

Hydraulisk analyse for utfylling i Lågen ved Randklev veibru

Oppdragsnavn **Randklev Bru**
 Prosjekt nr. **1350058327-004**
 Kunde **Innlandet Fylkeskommune**
 Notat nr. **02**
 Versjon **01**
 Til **NVE ved Kristin Haugen**
 Fra **Per Ludvig Bjerke**
 Kopi
 Dato: **17.11.2024**
 Utført av **Per Ludvig Bjerke**
 Kontrollert av **Nadja Grozdanic**
 Godkjent av **Per Ludvig Bjerke**

Contents

- 1 Innledning 2
- 2 Om vassdraget og datagrunnlag for hydrologi 3
 - 2.1 Oppdatering 2024 3
 - 2.2 Om vassdraget 3
- 3 Hydraulisk simulering 7
 - 3.1 Datagrunnlag 7
 - 3.2 Losna sin påvirkning på vannstand 8
 - 3.3 Kalibrering/Tilpasning av hydraulisk modell 9
- 4 Resultat av simuleringene 9
 - 4.1 Simuleringer av eksisterende situasjon for middelflom og 200-års flom 10
 - 4.2 Resultater for fylling planlagt i byggeperioden oktober til april.13
- 5 Erosjon og behov for erosjonssikring16
- 6 Forholdene rundt Gåsøya16
- 7 Isforhold.....16
- 8 Oppsummering.....21

1 Innledning

Randklev veibru krysser Gudbrandsdalslågen på Randklevsvegen (FV2532 K S5D10 m837), parallelt med jernbanebrua, sør for Ringebu. Kartoversikt er vist Figur 1. Brua ble opprinnelig bygget som jernbanebru i 1896, men ble gjort om til veibru i 1957, da det ble bygget ny jernbanebru 20 m lenger sør.

Under ekstremværet «Hans» i august 2023 ble det påført store skader på begge bruene. Det vestre fundament til veibrua ble undergravd og overbygningen ble forskjøvet 30 cm sørover. Jernbanebrua ble reparert vinteren 2024, og samtidig ble det vestre fundament til veibrua sikret ved å støpe under fundamentet.

Innlandet fylket planlegger nå reparasjon av veibrua. Det planlegges å restaurere det vestre fundament og rette opp overbygningen i løpet av vinteren 2025. For å gjennomføre reparasjonsarbeidet kreves det en midlertidig utfylling i elva, som gir fremkommelighet for maskiner og annet utstyr.

En slik fylling vil snevre inn elvetverrsnittet, noe som vil gi vannstandsheving opp for brua og gi økte vannhastigheter i det resterende elveløpet. Dette kan videre gi økt erosjon og virke negativt på miljøet i elva.

Effektene av den planlagte utfyllinga har blitt utredet. Det er gjort flomberegninger og hydrauliske simuleringer for å se på hvor store effektene av utfyllinga blir. Dette notatet presenterer resultatene fra de hydrauliske simuleringene som kvantifiserer endringene i vannhastigheten, vannstanden og skjærstresset som et resultat av utfyllingen. Dimensjonerende flom for tiltaket er en 10-års flom, da det har en levetid over 3 måneder. Simuleringene er kjørt for beregnet 10-års flom i planlagt periode for utfylling, 25.09-30.04.

Det er tidligere levert et notat som omhandler en tidlig utgave av fyllingen. Det er etter møtet mellom IFK og entreprenører gjort noen endringer av fyllinga og dette notatet omhandler effekten av siste versjon av fyllinga i forhold til ren elv. Endringene i forhold til første fylling vart små for hastigheter og skjærspenninger. For vannstandoppstuvningen ble det en reduksjon med ny fylling på ca 14 cm om som vist vedlegg 4. Der vises også begge versjoner av fyllinga.

2 Om vassdraget og datagrunnlag for hydrologi

2.1 Oppdatering 2024

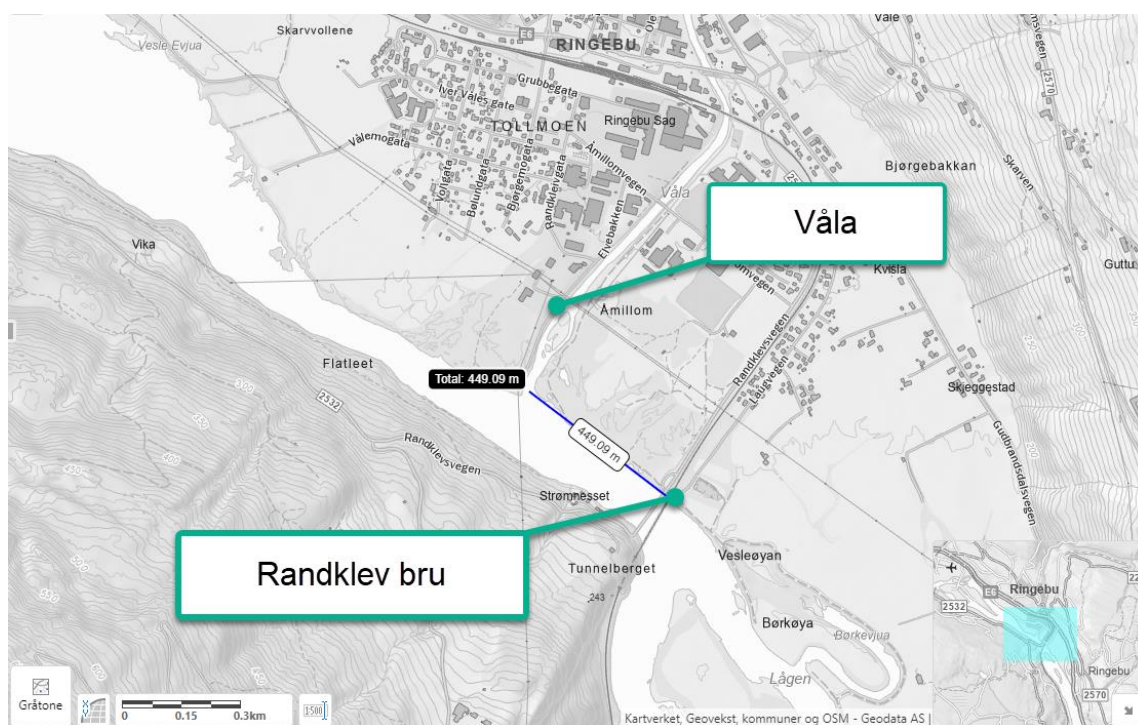
Flomberegninger ble gjennomført vinteren 2024 i forbindelse med reparasjon av jernbanebrua. Den siste vårfloppen i 2024 var en middels vårflopp og endrer ikke på statistikken for Losna og Randklev. Det er derfor brukt samme verdier som for jernbanebrua vinteren 2024.

2.2 Om vassdraget

Gudbrandsdalslågen oppstrøms Randklev bru har et nedbørfelt på 10 570 km² og en elvelengde på 155 km (Vedlegg 1). Nedbørfeltet er dominert av snau fjell (59%) og skog (25%). 50% av nedbørfeltet ligger over 1165 moh. Det er flere reguleringer i vassdraget oppstrøms Randklev bru som påvirker vannføringen. Normalavrenningen er angitt til 22,3 l/s/km² (nve.nevina.no). NVE oppdaterte i 2015 flomberegningene for Gudbrandsdalsvassdraget (NVE, 2015). I arbeidet med Regionplan Lågen (Regionplan Lågen, 2017) ble det utført hydrauliske simuleringer for Lågen fra Otta til Losna. Strekningen Frya - Fåvang forbi Randklev bru fikk spesielt fokus på grunn av utprøving av flomdempende tiltak. Sideelva Våla som renner gjennom Ringeby renner ut i Lågen 450 m opp for Randklev bru Figur 1.

Det hydrologiske grunnlaget for flomberegningen ble vurdert som sjeldent godt og satt til klasse 1 på en skala fra 1-3 hvor 1 tilsvarer beste klasse (NVE, 2015). I Gudbrandsdalslågen er vårflopp dominerende, men det er ikke uvanlig med store regnflopper om høsten. Blant annet var høstfloppen i 1938 stor og på linje med vannføringen under fjorårets ekstremværhendelse «Hans».

Beregnete kulminasjonsflomverdier er oppsummert i Tabell 1. For mer informasjon om flomberegningene som ligger til grunn for den hydrauliske simuleringen vises det til rapporten *Flomberegninger for Gudbrandsdalsvassdraget* (NVE, 2015).



Figur 1. Utsnitt av Gudbrandsdalslågen med plassering av Randklev bruene og sideelva Våla.

Tabell 1. Verdier for kulminasjonsflommer ved Randklev bru (m^3/s) (NVE, 2015) beregnet for hele året.

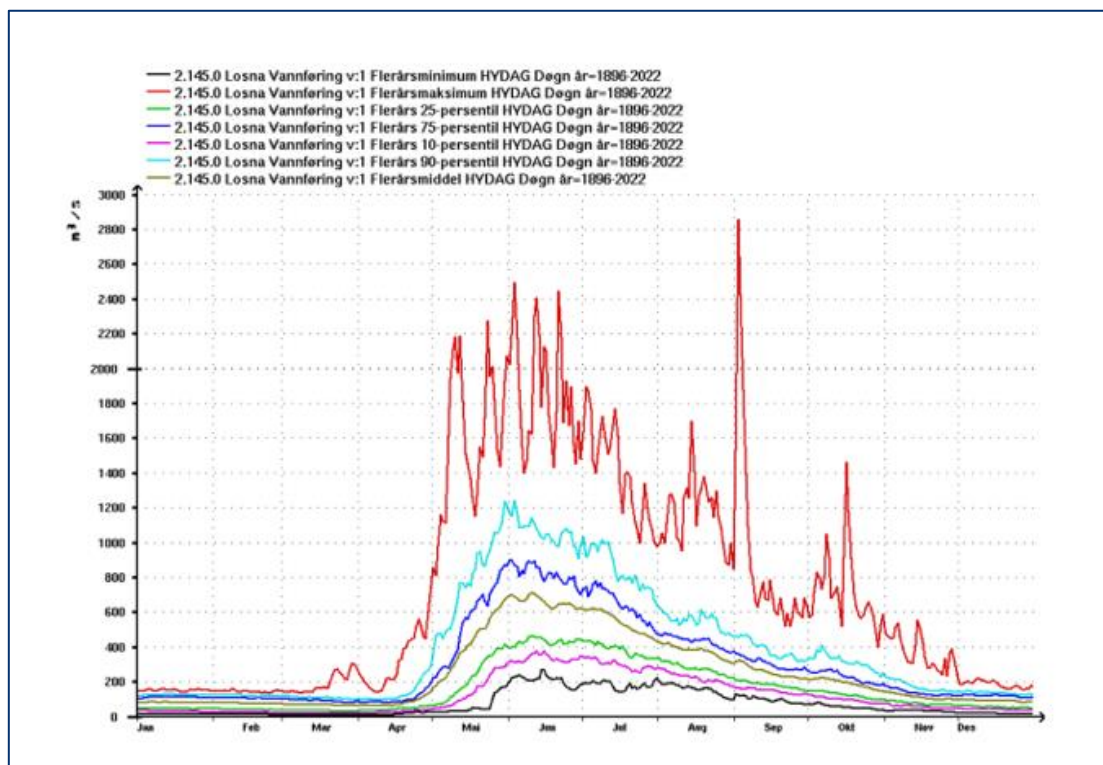
Profil	Q_M	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}	Q_{1000}
Ringebu	1323	1570	1783	1992	2267	2455	2697	3024	3275

Det er hentet ut vannføringsstatistikk fra målestasjon i Losna, som ligger litt over to mil nedstrøms Randklev bru. Vannføringsstatistikken er vist i Figur 3 og viser vannføring for hver dag gjennom året. Det kommer inn noen mindre vassdrag mellom Randklev bru og målestasjonen ved Losna, og vannføringen ved Randklev bru er derfor noen prosent lavere enn ved Losna (NVE, 2015). Figur 3 viser at i tidsperioden mellom 25.09. og 30.04., som er den aktuelle perioden utfyllingen skal ligge, er vannføringen i 90% av tiden lavere enn $400 \text{ m}^3/\text{s}$. Kurven viser midlertid at flommer over $1400 \text{ m}^3/\text{s}$ også kan forekomme i perioden september til oktober, slik som flommen i oktober i 2018.

