

Vasslinjeberekningar av Storelva i Gloppen kommune mellom inntak kote 125,5 og Breimsvatnet



Re Energi AS

Utarbeida av: M. Fahren	Kontroll / fagansvarleg: J. A Melheim	Dato: 31.03.2025 Rev.:
Bystøl AS	Tlf: 57 69 85 80	e-post: post@bystol.no web.: www.bystol.no

1. Innhald

2.	Innleiing	3
3.	Om berekningane	4
4.	Vassdekt areal ved ulike vassføringar	6
5.	Endringar av brå utfall og omløpsventil.....	7
6.	Regulering av omløpsventil	19
7.	Konklusjonar	23
8.	Referansar.....	23

2. Innleiing

I samband med søknad om konsesjon for Re Energi Kraftverk har NVE i utredningsprogrammet av 16.12.2024 sett krav om at utredning av hydrologi skal utarbeidast tidleg i utredningsfasen. Endringar i vassdekt areal på berørte elvestrekninger er eit tema som skal undersøkjast ved bruk av til dømes vasslinjeberekingar.

Vasslinjeberekingar har tradisjonelt vore 1-dimensjonale, stasjonære eller transiente berekingar. I dette arbeidet er det nytta ein to-dimensjonal vassoverflatemodell i Hec-Ras, som er ei vidareutvikling av vasslinjemodellane. To-dimensjonale modellar gjev vesentleg betre resultat for vassdekt areal i situasjonar med delte vasstraumar eller små øyer enn den ein-dimensjonale varianten. Vidare kan ulik vasstand over tverrsnittet, til dømes i kurver, handterast. I arbeidet er det nytta GeoHecRas, som er ein overbygning til Hec-Ras. Fordelen med dette programmet er at det numeriske nettverket er enkelt å tilpassa slik at det vert flest berekningspunkt i område det er viktig med mange punkt og at endring av kartet med måledata er enklare. I tillegg til digitale kart frå kartverket, er det utført droneskanning ved låg vasstand og kontroll med målestav i området mellom utløpet frå kraftverket og Breimsvatnet. Dette området er vurdert som mest kritisk i samband med utbygginga.

Det er utført stasjonære berekingar til å finne vassdekt areal ved ulike vassføringar. Vidare er det nytta transiente berekingar til å finne endringar i vassdekt areal og vasstand ved brå utfall av kraftstasjonen og ved installasjon av omløpsventil. Ulike kapasitetar for omløpsventilen er vurderte. I samråd med fiskebiolog er eit forslag til storleiken omløpsventilen bestemt. Til slutt i notatet er regulering av omløpsventilen ved ulike driftsvassføringar vurdert.

3. Om berekningane

Berekningane av vassstand og vassdekt areal er utført med GeoHecRas /1/, som er ei kommersiell overbygning frå CivilGeo Inc. til gratisprogrammet Hec-Ras /2/. Det velkjende Hec-Ras programmet er motoren som løyser likningane for strøyminga, medan overbygninga gjer import og endringa av terrenget enklare og enklare generering av eit godt numeriske nettverket. Område frå litt oppstraums inntaket til litt ut i Breimsvatnet er modellert. Kraftverket er modellert som ei kjelde ved kraftverket. Avløpstunnelen ned til samløpet med Storelva er modellert som ein open kanal med breidde lik tunnelbreidda. Figur 1 viser rekneområdet og nettverk. Elvekantane har eit fint og regulert netverk for best mogeleg resultat. Det er nytta Manningstal $M=16,7$, som er vurdert til å vere representativt for låge vassføringar. Ved moderate og høge vassføringar vil i praksis Manningstalet vere noko lågare, det vil seie mindre friksjon. Høgt og konstant Manningstal er vurdert til å gje konservative resultat for endring i vassdekt areal og vassstandsendingar, som ein er ute etter i dette arbeidet.

Det er ikkje utført sensitivitetsanalysar av Manningstal og mesh. Det er derimot gjort ei sammanlikning av målt og simulert vassdekt areal ved låg vassføring, $4,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Samanlikninga viser godt samsvar.

Simuleringane er utførte ved å starte utan vassføring ved $t=00:00$ og auke til ønska vassføring i løpet av ein time ($t=01:00$). Knappt to timar etter innløpsvilkåra har fått rett verdi, er stasjonær utgangstilstand oppnådd, det vil seie etter knapt tre timar. Ved brå endring i vassføring er dette innført i løpet av eit minutt etter tre timar ($03:00 - 03:01$) og det er simulert i ytterlegare to timar.

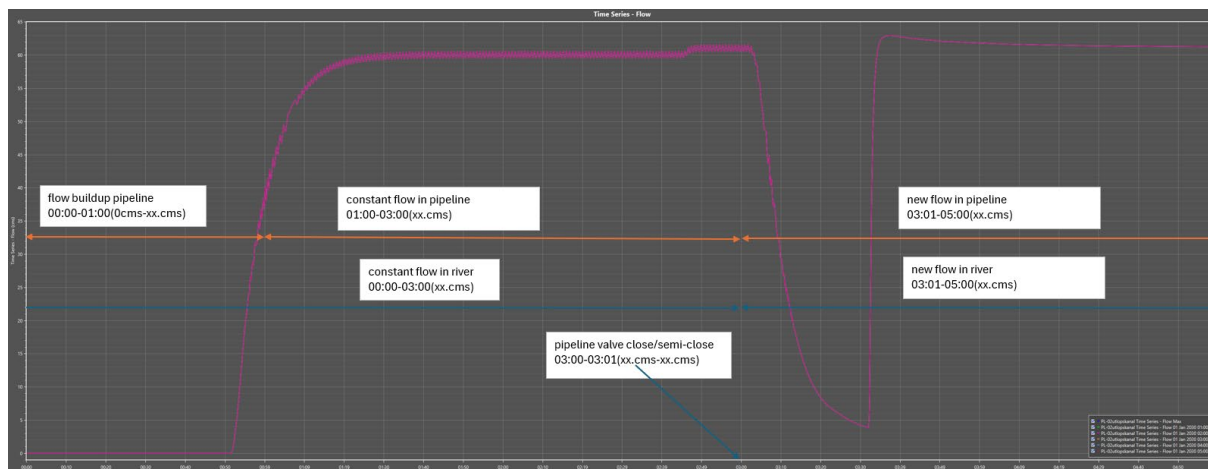
Figur 2 viser fasane og typiske vassføringar rett nedstraums utløpet (samløpet mellom utløpskanal og elv) ved eit tilfelle der kraftverket går på maksimal driftsvassføring ($Q=60 \text{ m}^3/\text{s}$) og det renn minstevassføring vinter ($1 \text{ m}^3/\text{s}$) i elva. Ved $t=03:00$ vert turbinen stoppa og vatnet går over dammen og ned til utløpet. Vi ser at det er to stasjonære fasar før turbinen vert kutta. Første når vatnet ut frå kraftstasjonen når stasjonær tilstand og deretter når vatnet i elva kjem ned til utløpet, nesten 2 timar etter at $1 \text{ m}^3/\text{s}$ vart sleppt over terskelen ved inntaket. Etter utfallet av kraftstasjonen sank vassføringa brått dei første 12 minutta og flatar deretter ut. Minimumsverdien vert nådd like før vatnet over dammen kjem ned til samløpet etter om lag 30 minutt og vassføringa stig brått og stabiliserer seg på elvevassføringa ($61 \text{ m}^3/\text{s}$)

Vasslinjeberegninger av Storelva i Gloppen kommune



Figur 1. Berekningsområdet og mesh i GeoHecRas.

Vasslinjeberekingar av Storelva i Gloppen kommune



Figur 2. Vassføring rett nedstrøms utløpet frå kraftverket (her kalla "pipe") og Storelva ("river.")

