

---

RAPPORT

# Oppfølging av konsesjon

---

OPPDRAKSGIVER

IVAR IKS

EMNE

Minstevannføring Birkelandsvatn,  
oppdatering

DATO / REVISJON: 05. des 2022 / 03

DOKUMENTKODE: 10209993-01-RiVass-RAP-001

---



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

## RAPPORT

OPPDRAAG	<b>Oppfølging av konsesjon</b>	DOKUMENTKODE	10209993-01-RiVass-RAP-001
EMNE	Minstevannføring Birkelandsvatn, oppdatering	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	<b>IVAR IKS</b>	OPPDRAAGSLEDER	Solveig Renslo
KONTAKTPERSON	Odd Hummersvold	UTARBEIDET AV	Jean-Pierre Bramslev
KOORDINATER		ANSVARLIG ENHET	Multiconsult ASA
GNR./BNR./SNR.			

## SAMMENDRAG

- På grunnlag av 5,5 års målt avløp fra Birkelandsvatn er tilsigsmodellen kalibrert, slik at modellen nå simulerer tilsiget mer realistisk enn i 2015-rapporten.
- Tilsigsmodellen er oppdatert med hensyn til prognosert avløp fra Maudal kraftstasjon. Dette er basert på LYSEs nye produksjonssimulering fra desember 2020. Med den nye produksjonssimuleringen er det i de tørreste periodene vesentlig høyere tilsig til Birkelandsvatn enn LYSEs forrige produksjonssimulering fra 2014. Dette motvirker at det kalibrerte tilsig ble mindre enn tidligere beregnet.
- To nye scenarier (5A og 5B) der Stølsvatn tappes kun 2 m i stedet for 4 m som tidligere forutsatt. I disse klarer man ikke bare å opprettholde en gitt minstevannføring på 2,5 hhv. 3,0 m<sup>3</sup>/s, men også å holde avløpet på minst 3,0 hhv. 3,2 m<sup>3</sup>/s.
- I to andre nye scenarier (5C og 5D) tillates ikke Stølsvatn nedtappet i det hele tatt. I sc. 5C er uttaket til IVAR redusert til 2,0 m<sup>3</sup>/s. Det viser seg at det er mulig å opprettholde en minstevannføring på 3,0 m<sup>3</sup>/s, selv om målet egentlig bare var 2,5 m<sup>3</sup>/s. I det siste scenariet, 5D, der uttaket er 2,5 m<sup>3</sup>/s, klarer man å oppfylle kravet på 2,5 m<sup>3</sup>/s med god margin.
- Effekten av klimaendringer er vurdert kvalitativt, ved sammenligning med resultatene fra 2015. På dette grunnlaget forventes det at klimaendringene ikke har negativ virkning, dersom minstevannskravet settes til 2,5 m<sup>3</sup>/s. Men at klimaendringene vil virke ugunstig dersom minstevannskravet settes til 3,0 m<sup>3</sup>/s slik at dette ikke vil kunne oppfylles til hver en tid.
- Det anbefales å evaluere/oppdatere tilsigskalibreringen om noen år, f.eks. om 5 år. Da vil målt avløpsserie være nesten dobbelt så lang som pr i dag.
- Beregnet maksimaltapping fra Romsvatn overskrider ikke 3,1 m<sup>3</sup>/s i noen scenarier. Det konkluderes med at man *ikke* trenger å utvide kapasiteten fra dagens 5 m<sup>3</sup>/s.
- For Stølsvatn er det i to scenarier forutsatt en tappekapasitet 3,5 m<sup>3</sup>/s. I Scenario 5A ligger største faktiske tapping fra Stølsvatn kun marginalt under kapasiteten: 3,44 m<sup>3</sup>/s. Dersom 5A avspeiler en realistisk fremtid, vil man da måtte utnytte tappekapasiteten nesten til grensen. I Scenario 5B derimot ligger maksimal tapping fra Stølsvatn på 2,23 m<sup>3</sup>/s og da er det rikelig med buffer.
- En av konsekvensene av å unnlate å tappe fra Stølsvatn er at man øker behovet for maksimal tapping fra Storavatn fra 0,9 m<sup>3</sup>/s (Sc 5A) til 1,16 m<sup>3</sup>/s (Sc. 5D), altså mer enn 25% økning. Til sammenligning øker tappingen fra Romsvatn med kun 4 % (2,91 til 3,03 m<sup>3</sup>/s). I scenario 5C derimot, der man heller ikke tapper fra Stølsvatn, men har et lavere uttak til IVAR, er maksimaltappingen fra Storavatn faktisk lavere enn i Scenario 5A; 0,81 m<sup>3</sup>/s mot 0,90 i Sc. 5A. Man kan derfor si at den uheldige konsekvensen som ligger i økt tapping fra Storavatn først kan ventes å vise seg når det totale vannuttaket ligger nærmere 2,5 enn 2,0 m<sup>3</sup>/s.

3	05/12/2022	Revidert ihht IVARs kommentarer av 17/12-2021.	JPB		
2	02/11/2021	Revisjon ihht IVARs kommentarer 5/7-21.	JPB		
1	13/05/2021	Revidert versjon ihht tilleggsbestilling fra klient	JPB	KLW	JPB
0	22/03/2021	Første utkast til klient.	JPB	KLW	
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Bakgrunn .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Oppdateringer .....</b>	<b>6</b>
2.1	Hydrologisk grunnlag .....	6
2.2	Kalibrering.....	8
2.3	LYSEs produksjonsberegninger .....	12
2.4	Ekstrapolering av LYSE-serien .....	15
2.5	Implementering av oppdateringer.....	15
<b>3</b>	<b>Nye scenarier.....</b>	<b>18</b>
3.1	Sesongbestemt uttaksbegrensning fra Storavatn .....	18
3.2	Resultater nye scenarier .....	19
3.3	Optimalisering av tappereglement .....	21
3.4	Klimaendringer .....	25
3.5	Uttak fra Storavatn .....	26
<b>4</b>	<b>Konklusjon.....</b>	<b>30</b>
<b>Appendix A.</b>	<b>Periodesammenligninger .....</b>	<b>31</b>
<b>Appendix B.</b>	<b>Kalibrering .....</b>	<b>33</b>
<b>Appendix C.</b>	<b>Naturlig avløp fra Birkelandsvatn 1985-2019.....</b>	<b>34</b>
<b>Appendix D.</b>	<b>36</b>	
<b>Appendix E.</b>	<b>37</b>	

### Litteraturreferanser:

- 1) Multiconsult: «Hydrologiske simuleringer Birkelandsvann. Hydrologisk modellering av konsekvenser og avbøtende tiltak ved uttak av drikkevann.» 02. februar 2015. Utarbeidet for IVAR IKS.

## 1 Bakgrunn

I forbindelse med konsekvensutredning for vannuttak fra Birkelandsvatn utredet Multiconsult i 2015 mulighetene for avbøtende tapping fra reservevannkilder. Ulike hypotetiske minstevannskrav og ulike begrensninger for tapping fra kildene ble vurdert.

Det hydrologiske datagrunnlaget som 2015-utredningen var basert på, var målt avrenning (4 nærliggende NVE-stasjoner, se 2015-rapporten) i en 41 års periode 1973-2013. Det ble utarbeidet en modell som beregner tilsig fra de uregulerte delene av Birkelandsvatns nedbørsfelt, basert på målestasjoner med tilsvarende feltegenskaper. I tillegg kommer det regulerte tilsiget fra vannkraftmagasinet Store Myrvatn, som i 2015 ble basert på LYSEs egen produksjonsprognose.

Oppgaven i denne rapporten er å oppdatere 2015-beregningen samt å undersøke noen supplerende scenarier. Følgende er nytt og taler for en oppdatering:

- 2) Måleseriene som utgjør grunnlaget for tilsigsmodellen, er nå 6 år lengre (2014-2019) og det foreligger nå 47 år med data.
- 3) Avløpet fra Birkelandsvatn har vært målt siden juli 2014 og tilsigsmodellen kan evalueres og kalibreres på grunnlag av disse 5,5 årene.
- 4) LYSE har utført en ny produksjonsprognose for drift av Maudal kraftverk pr. Desember 2020. Prognosen fra 2014 må erstattes av denne.

For metodikk for tilsigsmodellen og prinsipper for avbøtende tapping osv. henvises til 2015-rapporten.

## 2 Oppdateringer

### 2.1 Hydrologisk grunnlag

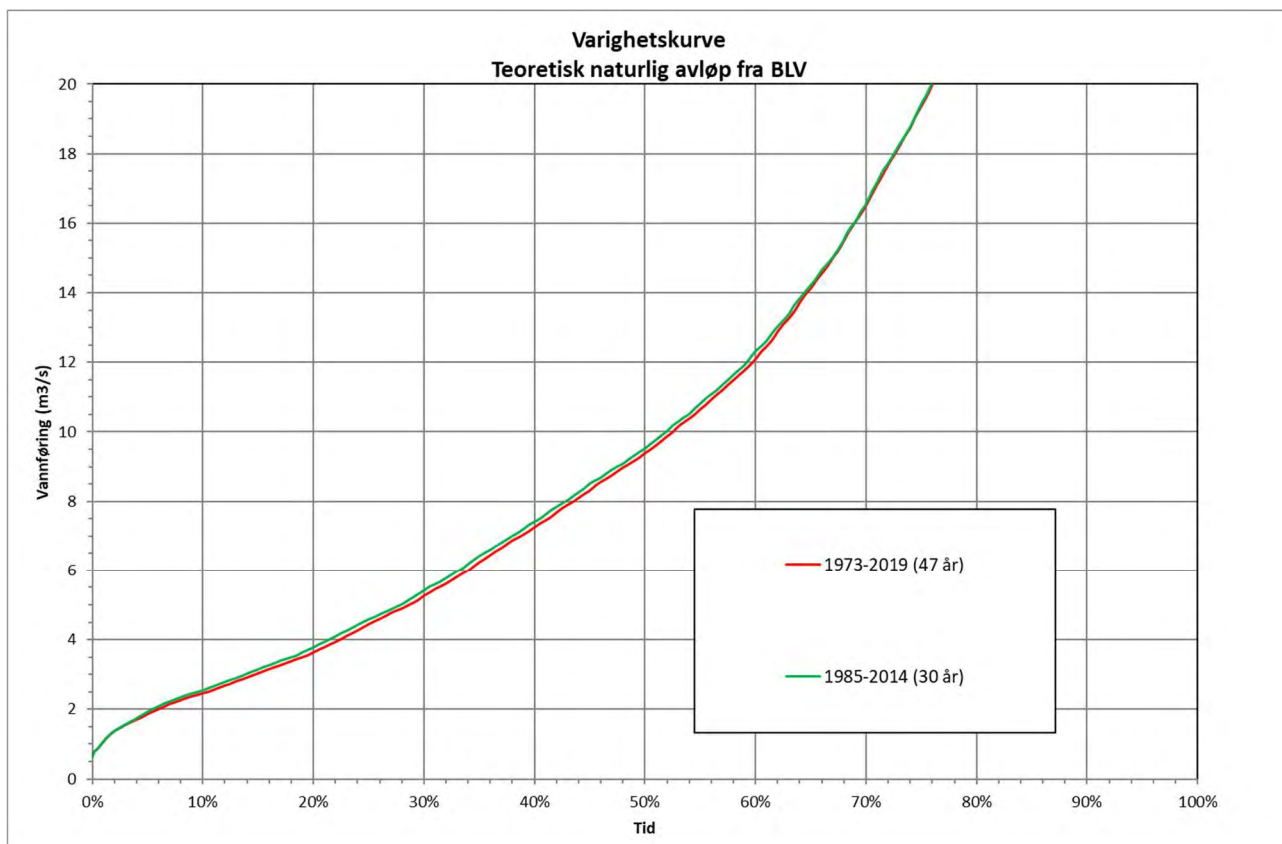
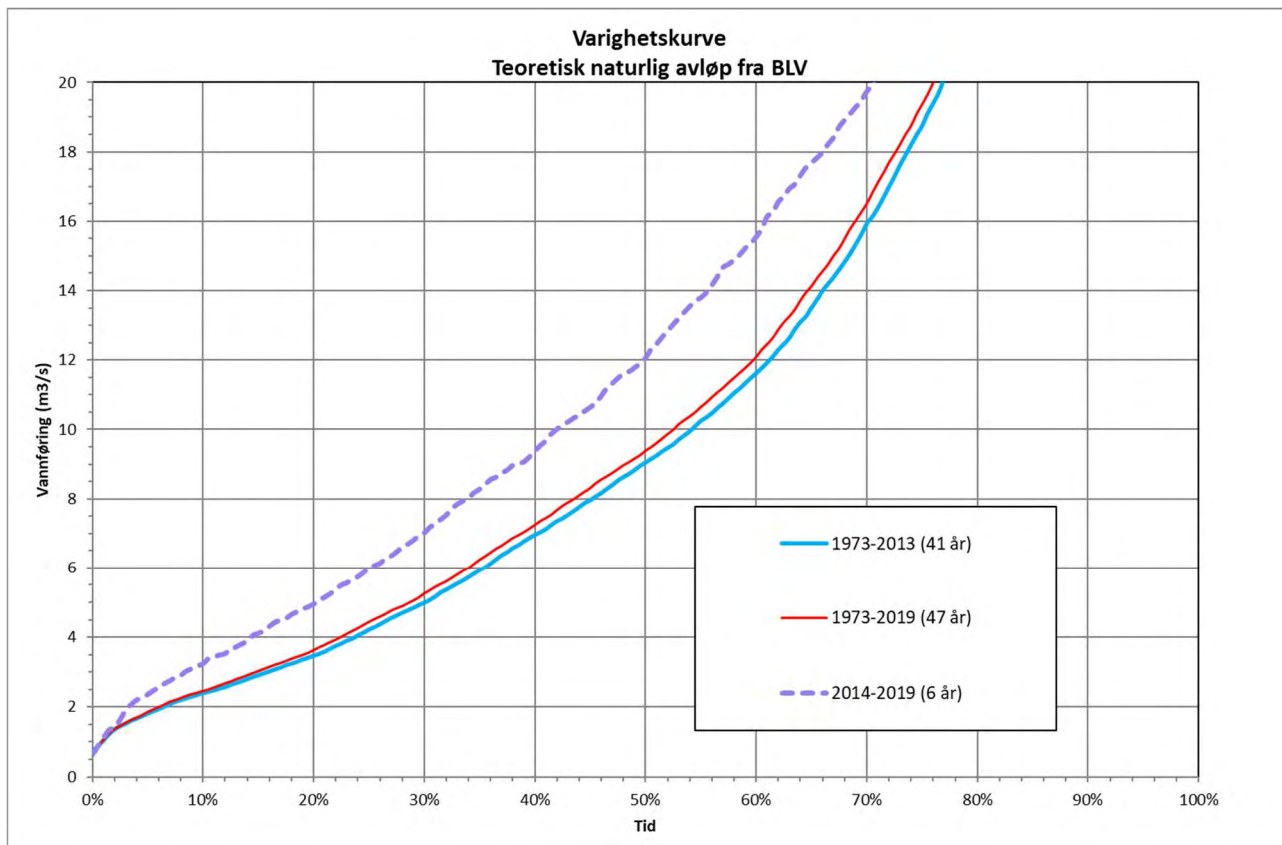
Avrenningsmodellen er oppdatert til å inkludere årene 2014-2019. Avrenningsmodellen beregner tilsig til de *uregulerte* delfeltene til Birkelandsvatn, på grunnlag av målte data fra NVE-stasjoner i regionen. Metodikken er redegjort for i 2015-rapporten. Modellen er altså forlenget med 6 år tom 2019, slik at vi får et grunnlag på 47 år.

Som nærmere omtalt i senere avsnitt omfatter LYSEs nye produksjonssimulering kun 30 år, 1985-2014. Følgende vil våre simuleringer av IVARs fremtidige uttak og avbøtende tapping også være begrenset til denne perioden. For å avklare om ulike periodelengder kan påvirke konklusjonene mht IVARs tapping, utfører vi en sammenligning av periodene ved å se på varighetskurvene for avløp fra Birkelandsvatn. Denne sammenligningen er utført for et hypotetisk «Natur»-scenario, der avløp fra St. Myrvatn er uregulert.

Figur 1 øverst viser at 6 års perioden 2014-2019 avviker markant fra den gamle 41 års serien tom 2013 – avløpet er vesentlig høyere. Hvis man imidlertid ser på den oppdaterte serien som *helhet* (47 år), da er forskjellen ift den gamle 41års-serien nærmest ubetydelig.

Den markante forskjellen mellom den nye 6 års serien og den gamle 41-års serien er likevel undersøkt nærmere for å utelukke at det ligger feil bak. Varighetskurver for de underliggende NVE-seriene som tilsiget er beregnet ut fra er presentert i Vedlegg A. Jøglå ser i denne sammenhengen ut som et unntak, men tre av de fire seriene bekrefter at 2014-2019 perioden er unormalt våt. Disse figurene bekrefter også at forlenget 47 års serie som *helhet* ikke avviker markant fra den gamle 41 års perioden.