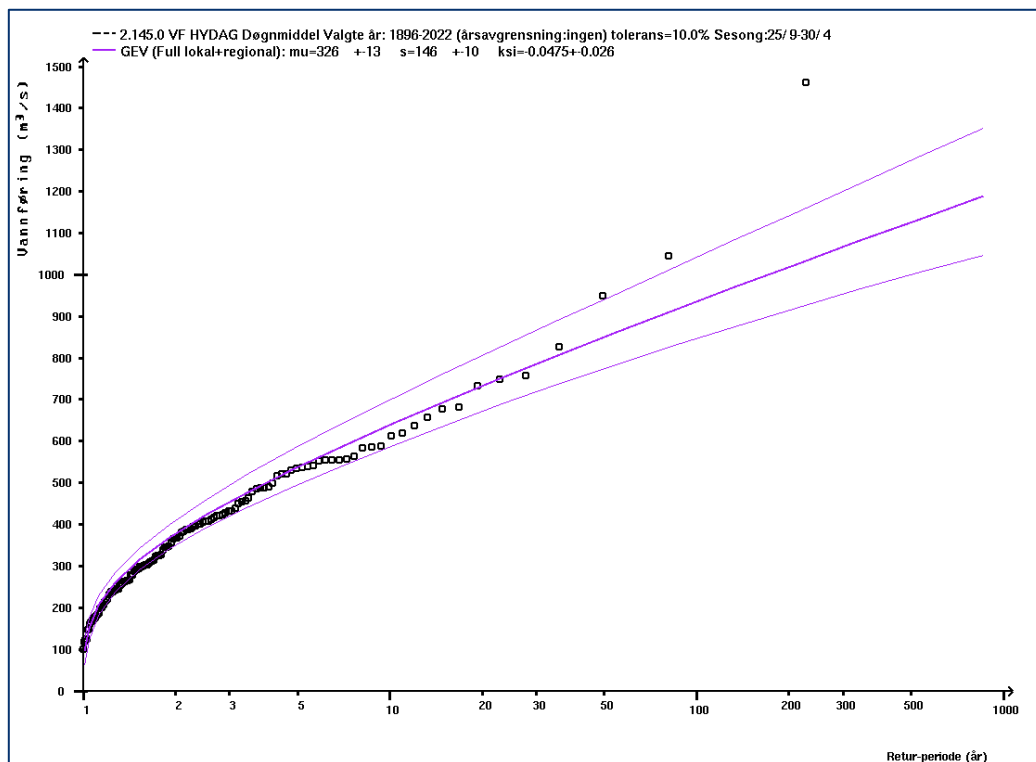


Figur 2. Bruene ved Randklev etter flommen Hans i august 2024. Foto: Martin Fines.

Det er i tillegg utført flomberegning for døgnmiddelflom for planlagt byggeperiode fra 25.09.-30.04 i NVE sitt HYDRA II (Figur 4). Beregnet kulminasjonsfaktor er liten (1.03). Siden Randklev ligger et stykke oppstrøms Losna og har noe lavere vannføring (NVE, 2015), så er verdien for døgnmiddelflom uten kulminasjonsfaktor for Losna lik $640 \text{ m}^3/\text{s}$ også brukt for Randklev.



Figur 3. Plott av persentiler for vannføring ved målestasjon 2.145.0 Losna for hver dag gjennom året (m³/s) (NVE, HYDRA II).



Figur 4. Flomfrekvensanalyse av døgnmiddelflom for perioden 25.09-30.04 i Lågen ved Losna (NVE, Hydra II).

2,145,0 VF HYDAG Døgnmiddel Valgte år: 1896-2022 (årsavgrensning:ingen) tolerans=10,0% Sesong: 1/10- 1/ 5

Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflow) : 378,92
Median maksimalverdi (indeksflow for døgndata) : 344,13

GEV (Full lokal+regional): $f(x)=1/s \cdot (1.0+(ksi(x-\mu)/s)^{-1/ksi-1}) \cdot \exp(-(1.0+(ksi(x-\mu)/s))^{-1/ksi})$ $\mu=313$ $+14$ $s=150$ $+11$ $ksi=-0,0469+-0,027$

Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Øvre estimat	Nedre estimat
2	366,87	0,968	337,69	399,02
5	530,29	1,399	487,08	579,42
10	634,77	1,675	577,90	690,69
20	732,32	1,933	662,46	796,66
50	862,07	2,249	767,14	933,44
100	940,76	2,483	840,36	1034,36
200	1023,52	2,701	911,73	1133,39
500	1133,39	2,991	993,55	1273,10
1000	1218,21	3,215	1054,75	1372,19

Relativ måleverdi = flowverdi / middelflow.
Nedre/øvre estimat angir grensene for å posteriori 95% troverdighetsintervall
Usikkerheten i parameterestimer er her angitt med '+/-' standardavvik (stdev). Under normal-fordelings-
antagelser for å posteriori-fordelingen til hver parameter, betyr det at et 95% troverdighetsintervall kan lages med
estimat $\pm$ 1,96*stdev som grenser.

Figur 5. Flomfrekvensanalyse på døgnmiddelflom ved Losna for perioden 25.09-30.04 (NVE Hydra II)



Figur 6. Flom ved Randklev 2. mai 2018 kl. 10:00. Vannføring målt til å være 2244 m³/s. Foto: Kartverket.

3 Hydraulisk simulering

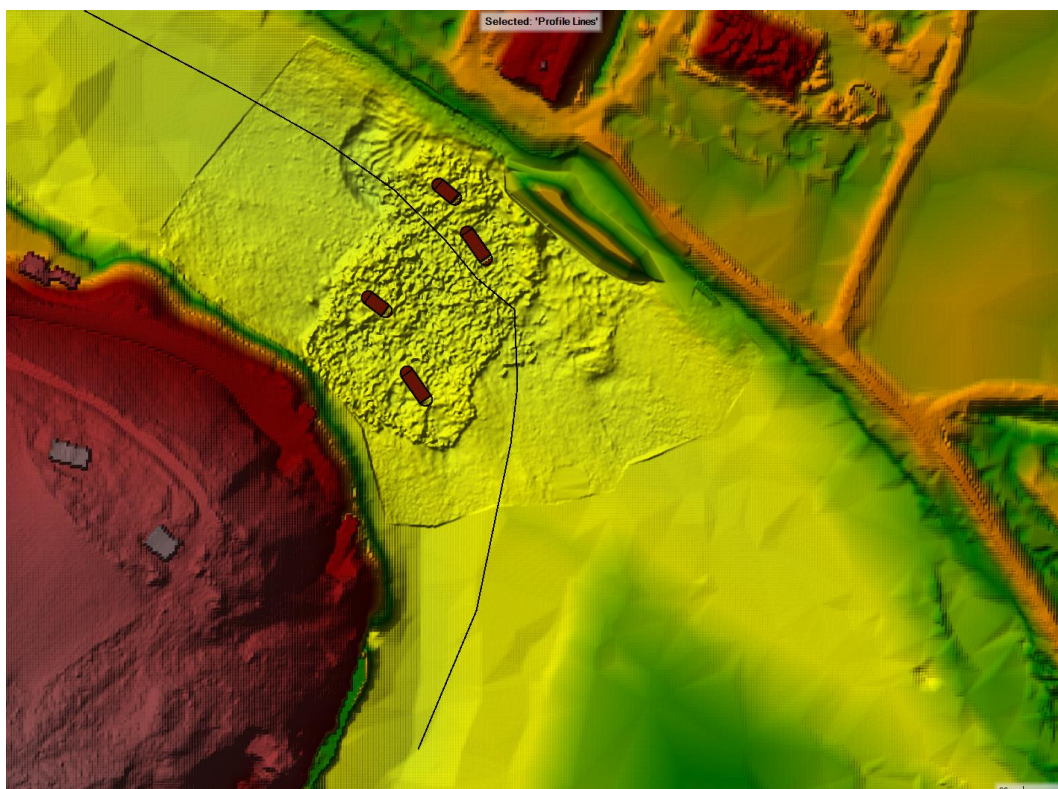
3.1 Datagrunnlag

Simuleringen ble utført med programvaren HEC-RAS 6.5.1. Det ble bygd opp en terrengmodell basert på en kombinasjon av ulike høydedata og dybdedata av elvebunn. Høydedata er lastet ned fra hoydedata.no (29.08.2023) tilhørende prosjekt *Innlandet 5pkt. 2021* og det er brukt data fra regionplan Lågen (Regionplan Lågen, 2017), som ble utviklet under arbeidet med jernbanebrua.

Det er i tillegg benyttet dybdedata fra bunnkartlegging utført av ScanSurvey, 30.09.2023, i forbindelse med reparasjon av jernbanebrua. For området rundt jernbanebrua er det benyttet data som ble scannet etter utlegg av plastringstein den 16.05.2024. Fiskekanalen på østsiden er lagt inn etter at terrengmodell ble utarbeidet ved hjelp av modellverktøy i programvaren.

Terrengmodellen er vist i Figur 7. Området som er basert på dybdedata, kartlagt av ScanSurvey, kommer tydelig frem. Området strekker seg fra 70 m oppstrøms brua til 90 m nedstrøms.

Steinstørrelsen av plastringsteinen er ca. 1 m. Figur 7 viser også tydelig utstrekningen av plastringen langs den nordlige elvekanten.



Figur 7. Terrengmodell av området ved Randklev slik det ble scannet inn 16. mai 2024. Det er etterpå lagt inn en fiskekanal som skal hjelpe fisken forbi stedet.

