

NVE Region Øst

► **Overordnet vurdering av tiltak for å senke flomvannstanden ved Otta sentrum**

Flomsikring av Otta sentrum

Oppdragsnr.: NOAS-G-52303409 Dokumentnr.: FFAG-RAPP-002 Revisjon: J02 Dato: 2024-09-18



Oppdragsgiver: NVE Region Øst
Oppdragsgivers kontaktperson: Grete H. Aalstad
Rådgiver: Norconsult Norge AS
Oppdragsleder: Ingrid Buvarp Aardal
Fagansvarlig: Jørn Willassen
Carolina Frias Uribe
Andre nøkkelpersoner: Anne Vea
Harald Reite
Frida Berg Lyshoel

Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
J02	2024-09-18	For bruk	A.Vea H.Reite F.B. Lyshoel	C.F. Uribe J Willassen	I.B.Aardal
B01	2024-06-24	For kommentar fra oppdragsgiver	A.Vea H. Reite F.B.Lyshoel	C.F. Uribe J Willassen	I.B.Aardal

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Utvidet sammendrag

Norconsult er engasjert av NVE for å prosjektere flomsikring av Otta sentrum. Dr. Blasy – Dr. Øverlands mulighetsstudie, «*Flomsikring Otta – Konsept for sikringstiltak*» [1] ligger til grunn for tiltaksplanen. De totale byggekostnadene for flomsikringen er beregnet til 230 000 000 kr (2020) av Dr. Blasy – Dr. Øverland.

Som følge av økte flomhøyder og tilhørende økt sikringsbehov, er det gjort en utredning av om det finnes kostnadseffektive tiltak *utenfor sentrum* som kan medføre en reduksjon eller bortfall av nødvendig sikringsomfang *i sentrum*. Denne rapporten gir en beskrivelse av alternative tiltak, med tilhørende vassdragstekniske effekter og kostnadsvurderinger, for å redusere flomfaren i sentrum. De tekniske løsningene og kostnadsvurderingene er holdt på et overordnet nivå, da formålet med vurderingene er å utarbeide et sammenligningsgrunnlag sett opp imot løsningene beskrevet av Dr. Blasy – Dr. Øverland.

Effekten av fire ulike tiltak med tverrsnittutvidelser i Lågen nedstrøms Otta sentrum er vurdert som en del av utredningen:

1. Uttak av løsmasser ved Ottbragdøya
2. Uttak av løsmasser og tverrsnittsutvidelse ved Melemsåi
3. Tverrsnittsutvidelse ved Veslestraumen, med og uten bunnsenkning
4. Tverrsnittsutvidelse ved Eide bru (Sjoa jernbanebru)

Resultatene viser at utvidelse av elvetverrsnittet gir en liten lokal effekt, men marginal eller ingen effekt på vannstanden innenfor området som omfattes av sikringsprosjektet. De hydrauliske simuleringene viser også at bruene virker oppstuvende. En simulering med alle utvidelser samtidig, i tillegg til bunnsenkning ved Veslestraumen, gir inntil 0,2 m lavere vannstand ved Otta sentrum ved Q_{200} med kulminasjonsflom i Lågen og 20% klimapåslag.

Siden tverrsnittutvidelsene gir så liten vannstandsreduksjon, er ikke de miljømessige og økonomiske kostnadene utredet. Tiltakets nytteverdi, i form av en reduksjon i flomvollens høyde med 0,2 m, vil vanskelig kunne veie opp for de nødvendige kostnadene for grunnarbeid og avbøtende naturtiltak ved de ulike lokalitetene. Masseuttak som flomsikringstiltak innfrir heller ikke kravene til et permanent tiltak iht. TEK17, og kan dermed ikke inngå som del av en permanent flomsikring.

Som alternativ sikring, kan en flomtunnel bidra til at flomvannføring ledes utenom Otta sentrum. To ulike tunneltraséer er vurdert. Det ene tunnelalternativet tar inn vann fra Lågen, og det andre tunnelalternativet tar inn vann fra elva Otta. For begge flomtunnelene ledes vannet ut ved Sjoa. Effekten av tunneler med kapasitet på 300 m³/s og 600 m³/s er vurdert. For Lågen-alternativet der 600 m³/s går i flomtunnel, vil vannstandsreduksjonen i tiltaksområdet reduseres med 0,6 m -1,9 m. For Otta-alternativet der 600 m³/s går i flomtunnel, vil reduksjonen i flomvannstand i Otta sentrum være mellom 0,9-1,9 m. De vurderte tiltakene vil også ha positive konsekvenser for infrastruktur utenfor tiltaksområdet. Særsilt vil dette gjelde lokale veier og E6 langs Lågen.

For de største flomtunnelene vil behovet for sikring i sentrum reduseres betydelig. Det vil fremdeles kunne være behov for noe sikring langs Otta og Lågens bredder med pumpestasjoner, samt nødvendig å etablere tiltak for at Kleivrubekken skal ledes trygt ut i Lågen.

Det er beregnet kostnader for tunnelalternativer med en kapasitet på 300 m³/s og 600 m³/s fra hver av elvene. Kostnadene er vist i tabellen nedenfor.

Overordnet vurdering av tiltak for å senke flomvannstanden ved Otta sentrum

Flomsikring av Otta sentrum

Oppdragsnr.: NOAS-G-52303409 Dokumentnr.: FFAG-RAPP-002 Revisjon: J02



Alternativ	Kostnad i kr
Lågen 300 m ³ /s, råsprengt tunnel	2 770 000 000
Lågen 300 m ³ /s, utstøpt tunnelsåle	2 740 000 000
Lågen 600 m ³ /s, råsprengt tunnel	3 930 000 000
Lågen 600 m ³ /s, utstøpt tunnelsåle	3 750 000 000
Otta 300 m ³ /s, råsprengt tunnel	1 620 000 000
Otta 300 m ³ /s, utstøpt tunnelsåle	1 600 000 000
Otta 600 m ³ /s, råsprengt tunnel	2 330 000 000
Otta 600 m ³ /s, utstøpt tunnelsåle	2 220 000 000

De estimerte kostnadene av flomtunnel er mangedoblet i forhold til de estimerte kostnadene av flomsikringen beskrevet i mulighetsstudiet i 2020. Bygging av flomtunnel for å redusere flomfaren ved Otta sentrum, vil ikke medføre at all flomsikring i sentrum bortfaller helt. Flomtunnelene kan derfor ikke sies å være kostnadseffektive alternativ til flomsikring i sentrum.

Det poengteres at endringer i vassdraget som beskrevet over, er forventet å medføre betydelige konsekvenser for natur- og vannmiljø. Siden løsningene med flomtunnel ikke er vurdert som kostnadseffektive alternativ til flomsikring av Otta sentrum, er ikke flomtunnelenes konsekvenser for natur- og vannmiljø utredet for denne rapporten.

Innhold

1	Bakgrunn og hensikt	5
2	Valg av tiltak til modellering	6
3	Hydraulisk modellering	9
4	Tiltak sør for tiltaksområdet	10
4.1	Uttak av løsmasser ved Ottbragdøya	10
4.2	Uttak av løsmasser og tverrsnittsutvidelse ved Melemsåi	12
4.3	Tverrsnittsutvidelse ved Veslestraumen	14
4.4	Tverrsnittsutvidelse ved Eide bru (Sjoa jernbanebru)	15
4.5	Resultater	18
4.6	Kostnader	21
5	Diskusjon av resultater og hydraulisk modellering for tiltak sør for tiltaksområdet	23
5.1	Kontroll med 2D-modell	23
5.2	Påvirkning fra bruer	24
5.3	Tilleggsanalyse av Lågen oppstrøms samløpet	26
6	Flomtunnel	28
6.1	Vurderte traséer	28
6.2	Beregningsforutsetninger tunnelkapasiteter	31
6.3	Resultater fra hydraulisk modellering av flomtunneler	32
6.4	Kostnader	33
7	Konklusjon	35
	Vedlegg	37
	Referanser	38

1 Bakgrunn og hensikt

Norconsult er engasjert av NVE for å prosjektere flomsikring av Otta sentrum. Bakgrunnen for oppdraget er at store deler av Øya industriområde og Otta sentrum er flomutsatt. Dr. Blasy – Dr. Øverland har vært engasjert for å gjennomføre mulighetsstudie og foreslå helhetlig løsning for sikring av Otta sentrum. Mulighetsstudiet, «*Flomsikring Otta – Konsept for sikringstiltak*» [1] lå til grunn for NVEs tiltaksplan som var på høring våren 2021. I mulighetsstudien er det foreslått å heve og oppgradere eksisterende flomsikring mot Gudbrandsdalslågen (Lågen) og mot elva Otta, samt å etablere noe ny sikring. Det er foreslått å installere spunt som tetning i flomvollene for å redusere innlekkasje av flomvann i grunnen. Pumpestasjoner skal pumpe lekkasjevann ut i elvene ved flom. Totale byggekostnader er i mulighetsstudiet beregnet til 230 mill. kr (2020).

I forbindelse med prosjekteringen av flomsikring av Otta sentrum er rapporten «*Utredning av flomfare fra Gudbrandsdalslågen og Otta ved Otta sentrum*» [2] utarbeidet. Beregningene i rapporten viser at flomvannstanden ved 200-årsflom (inkl. klimapåslag) ved Otta sentrum er høyere enn forventet, ut fra tidligere beregninger. Det betyr at høyden til de planlagte flomvollene må økes betydelig i forhold til forutsetningene i mulighetsstudiet. For detaljert beskrivelse av hydrologi, hydraulisk modellering, dimensjonerende flomvannføring og flomvannstander, vises det til rapporten.

Som følge av de økte flomhøydene og et tilhørende økt sikringsbehov i Otta sentrum, er det gjort en utredning av om tiltak utenfor sentrum kan være kostnadseffektive alternativ og samtidig medføre en reduksjon eller bortfall av nødvendig sikringsomfang i sentrum. Denne rapporten gir en beskrivelse av vurderte tiltak nedstrøms Otta sentrum, med tilhørende vassdragstekniske effekter og overordnede kostnader. Det presiseres at de tekniske løsningene i rapporten er holdt på et overordnet nivå, og skal være et grunnlag som løsningen i tiltaksplanen kan sammenlignes med.

Det poengteres at endringer i vassdraget som beskrevet over, er forventet å medføre betydelige konsekvenser for natur- og vannmiljø. Konsekvensene for natur- og vannmiljø er besluttet å bare skulle utredes for kostnadseffektive løsninger.

2 Valg av tiltak til modellering

Gjennom tidene er det tatt ut masser fra Gudbrandsdalslågen og elva Otta som en ressurs for grunneiere og andre aktører langs elvene. Den hydrauliske effekten av disse masseuttakene er ikke tidligere dokumentert. Sandbu massetak er eksempelvis registrert i Direktoratet for mineralforvaltnings kart over mineralske ressurser [3]. Området ble i møte med Sel kommune den 8. februar 2024 pekt på som en lokasjon der tiltak for tverrsnittutvidelse med formål å senke flomvannstanden burde vurderes, og forslaget ble tatt til følge (navngitt som tiltak 3 nedenfor). I samme møte ble innløpet til Solgjemsøyene også nevnt som mulig lokasjon for tiltak for senking av flomvannstanden i sentrum. På grunn av at området innehar viktig funksjon for sårbare naturtyper, og fordi den hydrauliske effekten er vurdert å være begrenset pga. lite fall på strekningen, er ikke dette alternativet utredet. Ved vurdering av hvilke øvrige tiltak som skulle modelleres for å avdekke mulige flomdempende effekt i Otta sentrum (Figur 1), ble det sett på områder med potensiale til å senke vannlinja (Figur 2), eller der både fallforhold og fysiske muligheter for breddeutvidelse er gunstige.

Følgende tiltak nedstrøms Otta sentrum er utredet basert på kriteriene ovenfor (Figur 1):

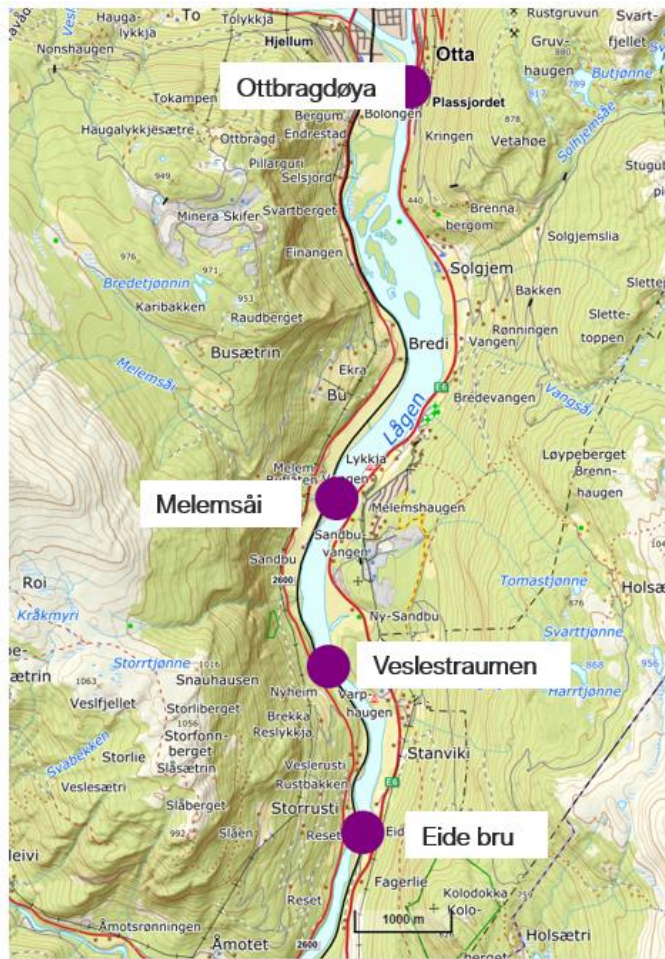
1. Uttak av løsmasser ved Ottbragdøya
2. Uttak av løsmasser og tverrsnittutvidelse ved Melemsåi
3. Tverrsnittutvidelse ved Veslestraumen, med og uten bunnsenkning
4. Tverrsnittutvidelse ved Eide bru (Sjoa jernbanebru)

På forespørsel fra NVE ble Norconsult også bedt om å undersøke virkninger for flomvannstanden rundt Otta dersom det etableres en flomtunnel som bidrar til at flomvannføring ledes utenom Otta sentrum. Det ble bedt om hydrauliske simuleringer for bortledning av henholdsvis 300 m³/s og 600 m³/s fra elva Otta. Det ble også beskrevet at det kunne være aktuelt å se på samme tilnærming i Lågen.

