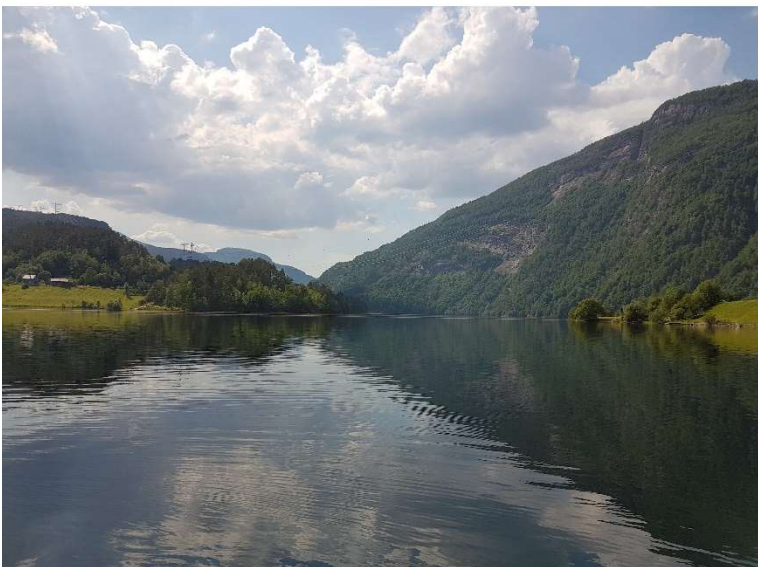


# Strøm- og temperaturforhold i Evangervatnet under smoltutgangen 2019 og 2020



Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI)

# Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske (LFI)

**NORCE Klima og Miljø**

Nygårdsgaten 112

5008 Bergen

**ISSN nr:** 2535-6623

**LFI-rapport nr:** 448

**Tittel:** Strøm- og temperaturforhold i Evangervatnet under smoltutgangen 2019 og 2020

**Dato:** 08.06.2022

**Forfattere:** Trond Einar Isaksen, Bjørn T. Barlaup, Helge Skoglund og Erlend Mjelde Hanssen

**Bilder:** Fotografier er tatt av forfatterne ved NORCE Klima og Miljø (LFI) hvis ikke det er nevnt annen fotograf under bildet.

**Geografisk område:** Vestland, Voss kommune

**Finansiering:** BKK Produksjon AS

**Antall sider:** 65 + 11 sider vedlegg

**Emneord:** Atlantisk villaks, hydrografi, Vossovassdraget, vanntransport, vannføring, telemetri

Forslag til sitering: Isaksen T.E., Barlaup B.T., Skoglund, H., Hanssen E.M. (2022). *Strøm- og temperaturforhold i Evangervatnet under smoltutgangen 2019 og 2020*. NORCE LFI rapport nr. 448

## Forord

Våren 2018, 2019 og 2020 utførte LFI ved NORCE Miljø strøm- og temperaturmålinger i østre del av Evangervatnet. Formålet var å undersøke hvilken grad driftsvannføringen fra Evanger kraftverk kunne påvirke strømmønsteret og temperatur i Evangervatnet i perioden med smoltvandring. I 2019 og 2020 er det i tillegg gjennomført eksperimentelle telemetri forsøk for å kartlegge svømmeadferd til laksesmolt i Evangervatnet i perioden april - juni.

Undersøkelsene ble utført på oppdrag fra BKK Produksjon AS.

Resultatene fra 2018 er presentert i egen rapport (NORCE LFI-rapport nr. 330).

Feltarbeid i forbindelse med strøm- og temperaturmålinger i 2019 og 2020 ble utført av Trond E. Isaksen, Christoph Postler, Lisa Stöger og Gunnar Bekke Lehmann (NORCE LFI). Dataanalyser av strøm- og temperaturmålinger er utført av Trond E. Isaksen.

Beskrivelse av smoltvandringen er utført av Bjørn Barlaup og Helge Skoglund fra (NORCE LFI).

Eksperimentelle forsøk med merking av fisk er utført av Erlend Mjelde Hanssen i samarbeid med Robert J. Lennox, Knut Wiik Vollset og Anne Gro Veia Salvanes. I tillegg har Ove Kambestad og Geir Ove Henden ved Voss klekkeri bidratt med innsamling av smolt. Eirik Normann har deltatt i merking av fisk og Tore Wiers har fanget ørret brukt i dette studiet.

Bakgrunnsdata som gjelder Evangervatnet og Evanger kraftverk presentert i denne rapporten er basert på informasjon fra energiselskapet BKK og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).

Vi takker alle for et godt samarbeid.

Bergen, 08.06.2022



NORCE Norwegian Research Centre

## Innhold

Forord .....	3
Sammendrag .....	5
Innledning.....	6
<b>1. Vossolaksen</b> .....	<b>7</b>
1.1 Redningsaksjonen for Vossolaksen .....	7
1.2 Tidspunkt for smoltutvandringen basert på registrering i ulike typer smoltfeller.....	7
1.3 Resultatene fra studiene av smolt merket med akustiske sendere i 2015 og 2016 .....	10
<b>2. Evangervatnet</b> .....	<b>11</b>
2.1 Vossovassdraget.....	11
2.2 Evanger kraftverk .....	13
2.3 Strøm- og temperaturmålinger .....	14
2.4 Resultater – Status 2019 og 2020.....	17
Vannføring og vannstand .....	17
Temperaturforhold under smoltutgangen 2019 og 2020 .....	20
Strømhastigheter og –retninger.....	32
Oppsummering og konklusjon om temperatur- og strømmålingene .....	42
<b>3. Smoltutvandringen fra Vosso</b> .....	<b>44</b>
3.1 Generelle trekk ved smoltutgangen fra Vosso .....	44
Når vandrer smolten inn i Evangervatnet? .....	45
3.2 Overlevelse av laksesmolt i Evangervatnet – Telemetrieforsøk .....	46
Metode .....	46
Resultat - telemetrieforsøk .....	48
Konklusjon telemetristudie .....	51
3.3 Strømforhold i Evangervatnet under smoltvandringen: Effekten av Evanger kraftverk på nedvandrende laksesmolt 2020 .....	52
Metode .....	52
Resultater .....	57
Diskusjon og konklusjon .....	60
<b>4. Status og videre arbeid</b> .....	<b>63</b>
<b>5. Referanser</b> .....	<b>64</b>
<b>Vedlegg 1</b> – Instrumentdata (ADCP) .....	<b>66</b>
<b>Vedlegg 2</b> – Vannføring (Vosso) og driftsvannføring (Evanger kraftverk) .....	<b>67</b>
<b>Vedlegg 3</b> – Temperatur og vanntetthet i Vosso for perioden april – juni i årene 2009-2020.....	<b>69</b>
<b>Vedlegg 4</b> - Strømdata.....	<b>70</b>
<b>Vedlegg 5</b> – Strømstyrke og strømretninger i Evangervatnet 2019.....	<b>71</b>
<b>Vedlegg 6</b> – Strømstyrke og strømretninger i Evangervatnet 2020.....	<b>74</b>

## Sammendrag

Vosso renner inn i østre del av Evangervatnet hvor det er et mindre basseng (ca. 1500 m langt, 500 m bredt, maks dyp ca. 35 m) etterfulgt av en terskel (ca. 15 m dyp) i sundet ved Fadnes. Vannføringen fra Vosso er den viktigste driveren for strømhastigheter og retninger med særlig stabil vanntransport i perioder med økende vannføring. En relativt komplisert bunntopografi gjør imidlertid at det dannes flere områder med bakevjer (virvler) i bassenget som når en større elv renner gjennom en stor kulp.

Innløpsvannet fra Vosso om våren fører til at det naturlig oppstår en påfallende stor virvel i østre del av Evangervatnet dvs. før utløpet av kraftverket. Virvelen dreier i klokkeretning rundt det dypeste området av bassenget og setter opp en markert kompensasjonsstrøm som går langs søndre bredd tilbake mot innløpet fra Vosso. Denne virvelen opphører når vanntemperaturen i Vosso øker utover våren og skaper et markert skifte av dominerende strømmetninger i midtre del av bassenget med en mer ensrettet utgående strøm. Årsaken til dette skifte i strømmetninger kan best forklares med økning i vanntemperaturen som resulterte i en overgang fra ikke-sjiktet til sjiktet vannsøyle idet varmere vann med lavere tetthet i større grad legger seg over kaldere og tyngre vann. Dette skiftet i hovedstrømmetningen i det øvre vannlaget medførte en mer direkte strømmetning gjennom bassenget og ut sundet mellom Fadnes og Hernes. Strømvirvelen og opphør av denne ble første gang registrert i 2018, med skifte i strømforhold 21. Mai (Isaksen m.fl. 2019). Tilsvarende skifte i strømforhold ble også observert omkring 15. mai i målingene gjennomført i 2019 under lignende forhold som i 2018. Det vil si i en periode med temperaturøkning i Vosso fra under 7 °C til over 8 °C. Det ble ikke observert en like markant endring eller skifte i strømforholdene i bassenget i Evangervatnet i 2020. Målingene i 2020 viser lavere temperaturer i Vosso og i Evangervatnet i perioden april – juni sammenlignet med samme periode i 2018 og 2019. I tillegg var det svært lav vannføring Vosso i store deler av måleperioden i 2020 med den første vårfloppen 23. -24. mai (239 m<sup>3</sup>/s), som er nesten fire uker senere enn i 2019. Vannføringen i Vosso i perioden 15. april til 23. mai 2020 var den lavest registrerte de siste 12 år. Resultatene viser derfor at slike markante strømskifter i bassenget i Evangervatnet ikke forekommer på samme tidspunkt hvert år, og at slike skifter ikke alltid oppstår i perioden under smoltutgangen.

Vannføringen i Vosso er den største driveren når det gjelder vanntransport (strømmetning og -styrke) gjennom bassenget i Evangervatnet og sundet mellom Hernes og Fadnes. Det er registrert liten eller ingen effekt av driftsvannføringen til kraftverket når vannføringen i Vosso er større enn 150-200 m<sup>3</sup>/s. Målinger viser imidlertid at langvarige perioder (mer enn en dag) med relativt høy driftsvannføring til kraftverket (rundt 20 % eller mer) i forhold til vannføringen i Vosso påvirker strømforholdene i sundet mellom Hernes og Fadnes, og kan i tillegg ha en nedkjølende effekt av ulike vannlag i denne delen av Evangervatnet.

Resultater med akustisk merket smolt utført av Inaq (i 2015 og 2016) viser at smolten har relativt høy dødelighet og forsinkes gjennom Vangsvatnet, Evangervatnet og Bolstadfjorden. Dette sammenfaller med resultater rapportert fra andre lignende studier. Resultatene fra disse studiene viser at smoltens vandring gjennom innsjøer er spesielt utfordrende, og i samtlige undersøkelser er predasjon gitt som mest sannsynlige årsak til økt dødelighet. Forsøkene til Inaq i 2016 viste at for de beste gruppene med akustisk merket smolt satt ut i Strandaelva, Vosso og Bolstad overlevde hhv. 17%, 25% og 50 % vandringen til Stamnes. Smolten som vandrer fra Vosso kommer senere til sjøen sammenliknet med smolt som vandrer fra Bolstad (5-16 dager). Dette skyldes at smolten fra Vosso forsinkes ved at den må vandre gjennom Evangervatnet. I Evangervatnet må en, som i andre innsjøer, forvente at smolten blir noe forsinket og at det skjer et smolttap grunnet predasjon. Samlet sett ble det ikke avdekket noen opplagte effekter av kraftverket som kan bidra til å forklare betydelig redusert vandringshastighet og eller høy dødelighet for smolt som svømmer gjennom Evangervatnet. Oppfølgende telemetristudier gjennomført i 2019 og 2020 bekrefter i stor grad resultatene fra disse tidligere undersøkelsene. Bruk av nye 'predator' merker viser at det er høy predasjon av smolt i Evangervatnet, særlig i bassenget øst for sundet mellom Fadnes og Hernes. Det er ikke vist at driftsvannføringen fra kraftverket er en direkte årsak til denne høye dødeligheten av smolt i denne delen av Evangervatnet. Imidlertid foreligger det en rekke undersøkelser fra innsjøsystem som peker på at selve overgangen fra elvevandring til innsjøvandring kan føre til en betydelig forsinket vandring og økt dødelighet. Den store virvelen som dannes når Vosso renner inn i Evangervatnet er naturlig forekommende og kan gi smolten problemer nå den skal orientere seg. En liknende situasjon oppstår bl.a. når Bolstadelva renner inn i Bolstadfjorden hvor det dannes en virvel og stor bakevje. En må regne med at laksebestanden er tilpasset slike forhold som skaper komplekse strømmønstre.

## Innledning

Siden år 2000 har det pågått et omfattende arbeid for å reetablere Vossolaksen. Et av hovedmålene for prosjektet er å identifisere og om mulig redusere mulige trusler for laksen både i ferskvannsfasen og i fjordfasen. Perioden om våren når smolten vandrer ut fra ferskvann til sjø er en kritisk periode i laksens livssyklus. Det har derfor vært fokusert på tidspunktet for smoltutvandringen og effekter av menneskeskapt trusler for smolten som dårlig vannkvalitet grunnet sur nedbør og angrep fra lakselus.

Under smoltutgangen i 2015 og 2016 ble det gjort undersøkelser med laksesmolt merket med akustiske merker for å bestemme vandringstid og overlevelse for smolt som vandret ut fra Vossovassdraget (Haugen m.fl. 2016; 2017). Studiene viste at forsøkssmolten hadde høy dødelighet i innsjøene Vangsvatnet og Evangervatnet og på strekningen Straume-Stamnes, noe som trolig skyldtes at den blir spist av annen fisk i disse delene av vassdraget. Studiene i 2016 viste at vandringshastigheten til forsøkssmolten i Evangervatnet var spesielt lav, og det ble derfor stilt spørsmål om vandringshastigheten kunne være påvirket av avløpsvannet fra Evanger kraftverk.

I 2016 ble det gjennomført undersøkelser som viser at kraftverksutløpet har konsentrasjoner av gassovermetning som ikke er skadelig for utvandrende smolt (Stenberg 2016, Pulg 2018), men det er også viktig å kartlegge om strøm- og temperaturforhold ved kraftverksutløpet kan påvirke smoltens vandring. All smolt produsert oppstrøms Evangervatnet må vandre forbi kraftverksutløpet og en eventuell negativ påvirkning kan derfor ha konsekvenser på bestandsnivå.

Foreliggende rapport er basert på strøm- og temperaturmålinger under smoltutgangen i 2019 og 2020 i Evangervatnet, registrering av tidspunkt for smoltutvandring, og utprøving av et nytt akustisk smoltmerke for å detektere om den merkede smolten blir spist av en predator.

## 1. Vossolaksen

### 1.1 Redningsaksjonen for Vossolaksen

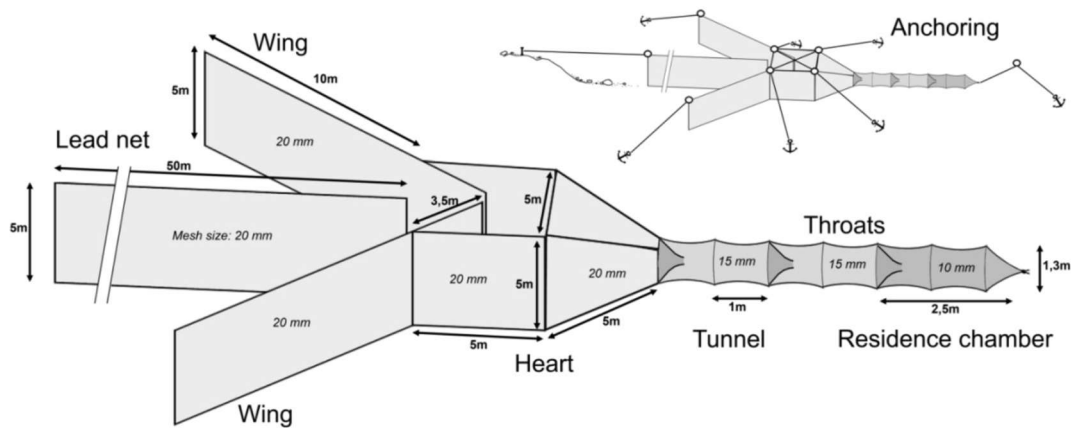
Med grunnlag i årlige undersøkelser siden år 2000 med kartlegging av bestandsstatus, trusselfaktorer og tiltak for Vossolaksen, tok miljøforvaltningen i 2010 initiativ til en redningsaksjon som har som målsettingen å gjenoppbygge og reetablere bestanden av Vossolaks i løpet av tiårsperioden 2010-2020. Prosjektet «Redningsaksjonen for Vossolaksen» er et bredt samarbeid mellom forskning, forvaltning, lokale interessenter og flere næringsaktører, spesielt fiskeoppdrettsnæringen gjennom Vossolauget og kraftprodusenten BKK. Resultatene peker på at det fortsatt er flere aktive trusler i elv og fjord; fysiske inngrep i vassdraget i forbindelse med flomsikring, effekter av vassdragsregulering, effekter av sur nedbør som fører til giftig aluminium, angrep fra lakselus på utvandrende smolt og innkrysning av rømt oppdrettslaks i gytebestanden. Alle disse truslene kan helt eller delvis håndteres gjennom koordinerte tiltak, og flere av truslene er per i dag redusert som følge av iverksatte tiltak. Likevel har ikke tiltakene vært nok til at redningsaksjonen har nådd målet om å reetablere en selvreproduserende bestand (se Barlaup 2018).

### 1.2 Tidspunkt for smoltutvandringen basert på registrering i ulike typer smoltfeller

Smoltutvandringen hos laks skjer vanligvis i en konsentrert periode (ca. 3-6 uker) om våren. I tiden før utvandringen gjennomgår ungfisken en rekke morfologiske, fysiologiske og adferdsmessige forandringer som forbereder fisken på overgangen fra ferskvann til sjøvann. Denne endringen kalles smoltifisering og består blant annet i at fisken blir mer strømlinjeformet og sølvfarget. Den territorielle atferden opphører og smolten kan samle seg i små stimer før vandringen nedover i vassdraget tar til (McCormick m.fl. 1998). Tidspunktet for smoltutvandringen varierer mellom elver og styres av flere faktorer. Lysregimet og vanntemperaturen regnes som de viktigste faktorene som initierer smoltifiseringsprosessen, og som dermed avgjør tidspunktet for når smolten er klar til å vandre. Selve utvandringen blir ofte utløst av økende vannføring og vanntemperatur (McCormick m.fl. 1998; Urke m.fl. 2013). Disse mekanismene har over mange generasjoner blitt tilpasset forholdene i det enkelte vassdrag, slik at laksen vandrer ut når forholdene i sjøen er gunstige for overlevelse (Hansen m.fl. 1984). Trolig er temperaturen i sjøen en viktig faktor, og vanligvis vandrer smolten ut på et tidspunkt da sjøtemperaturen har nådd 8°C (Hvidsten m.fl. 1998). Tidsrommet om våren når smolten er fysiologisk klar for vandring samtidig som forholdene i sjøen er gunstige for overlevelse blir ofte kalt «smoltvinduet». I løpet av dette smoltvinduet bør smolten vandre ut siden en forsinket utvandring trolig vil føre til redusert overlevelse siden smolten da kommer ut i sjøen i en periode hvor predasjonstrykk og næringstilgang kan være ugunstige (McCormick m.fl. 1998).

I senere år er det gjort kunnskapsoppsummeringer hvor utvandringstidspunkt for laksesmolt er sammenstilt for en rekke norske vassdrag hvor det er benyttet ulike typer smoltfeller eller videoregistering (Ugedal m.fl. 2014; Karlsen m.fl. 2016; Vollset m.fl. 2021a). Resultatene fra disse undersøkelsene viser at smoltutvandringen i Sør-Norge i hovedsak finner sted fra siste halvdel av april til første halvdel av juni. Median tidspunkt for 50 % smoltutvandring i tidsseriene fra Sør-Norge er alle i løpet av mai selv om en finner betydelig variasjon mellom år og mellom elver.

I Vossovassdraget er det gjort undersøkelser i perioden 2001-2020 for å beskrive når smolten vandrer ut. Smolten er blitt fanget inn ved hjelp av en smoltskrue (Volkhardt m.fl. 2007) driftet i Bolstadhølen og/eller smoltruser (Figur 1.1, Foto 1, Foto 2) plassert i Bolstadjorden ved Trollkona/Furnes ca 4 km ut i Bolstadjorden fra Bolstad. Redskapene har normalt vært satt ut i siste halvdel av april eller tidlig i mai, og blitt tatt inn i siste halvdel av juni.



**Figur 1.1.** Smoltruse benyttet for innfangning av smolt i Bolstadfjorden i perioden 2002-2018. For en nærmere beskrivelse se Barlaup et al. 2013.



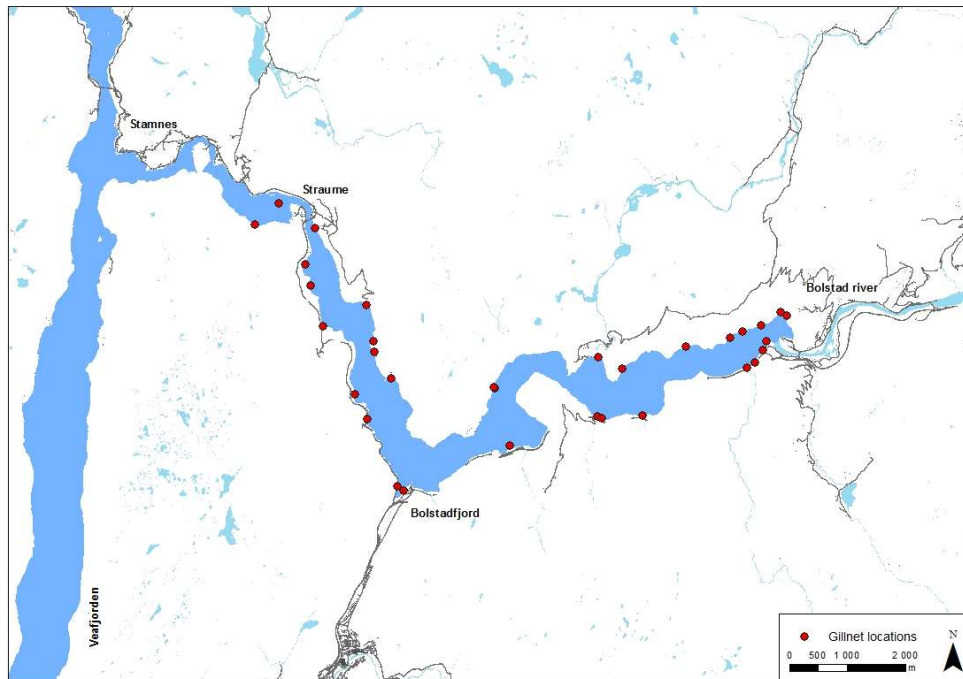
**Foto 1.** Bilde tatt gjennom åpning av fangstrommet i smoltrusa. I fangstrommet sees laks- og sjøauresmolt og en stim med stingsild.





*Foto 2. Smoltskruen i drift i Bolstadhølen. Smolten fanges inn i trommelen i front og holdes i et oppbevaringskammer synlig på bakre del av flåten.*

I Vosso og de fleste andre vassdrag fanger smoltfellene bare en liten del av den totale mengden smolt som vandrer ut. Smoltfellenes fangsteffektivitet vil ofte være avhengig av vannføringen slik at fangstene ikke nødvendigvis gjenspeiler forløpet på smoltutgangen. Dette gjelder særlig i perioder med stor vannføring da rekved og annet som kommer drivende med flomvannet reduserer effektiviteten til fellene i tillegg til at elvetversnittet som dekkes av fellene blir redusert. Til tross for disse feilkildene og begrensningene er det likevel rimelig å anta at fellefangstene gjenspeiler hovedmønsteret for når smoltutgangen finner sted. Resultatene fra fellefangstene i Vosso sammenfaller både med hva en kan forvente utfra rapportert tidspunkt for smoltutgang fra andre elver i Sør-Norge (Ugedal m.fl., 2014; Vollset et al. 2021a) og med lokalkunnskap om tidspunktet for smoltutgangen. I tillegg er det i Vosso også gjort registrering av smolt i garnfiske og ved dykkerobservasjoner som tyder på at smoltutvandringen begynner i siste halvdel av april og at hovedutvandringen skjer i mai. For eksempel ble det i et omfattende garnfiske med 40 garnnetter i Bolstadjorden den 24-26 april 2012 ikke tatt laksesmolt mens det ved nær tilsvarende innsats (38 garnnetter) noen uker senere, den 29-31 mai, ble tatt 39 laksesmolt (Vollset m.fl. 2014; Figur 1.2).



**Figur 1.2.** Kart over Bolstadfjorden som viser garnstasjonene ved fiske i forbindelse med smoltutgangen i 2012. Hentet fra Vollset m.fl., 2014.

### 1.3 Resultatene fra studiene av smolt merket med akustiske sendere i 2015 og 2016

I 2015 viste undersøkelser at smolt merket med akustisk merke hadde høy dødelighet på vandring gjennom Evangervatnet. I tillegg hadde den en uventet lang oppholdstid i innsjøen og særlig på strekningen fra innosen til kraftverksutløpet (Haugen m.fl. 2016). Dette førte til antagelser om at gassovermetning fra utløpet av Evanger kraftverk kunne være årsaken til den observerte dødeligheten. Dette ble deretter avkreftet på grunnlag av etterfølgende fysiologiske og histologiske undersøkelser av smolt satt i bur utenfor kraftverket, og av smolt samlet inn under utvandring gjennom innsjøen (Stenberg, 2016). Ingen av disse smoltene viste symptomer på gassovermetning. Dette sammenfaller også med resultatene fra flerårig logging av gassovermetningsnivå som viser at kraftverksutløpet ikke forårsaker gassovermetning som forventes å være skadelig for utvandrende smolt i Evangervatnet (Pulg m.fl. 2018, Stenberg m.fl. 2020).

Oppfølgende undersøkelser med bruk av akustisk merket smolt ble gjennomført av Haugen m.fl. i 2016 og inkluderte Vangsvatnet i tillegg til Evangervatnet (se Haugen m.fl. 2017). Høy dødelighet og lang oppholdstid ble registrert i begge innsjøene. Overlevelsen for merket smolt ned til sjøvannsområdene utenfor Stamnes var for den beste merkegruppen hhv. ca 17 % for smolt satt oppstrøms Vangsvatnet, 25 % for smolt satt i Vosso oppstrøms Evangervatnet og 50 % for smolt satt i Bolstadelva. Dette regnes som minimumstall da effekten av håndtering og merking må forventes å påvirke overlevelsen heller negativt enn positivt. Likevel viser resultatene at vandring gjennom innsjøene er en utfordring som forsinker den merkede smolten og som fører til økt dødelighet. Liknende resultat er også rapportert fra andre laksevasdrag hvor smolten må vandre gjennom innsjøer (Kennedy m.fl. 2018; McLennan m.fl. 2018). Basert på resultatene fra merkeforsøkene i Vosso konkluderer Haugen m.fl. (2017) at Vossosmolten er utsatt for høy predasjon i Vangsvatnet, Evangervatnet og på strekningen Straume-Stamnes. Det ble videre påpekt at predasjonen i Evangervatnet kan være spesielt høy på grunn av mulig forsinkning i utvandringa grunnet endret vannkvalitet, temperatur og strømforhold ved kraftverket (Haugen m.fl. 2017). En begrensning med dette studiet er imidlertid at en ikke kan registrere

direkte hvorvidt merkesignalet kommer fra levende smolt, fra død smolt eller fra smolt som ligger i magen på en predator f.eks. en sjøaure. Dette resulterer i usikkerhet om hvorvidt de observerte registreringene faktisk representerer reelle vandringsmønstre hos vandrende smolt, når dødelighet inntreffer, samt hva som er årsaken til dødelighet.

## 2. Evangervatnet

### 2.1 Vossovassdraget

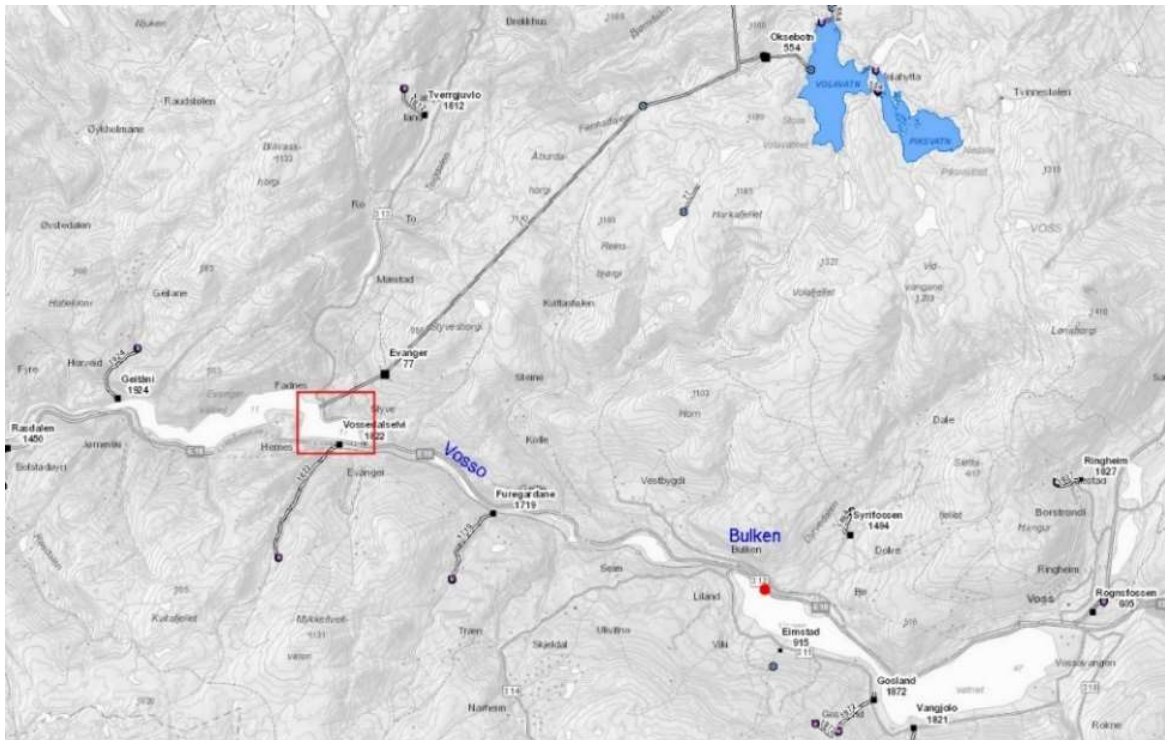
Bakgrunnsdata vedrørende Evangervatnet og Vossovassdraget presentert i denne rapporten er basert på informasjon fra energiselskapet BKK og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Evangervatnet er en del av Vossovassdraget som er det største vassdraget på Vestlandet. Strømførhold og vanntransport gjennom Evangervatnet blir bestemt av vannføring og temperaturer i Vosso. Variasjoner i vannføring og vanntemperaturer varierer med årstider og fra år til år, avhengig av nedbørsmengdene i nedslagsfeltet for Vossovassdraget. Siden 1969 har det vært vannkraftproduksjon med utløpspunkt i østre del av Evangervatnet (Figur 2.1, 2.2).

For å undersøke om driftsvannføringen til kraftverket har målbar effekt på strømførhold og vanntransporten gjennom østre del av Evangervatnet i perioden for smoltutvandring, ble det gjennomført strøm- og temperaturmålinger i perioden april – juni 2018, 2019 og 2020. Innsamling av data inkluderer driftsvannføring og naturlig tilsig til Evangervatnet for smoltutvandringsperioden april – juni tilbake til 2009 for å sammenligne årsvariasjoner og forhold mellom driftsvannføringen til kraftverket og vannføring fra Vosso. En viktig målsetning var også å utvikle en hydrodynamisk modell som kan simulere effekten vannføring fra Vosso og varierende vannføring fra kraftverket har på strøm- og temperaturforholdene i Evangervatnet. Dette ble utprøvd i 2018 og viste at det er mulig å sette opp en slik modell med riktige randbetingelser (Isaksen m.fl. 2019).

Tilsiget til Evangervatnet fra Vosso varierer gjennom året og forskjellene fra år til år kan være store. Lange tidsserier med målinger av vannføring tilbake til 1892 viser at det har vært en endring i tidspunkt for vårflommen i Vossovassdraget. Historiske data fra Bulken målestasjon (stasjonsnr. 62.5.0) viser at vårflommen kommer ca 14 dager tidligere i perioden 1990-2017 sammenlignet med perioder før 1990. Bulken målestasjon er ikke påvirket av vannkraftproduksjonen, og denne endringen skyldes sannsynligvis økning i temperatur og nedbør (se klimastatistikk for Vestlandet; yr.no).

Datagrunnlag for vannføring og vannstand i Vossovassdraget er samlet av BKK fra aktuelle dataserier registrert på målestasjoner i vassdraget. Vannføring i Vosso ved innløpet i Evangervatnet er beregnet med utgangspunkt i måledata fra Bulken (målestasjon 62.5.0, Figur 2.1). Vannføring i Vosso ved innløpet i Evangervatnet er beregnet der: *Vosso ved innløp Evangervatnet = Vannføring Bulken x 1.1039, der 1.1039 er forholdstallet mellom størrelse i nedbørsfelt ved Bulken og nedbørsfelt ved Vosso sitt innløp i Evangervatnet* (Kirkhorn 2018). For perioden 2009-2020 ble det også samlet data fra driftsvannføringen til Evanger kraftverk. I denne perioden foreligger data med tidsoppløsning på 1 time for alle dataserier som er vurdert. Forholdet mellom vannføring og driftsvannføring beskriver Evanger kraftverk sin andel av tilsig til østre del av Evangervatnet. Data for vannføring i Vosso ved innløpet i Evangervatnet og driftsvannføring fra Evanger kraftverk for denne perioden i årene 2009 – 2020 er beskrevet i resultatdelen.

Strøm- og temperaturforhold i østre del av Evangervatnet påvirkes av vannføringen i Vosso. Strøm- og temperaturmålinger ble gjennomført i perioden med smoltutvandring, i perioden april - juni 2018, viste at driftsvannføring fra kraftverket kan påvirke strøm- og temperaturforholdene i sundet mellom Hernes og Fadnes i visse perioder, men det er uvisst om disse påvirkningene kan ha en effekt på smoltutvandringen.



**Figur 2. 1.** Østre del av Evangervatnet markert med rød ramme. Innløp Vosso og utløp fra Evanger kraftverk. Aktiv målestasjon for vannføring og vannstand ved Bulken (nr.62.5.0) markert med rødt punkt (Kilde: NVE Atlas).

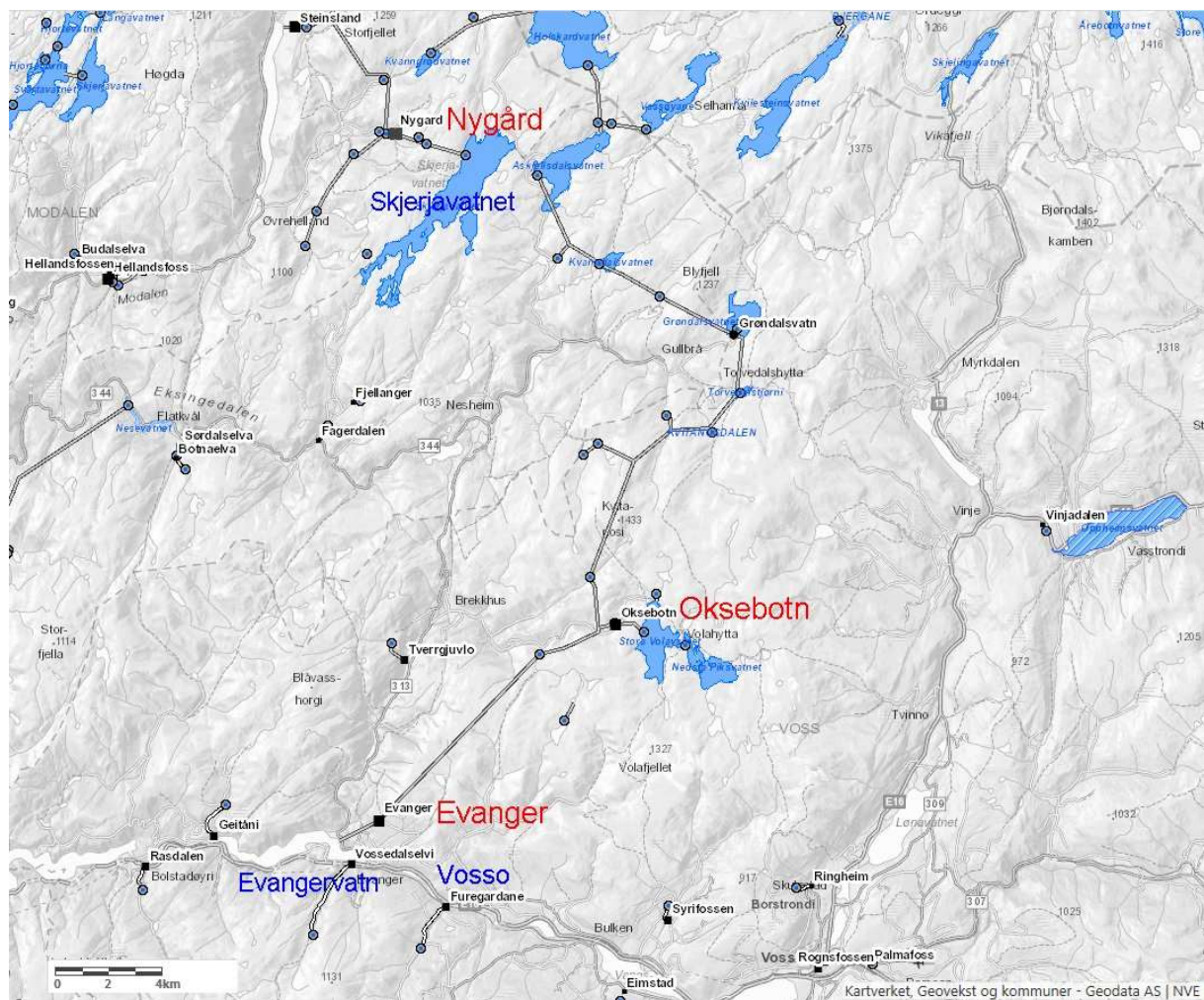


**Figur 2. 2.** Evangervatnet, østre del. Modellområdet for strøm- og temperatur målinger i perioden 19. april til 26. juni 2018 (Kilde: NVE Atlas).

## 2.2 Evanger kraftverk

Utbyggingen av Evanger kraftverk startet på slutten av 1960- tallet og ble satt i drift gjennom tre byggetrinn i løpet av perioden 1969–1977 (et aggregat i 1969, et i 1973 og det siste i 1977). Oksebotn kraftverk ble satt i drift i 1988. Oksebotn kraftverk har avløp inn på tunnelen til Evanger kraftverk. I 2005 ble Nygård Pumpekraftverk satt i drift og vann fra Skjerjevatnet ble fra 2005 overført til Modalsvassdraget, og har resultert i redusert bidrag til Evangervatnet. Kraftverk, magasin og vannveier er vist i figur 2.3.

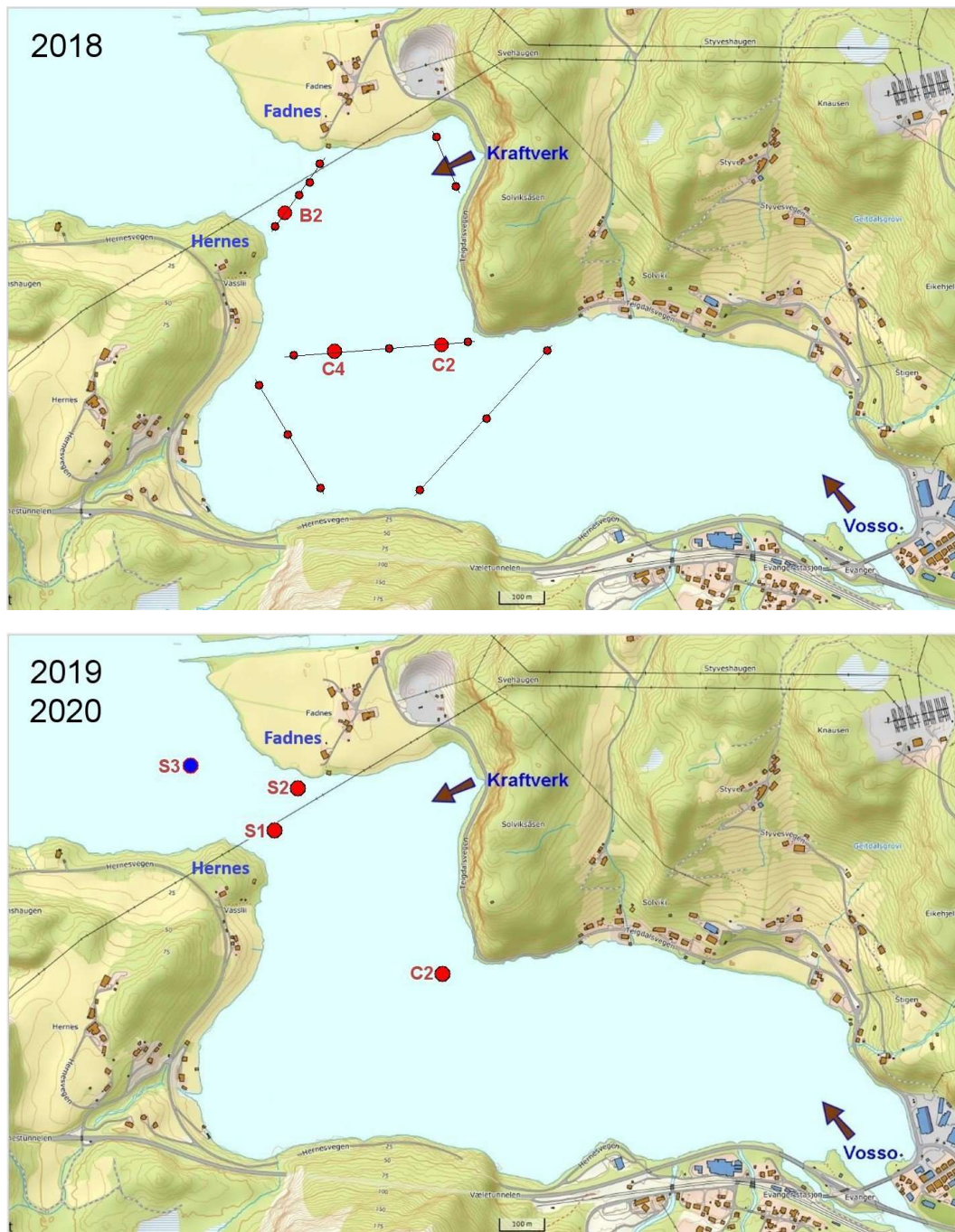
Evanger kraftverk har i dag en maksimal driftsvannføring på 54 m<sup>3</sup>/s. I snitt over året er driftsvannføringen ca. 22 m<sup>3</sup>/s. I perioder med lavt naturlig tilsig fra Vosso, vil vannføring fra kraftverket kunne bidra med en høy andel av tilsiget til Evangervatnet. Slike perioder er typisk for kalde perioder senvinters etter lange perioder med lite nedbør, driftsvannføringen er da fra reguleringsmagasinene, og har høyere temperatur enn vann fra Vosso. Driftsvannføringen til kraftverket om våren blir derimot i stor grad styrt av snøsmelting. Magasinene er vanligvis nedtappet ved starten av snøsmeltingen. I perioder med stor snøsmelting kjører kraftverket på smeltevann fra bekkeinntakene, og temperaturen i vannet fra kraftverket har i denne perioden oftest lavere temperatur enn vannet i Vosso. I perioden med snøsmelting går også vannføringen med til å fylle opp magasinene.