4. Vassdekt areal ved ulike vassføringar

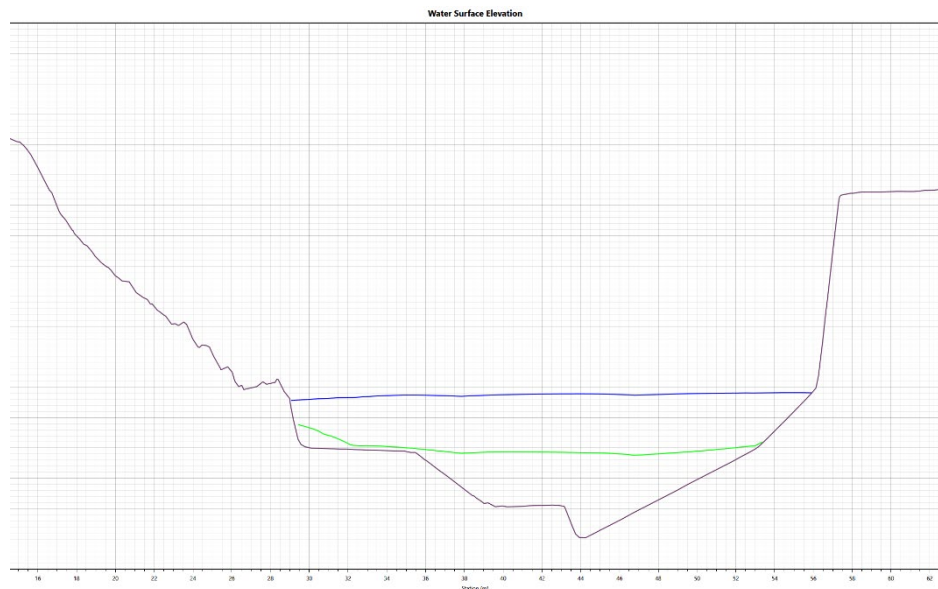
Det er utført simuleringa med elvevassføringar 30m³/s (tilnærma middelvassføring i elva), 6m³/s (minstevassføring sommar), 1 m³/s (minstevassføring vinter) og 4,4m³/s (vassføring ved observasjon) Den 10. januar 2025 vart det flydd med drone over området og vassdekt areal vart fotografert den ved 4,4 m³/s vassføring (Vassføring ved VM 87.10 Gloppenelv ved Bergheim er skalert med faktor 1,6.) Det er vidare anteke at elvekant på kartet tilsvarar elvekant ved middelvassføringa (27,6m³/s). Tabell 2 viser simulerte resultat. Vi ser at elva beheld mykje av det vassdekte arealet når arealet vert redusert, spesielt mellom utløpet for avløpskanalen og Breimsvatnet. Årsaka er at elveløpet relativt smalt og har bratte elvekantar. Dessutan er elva ganske flat i dette området. Ved store vassføringar er vasstanden høg og vassfarten stor grunna liten hydraulisk radius. Når vassføringa vert redusert vert både vasstanden og vassfarten redusert, medan det vassdekte arealet vert lite redusert. Typisk tverrsnitt ved Seimsbrua er vist i Figur 3. Figuren viser at elva i dette tverrsnittet beheld eit stort vassdekt areal sjølv om vassføringa er redusert med over 90%.

Tabell 1. Observert og simulert arealendring ved låg vassføring. Samanlikning med observert arealendring.

Strekning	Observert $A_{\text{lite}}/A_{\text{middel}}$	Simulert $A_{\text{lite}}/A_{\text{middel}}$
Inntak til utløp for tunnel	75,9%	71,7%
Utløp tunnel til Breimsvatn	89,3%	83,3%

Tabell 2. Simulert arealendring ved ulike vassføringar.

Strekning	$A_{Q=1m^3/s}/A_{\text{middel}}$	$A_{Q=6m^3/s}/A_{\text{middel}}$	$A_{Q=10m^3/s}/A_{\text{middel}}$
Inntak til utløp for tunnel	55,9%	75,9%	83,3%
Utløp for tunnel til Breimsvatn	68,3%	86,1%	89,7%



Figur 3. Tverrsnitt ved Seimsbrua. Blå strek viser vasstand ved vassføring $Q=60\text{m}^3/\text{s}$ og grøn strek viser vasstand ved vassføring $5\text{m}^3/\text{s}$.

5. Endringar av brå utfall og omløpsventil

Nettutfall eller feil på det elektromekaniske utstyret i kraftstasjonen kan føre til brå stans i kraftverket. Då vil driftsvassføringa bli stoppa i løpet av eit minutt og vatnet renn over dammen. Avløpskanalen vert tømt gradvis samtidig som vatnet over dammen renn ned til samløpet. I denne perioden vil det vere redusert vassføring mellom utløpet for avløpstunnelen til kraftverket og Breimsvatnet. Gradienten til endringa i vassføringa og den minste vassføringa kan reduserast ved at ein omløpsventil i kraftstasjonen automatisk opnar når kraftverket stengjer ned. I dette avsnittet vert vassføring og vasstand mellom utløpet for avløpstunnelen og Breimsvatnet analysert. Det er teke utgangspunkt i verste tilfelle med maksimal driftsvassføring $Q=60\text{m}^3/\text{s}$ i kraftverket og minste vassføring vinter i elva. Både større slepp vatn over dammen og lågare driftsvassføring vil gje mindre endringa nedstraums utløpet ved brått utfall av kraftverket. Det er simulert med ulike kapasitetar på omløpsventilen. Etter opning vert ikkje omløpsventilen regulert. Det er simulert 8 ulike scenario med kapasitet mellom $0\text{m}^3/\text{s}$ og $30\text{m}^3/\text{s}$ til omløpsventilen. Ei oversikt er vist i Tabell 3 under. Vasstand og vassføring er vurdert i fire tverrsnitt (lokasjonar):

1. Ved utløp avløpstunnel
2. Ved Reed Stadion
3. Ved Seimsbrua
4. Ved Breimsvatn Camping

Lokasjonane er vist på Figur 4.

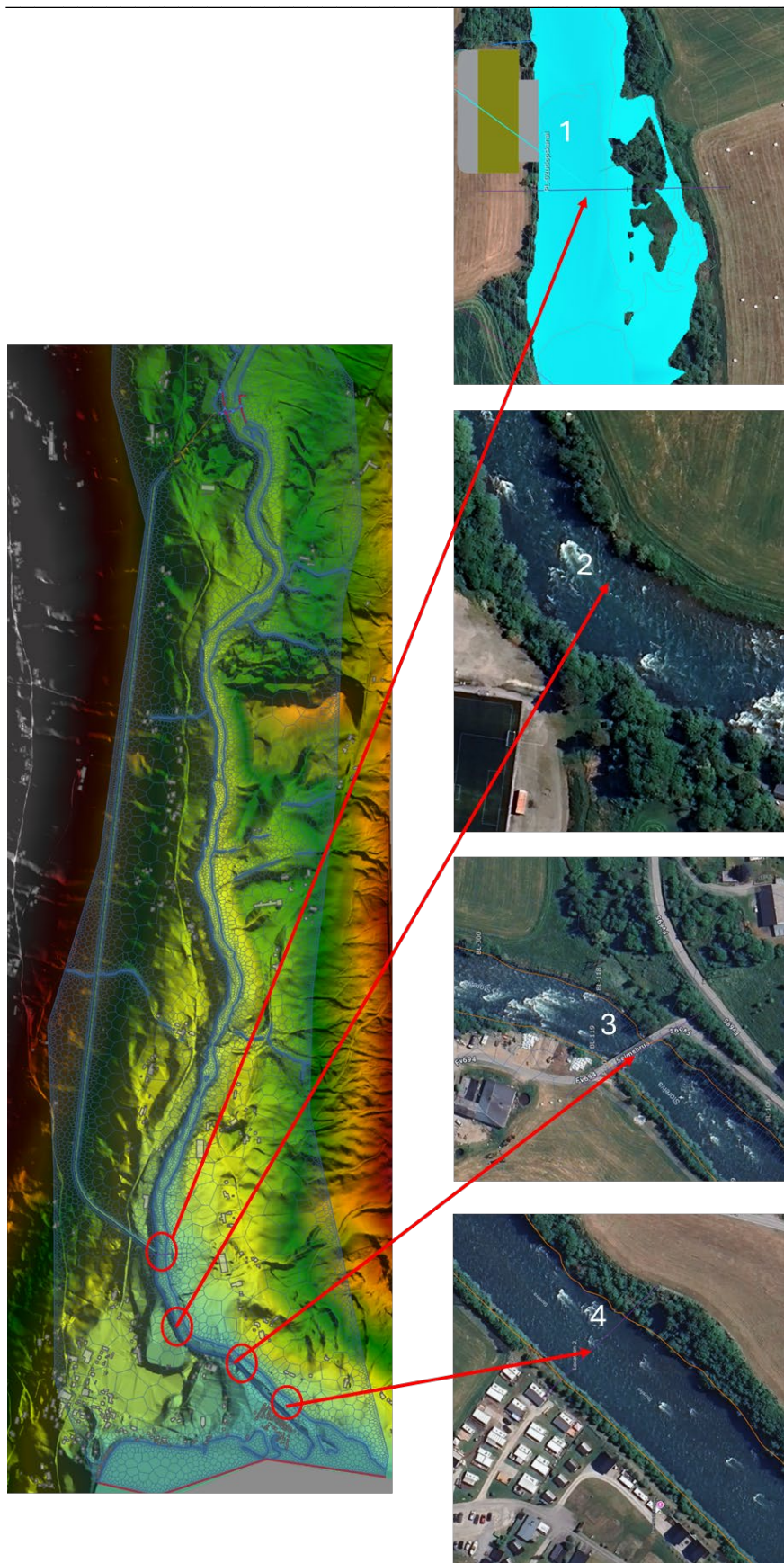
Vasslinjeberekingar av Storelva i Gloppen kommune

Tabell 3. Simulerte scenario med ulike kapasitetar til omløpsventilen.

