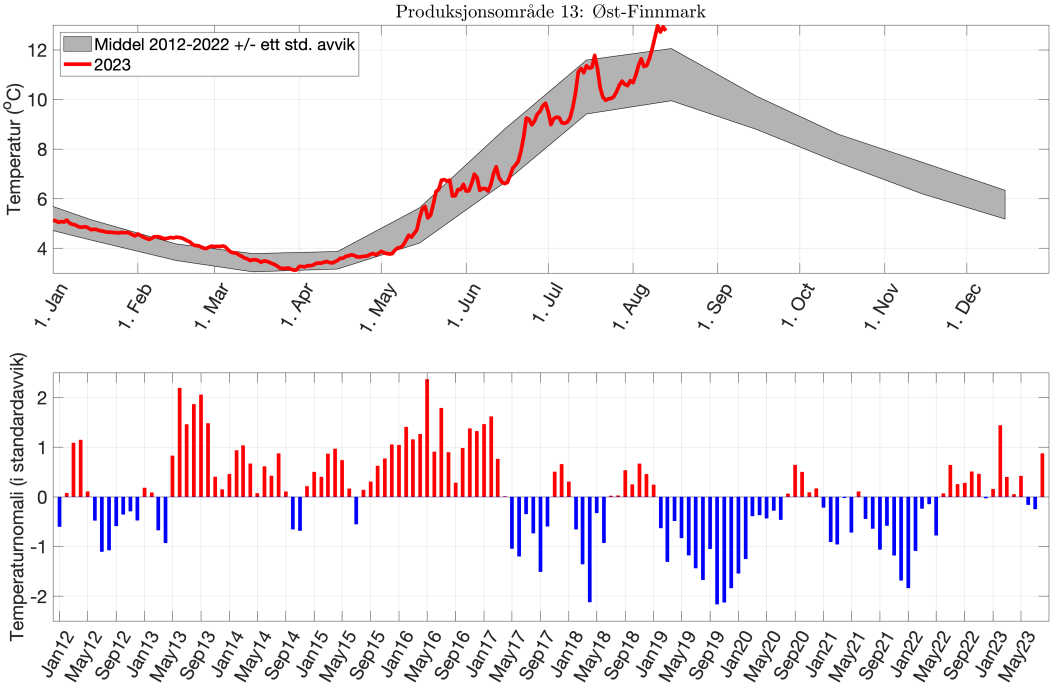


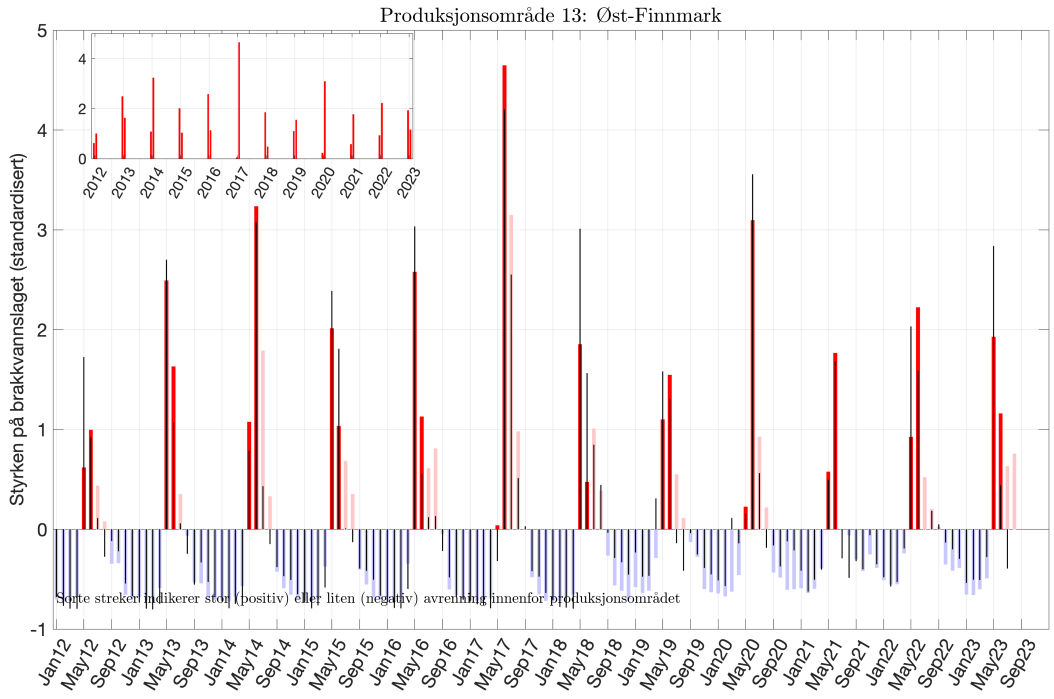

Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark
Styrken på brakkvannslaget (standardisert)
Sorte streker indikerer stor (positiv) eller liten (negativ) avrenning innenfor produksjonsområdet

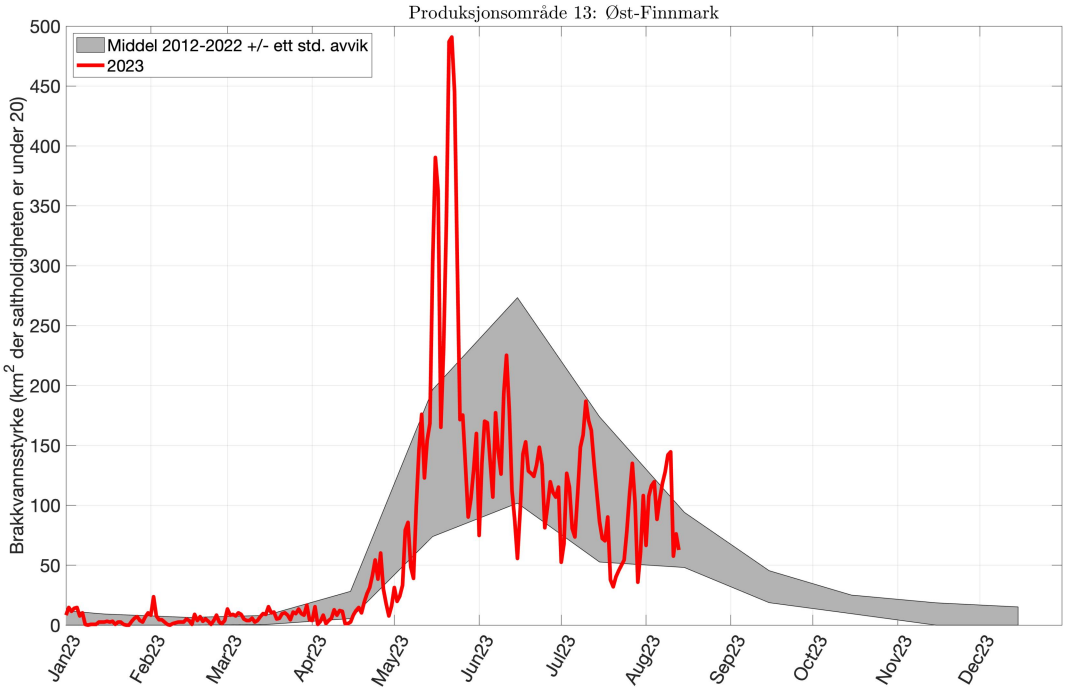

Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark
Middel 2012-2022 +/- ett std. avvik
2023
Brakkvannsstyrke (km2 der saltholdigheten er under 20)

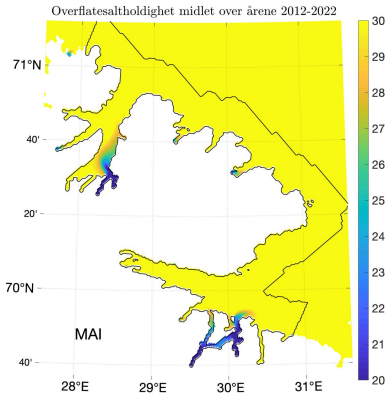


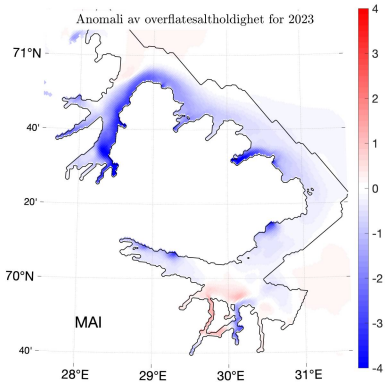
Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark

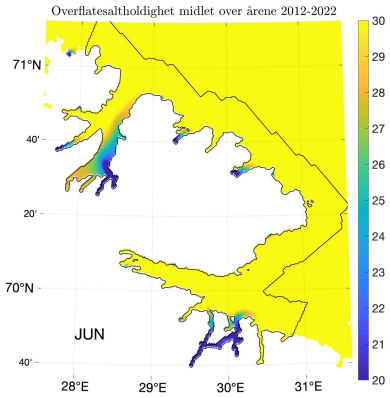


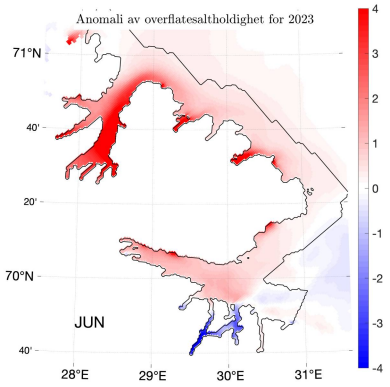

Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark
Styrken på brakkvannslaget (standardisert)
Sorte streker indikerer stor (positiv) eller liten (negativ) avrenning innenfor produksjonsområdet


Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark
Middel 2012-2022 +/- ett std. avvik
2023
Brakkvannsstyrke (km2 der saltholdigheten er under 20)


Overflatesaltholdighet midlet over årene 2012-2022
71°N
40'
20'
70°N
40'
MAI
28°E
29°E
30°E
31°E
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20


Anomali av overflatesaltholdighet for 2023
71°N
40'
20'
70°N
40'
MAI
28°E
29°E
30°E
31°E
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4