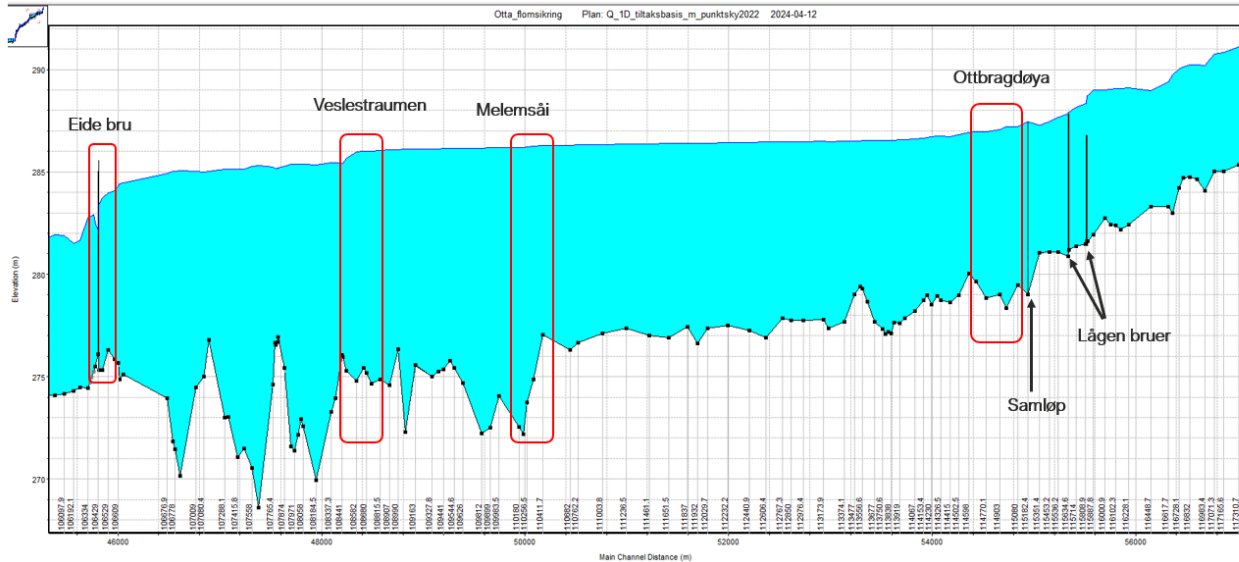
Etter innledende hydraulisk modellering, ble det i møte med NVE i april 2024 avtalt å gjøre nærmere utredninger av flomtunnel fra Sanden til Sjoa jernbanebru og flomtunnel fra Rosten til Sjoa jernbanebru (Figur 23). For tunnelen i Otta ble det i utgangspunktet foreslått at inntaket skulle plasseres ved Sanden/Vesleberget. Det ble imidlertid klart at et inntak i dette området ikke ville gi tilstrekkelig høydeforskjell og kapasitet til et "fornuftig" tunneltverrsnitt med hensyn til anleggsteknikk og kostnader. For begge alternativene ble derfor alternative steder for inntak til tunnelene foreslått.

Det er gjort vurdering av to tunnelalternativer; med inntak henholdsvis i elva Otta og i Lågen oppstrøms Otta sentrum. For begge tunnelene er utløpet plassert i Lågen nedstrøms Eide bru, nært Sjoa tettsted. Det er vektlagt at det kan observeres fjell i dagen på de aktuelle stedene samt at man oppnår tilfredsstillende høydeforskjell mellom innløp og utløp til tunnelene.

Tiltakene er beskrevet i kapitlene nedenfor.



Figur 1 Oversiktskart og -foto over strekningen fra Otta til Sjøa, der tverrsnittutvidelser er vurdert, fra www.norgeskart.no.



Figur 2 Lengdesnitt av vannlinje i Lågen ved 1,2xQ₂₀₀ (kulminasjonsflom i Lågen), uten tiltak for strekningen fra Otta til Sjøa. Røde rektangler representerer områder der tverrsnittutvidelser er vurdert. Se Figur 1 for lokalisering.

3 Hydraulisk modellering

De hydrauliske beregningene av tiltakene er utført i Hec-Ras 1D, med enkelte kontrollsimuleringer i 2D. 1D-modellering ble valgt fordi dette er mindre tidkrevende enn 2D-modellering, når målet er å undersøke en rekke ulike alternativer. Til «Lågenplanen» [4] i 2017 satte Blasy-Øverland opp en hydraulisk 1D-modell for hele Gudbrandsdalslågen ned til Mjøsa, inkl. sideelver. Norconsult har benyttet denne Hec-Ras-modellen som utgangspunkt. Det er lagt til en del nye tverrsnitt mellom Otta og Sjoa, for å få bedre detaljering på beregningsstrekningen. I tillegg er modellen forkortet. Ruheten i modellen (Mannings n) er økt til samme nivå som i 2D-beregningene fra 2023/2024 [2].

Etter endringer gir 1D-modellen noe (0,2-0,3 m) lavere flomvannstand enn 2D-modellen ved $1,2xQ_{200}$. Norconsult vurderer at til dette formålet er avviket akseptabelt, ettersom vurderingene først og fremst er knyttet til *forskjellen* i flomvannstand med og uten tiltak. Det har derfor ikke vært utført kalibrering/justeringer for å få 1D-modellen til å samsvare enda bedre med 2D-modellen.

Tiltakene sør for tiltaksområdet er modellert ved å endre tverrsnittene på aktuell strekning. For noen tiltak er bunnivået også endret. Tverrsnittene Figur 5, Figur 8, Figur 11 og Figur 14 er sett medstrøms. Vannlinjen i tverrsnittene viser vannstand ved 200-årsflom inkludert 20% klimapåslag.

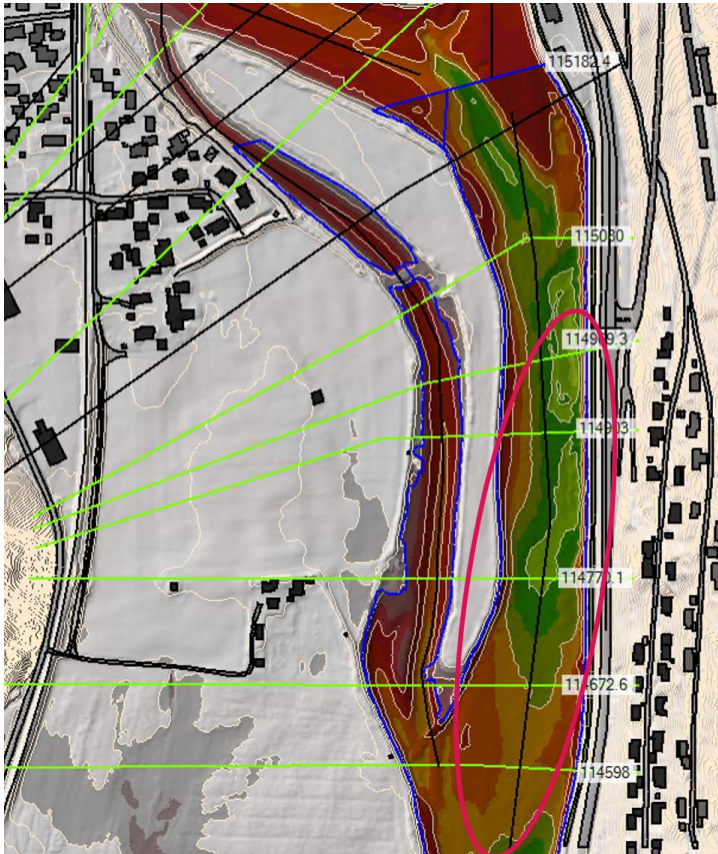
4 Tiltak sør for tiltaksområdet

4.1 Uttak av løsmasser ved Ottbragdøya

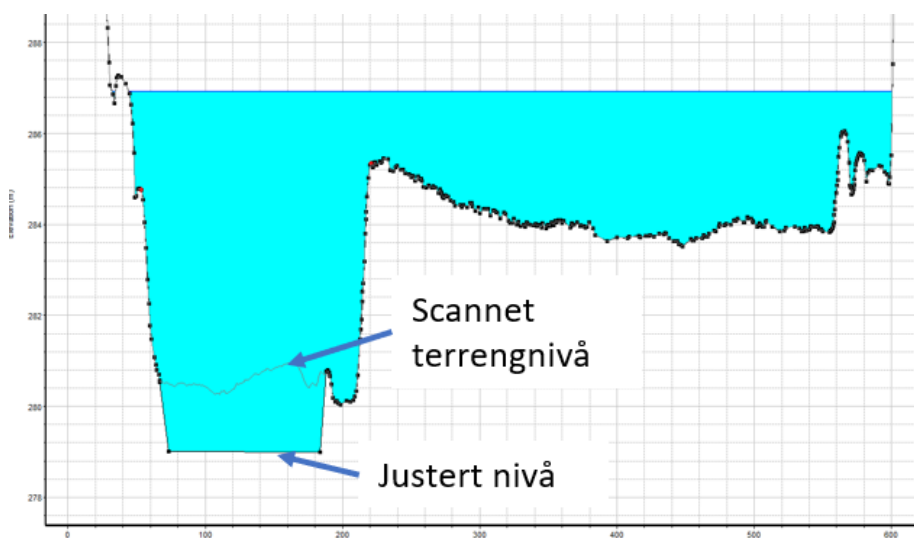
Ottbragdøya ligger umiddelbart nedstrøms samløpet mellom Lågen og Otta (Figur 3). Ved sørspissen av øya viser terrengmodellen at elvebunnen har en terskel på kote 280-281 (Figur 4). Like oppstrøms og nedstrøms er elvebunnen lokalisert på kote 279 eller lavere. I tillegg er det grunt langs østsiden av Ottbragdøya. Ved hydraulisk simulering av uttak av løsmasser er tverrsnittene i Lågen utvidet, og bunnen er senket med 1-1,5 m i det grunne partiet ved sørspissen (Figur 5).



Figur 3 Ottbragdøya - flyfoto. Omtrentlig plassering av grunne partier er vist med røde ringer. Foto fra www.norgebilder.no.



Figur 4 Ottbragdøya. Uttak av løsmasser i modellen er ved Ottbragdøya gjort i partier vist med brun farge. Fargene har 0,5 m ekvidistanse. Kotelinjene har 1 m ekvidistanse. Grønne linjer med nummer viser tverrsnitt i 1D-modellen.



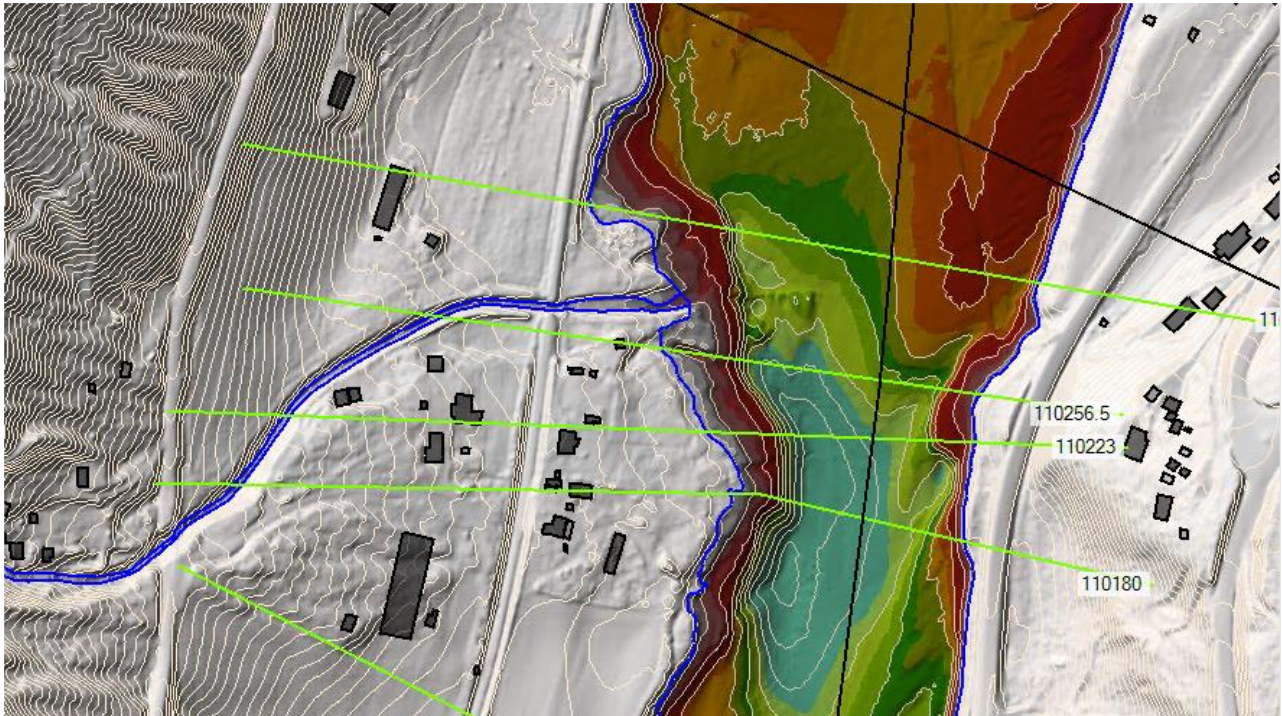
Figur 5 Justert 1D-modell i tverrsnitt 114598, ved sørspissen av Ottbragdøya. Terrengnivå fra scanning av elvebunn er vist med grå linje. I dypløpet ligger justert elvebunn lavere.

4.2 Uttak av løsmasser og tverrsnittsutvidelse ved Melemsåi

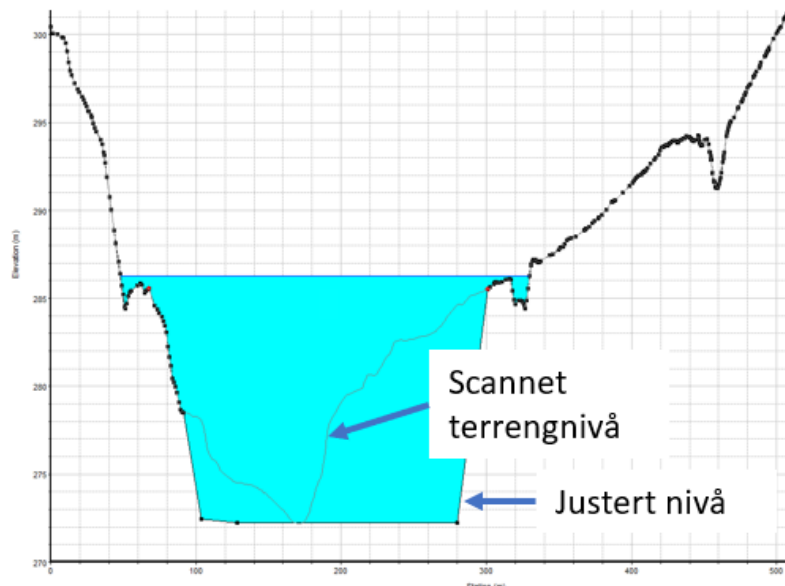
Om lag 5 km sør for Otta sentrum faller Melemsåi inn i Lågen fra vest, se Figur 6 og Figur 7. Elva er masseførende. En vifte av løsmasser ligger ut mot Lågen. Til simulering med uttak av løsmasser og tverrsnittsutvidelse, er tverrsnittet i Lågen utvidet på begge sider av elva. Terreng er fjernet både under og over normalvannstand, men under nivået for dagens bebyggelse og vei/jernbane (Figur 8). Laveste punkt i elvetverrsnittene er beholdt.



Figur 6 Melemsåi (indikert med blå piler), med utløp i Lågen. Foto fra www.norgebilder.no.