	Før nedstenging		Etter nedstenging	
	$Q_{\text{kraftverk}}$	Q_{elv}	$Q_{\text{omløp}}$	Q_{elv}
	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s
Scenario 1	60	1	0	61
Scenario 2	60	1	30	31
Scenario 3	60	1	20	41
Scenario 4	60	1	15	46
Scenario 5	60	1	12	49
Scenario 6	60	1	10	51
Scenario 7	60	1	8	53
Scenario 8	60	1	6	55

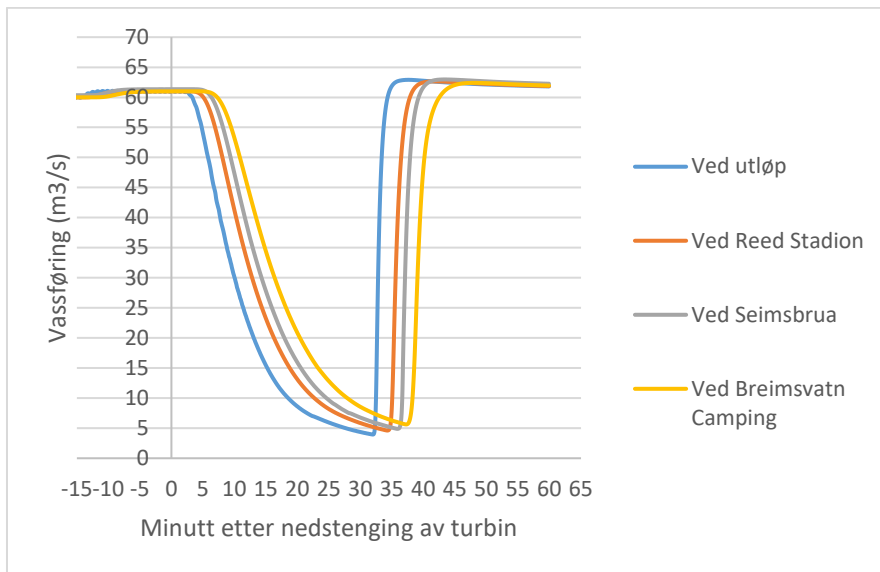
Resultata er vist for kvart scenario med vassføringar som funksjon av tida etter stenging av turbin og vasstand ved vassføring $Q=61 \text{ m}^3/\text{s}$ og minste vassføring i tverrsnittet. Tabell 4 gjev ei oppsummering av resultata der følgjande parameter er vurderte; minste vassføring, tid til vassføringa er tilbake på normalt nivå ved Breim Camping, kor mykje vasstanden sank før den stig att og kor mykje vassdekt areal blir redusert. Tid til vassføringa er tilbake på normalt nivå seier også noko om kor fort vasstanden sank sidan minimum vassføring alltid inntreff like før vassbølgja frå overløpet kjem ned til målestasjonen.

Vasslinjeberekingar av Storelva i Gloppen kommune

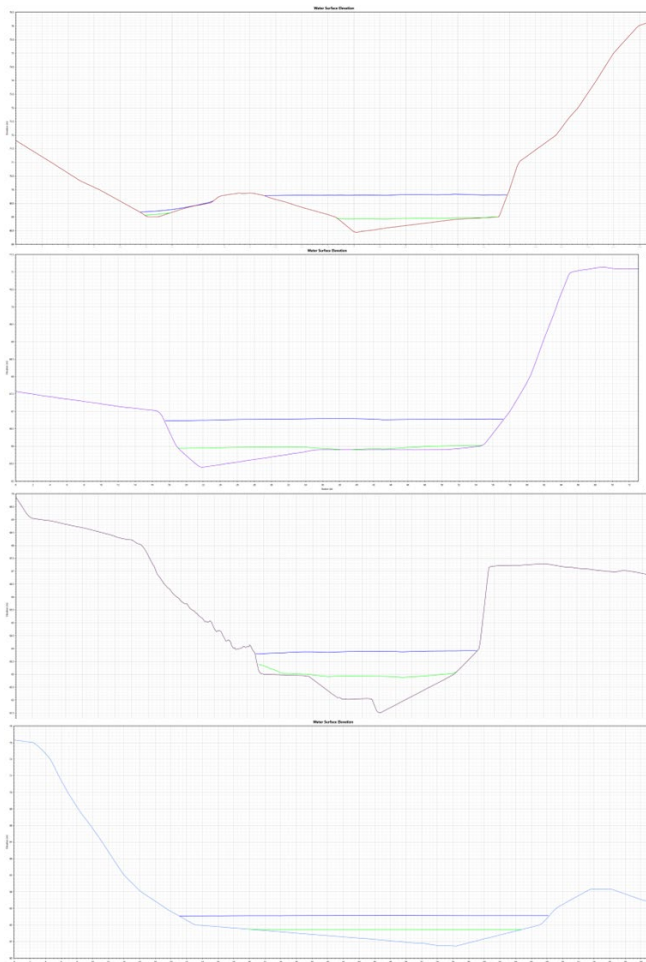


Figur 4. Lokasjoner for vurdering av endring i vassstand og vassføring ved brått utfall av kraftverket.

Vasslinjeberegningar av Storelva i Gloppen kommune

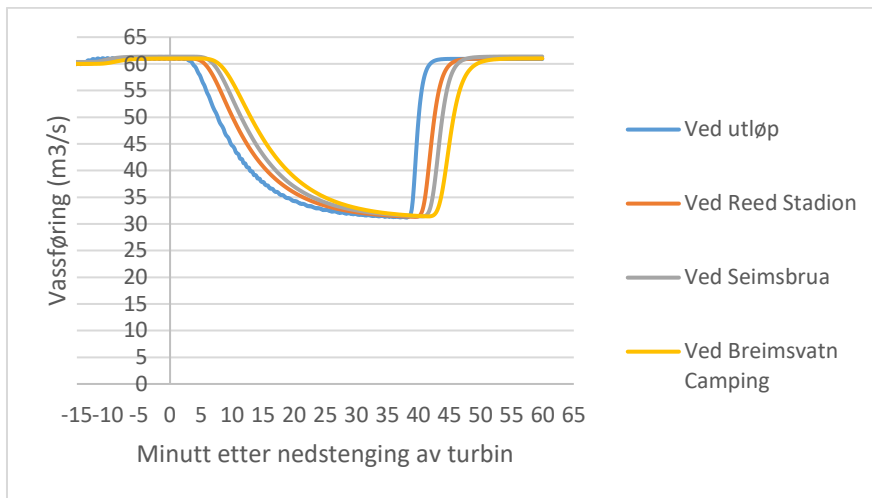


Figur 5. Endring i vassføring i Scenario 1 utan omløpsventil.

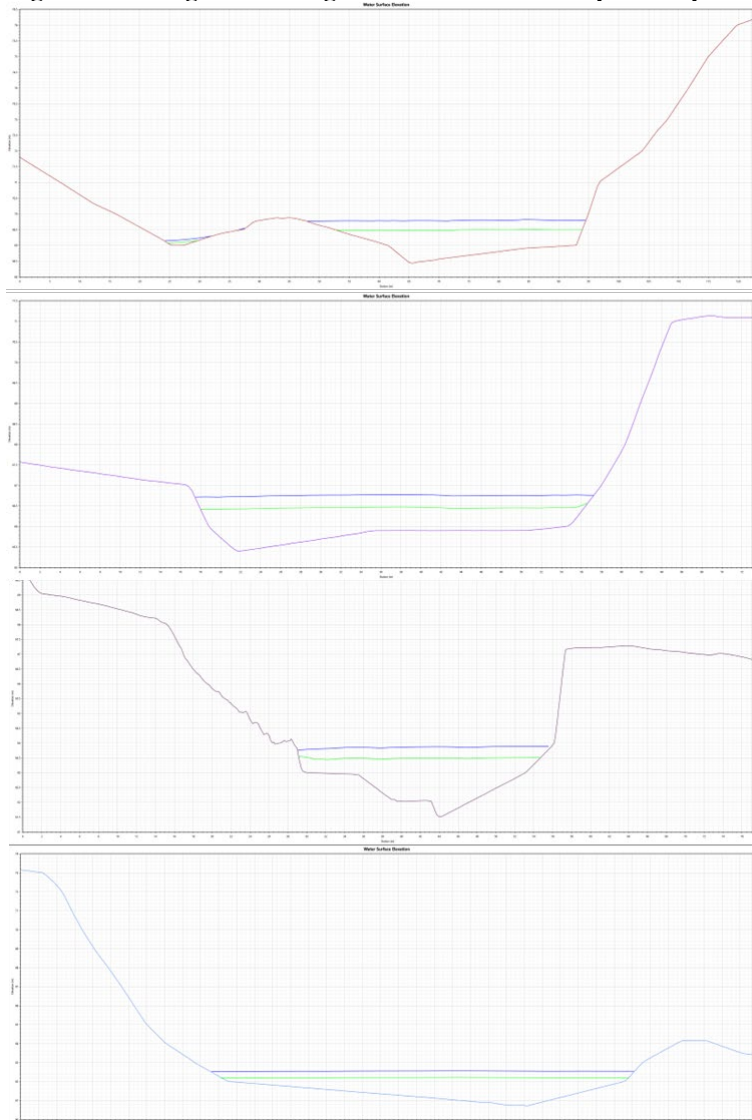


Figur 6. Normal og minimum vassstand i Scenario 1 utan omløpsventil. Ved utløp (øvt), stadion (nest øvt), Seimsbru (nest nedst) og camping (nedst).