Overflatesaltholdighet midlet over årene 2012-2022
71°N
40'
20'
70°N
40'
JUN
28°E
29°E
30°E
31°E
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20

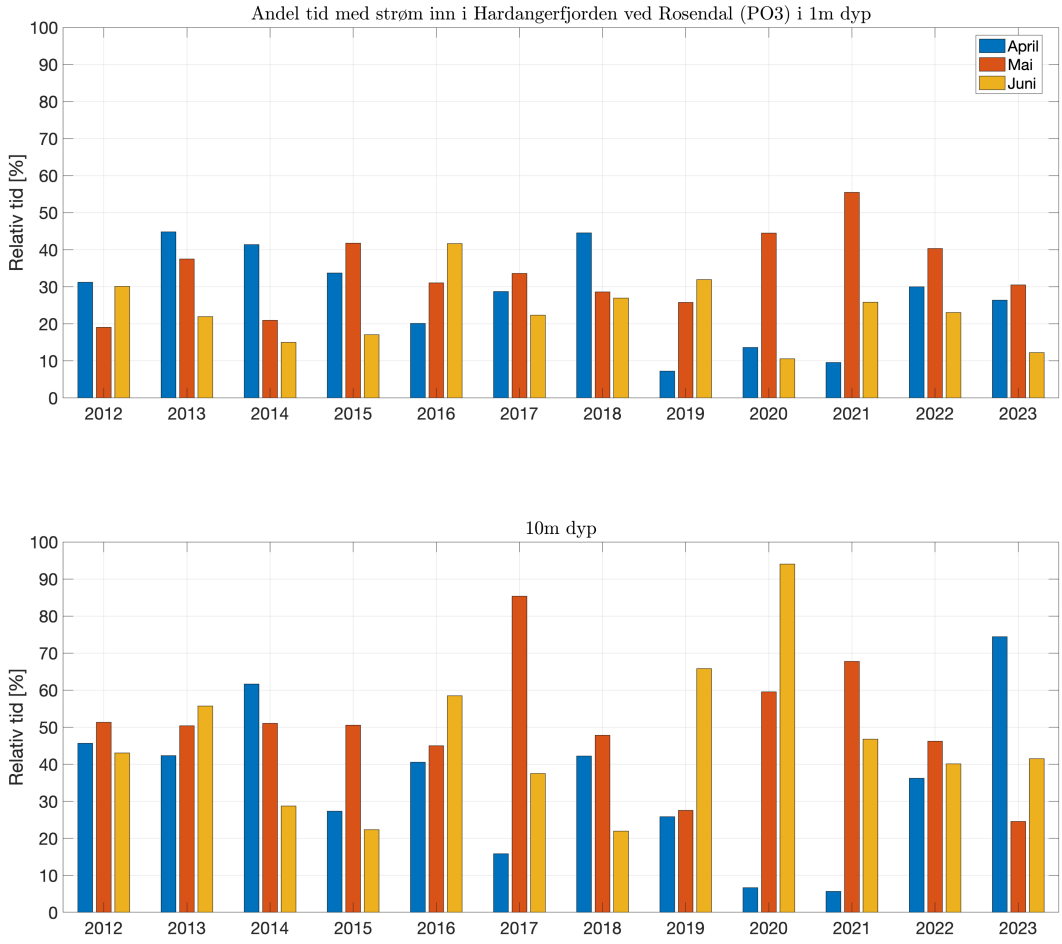

Anomali av overflatesaltholdighet for 2023
71°N
40'
20'
70°N
40'
JUN
28°E
29°E
30°E
31°E
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4

Appendiks B

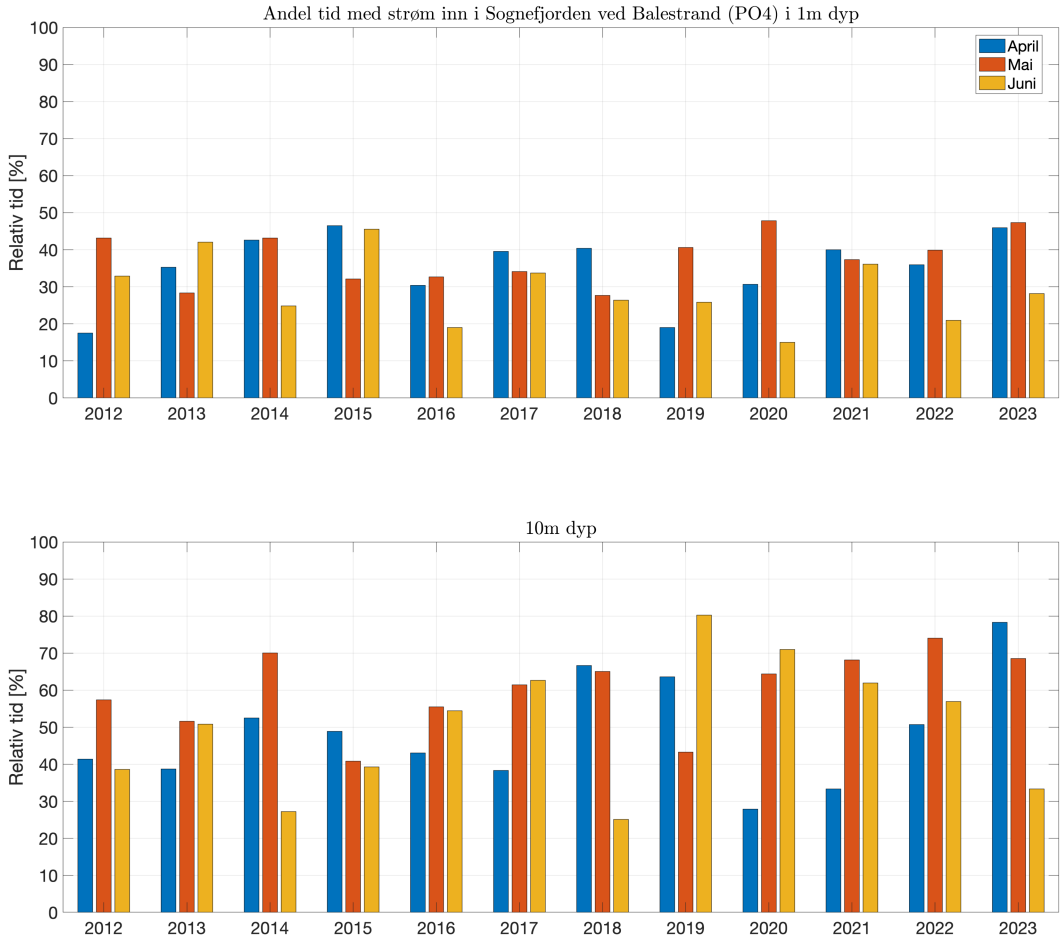
Her vises supplerende figurer som illustrerer andelen tid som netto vannstrøm går innover i sentrale fjorder (Figur B1-B9. Tidsserie av langsgående strømhastighet for de samme fjordene for perioden april-juni 2023 er vist i Figur B10-B18.



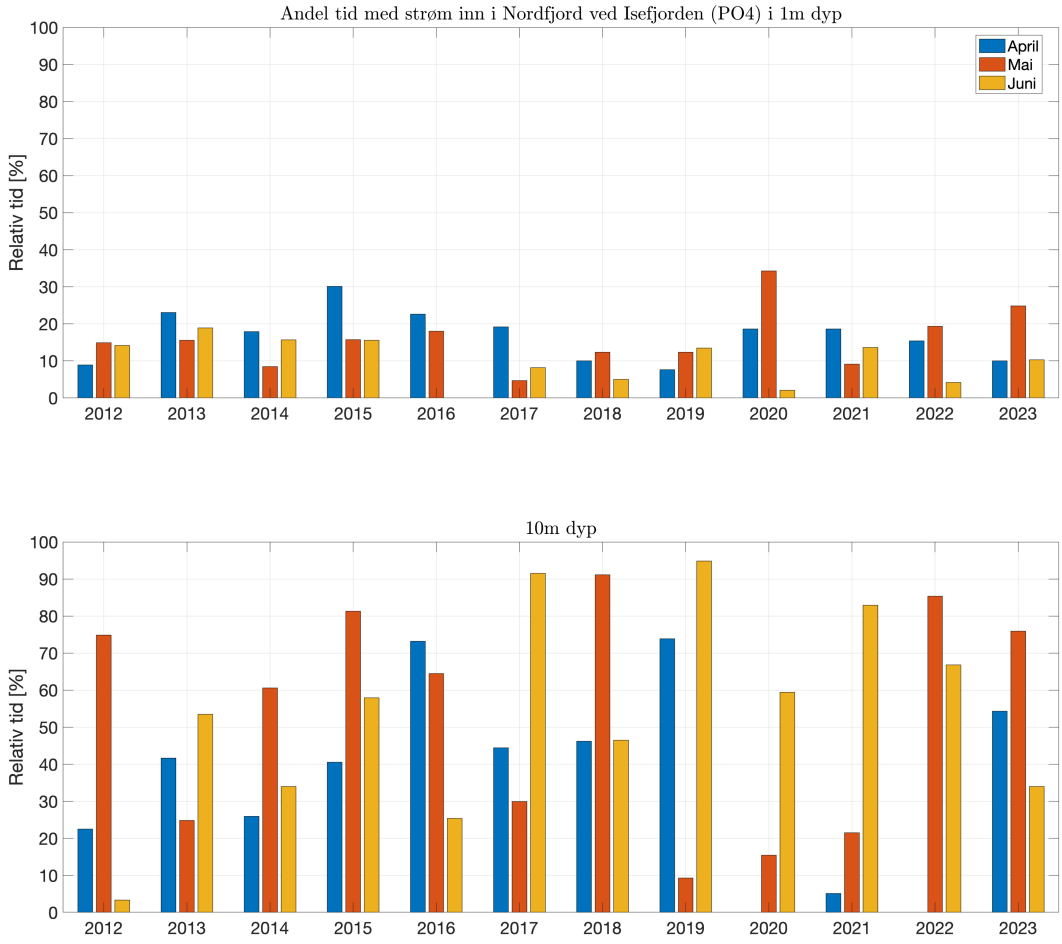
Figur B1. Søylediagram som viser andelen tid (i %) som netto vannstrøm går inn i Nedstrandsfjorden innenfor Boknafjorden i PO2 i 1m (øverst) og 10m dyp (nederst) for april (blå), mai (rød) og juni (oransje) for årene 2012-2023. Andelen tid med utstrømning vil da være resten av tiden.