**Figur 2.3** Utbygd vannkraft forbundet med Vossovassdraget. Vannveier med inntakspunkter (runde punkter) fra ulike reguleringsmagasin (blå vann) til kraftproduksjon. Kilde: NVE Atlas; kartverket

## 2.3 Strøm- og temperaturmålinger

I 2019 og 2020 målingene ble det gjennomført kontinuerlige profilmålinger av strøm og temperatur i sundet mellom Fadnes og Hernes og i dypområdet mellom sundet og innløpet til Vosso. Formålet var å samle tilstrekkelig med data for å beskrive effekter av vannføringen i Vosso og driftsvannføringen fra kraftverket i perioden med smoltutvandring (april-juni). Valg av målestasjonene i 2019 og 2020 er basert på resultater fra strøm- og temperaturmålinger i Evangervatnet som ble gjennomført i 2018 (Isaksen m.fl. 2019). Plassering av strømmåling stasjoner er vist i Figur 2.4.



**Figur 2. 4** Evangervatnet. Målestasjoner med ADCP og temperaturloggere for perioden april-juni i 2018, 2019 og 2020. Transektmålinger i 2018 utført med punktmåler (ADCM). Kontinuerlige profilmålinger utført med ADCP på stasjonene B2, C2, C4, S1 og S2. På de samme stasjonene ble det også gjennomført kontinuerlige profilmålinger av temperatur. I 2019 og 2020 ble det i tillegg gjennomført målinger av temperturprofiler på st. S3. Pil markerer utslippspunkt til Evanger kraftverk og Vosso ved innløpet til Evangervatnet.

Strømmålinger ble gjennomført med bruk av akustiske dopplerinstrumenter. Det ble benyttet profilmålere av typen AquaDopp Current Profiler 400kHz (ADCP; Nortek AS). Instrumentene lagrer strømhastighet, strømrretning, temperatur, trykk, dato og klokkeslett kontinuerlig. Programvaren Surge (Nortek, v.1.14.01), SeaReport (Nortek, v.1.1.1) og SD6000 (Morten Hammersland Programvare, v.4.6.3.49) brukes til bearbeiding og kvalitetsjeking av dataene. Instrumentene ble kontrollert og programmert med bruk av programvaren AquaPro (Nortek, v.1.36.06) og Aquadopp (Nortek, v1.40.14). Ingen funksjonsfeil ble registrert før og etter utsett.

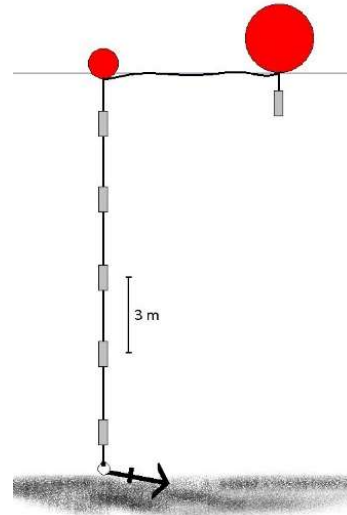
Profilmålerne ble plassert på bunn med måleretning oppover i vannsøylen. Instrumentene registrerer vannbevegelser (hastighet og retning) med høy presisjon i hver meter gjennom hele vannsøylen med en rekkevidde fra ca. 2 meter over bunn til 2-4 meter under overflaten. Instrumentene var programmert for å logge data i 60 sekunder hvert 10 min. Gjeldende dyp og måleperiode på de ulike stasjonene (loggperiode) for april – juni i 2019 og 2020 er vist i Vedlegg 1 – Instrumentdata (ADCP). Profilmålerne ble plassert på bunn i stålrammer forankret til dregger og blåser (Figur 2.5). Trykkforandringer registrert med disse instrumentene gjennom måleperioden ble også brukt til å beskrive endringer i vannstanden gjennom måleperioden.



*Figur 2.5 ADCP (akustisk profilerende dopplerinstrument, Nortek) montert i bunnramme. Instrumentet var innstilt til å måle strømrretninger og –hastigheter for hver meter oppover i vannsøylen.*

Strømmålerne måler kun temperatur på instrumentdyb (bunnmålinger). Det ble derfor satt opp rigger med temperaturlogger (Minilog) som ble plassert ut på samme stasjoner som ADCP-ene (st. C2, S1 og S2) for å samle data fra hele vannsøylen på de gjeldende stasjonene. I tillegg ble det satt opp en rigg vest for sundet mellom Fadnes og Hernes (St. S3). Temperaturloggerne samlet data hvert 15. minutt på ulike dyp fra 1 meter over bunn og hver tredje (St. S1 og St. S2) eller hver femte meter (St. C2 og St. S3) oppover i vannsøylen og den siste like under overflaten (Figur 2.6). Riggene ble satt ut i Evangervatnet i april og samlet data innen samme periode som strømmålerene. Det ble også satt ut temperaturlogger i Vosso ved utløpet i Evangervatnet og inne i avløpstunnelen til kraftverket som registrerte temperaturer i den samme perioden.

Loggerne plassert i avløpstunnelen til kraftverket og i Vosso 2020 gikk tapt i løpet av måleperioden. Data fra disse stasjonene er hentet fra NVE sin database.



Figur 2. 6 Rigg med temperaturlogger

### Strømdata – Beskrivelse av strømhastighet og vanntransport

Strømstyrke for måleperioden er presentert som gjennomsnittlig hastighet (cm/s) med standardavvik. Stabiliteten til strømhastigheten i måleperioden (spredning i datasettet) beskrives med bruk av standardavvik ( $= \sqrt{x}$ , for  $x$ =varians og  $y=0,5$ ). Maksimal (maks) og minimal (min) strøm er hhv. høyeste og laveste registrerte hastighet, men slike registreringer er enkelt målinger og vil utgjøre ekstremverdier i et dataplott som ikke er representativt i beskrivelsen av de reelle forholdene. Høyeste og laveste strømhastigheter blir derfor beskrevet som signifikant maksimal og minimal strøm. Signifikant maksimal - og minimal strøm er definert som gjennomsnittet av 1/3 av de høyest eller lavest målte hastighetene.

Strømretninger blir oppgitt i grader ( $0^\circ$  -  $360^\circ$ , for nord =  $0^\circ$  og  $360^\circ$ ) og er nødvendig informasjon i beskrivelse av vanntransporten omkring målepunktet. Effektiv vanntransport og vannutskifting er bestemt av både strømretning og strømhastighet. Vanntransport (relativ vannfluks) omkring målepunktet kan illustreres i sektordiagram som viser hvilken retning vanntransporten er størst. Vanntransport blir beregnet som mengde vann som passerer et vindu på  $1 \text{ m}^2$  per tidsenhet ( $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dag}$ ) for hver  $15^\circ$  sektor (retning) på et gitt måledyp.

Forholdet mellom strømretning og strømhastighet blir også beskrevet med bruk av progressiv vektoranalyse. Progressiv vektor illustrerer hvordan en tenkt partikkel vil drive med strømmen over tid. En slik «partikkel» vil kunne drive i ulike retninger gjennom måleperioden avhengig av stabiliteten til strømretningen. Neumann-parameter (verdi mellom 0 og 1) er brukt som mål for stabilitet til strømretningen. Neumann-parameter er forholdet mellom avstanden i rett linje fra partikkelens posisjon ved start og slutt og den faktiske vandringsruten til partikkelen. Høy Neumann-parameter vil indikere en klar hovedstrømretning, mens tilsvarende lav verdi indikerer strømforhold med hyppige skift i strømretninger. En høy verdi på for eksempel 0,7 vil si at strømmen var ensrettet (stabil) i 70% av måleperioden. Rest-strøm (cm/s) beskriver den effektive strømhastigheten, beregnet som partikkelens vandringsavstand i rett linje fra startpunktet (posisjon til strømmåleren) til endepunktet dividert med tiden partikkelen brukte.



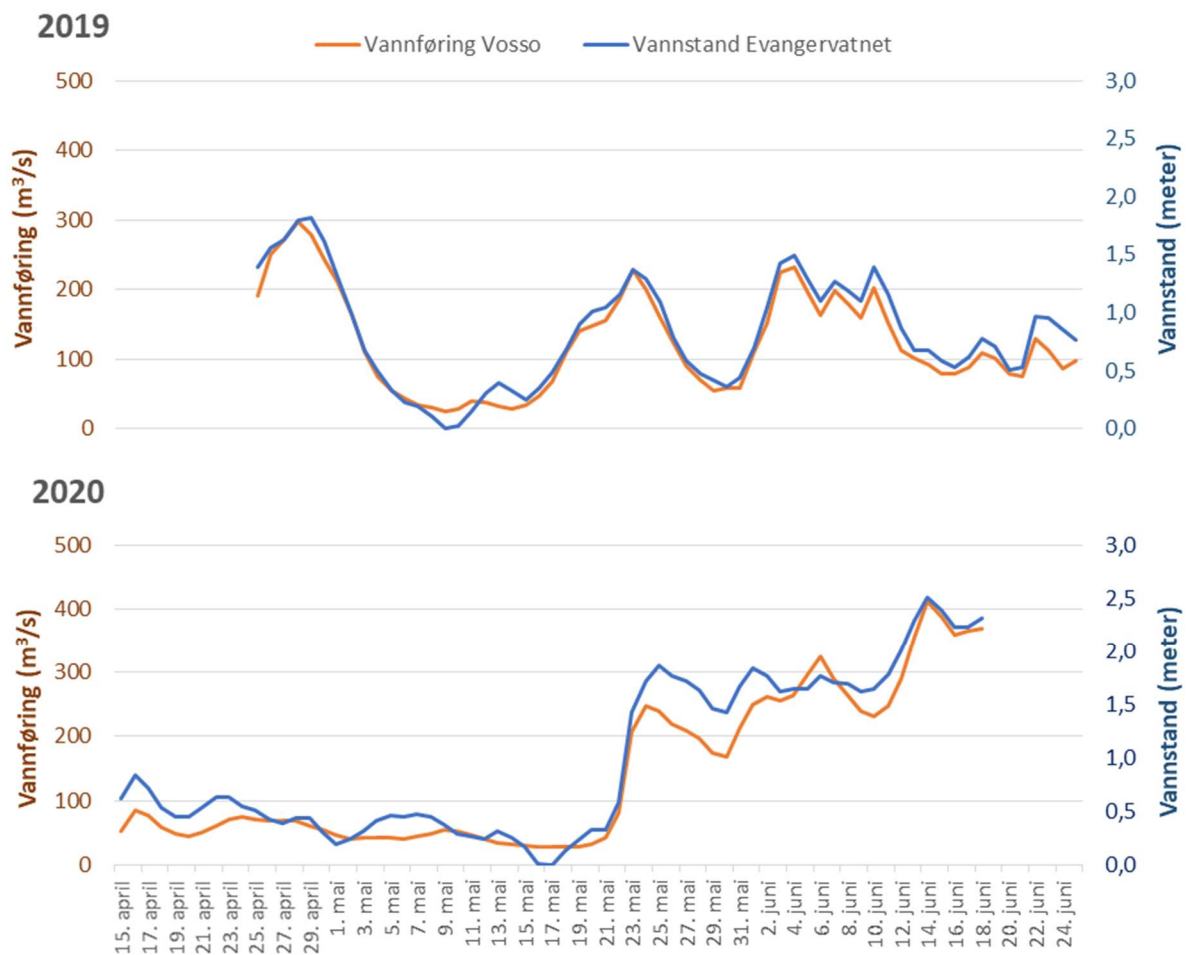
## 2.4 Resultater – Status 2019 og 2020

### Vannføring og vannstand

#### Evangervatnet

Resultatene fra strøm- og temperaturmålinger påvirkes av tilsiget til Evangervatnet gjennom måleperiodene (april – juni) i 2019 og 2020. I denne rapporten blir tilsiget til Evangervatnet kvantifisert med bruk av estimert vannføring fra Vosso ved innløp til Evangervatnet. Estimeringen er basert på målinger ved Bulken (NVE: 65.5.0) og tilsiget til Vosso før det når innløpet til Evangervatnet (se kap. 2.2).

Vannføringen fra Vosso samsvarer med registrerte endringer i vannstanden (målt med ADCP) i den øvre delen av Evangervatnet for måleperioden april - juni 2019 og 2020. Endringer i vannstanden utgjorde en forskjell på 1,8 meter og 2,5 meter for hhv 2019 og 2020 når laveste og høyeste vannstand sammenlignes for hele den undersøkte perioden (Figur 2.7).



Figur 2.7 Evangervatnet. øvre del. Beregnet vannføring (døgn gjennomsnitt;  $m^3/s$ ) fra Vosso ved innløp Evangervatnet og vannstand (meter) i øvre del av Evangervatnet i 2019 (25.april - 25. Juni) og 2020 (15. April – 18. Juni). Vannstanden gjennom perioden er registrert med akustiske doppler instrumenter (ADCP). Kilde: BKK, NORCE

Vannføringen i Vosso viser store variasjoner fra år til år, med flomtopper til ulike tidspunkter innen perioden april – juni. Sammenlignet med tidligere år viser at gjennomsnittlig vannføring i Vosso 2019 var den laveste for perioden april – juni siden 2010 og lavest gjennomsnittlig vannføring registrert for mai måned de siste 10 år (92,1 m<sup>3</sup>/s).

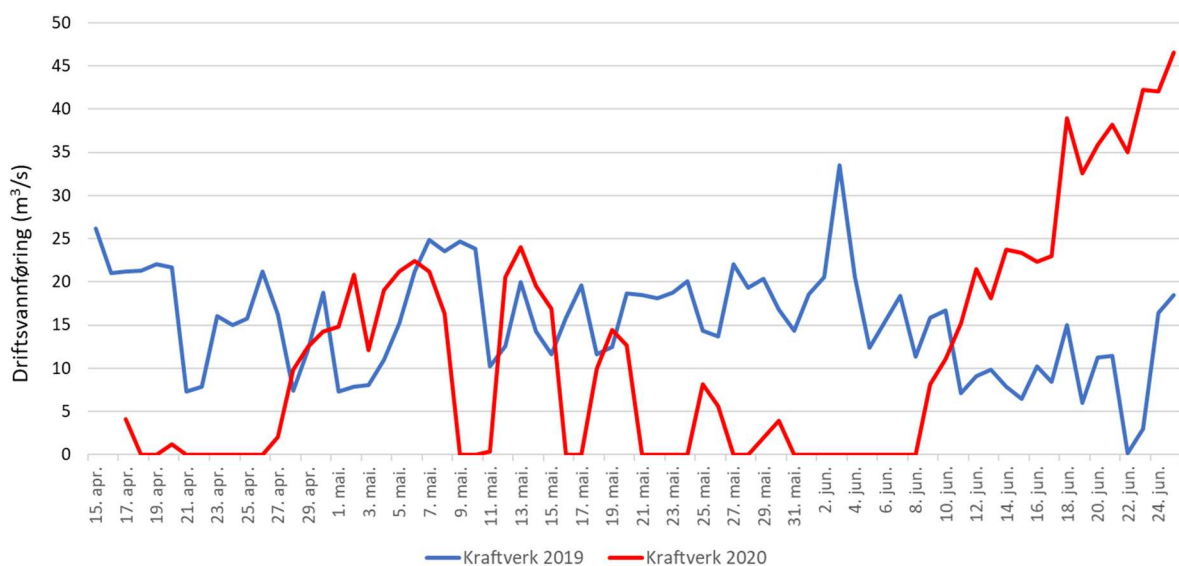
Vannføringen til Vosso ved innløpet til Evangervatnet har en vårfloam i 2019 som topper omkring 28. april (daglig snitt 298 m<sup>3</sup>/s) etterfulgt av mindre topper 23. mai (229 m<sup>3</sup>/s) og 4. juni (226 m<sup>3</sup>/s).

Til sammenligning hadde Vosso i 2020 den første vårfloamen 23. -24. mai (239 m<sup>3</sup>/s), som er nesten fire uker senere enn i 2019. Vannføringen i Vosso i perioden 15. april til 23. mai 2020 var den lavest registrerte de siste 12 år, men i de påfølgende ukene var vannføringen relativt høy sammenlignet med tidligere år. Vannføringen i Vosso juni 2020 er over gjennomsnittet sammenlignet med de siste 12 år og har en flomtopp 22. juni (453 m<sup>3</sup>/s) som er den høyest registrerte vannføringen for juni måned i perioden 2009-2020. Vannføring i Vosso for perioden april - juni de siste 12 år er vist i Vedlegg 2.

### Evanger kraftverk (april-juni)

Gjennomsnittlig driftsvannføring i Evanger kraftverk (døgnmiddel) for perioden 15. april til 25. juni 2019 var 16 m<sup>3</sup>/s som er lavere enn gjennomsnittet (19 m<sup>3</sup>/s) for samme periode siste 12 år (2009-2020), men høyere sammenlignet med samme periode i 2020 (7 m<sup>3</sup>/s). Den store forskjellen i gjennomsnittlig driftsvannføring i 2019 og 2020 skyldes oftere og lengre perioder uten driftsvannføring i 2020 (Figur 2.8). Perioder uten drift varierer fra år til år og i tillegg kan det være stor døgnvariasjon i driftsvannføringen der perioder uten drift oftest forekommer nattetid. For perioden 15. april – 25. juni ble det i 2019 registrert 1 time uten drift i april, 13 timer i mai og 37 timer i juni (totalt 51 timer). Til sammenligning ble det for samme periode i 2020 registrert 253 timer uten drift i april, 322 timer i mai og 213 timer i juni (totalt 788 timer).

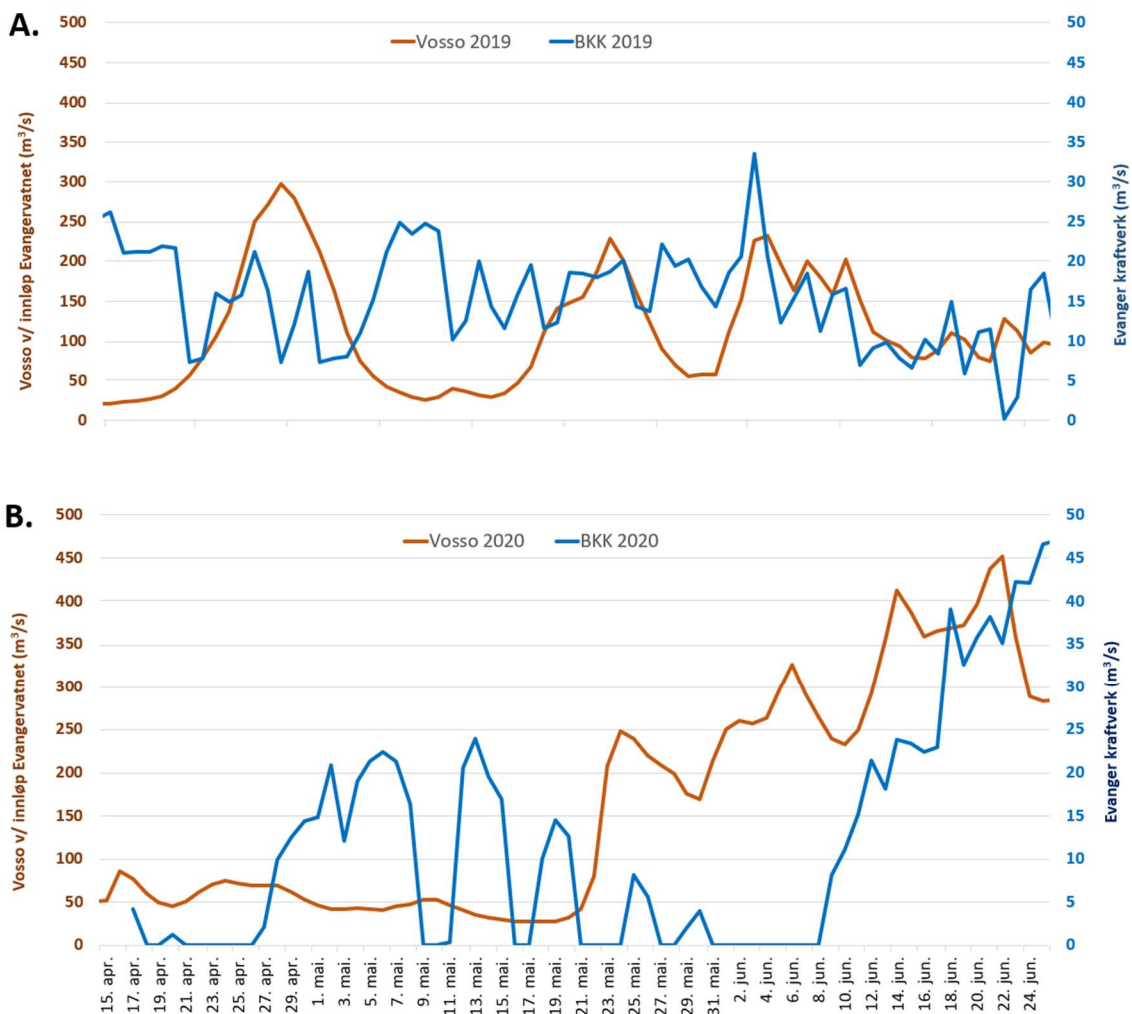
Både vannføringen i Vosso og driftsvannføringen i Evanger viser store variasjoner fra år til år, avhengig av nedbør og snøsmelting. Driftsvannføring til Evanger kraftverk (målt som døgnmiddel) for perioden april – juni de siste 12 år er vist i Vedlegg 2 (Figur 2C).



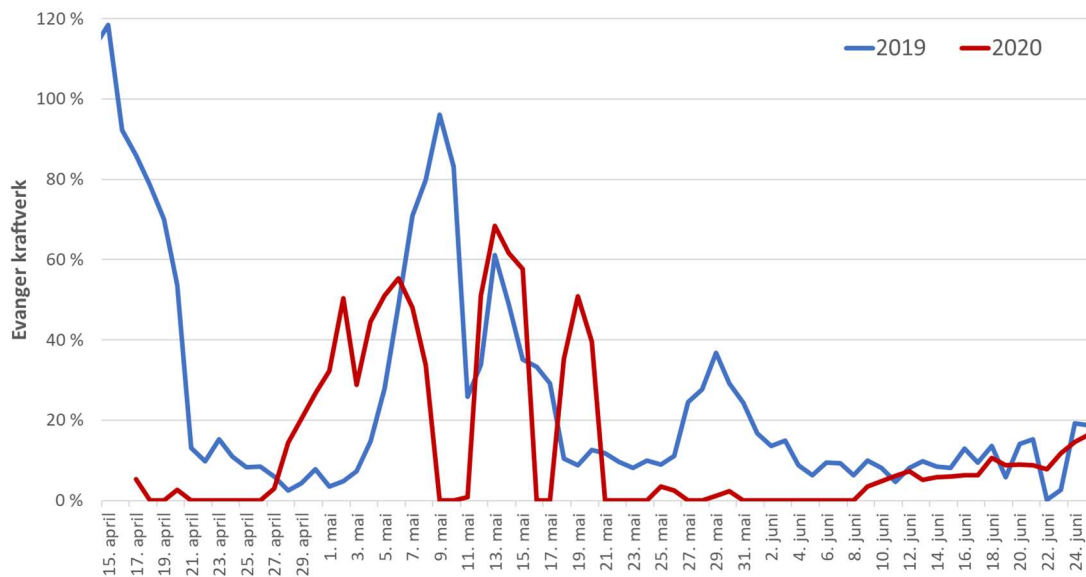
**Figur 2.8** Evanger kraftverk. Driftsvannføring vist som døgnmiddel innenfor perioden 15. april til 25. juni i årene 2019 og 2020. Kilde: BKK

Driftsvannføringen til Evanger kraftverk kan i perioder bidra til høy andel av tilsiget til Evangervatnet, og undersøkelsen i 2018 viste at perioder med relativ høy driftsvannføring (>20 %) i forhold til vannføringen i Vosso kan påvirke vanntemperatur og strømforhold i deler av Evangervatnet. Den relative driftsvannføringen i 2019 for perioden 15. april – 25. juni varierte fra 0 – 118 % i forhold til vannføringen i Vosso. Det ble registrert 24 døgn av totalt 73 i perioden 15. april til 25. juni 2019 med gjennomsnittlig driftsvannføring fra kraftverket som var 20 % eller mer i forhold til tilsiget fra Vosso (relativ driftsvannføring). Tilsvarende måleperiode i 2020 viste at driftsvannføringen varierte fra 0 – 68 %, med 17 dager av totalt 73 der gjennomsnittlig driftsvannføring (døgnmiddel) var 20 % eller mer i forhold til vannføringen i Vosso. Driftsvannføring i forhold til vannføringen i Vosso for 2019 og 2020 er vist i figur 2.9 og 2.10. Driftsvannføring i Evanger kraftverk i forhold til vannføringen i Vosso er periodevis relativt høy i mai måned i både 2019 og 2020 sammenlignet med tidligere år. Høyest driftsvannføring er registrert i juni 2020, men denne perioden sammenfaller med høy vannføring i Vosso. Driftsvannføringen til Evanger kraftverk i forhold til vannføringen i Vosso er lavere enn gjennomsnittet for de siste 12 år for perioden 21. mai til 25. juni 2020.

Driftsvannføring til Evanger kraftverk i forhold til vannføring i Vosso i årene 2009-2020 er vist i Vedlegg 2 (figur 2D).



Figur 2. 9 Tilsig til østre (øvre) del av Evangervatnet i A. 2019 og B. 2020. Vannmengder (driftsvannføring) fra Evanger kraftverk (BKK) og beregnet vannføring fra Vosso v/ innløp i Evangervatnet (verdier gitt som døgn gjennomsnitt; m<sup>3</sup>/s). Kilde: BKK



**Figur 2. 10** Relativ driftsvannføring. Tilsig til Evangervatnet fra Evanger kraftverk (driftsvannføring) i forhold til vannføringen i Vosso ved innløpet i Evangervatnet (døgnsnitt for 2019 og 2020). Kilde: BKK

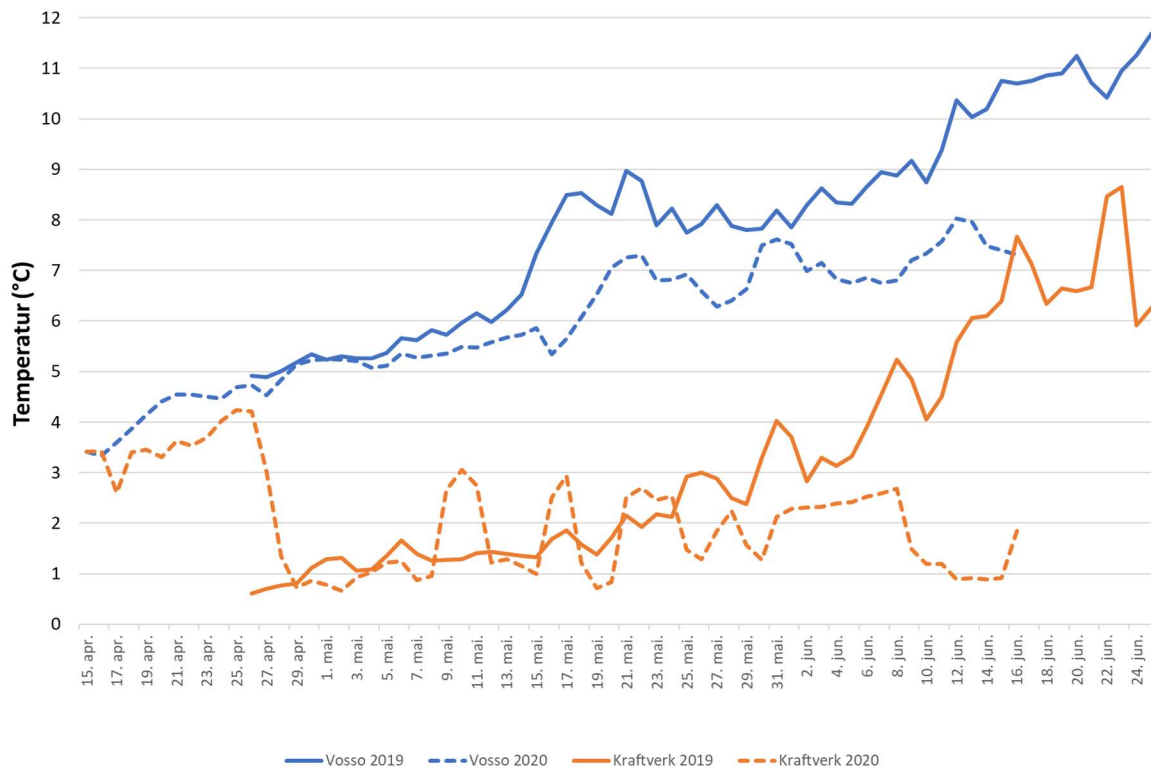
## Temperaturforhold under smoltutgangen 2019 og 2020

### Evanger kraftverk og Vosso

Temperaturloggere ble satt ut i Vosso ved innløpet til Evangervatnet og i avløpstunnelen fra Evanger kraftverk og samlet data hvert 15. min gjennom hele måleperioden. Temperaturloggerne på disse stasjonene fra målingene i 2020 gikk tapt i løpet av måleperioden. Temperatur data for 2020 er derfor hentet fra NVE sin database. Gjennomsnittlig vanntemperatur (døgnmiddel) for 2019 og 2020 i Vosso ved innløpet til Evangervatnet og i avløpstunnelen til kraftverket er vist i Figur 2.11.

Resultatene fra 2019 målingene viser at det er vannet fra kraftverket er betydelig kaldere enn vannet fra Vosso gjennom hele denne måleperioden, men temperaturøkningen i både vannet fra kraftverket og vann fra Vosso følger samme trend gjennom måleperioden. Gjennomsnittstemperaturen hele måleperioden 26. april – 25. juni 2019 var 8,0 °C i Vosso (min-maks: 4,9 °C - 11,7 °C) og 3,3 °C (0,6 °C - 8,7 °C) i vannet fra avløpstunnelen til kraftverket.

Temperaturdata for 2020 viser også at det er kaldere vann i avløpstunnelen til kraftverket sammenlignet med Vosso i perioden etter 29. april. Gjennomsnittlig temperatur for hele måleperioden i 2020 (15. april – 16. juni) var 5,9 °C (3,3 °C – 8,0 °C) i Vosso og 2,0 °C (0,7 °C – 4,2 °C) i avløpsvannet til kraftverket. Det ble registrert markante svingninger i temperaturene målt i avløpstunnelen i 2020 som samsvarer med driftsvannføringen til kraftverket, der topper med høyere temperaturer er perioder uten eller med svært liten driftsvannføring.



**Figur 2.11** Vanntemperatur. Gjennomsnittlig vanntemperatur per døgn i Vosso ved innløpet til Evangervatnet og i vannet fra Evanger kraftverk i perioden 26. april til 25. juni 2019 og 26. april til 24. mai 2020. Kilde: NORCE, NVE

Temperaturen i Vosso for perioden april – juni 2019 er høyere enn gjennomsnittet for samme periode de siste 12 år. Målingene viser at temperaturen hadde en relativ rask økning fra 7 °C til 9 °C i perioden 15. mai til 21. mai 2019. En lignende tendens i temperatur økning skjer også i 2020, men denne er ikke like markant som i 2019 og viser en lavere temperaturøkning fra kun 6 °C til 7 °C i perioden 16. mai til 22. mai. Høyeste temperatur (døgnmiddel) i mai måned 2020 ble registrert 22. mai (7,3 °C) etterfulgt av dropp i temperaturen (lavere enn 7 °C) i dagene etter som sammenfaller med økt vannføring i Vosso. Gjennomsnitt temperaturen i Vosso april – juni 2020 er lavere enn i 2019, men også noe lavere enn gjennomsnittet til målingene gjennomført i samme periode siden 2009. Vanntemperaturer i Vosso for perioden april-juni siste 12 år er vist i Vedlegg 3 (Fig 3A).

## Evangervatnet

Profilmålinger av temperaturer i 2019 og 2020 er gjennomført i bassenget i øvre del av Evangervatnet (st. C2), i sundet mellom Fadnes (st. S2) og Hernes (st. S1), og på vestsiden av sundet (st. S3). Oversikt over målestasjonene i 2019 og 2020 er vist i kart (se Figur 2.4).

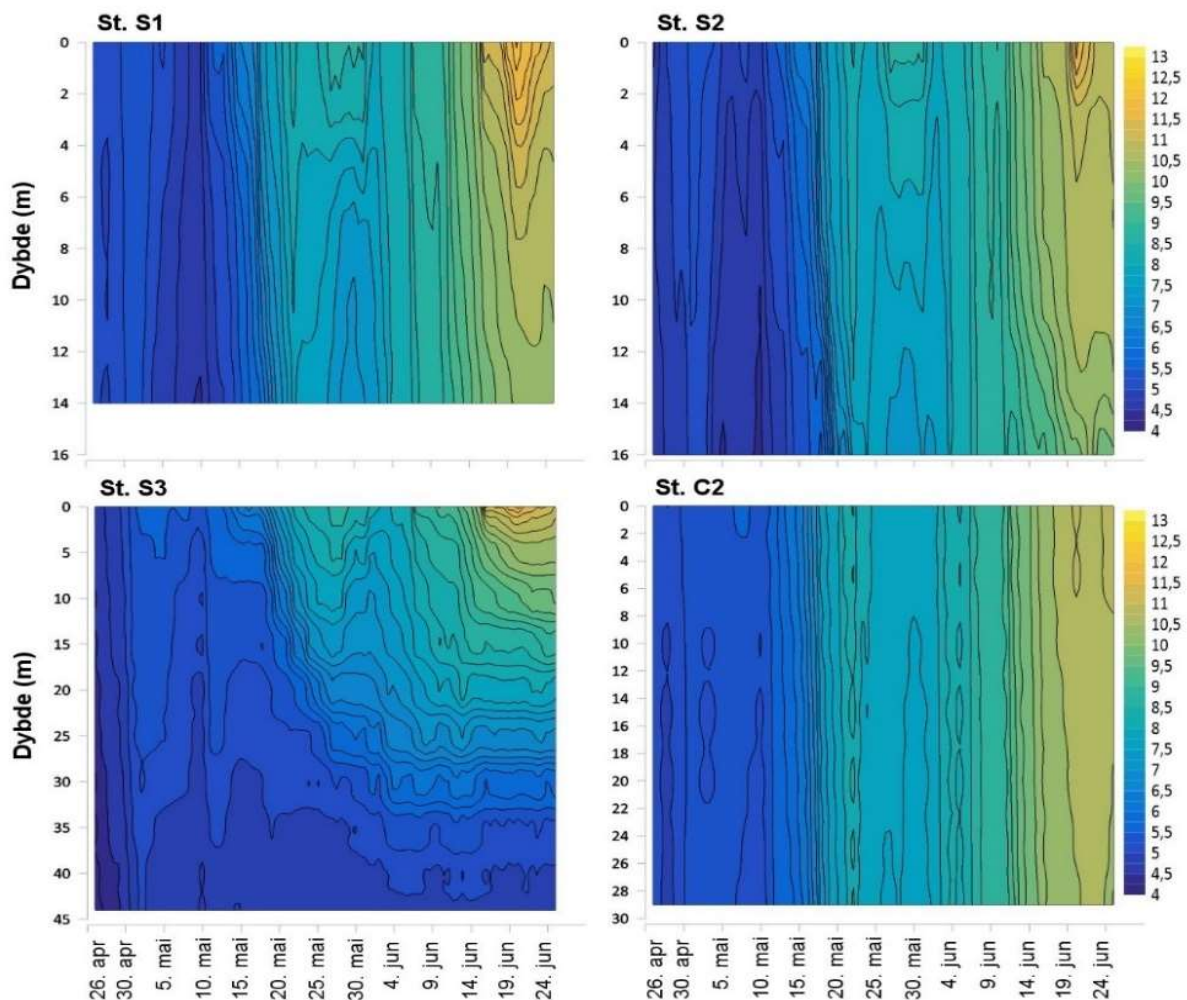
Temperaturer målt i overflatevann (0-1 m dyp) viser tidvis større variasjon enn i dypere vannlag på målestasjonene i Evangervatnet (S1, S2, S3 og C2). Dette kan forklares med at temperaturen i overflatevann i større grad er påvirket av vind, bølger og lufttemperatur enn temperaturen i dypere vannlag. Temperaturer i øvre vannlag er derfor beregnet som et snitt av temperatur fra måledybde 1 og 5 meter for å redusere effekt av variabler som vind og lufttemperatur når temperatureffekt av driftsvannføringen til kraftverket og vannføringen til Vosso skal vurderes. I tillegg blir snitt temperatur for øvre 5 meter mer sammenlignbart med strømforhold i dette vannlaget siden ADCP ikke kan registrere strøm grunnere enn 3-4 meter på stasjonene S1, S2 og C2. Temperaturforskjell i øvre vannlag mellom 1 og 5 meter utgjør i snitt mindre enn 0,2 °C på målestasjonene i Evangervatnet, med kaldest vann på 5 meters dyp.

Temperaturer i øvre vannlag er sammenlignet med temperaturer på rundt 15 meter (bunnvann i sundet mellom Hernes og Fadnes; hhv St. S1 og S2) og på 29-30 meters dyp i bassenget (bunnvann på st. C2), med stasjon S3 vest for sundet som en referanse stasjon for disse måledybene.

Resultat fra målingene gjennomført i 2019 og 2020 viser at driftsvannføringen til kraftverket i perioder kan påvirke vanntemperaturen i Evangervatnet. Dette gjelder særlig temperaturer målt i sundet mellom Fadnes og Hernes. Effekten av driftsvannføring på vanntemperaturer i sundet varierer med vanddyp og vannføringen i Vosso, og blir nærmere beskrevet i de neste seksjonene.

### Temperaturer i Evangervatnet 2019 (periode: 26. april – 25. juni)

Gjennomsnittlig temperaturforskjell i øvre vannlag (1-5 m) på stasjonene i Evangervatnet for hele måleperioden i 2019 er kun 0,10 °C. Temperaturen i bassenget (st. C2) er i snitt 0,25 °C lavere enn gjennomsnitt temperaturen til Vosso (8,02 °C) målt ved innløpet til Evangervatnet. Til sammenligning hadde temperaturen i vannet fra kraftverket målt rett før innsiget til Evangervatnet en snitt temperatur på 3,26 °C. I 2019 er det registrert en markant temperaturøkning i Vosso fra 15. mai som også påvirker vanntemperaturen i Evangervatnet (Figur 2.12). Temperaturene avtar med dybde på alle stasjoner, men det er størst forskjell i temperaturer i øvre og nedre vannlag i perioden etter 15. mai.



Figur 2. 12 Vanntemperatur Evangervatnet 2019. Konturplott av temperatur profiler på ulike målestasjoner i Evangervatnet for perioden april – juni 2019. Temperaturer er vist med fargeskala til høyre for figurene.

