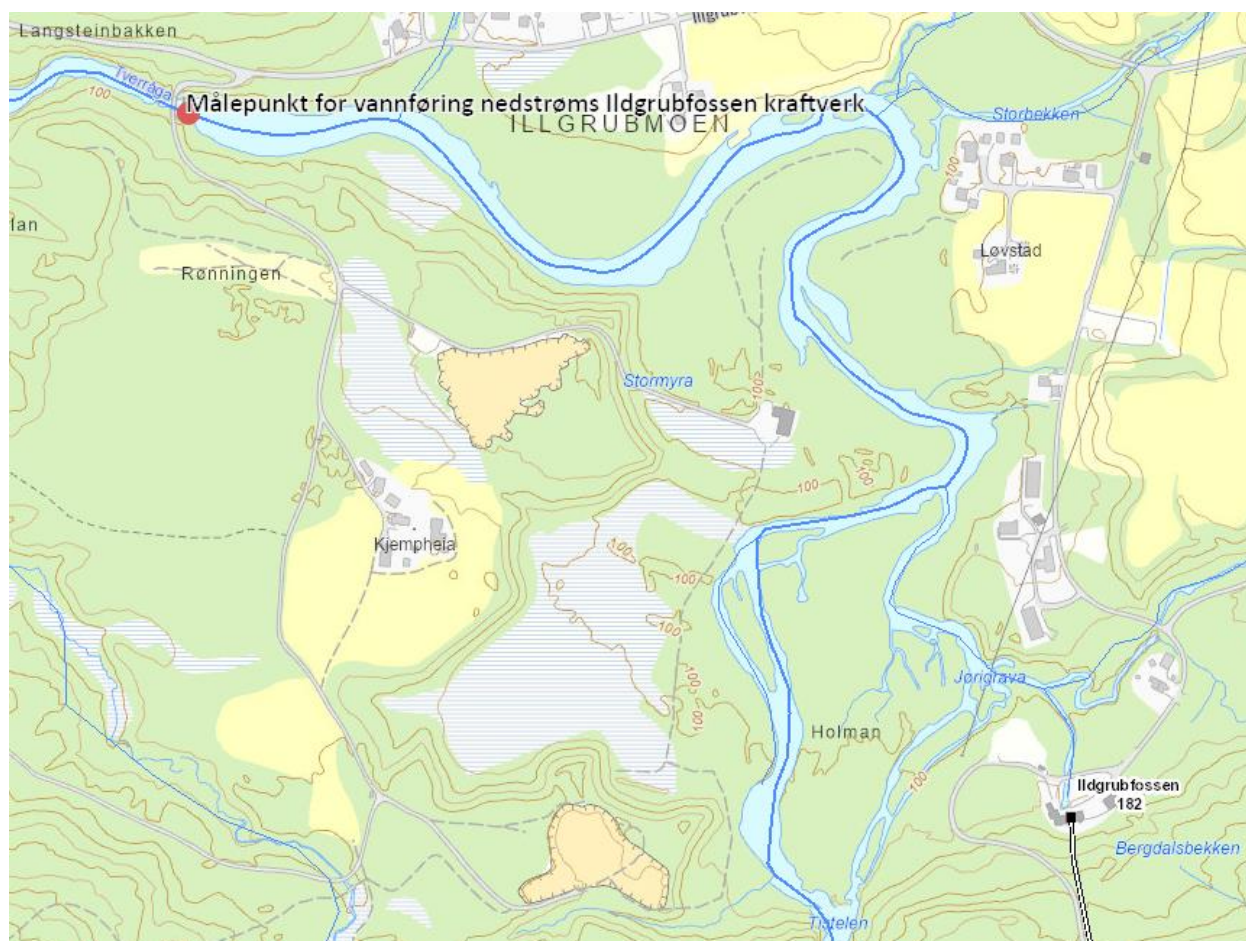


## Tilleggsvurderinger vilkårsrevisjon

Prosjekt:	Rauvatnet og Ildgrubfossen - Tilleggsvurderinger vilkårsrevisjon	Prosjektnr.:	10219314-001
Kunde:	Helgeland Kraft Vannkraft AS	Prosjektleder:	Ellen Bogfjellmo
Utarbeidet av:	Ellen Bogfjellmo	Dato:	17.01.2024
Kontrollert av:	Kjetil Vaskinn	Godkjent av:	Ellen Bogfjellmo
Rev.:	03	Rev.dato:	08.02.2024

Sweco har på oppdrag fra Helgeland Kraft Vannkraft bistått med å utføre tilsigsvurderinger og simuleringer knyttet til vilkårsrevisjonene for Bjerka-Plurareguleringene og Rauvatn med Ildgrubfossen kraftverk. Simuleringene vil danne grunnlag for videre vurderinger rundt *mulige* krav om minstevannføringer i Tverråga nedstrøms Ildgrubfossen kraftverk av hensyn til anadrom laksefisk og fylling av Rauvatn av landskaps- og friluftshensyn.

Målepunkt for mulige vannføringer er av Statkraft og HKV satt til å være ved terskel oppstrøms bru ved over til Kjempehaia. Se kartskisse i figur 1.



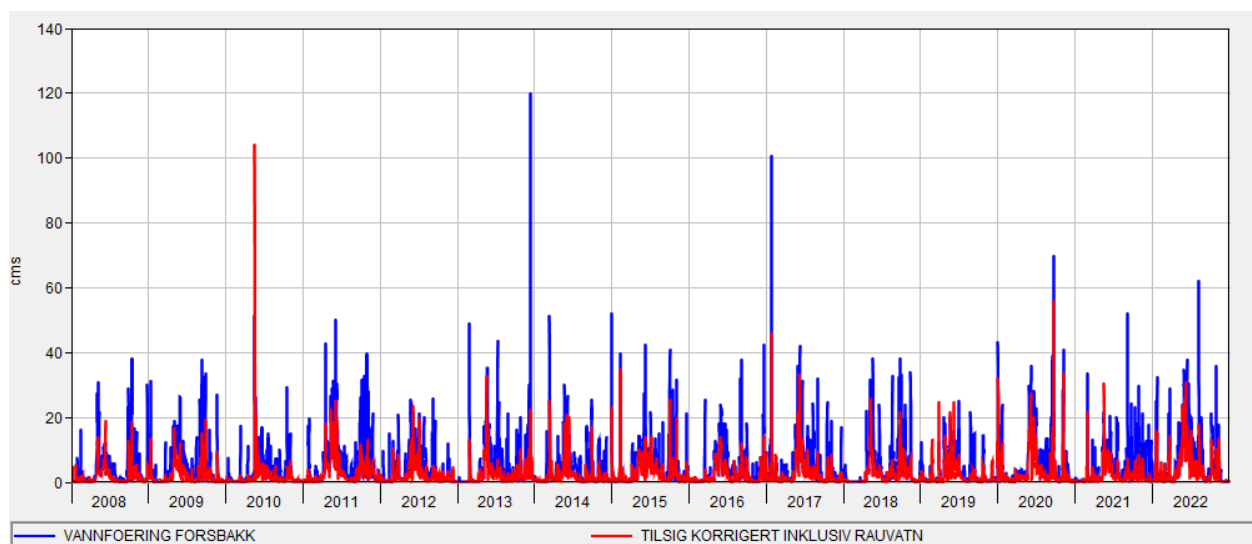
Figur 1 Kartutsnitt for plassering av målepunkt

## Valg av vannmerke for tilsigsvurderinger

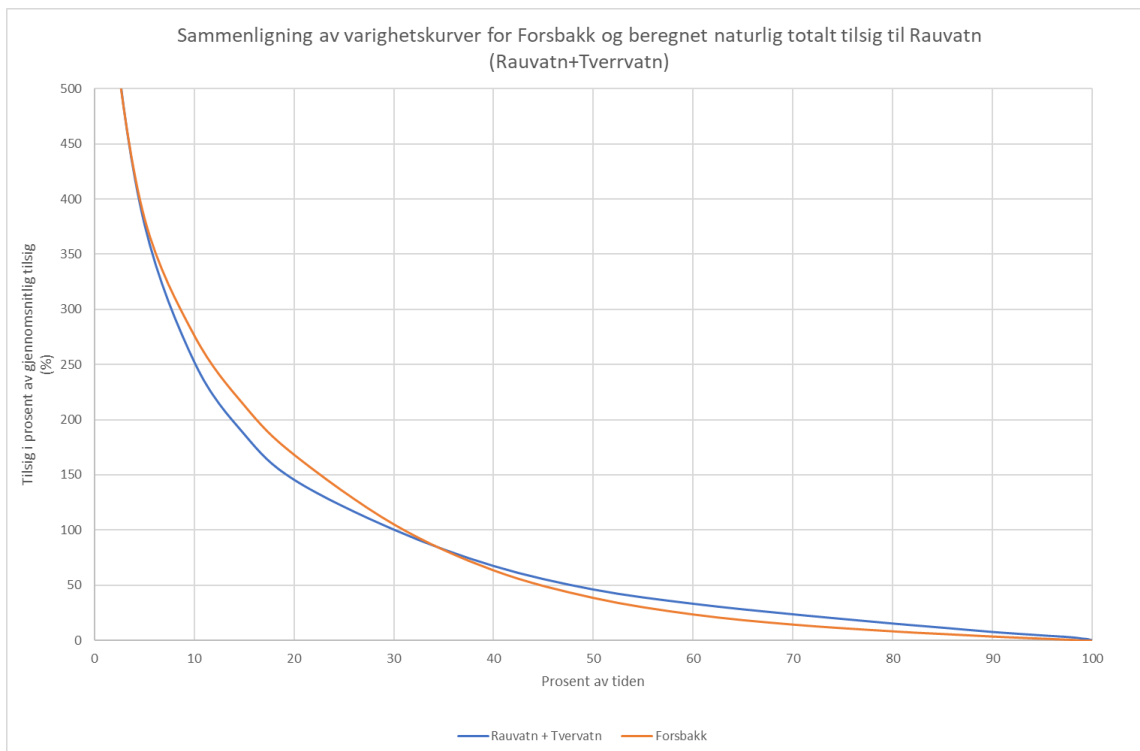
Data fra målinger/beregninger av tilsig til Tverrvatn og Rauvatnet samt data fra aktuelt vannmerke VM 156.15 Forsbakk er benyttet ved valg av analog målestasjon for videre simuleringer. Data for totalt tilsig til Rauvatn og Tverrvatn er beregnet ut fra informasjon om endringer i magasinnivå samt data fra produksjon og tapping.