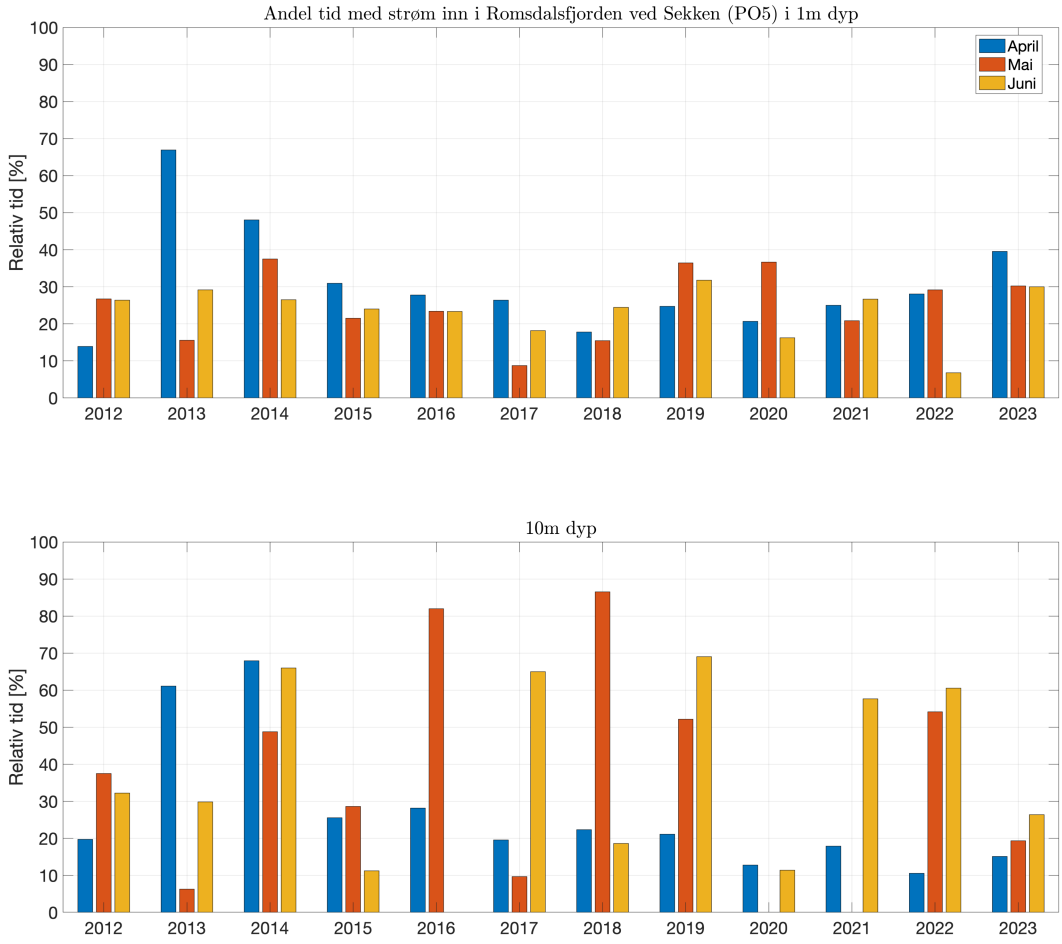
Figur B2. Søylediagram tilsvarende Figur B1 som viser andelen tid (i %) som netto vannstrøm går inn i Hardangerfjorden i PO3.



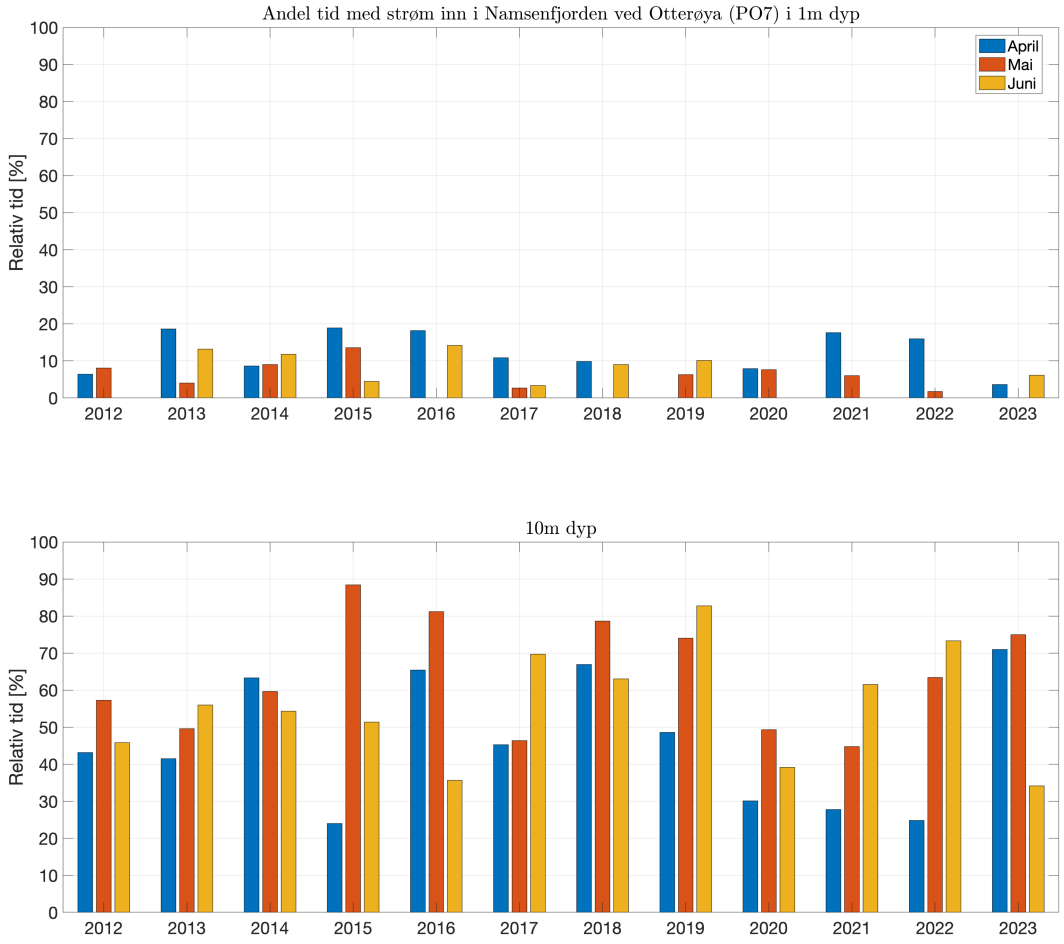
Figur B3. Søylediagram tilsvarende Figur B1 som viser andelen tid (i %) som netto vannstrøm går inn i Sognefjorden i PO4.



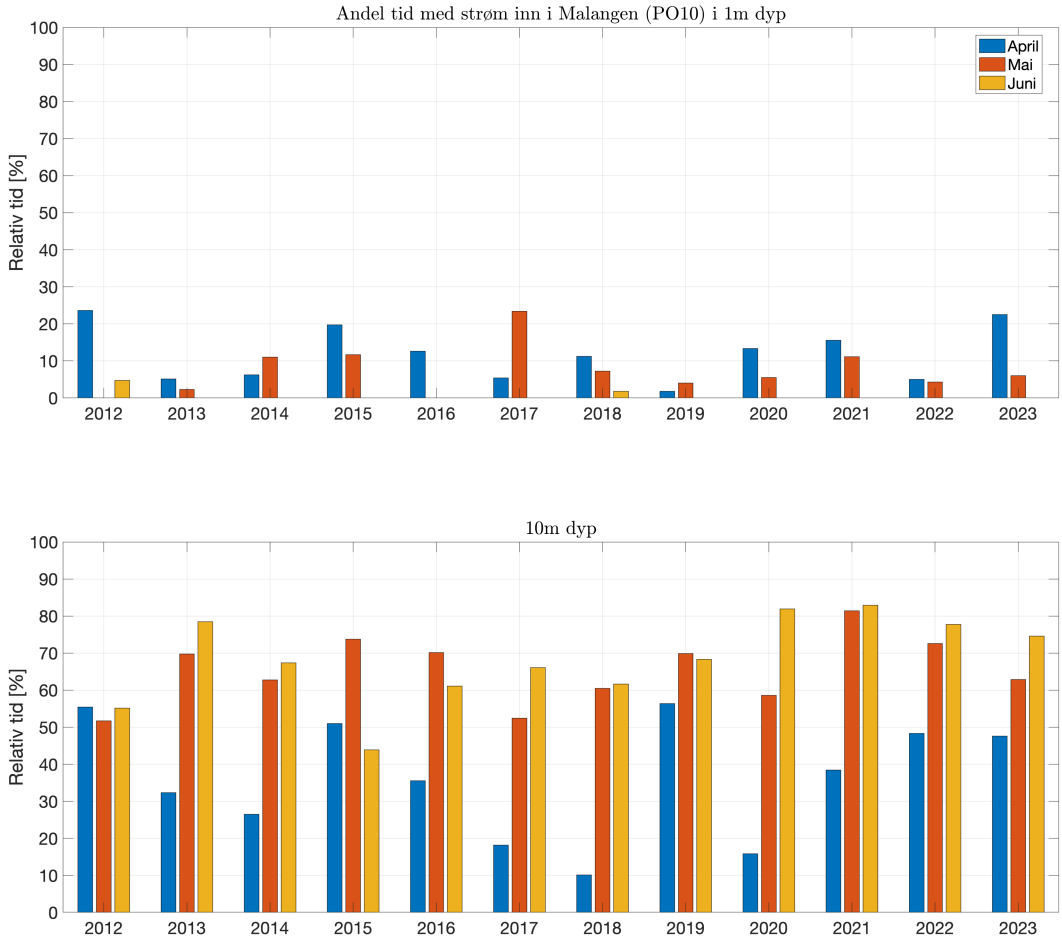
Figur B4. Søylediagram tilsvarende Figur B1 som viser andelen tid (i %) som netto vannstrøm går inn utenfor Isefjorden i Nordfjord i PO4.



