

Sarp 2 kraftverk

Hydrologi- og produksjonsutredning



Figur 1. Kart over Glommas nedbørfelt (rød linje). Et lite område (38 km²) er fraført nedbørfeltet (blå linje i nordvest).

Sammendrag

Utbygging av kraftverket Sarp2 i Sarpfossen vil redusere middelvannføringen i Glomma rett nedstrøms Sarpfossen med 43 %. Oppstrøms Sarpfossen, og nedstrøms utløpet til Sarp2, vil middelvannføringen øke med 0,3 %. I Ågårdselva vil middelvannføringen reduseres med 9 %.

Det er forutsatt maksimal slukeevne i Sarp2 på 450 m³/s og en minstevannføring i Sarpfossen på 200 m³/s. Minstevannføringen utgjør 28 % av total vannføring. Alminnelig lavvannføring er beregnet til 323 m³/s basert på observert vannføring, og 142 m³/s basert på beregnet uregulert vannføring i Glomma.

Beregnet økt produksjon i Sarpfossen er 170 GWh/år med 62 % andel sommerkraft (mai-september).

Flomvannføringen vil bli ubetydelig endret i Glomma og Ågårdselva med utbygging av Sarp2.

Lillehammer, januar 2024
Hans-Christian Udnæs

Innholdsfortegnelse

Utredninger	3
Utbygging/kraftverk	3
1 Hydrologisk grunnlag	3
1.1 Tilgjengelige tilsig-/avløpsserier og normalavløp.....	3
1.2 Tilsigs/avløpsserier som er brukt i beregninger/simuleringer	5
1.3 Usikkerhet i det hydrologiske grunnlaget.....	6
1.4 Eksisterende magasin.....	6
2 Grunnlag for beregninger/simuleringer	7
3 Grunnlag for manøvreringsreglementet	7
4 Hydrologiske endringer	7
4.1 Vannføringer og vannstander for typiske år	12
4.2 Vannførings- og vannstandsendringer, restvannføringer	17
4.3 Minstevannføring	20
4.4 Driftsvannføring	22
4.5 Flomforhold og klimajustering	22
4.6 Vanntemperatur, isforhold, lokalklima	24
5 Kraftproduksjon	24
5.1 Hoveddata for kraftverk i Sarpefossen	25
5.2 Produksjonen for kraftverk i Sarpefossen.....	26
5.3 Beregnet produksjon uten minstevannføring og for tidligere årrekker	27
Referanser	28
Vedlegg	29

Utredninger

Formålet med konsekvensutredninger er å klargjøre konsekvensene av prosjektet for miljø, naturressurser og samfunn. Utredningsprogrammet skal være beslutningsrelevant for søknadsbehandlingen og for eventuelle vilkår som knyttes til tillatelsen. Hydrologi- og produksjonsutredningen beskriver overflatehydrologiske forhold og utnyttelsen av vannføringen ved utbygging av nytt kraftverk.

Utredningen er gjort med egne ressurser i Hafslund Eco, Solomon Gebre og Hans-Chr Udnæs

Utbygging/kraftverk

Det utredes virkningen av utbygging av kraftverket Sarp2 med en maksimal slukeevne på 450 m³/s og fallhøyde på omtrent 23 meter, og utløp 1,1 km nedstrøms Sarpefossen, der eksisterende kraftverk (Sarp, Hafslund og Borregaard) har sine utløp. Nominell slukeevne vil være ca. 350 m³/s, men det legges opp til at det kan kjøres ytterligere 100 m³/s gjennom kraftverket under flom, på en dårligere virkningsgrad. Minstevannføringen, som skal gå gjennom eksisterende kraftverk, er foreslått til 200 m³/s hele året for å opprettholde akseptabelt laveste nivå for vannstand rett nedstrøms Sarpefossen.

1 Hydrologisk grunnlag

1.1 Tilgjengelige tilsig-/avløpsserier og normalavløp

Som grunnlag for utredning av hydrologiske forhold i Glomma ved Sarpefossen og i Ågårdselva er måleseriene 2.605 Solbergfoss, 3.22 Høgfoss (Hobølelv) og 2.633 Stortorp (Rakkestadelva) sentrale for beregning av total vannføring i Glomma. Målestasjonen 2.422 Valbrekke (Ågårdselv), etablert i 2009, gir en god beskrivelse av vannføringen i Ågårdselva. For beskrivelse av vannstanden i Minge vann (i Glomma ca 15 km oppstrøms Sarpefossen), er det benyttet målestasjon 2.67 Trøsken (etablert i 1996). Vannstanden rett oppstrøms og rett nedstrøms Sarpefossen beskrives av stasjonene Sarpsfoss-OV (overvann) og Sarpsfoss-UV (undervann). Vannføringen i Sarpefossen registreres i en ADP-måler rett oppstrøms kraftverksinntakene. Denne måleren er imidlertid ikke stabil over hele observasjonsperioden (1993-2022) på alle værforhold, og vannføring i Sarpefossen er derfor beregnet på bakgrunn av observert vannføring i Solbergfoss og beregnet lokaltilsig mellom Solbergfoss og Sarpsfoss, basert på arealskalert tilsig fra Hobølelv og Rakkestadelv. Middelvannføringer for hovedpunktene i beregningen er vist i tabell 1. Målestasjoner er beskrevet i figur 2 og i tabell 2. Området rundt Sarpefossen, med kraftverksinntak og utløp, er vist i figur 3.

Tabell 1. Observert middelvannføringer (m³/s og mill m³/år) ulike årrekker

	Glomma total			Sarpefossen		Ågårdselv	
	m ³ /s	Mill m ³ /år	l/s*km ²	m ³ /s	Mill m ³ /år	m ³ /s	Mill m ³ /år
2009-2022:	780,6	24634	18,7	753,5 ³⁾	23779	27,1	855
1993-2022:	753,0	23763	18,0	728,4 ³⁾	22987	24,6 ²⁾	776
1961-90:	703,4 ¹⁾	22198	16,8	683,3 ³⁾	21563	20,1 ²⁾	634
1931-60:	720,2 ¹⁾	22728	17,2	698,6 ³⁾	22046	21,6 ²⁾	682

¹⁾ Beregnet som observert vannføring i Solbergfoss multiplisert med 1,033, som er forholdet mellom total vannføring i Glomma og vannføring i Solbergfoss i felles observasjonsperiode (1975-2022)

²⁾ Beregnet på grunnlag av forholdet mellom total vannføring i Glomma og i Ågårdselv i felles periode (2009-22)

³⁾ Beregnet som differansen mellom total vannføring i Glomma og vannføring i Ågårdselv

Tallene i tabell 1 viser at vannføringen i siste 30-års periode er større enn i tidligere perioder, med spesielt stor vannføring siste 14 år (2009-2022), der gjennomsnittlig vannføring har vært 11 % større enn i perioden 1961-1990.

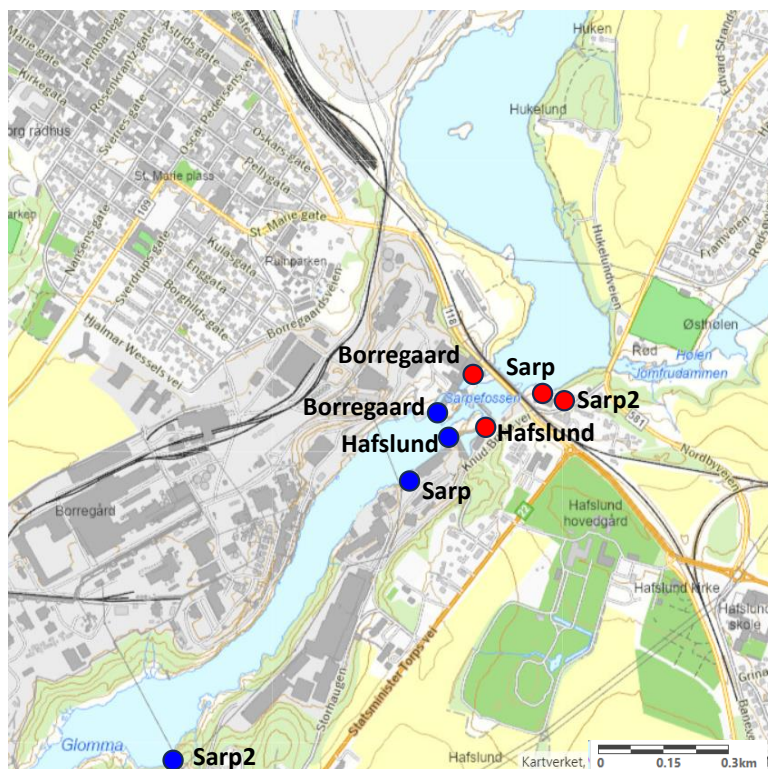


Figur 2. Aktuelle vannmerker/målestasjoner (Kilde NVE Atlas).

Tabell 2. Aktuelle vannmerker/målestasjoner

Målestasjon (elv)	NVE nr	Måleparameter vf - vannføring vst - vannstand	Måleperiode	Feltareal km ²	Middelvannføring 1993-2022 m ³ /s – Mm ³ /år - l/s*km ²
Solbergfoss (Glomma)	2.605	Vf	1902 - dd	40435	728,9 – 23002 - 18,0
Sarpsfoss-OV (Glomma)	-	Vst	1950 - dd	41779	
Sarpsfoss-UV (Glomma)	-	Vst	1978 - dd	41779	
Trøsken (Glomma)	2.67	Vst	1997 - dd	41506	
Valbrekke (Ågårdselv)	2.422	vst/vf	2009 - dd		27,1* - 855
Høgfoss (Hobølelv)	3.22	vst/vf	1977 - dd	299	4,81 - 152 - 16,1
Stortorp (Rakkestadelv)	2,633	vst/vf	1992 - dd	87	1,75 - 55,2 - 20,1

*Middelvannføring basert på observasjonsårene 2009-2022. Spesifikk avrenning er ikke beregnet da Ågårdselva ikke har et «eget» nedbørfelt.



Figur 3. Kraftverksinntak (rød) og kraftverksutløp (blå) i Sarpefossen. Kilde NVE Atlas.

1.2 Tilsigs/avløpsserier som er brukt i beregninger/simuleringer

Hafslund Eco forutsetter å ha gode og representative dataserier på døgnbasis. Det gjelder både vannføringsserier som grunnlag for å beskrive regulerte forhold, og magasin vannstander/-volum som grunnlag for tilsigsserier, som beskriver uregulerte forhold og hydrologiske trender. Den valgte serien på 30 år vurderes å være mest representativ for kommende 10-år (tilsig fra breer, klimaendringer, mv.) og være tilstrekkelig lang til at de viktigste hydrologiske episoder/regimer opptrer med variabilitet i form av mye/lite snø, flom/tørke, kulde/varme osv.

For å beskrive de regulerte hydrologiske forholdene i Sarpefossen ansees datagrunnlaget som godt, med langvarige direkte målinger av vannstand/vannføring relativt nær kraftverksinntaket. Avløpsserien ved Solbergfoss har en godt oppmålt vannføringskurve som er tilpasset vannføringsmålinger som er foretatt over flere år på et stort spenn av vannføringer. For Valbrekke målestasjon i Ågårdselv er det en relativt kort observasjonsperiode (2009-2022). Siden vannføringen her reguleres i Sølvstufoss, er det vanskelig å forlenge denne serien på døgnbasis, så lenge vi ikke har historiske reguleringsdata fra Sølvstufoss før 2009. Vi antar likevel at årlig vannføring her har variert omtrent i takt med årlig vannføring i Glomma, da den har gjort det i felles dataperiode. Ved flom i Glomma er det imidlertid godt samsvar mellom døgnvannføring i Glomma og i Ågårdselv, da det under flom er full åpning på Sølvstufoss og vannføringen i Ågårdselv da styres av vannstanden i Glomma, og kan beregnes direkte som en funksjon av denne. Datakvaliteten for målestasjonen Valbrekke i Ågårdselva ansees som god. For å beskrive uregulerte forhold er det laget en naturlig uregulert avløpsserie for Solbergfoss for perioden 1993-2022. Denne er beregnet ved at uregulert tilsig til alle reguleringsmagasiner og uregulerte delfelt i Glomma er rutet gjennom HafslundEcos tappemodell for Glommavassdraget. I modellen er Mjøsa lagt inn som et magasin som ikke reguleres, der

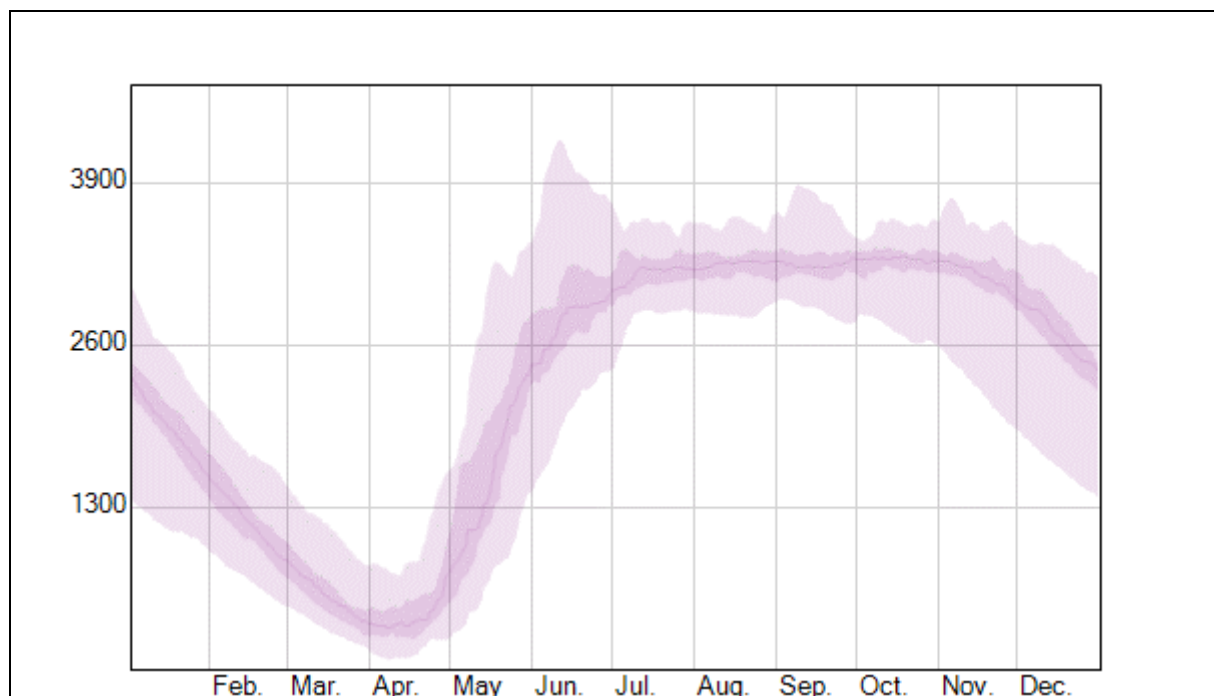
tappingen styres av beregnet vannstand og tilhørende naturlig tappekapasitet ved aktuell vannstand.

1.3 Usikkerhet i det hydrologiske grunnlaget

Det hydrologiske grunnlaget er godt, med lang observasjonsserie for vannføring i Solbergfoss (1902-2022) og vannstander i Minge vann (Trøsken, 1997-2022) og ved Sarpsfoss (overvann og undervann, 1992-2022). Beregnet vannføring i Sarpefossen regnes også for å være en god serie, da det er relativt liten forskjell på vannføring i Solbergfoss og i Sarpefossen på små og normale vannføringer. Under flom kan det være stor forskjell på vannføring i Solbergfoss og i Sarpefossen fordi det da ledes mye vann (omtrent 10 % av total vannføring) ut i Ågårdselva. Da er til gjengjeld vannføringen i Ågårdselva godt estimert ut fra vannstanden i Glomma (Trøsken/Minge vann) i årene før målingene startet i Valbrekke (2009).