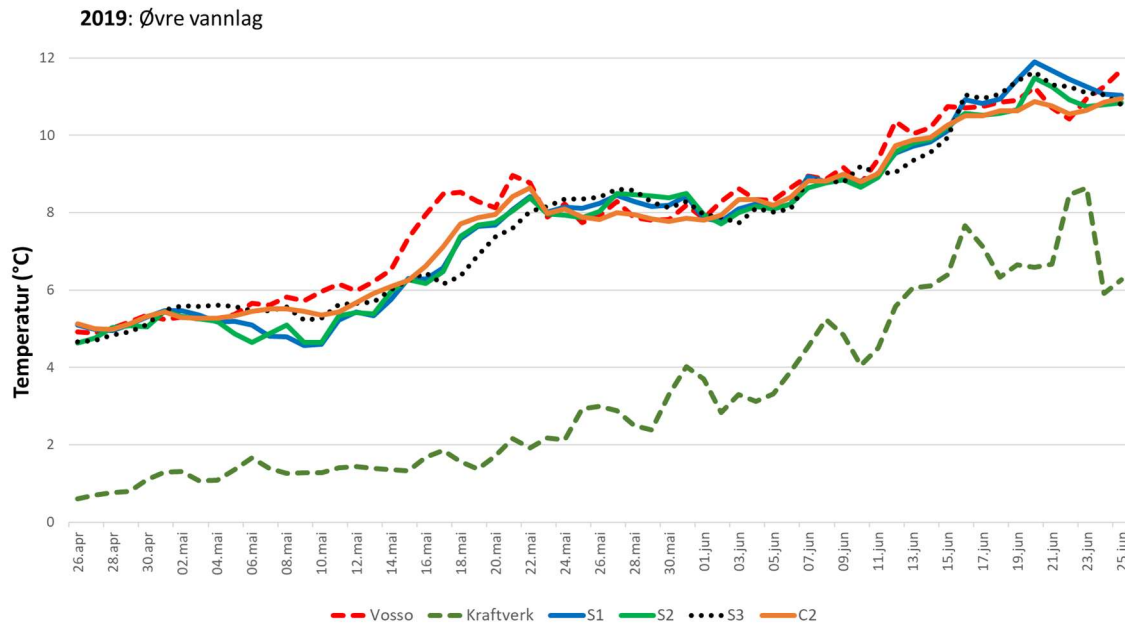
Målingene viser at temperaturforskjellene i øvre vannlag (måledyp 1-5 m) er størst i perioden før 15. mai sammenlignet med perioden etter 15. mai (Figur 2.13). I perioden før 15. mai er gjennomsnitt temperaturen i øvre vannlag i sundet (st. S1 og S2; 5,1 °C) lavere enn temperaturen i bassenget (st. C2; 5,4) og i Vosso (5,6 °C). Temperaturen i sundet er også lavere enn temperaturen målt i øvre vannlag vest for sundet (st. S3). Forskjell i gjennomsnitt temperaturene er statistisk signifikant (ANOVA;  $p < 0,05$ ). Dette indikerer at kaldt vann fra driftsvannføringen har en nedkjølende effekt i det øvre vannlaget i sundet i perioden før 15. mai. Dette gjelder særlig perioden 6.-14. mai med lav vannføring i Vosso (under 50 m<sup>3</sup>/s) som sammenfaller med en gjennomsnittlig driftsvannføring i kraftverket på 20 m<sup>3</sup>/s. Dette tilsvarer en relativ driftsvannføring som er 63 % i forhold til vannføringen i Vosso. Temperaturen i øvre vannlag i sundet er i snitt 0,5 °C lavere enn i bassenget i denne perioden. Høyeste registrerte forskjell i denne perioden er en enkelt måling (timesnitt) 9. mai med 1,4 °C lavere temperatur i øvre vannlag på st. S2 enn i bassenget ved st. C2. Til sammenligning er det i perioden 26. april til 3. mai høy vannføring i Vosso (>150 m<sup>3</sup>) som bidrar til en lav relativ driftsvannføring (< 13%). I denne perioden er det mindre forskjell (ikke statistisk signifikant) i temperaturene i øvre vannlag på de ulike stasjonene. Temperaturen i sundet (st. S1, S2) er i snitt 0,1 °C lavere enn i bassenget (st. C2) og i Vosso i denne perioden.

I perioden etter 15. mai er det ingen statistisk signifikant forskjell i gjennomsnitt temperaturer i øvre vannlag i sundet (st. S1, S2), bassenget (st. C2) og vest for sundet (st. S3). Temperaturene på disse stasjonene er i snitt kun 0,2 °C lavere enn temperaturen målt i Vosso ved innløpet til Evangervatnet. Den relative driftsvannføring i forhold til vannføringen i Vosso er lavere i perioden etter 15. mai sammenlignet med perioden før (se Figur 2.10). Relativ driftsvannføring i forhold til vannføringen i Vosso er i gjennomsnitt 34% i perioden 26. april – 15. mai og 14% i 15. mai – 25. juni.

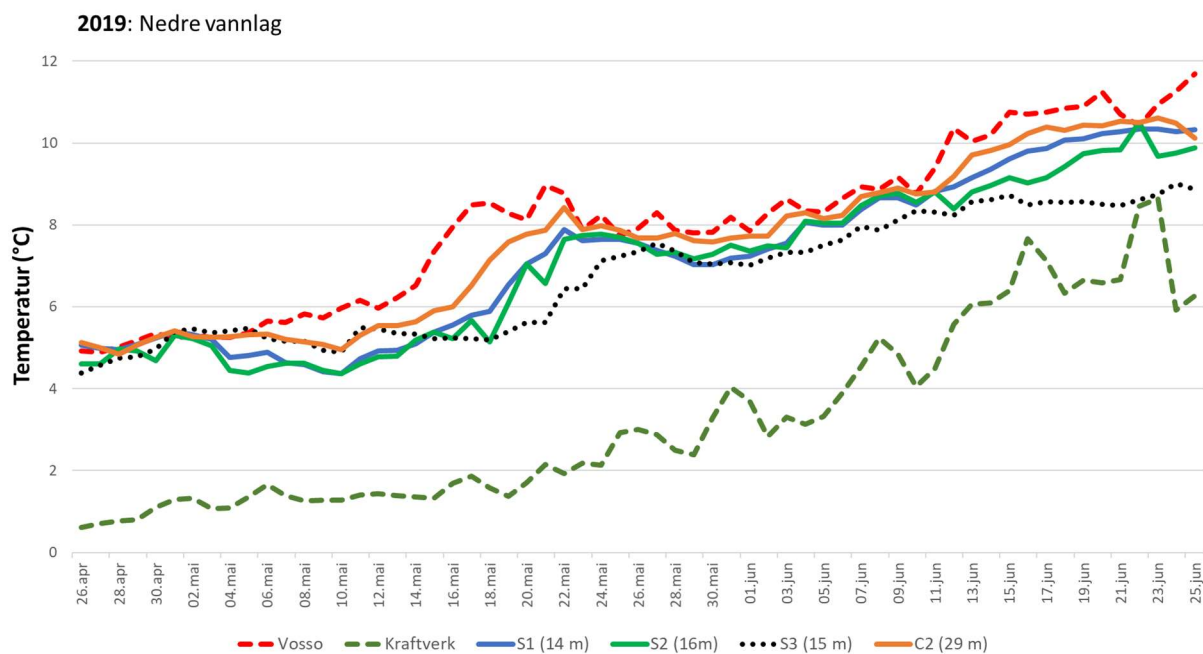
Det er midlertid registrert perioder med både kaldere og varmere vann i øvre vannlag i sundet mellom Fadnes og Hernes som avviker fra disse gjennomsnittmålingene og temperaturen i Vosso. Det er lav vannføring i Vosso (gjennomsnitt 59 m<sup>3</sup>/s) i perioden 16. – 18. mai med en gjennomsnittlig driftsvannføring på 20 m<sup>3</sup>, noe som tilsvarer 36 % i forhold til vannføringen i Vosso i samme tidsrom. I denne perioden er det registrert temperaturer som er gjennomsnittlig 0,6 °C lavere i øvre vannlag i sundet sammenlignet med øvre vannlag i bassenget (st. C2). Det er ingen forskjell i temperatur i sundet eller i øvre vannlag vest for sundet på st. S3, noe som indikerer at det er kaldt vann fra kraftverket som bidrar til lave temperaturer i sundet i denne perioden. En tilsvarende periode med relativ høy driftsvannføring (> 30%) forekommer i perioden 28. mai – 1. juni. I denne perioden har driftsvannføringen ingen nedkjølende effekt på temperaturen i det øvre vannlaget i sundet. Temperaturen er gjennomsnittlig 0,6 °C høyere i sundet enn i bassenget og i Vosso i denne perioden. Det er ingen eller liten forskjell i temperatur målt i øvre vannlag i sundet og i øvre vannlag på st. S3 vest for sundet. Dette indikerer en vanntransport med varmere vann i øvre vannlag fra vest gjennom sundet i perioden 28. mai – 1. juni.

I perioder med både høy driftsvannføring og høy vannføring i Vosso (20. – 24. mai) er det kun små forskjeller i temperaturer i øvre vannlag på de ulike stasjonene, og følgelig ingen klar effekt av driftsvannføringen på temperaturen i øvre vannlag i sundet. I siste del av måleperioden (13. - 25. juni) er det både lav driftsvannføring og lav vannføring i Vosso. I denne perioden er det høyere temperatur i sundet og på st. S3 enn i bassenget. Dette kan være innblanding av varmt overflatevann som kommer inn fra vest over sundet.

Generelt sett viser målingene fra det øvre vannlag i 2019 at driftsvannføring kan ha en nedkjølende effekt av dette vannlaget, og at denne effekten er mer markant på st. S2 i sundet ved Fadnes enn på motsatt side av sundet ved Hernes (st. S1). Effekten er størst i perioder med relativ høy driftsvannføring i forhold til vannføringen i Vosso, og særlig i måleperioden før 20. mai.



**Figur 2. 13** Overflate temperaturer i 2019. Temperaturer i øvre vannlag (1-5 m) målt på stasjonene i sundet mellom Hernes og Fadnes (S1, S2), i bassenget mellom Vosso innløp Evangervatnet og sundet (C2) og vest for sundet (S3). Kraftverk er temperaturer målt i avløpstunnelen til Evanger kraftverk (stiplet grønn), Vosso er temperatur målt i Vosso ved innløpet til Evangervatnet (stiplet rød). Temperaturer er vist som døgnmiddel gjennom måleperioden 26. april – 25. juni.



**Figur 2. 14** Bunntemperaturer i 2019. Temperaturer målt 1 meter over bunn på stasjonene i sundet mellom Hernes og Fadnes (S1, S2), i bassenget mellom Vosso innløp Evangervatnet og sundet (C2). Temperaturer fra nedre vannlag på st. S3 på vestsiden av sundet (maks måledyp 45 m) er 15 m for sammenligning med data fra målerne i sundet (St. S1 og S2). Kraftverk er temperaturer målt i avløpstunnelen til Evanger kraftverk (stiplet grønn), Vosso er temperatur målt i Vosso ved innløpet til Evangervatnet (stiplet rød). Temperaturer er vist som døgnmiddel gjennom måleperioden 26. april – 25. juni.



Profilmålingene viser at vanntemperaturene blir lavere med økt dybde og at temperaturforskjellene mellom de ulike stasjonene øker med dybden. Det vil si at det er større forskjeller i gjennomsnitt temperaturer i nedre vannlag sammenlignet med det øvre vannlaget. I gjennomsnitt for hele måleperioden april – juni er det statistisk signifikant lavere temperatur i nedre vannlag sammenlignet med øvre vannlag på alle målestasjonene (ANOVA,  $p < 0,05$ ). Sammenligning av temperaturer i bunnvannet i sundet (st. S1, S2; måledyp omkring 15 meter) med bunnvannet i bassenget (st. C2; 29 m) viser en gjennomsnittlig forskjell for hele måleperioden på 0,5 °C med kaldest vann i sundet. Temperaturen i bunnvannet i sundet er i gjennomsnitt 1 °C lavere enn temperaturen i Vosso i samme periode. Målestasjonen vest for sundet (st. S3) viser imidlertid lavere gjennomsnitt temperatur i samme vannlag (15 m) sammenlignet med temperatur i bunnvannet i sundet. Nedkjøling av bunnvannet i sundet kan derfor skyldes vanntransport fra vest eller innsig av kaldt vann fra kraftverket. Temperaturer målt i Vosso, i avløpstunnelen til kraftverket og i nedre vannlag på de andre målestasjonene er vist i Figur 2.14.

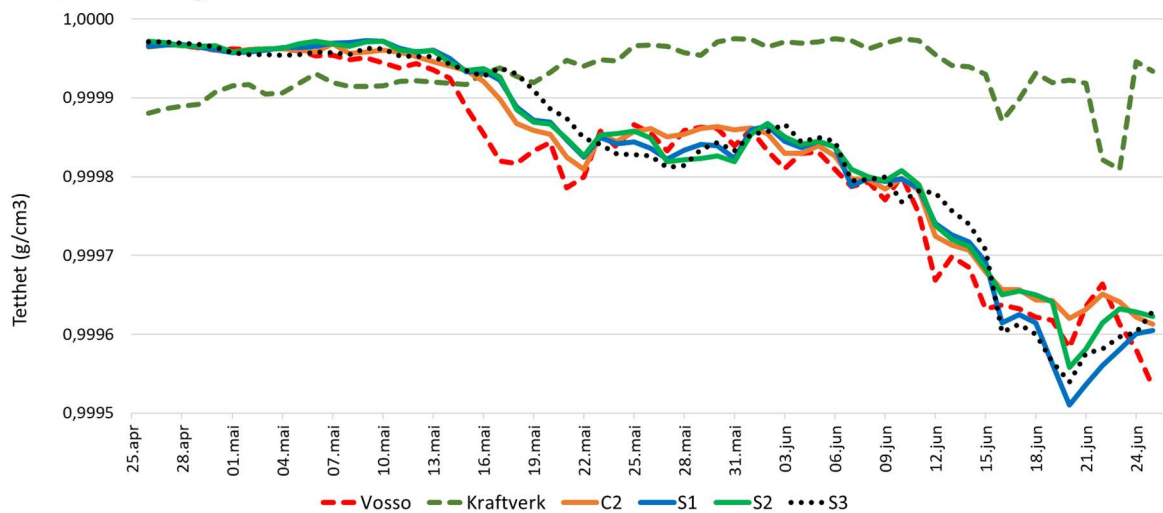
I perioden før 15. mai er det målt lavest temperaturer i bunnvannet på st. S2 i sundet ved Fadnes. Temperaturen i bunnvannet på st. S2 er i snitt 0,2 °C lavere enn på st. S1 ved Hernes. Det er ingen statistisk signifikant forskjell i gjennomsnittlig bunnntemperatur på st. S1 og i bassenget (st. C2, 29 m) i denne perioden. Perioder som skiller seg ut med særlig store forskjeller i temperaturer målt i bunnvann i sundet og i bassenget er samme perioder som beskrevet for temperaturer i øvre vannlag. I perioden med relativ høy driftsvannføring i forhold til vannføringen i Vosso (6. – 14. mai) er det noe større forskjell i temperatur i bunnvann målt i sundet og i bassenget sammenlignet med temperaturer i øvre vannlag. I denne perioden er temperaturen i bunnvannet i sundet (St. S1 og S2) lavere enn temperaturen i bunnvannet i bassenget og i samme vannlag (15 m) målt vest for sundet på st. S3. Det er målt noe lavere temperatur på st. S2 ved Fadnes enn på st. S1 ved Hernes. Temperaturen i bunnvannet på st. S2 er i snitt 0,6 °C lavere enn i bassenget (st. C2, 29 m). Dette indikerer at driftsvannføringen har en nedkjølende effekt av bunnvannet i sundet mellom Fadnes og Hernes i denne perioden. I perioden med høy vannføring i Vosso (26. april – 3. mai) er det derimot ingen statistisk signifikant forskjell i temperaturene på de ulike stasjonene med unntak av en kort periode (30. april) med driftsvannføring større enn 20 m<sup>3</sup>, som tilsynelatende bidrar til lavere temperatur i bunnvannet på st. S2 ved Fadnes sammenlignet med st. S1 ved Hernes (Figur 2.14).

I perioden etter 15. mai er gjennomsnitt temperaturen i bunnvannet i sundet 0,6 °C lavere enn bunnvannet i bassenget. Dette kan indikere tilførsel av kaldt vann fra driftsvannføringen eller transport av kaldt vann fra vest eller vekselvis fra begge kilder. Temperaturen målt på 15 meters dyp på st. S3 vest for sundet er gjennomsnittlig 0,8 °C kaldere enn bunnvannet i sundet. Perioder som skiller seg ut er samme som beskrevet for temperaturer i øvre vannlag, og er perioder med ulike grad av driftsvannføring eller vannføring i Vosso. Perioder som skiller seg mest ut er 16. – 18. mai. Dette er en periode med relativ høy driftsvannføring i forhold til vannføringen i Vosso. Bunnntemperaturer i sundet i denne perioden er i snitt 0,7 °C lavere enn bunnvannet i bassenget, mens temperaturen i på st. S3 (15 m) er 1,2 °C lavere enn bunnvannet i sundet. Det kalde bunnvannet i sundet kan følgelig være transportert fra vest eller være innsig fra driftsvannføringen eller vekselvis fra begge.

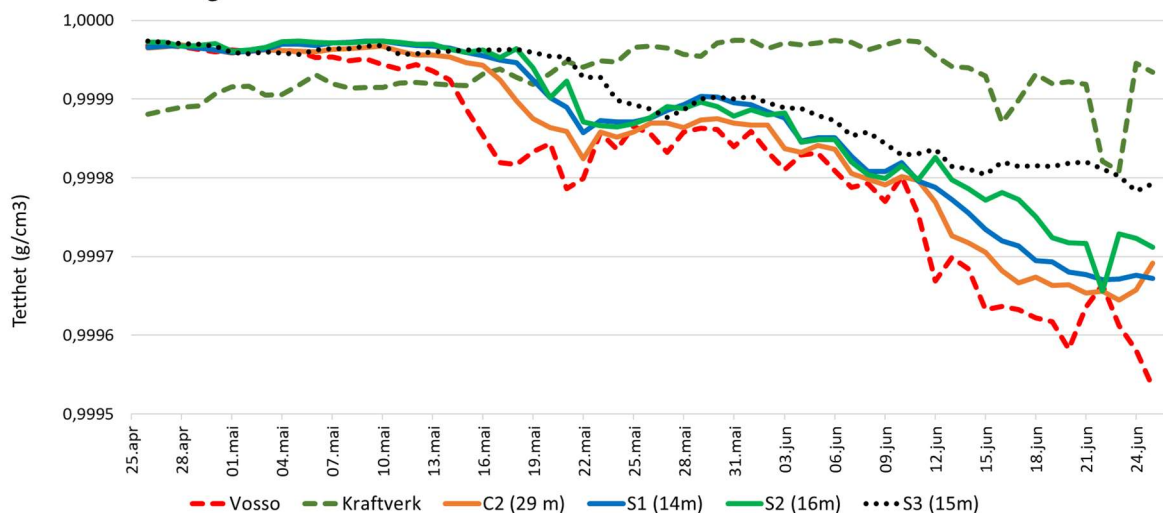
I perioden 28. mai – 1. juni ble det ikke registrert noen effekt av driftsvannføringen på temperatur i det øvre vannlaget i sundet mellom Fadnes og Hernes. Temperaturen i bunnvannet i sundet er derimot signifikant lavere enn temperaturen i bunnvannet i bassenget (st. C2) og på st. S3 (15m) vest for sundet. Dette tyder på at kaldt vann fra driftsvannføringen legger seg i nedre vannlag i transport gjennom sundet. Vanntetthet i ferskvann er bestemt av temperatur og målingene viser at tettheten til vannet fra kraftverket er høyere (tyngre) sammenlignet med tettheten til vann i både øvre og nedre vannlag i sundet mellom Fadnes og Hernes, og at bunnvannet i sundet har høyere tetthet enn vann i øvre vannlag. Dette gjelder generelt for hele perioden etter 20. mai. Driftsvannføringen har derfor større effekt på bunnvannet enn det øvre vannlaget i sundet i denne perioden. Endringer i vanntetthet i øvre og nedre vannlag på de ulike målestasjonene er beregnet utfra temperaturmålingene og er vist i Figur 2.15.

Det er også registrert lavere temperatur i bunnvannet i sundet sammenlignet med bunnvann i bassenget i perioden med både høy driftsvannføring og høy vannføring i Vosso (20. – 24. mai). I denne perioden er imidlertid temperaturen i samme vannlag lavere på st. S3 vest for sundet. Det kan derfor ikke utelukkes at det kalde bunnvannet i sundet kan være påvirket av både transportvann fra vest og driftsvannføringen til kraftverket. Dette er nærmere beskrevet i neste seksjon «Strømhastigheter og -retninger». Det samme er tilfelle for siste del av måleperioden med både lav driftsvannføring og lav vannføring i Vosso (13. - 25. juni). I denne perioden det lavere temperatur i bunnvannet i sundet enn i bassenget, særlig på st. S2 (15 m) som har en snitt temperatur som er 0,9 °C lavere enn st. C2 (29 m). Det er kaldere vann på vestsiden av sundet (st. S3) i denne perioden, så transport av kaldt vann fra vest kan forklare lave temperaturer i bunnvannet i sundet.

### 2019 - Øvre vannlag



### 2019 - Nedre vannlag

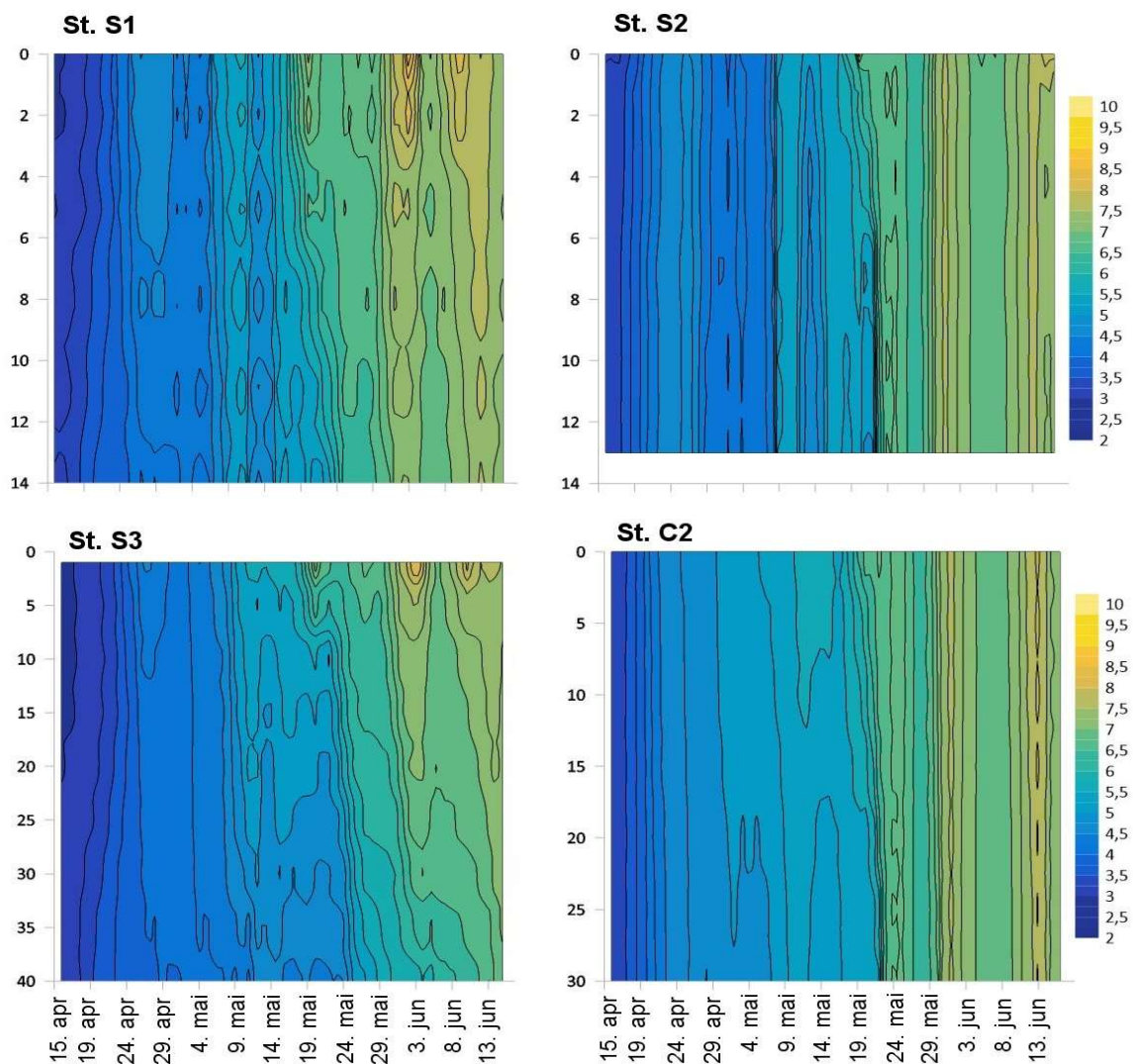


**Figur 2. 15** Vanntetthet 2019. Vanntetthet beregnet utfra temperaturmålingene i Vosso ved innløp til Evangervatnet, i avløpsvann til kraftverk, i øvre vannlag (snittdyp 1-5 m) og nedre vannlag (bunnvann) på stasjonene i sundet (st S1, st. S2) og i bassenget (st. C2) i Evangervatnet.

## Temperaturer i Evangervatnet 2020 (periode: 15. april – 16. juni)

Profilmålinger av temperaturer i 2020 ble gjennomført på samme stasjoner som i 2019.

I 2019 ble det registrert en temperatur økning i Vosso med temperaturer over 7 °C omkring 15. mai. En lignende økning er også registrert i 2020 innen perioden 17. – 22. mai med temperaturer over 7 °C. Temperaturøkningen i Vosso 2020 sammenfaller med den første flomtoppen i måleperioden og bidrar til en markant temperaturøkning i alle vannlag i bassenget og i sundet (Figur 2.16). Temperaturøkningen i Vosso er ikke like markant i 2020 som i 2019. Generelt sett for hele måleperioden, var temperaturene målt i Evangervatnet i 2020 lavere enn for samme periode i 2019. Dette har bidratt til mindre temperaturforskjeller mellom øvre og nedre vannlag i 2020, og følgelig dannes det et mindre markant temperatursprangsjikt (termoklin) på målestasjonene utover vår og sommer i 2020 enn i 2019. Temperaturene avtar med dybde på alle stasjoner i perioden før 23. mai 2020. I perioden etter 23. mai er det derimot ingen forskjell i gjennomsnitt temperaturer i øvre og nedre vannlag i sundet ved Fadnes (st. S2) og i bassenget (st. C2).



**Figur 2. 16** Vanntemperatur Evangervatnet 2020. Konturplott av temperatur profiler på ulike målestasjoner i Evangervatnet for perioden april – juni 2020. Temperaturer er vist med fargeskala til høyre for figurene.

Gjennomsnittlig temperaturforskjell i øvre vannlag (1-5 m) på stasjonene i Evangervatnet for hele måleperioden i 2020 er 0,3 °C, med høyest temperatur i bassenget (st. C2) og lavest i sundet (st. S1 og S2) og vest for sundet (St. S3). Det er ingen statistisk signifikant forskjell i temperatur målt i øvre vannlag ved st. C2 og temperaturen i Vosso i samme måleperiode. Høyeste registrerte temperatur i Vosso innen måleperioden i 2020 var 8,7 °C (12. juni), som er tilnærmet 2 °C lavere sammenlignet med samme tidsrom i 2019 (se Figur 2.11).

Perioder i målingene fra 2020 som skiller seg ut med særlig lave temperaturer i øvre vannlag i sundet i forhold til temperaturer i bassenget (st. C2) forekommer i perioden før første flomtopp i Vosso omkring 23. mai 2020 (se Figur 2.17). I perioden 17. – 26. april er temperaturen i øvre vannlag i sundet ved Hernes (st. S1) lik temperaturen målt i øvre vannlag vest for sundet (st. S3), men 0,5-0,7 °C lavere enn den andre siden av sundet ved Fadnes (st. S2), i bassenget (st. C2) og i Vosso. Dette er en periode med lav vannføring i Vosso (gjennomsnitt 62 m<sup>3</sup>) og ingen eller lav driftsvannføring fra kraftverket (gjennomsnitt 0,1 m<sup>3</sup>). Temperaturen i øvre vannlag i sundet omkring st. S1 ved Hernes er i større grad påvirket av vannet fra vestsiden av sundet enn fra bassenget i denne perioden.

Perioder med relativ høy driftsvannføring i 2020 forhold til vannføringen i Vosso forekommer innen periodene 30. april. - 8. mai med gjennomsnittlig driftsvannføring 18 m<sup>3</sup> (43% i forhold til vannføringen i Vosso), og 12.-15. mai (gjennomsnitt 21 m<sup>3</sup>; 62% i forhold til Vosso). I begge disse periodene er temperaturen i øvre vannlag i sundet 0,5-1,0 °C kaldere enn i øvre vannlag i bassenget og i Vosso. Særlig perioden 30. april – 8. mai skiller seg ut, med kaldest vann i øvre vannlag ved Fadnes (st. S2). Temperaturen i øvre vannlag i sundet er også gjennomsnittlig lavere enn temperaturen i øvre vannlag målt vest for sundet (st. S3). Disse målingene indikerer at driftsvannføringen til kraftverket har en avkjølende effekt i øvre vannlag i sundet i disse periodene, og at denne effekten er større ved Fadnes (st. S2) enn ved Hernes (st. S1) siden av sundet.

Det er også en relativ høy driftsvannføring (47 % i forhold til Vosso) i perioden 18. – 20. mai, men denne driftsvannføringen har ingen tydelig effekt på temperaturen i øvre vannlag i Evangervatnet. Målingene viser kortvarige temperatursvingninger i sundet og vest for sundet, men det er ingen statistisk signifikant forskjell i gjennomsnitt temperaturer i øvre vannlag på st. S2 (Fadnes) og st. C2 (bassenget) i denne perioden. Temperaturen i øvre vannlag på st. S1 er i samme periode gjennomsnittlig høyere enn i øvre vannlag på st. S2 og st. C2, men lik temperaturen i øvre vannlag på st. S3 vest for sundet. Temperaturen målt i vannet i avløpstunnelen til kraftverket var i snitt 0,7 °C i denne perioden, men driftsvannføringen var lavere (gjennomsnitt 14 m<sup>3</sup>) enn de foregående periodene med relativ høy driftsvannføring i forhold til Vosso.

I perioden under den første flomtoppen i Vosso (23. – 25. mai) er det liten eller ingen signifikant forskjell i temperaturer målt i øvre vannlag i sundet og i bassenget. Det er noe lavere temperatur på st. S1 enn ved st. S2 som indikerer en viss innblanding av kaldere vann fra vest i denne delen av sundet. Det er ingen driftsvannføring i denne perioden. Det er også en økende og stor vannføring i Vosso i perioden 1. – 10. juni som sammenfaller med en periode uten driftsvannføring. I denne perioden er det registrert relativ høye temperaturer i øvre vannlag i sundet ved Hernes (st. S1) sammenlignet med vanntemperaturen i samme vannlag på andre siden av sundet ved Fadnes (st. S2). Temperaturene på st. S1 er tilnærmet lik temperatur i øvre vannlag vest for sundet (st. S3), noe som indikerer en periodevis innblanding av varmere vann fra vestsiden av sundet. Det er ingen forskjell i gjennomsnitt temperaturene målt i øvre vannlag ved Fadnes (st. S2) og i bassenget (st. C2). Dette er en periode med ingen eller svært lav driftsvannføring og samtidig høy vannføring i Vosso.

I siste del av måleperioden 11. – 16. juni er gjennomsnittlig driftsvannføring til kraftverket 22 m<sup>3</sup>, men denne perioden sammenfaller med høy vannføring i Vosso (gjennomsnitt 346 m<sup>3</sup>/s). Relativ driftsvannføring utgjør derfor kun 6 % i forhold til vannføringen i Vosso. I denne perioden er det ingen eller svært liten forskjell i temperaturer i øvre vannlag i sundet (st. S1 og S2), vest for sundet (st. S3) og i bassenget (st. C2). Dette viser at driftsvannføring høyere enn 20 m<sup>3</sup> ikke alltid er tilstrekkelig til å

påvirke temperaturen i sundet. Dette gjelder perioder med stor vannføring i Vosso, det vil si perioder med relativ lav driftsvannføring i forhold til Vosso (< 10%).

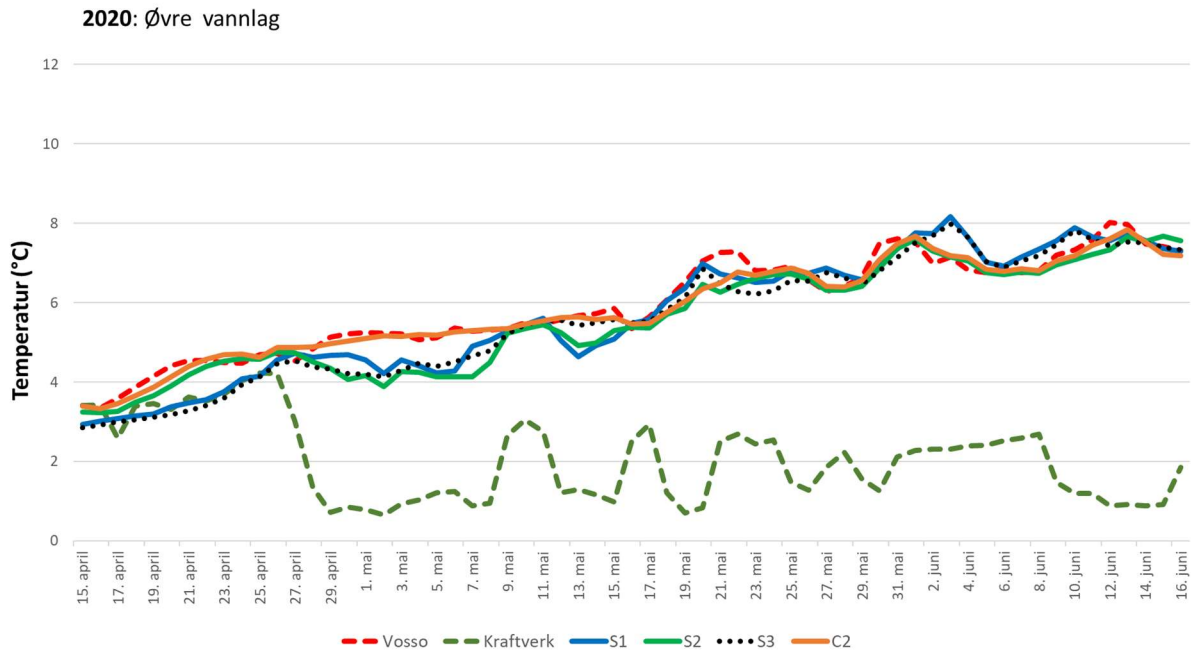
Resultat fra målingene fra 2020 samsvarer med målingene i 2019 og viser at driftsvannføring kan ha en nedkjølende effekt av det øvre vannlaget i sundet og at st. S2 ved Fadnes blir noe mer påvirket enn st. S1 ved Hernes. Målingene i 2020 viser imidlertid mindre forskjeller i temperaturer i øvre og nedre vannlag på alle stasjonene sammenlignet med samme periode i 2019. Perioder som skiller seg ut med lave temperaturer i øvre vannlag gjelder også for temperaturer i nedre vannlag (bunntemperaturer) i sundet og i bassenget (Figur 2.18). I periodene med høy driftsvannføring 30. april – 8. mai og 12. – 15. mai er det lavere temperatur i bunnvannet i sundet sammenlignet med temperaturer fra samme vannlag (15 meters dyp) på de andre stasjonene (st. S3, st. C2). Temperaturen målt i bunnvannet i sundet er også gjennomsnittlig 0,5 – 0,8 °C lavere enn temperaturen målt i bunnvannet i bassenget (st. C2, 29 meters dyp). Disse målingene indikerer at driftsvannføringen har en nedkjølende effekt på bunnvannet i sundet i disse periodene. Til sammenligning er det ingen eller kun små forskjeller i temperaturer målt i nedre vannlag på de samme stasjonene i periodene før (9. – 11. mai) og etter (16. – 18. mai), som er perioder uten driftsvannføring.

Det er også registrert relativ høy driftsvannføring i perioden 18. – 20. mai i forhold til vannføringen i Vosso. Målingene viser at temperaturene i bunnvannet i sundet svinger mellom høyere og lavere temperaturer i forhold til temperaturer i nedre vannlag på de andre stasjonene. Variasjonene viser lignende tendens som beskrevet for de øvre vannlagene. Det er ingen statistisk signifikant forskjell i gjennomsnitt temperaturer målt i nedre vannlag i sundet (st. S1 og S2; hhv 14 og 13 m) eller i samme vannlag vest for sundet (st. S3; 15 m) og i bassenget (st. C2, 29 m) i denne perioden.

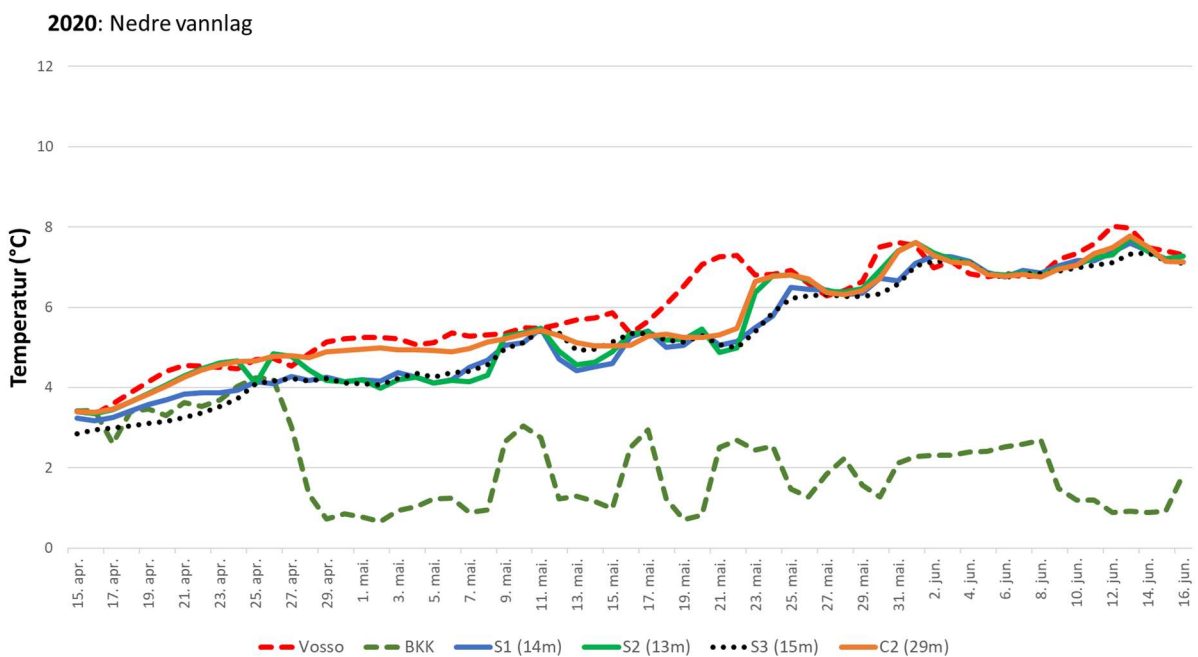
I perioden under den første flomtoppen i Vosso (23. – 25. mai) er de laveste temperaturene i nedre vannlag målt i sundet ved Hernes (st. S1) og i samme vannlag vest for sundet (st. S3; 15 m) med temperaturer som er rundt 1 °C lavere enn i bunnvannet ved Fadnes (st. S2) og i bassenget (st. C2; 15 og 29 m). Det er ingen driftsvannføring i denne perioden. Det kalde bunnvannet i sundet ved Hernes (st. S1) er følgelig påvirket av dypere vannlag på vestsiden av sundet. Temperaturen i bunnvannet ved Fadnes og i bassenget viser en økning som korrelerer med vannføringen i Vosso. Dette tyder på stor grad av innblanding av øvre og nedre vannlag i både bassenget og deler av sundet i perioder med høy vannføring i Vosso. Beregning av vanntetthet basert på temperaturmålinger i disse vannlagene viser at det er liten forskjell mellom bunnvann og øvre vannlag i denne perioden (Figur 2.19). Temperaturen i både øvre og nedre vannlag ved Fadnes og i bassenget er i denne perioden derfor i størst grad påvirket av vannføringen i Vosso, mens temperaturen ved Hernes (st. S1) i tillegg er påvirket av vanntransport fra vest. Videre viser beregninger av vanntettheten at det er relativt små variasjoner gjennom hele måleperioden i 2020 sammenlignet med samme periode i 2019 (Figur 2.15). Det dannes ikke sprangsjikting (termoklin) i Evangervatnet i perioden april – juni 2020 i samme grad som i 2019.

Målingene gjennomført i 2020 viser at vanntemperaturene i Evangervatnet tidvis blir påvirket av både vannføringen i Vosso og driftsvannføringen til kraftverket, og at vanntransporten gjennom sundet kan være ulik på Fadnes siden sammenlignet med Hernes siden av sundet. Resultatene fra målingene av temperaturer i både øvre og nedre vannlag i 2020 samsvarer med målingene fra samme tidsrom i 2019. Effekt av driftsvannføringen avhenger av vannføring i Vosso og temperaturen til vannet fra kraftverket (vanntettheten). Relativ høy driftsvannføring med kaldt vann som har lavere tetthet enn vannet i Evangervatnet har en større nedkjølende effekt i øvre vannlag enn i nedre vannlag i sundet i perioden før 23. mai i 2020, og denne effekten er noe større på nordsiden av sundet ved Fadnes (st. S2) enn sørsiden ved Hernes (st. S1).

Vanntransport (strømretninger og -hastigheter) i øvre og nedre vannlag på de ulike målestasjonene i sundet og i bassenget er beskrevet i neste seksjon «Strømhastigheter og -retninger».