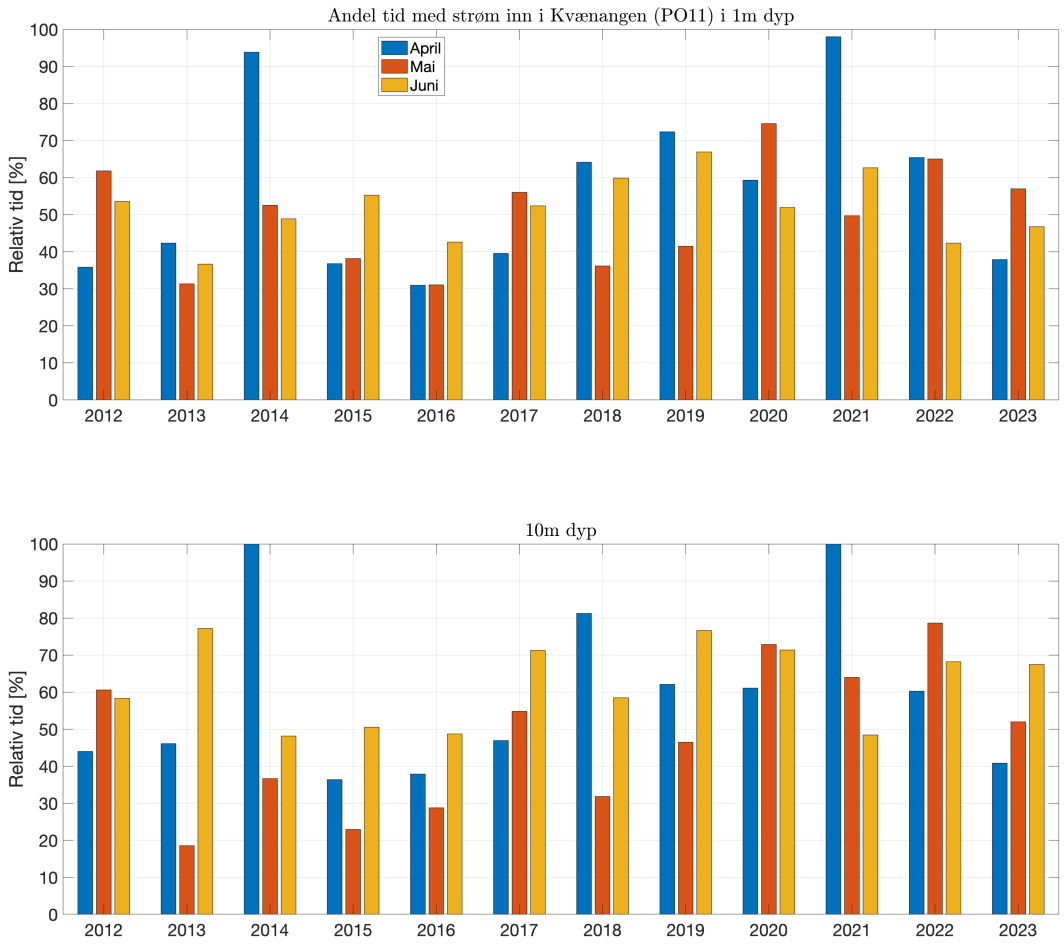
Figur B5. Søylediagram tilsvarende Figur B1 som viser andelen tid (i %) som netto vannstrøm går inn utenfor Sekken i Romsdalsfjorden i PO5.



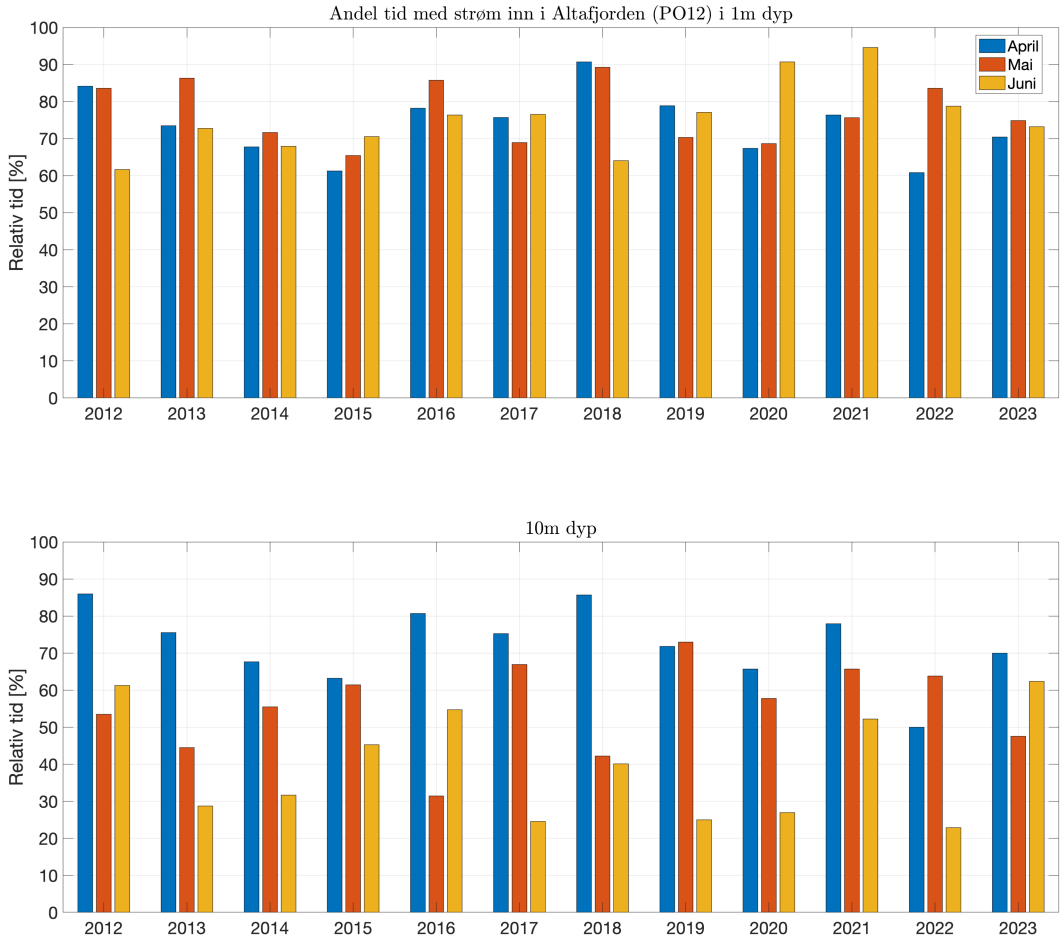
Figur B6. Søylediagram tilsvarende Figur B1 som viser andelen tid (i %) som netto vannstrøm går inn ved Otterøya i Namsenfjorden i PO7.



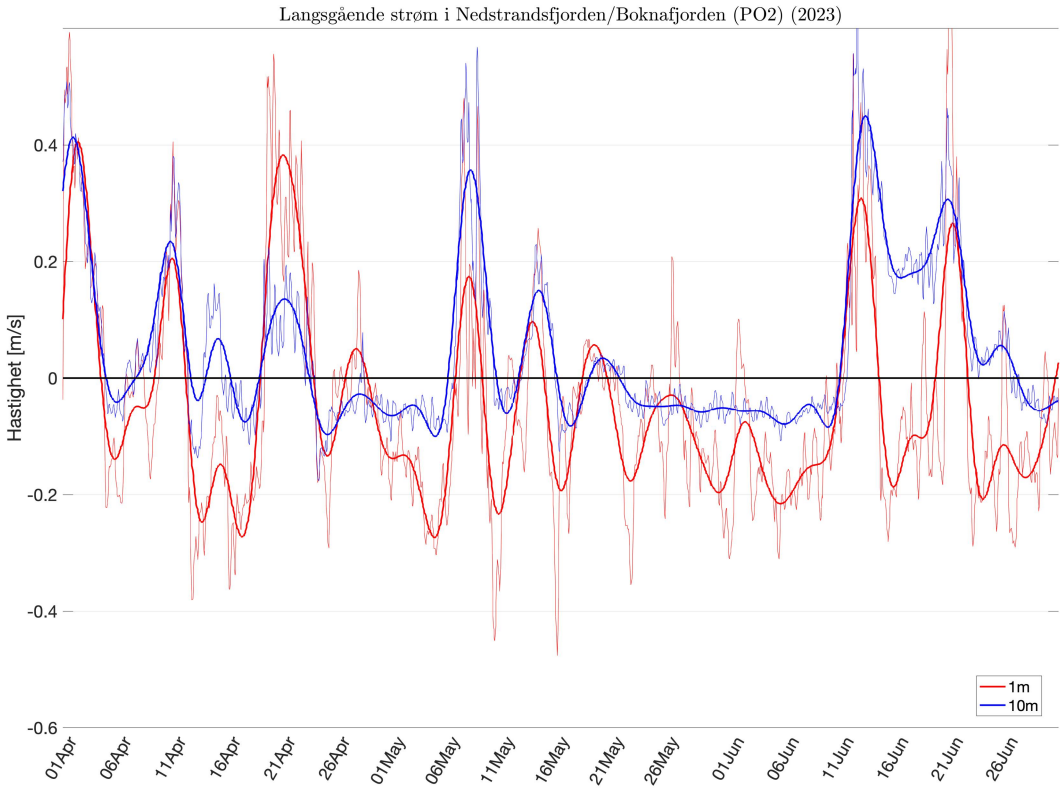
Figur B7. Søylediagram tilsvarende Figur B1 som viser andelen tid (i %) som netto vannstrøm går inn i Malangen i PO10.



