

Beregnet til

Troms og Finnmark Fylkeskommune

Dokument type

Fagrapport flomsikkerhet

Dato

Februar 2021

HYDROLOGISK OG HYDRAULISK ANALYSE FV. 890 BASAVCCE BRU



Basavcce bru. Kilde: Rambøll v/BNOR

HYDROLOGISK OG HYDRAULISK ANALYSE FV. 890 BASAVCCE BRU

Oppdragsnavn **Basavzze bru, Fv. 890**
Prosjekt nr. **1350041355**
Mottaker **Statens vegvesen Region nord**
Versjon **K-001 ver 2**
Dato **09.11.2020, justert 28.02.2021**
Utført av **Bjørnar Nordeidet**
Kontrollert av **Lan T. Phan**
Godkjent av **Edvard Einarsen**
Beskrivelse **Flomrisikovurderinger av nye Basavzze bru**

Rambøll
Løkkeveien 115
Postboks 1077
9503 Alta

T +47 78 44 92 22
F +47 78 44 92 20
<https://no.ramboll.com>

Revisjon	01	02		
Dato	09.11.2020	28.02.2021		
Utarbeidet av	BNOR	BNOR		
Kontrollert av	TUPH	TUPH		
Godkjent av	BNOR	EDENOR		
Revisjonen gjelder		Mindre justeringer		

Rambøll
Løkkeveien 115
Postboks 1077
9503 Alta

T +47 78 44 92 22
F +47 78 44 92 20
<https://no.ramboll.com>

INNHALDSFORTEGNELSE

Sammendrag	2
1. Innledning	4
1.1 Bakgrunn	4
1.2 Målsetting	4
2. Myndighetskrav	5
2.1 Statens vegvesen (SVV)	5
2.1 Plan og bygningsloven, TEK 17	5
2.2 Klima- og sikkerhetsfaktor	5
2.3 Dimensjonerende flom	6
3. Metoder og verktøy	7
3.1 Nedbørfeltgrenser og hydrologiske forhold	7
3.2 Hydrologiske og hydrauliske beregninger	7
4. Datagrunnlag	8
5. Planområdet og Basavzejjåkka/Julelva og bru	9
5.1 Basavcce bru, Fv 890	9
5.2 Nedbørfelt	10
5.3 Eksisterende bru	11
5.4 Sikringsanlegg	12
6. Flomfrekvensanalyser	16
6.1 Generelt	16
6.2 Flomanalyser	16
6.2.1 Regionale formler	16
6.2.2 Observerte data	17
6.2.3 PQRUT	17
6.2.4 Valg av årsflom og 200-årshendelse	18
6.3 Dimensjonerende 200-årsflom	18
7. Hydrauliske beregninger	20
7.1 Modelloppbygging og forutsetninger	20
7.1.1 Oppmåling	20
7.2 Grensebetingelser, modellparametre og kalibrering	22
7.2.1 Grensebetingelser	22
7.2.2 Ruhet	22
7.2.3 Bru	22
7.2.4 Kalibreringsdata	23
7.3 Elvmodell	23
7.4 Vannlinjeberegninger og flomsone for eksisterende situasjon	24
7.5 Flomsikring ny planlagt bru og vei	28
8. Usikkerhet	31
8.1 Terrengmodell og innmålinger	31
8.2 Flomberegninger	31
8.3 Hydrauliske beregninger	31
8.4 Samlet vurdering av usikkerheter	31
9. Referanser	32

SAMMENDRAG

Rambøll Norge AS er engasjert av Statens vegvesen for å vurdere en flomsikker løsning for ny Basavce bru på fv. 890, som ligger noen kilometer øst for Austertana. Eksisterende bru og vei tilfredsstiller ikke dagens krav blant annet med hensyn til kjørebredde og siktelinje, og skal skiftes ut med ny.

For erstatning eller bygging av ny bru er det primært Statens vegvesens håndbøker som angir myndighetskrav i forbindelse med vei- og brubygging. For naturfare generelt, og flomfare spesielt, må også tiltaket tilfredsstille krav i Vassdragsloven og byggt teknisk forskrift (TEK 17). I henhold til N400 *Bruprosjektering* skal vannføringsberegninger for bruer over vassdrag gjennomføres med utgangspunkt i beregnet vannstand for 200-årsflom (pkt 14.2.7 *Vannføringsberegninger*). Videre skal det være minimum 0,5 m klaring mot overbygning ved beregnet vannstand for 200-årsflom (4.2.4 *Fri høyde over vassdrag*). Basert på en helhetlig vurdering settes klima- og sikkerhetsfaktoren lik 1,2 for Basavce bru.