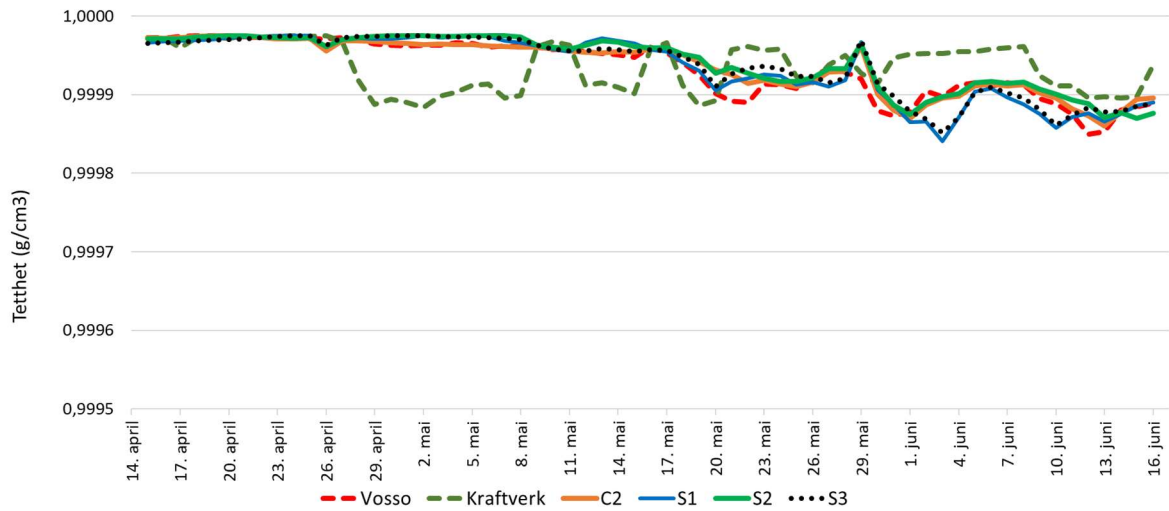


**Figur 2. 17** Overflate temperaturer i 2020. Temperaturer i øvre vannlag (1-5 m) målt på stasjonene i sundet mellom Hernes og Fadnes (S1, S2), i bassenget mellom Vosso innløp Evangervatnet og sundet (C2) og vest for sundet (S3). Kraftverk er temperaturer målt i avløpstunnelen til Evanger kraftverk (stiplet grønn), Vosso er temperatur målt i Vosso ved innløpet til Evangervatnet (stiplet rød). Temperaturer er vist som døgnmiddel gjennom måleperioden 15. april – 16. juni.

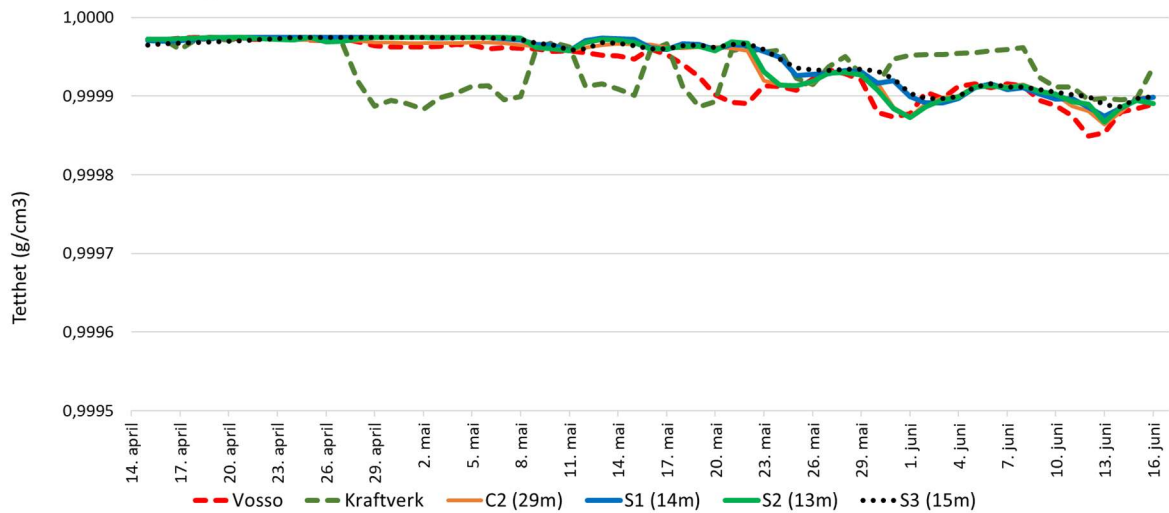


**Figur 2. 18** Bunn temperaturer i 2020. Temperaturer er målt 1 meter over bunn på stasjonene i sundet mellom Hernes og Fadnes (S1, S2), i bassenget mellom Vosso innløp Evangervatnet og sundet (C2). Temperaturer fra nedre vannlag på st. S3 på vestsiden av sundet (maks måledyp 45 m) er 15 m for sammenligning med data fra målerne i sundet (St. S1 og S2). Kraftverk er temperaturer målt i avløpstunnelen til Evanger kraftverk (stiplet grønn), Vosso er temperatur målt i Vosso ved innløpet til Evangervatnet (stiplet rød).

**2020 - Øvre vannlag**



**2020 - Nedre vannlag**



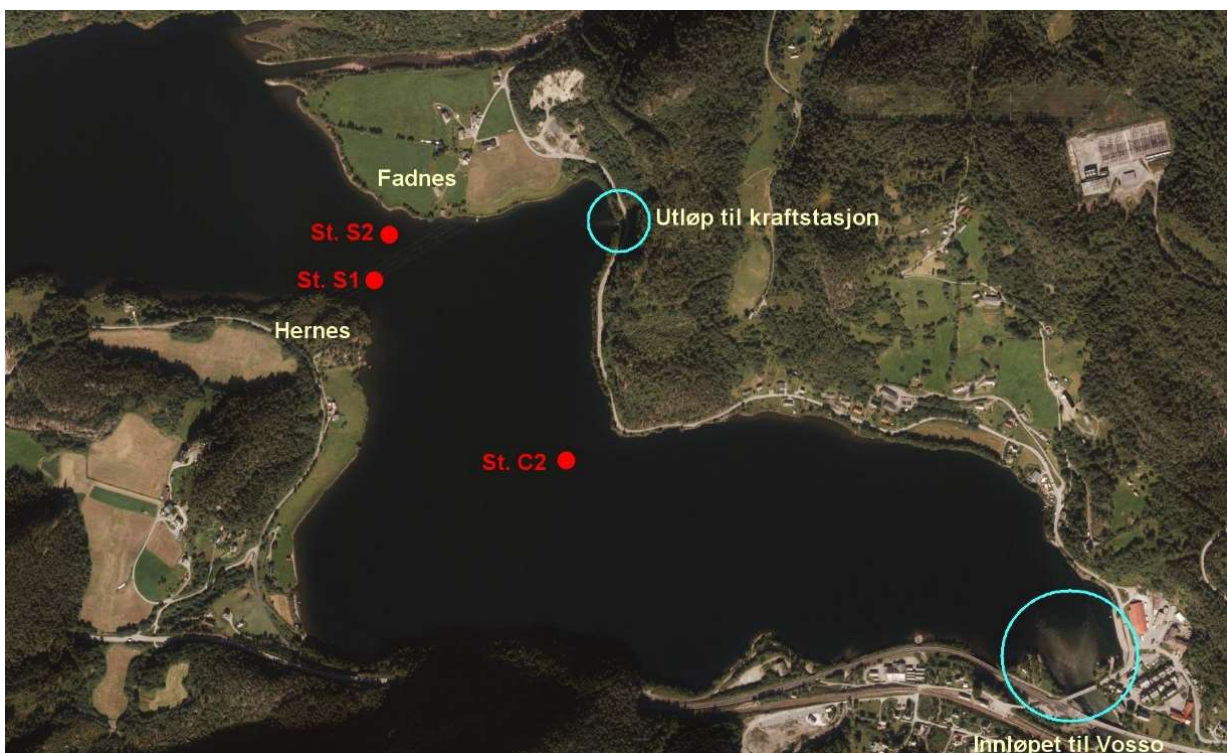
*Figur 2. 19. Vanntetthet 2020. Vanntetthet beregnet utfra temperaturmålingene i Vosso ved innløp til Evangervatnet, i avløpsvann til kraftverk, i øvre vannlag (snittdyp 1-5 m) og nedre vannlag (bunnvann) på stasjonene i sundet (st S1, st. S2) og i bassenget (st. C2) i Evangervatnet.*

## Strømhastigheter og –retninger

Det ble gjennomført strømmålinger på stasjoner i sundet ved Hernes (st. S1) og Fadnes (st. S2) i bassenget i øvre del av Evangervatnet (st. C2). Plassering av strømmålere er vist i Figur 2.20 og er samme stasjoner som brukt til profilmålinger av temperaturer. Strømforhold i Evangervatnet ble målt med bruk av ADCP instrumenter som var innstilt til å registrere strømhastigheter og –retninger i hver meter gjennom hele vannsøylen med en rekkevidde fra ca. 2 meter over bunn til 2-4 meter under overflaten (se Kap. 2.3). Både temperatur og strømmålinger viser størst variasjon mellom øvre vannlag (< 5m) og nedre vannlag (1-2 meter over bunn). Det er derfor rettet størst fokus på disse vannlagene i beskrivelse av strømforholdene i måleperiodene i 2019 og 2020.

Strømmålingene på alle stasjonene viser tidvis store forskjeller og variasjoner i både strømretninger og -hastigheter gjennom måleperiodene i 2019 og 2020. Målingene viser at strømforholdene i bassenget omkring st. C2 i størst grad er påvirket av vannføringen i Vosso, men kan i perioder også bli påvirket av driftsvannføringen til kraftverket. Strømforholdene i både øvre og nedre vannlag i sundet mellom Hernes og Fadnes blir også påvirket av vannføringen i Vosso, men sundet blir mer direkte påvirket av driftsvannføringen til kraftverket sammenlignet med forholdene i bassenget.

Strømdata for måleperiodene i 2019 og 2020 er oppsummert i Vedlegg 4, 5 og 6, og viser forskjeller i strømstyrke og -retninger i ulike vannlag på målestasjonene i sundet og i bassenget gjennom hele måleperioden. Strømforhold (hastighet og retning) i bassenget og i sundet i utvalgte perioder med både høy og lav vannføring og driftsvannføring i 2019 og 2020 er beskrevet i de neste seksjonene. Dette inkluderer samme perioder med temperaturvariasjoner i øvre og nedre vannlag som beskrevet i temperaturseksjonene i dette kapitlet.



**Figur 2. 20** Evangervatnet. Strømmåling stasjoner med ADCP målere i sundet mellom Fadnes og Hernes (St. S1 og St. S2) og i bassenget (st. C2). Utløp og innløp til henholdsvis kraftstasjon og Vosso er markert med blå sirkel. Foto: Kartverket.

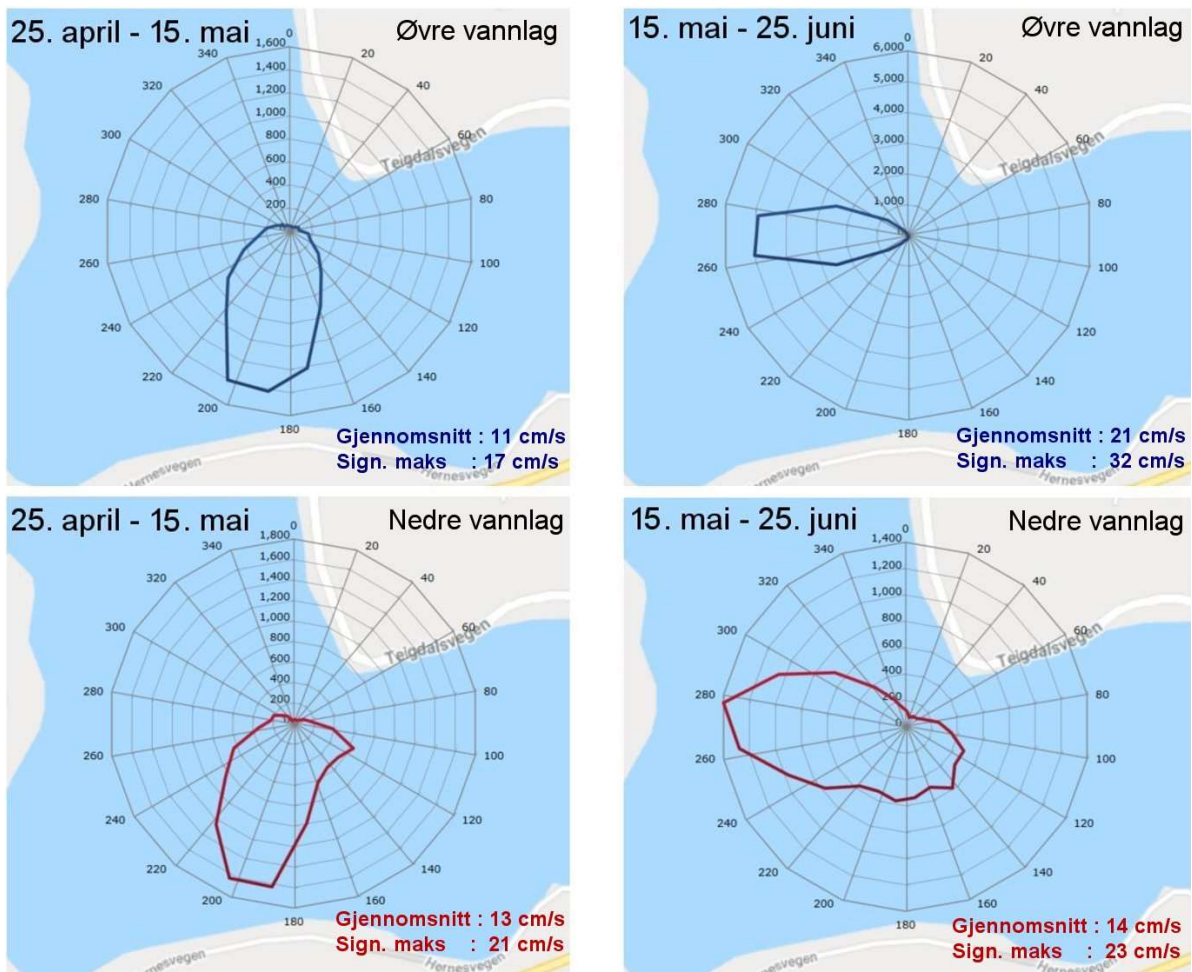


### Strømforhold i Evangervatnet 2019 (periode: 25. april – 25. juni)

Strømmålingene på ADCP-stasjonene C2, S1 og S2 viste til dels store forskjeller i både strømretninger og -hastigheter i perioden 25. april til 25. juni 2019. Strømstyrken i bassenget (st. C2) er i størst grad bestemt av vannføringen i Vosso. Denne effekten er særlig tydelig i øvre vannlag i perioden etter 15. mai. Driftsvannføringen fra kraftverket påvirker ikke strømstyrken i øvre vannlag i bassenget i betydelig grad, men perioder med høy driftsvannføring i forhold til vannføringen i Vosso kan bidra til endret strømstyrke og strømretninger i bunnvannet i bassenget. Dette gjelder særlig periodene 6. – 14. mai, 16. – 18. mai og 28. mai – 1. juni som er perioder med driftsvannføring større enn 18 m<sup>3</sup>/s som sammenfaller med lav vannføring i Vosso. Temperaturen i bunnvannet er uendret eller økende i disse periodene, noe som indikerer at endringer i strømforholdene ikke skyldes direkte tilførsel av kaldt vann fra kraftverket, men mer sannsynlig en form for kompensasjonsstrøm der varmere vann fra andre deler av Evangervatnet dras inn i det nedre vannlaget i bassenget. Perioder med relativ høy driftsvannføring i forhold til vannføringen i Vosso har større effekt på strømforholdene i sundet enn i bassenget, og vil bli nærmere omtalt senere i kapitlet. Strømstyrke og -retninger i øvre og nedre vannlag på alle målestasjonene gjennom hele måleperioden er vist i Vedlegg 5.

Andre faktorer som påvirker strømforholdene, er temperaturøkning og endringer i vanntetthet som omtalt i forrige seksjon. Strømretning og strømstyrken endrer seg når vanntemperaturen i Vosso øker utover våren. Denne endringen er særlig tydelig i bassenget (st. C2). I 2019 har hovedstrømretningen i bassenget et markant skifte i både øvre og nedre vannlag omkring 15. mai. Dominerende strømretning skifter fra sørlige retninger til vestlige retninger i begge vannlag. Det ble registrert strøm med sørlig retning i perioden 25. april til 15. mai med en gjennomsnittlig strømhastighet på 10,8 cm/s i øvre vannlag (3 m) og signifikant maksimal hastighet på 17,3 cm/s. Strømhastigheten avtok i dagene før 15. mai og strømmen endret gradvis retning fra sørlig til vestlig retning. I perioden fra 15. mai til 25. juni var strømmen i øvre vannlag betydelig sterkere og mer ensrettet (stabil) enn i perioden før 15. mai med gjennomsnittlig hastighet på 21,2 cm/s og signifikant maksimal hastighet på 32,2 cm/s. Strømforhold i bassenget i øvre og nedre vannlag i bassenget er vist i figur 2.21.

Det ble registrert et lignende skifte i strømretning og strømstyrke på samme målestasjon omkring 21. mai i 2018 (Isaksen m.fl. 2019). I både 2018 og 2019 skjer dette skiftet når vanntemperaturen i Vosso øker til mer enn 7 °C. I perioden før temperaturøkningen dannes det en stor strømvirvel i klokkeretningen i den dype delen av bassenget, og denne virvelen dannes av vannføringen i Vosso. Denne virvelen blir oppløst når temperaturen i Vosso øker og det dannes en mer retningsbestemt i vestlig retning. Skiftet i strømretninger som registrert i både 2018 og 2019 kan forklares med endringer i vanntemperaturen som resulterer i termoklin sjikting. En slik sjikting bidrar til at varmere og lettere vann i øvre vannlag legger seg over kaldere og tyngre vann i bassenget i øvre del av Evangervatnet, noe som medfører en mer direkte strømretning i øvre vannlag gjennom bassenget og ut mot sundet mellom Fadnes og Hernes. Strømhastigheten er større og mer stabil (ensrettet) i øvre vannlag (Neumann parameter 0,91) sammenlignet med nedre vannlag (Neumann parameter 0,39) i perioden etter 15. mai 2019. Vanntransporten gjennom sundet mellom Hernes og Fadnes blir følgelig påvirket av strømvirvelen og opphøringen av denne etter 15. mai, men det er perioder med avvik i strømforhold som skyldes en kombinert effekt av driftsvannføringen til kraftverket og vannføringen i Vosso.



**Figur 2. 21** . Registrert vanntransport (relativ fluks) på stasjon C2 i Evangervatnet 2019. I perioden 25.april til 15. mai hadde strømmen en sørlig retning i både øvre vannlag og på bunn. Strømmen endret gradvis retning fra sørlig til vestlig retning i dagene før 15. mai. Etter 15. mai og fram til 25. juni hadde overflatestrømmen en vestlig retning i både overflaten og på bunn. Strømdata er hentet fra målinger på 3-4 meters dyp (blå) og fra bunn 28-30 meters dyp (rød) og viser registrert vanntransport (daglig relativ vannfluks) for de gitte måleperiodene før og etter 15. mai. Gjennomsnittlig og signifikant maksimal strømhastighet er oppgitt.

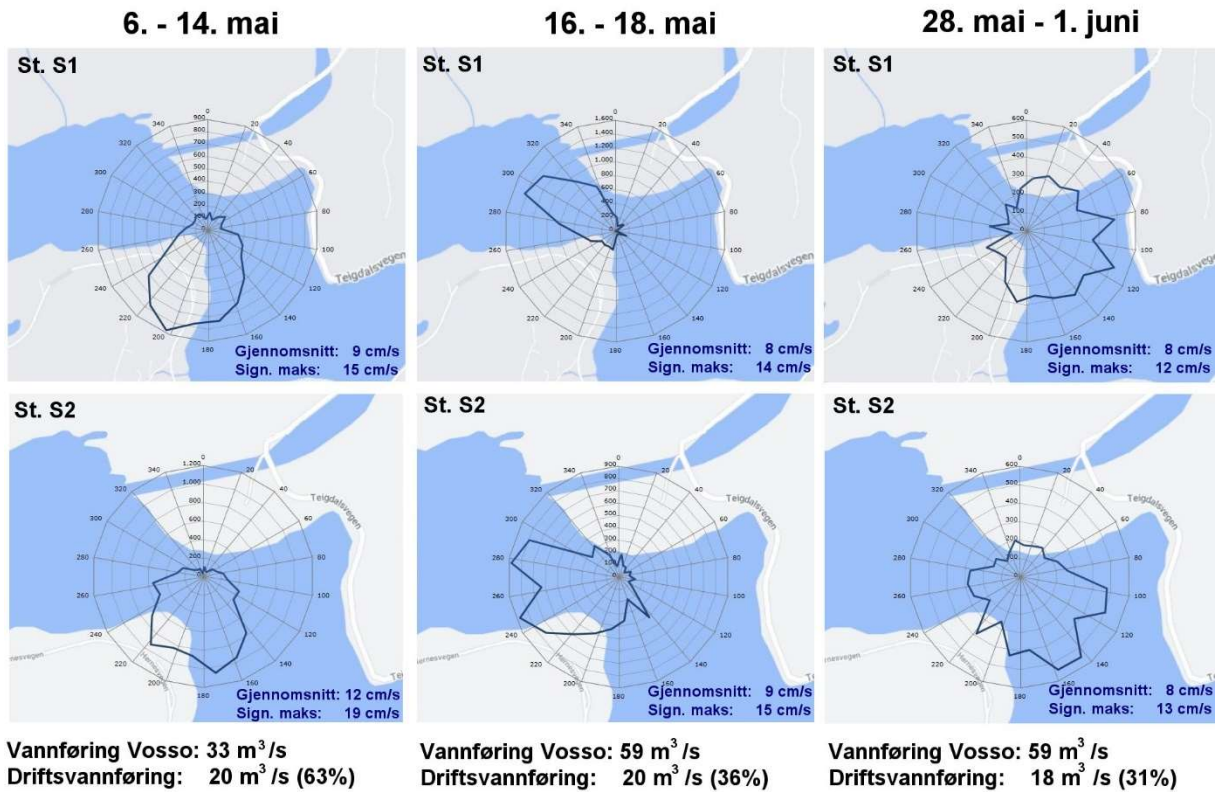
Perioder i 2019 med størst driftsvannføring i forhold til vannføringen i Vosso er 6. - 14. mai, 16. – 18. mai og 28. mai – 1. juni. Målinger av strømforholdene i sundet i disse periodene viser ustabil strømretning og redusert strømhastighet sammenlignet med perioder med relativ lav driftsvannføring i forhold til vannføringen i Vosso (Figur 2.22 og 2.23; Figur 2.24 og 2.25). Det er særlig strømforholdene ved Fadnes (st. S2) som er mest påvirket av driftsvannføringen i 2019. I perioden før 15. mai (25. april til 15. mai) ble de sterke strømmene registrert på st. S2 ved Fadnes. Strømmen i både øvre og nedre vannlag er stabile med sterk strøm i vestlige retninger på st. S2 i første del av denne måleperioden, men blir svakere og mer ustabil med skiftende strømretninger i periodene 6. – 14. mai og 16. – 18. mai med relativ høy driftsvannføring i forhold til vannføringen i Vosso. Til sammenligning er det svært stabil strøm i både øvre og nedre vannlag ved Fadnes i periodene før (26. april – 4. mai) og etter (20. – 24. mai). Dette er perioder med høy vannføring i Vosso som bidrar til relativ lav driftsvannføring (< 12%) i forhold til vannføringen i Vosso.

I måleperioden etter 15. mai er dominerende strømretning i øvre vannlag i sundet nordvestlig og strømmen er mer stabil sammenlignet med perioden før 15. mai. Det ble imidlertid registrert et strømskifte på begge stasjonene i sundet i perioden 28. mai til 1. juni. Overflatestrømmen i sundet endrer seg fra å være stabil i nordvestlige retninger til å bli mer ustabil og svak med mer østlige og

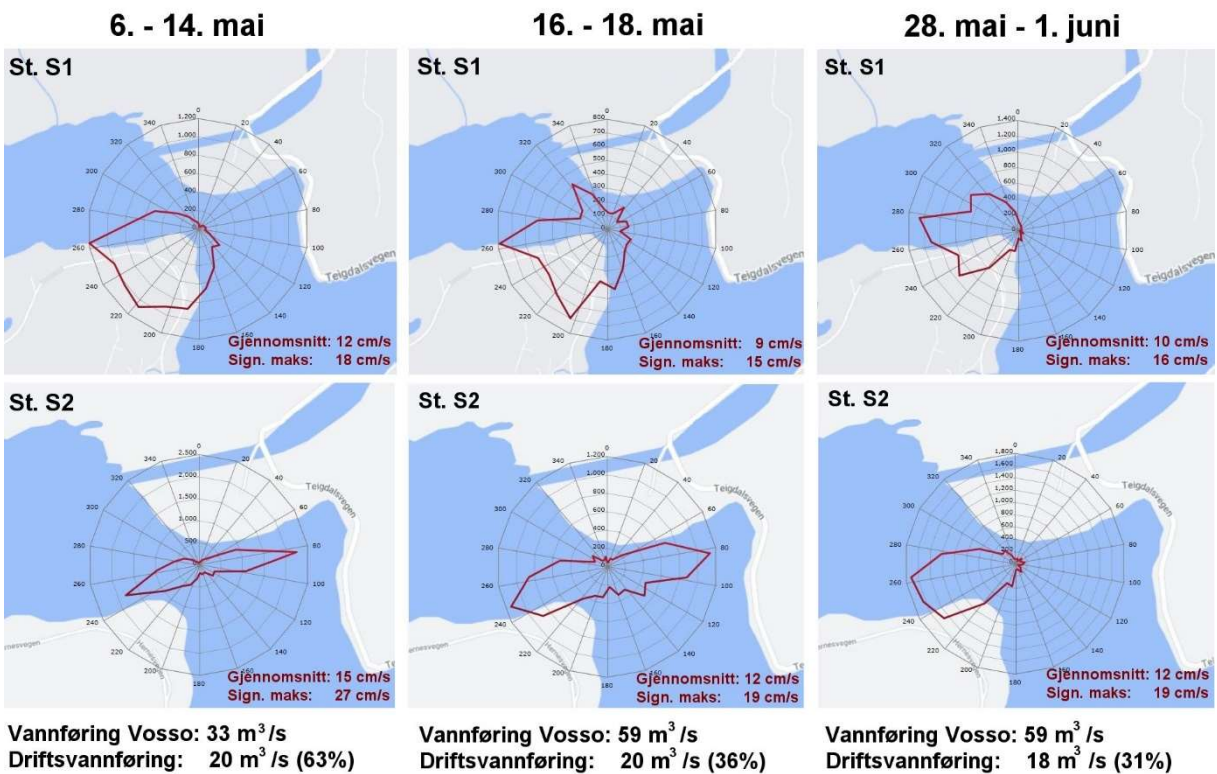
sørøstlige retninger, uten at bunnstrømmen blir like mye påvirket. Dette skiftet i strømforhold med ustabil og skiftende strømretninger i øvre vannlag sammenfaller med en periode med relativ høy driftsvannføring (30%) i forhold til vannføringen i Vosso.

Både driftsvannføring og vannføringen i Vosso i perioden 28. mai – 1. juni er svært lik perioden 16. – 18. mai, men strømforholdene gjennom sundet er likevel ulik i disse periodene. I perioden 28. mai – 1. juni har kaldt vann fra kraftverket høyere tetthet enn vannet i Evangervatnet, og vil i større grad ligge seg på bunn (se Figur 2.15). Dette vil bidra til at kaldt vann fra kraftverket i større grad påvirker bunnvannet i sundet (både temperatur og strøm). Strøm i motsatt retning i øvre vannlag er derfor en kompensasjonsstrøm i denne perioden, og er en mer indirekte effekt av driftsvannføringen. Temperaturmålingene beskrevet i forrige kapittel bekrefter vanntransport av kaldt vann fra kraftverket i nedre vannlag og transport av varmere vann fra vest i øvre vannlag i denne perioden. Vanntransport i både øvre og nedre vannlag gjennom sundet i periodene med relativ høy driftsvannføring (>30%) er vist i Figur 2.22 og Figur 2.23.

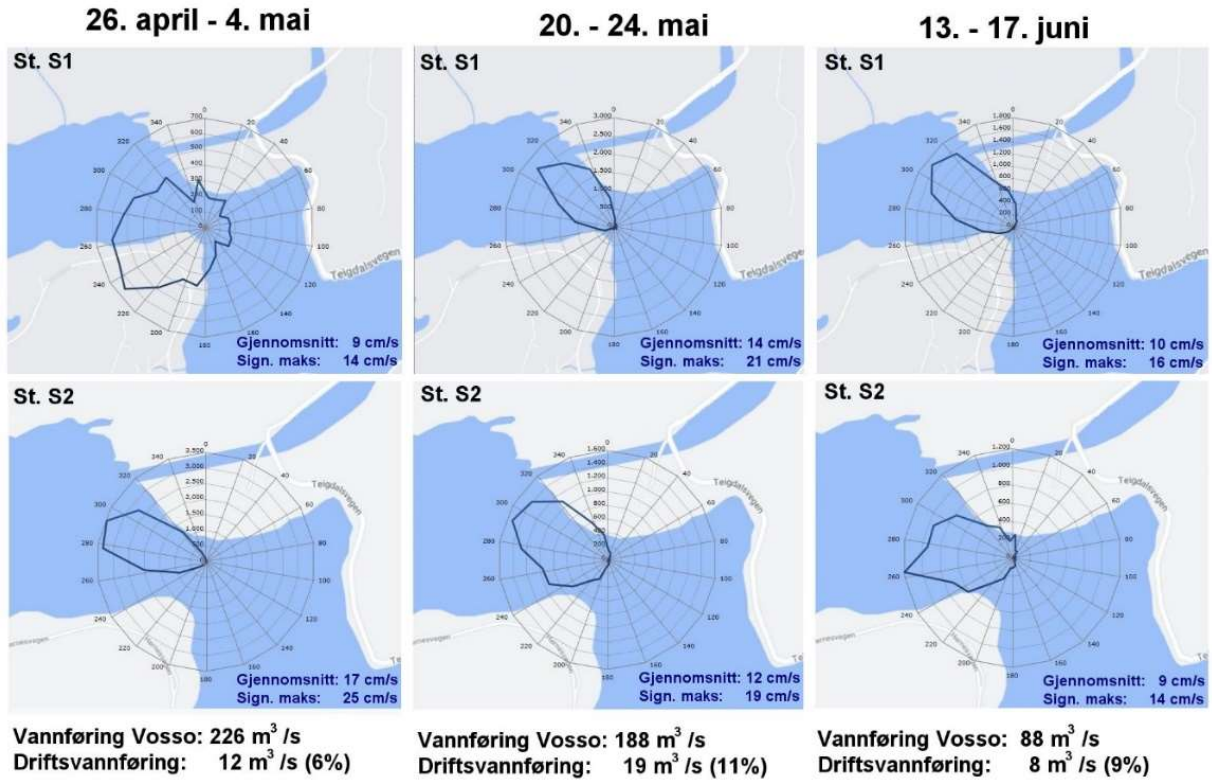
For sammenligning er også perioder med relativ lav driftsvannføring (< 12%) vist i Figur 2.24 og 2.25. Langvarige perioder (mer enn en dags varighet) med relativ lav driftsvannføring i forhold til vannføringen i Vosso er samme som er beskrevet for temperaturmålinger i forrige kapittel og inkluderer 26. april – 4. mai, 20. – 24. mai og 13. – 17. juni. Strømforholdene i både øvre og nedre vannlag i disse periodene er mer stabil sammenlignet med periodene med relativ høy driftsvannføring. Dominerende strømretninger gjennom sundet er vestlig og nordvestlig i både øvre og nedre vannlag på begge målestasjonene. Det er også stabil og relativ sterk strøm i øvre vannlag med nordvestlig og vestlig retning gjennom sundet i en periode med både lav vannføring i Vosso og lav driftsvannføring (13-17 juni). Sammenligninger av perioder med relativ høy driftsvannføring og perioder med relativ lav driftsvannføring viser at driftsvannføring kan påvirke vanntransporten gjennom sundet i både øvre og nedre vannlag. Effekt av relativ høy driftsvannføring er mer ustabil og svakere strøm i sundet mellom Fadnes og Hernes.



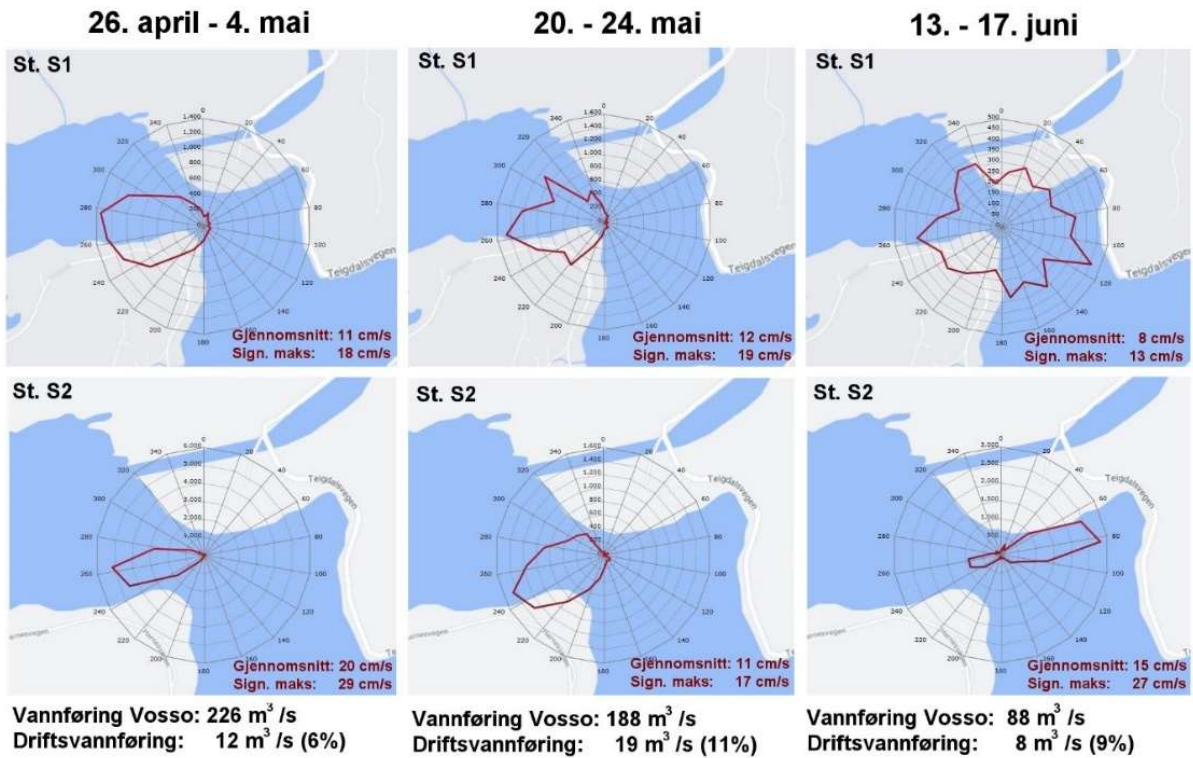
Figur 2. 22 Overflate strøm i 2019. Vannttransport (relativ vannfluks) i øvre vannlag (3 meters dyp) i sundet mellom Hernes (st. S1) og Fadnes (st. S2). Perioder med relativ høy driftsvannføring (>30%) i forhold til vannføring i Vosso. Gjennomsnittlig og signifikant maksimal strømhastighet er oppgitt.



Figur 2. 23 Bunnstrøm i 2019. Vannttransport (relativ vannfluks) i nedre vannlag (14-15 meters dyp) i sundet mellom Hernes (st. S1) og Fadnes (st. S2). Perioder med relativ høy driftsvannføring (>30%) i forhold til vannføring i Vosso. Gjennomsnittlig og signifikant maksimal strømhastighet er oppgitt.



Figur 2. 24 Overflate strøm i 2019. Vannttransport (relativ vannfluks) i øvre vannlag (3 meters dyp) i sundet mellom Hernes (st. S1) og Fadnes (st. S2). Perioder med relativ lav driftsvannføring (<12 %) i forhold til vannføring i Vosso. I perioden 13. – 17. juni er det både lav vannføring i Vosso og lav driftsvannføring. Gjennomsnittlig og signifikant maksimal strømhastighet er oppgitt.



Figur 2. 25 Bunnstrøm i 2019. Vannttransport (relativ vannfluks) i nedre vannlag (14-15 meters dyp) i sundet mellom Hernes (st. S1) og Fadnes (st. S2). Perioder med relativ lav driftsvannføring (<12 %) i forhold til vannføring i Vosso. I perioden 13. – 17. juni er det både lav vannføring i Vosso og lav driftsvannføring. Gjennomsnittlig og signifikant maksimal strømhastighet er oppgitt.

### Strømforhold i Evangervatnet 2020 (periode: 15. april – 18. juni)

Stasjoner med strøm- og temperaturmålinger i Evangervatnet i 2020 har samme plassering som i 2019. Strømmålingene gjennomført i 2020 viser lignende tendenser som i 2019 med strømforhold som tidvis påvirkes av vannføringen i Vosso og driftsvannføringen til kraftverket. Det er imidlertid forhold i 2020 som bidrar til forskjeller i strømforhold på de ulike målestasjonene sammenlignet med samme periode i 2019.

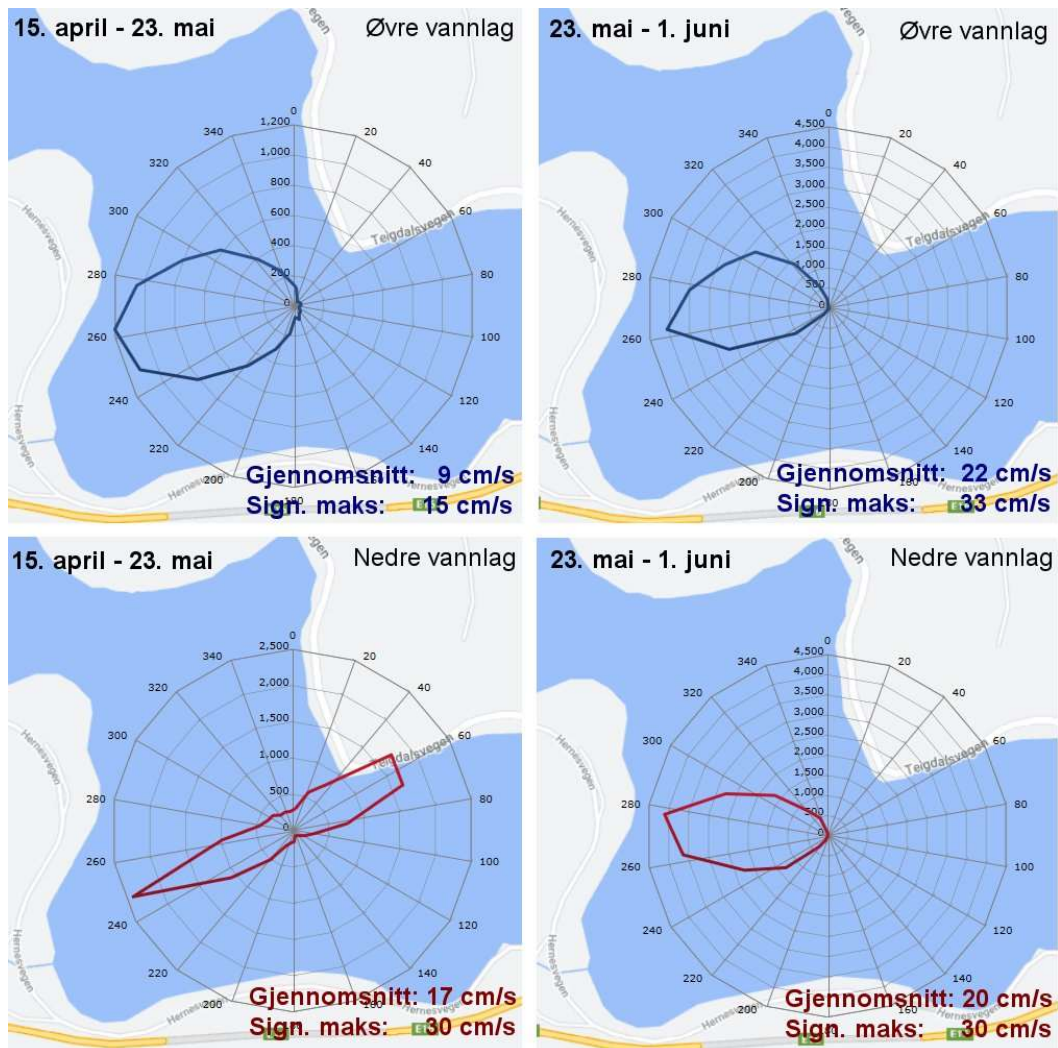
Temperaturen i Vosso viser størst økning i perioden etter 23. mai 2020 (Figur 2.11), og temperaturøkning i Vosso i samme periode har tidligere år (2018 og 2019) vist å påvirke strømforholdene med skifte i strømretning i øvre vannlag i bassenget i Evangervatnet. Et slikt skifte i strømretning forekommer ikke i 2020. Det kan delvis skyldes at temperaturen i Vosso i 2020 er relativt lav i hele måleperioden sammenlignet med samme periode i 2018 og 2019, og dels at det er liten vannføring i Vosso i 2020 i perioden før temperaturøkningen. Vannføringen i Vosso er lav i hele måleperioden 15. april - 22. mai (gjennomsnitt 51 m<sup>3</sup>/s). Effekt av vannføringen i Vosso på strømstyrken i øvre og nedre vannlag i bassenget og i sundet før denne perioden er derfor ikke like tydelig som i 2019. Vanntransport i øvre og nedre vannlag i bassenget ved st. C2 i perioden før og etter 23. mai 2020 er vist i figur 2.26.