1.4 Eksisterende magasin

Glommavassdraget har 27 magasiner, med en total kapasitet på ca 3500 mill.m³, som forvaltes av Hafslund Eco på vegne av regulantforeningen GLB (Glommens og Laagens Brukseierforening). Statistisk observert forløp i årrekken 1993-2022 framgår av figur 4. I tillegg er det en del mindre magasiner i Glommavassdraget, på totalt ca 50 mill.m³. Reguleringene i Glommavassdraget bidrar til at median vannføring i avløpet fra Solbergfoss om vinteren (januar-mars) har økt fra 200-300 m³/s til 400-500 m³/s.



Figur 4. Statistikk (kvartiler) for magasinutvikling (mill m³) gjennom året i Glommavassdraget de siste 30 år (årrekken 1993-2022).

2 Grunnlag for beregninger/simuleringer

Produksjonsgrunnlaget er tilsig/avløp i perioden 1993-2022. Hafslund Eco mener å ha de beste og mest representative dataserier på døgnbasis for denne årrekken. Serien på 30 år vurderes å være lang nok til at de viktigste hydrologiske episoder opptrer med tilstrekkelig variabilitet. Beregninger av endringer i vannføringer er utført på døgnbasis med et egenutviklet excel-basert system som fordeler vanntilgangen på driftsvannføring (maksimal/minimum slukeevne) og minstevannføring/forbitapping. Produksjonsberegningene/simuleringene håndterer hydrauliske forhold (falltap i tunnel og oppstuvning i undervannet).

3 Grunnlag for manøvreringsreglementet

Ved manøvreringen skal det tas for øye at vassdragets naturlige flomvannføring i Sarpefossen, eller i Ågårdselva, så vidt mulig ikke økes. Utbygging av Sarp 2 vil ikke føre til endringer i vannføring som gir grunnlag for endringer i reglementet for Ågårdselva (vedlegg 5). For Sarpefossen vil det være aktuelt med en minstevannføring i de eksisterende kraftverkene på forslagsvis 200 m³/s. Dagens praksis for lukemanøvreringer ved vannføringer over slukeevne i kraftverkene antas opprettholdt.

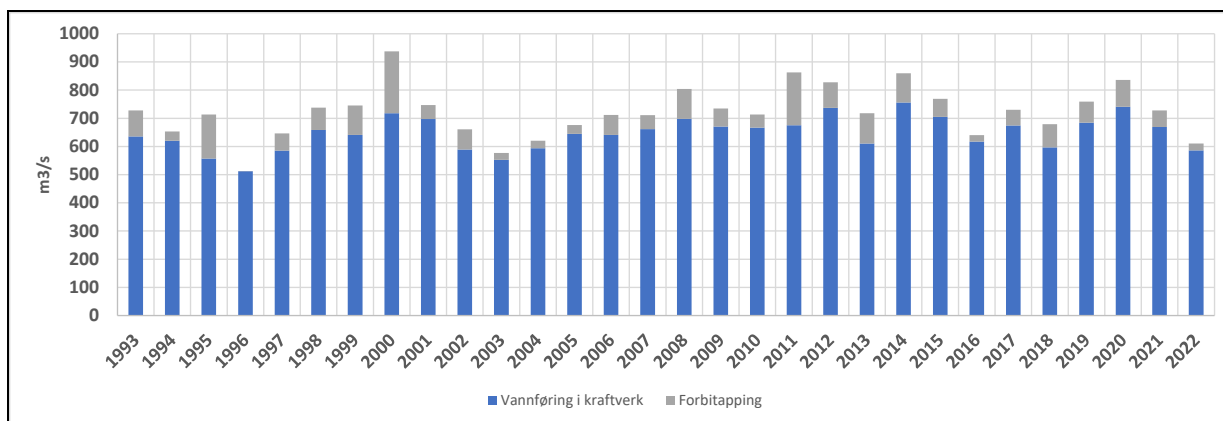
4 Hydrologiske endringer

Prosjektet omfatter ingen nye reguleringer, men innebærer noen mindre hydrologiske endringer. Økt total slukeevne i kraftverkene i Sarpefossen, fra 932 til 1382 m³/s (se også kap 5, s 24), vil senke vannstanden på inntaksdammen når vannføringen overstiger dagens totale slukeevne for kraftverkene i Sarpefossen på 932 m³/s. Dette gjelder i snitt ca 80 dager i året. Resterende 285 dager i året vil vannføring/vannstand oppstrøms Sarpefossen være uendret fra dagens situasjon. Det antas at dagens praksis for kjøring av flomluker når vannføring overskrider slukeevne i kraftverkene opprettholdes, slik at forholdet mellom vannstand og forbitapping ikke endres.

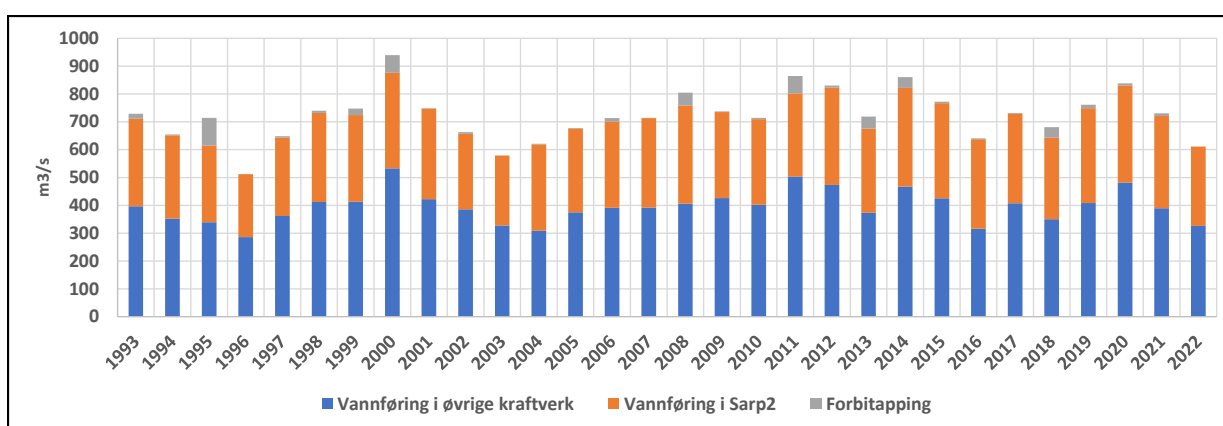
Senkningen på overvannet påvirker vannstanden opp til Minge vannet, og senker vannstanden også her, men effekten av senkningen i Sarpefossen avtar i Minge vann ved økende vannføring, og antas å være neglisjerbar ved vannføringer over 1600 m³/s i Glomma. Antagelsen er basert på flere observerte hendelser, ved ulike vannføringer i Glomma, med raske/store endringer på overvannet i Sarpefossen.

Økt slukeevne i Sarpefossen medfører mer fokus på å ikke tappe mer enn nødvendig/pålagt i Ågårdselva ved vannføringer mellom 932 og 1382 m³/s i Sarpefossen enn det har vært tidligere. Nedstrøms Sarpefossen, mellom dammen og utløpet fra Sarp2, vil vannføringen bli redusert med inntil 450 m³/s, som er planlagt maksimal slukeevne i Sarp2. Det vil likevel sikres en minstevannføring på forslagsvis 200 m³/s i de eksisterende kraftverkene i Sarpefossen, og minimum vannstand på undervannet (ca 2,2 meter – NN54).

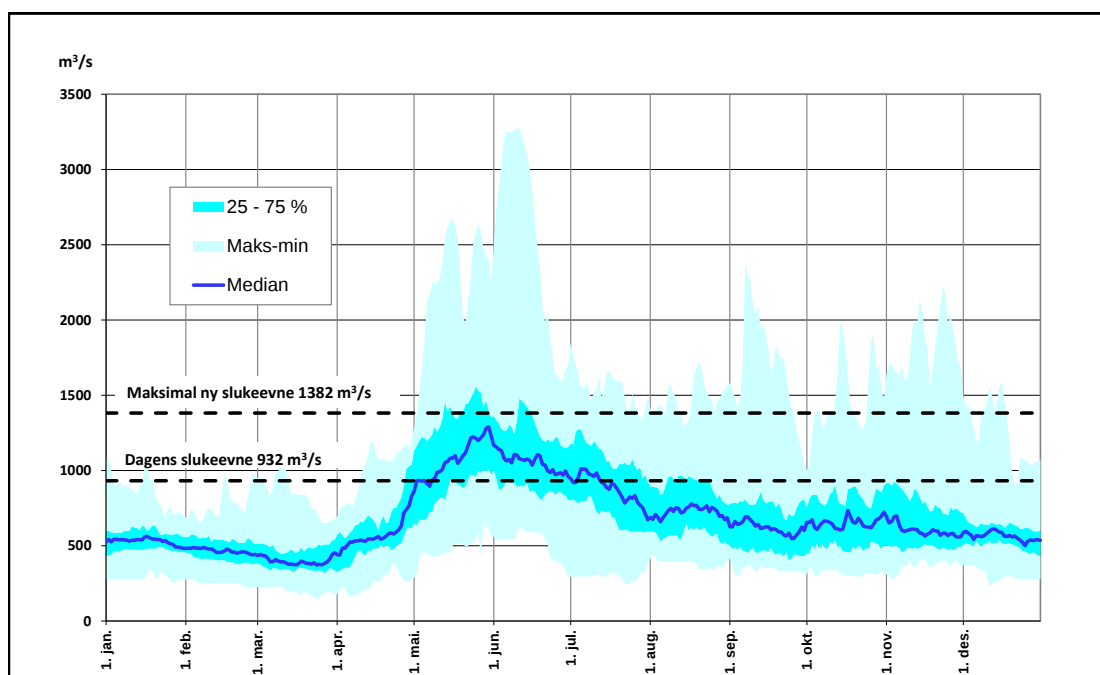
Vannføringen varierer mye fra år til år (figur 5). Med dagens kraftverk tappes 10 % av årlig vannføring forbi kraftverkene som flomtap. Med Sarp2 i drift reduseres flomtapet til 2 %, og i snitt vil 43 % av vannføringen tappes gjennom Sarp2 og 55 % i de gamle kraftverkene. Andelen av vannføring gjennom Sarp2 varierer fra 35 til 50 % i årrekken. Dette er illustrert i figur 6. Statistikk for vannføring gjennom året er vist i figur 7.



Figur 5. Årlig middelvannføring i Glomma fordelt mellom driftsvannføring i dagens kraftverk og forbitapping i Sarpefossen – årrekken 1993-2022.

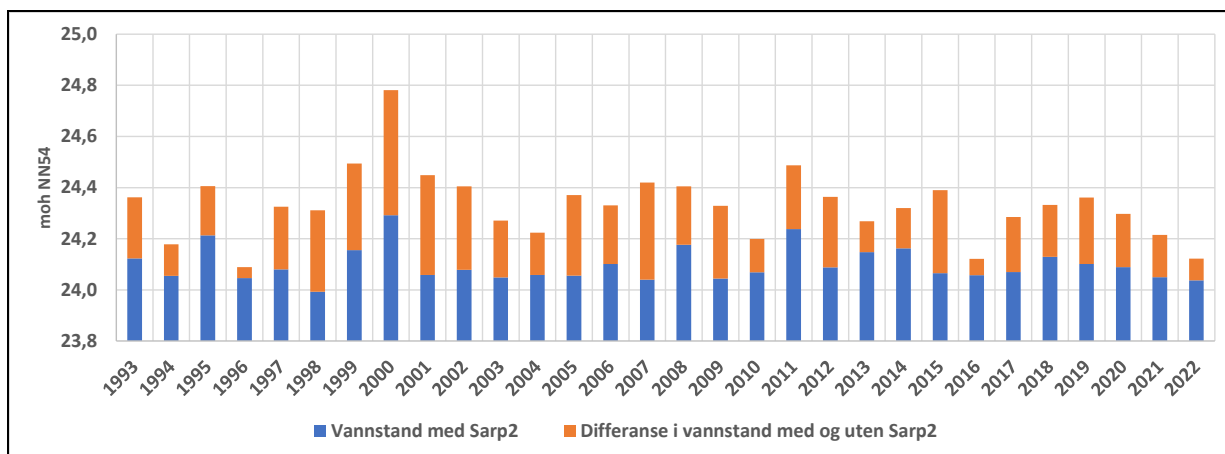


Figur 6. Årlig middelvannføring i Glomma fordelt på Sarp2, øvrige kraftverk og forbitapping i Sarpefossen - årrekken 1993-2022.

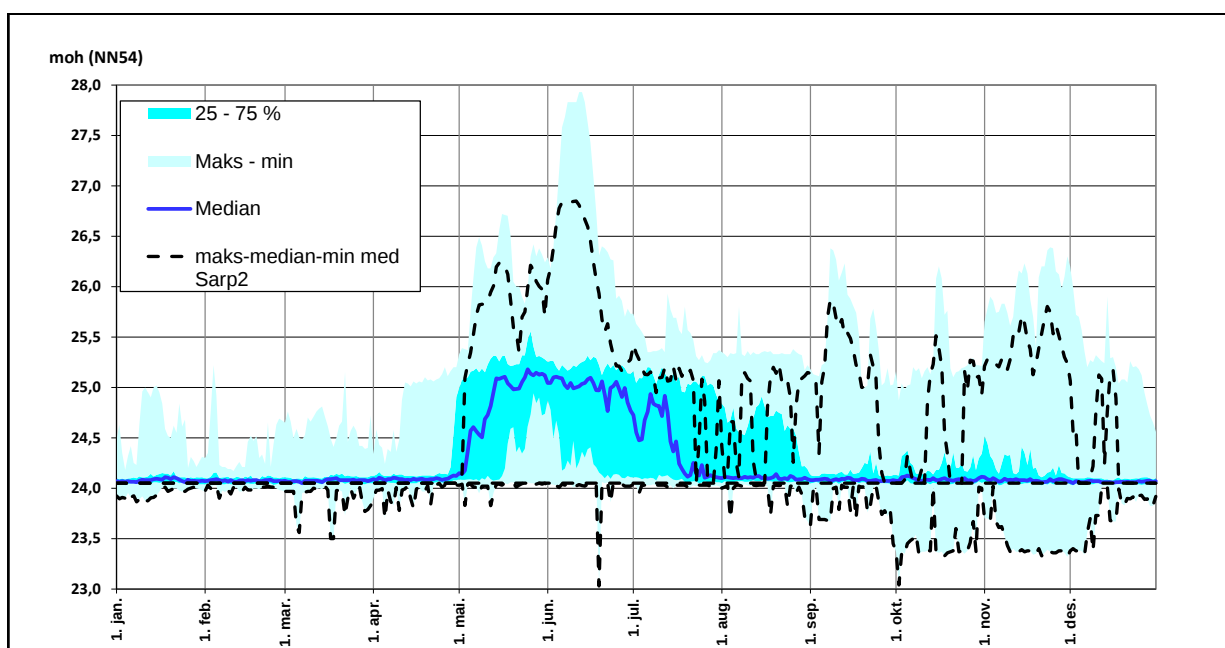


Figur 7. Vannføring i Glomma ved Sarpefossen – statistikk for årrekken 1993-2022. Figuren gjelder situasjonen både før og etter Sarp2, da endring i vannføring etter utbygging av Sarp2 vil være for liten til at den kan illustreres i denne figuren.

Vannstanden på kraftverkene overvann reduseres betydelig ved større vannføringer etter utbygging av Sarp2. Det er forutsatt at forholdet mellom vannstand på overvann og forbitapping er det samme før og etter Sarp2. Senkningen vil være 23 cm i snitt, og differansen på årsmidler varierer mellom 4 og 49 cm (figur 8). Variasjonene over året er vist i figur 9.