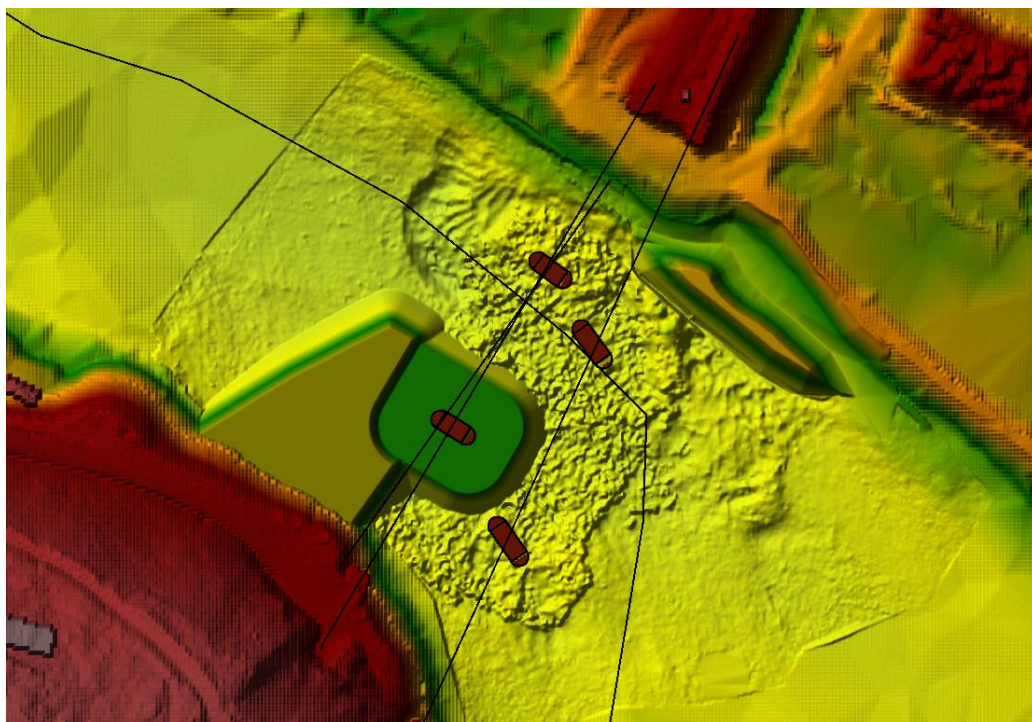
Det er gode data av elvebunnen opp for og ned for bruene, noe som gir et svært godt grunnlag for de hydrauliske simuleringene. Som vist i Figur 7 er det bra tilpasning mellom begge bunnskanningene, både oppstrøms og nedstrøms bruene, i tillegg til bunndata fra regionplan Lågen som ble brukt i analysen.

Den planlagte fyllingen er utformet av Rambøll i samarbeid med Innlandet Fylkeskommune og lagt inn i terrengmodellen i HEC-RAS som vist i Figur 8. Utfyllingene har sidehelninger 1:1,5 ned mot elvebunnen og det brune partiet av fyllinga ligger på kote 184,5 moh. mens det grønne ligger på 183 moh.

Pilarene lagt inn i modellen er basert på brutegninger og bunnskanningen.

Det ble bruk 2D-versjon av HEC-RAS med gridstørrelse 5 m. For fyllinga og området rundt ble det brukt finere grid på 1 m ved bruk av «Refinement regions» -modulen i HEC-RAS.

Tidsskritt for beregninger var i hovedsak 2 sekunder. Ligningssettet SWE-ELM er brukt til alle simuleringer i HEC-RAS.



Figur 8. Terrengmodell med fylling som er brukt i den hydrauliske simuleringen. Svart linjer viser til senere figurer av vannstand langs av elva.

3.2 Losna sin påvirkning på vannstand

Vannstanden i Losnavatnet påvirker vannstanden ved Randklev bru. Ved høy vannstand i Losnavatnet blir det oppstuvning opp til Randklev.

Det er vist i Vedlegg 3 hvordan 5-års vannstanden, 50-års vannstanden og vannstanden ved middelflom i Losnavatnet, i kombinasjon med en vannføring på 1300 m³/s, påvirker vannstanden ved Randklev, sammenlignet med å bruke normalstrømning som nedre grensebetingelse.

Siden målet med dette prosjektet er å bestemme dimensjonerende hastigheter, vannstand og skjærspenning med fylling i elva er det valgt å bruke normalstrømning som nedre grensebetingelse.



Figur 9. Dronebilde tatt oppover mot bruene i 2024 (Foto. K. Rolseth).

3.3 Kalibrering/Tilpasning av hydraulisk modell

Det er ikke utført vannføringsmålinger ved Randklev bru, men Losna målestasjon ligger ca. 20 km sør for brua. Vannføringen der er i de fleste situasjoner ganske lik som ved Randklev.

Under ekstremværet «Hans», i august 2023, var vannføringen ved Losna anslått til ca. 2900 m³/s (E. Holmkvist, pers. kom.), noe som tilsvarer litt over en 200-års flom ved Randklev bru. Ringebu kommune målte da en vannstand lik 187,47 moh. på oppsiden av veien til Randklev bru.

I simuleringen er det tilpasset en ruhet lik $n = 0,035$ som gir en vannstand lik 186,8 for en vannføring på 2700 m³/s ved Randklev. Dette viser at modellen er bra tilpasset for høye vannføringer. Det kan være et lite avvik fra denne ruheten på lavere vannføringer, men for denne analysen er dette en god tilpasning. Denne ruheten stemmer også bra med erfaringsverdier. Kvaliteten på simuleringene anses derfor som gode og med lav usikkerhet.

4 Resultat av simuleringene

Det er gjennomført simuleringer av eksisterende situasjon og av planlagt situasjon med den midlertidige fyllingen, som skal stå over vinteren. Fyllingen vil bidra til å sikre pilarene og beskytte arbeidsområdet mot sterke strømmer og drivende isflak.

Fyllingen vil snevre inn elveløpet og derved øke vannhastigheten og skjærspenningen. I den forbindelse er det undersøkt hvordan dette påvirker de ulike forhold i elva.

Det må planlegges tiltak for å kunne grave bort deler av fyllinga hvis prognosene varsler flomhendelser som gir skjærspenninger opp mot et gitt nivå. Det er derfor kjørt simuleringer for ulike flomhendelser for å finne hvilken vannføring og skjærspenning man kan tillate før slike tiltak iverksettes. Det er

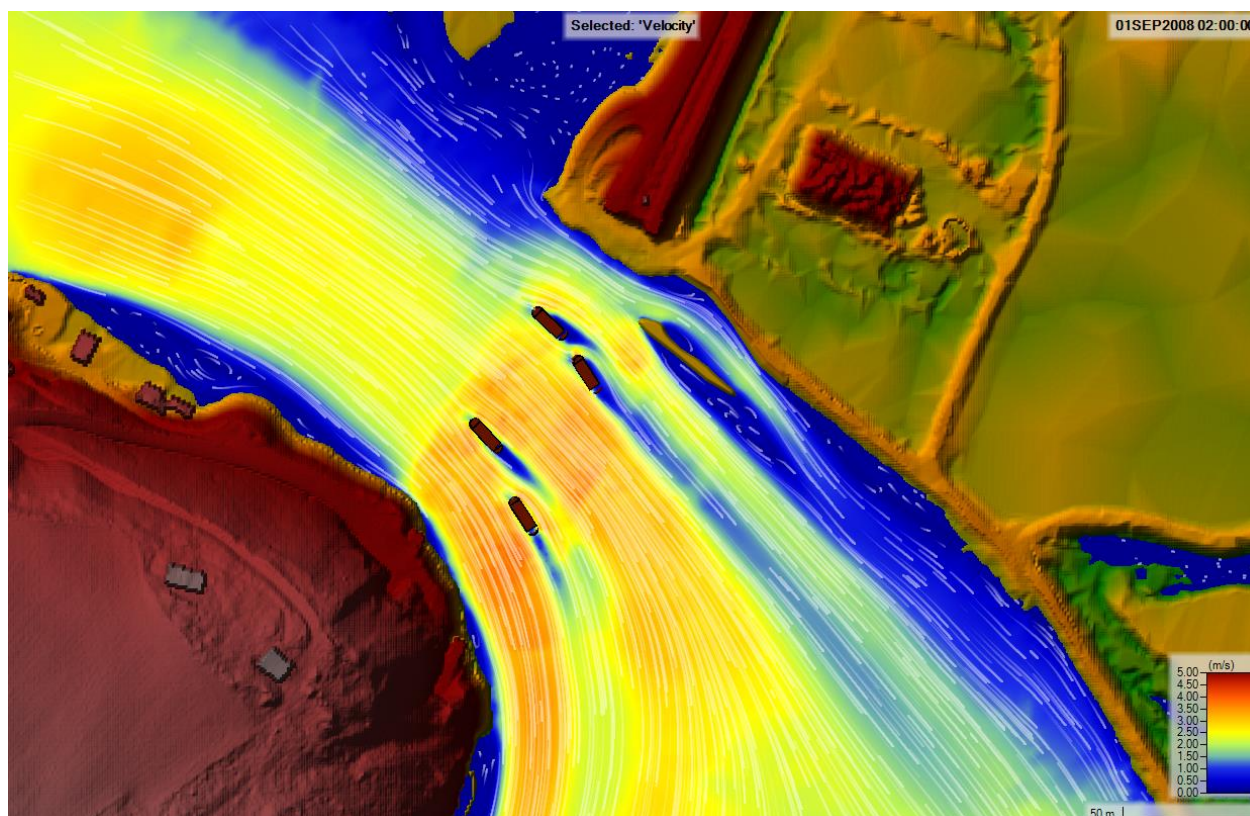
gjennomført simuleringer med og uten fylling for å sammenligne. Følgende simuleringer har blitt kjørt:

- Uten fylling i elva for middelflommen på 1300 m³/s
- Uten fylling i elva for 200-års flom på 2700 m³/s
- Med og uten fylling i elva ved en 10-års flom lik 640 m³/s
- Med og uten fylling i elva for flom lik 500 m³/s
- Med og uten fylling i elva for flom lik 150 m³/s