Nederste del av Figur 1 viser 30 års perioden som LYSE har simulert (grønn kurve) sammen med den oppdaterte 47 års perioden. Man ser at det er ikke noe markant avvik. Det samme kan observeres fra basisseriene i Vedlegg A.

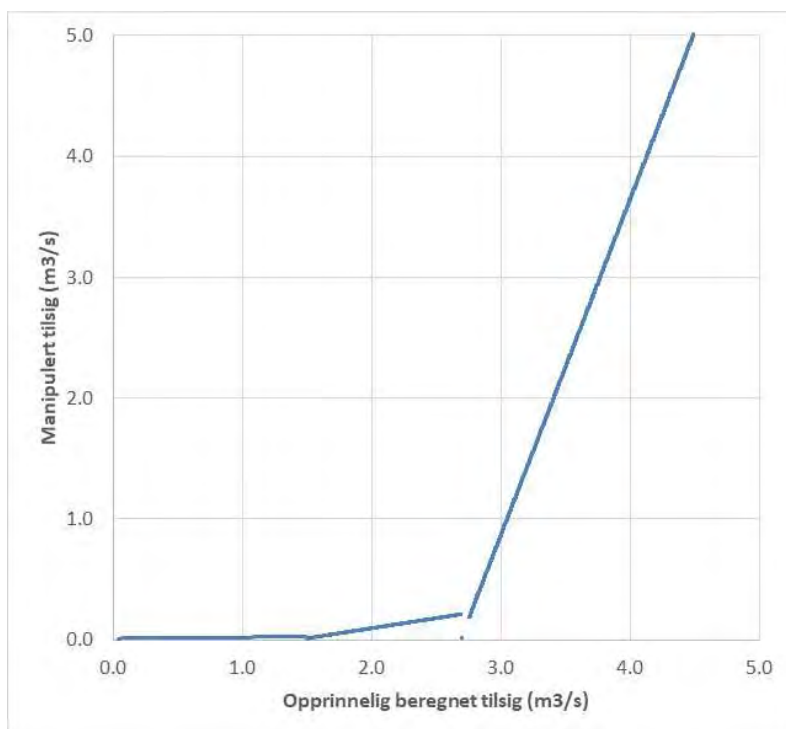


Figur 1 Varighetskurver for beregnet avløp fra Birkelandsvatn; sammenligning av perioden som Multiconsult tidligere har benyttet for modellering (1973-2013), med den mellomliggende perioden (2014-2019) samt med perioden som LYSE har benyttet i sine produksjonssimuleringer (1985-2014). Øverste figuren viser at de seneste 6 årene er vesentlig våtere enn de foregående 41 årene. Nederste figuren viser at forskjellen mellom den forlengede Multiconsult-perioden og LYSE-perioden er marginal.

## 2.2 Kalibrering

Pr mars 2021 foreligger det 5,5 år med både målt og beregnet avløp fra Birkelandsvatn: juli 2014-des 2019. Figur 3 viser en sammenligning av målt avløp og beregnet. I beregningen er avløp fra Store Myrvatn er basert på NVE-serien for Maudal målestasjon. Måleserien er nedskalert 9% på basis av feltarealer, siden målestedet ligger litt nedstrøms for Store Myrvatn. Tidsserieplottet øverst på figuren viser at for små vannføringer blir beregnet avløp for stort (se også korrelasjonsplot i Appendix B). Nederst på samme figuren vises en varighetskurve. Til forskjell fra figuren over, tar ikke denne fremstillingen hensyn til samtidighet, kun til hyppighet. Vi ser at avløp under  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  opptrer i 12% av tiden i målt serie, men kun i ca. 6 % av tiden for beregnet serie. For større verdier er forholdet omvendt, beregnet serie har også for få store verdier. Dette tolkes som at det er for mye demping i tilsigsmodellen. Den del av dempingen som skyldes hydraulisk ruting gjennom Birkelandsvatn er basert på innsjøarealet og tverrsnittet til utløpsprofilen. Begge deler er lagt inn i modellen med god nøyaktighet så det usannsynlig at feilkilden skulle ligge der. Det antas at dempingen stammer fra de målte basisseriene; enten i form av målefeil (Store Myrvatn) eller fordi feltegenskapene til de øvrige basisseriene ikke passer godt nok til Birkelandsvatns nedbørsfeltet.

Det er søkt å motvirke dempingen ved å manipulere det direkte tilsiget til Birkelandsvatn. Tilsiget er manipulert slik at hyppigheten av små verdier og store verdier er økt, så vidt mulig uten å endre totalvolumet for mye. Den endelige manipuleringen er funnet gjennom en prøv-og-feil fremgangsmåte og er illustrert på Figur 2 under. Her ses at beregnet tilsig på f.eks.  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  omregnes til  $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ; beregnet tilsig på  $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$  omregnes til  $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ . Større vannføringer omregnes derimot til større verdier:  $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$  omregnes til  $6,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Disse omregningene gjelder som nevnt kun det direkte tilsiget til Birkelandsvatn, ikke tilsigene lenger oppstrøms.



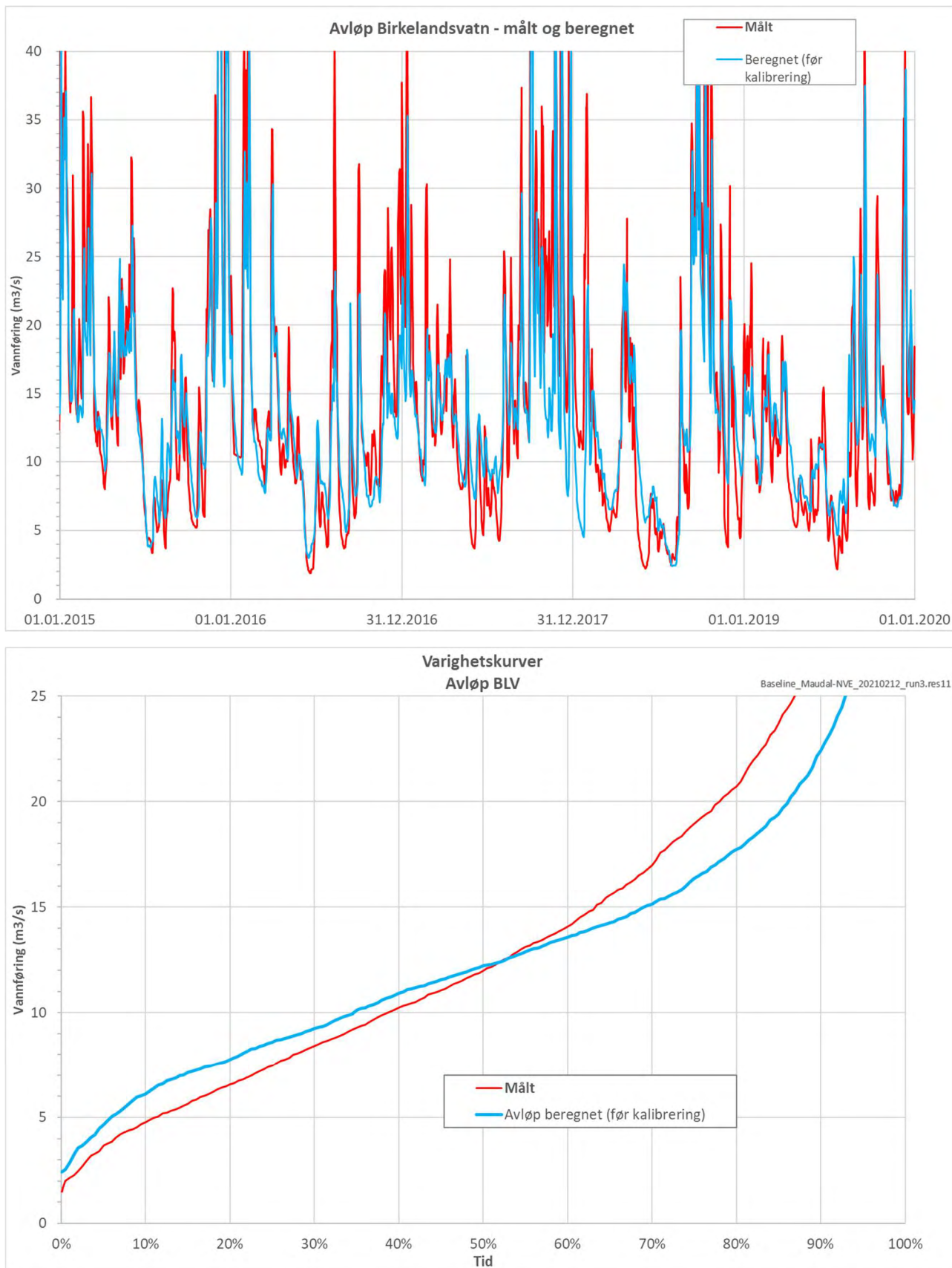
Figur 2 «Oppskrift» som er brukt til å manipulere beregnet tilsig til vassdraget for å få beregnet avløp Birkelandsvatn til å stemme med målt avløp.

Figur 4 viser avløpet beregnet etter manipulering av det direkte tilsiget til Birkelandsvatn.

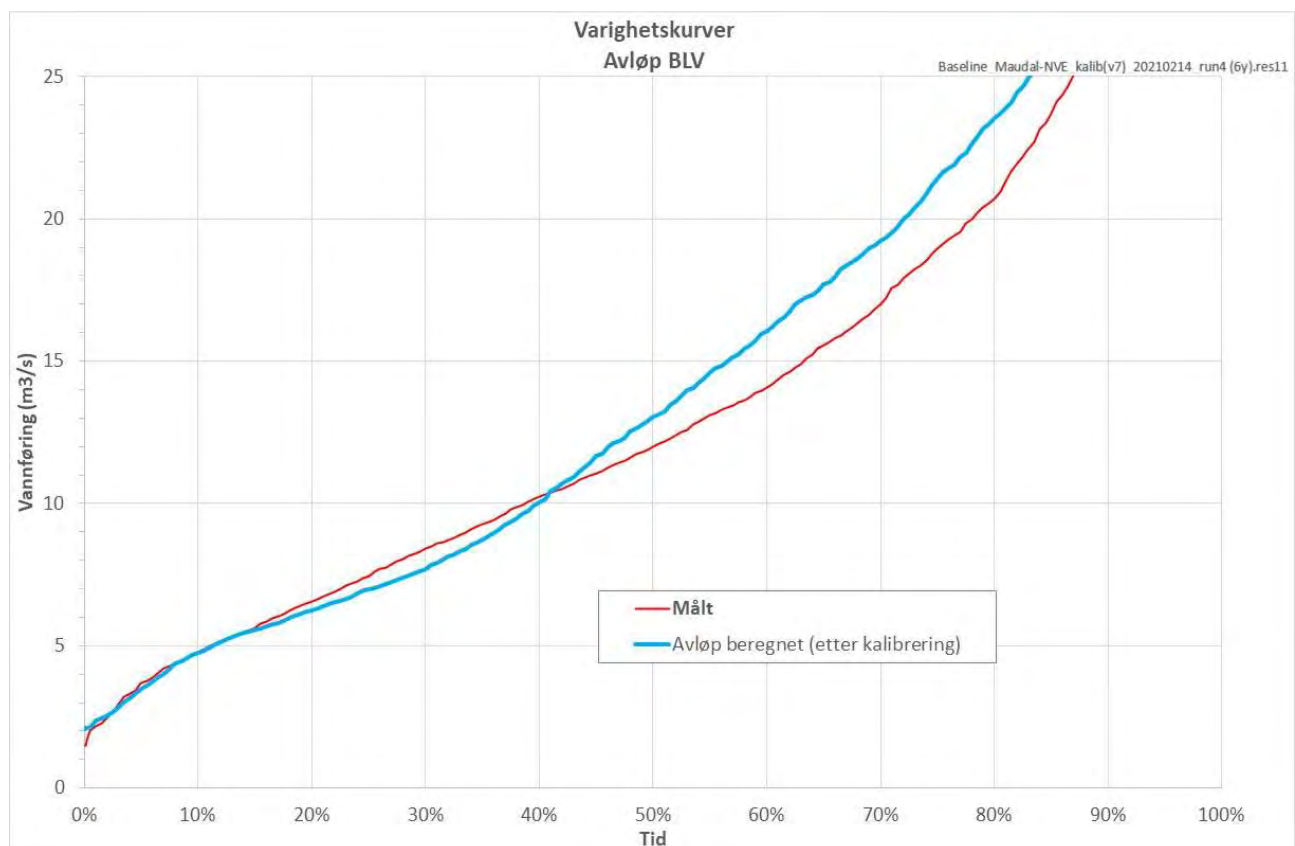
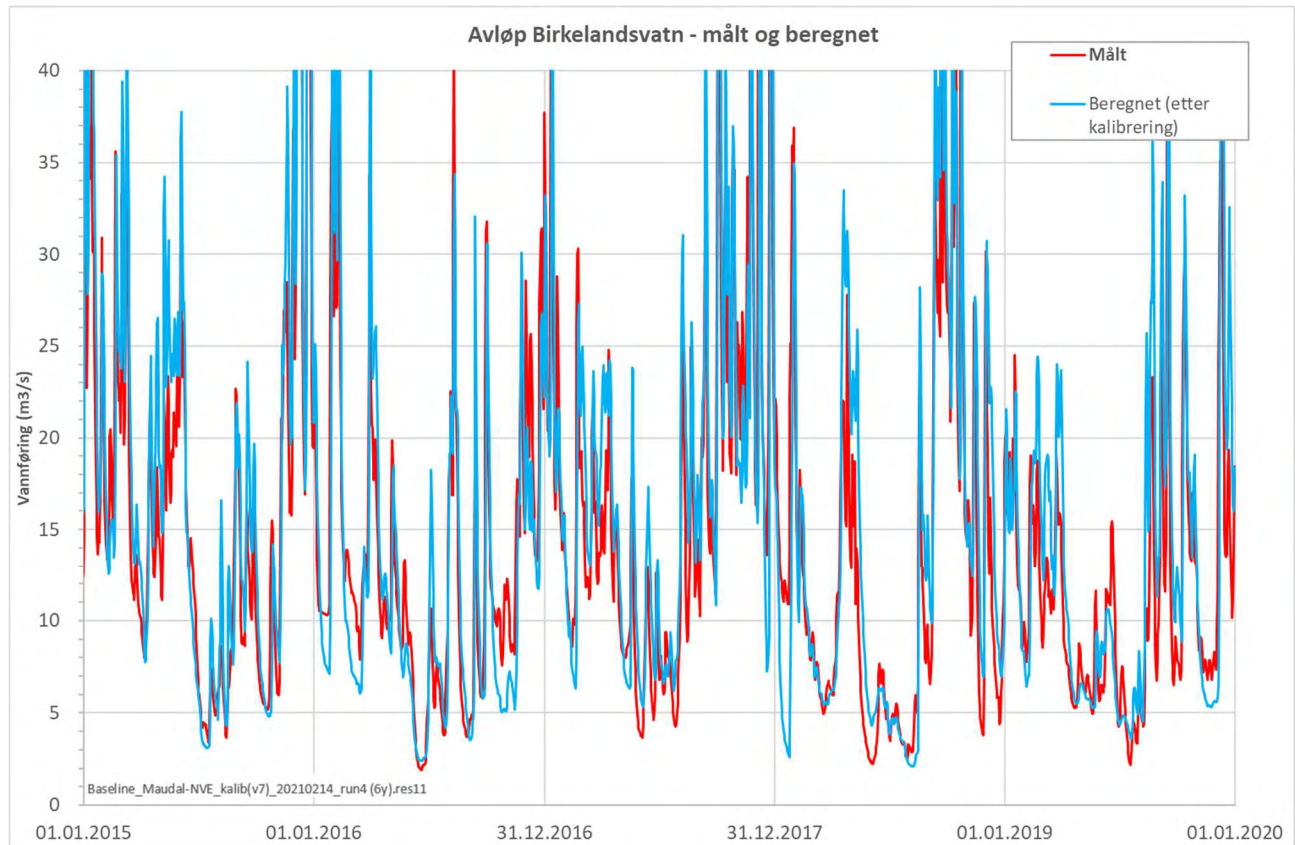
Tidsserieplottet øverst viser at det er et bedre samsvar. På korrelasjonsplottet i Appendix B nederst



er det fortsatt stor spredning, men punktene ligger nå symmetrisk omkring 45 gr helning, dvs. at det er ingen systematisk over- eller underestimering av avløpet. Dette avspeiles også på varighetskurven, der de to kurvene er praktisk tatt sammenfallende for Q under 6 m<sup>3</sup>/s og det er akseptabelt samsvar opp til 10 m<sup>3</sup>/s. For større vannføringer er samsvaret mindre godt, men ikke dårligere enn før manipuleringen. Større vannføringer har ikke avgjørende betydning for problemstillingen i denne utredningen.



Figur 3 Beregnet avløp Birkelandsvatn sammenlignet med målt avløp 2014-2019 – før kalibrering. Øverst: Tidsserie. Nederst: Varighetskurve.



Figur 4 Beregnet avløp Birkelandsvatn sammenlignet med målt avløp 2014-2019 – etter kalibrering. Øverst: Tidsserie. Nederst: Varighetskurve.

