

Måling av vanntemperatur i Botnedalsvatn og Byrtevatn

Ånund Kvambekk



Oppdragsrapport A nr 6-2018

Måling av vanntemperatur i Botnedalsvatn og Byrtevatn

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Ånund Kvambekk

Trykk: NVEs hustrykkeri

Forsidefoto: Utsetting av vanntemperaturmålere i Botnedalsvatn. Foto: Ragnar Ekker

ISBN: 978-82-410-1795-7

ISSN: 1503-0318

Sammendrag: På oppdrag for Statkraft Energi AS har NVE, Hydrologisk avdeling, målt vanntemperaturen i Byrte og Lio kraftverk, samt i magasinene Botnedalsvatn og Byrtevatn. Observasjonene skal være grunnlagsmateriale for vilkårsrevisjonen i Tokke-Vinjereguleringen. I analysene har det vært fokus på om vannmassene utvikler temperatursjiktninger i Byrtevatn gjennom året, og sett dette mot temperaturforholdene i Botnedalsvatn og driftsvannets temperatur i Byrte kraftverk og Lio kraftverk.

Emneord: vanntemperatur

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Epost: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

19.12.2018

Innhold

| | |
|--|-----------|
| Forord | 2 |
| Sammendrag | 3 |
| 1 Innledning | 5 |
| 2 Vanntemperatur og reguleringer..... | 7 |
| 3 Måleoppsettet | 8 |
| 4 Måleresultater | 10 |
| 4.1 Bøyene dras med av isen | 10 |
| 4.2 Vanntemperaturmålingene..... | 10 |
| 5 Vanntemperaturen 2018 | 13 |
| 6 Drøfting..... | 15 |

Forord

På oppdrag for Statkraft Energi AS har NVE, Hydrologisk avdeling, utført hydrologiske undersøkelser i forbindelse med Byrte og Lio kraftverk ved Dalen i Tokke kommune.

Målet med tjenesten er å få forklaring på temperaturmålingene i Byrtevatn, samt en beskrivelse av driftsvannet fra Lio kraftverk sett opp mot målingene i Byrtevatn og Botnedalsvatn.

Undersøkelsene har omfattet vanntemperatur i Byrte og Lio kraftverk, samt i magasinene Botnedalsvatn og Byrtevatn. Observasjonene skal være grunnlagsmateriale for vilkårsrevisjonen i Tokke-Vinjereguleringen.

Utløpet fra Byrte kraftverk i Byrtevatn ligger tett opptil inntaket til Lio kraftverk i samme vann. Oppdragsgiver ønsker derfor å undersøke om vannmassene utvikler temperatursjiktninger gjennom året, og se dette mot temperaturforholdene i Botnedalsvatn og driftsvannets temperatur i Byrte kraftverk og Lio kraftverk.

Arbeidet er blitt utført i perioden 11. januar til 23. oktober 2018.

Ånund Kvambekk har vært ansvarlig for oppdraget fra NVEs side, i tillegg har Ragnar Ekker arbeidet på prosjektet.

Oslo, desember 2018

Rune Engeset
seksjonssjef

Ånund Kvambekk
prosjektleder

Sammendrag

Rapporten beskriver resultatet av vanntemperaturmålinger på vannets vei fra Botnedalsvatn gjennom Byrte kraftverk ut i Byrtevatn og videre gjennom Lio kraftverk. Målet har vært å beskrive vanntemperaturforholdene i sørenden av Byrtevatn og forklare de observerte vanntemperaturene.

Det ble satt ut tre forankrete bøyer, hver med seks vanntemperaturloggere festet til en wire i forskjellige dyp fra overflate til bunn. En i Botnedalsvatn nær inntaket, en i Byrtevatn mellom utløpet av Byrte kraftverk og inntaket til Lio kraftverk, og en 600 m lenger nord på Byrtevatn. I tillegg ble driftsvannets temperatur målt i de to kraftverkene.

Botnedalsvatn kan reguleres 35 m og Byrtevatn 18.3 m, og inntakene er under laveste reguleringsnivå.

Vanntemperaturmålingene startet 11. januar 2018 og ble avsluttet 23. oktober samme år. Målingene dekker dermed en hel årssyklus untatt isleggingsperioden. Ved bøyen i Byrtevatn mellom utløpet av Byrte kraftverk og inntaket til Lio kraftverk var det stort sett isfritt hele vinteren på grunn av innblanding av varmt driftsvann fra Byrte. De to andre bøyene ble satt ut på is, og de flyttet seg som ventet noen hundre meter i isløsningen. Isen gikk til omtrent normal tid, i slutten av april ved bøyen i Byrtevatn og 10.-15. mai på Botnedalsvatn. I slutten av mai ble bøyene satt tilbake på plass.

Vinteren var nær normal, sommeren var svært varm og tørr, høsten våt. Målingene representerer derfor ikke et gjennomsnittså, særlig om sommeren.

Begge magasinene ble som vanlig senket utover vinteren, og fylte seg i vårflommen. På grunn av lavt tilsig falt vannstanden i Botnedalsvatn utover sommeren med over 10 m. I våtere år holder nok magasinet seg nær fullt. Særlig på slutten av sommeren ble dermed driftsvannet tatt fra høyere vannlag enn om magasinet hadde vært fullt. Det betyr igjen varmere vann enn om inntaket var dypere under overflaten.

Både Botnedalsvatn og Byrtevatn hadde betydelig temperaturforskjell mellom topp og bunn, I Botnedalsvatn omtrent som et uregulert vann med opptil 14 grader mellom topp og bunn om sommeren og 4 grader om vinteren, mens forskjellene var mindre i Byrtevatn, omtrent 9 grader om sommeren og stort sett mindre enn 1 grad om vinteren. Det tyder på mer blanding av vannmassene i sørlige del av Byrtevatn enn i Botnedalsvatn, noe som ganske sikkert skyldes vannstrømmen fra kraftverkene.

Vannet fra Byrte kraftverk ser ut til å bre seg utover et stort område da det var svært små forskjeller mellom målingene i hovedstrømmen og 600 m unna.

I januar og temperatur synker vannstanden i Botnedalsvatn, og temperaturen på driftsvannet synker da inntaket blir nærmere det kalde øverste vannlaget. Dette påvirker også Byrtevatn med fallende temperaturer. I mars-april står Byrte kraftverk mye, og vanntemperaturen stiger i sørlige del av Byrtevatn, trolig på grunn av tilsig av varmere vann i dypet i hovedbassenget lenger nord i Byrtevatn.

Før snøsmeltingen er vannmassene blandet i sørlige del av Byrtevatn og temperaturen er nær 3 °C. Når snøsmeltingen starter er Botnedalsvatn nær tomt. Det fylles da opp med kaldt smeltevann, og driftsvannets temperatur er en periode godt under 0.5 °C. Dette brer

seg ut i sørlige del av Byrtevatn og blander seg slik at temperaturen i alle dyp, og i Lio kraftverk, synker nesten to grader.

Når isen går stiger vanntemperaturen i begge vannene. Vann som varmes opp i overflaten blir nå lettere enn underliggende vann og blir liggende øverst. Dermed kan overflatetemperaturen stige raskt, mens dypere vannlag kun varmes opp i vindepisoder som blander varmt overflatevann med kaldere bunnlag. Rundt 20. mai passerer vanntemperaturen i Botnedalsvatn 4 °C. Vannet er da på sitt tyngste og driftsvannet fra Byrte kraftverk brer seg ut på bunnen av Byrtevatn. Lio kraftverk har inntak noen meter over bunnen og påvirkes ikke så mye av dette da det kalde vannet er tynt.