Hydrologiske data og tilhørende flomberegninger konkluderer med en dimensjonerende 200-årsflom inklusive klima- og sikkerhetsfaktor for Basavzejøkka på nær 120 m³/s. Til sammenligning er årsflommen beregnet til 38,6 m³/s, mens middelavrenningen ligger på ca. 1,9 m³/s.

Beregnete flomverdier for Basavzejøkka, kulminasjonsvannføringer:

	Q1000	Q200K	Q200	Q100	Q50	Q20	Q10	Q5	QM	Qn
Q (m ³ /s)	121.3	119.6	99.6	90.4	80.7	69.5	60.6	50.6	38.6	1.90

Vannlinjeberegninger viser at selve brua har god klaring til 200-årsflom, men på vestsiden av brua brer flommen seg utover og er meget nær å flomme over lokal vei. Flomnivået er ca. 10 cm lavere enn hovedveien. Sikkerhetsmargin opp til hovedvei bør være på 0,3-0,5 meter, og er dermed ikke tilfredsstillende i henhold til dagens myndighetskrav. Vannlinjen ved **200-årsflom er beregnet å gå opp til ca. kote 32,5 m rett før brua, og opp til ca. 32,6 m litt oppstrøms.**

For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot flom for fremtid bru og veiløsning er det vesentlig at vestre deler av veien flomsikres. Videre har ikke dagens veisystem tilfredsstillende siktelinje, hvilket betyr at den må slakes ut.

Vannlinjeberegninger basert på dagens elve- og brutverrsnitt viser at underkant bru er høyt over beregnet 200-årsflom, hvilket igjen betyr at fremtidig bru også kan legges noe lavere dersom dette er gunstig ift. veilinja. Beregninger indikerer at underkant bru kan senkes ned til ca. kote 33,1 m (ca. 0,6 m lavere enn dagen UK på ca. kote 33,7 m).

Den sentrale utfordringen er å sørge for at også ny hovedvei vest for ny bru er flomsikker. Dette kan prinsipielt løses på 3 måter (eventuelt med kombinasjoner av disse):

1. **Heve ny hovedvei på vestsiden** av bru med ca. 40-60 cm.

2. **Etablere flomvoller** langs lokalvei og hovedvei på vestsiden, høyde ca. 0,5 meter. Topp flomvoll legges på 200-årsflomnivå + 0,3-0,5 m dvs ca. kote $32,6 + 0,3-0,5 = 32,9-33,1$ m.
3. **Utvide og eventuelt senke dagens elveløp og utvide lysåpning under bru** (lengre bruspenn). Det vil være behov for betydelige utvidelser av dagens hovedelveløp ned til samme nivå som dagens (ca. 10 meter), eventuelt må også nedstrøms flatterskel og deler av elvestrekningen forbi brua senkes med 0,5-1,0 meter.

Heve ny hovedvei på vestsiden (og bru på samme nivå som i dag):

Rambøll har grovt sett på muligheten til å heve eksisterende vei på vestsiden med ca. 0,6 m der lokal vei kommer inn fra sør, og samtidig jevne ut veien mot øst for bedret siktelinje (jf. Figur 7-11 og Figur 7-12). Dette forslaget tok utgangspunkt i at topp bru skulle være på samme nivå som i dag. Da vil det være en viss risiko for at 200-årsflommen vil kunne oversvømme lokal vei og videre mot jordet i vest, mens hovedvei vil være flomsikker med tilfredsstillende sikkerhetsmargin.

Endelig valg av løsning må basere seg på en flerfaglig optimalisering mellom blant annet med hensyn til vassdragstiltak (utvide og eventuelt senke elveløp), vei (siktelinje), brukonstruksjon (spenn, landkar/pilarer) og GEO, både med hensyn til funksjon, sikkerhet og kostnader.

For å ivareta flomsikkerheten videre i prosjektet vil det være nødvendig å beregne 200-års vannlinje for valgt løsning, det vil si med valgt lysåpning under ny bru og valgte flomsikringstiltak. Dette inkluderer også beregning av dimensjonerende vannhastigheter og dybder, som underlag for dimensjonering av erosjonssikring av brukonstruksjoner og elvebunn.

Øvrige momenter:

Eksisterende vannledning som krysser elva må hensyntas i videre detaljplanlegging og utførelse. Videre er det en liten trafostasjon vest for elva som havner i flomsonen ved 200-årsflom. Eier bør varsles om mulig flomfare.