Den lave vannføringen i Vosso bidrar til en større eller mer tydelig effekt av driftsvannføringen på strømforholdene i bassenget og i sundet i denne perioden.

Perioder med mest stabil og sterk bunnstrøm i sørvestlig retning i bassenget (st. C2) forekommer i perioder uten driftsvannføring. Sterkest strøm ble registrert i nedre vannlag i bassenget i perioden 11. – 12. mai 2020 som er en periode uten driftsvannføring og med lav vannføring i Vosso. Strømmen i nedre vannlag i bassenget blir mer ustabil med skiftende strømretninger i perioder med økende og høy driftsvannføring i forhold til vannføringen i Vosso. Driftsvannføringen har imidlertid ingen nedkjølende effekt av bunnvannet i bassenget, noe som indikerer at skifte i strømretninger i nedre vannlag i bassenget i perioder med relativt høy driftsvannføring er kompensasjonsstrømmer i nedre vannlag.

Det er økende og stor vannføring i Vosso i perioden 23. mai – 18. juni (gjennomsnitt 279 m<sup>3</sup>). I denne delen av måleperioden er det registrert betydelig sterkere og mer stabil strøm i både øvre og nedre vannlag i bassenget ved st. C2 sammenlignet med perioden før 23. mai. Strømdata fra st. C2 i perioden etter 1. juni mangler på grunn av instrumentsvikt (bunnrammen med strømmåleren veltet under en flomtopp i Vosso), men effekt av økt vannføring i Vosso bidrar også til markant endring i strømforholdene i sundet mellom Fadnes og Hernes. Strømstyrke og -retninger i øvre og nedre vannlag på alle målestasjonene gjennom hele måleperioden er vist i Vedlegg 6.

Perioder med relativt høy driftsvannføring (>30%) i forhold til vannføringen i Vosso forekommer kun i måleperioden 15. april – 23. mai. Langvarige perioder i 2020 med høy driftsvannføring er 30. april – 8. mai (43%), 12. – 15. mai (63%) og 18. – 20. mai (47%). Målinger av strømforholdene i sundet i disse periodene viser ustabile strømforhold med stadig skifte i strømretninger og lavere gjennomsnittlig strømhastighet sammenlignet med perioder med relativt lav driftsvannføring i forhold til vannføringen i Vosso. I perioder med relativt høy driftsvannføring har vanntransporten i øvre vannlag sørlige og østlige strømretninger som mest dominerende på st. S1 ved Hernes, mens vestlige og dels sørlige retninger er mest dominerende på st. S2 ved Fadnes. (Figur 2.27). Dette betyr at det er en mer direkte vanntransport i øvre vannlag fra utløpet til kraftverket og ut gjennom sundet ved Fadnes, mens vanntransporten gjennom sundet ved Hernes i større grad har vekslende strømretninger og med innsig av vann fra vest i disse periodene. Følgelig er vanntransport gjennom sundet i øvre vannlag på Fadnes siden mer direkte påvirket av driftsvannføringen enn på Hernes siden.

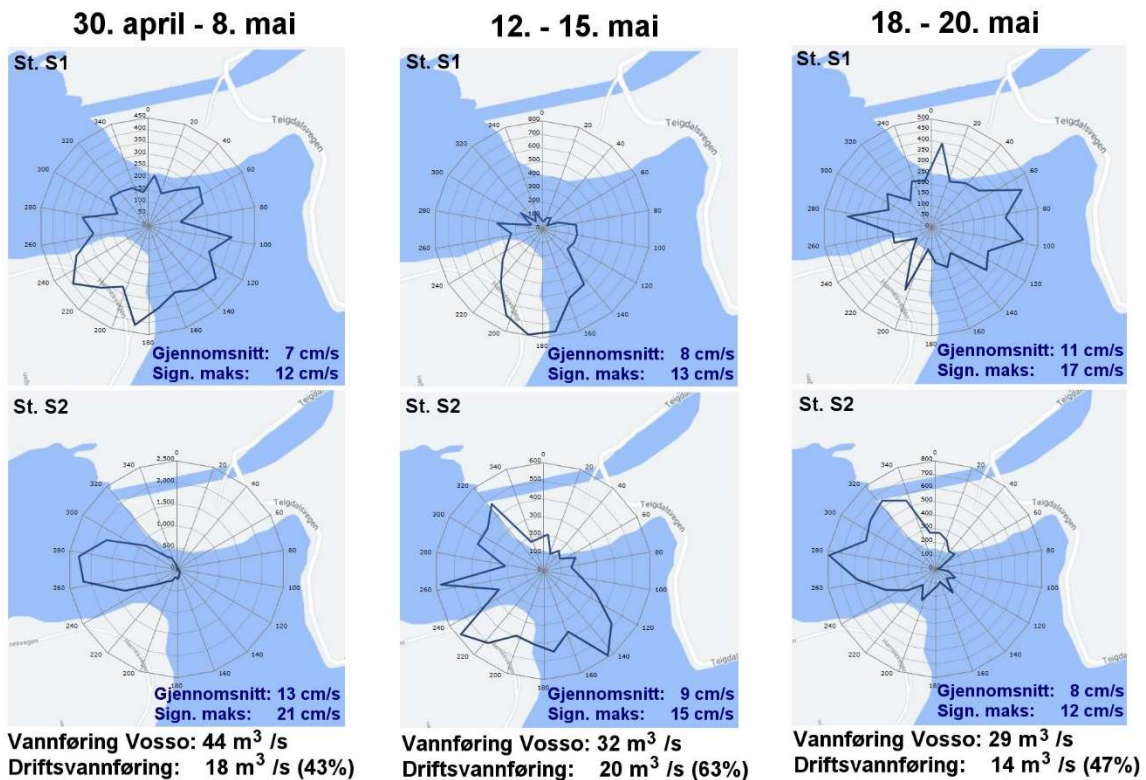


**Figur 2. 26** Registrert vanntransport (relativ fluks) på stasjon C2 i Evangervatnet 2020. I perioden 15.april til 23.mai hadde strømmen en vestlig retning i øvre vannlag, men skiftende strømreretning i nedre vannlag. I perioden etter 23. mai er det sterkere og mer stabil strøm i vestlig retning i både øvre og nedre vannlag. Strømdata er hentet fra målinger på 3-4 meters dyp (blå) og fra bunn 28-30 meters dyp (rød) og viser registrert vanntransport (daglig relativ vannfluks) for de gitte måleperiodene før og etter 23. mai. Gjennomsnittlig og signifikant maksimal strømhastighet er oppgitt.

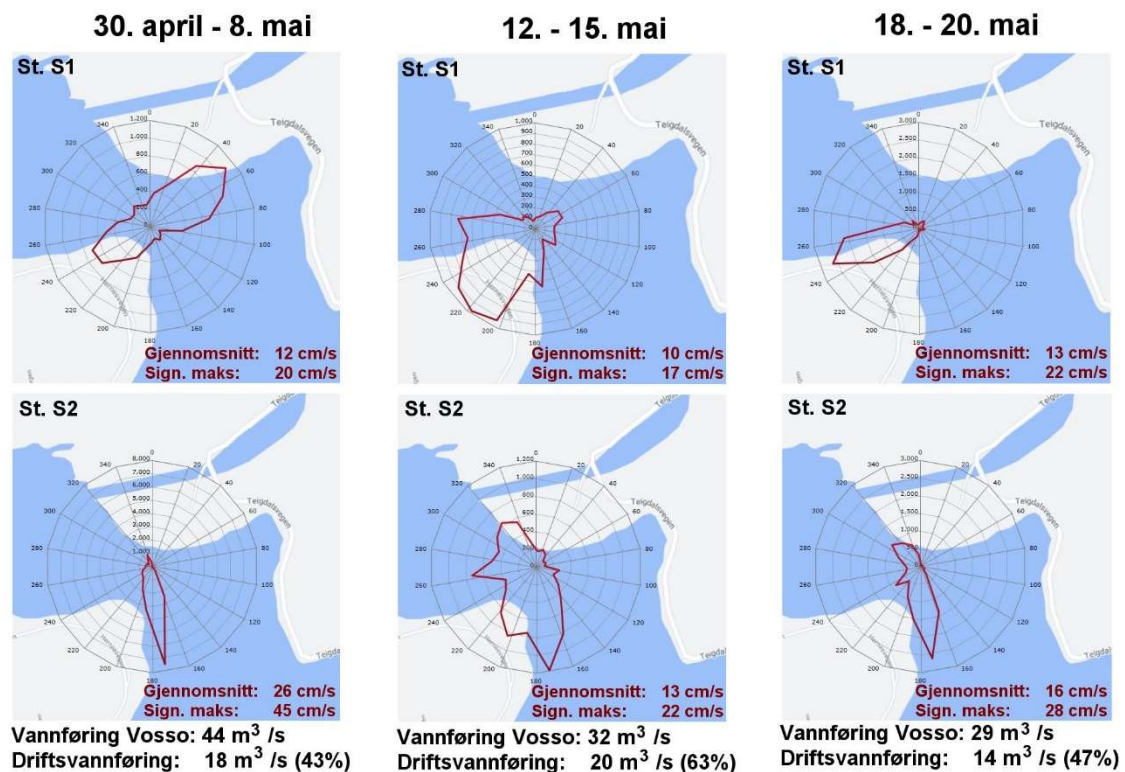
Målingene i 2020 viser sterkere strøm i nedre vannlag (1-2 meter over bunn) enn i de øvre vannlagene i sundet. I periodene med relativ høy driftsvannføring er dominerende strømreretning i nedre vannlag sørlig på st. S2 ved Fadnes og sørvestlig eller nordøstlig på st. S1 ved Hernes.

Gjennom hele måleperioden i 2020 er det lengre perioder uten driftsvannføring og perioder med relativ lav driftsvannføring i forhold til vannføringen i Vosso. Langvarige perioder med relativ lav driftsvannføring (< 10%) inkluderer perioder med lav vannføring i Vosso og ingen driftsvannføring (17. – 26. april), periode med høy vannføring i Vosso og ingen driftsvannføring (23. – 25. mai) og en periode med både høy vannføring i Vosso og høy driftsvannføring (11. – 16. juni).

I perioder med høy vannføring i Vosso er dominerende strømreretning nordvestlig i både øvre og nedre vannlag i sundet på st. S1 og st. S2. Dette inkluderer også perioden 11. – 16. juni med høy driftsvannføring (gjennomsnitt 22 m<sup>3</sup>/s). I denne perioden er det sterk og stabil strøm i nordvestlig retning i alle vannlag på både st. S1 og st. S2 (Neumann 0,75-0,95). Dette viser at høy driftsvannføring større enn 20 m<sup>3</sup>/s har liten effekt på strømforholdene i sundet dersom vannføringen i Vosso er stor. Vanntransport (relativ vannfluks) i sundet under perioder med relativ høy driftsvannføring i forhold til vannføringen i Vosso er vist i Figur 2.27 (øvre vannlag) og i Figur 2.28 (nedre vannlag). Tilsvarende figurer for perioder med lav driftsvannføring er vist i Figurene 2.29 og 2.30.

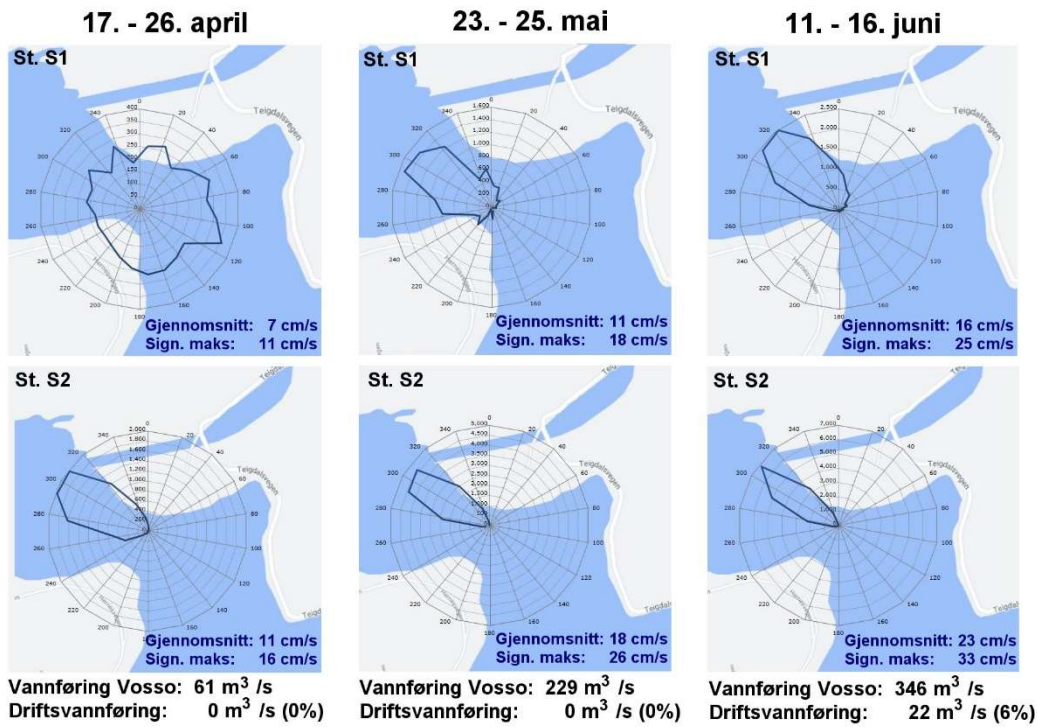


Figur 2. 27 Overflate strøm i 2020. Vanntransport (relativ vannfluks) i øvre vannlag (3 meters dyp) i sundet mellom Hernes (st. S1) og Fadnes (st. S2). Perioder med relativ høy driftsvannføring (> 40 %) i forhold til vannføring i Vosso. Gjennomsnittlig og signifikant maksimal strømhastighet er oppgitt.

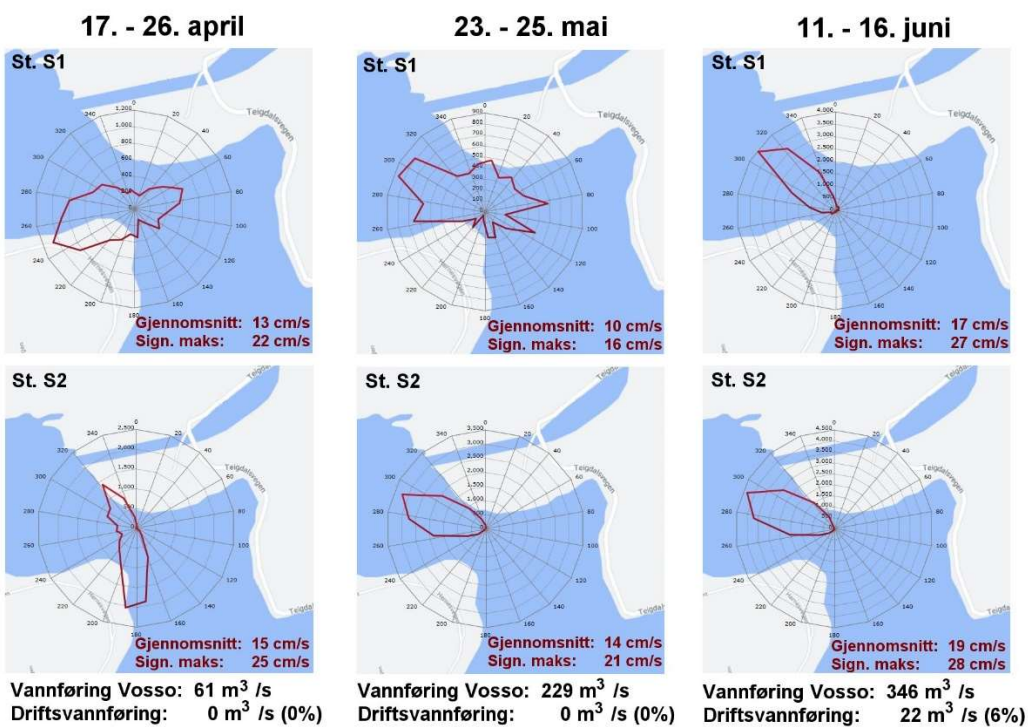


Figur 2. 28 Bunnstrøm i 2020. Vanntransport (relativ vannfluks) i nedre vannlag (14-15 meters dyp) i sundet mellom Hernes (st. S1) og Fadnes (st. S2). Perioder med relativ høy driftsvannføring (>40 %) i forhold til vannføring i Vosso. Gjennomsnittlig og signifikant maksimal strømhastighet er oppgitt.





Figur 2. 29 Overflate strøm i 2020. Vanntansport (relativ vannfluks) i øvre vannlag (3 meters dyp) i sundet mellom Hernes (st. S1) og Fadnes (st. S2). Perioder med ingen eller relativ lav driftsvannføring (<7 %) i forhold til vannføring i Vosso. I perioden 17. – 26. april er det lav vannføring i Vosso og ingen driftsvannføring. I perioden 11. – 16. juni er det både høy vannføring i Vosso og høy driftsvannføring. Gjennomsnittlig og signifikant maksimal strømhastighet er oppgitt.



Figur 2. 30 Bunn strøm i 2020. Vanntansport (relativ vannfluks) i nedre vannlag (14-15 meters dyp) i sundet mellom Hernes (st. S1) og Fadnes (st. S2). Perioder med ingen eller relativ lav driftsvannføring (<7 %) i forhold til vannføring i Vosso. I perioden 17. – 26. april er det lav vannføring i Vosso og ingen driftsvannføring. I perioden 11. – 16. juni er det både høy vannføring i Vosso og høy driftsvannføring. Gjennomsnittlig og signifikant maksimal strømhastighet er oppgitt.

## Oppsummering og konklusjon om temperatur- og strømmålingene

Vanntemperaturen i Evangervatnet er bestemt av lufttemperaturer og naturlig tilsig fra Vosso og andre elver. Målinger utført i 2018 (Isaksen m.fl. 2019) viste at perioder med høy driftsvannføring også kan påvirke vanntemperaturen i deler av Evangervatnet. Innblanding og innblandingsdybder av innsig fra kraftverket og Vosso påvirkes av temperaturforskjeller og vanntetthet. Ferskvann har størst tetthet ved 4 °C og innsigvann med denne temperaturen vil i større grad synke mot dypere vannlag dersom temperaturen i innsjøen har høyere eller lavere temperatur. Resultatene fra undersøkelsen i 2018 viste at økt temperatur i Vosso i midten av mai medførte en sprangsjikting med varmere vann (lav vanntetthet) i øvre vannlag sammenlignet med bunnvann (høy vanntetthet) i bassenget i Evangervatnet. Denne sjiktingen påvirket vanntransporten (strømretning og - styrke) og temperaturer i både bassenget og i sundet. Sjikting som påvirker temperatur og strømforhold i bassenget mellom innløpet til Vosso og sundet mellom Hernes og Fadnes ser ut til å dannes når det er økende temperaturer over 7 °C i Vosso.

Målingene i 2019 bekrefter resultatene fra 2018 som viser at varmere vann i forbindelse med temperaturøkning utover våren har en stor effekt på både strømhastighet- og retning i øvre vannlag. Denne sistnevnte effekten er større enn effekten til både vannføringen i Vosso og driftsvannføring fra kraftverket når det gjelder vanntransport og virveldannelse i bassenget til østre del av Evangervatnet. Målingene viser en vanntransport i øvre vannlag som dannet en stabil virvel i klokkeretning over dypområdet i bassenget. Denne virvelen opphører når temperaturen i Vosso øker i den grad at det dannes en sjikting av vannlagene med varmere og lettere vann (vann med lavere tetthet) i overflaten sammenlignet med bunnvannet. I både 2018 og 2019 opphørte virvelen når temperaturen i Vosso økte til mer enn 7 °C. I 2018 ble en slik temperaturøkning registrert 21. mai, mens i 2019 ble det registrert tilsvarende økning omkring 15. mai.

I 2020 var det lav vannføring i Vosso i april og store deler av mai. Første flomtopp i Vosso i 2020 forekom omkring 22. – 23. mai. Det ble ikke registrert virveldannelse i bassenget i 2020 slik som i 2018 og 2019, men i perioden med økt temperatur (over 7 °C) og vannføring i Vosso ble det registrert sterkere og mer stabil strøm i øvre vannlag i bassenget og gjennom sundet mellom Fadnes og Hernes. Alle målingene gjennomført i perioden april – juni i årene 2018-2020 viser at vannføringen i Vosso har større effekt på temperatur og strømforhold i bassenget og i sundet i siste del av måleperioden enn i den første delen, og denne effekten er størst i de øvre vannlagene.

Driftsvannføringen til kraftverket kan i perioder påvirke vanntemperaturen i Evangervatnet, og særlig i sundet mellom Fadnes og Hernes. Gjennom hele måleperioden i 2019 og 2020 er vannet fra kraftverket (målt i avløpstunnelen som leder ut i Evangervatnet) kaldere enn vannet i Vosso og i den øvre del av Evangervatnet. Temperaturendringer utover vår og sommer påvirker vanntetthet og innblandingen av vannet fra kraftselskapet med vannet i Evangervatnet. I starten av måleperioden har kaldt vann fra kraftverket lavere tetthet enn vannet i Evangervatnet og vil i størst grad blande seg med de øvre vannlagene i sundet mellom Fadnes og Hernes. Utover vår og sommer øker temperaturen i både vannet fra kraftverket og i Evangervatnet. I denne perioden er vanntettheten til vannet fra kraftverket høyere enn i Evangervatnet og blander seg i større grad med bunnvann under transport gjennom sundet. Effekt av driftsvannføring til Evanger kraftverk avhenger av vannføringen i Vosso. Generelt sett gir perioder med driftsvannføring lavere enn 15 m<sup>3</sup>/s liten effekt på temperatur og strømforhold i sundet mellom Fadnes og Hernes uavhengig av vannføringen i Vosso. Det er også registrert liten eller ingen signifikant effekt av høy driftsvannføring (større enn 20 m<sup>3</sup>/s) i perioder som sammenfaller med høy vannføring i Vosso (større enn 200 m<sup>3</sup>/s). Effekt av driftsvannføringen på temperaturer i sundet mellom Fadnes og Hernes er størst i perioder når relativ driftsvannføring er større enn 20 % i forhold til vannføringen i Vosso, det vil si lengre perioder (dag, dager) med høy driftsvannføring som sammenfaller med lav vannføring i Vosso. I slike perioder kan driftsvannføringen ha en nedkjølende effekt i det øvre eller nedre vannlaget i sundet, avhengig tettheten til vannet fra

kraftverket i forhold til tettheten i vannet i Evangervatnet. Driftsvannføringen kan også påvirke strømforholdene i sundet, særlig i perioder med lav vannføring i Vosso. Målingene viser mer ustabile og svake strømmen i perioder med relativ høy driftsvannføring sammenlignet med perioder med lav eller ingen driftsvannføring.

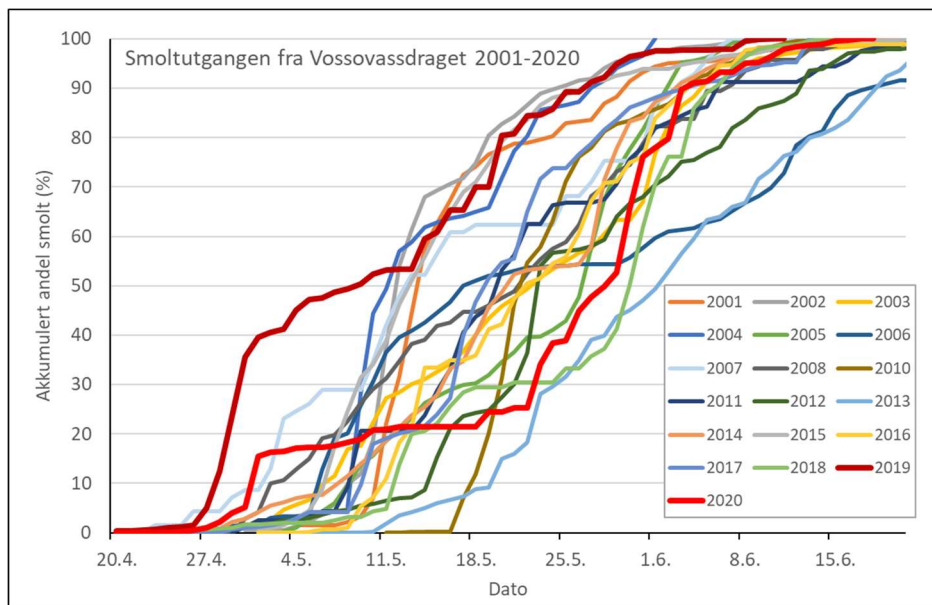
Vannføringen i Vosso er den største driveren når det gjelder vanntransport (strømretning og -styrke) gjennom bassenget i Evangervatnet øst for sundet mellom Hernes og Fadnes, men i perioder med redusert vannføring har økt driftsvannføring fra kraftverket en viss påvirkning. Stor driftsvannføring kan påvirke strømforhold og temperaturer i perioder med lav vannføring i Vosso. Denne effekten er mest markant i sundet mellom Hernes og Fadnes. Resultatene fra strøm- og temperaturmålingene gjennomført i 2019 samsvarer bra med resultater fra tilsvarende undersøkelse i 2018 (Isaksen m.fl. 2019).

- Det er sterkest og mest ensrettet strøm gjennom sundet mellom Hernes og Fadnes når vannføring i Vosso er stor ( $>200 \text{ m}^3/\text{s}$ ), uavhengig av driftsvannføringen til kraftverket.
- Høy driftsvannføring større enn  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  har liten effekt på temperatur og strømforhold i sundet mellom Fadnes og Hernes i perioder med stor vannføring i Vosso ( $>200 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
- Stor driftsvannføring kan påvirke strømforhold og temperaturer i perioder med lav vannføring i Vosso (driftsvannføring større enn 20% i forhold til vannføringen i Vosso). Denne effekten er mest markant i sundet mellom Hernes og Fadnes, og særlig på Fadnes siden av sundet.
- Høy driftsvannføring i perioder med lav vannføring i Vosso kan medføre svakere og mindre ensrettet overflatestrøm gjennom sundet mellom Hernes og Fadnes.
- Ustabile strømretninger i sundet kan også bidra til innsig av vann fra vest for sundet; varmere overflatevann eller kaldere vann fra dypere lag ( $< 10$  meter).
- Høy driftsvannføring i perioder med lav vannføring i Vosso kan gi nedkjølende effekt av øvre vannlag i sundet i perioden april – mai (periode med særlig kaldt avløpsvann med lav vanntetthet)
- Høy driftsvannføring i perioder med lav vannføring i Vosso kan bidra til kaldere bunnvann i sundet mellom Hernes og Fadnes i perioden mai – juni (periode med høyest vanntetthet i avløpsvannet).
- Virvel i bassenget øst for sundet mellom Hernes og Fadnes er stabil i klokke retning tidlig på våren når det er kaldt vann i Vosso, men opphører når temperaturen i Vosso øker fra  $7 \text{ }^\circ\text{C}$  til mer enn  $8 \text{ }^\circ\text{C}$  (målt som døgnmiddel). Dette skjer i 2018 og i 2019, men ikke i 2020 sannsynligvis på grunn av lav temperatur og lav vannføring i Vosso dette året.
- Det er sterkere strøm i vestlig retning i alle vannlag i bassenget (st. C2) i perioden uten virvel (etter 15. mai 2019). Sterkest strøm i øvre vannlag.
- I 2019 er det oftere stabil overflatestrøm i vestlig eller nordvestlig retning gjennom sundet i perioden uten virvel i bassenget enn i perioden med virvel.
- I 2020 er det lav vannføring i Vosso i hele måleperioden frem til 23. mai. Perioder med høy driftsvannføring (mer enn  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ ) påvirker temperatur (nedkjøling) og strømforhold i sundet mellom Fadnes og Hernes i denne del av måleperioden.
- I 2020 er det økende vannføring i Vosso i perioden etter 23. mai som bidrar til sterkere og mer stabil strøm i alle vannlag i bassenget og i sundet mellom Fadnes og Hernes. Det er stabil og sterk strøm gjennom sundet med nordvestlig retning i alle vannlag i denne perioden. Driftsvannføring har liten effekt på temperatur og strømforhold i perioden etter 23. mai 2020.

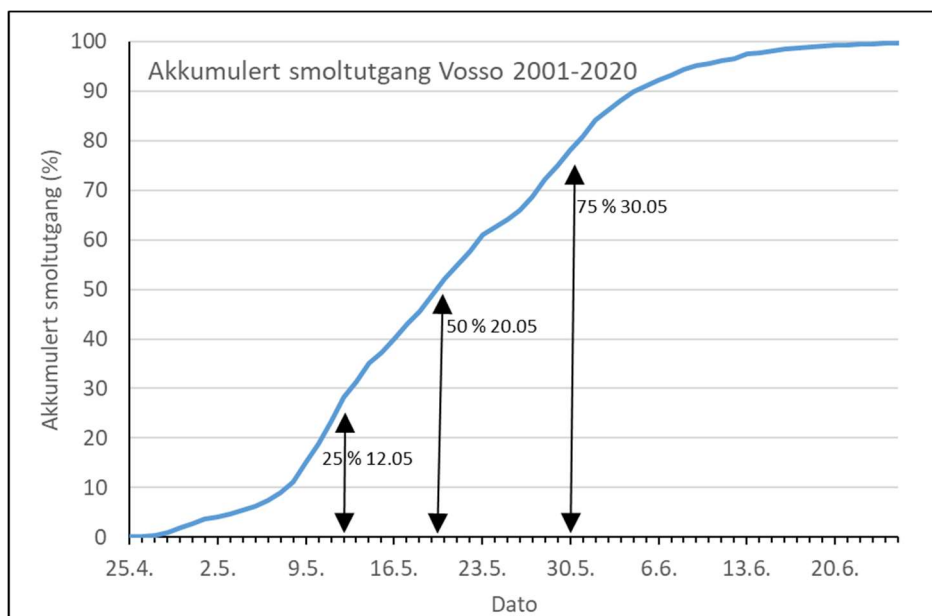
### 3. Smoltutvandringen fra Vosso

#### 3.1 Generelle trekk ved smoltutgangen fra Vosso

I Vosso viser fellefangstene for perioden 2001-2020 at smolten er på vandring fra siste halvdel av april, i hele mai og i noen år også ut juni (Figur 3.1). Slås data fra alle år sammen er 50 % av smoltutgangen (dvs. halvparten av totalfangsten) registret den 20. mai, med 25 % av utgangen registrert 12. mai og 75 % 29. mai (Figur 3.2). Dette betyr at mesteparten av smoltutvandringen skjer i løpet av noen uker i mai måned. Holdes data fra de ulike år separat kan man se en variasjon i andel utvandring som strekker seg mellom 5.-13. mai for 25 %, 12. mai-2. juni for 50 % og 19 mai-12 juni for 75 % (Tabell 3.1).



Figur 3. 1 Akkumulert andel smolt registret i smoltskrue i Bolstadhølen og/eller i smoltruser i Bolstadjfjorden i årene 2001 til 2020. Fangstene fra 2019 og 2020 er gitt med markerte streker i rødt.



Figur 3. 2 Akkumulert smoltutgang når samtlige data summeres for hele perioden 2001-2020. Pilene angir dato for når hhv. 25 %, 50% og 75% av smolten er registret i totalmaterialet.

**Tabell 3. 1** Smoltutvandring. Dato for når 25%, 50 % og 75 % av den totale fellefangsten av smolt er registret de ulike årene. Nederst i tabellen er tilsvarende verdier når fellefangsten i hele perioden 2001-2019 er slått sammen.

År	25 %	50 %	75 %
2001	12.05	14.05	19.05
2002	11.05	13.05	19.05
2003	11.05	23.05	01.06
2004	9.05	12.05	21.05
2005	14.05	27.05	30.05
2006	9.05	17.05	12.06
2007	5.05	13.05	28.05
2008	9.05	22.05	31.05
2010	20.05	22.05	26.05
2011	15.05	20.05	30.05
2012	20.05	23.05	03.06
2013	23.05	2.06	11.06
2014	14.05	21.05	29.05
2015	9.05	13.05	20.05
2016	14.05	22.05	30.05
2017	16.05	19.05	26.05
2018	16.05	30.05	02.06
2019	29.04	09.05	20.05
2020	21.05	29.05	31.05
2001-2020	12.05	20.05	30.05

Tidspunktene for smoltutvandringen fra Vossovassdraget gjengitt her er basert på fellefangster i Bolstadhølen og/eller Bolstadjorden og representerer den samlede smoltutvandringen fra vassdraget. Imidlertid kan det vær forskjell på når smolt fra ulike deler av vassdraget bidrar til den samlede utvandringen. Dette gjenspeiles i forsøk med utsett av PIT-merket smolt i Bolstad, Vosso og Strandaelva som under smoltvandringen er registret på antenner i Bolstadhølen. PIT-merket smolt satt i Bolstadelva i 2016 ble registrert betydelig tidligere enn smolt satt i Vosso, dvs. 50 % utvandring for smolten satt i Bolstad ble nådd den 10. mai mens for smolt satt i Vosso ble først 50 % utvandring nådd den 26. mai. For umerket smolt registrert i smoltskruen og smoltrusene var 50 % registrert hhv. den 21. og 26. mai. De fire smoltene gjenfanget fra utsett i Strandaelva ble registret ved Bolstad fra 1. til 12. juni. Til tross for feilkilder som varierende fangbarhet på feller og antenner gir disse resultatene en klar indikasjon på at smolten fra Bolstad forlater vassdraget tidligere enn smolt fra Vosso.

#### Når vandrer smolten inn i Evangervatnet?

I motsetning til de årlige fellefangstene ved utløpet ved Bolstad eller i Bolstadjorden finnes det lite felledata for når smolten vandrer inn i Evangervatnet. Men i 2016 ble det fanget 188 laksesmolt i en ruse som sto ute fra 28. april til 2. juni i Evangervatnet. De første smoltene ble registrert den 5. mai og 50 % av fangsten var registrert den 11. mai. Imidlertid ble rusen fylt av rekved i forbindelse med økende flomvannføring den 8.-9. mai og dette reduserte fangbarheten betydelig. Disse resultatene fra

rusefangsten i Evangervatnet sammenfalt med de første registreringer i smoltfellene i Bolstadhølen og i rusene i Bolstadjorden. Et felles signal for denne første vandringen synes å være økt vannføringen i første halvdel av mai måned. Samlet tyder dette på at resultatene fra smoltutvandringen registret ved Bolstad i hovedsak gjenspeiler hovedmønsteret for smoltvandringen inn i Evangervatnet noe som også er rimelig å anta gitt at vannføring og temperaturutvikling i hovedsak følger hverandre i Bolstadelva og Vosso. Tilsvarende resultat som viser at smoltvandringen starter om lag på samme tid i Bolstad og Vosso er også funnet ved bruk av akustisk merket smolt (Haugen m.fl. 2016; 2017). Vandringen gjennom Evangervatnet forsinket smolten og bidrar derfor til at smolt fra Bolstadelva starter sjøvandringen på et tidligere tidspunkt enn smolt fra Vosso.

### 3.2 Overlevelse av laksesmolt i Evangervatnet – Telemetrieforsøk

Telemetrieforsøk utført med akustisk merket smolt har tidligere rapportert om høy dødelighet i Vangsvatnet, Evangervatnet og i Bolstadjorden (Haugen m.fl. 2016, 2017). Størst smoltdødelighet (opp mot 82 %) ble registrert i Evangervatnet nedstrøms Evanger kraftverk (Haugen m.fl. 2017). Denne dødeligheten er forklart med mulig negativ miljøpåvirkning fra kraftverket og predasjon. Predasjon har også blitt beskrevet som en viktig faktor for høy smoltdødelighet i andre vassdrag og innsjøer (Jepsen et al. 1998, Honkanen et al. 2018, Kennedy et al. 2018), men felles for alle disse studiene er at det er vanskelig å dokumentere og beskrive effekten av predasjon på smoltens overlevelse.

For nærmere å undersøke problemstillingen rundt den høye smoltdødeligheten funnet i Evangervatnet i 2015 og 2016 (Haugen mfl. 2016, Haugen mfl. 2017), ble det våren 2019 gjennomført en masteroppgave som benyttet en helt ny merketeknologi (se Hanssen mfl. 2021). Merkene som ble testet ut er såkalte predatormerker. Som for andre akustiske merker opereres merke inn i bukhulen på fisken og merket sender ut lyd signaler med en unik kode i et fast tidsintervall (f.eks hvert minutt). Disse lyd signalene plukkes opp av lyttebøyer (hydrofoner) som er plassert ut på ulike steder i innsjøen. Lyttebøyerne registrerer ID-kode, tid og på denne måten kan man følge bevegelse og adferd over tid hos de individene man merker. Dersom en smolt blir spist av f.eks en ørret (predator) vil den brytes ned i magesekken til ørreten, og merket vil etter hvert komme i kontakt med den sure magesyren. Når dette skjer med vanlige akustiske merker fortsetter merket å sende ut signaler og en kan dermed ikke med sikkerhet si om en følger en smolt på vandring eller en smolt som ligger i magen til en fiskespisende fisk. Når smolten med predatormerke blir spist vil merket skifte signal (Halfyard mfl. 2017). Dette skjer ved hjelp av en biopolymer som reagerer med den lave pH-en i magen på predatoren. På denne måten kan man skille smolt på vandring fra smolt som ligger i magesekken på en predator.

#### Metode

Våren 2019 (7. mai) ble det merket 20 smolt med predatormerker til feltstudien i Evangervatnet, i tillegg til 10 smolt til en valideringsstudie og 5 smolt til en merkeeffektstudie (for utfyllende informasjon, se Hanssen 2020 og Hanssen m.fl. 2021).

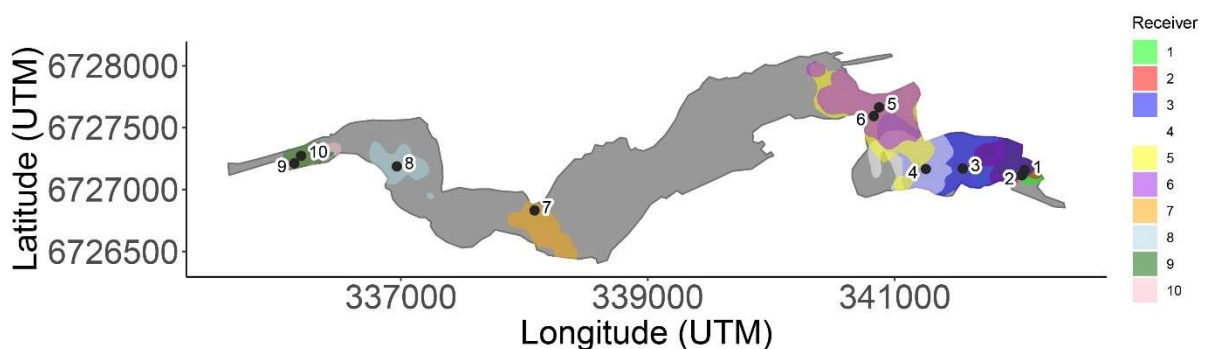
Vekt, lengde og relativ merkevekt (merkets vekt relativt til smoltens vekt) er vist i tabell 3.2. Påvirkning fra merket var antatt å være liten, da relativ merkeeffekt på 3.1 % var i samme sjikt som anbefalte maks-standarder på mellom 2 og 10 % (Newton mfl. 2016, Jepsen mfl. 2002).

**Tabell 3. 2** Lengde, vekt og relativ merkeeffekt for smolt brukt i felt-, validering- og merkeeffektstudie. Lengde oppgitt i cm, vekt i gram og relativ merkeeffekt (relativ merkeeffekt = merkevekt/smoltvekt \*100). S.D. er standardavvik.

Studie	Antall	Lengde	Vekt	Relativ	Lengde	Vekt	Relativ
		gjennomsnitt ± S.D.	gjennomsnitt ± S.D.	merkevekt gjennomsnitt ± S.D.	(maks-min)	(maks-min)	merkevekt (maks-min)
Merkeeffekt	5	13.9 ± 1.0	18.0 ± 2.6	3.8 ± 0.5	12.9-15.2	14.8-21.6	3.1-4.53
Validering	10	14.3 ± 0.9	21.8 ± 4.6	3.2 ± 0.7	12.9-15.8	15-30	2.23-4.47
Felt	20	14.3 ± 1.2	21.7 ± 5.7	3.1 ± 0.7	12.8-17	16-37	1.81-4.18

Smolten ble samlet inn i Wolf-felle ved Voss klekkeri, merket operert inn og deretter transportert til elva rett oppstrøms for Evangervatnet. Smolten ble sluppet fri nattetid, for å øke sjansen for overlevelse etter utslipp (Vollset m.fl. 2017). I tillegg ble det gjennomført prøvefiske for å kartlegge predatorbestanden i innsjøen, og disse ble sammenslått med prøvefiskedata fra 2016. Fiske ble gjennomført med stangfiske og smoltimitasjoner.