Som figur 2 og figur 3 viser er det relativt god overenstemmelse mellom disse seriene. Varighetskurvene er basert på data fra samme tidsperiode (2012-2022) for begge tidsseriene. Figur 3 viser at varighetskurvene for de to seriene samsvarer godt. For de laveste verdiene ligger varighetskurven for Rauvatn/Tverrvatn noe over kurven fra Forsbakk. Serien for Rauvatn/Tverrvatn er konstruert ut fra registrering av tilsiget til de to magasinene, og ikke direkte fra vannføringsmålinger. Dette gir noe usikkerhet i seriene. Dataseriene for Forsbakk er målte vannføringer og betraktes derfor som sikrere. Basert på dette er det valgt å benytte data fra VM 156.15 Forsbakk i de videre beregninger.

Figur 3 viser varighetskurve for året for vannmerkene.



Figur 2 Vannføring målt i Forsbakk og målt/beregnet for totaltilsig til Rauvatn



Figur 3 Normaliserte varighetskurver for Rauvatn(totalt) og Forsbakk

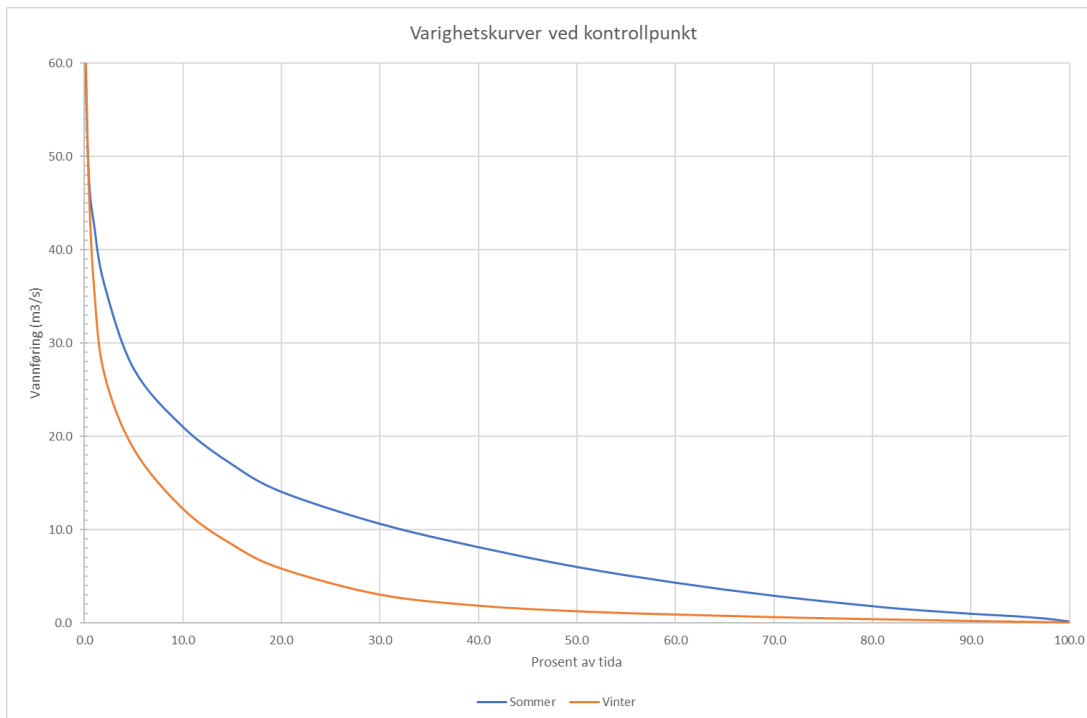
I de videre simuleringene er det altså benyttet data fra VM 156.15 Forsbakk for de siste 20 år (1993-2022), som grunnlag for modellen.

Fordelingen av avløpet på de ulike nedbørsfeltene er i simuleringene basert på to faktorer:

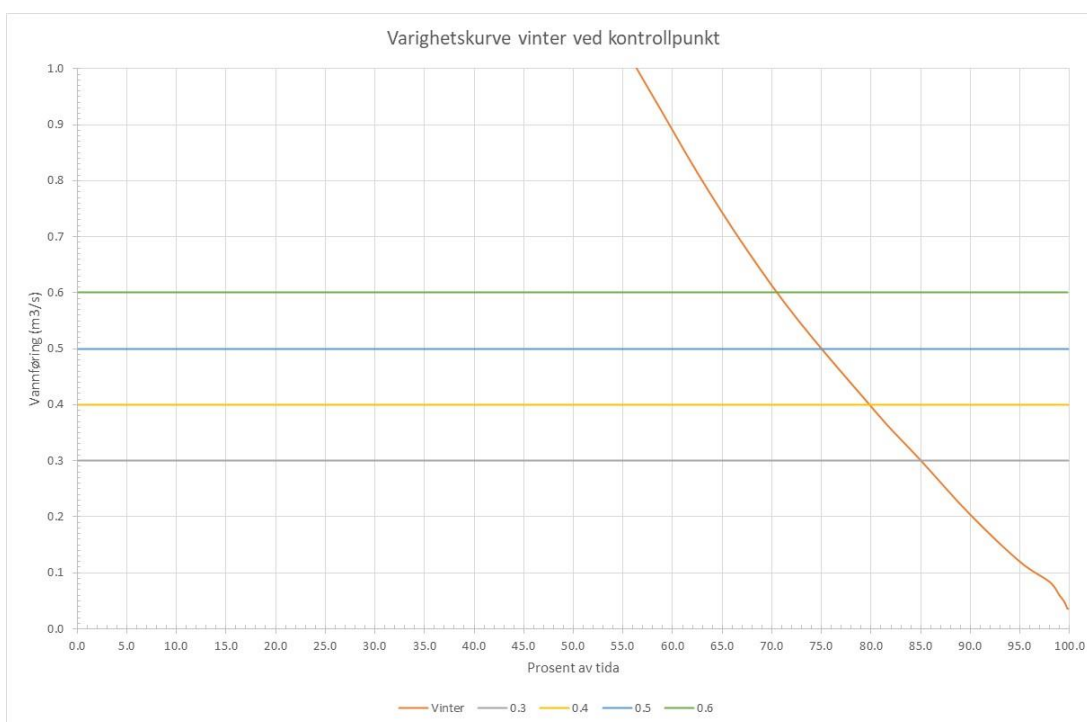
1. Beregnet tilslig ut fra tilsendte data til Tverrvatn og Rauvatn
2. Fordeling av langtidstilslig på de ulike feltene er gjort basert på data fra Nevina/NVE Atlas.

## Naturlig situasjon i vassdraget før reguleringer

Figur 4 viser varighetskurver for sommer og vinter for målepunktet for minstevannføringen. Varighetskurvene beskriver avrenningen i naturlig situasjon, det vil si før reguleringen av Tverrvatn og Rauvatn.

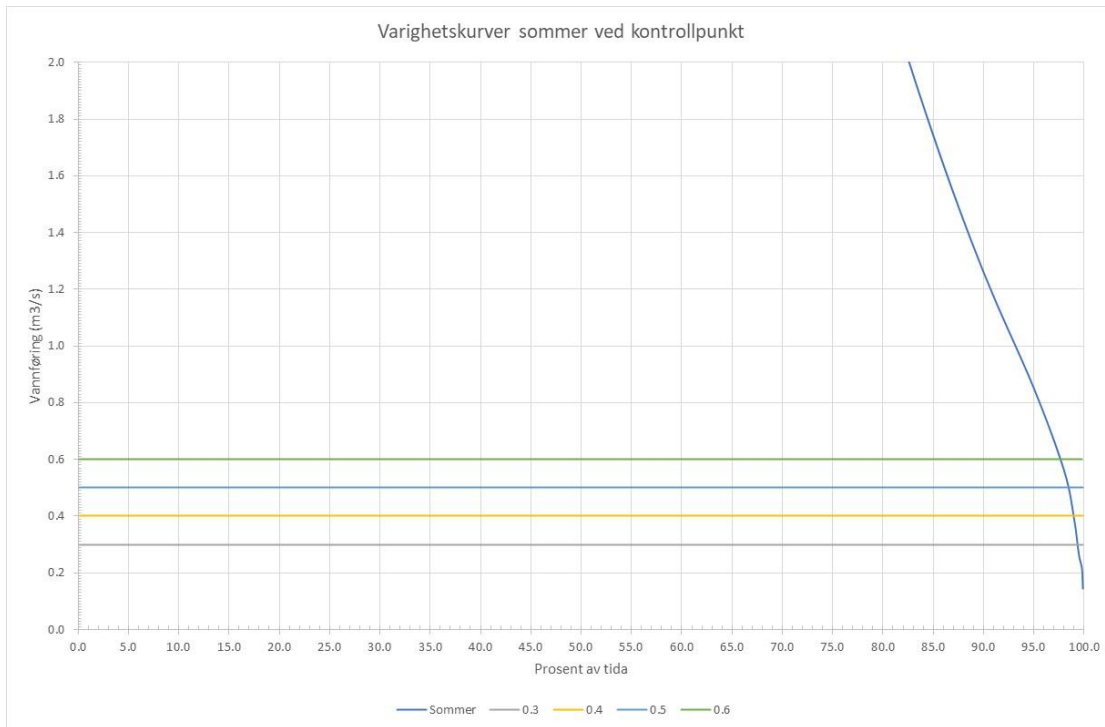


Figur 4 Varighetskurver, naturlig situasjon, for sommer og vinter ved målepunktet.



Figur 5 Varighetskurver for vinter i naturlig situasjon ved kontrollpunktet

Figur 5 viser varighetskurve for vinter i naturlig situasjon, med søkelys på de aktuelle verdiene som en skal simulere minstevannføring for. Kurven viser også at  $Q_{95}$  for vinter på målepunktet er 117 l/s.



Figur 6 Varighetskurve sommer, naturlig situasjon, ved kontrollpunkt

Figur 6 viser varighetskurve, naturlig situasjon i vassdraget, for sommeren med vannføringer mellom 0  $m^3/s$  og 2  $m^3/s$ . Figuren viser også de aktuelle verdiene som det skal simuleres minstevannføring for.

$Q_{95}$  for sommer på målepunktet er 820 l/s.

## Kort om simuleringene

### Begrensninger og utfordringer

Simuleringene er gjennomført ved bruk av modellen nMAG2004 utviklet av professor Ånund Killingtveit ved NTNU. Programmet gir mulighet til å simulere inntil 50 ulike moduler.

- Magasiner/reservoar
- Kraftstasjoner
- Overføringer
- Etc

I programmet er det mulig å simulere minstevannføringer og forbitappinger ved magasiner.

Det er også mulig å legge inn styrekurver for å bestemme hvordan magasinutfyllingen/vannstanden skal endres over året. Modellen følger samme regler for magasinutfyllingen hvert år.