Vanntemperaturen fortsetter å stige i begge vannene, men kaldt driftsvann inn i Byrtevatn gjør at overflatetemperaturen blir høyest i Botnedalsvatn til tross for at det ligger nesten 300 m høyere. I store deler av juli bidrar derfor driftsvannet i Byrte med oppvarming av Byrtevatn. I et år med høyere magasin vannstand ville dette neppe skjedd.

Utover høsten avkjøles Botnedalsvatn raskest da det ligger høyere, og det bidrar til raskere temperaturfall i Byrtevatn og Lio kraftverk. Fra starten av august er det svært små temperaturforskjeller mellom topp og bunn i Byrtevatn.

Viktigste observasjoner:

- Det er svært små forskjeller i temperaturene som ble målt på de to målestedene i Byrtevatnet, noe som tyder på at driftsvannet fra Byrte kraftverk brer seg utover i hele den sørlige armen av Byrtevatn, og trolig enda lenger nordover.
- Det er større temperaturforskjeller mellom topp og bunn i Botnedalsvatn enn i Byrtevatn, noe som nok skyldes innblanding av driftsvann fra Byrte kraftverk. Begge vannene har derimot betydelig varmere overflatelag om sommeren enn driftsvannet som dras inn i henholdsvis Byrte og Lio kraftverk via de dykkete inntakene.
- Når det er store temperaturforskjeller vertikalt i vannmassene er vannmassene stabile og holder seg i ro i sitt nivå. Driftsvannet fra Byrte kraftverk vil da legge seg i det dypet i Byrtevatn hvor vannmassene har samme temperatur som Byrtes driftsvann, uten å blande seg mye med vannet over eller under. Når dypet hvor driftsvannet legger seg er vesentlig forskjellig fra inntaksdypet til Lio kraftverk, suger Lio inn andre vannmasser enn de som kommer direkte fra Byrte, og driftsvannet fra Byrte har ikke så stor umiddelbar innvirkning på temperaturen i driftsvannet til Lio kraftverk.
- Driftsvannet fra Byrte kraftverk ser derfor ut til å ha størst umiddelbar innvirkning på driftsvannet i Lio kraftverk når temperaturen på driftsvannet fra Byrte er nær vanntemperaturen ved inntaksdypet. Litt kaldere vann fra Byrte kraftverk enn ved inntaksdypet vil ganske raskt blande seg ved inntaksdypet og gi litt kaldere vann i Lio kraftverk. Mye kaldere vann fra Byrte kraftverk kan spre seg ut på bunnen under inntaksdypet uten å influere så raskt på temperaturen i Lio kraftverk.

1 Innledning

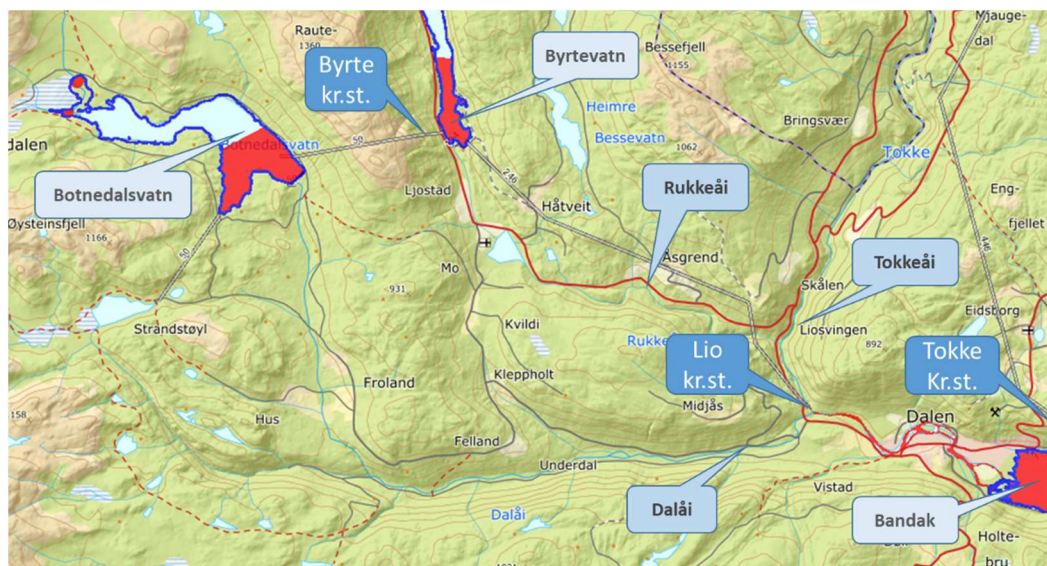
Kraftutbyggingen i Byrte og Lio kraftverk er en sideutbygging av den større Tokke-utbyggingen. Sistnevnte tar betydelige vannmengder fra Tokkeåi mellom Vinjevatn og Bandak, mens utbyggingen i Byrte og Lio kraftverk tar vann fra Dalaåi og Rukkeåi og slipper det ut i Tokkeåi kort oppstrøms samløpet med Dalaåi, omtrent 4.5 km ovenfor utløpet i Bandak. Dette er i samme område som vannet naturlig ville endt ut i Tokkeåi, så Tokkeåi får dermed samme (reduerte) vannmengde de siste kilometrene som det ville hatt uten Byrte/Lio-utbyggingen, men vannet fordeles annerledes gjennom året. Ved normal kjøring er det særlig noe mer vann om vinteren, og mindre i smeltesesongen.

I tillegg endres vanntemperaturen da vannet kommer fra dypere lag av magasinene Botnedalsvatn og Byrtevatn, og vanntemperaturen i tunnel endres lite før det ender i Tokkeåi. Før reguleringen rant vannet åpent i elvene og nærmet seg lufttemperaturen om sommeren og null grader om vinteren før det rant ut i Tokkeåi. Endringene er ikke studert i dette oppdraget, men erfaringsmessig er det sannsynlig at vanntemperaturen i Tokkeåi nedstrøms Lio kraftverk er noe lavere om sommeren enn før utbyggingene, og noe høyere om vinteren. I denne utredningen er det vekt på dagens situasjon.

I Botnedalsvatn tas vannet fra omtrent 36 m dyp når magasinet er fullt, og i Byrtevatn fra nesten 20 m dyp. Botnedalsvatnet kan reguleres 35 m, fra 740 moh. ned til 705 moh. Byrtevatnet kan reguleres 18.3 m, fra 445.6 moh. ned til 427.3 moh. Inntaksnivået er like under laveste regulerede vannstand (LRV), noen meter opp fra bunnen.

Vanntemperaturmålingene som er gjort i dette oppdraget skal dokumentere dagens tilstand og danne grunnlag for vilkårsrevisjonen i Tokke-Vinjereguleringen.

Figur 1.1 og 1.2 viser kraftverkene med vannveier (tunneler).



Figur 1.1 Oversikt over utbyggingen av Byrte og Lio kraftverk med vannveier. Røde felter markerer svekket is, og tykk blå strek rundt vannene betyr variabel vannstand med oppsprukket is. Kilde: iskart.no.