### 2.3 LYSEs produksjonsberegninger

I desember 2020 ble LYSEs nyeste produksjonssimulering for Maudal kraftverk tilgjengelig. Figur 5 viser avløpet fra kraftstasjonen for en utvalgt eksempelperiode på ett år og Figur 6 samme serien for en 2 måneders periode. Dataene foreligger i utgangspunktet som 3 timers tidssteg, men av praktiske årsaker har vi valgt å benytte døgnmiddel. Det vurderes å ikke ha nevneverdig betydning, bl.a. på grunn av den utjevne virkningen av Birkelandsvatn og de to innsjøene oppstrøms. Figur 6 viser døgnmiddelserien for sammenligning som stiplet blå kurve. LYSEs gamle produksjonsprognose er vist som grønn kurve.

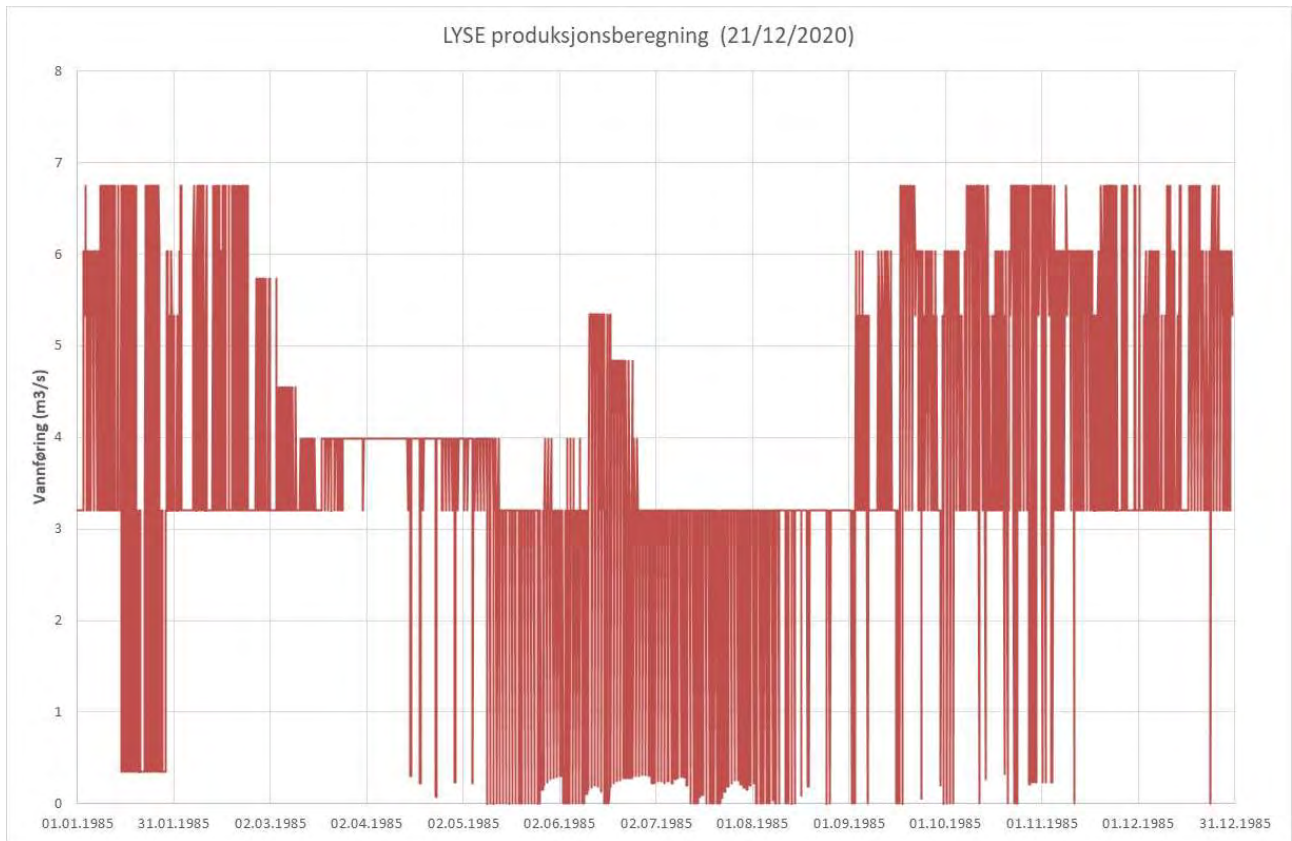
Figur 7 viser varighetskurver for ny og gammel LYSE produksjonsprognose. Det har skjedd en betydelig endring produksjonsstrategien, som LYSE selv forklarer slik:

*«I den gamle simuleringen gikk aldri kurven ned på null, men ble liggende på et minimum på 0,35 m<sup>3</sup>/s. Vi har endret modelleringen av Maudal kraftverk slik at vi i modellen også har modellert «restfeltet» som også bidrar til å opprettholde minimumsvannføringen i Maudalsåna. Her er Myrvatn og Myrtjern modellert som et magasin som tapper ned til Maudal kraftverk, i tillegg har man flomveien fra Myrvatn+Myrtjern som går forbi kraftverket. I denne modellen er det produksjonsvannføringen fra Maudal kraftverk, flom fra Myrvatn+Myrtjern + tilsig fra restfeltet som til sammen skal utgjøre 0,35 m<sup>3</sup>/s. I forrige simulering var dette forenklet ved at produksjonsvannføringen fra Maudal kraftverk skulle holde 0,35 m<sup>3</sup>/s alene.*

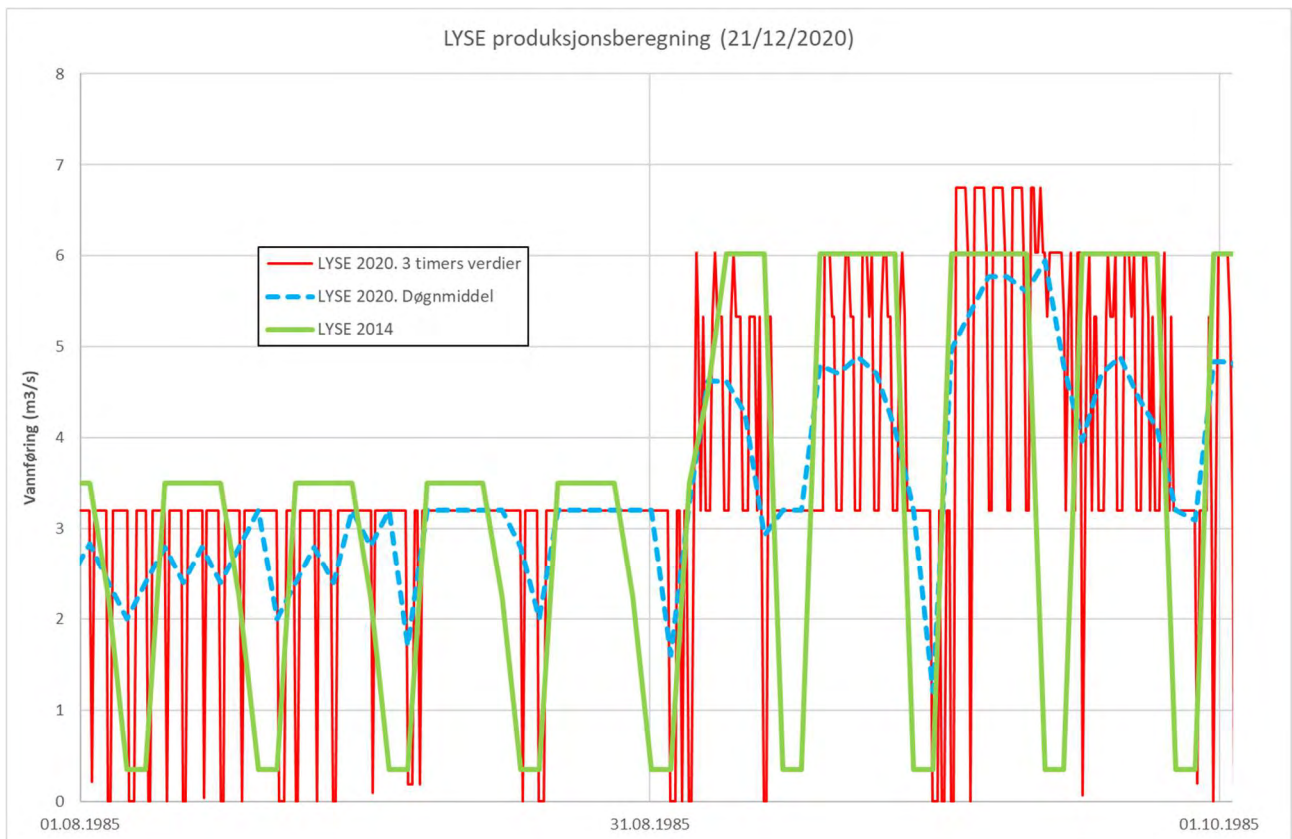
*2014-simuleringen antok at man beholdt dagens relativt høye slukeevne. Dagens plan innebærer at eksisterende Maudal kraftverk erstattes med to kraftverk (Maudal Nedre og Øvre) som til sammen har en lavere slukeevne enn tidligere antatt. Dette innebærer at toppen på varighetskurven kuttes noe og produksjonen må tas ut på litt flere timer. I tillegg vil det ene kraftverket (Maudal Nedre) ha noe høyere fall, og dermed noe høyere energiekvivalent, enn det andre (Maudal Øvre). Det vil derfor være ønskelig å produsere mer fra Maudal Nedre enn Maudal Øvre for å få ut mest mulig energi fra vannet. Resultatet er at man får mye produksjon på bestpunkt (det mest effektive driftspunktet) til Maudal Nedre som tilsvarer en produksjonsvannføring på 3,2 m<sup>3</sup>/s. Derav «platået» på 3,2 m<sup>3</sup>/s.»*

Sammenfattende ser vi at i et lite tidsrom (8%) vil Maudal bidra mindre til å opprettholde avløp fra Birkelandsvatn – men det er en liten forskjell; ikke over 0,35 m<sup>3</sup>/s. Til gjengjeld ser vi at i de tørreste 30% av tiden har det skjedd en betydelig økning av avløpet, fra 0,35 m<sup>3</sup>/s til 3,2 m<sup>3</sup>/s.

Scenarieresimuleringene vil vise hvilken av disse to motsatt rettede endringene som vil avgjøre om ønsket avløp kan opprettholdes fra Birkelandsvatn.

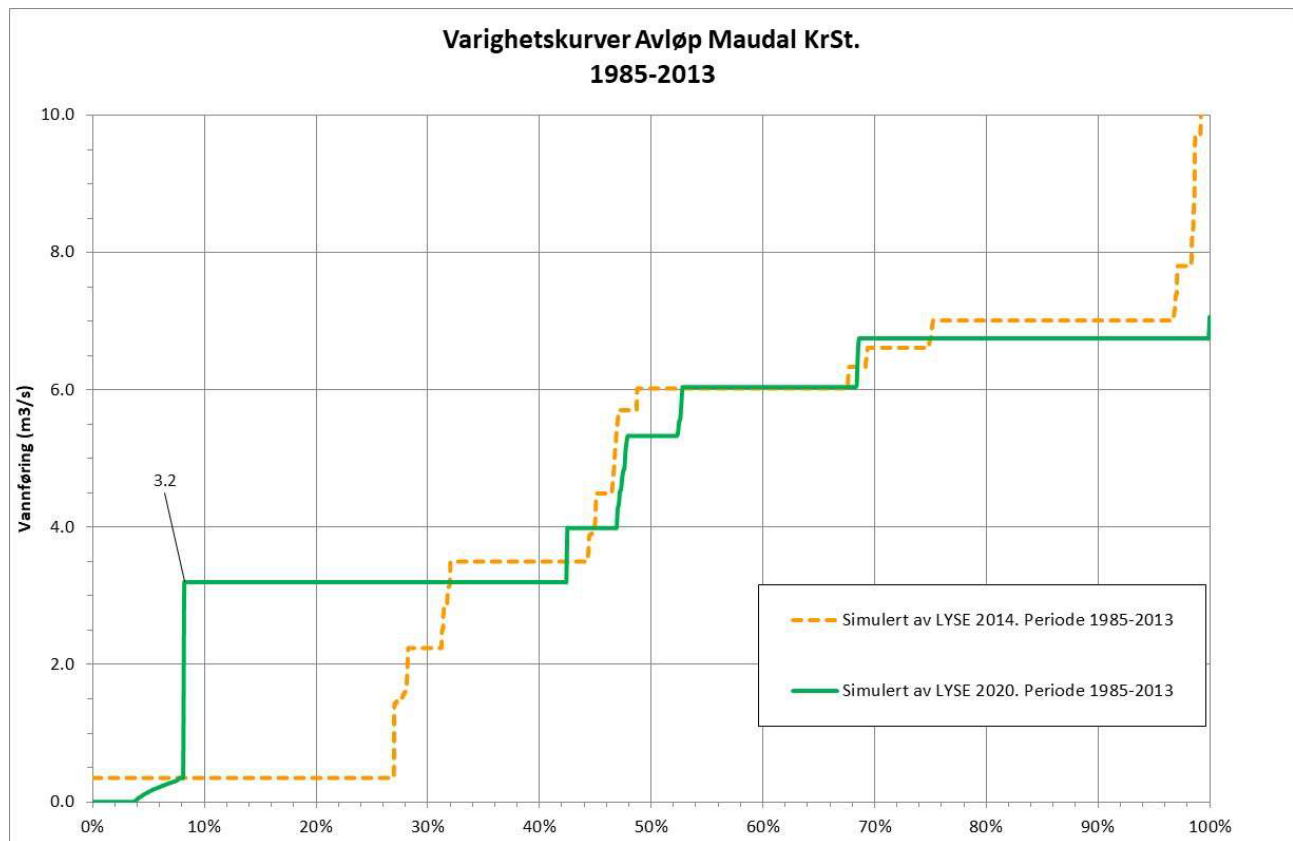


Figur 5 LYSE oppdatert produksjonsprognose (2020). Utvalgt eksempelperiode: Året 1985. 3-timers verdier.



Figur 6 LYSE oppdatert produksjonsprognose (2020). Utvalgt eksempelperiode: 2 mdr i 1985. Stiplet blå kurve viser døgnmiddel. Grønn kurve viser den gamle LYSE-prognosen fra 2014.





Figur 7 Sammenligning gammel og ny produksjonsprognose fra LYSE.

## 2.4 Ekstrapolering av LYSE-serien

I motsetning til tidligere har LYSE kun simulert produksjon for en 30 års periode, 1985-2014. Overlappet med den gamle referanseperiode 1973-2013 er kun 29 år. Det medfører at våre oppdaterte beregninger må utelate årene 1973-1984. For å unngå også å måtte utelate perioden 2015-2019 fra den oppdaterte tilsigsmodellen, er LYSE-serien «ekstrapolert» til å inkludere årene 2015-2019. Metodikken er følgende:

Månedsverdier av naturlig avløp fra Birkelandsvatn fra perioden 1985-2014 er analysert for å finne hvilke år som «likner» mest mulig på hvert av de seks manglende årene 2015-2019; «likner» er her forstått mht. 1) årsavrenning og 2) årsvariasjon ( $\sigma$ : forholdet mellom sommer- og vinteravrenning). I noen tilfeller var det ikke ett år som passet helt og det ble benyttet et gjennomsnitt av to år. Appendix C viser avrenningstallene som er benyttet i analysen av likhet mellom år. Tabell 1 under viser årene som ble utvalgt til å representere de manglende årene 2015-2019.

Tabell 1 Grunnlag for ekstrapolering av LYSE-produksjonsprognosen.