I Evangervatnet var det plassert ut 10 lyttebøyer (navngitt som «receiver» i figur 3.3). Med disse lyttebøyene kunne vi høre smolten i store deler av østre vannbasseng, samt transekter underveis og hele vestre del. Lyttebøyene hadde rekkevidde på opp til 0.56 km<sup>2</sup> ut ifra hvor de var plassert. På denne måten kunne vi spore smoltens vandring gjennom innsjøen, og med stor grad av nøyaktighet observere når de entret vannet, og når de var gjennom.

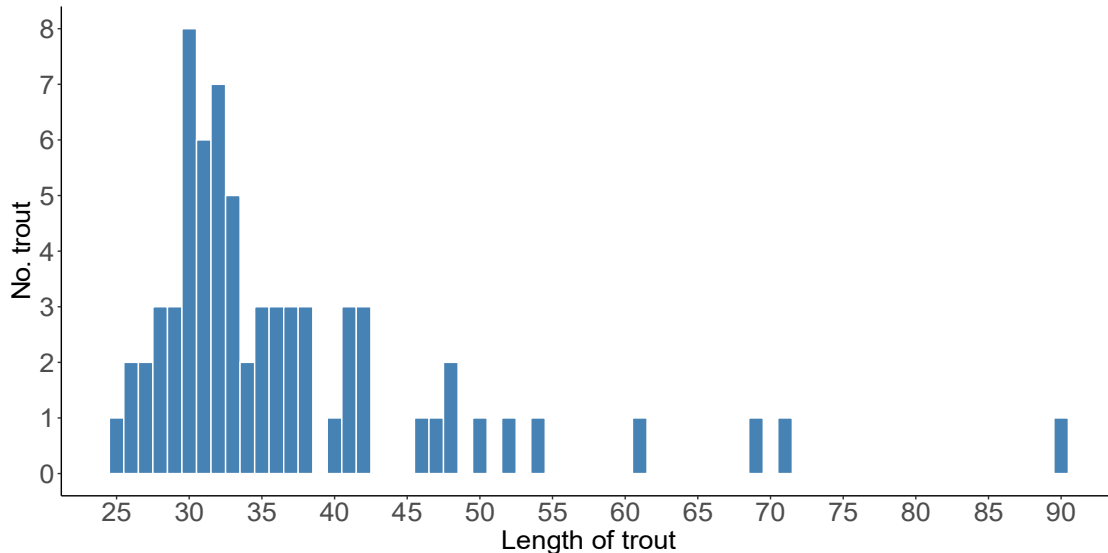


**Figur 3. 3** Kart over Evangervatnet med lyttebøyer (Receiver 1-10; svarte sirkler) i 2019. Fargene rundt lyttebøyene markerer rekkevidden, altså hvor man mottok signal fra merket smolt.

## Resultat - telemetrieforsøk

### Prøvefiske

Under prøvefiske i 2016 og 2019 ble det bare fanget ørret (*Salmo trutta*). Størrelse varierte fra 25 til 90 cm (gjennomsnitt=37 cm). Variasjon i fiskestørrelsene er vist i figur 3.4. Det var en klar blanding av tilsynelatende stasjonær ørret (brun i fargen) og sjøørret (blank i fargen).

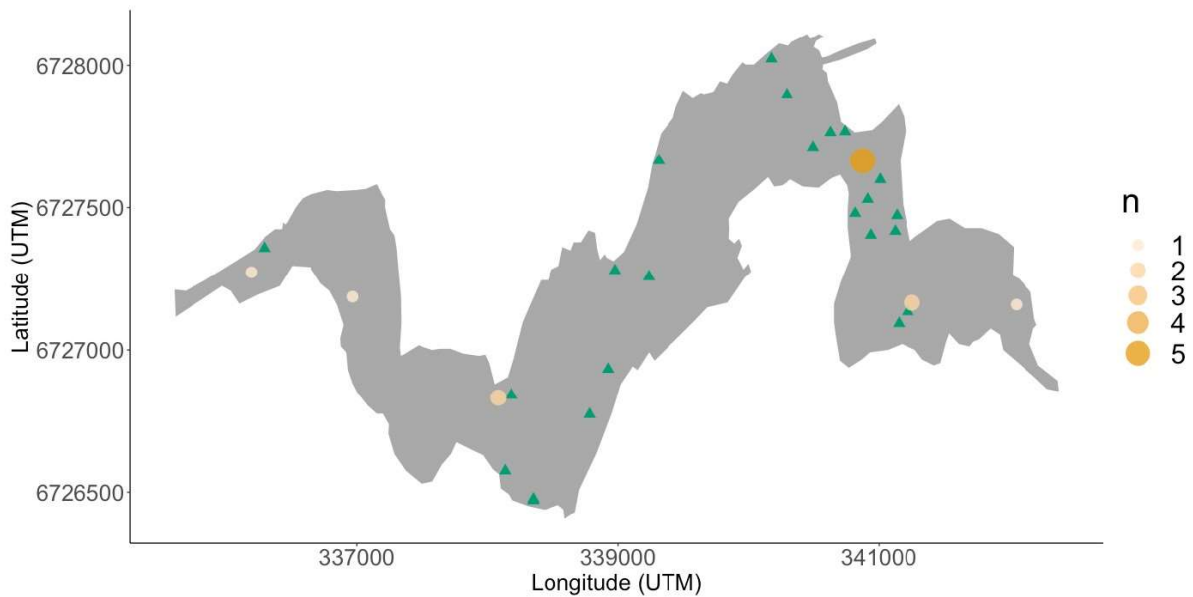


Figur 3. 4 Oversikt over fangst av predatorer (ørret) i Evangervatnet i 2016 og 2019. Antall på y-aksen og lengde i cm på x-aksen. Totalt ble det fanget 69 ørret.

### Smoltoverlevelse

Av de 20 smoltene som vandret inn i Evangervatnet var det bare åtte (40%) som overlevde og vandret videre ned Bolstadelven. De resterende 12 døde i innsjøen (Figur 3.5), hvorav halvparten av disse døde som følge av predasjon fra ørret. 50 % av smoltene døde innen de første to kilometerne av innsjøen (fra Vosso innløpet til og med sundet mellom Fadnes og Herdnes). Hverken lengde eller vekt av smolt hadde påvirkning på overlevelse (smoltvekt,  $z_{1,19} = -0.98$ ,  $p = 0.33$ ; smoltlengde,  $z_{1,19} = 1.12$ ,  $p = 0.23$ ).





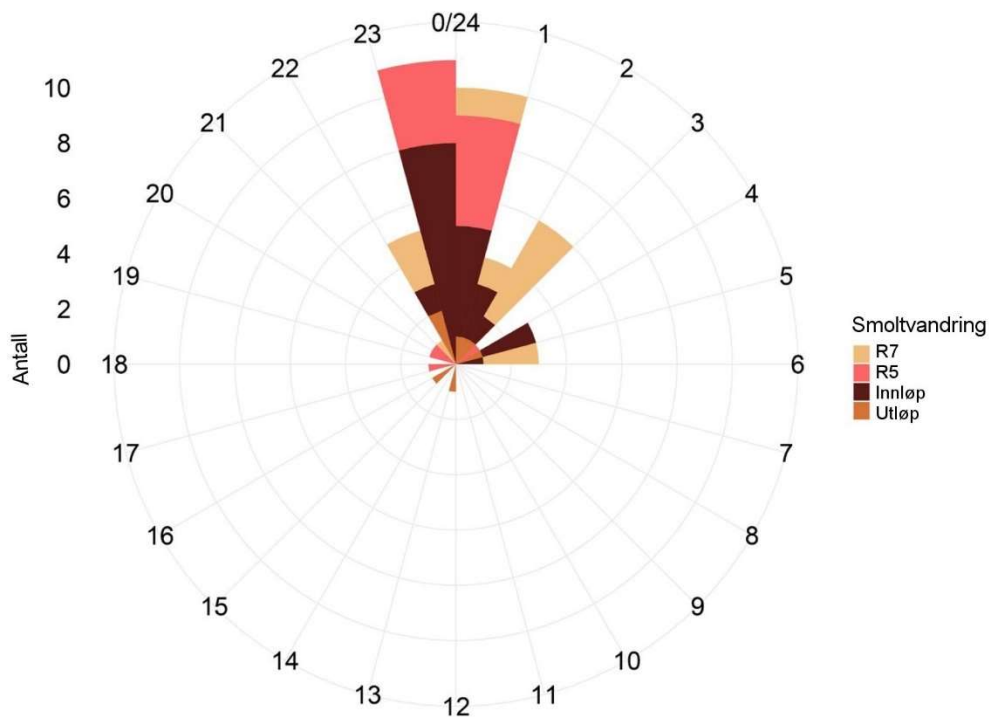
**Figur 3.5** Kart som viser dødelighet i Evangervatnet (sirklene indikerer dødelighetspunkt gitt ved siste observasjon for et gitt merke eller hvor merket skiftet signal fra «levende» til «spist», mens størrelsen på sirkelen indikerer antall smolt som døde ved det gitte punktet), og fangstlokasjon for ørret fanget under prøvefiske i 2019 indikert med grønne trekkanter. Hentet fra Hanssen 2020.

### Smoltatferd

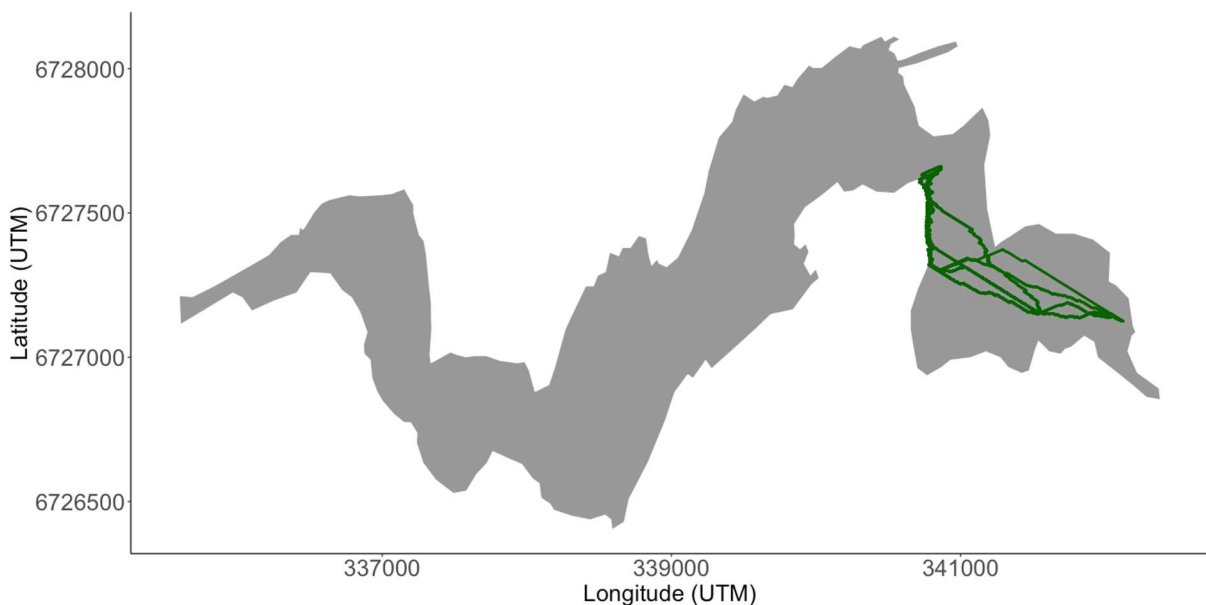
For de overlevende smoltene ble det observert et tydelig vandringmønster både inn i, i og ut av Evangervatnet, hvor mest aktivitet forekom på nattetid ( $r_{\text{bar}} = 35.4$ ,  $p < 0.01$ ; Figur 3.6). Figuren viser at storparten av aktiviteten forekom mellom kl.22 og 03 på natten.

Total oppholdstid i Evangervatnet for de overlevende smoltene var mellom 3 og 22 dager (gjennomsnitt  $11.1 \pm 6.4$  standardavvik). Vandringatferden til smolten i innsjøen var ikke ensrettet mot utløpet til Bolstadelven. Mange smolt brukte lang tid og bevegde seg mye i første vannbasseng (østre del av Evangervatnet mellom innløpet til Vosso og sundet mellom Fadnes og Hernes) før de døde eller kom seg videre til neste del av innsjøen (Figur 3.7).

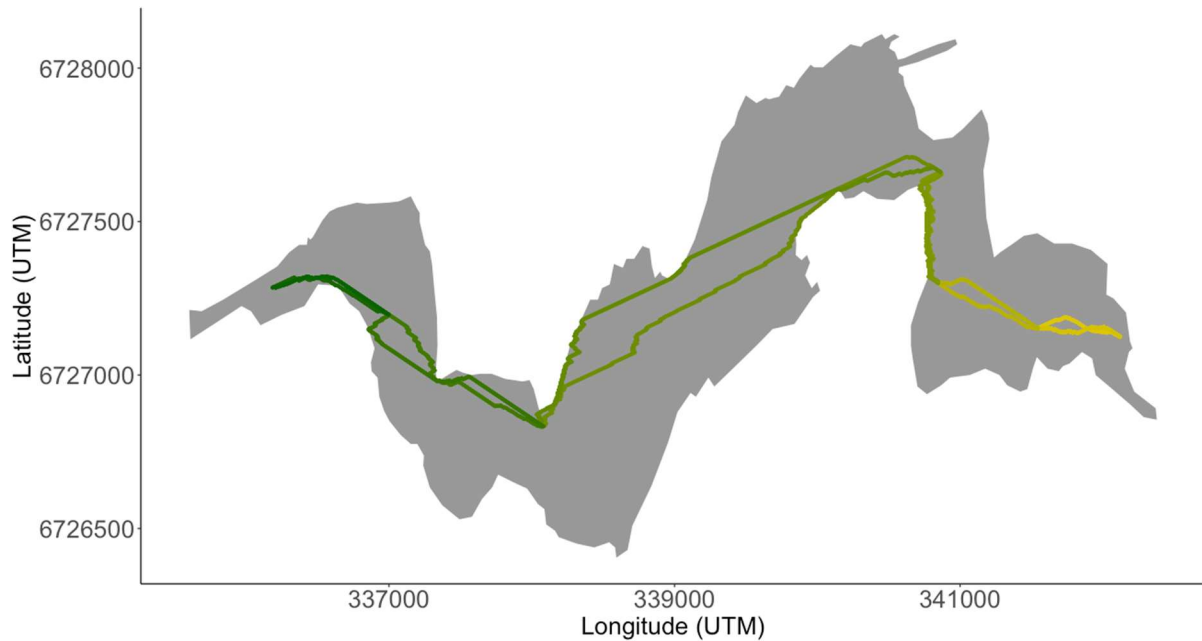
For smoltene som kom seg videre til neste del av innsjøen, utviste ti (90 %) av dem flere perioder med vandring i østlig retning, bort fra vannets utløp (Figur 3.8). Av smolten som døde ble halvparten spist av ørret. Predatorørreten kunne gjøre lengre vandringer i Evangervatnet på opp mot 3 kilometer før merket ble skilt ut.



**Figur 3. 6** Polarhistogram som illustrerer tidspunkt for vandring inn i, i og ut av Evangervatnet for laksesmolten. Fargene illustrerer de ulike delene av innsjøvandringen. Vandring i innsjøen er representert ved siste observasjoner på lyttebøye nr.5 (R5) og første observasjon ved lyttebøye nr.7 (R7). Første deteksjon (altså vandring fra Vosso og inn i Evangervatnet) er representert ved «Innløp» og siste deteksjon ved enden av Evangervatnet før vandring ned i Bolstadelva er representert ved «Utløp». «Antall» representerer antall hendelser. Modifisert figur fra Hanssen m.fl. 2021.



**Figur 3. 7** Eksempel på en av smoltene i Evangervatnet som oppholdt seg 24 dager i første vannbasseng og dens bevegelser i dette området. De grønne linjene illustrerer bevegelse mellom lyttebøyene for smolten og består av korteste avstand mellom dem, basert på tidssorterte deteksjoner. Denne smolten ble spist etter 24 dager. Hentet fra Hanssen 2020



**Figur 3. 8** Eksempel på en av de overlevende smoltene i Evangervatnet. Linjene illustrerer bevegelse mellom lyttebøyene for smolten og består av korteste avstand mellom dem, basert på tidssorterte deteksjoner. Den gradvis endrede fargen illustrere tid, hvor gul er tidlig da smolten vandret inn i vannet (07.05.2019) og mørk grønn er sent (25.07.2019) da smolten vandret ut av vannet. Denne smolten var rask ut av første vannbasseng, men gjorde flere vandringer østover, bort fra utløpet i hoveddelen av vannet. Hentet fra Hanssen 2020

### Konklusjon telemetristudie

Fra pilotstudien i 2019 ble det klart at predasjon fra ørret er en viktig dødelighetsfaktor for vandrende smolt i Evangervatnet. Høyest predasjonspress ble observert i første del av Evangervatnet. Lignende resultater ble funnet av Kennedy mfl. (2018), som fant 31.2 % dødelighet per km i overgangen mellom elv og innsjø. Smolten vandrer hovedsakelig om natten, som sammenfaller med observasjoner fra Skottland i Loch Voile (Thorpe mfl. 1981). Laksesmolten bruker lang tid gjennom innsjøen og gjør flere bevegelser bort fra utløpet, noe som tyder på ineffektiv navigering.

### 3.3 Strømforhold i Evangervatnet under smoltvandringen: Effekten av Evanger kraftverk på nedvandrende laksesmolt 2020

Resultatene fra 2019, samt fra studiene gjennomført av Haugen mfl. 2016 og 2017, viste at det er høy dødelighet for laksesmolt som vandrer gjennom Evangervatnet, og resultatene fra 2019 viste at dette i stor grad kan skyldes predasjon fra ørret. Alle studiene har vist at dødeligheten er spesielt høy i første del av innsjøen, og det er derfor knyttet spørsmål til hvordan vannet fra Evanger kraftverk påvirker disse prosessene. Studien i 2019 viste at smolten hovedsakelig er aktiv på natten, og at bevegelsesmønsteret til smolten i innsjøen var ineffektiv med spesielt høy oppholdstid i første del av innsjøen. Studier fra elvedelen av smoltvandringen har vist at både strømrretning og temperatur kan påvirke vandringsatferd til smolt. Det har som følge av den høye dødeligheten og trege vandringsstiden for smolt gjennom Evangervatnet blitt stilt spørsmål til om Evanger kraftverk kan ha en effekt på dette. Derfor ble det i 2020 undersøkt hvordan strømforholdene rundt Evanger kraftverk kan påvirke vandringsatferd og overlevelse i dette område. Resultatene nedenfor er hentet fra Vollset m.fl. 2021b, hvor man kan finne utdypende informasjon om metoder brukt og flere resultater knyttet til informasjonen nedenfor.

#### Metode

Atlantisk laksesmolt ble fanget ved hjelp av elektrofiskeapparat ved flere lokaliteter i Vosso (Kveile, Istadbekken, Flage, Kvilekval, Geitle, Strandaelva, Tverrelva, Teigdalen). I utgangspunktet var målet å fange fisk fra samme lokalitet (Tverrelva), men fordi vi ikke fikk tak i nok smolt der, ble smolt også fanget ved andre lokaliteter. Fisken ble delt opp i to grupper fra hver fangstlokalitet, hvor den ene gruppen ble merket med merker som hadde en dybdesensor ( $N = 45$ , gaffellengde =  $137 \pm 8$  mm) og den andre gruppen ble merket med merker som inneholdt en predasjonssensor ( $N = 45$ , gaffellengde =  $136 \pm 7$  mm). Predasjonssensoren i dette forsøket er en orienterings-basert sensor som trigges av et stort avvik fra standard orienteringen ved normal atferd. Et slikt avvik vil skje hvis fisken blir angrepet og spist av en predator. For å måle avvik etablerer merket det som kalles "baseline"-orientering de første timene etter at fisken har blitt merket. Etter denne første fasen vil merke indikere predasjon hvis merket endrer orientering med mer enn 70 grader.

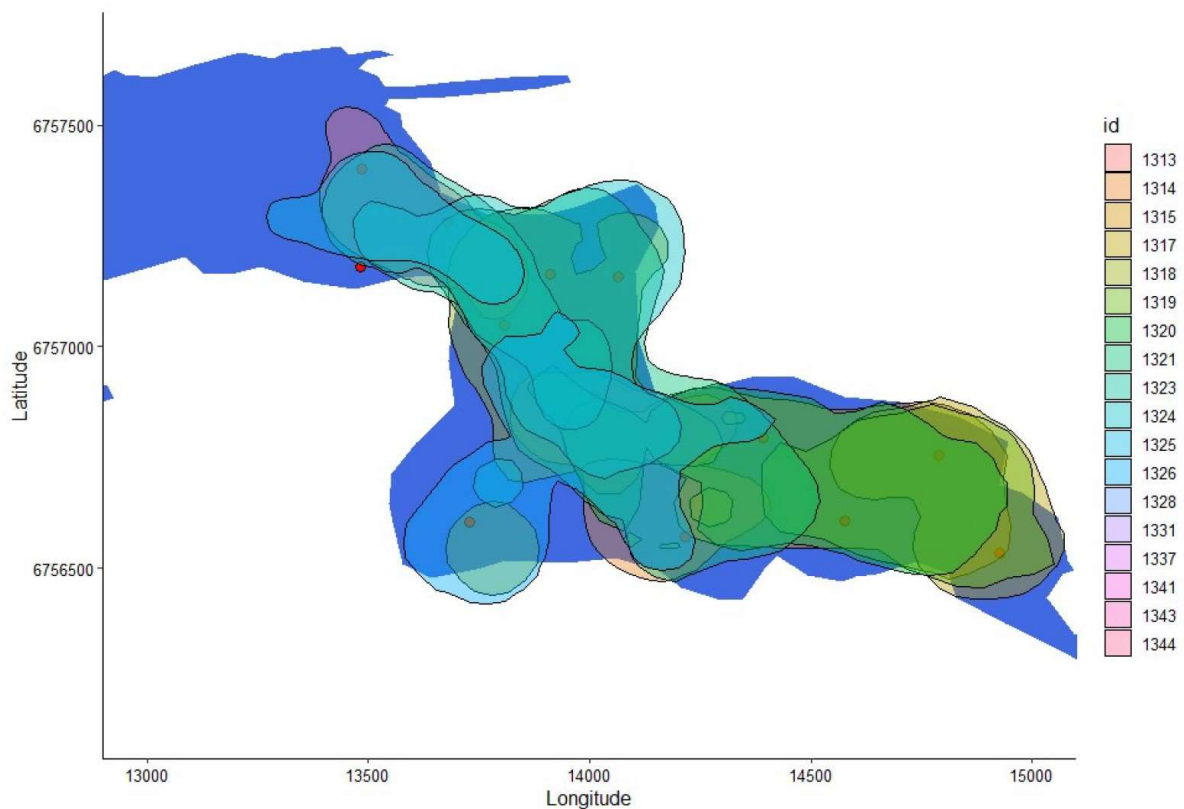
Predatorørret ( $N = 36$ ) ble fanget ved dorging i Evangervatnet i perioden 23 april til 12 juni. Det ble kun brukt wobblere i samme størrelsesorden som laksesmolt. Med unntak av én laks, ble det utelukkende fanget ørret ved dette fiske. Ørret ble merket med merker med dybdesensor for å kunne sammenligne dybdebruken mellom ørret og laksesmolt. Detaljene til merkene brukt i studiet er listet opp i Tabell 3.3.

Tabell 3. 3 Merkedetaljer fra undersøkelsen gjennomført i 2020.

Art	Merke type	Størrelse	Sensor	Ping-rate	Vekt i luft
Laksemolt (N=45)	V6D	137 ± 8 cm	Dybde	30-90 s	1.14 g
Laksemolt (N=45)	V6P	136 ± 7 cm	Predasjon	30-90 s	1.44 g
Ørret (N=36)	V13P	509 ± 8.0 cm	Dybde	60-120 s	14.3 g

### Oppsett av Lyttebøyer

Et nettverk av lyttebøyer (TBR 700, Thelma Biotel, Trondheim) ble i forkant studien satt ut i Vosso, Evanger, Bolstadelva, Bolstadjorden, og Osterfjorden. Ved Nordhordalandsbroen ble det festet 12 lyttebøyer (både TBR 700 og Vemco VR2W. En klynge av lyttebøyer (N = 13) ble plassert i første del av Evangervatnet fra elveosen til og med forbi utløpet av Evanger kraftverk. Klyngen og rekkevidden til merkene i og rundt Evanger kraftverk (Figur 3.9) gjorde det mulig å gjøre en grov triangulering som vil kunne gi gode resultater på hvor og når fisken passerte kraftverket. Rekkevidde-testing ble gjennomført med et 6 mm test-merke og en håndholdt GPS. Pingene fra dette merket ble koblet til GPS punktet og ble brukt til å lage 95% forventet rekkevidde rundt hver lyttebøye (95% kernel fra pakken adehabitatHR). Lyttebøyene ble lastet ned 20 juni.



Figur 3. 9 Resultater fra rekkevidde-testing av 13 lyttebøyer i første del av Evangervatnet. Hentet fra Vollset m.fl. 2021b.

### Dybdebruk laksesmolt og predatorørret

En generalisert linær additiv modell (GAM) av dybdebruk av de to artene med individ som «random» effekt ble brukt for å studere overlapp mellom de to artene. Dagslys ble brukt som forklaringsvariabel basert på `suncalc()` funksjonen i R sammen med dagen på året. To modeller ble sammenlignet – en med en interaksjon mellom de to artene og en uten interaksjon. Akaike informasjons kriterium (AIC) verdier ble brukt for å velge modellen med mest støtte i dataene.

### Passering forbi kraftverket

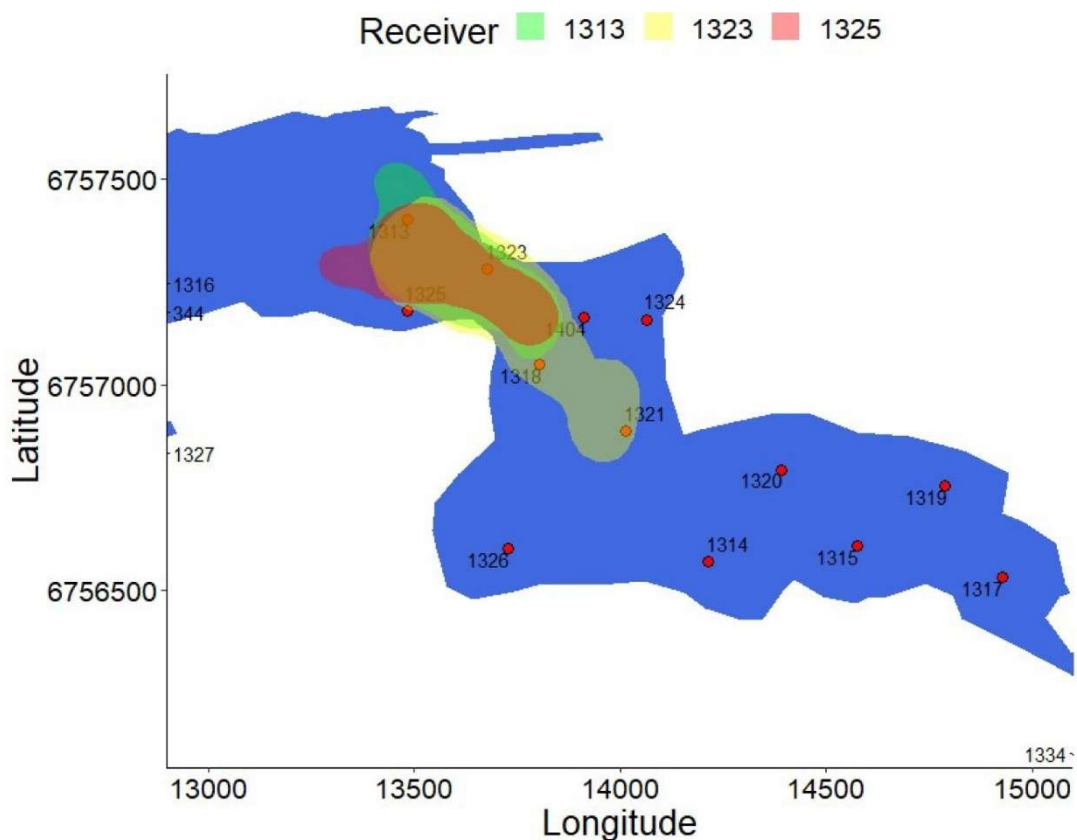
Den viktigste delen av studiet var å teste om laksesmolten passerte eller unngikk området i vannet som ble påvirket av kraftverktutløpet. En slik hypotese krever derimot at man definerer et kriterium for når fisken er registrert i influensområdet til kraftstasjonen eller har passert det. Tidligere studier har vist at effekten av Evangerkraftverk hovedsakelig strekker seg sør-vestover fra utløpet mot Fadenessundet, og at strømforholdene i sundet kan endre seg ved høy vannføring fra kraftverket (spesielt når vannføringen fra Vosso er lav). Figur 3.10 illustrerer hvordan driftsvannføringen fra Evanger kraftverk påvirker temperatur- og strømforhold i sundet mellom Fadnes og Hernes vinterstid. En strømvirvel dannes i sundet mellom Fadnes og Hernes. Transektmålinger av strøm i øvre vannlag viser at denne virvelen beveger seg mot klokkeretningen i perioder med relativt høy driftsvannføring i forhold til vannføringen i Vosso (Isaksen m.fl. 2019).



*Figur 3. 10. Bilde av utløpet av kraftverket vinteren 2021. Her kan man enkelt se at overflatevannet fra kraftverket påvirker temperaturen og dermed islegging av vannet rundt kraftverket og ved Fadenes. Rød pil viser hvordan laksesmolten må passere influensområdet til kraftverket. Hentet fra Vollset m.fl. 2021b.*

Det er flere måter å analysere dette på, men den enkleste er registreringer ved lyttebøye 1313 som har en rekkevidde som i strekker seg rett innenfor Fadenessundet (Figur 3.11). Andre alternative registreringer er siste deteksjon på lyttebøyer 1325 og 1323, eller første deteksjon på neste lyttebøye midtveis i Evangervatnet (1316). Det var derimot ingen stor forskjell i hovedkonklusjonen fra disse analysene, og derfor presenteres resultatene fra modellen hvor responsvariabelen er antall fisk som detekteres for første gang på lyttebøye 1313 per dag (Nreg).

Årsaken til at man benyttet antall smolt registrert for første gang og ikke passeringer av smolt som potensielt vandret tilbake igjen og passerte igjen var at data fra predatorsensoren indikerte at første registrering ved 1313 i all hovedsak var smolt, mens senere registreringer i mange tilfeller var ørret som hadde spist smolt.

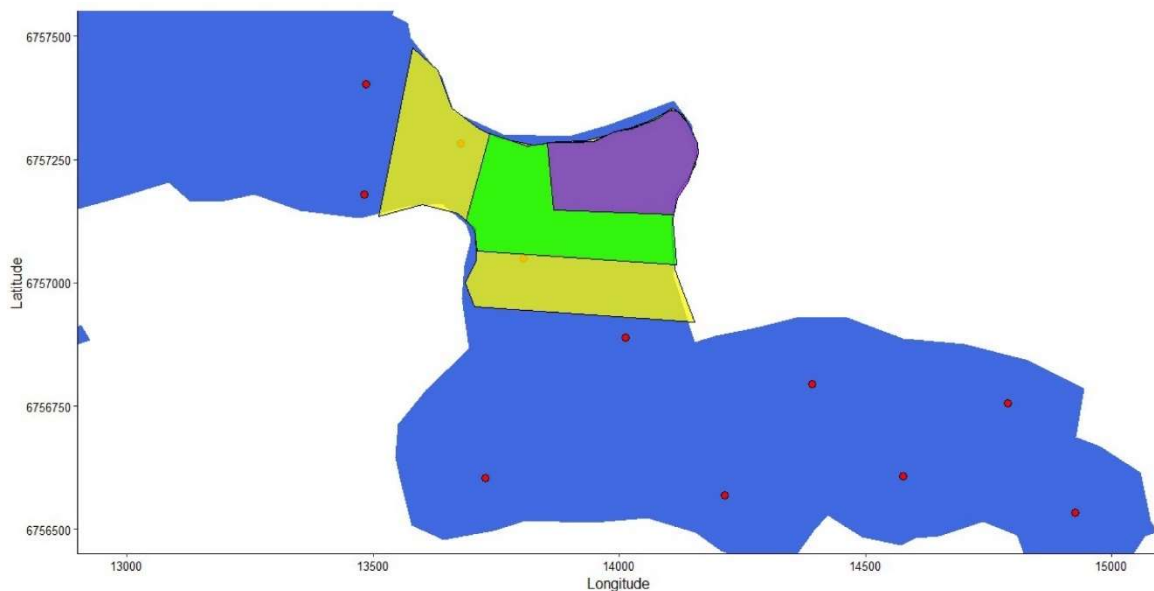


Figur 3. 11 Rekkevidde for aktuelle lyttebøyer til bruk i analysene. Hentet fra Vollset m.fl. 2021b.

### Påvirkning av oppholdstid i området rundt kraftverket

I diskusjon med Vossklekkeri, BKK og representant for oppdretterne (Nils Inge Hitland) ble det i november 2020, diskutert hvordan man skulle gå frem for å teste flere hypoteser med dataen. Et av spørsmålene som ble fremhevet var om det å oppholde seg i kraftverkvannet i seg selv er negativt for sannsynligheten for overlevelse nedstrøms. En slik hypotese krever at man definerer konkret influensområdet. Forslagene til influensområdet ble presentert (Figur 3.12) og godkjent av gruppen. Målet med disse tre polygonene er å bygge en modell hvor man tester om fisk som har oppholdt seg i dette området når kraftverket kjører vil ha en redusert overlevelse nedstrøms. Dette krever at en kan estimere posisjonen til fisken med en relativ god presisjon, og vil være krevende ettersom synkroniseringsmerkene ikke fungerte. Det er derimot mulig å bruke en grov trianguleringsmetode hvor man tar gjennomsnittsposisjonen til et individ basert på deteksjoner ved flere lyttebøyer. Dette vil ikke gi en eksakt posisjon til en fisk men vil indikere om fisken er i nærheten eller ikke til området som defineres som et influensområdet.

I analysen kom det raskt frem at det ikke spilte noen rolle for resultatet hvilken definisjon av de tre influensområdene man brukte (se Figur 3.12). Derfor presenteres resultatene fra kun det største (gul) området. For å analysere dataen ble det brukt en enkel t-test for å evaluere om sannsynligheten for å detekteres nedstrøms påvirkes av hvor hver enkelt fisk oppholdt seg i influensområdet. Dette kan også gjøres med en noe mer komplisert binomial GLM, men resultatene var så like at den enkleste modellen ble benyttet.



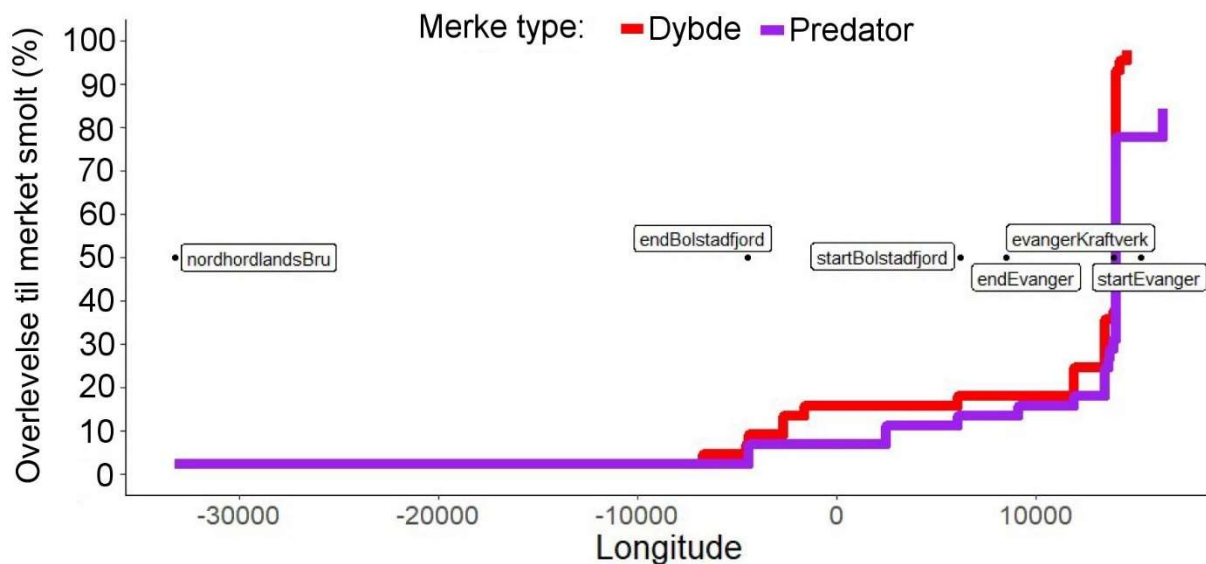
Figur 3. 12 Forslag til tre influensområder som skal brukes i videre analyse. Hentet fra Vollset m.fl. 2021b.



## Resultater

### Overlevelse og registrering

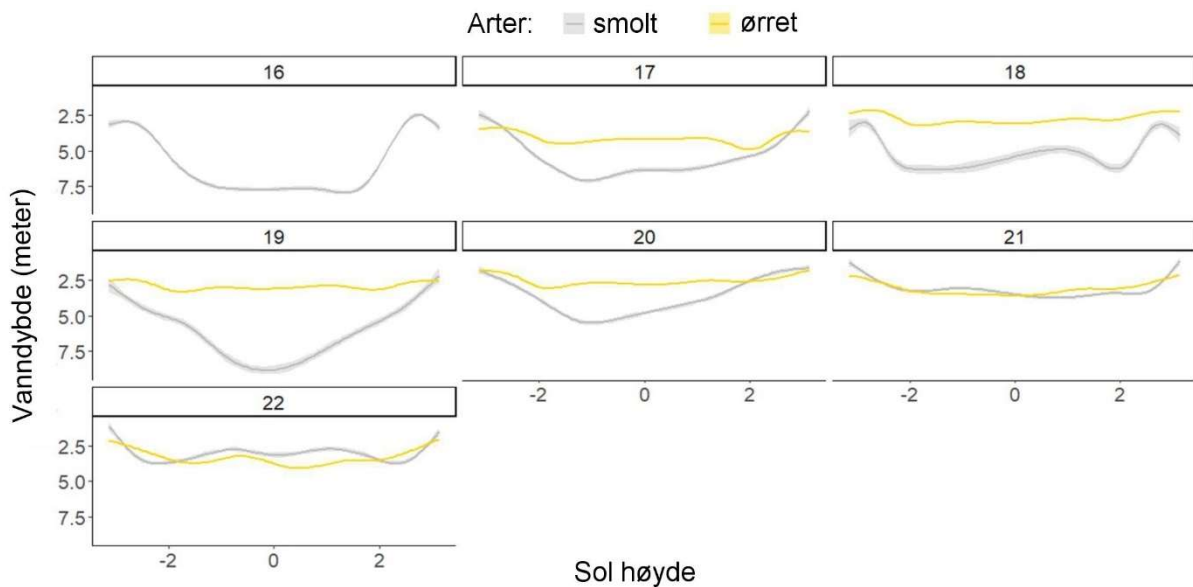
Av 90 laksesmolt ble 66 laksesmolt detektert på lyttebøyenettverket etter utslipp (73 %). Sannsynligheten for å bli detektert kunne ikke relateres til fiskestørrelse ( $Z = -0.43$ ,  $P = 0.67$ ) eller merketype ( $Z = 0.89$ ,  $P = 0.37$ ). Kun 26 av smoltene ble registrert til å ha vandret gjennom Evangervatnet (altså et 61 % frafall i innsjøen) (Figur 3.13). Det ble registrert 40 smolt med predasjonsmerke i Evangervatnet, hvor 31 av disse skiftet signal, hvilket indikerer at 78 % av smolten ble spist. Predasjonssensoren for de individuelle smoltene skiftet signal gjennom hele vassdraget, men flest smolt ble spist i første del av Evangervatnet.



Figur 3.13 Overlevelse for smolt med dybdesensorer (rød) og predatorsensorer (lilla). Hentet fra Vollset m.fl. 2021b.

### Dybdebruk

I snitt svømte ørreten ved et dyp på  $3.24 \pm 2.31$  m. Til sammenligning ble laksesmolt registrert ved et dyp på i snitt  $4.25 \pm 3.84$  m. Dybdebruken til ørret og laks viste at ørret svømte grunnere og laksesmolt dypere i løpet av våren (GAM,  $t = 75.95$ ,  $P < 0.01$ ). I tillegg var ørret signifikant høyere i vannsøylen enn laksesmolten gjennom hele perioden (GAM,  $t = -2.04$ ,  $P = 0.04$ ). Videre hadde begge artene en klar døgnvandring hvor de var dypere om dagen og grunnere om natten (GAM,  $F = 4445$ ,  $P < 0.01$ ). Døgnvandringen er vist i figur 3.14.