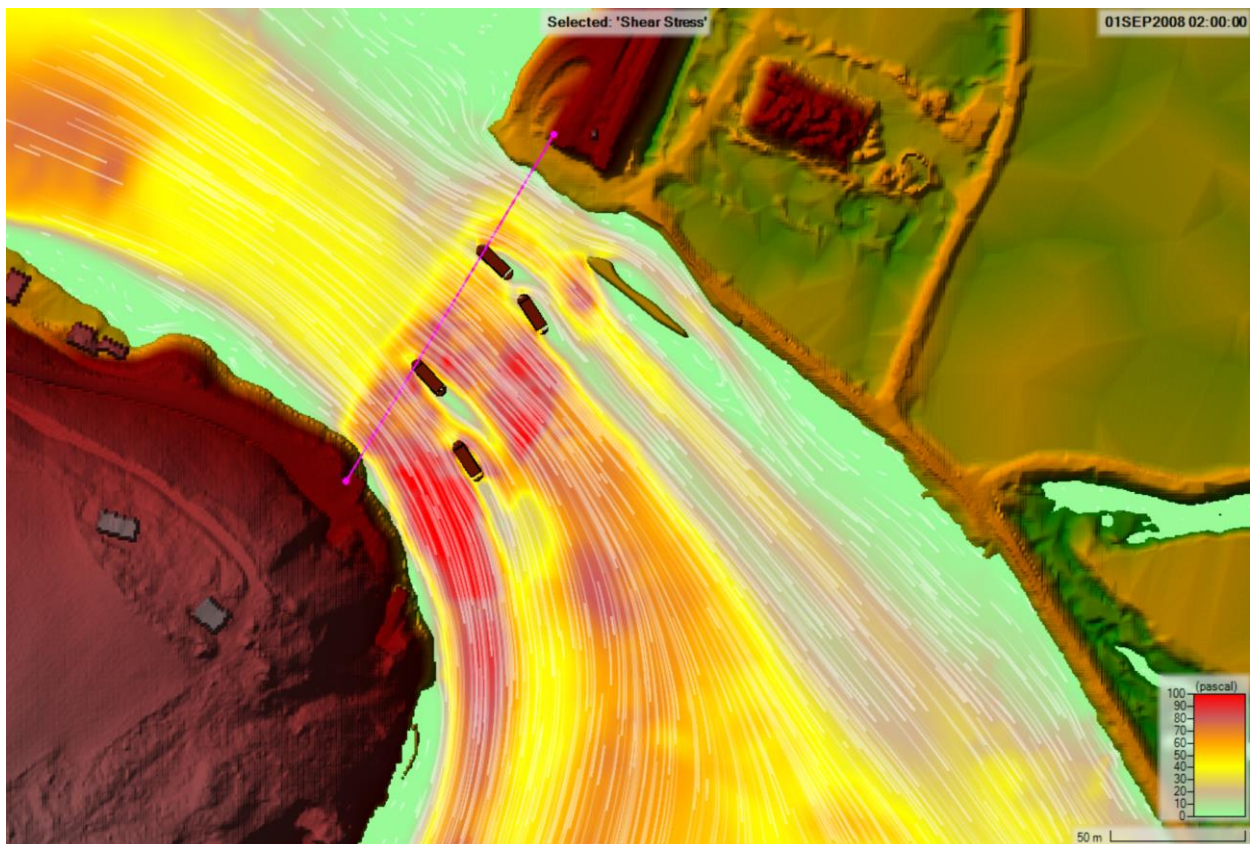
Resultater fra simuleringer viser hvilke effekter fyllinga vil ha på vannstand, vanddybde og vannhastighet sammenlignet med flommer i en ren elv. De vil også gi verdier for skjærspenningen og dermed kan faren for økt erosjon som følge av tiltaket bli vurdert før fyllingen anlegges. I det følgende presenteres resultater.

4.1 Simuleringer av eksisterende situasjon for middelflom og 200-års flom

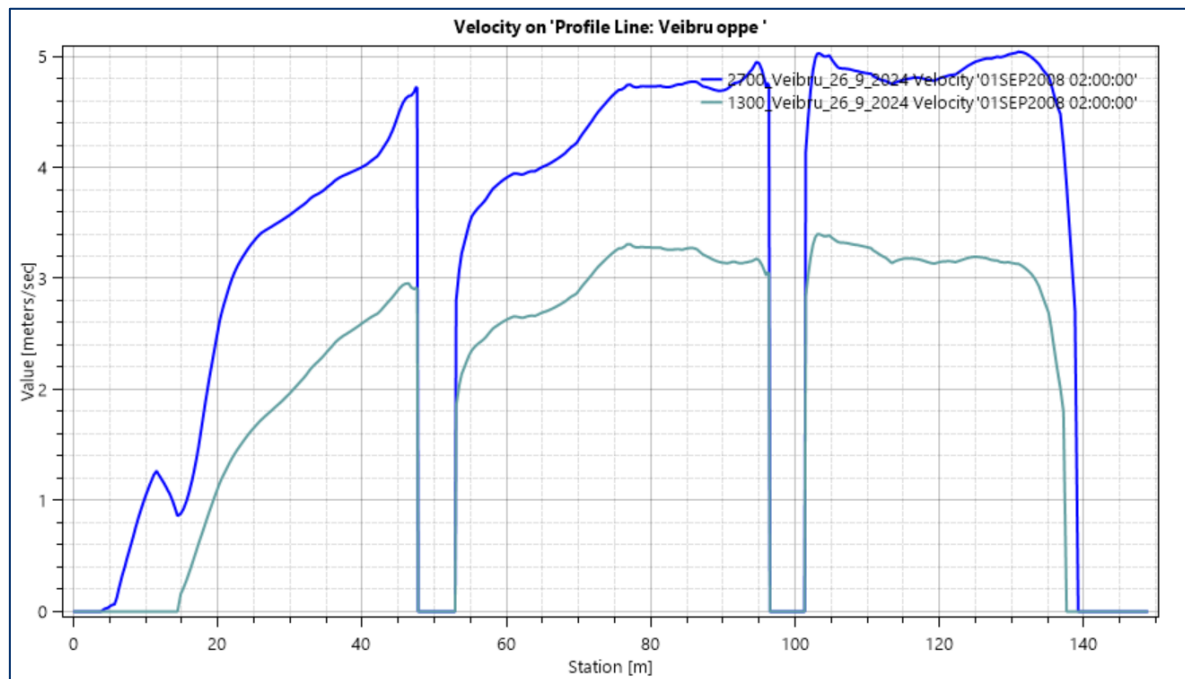
Figur 10 og Figur 11 viser henholdsvis vannhastighet og skjærspenning for en vannføring lik 1300 m³/s (middelflom). Figur 12 og Figur 13 viser hastighet og skjærspenning i et tverrsnitt over fundamentene ved vannføring på 1300 m³/s (middelflom) og 2700 m³/s (200-års flom). Figur 14 viser skjærspenning for en vannføring på 2700 m³/s (200-års flom). Simuleringene viser hastigheter opp mot 3,5 m/s og skjærspenning opp mot 100 N/m² for middelflommen, og opp mot 5 m/s og 200 N/m² for 200-års flommen.



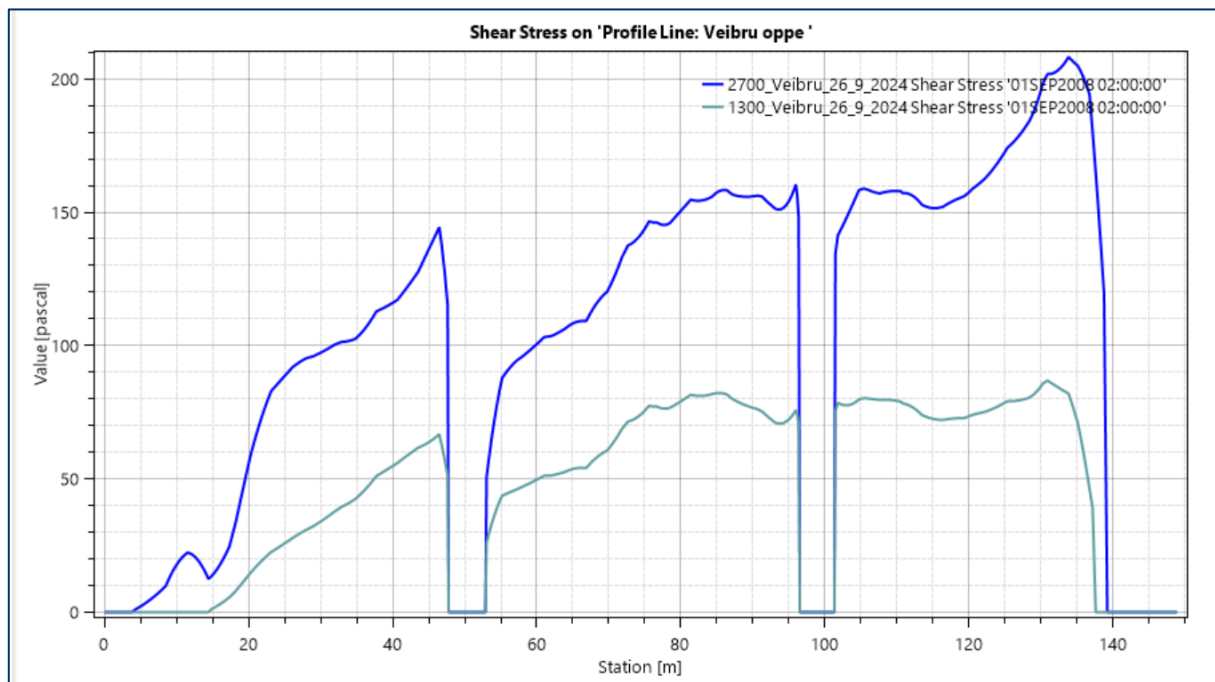
Figur 10. Hastighetsbildet ved Randklev bru for en middelflom på 1300 m³/s. Maksimal hastighet inntreffer i det vestre løp og er opp til 3.5 m/s.