Figur 7 Melemsåi utløp i Lågen - fra terrengmodell. Fargene har 0,5 m ekvidistanse. Kotelinjene har 1 m ekvidistanse. Grønne linjer med nummer viser tversnitt i 1D-modellen.



Figur 8 Justert 1D-modell i tversnitt 110223, trangt parti i Lågen like nedstrøms utløp av Melemsåi. Terrengnivå fra scanning av elvebunn er vist med grå linje. Justert tversnitt har større bredde i dypløpet.

4.3 Tverrsnittsutvidelse ved Veslestraumen

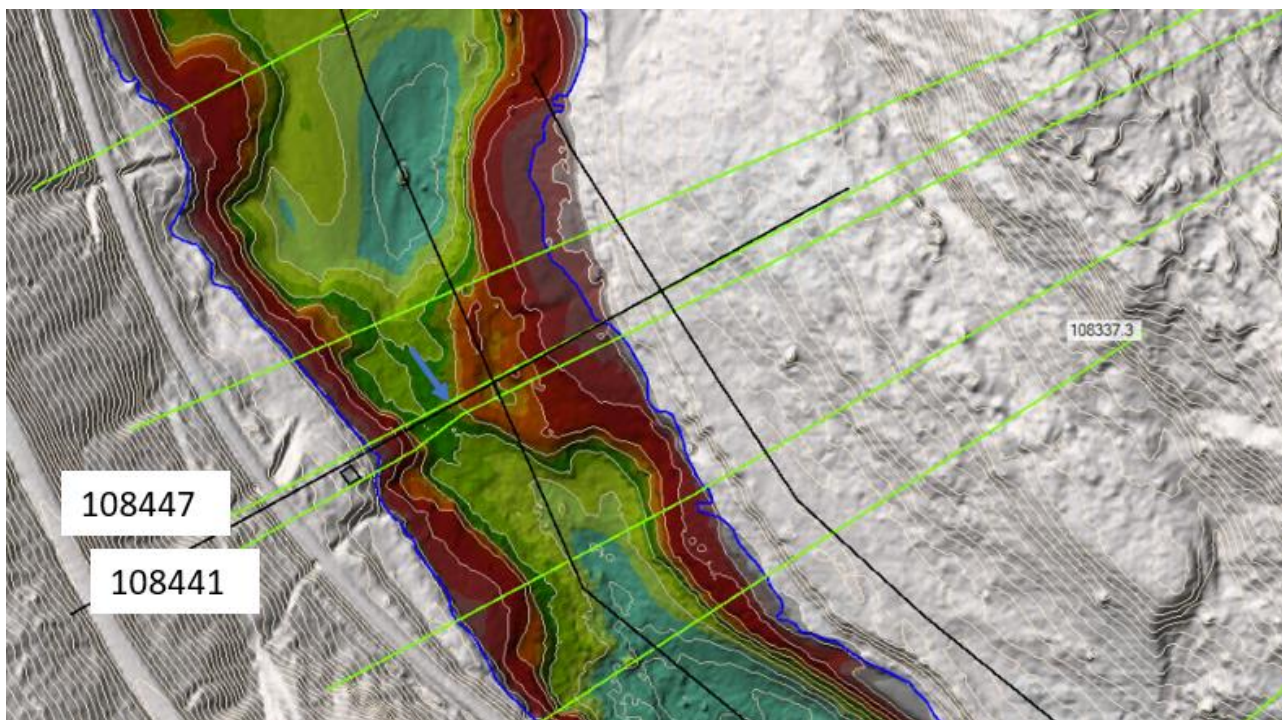
Veslestraumen (Figur 9 og Figur 10) er et trangt parti i Lågen, ca. 7 km sør for Otta sentrum. I det trangeste tverrsnittet ligger bunnen på ca. kote 276,0; 2 m høyere enn bunnivået opp- og nedstrøms. To alternativer har vært undersøkt (Figur 11):

1. Utvidelse av tverrsnittet, beholde dagens bunnivå (kote 276) på terskelen
2. Utvidelse av tverrsnittet og senke terskelen til kote 274, tilsvarende bunnivået opp- og nedstrøms

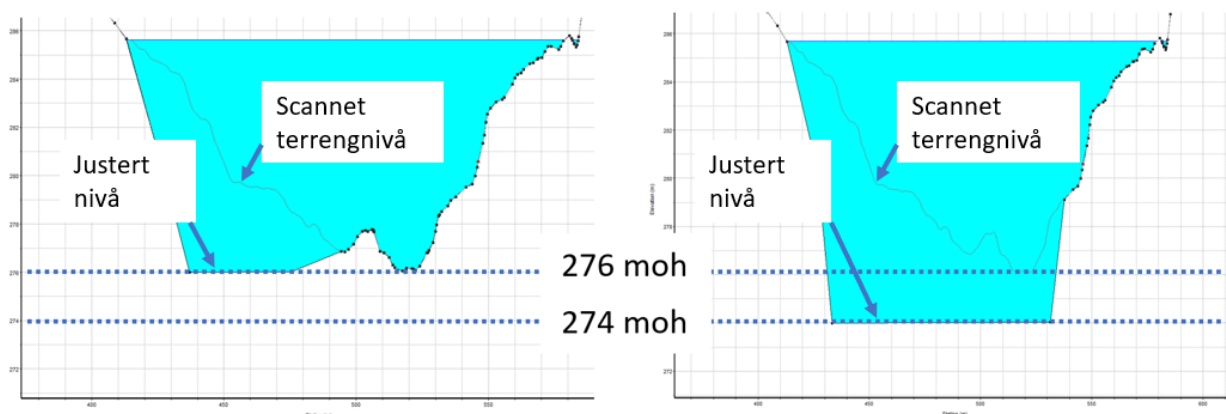
Innledningsvis ble mulighetene for etablering av et nødoverløp eller en kanal ved siden av Lågen, i parallell med Veslestraumen, vurdert. Håndberegninger viser at for å oppnå tilstrekkelig kapasitet i et nødoverløp, er det nødvendig med større fall og større tverrsnitt enn det som er mulig å oppnå med terrengforholdene ved Veslestraumen. Det er derfor ikke gjort noen simulering av nødoverløp ved siden av Veslestraumen.



Figur 9 Veslestraumen, foto fra www.norgebilder.no. I simulering med tiltak fjernes utstikkende parti av elvebredden på østsiden av Lågen.



Figur 10 Veslestraumen terrengmodell. Fargene har 0,5 m ekvidistanse. Kotelinjene har 1 m ekvidistanse. Grønne linjer med nummer viser tverrsnitt i 1D-modellen.



Figur 11 Utvidelse uten (venstre) og med (høyre) bunnsenkning av trangeste tverrsnitt i Veslestraumen (tverrsnitt 108441). Utvidelsen er gjort på østsiden av Lågen. På vestsiden er terrenget brattere, og dagens elveskråning er beholdt.

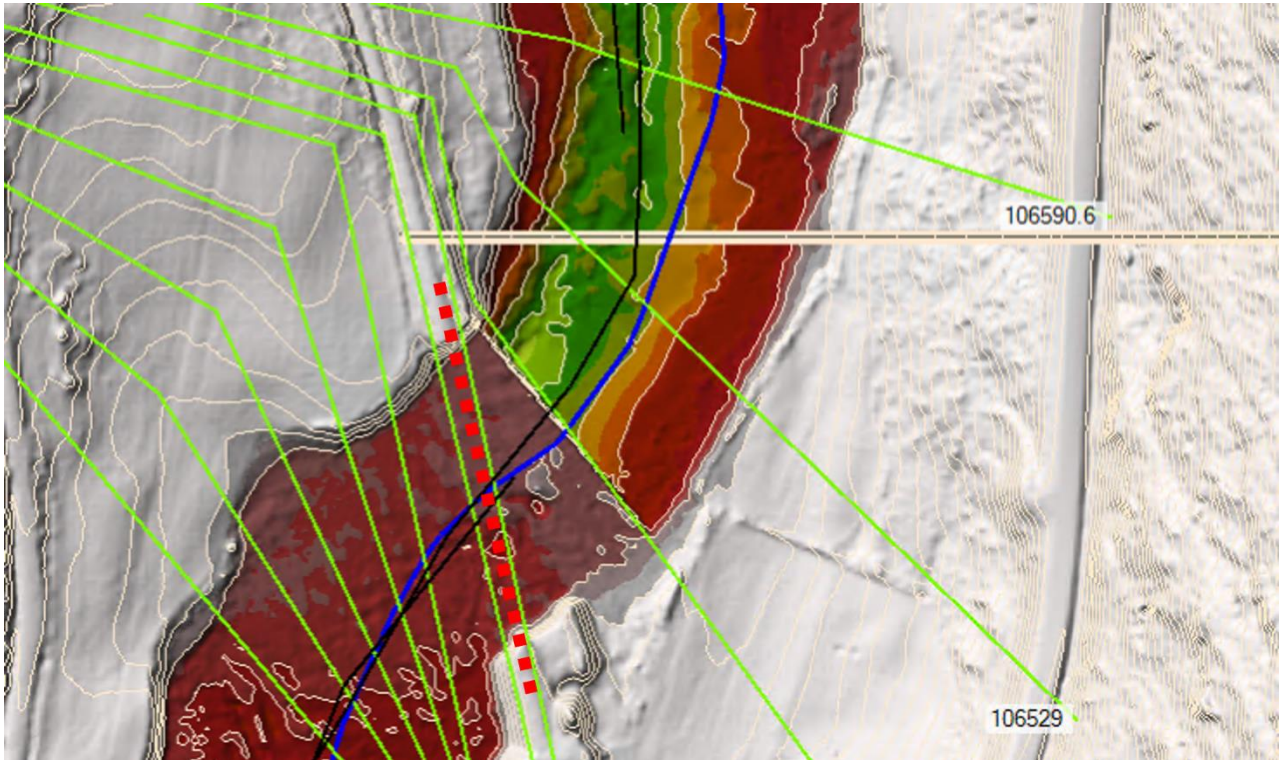
4.4 Tverrsnittsutvidelse ved Eide bru (Sjoa jernbanebru)

Eide bru har én pilar i Lågen (Figur 12). Mellom østre landkar og pilaren ligger terrenget høyere enn i elvas hovedløp vest for pilaren (Figur 13). Det foreligger ikke oppmålte dybder ved brua eller videre nedstrøms. Til rapport «Utredning av flomfare fra Gudbrandsdalslågen og Otta ved Otta sentrum» [2] ble terrenget i elva justert skjønnsmessig, på bakgrunn av flyfoto og scannet terreng over vann. I 1D-simuleringen er det gjort

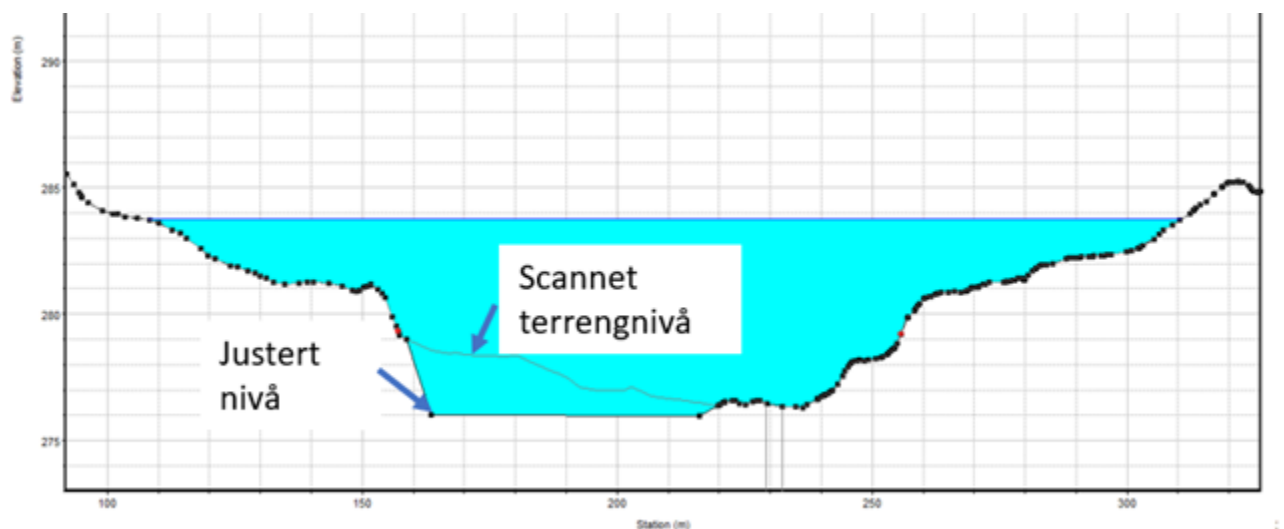
tilpasninger av de stipulerte tverrsnittene. Terrengtet på østsiden av Lågen er senket til omtrent samme nivå som dypålen (Figur 14).



Figur 12 Sjøa jernbanebru. Foto fra www.norgebilder.no.



Figur 13 Terrengmodell ved Sjoa jernbanebru. Brua er tegnet inn med rød stiplede linje. Fargene har 0,5 m ekvidistanse. Kotelinjene har 1 m ekvidistanse. Grønne linjer viser tverrsnitt i 1D-modellen. Det foreligger dybdekartlegging av Lågen nesten ned til brua.



Figur 14 Justert 1D-modell i tverrsnitt 106529, nært Eide bru. Terrengnivå fra scanning av elvebunn er vist med grå linje. Justert tverrsnitt har større bredde i dypløpet.