I situasjoner der en både har slipp av vann fra et magasin, styrekurve for magasinutfylling og bruk av vann til kraftproduksjon er det slipp av vann som har høyeste prioritet, deretter magasinutfylling og til slutt kraftproduksjon.

Det at referansepunktet for minstevannføringslipp ligger lengre ned i vassdraget enn ved utløpet fra kraftstasjonen gjør at det ikke er mulig å bruke programmet til å styre slippet fra referansepunktet, da programmet kun *kontrollerer* vannføringen i referansepunktet. Simuleringene legger opp til at det slippes vann fra Rauvatnet slik at kravet til vannføring ved referansepunktet oppfylles. Vann som slippes fra Rauvatnet for gjennom Ildgrubfossen kraftverk og vil gi kraftproduksjon i vassdraget.

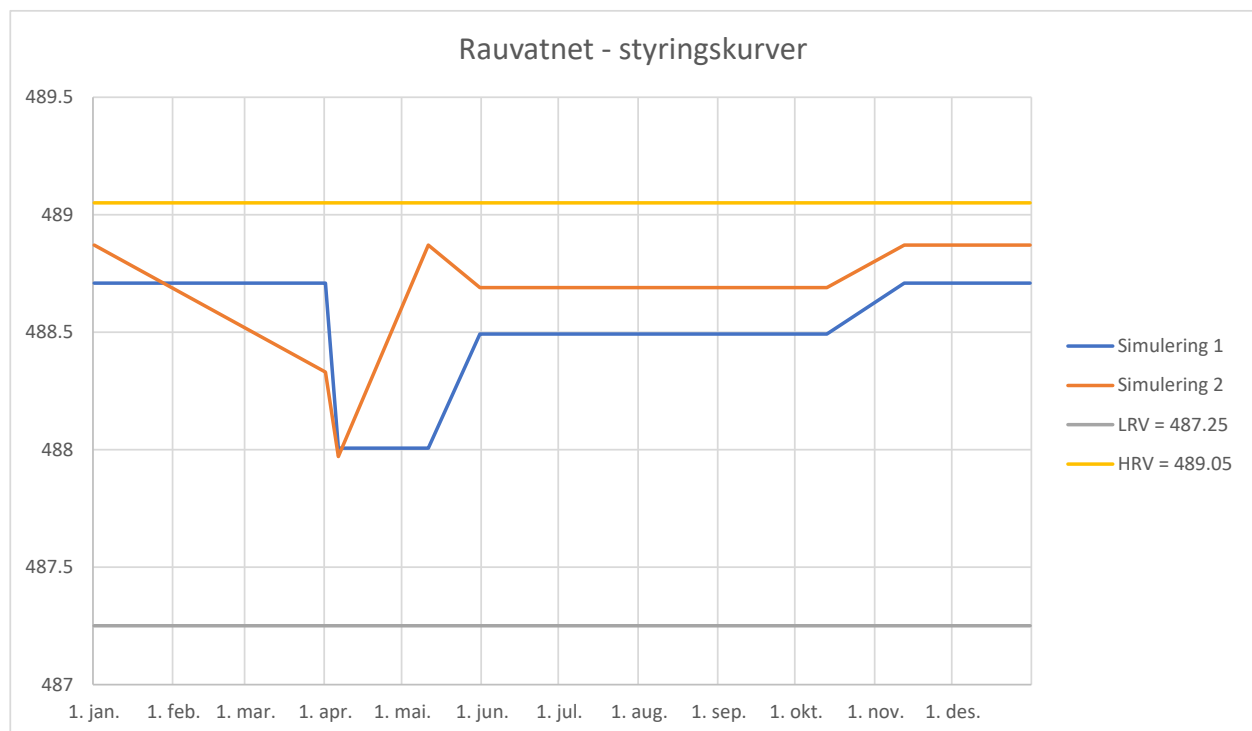
## Simuleringer

Det er utført en rekke simuleringer med ulike slippinger av minstevannføring.

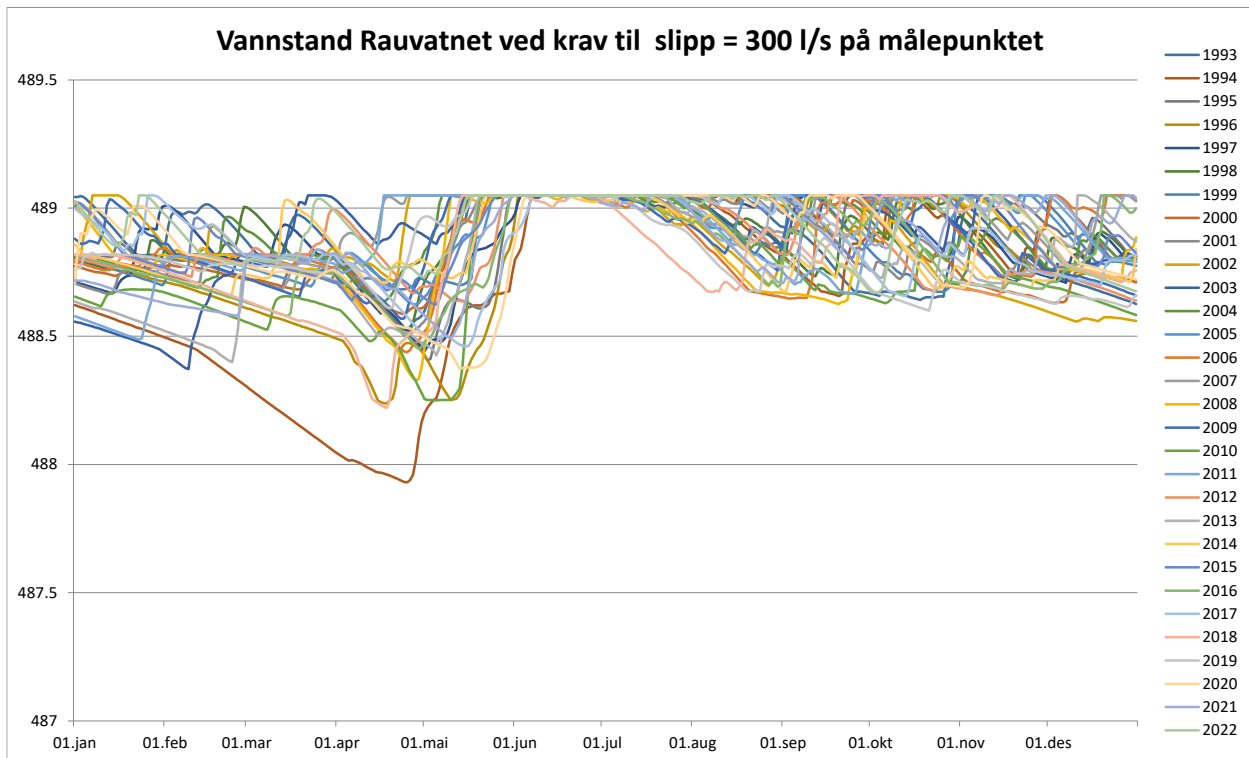
Som utgangspunkt for simuleringene er det gjort simulering av naturlig vannføring i vassdraget dvs. før regulering av Tverrvatn og Rauvatn.

Deretter er det gjort ulike simuleringer for å se på hvordan man kan oppnå de foreslåtte kravene til minstevannføring for vintersesongen på målepunktet. Vintersesongen er definert fra 16. september til 30. april. I perioden 1. mai til 15. september er det lagt inn krav til minstevannføring på 200 l/s, som tilsvarer minste driftsvannføring for Ildgrubfossen kraftverk.

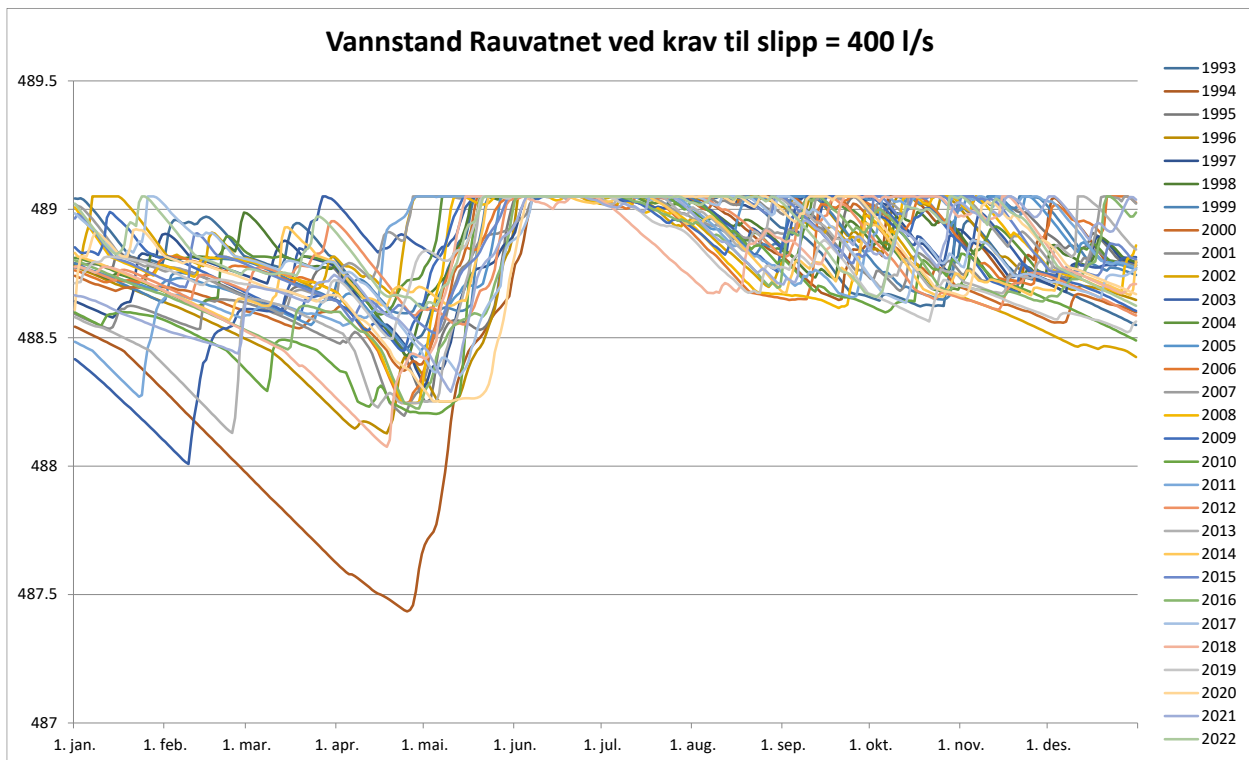
I første runde av simuleringene er det lagt til grunn en styringskurve for Rauvatnet som vist med blått i figur 7, uten noe bidrag fra vannslipp fra Tverrvatnet. Denne styringskurven ivaretar et brukerønske om å holde vannstanden i Rauvatnet relativt høy gjennom sommersesongen.