Figur 1.2 Oversikt over hele Øvre Tokke utbyggingen. Kilde: Statkraft

2 Vanntemperatur og reguleringer

Ferskvann har en spesiell fysisk egenskap ved at den er tyngst ved 4°C, og ikke ved frysepunktet som mange andre væsker. I Norge, som er kaldt nok om vinteren, medfører dette at vannmassene blandes to ganger i året, om våren og høsten (ofte i mai og november), med 4°C i alle dyp. Dypere vannmasser får dermed tilført nytt oksygen som er viktig for livet og for nedbryting av døde organismer.

Når innsjøen varmes opp om sommeren vil vannet holde seg i ro i øvre del av vannmassen da det er lettere enn det kaldere vannet under seg, og tilsvarende vil vannet holde seg i overflaten om vinteren når topplaget kjøles ned til under 4°C. Vind vil blande overflatelaget med dypere vannlag. Der det blåser mye er det derfor mindre forskjeller i vanntemperaturen mellom topp og bunn av innsjøen. Typisk gir dette noe kaldere overflatevann om sommeren, og varmere vann i dypet, og om vinteren noe kaldere vann i dypet. Overflaten om vinteren blir som regel nær 0°C også på vindutsatte sjøer, det skjer bare litt senere på vinteren.

I en uregulert innsjø renner vannet ut i en elv som drar med seg vann fra de øverste meterne av innsjøen. Vannet i elva blir derfor nær lufttemperaturen om sommeren, og nær 0°C om vinteren.

Når en innsjø skal benyttes som et reguleringsmagasin bygges det demninger slik at vannstanden kan heves til høyeste tillatte vannstand (HRV). For å benytte vannet i et kraftverk må man ha et inntak. Den vanligste løsningen er å legge denne lavere enn den laveste tillatte vannstanden (LRV). I denne rapporten omtales vann som tas gjennom kraftverket som driftsvann. Vannet som tas fra et reguleringsmagasin dras inn fra flere dyp, mest fra inntaksdypet, så avtagende mengde med vertikal avstand fra lag over eller under inntaksdypet. Generelt dras altså driftsvannet ut fra dypere lag av innsjøen enn når det renner ut i en elv. Det betyr vanligvis at driftsvannet er kaldere enn elvevannet om sommeren, og litt varmere om vinteren. Temperaturforskjellen mellom driftsvann og elvevann er størst når det er stor regulerings høyde, og størst når magasinet ligger skjernet for vind. Når magasinet tappes ned kommer inntaksdypet nærmere overflaten og driftsvannets temperatur nærmer seg det det ville vært fra en elv.

Vanntemperaturen endres lite på veien gjennom en inntakstunnel og kraftverket. Den potensielle energien som normalt ville varme opp fallende vann med 1 grad på litt over 400 høydemeter, tas stort sett ut som energi. Oppholdstiden i tunnelen er også såpass kort at energitveksling med omgivelsene har liten påvirkning på vanntemperaturen.

Elvevannet vil derimot påvirkes av omgivelsene og ofte renne et helt annet sted enn driftsvannet. Det er derfor store forskjeller i virkningen på vanntemperaturen av kraftutbygginger.

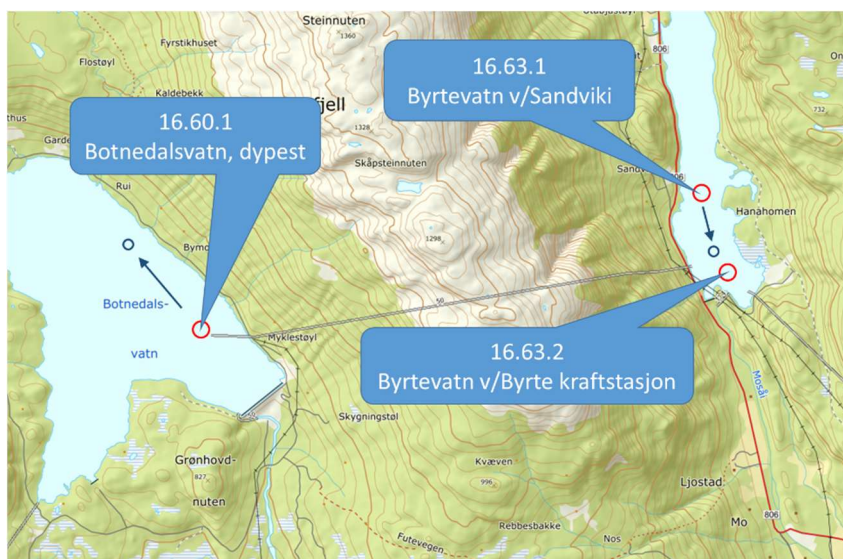
Når driftsvann fra et kraftverk ender ut i en innsjø vil vannet blande seg noe med innsjøvannet ved utløpet, og deretter spre seg ut i det innsjødypet som har tilsvarende temperatur som blandingsvannet. Kaldt driftsvann vil derfor kunne legge seg i dypet på innsjøen der det slippes ut. Men topografien har betydelig innvirkning. Slippes vannet ut i en grunn del av innsjøen vil det bli mer blanding, og smale partier i innsjøen vil også øke innblandingen.

3 Måleoppsettet

Instrumentene ble satt ut 11.12. januar 2018, og tatt inn 17. oktober samme år. Målingene ble foretatt med loggere av type Minilog-II fra Vemco, som har en nøyaktighet på 0.1 °C. Det ble lagt en logger i Lio kraftverk, og en logger i Byrte kraftverk. Når kraftverkene går måler de driftsvannets temperatur, men i perioder med driftsstans vil temperaturen bli påvirket av omgivelsene. Vi tar derfor vekk observasjoner når det er driftsstans, noe som sees som brudd i linjene i figurene 4.2, 4.3 og 4.4.

I Botnedalsvatn og Byrtevatn ble det satt ut en rigg som målte vanntemperaturen i seks dyp. På toppen var det en flytende bøye forankret med tau og to dregger med kjetting mellom. Målingene ble utført fra en hengende vertikal wire som var festet til bøyen. På wiren var de seks loggerne festet i ulike dyp. Mellom logger 4 og 5 i ca 20 m dyp hang det et 10 kg lodd for å oppnå mest mulig loddrett wire.

Det var en rigg i Botnedalsvatnet nær inntaket (dypeste punkt), og to i Byrtevatn. Den ene riggen i Byrtevatnet ble plassert i strømmen mellom utløpet av Byrte kraftverk og inntaket til Lio kraftverk, og den andre ble plassert omtrent 600 m lenger nord på vannet. Figur 3.1 viser plasseringen av riggene, og tabell 3.1 viser nøkkeldata om instrumenttypene. Figurene 3.2 og 3.3 viser bilder fra utsettingen.



Figur 3.1 Plasseringen av de tre riggene i Botnedalsvatn og Byrtevatnet. Blå piler og ring viser hvor to av bøyene drev i isløsningsen i første halvdel av mai. De ble flyttet tilbake 28. mai.