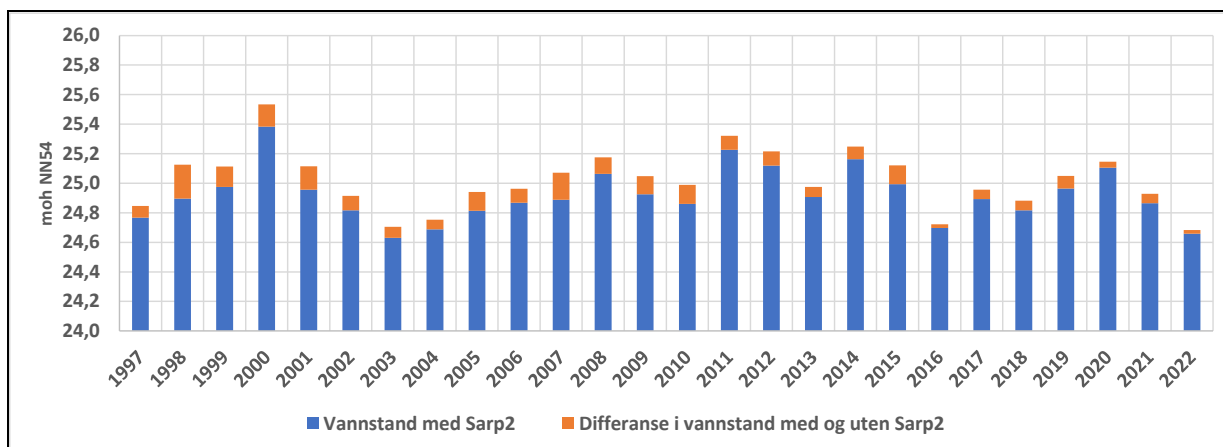


Figur 8. Årlig middelvannstand (NN54) på overvannet for kraftverkene i Sarpefossen før og etter Sarp2 - årrekken 1993-2022. Blå søyler angir beregnet vannstand etter utbygging av Sarp 2, mens toppen av de orange søylene angir observert vannstand med dagens kraftverk.

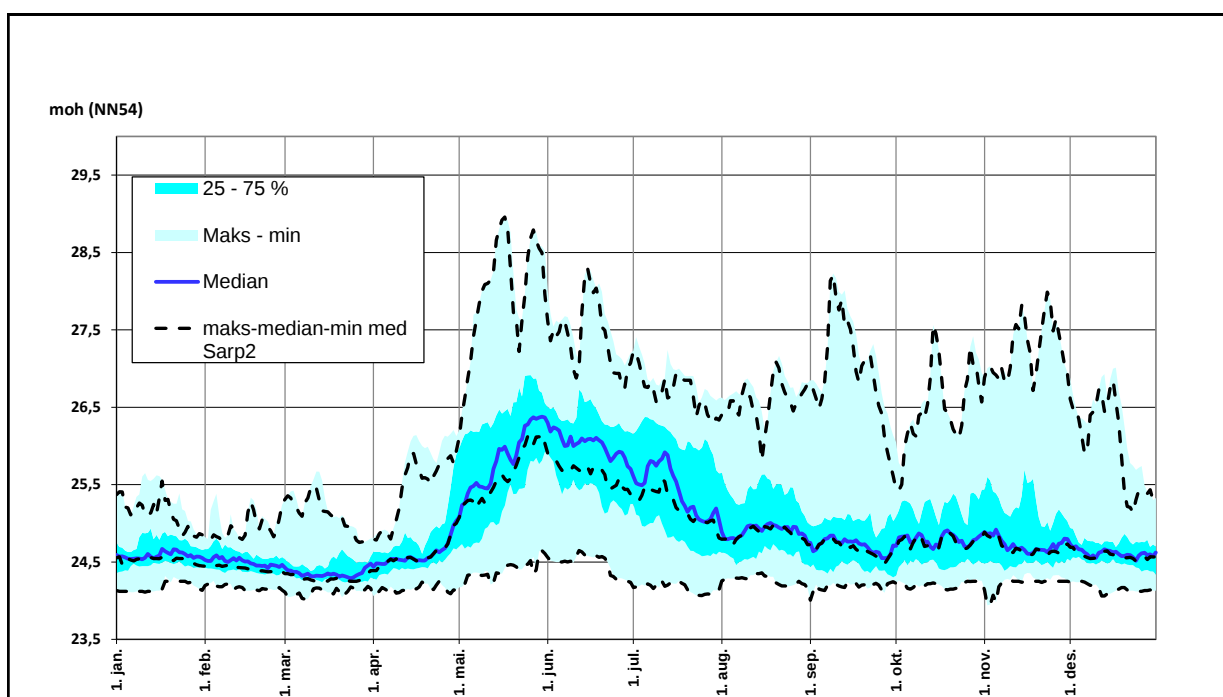


Figur 9. Statistikk for observert vannstand (NN54) gjennom året for Sarpefossens overvann - årrekken 1993-2022. Endringer som følge av Sarp2 er illustrert med stiplede svarte linjer (median er 24,05 hele året med Sarp2).

I Minge vann (referert Trøsken) reduseres gjennomsnittlig vannstand med 10 cm etter Sarp2, med differanser på årsmidler mellom 3 og 23 cm (figur 10). Som nevnt innledningsvis understrekes det at det er bare ved store vannføringer, over dagens slukeevne på 932 m³/s, at vannstanden senkes i Glomma oppstrøms Sarpefossen. Dette illustreres bedre i figur 11 der variasjonene gjennom året vises.

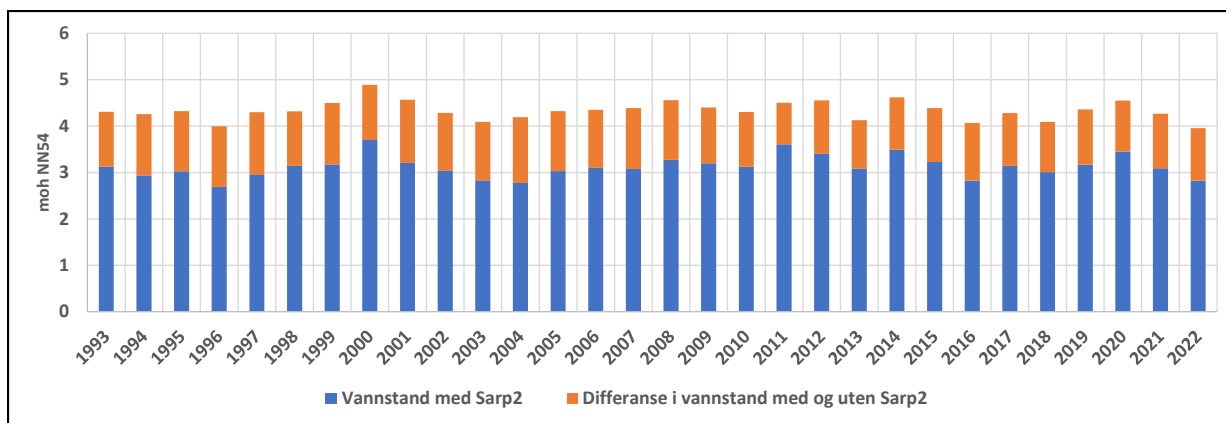


Figur 10. Årlig middelvannstand (NN54) i Minge vann (Trøsken) før og etter Sarp2 - årrekken 1997-2022. Blå søyler angir beregnet vannstand etter utbygging av Sarp 2, mens toppen av de orange søylene angir observert vannstand med dagens kraftverk.

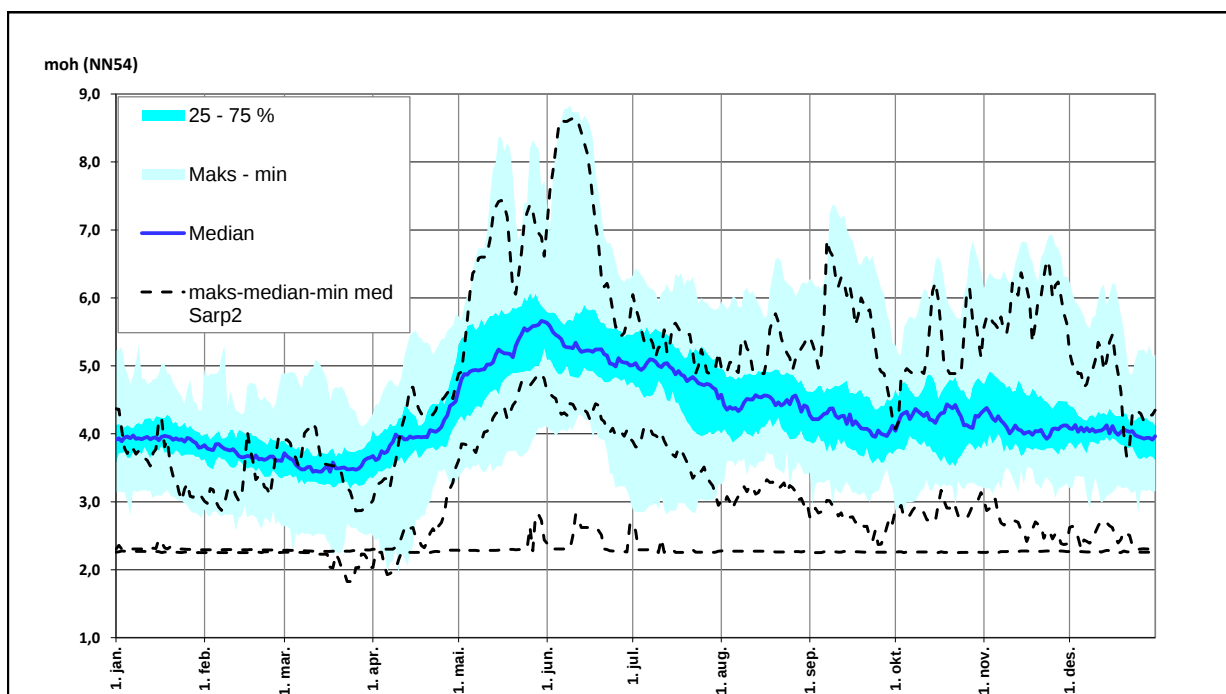


Figur 11. Statistikk for observert vannstand (NN54) gjennom året for Minge vann (Trøsken) - årrekken 1997-2022. Endringer som følge av Sarp2 er illustrert med stiplede svarte linjer.

Ved Sarpfossens undervann, rett nedstrøms dagens kraftverk, vil vannstanden synke i snitt med ca 1,2 meter etter Sarp2 (figur 12). Variasjoner gjennom året er vist i figur 13. Vannstand rett nedenfor Sarpfossen og ved utløpet til Sarp2 er beregnet ut fra vannføringskurver i rapporten *Sarp2 kraftverk - vannlinjeberegninger* (Norconsult 2023).

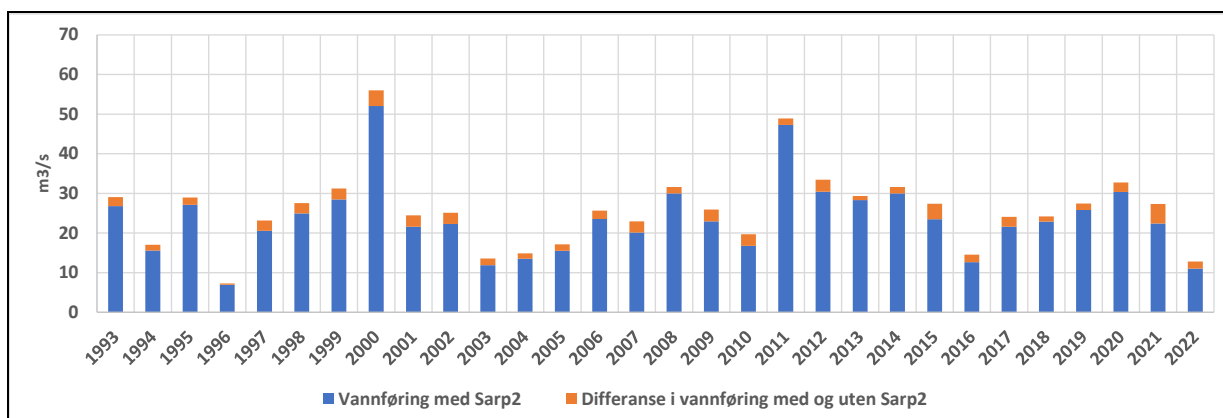


Figur 12. Årlig middelvannstand (NN54) i Sarpefossens undervann - årrekken 1993-2022. Blå søyler angir beregnet vannstand etter utbygging av Sarp2, mens toppen av de orange søylene angir observert vannstand med dagens kraftverk.

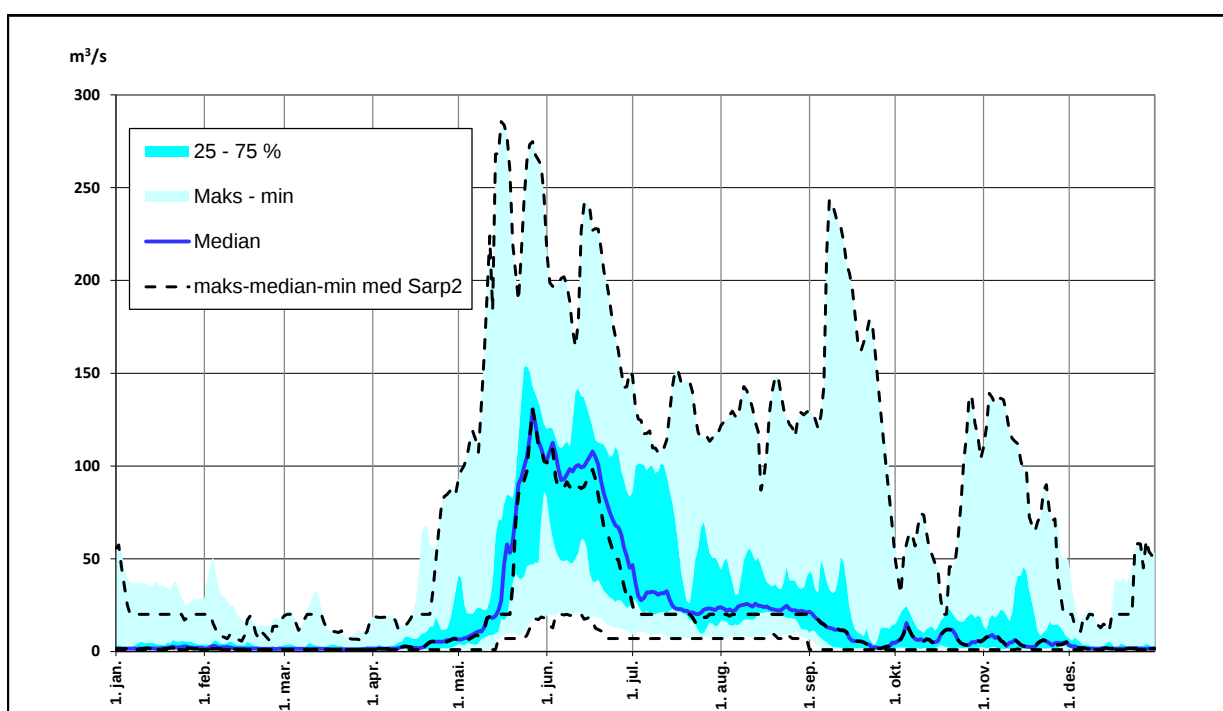


Figur 13. Statistikk for observert vannstand (NN54) nedenfor Sarpefossen - årrekken 1993-2022. Endringer som følge av Sarp2 er illustrert med stiplede svarte linjer. Median og min vannstand er like om vinteren.

På grunn av noe økt vannføring i Sarpefossen ved vannføringer mellom 932 og ca 1600 m³/s i Glomma vil vannføringen i Ågårdselva bli tilsvarende redusert. I gjennomsnitt forventes en reduksjon i årlig middelvannføring i Ågårdselva på 2,4 m³/s eller ca 9 %. Dette forutsetter imidlertid at reglementet for Ågårdselva (vedlegg 5) praktiseres på samme måte som tidligere. Det innebærer at reglementets krav til å unngå raske/store vannføringsendringer overstyrer reglementets krav til å følge en tappekurve (basert på vannføringen i Glomma) når disse to kravene ikke kan oppfylles samtidig. Årlige middelvannføringer er vist i figur 14. Variasjoner over året er illustrert i figur 15. I denne figuren er det bare brukt data fra årrekken 2009-2022, da det er denne perioden vi har observasjoner fra Ågårdselva som gir en detaljert beskrivelse av årsforløpet.