År som manglet	År som er brukt som erstatning
2015	1990
2016	1997
2017	1989/1990
2018	1994
2019	1985/1997

## 2.5 Implementering av oppdateringer

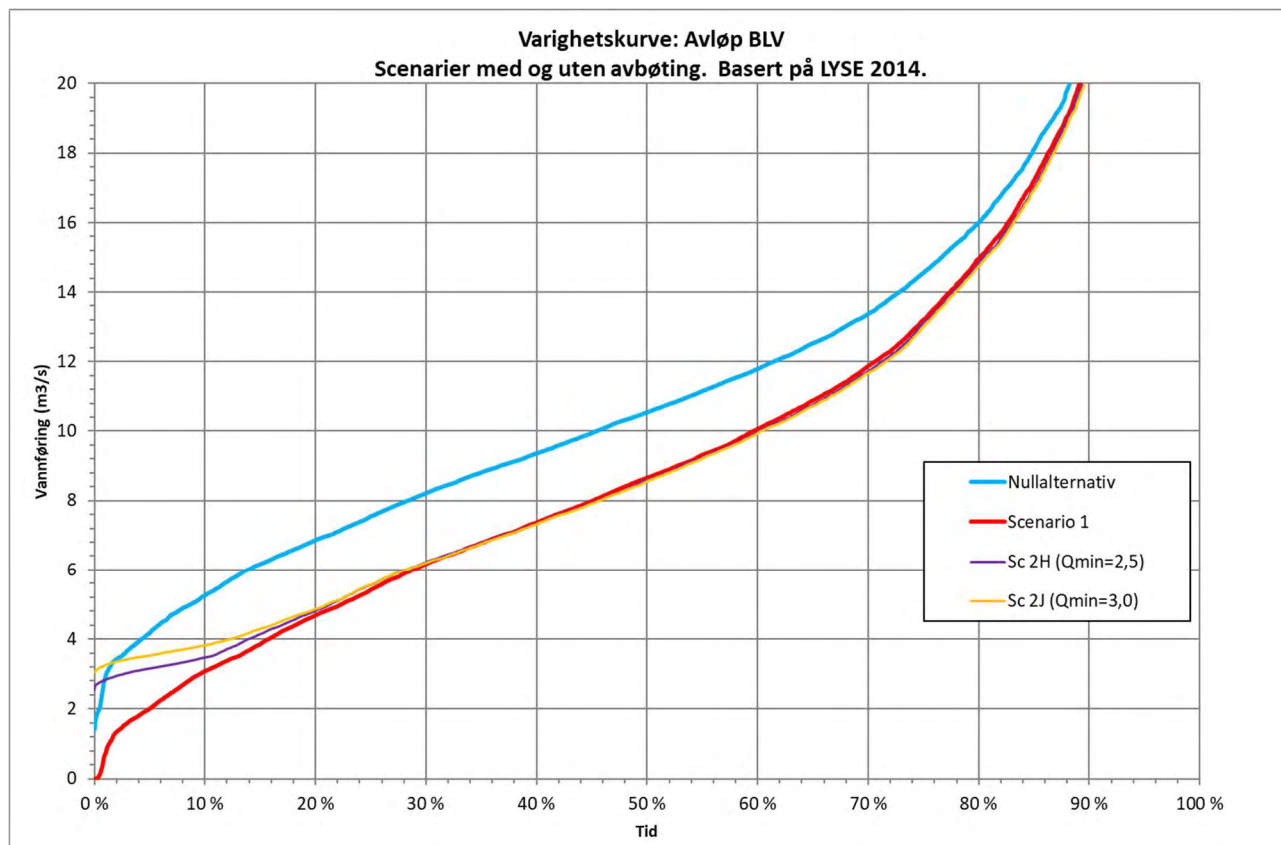
Både Figur 8 og Figur 9 under viser Nullalternativet pluss scenarier med uttak til IVAR – med og uten avbøtende tapping; Figur 8 viser beregningene fra 2015, mens Figur 9 viser de samme scenariene med *kalibrert* tilsig – og samme LYSE-produksjonsberegning for Maudal, 2014. Scenario 1 (=ingen avbøtende tiltak) fører som tidligere til at avløp iblant faller helt bort, men marginalt lenger etter kalibrering.

I den gamle beregningen førte avbøtende tapping til at man kunne holde avløpet over ønsket grense til hver en tid. Etter kalibrering er det er ikke lenger mulig; i Scenario 2H faller avløpet til 0,6 m<sup>3</sup>/s og i 2J til 0,1 m<sup>3</sup>/s tross tapping. Dette er godt stykke unna det satte kravet til minstevannføring.

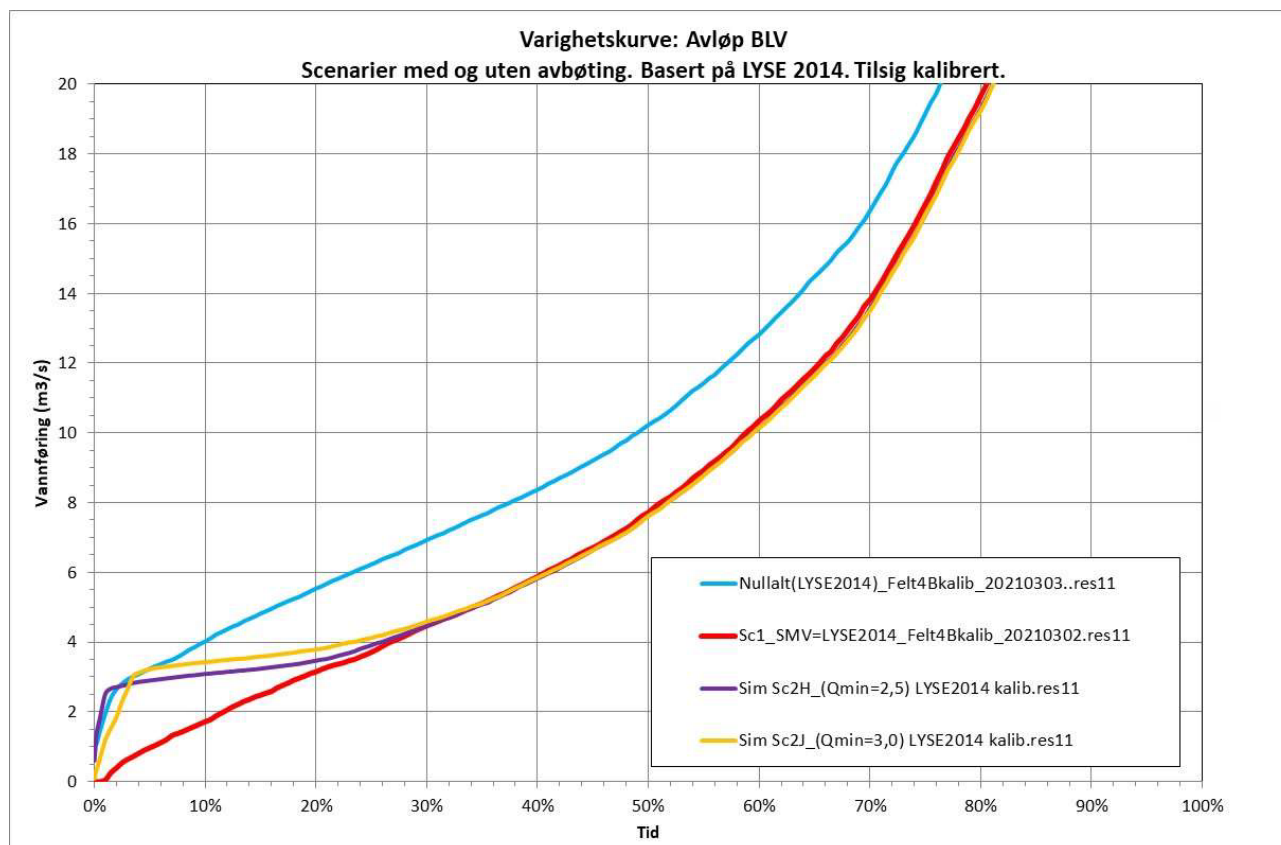
Figur 10 viser de samme scenariene som de to foregående figurene, men denne gang med den nye LYSE produksjonsprognosen fra 2020 – og kalibrert tilsig. Vi ser følgende:

- I Sc.1 med uttak, men uten avbøtende tapping, går avløpet aldri helt ned til null.
- I Sc. 2H går avløpet aldri under 2,77 m<sup>3</sup>/s og holder seg altså over minstevannskravet på 2,5 m<sup>3</sup>/s.
- I Sc. 2J, der minstevannskravet er 3,0 m<sup>3</sup>/s, går avløpet ned til 1,9 m<sup>3</sup>/s. Det er altså ikke mulig å oppfylle minstevannskravet. Det er dog svært kortvarig.

Simulerte avløpsminima står oppsummert i Tabell 2. Merk at resultatet for Sc. 2J er betinget av at det ikke er prøvd å optimalisere tappereglementet. Resultatet avspeiler det tappereglementet som ble funnet å være best mulig med tilsigsseriene fra 2015.

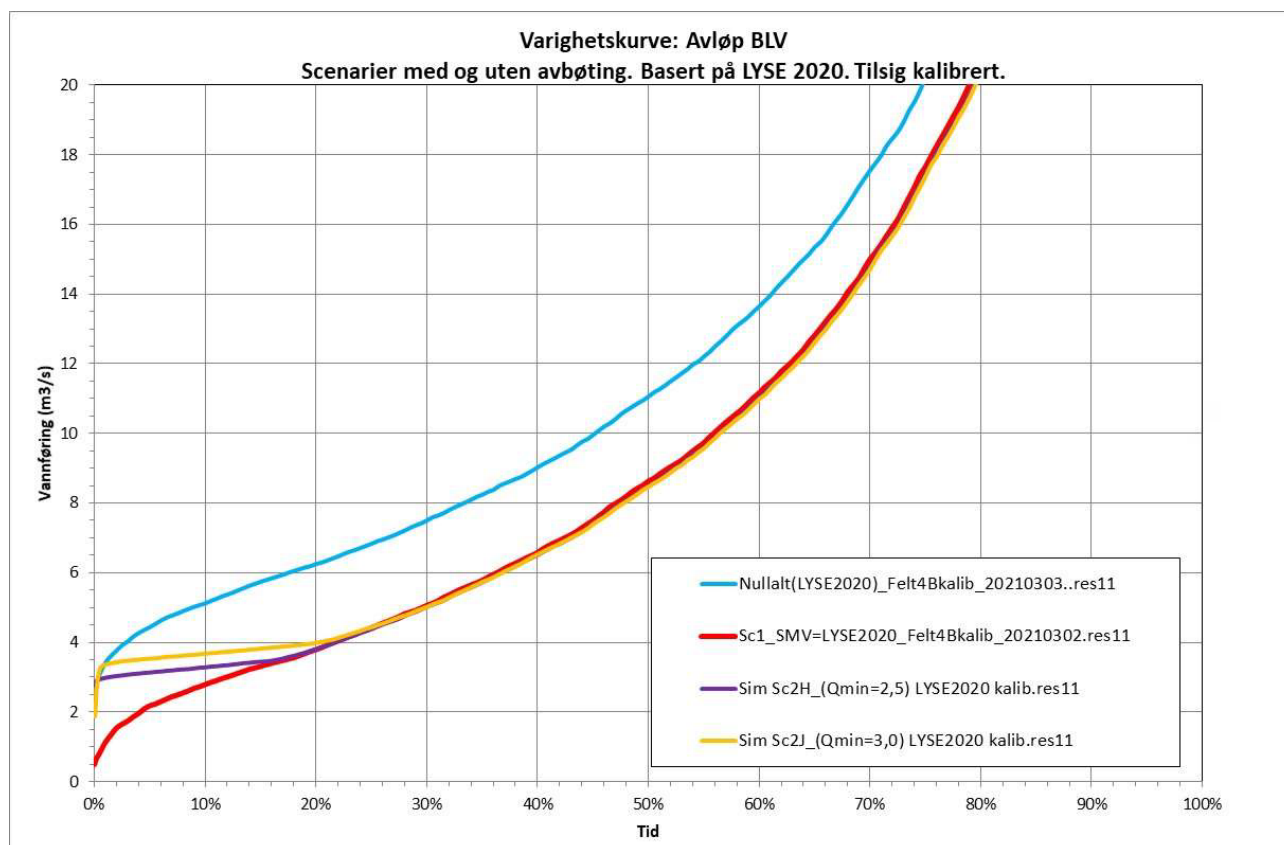


Figur 8 Varighetskurver for scenarier, som beregnet i 2015, dvs. ukalibrert tilsig.



Figur 9 Samme scenarier som Figur 8, men kalibrert tilsig. LYSE prognose fra 2014.





Figur 10 Samme scenarier som Figur 9, kalibrert tilsig. LYSE prognose fra 2020.

Tabell 2 Minste opptredende avløp fra Birkelandsvatn ( $m^3/s$ ) med ulike beregningsforutsetninger mht. avløp fra Maudal KrSt.

Scenario	Forutsetning for avløp fra Maudal Kraftstasjon	
	Som beregnet av LYSE i 2014	Som beregnet av LYSE i 2020
Nullalternativet	1.02	2.66
Scenario 1 (ingen avb. Tapping)	0.00	0.48
Scenario 2H (krav = 2,5 $m^3/s$ )	0.60	2.77
Scenario 2J (krav = 3,0 $m^3/s$ )	0.09	1.88

### 3 Nye scenarier

De fire nye scenariene som IVAR har bestilt utredet har mest til felles med scenariene 2H og 2J fra 2015. For bedre å forstå dynamikken i modelloppdateringen, ble først disse to scenariene kjørt med oppdaterte data, som omtalt i det foregående. I Tabell 3 er vist definisjonene av scenariene 2H og 2J sammen med de fire nye 5A-5D.

Det er pr i dag mulighet for tapping fra Storavatn og Romsvatn, men ikke fra Stølsvatn, der det kun er overløp. IVAR har vurdert å etablere en tappemulighet på Stølsvatn med kapasitet 3,5 m<sup>3</sup>/s, men det er pr. i dag ikke beslutning om å gjennomføre dette. I to av scenariene, 5A og 5B, er tapping fra Stølsvatn inkludert, men ikke i scenariene 5C og 5D.

Scenario 5A: Stølsvatn kan tappes ned **kun 2 m**, mot 4 m tidligere.

Scenario 5B: Minstevannskravet er økt fra 2,5 til **3,0 m<sup>3</sup>/s**. Ellers som 5A.

Scenario 5C: Uttaket til IVAR er redusert fra 2,5 m<sup>3</sup>/s til **2,0 m<sup>3</sup>/s**. Stølsvatn tappes ikke ned i det hele tatt og tapping fra Romsvatn renner altså rett igjennom Stølsvatn. Minstevannskravet er 2,5 m<sup>3</sup>/s som i 5A.

Scenario 5D: Som 5C, men med uttak til IVAR på 2,5 m<sup>3</sup>/s.

Tabell 3 Definisjon av tre nye scenarier 5A-5C. To gamle scenarier tatt med for sammenligning.

Scenario	Uttak	Q <sub>krav</sub>	Magasinutnyttelse		
			Storavatn senkes max 2 m	Romsvatn utnytted max 75% =15m	Stølsvatn
2H	2,5	2,5			Stølsvatn senkes max 4m
2J	2,5	3,0			
5A	2,5	2,5			Stølsvatn <b>2m</b>
5B	2,5	<b>3,0</b>			
5C	<b>2,0</b>	2,5			Stølsvatn <b>0m</b>
5D	2,5	2,5			

#### 3.1 Sesongbestemt uttaksbegrensning fra Storavatn

I alle scenarier er det lagt inn en sesongavhengig begrensning på uttak fra Storavatn som reservetilskilde sommer, vår og høst, fordi vannet her kan få for høy temperatur. Begrensningen i hver måned er vist Tabell 4. En grafisk representasjon er dessuten vist i Appendix E. Tallene for maksimalt uttak er oppgitt av IVAR (i 2015).

Første datakolonne i tabellen avspeiler hvor mye som maksimalt tillates tatt ut fra Storavatn – i de tre scenariene der IVARs totale vannbehov er 2,5 m<sup>3</sup>/s. Denne kolonnen tilsvarer de blå søylene på øverste figuren i Appendix E. I eksempelvis juli-aug-sept kan uttaket fra Storavatn ikke overstige 1,0 m<sup>3</sup>/s.

Tredje datakolonne i tabellen avspeiler – for de samme tre scenariene – hvor mye som komplementært må tas ut fra Birkelandsvatn – som minimum – for å komme opp på totalt 2,5 m<sup>3</sup>/s. Dette tilsvarer de hvite/røde søylene øverst i Appendix E. Det blir 1,5 m<sup>3</sup>/s for juli-aug-sept.

Andre datakolonne i Tabell 4 angir – som første kolonne – maksimalt tillatt uttak fra Storavatn, men for Scenario 5C, der IVARs samlede vannuttak er forutsatt til kun 2,0 m<sup>3</sup>/s. Dette er vist grafisk som blå søyler på nederste figuren i Appendix E. Det tilsvarende komplementære uttaket fra Birkelandsvatn er vist i fjerde kolonne. Grafisk er dette vist som rød/hvite søyler nederst i Appendix E.

Tabell 4 Sesongbestemt maksimumsbegrensning i uttak fra Storavatn, samt utfyllende minimumsuttak fra Birkelandsvatn. Tapping fra Storavatn i henhold til de viste verdiene trer i kraft kun når BLV-avløpet faller under påslagspunktet  $Q_0$ . Illustrert grafisk i Appendix E.