Tabell 3.1 For hver av riggene vises dypet (målt fra overflaten) som loggerne og loddet ble plassert i. Det er også angitt omtrent hvor dypt det ville vært på målestedet ved fullt magasin.

| Stasjonsnummer | 16.60.1 | 16.63.1 | 16.63.2 |
|-------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|
| Stasjonsnavn | Botnedalsvatn, dypest | Byrtevatn v/Sandviki | Byrtevatn v/Byrte kraftstasjon |
| Dyp logger 1 | 2 m | 2 m | 2 m |
| Dyp logger 2 | 5 m | 5 m | 5 m |
| Dyp logger 3 | 10 m | 10 m | 10 m |
| Dyp logger 4 | 20 m | 15 m | 15 m |
| Dyp 10 kg lodd | 22 m | 17 m | 17 m |
| Dyp logger 5 | 30 m | 20 m | 20 m |
| Dyp logger 6 | 35 m | 25 m | 25 m |
| Dybde ved fullt magasin | 41 m | 31 m | 25 m |



Figur 3.2 Utsetting av loggere i Botnedalsvatn 11. januar 2018. Foto: Ragnar Ekker.



Figur 3.3 Bildet viser den røde bøyen i Byrtevatn v/Byrte kraftstasjon (langs iskanten omtrent midt i bildet). Rød ring markerer den andre bøyen på isen 600 m lenger nord ved Sandviki. Foran til høyre ser vi sperrebøylene ved dammen. 12. januar 2018. Foto: Ragnar Ekker.

4 Måleresultater

4.1 Bøyene dras med av isen

I tillegg til vanntemperaturmålerne som er nevnt ble det montert trykkmålere i loggerdyp nr. 4 på alle tre bøyene, og på toppen av en av bøyene. Der var datafangsten dessverre dårlig. Kun loggeren i 20 m dyp på Botnedalsvatnet ga trykkdata. Tanken var å dokumentere at wiren med loggere hang loddrett.

I isløsningen ble to av bøyene dratt med isen til grunnere vann (se figur 3.1), og wiren kan da bli hengende på skrå. Dermed er loggerne grunnere enn vi antar. Under og etter isløsningen varmes vannet opp til 4 grader med sammenblanding av vannmassene, så det er heldigvis ganske lik temperatur i alle dyp. Dybden er derfor ikke så vesentlig en periode.

Fra satellittbilder kan vi se at isløsningen i Botnedalsvatn var ca 15. mai. Rigger i Botnedalsvatn ble dratt 600 m nordvestover langs land. Trykkloggeren viser at det er bevegelser i perioden 10.-15. mai. Dybden på loggeren varierer da fra 15 til 20 m, så wiren henger forholdsvis loddrett. Rigger ble flyttet tilbake til opprinnelig posisjonen den 28. mai. I dataene ser vi ingen merkbare sprang den 28. mai.

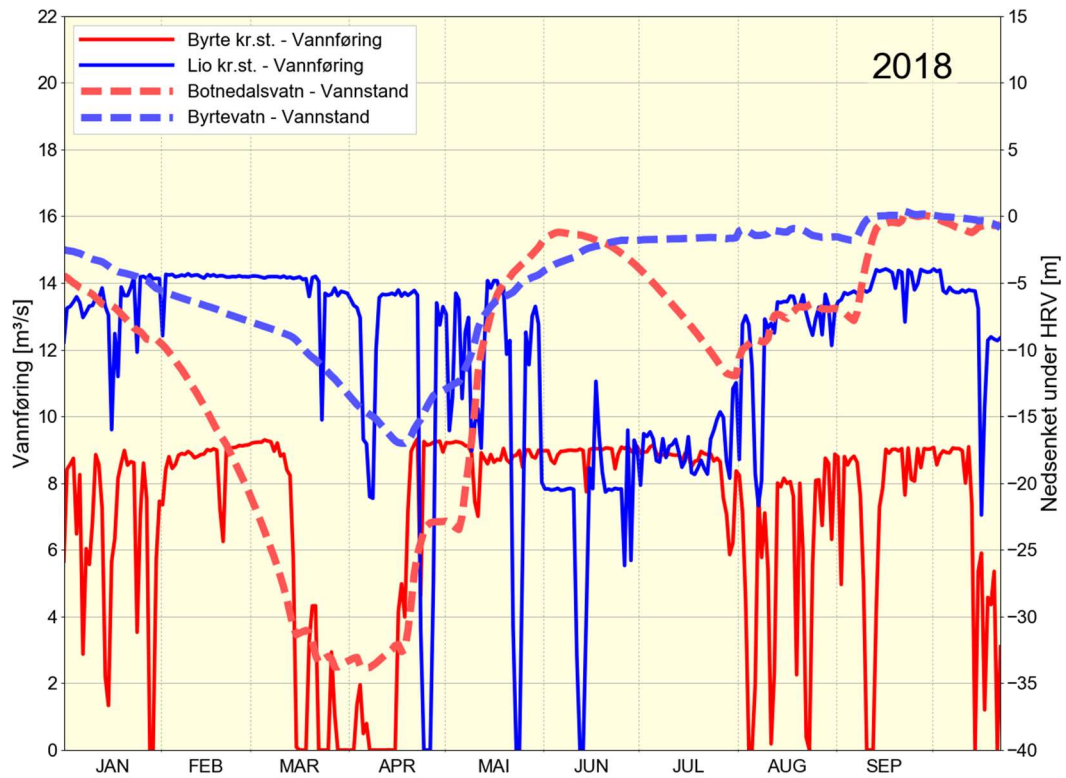
I Byrtevatn var det stort sett isfritt hele vinteren i strømmen mellom utløpet av Byrte kraftverk og det dykkete inntaket til Lio kraftverk, og rigger der flyttet seg ubetydelig. Rigger ved Sandviki løsnet fra isen i perioden 25. april til 1. mai, mens det lå is i hovedbassenget til omtrent 10. mai. Rigger har derfor blitt tatt av is en gang mellom 25. april og 10. mai, men vi klarer ikke å se dette i dataene da vannmassene er forholdsvis sammenblandete.

Konklusjonen blir derfor at de målte vanntemperaturene ville vært omtrent de samme om bøyene hadde ligget i ro og ikke blitt flyttet med isen.