4.5 Resultater

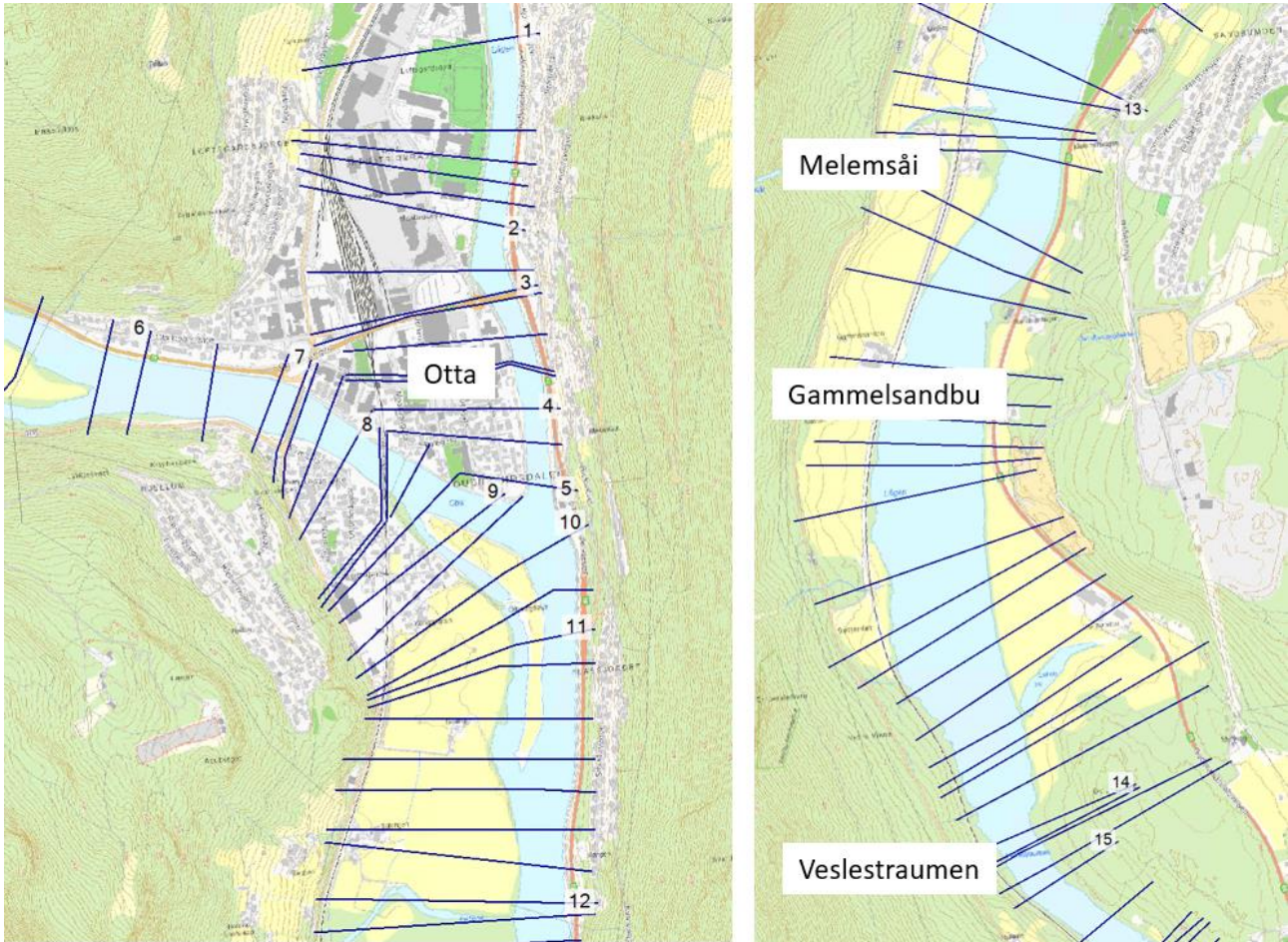
Resultat fra simulering med uttak av løsmasser og tverrsnittsutvidelser for 200-årsflom inkludert 20% klimapåslag med kulminasjonsflom er oppsummert i Tabell 1. Tverrsnittenes plassering er vist i kart i Figur 15 og Figur 16.

Resultatene viser at masseuttak/utvidelse av elvetverrsnittet gir en liten lokal effekt på vannstanden, men marginal eller ingen effekt på vannstanden tilbake til Otta sentrum – kun noen få centimeter for det enkelte tiltak. En simulering med alle uttak av løsmasser og tverrsnittsutvidelser samtidig, inkludert bunnsenkning ved Veslestraumen, gir inntil 15-20 cm lavere vannstand ved Otta sentrum ved Q_{200} med kulminasjonsflom i Lågen og 20% klimapåslag, se høyre kolonne i Tabell 1 samt Figur 17. Kontroll med 2D-simulering for samme situasjon (kap. 5.1) bekrefter resultatene. Resultatene for Eide bru (Sjoa jernbanebru) må betraktes som svært usikre, på grunn av manglende terrenggrunnlag.

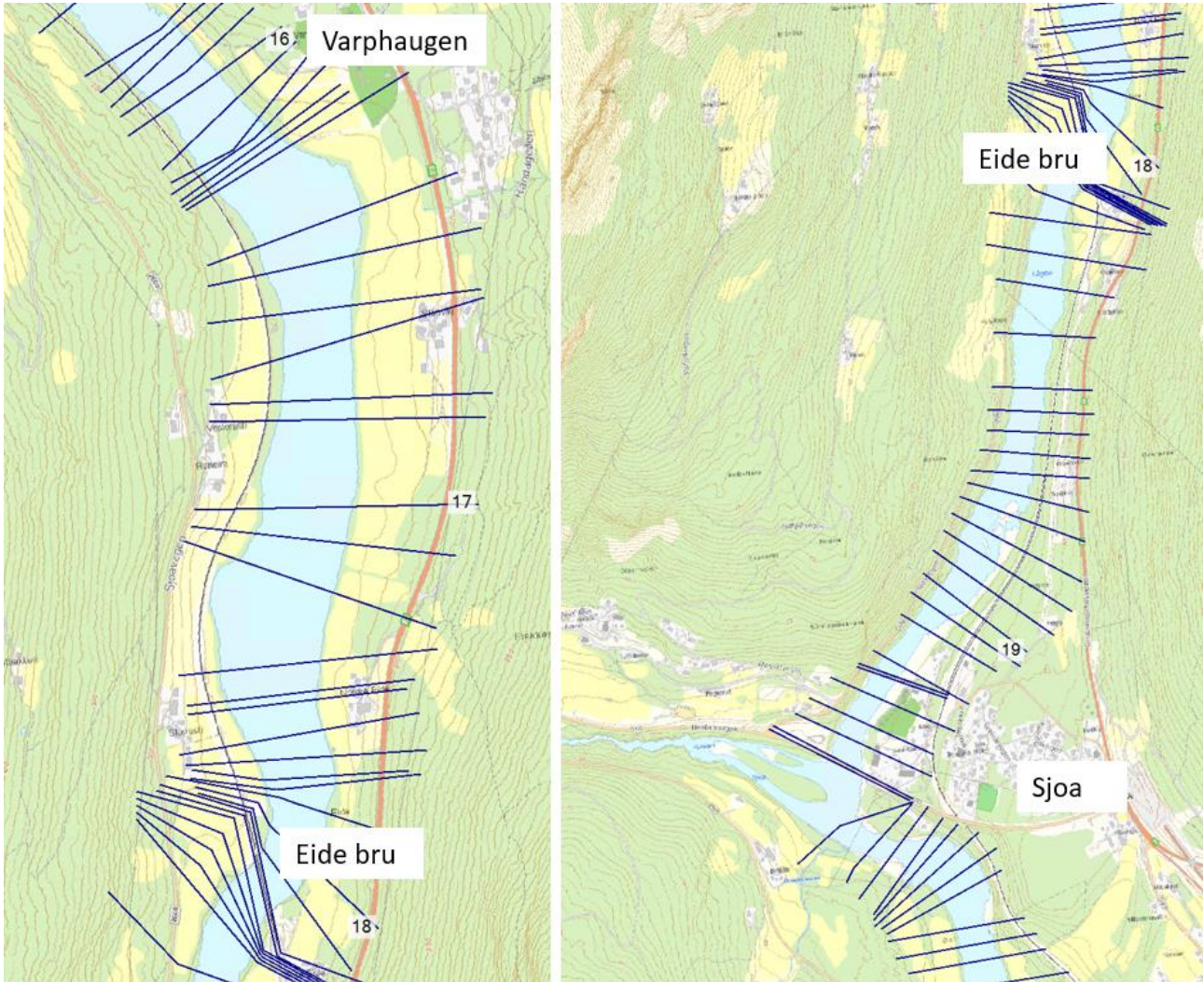
Det er også utført en simulering med 1000-årsflom inkl. 20% klimapåslag. Økt gjentakintervall gir ingen vesentlig endring i resultatene. Det er fortsatt mindre enn 20 cm reduksjon i vannstand ved Otta sentrum, sammenliknet med resultat for $1,2xQ_{1000}$ uten tiltak.

Tabell 1 Resultat fra beregning med uttak av løsmasser/tverrsnittsutvidelse. Verdier er oppgitt som endring i vannstand i meter med tiltak, relativt til scenario uten tiltak, for $1,2xQ_{200}$ med kulminasjonsflom i Lågen.

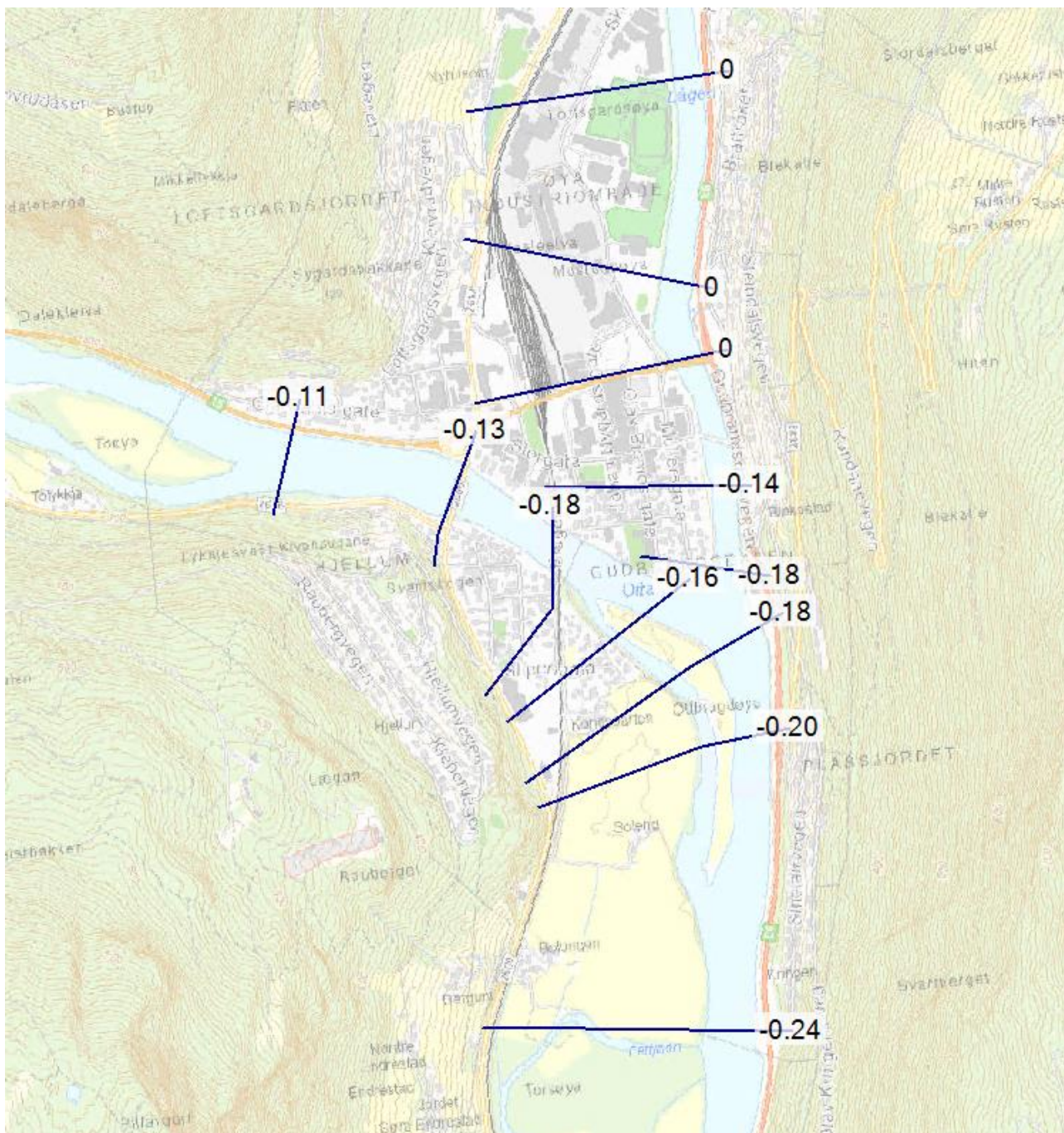
Nr.	Tverrsnitt plassering	Ott-bragd-øya	Melems-åi	Vesle-str. u/senkning	Vesle-str. m/senkning	Eide bru (Sjoa j b)	Kombinasjon
Tverrsnitt i Lågen							
1	Lågen ved VGS og idrettsplass	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Lågen nord for Holum Sport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Lågen kjørebua, oppstrøms	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Nedstrøms Loftsgardbrua	-0.04	-0.01	-0.05	-0.06	-0.05	-0.14
5	Lågen rett oppstrøms samløp	-0.04	0.00	-0.05	-0.06	-0.06	-0.18
10	Lågen rett nedstrøms samløp	-0.05	-0.01	-0.06	-0.07	-0.06	-0.18
11	Midt på Ottbragdøya	-0.04	-0.01	-0.07	-0.08	-0.07	-0.20
12	Innløp Solgjemsøyene delta	0.00	-0.01	-0.10	-0.12	-0.11	-0.24
13	Oppstr. Melemsåi/Sandbu	0.00	-0.02	-0.14	-0.17	-0.14	-0.32
14	Veslestraumen, oppstrøms	0.00	0.00	0.06	0.05	-0.18	-0.11
15	Veslestraumen, nedstrøms	0.00	0.00	0.11	0.13	-0.19	-0.01
16	Varphaugen	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.21	-0.21
17	Vesleruste/Roheim	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.24	-0.25
18	Oppstrøms Eide bru	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.21	-0.21
19	Mulig utløpssted tunnel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tverrsnitt i Ottaelva							
6	Otta 1km oppstrøms samløp	-0.03	-0.01	-0.04	-0.04	-0.04	-0.11
7	Oppstrøms Otta kjørebua	-0.03	-0.01	-0.04	-0.05	-0.04	-0.13
8	Oppstrøms jernbanebru	-0.05	-0.01	-0.06	-0.07	-0.06	-0.18
9	Otta nært samløp	-0.04	-0.01	-0.05	-0.06	-0.05	-0.16



Figur 15 Kartene viser hvordan tverrsnittene i Tabell 1 er plassert. Venstre: Tverrsnitt 1-12, nært Otta sentrum og ned mot Solgjemsøyene. Høyre: Tverrsnitt 13-15, fra Sandbu/Melemsåi til Veslestraumen.



Figur 16 Kartene viser hvordan tverrsnittene i Tabell 1 er plassert. Venstre: Tverrsnitt 16-18, fra Varphaugen til Eide bru (Sjoa jernbanebru). Høyre: Tverrsnitt 18-19, fra Eide bru til Sjoa tettsted.



Figur 17 Kartet viser reduksjon i vannstand (i meter), for tverrsnitt 1-12 i Tabell 1. Verdiene refererer til scenario "Kombinasjon" fra Tabell 1, dvs. en kombinasjon av flere ulike tiltak på strekningen nedstrøms Otta. Ved Otta sentrum fra bruene til samløpet er reduksjonen ca. 0,15-0,20 m.

4.6 Kostnader

Det vil være store innbyrdes forskjeller i kostnader, terrengingrep og konsekvenser for naturmiljø ved de ulike løsningene.

Overordnet vurdering av tiltak for å senke flomvannstanden ved Otta sentrum

Flomsikring av Otta sentrum

Oppdragsnr.: NOAS-G-52303409 Dokumentnr.: FFAG-RAPP-002 Revisjon: J02



På bakgrunn av at resultatene viser at masseuttak/utvidelse av elvetverrsnittet gir en liten lokal effekt på vannstanden, men marginal eller ingen effekt på vannstanden tilbake til Otta sentrum, er ikke kostnaden for gjennomføring av de forskjellige alternativene eller en kombinasjon med alle alternativer beregnet. Tiltakets nytteverdi, i form av en reduksjon i flomvollens høyde med 0,2 m, vil vanskelig kunne veie opp for de nødvendige kostnadene for grunnarbeid og avbøtende naturiltak ved de ulike lokalitetene.