Figur 14. Årlig middelvannføring i Ågårdselva før og etter utbygging av Sarp2. Serien er basert på observasjoner i Valbrekke målestasjon fra og med 2009. For tidligere år er vannføringen beregnet ut fra observert vannføring i Glomma og forholdet mellom årlig vannføring i Glomma og i Ågårdselva i felles observasjonsperiode (2009-2022).



Figur 15. Statistikk for observert vannføring i Ågårdselva (Valbrekke) - årrekken 2009-2022. Endringer som følge av Sarp2 er illustrert med stiplede svarte linjer.

4.1 Vannføringer og vannstander for typiske år

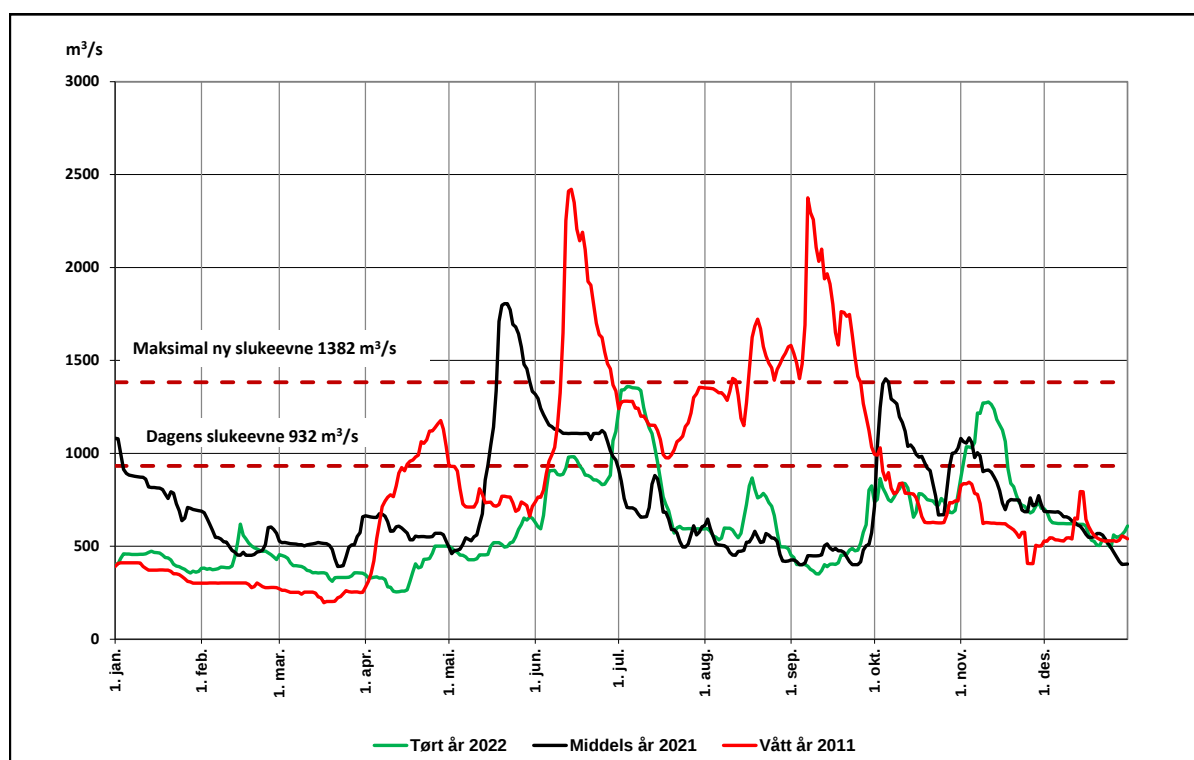
Det er valgt ut et vått år (2011), et tørt år (2022) og et middels år (2021). Det valgte våte og tørre året er hhv. det 2. våteste og 3. tørreste i årrekken med 30 år. Vannføringsdata sammenlignet med middelerverdier og persentiler er vist i tabell 3 og 4 og i figur 16 og 17. Vannstander for typiske år er vist for Sarpefossen overvann (figur 18 a-c), Sarpefossen undervann (figur 19 a-c) og Mingevann/Trøsken (figur 20).

Tabell 3. Vannføringsdata for Sarpefossen i typiske år/årrekke. Verdier beregnet med Sarp2 i parentes.

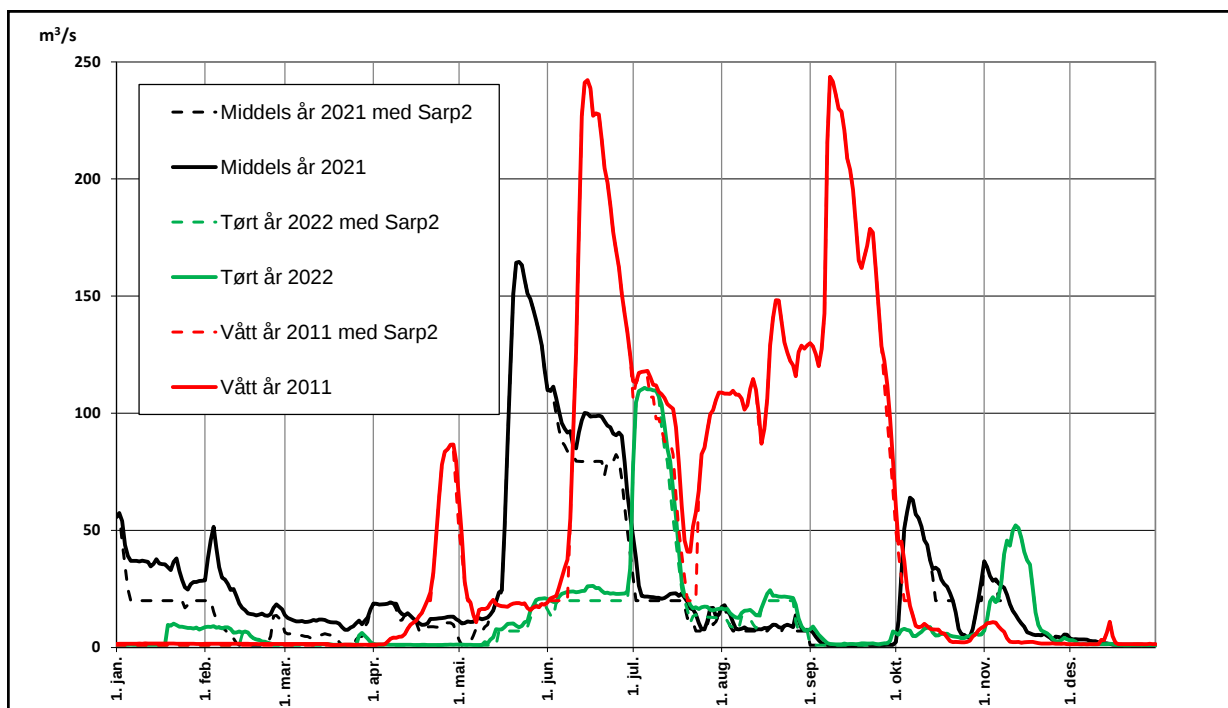
Statistisk	År	m ³ /s	mill.m ³ /år	% av middel
hele serien:	1993-2022	728,3 (730,7)	22983 (23059)	
vått:	2011	862,6 (864,2)	27222 (27272)	120
middels:	2021	728,0 (732,9)	22974 (23129)	101
tørt:	2022	610,3 (612,0)	19260 (19313)	85

Tabell 4. Vannføringsdata for Ågårdselv i typiske år/årrekke. Verdier beregnet med Sarp2 i parentes.

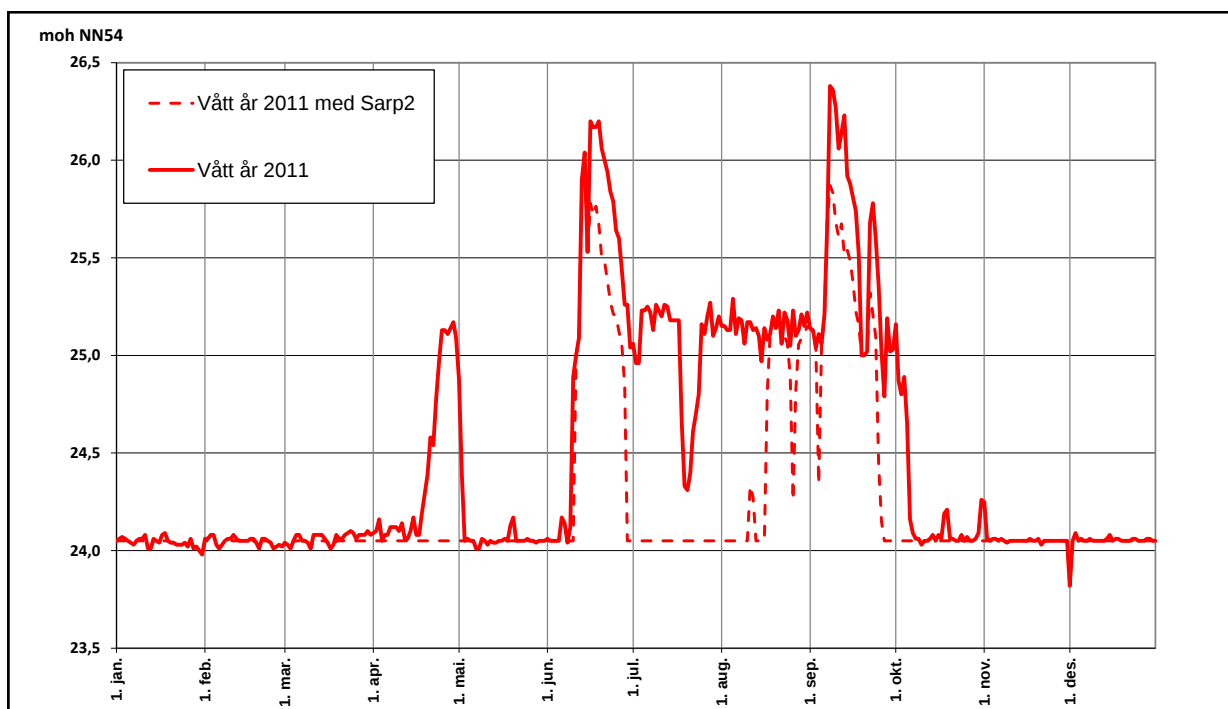
Statistisk	År	m ³ /s	mill.m ³ /år	% av middel
hele serien:	2009-2022	27,1 (24,7)	855 (779)	
vått:	2011	48,9 (47,3)	1543 (1493)	180
middels:	2021	27,3 (22,4)	862 (707)	101
tørt:	2022	12,8 (11,1)	404 (350)	47



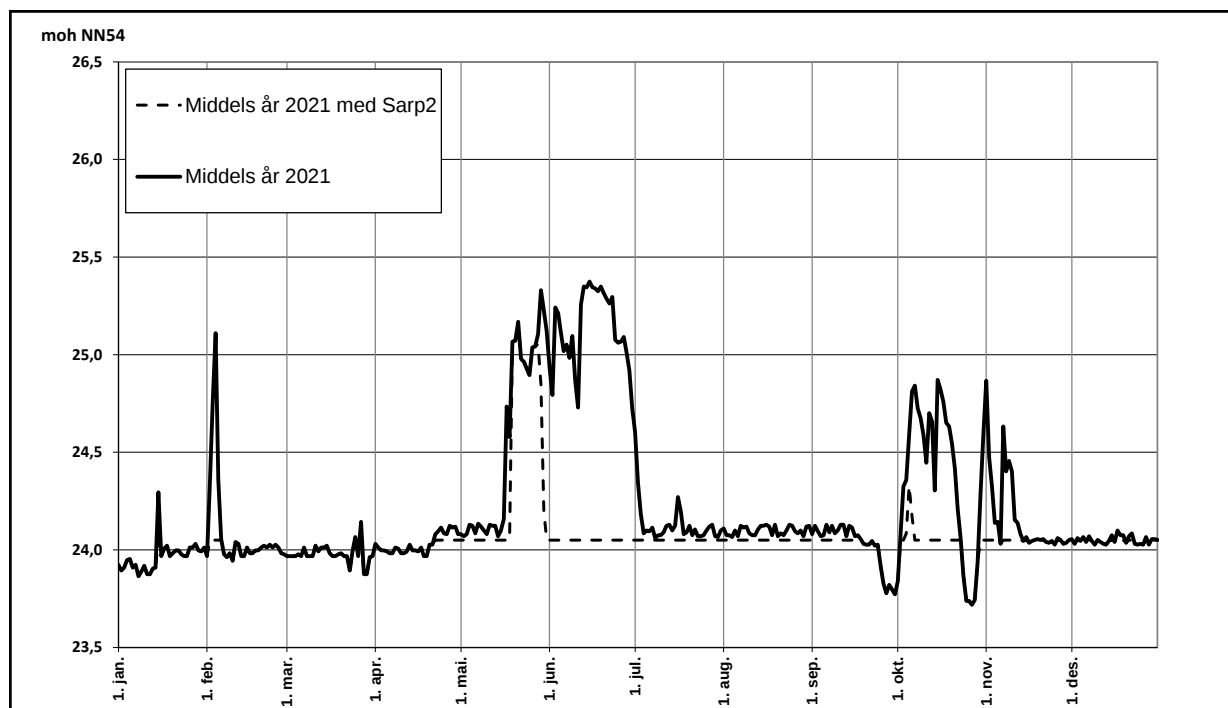
Figur 16. Observert vannføring i Sarpefossen - typiske år. Figuren gjelder situasjonen både før og etter Sarp2, da endring i vannføring etter utbygging av Sarp2 er for liten til at den kan illustreres på denne figuren.



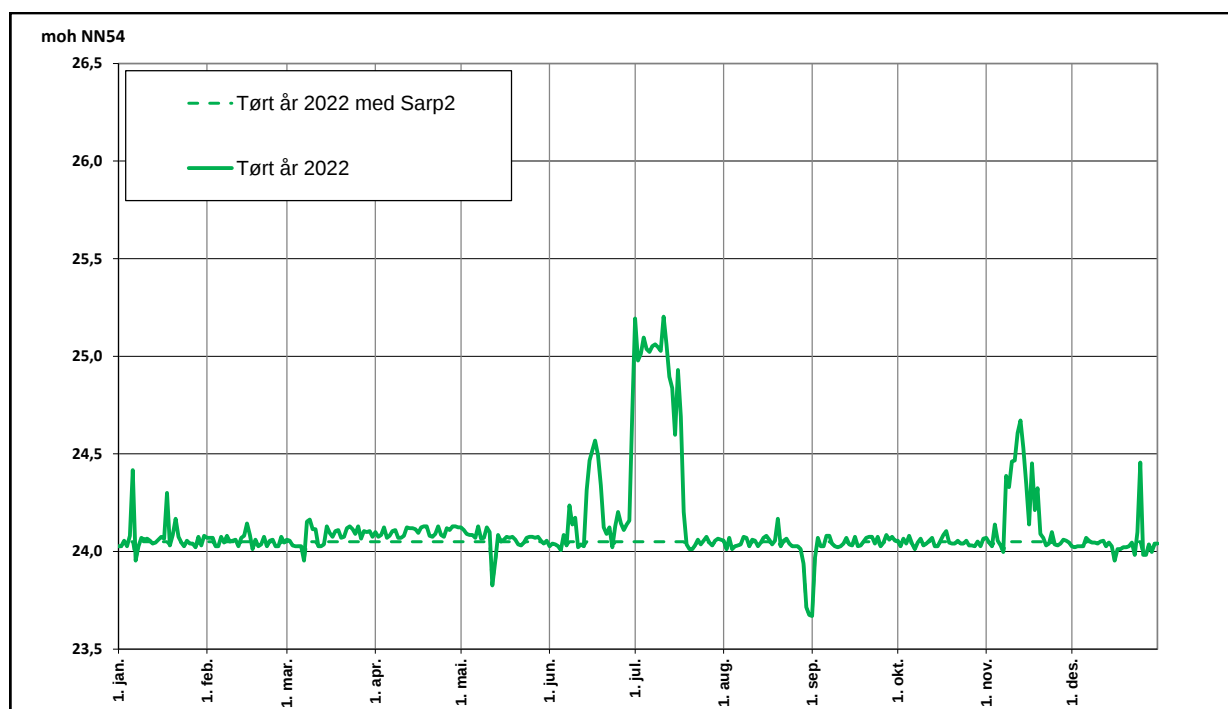
Figur 17. Observert vannføring i Ågårdselv (Valbrekke), og beregnet vannføring med Sarp2 - typiske år.