Vasslinjeberekingar av Storelva i Gloppen kommune

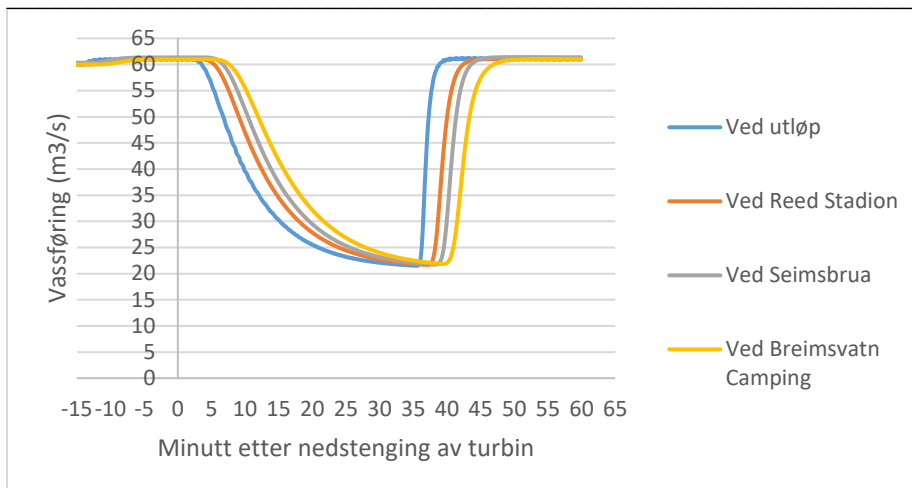


Figur 7. Endring i vassføring i Scenario 2 med omløpsventil på 30m³/s (~Q_{middel})

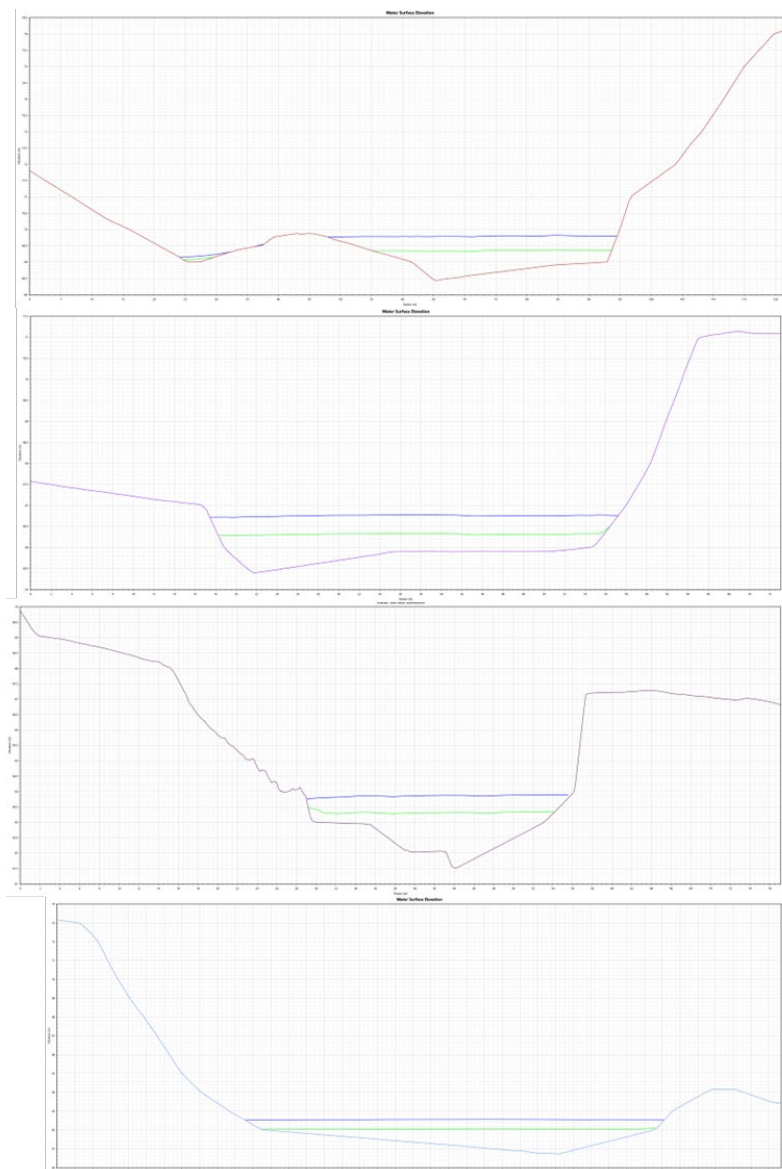


Figur 8. Normal og minimum vassstand i Scenario 2 med omløpsventil på 30m³/s. Ved utløp (øvt), stadion (nest øvt), Seimsbru (nest nedst og camping (nedst).

Vasslinjeberegningar av Storelva i Gloppen kommune

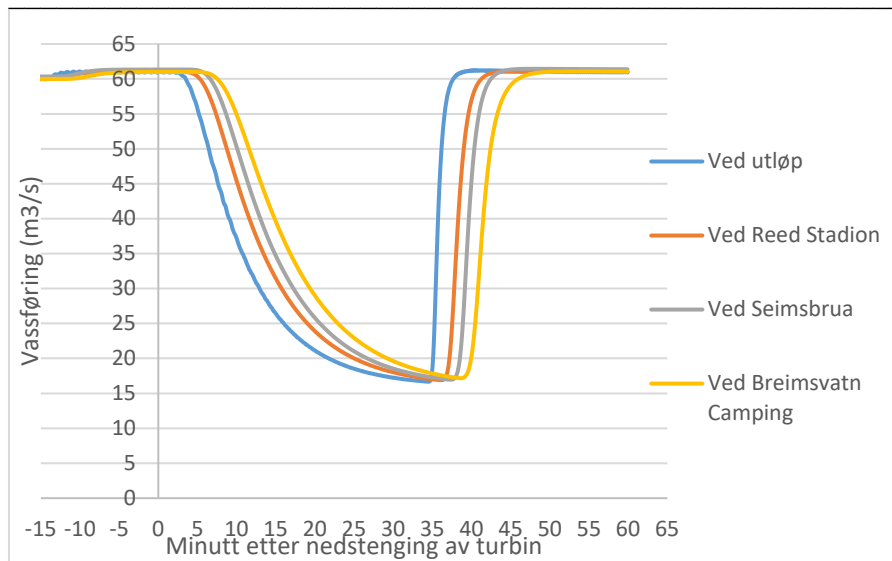


Figur 9. Endring i vassføring i Scenario 3 med omløpsventil på 20m³/s (~ 65% av Q_{middel})

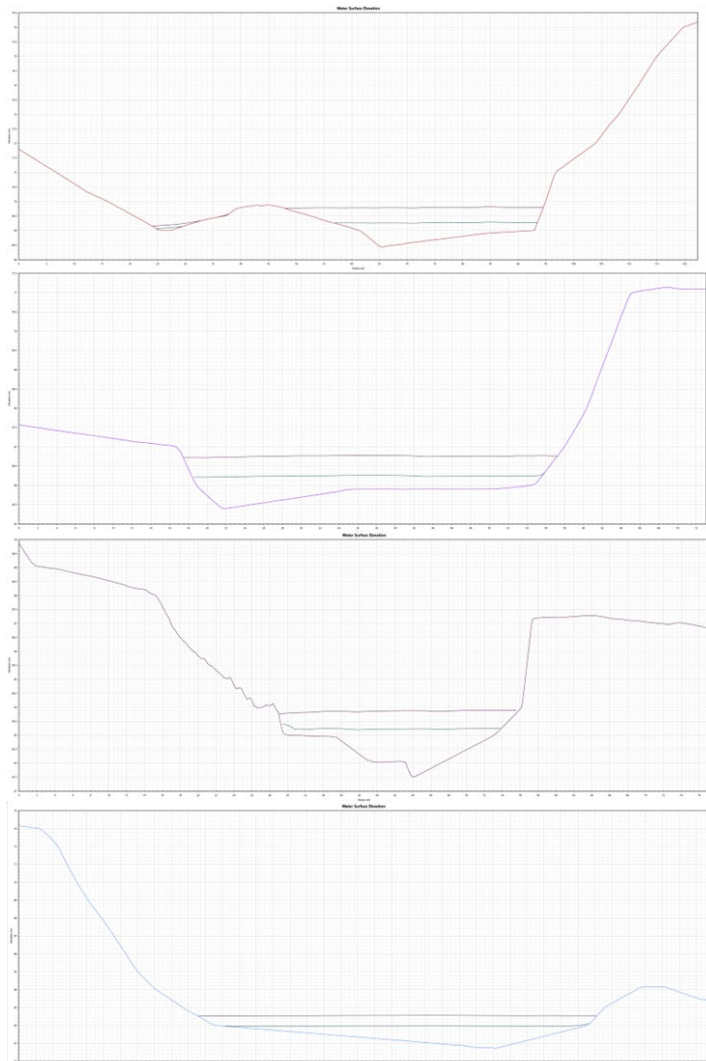


Figur 10. Normal og minimum vasstand i Scenario 3 med omløpsventil på 20m³/s. Ved utløp (øvt), stadion (nest øvt), Seimsbru (nest nedst og camping (nedst).