Figur 7 Styringskurver for Rauvatnet



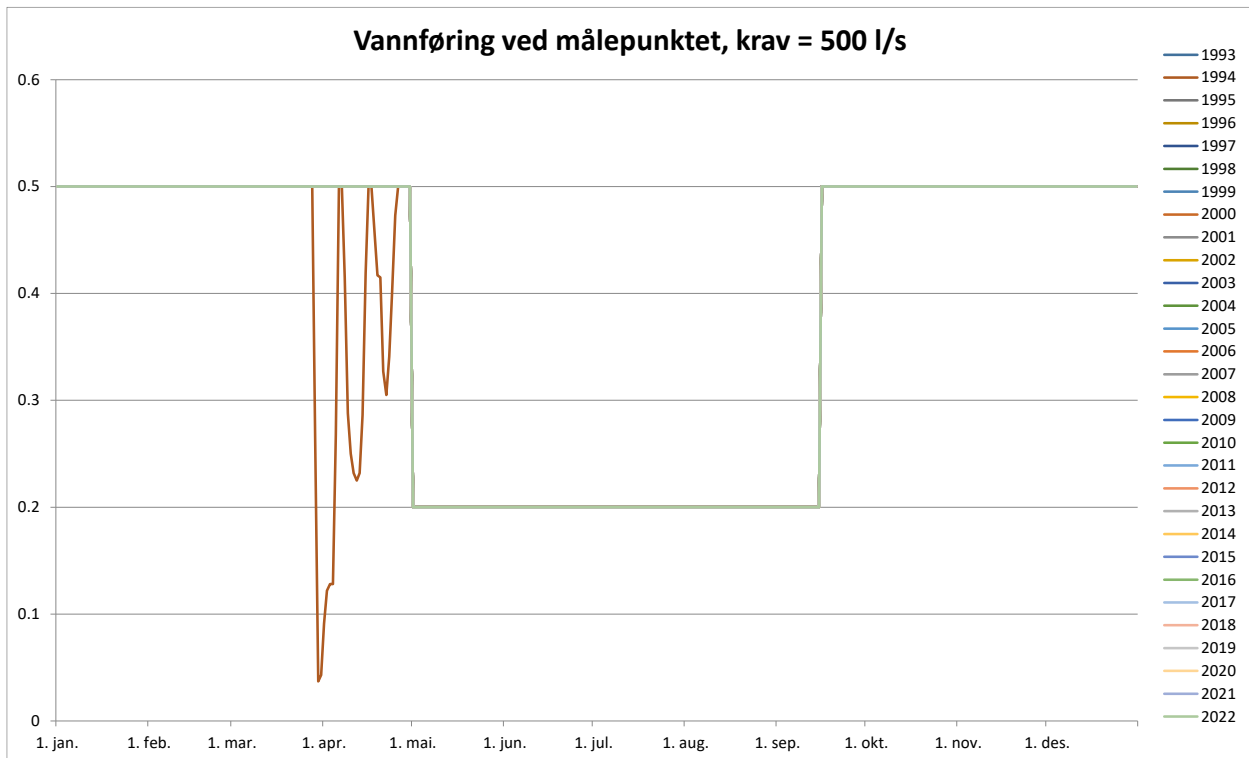
Figur 8 Vannstandskurver for Rauvatnet, simulering 1.1



Figur 9 Vannstandskurver for Rauvatnet, simulering 1.2

Simuleringene viser at ved bruk av denne styringskurven kan man oppnå forslaget om minstevannføring ved målepunktet gjennom vinteren på både 300 l/s (figur 8, simulering 1.1) og 400 l/s (figur 9, simulering 1.2), uten bidrag fra Tverrvatnet.

Dersom en prøver å slippe 500 l/s (simulering 1.3) vil en i spesielt et år (1994) ha problemer med å tilfredsstille minstevannføringskravet, og vil havne under 500 l/s i mars/april. Dette er vist i figur 10.



Figur 10 Minstevannføring på 500 l/s uten slipping fra Tverrvatn. Vannføring i m<sup>3</sup>/s på vertikal akse, simulering 1.3.

For å oppnå kravet om 500 l/s i minstevannføring på målepunktet vinterstid er det derfor sett på to hovedløsninger.

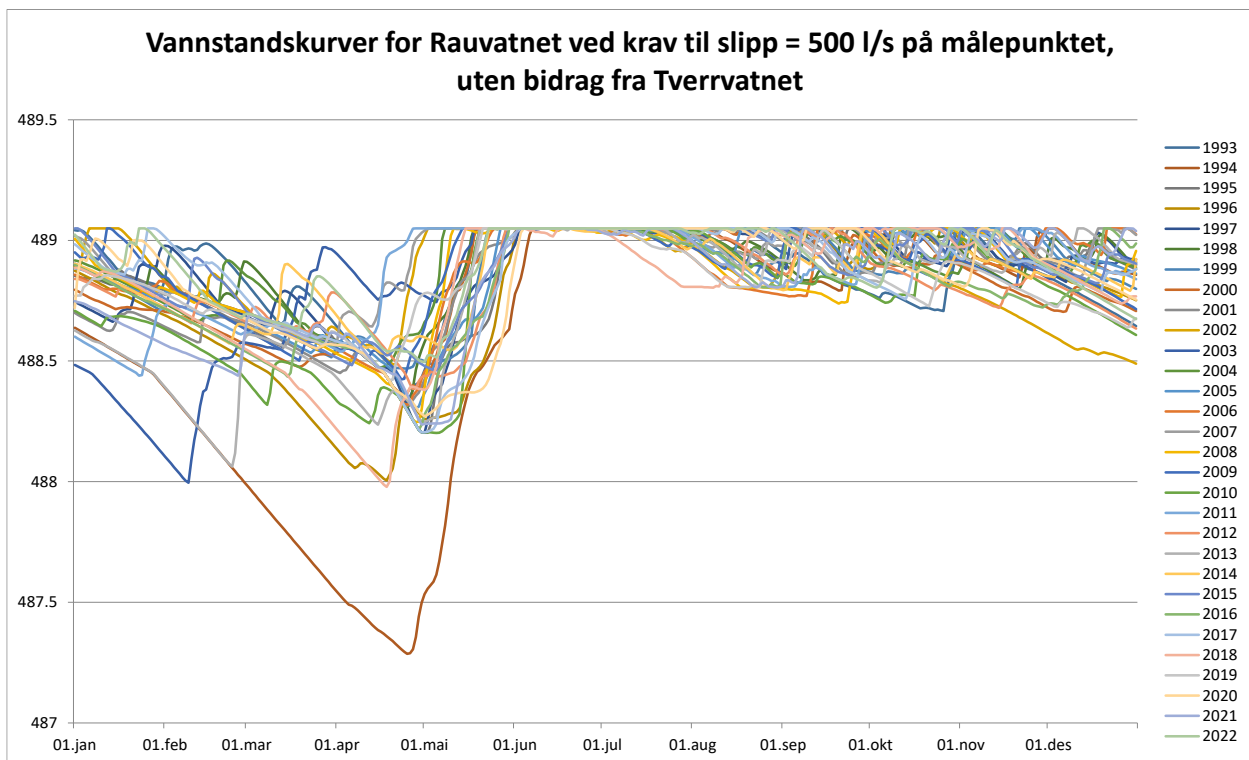
Simulering 2.3 og 2.4: Justert styringskurve for Rauvatnet, uten bidrag fra Tverrvatnet

Simulering 3.3 og 3.4: Fri magasinstyring av Rauvatnet, med bidrag fra Tverrvatnet

**Simulering 2.3 og 2.4 Justert styringskurve for Rauvatnet:**

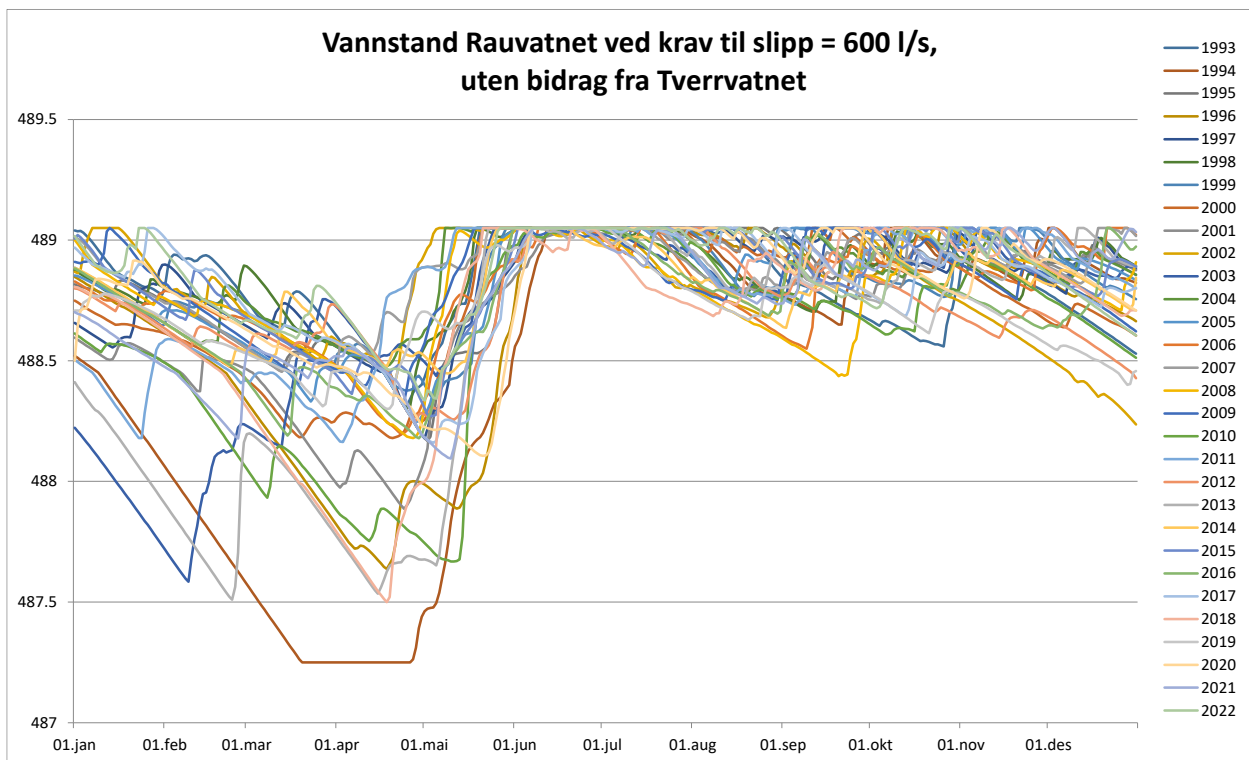
Ved å endre på styringskurven for magasinet Rauvatn (oransje linje i figur 7) er det mulig å oppnå kravet om 500 l/s ved målepunktet uten at det slippes vann fra Tverrvatnet, se figur 11.