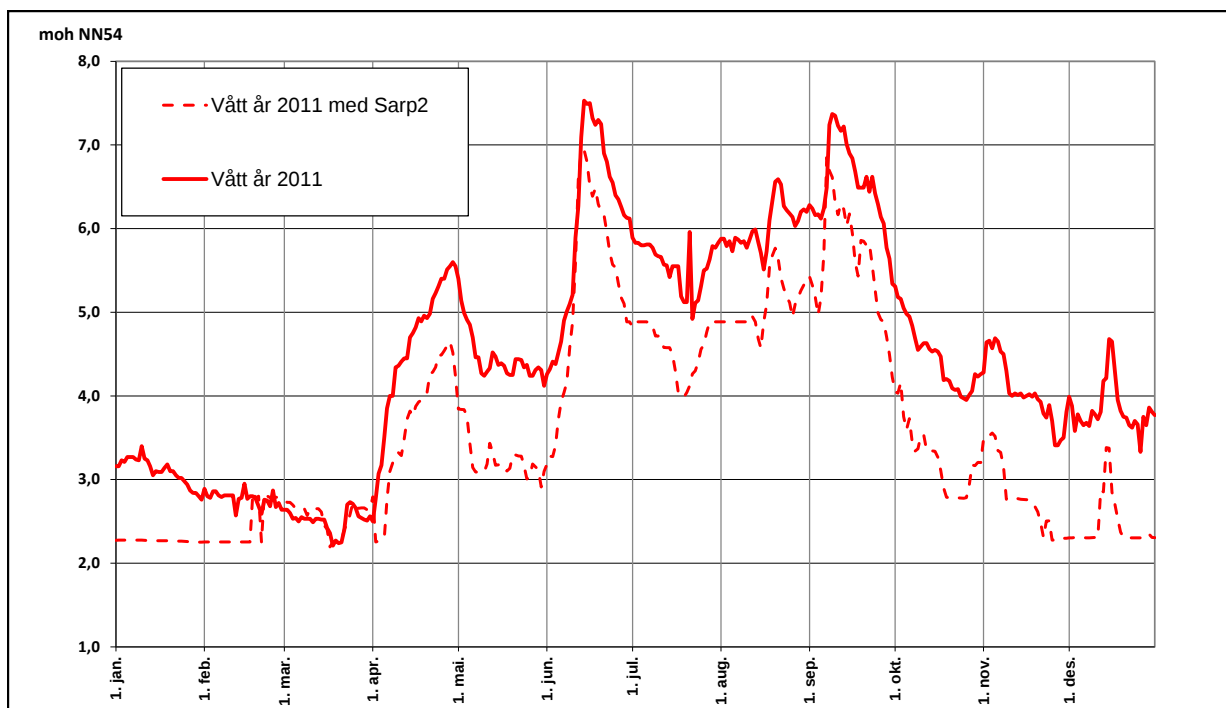
Figur 18a. Observert vannstand (NN54) i Sarpefossens overvann i et vått år (2011), og beregnet vannstand med Sarp2.



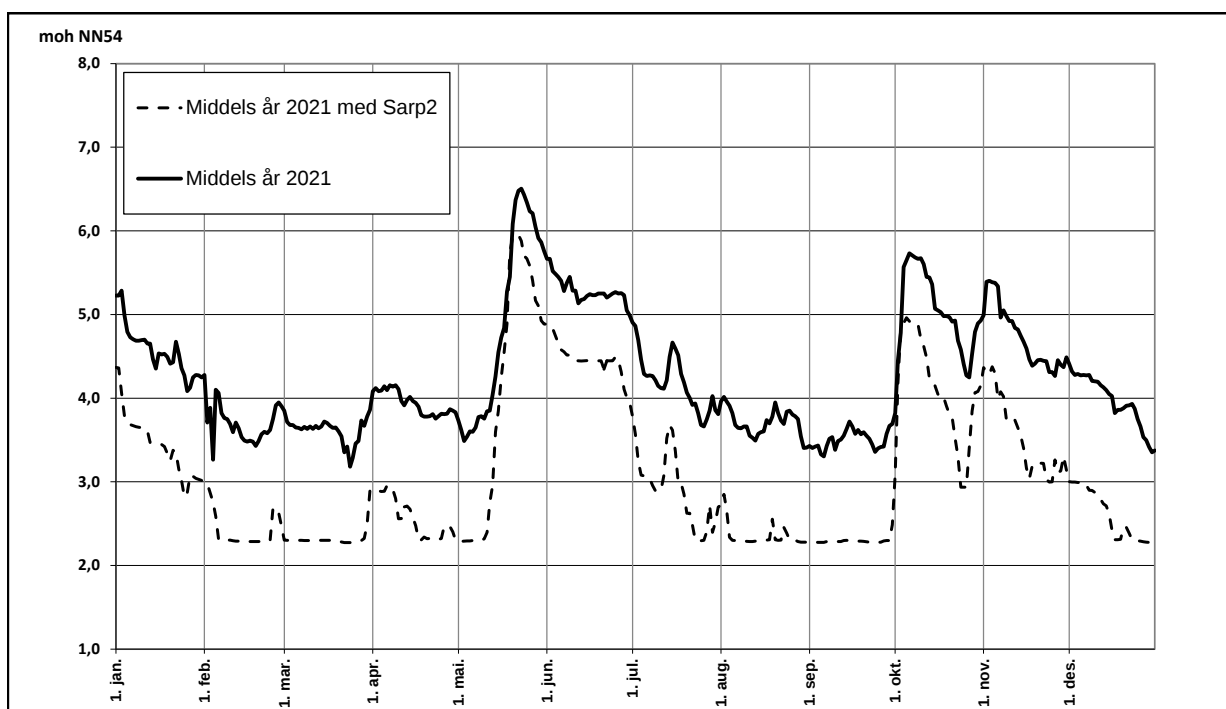
Figur 18b. Observert vannstand (NN54) i Sarpefossens overvann i et middels år (2021), og beregnet vannstand med Sarp2.



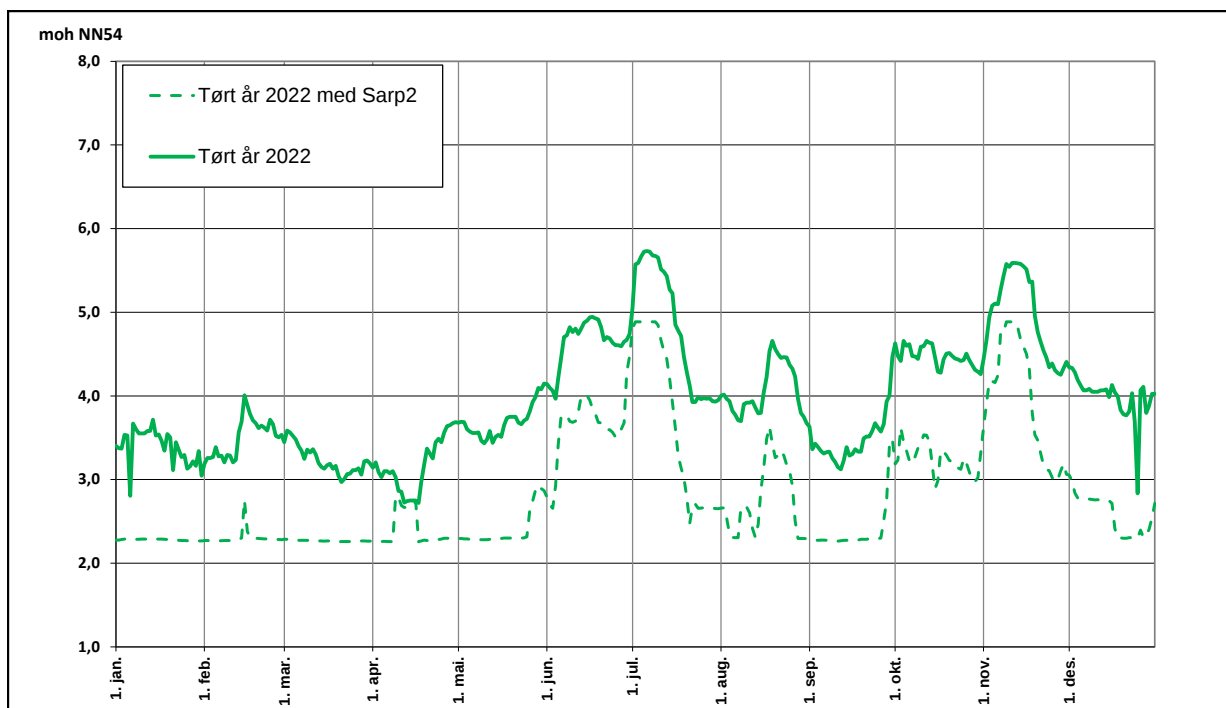
Figur 18c. Observert vannstand (NN54) i Sarpefossens overvann i et tørt år (2022), og beregnet vannstand med Sarp2.



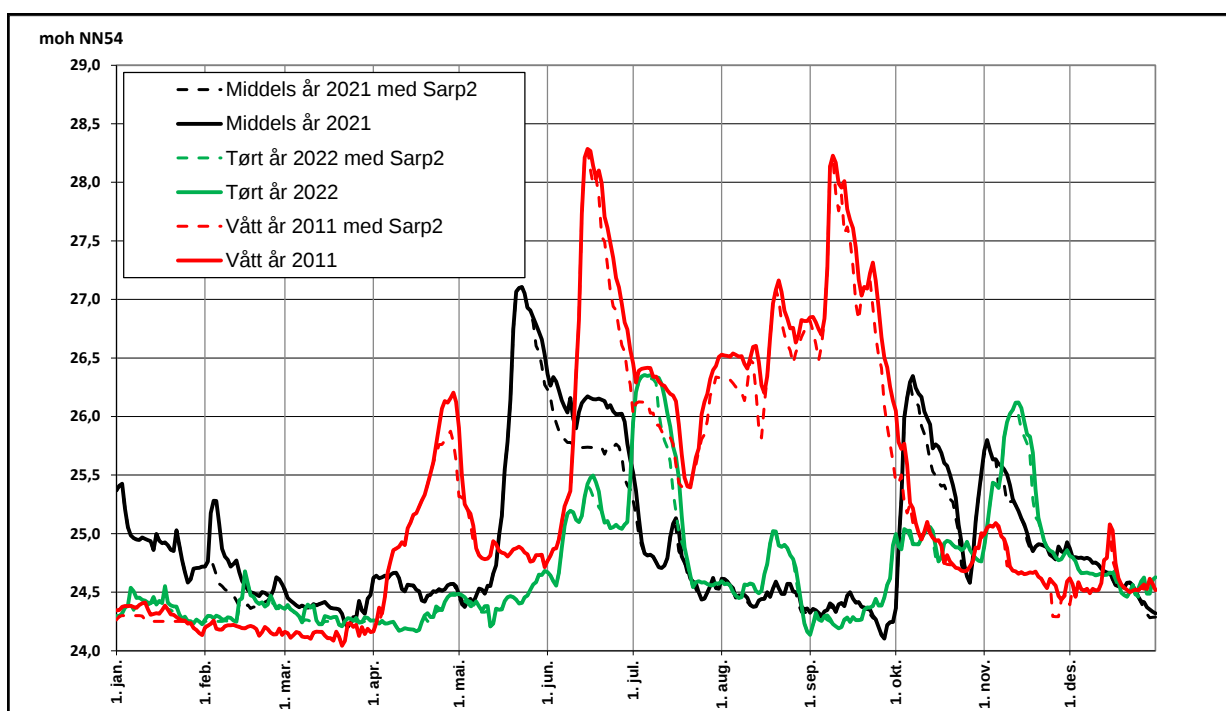
Figur 19a. Observert vannstand (NN54) i Sarpefossens undervann i et vått år (2011), og beregnet vannstand med Sarp2.



Figur 19b. Observert vannstand (NN54) i Sarpefossens undervann i et middels år (2021), og beregnet vannstand med Sarp2.



Figur 19c. Observert vannstand (NN54) i Sarpefossens undervann i et tørt år (2022), og beregnet vannstand med Sarp2.



Figur 20. Observert vannstand (NN54) i Mingevann (Trøsken), og beregnet vannstand med Sarp2 – typiske år.

4.2 Vannførings- og vannstandsendringer, restvannføringer

I tillegg til figurene innledningsvis i kapittelet, som viser statistikk for tidsforløpet over året, illustreres endringer best med utgangspunkt i varighetskurver.

Med en planlagt minstevannføring på 200 m³/s gjennom dagens kraftverk, og min slukeevne på 100 m³/s i Sarp2, vil vannføringen i Sarpefossen ligge på 200 m³/s når vannføringen i Glomma er over 300 og opp til 550 m³/s (når Sarp2 når nominell slukeevne på 350 m³/s), og øke etter hvert som vannføringen stiger over dette nivået inntil totalvannføringen er på ca. 1250 m³/s. Ved ytterligere vannføringsøkning vil kjøringen i Sarp2 økes fra 350 m³/s til 450 m³/s, ved det som kalles overåpning. Vannføring over 1250 m³/s, som medfører overåpning i Sarp2, inntreffer 30 dager i året i gjennomsnitt (8 %).

Når vannføringen i Glomma er under 300 m³/s vil all vannføringen gå i de gamle kraftverkene.

Med total slukeevne på 1382 m³/s overskrides kraftverkene slukeevne 21 dager i året (6 %) mot dagens slukeevne på 932 m³/s som gir overskridelse av slukeevne 83 dager i året (23 %). Minste slukeevne i kraftverkene sett under ett (ca 50 m³/s) underskrides aldri.

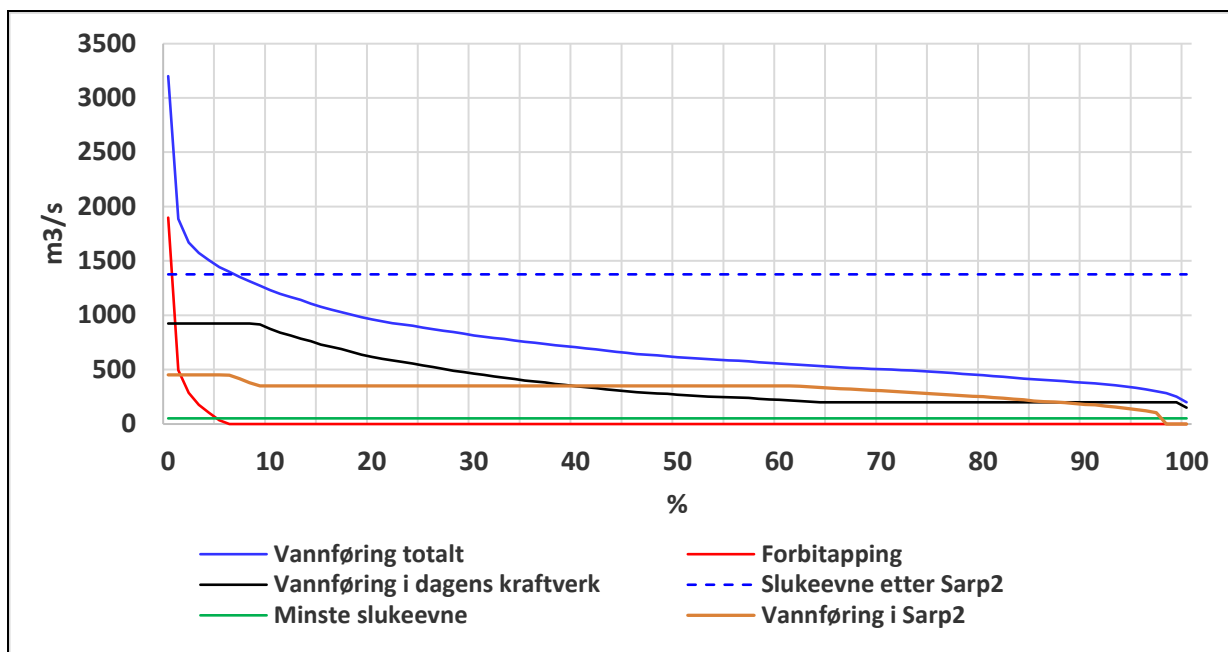
I tabell 5 er det vist persentiler, eller sannsynlighet, for at en gitt vannføring ikke skal overskrides, basert på slukeevne og minstevannføring. Fra varighetskurvene finnes antall dager med vannføring over største slukeevne og under minste slukeevne. Dette er vist i tabell 6, også for utvalgte år. Varighetskurver for hele året, og for vinter-/sommerperiode, er vist i figurene 21 - 23.