Vasslinjeberekingar av Storelva i Gloppen kommune

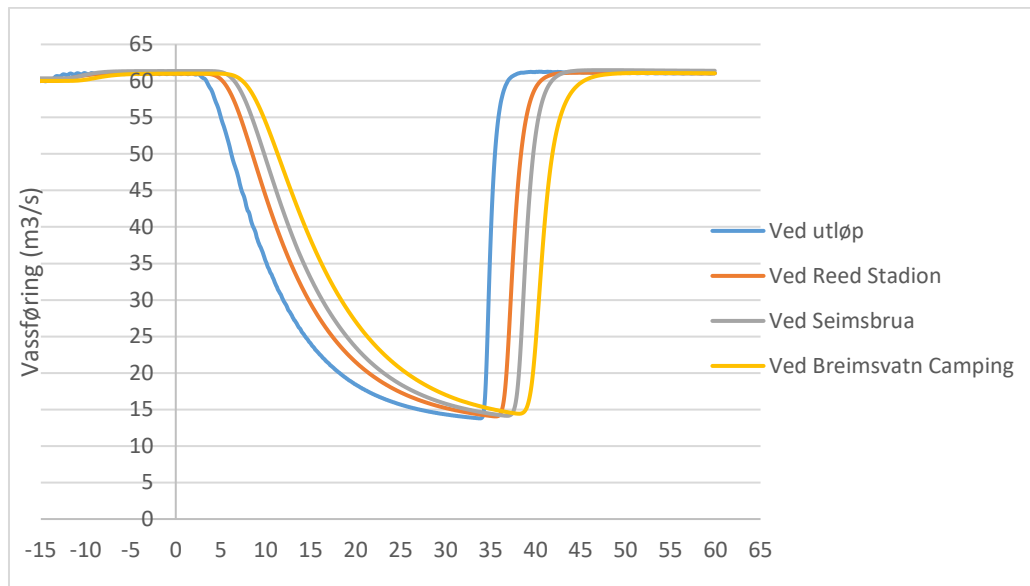


Figur 11. Endring i vassføring i Scenario 4 med omløpsventil på $15\text{m}^3/\text{s}$ ($\sim 50\%$ av Q_{middel})

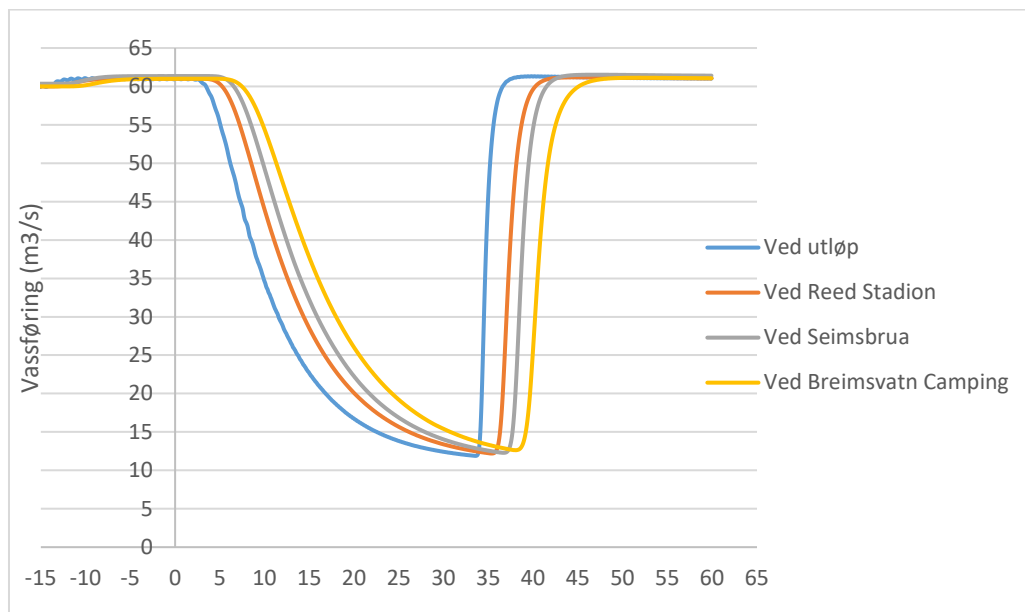


Figur 12. Normal og minimum vasstand i Scenario 4 med omløpsventil på $15\text{m}^3/\text{s}$. Ved utløp (øvt), stadion (nest øvt), Seimsbru (nest nedst) og camping (nedst).

Vasslinjeberekingar av Storelva i Gloppen kommune

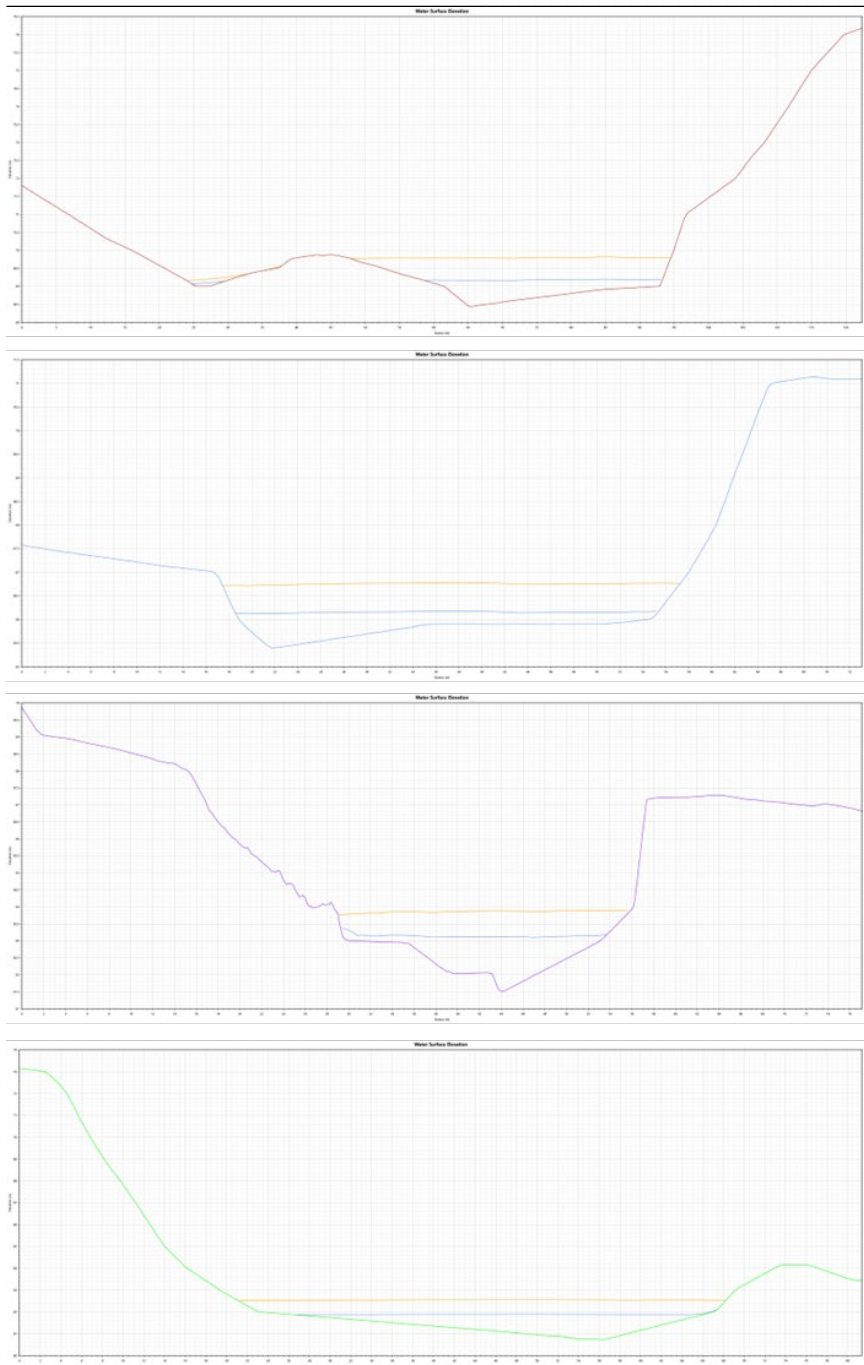


Figur 13. Endring i vassføring i Scenario 5 med omløpsventil på 12m³/s (~ 40% av Q_{middel})