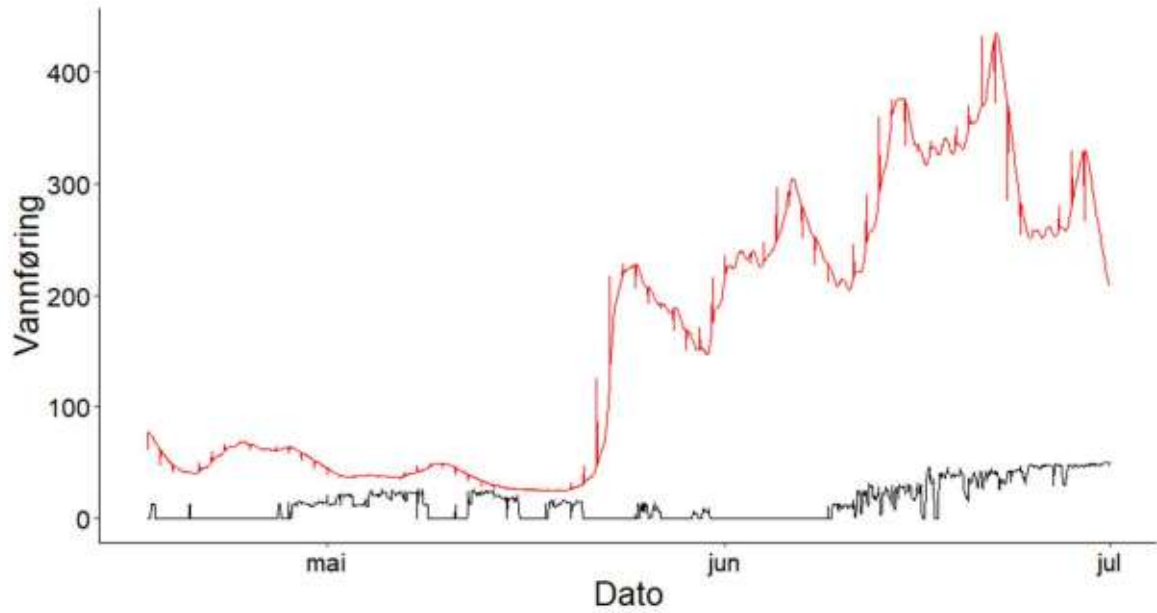
**Figur 3. 14** Dybdbruk til laksesmolt (grå linjer) og predatorørret (gul linje) relativ til solens posisjon i løpet av dagen fra uke 16 til uke 22. Sol høyde indikerer relative posisjonen til solen hvor 0 indikerer at solen på sitt høyeste. Hentet fra Vollset m.fl. 2021b.

### Vannføring Vosso og Evanger kraftverk våren 2020

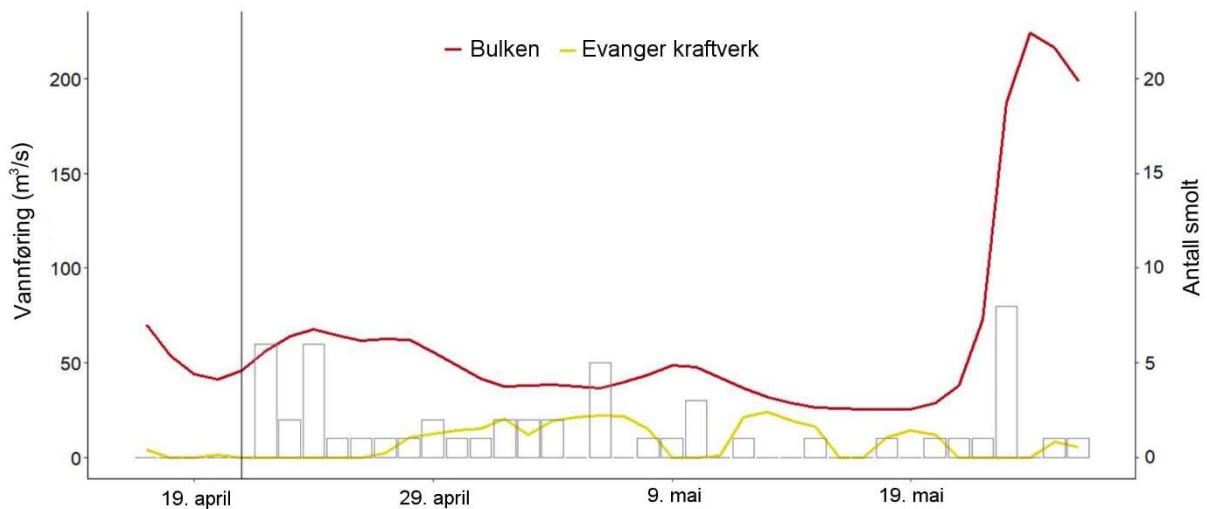
Vannføringsdata for Vosso og kraftverket viser at det var flere perioder med stenging av kraftverket gjennom hele perioden (svart linje, Figur 3.15). Det er også verdt å merke seg den relativt lave vannføringen i Vosso fram til siste halvdel av mai, hvor vårfloppen inntreffer og vannføringen øker kraftig. På grunn av høy autokorrelasjon mellom observasjoner og relativt få registreringer per time (mange null verdier) er det ikke mulig å kjøre modeller på timesbasis, slik at modellene på sannsynlighet for registrering forbi kraftverket gjøres på gjennomsnittsverdier per dag.

Totalt 44 laksesmolt ble detektert på lyttebøye 1313, som ifølge rekkeviddetesting indikerer at fisk som er registrert her, må ha passert gjennom området som er påvirket av kraftverket. I modellen for antall registrerte fisk var ikke interaksjonen mellom vannføring i Vosso og Evanger signifikant og ble derfor ekskludert. Antall fisk som for første gang ble registret ved lyttebøye 1313 var ikke relatert til vannføring fra Evanger kraftverk (Figur 3.16, GLM;  $z = 0.144$ ,  $P = 0.8853$ ), og heller ikke signifikant relatert til vannføringen i Vosso (Figur 3.16, GLM;  $z = 0.43923$ ,  $P = 0.0544$ ).

Resultatet knyttet til Evanger kraftverk var uavhengig av om man brukte andre målepunkter for passering, det vil (1) si andre lyttebøyer (2) siste registrering ved lyttebøye 1313 eller (3) inkluderte data fra dybdesensorer eller ikke (med usikkerheten knyttet til predasjon som dette medfører). Resultatet var også uavhengig om effekten av kraftverket ble definert som en kontinuerlig variabel eller om en faktor hvor kraftverket enten var av eller på. Effekten av vannføring i Vosso kom i noen av analysene ut som en signifikant forklaringsvariabel, og indikerte at flere fisk passerte på dager når vannføring fra Vosso var høy.

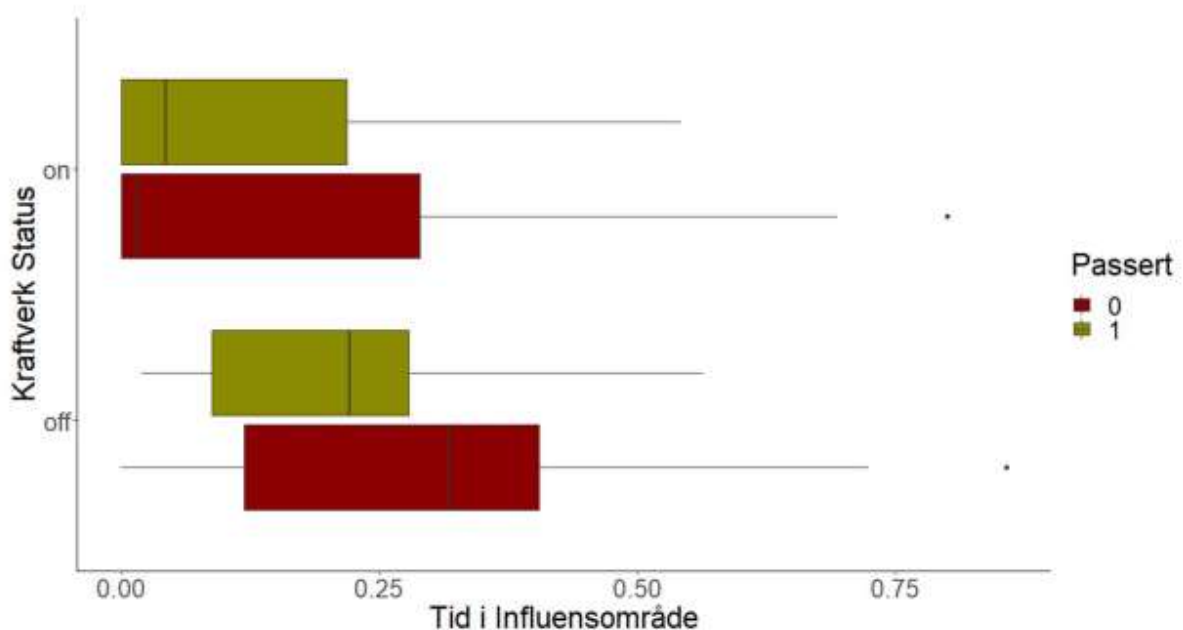


Figur 3. 15 Timevis vannføringsdata fra Evanger kraftverk (svart) og Vossovassdraget (ved Bulken, rød). Vannføring er gitt som  $m^3/s$ . Hentet fra Vollset m.fl. 2021b.



Figur 3. 16 Antall registreringer av laksemolt per dag (første registrering) ved lyttebøye 1313 og vannføring fra Bulken og Evanger kraftverk. Den vertikale linjen indikerer dagen fisken ble sluppet. Søykene markerer daglige registreringer av smolt registrert i perioden april – mai 2020. Antall fisk er markert på den høyre y-aksen. Hentet fra Vollset m.fl. 2021b.

Generelt kan det virke som laksesmoltene oppholdt seg i influensområdet mer når kraftverket var av enn når det var på. Det var derimot klart at denne effekten var uavhengig av om kraftverket var på eller av (t-test,  $p > 0.05$ ). Det vil si at individer som bruker lang tid å vandre gjennom denne delen av vannet virker til å ha lavere sjans for å overleve gjennom vannet, men at dette også var tilfelle når kraftverket var av. En test av om det var noen sammenheng med passering og tid i influensområdet når kraftverket var på indikerer ingen signifikant effekt av tid i influensområdet (Figur 3.17,  $t = 0.68263$ ,  $df = 54.939$ ,  $p\text{-value} = 0.4977$ ).



Figur 3. 17 Deteksjon nedstrøms kraftverket som en funksjon av proporsjon av tid i influensområdet («inside»). Fargene indikerer om kraftverket er på eller av («on» / «off»). Hentet fra Vollset m.fl. 2021b.

## Diskusjon og konklusjon

### Hypotese 1 «Laksesmolt har økt sannsynlighet for å vandre forbi kraftverkuttaket i perioder når kraftverket står»

Undersøkelsene fra denne studien viser at det ikke er støtte til denne hypotesen. Hovedresultatet er at selv om Evangerkraftverk var stengt i perioder under smoltutvandringen resulterte ikke dette i at flere merkede smolt ble registrert nedstrøms Evangervatnet eller i fjorden. I motsetning til kraftverksvannføringen, var det en svak signifikant effekt av vannføringen fra Vosso. Dette er ikke overraskende gitt den store dokumenterte effekten av vannføring på strømningsmønsteret i Evangervatnet ved høy vannføring. Analyser av strømningsmønsteret i Evanger indikerer at når vannføringen fra Vosso er det en mer ensrettet strøm gjennom sundet mellom Fadnes og Hernes, mens når vannføringen fra Vosso er relativ lav i forhold til driftsvannføringen til kraftverket vil det typisk være mer ustabile strømretninger i sundet. Dette er foreslått som en av mekanismene som kan føre til at Evangerkraftverk sitt kjøringsregime kan resultere i lenger oppholdstid for smoltene i indre del av Evangervatnet. Det var derimot ingen indikasjon i dataene på at det er større eller mindre sannsynlighet for smolt å passere forbi kraftverket i perioder uten driftsvannføring i 2020.

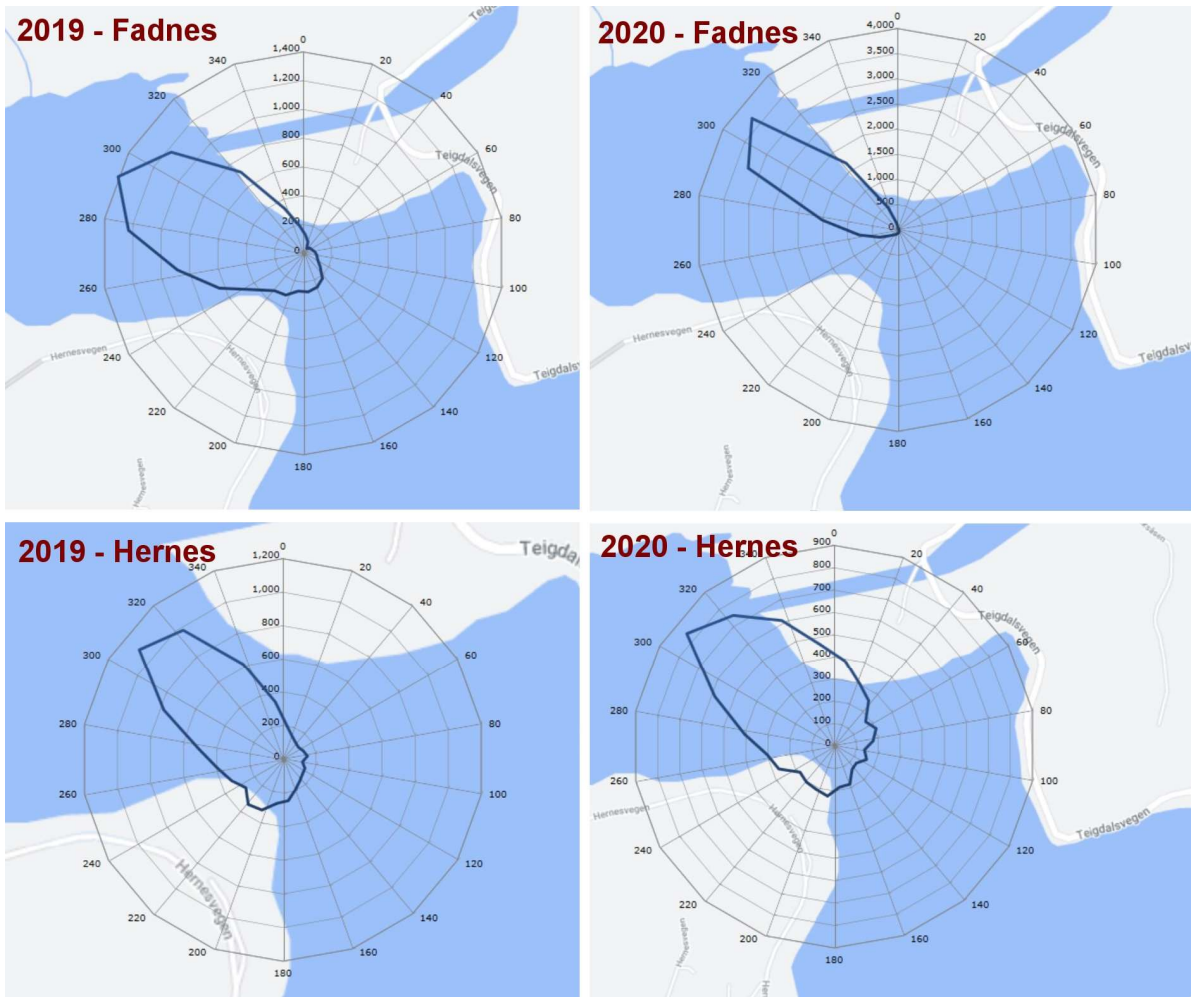
**Hypotese 2: «Fisk som oppholder seg lenge i området før kraftverktløpet har større sannsynlighet for å bli spist av predatorer enn fisk som vandrer raskere gjennom vannet»**

Resultatene fra modellen med influensområdet indikerer at sannsynligheten for å registreres nedstrøms var lavere hvis fisken oppholdt seg lenge i området utenfor kraftverket, men at dette var uavhengig om kraftverket var på eller av. Dette er dermed mest sannsynlig en funksjon av at fisk som oppholder seg lenge i innsjøen vil også ha større sannsynlighet for å bli spist ørret. Det er dermed lite som tyder på at dette er en direkte funksjon av at fisken påvirkes direkte av vannet som kommer fra kraftverket. Resultatene støtter opp under det Vollset m.fl. (2016) finner i sitt studie med akustisk merket klekkerifisk fra Bolstadelven, som viser at laks som har treg progresjonsrate i første del av Bolstadjorden har svært lite sannsynlighet for å detekteres lenger ute i fjorden. I tillegg ser man at dødelighetsratene (61 % av fisken i dette forsøket) sammenfaller med studien til Hanssen m.fl. (2020) på 60 %, og Haugen et al. 2016 (49 og 82 % dødelighet), noe som støtter opp rundt resultatene at vannet fra kraftverket ikke har en direkte målbar effekt på overlevelsesraten i innsjøen.

I 2019 ble det registrert utvandrende smolt i perioden 15. april til 10. juni, mens tilsvarende intervall for 2020 forekom noe senere i perioden 25. april til 17. juni (figur 3.46). Telemetristudier viser at smolt i Evangervatnet oppholder seg i øvre vannlag på dybder mellom 1 til 7 meter 95% av tiden, med et gjennomsnitt dyp omkring 4 meter. I periodene med utvandrende smolt var hovedstrømmen i øvre vannlag (3-5 meter) gjennom sundet nordvestlig både i 2019 og 2020 (Figur 3.18). Strømstyrken var noe sterkere ved Fadnes (gjennomsnitt 11-15 cm/s) enn ved Hernes (9 cm/s) i denne perioden for både 2019 og 2020.

Det ble registrert perioder med ustabile strømforhold ned varierende strømretninger og – hastigheter. Perioder med mest ustabil gjennom sundet sammenfaller med perioder med relativ høy driftsvannføring fra kraftverket i forhold til vannføringen i Vosso. Langvarige perioder (dager) med ustabil strøm i sundet forekom særlig i perioder da vannføringen i Vosso var lavere enn 60 m<sup>3</sup>/s. Slike perioder er illustrert og omtalt i Kapittel 2 (se Figur 2.22, 2.24, 2.27, 2.29). I disse periodene var det i større grad sørlig strømretninger med lav hastighet som dominerte i sundet. Disse målingene samsvarer bra med tidligere målinger gjennomført i 2018 (Isaksen m.fl. 2019). Resultatene er imidlertid ikke entydige, og det kan derfor ikke utelukkes at ustabile strømforhold i sundet representerer naturlige svingninger i forhold til vannføringen i Vosso. Det er heller ikke vist at perioder med ustabile strømforhold har en betydelig effekt på oppholdstid og vandringsmønster til smolt i denne delen av Evangervatnet.

Det ble registrert en stor virvel i bassenget øst for sundet mellom Hernes og Fadnes. Denne virvelen var stabil i klokke retning tidlig på våren når det var kaldt vann i Vosso, men opphørte når temperaturen i Vosso økte fra 7 °C til mer enn 8 °C (målt som døgnmiddel) i midten av mai. Dette er registrert både i 2018 og 2019, men ikke i 2020 sannsynligvis på grunn av lav temperatur og lav vannføring i Vosso dette siste året. Strømstyrken i øvre vannlag øker uten denne virvelen, og strømretningen blir mer stabil med vestlig retning gjennom bassenget og ut sundet mellom Fadnes og Hernes.



**Figur 3. 18** Hovedstrømretning gjennom sundet i perioden med smolt utvandring i 2019 (måleperiode 25. april – 10. juni) og 2020 (måleperiode 25. april – 17. juni).

## 4. Status og videre arbeid

- Målinger er utført i en preliminær undersøkelse i 2016 (4.mai – 27.mai) og om våren under smoltutgangen i årene 2018-2020. Resultatene viser at det i noen år kan dannes en stor naturlig strømvirvel som dreier med klokkeretningen over dypområdet i østre del av Evangervatnet. Når denne virvelen 'løser seg opp' resulterer det i en mer direkte vanntransport av overflatevann gjennom Evangervatnet fra innløpet til Vosso og gjennom sundet mellom Fadnes og Hernes. Studien viser hvordan vannføring og temperaturen i Vosso er bestemmende for dannelse og oppløsning av virvelen og hvordan dette kan variere mellom år i perioden for smoltvandring.
- Det er vist at driftsvannføringen kan påvirke både temperatur og strømforhold i Evangervatnet, og at denne effekten er størst i sundet mellom Fadnes og Hernes. Det er derimot ikke vist at dette har betydelig effekt på smoltvandringen eller om endringer i strømforhold øker oppholdstid og predasjonsfare for smolt i denne delen av innsjøen.
- Flere ulike studier har vist at det kan forekomme stor smoltdødelighet forbundet med innsjøvandring gjennom både menneskeskapt vannkraftreservoarer og naturlig innsjøer. Denne dødeligheten kan i stor grad forklares med lang oppholdstid og predasjon fra større fisk og fugl, men usikkerheten i disse studiene er effekt av merketoder og håndtering av fisk. Det er følgelig behov for flere studier for å finne ut hva som er «normal» smoltadferd og overlevelse ved vandring gjennom innsjøer, og hvordan de eventuelt påvirkes av ulike menneskeskapt endringer.
- Telemetri studiene viser at enkelte smolt har lengre oppholdstid enn andre i deler av Evangervatnet. Det er også vist at det er særlig høy predasjon av smolt i bassenget i den østre delen av Evangervatnet. Slike studier med bruk av predator merker har blitt gjennomført i både 2019, 2020 og 2021 (Hanssen m.fl. 2020; Vollset m.fl. 2021; Nash m. fl. 2022). Videre arbeid med analyser av et stadig større datasett vil med større presisjon vise hvilke faktorer som har størst betydning for smoltens vandringmønster gjennom innsjø. Bruk av denne merketoden i kombinasjon med strømmålinger vil derfor kunne gi mer detaljert informasjon om både når og hvor eventuell predasjon forekommer, og dermed gi langt bedre grunnlag for å vurdere eventuell smoltdødelighet i Evangervatnet og de andre innsjøene. Dette er et arbeid som pågår.

## 5. Referanser

- Barlaup BT (2018). Redningsaksjonen for Vossolaksen – framdriftsrapport per 2017. Uni Research Miljø LFI. LFI rapport nr. 300. 274 s.
- Hansen LP, Jonsson B, Døving KB (1984) Migration of wild and hatchery reared smolts of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., through lakes. *Journal of Fish Biology* 25: 617-623.
- Hanssen EM (2020). Novel telemetry predation sensors and mechanistic models reveal the tribulations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts migrating through lakes. Master thesis. University of Bergen.
- Hanssen EM, Vollset KW, Salvanes AGV, Barlaup BT, Whoriskey K, Isaksen TE, Normann ES, Hulbak M, Lennox RJ (2021) Acoustic telemetry predation sensors reveal the tribulations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts migrating through lakes. *Ecology of Freshwater Fish*
- Halfyard EA, Webber D, Del Papa J, Leadley T, Kessel ST, Colborne SF, Fisk AT (2017). Evaluation of an acoustic telemetry transmitter designed to identify predation events. *Methods in Ecology and Evolution* 8 (9): 1063–71. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12726>.
- Haugen TO, Ulvund JB, Lunde R, Kristensen T, Barlaup BT, Urke HA (2016). Vandringsmønster og overleving hjå laksesmolt frå Bolstadelva og Vosso [Migration pattern and survival in Atlantic salmon smolt from Bolstadelva and Vosso]. NMBU - MINA Fagrapport 32. 54 sider
- Haugen TO, Kristensen T, Nilsen TO, Urke HA (2017). Vandringsmønsteret til laksesmolt i Vossovassdraget med vekt på detaljert kartlegging av åtfærd i innsjøsystema og effektar av miljøtilhøve. - MINA fagrapport 41. 85 s.
- Honkanen HM, Rodger JR, Stephen A, Adams K, Freeman J, Adams CE (2018). Counterintuitive migration patterns by Atlantic salmon *Salmo salar* smolts in a large lake. *Journal of Fish Biology*, 93:159–162.
- Hvidsten NA, Heggberget T, Jensen AJ (1998) Sea water temperatures at Atlantic salmon smolt entrance. *Nordic Journal of Freshwater Research*:79-86
- Isaksen TE, Barlaup B T, Avlesen H, Skoglund H, Bye-Ingebrigtsen E, Vollset KW (2019). Strøm- og temperaturforhold i Evangervatnet under smoltutgangen 2018. *NORCE Norwegian Research Centre Miljø. LFI-rapport nr. 330*, 69.
- Jepsen N, Aarestrup K, Økland F, Rasmussen G (1998). Survival of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migration. *Hydrobiologia* 371/372: 347–353.
- Jepsen N, Koed A, Thorstad EB, Baras E (2002). Surgical implantation of telemetry transmitters in fish: how much have we learned? In *Aquatic Telemetry*, pp 239–248. Springer
- Kennedy RJ, Rosell R, Millane M, Doherty D, Allen M (2018). Migration and survival of Atlantic salmon *Salmo salar* smolts in a large natural lake. *Journal of Fish Biology* 93:134–137.
- Kirkhorn T 2018. Evangervatnet. Historiske data som grunnlag til vurderinger av strøm og temperaturforhold. BKK rapport (ID:11968950). 43 s.
- McCormick SD, Hansen LP, Quinn TP, Saunders RL (1998) Movement, migration, and smolting of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55:77-92
- McLennan D, Rush E, McKelvey S, Metcalfe NB (2018). Timing of Atlantic salmon *Salmo salar* smolt migration predicts successful passage through a reservoir. *Journal of Fish Biology* 92: 1651–1656.
- Nash AJ, Vollset KW, Hanssen EM, Berhe S, Salvanes AG, Isaksen TE, Barlaup BT, Lennox RJ (2022) A tale of two fishes: depth preference of migrating Atlantic salmon smolt and predatory brown trout in a Norwegian lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* (artikkel akseptert og i trykk)
- Newton MJ, Barry JA, Dodd M, Lucas C, Boylan P, Adams CE (2016). Does size matter? A test of size-specific mortality in Atlantic salmon *Salmo salar* smolts tagged with acoustic transmitters. *Journal of Fish Biology* 89 (3): 1641–50.
- Pulg U, Stranzl S, Olsen E (2018). Gassmetning i Evangervatnet 2015-2017. In: B.T. Barlaup (redaktør). Redningsaksjonen for Vossolaksen – framdriftsrapport per 2017, pp. 128-148. Uni Research Miljø. LFI rapport nr. 300.
- Karlsen Ø, Finstad B, Ugedal O, Svåsand T (2016). Kunnskapsstatus som grunnlag for kapasitetsjustering innen produksjonsområder basert på lakselus som indikator. Rapport fra Havforskningen. Nr. 14–2016 ISSN 1893-4536.
- Stenberg SK (2016). Effects of gas super saturation on migrating Atlantic salmon smolt (*Salmo salar*) in Evangervatnet. (MSc thesis). Department of Biology, University of Bergen, Bergen. Retrieved from [www.bora.uib.no/handle/1956/15374](http://www.bora.uib.no/handle/1956/15374)
- Stenberg SK, Velle G, Pulg U, Skoglund H (2020). Acute effects of gas supersaturation on Atlantic salmon smolt in two Norwegian rivers. *Hydrobiologia*, 1– 12. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04439-z>



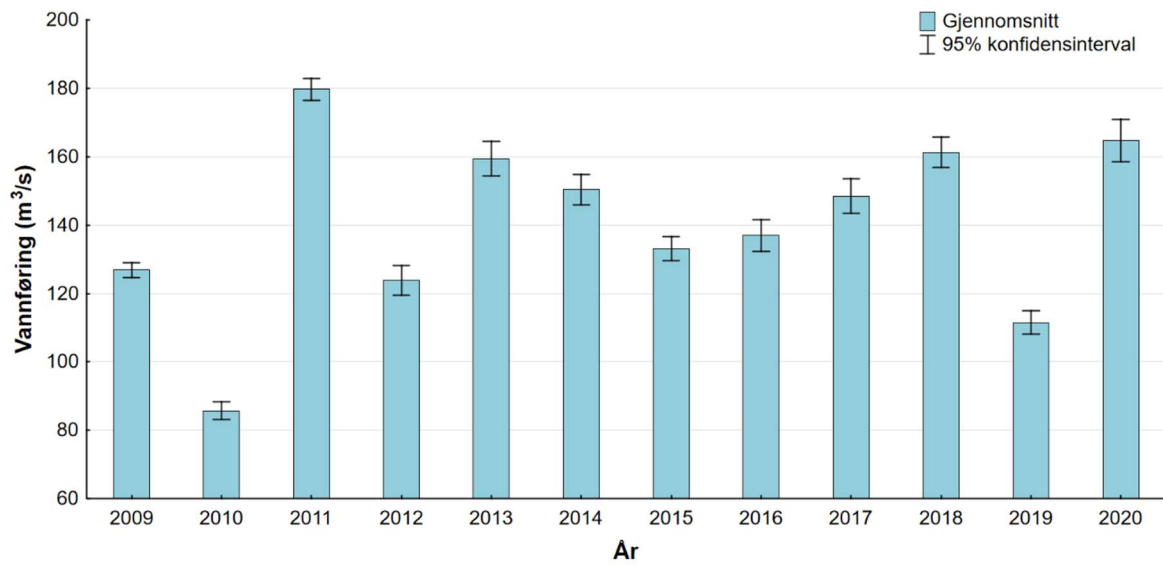
- Thorpe JE, Ross LG, Struthers G, Watts W (1981) Tracking Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.) through Loch Voil, Scotland. *Journal of Fish Biology* 19: 519-537.
- Ugedal O, Kroglund F, Barlaup BT, Lamberg A (2014). Smolt – en kunnskapsoppsummering. Rapport fra Miljødirektoratet. M126-2144.
- Urke HA, Kristensen T, Ulvund JB, Alfredsen JA (2013). Riverine and fjord migration of wild and hatchery-reared Atlantic salmon smolts. *Fisheries Management and Ecology*, 20, 544–552.
- Volkhardt GC, Johnson SL, Miller BA, Nickelson TE, Seiler DE (2007). Rotary screw traps and inclined plane screen traps. I: Johnson DH (red.) *Salmonid field protocols handbook: techniques for assessing status and trends in salmon and trout populations*, s. 235-266. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society.
- Vollset KW, Barlaup BT, Mahlum S, Skår B, Skoglund H, Normann ES, Holst JC, Wennevik V, Skaet G, Grimsrud Davidsen J (2014). Migration and predation of Atlantic salmon smolts from Vosso. Uni Research Environment. Final report FHF project #900778.
- Vollset KW, Mahlum S, Davidsen JG, Skoglund H, Barlaup BT (2016) Interaction between migration behaviour and estuarine mortality in cultivated Atlantic salmon *Salmo salar* smolts. *Journal of Fish Biology* 89:1974-1990
- Vollset KW, Barlaup BT, Normann ES (2017). Release during night enhances survival of wild Atlantic salmon smolts. *Fisheries Management and Ecology* 24 (3): 256–64. <https://doi.org/10.1111/fme.12230>.
- Vollset KW, Lennox RJ, Lamberg A, Skaala Ø, Sandvik AD, Sæggrov H, Kvingedal E, Kristensen T, Jensen AJ, Haraldstad T (2021a). Predicting the nationwide outmigration timing of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts along 12 degrees of latitude in Norway. *Diversity and Distributions*, 27, 1383-1392.
- Vollset KW, Lennox R, Haugen T, Hanssen EM, Barlaup BT (2021b) Resultater fra studier av smoltoverlevelse forbi Evanger kraftverk våren 2020. NORCE LFI rapport nr 420

## Vedlegg 1 – Instrumentdata (ADCP)

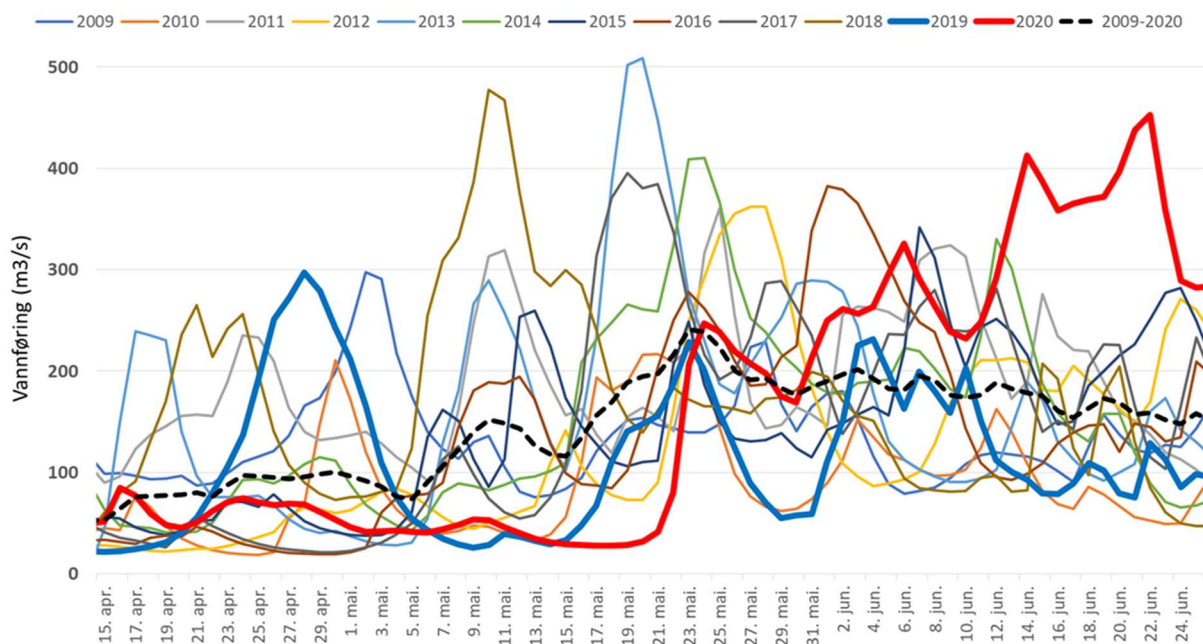
Stasjonsopplysninger for strømmålinger med bruk av profilmåler av typen ADCP modell AquaDopp Current Profiler 400kHz (Nortek AS)

2019	<b>STASJON S1 (Hernes)</b>			
	Koordinater målested, N:	60° 39.164	Koordinater målested, Ø:	006° 05.232
	Bunndyp (m):	14,8 (13,9-15,9); gjennomsnittdyp (min-maks)		
	Instrumentdyp (m):	Samme som bunndyp	Måleretning:	Opp
	Måleperiode start:	25.04.19 (kl.17:00)	Måleperiode slutt:	25.06.19 (kl. 11:00)
	Måledyp (m):	2-14 m	Måler nr. (instrument ID)	SAM-02 (AQD9552)
			Antall målinger (per meter måledyp)	8749
			Rådata (filnavn)	SAM-0201.prf
	<b>STASJON S2 (Fadnes)</b>			
	Koordinater målested, N:	60° 39.204	Koordinater målested, Ø:	006° 05.261
	Bunndyp (m):	16,8 (15,9-17,9); gjennomsnittdyp (min-maks)		
	Instrumentdyp (m):	Samme som bunndyp	Måleretning:	Opp
Måleperiode start:	25.04.19 (kl.17:02)	Måleperiode slutt:	25.06.19 (kl. 11:02)	
Måledyp (m):	2-16 m	Måler nr. (instrument ID)	SAM-03 (AQD11173)	
		Antall målinger (per meter måledyp)	8749	
		Rådata (filnavn)	SAM-0301.prf	
<b>STASJON C2</b>				
Koordinater målested, N:	60° 39.004	Koordinater målested, Ø:	006° 05.660	
Bunndyp (m):	28,3 (27,5-29,7); gjennomsnittdyp (min-maks)			
Instrumentdyp (m):	Samme som bunndyp	Måleretning:	Opp	
Måleperiode start:	25.04.19 (kl.17:00)	Måleperiode slutt:	25.06.19 (kl. 11:00)	
Måledyp (m):	3-29 m	Måler nr. (instrument ID)	SAM-04 (AQD11184)	
		Antall målinger (per meter måledyp)	8749	
		Rådata (filnavn)	SAM-0401.prf	
2020	<b>STASJON S1 (Hernes)</b>			
	Koordinater målested, N:	60° 39.164	Koordinater målested, Ø:	006° 05.232
	Bunndyp (m):	14,9 (13,8-16,4); gjennomsnittdyp (min-maks)		
	Instrumentdyp (m):	Samme som bunndyp	Måleretning:	Opp
	Måleperiode start:	15.04.20 (kl.13:00)	Måleperiode slutt:	18.06.20 (kl. 06:50)
	Måledyp (m):	2-14 m	Måler nr. (instrument ID)	SAM-02 (AQD9552)
			Antall målinger (per meter måledyp)	9180
			Rådata (filnavn)	SAM-0201.prf
	<b>STASJON S2 (Fadnes)</b>			
	Koordinater målested, N:	60° 39.204	Koordinater målested, Ø:	006° 05.261
	Bunndyp (m):	13,9 (12,7-15,4); gjennomsnittdyp (min-maks)		
	Instrumentdyp (m):	Samme som bunndyp	Måleretning:	Opp
Måleperiode start:	15.04.20 (kl.13:02)	Måleperiode slutt:	18.06.20 (kl. 06:52)	
Måledyp (m):	2-14 m	Måler nr. (instrument ID)	SAM-03 (AQD11173)	
		Antall målinger (per meter måledyp)	9198	
		Rådata (filnavn)	SAM-0301.prf	
<b>STASJON C2</b>				
Koordinater målested, N:	60° 39.004	Koordinater målested, Ø:	006° 05.660	
Bunndyp (m):	29,8 (29,1-31,07); gjennomsnittdyp (min-maks)			
Instrumentdyp (m):	Samme som bunndyp	Måleretning:	Opp	
Måleperiode start:	15.04.20 (kl.13:00)	Måleperiode slutt:	01.06.19 (kl. 22:00)	
Måledyp (m):	3-29 m	Måler nr. (instrument ID)	SAM-04 (AQD11184)	
		Antall målinger (per meter måledyp)	6823	
		Rådata (filnavn)	SAM-0401.prf	

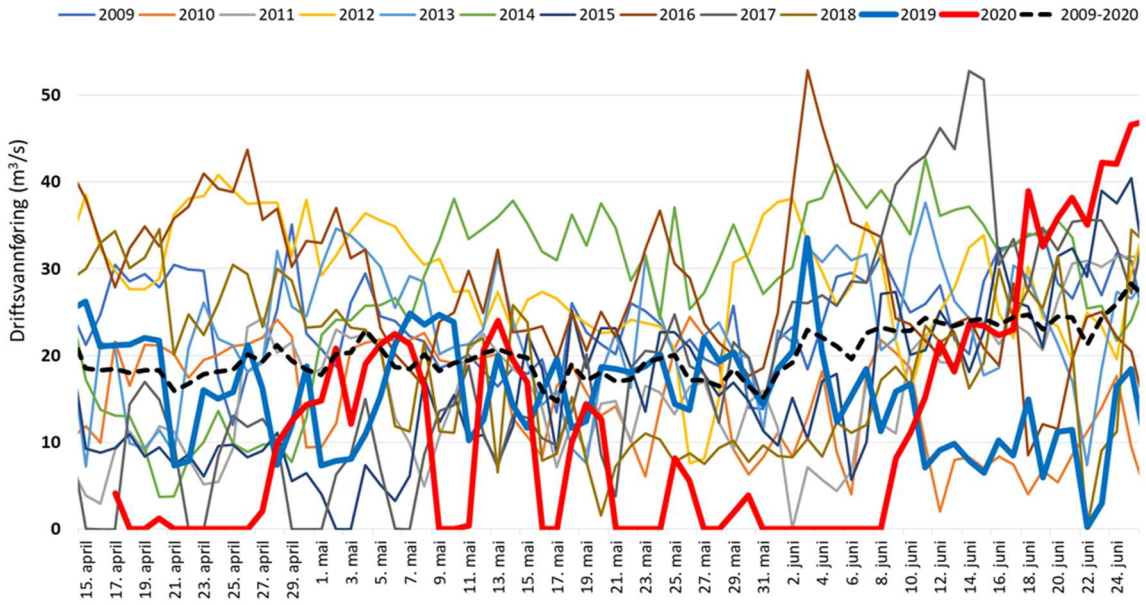
## Vedlegg 2 – Vannføring (Vosso) og driftsvannføring (Evanger kraftverk)



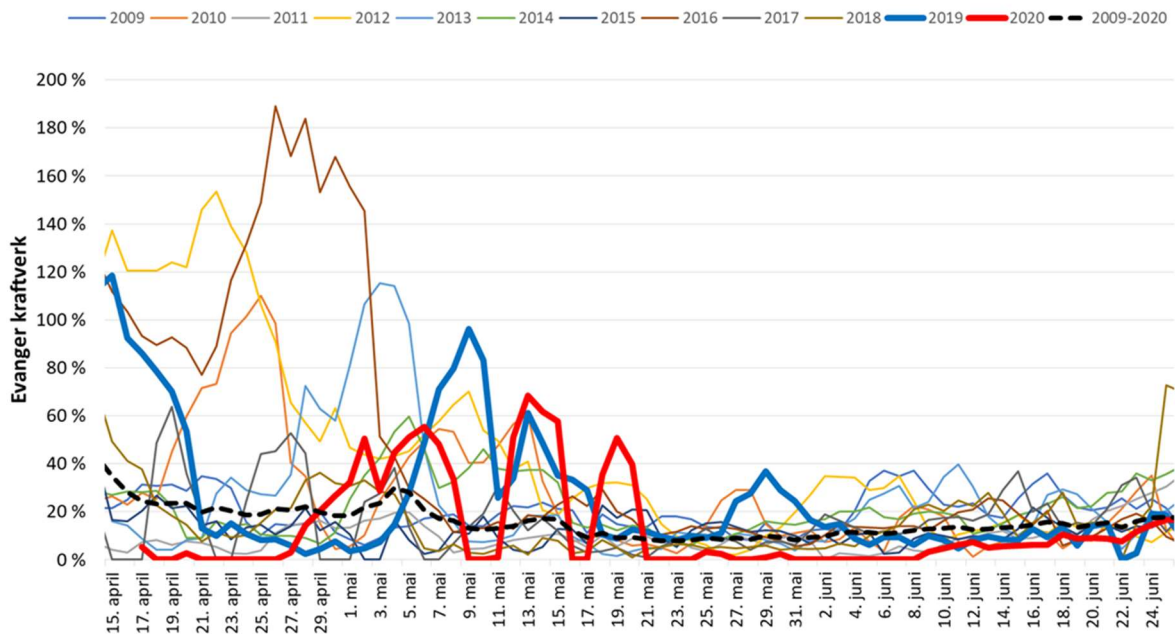
**Figur 2A** Vannføring Vosso v/innløp Evangervatn. Gjennomsnittlig vannføring siste 12 år for perioden 15. april til 25. juni (Kilde: BKK, NVE).