Tabell 5. Vannføringspersentiler for vannføring i Sarpefossen helt år, vinter- og sommerperiode. Total slukeevne 1382 m³/s. Sommer mai - september. Vinter oktober – april.

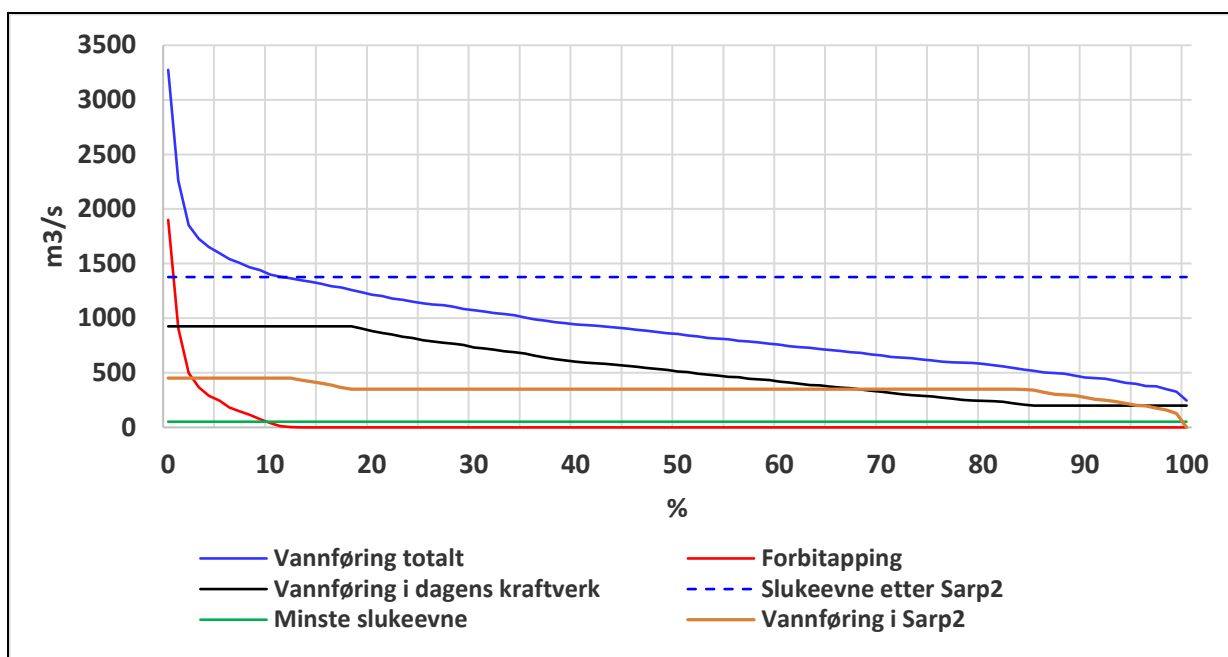
Persentil	Helt år (m ³ /s)				Vinter (m ³ /s)		Sommer (m ³ /s)	
	Total vannf.	Vannf Sarp2	Vannf dagens kraftverk	Forbi-tapping	Total vannf.	Forbi	Total vannf.	Forbi
95	1403	450	932	21	1014	0	1595	200
90	1217	350	867	0	842	0	1399	24
75	885	350	535	0	642	0	1137	0
50	607	350	257	0	526	0	855	0
25	476	276	200	0	430	0	613	0
10	379	179	200	0	352	0	456	0
5	332	0	200	0	307	0	400	0

Tabell 6. Antall dager hvor vannføringen ved inntaket er større enn planlagt slukeevne (1382 m³/s) og dagens slukeevne (932 m³/s) i sommerperioden 1. mai – 30. september og vinterperioden 1. oktober – 30. april for hele årrekken i gjennomsnitt og for utvalgte år.

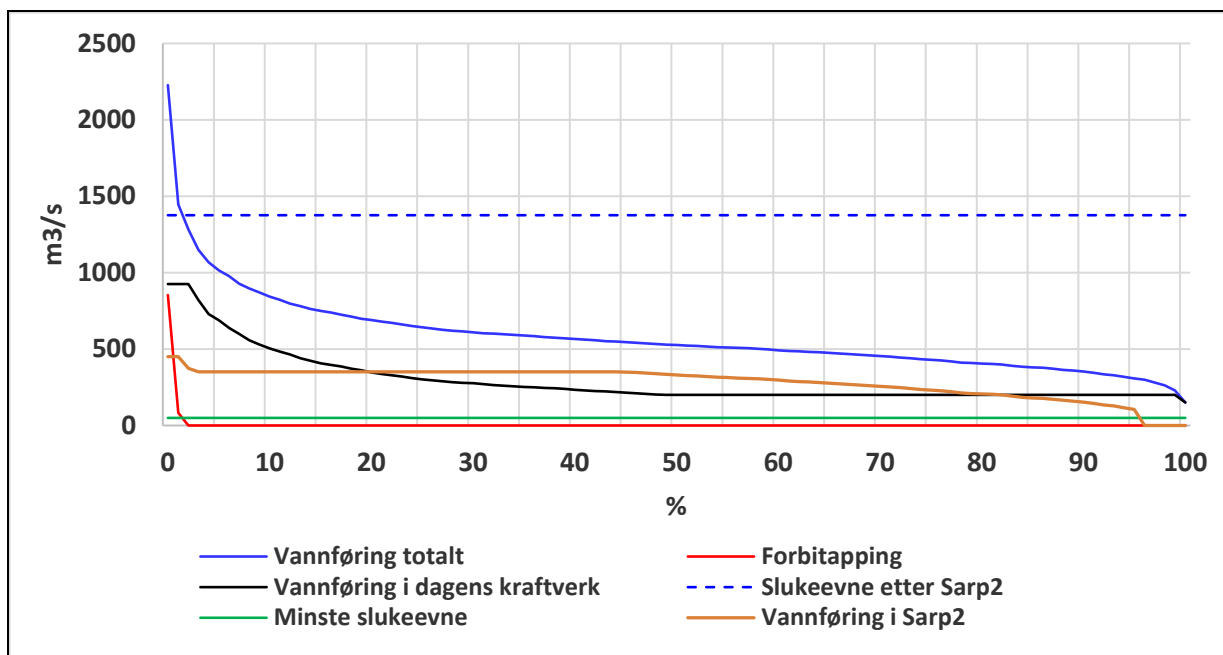
Slukeevne m ³ /s	1993-2022		tørt år (2022)		middels år (2021)		vått år (2011)	
	sommer	vinter	sommer	vinter	Sommer	vinter	sommer	vinter
1382	18	3	0	0	12	3	61	0
932	67	16	22	16	47	33	120	18



Figur 21. Varighetskurve (årrekken 1993-2022) for produksjons- og restvannføring i Glomma ved Sarpefossen. 1382 m³/s i total slukeevne, hvorav 450 m³/s i Sarp2 og 932 m³/s i dagens kraftverk, og minstevannføring gjennom dagens kraftverk på 200 m³/s. Minste slukeevne i dagens kraftverk er satt til 50 m³/s, mens minste slukeevne i Sarp2 er satt til 100 m³/s.



Figur 22. Varighetskurve sommer, mai - september, (årrekken 1993-2022) for produksjons- og restvannføring i Glomma ved Sarpefossen. 1382 m³/s i total slukeevne, hvorav 450 m³/s i Sarp2 og 932 m³/s i dagens kraftverk, og minstevannføring gjennom dagens kraftverk på 200 m³/s. Minste slukeevne i dagens kraftverk er satt til 50 m³/s, mens minste slukeevne i Sarp2 er satt til 100 m³/s.



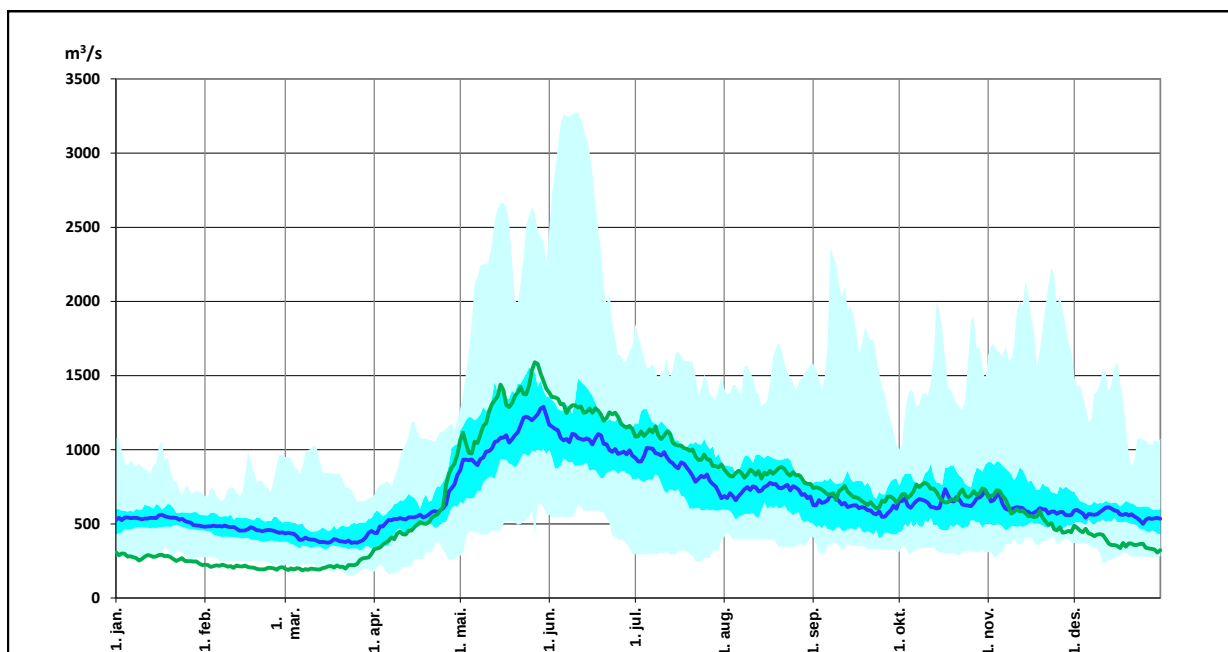
Figur 23. Varighetskurve vinter, oktober - april, (årrekken 1993-2022) for produksjons- og restvannføring i Glomma ved Sarpefossen. 1382 m³/s i total slukeevne, hvorav 450 m³/s i Sarp2 og 932 m³/s i dagens kraftverk, og minstevannføring gjennom dagens kraftverk på 200 m³/s. Minste slukeevne i dagens kraftverk er satt til 50 m³/s, mens minste slukeevne i Sarp2 er satt til 100 m³/s.

4.3 Minstevannføring

Utbygging av Sarp2 medfører at en strekning på 1,1 km nedstrøms Sarpefossen vil få redusert vannføring og senket vannstand i forhold til dagens situasjon. Minstevannføringen i Sarpefossen vil gå gjennom dagens eksisterende kraftverk, og vil forslagsvis ligge på 200 m³/s. Det vil bli utarbeidet forslag til et minstevannføringsregime som tar hensyn til naturlig avrenningsmønster og berørte interesser. I konsekvensutredningen gjøres det rede for aktuelle strategier for slipping av minstevannføring, og beregnes hva dette vil koste i form av tapt produksjon.

Berørt elvestrekning har vært påvirket av regulering i over 120 år. Regulert vannføringsregime kan illustreres av vannføringen målt/beregnet ved Sarpefossen (figur 24).

Et sentralt grunnlag for fastsettelse av minstevannføring er alminnelig lavvannføring, som er et lavvannsmål for uregulert tilstand. Den beregnede naturlige avløpsserien (beskrevet i kapittel 1.2) bør ligge til grunn for beregning av alminnelig lavvannføring, men det bør også tas hensyn til at vannstanden skal være akseptabel for berørte interesser. Siden elvestrekningen har vært påvirket av reguleringer i lang tid, er det gjort tilsvarende beregning på regulert tilstand de siste 30 årene.



Figur 24. Naturlig median (grønn) og regulert vannføring i Glomma ved Sarpefossen - statistikk for årrekken 1993-2022.

Alminnelig lavvannføring for naturlig/regulert avløp i Glomma ved Sarpefossen i perioden 1993-2022 er beregnet til 154/323 m³/s. Dette utgjør 21 og 44 % av middel i seriene (728 m³/s), og utgjør en relativt høy andel av middelvannføringen. Dette skyldes at Glomma har mange innsjøer, der spesielt Mjøsa bidrar med relativt stort naturlig avløp vinterstid også i uregulert tilstand. 5-persentil sommer (mai-september) er beregnet til 491/402 m³/s (naturlig/regulert), og 5-persentil vinter (oktober-april) er beregnet til 170/318 m³/s (naturlig/regulert).

I mai og juni vil vannføringen i mye av tiden overskride slukeevnen i kraftverkene, men det må påregnes vesentlig redusert vannføring resten av året, med behov for slipping av minstevannføring. I hydrologiske regimer med typisk innlandspreg (lavvannssesong om vinteren, og flomsesong om våren/sommeren) som i Glomma, er alminnelig lavvannføring (som beregnes for hele året under ett) ikke egnet som grunnlag for å foreslå minstevannføringen om sommeren. Beregningen for et slikt regime vil legge stor vekt på lave vintervannføringer, og den alminnelige lavvannføringen blir derfor ualminnelig lav som et lavvannsmål om sommeren.

Med bakgrunn i beregningene kunne det vært grunnlag for å foreslå minstetapping på 200 og 400 m³/s i vinter- og sommerperioden. 200 m³/s er en liten vannføring i Glomma, men vannføringen kan likevel bli enda mindre i år med sen start på vårmeltingen, som observert i årene 1996, 2011 og 2013. Vannføring under 200 m³/s må forventes å oppstå også i fremtiden. Minstevannføringen må imidlertid alltid vurderes ut fra behov, og her i stor grad knyttet til behovet for prosessvann til Borregaard industrier, som krever en vannstand på noe over 2 moh (NN54) ved inntaket rett nedstrøms Sarpefossen.

Kostnadene ved slipp av minstevannføring på 200 m³/s er beregnet til 9,5 GWh pr. år (se kapittel 5.2).