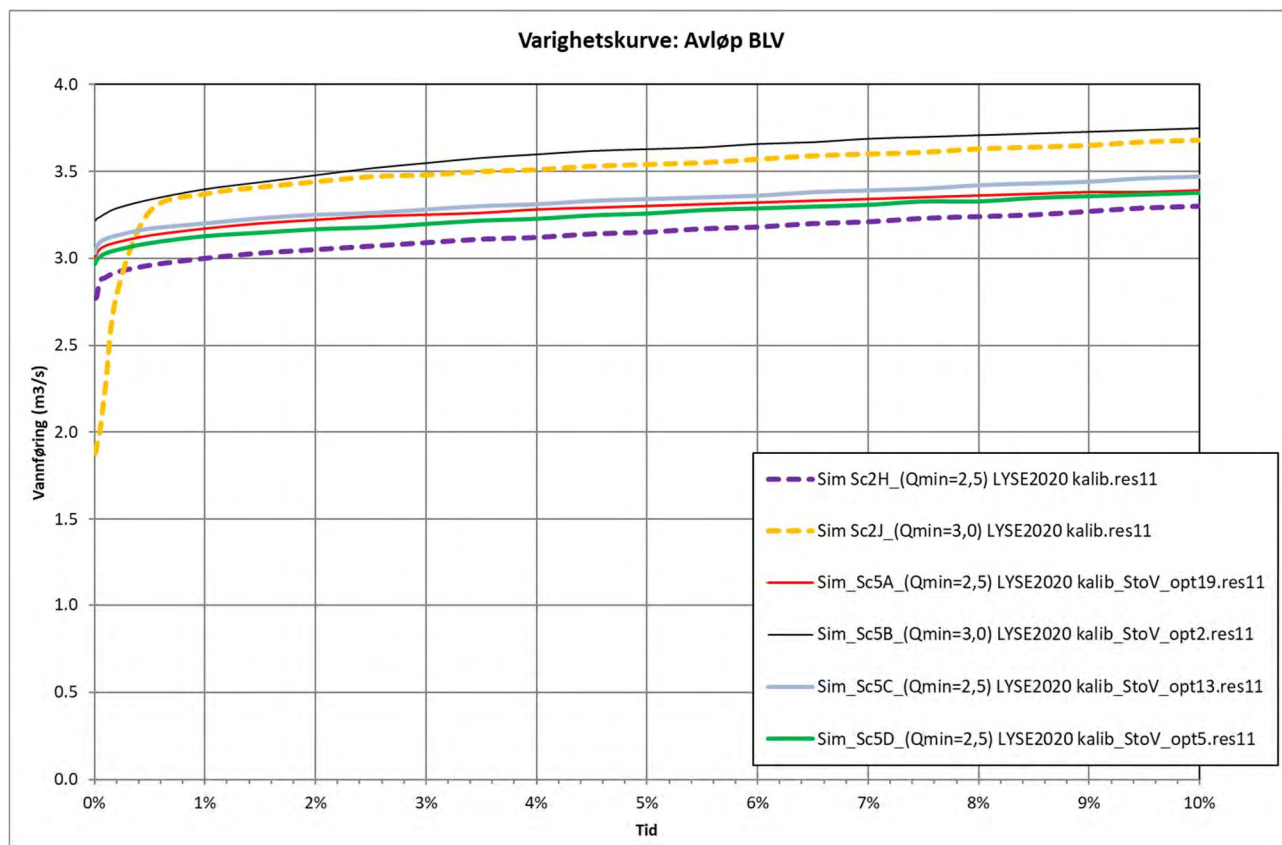
Måned	Maksimalt uttak Fra Storavatn		Rest som må tas fra Birkelandsvann – som minimum.	
	Sc. 5A, 5B, 5D	Sc 5C	Sc. 5A, 5B, 5D	Sc 5C
Januar	Ingen begrensning			
Februar	Ingen begrensning			
Mars	Ingen begrensning			
April	Ingen begrensning			
Mai	1,5	1,0	1,0	1,0
Juni	1,5	1,0	1,0	1,0
Juli	1,0	1,0	1,5	1,0
August	1,0	1,0	1,5	1,0
September	1,0	1,0	1,5	1,0
Oktober	1,5	1,0	1,0	1,0
November	Ingen begrensning			
Desember	Ingen begrensning			

### 3.2 Resultater nye scenarier

Avløp fra Birkelandsvatn 1985-2019 er simulert for de fire nye scenariene. Figur 11 viser varighetskurver for avløpet. De to gamle scenariene 2H og 2J er tatt med for sammenligning.

Varighetskurvene for alle de fire nye scenariene har samme form som det gamle scenariet 2H. For scenario 5B ligger avløpet noe høyere enn for de tre andre nye (5A, 5C og 5D), i overensstemmelse med det høyere minstevannskravet. Den like formen på de fem kurvene (fire nye + 2H) ser ut til å avspeile optimal tapping. Det gamle scenariet 2J derimot avviker i formen. Her har man hatt et høyere påslagspunkt for Stølsvatn, altså tappet for tidlig eller for «generøst» og resultatet er at magasinet går tomt – og da faller avløpet bratt i de tørreste periodene. At 2J faller så uhenksom ut nå skyldes at de gamle scenariene ble optimalisert i 2015 på det daværende hydrologiske grunnlaget.

Resultatene er oppsummert i Tabell 5 mht. både avløpsminimum fra Birkelandsvatn og magasin vannstand. Bemerk at dato for laveste avløp kommer forskjellig ut i ulike scenarier. Vedlegg D viser variasjonen i magasin vannstand korrelert med avløp fra Birkelandsvatn for Scenario 5A som eksempel. Man ser at Stølsvatn ofte går tomt, men ikke hverken Romsvatn eller Storavatn. Romsvatn er dog ikke langt fra å gå tom (LRV=397moh).



Figur 11 Varighetskurver avløp Birkelandsvatn. Fire nye scenarier (fullt optrukket) med to gamle (stiplet) for sammenligning.

Tabell 5 Resultater for ulike scenarier mht minste opptredende avløp Birkelandsvatn samt magasin vannstander.

				R E S U L T A T E R (MINIMUM)					
Scenarior	Uttak IVAR	Q <sub>krav</sub>	Magasinutnyttelse		Q <sub>min</sub> Avløp Birkelandsvatn [m <sup>3</sup> /s]	Magasin vannstand [moh]			Dato for minste avløp BLV
						Storavatn	Romsvatn	Stølsvatn	
2H	2,5	2,5	Storavatn senkes max 2m	Stølsvatn senkes max 4m	2,77	273,8	400,0	292,0	29/1/2010
2J	2,5	3,0			1,88	273,1	397,0	292,0	27/8/1997
5A	2,5	2,5	Romsvatn utnyttes max 75% =15m;	Stølsvatn 2m	3,01	274,0	398,4	294,0	2/7/1985
5B	2,5	3,0			3,22	273,0	397,0	294,3	2/7/1985
5C	2,0	2,5		0m	3,03	274,4	402,0		4/6/2010
5D	2,5	2,5			2,97	273,9	397,0		4/6/2010

### 3.3 Optimalisering av tappereglement

Tappereglementene for Storavann, Romsvann og Stølsvann har som formål å holde avløpet fra Birkelandsvann over en ønsket grense, som i det følgende kalles  $Q_{krav}$ . Det forutsettes at det er mulighet for styrt tapping fra alle tre magasinene. Pr i dag er det ikke en slik mulighet for Stølsvatn, der det bare er et overløp. IVAR vurderer å etablere en tappemulighet fra Stølsvatn med kapasitet  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

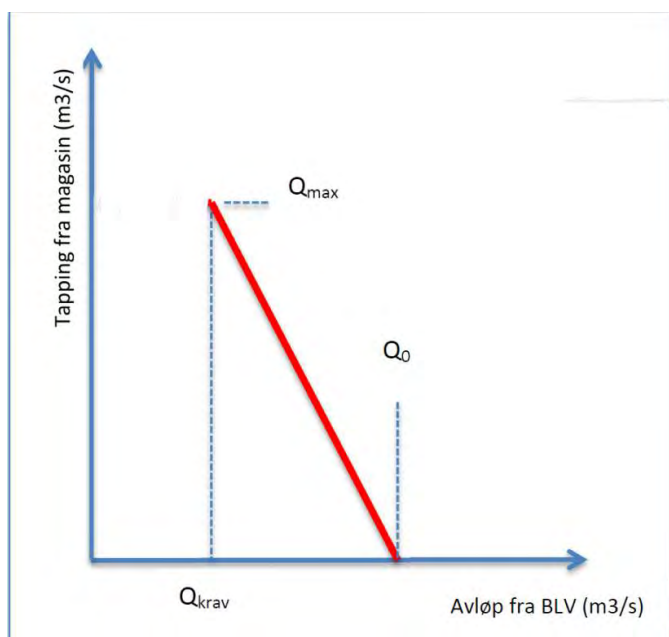
Regelsett for avbøtende tapping fra hvert magasin er karakterisert ved tre parametere:

- 1)  $Q_{krav}$  er ønsket minimumsavløp fra Birkelandsvann. Avløpet skal ikke gå under  $Q_{krav}$ .
- 2)  $Q_0$  er påslagspunktet; dvs. tapping fra et magasin begynner, når avløpet fra BLV faller under  $Q_0$ .
- 3)  $Q_{max}$  er maksimal tapping for det pågjeldende magasinet, og vil inntreffe når/hvis BLV-avløpet kommer ned på  $Q_{krav}$  (altså situasjonen man ønsker å unngå).

Mens  $Q_{krav}$  er bestemt «utefra» og er felles for alle tre magasiner, fastsettes  $Q_0$  og  $Q_{max}$  for hvert magasin. For hvert magasin tapes det altså i henhold til følgende prinsipp:

Tapping = 0      når BLV-avløp  $\geq Q_0$   
 Tapping =  $Q_{max}$     når BLV-avløp  $\leq Q_{krav}$   
 Tapping vokser proporsjonalt fra 0 til  $Q_{max}$  når avløpet er mellom  $Q_0$  og  $Q_{krav}$

Konseptet er illustrert grafisk på Figur 12.



Figur 12 Prinsippkisse for avbøtende tapping fra magasiner.

Optimaliseringen består i å manipulere  $Q_0$  og  $Q_{max}$  for hvert magasin – for å sørge for at det minste avløpet fra Birkelandsvann over 35 år blir størst mulig og helst større enn  $Q_{krav}$ . Bemerk at optimal tapperegulering avhenger av aktuelt scenario.

I praksis foregår optimaliseringen ved at man tilstreber å unngå at magasinene går tomme og prøver å strekke volumet lengst mulig. Dersom et magasin går tomt for tidlig og Birkelandsvann-avløpet faller under  $Q_{krav}$ , vil man som regel enten redusere  $Q_{max}$  (spare vann) eller senke  $Q_0$  (begynne tappingen senere). Sistnevnte begrenses av tregheten i systemet. For Romsvatn og Storavatn viste

det seg at det mest gunstige var å ha  $Q_0 = Q_{krav} + 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Det betyr at den frie optimaliseringsparameteren i hvert scenario i praksis var først og fremst  $Q_{max}$ .

Optimaliseringsprosessen er en prøv-og-feilmetodikk der man justerer på parametere for å finne gunstigste tappereglement. Dette er illustrert på Figur 13, som viser minste simulerte avløp fra BLV som funksjon av den viktigste optimaliseringsparameteren  $Q_0$  (påslagspunkt), her vist for tapping fra Romsvatn. Man ser at størst minimumsavløp inntreffer ved  $Q_0 = 5,7 \text{ m}^3/\text{s}$ .

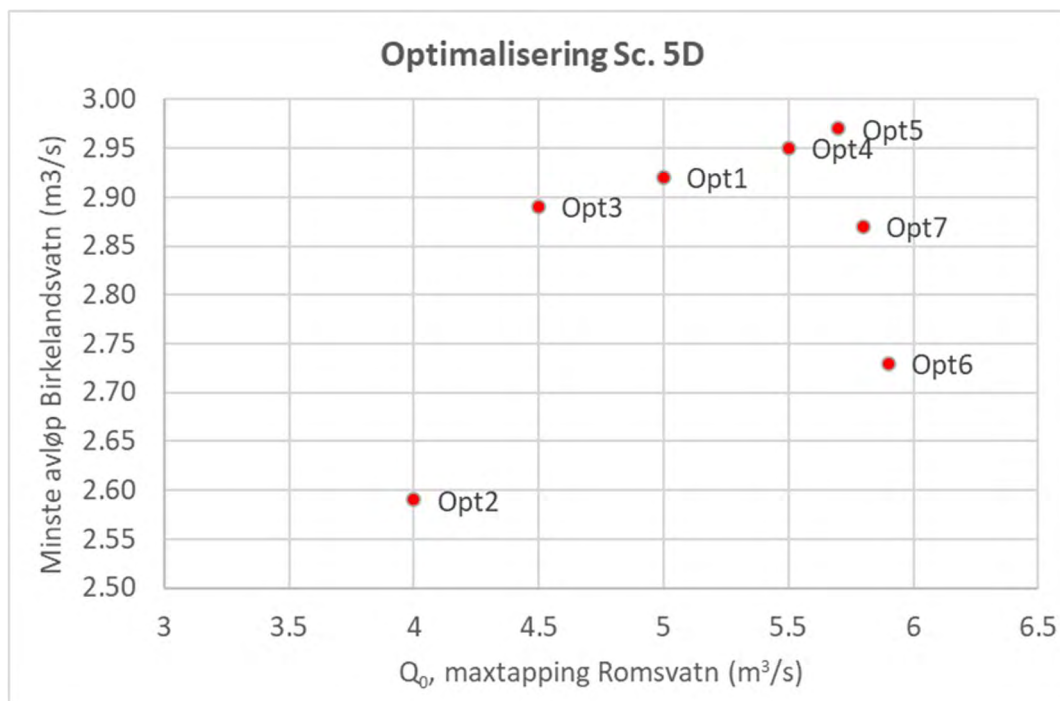
Tabell 6 viser de optimaliserte tappereglene for alle scenariene. For hvert magasin viser tabellen  $Q_0$  og  $Q_{max}$  (påslagspunkt og max-tapping) i  $\text{m}^3/\text{s}$ .

Figur 14 illustrerer optimalisert tapping i Scenario 5A fra de tre magasinene. Hver blå prikk tilsvarende ett døgn i 35 års perioden. Prikken viser tapping fra magasinet som funksjon av avløp fra Birkelandsvann. For alle tre magasiner er tapping lik null når  $avløp \geq Q_0 = Q_{krav} + 1,0 \text{ m}^3/\text{s} = 3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ved avløp under denne verdien stiger tappingen lineært mot styringspunktet  $(Q_{krav}, Q_{max}) = (2,5 \text{ m}^3/\text{s}, Q_{max})$ , som er vist med en stor *oransje* prikk. For Romsvatn er  $Q_{max} = 6 \text{ m}^3/\text{s}$ , og for Stølsvatn er  $Q_{max} = 8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Det tappes altså alltid noe mer fra Stølsvatn enn fra Romsvatn, i overensstemmelse med at Stølsvatn mottar større tilsig.

Bemerk at tapping i praksis aldri blir så stor som verdien «max-tapping». Dette tallet angir først og fremst hvor mye tappingen skal *økes* for hver  $\text{m}^3/\text{s}$  som BLV-avløpet går ned. I det viste eksempelet for Scenario 5A overstiger tapping fra begge magasinene aldri  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

For Storavatn er det tre «styringsprikker» for hvor mye som kan tappes til enhver tid. Disse prikkene avspeiler den månedsbestemte tappebegrensningen knyttet til risikoen for høy vanntemperatur i Storavatn, som er illustrert i Vedlegg E.

Tabell 7 viser største faktiske tapping fra alle tre kilder, for hvert scenario. Bemerk at økt minstevannføring i Sc. 5B slår kraftig ut på tappingen fra Storavatn. Tilsvarende slår det kraftig ut på tappingen fra Storavatn at man reduserer totalt uttak til IVAR i Scenario 5C – på tross av at man her ikke kan tappe fra Stølsvatn.



Figur 13 Eksempel på optimalisering av tappereglement; minste simulerte avløp fra BLV som funksjon av maxtapping ( $Q_0$ ) fra Romsvatn. Størst minimum oppnås med  $Q_0 = 5,7 \text{ m}^3/\text{s}$  («Opt 5»).

Tabell 6 Optimaliserte tapperegler for magasiner i ulike scenarier (tapping fra Storavatn ikke optimalisert).