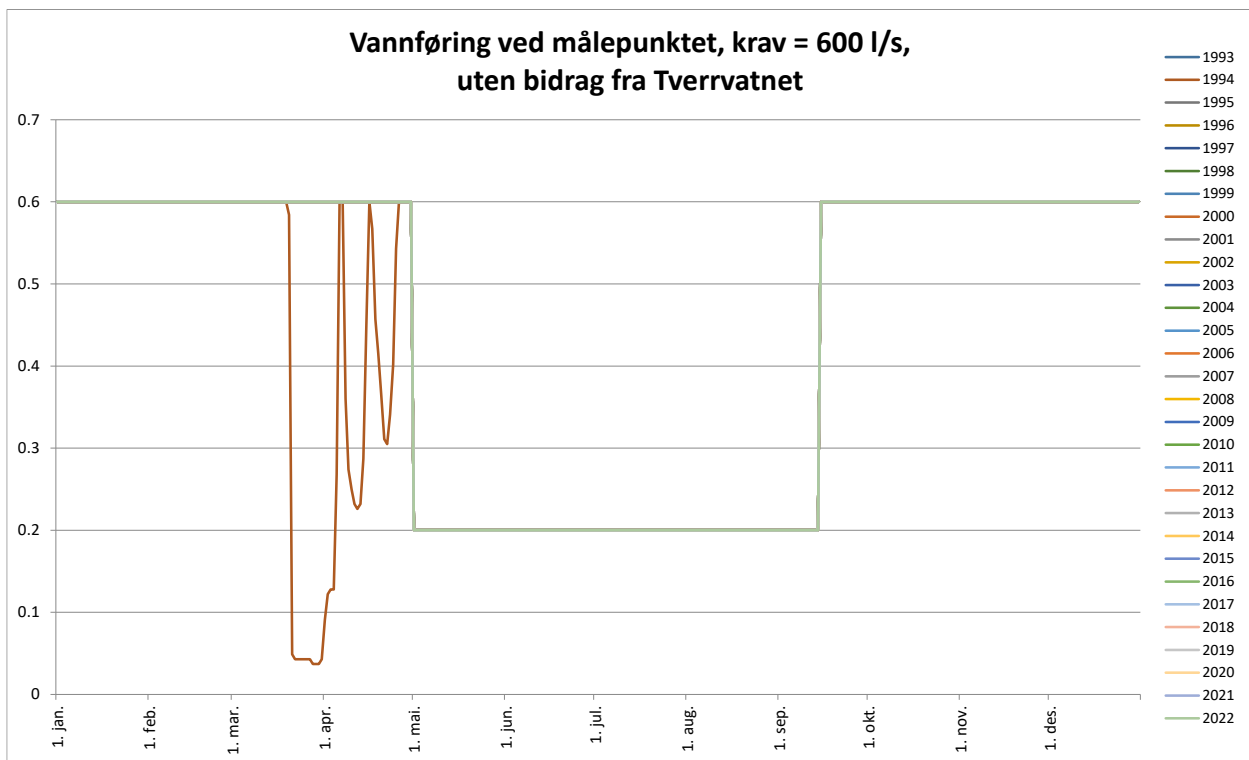


Figur 11 Vannstandskurver for Rauvatnet ved krav til slipp = 500 l/s på målepunktet, simulering 2.3

Dersom en prøver å slippe 600 l/s med justert styringskurve og uten bidrag fra Tverrvatnet, vil en i spesielt tørre år havne ned på LRV (figur 12) og ikke greie å tilfredsstille minstevannføringskravet ved målepunktet i mars/april (figur 13).



Figur 12 Vannstandskurver for Rauvatnet med krav til slipp = 600 l/s på målepunktet, simulering 2.4



Figur 13 Minstevannføring på 600 l/s uten slipping fra Tverrvatn. Vannføring i m<sup>3</sup>/s på vertikal akse. Simulering 2.4

Simuleringene viser at det ikke er mulig å oppnå kravet om 600 l/s på målepunktet uten bidrag fra Tverrvatn.

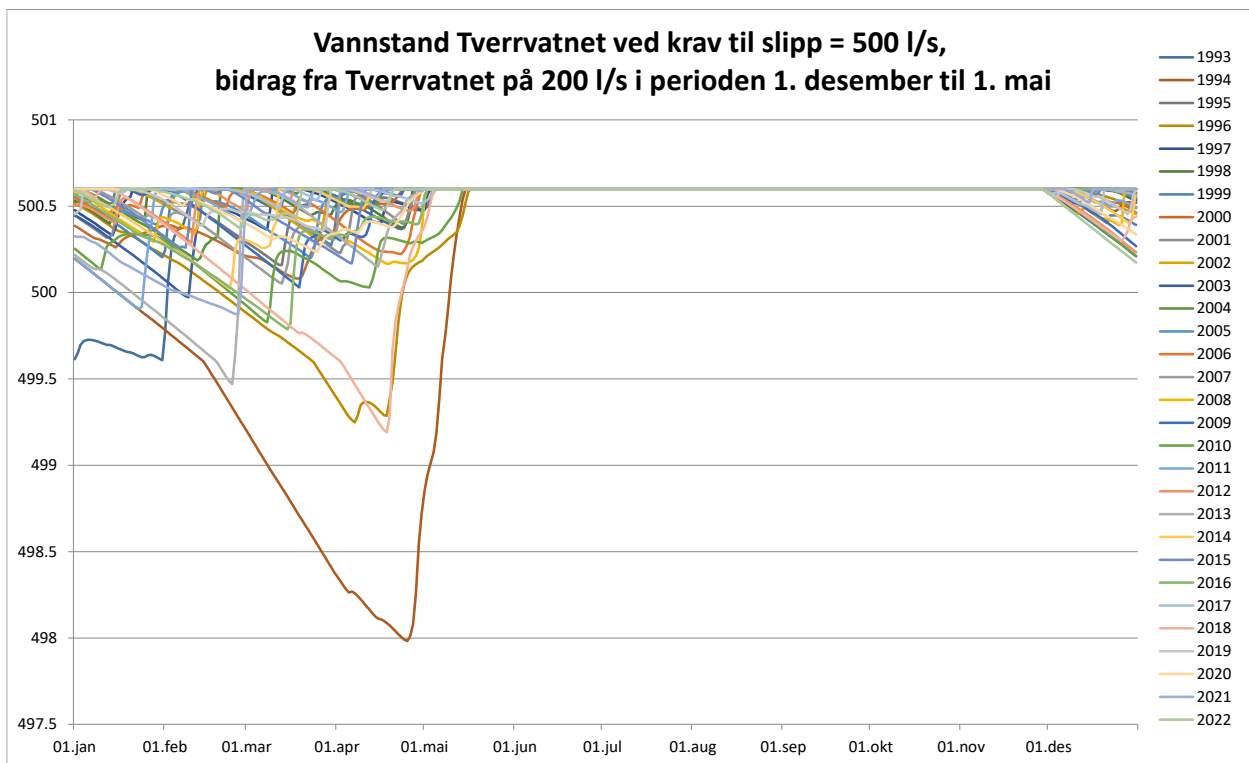
### Simulering 3.3 og 3.4 Fri styringskurve for Rauvatnet, med bidrag fra Tverrvatnet

For bidrag fra Tverrvatnet er det i simuleringene forutsatt at det skal slippes vann fra Tverrvatnet til Rauvatnet i perioden 1. desember til 30. april. Denne perioden er satt for å sikre at man har overføringsmulighet før vassdraget fryser for vinteren, samt at det er gjerne mot slutten av vinteren man trenger overføringen. Lokalfelt for Tverrvatnet som kan overføres til Rauvatnet er 23,3 km<sup>2</sup> med et midlere årstilsig på 24,1 Mm<sup>3</sup>. Vi har ikke fått noe info om styringskurve/strategi for Tverrvatnet. I simuleringene er det derfor lagt til grunn en styringskurve for Tverrvatnet som ligger generelt høyt gjennom vinteren (80-90% fyllingsgrad). For Rauvatnet er det ikke lagt inn noe styringskurve for magasinet i disse simuleringene, men det er benyttet en funksjon som heter «Automatic reservoir balancing». Denne funksjonen etterstreber å finne en balanse mellom minst mulig flomtap samtidig som man har høyest mulig fallhøyde, i dette tilfellet vannstand i magasinet.

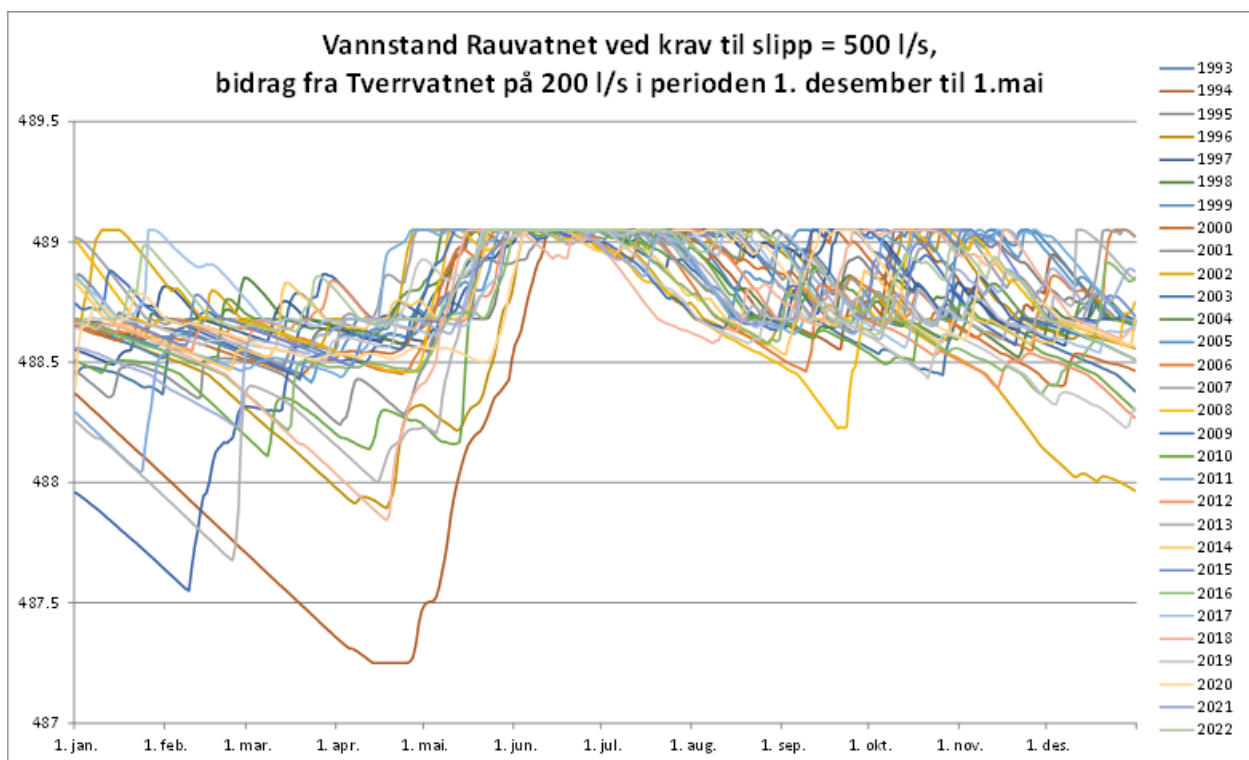
Det er gjort simuleringer for kontinuerlig slipp fra Tverrvatnet i perioden 1. desember til 1 mai fra Tverrvatnet på 50 l/s, 100 l/s, 150 l/s, 200 l/s og 250 l/s.