**Figur 2B** Vannføring Vosso ved innløpet til Evangervatnet innen perioden 15. april til 25. juni (døgnmiddel). Målinger fra 2019 og 2020 er markert med hhv blå og rød linje i forhold til gjennomsnittet for alle årene (stiplet linje). Kilde: BKK og NVE

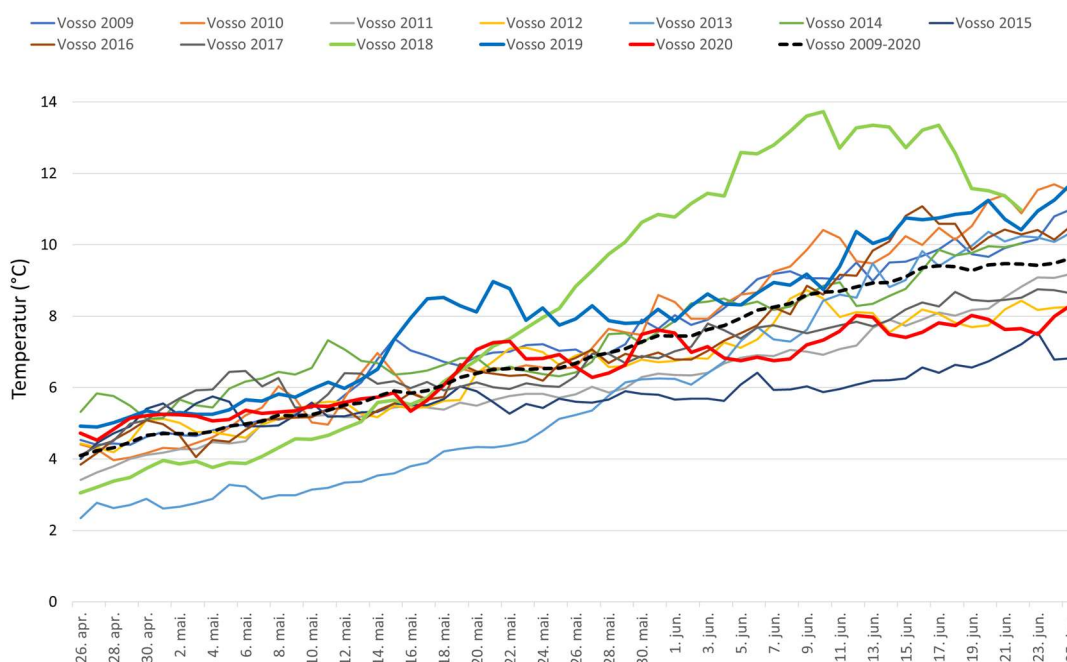


**Figur 2C.** Evanger kraftverk. Driftsvannføring vist som døgnmiddel for perioden 25. april til 26. juni i årene 2009-2019. Registreringer fra målinger i 2019 og 2020 er markert med hhv blå og rød linje i forhold til gjennomsnittet for alle årene (stiplet linje). Kilde: BKK

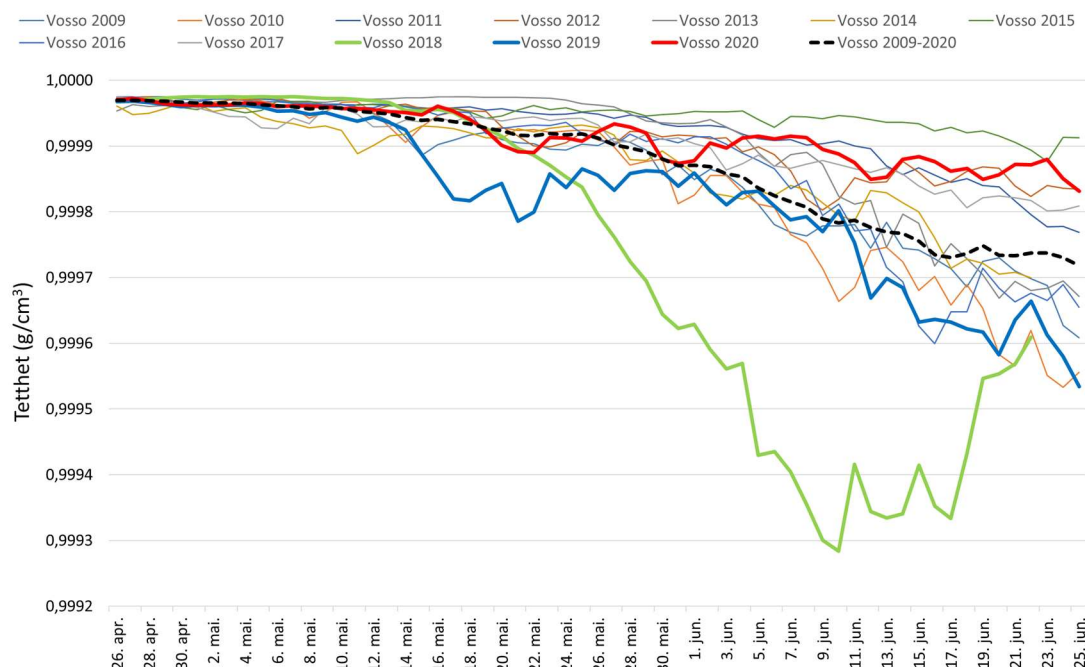


**Figur 2D.** Driftsvannføring Evanger kraftverk i forhold til vannføring i Vosso (oppgitt i %) ved innløpet i Evangervatnet 2009-2020 (døgnmiddelverdier). Driftsvannføring i 2019 (blå) og 2020 (rød) sammenlignet med tidligere år for perioden 15. april – 25. juni. Gjennomsnittet for alle år er markert med stiplet linje. Kilde: BKK

## Vedlegg 3 – Temperatur og vanntetthet i Vosso for perioden april – juni i årene 2009-2020



**Figur 3A.** Vanntemperatur Vosso 2009-2020. Døgnmiddel i Vosso ved innløpet til Evangervatnet for perioden april-juni. Resultater fra 2018 (grønn), 2019 (blå) og 2020 (rød) er uthevet med tykkere linje og viser forhold til gjennomsnittet for alle årene (2009-2020, stiplet linje). Kilde: BKK, NORCE, NVE.



**Figur 3B.** Vanntetthet Vosso 2009-2020. Beregnet utfra døgnmiddel temperaturer i Vosso ved innløpet til Evangervatnet. Resultater fra 2018 (grønn), 2019 (blå) og 2020 (rød) er uthevet med tykkere linje og viser forhold til gjennomsnittet for alle årene (2009-2020, stiplet linje). Kilde: BKK, NORCE, NVE.

## Vedlegg 4 - Strømdata

**Tabell 4A** – Strømdata for hele måleperioden i 2019 fra 25. april til 25. juni, og for perioden før og etter strømskifte i øvre del av Evangervatnet 15. mai. Strømhastigheter oppgitt som cm/s.

<b>2019 (hele måleperioden)</b>	<b>St. C2</b>			<b>St. S1</b>			<b>St. S2</b>		
Måledybde (meter)	2-4	10-12	27-29 (bunn)	2-4	10-12	12-14 (bunn)	2-4	10-12	14-16 (bunn)
Gjennomsnittlig strømhastighet ±std.av	17,9 (10,1)	16,8 (10,0)	13,9 (7,5)	10,5 (5,9)	9,9 (5,3)	10,8 (5,8)	11,2 (6,1)	11,2 (6,1)	14,3 (8,9)
Signifikant maks. strømhastighet	29,4	28,4	22,5	17,2	15,9	17,4	18,1	18,1	24,4
Signifikant min. strømhastighet	7,3	6,6	6,2	4,5	4,5	4,9	5,0	5,1	5,8
Neumann parameter	0,78	0,74	0,42	0,46	0,52	0,50	0,54	0,68	0,32
Retning med størst vanntransport	V	V	SV	V, NV	V	V	V, NV	V	SV, V
Retning med minst vanntransport	N	N, NØ	N, NØ	Ø	Ø	NØ, Ø	NØ	NØ	N
Antall målinger	8749	8749	8749	8749	8749	8749	8749	8749	8749

<b>2019 (FØR 15. mai)</b>	<b>St. C2</b>			<b>St. S1</b>			<b>St. S2</b>		
Måledybde (meter)	2-4	10-12	27-29 (bunn)	2-4	10-12	12-14 (bunn)	2-4	10-12	14-16 (bunn)
Gjennomsnittlig strømhastighet ±std.av	10,6 (5,8)	10,3 (5,8)	13,0 (6,7)	9,4 (5,2)	9,7 (5,0)	11,4 (5,9)	13,5 (7,2)	13,2 (7,0)	16,7 (10,4)
Signifikant maks. strømhastighet	17,2	17,1	20,6	15,2	15,5	18,1	21,7	21,3	28,6
Signifikant min. strømhastighet	4,6	4,4	5,9	4,1	4,4	5,3	6,1	5,9	6,5
Neumann parameter	0,64	0,67	0,64	0,30	0,52	0,58	0,51	0,68	0,43
Retning med størst vanntransport	S	SV	S	V	SV	V	V	V	SV, V
Retning med minst vanntransport	N	N	N	NØ	NØ	NØ	N, NØ	N, NØ	N
Antall målinger	2778	2778	2778	2778	2778	2778	2778	2778	2778

<b>2019 (ETTER 15. mai)</b>	<b>St. C2</b>			<b>St. S1</b>			<b>St. S2</b>		
Måledybde (meter)	2-4	10-12	27-29 (bunn)	2-4	10-12	12-14 (bunn)	2-4	10-12	14-16 (bunn)
Gjennomsnittlig strømhastighet ±std.av	21,3 (9,8)	19,8 (10,1)	14,4 (7,8)	11,1 (6,1)	10,0 (5,4)	10,5 (5,7)	10,0 (5,2)	10,3 (5,3)	13,2 (7,9)
Signifikant maks. strømhastighet	32,1	31,3	23,3	18,1	16,1	17,1	16,0	16,4	22,2
Signifikant min. strømhastighet	10,7	9,1	6,4	4,8	4,5	4,7	4,6	4,8	5,5
Neumann parameter	0,91	0,87	0,39	0,56	0,57	0,49	0,57	0,67	0,25
Retning med størst vanntransport	V	V	SV, NV	V, NV	V	V	V, NV	SV, V	SV, V
Retning med minst vanntransport	N, Ø	NØ	NØ	SØ	Ø	NØ, Ø	NØ	N, Ø	N
Antall målinger	5971	5971	5971	5971	5971	5971	5971	5971	5971

**Tabell 4B** - Strømdata for hele måleperioden i 2020 fra 15. april til 16. juni, og for perioden før og etter strømskifte i øvre del av Evangervatnet 23. mai. Måleperioden på st. C2 er fra 15. april til 1. juni. Strømhastigheter oppgitt som cm/s.

<b>2020 (hele måleperioden)</b>	<b>St. C2</b>			<b>St. S1</b>			<b>St. S2</b>		
Måledybde (meter)	2-4	10-12	29-31 (bunn)	2-4	10-12	14-16 (bunn)	2-4	10-12	13-15 (bunn)
Gjennomsnittlig strømhastighet ±std.av	13,6 (8,1)	12,2 (8,2)	17,3 (11,8)	10,0 (6,1)	10,3 (6,8)	12,4 (7,7)	16,1 (8,2)	13,7 (7,4)	18,9 (11,0)
Signifikant maks. strømhastighet	22,5	21,1	30,5	16,8	17,6	21	25,4	22,1	30,7
Signifikant min. strømhastighet	5,9	5,1	6,6	4,2	4,2	5,1	7,7	6,2	8,6
Neumann parameter	0,68	0,76	0,27	0,28	0,36	0,34	0,84	0,81	0,48
Retning med størst vanntransport	V	V	V, NØ	NV	NV	NV	NV	NV	NV, S
Retning med minst vanntransport	SØ	Ø	SØ	S	Ø	SØ	SØ	Ø	Ø
Antall målinger	6823	6823	6823	9228	9228	9228	9228	9228	9228

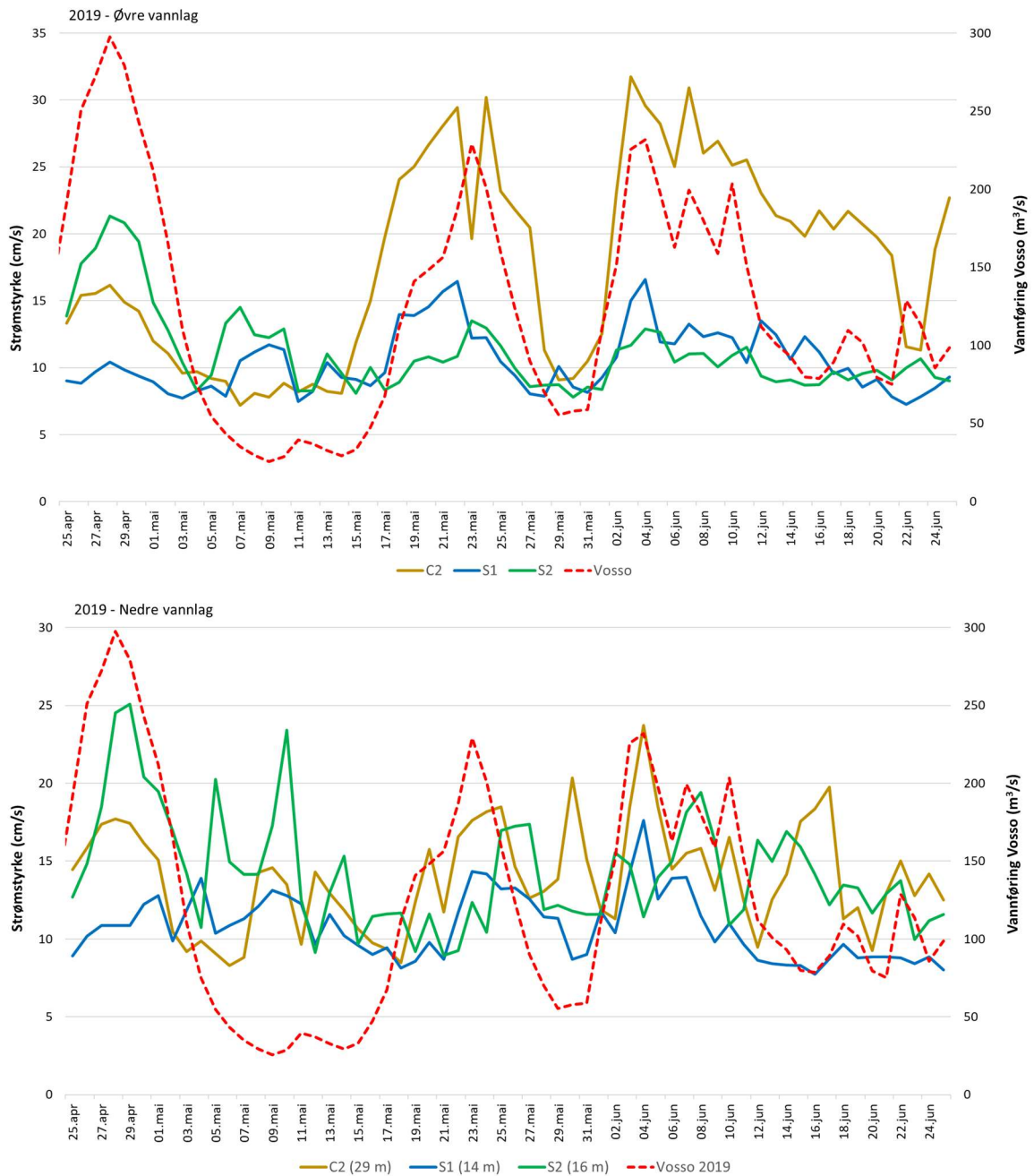
  

<b>2020 (FØR 23. mai)</b>	<b>St. C2</b>			<b>St. S1</b>			<b>St. S2</b>		
Måledybde (meter)	2-4	10-12	29-31 (bunn)	2-4	10-12	14-16 (bunn)	2-4	10-12	13-15 (bunn)
Gjennomsnittlig strømhastighet ±std.av	11,4 (5,8)	9,7 (5,1)	16,5 (12,3)	8,5 (5,1)	8,3 (5,9)	11,7 (7,7)	13,0 (6,5)	10,8 (5,8)	18,9 (12,6)
Signifikant maks. strømhastighet	18,0	15,4	30,3	14,2	13,9	20,1	20,3	17,3	32,6
Signifikant min. strømhastighet	5,3	4,5	6,0	3,7	3,5	4,7	6,3	4,9	7,7
Neumann parameter	0,58	0,69	0,12	0,15	0,19	0,09	0,75	0,69	0,44
Retning med størst vanntransport	V	V	SV, NØ	NØ	SV	SV, NØ	V	NV	S
Retning med minst vanntransport	SØ	Ø	SØ	SV	Ø	SØ	SØ	Ø	NØ
Antall målinger	5395	5395	5395	5395	5395	5395	5395	5395	5395

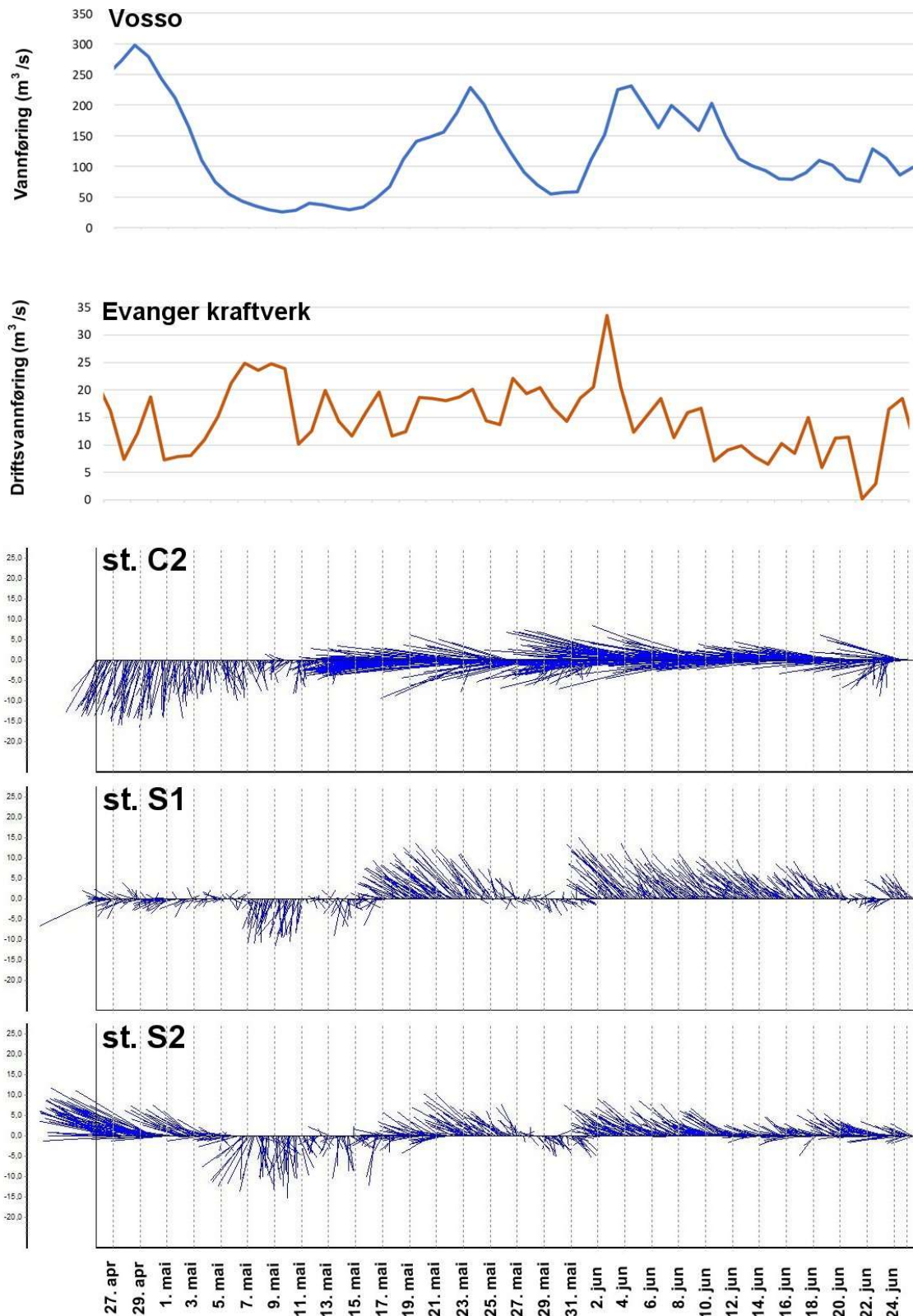
  

<b>2020 (ETTER 23. mai)</b>	<b>St. C2</b>			<b>St. S1</b>			<b>St. S2</b>		
Måledybde (meter)	2-4	10-12	29-31 (bunn)	2-4	10-12	14-16 (bunn)	2-4	10-12	13-15 (bunn)
Gjennomsnittlig strømhastighet ±std.av	21,8 (9,9)	22,0 (10,1)	20,4 (8,5)	12,0 (6,7)	13,0 (7,1)	13,5 (7,5)	20,5 (8,3)	17,8 (7,4)	18,8 (8,2)
Signifikant maks. strømhastighet	32,9	33,4	29,8	19,6	21,1	22,1	29,8	26,1	28,0
Signifikant min. strømhastighet	11,7	12,1	11,3	5,2	5,9	5,9	11,8	9,9	10,1
Neumann parameter	0,89	0,88	0,88	0,57	0,63	0,65	0,95	0,92	0,87
Retning med størst vanntransport	V	V	V	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Retning med minst vanntransport	Ø	Ø	Ø	SØ	SØ	SØ	SØ	Ø	Ø
Antall målinger	1429	1429	1429	3834	3834	3834	3834	3834	3834

## Vedlegg 5 – Strømstyrke og strømretninger i Evangervatnet 2019

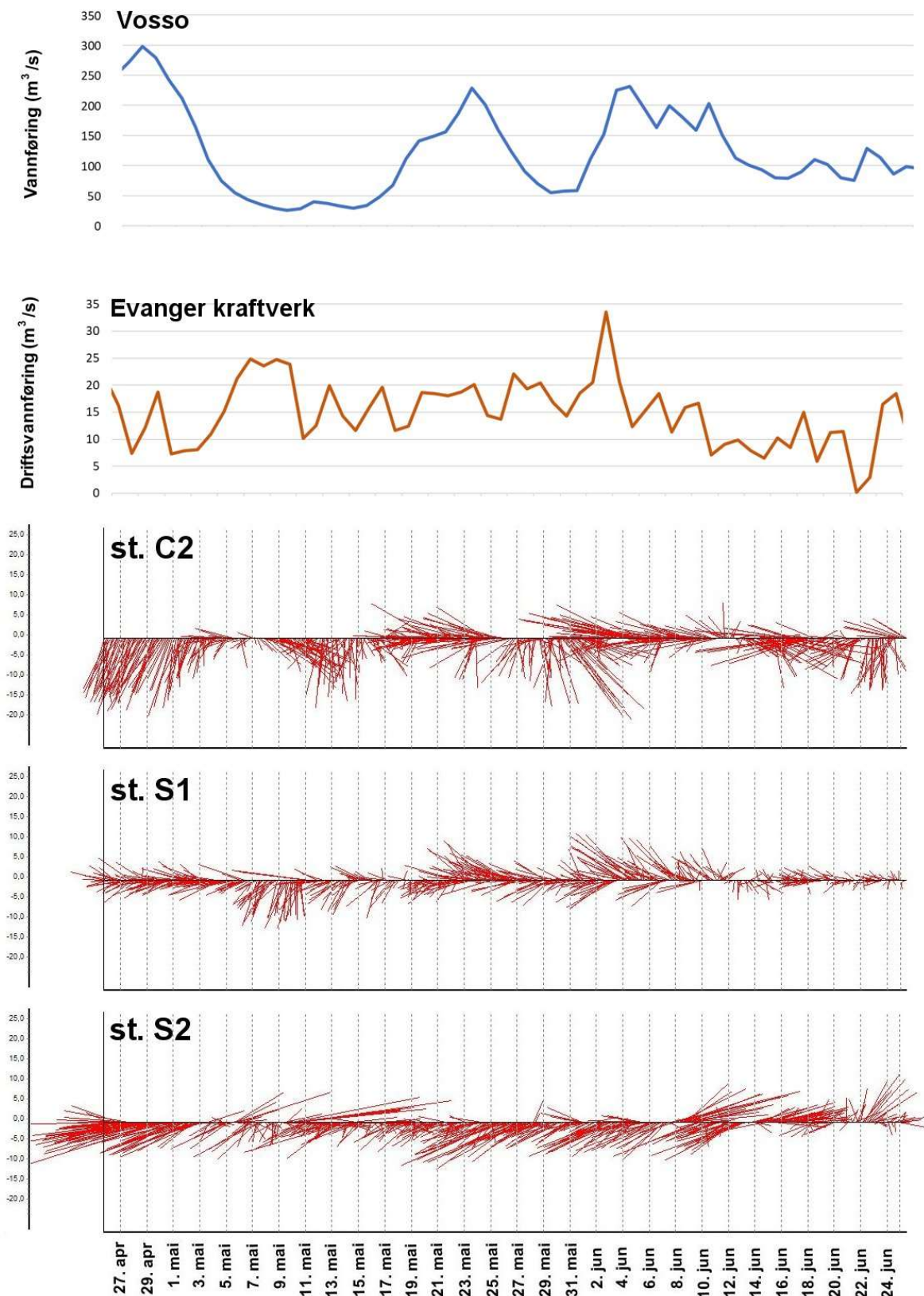


**Figur 5A** Strømhastigheter i Evangervatnet 2019 i forhold til vannføring i Vosso. Strømstyrke (cm/s) i øvre vannlag (2-3 m) og over bunn i bassenget (st. C2) og i sundet mellom Hernes og Fadnes (st. S1 og S2). Vannføring til Vosso (m<sup>3</sup>/s) ved innløpet til Evangervatnet vist med stiplet linje. Måleperiode er 25. april – 25. juni 2019.



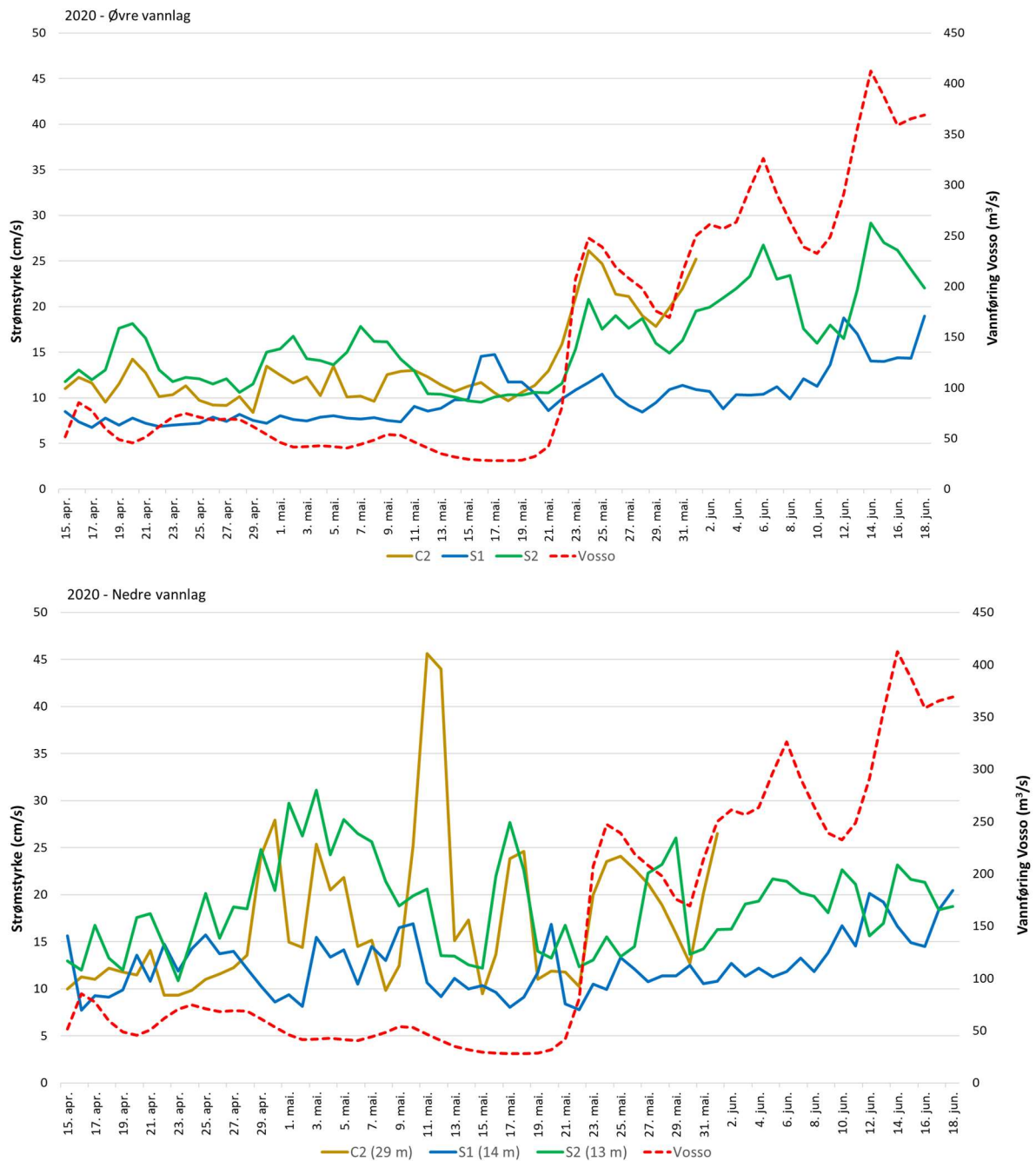
**Figur 5B.** Overflatestrøm 2019. Pinnediagrammet viser strømstyrke og retning på 3 meters dyp sentralt i øvre del av Evangervatnet (st. C2) og i sundet mellom Hernes (st. S1) og Fadnes (st. S2). Det er et skifte i strømretning og styrke omkring 15. mai. Dette skiftet er særlig tydelig på st. C2 med stabil strøm i sørlig retning før 15. mai og stabil strøm i vestlig retning etter 15. mai. I perioden etter 15. mai er det nordvestlige strømretninger som dominerer i øvre vannlag i sundet. Pinnediagrammene viser strømstyrke (lengden på strekene; målebar i cm/s vist på y-aksen) og strømretning (nord er rett opp). Vannføring og driftsvannføring ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) oppgitt for hhv. Vosso og Evanger kraftverk. Måleperiode 25. april til 25. juni 2019.



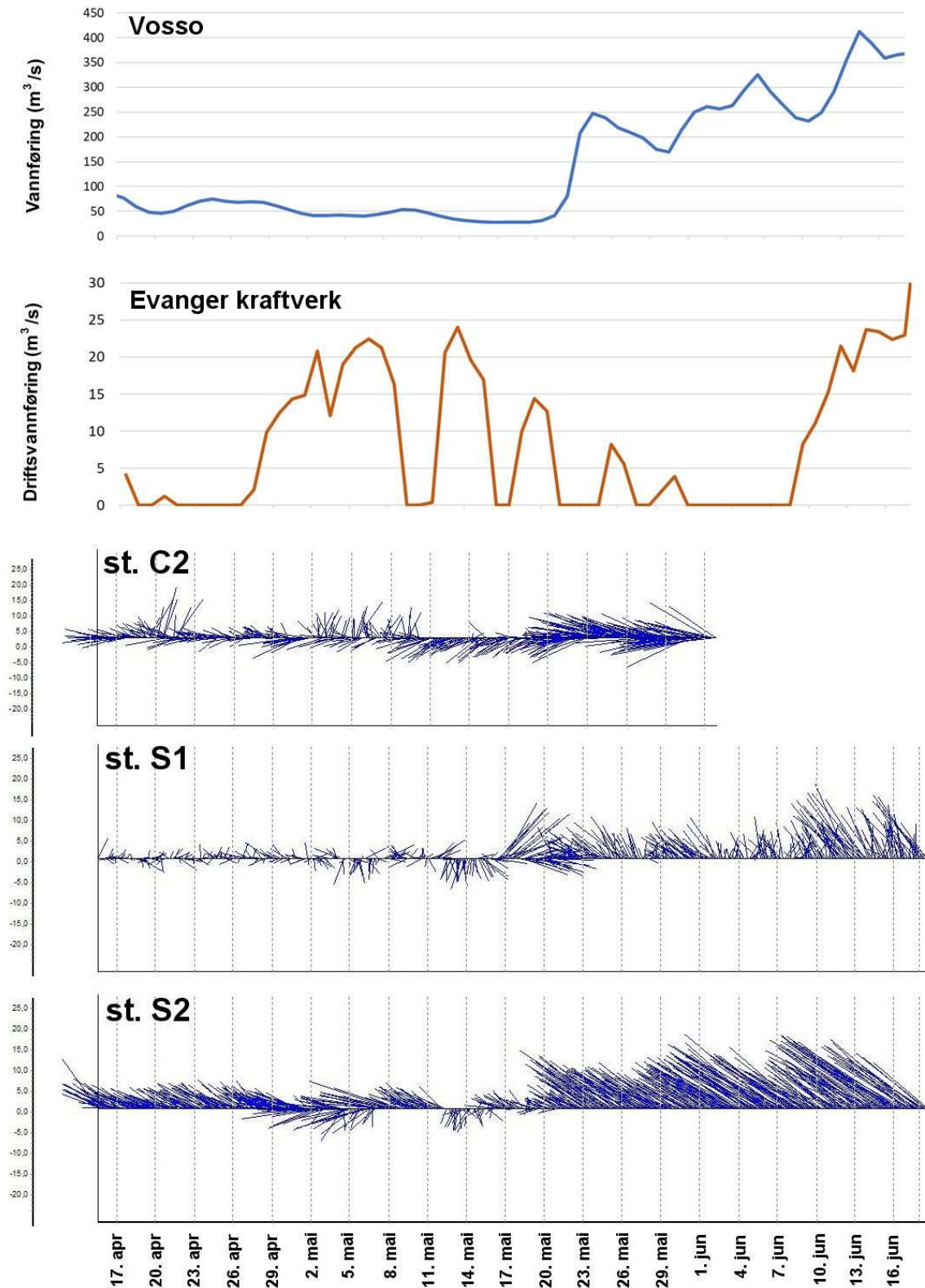


**Figur 5C.** Bunnstrøm 2019. Målingene viser strømstyrke og retning på bunn sentralt i øvre del av Evangervatnet (st. C2; 30 meter) og i sundet mellom Hernes (st. S1; 12 meter) og Fadnes (st. S2; 14 meter). Bunnstrømmen på st. C2 er mer stabil med sørlige retninger i perioden før 15. mai sammenlignet med perioden etter. Mest stabil strøm i sundet ved Fadnes (st. S2) med sørvestlige strømretninger som mest dominerende. Pinnediagrammet viser strømstyrke (lengden på strekene; målebar i cm/s vist på y-aksen) og strømretning (nord er rett opp). Vannføring og driftsvannføring ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) oppgitt for hhv. Vosso og Evanger kraftverk. Måleperiode 25. april til 25. juni 2019.

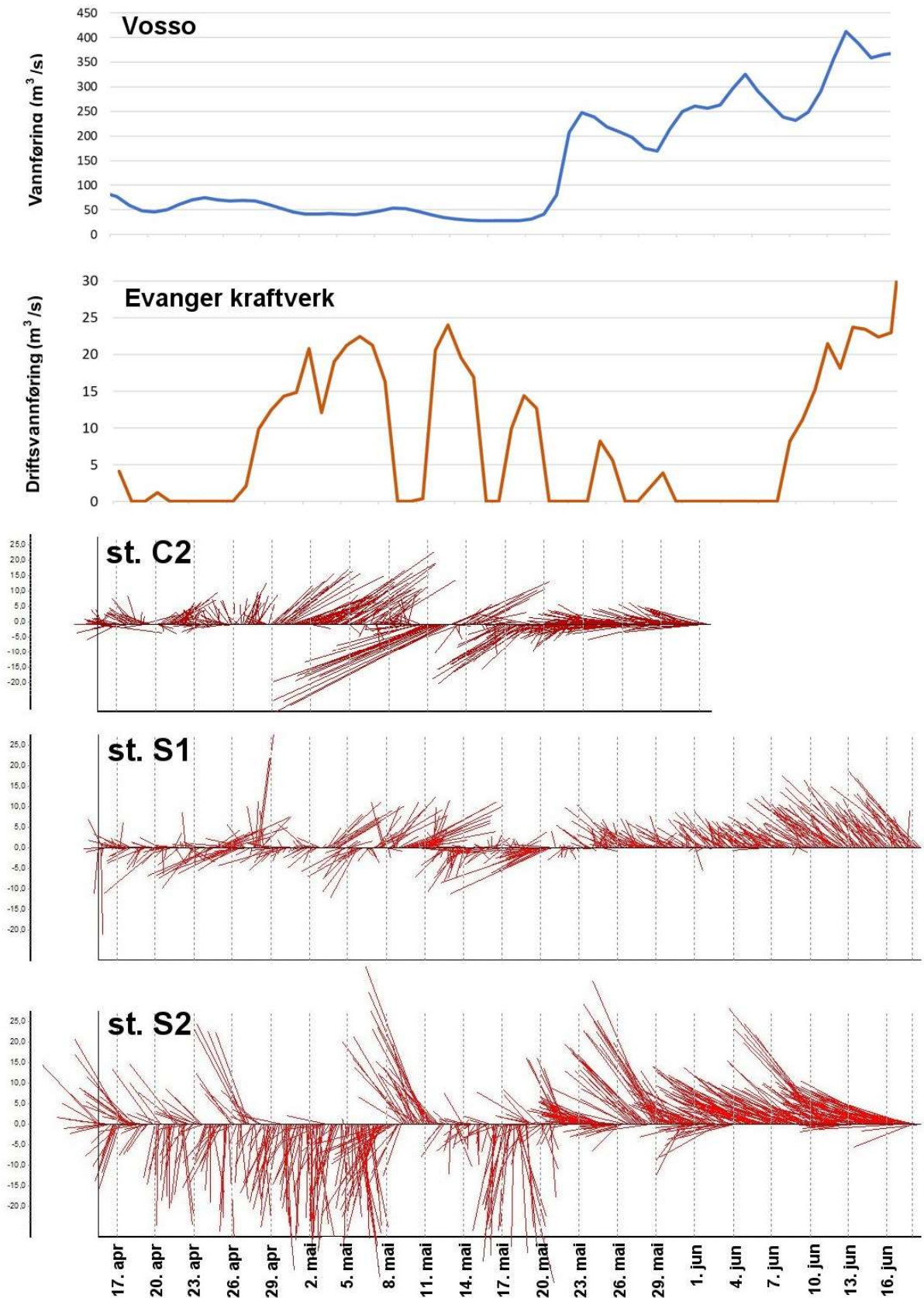
## Vedlegg 6 – Strømstyrke og strømretninger i Evangervatnet 2020



**Figur 6A.** Strømhastigheter i Evangervatnet 2020 i forhold til vannføring i Vosso. Strømstyrke (cm/s) i øvre vannlag (2-3 m) og over bunn i bassenget (st. C2) og i sundet mellom Hernes og Fadnes (st. S1 og S2). Vannføring til Vosso (m<sup>3</sup>/s) ved innløpet til Evangervatnet vist med stiple linje. Måleperiode er 15. april – 16. juni 2020. Ingen målinger på st. C2 etter 1. juni pga instrumentsvikt



**Figur 6B.** Overflatestrøm 2020. Pinnediagrammet viser strømstyrke og retning på 3 meters dyp sentralt i øvre del av Evangervatnet (st. C2) og i sundet mellom Hernes (st. S1) og Fadnes (st. S2). Mangler data etter 1. juni på st. C2 pga instrumentsvikt. Pinnediagrammene viser strømstyrke (lengden på strekene; målebar i cm/s vist på y-aksen) og strømretning (nord er rett opp). Vannføring og driftsvannføring (m<sup>3</sup>/s) oppgitt for hhv. Vosso og Evanger kraftverk. Måleperiode 16. april til 17. juni 2020.



**Figur 6C.** Bunnstrøm 2020. Målingene viser strømstyrke og retning på bunn sentralt i øvre del av Evangervatnet (st. C2; 30 meter) og i sundet mellom Hernes (st. S1; 15 meter) og Fadnes (st. S2; 15 meter). Mangler data etter 1. juni på st. C2 pga instrumentsvikt. Pinnediagrammene viser strømstyrke (lengden på strekene; målebar i cm/s vist på y-aksen) og strømretning (nord er rett opp). Vannføring og driftsvannføring ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) oppgitt for hhv. Vosso og Evanger kraftverk. Måleperiode 16. april til 17. juni 2020.