Scenario	Uttak fra BLV	$Q_{krav}$	Storavatn				Romsvatn		Stølsvatn		$Q_{min}$
			Påslagspunkt	Max-tapping $Q_{max}$			Påslagspunkt.	Max-tapping	Påslagspunkt	Max-tapping	
				$Q_0$	J-S	M J O					
2H	2,5	2,5	3,5	1,0	1,5	2,5	3,5	3,2	3,5	4,0	2,56
2J	2,5	3,0	4,0	1,0	1,5	2,5	4,0	3,5	4,0	4,0	3,05
5A	2,5	2,5	3,5	1,0	1,5	2,5	3,5	6,0	3,5	8,0	3,01
5B	2,5	3,0	4,0	1,0	1,5	2,5	4,0	3,3	3,5	4,0	3,22
5C	2,0	2,5	3,5	1,0	1,5	2,5	3,5	6,3			3,03
5D	2,5	2,5	3,5	1,0	1,5	2,5	3,5	5,7			2,97

J-S: juli – september

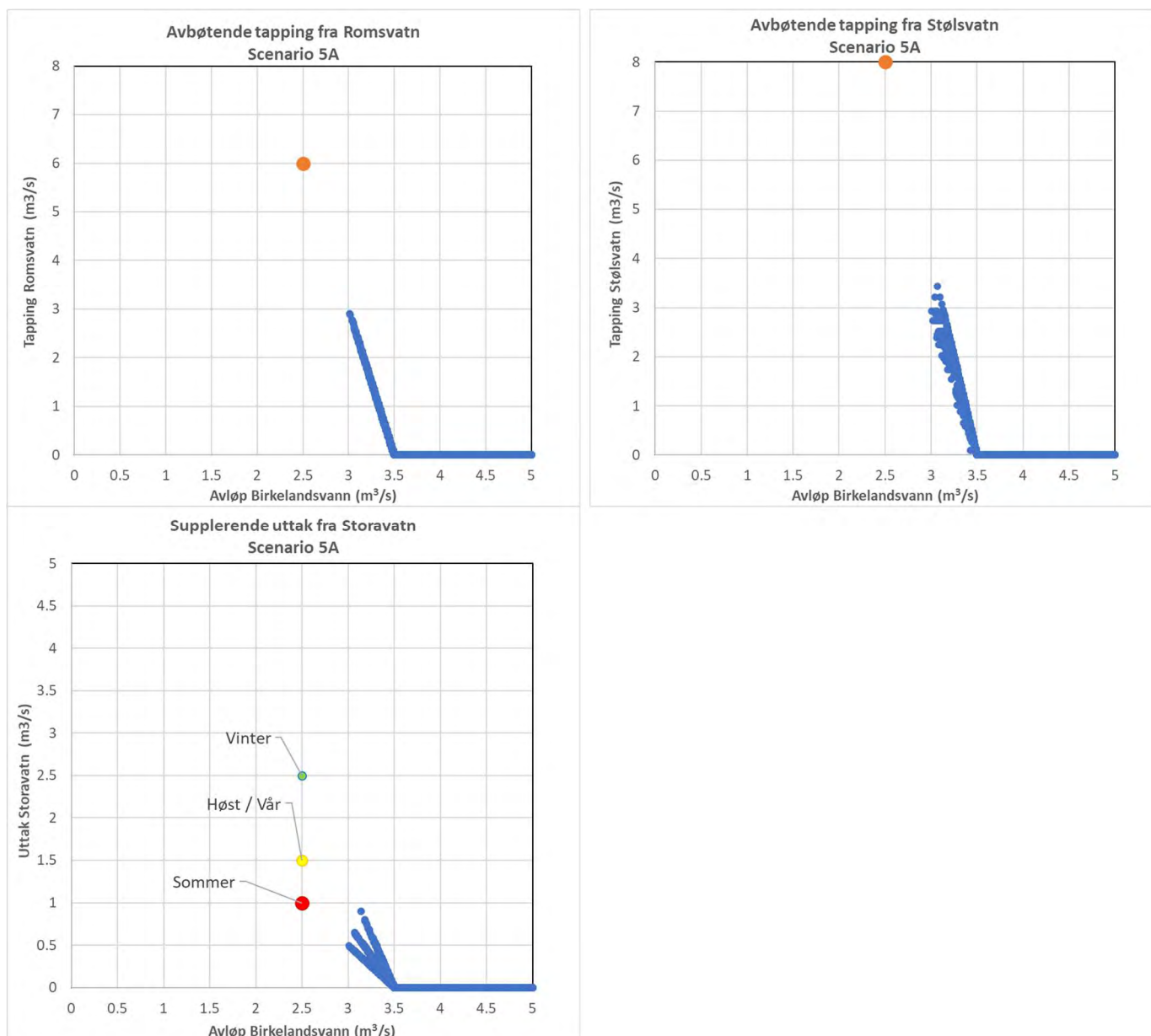
M J O: mai, juni, oktober.

N-A: november – april

Tabell 7 Maksimal tapping fra hver kilde (m<sup>3</sup>/s).

Scenario	Storavatn	Romsvatn	Stølsvatn
5A	0,90	2,91	3,44
5B	1,64	2,57	2,23
5C	0,81	2,96	0
5D	1,16	3,03	0





Figur 14 Faktisk tapping i Scenario 5A, vist som funksjon av BLV-avløp. Fargede prikker illustrerer tapperegelen ( $Q_{krav}$ ,  $Q_{max}$ ).

### 3.4 Klimaendringer

Resultatene som har vært presentert i det foregående er basert på historiske data og tar dermed ikke hensyn til forventede klimaendringer. Det hadde vært ønskelig også å lage en beregning som tar høyde for klimaendringer, men grunnlaget mangler ettersom LYSE ikke har gjort produksjonssimuleringer som avspeiler klimaendringer.

Det er likevel mulig å gjøre noen kvasi-kvalitative vurderinger. 2015-rapporten viste at klimaendringene kunne slå ulikt ut på ulike tidspunkter; noen ganger ble årets minste vannføringer redusert, noen ganger økt (Figur 32 i 2015-rapporten). En varighetskurve viste at for vannføringer mindre enn  $8 \text{ m}^3/\text{s}$  var det relativt små endringer i *hyppighet*; på lang sikt utlignet alle endringene altså langt på vei hverandre, for små vannføringer. Det var derfor ikke overraskende at en

klimajustert versjon av Sc. 2H (kalt 4H) viste seg å ende på samme resultat som 2H; at det var mulig å opprettholde et minstevannskrav på 2,5 m<sup>3</sup>/s (Figur 33 i 2015-rapporten).

Det ble også kjørt en klimajustert versjon av Sc. 2J, kalt 4J, med minstevannskrav på 3,0 m<sup>3</sup>/s. Her viste det seg ikke mulig å opprettholde kravet og avløpet sank til et minimum på ca. 2,5 m<sup>3</sup>/s. Her var det antagelig så lite volum igjen i kildene som reserve, at selv den lille forskjellen i tilsig ble utslagsgivende.

Vi legger til grunn at resultatene for den oppdaterte modellen avviker relativt lite fra 2015-resultatene. Det er derfor rimelig å anta at de samme antagelsene om klimaendringer vil slå ut på lignende måte:

- At Scenario 5A og 5C ikke vil påvirkes av klimaendringer, dvs, at det vil være mulig å opprettholde avløpet over 2,5 m<sup>3</sup>/s.
- At Scenario 5B (optimalisert) vil påvirkes av klimaendringer, dvs at det ikke vil mulig opprettholde avløpet over 3,0 m<sup>3</sup>/s.

Det understrekes at disse vurderingene er kvalitative og derfor beheftet med en del usikkerhet.

### 3.5 Uttak fra Storavatn

På grunn av utfordringer med temperatur og vannkvalitet i Storavatn ønsker man å vite hvor mye vann som tas ut fra denne kilden i de ulike scenariene. Dette er derfor beregnet og presentert på Figur 15. Øverst på figuren vises maksimum (som *månedsmiddel*), altså f.eks. det største januar-uttaket i perioden 1985-2019. Man ser at Sc. 5B gir klart det største maksimumsuttaket og det ligger rundt 0,5 m<sup>3</sup>/s høyere enn de andre tre scenariene. Dette skyldes antagelig at minstevannføringen er definert 0,5 m<sup>3</sup>/s høyere i nettopp Sc 5B. Scenario 5C som gir minst uttak topper i juli med 0,3 m<sup>3</sup>/s, mens Scenario 5B topper i juni med nesten 0,9 m<sup>3</sup>/s.

Den midtre figuren på Figur 15 viser *gjennomsnittlig* uttak, som middel over 35 år. Igjen skiller Sc. 5B seg sterkt ut med mye større uttak enn de tre andre. Scenario 5C ligger konsistent med *minst* uttak fra Storavatn i alle måneder. Sc. 5C topper rundt 0,08 m<sup>3</sup>/s i juli måned, mot 0,33 m<sup>3</sup>/s for Sc. 5B.

Den nederste figuren på Figur 15 viser månedsvariasjon i Storavatn-uttak i *tørråret 2010*. I dette året er det en stor topp i uttak i mai-juni, men interessant nok er det også et stort uttak i desember og februar. Også i dette året gir Sc. 5C det laveste uttaket av de fire scenariene. I dette scenariet topper uttaket i juni på 0,24 m<sup>3</sup>/s.

I alle tre fremstillinger – max, middel og tørråret 2010 – fører Scenario 5B til langt det største uttaket fra Storavatn. Dette er altså resultatet av at man tilstreber å opprettholde en høyere minstevannføring ut av Birkelandsvatn: 3,0 m<sup>3</sup>/s istf 2,5 m<sup>3</sup>/s.

Like konsistent fører Scenario 5C til det minste uttaket fra Storavatn. Dette skyldes først og fremst at man har redusert IVARs samlede uttak fra 2,5 m<sup>3</sup>/s til 2,0 m<sup>3</sup>/s.

Scenariene 5A og 5D ligger i en mellomposisjon og ganske likt, med litt høyere uttak fra Storavatn enn 5C.

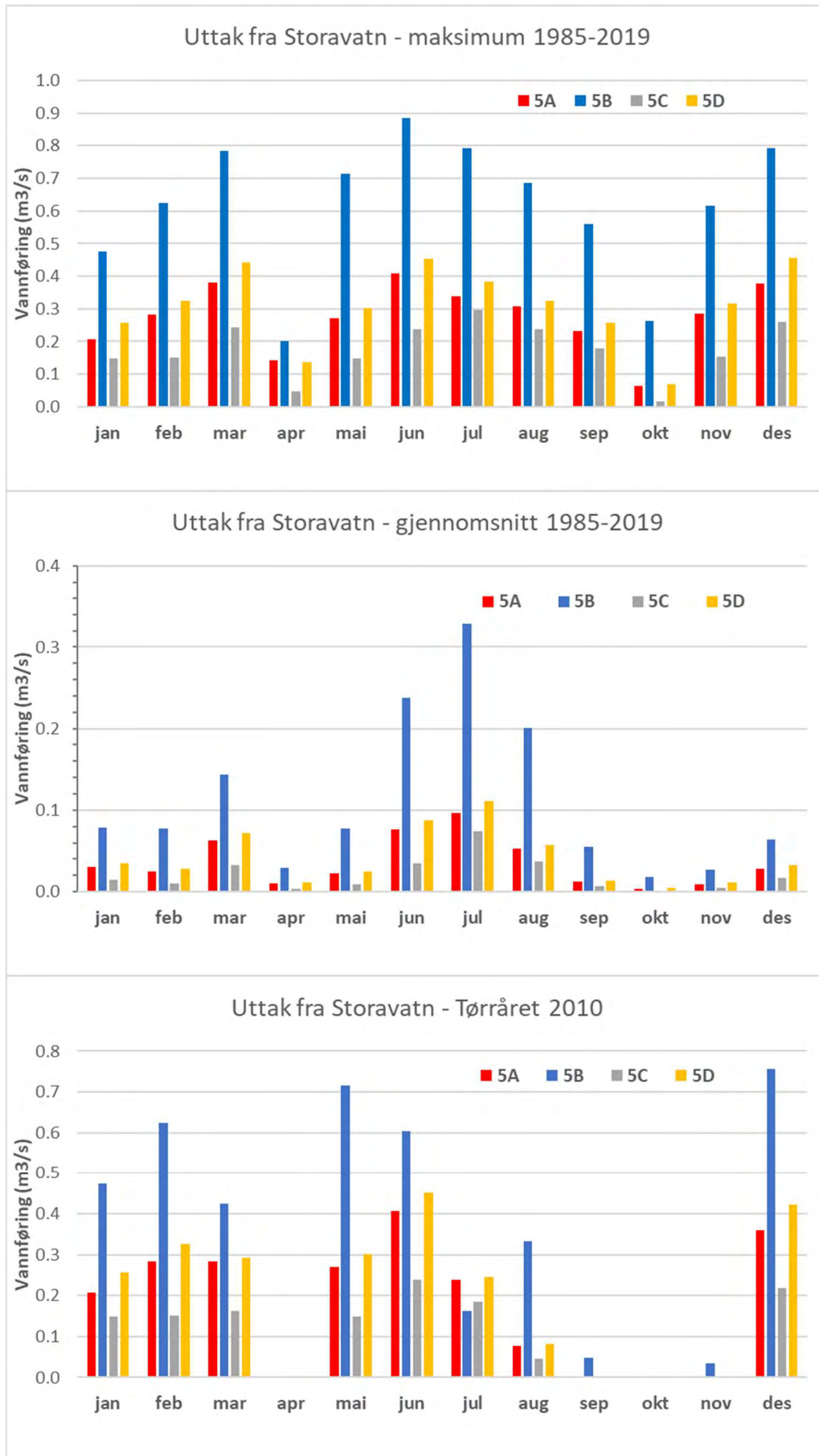
Figur 16 illustrerer hyppighet/varighet av uttak fra Storavatn i form av antall dager pr måned. Øverst det største antall dager per måned i årrekken 1985-2019. Man ser at for et flertall av årets måneder er det minst ett år, der det er uttak hver dag (antall = 28/30/31). Månedene med lavest antall dager er ikke overraskende vår og høstmåneder.

Den midtre figuren viser gjennomsnittlig antall dager med uttak – altså i gjennomsnitt over 35 år. Det er interessant at det ikke er stor forskjell på de ulike scenariene; det kan henge sammen med at

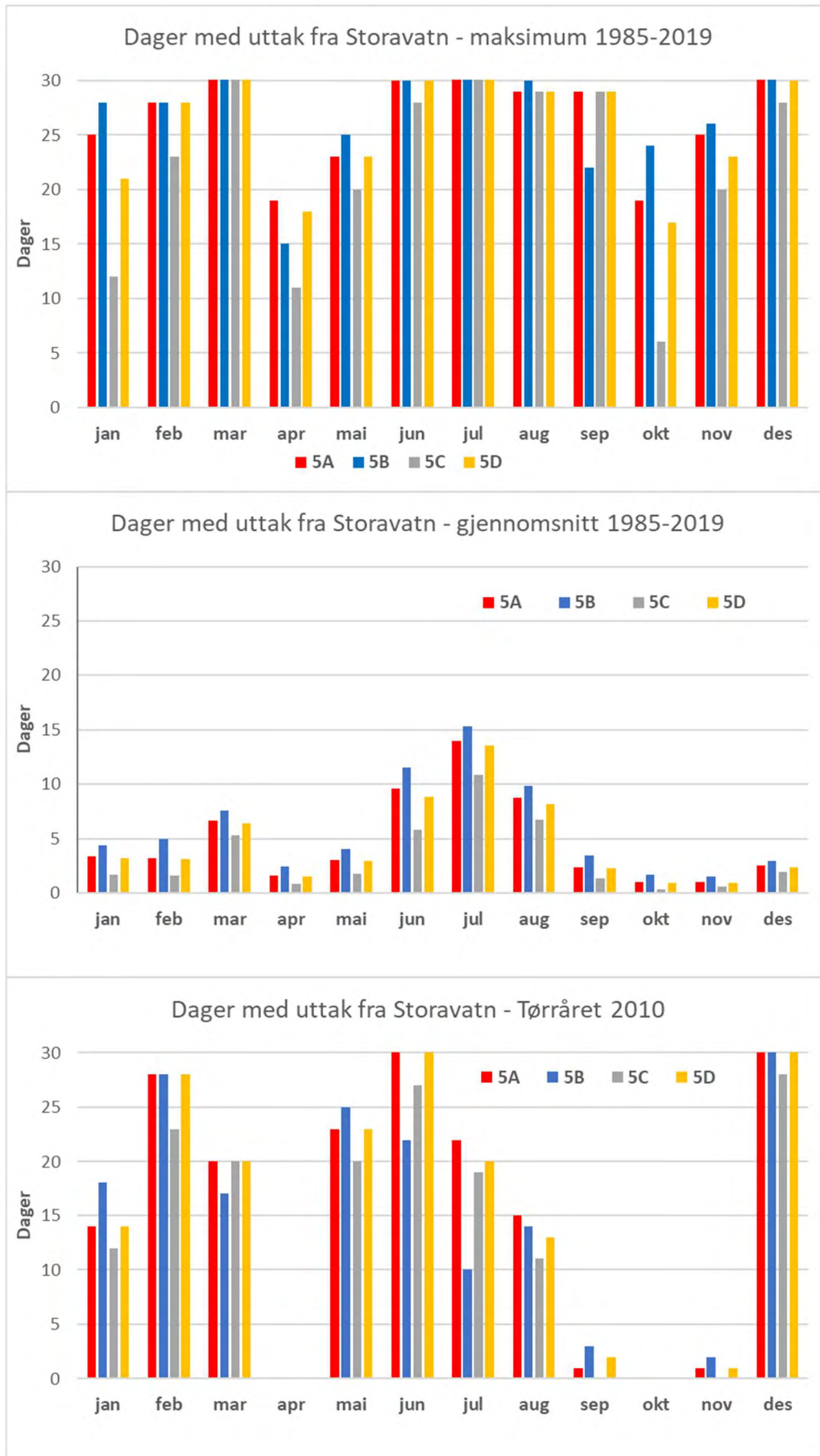
påslagspunktet for begynnende tapping ra Storavatn er nettopp 0,5 m<sup>3</sup>/s høyere i Scenario 5B (se Tabell 6), tilsvarende forskjellen i minstevannføring ut Birkelandsvatn, slik at det akkurat «går opp» og at man ikke trenger lengre tapping.

Den midtre figuren viser at i gjennomsnitt er juli måneden med flest dager med tapping: 10-15 dager.

Den nederste figuren viser antall dager med tapping i det konkrete tørråret 2010. Også i dette året var det hyppig/lang tapping i juni, men det er påfallende at i dette året var det enda mer tapping i februar og desember.



Figur 15 Uttak fra Storavatn (30 dagers gjennomsnitt).