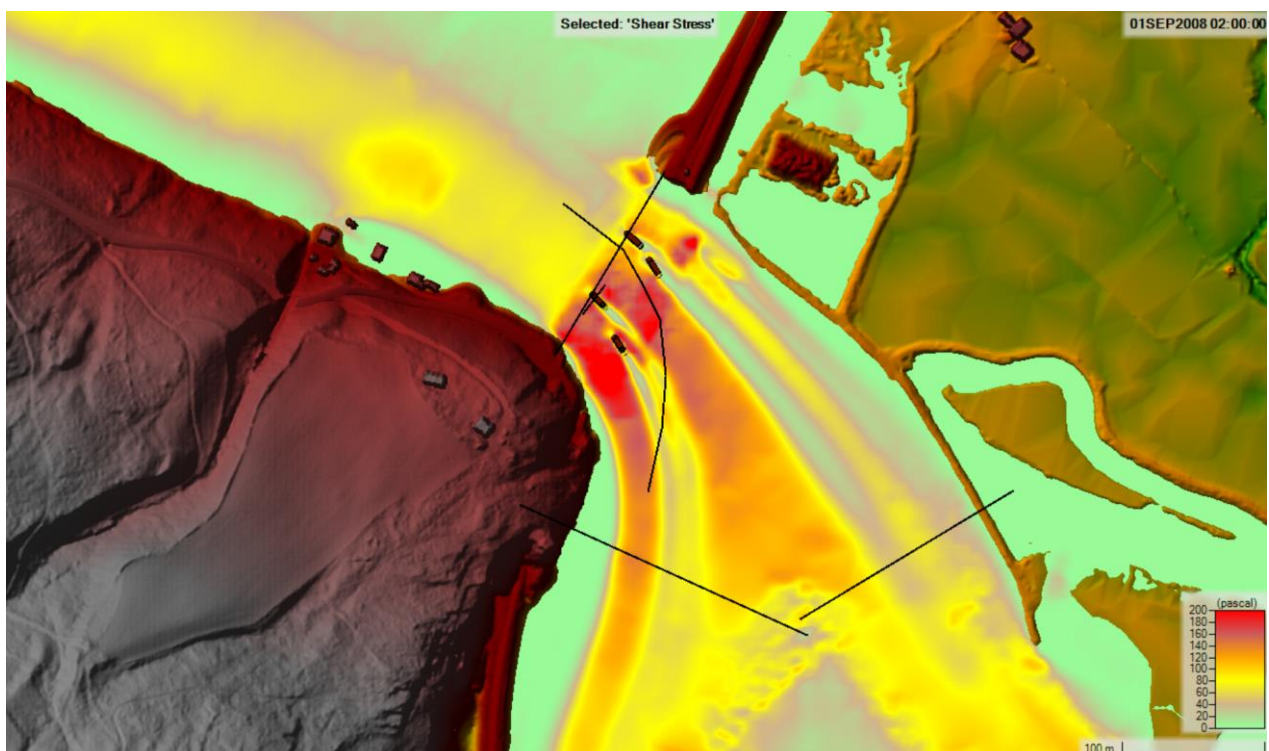
Figur 11. Kart over skjærspenning ved middelflom på $1300 \text{ m}^3/\text{s}$. Det er opp til 90 N/m^2 i vestre løp.



Figur 12. Hastigheter i et tverrsnitt over fundamentene for $1300 \text{ m}^3/\text{s}$ (middelflom) og $2700 \text{ m}^3/\text{s}$ (200-årsflom).



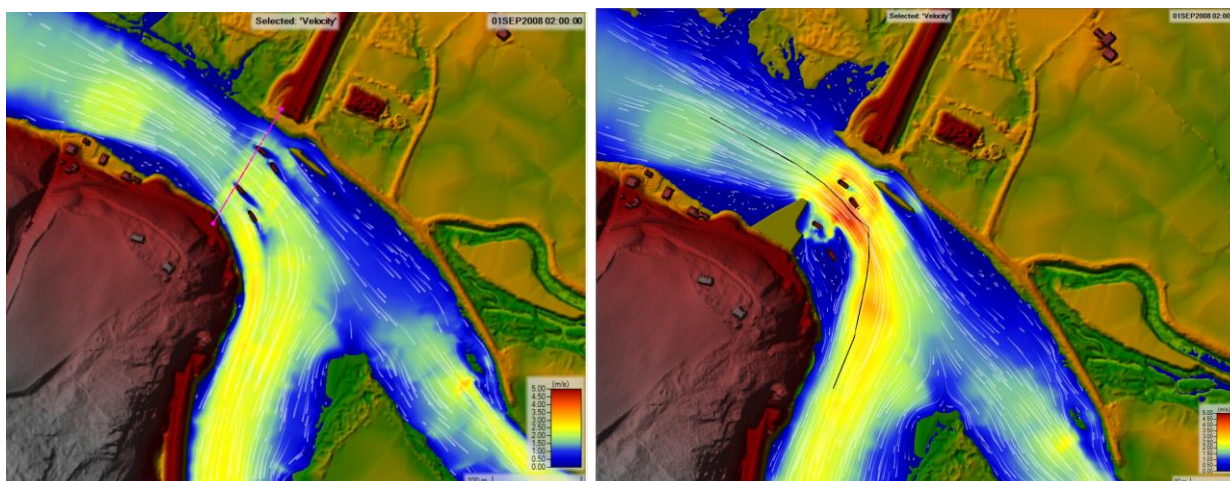
Figur 13. Skjærspenning ved 1300 m³/s (middelflom) og 2700 m³/s (200-årsflom) ved Randklev bro.



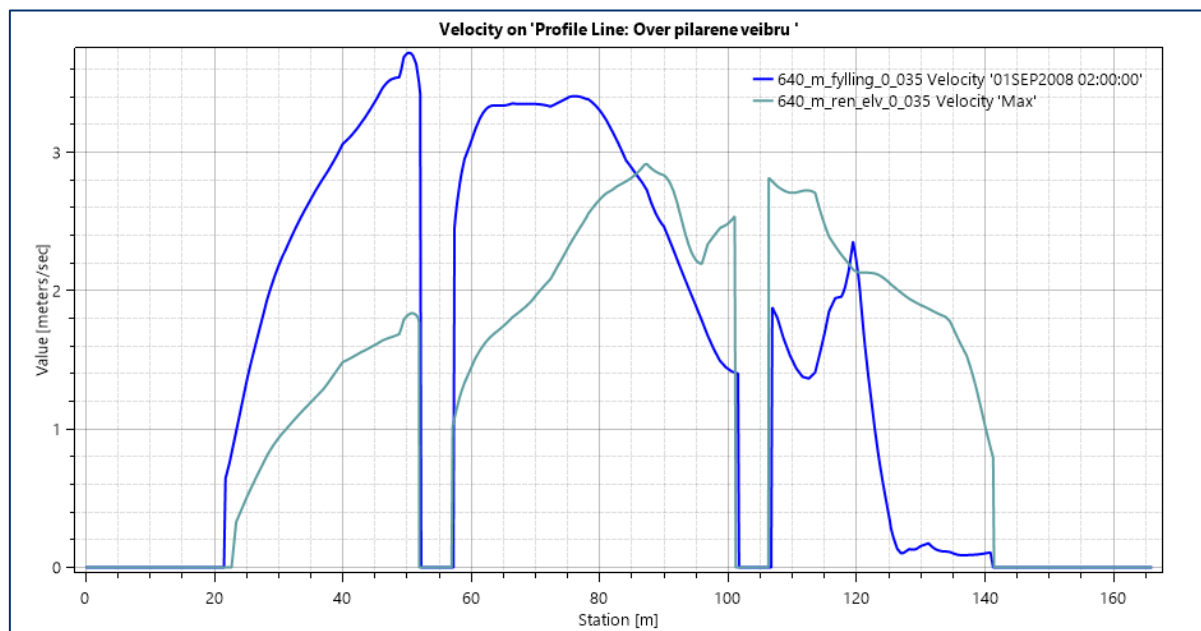
Figur 14. Kart over skjærspenning ved 2700 m³/s (200-årsflom). Det er opp mot 200 N/m² i vestre løp.

4.2 Resultater for fylling planlagt i byggeperioden oktober til april.

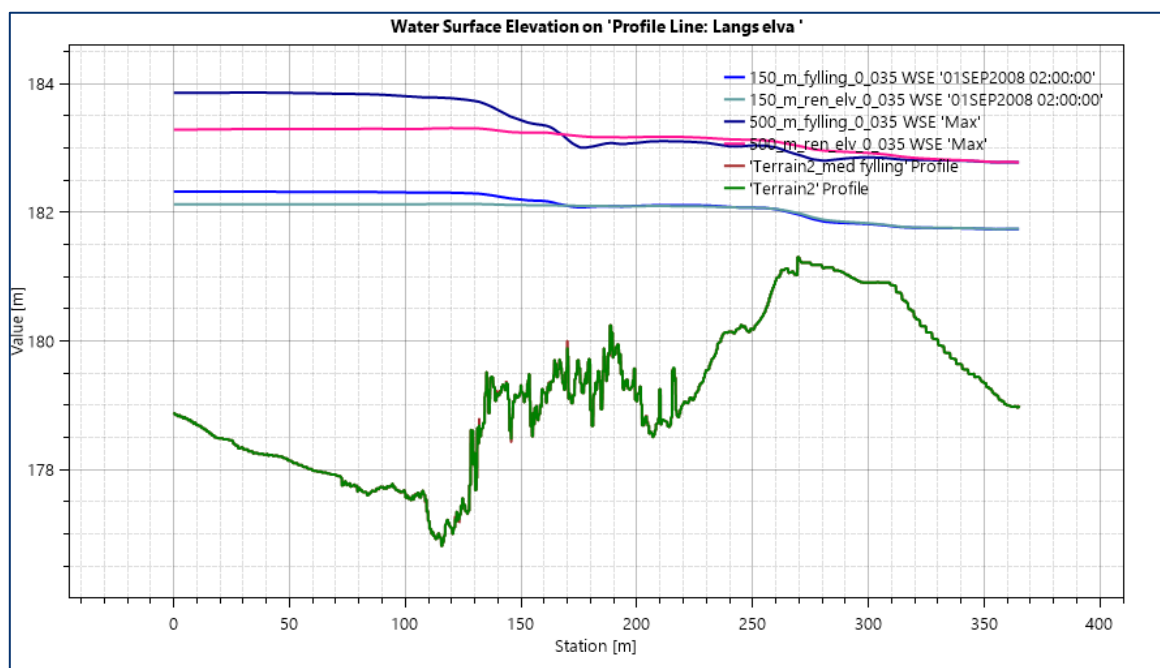
Figur 15 viser et hastighetsbilde ved 10 års-flom med vannføring på 640 m³/s, med og uten utfylling i elven. Den største simulerte vannhastigheten er ca. 2 m/s uten fylling og ca. 4 m/s med fylling. Figur 16 viser et tverrsnitt over elva med hastigheter både med og uten fylling, mens Figur 17 viser endring i vannstand for det samme tverrsnittet med og uten fylling. Verdier for middelflom er tatt med som referanse.



Figur 15. Vannhastigheter i Lågen ved Randklev bru ved 10 års flom med vannføring på 640 m³/s, uten fylling til venstre og med fylling til høyre.



Figur 16. Hastighet i et tverrsnitt (rosa strek i Figur 15) over den planlagte utfyllingen ved 10-års flom med 640 m³/s uten fylling (grå linje) og med fylling (blå linje).



Figur 17. Endring i vannstand i elva langs rosa linje vist i Figur 15. Simuleringen viser at det blir en økning på henholdsvis 20 og 50 cm for 150 og 500 m³/s.