For å oppnå 500 l/s ved målepunktet er det nødvendig med et bidrag fra Tverrvatnet på 200 l/s i perioden 1. desember til 30. mars (Figur 14 Vannstandskurver for Tverrvatnet med krav til slipp = 500 l/s, bidrag fra Tverrvatnet på 200 l/s i perioden 1.des til 1. maifigur 14 og figur 15), og for å oppnå 600 l/s ved målepunktet må det slippes 250 l/s i samme periode (figur 16 og figur 17).

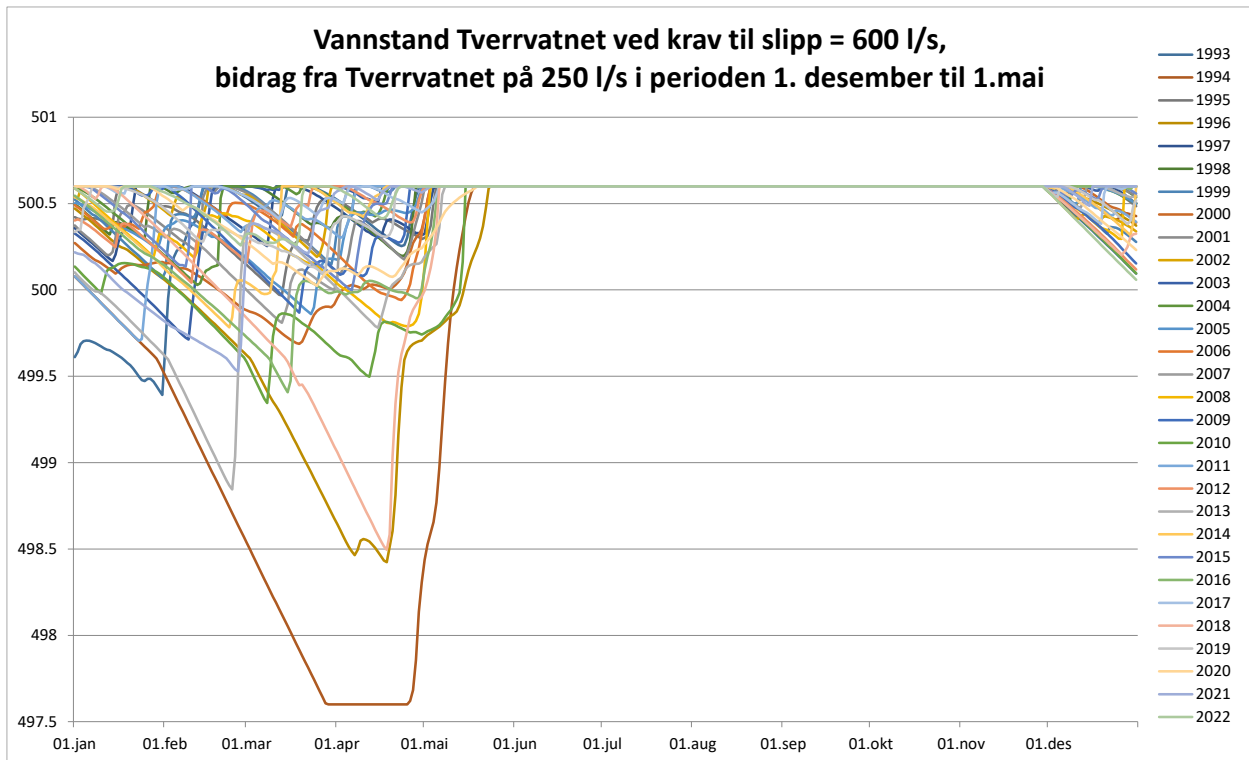
Figurene viser at Tverrvatnet i tørre år vil tappes ned mot LRV illa vinteren, Hvordan dette kan løses i praksis må vurderes nærmere.



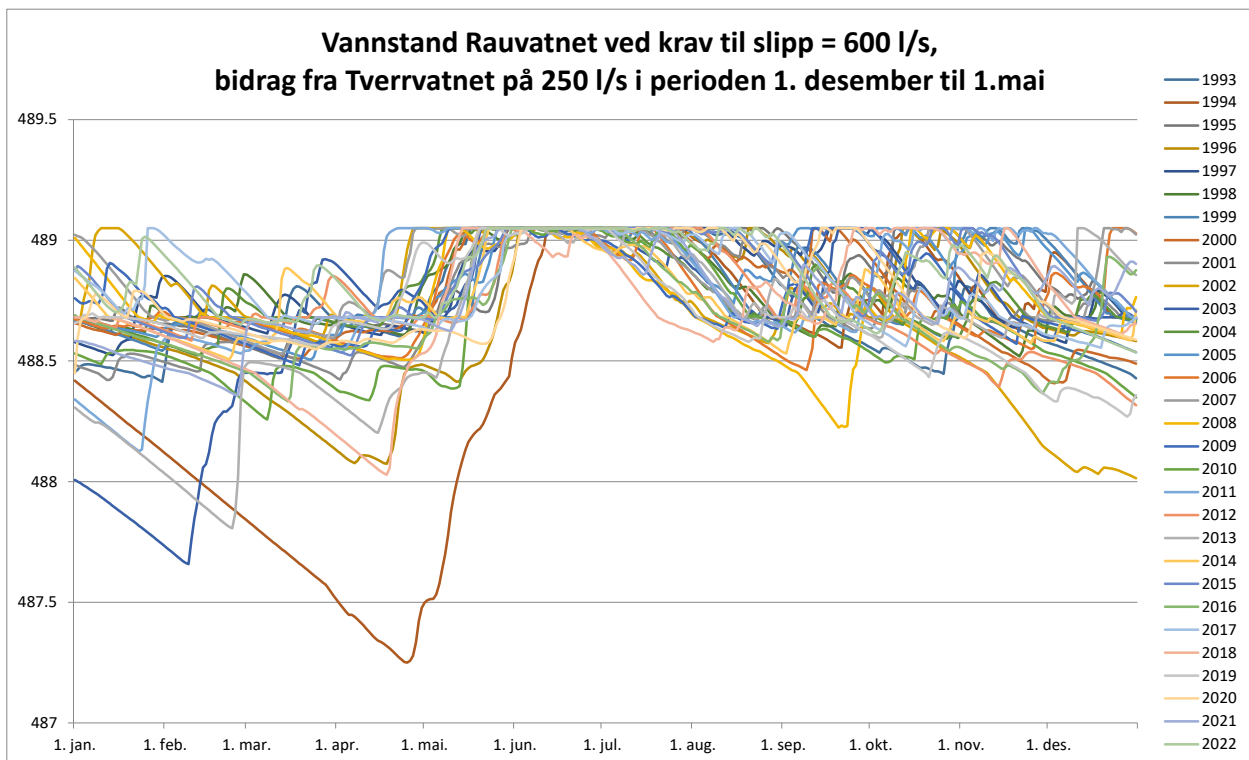
Figur 14 Vannstandskurver for Tverrvatnet med krav til slipp = 500 l/s, bidrag fra Tverrvatnet på 200 l/s i perioden 1.des til 1. mai. Simulering 3.3.



Figur 15 Vannstandskurver for Rauvatnet med krav til slipp = 500 l/s, bidrag fra Tverrvatnet på 200 l/s i perioden 1.des til 1. mai. Simulering 3.3.



Figur 16 Vannstandskurver for Tverrvatnet med krav til slipp = 600 l/s, bidrag fra Tverrvatnet på 250 l/s i perioden 1.des til 1. mai. Simulering 3.4

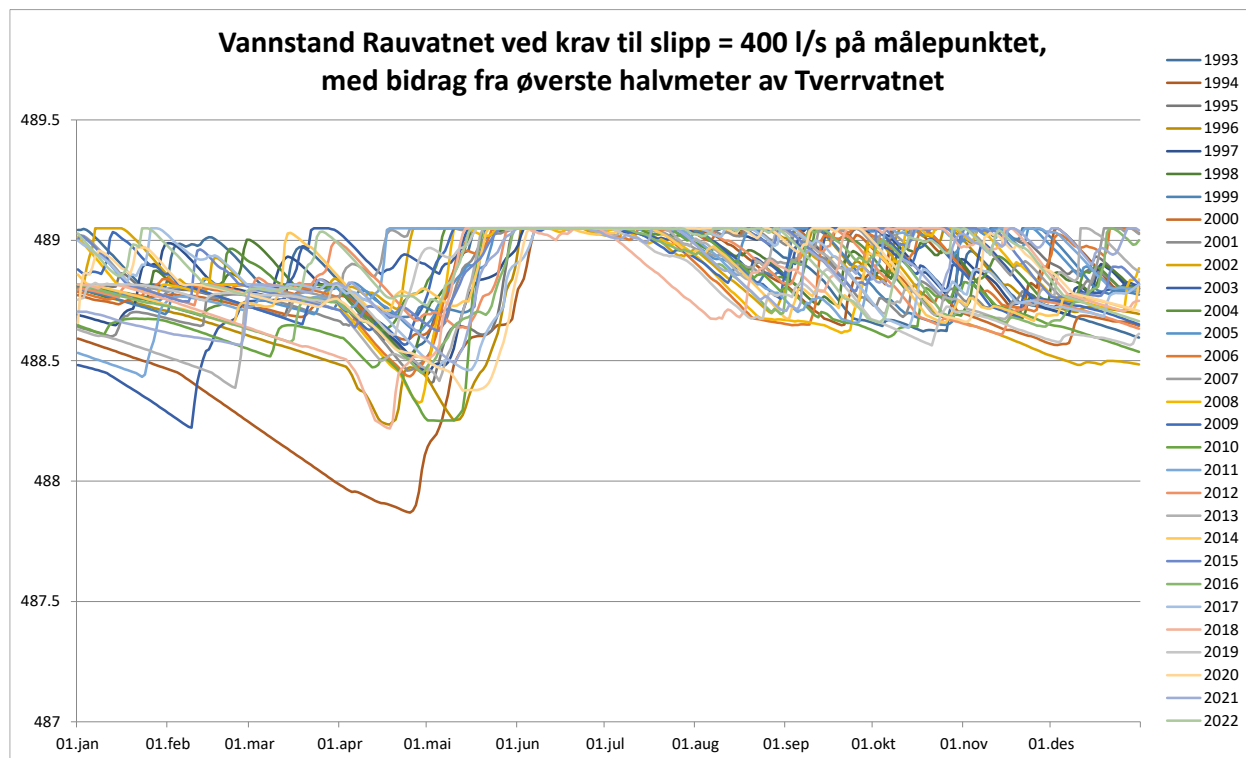


Figur 17 Vannstandskurver for Rauvatnet med krav til slipp = 600 l/s, bidrag fra Tverrvatnet på 250 l/s i perioden 1.des til 1. mai. Simulering 3.4