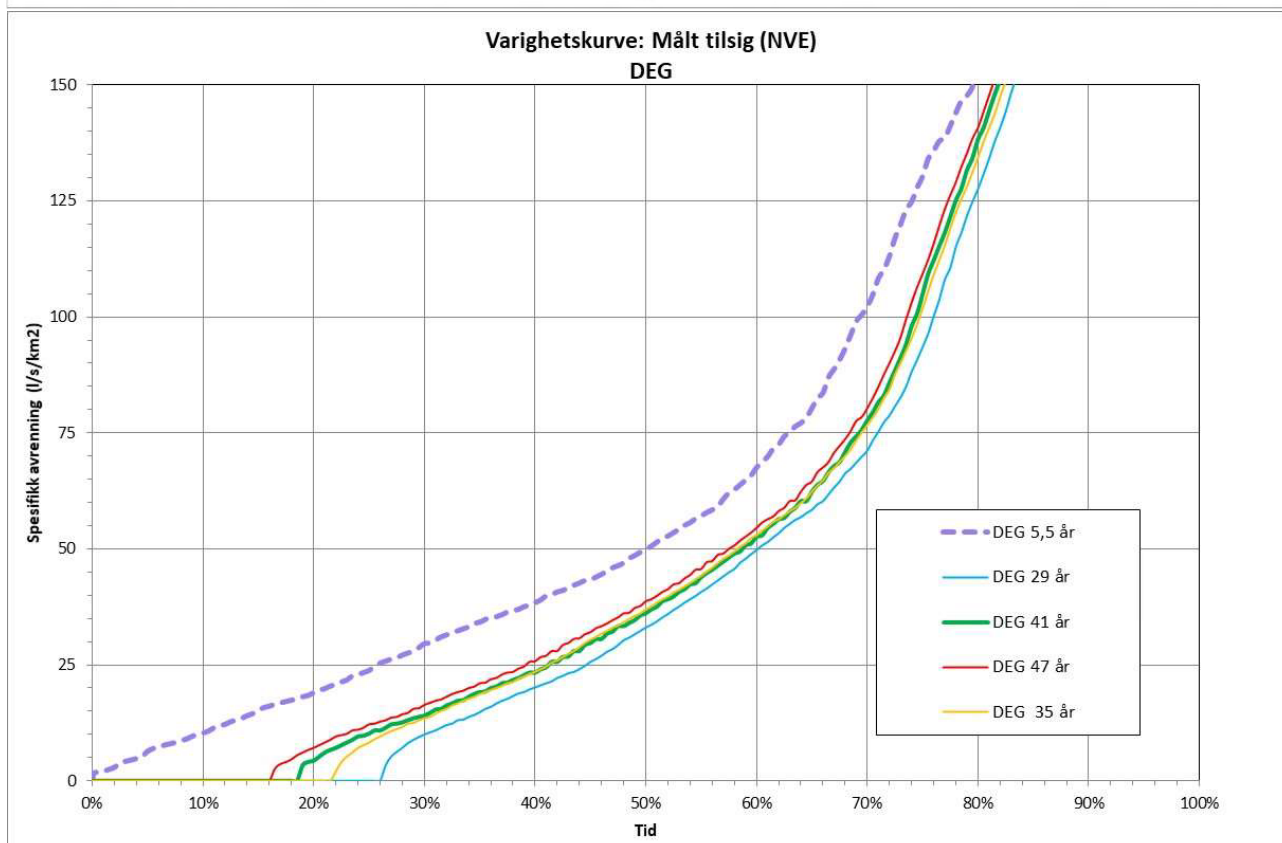
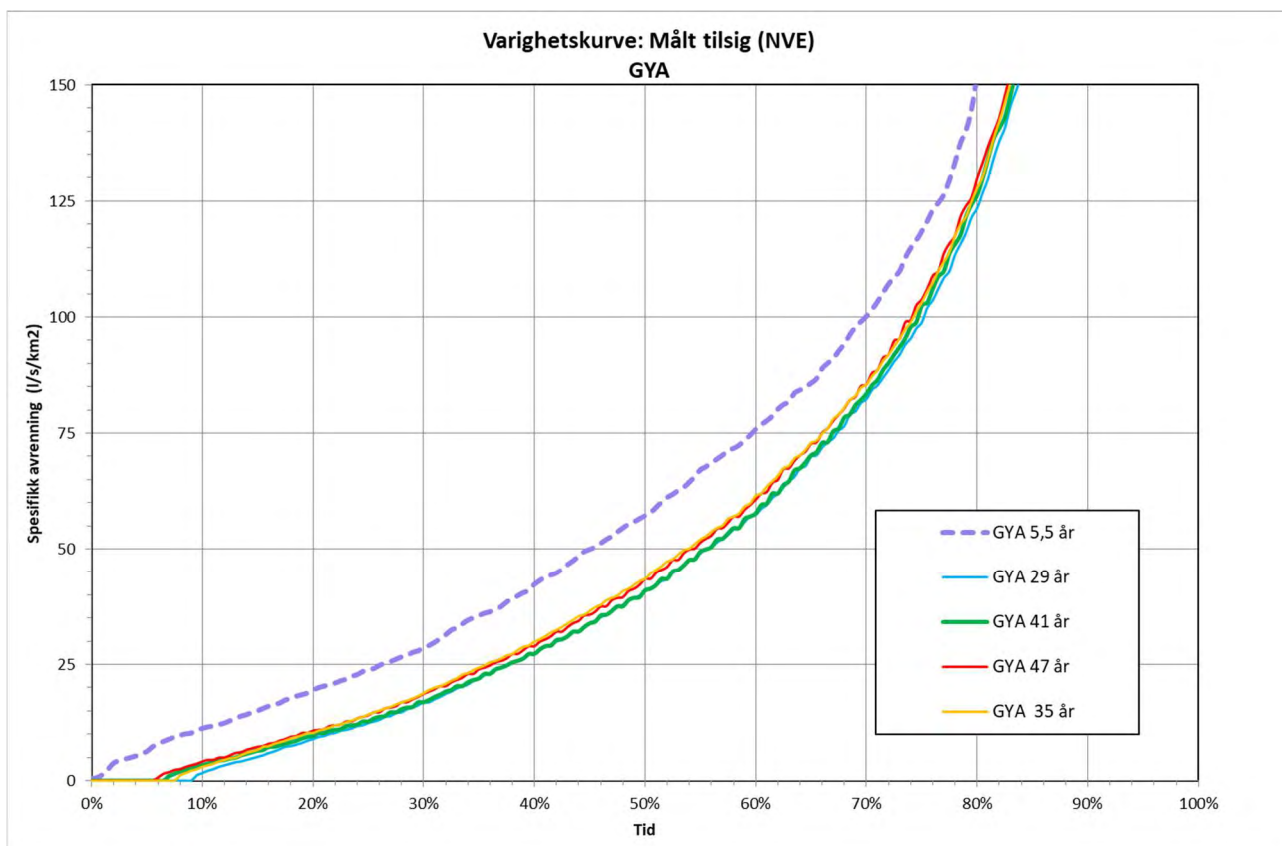
Figur 16 Dager med uttak fra Storavatn.

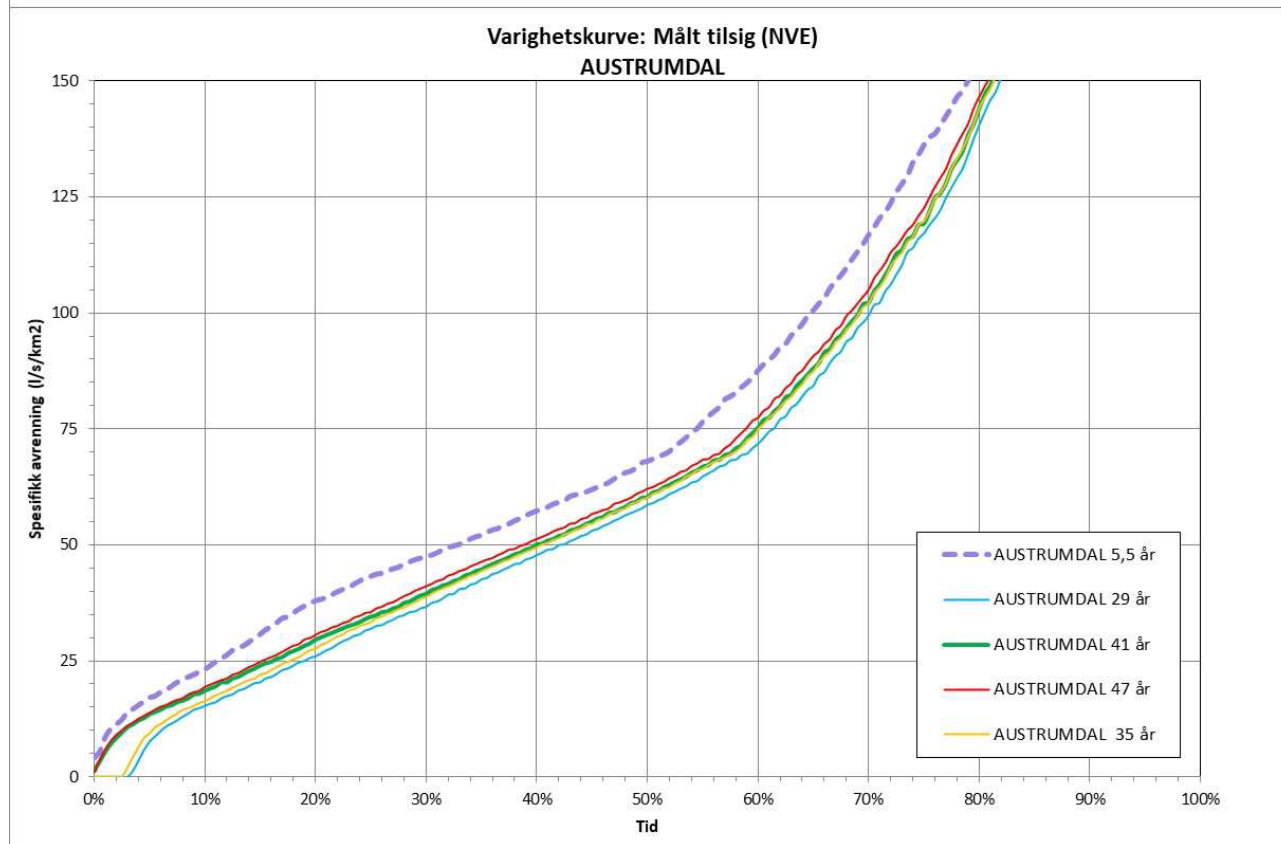
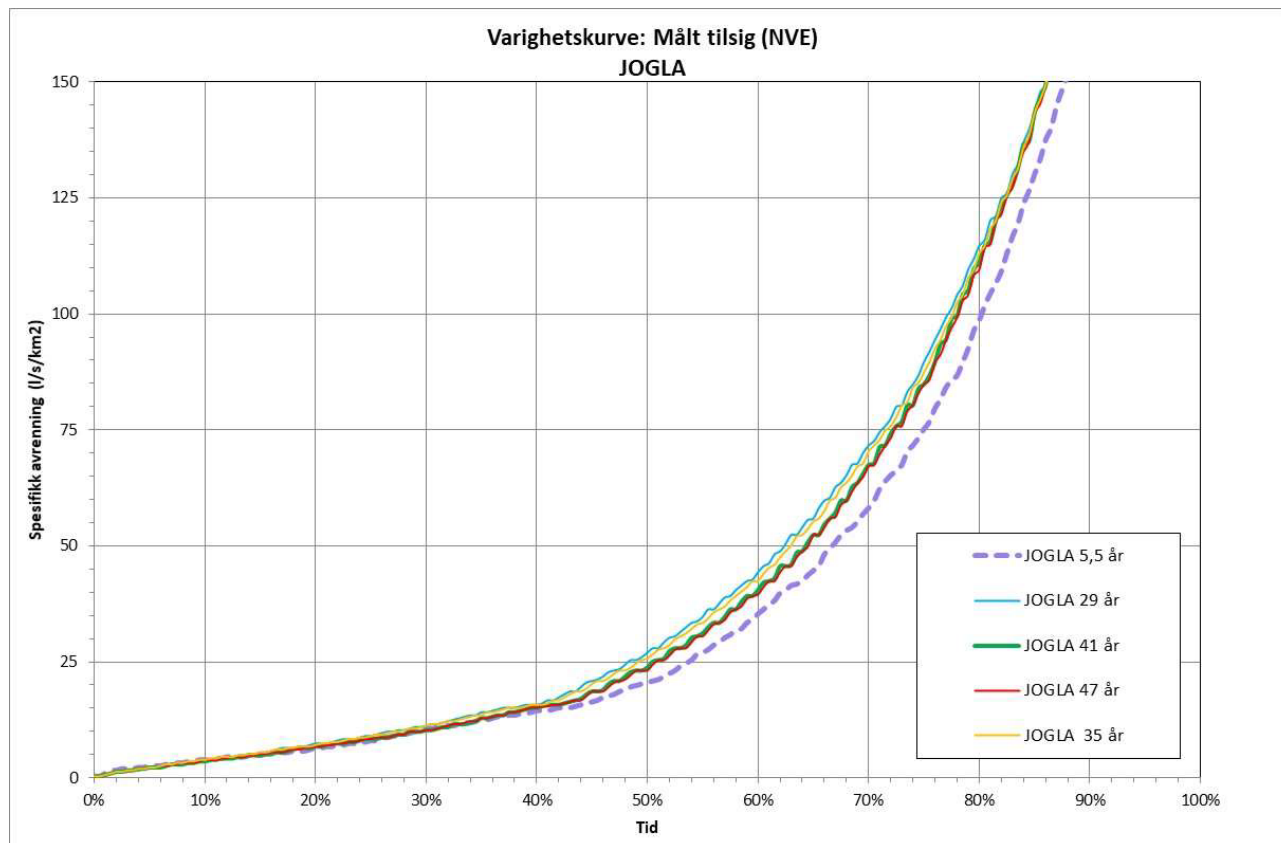
## 4 Konklusjon

Det hydrologiske grunnlaget som forelå i 2015 er oppdatert og det kan det konkluderes med at:

- På grunnlag av 5,5 års målt avløp fra Birkelandsvatn er tilsigsmodellen kalibrert, slik at modellen nå simulerer tilsiget mer realistisk enn i 2015-rapporten. De tidligere tilsigsestimatene viste seg å være for høye i de tørreste periodene.
- Tilsigsmodellen er oppdatert med hensyn til prognosert avløp fra Maudal kraftstasjon. Dette er basert på LYSEs nye produksjonssimulering fra desember 2020. LYSEs simulering omfatter kun 30 års-perioden 1985-2014. Multiconsult har ekstrapolert LYSEs produksjonsserie 1985-2014 til å inkludere årene 2015-2019. Med den nye produksjonssimuleringen er det i de tørreste periodene vesentlig høyere tilsig til Birkelandsvatn enn LYSEs forrige produksjonssimulering fra 2014. Dette motvirker at det kalibrerte tilsig ble mindre enn tidligere beregnet.
- To nye scenarier (5A og 5B) der Stølsvatn tappes kun 2 m i stedet for 4 m som tidligere forutsatt. I disse klarer man ikke bare å opprettholde en gitt minstevannføring på 2,5 hhv. 3,0 m<sup>3</sup>/s, men også å holde avløpet på minst 3,0 hhv. 3,2 m<sup>3</sup>/s.
- I to andre nye scenarier (5C og 5D) tillates ikke Stølsvatn nedtappet i det hele tatt. I sc. 5C er uttaket til IVAR redusert til 2,0 m<sup>3</sup>/s. Det viser seg at det er mulig å opprettholde en minstevannføring på 3,0 m<sup>3</sup>/s, selv om målet egentlig bare var 2,5 m<sup>3</sup>/s. I det siste scenariet, 5D, der uttaket er 2,5 m<sup>3</sup>/s, klarer man å oppfylle kravet på 2,5 m<sup>3</sup>/s med god margin. Faktisk klarer man nesten å holde avløpet på 3,0 m<sup>3</sup>/s.
- Effekten av klimaendringer er vurdert kvalitativt, ved sammenligning med resultatene fra 2015. På dette grunnlaget forventes det at klimaendringene ikke har negativ virkning, dersom minstevannskravet settes til 2,5 m<sup>3</sup>/s. Men at klimaendringene vil virke ugunstig dersom minstevannskravet settes til 3,0 m<sup>3</sup>/s slik at dette ikke vil kunne oppfylles til hver en tid.
- Det anbefales å evaluere/oppdatere tilsigskalibreringen om noen år, f.eks. om 5 år. Da vil målt avløpsserie være nesten dobbelt så lang som pr i dag.
- Beregnet maksimaltapping fra Romsvatn overskrider ikke 3,1 m<sup>3</sup>/s i noen scenarier. Det konkluderes med at man ikke trenger å utvide kapasiteten fra dagens 5 m<sup>3</sup>/s.
- For Stølsvatn er det i to scenarier forutsatt en tappekapasitet 3,5 m<sup>3</sup>/s. I Scenario 5A ligger største faktiske tapping fra Stølsvatn kun marginalt under kapasiteten: 3,44 m<sup>3</sup>/s. Dersom 5A avspeiler en realistisk fremtid, vil man da måtte utnytte tappekapasiteten nesten til grensen. I Scenario 5B derimot ligger maksimal tapping fra Stølsvatn på 2,23 m<sup>3</sup>/s og da er det rikelig med buffer.
- En av konsekvensene av å unnlate å tappe fra Stølsvatn er at man øker behovet for maksimal tapping fra Storavatn fra 0,9 m<sup>3</sup>/s (Sc 5A) til 1,16 m<sup>3</sup>/s (Sc. 5D), altså mer enn 25% økning. Til sammenligning øker tappingen fra Romsvatn med kun 4 % (2,91 til 3,03 m<sup>3</sup>/s). I scenario 5C derimot, der man heller ikke tapper fra Stølsvatn, men har et lavere uttak til IVAR, er maksimaltappingen fra Storavatn faktisk lavere enn i Scenario 5A; 0,81 m<sup>3</sup>/s mot 0,90 i Sc. 5A. Man kan derfor si at den uheldige konsekvensen som ligger i økt tapping fra Storavatn først kan ventes å vise seg når det totale vannuttaket ligger nærmere 2,5 enn 2,0 m<sup>3</sup>/s.