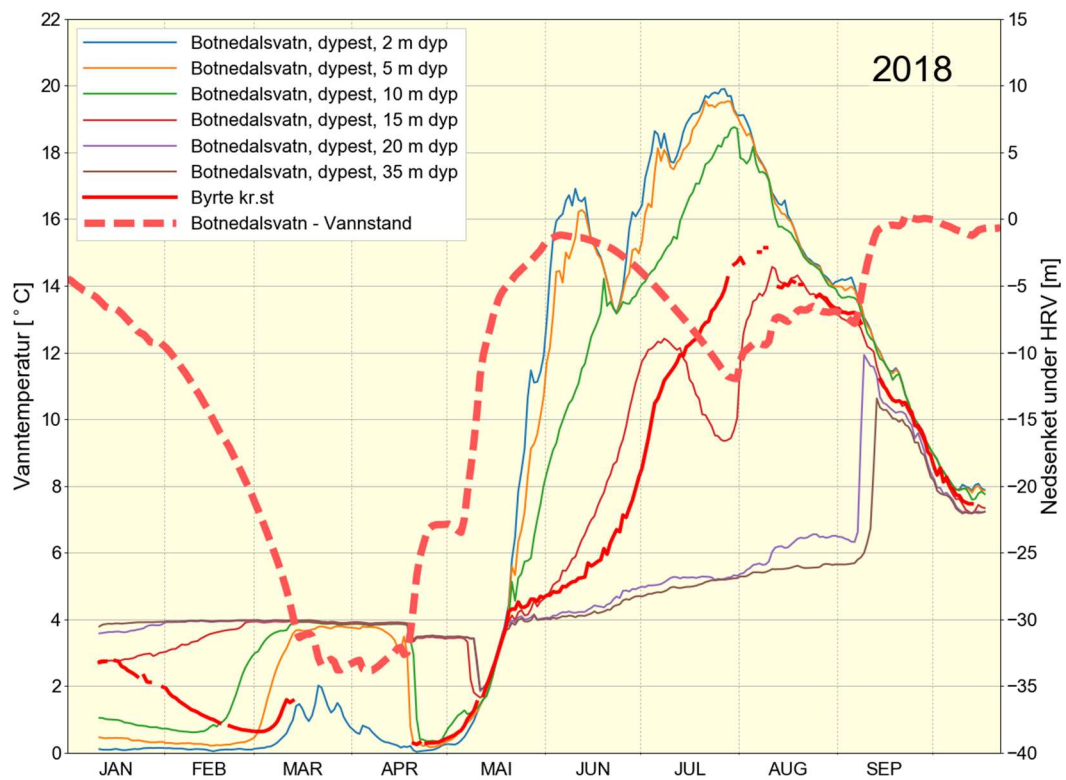
4.2 Vanntemperaturmålingene

Figur 4.1 viser vannføringene i Byrte og Lio kraftverk samt vannstanden i magasinene Botnedalsvatn og Byrtevatn som antall meter nedsenket magasin. Dataene er døgnmidler. Selv om figuren ikke akkurat er lettlest, så gir det muligheten for å se hvordan kjøringen av kraftverkene innvirker på vannstanden i magasinene.

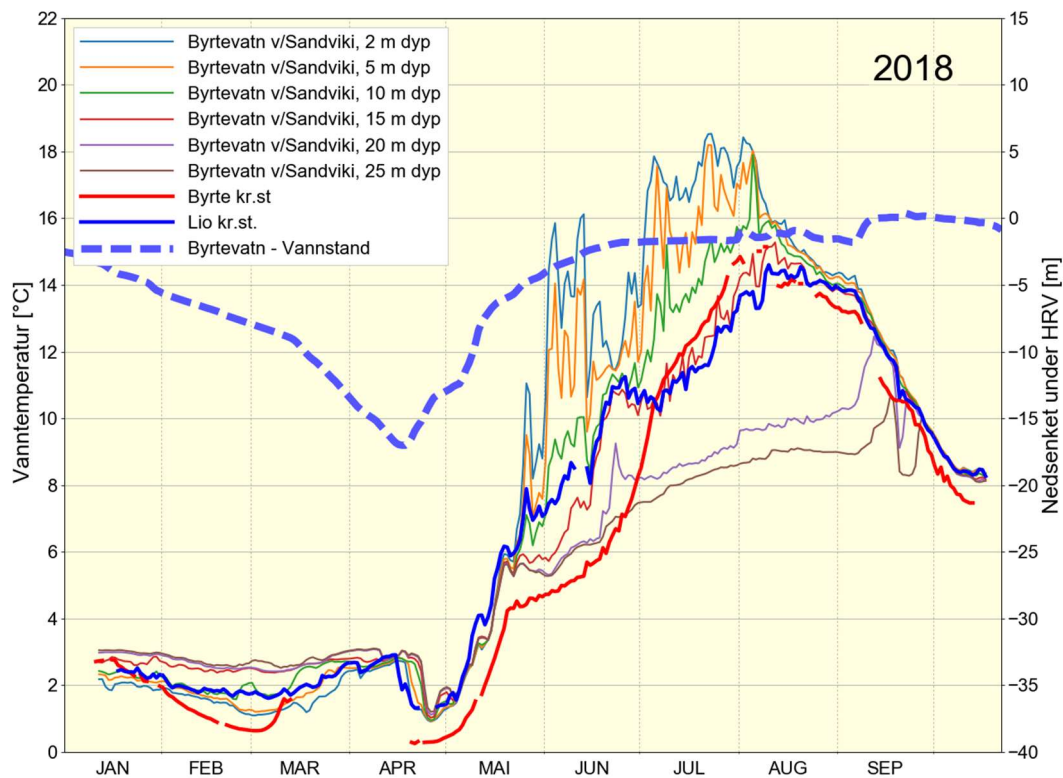
Figur 4.2 til 4.4 viser vanntemperaturmålingene fra riggerne. Det er en linje for hvert dyp. Når linjene er nær hverandre er det liten temperaturforskjell mellom topp og bunn i innsjøen. Som nevnt i kapittel 2 ser en at de øverste loggerne er kaldest om vinteren, og varmest om sommeren. Vår og høst er det en periode med mye blanding av vannmasser til det oppnås 4°C i alle dyp. Husk at loggerne som henger nederst vil legge seg på bunnen av sjøen når vannstanden går mye ned. Figurene viser også driftsvannets temperatur når kraftverket er i drift, og vannstanden i magasinet målt som antall meter nedsenket magasin. Igjen er figuren komplisert, men er nødvendig for å forstå virkningen av driftsvannet og magasin vannstandene på vanntemperaturen.



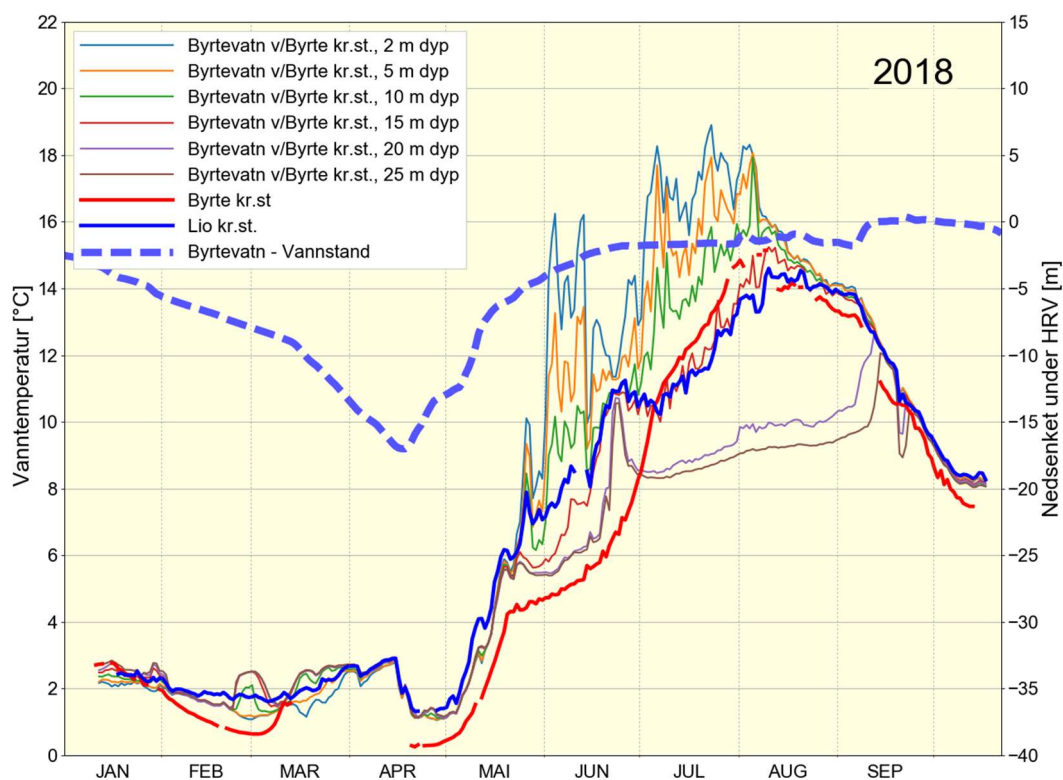
Figur 4.1 Vannstand i magasinene Botnedalsvatn og Byrtevatn. Vannstanden er tegnet som antall meter nedsenket fra fullt magasin, som er henholdsvis 740 moh. og 445.6 moh. Botnedalsvatnet kan maksimalt senkes 35 m, og Byrtevatnet maksimalt 18.3 m. Figuren viser også vannføringen i Byrte og Lio kraftverk.