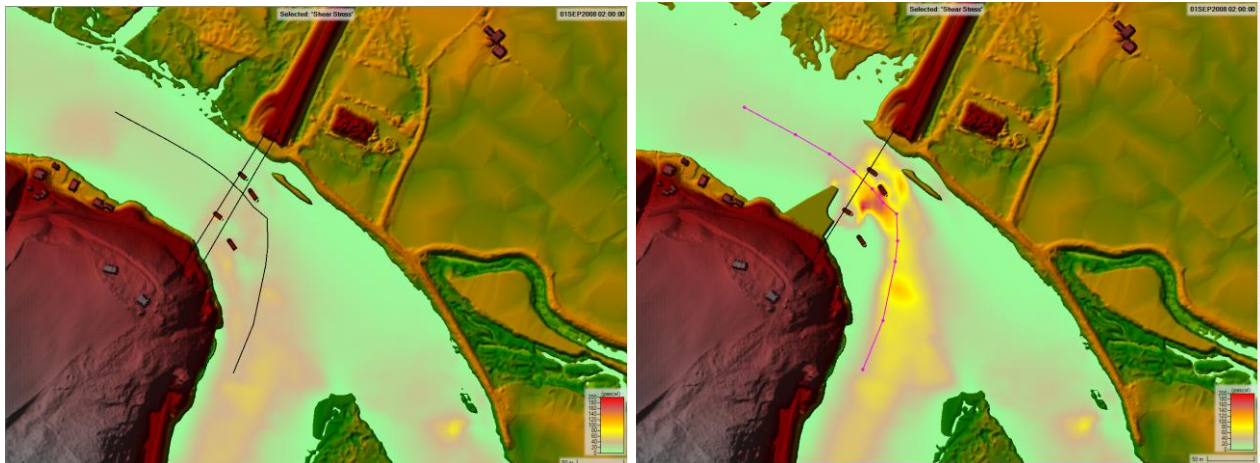
Simuleringen viser at fyllinga gir en vannstandoppstuvning oppstrøms brua på 20 cm for en vannføring på 150 m³/s og 50 cm på en vannføring på 500 m³/s som vist i Figur 17.

Skjærspenningen er en av faktorene som har betydning for erosjonsfaren. Andre faktorer er helning av bunnen, steinstørrelse, og hvordan steinene ligger i forhold til hverandre. Figur 18 viser skjærspenninger for 640 m³/s (10 års flom for anleggsperioden) uten fylling til venstre, og med fylling til høyre. Ved å bygge fyllingen øker skjærspenningen lokalt til opp mot 160 N/m². For vannføring lik 500 m³/s blir den opp mot 130 N/m².

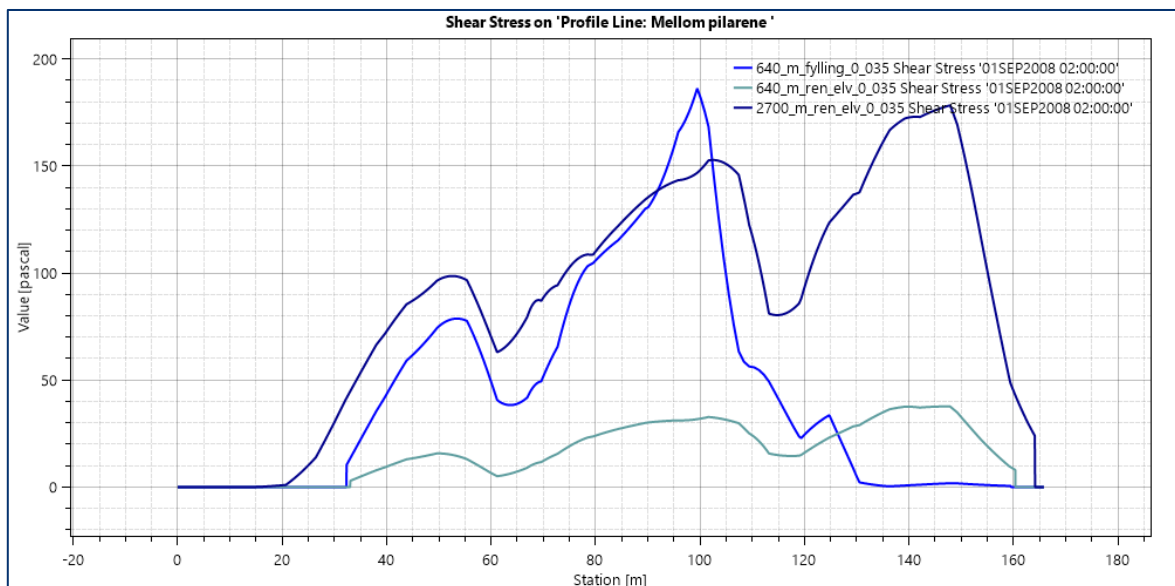
Figur 19 og 20 viser skjærspenninger for 640 m³/s med og uten fylling sammen med skjærpenning for en vannføring lik 2700 m³/s uten fylling for tverrprofilet og lengdeprofilet vist i Figur 18.

Simuleringene viser lokalt betydelig økning i skjærspenning som følge av tiltaket, og det kan oppstå erosjon lokalt i området der elva snevres inn av fyllingen. Hvor stor erosjon det vil medføre avhenger av steinstørrelse og tykkelse av eventuelt deksjikt.

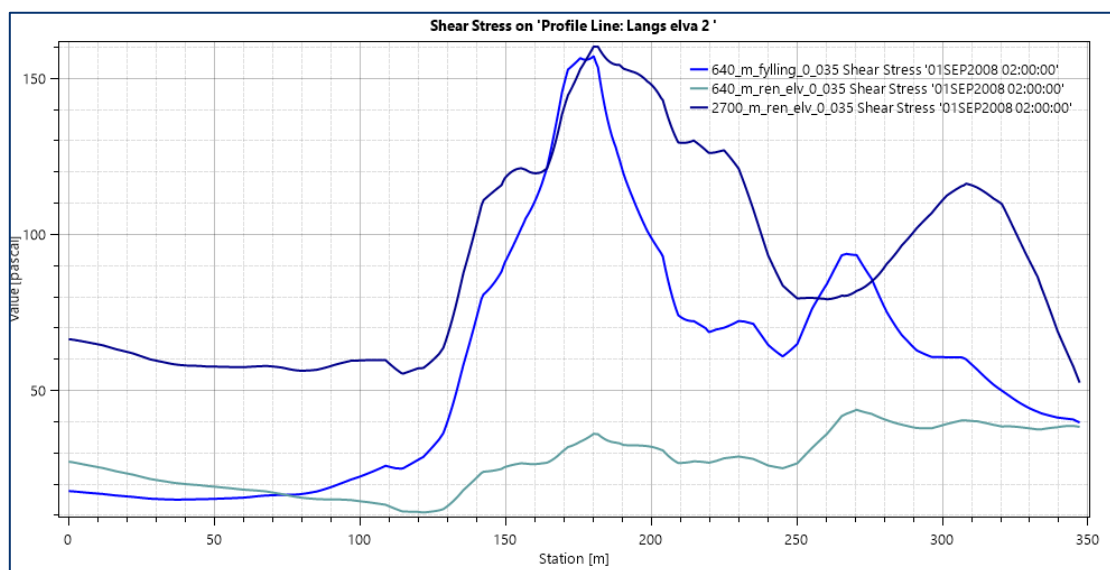
Skjærspenninga med fylling i elva nærmer seg lokalt nivået for skjærspenning ved 200-års flom. Dette er det likevel tatt høyde for i dimensjonering av plastringstein for jernbanebrua slik at bunnen er sikret mot dette.



Figur 18. Skjærspenning i elva uten fylling til venstre og med fylling til høyre ved 10 års flom på $640 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figur 19. Skjærspenning for tverrprofil tvers over elva mellom jernbanebru og veibru. For $640 \text{ m}^3/\text{s}$ med fylling (mørk blå) og uten fylling (grå) og 200-års flom på $2700 \text{ m}^3/\text{s}$ uten fylling (mørkegrå). Sett nedover.



Figur 20. Skjærspenning langs en lengdeprofil i elva (rosa linje i Figur 18, fra nord mot sør) ved 640 m³/s uten utfylling (grå), med utfylling (blå), og ved 200-års flom på 2700 m³/s uten fylling (mørkegrå) som referanse.

5 Erosjon og behov for erosjonssikring

En fylling som legges ut i elva er utsatt for sterke strømkrefter med spesiell erosjonsfare på oppstrøms side, som øker med økende vannføring.

Fyllinga må derfor sikres mot erosjon ved å legge på stor stein på utsatte steder der hastigheten er spesielt stor (NVE, 2009). For å stå imot kreftene ved en dimensjonerende 10-års flom (640 m³/s) er det beregnet en $D_{50} = 800$ mm ved bruk av sikkerhetsfaktor på 1,2 (Vedlegg 3). Det anbefales å bruke kun stor stein av minimum 80 cm på oppstrøms side og nedover helt forbi nedre hjørne av fyllinga. Det bør sikre helt opp til topp fylling.

6 Forholdene rundt Gåsøya

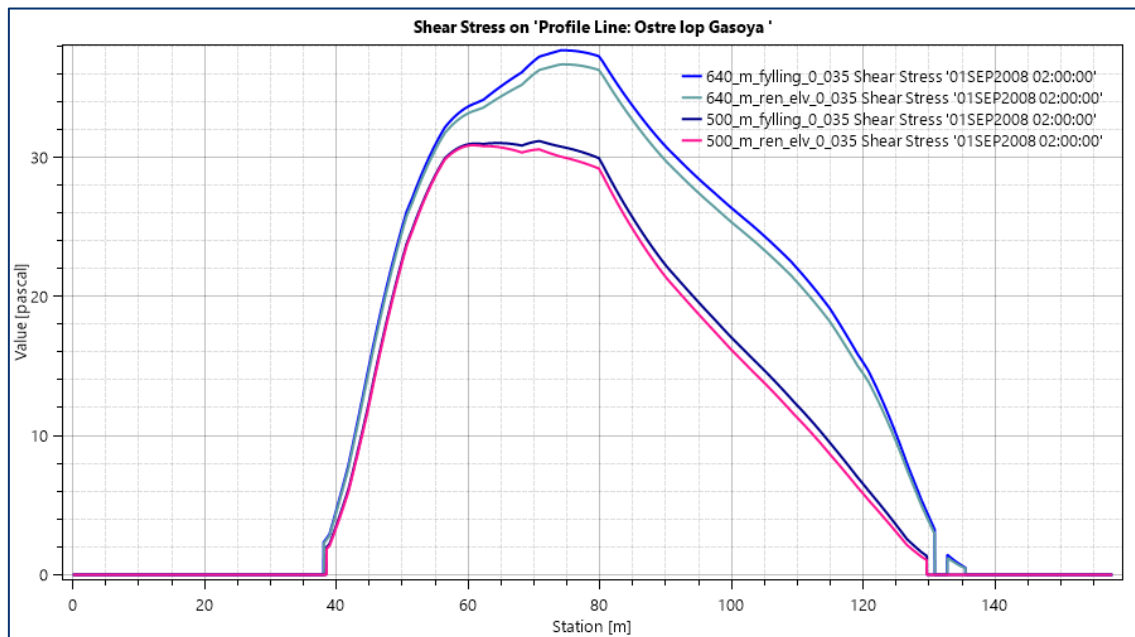
Elva på begge sider av Gåsøya er viktige gyteområder. Det er vist resultater av simuleringen for skjærspenning i Figur 21 og 22. Simuleringen viser at det i praksis er ingen forskjeller i skjærspenning så langt nede, og at økt skjærspenning og fare for erosjon er et lokalt fenomen ved innsnevringen lenger oppe.