Appendix A. Periode-sammenligninger for 4 NVE-målestasjoner.

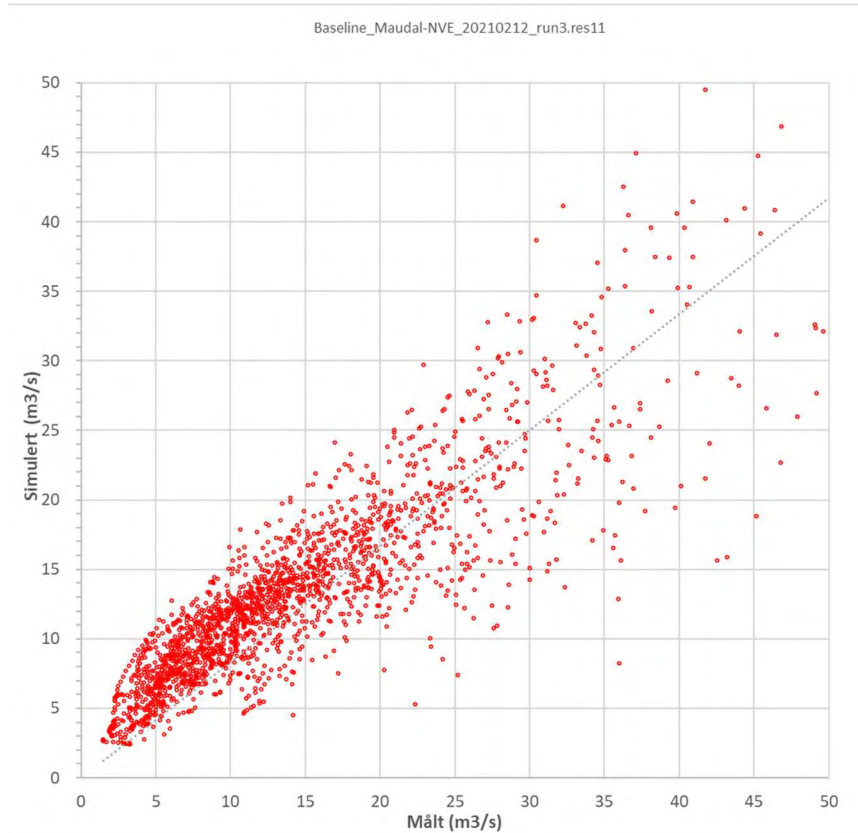




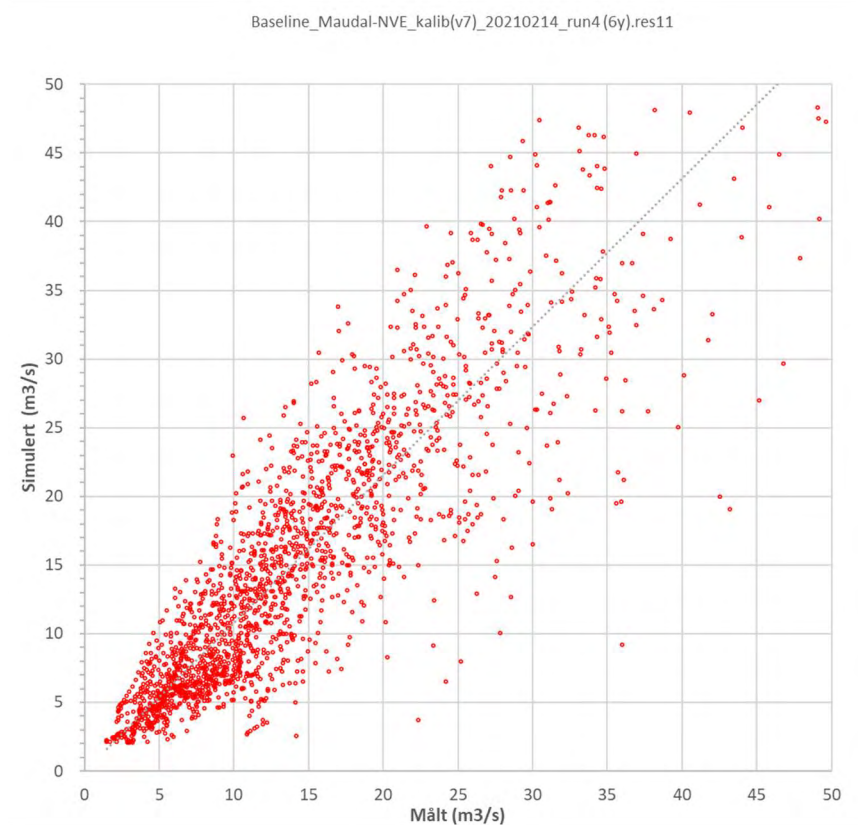


## Appendix B. Kalibrering

### Korrelasjonsplot for simulert avløp fra Birkelandsvatn mot målt avløp.



Figur 17 Korrelasjon før kalibrering



Figur 18 Korrelasjon etter kalibrering

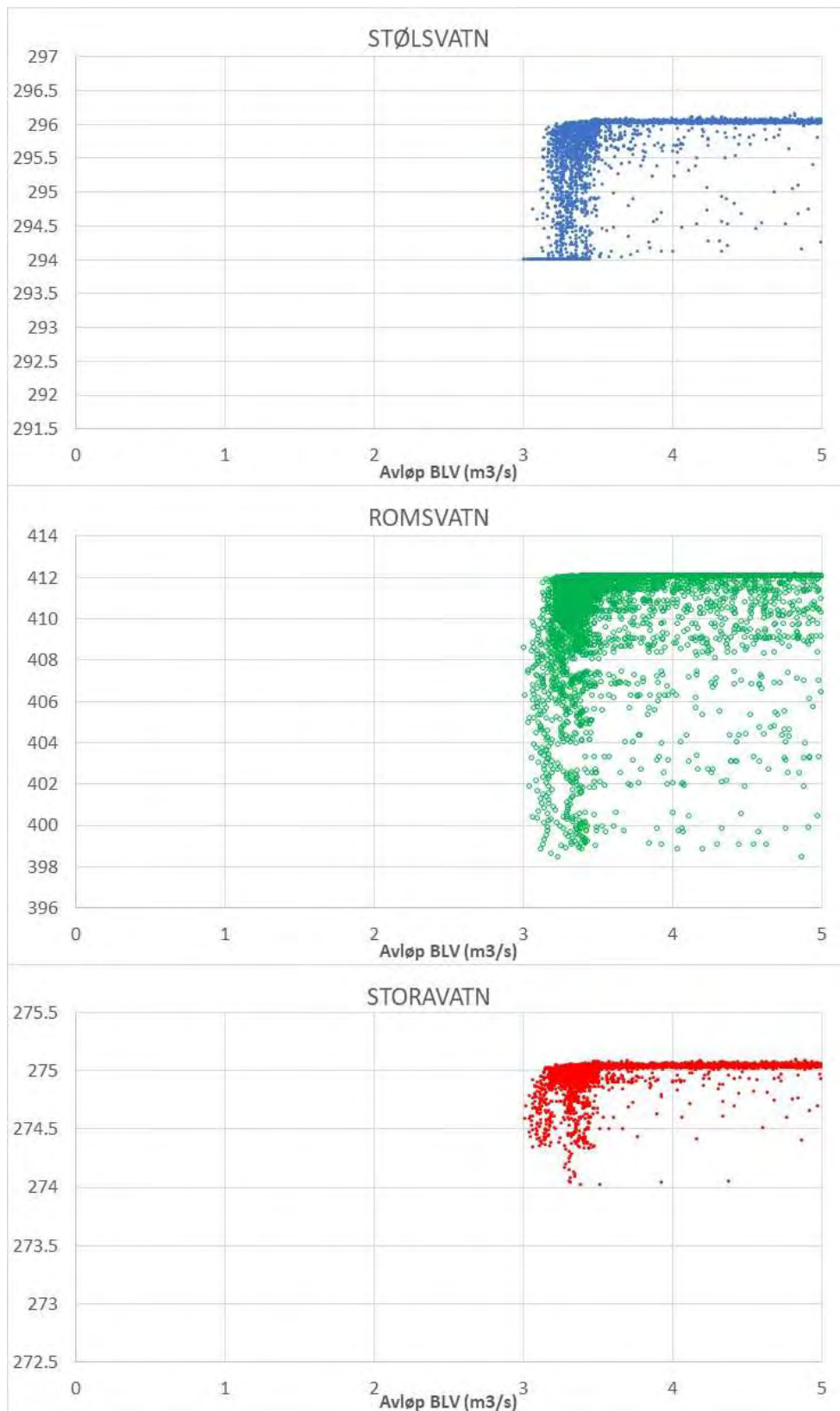
**Appendix C. Naturlig avløp fra Birkelandsvatn 1985-2019 - månedsverdier****Grunnlag for utvelgelse av år til ekstrapolering av LYSE-simuleringen til årene 2015-2019.**

År	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Året
1985	4.6	4.2	4.9	7.8	12.9	4.3	7.3	22.8	14.9	16.3	7.6	16.6	10.4
1986	6.3	3.7	5.0	5.9	28.2	13.5	3.0	11.1	10.1	22.1	35.1	20.6	13.8
1987	4.4	7.7	3.2	9.0	12.7	6.0	4.0	8.5	17.5	22.9	11.9	9.7	9.8
1988	18.0	10.1	5.2	10.3	17.5	6.6	15.6	18.3	20.8	16.5	10.9	21.1	14.3
1989	34.3	27.8	16.5	18.8	13.8	12.3	6.5	11.1	8.8	15.5	20.5	13.1	16.5
1990	22.6	38.3	28.3	15.6	12.9	14.1	14.7	9.7	12.3	18.8	10.1	15.0	17.6
1991	14.0	7.4	12.0	17.0	10.6	12.1	9.1	7.1	15.8	12.6	23.4	16.8	13.2
1992	26.7	14.9	18.3	8.2	16.8	6.2	5.1	15.5	20.8	6.0	21.3	29.7	15.8
1993	14.9	15.4	12.9	10.4	12.8	5.7	7.8	8.8	3.0	6.4	3.1	16.1	9.8
1994	7.0	5.6	11.8	19.3	23.6	16.6	7.5	5.5	7.0	12.1	14.7	23.8	12.9
1995	14.5	15.2	9.1	15.0	20.4	19.9	9.3	2.6	7.8	28.1	14.9	6.7	13.6
1996	4.2	2.9	2.0	9.4	8.8	9.3	6.1	4.9	3.7	23.6	25.2	6.6	8.9
1997	7.7	17.8	17.8	13.6	13.6	10.0	4.1	3.5	23.5	15.6	10.9	9.5	12.2
1998	12.3	25.9	10.0	11.4	9.7	7.2	10.2	15.2	9.5	18.1	10.4	12.9	12.7
1999	17.4	14.9	9.1	19.8	12.8	18.0	11.7	6.6	7.5	13.9	16.1	24.8	14.4
2000	19.5	20.2	16.3	15.5	18.7	14.4	5.1	7.5	9.5	26.8	31.3	22.3	17.3
2001	6.1	10.5	4.7	7.0	16.2	9.8	8.2	8.0	6.1	26.5	18.4	11.1	11.1
2002	19.2	22.5	10.0	11.9	20.0	11.7	11.4	2.1	5.3	7.1	8.6	3.1	11.0
2003	14.2	6.5	6.5	8.7	16.0	12.5	6.5	5.8	12.3	11.2	10.6	18.7	10.8
2004	8.5	12.5	9.0	14.5	10.2	5.8	4.6	11.8	23.1	21.1	20.9	23.2	13.7
2005	35.8	9.8	7.8	13.8	10.8	9.7	3.9	6.4	13.7	12.7	30.3	9.6	13.7
2006	9.0	6.4	2.4	8.8	16.1	7.7	4.6	2.7	8.8	13.7	35.8	34.4	12.6
2007	29.3	10.7	13.4	13.5	10.8	6.0	14.6	13.3	17.7	9.3	15.8	17.6	14.4
2008	17.2	21.8	14.6	12.9	16.7	13.1	10.0	7.7	8.9	27.9	20.5	11.4	15.2
2009	14.2	4.8	7.5	17.8	14.1	6.7	8.8	16.8	15.5	10.8	29.2	8.0	12.9
2010	3.5	1.5	5.0	10.1	7.7	2.8	6.5	11.3	12.3	20.2	11.9	3.2	8.0
2011	7.7	7.3	7.8	24.1	16.2	12.0	14.1	9.1	26.9	18.7	16.1	31.0	15.9
2012	16.8	12.7	20.5	8.8	15.9	10.6	11.4	10.6	21.2	17.9	31.1	9.0	15.5
2013	14.3	4.2	1.7	11.8	24.1	8.9	4.5	10.6	10.7	13.9	18.9	28.9	12.8
2014	21.8	15.1	25.3	16.5	12.6	8.3	5.3	13.7	5.6	22.3	15.2	17.1	14.9
2015	24.5	13.0	16.0	13.1	22.3	18.5	9.5	12.0	13.4	6.8	19.0	40.6	17.4
2016	11.8	16.2	9.7	12.1	12.8	7.9	10.4	15.7	11.2	8.0	12.1	15.7	12.0
2017	17.1	9.5	12.1	16.0	12.5	13.4	8.2	16.1	15.9	32.1	23.6	26.5	17.0
2018	10.4	8.9	2.8	15.0	15.2	5.5	1.2	10.7	30.2	24.8	11.3	11.4	12.3
2019	12.0	10.7	12.8	8.9	8.3	9.8	5.9	15.3	20.0	14.7	4.5	18.6	11.8

Året		mai-sep	okt-jan	Forhold Vinter/Sommer	År benyttet
1985	10.4	12.4	11.3	0.91	
1986	13.8	13.2	21.0	1.59	
1987	9.8	9.8	12.2	1.25	
1988	14.3	15.8	16.6	1.05	
1989	16.5	10.5	20.8	1.99	
1990	17.6	12.7	16.6	1.30	
1991	13.2	10.9	16.7	1.53	
1992	15.8	12.9	20.9	1.62	
1993	9.8	7.6	10.1	1.33	
1994	12.9	12.1	14.4	1.19	
1995	13.6	12.0	16.1	1.34	
1996	8.9	6.6	14.9	2.27	
1997	12.2	10.9	10.9	1.00	
1998	12.7	10.4	13.4	1.30	
1999	14.4	11.3	18.0	1.59	
2000	17.3	11.1	25.0	2.26	
2001	11.1	9.7	15.5	1.61	
2002	11.0	10.1	9.5	0.94	
2003	10.8	10.6	13.7	1.29	
2004	13.7	11.1	18.4	1.66	
2005	13.7	8.9	22.1	2.48	
2006	12.6	8.0	23.2	2.91	
2007	14.4	12.5	18.0	1.44	
2008	15.2	11.3	19.2	1.70	
2009	12.9	12.4	15.5	1.26	
2010	8.0	8.1	9.7	1.20	
2011	15.9	15.7	18.4	1.17	
2012	15.5	13.9	18.7	1.34	
2013	12.8	11.8	19.0	1.62	
2014	14.9	9.1	19.1	2.10	
2015	17.4	15.1	22.7	1.50	1990
2016	12.0	11.6	11.9	1.02	1997
2017	17.0	13.2	24.8	1.88	1989/1990
2018	12.3	12.6	14.5	1.15	1994
2019	11.8	11.8	12.5	1.05	1985/1997

Appendix D.

Magasin vannstand korrelert mot avløp fra Birkelandsvatn. Scenario 5A.



Sim\_Sc5A\_(Qmin=2,5) LYSE2020 kalib\_StoV\_opt19.res11

## Appendix E.

Sesongbestemt maksimumsbegrensning i uttak fra Storavatn, samt utfyllende minimumsuttak fra Birkelandsvatn. Tapping fra Storavatn i henhold til de viste verdiene trer i kraft kun når BLV-avløpet faller under påslagspunktet  $Q_0$ .