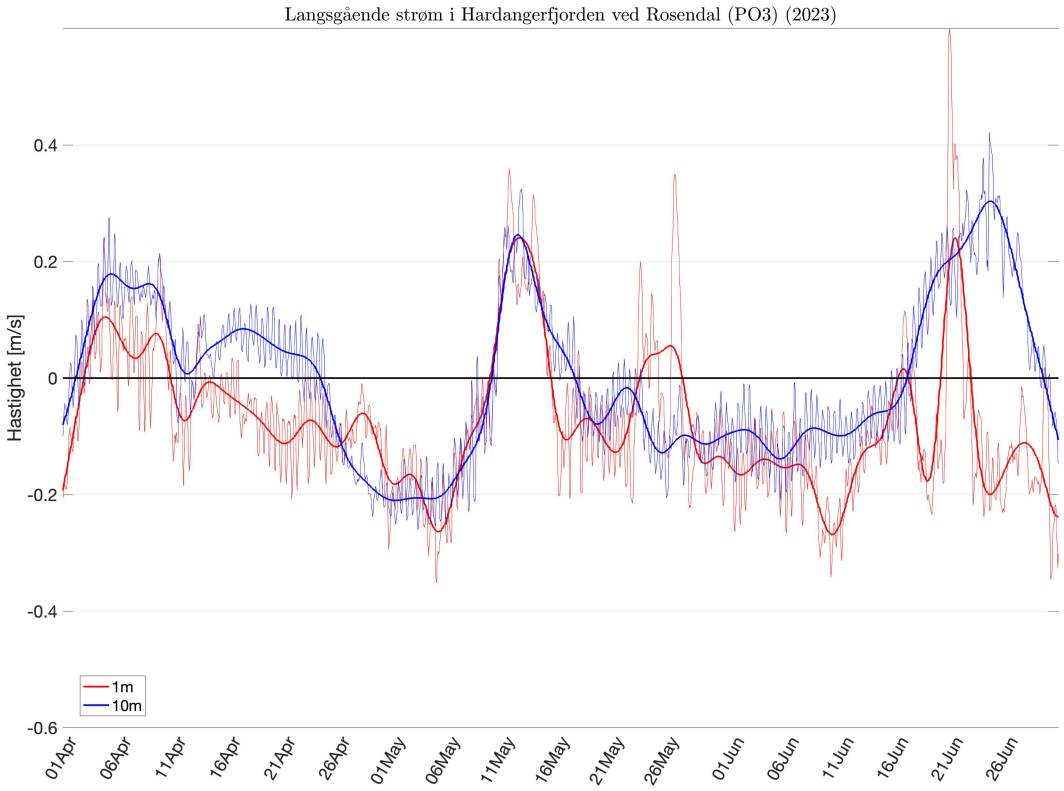
Figur B8. Søylediagram tilsvarende Figur B1 som viser andelen tid (i %) som netto vannstrøm går inn i Kvænangen i PO11.



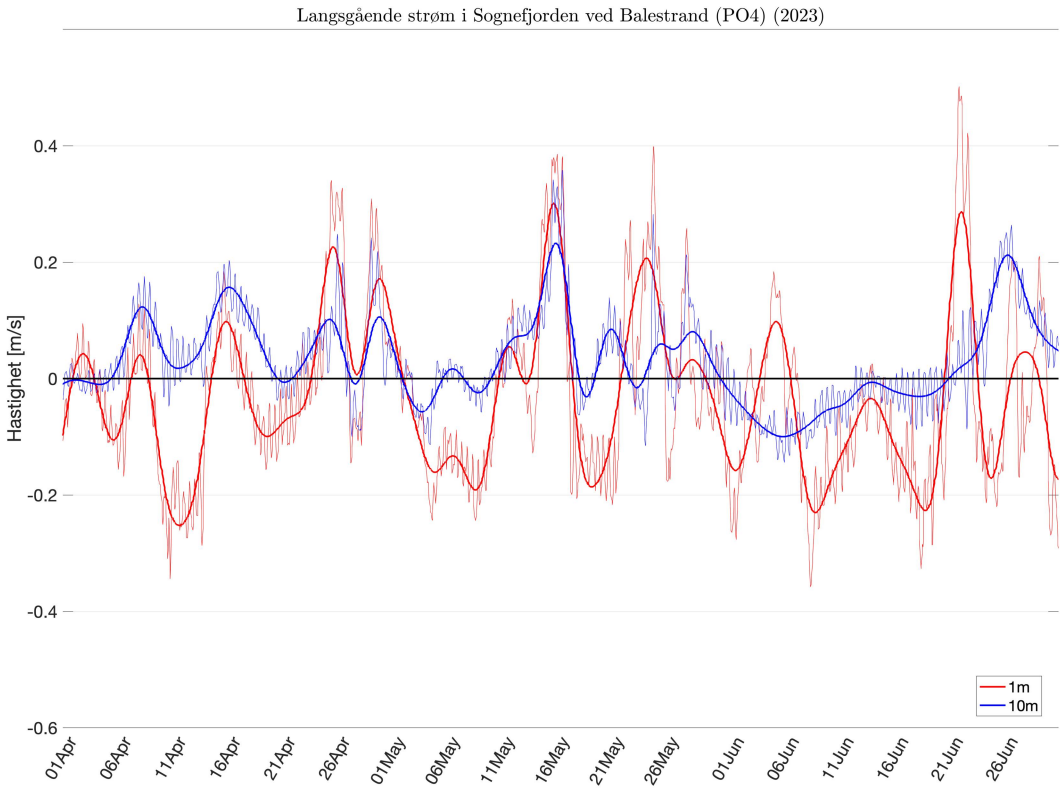
Figur B9. Søylediagram tilsvarende Figur B1 som viser andelen tid (i %) som netto vannstrøm går inn i Altafjorden i PO12.



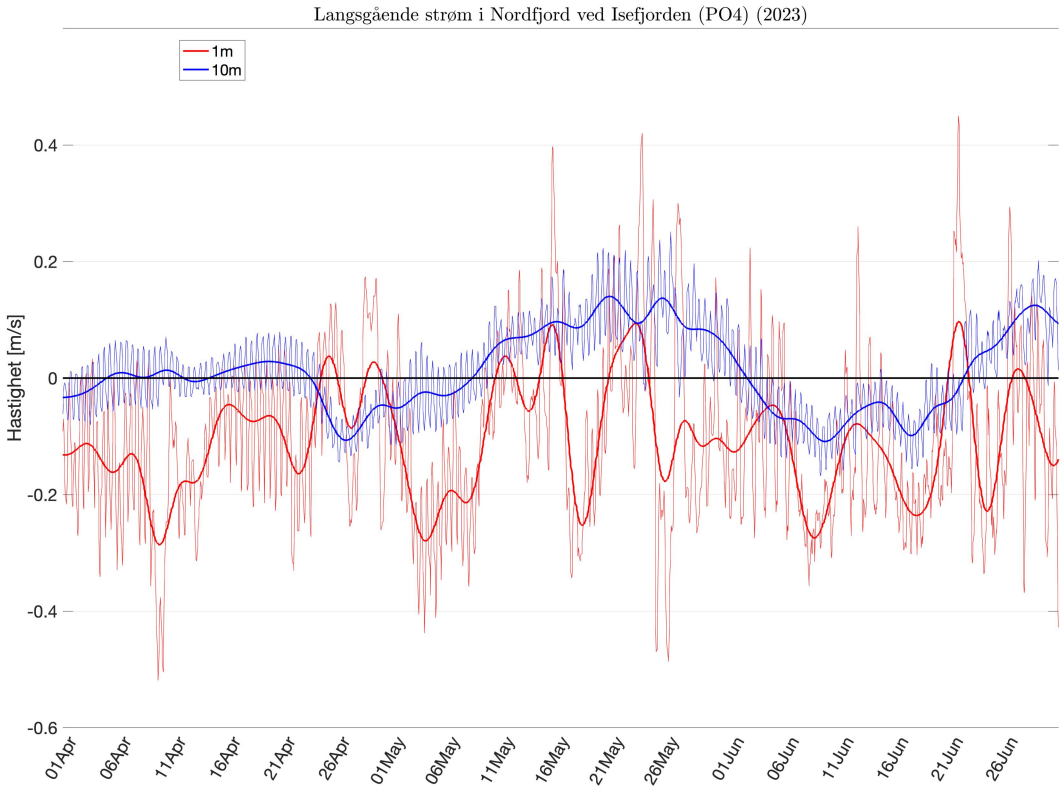
Figur B10. Tidsserier av langsgående strøm i 1 (rød) og 10m (blå) dyp ved lokaliteten i Nedstrandsfjorden/Boknafjorden i PO2 (se kartet i Figur 11) for perioden april-juni 2023 fra NorKyst800 (versjon 3). Tynn linje er timesverdier, mens tykk linje er 4-dagers lavpassfiltrerte tidsserie.