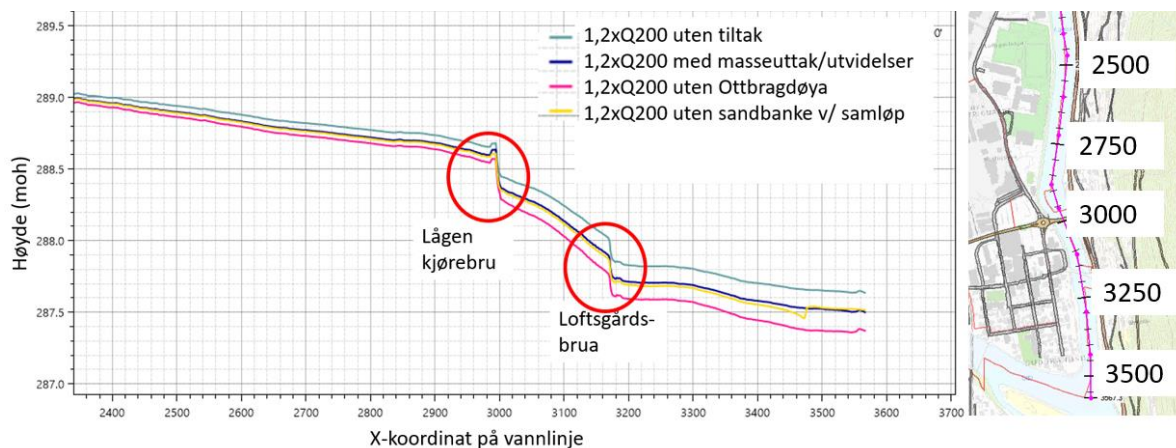
5 Diskusjon av resultater og hydraulisk modellering for tiltak sør for tiltaksområdet

5.1 Kontroll med 2D-modell

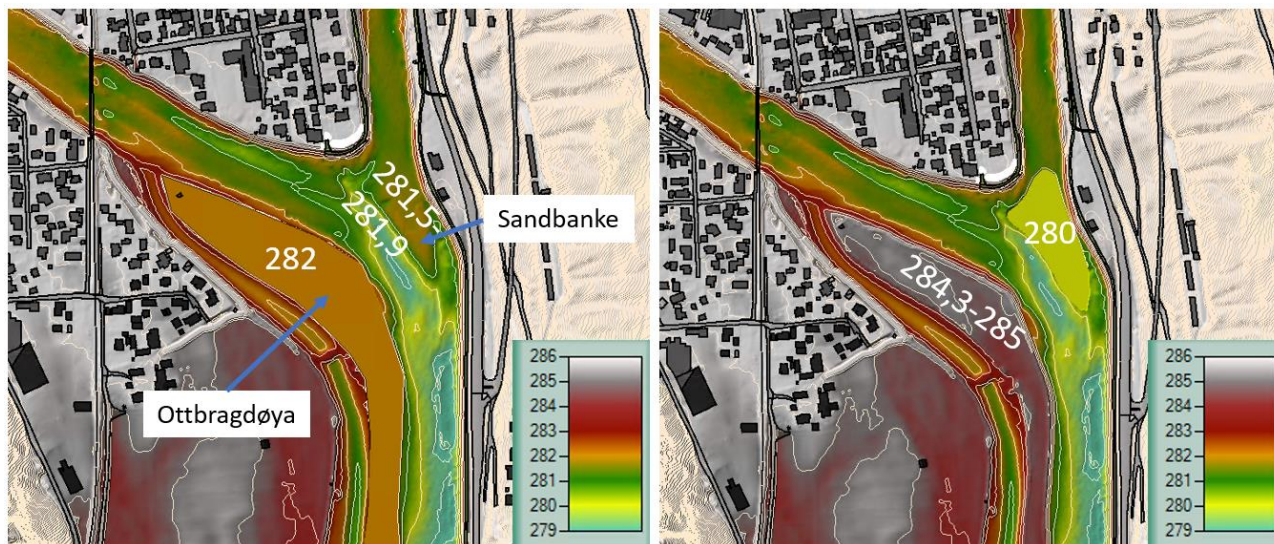
Med 2D-modell er det gjort en kontrollsimulering av et scenario der alle masseuttak/utvidelser inngår, se Figur 18). 2D-resultatene bekrefter funnene i Tabell 1; masseuttakene og tverrsnittsutvidelsene nedstrøms samløpet senker vannstanden med inntil 0,15-0,2 m nært samløpet og under 0,1 m i Lågen oppstrøms Lågen kjørebru.

I 2D-modellen ble det samtidig undersøkt hvordan terrenget like ved samløpet påvirker vannstanden. Det har vært stilt spørsmål om Ottbragdøya og/eller sandbanken ved samløpet fører til høyere vannstand ved sentrum. Det er gjort en 2D-simulering der sandbanken som ligger på kote 281,5-281,9 i terrengmodellen fjernes, til fordel for flat elvebunn på kt. 280. Det er også gjort en simulering hvor terrengnivået på Ottbragdøya er senket fra dagens nivå på ca. kt. 284,3-285 og ned til kt. 282. Se Figur 19 for utsnitt av 2D terrengmodell med og uten tiltakene ved samløpet.

Uttak av sandbanken gir omtrent samme effekt som kombinasjonen av nedstrøms tiltak. Masseuttak på Ottbragdøya gir 0,2-0,25 m lavere vannstand i Lågen nært samløpet, men kun ca. 0,1 m reduksjon oppstrøms Lågen kjørebru fordi vannstanden stuves opp av brua. En vurdering av hvordan bruene påvirker vannstanden, er gitt i avsnitt 5.2. Det presiseres at masseuttak ved Otta sentrum ikke er et aktuelt tiltak i forbindelse med flomsikring. Det skyldes bl.a. at masseuttak ikke innfrir kravene til et permanent tiltak iht. TEK17, og kan dermed ikke inngå som del av en permanent flomsikring. Se NVEs notat «Fakta om masseuttak som flomsikringstiltak ved Otta sentrum» [5] for detaljer.



Figur 18 Beregnet vannlinje i Lågen ned mot samløpet, for strekningen som er vist i oversiktskart til høyre. Vannlinjene er beregnet i 2D for 1,2xQ₂₀₀ med kulminasjonsflom i Lågen.



Figur 19 Vurdering av masseuttak nært samløpet. Venstre: Ottbragdøya senkes til kt. 282. Sandbanke i utløpet på kt. 281,5-281,9 beholdes. Høyre: Sandbanken senkes til kt. 280. Ottbragdøya beholdes på dagens nivå.

5.2 Påvirkning fra bruer

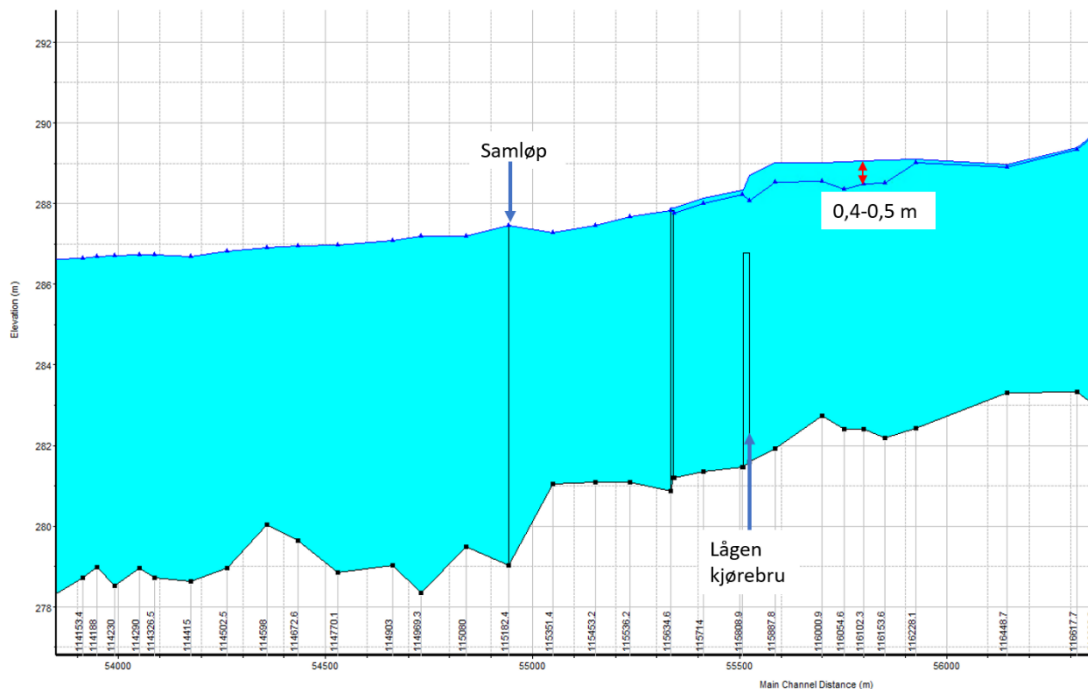
For å undersøke hvordan bruene ved Otta påvirker vannstanden, er det utført en 1D-simulering uten de fire bruene ved sentrum. Vannlinje med og uten bruer er vist i Figur 20 og Figur 21. Både i Lågen og Otta er vannlinja vesentlig lavere uten bruer. Ettersom bruene støver opp vannstanden kraftig, er det rimelig at tiltakene nedstrøms samløpet gir liten effekt på vannlinja oppstrøms bruene.

Lågen kjørebri forårsaker minst 0,4-0,5 m oppstuvning oppstrøms i Lågen. Oppstuvningen er merkbar på strekningen fra brua og opp til Otta ungdomsskole. Bruene over Otta bidrar til ca. 0,75 m høyere vannstand nært Otta sentrum. Effekten av bruene er merkbar på en 1,5-2 km lang strekning i Otta, nesten opp til Otta camping og krysset Dahlevegen / Rv. 15.

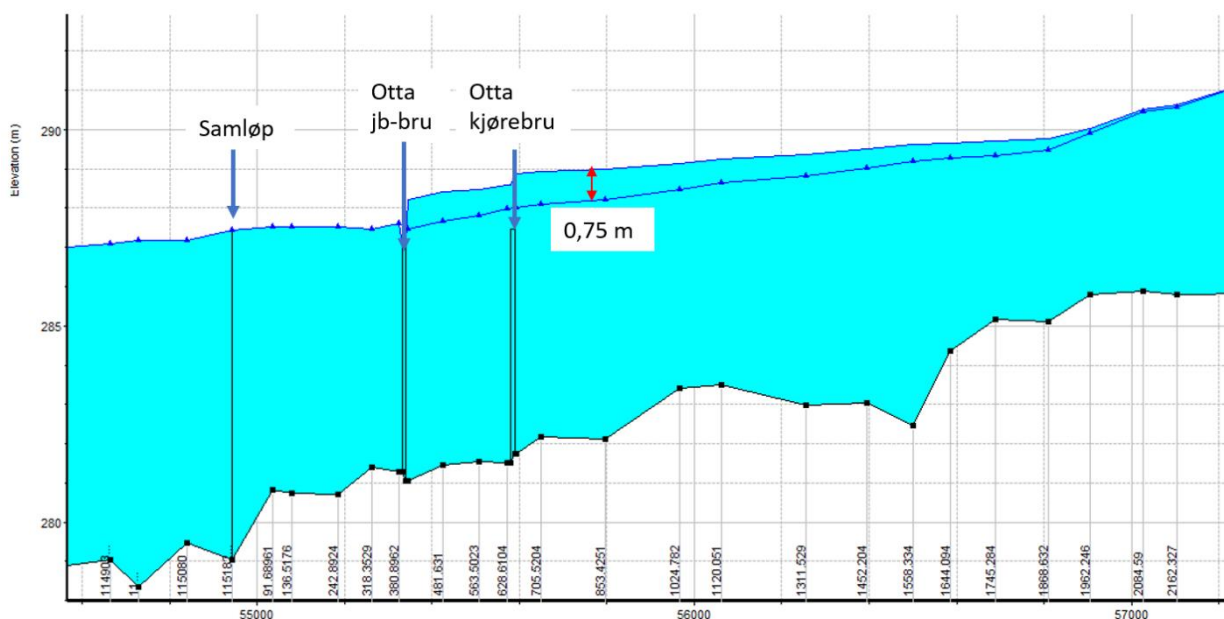
Ved Otta jernbanebru ble det etter ekstremværet «Hans» avdekket bunnsenking ved bruas fundamenter. NVE har gitt Bane NOR tillatelse til å plastre rundt fundamentene for å stabilisere elvebunnen. Erosjonssikringen er prosjektert av Rambøll, som også har utført en hydraulisk simulering av hvordan sikringen påvirker vannstanden. I tillatelsen skriver NVE:

«Det er simulert en økning i vannhøyde på inntil 20 cm rett oppstrøms jernbanebrua. Figuren viser at det er små nye områder som blir berørt av en slik hendelse, selv om flomhøyden stiger litt også innenfor det området som allerede blir rammet av en flom. Økning i utbredelse kan også komme tidligere ved mindre flommer. NVE mener at virkningene for bebyggelsen kan bli betydelige, men at tiltakene i Otta ved jernbanebrua er nødvendige å gjennomføre for å sikre Dovrebanen. For å avbøte virkningene må det etableres ny bruløsning, og for å redusere påvirkningen i tid mener NVE at Bane NOR straks må starte planlegging av ny bruløsning for Otta jernbanebru, og at ny løsning etableres innen rimelig tid.»

Ny bruløsning for Otta jernbanebru bør ta hensyn til at dagens utforming er oppstuvende, og ikke har tilstrekkelig fribord ved 200-årsflom med 20% klimapåslag.



Figur 20 Vannlinje i Lågen ved 1,2xQ₂₀₀ med kulminasjonsflom i Lågen. Vannfylt areal viser dagens situasjon med bruer. Blå linje med markører viser at uten bruene ved Otta sentrum ville vannstanden vært inntil ca. 0,5 m lavere oppstrøms dagens kjørebri mellom E6 og Circle K.



Figur 21 Vannlinje i Otta ved 1,2xQ₂₀₀ med kulminasjonsflom i Lågen. Vannfylt areal viser dagens situasjon med bruer. Blå linje med markører viser at uten bruene ved Otta sentrum ville vannstanden vært inntil ca. 0,75 m lavere oppstrøms dagens kjørebri mellom sørsiden av Otta og Rv. 15.