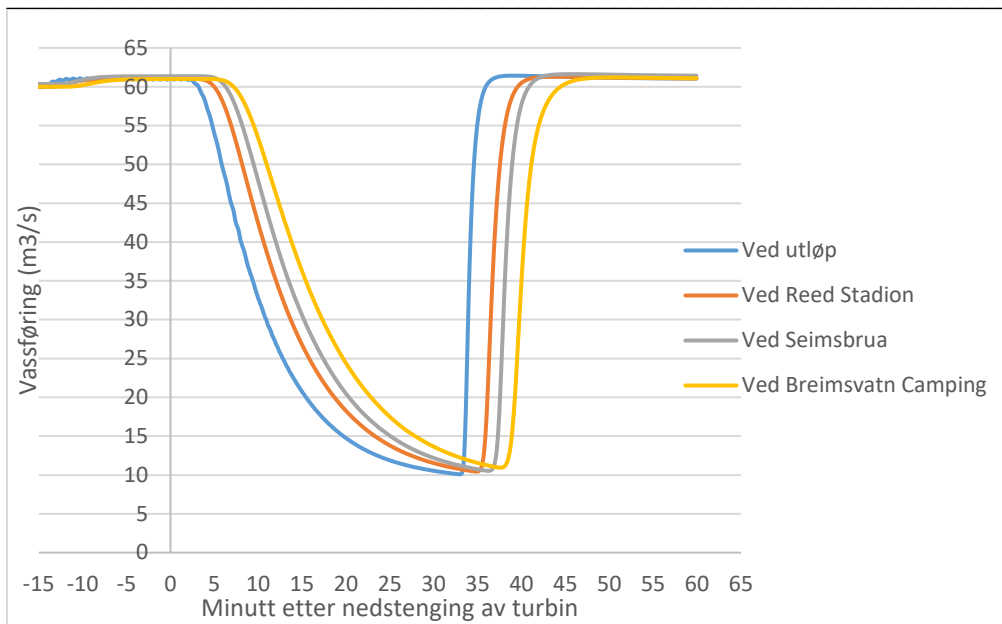
Figur 14. Endring i vassføring i Scenario 6 med omløpsventil på 10m³/s (~ 35% av Q_{middel})

Vasslinjeberegningar av Storelva i Gloppen kommune

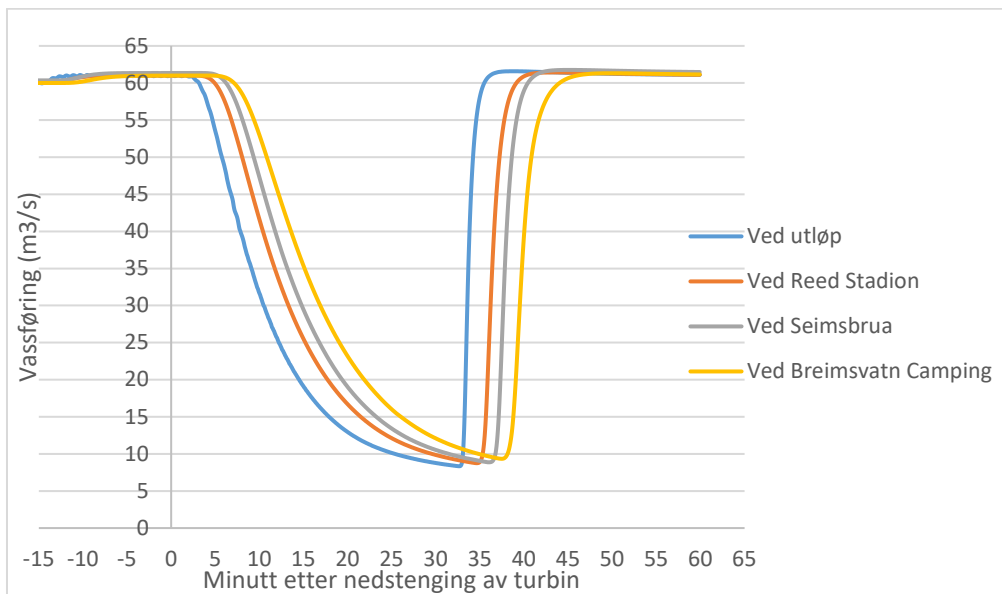


Figur 15. Normal og minimum vasstand i Scenario 6 med omløpsventil på 10m³/s. Ved utløp (øvt), stadion (nest øvt), Seimsbru (nest nedst) og camping (nedst).

Vasslinjeberekingar av Storelva i Gloppen kommune

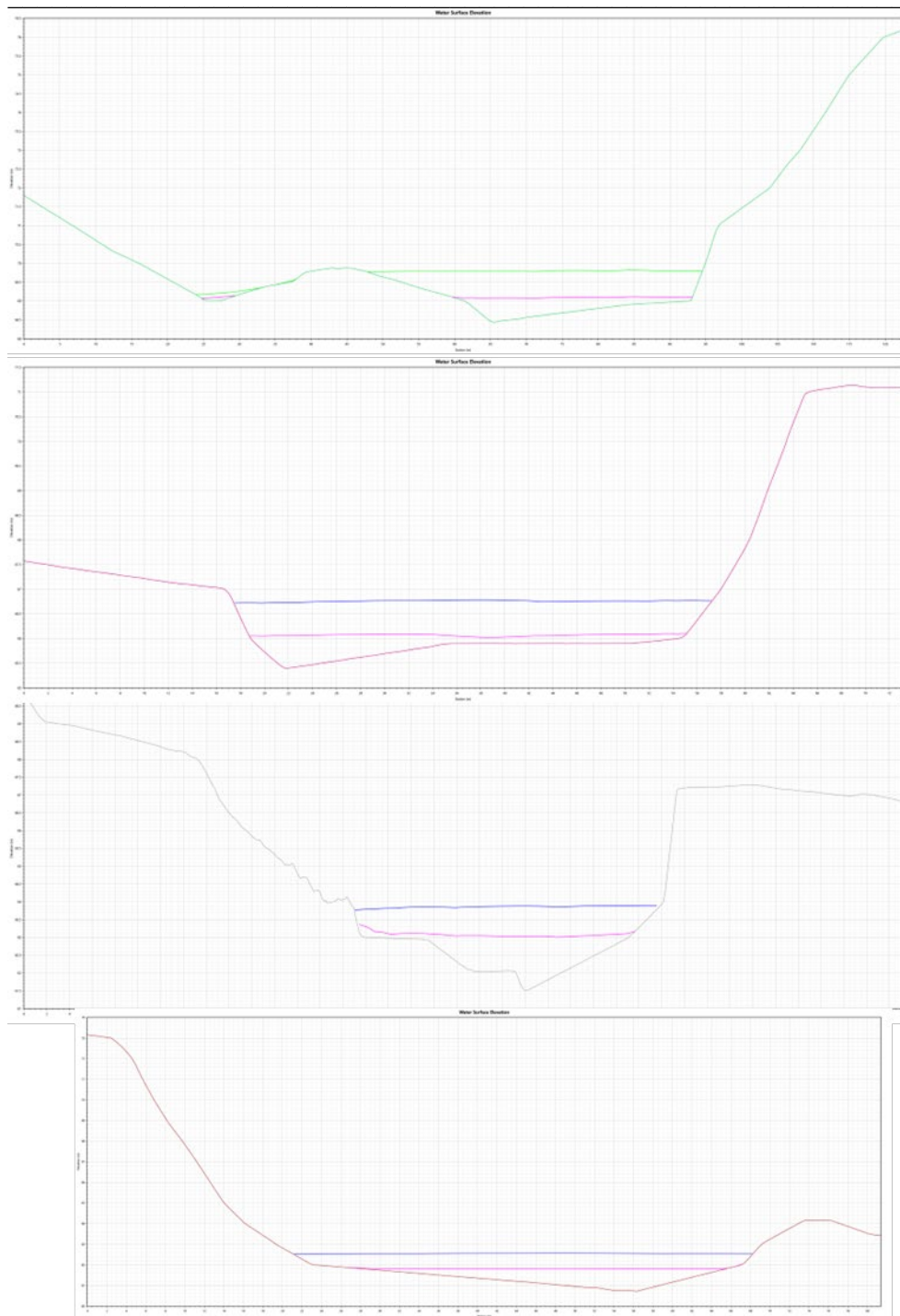


Figur 16. Endring i vassføring i Scenario 7 med omløpsventil på 8m³/s (~ 27% av Q_{middel})



Figur 17. Endring i vassføring i Scenario 8 med omløpsventil på 6m³/s (~ 27% av Q_{middel})

Vasslinjeberegninger av Storelva i Gloppen kommune



Figur 18. Normal og minimum vasstand i Scenario 8 med omløpsventil på $6\text{m}^3/\text{s}$. Ved utløp (øvt), stadion (nest øvt), Seimsbru (nest nedst) og camping (nedst).

Vasslinjeberekingar av Storelva i Gloppen kommune

Tabell 4. Oppsummering av nøkkelparametre frå simulering av brått utfall ved $Q=Q_{maks}=60\text{m}^3/\text{s}$ og ulike kapasiteter på omløpsventilen.