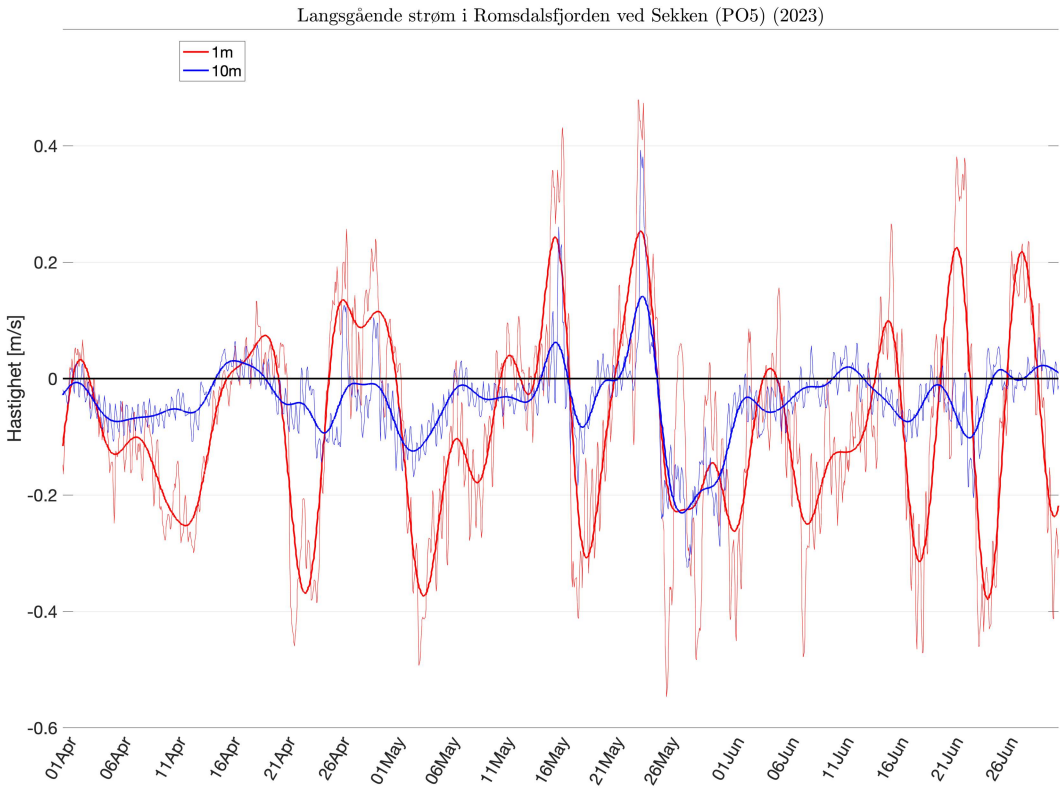
Figur B11. Tilsvarende som Figur B10, men her for lokaliteten i Hardangerfjorden i PO3.



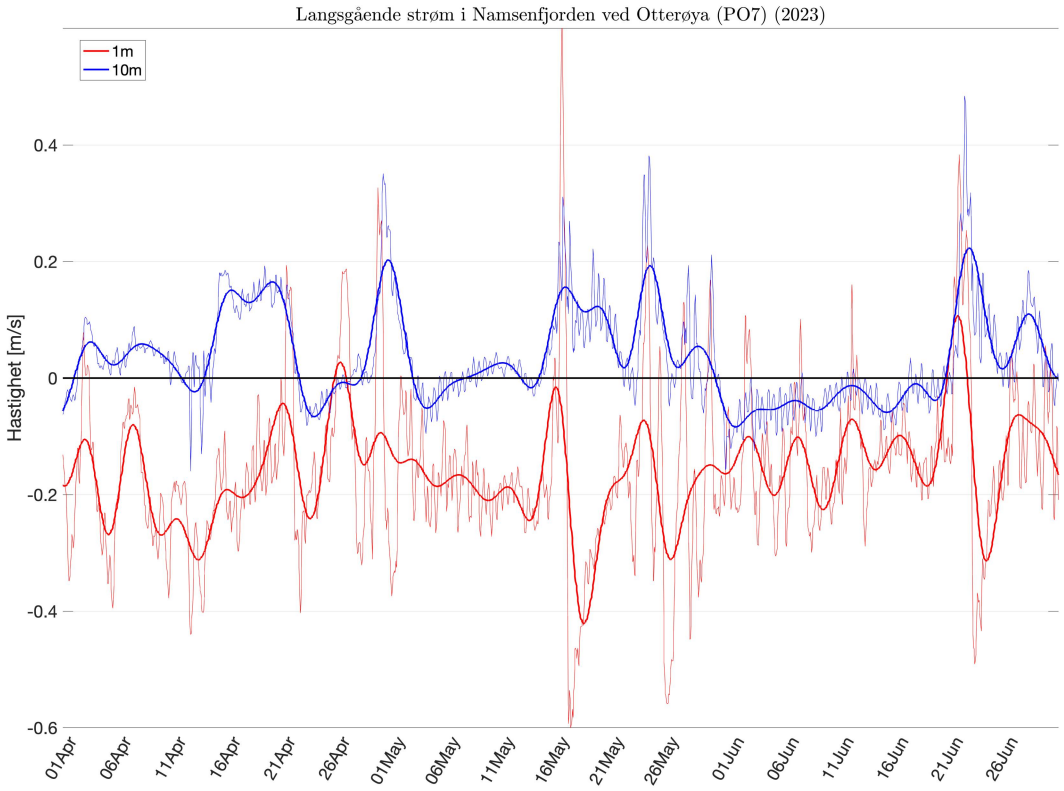
Figur B12. Tilsvarende som Figur B10, men her for lokaliteten i Sognefjorden i PO4.



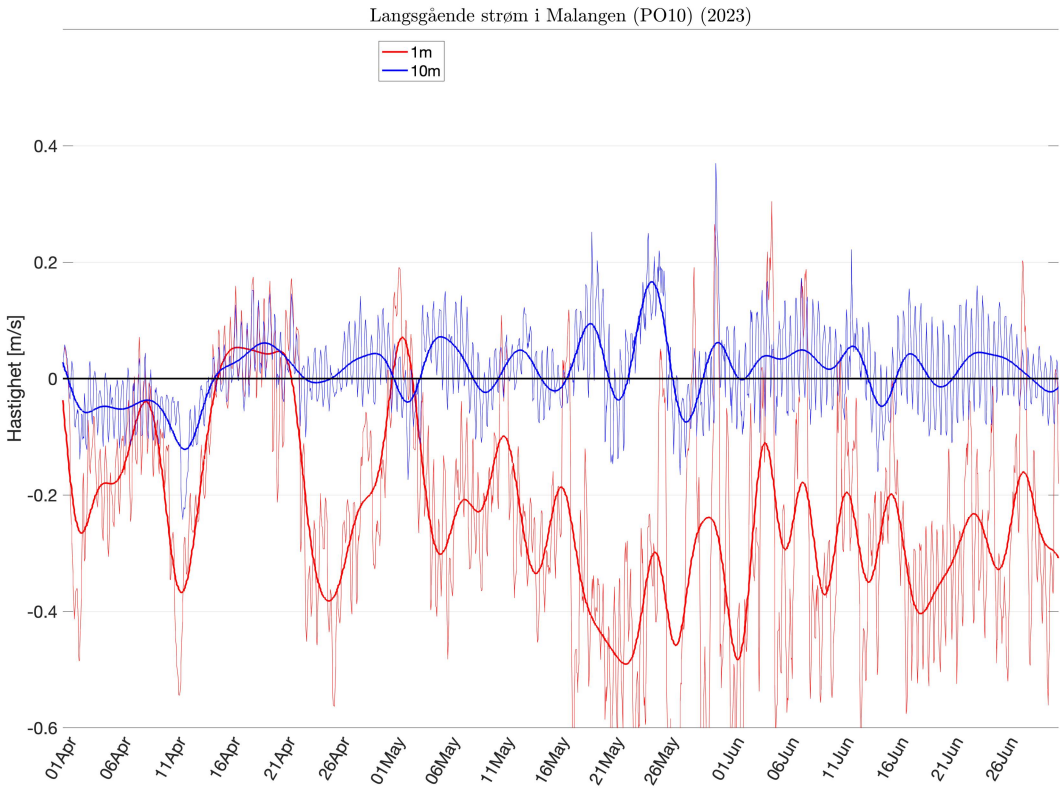
Figur B13. Samme som Figur B10, men her fra Nordfjord i PO4.



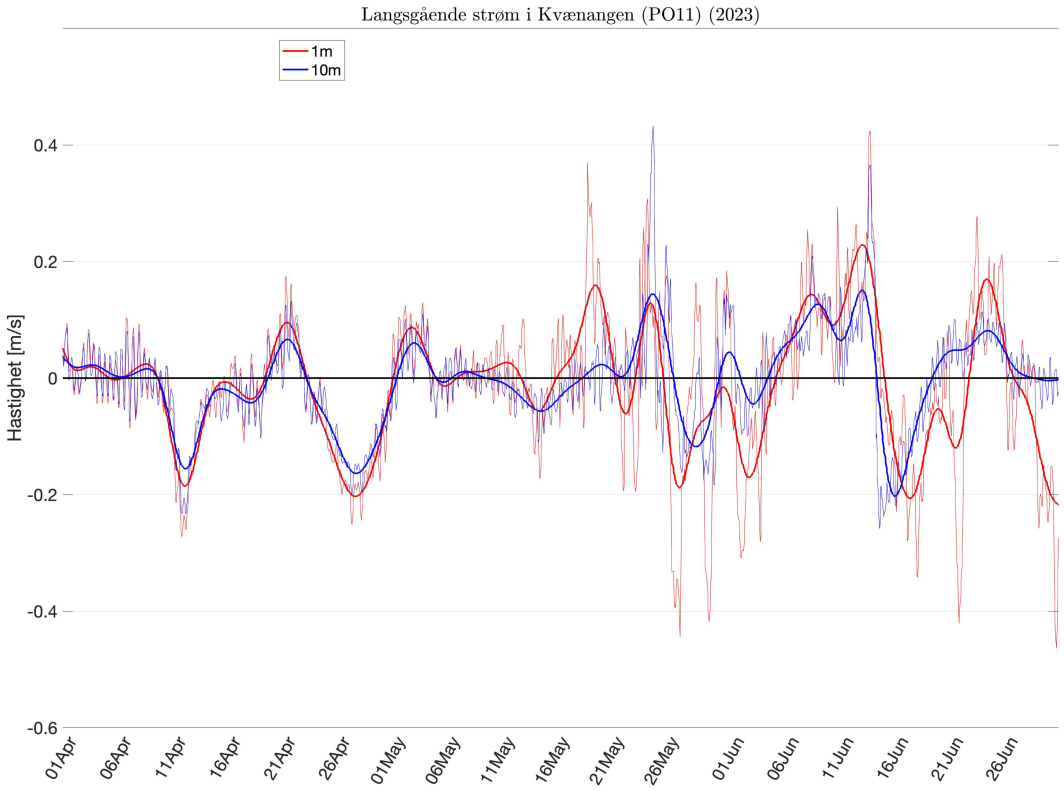
Figur B14. Samme som Figur B10, men her fra Romsdalsfjorden i PO5.