7 Isforhold

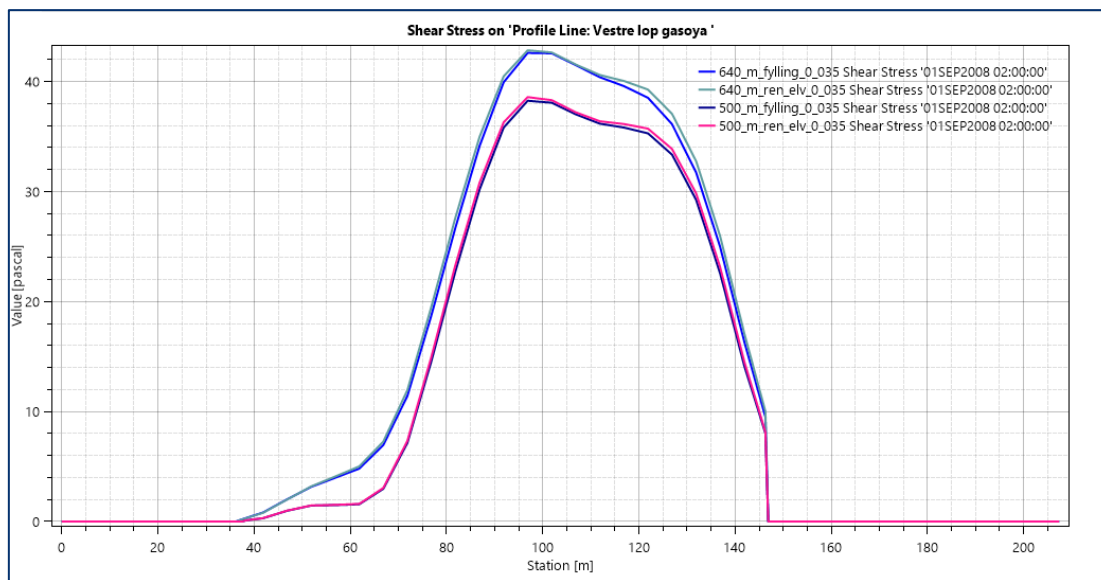
I vinterstid ved lange kuldeperioder kan det dannes både et tykt isdekke og mye bunnis oppstrøms og nedstrøms for bruene.

Vinteren 2023/2024 som var en relativ kald vinter, dannet det seg et isdekke på opptil 1 m oppstrøms bruene. På vestsiden av Gåsøya dannet det seg mye bunnis som snevret inn løpet og hevet vannstanden ved jernbanebrua. Figur 23 - 26 viser isforholdene ved ulike tidspunkt.

Dette vil bli hensyntatt i planleggingen av arbeidet der erfaringene fra arbeidet med jernbanebrua vil være veldig nyttige og der tiltak som boblegardin og graving ble brukt mot isen.



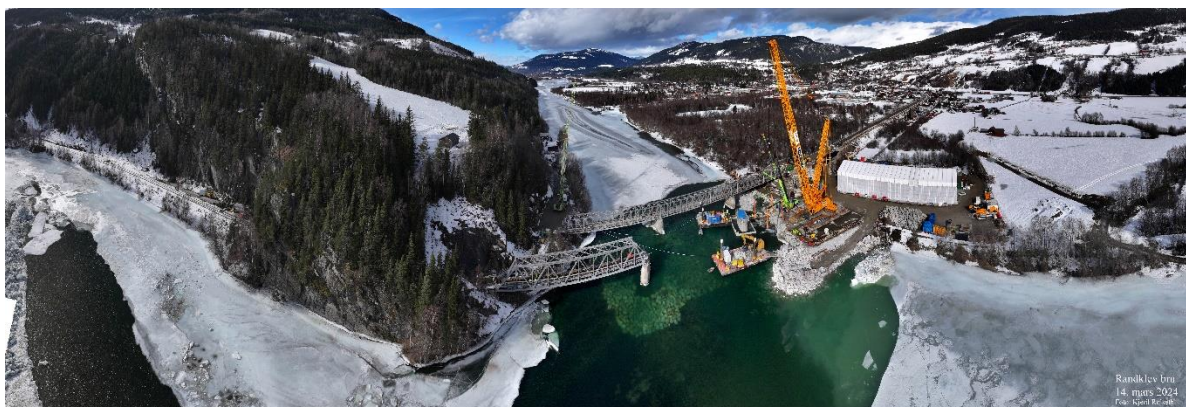
Figur 21 Skjærspenning på innsiden av Gåsøya med og uten fylling for vannføring lik 500 og 640 m³/s



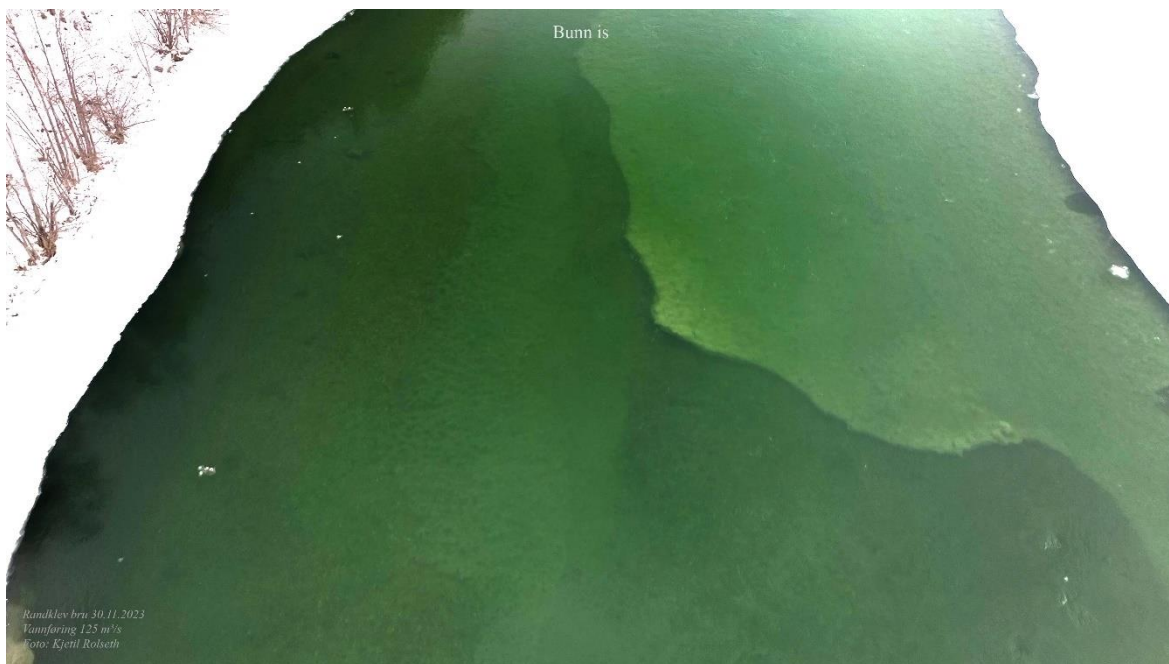
Figur 22 Skjærspenning på utsiden av Gåsøya med og uten fylling for vannføring lik 500 og 640 m³/s.



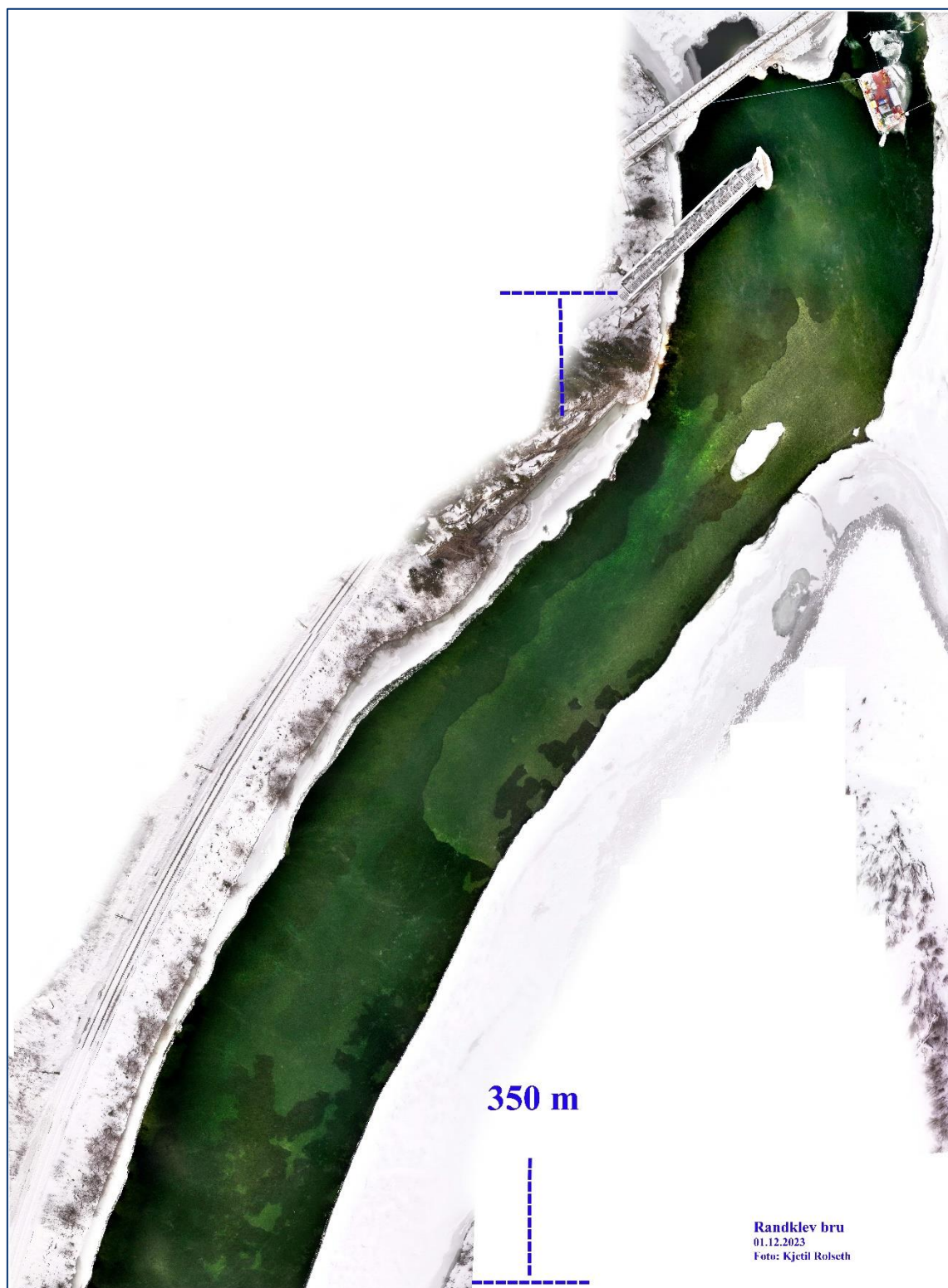
Figur 23 Isforholdene 7 april 2024. Foto: Kjetil Rolseth



Figur 24 Forholdene 14 mars 2024. Foto: Kjetil Rolseth



Figur 25 Bunnis vest for Gåsøya 30.11.2023, Vannføring 125 m³/s. Foto: Kjetil Rolseth



Figur 26 Forholdene på vestsida av Gåsøya 1.12.2023. Foto: Kjetil Rolseth

8 Oppsummering

Det er utført en hydraulisk analyse for Lågen ved Randklev bru. I analysen er det utført simuleringer med og uten fylling i elven. Resultatet viser at det vil bli til dels stor økning lokalt i både i vannstand, hastighet og skjærspenning ved å legge den planlagte fyllinga ut i elva.