Figur 4.2 Vanntemperaturen i hvert loggerdyp for riggen i Botnedalsvatnet samt vanntemperaturen i driftsvannet i Byrte kraftverk når kraftverket var i drift, og nedsenket vannstand i Botnedalsvatn.



Figur 4.3 Vanntemperaturen i hvert loggerdyp for riggen i Byrtevatn ved Sandviki samt vanntemperaturen i driftsvannet i Byrte og Lio kraftverk når kraftverkene var i drift, og nedsenket vannstand i Byrtevatn.



Figur 4.4 Vanntemperaturen i hvert loggerdyp for riggen i Byrtevatn v/Byrte kr.st. samt vanntemperaturen i driftsvannet i Byrte og Lio kraftverk når kraftverkene var i drift, og nedsenket vannstand i Byrtevatn.

5 Vanntemperaturen 2018

Det er svært små forskjeller i temperaturene som ble målt på de to målestedene i Byrtevatnet. Det tolker vi til at vann fra Byrte kraftverk sprer seg noenlunde jevnt rundt i nærområdet, minst 600 m fra kraftverket som er avstanden til den fjerneste riggen.

Januar og februar 2018:

Både Byrte og Lio kraftverk går for nær full maskin. Vannstanden i Botnedalsvatn og i Byrtevatn går ned ettersom kraftverkene sluker mer vann enn tilsiget. Dette er helt normal vinterkjøring. Mot slutten av februar legger den ene loggeren etter den andre seg på bunnen av Botnedalsvatn i 4 graders vann. Vanntemperaturen på driftsvannet i Byrte kraftverk faller fra 3 °C til litt under 1 °C ettersom de kaldere vannmassene oppunder isen senkes ned mot inntaksnivået. Dette påvirker også sørlig del av Byrtevatn hvor det kalde vannet blander seg inn og senker vanntemperaturen i alle dyp ved riggen ved Byrte kr.st., men mest nær overflaten ved riggen ved Sandviki. Dette er for øvrig den eneste perioden hvor det er lett å se en forskjell mellom de to riggene i Byrtevatn, og da kun nær bunnen. Vannstanden synker også i Byrtevatn, men da vannmassene rundt inntaket til Lio kraftverk er sammenblandet påvirker ikke dette driftsvannets temperatur.

Mars til 15. april 2018:

Vannstanden i Botnedalsvatn faller videre mot et minimum rundt 33 m lavere enn ved fullt magasin. På det laveste er dypet ved inntaket til Byrte kraftverk omtrent 8 m mot 41 m ved fullt magasin. Den øverste loggeren vår er da 6 m over bunnen, nummer to er 3 m over bunnen, mens de andre fire loggerne ligger på bunnen. Fra midten av mars til midten av april står stort sett Byrte kraftverk stille da magasinet er nedtappet og tilsiget er lite.

Lio kraftverk fortsetter stort sett for fullt. Større andel av driftsvannet tas nå fra hovedbassenget i Byrtevatn. Der er temperaturen litt høyere da det ikke har blitt blandet med det kalde driftsvannet fra Botnedalsvatn. På vei mot inntaket til Lio kraftverk blandes det noe varmere vannet fra hovedbassenget med omgivelsene, og temperaturen ved bøyene i Byrtevatn stiger fra 2 °C til 3 °C. Også driftsvannet i Lio kraftverk stiger tilsvarende.

15. april til 20. mai 2018:

Botnedalsvatn er nå nesten tomt. Snøsmeltingen starter. Tilsiget til Botnedalsvatn øker, og tilsiget er kaldt, nær 0 °C, og blander seg med det lille vannet som er igjen i Botnedalsvatn. Byrte kraftverk startes for fullt, men tilsiget er så stort at vannstanden likevel stiger raskt. I løpet av noen dager er hele vannmassen i Botnedalsvatn nær frysepunktet, men stiger deretter gradvis ettersom temperaturen i tilsigsbekkene også stiger. I isløsningen fra 10. mai stiger temperaturen enda raskere, og vannmassene blandes. 20. mai har alt vann en temperatur på 4 °C.

Når det kalde driftsvannet med snøsmeltevann fra Byrte kraftverk slippes ut i Byrtevatn, blandes vannmassene og temperaturen faller fra 3 °C til nær 1 °C. Til tross for at Lio kraftverk også går for fullt, stiger vannstanden i Byrtevatn. Vannet har også betydelig tilførsel av kaldt smeltevann fra Byrteåi lenger nord i vannet. Lokalfeltet som har direkte avrenning til sørlige enden av Byrtevatn er derimot svært lite da det er bratte fjellsider. Driftsvannet er nok derfor hovedårsaken til et såpass stort og raskt temperaturfall.

Vanntemperaturen stiger etter hvert i Byrtevatn også. Vannmassene blandes kontinuerlig da det er ganske små tetthetsforskjeller, og passerer 4 °C rundt 15. mai. Det er nå isfritt og oppvarmingen fortsetter. 20. mai er vannmassene ennå sammenblandet og vanntemperaturen er rundt 6 °C.

20. mai til 20. juni 2018:

Vann som varmes opp i overflaten blir nå lettere enn underliggende vann og blir liggende øverst. Dermed kan overflatetemperaturen stige raskt, mens dypere vannlag kun varmes opp i vindepisoder som blander varmt overflatevann med kaldere bunnlag. Driftsvannet i Byrte kraftverk passerer 4 °C som er temperaturen hvor vannet har høyest tetthet, altså veier mer enn vann med andre temperaturer. Vannet synker nå ned når det kommer ut i Byrtevatn og blander seg med bunnvannet der. En periode synker derfor temperaturen nær bunnen av Byrtevatn, men dette legger seg under inntaksnivået til Lio kraftverk der inntakstårnet stikker 5 m opp fra bunnen. Lio kraftverk drar inn varmere vann fra litt høyere lag, rundt 10-15 m under vannoverflaten. Byrtevatn er på dette tidspunktet 2-4 m nedsenket.

Det er en tørr sommer, men Byrte kraftverk går likevel for fullt. Driftsvannføringen i Lio kraftverk må reduseres til omtrent samme vannføring som Byrte for å hindre at vannstanden faller i Byrtevatn.