5.3 Tilleggsanalyse av Lågen oppstrøms samløpet

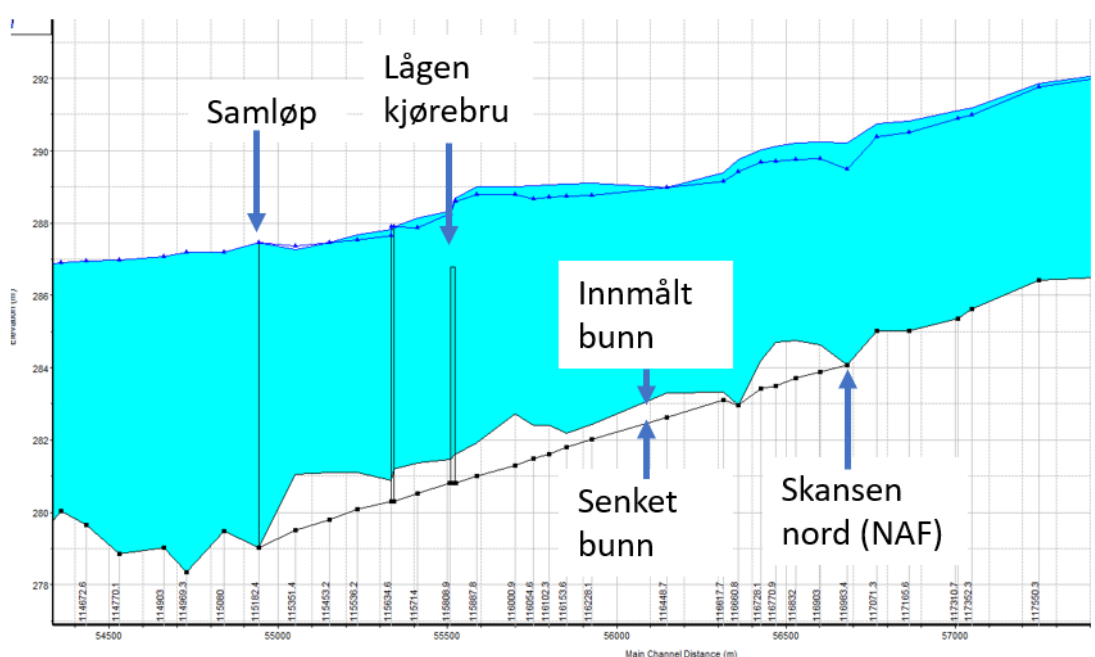
Tiltak for å dempe av flomtoppen i Lågen ved Selsmyrene har ikke vært vurdert, ettersom det ikke har vært ønskelig å forverre flomsituasjonen oppstrøms Otta sentrum. Tidligere vurderinger antyder tilgjengelig demping på 6-7% ut av Selsmyrene gitt dagens terreng. En redusert flomtopp ut av Selsmyrene vil gi mindre flombelastning på Otta sentrum.

Som en tilleggsvurdering har det vært utført en simulering med fjerning av masser/senking av bunnivå i Lågen nært Otta sentrum. Målet med simuleringene har vært å få en bedre forståelse av kapasiteten i Lågen oppstrøms samløpet.

For å undersøke kapasiteten, er det satt opp en modell med jevnt, brattere fall i elva fra Skansen nord ved NAF, og ned til dypeste punkt i samløpet. Når bunnen senkes i tverrsnittene på strekningen, øker nødvendigvis også strømningsarealet. Den nye modellen blir dermed en kombinasjon av økt helning og økt strømningsareal. Figur 22 viser lengdesnitt av senket bunnivå, sammenliknet med dagens elvebunn. Resultatene viser 0,25-0,4 m redusert vannstand oppstrøms Lågen kjørebri, sammenliknet med simulering med dagens elvebunn.

Det presiseres at masseuttak ved Otta sentrum ikke er et aktuelt tiltak i forbindelse med flomsikring. Det skyldes bl.a. at masseuttak ikke innfrir kravene til et permanent tiltak iht. TEK17, og kan dermed ikke inngå som del av en permanent flomsikring. Se NVEs notat «*Fakta om masseuttak som flomsikringstiltak ved Otta sentrum*» [5] for detaljer. I tillegg kan masseuttak tenkes å påvirke grunnvannstanden i Otta sentrum. En slik påvirkning på grunnvannstanden er ikke vurdert i denne rapporten. Det er heller ikke realistisk å senke elvebunnen der de to bruene over Lågen er fundamentert. Simuleringene er altså ikke en vurdering av mulige tiltak i Lågen oppstrøms samløpet, men en analyse av hvordan vannstanden i Lågen avhenger av kapasiteten i elva på strekningen.

For Lågen fra Skansen til sentrum har gjenfylling av Vesleelva (det gjenfylte sideløpet av Lågen gjennom Otta sentrum), ført til at vassdragets tilgjengelige strømningsareal er blitt redusert. Lågen har nå lavere kapasitet på denne strekningen enn i situasjonen før gjenfylling. Gjenåpning av Vesleelva, som naturbasert løsning, kunne muligens redusere vannstanden i Lågen oppstrøms samløpet, men har ikke vært vurdert til denne rapporten.



Figur 22 Lengdesnitt fra simulering med masseuttak i Lågen ned mot samløpet. Vannfylt areal viser dagens situasjon. Blå linje med markører viser vannstand med senket elvbunn i Lågen fra nordenden av Skansen (ved NAF) ned til samløpet. Vannlinjene er beregnet i 1D for $1,2 \times Q_{200}$ med kulminasjonsflom i Lågen.

6 Flomtunnel

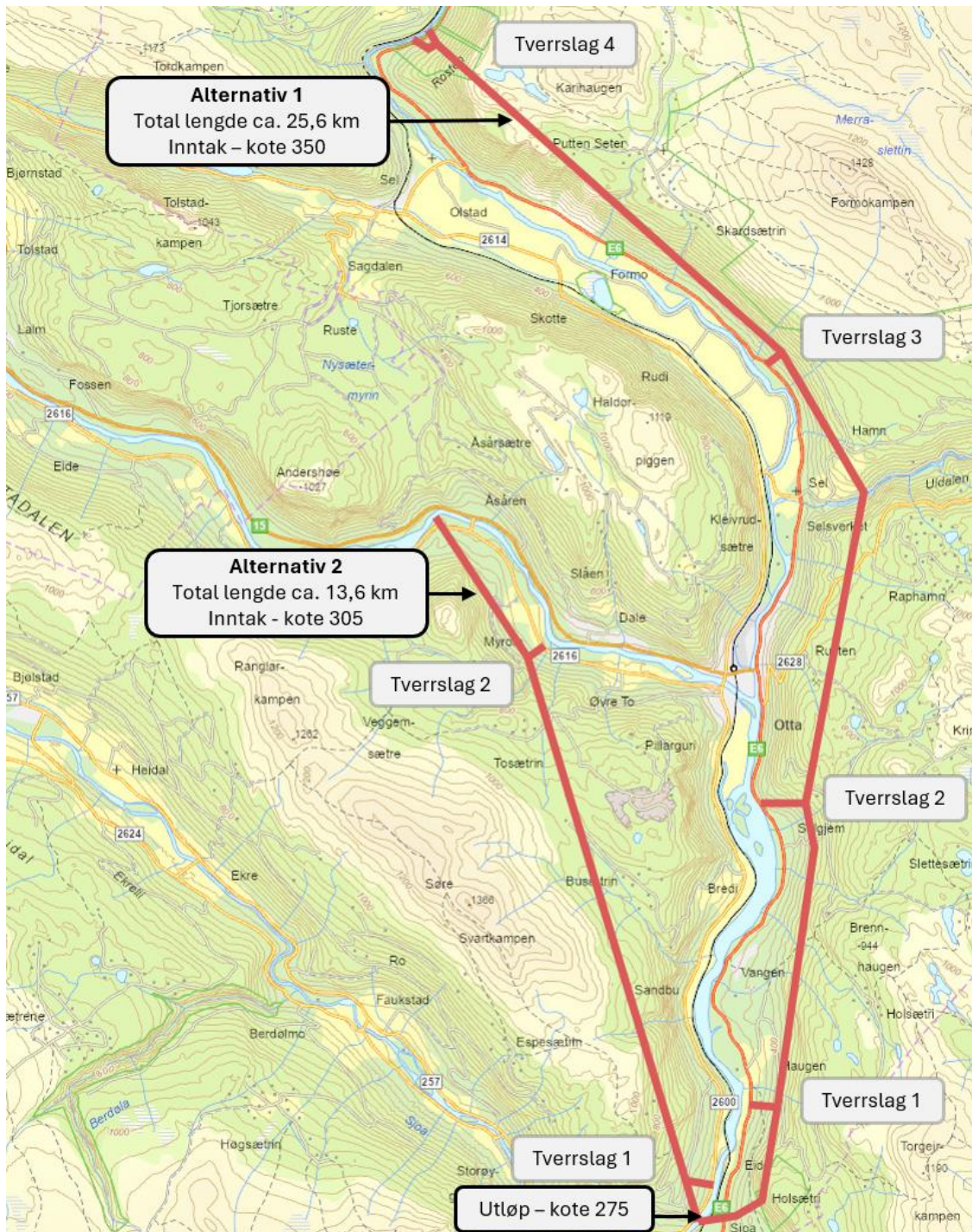
6.1 Vurderte traséer

To alternativer er vurdert; en flomtunnel som tar inn vann fra Lågen og en flomtunnel som tar inn vann fra elva Otta. Begge alternativene har utløp ned mot Sjoa og leder dermed vannet utenom Otta. Alternativene er kostnadsberegnet for forbiledning av opp til 300 m³/s og 600 m³/s fra elvene. Nødvendig tunneltversnitt er beregnet for uforet tunnel (råsprengt) og for tunnel med utstøpt tunnelsåle. Ved å støpe ut tunnelsålen vil tunneltversnittet bli redusert i forhold til en råsprengt tunnel for samme vannmengde på grunn av mindre friksjonstap.

For å unngå å få urealistiske store tunneltversnitt, eventuelt å måtte sprengte to tunneler parallelt, er det nødvendig med tilstrekkelig høydedifferanse mellom inntak og utløp til tunnelene. Alternativene har samme utløpsområde, ca. 400 m oppstrøms samløpet mellom Lågen og Sjoa. Her er det observasjoner av fjell i dagen på begge sider av elva, og Lågen har også noe fall på den aktuelle strekningen.

På planskissen nedenfor er flomtunnelen som tar inn vann fra Lågen angitt som alternativ 1 og flomtunnelen som tar inn vann fra Ottaelva angitt som alternativ 2.

Figur 23 er basert på kartgrunnlag fra NVE-Atlas. Omtrentlig -høydenivå og lengde på flomtunnellene må ansees som estimater. Likeså må valgt plassering av inntak og utløp, samt plassering av tverrslag til tunnelene anses som foreløpig. Tverrslag er nødvendige adkomst-tunneler som benyttes i byggetiden til uttransport av masser fra selve flomtunnelen. Det er ikke foretatt befarings til området med den hensikt å vurdere foreslåtte løsninger.



Figur 23 Planskisse med vurderte traséer for flomtunneler i Lågen og Ottaelva.

1. Flomtunnel som tar inn vann fra Lågen

Dette alternativet har inntak på kote 350 m ved Rosten og utløp like nedstrøms Sjoa bru på kote 275 m.

Hoveddata for alternativet er oppgitt i Tabell 2. Angitte verdier er avrundet.

Tabell 2. Hoveddata, alternativ 1 for råsprengt tunnel og tunnel med utstøpt tunnelsåle

Kapasitet flomtunnel (m ³ /s)	Inntak-utløp differanse (m)	Tunnellengde (m)	Tunneltverrsnitt (m ²)	Vannhastighet i tunnel, (m/s)	Kommentar
300	75	25600	91	3,3	Råsprengt tunnel, (k=33)
300	75	25600	72	4,2	Utsløpt såle (k=45)
600	75	25600	153	3,9	Råsprengt tunnel, (k=33)
600	75	25600	122	5,0	Utsløpt såle (k=45)

Tunnelen har en total lengde på ca. 25,6 km. Det er forutsatt 4 tverrslag med en total lengde på ca. 2,1 km for driving av tunnelen. Plassering av tverrslag er foreløpig. Totalt volum av sprengstein (etter sprengning) er anslått til mellom 3,1 mill. m³ (tunnel med kapasitet 300 m³/s og utstøpt tunnelsåle) og 6,6 mill. m³ (råsprengt tunnel med kapasitet 600 m³/s), alt etter alternativ.

2. Flomtunnel som tar inn vann fra elva Otta

Dette alternativet har inntak på kote 305 m ved Veggem og utløp like nedstrøms Sjoa bru på kote 275 m.

Hoveddata for alternativet er oppgitt i Tabell 3. Angitte verdier er avrundet.

Tabell 3. Hoveddata, alternativ 2 for råsprengt tunnel og tunnel med utstøpt tunnelsåle

Kapasitet flomtunnel (m ³ /s)	Inntak-utløp differanse (m)	Tunnellengde (m)	Tunneltverrsnitt (m ²)	Vannhastighet i tunnel, (m/s)	Kommentar
300	30	13600	102	3,3	Råsprengt tunnel, (k=33)
300	30	13600	81	4,2	Utsløpt såle (k=45)
600	30	13600	170	3,9	Råsprengt tunnel, (k=33)
600	30	13600	135	5,0	Utsløpt såle (k=45)

Tunnelen har en total lengde på ca. 13,6 km. Det er forutsatt 2 tverrslag med en total lengde på ca. 0,9 km for driving av tunnelen. Plassering av tverrslag er foreløpig. Totalt volum av sprengstein (etter sprengning) er anslått til mellom 3,9 mill. m³ (råsprengt tunnel med kapasitet 600 m³/s) og 1,7 mill. m³ (tunnel med kapasitet 300 m³/s), alt etter alternativ.

6.2 Beregningsforutsetninger tunnelkapasiteter

For å få tilstrekkelig høydedifferanse mellom inntak og utløp, er tunnelutløpene for begge alternativet lagt nedstrøms Sjoa bru på ca. kote 275 m. Inntaket for Lågen-tunnelen er lagt ved Rosten på ca. kote 350 m og Otta-tunnelen på ca. kote 305 m ved Veggem.

Tunneltversnitt er håndberegnet med Mannings formel $H = v^2L/k^2R^{4/3}$ hvor friksjonskoeffisienter er satt til henholdsvis $k=33$ (råsprengt tunnel) og $k=45$ (råsprengt tunnel med utstøpt såle). Det er ikke tatt hensyn til innløps/utløps-tap eller singulærtap i tunnelen.

H = Høydedifferansen mellom inntak og utløp

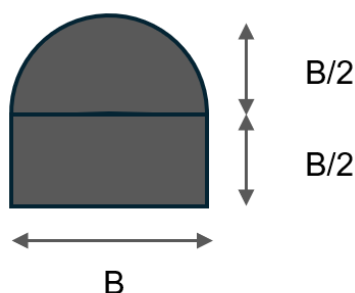
v = Vannhastighet i tunnelen

L = Lengde på tunnelen

k = Mannings friksjonskoeffisient

R = Hydraulisk radius

Tunneltversnittet er antatt med geometri som vist i Figur 24 nedenfor:



Figur 24. Standard tunneltversnitt

Mannings friksjonskoeffisient er et uttrykk for ruheten i tunnelvegger og såle. Dagens praksis er oftest å påføre sprøytebetong på tunnelvegger og heng. Dette vil minske friksjonen og redusere tunneltversnittet noe i forhold til angitte størrelse. For vannhastigheter større enn 2,5 -3 m/s i tunnelen kan det være fare for avskalling av sprøytebetongen. Det foreslås å utrede tiltak for å hindre avskalling av sprøytebetong nærmere dersom flomtunnelalternativene kommer til videre vurdering.