4.4 Driftsvannføring

Tilløpet til Sarpefossen er i snitt 728,4 m³/s eller 22987 mill. m³/år (1993-2022) og 98 % av dette kan utnyttes etter at Sarp2 er satt i drift. 2 % kan følgelig ikke utnyttes. Noe over halvparten av driftsvannføringen vil gå gjennom de eksisterende kraftverkene på grunn av krav til minstevannføring, og fordi kapasiteten på Sarp2 overskrides i store deler av året. Fordeling av vannføringer er vist i tabell 7 for total slukeevne 1382 m³/s (450 m³/s i Sarp2 og 932 m³/s i eksisterende kraftverk). I tabellen er det angitt fordeling for fire alternative minstevannføringer, 100, 200, 250 og 300 m³/s. Disse alternativene gir lik fordeling mellom flomtapping forbi kraftverkene og total driftsvannføring. Nivået på minstevannføringen påvirker derimot fordelingen av vannmengdene mellom eksisterende kraftverk og Sarp2

Tabell 7. Fordelingen av tilløpet på driftsvannføring, minstevannføring (som tappes gjennom dagens kraftverk) og flomtap. Prosentandel av total vannføring er angitt i parentes.

Pålagt minstevf. m ³ /s	100	200	250	300
slukeevne m ³ /s	1382	1382	1382	1382
Total driftsvannf. m ³ /s	712,9 (97,6 %)	712,9 (97,6 %)	712,9 (97,6 %)	712,9 (97,6 %)
Vannføring i dagens kraftverk - m ³ /s	368,5 (50,4 %)	399,3 (54,6 %)	422,5 (57,8 %)	450,2 (61,6 %)
Vannføring i Sarp2 m ³ /s	344,4 (47,1 %)	313,6 (42,9 %)	290,4 (39,7 %)	262,8 (36,0 %)
Flomtap m ³ /s	17,7 (2,4 %)	17,7 (2,4 %)	17,7 % (2,4 %)	17,7 % (2,4 %)

Vannutnyttelsen i kraftverket er også betraktet for tre typiske år og ut fra figur 16 (kap 4.1, s 13) går det fram at det i et tørt år (2022) ikke er flomtap. I et middels år (2021) er det flomtap i 15 dager som utgjør 1,3 % av totalvannføringen. I et vått år (2011) er det flomtap i 61 dager og 7,3 % av totalvannføringen.

4.5 Flomforhold og klimajustering

De største flommene i Sarpefossen i perioden 1978-2022 har stort sett vært i mai og juni, men med enkelte store høstflommer i september og oktober. De fem største årsflommene som er observert i Sarpefossen er vist i tabell 8. Etter 2022 har det i tillegg vært en flom på ca 2850 m³/s 13. august 2023.

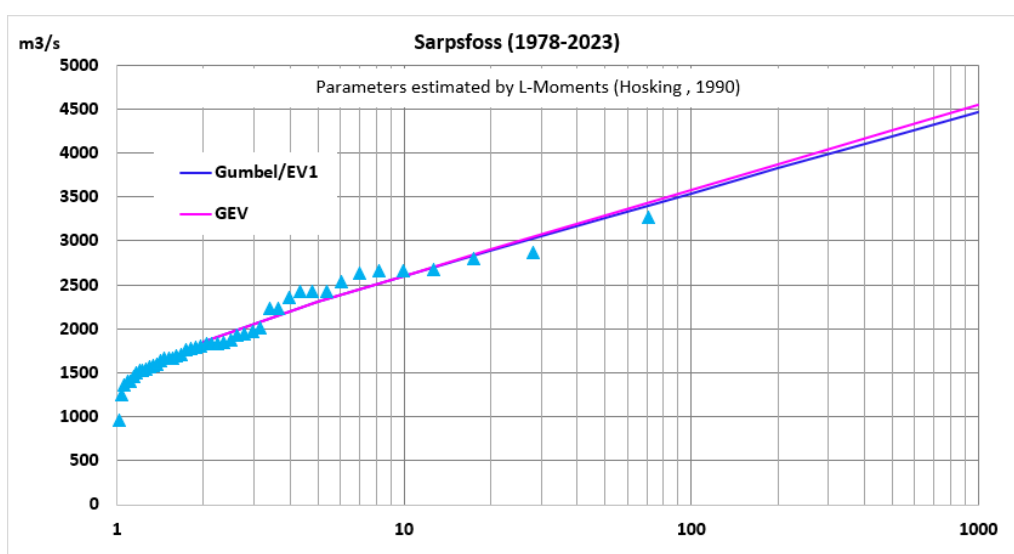
Tabell 8. De fem største observerte flommer i Sarpefossen i perioden 1978-2022.

Observerte flommer (døgnmiddel) i Sarpefossen (m ³ /s)	
11.6.1995	3201
17.10.1987	2803
27.5.2013	2697
31.5.1985	2577
20.5.1988	2535

Det er utført flomfrekvensanalyse på årsflommer (døgnmidler) i Glomma ved Sarpefossen for observert regulert vannføringsserie i årrekken 1978-2022. Resultatene er vist i figur 25 og i tabell 9. Flomfrekvensanalysen er i godt samsvar med «Flomberegning for Nedre Glomma»

(Norconsult 2012) der 500-års flom for Sarpefossen ble beregnet til 4020 m³/s. 500-års flommen i denne beregningen ligger 4 % høyere, på 4189 m³/s. Det er valgt Gumbel EV1-fordeling (som i Norconsults beregning i 2012), som forøvrig skiller seg lite fra GEV-fordelingen i denne analysen.

I og med at det ved vannføringer over ca 1600 m³/s i Glomma forventes samme fordeling av vann til Sarpefossen og Ågårdselv før og etter etablering av Sarp2, vil flomstørrelse på middelflommen (Q_m) og større flommer påvirkes ubetydelig av Sarp2. Vannstanden rett oppstrøms Sarpefossen vil derimot senkes betydelig, anslagsvis 0,5 – 1,0 m, fra inntaksdammen og ca 1 km oppover i Glomma, der øvre grense er definert av kartutsnittet i figur 3 (side 5). Denne flomdempningen er beskrevet i modellforsøk (NTNU 2014), der vannstandssenkning, forårsaket av 425 m³/s kjøring i Sarp kraftverk under flom, er undersøkt. Flomvannstanden dempes sannsynligvis også lenger oppover i Glomma under flom, men gradvis avtagende oppover mot Minge vann der flomvannstanden antas å være ubetydelig påvirket av Sarp2. Endret flomvannstand nedstrøms Minge vann er imidlertid ikke undersøkt nærmere.



Figur 25. Flomfrekvensanalyse for Sarpefossen

Tabell 9. Flommer med ulike gjentaksintervall i Sarpefossen

Om	Q5	Q10	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000
1938	2306	2606	3266	3544	3822	4189	4466

For å undersøke hvor mye klimaendringer påvirker flom og vannføring i Glomma, er det utført en klimajustering av nedbør- og temperaturdata, som brukes som inngangsdata til tappemodellen for Glommavassdraget. Denne klimajusteringen innebærer at observert nedbør og temperatur i årrekken 1983-2018 er analysert med tanke på trender. Deretter er det laget en korrigert serie med nedbør og temperatur, som er justert for de observerte trendene, som er brukt som inngangsdata til beregning av en trendjustert vannføringsserie for vassdraget. Den justerte vannføringsserien gir en middelvannføringen per 2022 på 740 m³/s, som er 2 % større enn den observerte vannføringen i perioden (1993-2022). Den klimajusterte serien er også analysert med tanke på flom, og den øker flomnivåene i Glomma minimalt (ca 1 %). Tallene i tabell 9 vil derfor kunne brukes som flomnivåer for dagens klima.

4.6 Vanntemperatur, isforhold, lokalklima

En utbygging av Sarp2 forventes ikke å ha merkbar innvirkning på temperatur, isforhold eller lokalklima på berørte strekninger, da endringene vil være relativt små, spesielt om vinteren. Unntaket er den 1,1 km lange strekningen mellom Sarpefossen og utløpet til Sarp 2, der vannføring blir redusert, og vannstanden betydelig senket, store deler av året. Denne strekningen islegges forøvrig ikke om vinteren, og er for kort til å ha noen effekt på lokalklimaet.

5 Kraftproduksjon

Produksjonsberegningene/simuleringene for Sarp2 er utført på døgnbasis med et egenutviklet excelbasert system som også håndterer hydrauliske forhold (falltap i tunnel og oppstuvning i undervannet). For beregning av nivå på kraftverkens overvann er det forutsatt at forholdet mellom vannstand på overvann og forbitapping (vannføring som overskrider total slukeevne) er det samme før og etter Sarp2. For beregning av nivå på kraftverkens undervann (nedenfor Sarpefossen og ved utløpet til Sarp2) er det benyttet vannføringskurver fra vannlinjeberegningene til Norconsult (2023). Undervannskurven for Sarp2 er vist i vedlegg 4.

Produksjonsberegningen er gjort på stasjonsnivå (ikke aggregatnivå) for Hafslund, Sarp og Borregaard kraftverk, i tillegg til Sarp2. Virkningsgradskurven for Sarp2 er vist i vedlegg 3. For de eksisterende kraftverkene er det benyttet observerte virkningsgrader, som har vist seg å fungere meget bra for å simulere observert produksjon på de historiske dataene. Simuleringene ga best resultat med 932 m³/s i total slukeevne, som er noe lavere enn det Norconsult (2022) har brukt i sine beregninger, 945 m³/s. Resultatet av simuleringene er vist i tabell 10. Med dagens kraftverk brukes et skjema som angir produksjonsfordeling mellom stasjonene ved ulike vannføringer (se vedlegg 1). Etter etablering av Sarp2 vil denne fordelingen endres. Sannsynlig skjema for ny fordeling er gitt i tabell 11. Med Sarp2 i drift vil det gå en minstevannføring på forslagsvis 200 m³/s i de gamle kraftverkene. Når kravet til minstevannføring oppfylles, og det i tillegg er nok vann til å starte Sarp2, vil kjøring i Sarp2 prioriteres, da dette kraftverket vil ha noe større fallhøyde enn de andre. I praksis betyr dette at det ved vannføringer inntil 300 m³/s (minstevannføring 200 m³/s + minste slukeevne i Sarp2 100 m³/s) vil bli kjørt i de gamle kraftverkene. Ved vannføringer over 300 m³/s og opp til 550 m³/s, vil all vannføring som overskrider minstevannføringen på 200 m³/s kjøres i Sarp2. På vannføringer over 550 m³/s vil Sarp 2 fortsatt kjøres på 350 m³/s og overskytende vannføring fordeles på øvrige kraftverk, inntil disse går for fullt. Kjøringen i Sarp2 økes fra 350 til 450 m³/s ved ytterligere økning i vannføringen. Kart over kraftverkens inntak og utløp er vist i figur 3 (kap 1.1, s3).

Tabell 10. Beregnet produksjon i dagens situasjon (uten Sarp2) per kraftverk (1993-2022):

Kraftverk	GWh/sommer	GWh/vinter	GWh/årlig
Borregaard	142,5	111,7	254,2
Hafslund	98,9	87,3	186,2
Sarp	228,3	280,1	508,4
Total	469,8	479,1	948,9

Tabell 11. Skjema for aggregatfordeling. Etter Sarp2.

Vannføring Sarpefossen m ³ /s	Vannføring Sarp2 m ³ /s	Vannføring Sarp m ³ /s	Vannf Hafslund m ³ /s	Vannf Borregaard m ³ /s
50	0	0	0	50
100	0	0	50	50
150	0	0	50	100
200	0	0	100	100
250	0	0	100	150
300	100	0	100	100
350	150	0	100	100
550	350	0	100	100
600	350	0	100	150
650	350	200	50	50
850	350	400	50	50
900	350	400	50	100
950	350	400	100	100
1000	350	400	100	150
1050	350	400	150	150
1100	350	400	150	200
1150	350	400	200	200
1250	350	400	200	300
1350	435	415	200	300
1382	450	415	200	317

5.1 Hoveddata for kraftverk i Sarpefossen

For Sarp2 planlegges det én turbin av typen Kaplan. Hoveddata for Sarp2 og dagens kraftverk i Sarpefossen er vist i tabell 12. I tillegg til kraftverkene i tabell 12 er det høsten 2023 installert 2 små aggregater i Borregaard med total slukeevne 17 m³/s og effekt 2,7 MW. I beregningen er disse aggregatene bare benyttet under flom når det går fullt i alle kraftverkene. Om de små aggregatene brukes på lavere vannføringer, antas det at disse erstatter kjøring i Borregaards gamle aggregater, og ikke påvirker vannfordelingen i tabell 11.

Tabell 12. Hoveddata for kraftverkene.

Kraftverk i Sarpefossen:		Borregaard	Hafslund	Sarp	Sarp2	Total	Ny kraft
Nedbørfelt	km ²	41779	41779	41779	41779		
Middelvannføring (1993-2022)	m ³ /s	728,3	728,3	728,3	728,3		
Overvann, kote	moh	24,05	24,05	24,05	24,05		
Undervann, kote (før Sarp2)	moh	3,29	3,29	3,29			
Undervann, kote (etter Sarp2)	moh	3,29	3,29	3,29	1,1		
Brutto fallhøyde (før Sarp2)	moh	20,76	20,76	20,76			
Brutto fallhøyde (etter Sarp2)	moh	20,76	20,76	20,76	23,05		
Maksimal slukeevne	m ³ /s	320	212	425	450****	1382***	
Minimum slukeevne	m ³ /s	50	50	200	100	50	
Maks effekt	MW	51	33,6	80*	83**	248,6	
Antall aggregat	stk	6	4	1	1	12	
Produksjon, sommer (mai-sept)	GWh	94,4	72,2	167,9	240,5	574,9	105,1
Produksjon, vinter (okt-apr)	GWh	97,5	88,2	72,8	285,2	543,7	64,6
Produksjon, årlig	GWh	191,9	160,4	240,7	525,6	1118,6	169,7

* i praksis er maksimal effekt i Sarp kraftverk 71 MW.

** basert på antatt virkningsgradskurve (vedlegg 3) og beregnet fallhøyde

*** basert på observert total slukeevne 932 m³/s i eksisterende kraftverk

**** nominell slukeevne er 350 m³/s og det antas overåpning helt opp til 450 m³/s i flom

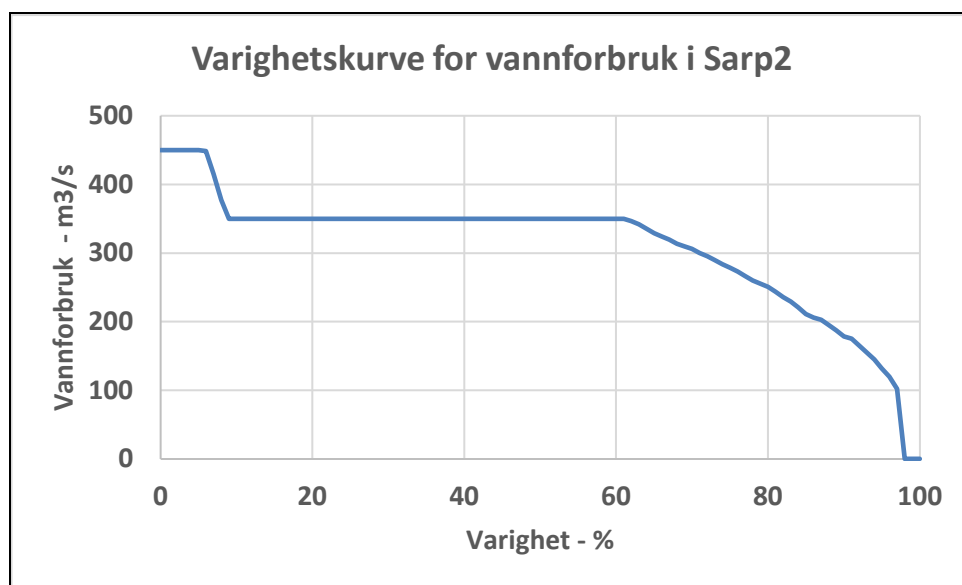
5.2 Produksjonen for kraftverk i Sarpefossen

Sannsynlig maksimal slukeevne for Sarp2 kraftverk er 450 m³/s ved overåpning i flom, og nominell slukeevne er 350 m³/s. Sannsynlig minste slukeevne er 100 m³/s. Minstevannføring i Sarpefossen, gjennom eksisterende kraftverk, anslås til 200 m³/s, men det er også gjort beregninger for alternativer på 100, 250 og 300 m³/s. I tillegg er det gjort en beregning uten pålagt minstevannføring for å vise produksjonstapet krav til minstevannføring vil gi. Resultatet av beregningene er vist i tabell 13

Tabell 13. Beregnet produksjon for kraftverkene i Sarpefossen med ulike minstevannføringer (Beregningen er gjort med 350 m³/s som nominell slukeevne og minste slukeevne på 100 m³/s i Sarp2).

min.vannf. m ³ /s	GWh/år Total	GWh/år i forh til mvf 200 m ³ /s	GWh/sommer 1.5. - 30.9.	Sommerprod. andel	GWh/vinter 1.10. - 30.4.	Vinterprod. andel
0	1128,1	9,5	576,4	51,1%	551,7	48,9%
100	1125,3	6,7	576,0	51,2%	549,3	48,8%
200	1118,6	0	574,9	51,4 %	543,7	48,6%
250	1113,6	-5,0	574,0	51,5%	539,6	48,5%
300	1108,0	-10,6	572,9	51,7%	535,1	48,3%
0 i Ågårdselv	1143,9	25,3	592,2	51,8%	551,8	48,2%

Figur 26 viser varighetskurve for vannutnyttelse i Sarp2 hvor minstevannføringen i eksisterende kraftverk er satt til 200 m³/s. Sarp2 kraftverk kjøres ca 97 % av tiden, og ca 61 % av tiden kjøres kraftverket for fullt.