No	$Q_{omløp}$	Q_{min} nedstrøms	Tid, lite vatn	Maks. vasstandsending	Maks reduksjon i vassdekt areal
1	0 m^3/s	4 m^3/s	37 min	90 cm	26%
2	30 m^3/s	32 m^3/s	42 min	25 cm	13%
3	20 m^3/s	22 m^3/s	41 min	50 cm	16%
4	15 m^3/s	17 m^3/s	40 min	60 cm	18%
5	12 m^3/s	14 m^3/s	39 min	65 cm	19,5%
6	10 m^3/s	12 m^3/s	39 min	70 cm	21%
7	8 m^3/s	10 m^3/s	39 min	75 cm	22,5%
8	6 m^3/s	8 m^3/s	38 min	80 cm	24%

Ein omløpsventil vil redusere dei negative verknadene for fisk nedstraums avløpet. Dess større kapasitet omløpsventilen har, dess mindre vert vassføringa påverka. **Saman med fiskebiolog Morten Kaarbøl i Multiconsult er det konkludert med at ein kapasitet på omløpsventilen på 10 m^3/s vil vere tilstrekkeleg.** Denne kapasitet sikrar minimum vassføring på 12 m^3/s nedstraums utløpet til avløpstunnelen ved utfall ved full last ved vinterminstevassføring. Ved sommarminstevassføring vil vassføringa nedstraums vere minimum 17 m^3/s , som tilsvarar scenario 4. Reduksjon i vassdekt areal på 18-21% er vurdert til å vere akseptabelt. Figurane 12 og 15 viser at det også vil vere god djupn i store delar av dei representative tverrsnitta ved desse minimumvassføringane. Lågare kapasitet på omløpsventilen vil ikkje redusere arealet vesentleg meir, men større delar av elva blir samla i djupålen og det blir svært grunt på dei høgare områda av elvebotnen. Større kapasitet vil føre til mindre vasstandsending og litt mindre reduksjon i vassdekt areal. Med bakgrunn i elveløpets utforming mellom utløpet og kraftstasjonen, vil ikkje større omløpsventil gje vesentleg betre forhold på denne elvestrekninga.

6. Regulering av omløpsventil

Ut frå maksimal kapasitet på omløpsventilen, tida vatnet som kjem over dammen brukar ned til Breimsvatnet og nokre prøve-simuleringar er det framlegg om følgjande regulering av omløpsventilen:

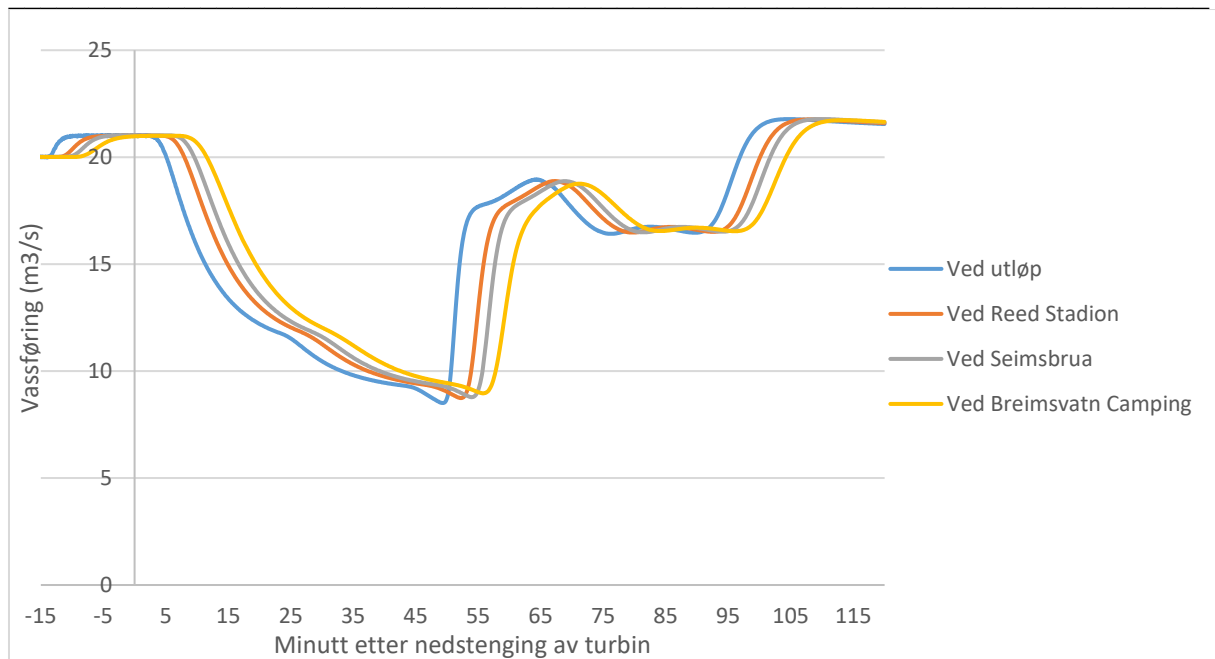
- 1) Driftsvassføring større enn 20m³/s før opning av omløpsventilen:
 - a) Omløpsventilen opnar til 10m³/s (maksimal kapasitet) i 50 minutt
 - b) Omløpsventilen stenger
- 2) Driftsvassføring 12-20 m³/s før opning av omløpsventilen:
 - a) Omløpsventilen opnar til 10m³/s
 - b) Omløpsventilen reduserer med 2m³/s kvart 20. minutt
 - c) Omløpsventilen stenger etter 1 time.
- 3) Driftsvassføring 3-12 m³/s
 - a) Omløpsventilen opnar til 80% av gjeldande vassføring i 20 minutt
 - b) Omløpsventilen reduserer med 2m³/s kvart 20 minutt inntil den når 2 m³/s.
 - c) Omløpsventilen stenger etter 1time og 20 minutt.

Situasjon 1 er dekket av Scenario 6 i førre avsnitt. Tabell 5 viser simulerte scenario og vassføring gjennom omløpsventil og i elv. Det er simulert ved driftvassføringar mellom 6m³/s og 20m³/s ved både sommar- og vinterminstevassføring. Simuleringane er utførte som tidlegare med auke frå T=00:00 til 01:00, så stasjonære innløp («Før nedstenging») frå 01:00 til 03:00, så følgjer volumratene i elva og ut frå kraftstasjonen veridane i Tabell 5 for dei ulike scenarioa.

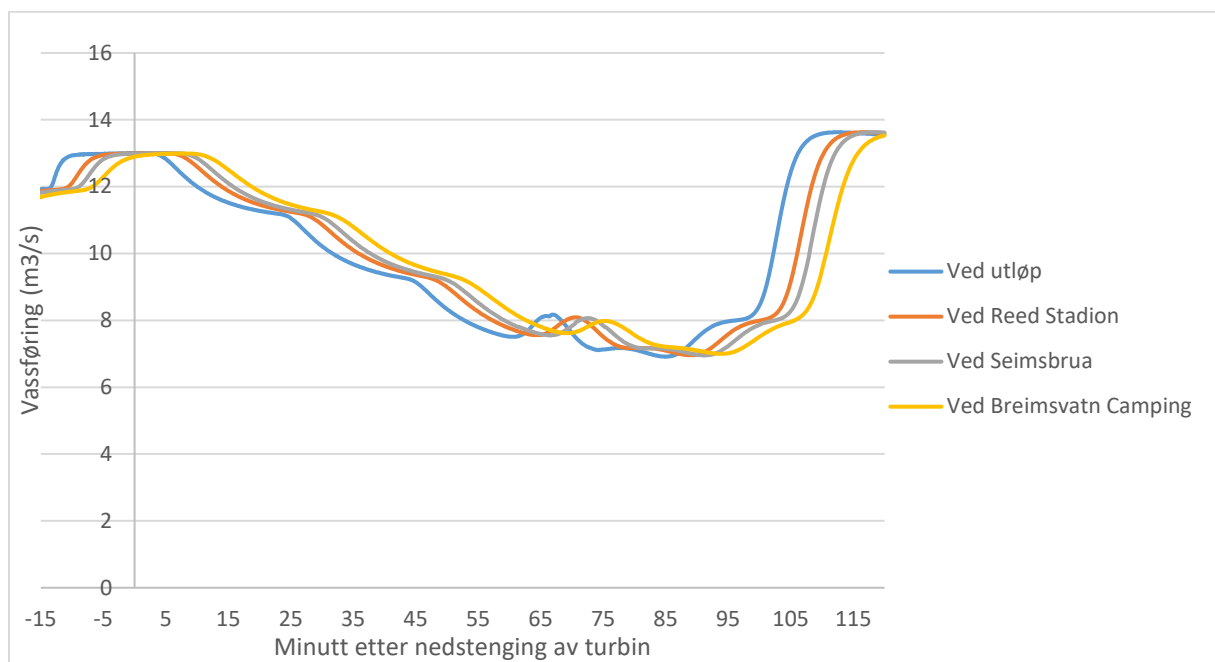
Tabell 5. Scenario for regulering av omløpsventil.