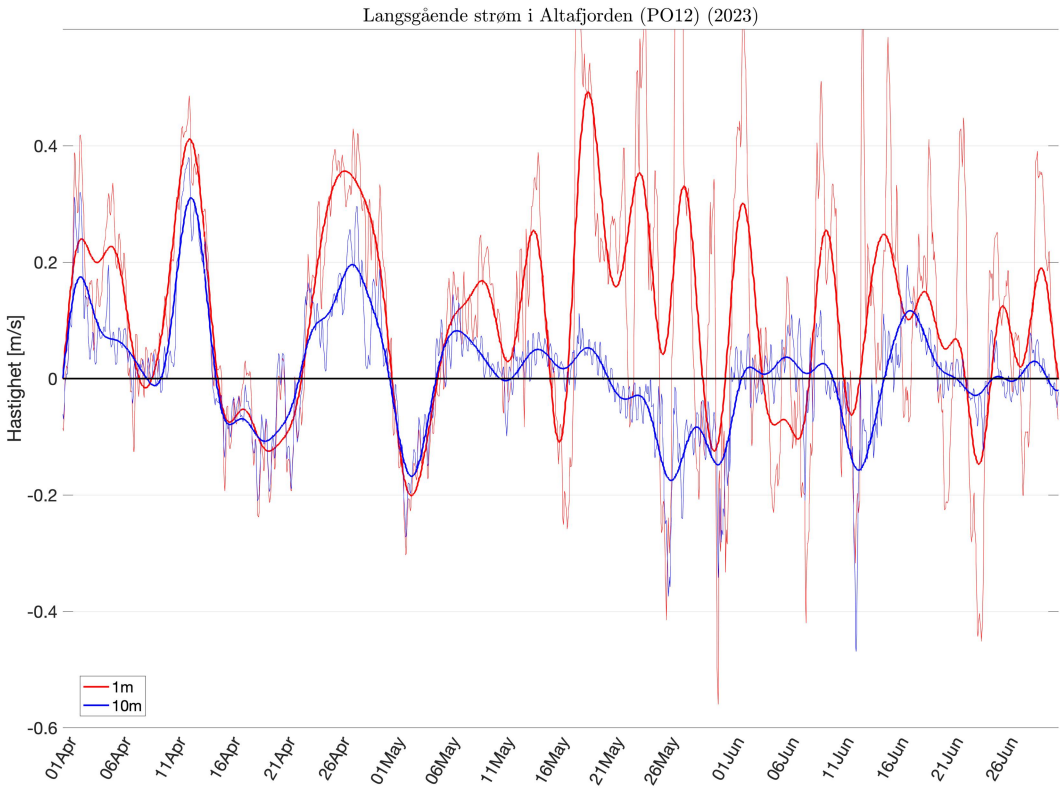
Figur B15. Samme som Figur B10, men her fra Namsenfjorden i PO7.



Figur B16. Samme som Figur B10, men her fra Malangen i PO10.



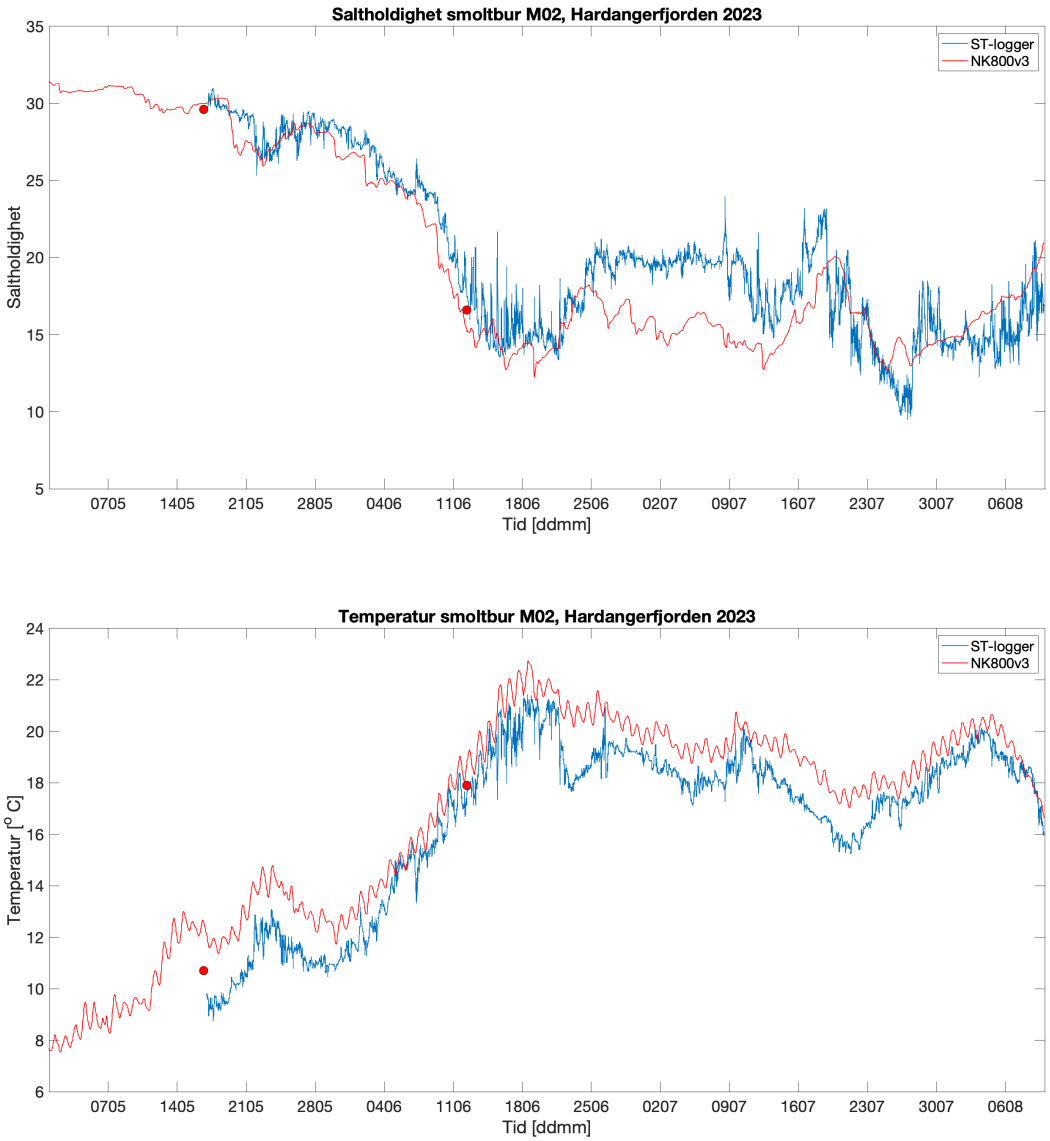
Figur B17. Samme som Figur B10, men her fra Kvænangen i PO11.



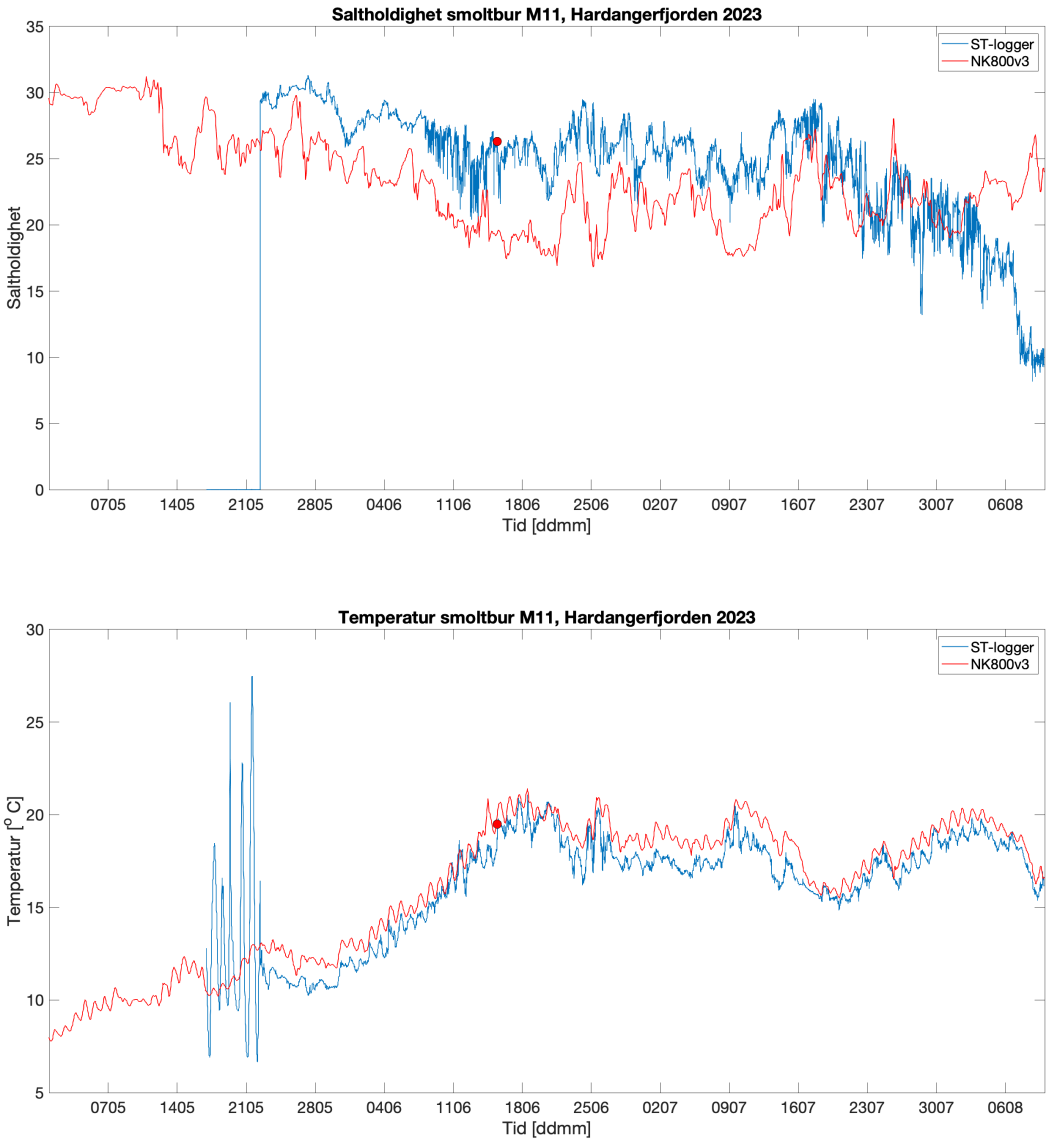
Figur B18. Samme som Figur B10, men her fra Altafjorden i PO12.