Figur 26. Varighetskurve for vannforbruk i Sarp2

5.3 Beregnet for tidligere årrekke og for dagens klima

I tabell 14 er det sammenstilt beregnet produksjon i Sarpefossen for årrekken 1993-2022 sammenlignet med klimajustert serie for samme årrekke, og med tidligere årrekke, 1961-1990. Klimajusteringen er forklart på side 23 i kap 4.5. Resultatene viser at total produksjon fra årrekken 1961-1990 har økt med 57,9 GWh til årrekken 1993-2022. En justering av vannføringen til dagens klima (basert på dataene fra 1993-2022) gir en ytterligere økning på 38,0 GWh.

Tabell 14. Beregnet produksjon for årrekken 1961-90 og for klimajustert serie (1993-2022) sammenlignet med produksjonsberegningen for 1993-2022.

årrekke	GWh/år Sarpefossen total	Differanse i forhold til 1993-2022 GWh	GWh/år Sarp2	Differanse i forhold til 1993-2022 GWh	Mer/Ny produksjon (GWh)	Differanse i forhold til 1993-2022 GWh
1961-1990	1060,7	-57,9	493,8	-31,8	177,6	7,9
1993-2022	1118,6	0	525,6	0	169,7	0
1993-2022 klimajustert	1156,6	38,0	540,1	14,5	173,8	4,1

Referanser

NTNU (2014). Modellforsøk Sarpsfossen – Sarpsfossen I – Flomavledningskapasitet, vannstander og vannhastigheter i dagens situasjon, NTNU Rapport B1-2014-2.

Norconsult (2012). Flomberegning Nedre Glomma.

Norconsult (2022). Sarpsfossen Produksjonsberegninger

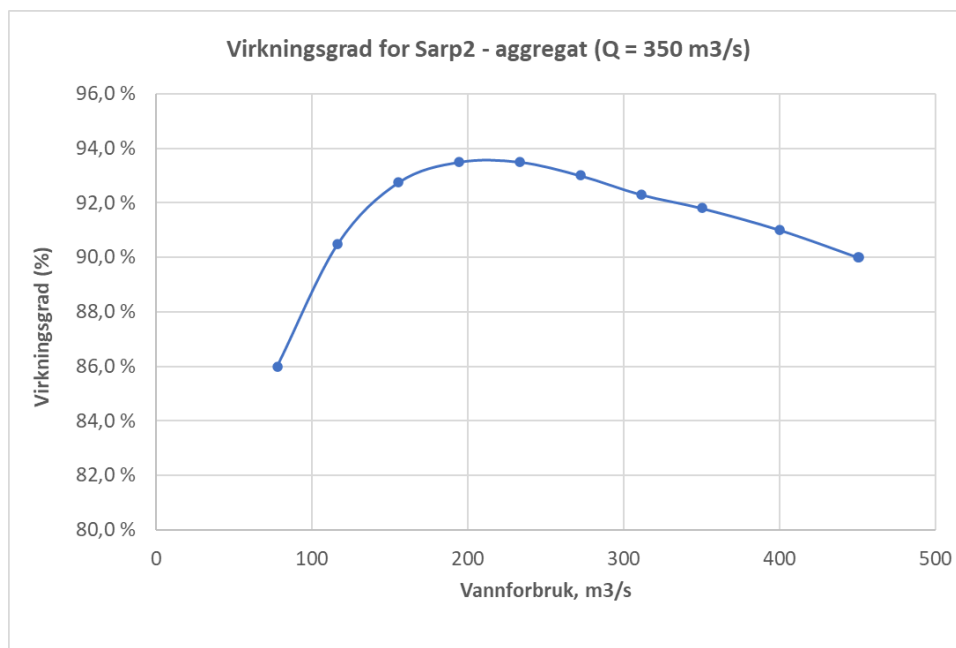
Norconsult (2023). Sarp2 kraftverk – vannlinjeberegning Nedstrøms dammen

Vedlegg 1. Skjema for aggregatfordeling. Før Sarp2.

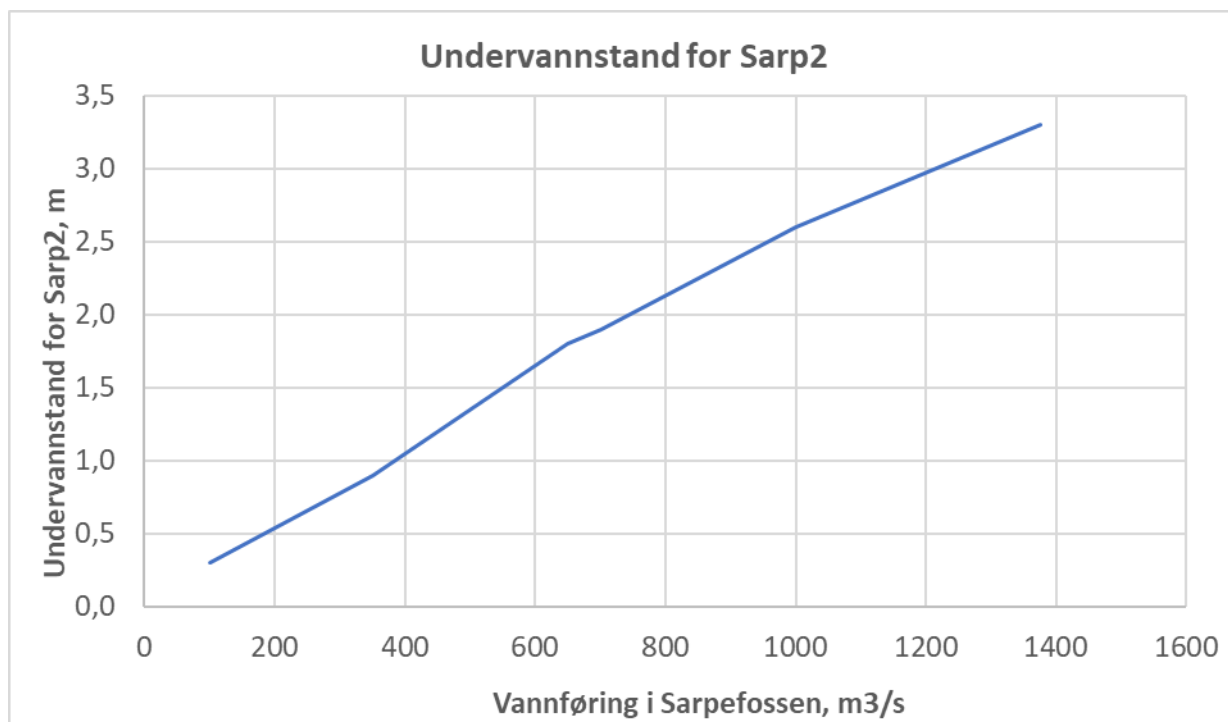
Vannføring Sarpefossen m ³ /s		Vannføring Sarp m ³ /s (MW)		Vannf Hafslund m ³ /s (MW)	Vannf Borregaard m ³ /s (MW)
min	maks	min	maks		
50	100	0	0	50 (7,5)	50 (8,5)
100	150	0	0	50 (7,5)	100 (17)
150	300	150 (28)	300 (55)	0 (0)	0 (0)
300	400	300 (55)	350 (64)	0 (0)	50 (8,5)
400	450	300 (55)	350 (64)	50 (7,5)	50 (8,5)
450	500	300 (55)	350 (64)	50 (7,5)	100 (17)
500	550	300 (55)	350 (64)	100 (15)	100 (17)
550	600	300 (55)	350 (64)	100 (15)	150 (25,5)
600	650	300 (55)	350 (64)	150 (22,5)	150 (25,5)
650	700	300 (55)	350 (64)	150 (22,5)	200 (34)
700	750	300 (55)	350 (64)	200 (30)	200 (34)
750	800	300 (55)	350 (64)	200 (30)	250 (41,5)
800	850	300 (55)	350 (64)	200 (30)	300 (49)
850	915	350 (64)	415 (74)	200 (30)	300 (49)
915	932	415 (74)	415 (74)	200 (30)	317 (52)

Vedlegg 2. Beregnet produksjon for ulike årrekker og enkeltår i årrekken 1993-2022

	Beregnet produksjon med dagens situasjon (GWh/år)				Beregnet produksjon med ny Sarp2 (GWh/år)					Mer-produksjon
	Borreg.	Hafs.	Sarp	Total	Borreg.	Hafs.	Sarp	Sarp2	Total	
1993	249,6	180,1	504,5	934,3	217,0	174,8	201,1	531,5	1124,4	190,1
1994	233,9	173,9	502,2	910,0	163,5	145,0	225,6	509,4	1043,5	133,5
1995	190,3	141,4	495,6	827,4	194,1	168,1	149,7	474,8	986,7	159,4
1996	208,7	163,3	385,2	757,3	153,9	142,8	145,7	390,8	833,1	75,9
1997	213,8	160,1	491,5	865,4	194,3	166,6	181,5	481,4	1023,7	158,4
1998	254,9	179,4	531,0	965,4	199,4	165,4	251,3	540,9	1157,2	191,8
1999	245,9	174,1	523,1	943,1	214,3	174,8	227,7	527,4	1144,2	201,2
2000	303,9	210,5	535,2	1049,6	258,5	193,1	334,6	571,3	1357,4	307,8
2001	283,1	207,6	529,5	1020,3	175,5	149,3	307,7	547,8	1180,2	160,0
2002	225,9	167,1	477,3	870,3	200,7	172,4	201,8	461,2	1036,1	165,7
2003	210,5	161,8	444,6	817,0	176,6	159,9	160,4	429,7	926,6	109,7
2004	206,2	155,4	516,5	878,1	176,2	155,3	142,0	533,5	1007,0	128,9
2005	253,4	192,1	500,4	945,9	167,4	147,7	252,0	511,1	1078,2	132,3
2006	249,1	186,7	504,1	939,9	185,4	156,9	246,6	523,7	1112,5	172,6
2007	257,4	183,4	532,0	972,8	194,0	162,3	231,2	544,9	1132,4	159,6
2008	280,4	210,6	528,1	1019,1	194,3	155,6	264,9	594,2	1209,0	189,9
2009	270,1	193,4	518,3	981,8	195,2	160,1	279,1	521,0	1155,4	173,5
2010	265,4	186,9	522,9	975,2	185,0	153,0	265,9	519,9	1123,7	148,5
2011	301,6	218,7	465,8	986,1	237,3	184,7	319,9	492,9	1234,8	248,7
2012	312,5	218,6	548,3	1079,4	200,9	163,0	340,2	584,1	1288,2	208,8
2013	236,5	177,0	483,3	896,8	200,7	167,5	192,3	511,4	1071,9	175,1
2014	324,7	235,8	534,0	1094,5	181,4	141,4	377,9	590,0	1290,7	196,2
2015	286,1	202,0	544,4	1032,5	204,3	166,9	261,6	575,2	1208,0	175,5
2016	219,7	169,7	519,6	909,0	166,2	146,2	171,9	551,9	1036,3	127,3
2017	265,4	190,1	531,8	987,3	187,9	157,3	265,1	543,5	1153,7	166,4
2018	225,1	174,3	480,3	879,7	191,5	162,9	173,3	498,8	1026,5	146,9
2019	269,0	196,4	535,9	1001,3	189,8	156,4	265,3	574,8	1186,2	184,9
2020	314,8	226,6	540,9	1082,3	203,8	160,5	354,3	579,9	1298,5	216,2
2021	258,5	188,2	534,3	981,0	180,5	151,7	252,6	561,5	1146,2	165,2
2022	210,2	161,5	491,5	863,2	167,6	148,9	177,9	490,3	984,7	121,5
1993-2022	254,2	186,2	508,4	948,9	191,9	160,4	240,7	525,6	1118,6	169,7
2003-2022	260,8	191,5	513,9	966,1	189,3	157,9	249,7	536,6	1133,5	167,4
2013-2022	261,0	192,2	519,6	972,8	187,4	156,0	249,2	547,7	1140,3	167,5
2012-2021	271,2	197,9	525,3	994,4	190,7	157,4	265,4	557,1	1170,6	176,3

Vedlegg 3. Benyttet virkningsgradskurve for Sarp2, H = 20m, Q = 350 m³/s

Vedlegg 4. Undervannskurve for Sarp2 (basert på vannlinjeberegning utført av Norconsult, 2023)



Vedlegg 5. Manøvreringsreglement Sølvestufoss (relevante punkter)

Nytt manøvreringsreglement for Sølvestudammen i Ågårdselva.

1.

Ved vannføringer over ca. 1 100 m³/s. i Glomma (målt ved Solbergfoss) følges den gamle reguleringskurve.

2.

Mellom 1 100 m³/s. og 670 m³/s. slippes 20 m³/s. i Ågårdselva.

3.

Under 670 m³/s. i Glomma følges den gamle reguleringskurven.

4.

Vannføringen i Ågårdselva holdes på minimum 7 m³/s. i tiden fra 15. mai til 1. september.

5.

Fra 1. september til 15. mai neste år holdes i Ågårdselva en minimumsvassføring på 1 m³/s.

9.

Alle endringer i vannføringen skal skje med myke overganger. Spesiell forsiktighet må utvises ved en reduksjon i vannføringen for at fisk i elveprofilens ytterkant skal få tid til å trekke mot sentrum.

Forslag til "myke overganger" ved regulering av Sølvestudammen i Aagaardselva

Når vannføringen i Aagaardselva skal reguleres ned til 20 m³/sek. skal dette skje i flere omganger med minimum 6 timers mellomrom, og hver reduksjon kan være på inntil 3,5 m³/s.

Når vannføringen i Aagaardselva skal reguleres ned til 7 m³/sek. skal dette skje i flere omganger med minimum 6 timers mellomrom, og hver reduksjon kan være på inntil 1,5 m³/s.

Når vannføringen i Aagaardselva skal reguleres ned til 1 m³/s. skal dette skje i flere omganger med minimum 6 timers mellomrom, og hver reduksjon kan være på inntil 0,5 m³/s.

Ved nedregulering fra 3 til 2,5 m³/s. skal det gjøres et opphold på minimum ett døgn, slik at det gis mulighet til å undersøke problematikken rundt "stranding" av laksunger.

Hver lukemanøvrering skal utføres gradvis og forsiktig. Ved nedkjøring til 1 m³/s. skal lukemanøvreringen skje gradvis over minimum 3 timer.

Alle økninger i vannføring skal også skje gradvis og på en slik måte at det ikke er til fare for fiskere og andre som ferdes langs elvebredden.