Skjærspenningen blir på det meste 160 N/m^2 for $640 \text{ m}^3/\text{s}$ og 130 N/m^2 for $500 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette gir økt fare for erosjon og betyr at fyllingen må sikres med stor stein av minimum størrelse 80 cm. Skjærspenninga med fylling i elva nærmer seg derfor lokalt nivået for skjærspenning ved 200-års flom. Dette er det likevel tatt høyde for i dimensjonering av plastringstein for jernbanebrua. Elvebunnen opp for og ned for bruene er plastret med stor stein og vil selv med fylling i elva tåle hastigheter og skjærspenningene helt opp til en 10-års vannføring for vinterperioden på $640 \text{ m}^3/\text{s}$.

Det er likevel anbefalt å etablere en beredskap om at ved varsel om vannføringer over $500 \text{ m}^3/\text{s}$ må fyllingen kortes inn. Dette vil redusere hastighet og skjærstress og derved redusere faren for skadelig erosjon. Det vil utarbeides en plan for hvor mye fyllingen må tas inn ved ulike vannføringer

Forholdene på hver side av Gåsøya bli nærmest uendret med og uten fylling.

Det bør planlegges tiltak mot isdannelse og hvordan jobbe med bunnis og is som dannes

Referanser:

Rambøll (2024): Søknad 3 til NVE. Vedlegg 4. POM-03-A00057 – Dimensjonering av erosjonssikring ved Randklev bru.

NVE Rapport nr. 15 (2015). Flomberegning for Gudbrandsdalslågen.

Regionplan Lågen (2017). Hydrauliske beregninger i Gudbrandsdalslågen. Dr. Blasy og Dr. Øverland.

NVE (2009). Veileder for dimensjonering av erosjonssikring av stein.

VEDLEGG

Vedlegg 1. Feltparametere for nedbørfeltet ned til Lågen ved Randklev bru (nve.nevina.no)



Norges
vassdrags- og
energidirektorat
NVE

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 241699 E
6830251 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil.
Resultatene må kvalitetssikres.

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 002.DF2
Kommune.: Ringebu
Fylke.: Innlandet
Vassdrag.: Vormå-Lågen

Feltparametere

Areal (A)	10573 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0.11 %
Elvleengde (E _L)	155.4 km
Elvegradient (E _G)	2.8 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	3.0 m/km
Helning	12.0 °
Dreneringstetthet (D _T)	1.2 km ⁻¹
Feltleengde (F _L)	163.1 km

Arealklasse

Bre (A _{BRE})	2.7 %
Dyrket mark (A _{JORD})	2.3 %
Myr (A _{MYR})	3.1 %
Leire (A _{LEIRE})	0 %
Skog (A _{SKOG})	25.0 %
Sjø (A _{SJO})	4.6 %
Snau fjell (A _{SF})	58.6 %
Urban (A _U)	0.1 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	3.7 %

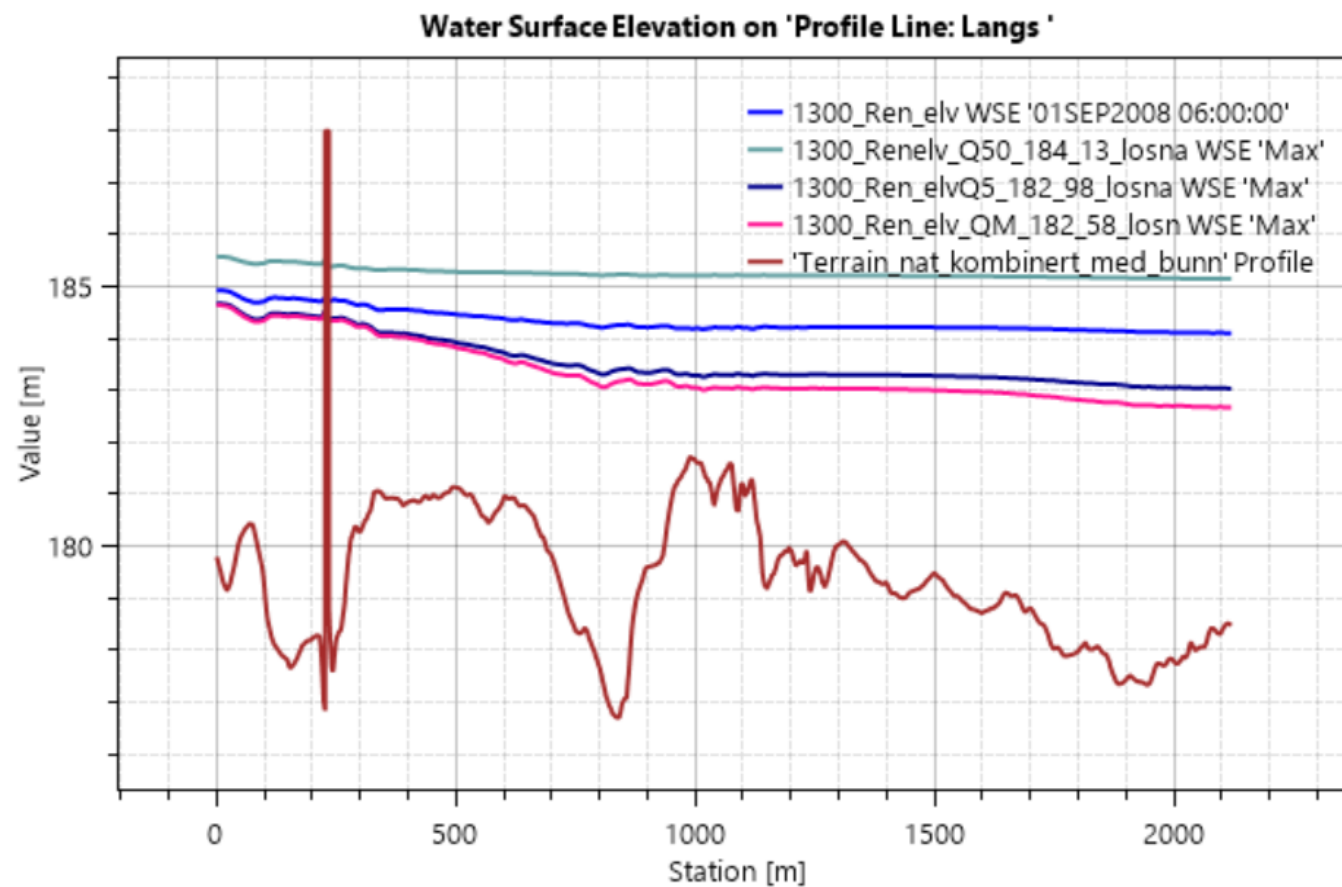
Hypsografisk kurve

Høyde _{MIN}	184 m
Høyde ₁₀	724 m
Høyde ₂₀	885 m
Høyde ₃₀	987 m
Høyde ₄₀	1072 m
Høyde ₅₀	1165 m
Høyde ₆₀	1270 m
Høyde ₇₀	1374 m
Høyde ₈₀	1491 m
Høyde ₉₀	1653 m
Høyde _{MAX}	2463 m

Klima- /hydrologiske parametere

Avrenning 1961-90 (Q _N)	22.3 l/s*km ²
Sommernedbør	374 mm
Vinternedbør	435 mm
Årstemperatur	-1.9 °C
Sommertemperatur	4.9 °C
Vintertemperatur	-6.7 °C

VEDLEGG 2. Vannstand ved Randklev bru for 1300 m³/s ved å bruke ulike vannstander i Losnavatnet som nedre grensebetingelse sammenlignet med å bruke normal strømning som nedre grense betingelse.



VEDLEGG 3 Regneark for beregning av steinstørrelse med Maynords formel.

Erosjonssikring. Bunn og sidesikring. Maynords formel

Dato: 08.10.2024
Utført av: PLUB
Kontrollert av: NG
Godkjent av: PLB

Prosjektnr: IFK Randklev bru
Prosjektnavn: 1350058327-004
Revisjon:

Metodikk: NVE (2009/4) Veileder for dimensjonering av erosjonssikring. Maynords formel

Grunnlagsdata				Kommentar
Vanndybde	Y ₀	4	m	Ved foten av sikring
Middel hastighet	V	4,00	m/s	Middelhastighet 3 m/s.
Forhold mellom dybdehastighet og gjennomsnitt hastighet	U/V	1,2		Konservativt, svak bue men kompenserer for usikkerhet i bunnforhold
Tetthet av stein	ρ	2600	kg/m ³	
Sikkerhetsfaktor	S _f	1,1	-	
Stabilitetskoeffisient	C _s	0,3	-	
Koeffisient for vertikal hastighetsfordeling	C _V	1,00	-	1.0 for rett strekning. Opp mot 1,2 i svinger eller utstikkende voll. Her slak sving.
Koeffisient for plastringstykkelse	C _t	1	-	
Side helning (1 : x)	x	2		Brattere del av sikring
Forhold mellom D ₃₀ /D ₅₀	D ₃₀ /D ₅₀	1,2		
Forhold mellom D _{max} /D ₅₀	c	2		
Forhold for tykkelse	k	2		Normalt 1.5, velger 2.0 pga samfengte masser

Beregninger				Kommentar
Dybdemiddelhastighet	U	4,8	m/s	
Breddens helling ift. horisontal	θ	26,6	°	
Spesifikk tetthet	s	2,6	-	
Koeffisient for skråningshelling	K ₁	0,88		
Stabil steinstørrelse, 30%	D ₃₀	445	mm	
Stabil steinstørrelse, 50%	D ₅₀	534	mm	
Stabil steinstørrelse, Dmaks	D _{maks}	1068	mm	= c * D50
Tykkelse av erosjonssikringslag	t	1068	mm	= MAX(k * d50; Dmax; 300)

Avrundede verdier

400
550
1150
1100

Mellom pilarer-Landkar
300
600

Ligninger

25/26 Doc ID / Versjon

Rambøll Norge AS
NO 915 251 293 MVA

Confidential

VEDLEGG 4 Endringer i vannstand ved å endre fylling. Endringen medfører at det blir ca 14 cm mindre vannstandsoppstuvning med den nye fyllinga enn beregnet med den første.