Appendiks C

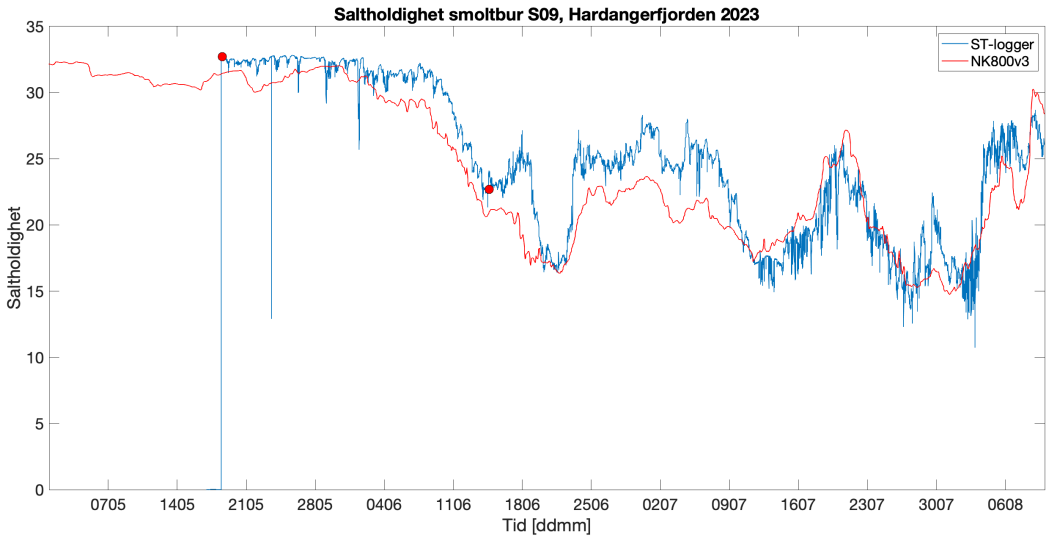
Her følger figurer av tidsserier for saltholdighet og temperatur fra Star Oddi-sensorer (10-minutters verdier) samt korresponderende modellresultater fra NorKyst800 (versjon 3). De røde prikkene er sammenlignbare observasjoner med RBR CTD-sonde tatt rett på siden av smoltburet. Posisjonene til smoltburene er vist i Figur 2. Merk at unormale hopp ("spikre") i måledataene skyldes instrumentfeil.

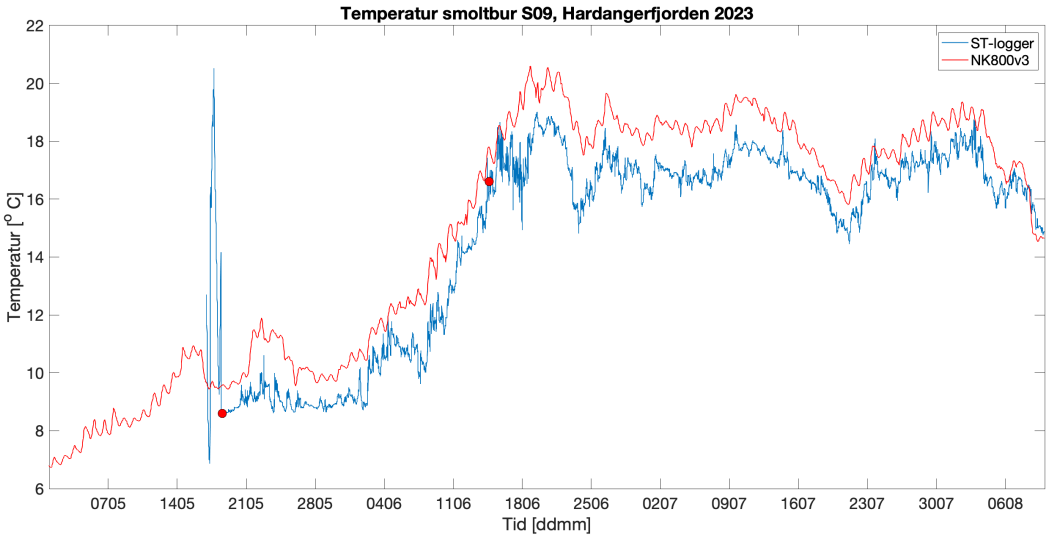


Figur C1. Saltholdighet (øverst) og temperatur (nederst) fra smoltbur M2 i Hardangerfjorden nær Omastranda. Blå linje er verdiene fra Star Oddi-sensoren, men rød linje er modelldata fra NorKyst800 (versjon 3) i 1m dyp. Røde prikker viser måledata fra RBR CTD-instrument. Dato er angitt langs horisontalaksen.

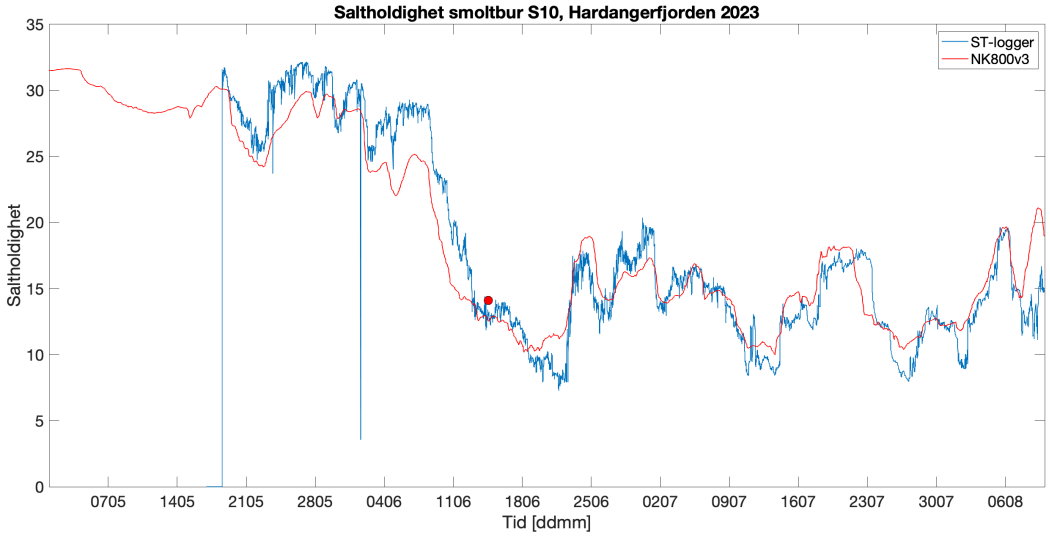


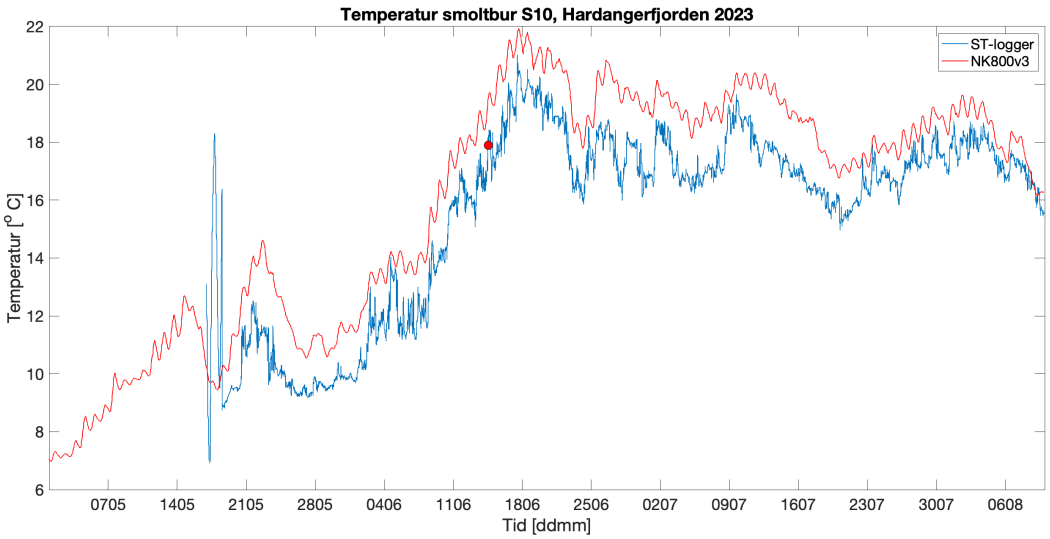
Figur C2. Som figur C1, men her fra smoltbur M11 ved Romsa utenfor Etnefjorden. Merk at Star Oddi-sensoren sin verdi for saltholdighet har gitt falske lave verdier i slutten av måleperioden pga. begroing.





Figur C3. Som figur C1, men her fra smoltbur S9 nær Rysjedalsvika ferjekai ytterst i Sognefjorden.





Figur C4. Som figur C1, men her fra smoltbur S10 ved Lånefjorden omtrent midt i Sognefjorden.



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes
5817 Bergen
Tlf: 55 23 85 00
E-post: post@hi.no
www.hi.no