	Før nedstenging		Etter nedstenging							
			T:0-20min		T:20-40min		T:40-60min		T:60-80min	
	Q _{kraftverk}	Q _{elv}	Q _{omløp}	Q _{elv}	Q _{omløp}	Q _{elv}	Q _{omløp}	Q _{elv}	Q _{omløp}	Q _{elv}
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Scenario A	20	1	10	11	8	13	6	15	0	21
Scenario B	12	1	10	3	8	5	6	7	0	13
Scenario C	10	1	8	3	6	5	4	7	2	9
Scenario D	6	1	4,8	2,2	2,8	4,2	2	5	2	5
Scenario E	20	6	10	16	8	18	6	20	0	26
Scenario F	12	6	10	8	8	10	6	12	0	18
Scenario G	10	6	8	8	6	10	4	12	2	14
Scenario H	6	6	4,8	7,2	2,8	9,2	2	10	2	10

Vasslinjeberekningar av Storelva i Gloppen kommune

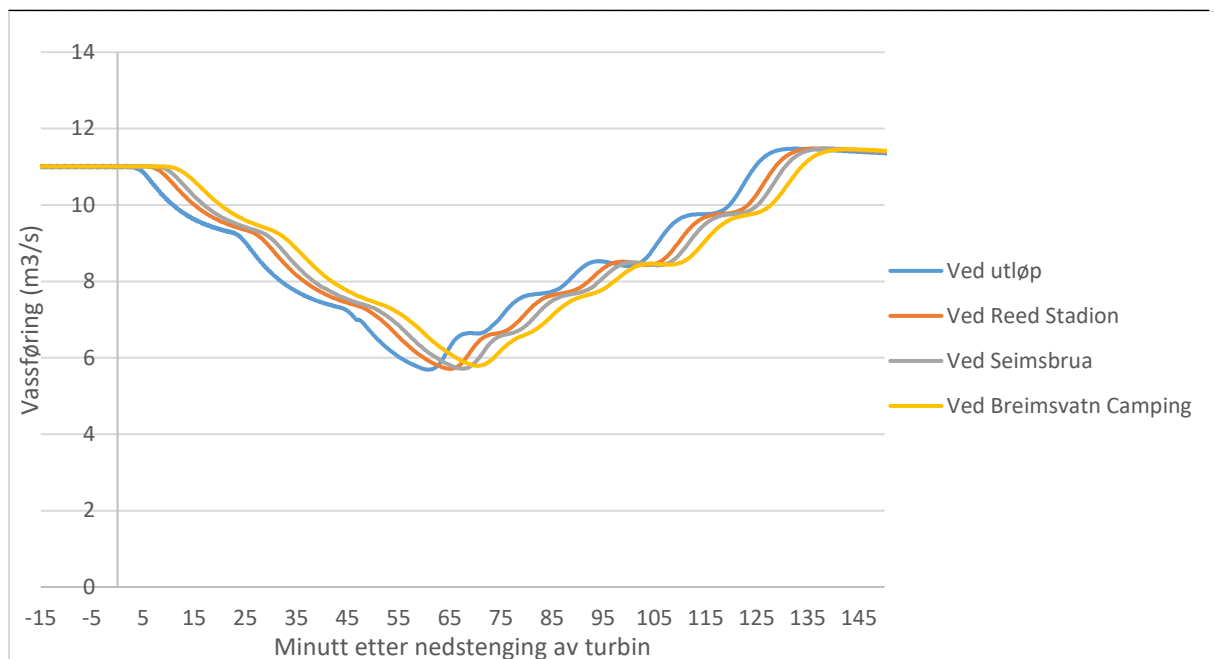


Figur 19. Vassføring ved nedstraums lokasjonar for Scenario A.

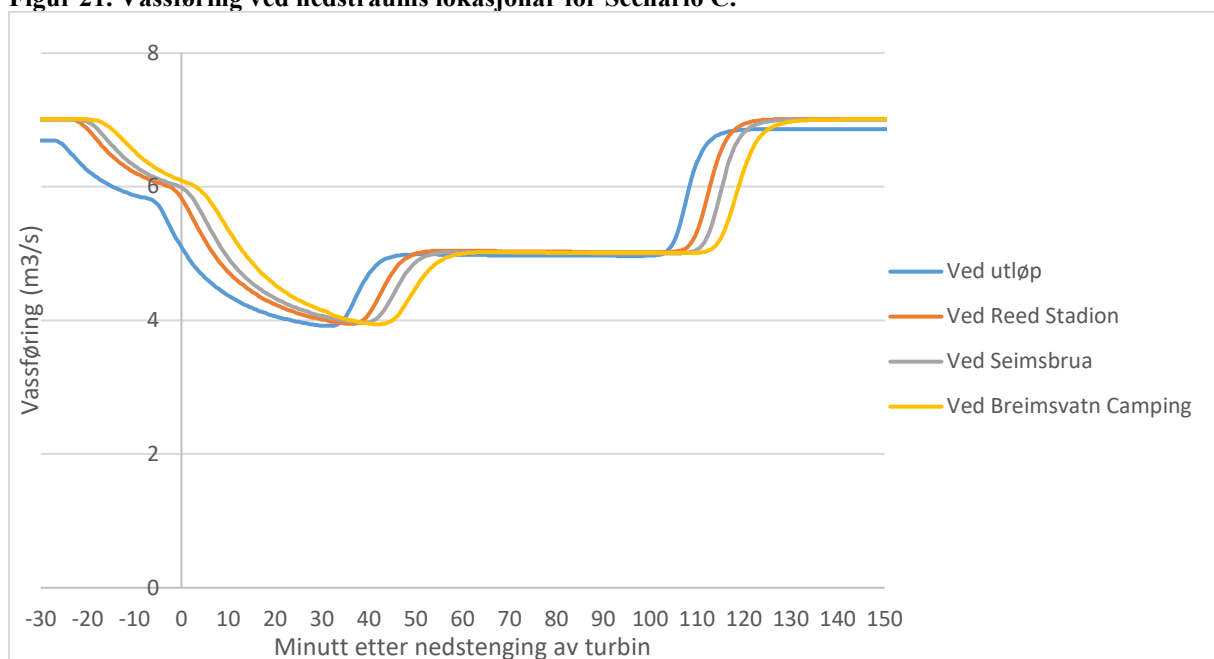


Figur 20. Vassføring ved nedstraums lokasjonar for Scenario B.

Vasslinjeberekningar av Storelva i Gloppen kommune



Figur 21. Vassføring ved nedstraums lokasjonar for Scenario C.



Figur 22. Vassføring ved nedstraums lokasjonar for Scenario D

Simuleringar av nedstenging ved sommarminstevassføring gjev same reduksjonen som med vinterminstevassføring, men det vil alltid vere 5m³/s meir vatn i elva, som gjer at den relative endringa vert mindre.

Vasslinjeberekingar av Storelva i Gloppen kommune

Tabell 6. Oversikt over minste nedstraums vassføring, største endring i vasstand og reduksjon i vassdekt areal ved nedregulering av omløpsventilen.

No	Q _{kraftverk}	Q _{elv}	Q _{min nedstrøms}	Maks. vasstandsending	Maks reduksjon i vassdekt areal
A	20 m ³ /s	1m ³ /s	8,5 m ³ /s	26 cm	8,9%
B	12 m ³ /s	1m ³ /s	6,9 m ³ /s	16 cm	5,3%
C	10 m ³ /s	1m ³ /s	5,7 m ³ /s	15 cm	5,3%
D	6 m ³ /s	1m ³ /s	3,9 m ³ /s	10 cm	6,3%
E	20 m ³ /s	6m ³ /s	14,7 m ³ /s	22 cm	5,8%
F	12 m ³ /s	6m ³ /s	12,9 m ³ /s	11cm	3,7%
G	10 m ³ /s	6m ³ /s	11,0 m ³ /s	6 cm	3,7%
H	6 m ³ /s	6m ³ /s	8,8 m ³ /s	9 cm	5,5%

Tabell 6 viser at foreslått regulering av omløpsventilen vil forhindre store vassføring- endringar og vasstandsendingar mellom utløpet for avløpskanalen og Breimsvatnet ved låge vassføringar. Ved driftsvassføringar mellom 6m³/s og 12m³/s vert vassføring forsvinn mindre enn 50% av driftsvassføringa nedstraums avløpet og vassdekt areal vert redusert med mindre enn 10%. Vasstandsendingane er også små.

7. Konklusjonar

To-dimensjonale vasslinjeberekingar av vassføring i Storeelva mellom inntaket og Breimsvatnet er utført. Det er gjort simuleringar med ulike kapasitetar på omløpsventil ved nedstenging største driftsvassføring og simuleringar av nedregulering av omløpsventilen ved ulike driftsvassføringar. Resultata er presenterte i form av vassdekt areal, vassføring og vasstand ved fire representative tverrsnitt mellom utløpet av avløpskanalen og Breimsvatnet. Ut frå resultata er det konkludert med følgjande:

1. Storelva mellom utløpet for avløpstunnelen og Breimsvatnet har ei utforming som gjer at vassdekt areal endrar seg lite med vassføringa.
2. Omløpsventil med kapasitet på $10\text{m}^3/\text{s}$ vil vere tilstrekkeleg til å sikre liten endring i vassdekt areal nedstraums utløpet til avløpstunnelen ved brått utfall av kraftverket. Vassdekt areal vil også ha tilstrekkeleg djupne med denne kapasitet på omløpsventilen.
3. Nedregulering av omløpsventilen må skje over ein periode på mellom 50 minutt og 1 time og 20 minutt. Lengst tid ved låge driftsvassføringar. Ved driftsvassføringar under $20\text{m}^3/\text{s}$ bør nedreguleringa skje gradvis. Nedregulering med $2\text{ m}^3/\text{s}$ per 20. minutt viser akseptable endringar mellom utløpet for avløpstunnelen og Breimsvatnet.

8. Referansar

1. GeoHecRas: <https://www.civilgeo.com/geohecras>
2. Hec-Ras: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>