## Tilleggssimuleringer, revisjon 1

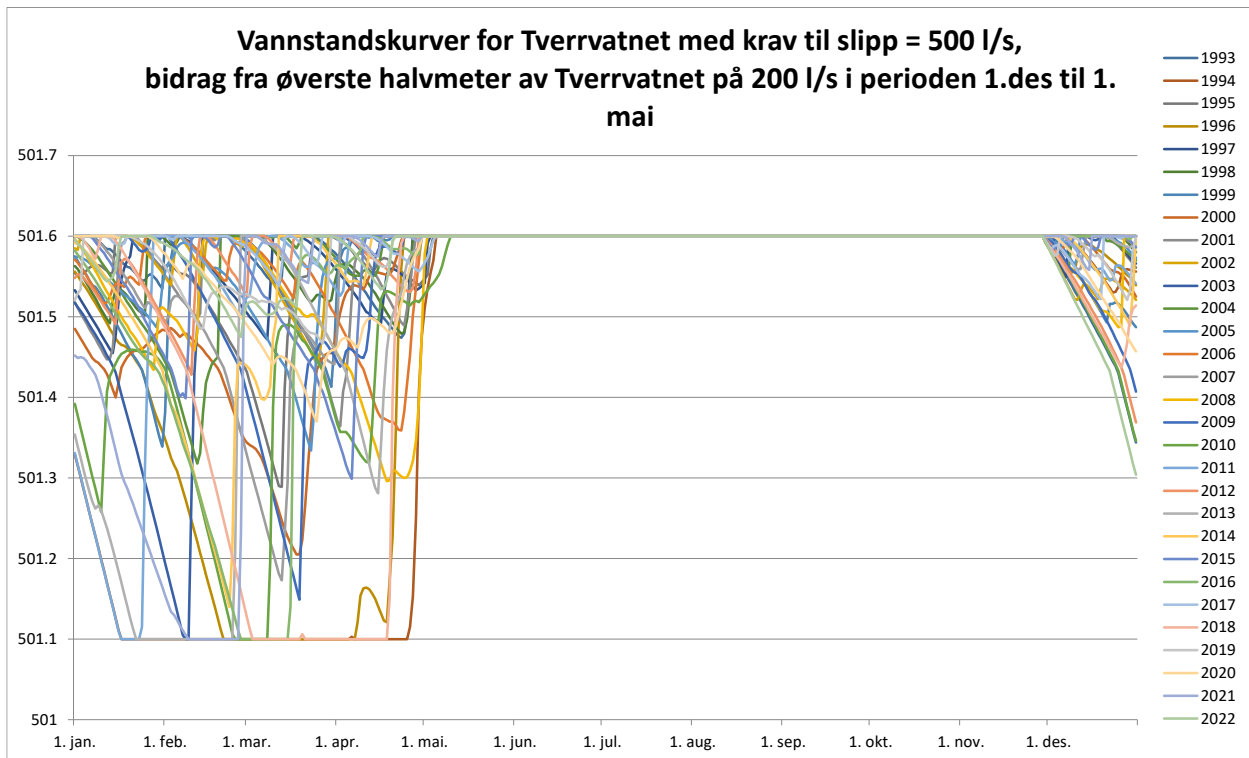
Etter avtale med HKV og Statkraft er det gjort ytterligere simuleringer knyttet til bidrag fra Tverrvatnet. I simulering 1.2a, 3.3a og 3.4a er bidraget fra Tverrvatnet kun hentet fra den øverste halvmetere av Tverrvatnmagasinet, da det er dette volumet som antas at i praksis kan ledes til Rauvatnet uten større inngrep eller nye konstruksjoner.

For krav til slipp på 400 l/s er det lagt inn bidrag fra Tverrvatnet på 100 l/s i perioden 1. desember til mai. Kravet om 400 l/s oppnås med en noe høyere vannstand i Rauvatnet enn uten bidrag fra Tverrvatnet (figur 18).

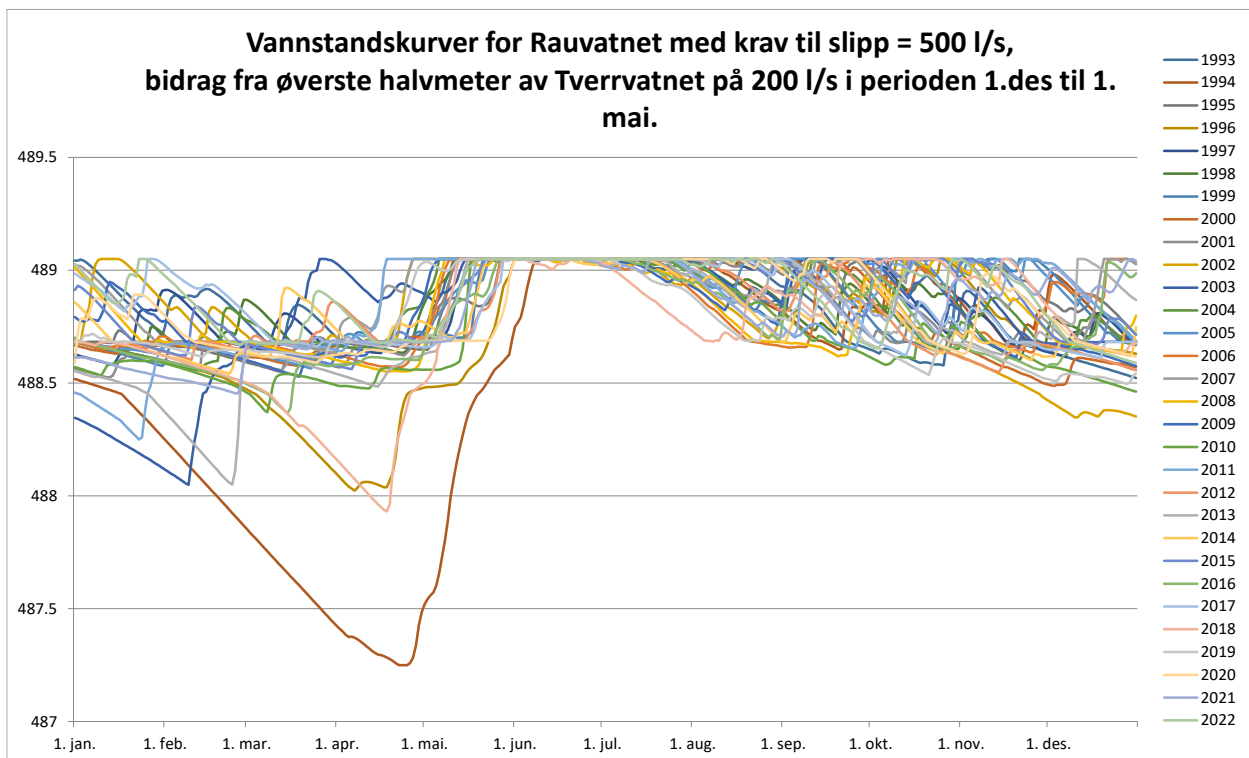


Figur 18 Vannstandskurver for Rauvatnet ved krav til slipp = 400 l/s på målepunktet, bidrag fra øverste halvmetere av Tverrvatnet Simulering 1.2a.

For krav til slipp på 500 l/s er det lagt inn bidrag fra Tverrvatnet på 200 l/s i perioden 1. desember til mai. Kravet om 500 l/s oppnås selv om Tverrvatnet tappes ned til HRV-0,5 i flere perioder (figur 19), og Rauvatnet tappes ned mot LRV i spesielt tørre år (figur 20).



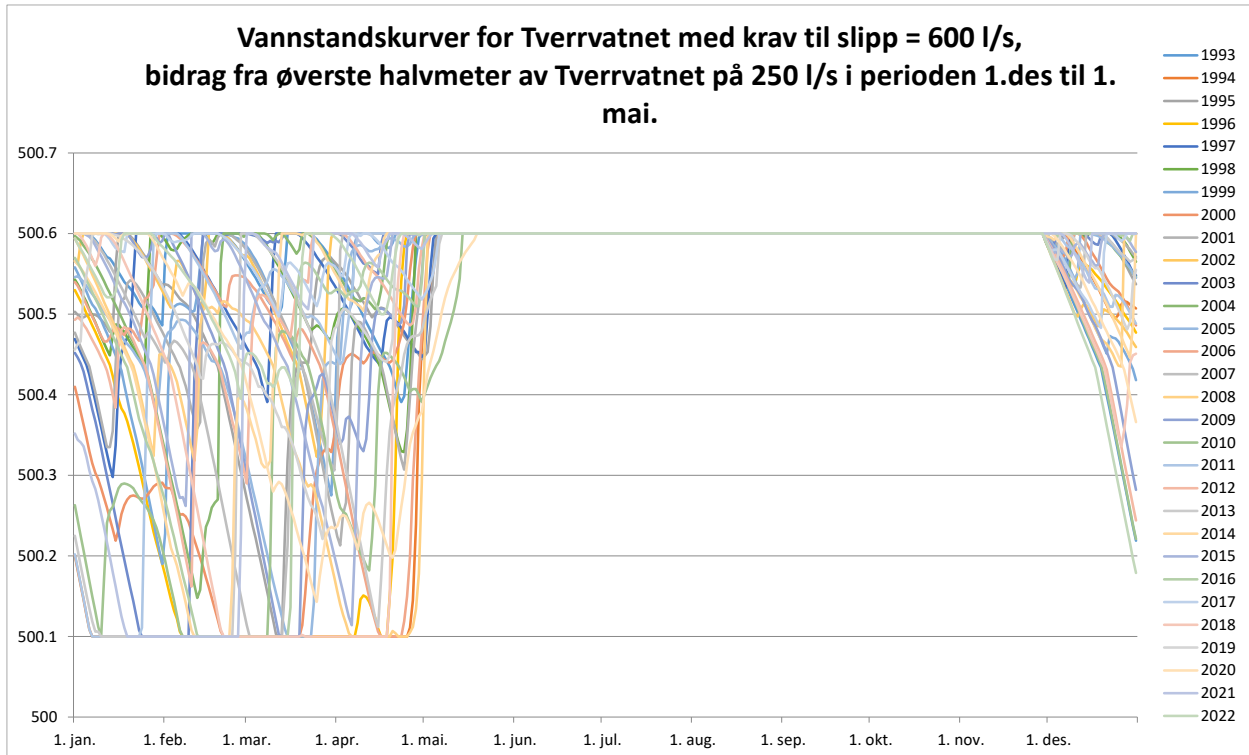
Figur 19: Vannstand Tverrvatnet, simulering 3.3a