Inntaket til flomtunnelen i Lågen og i Ottaelva kan utføres på forskjellige måter avhengig av funksjonskrav som stilles til flomtunnelen og topografien og fundamenteringsforholdene på inntaksstedet.

Flomtunnelen(e) er antatt å lede vann forbi Otta kun i en flomsituasjon. Til vanlig vil Ottaelva og Lågen ha sin naturlige vannføring inntil det er fare for en skadeflom. Inntil denne situasjonen oppstår vil flomtunnelen ikke være i bruk. Det er ikke tatt stilling til for hvilken vannføring der det vil være hensiktsmessig å åpne flomtunnelen, men en vannføring tilsvarende en 20-års flom (Hans) kan være en aktuell størrelse. Økningen i vannføringen vil da bli ledet forbi Otta via flomtunnelen(e). Bortsett fra at det er observert fjell i dagen, er det ikke gjort vurdering av egnethet av damsted eller utforming av inntaket. Dersom alternativet med flomtunnel blir videre utredet, må inntaksplassering og funksjon vurderes nærmere.

I utløpet av flomtunnelen er det antatt at det må bygges et bjelkestengsel for å stenge flomtunnelen dersom det kreves vedlikehold/utbedring av tunnelen. Som for inntaket må plassering og utforming av utløpet vurderes mer i detalj dersom alternativene med flomtunneler skal vurderes videre.

Det er heller ikke tatt stilling til omfang på sikring av inntak/utløp av flomtunnelen i denne utredningen.

6.3 Resultater fra hydraulisk modellering av flomtunneler

En flomtunnel gir betydelig reduksjon av vannstand ved Otta sentrum. For Lågen-alternativet der 600 m³/s går i flomtunnel, vil vannstandsreduksjonen i tiltaksområdet reduseres med 0,6 m -1,9 m. For Otta-alternativet der 600 m³/s går i flomtunnel, vil reduksjonen i flomvannstand i Otta sentrum være mellom 0,9-1,9 m. En flomtunnel i Lågen vil redusere vannstanden langs en større del av tiltaksområdet enn hva en tunnel i Otta vil gjøre. Dette skyldes at Lågen er mer flomutsatt enn Otta elven i prosjektområdet. Resultater fra hydraulisk modellering er oppsummert i Tabell 4 og Figur 25. Kart over tverrsnittenes plassering finnes i Figur 15 og Figur 16.

Tabell 4 Reduserte flomvannstander ved alternative flomtunneler fra Otta ved Sanden og Lågen ved Rosten. I begge tilfeller er utløpet nedstrøms Eide bru (Sjøa jernbanebru). Verdier er oppgitt som endring i vannstand i meter med tiltak, relativt til scenario uten tiltak, for 1,2xQ₂₀₀ med kulminasjonsflom i Lågen. Se også Figur 25.

Nr.	Tverrsnitt plassering	Flomtunnel Otta 300 m ³ /s	Flomtunnel Otta 600 m ³ /s	Flomtunnel Lågen 300 m ³ /s	Flomtunnel Lågen 600 m ³ /s
Tverrsnitt i Lågen					
1	Lågen ved VGS og idrettsplass	0.00	0.05	-0.38	-1.38
2	Lågen nord for Holum Sport	0.00	-0.27	-0.82	-1.88
3	Lågen kjørebri, oppstrøms	0.00	-0.37	-0.77	-1.68
4	Nedstrøms Loftsgardbrua	-0.35	-0.64	-0.46	-0.92
5	Lågen rett oppstrøms samløp	-0.48	-0.98	-0.30	-0.63
10	Lågen rett nedstrøms samløp	-0.44	-0.88	-0.44	-0.88
11	Midt på Ottbragdøya	-0.46	-0.92	-0.46	-0.92
12	Innløp Solgjemsøyene delta	-0.55	-1.12	-0.55	-1.12
13	Oppstrøms Melemsåi/Sandbu	-0.59	-1.22	-0.59	-1.22
14	Veslestraumen, oppstrøms	-0.55	-1.14	-0.55	-1.14
15	Veslestraumen, nedstrøms	-0.54	-1.11	-0.54	-1.11
16	Varphaugen	-0.53	-1.10	-0.53	-1.10
17	Vesleruste/Roheim	-0.54	-1.10	-0.54	-1.10
18	Oppstrøms Eide bru	-0.56	-1.15	-0.56	-1.15
19	Mulig utløpssted tunnel	0.00	0.00	0.00	0.00
Tverrsnitt i Ottaelva					
6	Otta 1km oppstrøms samløp	-0.87	-1.77	-0.27	-0.27
7	Oppstrøms Otta kjørebri	-0.91	-1.86	-0.34	-0.34
8	Oppstrøms jernbanebru	-0.82	-1.50	-0.44	-0.44
9	Otta nært samløp	-0.42	-0.84	-0.44	-0.88



Figur 25 Reduksjon i vannstand ved Otta sentrum fra simulering med flomtunnel i hhv. Lågen (venstre figur) og Otta (høyre figur). Oppgitte verdier er vannstandsreduksjon i meter, sammenliknet med scenario uten tunnel. Verdiene er oppgitt for tunnelkapasitet 300 m³/s og 600 m³/s. Se også Tabell 4.

6.4 Kostnader

Kostnadsberegningene er gjort med basis i konsulentens database for kostnadsestimater og kontrakter inngått fra kraftverksprosjekter i Norge frem til 2024. I tillegg er enhetsprisene vurdert utfra «Kostnadsgrunnlag for vannkraft», NVE rapport 46/2015 og prisindekser fram til 2024. Dette gir en prisøkning fra 2015 til 2024 på rundt 50-60 % og samsvarer bra med konsulentens database.

Det er tatt med 15 % for uforutsett og 8 % påslag for detaljprosjektering bygg og oppfølging og byggeledelse. Prisstigning og finansieringskostnader er ikke tatt med.

Prisoppsettet er basert på priser i 1. kvartal 2024. Prisstigning fra dette tidspunktet kommer i tillegg. Kostnader som normalt er nødvendig for sikring/tetting av tunnelen er inkludert i kostnadsoverslaget. Tabell 5

gir en oversikt over total kostnader for de undersøkte alternativene. En mer detaljert oversikt over kostnadsoverslag for de ulike alternativene finnes i vedlegg 1.

Flomtunnelene vil kunne ha positive konsekvenser for flomutsatt infrastruktur utenfor tiltaksområdet. Særsilt vil dette gjelde lokale veier og E6 langs Lågen. Dette er ikke hensyntatt i kostnadsvurderingene.

Tabell 5. Sammendrag av kostnader for de undersøkte alternativene:

Alternativ	Kostnad i kr
Lågen 300 m ³ /s, råsprengt tunnel	2 770 000 000
Lågen 300 m ³ /s, utstøpt tunnelsåle	2 740 000 000
Lågen 600 m ³ /s, råsprengt tunnel	3 930 000 000
Lågen 600 m ³ /s, utstøpt tunnelsåle	3 750 000 000
Otta 300 m ³ /s, råsprengt tunnel	1 620 000 000
Otta 300 m ³ /s, utstøpt tunnelsåle	1 600 000 000
Otta 600 m ³ /s, råsprengt tunnel	2 330 000 000
Otta 600 m ³ /s, utstøpt tunnelsåle	2 220 000 000

Dersom en av tunnelene med avledningskapasitet på 600 m³/s bygges, vil behovet for sikring i sentrum reduseres betydelig, men trolig ikke helt. Det vil fremdeles kunne være behov for sikring langs Otta og Lågens bredder med pumpestasjoner, samt nødvendig å etablere sikker framføring av Kleivrubekken til Lågen.

Dersom en av tunnelene med avledningskapasitet på inntil 300 m³/s bygges, må trolig sikringskonseptet beskrevet i mulighetsstudiet (flomvoller med spunt som tetning og pumpestasjoner) likevel videreføres, om enn med noe redusert høyde og kapasitet. Alternativet medfører altså ikke at kostnadene for flomsikring i Otta sentrum bortfaller.

Kostnadsestimatene for flomtunnel tilsvarer en mangedobling av estimerte flomsikringskostnader beskrevet i mulighetsstudiet og i NVEs tiltaksplan, estimert til 230 000 000 kr i 2020. Flomtunnelene kan derfor ikke sies å være kostnadseffektive alternativ som samtidig medfører bortfall av nødvendig sikringsomfang i sentrum.

7 Konklusjon

Norconsult er engasjert av NVE for å prosjektere flomsikring av Otta sentrum. Flomsikringskonseptet i Dr. Blasy – Dr. Øverlands Mulighetsstudie «*Flomsikring Otta – Konsept for sikringstiltak*» [1] danner grunnlaget for prosjekteringen. Det er gjennomført en utredning av om flomsikringstiltak *utenfor Otta sentrum* kan være kostnadseffektive alternativ til det anbefalte konseptet, og samtidig medføre en reduksjon eller bortfall av nødvendig sikringsomfang i sentrum.

Effekten av fire ulike tiltak med tverrsnittutvidelser i Lågen nedstrøms Otta sentrum er vurdert som en del av utredningen. Resultatene viser at utvidelse av elvetverrsnittet gir en liten lokal effekt på vannstanden, men marginal eller ingen effekt på vannstanden tilbake til Otta sentrum – kun noen få centimeter for det enkelte tiltak, forutsatt at det ikke kombineres med flomtunnel. Simuleringene viser også at bruene virker oppstuvende. En simulering med alle utvidelser samtidig, inkludert bunnsenkning ved Veslestraumen, gir inntil 0,2 m lavere vannstand ved Otta sentrum ved Q_{200} med kulminasjonsflom i Lågen og 20% klimapåslag.

Fordi resultatene viser at masseuttak/utvidelse av elvetverrsnittet gir en liten lokal effekt på vannstanden, men marginal eller ingen effekt på vannstanden ved Otta sentrum, er ikke kostnaden for gjennomføring av de forskjellige alternativene eller en kombinasjon med alle alternativer beregnet. Konsekvenser for natur- og vannmiljø er heller ikke utredet. Det er likevel vanskelig å se at tiltakets nytteverdi, i form av en reduksjon i flomvollens høyde med 0,2 m, vil kunne veie opp for de nødvendige kostnadene for grunnarbeid og avbøtende naturtiltak ved de ulike lokalitetene.

Det presiseres at masseuttak ved Otta sentrum ikke er et aktuelt tiltak i forbindelse med flomsikring. Det skyldes bl.a. at masseuttak ikke innfrir kravene til et permanent tiltak iht. TEK17, og dermed ikke kan inngå som del av en permanent flomsikring.

Som alternativ sikring, kan en flomtunnel bidra til at flomvannføring ledes utenom Otta sentrum. Effekten av to ulike flomtunneler er utredet. Det ene tunnelalternativet tar inn vann fra Lågen, og det andre tunnelalternativet tar inn vann fra elva Otta. For begge flomtunneler ledes vannet ut ved Sjoa. Effekten av tunneler med avledningskapasitet på 300 m³/s og 600 m³/s er vurdert. For Lågen-alternativet der 600 m³/s går i flomtunnel, vil vannstandsreduksjonen i tiltaksområdet reduseres med 0,6 m -1,9 m. For Otta-alternativet der 600 m³/s går i flomtunnel, vil reduksjonen i flomvannstand i Otta sentrum være mellom 0,9-1,9 m. De alternative tiltakene som er vurdert vil også ha positive konsekvenser for infrastruktur utenfor tiltaksområdet.

En flomtunnel i Lågen vil redusere vannstanden langs en større del av tiltaksområdet enn det en tunnel i Otta vil gjøre. Dette skyldes delvis at Lågen er mer flomutsatt enn Otta i prosjektområdet.

Selv om behovet for sikring i sentrum reduseres betydelig ved de største tunnelverrsnittene, der avledningskapasitet er på 600 m³/s, vil det trolig likevel bli nødvendig med noe flomsikring i Otta sentrum. Detaljer knyttet til dette er ikke vurdert. Det vil også fremdeles være nødvendig å etablere tiltak for at Kleivrudbekken skal ledes trygt ut i Lågen, da dagens trasé ikke har tilstrekkelig kapasitet.

Etablering av flomtunnel med en avledningskapasitet på inntil 300 m³/s, forutsetter at dagens sikringskonsept bestående av flomvoller, spunt og pumpestasjoner videreføres. For dette alternativet vil derfor innsparingen ved flomsikringen i Otta sentrum være begrenset sett i forhold til kostnadene med en flomtunnel.

For Lågenalternativet vil kostnaden for flomtunnel som reduserer flomvannføringen med henholdsvis 300 m³/s og 600 m³/s variere fra 2,8 mrd. kr til 3,8 mrd. kr, avhengig av tunnelutforming. For Otta-alternativet vil kostnadene for tunneler med kapasitet på henholdsvis 300 m³/s og 600 m³/s, variere fra henholdsvis 1,6 mrd. kr til 2,2 mrd. kr, avhengig av tunnelutforming.

De estimerte kostnadene av flomtunnel er mangedoblet i forhold til de estimerte kostnadene av flomsikringen beskrevet i mulighetsstudiet i 2020. Bygging av flomtunnel for å redusere flomfaren ved Otta sentrum, vil ikke medføre at all flomsikring i sentrum bortfaller helt. Flomtunnelene kan derfor ikke sies å være kostnadseffektive alternativ til sikring i sentrum.

Det poengteres at endringer i vassdraget som beskrevet over, er forventet å medføre betydelige konsekvenser for natur- og vannmiljø. Siden flomtunnel ikke er vurdert å være et kostnadseffektivt alternativ til flomsikringen beskrevet i mulighetsstudiet, er ikke flomtunnelenes konsekvenser for natur- og vannmiljø utredet for denne rapporten.

Vedlegg

[1]. Kostnadsoverslag - tunneler

Referanser

- [1]. Dr. Blasy - Dr. Øverland . (2020). *Flomsikring Otta – Konsept for sikringstiltak*
- [2]. Norconsult (2024). RIH-RAPP-002 *Utredning av flomfare fra Gudbrandsdalslågen og Otta ved Otta sentrum.*
- [3]. Direktoratet for mineralforvaltning. minit.dirmin.no/kart
- [4]. Oppland fylkeskommune (u.å.). *Lågenplanen – Regional plan for Gudbrandsdalslågen med sidevassdrag*
- [5]. NVE (27.04.2023). Fakta om masseuttak som flomsikringstiltak ved Otta sentrum.
https://www.sel.kommune.no/_f/p7/ie96cc3b4-a52a-4563-9aa5-4731173480a5/notat-fakta-om-masseuttak-i-lagen-ved-otta-sentrum.pdf

Vedlegg til Overordnet vurdering av tiltak for å senke flomvannstanden ved Otta sentrum: Kostnader for flomtunnel

Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
J02	2024-09-18	For bruk	H. Reite	J. Willassen	I.B. Aardal
B01	2024-06-23	For kommentar fra oppdragsgiver	H. Reite	J. Willassen	I.B. Aardal

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

1 Enhetspriser

Tabellen under gir en oversikt over enhetspriser som er benyttet i kostnadsoverslaget.