Flere vindepisoder 10.-20. juni blander vannmassene i Byrtevatn helt og driftsvannets temperatur i Lio kraftverk stiger med tre grader da vannet i dypet ved inntaket blir varmere. I Botnedalsvatn blandes bare de øverste 10 m, så driftsvannet i Byrte kraftverk påvirkes lite. En periode er derfor driftsvannet i Byrte kraftverk betydelig kaldere enn vannet i Byrtevatn.

20. juni til 1. august 2018:

Det kalde vannet fra Byrte kraftverk blander seg i de dypeste vannlagene i Byrtevatn og det blir litt kaldere. Også litt opp fra bunnen, ved inntaket til Lio kraftverk blir det kaldere vann. Temperaturen på driftsvannet i Lio kraftverk faller derfor litt i 14 dager, mens temperaturen stiger i overflatelagene i den samme perioden.

Vannstanden faller 10 m i Botnedalsvatn på grunn av manglende tilsig, og dermed drar Byrte kraftverk med seg mer varmt overflatevann. Temperaturen på driftsvannet i Byrte kraftverk fortsetter derfor å stige, og blir i starten av juli varmere enn vannet i Byrtevatn. Dermed stiger også temperaturen i dypet av Byrtevatn og på driftsvannet i Lio kraftverk.

1. august til 17. oktober 2018:

Høsten kommer. Magasinene fylles og vannmassene blandes og nedkjøles. Jevnt over er driftsvannet i Byrte kraftverk 0,5 – 1,0 °C kaldere enn vannet i sørenden av Byrtevatn. Driftsvannet er derfor med på å gi en noe raskere nedkjøling av driftsvannet i Lio kraftverk enn uten bidraget fra Byrte kraftverk.

6 Drøfting

Hva har vi sett:

- Det er svært små forskjeller i temperaturene som ble målt på de to målestedene i Byrtevatnet, noe som tyder på at driftsvannet fra Byrte kraftverk brer seg utover i hele den sørlige armen av Byrtevatn, og trolig enda lenger nordover.
- Det er større temperaturforskjeller mellom topp og bunn i Botnedalsvatn enn i Byrtevatn, noe som nok skyldes innblanding av driftsvann fra Byrte kraftverk. Begge vannene har derimot betydelig varmere overflatelag om sommeren enn driftsvannet som dras inn i henholdsvis Byrte og Lio kraftverk via de dykkete inntakene.
- Når det er store temperaturforskjeller vertikalt i vannmassene er vannmassene stabile og holder seg i ro i sitt nivå. Driftsvannet fra Byrte kraftverk vil da legge seg i det dypet i Byrtevatn hvor vannmassene har samme temperatur som Byrtes driftsvann, uten å blande seg mye med vannet over eller under. Når dypet hvor driftsvannet legger seg er vesentlig forskjellig fra inntaksdypet til Lio kraftverk, suger Lio inn andre vannmasser enn de som kommer direkte fra Byrte, og driftsvannet fra Byrte har ikke så stor umiddelbar innvirkning på temperaturen i driftsvannet til Lio kraftverk.
- Driftsvannet fra Byrte kraftverk ser derfor ut til å ha størst umiddelbar innvirkning på driftsvannet i Lio kraftverk når temperaturen på driftsvannet fra Byrte er nær vanntemperaturen ved inntaksdypet. Litt kaldere vann fra Byrte kraftverk enn ved inntaksdypet vil ganske raskt blande seg ved inntaksdypet og gi litt kaldere vann i Lio kraftverk. Mye kaldere vann fra Byrte kraftverk kan spre seg ut på bunnen under inntaksdypet uten å influere så raskt på temperaturen i Lio kraftverk.

Hvordan avviker 2018 fra et «normalt» år?

Vi har bare ett år med data. Normalt ønsker man å ha dekket et «normalt» år, samt år som avviker med mye eller lite nedbør, og varm eller kald sommer. Vinteren har mindre variasjoner da isen dekker det meste.

Vi har sett på månedsmidler av lufttemperaturen og månedssum av nedbør på neborfra met.no sin målestasjon 31620 Møsstrand II (tabell 6.1). Det er sammenlignet med gjennomsnittet fra 1990 til 2017 fra samme stasjon. Vinteren var litt kaldere enn i kontrollperioden 1990-2017, særlig i mars. Sommeren var betydelig varmere enn i kontrollperioden, 3-5 °C, og svært tørr med nedbør ned mot 50 % av normalen. Høsten hadde normale temperaturer, men august og september var svært våte.

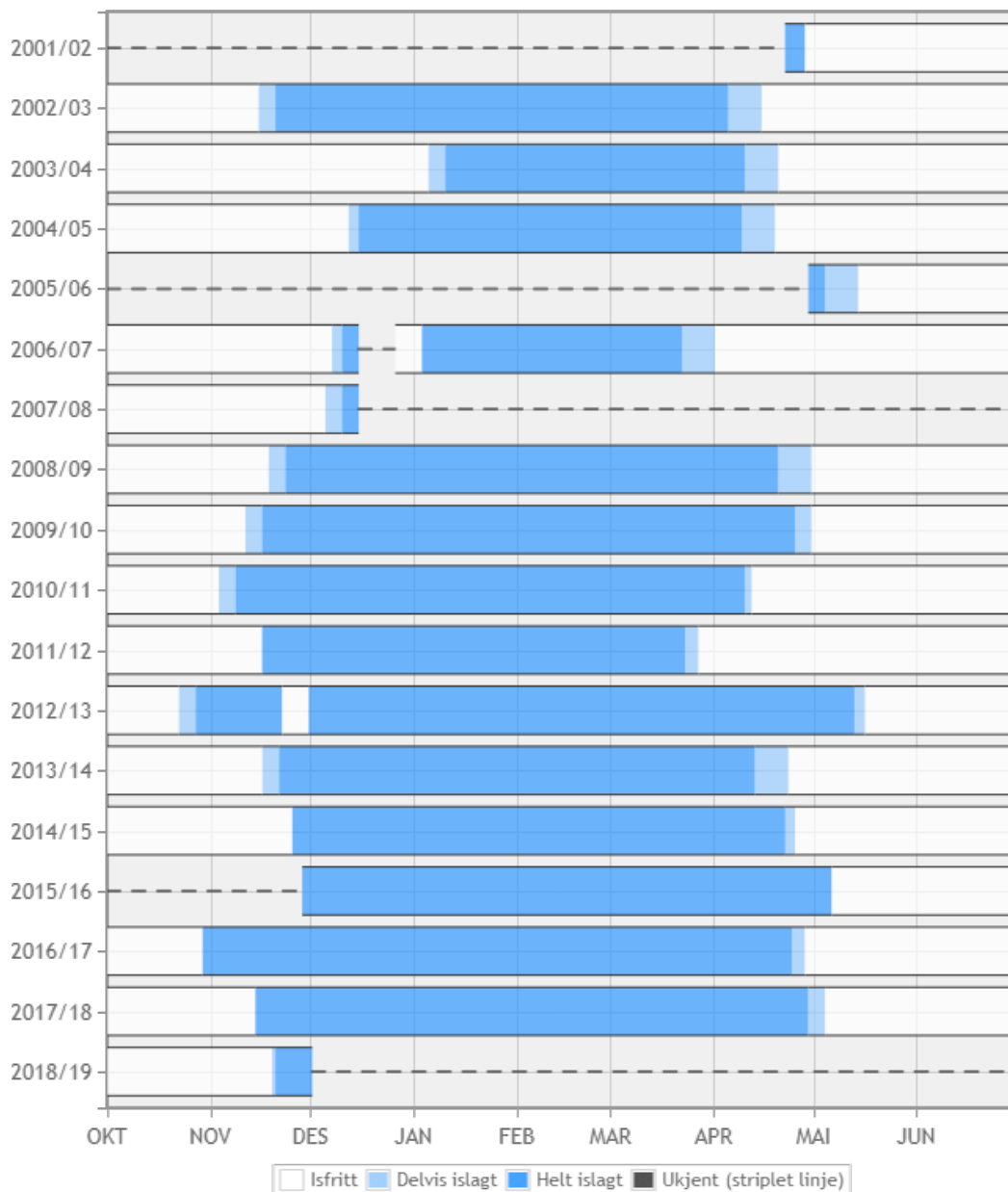
Totalt sett er det særlig sommeren som var svært unormal med betydelig varmere og tørrere vær enn normalt. Høsten var også unormalt våt, men temperaturmessig normal.