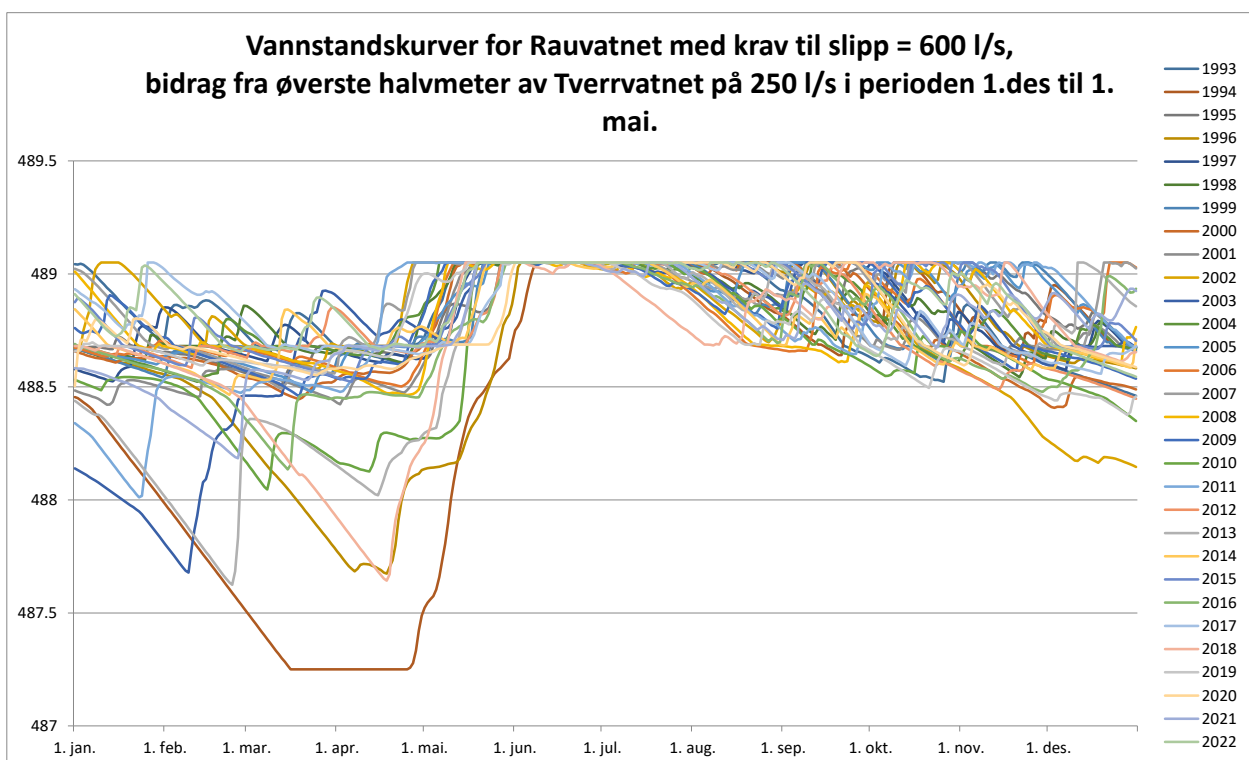
Figur 20 Vannstand Rauvatnet, simulering 3.3a



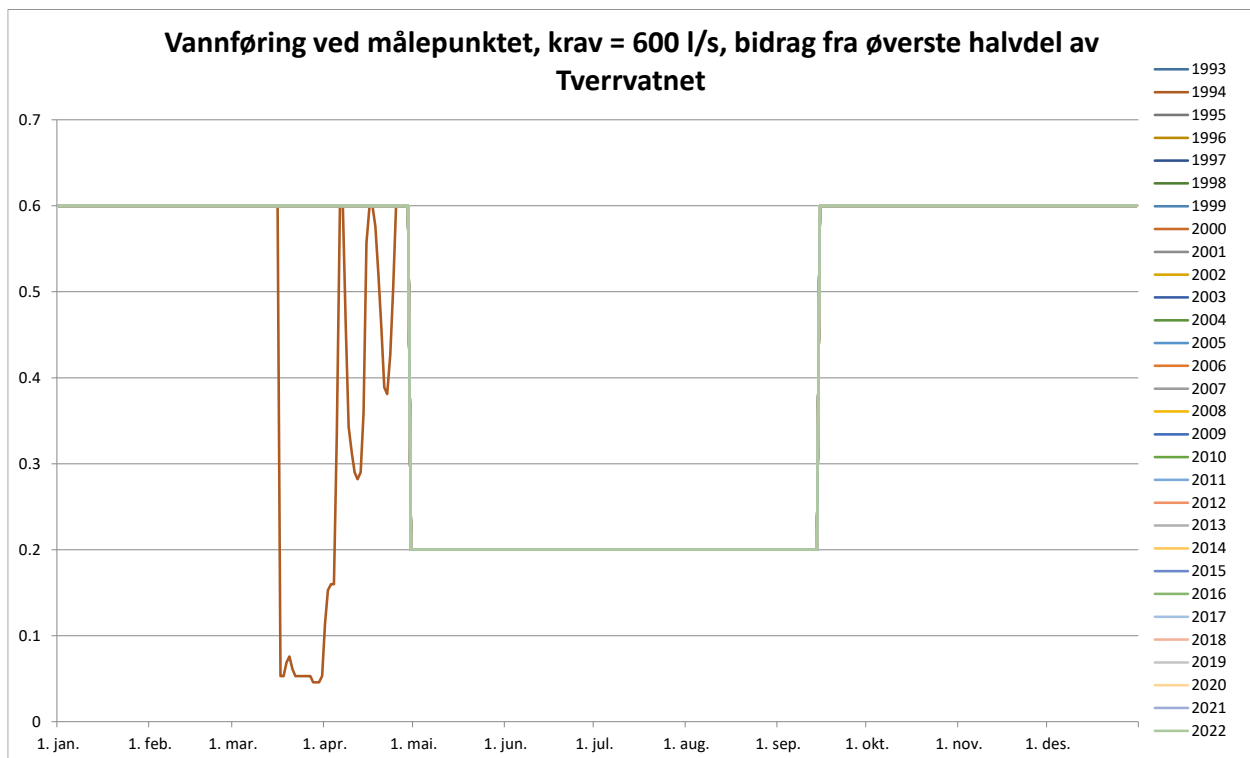
Ved å kun benytte øverste halvmetre av Tverrvatnet vil det i tørre år ikke være nok vann tilgjengelig i systemet til å kunne overholde kravet om 600 l/s (3.4a) ved målepunktet. Rauvatnet må tappes til LRV (figur 22) og vannføringen på målepunktet vil være ned mot 50 l/s i mars/april (figur 23).



Figur 21 Vannstand Tverrvatnet, simulering 3.4a



Figur 22 Vannstand Rauvatnet, simulering 3.4a



Figur 23 Vannføring ved målepunktet, simulering 3.4a

## Konsekvenser for produksjon og flomtap

Det er ikke gjort vurderinger av konsekvens for produksjon og flomtap for Statkraft sine anlegg, mens konsekvens for Ildgrubfossen kraftverk (HKV) er visst i tabell 1.

Tabell 1 Konsekvenser for flomtap og produksjon

Simulering:	MVF ved målepunkt	Ildgrubfossen kraftverk					Bidrag fra Tverrvatnet	fra Tverrvatnet (Mm3)	Styringskurve for Rauvatnet
		Midlere årsproduksjon	Produksjon sommer	Produksjon vinter	Flomtap (% av tilsiget)	Flomtap (Mm3)			
1.1	300 l/s	27.7	16.6	11.1	26.4 %	20.6	Ingen	0	Ref. simulering 1 i figur 7
1.2	400 l/s	28.1	16.6	11.5	25.5 %	19.9	Ingen	0	Ref. simulering 1 i figur 7
1.2a	400 l/s	28.5	16.7	11.8	25.8 %	20.5	Kun fra øverste halvmetre (100 l/s)	1.3	Ref. simulering 1 i figur 7
2.3	500 l/s	27.8	16.2	11.6	26.4 %	20.6	Ingen	0	Ref. simulering 2 i figur 7
3.3a	500 l/s	29.4	16.7	12.7	26.0 %	21.0	Kun fra øverste halvmetre (200 l/s)	2.5	Automatisk magasinstyring
3.4a	600 l/s	29.3	16.7	12.6	25.4 %	20.6	Kun fra øverste halvmetre (250 l/s)	3.0	Automatisk magasinstyring

For simuleringer 3.3a og 3.4a er det lagt inn automatisk justering av vannstanden i Rauvatnet, som gjør at modellen etterstreber å finne en balanse mellom minst mulig flomtap samtidig som man har høyest mulig fallhøyde.



## Vedlegg

Simuleringsresultater (rev. 0)

1.1 Simulering 300 l/s.

1.2 Simulering 400 l/s.

2.3 Simulering 500 l/s.

3.3 Simulering 500 l/s

3.4 Simulering 600 l/s.

Tilleggssimuleringer (rev. 1), 23.01.2024:

1.2a Simulering 400 l/s.

3.3a Simulering 500 l/s

3.4a Simulering 600 l/s.

Justerte resultatfiler med vannføring på målepunktet (rev.2 ), 29.01.2024:

nMAG\_Res\_2023\_alt 1\_2\_nytt\_fig2.xls

nMAG\_Res\_2023\_alt3\_3a\_fig2.xls

nMAG\_Res\_2023\_alt 3\_4a\_fig2.xls

Oversikt over oversendte filer (rev.3)