Beskrivelse	Enhet	Enhetspris
Marginal strosse-pris tunneler	kr/m ² /m	320
Tunneler 40 m ²	kr/m	27 169
Tunneler 45 m ²	kr/m	28 527
Tunneler 50 m ²	kr/m	29 886
Tunneler 55 m ²	kr/m	31 244
Tunneler 60 m ²	kr/m	32 603
Tunneler 65 m ²	kr/m	33 961
Tunneler 70 m ²	kr/m	35 319
Tunneler 80 m ²	kr/m	38 036
Tunneler 90 m ²	kr/m	40 753
Tunneler 100 m ²	kr/m	43 470
Tunneler 110 m ²	kr/m	46 470
Tunneler 120 m ²	kr/m	49 470
Tunneler 130 m ²	kr/m	52 470
Tunneler 140 m ²	kr/m	55 470
Tunneler 150 m ²	kr/m	58 470
Tunneler 160 m ²	kr/m	61 470
Tunneler 170 m ²	kr/m	64 470
Tunneler 180 m ²	kr/m	67 470
Arbeids og permanent sikring av sprengingspris	%	40
Sprenging bergrom, store	kr/m ³	550
Sprenging damfundamen, påhugg tunneller	kr/m ³	700
Betongarbeider		
Forskaling	kr/m ²	2 415
Armering	kr/tonn	32 000
Betong	kr/m ³	3 885

2 Flomtunnel som fjerner 600 m³/s vann fra Lågen

Alternativ Lågen Rosten-Sjoa, råsprengt tunnel, kapasitet 600 m³/s

Post	Beskrivelse	str	Enhet	Mengde	Pris (kr)	Sum (kr)
1.0	BYGGTEKNISKE ARBEIDER					3 637 115 557
	<i>Rigg og drift</i>		%	30%		839 334 359
	<i>Tunnelarbeider:</i>					2 432 853 216
	Adkomst-tunneler, inkl. avgreining til oppstrøms terskel/inntak og nedstrøms utløp	40 m ²	m ²	2 100	27 169	57 054 900
	Sikring		40%			22 821 960
	Port i tverrslag		1	4	500 000	2 000 000
	Hovedtunnel	153 m ²	m	25 600	59 370	1 519 872 000
	Sikring		40%			607 948 800
	Sålerensk		m	25 600	3 639	93 155 556
	Inntak med dam og overløpsterskel		RS	1	100 000 000	100 000 000
	Utløpskonstruksjon		RS	1	30 000 000	30 000 000
	Utstøping av såle, 15 cm, lett armert		m ³			
	Armering såle 6 kg/m ²		t			
2.0	DIVERSE USPESIFISERT/USIKKERHET					364 927 982
	Diverse uspesifisert/usikkerhet, forventede tillegg Bygg		%	15%		364 927 982
3.0	GJENNOMFØRING					290 969 245
	Forfase og grunnundersøkelser. Utarbeidelse av kontrakter, Detaljprosjektering bygg og Kontraktsoppfølging og byggeledelse		%	8%		290 969 245
	TOTALE KOSTNADER					3 928 084 802
	Avrunding					1 915 198
	SUM TOTALE KOSTNADER					3 930 000 000

Alternativ Lågen Rosten-Sjoa, utstøpt tunnelsåle, kapasitet 600 m³/s

Post	Beskrivelse	str	Enhet	Mengde	Pris (kr)	Sum (kr)
1.0	BYGGTEKNISKE ARBEIDER					3 470 849 976
	<i>Rigg og drift</i>		%	30%		800 965 379
	<i>Tunnelarbeider:</i>					2 321 638 780
	Adkomst-tunneler, inkl. avgreining til oppstrøms terskel/inntak og nedstrøms utløp	40 m ²	m ²	2 100	27 169	57 054 900
	Sikring		40%			22 821 960
	Port i tverrslag		1	4	500 000	2 000 000
	Hovedtunnel	122 m ²	m	25 600	50 070	1 281 792 000
	Sikring		40%			512 716 800
	Sålerensk		m	25 600	3 250	83 200 000
	Inntak med dam og overløpsterskel		RS	1	100 000 000	100 000 000
	Utløpskonstruksjon		RS	1	30 000 000	30 000 000
	Utstøping av såle, 15 cm, lett armert		m ³	44 928	3 885	174 545 280
	Armering såle 6 kg/m ²		t	1 797	32 000	57 507 840
2.0	DIVERSE USPESIFISERT/USIKKERHET					348 245 817
	Diverse uspesifisert/usikkerhet, forventede tillegg Bygg		%	15%		348 245 817
3.0	GJENNOMFØRING					277 667 998
	Forfase og grunnundersøkelser. Utarbeidelse av kontrakter, Detaljprosjektering bygg og Kontraktsoppfølging og byggeledelse		%	8%		277 667 998
	TOTALE KOSTNADER					3 748 517 974
	Avrunding					1 482 026
	SUM TOTALE KOSTNADER					3 750 000 000

1.1 Flomtunnel som fjerner 300 m³/s vann fra Lågen

Alternativ Lågen Rosten-Sjoa, råsprengt tunnel, kapasitet 300 m³/s

Post	Beskrivelse	str	Enhet	Mengde	Pris (kr)	Sum (kr)
1.0	BYGGTEKNISKE ARBEIDER					2 563 982 710
	<i>Rigg og drift</i>		%	30%		591 688 318
	<i>Tunnelarbeider:</i>					1 715 038 602
	Adkomst-tunneler, inkl. avgreining til oppstrøms terskel/inntak og nedstrøms utløp	40 m ²	m ²	2 100	27 169	57 054 900
	Sikring		40%			22 821 960
	Port i tverrslag		1	4	500 000	2 000 000
	Hovedtunnel	91 m ²	m	25 600	41 053	1 050 956 800
	Sikring		40%			420 382 720
	Sålerensk		m	25 600	2 806	71 822 222
	Inntak med dam og overløpsterskel		RS	1	70 000 000	70 000 000
	Utløpskonstruksjon		RS	1	20 000 000	20 000 000
	Utstøping av såle, 15 cm, lett armert		m ³	0		
	Armering såle 6 kg/m ²		t	0		
2.0	DIVERSE USPESIFISERT/USIKKERHET					257 255 790
	Diverse uspesifisert/usikkerhet, forventede tillegg Bygg		%	15%		257 255 790
3.0	GJENNOMFØRING					205 118 617
	Forfase og grunnundersøkelser. Utarbeidelse av kontrakter, Detaljprosjektering bygg og Kontraktsoppfølging og byggeledelse		%	8%		205 118 617
	TOTALE KOSTNADER					2 769 101 327
	Avrunding					898 673
	SUM TOTALE KOSTNADER					2 770 000 000

Alternativ Lågen Rosten-Sjoa, utstøpt tunnelsåle, kapasitet 300 m³/s

Post	Beskrivelse	str	Enhet	Mengde	Pris (kr)	Sum (kr)
1.0	BYGGTEKNISKE ARBEIDER					2 541 011 643
	<i>Rigg og drift</i>		%	30%		586 387 302
	<i>Tunnelarbeider:</i>					1 699 673 340
	Adkomst-tunneler, inkl. avgreining til oppstrøms terskel/inntak og nedstrøms utløp	40 m ²	m ²	2 100	27 169	57 054 900
	Sikring		40%			22 821 960
	Port i tverrslag		1	4	500 000	2 000 000
	Hovedtunnel	72 m ²	m	25 600	35 862	918 067 200
	sikring		40%			367 226 880
	Sålerensk		m	25 600	2 500	64 000 000
	Inntak med dam og overløpsterskel		RS	1	70 000 000	70 000 000
	Utløpskonstruksjon		RS	1	20 000 000	20 000 000
	Utstøping av såle, 15 cm, lett armert		m ³	34 560	3 885	134 265 600
	Armering såle 6 kg/m ²		t	1 382	32 000	44 236 800
2.0	DIVERSE USPESIFISERT/USIKKERHET					254 951 001
	Diverse uspesifisert/usikkerhet, forventede tillegg Bygg		%	15%		254 951 001
3.0	GJENNOMFØRING					203 280 931
	Forfase og grunnundersøkelser. Utarbeidelse av kontrakter, Detaljprosjektering bygg og Kontraktsoppfølging og byggeledelse		%	8%		203 280 931
	TOTALE KOSTNADER					2 744 292 575
	Avrunding					-4 292 575
	SUM TOTALE KOSTNADER					2 740 000 000

1.2 Flomtunnel som fjerner 600 m³/s vann fra elva Otta

Alternativ Otta Veggem-Sjoa, råsprengt tunnel, kapasitet 600 m³/s

Post	Beskrivelse	str	Enhet	Mengde	Pris (kr)	Sum (kr)
1.0	BYGGTEKNISKE ARBEIDER					2 160 088 235
	<i>Rigg og drift</i>		%	30%		498 481 900
	Tunnelarbeider:					1 444 875 073
	Adkomst-tunneler, inkl. avgreining til oppstrøms terskel/inntak og nedstrøms utløp	40 m ²	m ²	900	27 169	24 452 100
	Sikring		40%			9 780 840
	Port i tverrslag		1	2	500 000	1 000 000
	Hovedtunnel	170 m ²	m	13 600	64 470	876 792 000
	Sikring		40%			350 716 800
	Sålerensk		m	13 600	3 833	52 133 333
	Inntak med dam og overløpsterskel		RS	1	100 000 000	100 000 000
	Utløpskonstruksjon		RS	1	30 000 000	30 000 000
	Utstøping av såle, 15 cm, lett armert		m ³		0	
	Armering såle 6 kg/m ²		t		0	
2.0	DIVERSE USPESIFISERT/USIKKERHET					216 731 261
	Diverse uspesifisert/usikkerhet, forventede tillegg (VO/VOR) Bygg		%	15%		216 731 261
3.0	GJENNOMFØRING					172 807 059
	Forfase og grunnundersøkelser. Utarbeidelse av kontrakter, Detaljprosjektering bygg og Kontraktsoppfølging og byggeledelse		%	8%		172 807 059
	TOTALE KOSTNADER					2 332 895 293
	Avrunding					-2 895 293
	SUM TOTALE KOSTNADER					2 330 000 000

Alternativ Otta Veggem-Sjoa, utstøpt tunnelsåle, kapasitet 600 m³/s

Post	Beskrivelse	str	Enhet	Mengde	Pris (kr)	Sum (kr)
1.0	BYGGTEKNISKE ARBEIDER					2 054 953 326
	<i>Rigg og drift</i>		%	30%		474 219 998
	<i>Tunnelarbeider:</i>					1 374 550 720
	Adkomst-tunneler, inkl. avgreining til oppstrøms terskel/inntak og nedstrøms utløp	40 m ²	m ²	900	27 169	24 452 100
	Sikring		40%			9 780 840
	Port i tverrslag		1	2	500 000	1 000 000
	Hovedtunnel	135	m	13 600	53 970	733 992 000
	Sikring		40%			293 596 800
	Sålerensk		m	13 600	3 833	52 128 800
	Inntak med dam og overløpsterskel		RS	1	100 000 000	100 000 000
	Utløpskonstruksjon		RS	1	30 000 000	30 000 000
	Utstøping av såle, 15 cm, lett armert		m ³	25 092	3 885	97 482 420
	Armering såle 6 kg/m ²		t	1 004	32 000	32 117 760
2.0	DIVERSE USPESIFISERT/USIKKERHET					206 182 608
	Diverse uspesifisert/usikkerhet, forventede tillegg (VO/VOR) Bygg		%	15%		206 182 608
3.0	GJENNOMFØRING					164 396 266
	Forfase og grunnundersøkelser. Utarbeidelse av kontrakter, Detaljprosjektering bygg og Kontraktsoppfølging og byggeledelse		%	8%		164 396 266
	TOTALE KOSTNADER					2 219 349 593
	Avrunding					650 407
	SUM TOTALE KOSTNADER					2 220 000 000

1.3 Flomtunnel som fjerner 300 m³/s vann fra elva Otta

Alternativ Otta Veggem-Sjoa, råsprengt tunnel, kapasitet 300 m³/s

Post	Beskrivelse	str	Enhet	Mengde	Pris (kr)	Sum (kr)
1.0	BYGGTEKNISKE ARBEIDER					1 502 098 204
	<i>Rigg og drift</i>		%	30%		346 638 047
	<i>Tunnelarbeider:</i>					1 004 747 962
	Adkomst-tunneler, inkl. avgreining til oppstrøms terskel/inntak og nedstrøms utløp	40 m ²	m ²	900	27 169	24 452 100
	Sikring		40%			9 780 840
	Port i tverrslag		1	2	500 000	1 000 000
	Hovedtunnel	102 m ²	m	13 600	44 070	599 352 000
	Sikring		40%			239 740 800
	Sålerensk		m	13 600	2 972	40 422 222
	Inntak med dam og overløpstterskel		RS	1	70 000 000	70 000 000
	Utløpskonstruksjon		RS	1	20 000 000	20 000 000
	Utstøping av såle, 15 cm, lett armert		m ³		0	
	Armering såle 6 kg/m ²		t		0	
2.0	DIVERSE USPESIFISERT/USIKKERHET					150 712 194
	Diverse uspesifisert/usikkerhet, forventede tillegg (VO/VOR) Bygg		%	15%		150 712 194
3.0	GJENNOMFØRING					120 167 856
	Forfase og grunnundersøkelser. Utarbeidelse av kontrakter, Detaljprosjektering bygg og Kontraktsoppfølging og byggeledelse		%	8%		120 167 856
	TOTALE KOSTNADER					1 622 266 060
	Avrunding					-2 266 060
	SUM TOTALE KOSTNADER					1 620 000 000

Alternativ Otta Veggem-Sjoa, utstøpt tunnelsåle, kapasitet 300 m³/s

Post	Beskrivelse	str	Enhet	Mengde	Pris (kr)	Sum (kr)
1.0	BYGGTEKNISKE ARBEIDER					1 480 162 065
	<i>Rigg og drift</i>		%	30%		341 575 861
	<i>Tunnelarbeider:</i>					990 074 960
	Adkomst-tunneler, inkl. avgreining til oppstrøms terskel/inntak og nedstrøms utløp	40 m ²	m ²	900	27 169	24 452 100
	Sikring		40%			9 780 840
	Port i tverrslag		1	2	500 000	1 000 000
	Hovedtunnel	81	m	13 600	38 308	520 988 800
	Sikring		40%			208 395 520
	Sålerensk		m	13 600	2 600	35 360 000
	Inntak med dam og overløpsterskel		RS	1	70 000 000	70 000 000
	Utløpskonstruksjon		RS	1	20 000 000	20 000 000
	Utstøping av såle, 15 cm, lett armert		m ³	19 380	3 885	75 291 300
	Armering såle 6 kg/m ²		t	775	32 000	24 806 400
2.0	DIVERSE USPESIFISERT/USIKKERHET					148 511 244
	Diverse uspesifisert/usikkerhet, forventede tillegg (VO/VOR) Bygg		%	15%		148 511 244
3.0	GJENNOMFØRING					118 412 965
	Forfase og grunnundersøkelser. Utarbeidelse av kontrakter, Detaljprosjektering bygg og Kontraktsoppfølging og byggeledelse		%	8%		118 412 965
	TOTALE KOSTNADER					1 598 575 030
	Avrunding					1 424 970
	SUM TOTALE KOSTNADER					1 600 000 000