Tabell 6.1 Værdata fra met.no sin målestasjon 31620 Møsstrand II. Tabellen viser hvor mye januar til oktober 2018 avviker fra gjennomsnittelige månedsmidler av lufttemperatur og nedbør for perioden 1990-2017. Lufttemperaturen er angitt som °C der positive tall betyr varmere enn normalen. Nedbøren er angitt i prosent av gjennomsnittsnedbøren. Tall under 100 betyr altså mindre nedbør enn gjennomsnittet for 1990-2017.

| | jan | feb | mar | apr | mai | jun | jul | aug | sep | okt |
|---------------------------------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|
| Lufttemperatur avvik fra middel | 0.1 | -2.4 | -4.4 | 0.4 | 5.3 | 3.1 | 4.7 | -0.8 | -0.5 | 0.3 |
| Nedbør andel i prosent | 128 | 118 | 53 | 116 | 78 | 63 | 22 | 141 | 194 | 41 |

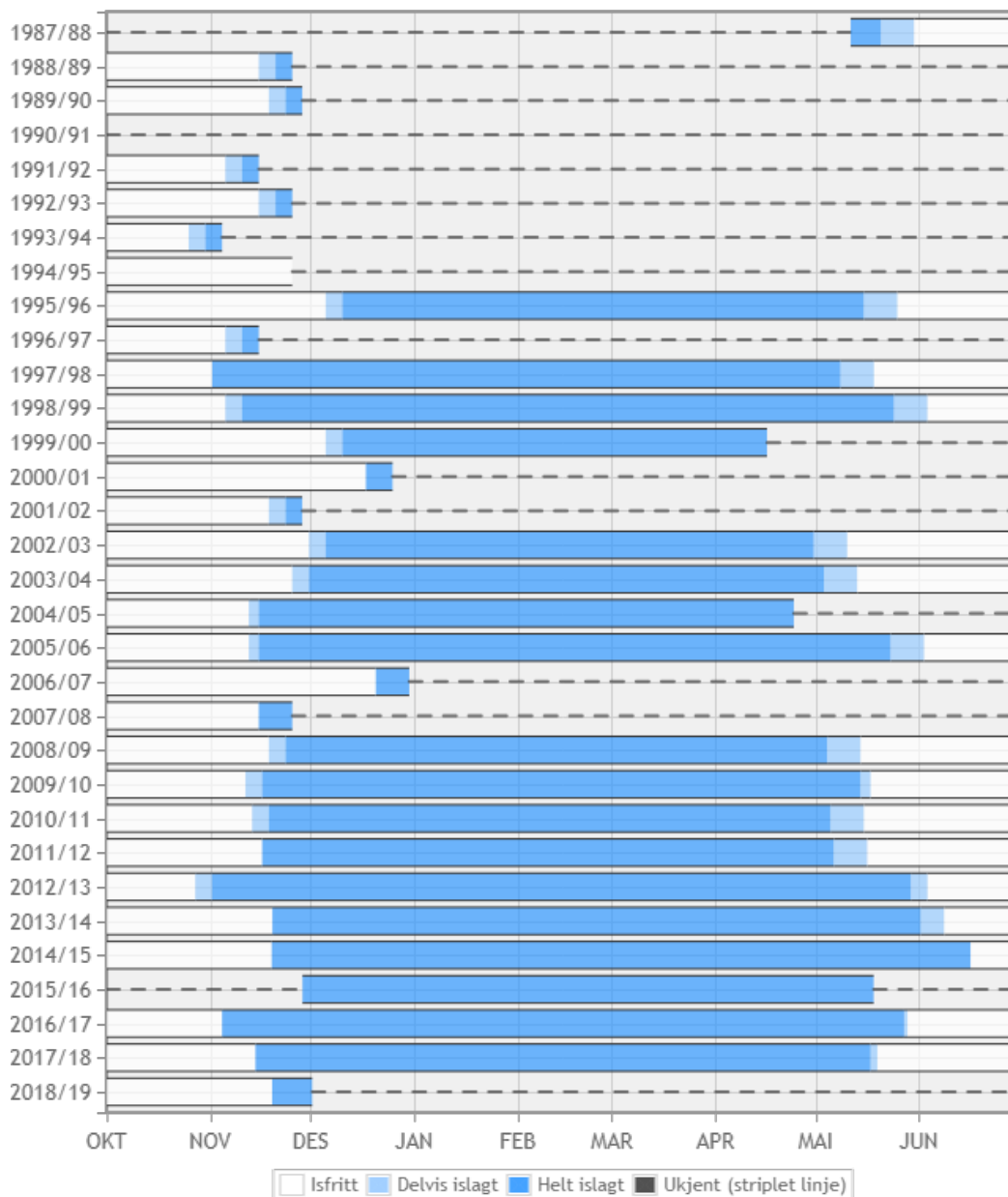
Isen gikk rundt 10. til 15. mai. Vi har ikke data fra andre år på disse vannene, men har sammenlignet med nordenden av Vinjevatn og Vågslivatn som ligger i omtrent samme høyder som henholdsvis Byrtevatn og Botnedalsvatn, og de ligger i samme klimaområde. Det er alltid variasjon i isløsningstidspunktene fra vann til vann, men vi forventer at datoene er korrelerte på den måten at senere enn normal isløsning på ett vann samsvarer med senere enn normal isløsning på nabovann. Vi vurderer derfor om Vinjevatn og Vågslivat hadde unormal isløsningsdato våren 2018. Det er alltid variasjon fra år til år, men våren 2018 var forholdsvis normal. Våren kom brått slik at det var mindre forskjeller mellom fjell og lavland enn vanlig. Isen gikk noen dager senere enn vanlig i lavlandet, og noen dager tidligere enn vanlig i fjellet. Se figur 6.1 og 6.2 på de to neste sidene.

Isdekning for Vinjevatn nord 466 moh -ObsLocationID 3582



Figur 6.1 Islegging på Vinjevatn nord for utløpet av Vinje kraftverk. Mørk blått er helt islagt, lyst blått delvis islagt, hvitt er isfritt, og striplet betyr manglende data.

Isdekning for Vågslivatnet 796 moh -ObsLocationID 3580



Figur 6.2 Islegging på Vågslivatn på Haukelifjell. Mørk blått er helt islagt, lyst blått delvis islagt, hvitt er isfritt, og striplet betyr manglende data.



NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

MIDDELTHUNSGATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no