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Troms og Finnmark fylkeskommune planlegger utskifting av Basavcce bru, som ligger på Fv. 890 noen kilometer øst for Austertana.

Rambøll er engasjert for å vurdere ny vei- og bru-utforming(er) som sikrer en flomsikker og klimatilpasset løsning.

Denne rapporten omfatter hydrologiske og hydrauliske analyser og beregninger, herunder flomfrekvensanalyser, vannlinjeberegninger og tilhørende flomsonekart.

1.2 Målsetting

Hovedmålet med utredningen har vært å sikre at ny bru- og veiløsning for kryssing av Basavzejåkka tilfredsstiller gjeldende myndighetskrav for flomsikkerhet, og at den er tilpasset fremtidens klima.

2. MYNDIGHETSKRAV

For erstatning eller bygging av ny bru er det primært Statens vegvesens håndbøker som angir krav i forbindelse med vei- og brubygging. For naturfare generelt, og flomfare spesielt, må også tiltaket tilfredsstille krav i vassdragsloven og byggeteknisk forskrift (TEK 17).

2.1 Statens vegvesen (SVV)

Statens vegvesens håndbok *N200 Vegbygging* (Vegdirektoratet, 2018) og *V240 Vannhåndtering* angir funksjons- og kvalitetskrav for veibygging (Vegdirektoratet, 2020).

Statens vegvesens håndbok *N400 Bruprosjektering – prosjektering av bruer, ferjekaier og andre bærende konstruksjoner* (Vegdirektoratet, 2015) angir krav for dimensjonering av bru.

I henhold til N400 skal vannføringsberegninger for bruer over vassdrag gjennomføres med utgangspunkt i beregnet vannstand for 200-årsflom (pkt 14.2.7 *Vannføringsberegninger*). Videre skal det være minimum 0,5 m klaring mot overbygning ved beregnet vannstand for 200-årsflom (4.2.4 *Fri høyde over vassdrag*).

Forventede klimaendringer skal hensyntas.

2.1 Plan og bygningsloven, TEK 17

Dersom tiltaket kan få konsekvenser for nærliggende eller nedstrøms byggverk må også krav gitt i plan og bygningsloven og tilhørende TEK 17 tilfredsstilles. Utgangspunktet for kravene til sikkerhet mot naturpåkjenninger er i hovedsak plan- og bygningsloven (pbl. § 28-1). Bestemmelsen gir hjemmel for kravene til sikkerhet gitt i byggeteknisk forskrift (TEK 17).

For byggverk med personopphold gjelder en returperiode på 200 år. Forventede klimaendringer skal hensyntas.

2.2 Klima- og sikkerhetsfaktor

I N200 setter SVV krav til klimafaktor, hvor de skiller på ulike fylker og størrelsen på nedbørfelt (større eller mindre enn 10 km²). Klimafaktoren er vist i Tabell 2-1. For Finnmark og store nedbørfelt er klimafaktor lik 1,2. I tillegg skal det gjøres et påslag for usikkerhet avhengig av veiklasse. For sikkerhetsklasse/veiklasse V1 (ÅDT for Fv. 890 er ca. 290) er sikkerhetsfaktoren 1,0. Dette gir en samlet klima- og sikkerhetsfaktor på 1,2.

Tabell 2-1. Klimafaktorer anbefalt for de ulike fylkene i Norge. Kilde: N200.

Tabell 404.1 Klimafaktor F_k for fylker [55]

Fylke	Små nedbørfelt F_k	Store nedbørfelt F_k
Oslo og Akershus	1,3	1,3
Vest-Agder	1,3	1,2
Aust-Agder	1,3	1,2
Finnmark	1,3	1,2
Hordaland	1,4	1,4
Møre og Romsdal	1,4	1,4
Nord-Trøndelag	1,3	1,3
Nordland	1,4	1,4
Oppland	1,2	1,2
Rogaland	1,3	1,3
Sogn og Fjordane	1,4	1,4
Sør-Trøndelag	1,2	1,2
Telemark	1,2	1,2
Troms	1,3	1,3
Vestfold	1,2	1,2
Tabellen oppsummerer anbefalinger fra klimaprofiler for de forskjellige fylkene, utarbeidet av Norsk Klimaservicesenter. Klimaprofilene inneholder mer detaljert informasjon om forventede endringer i klimatiske forhold og flomvannsføring. De inneholder også anbefalte påslag for flere større vassdrag i hvert fylke der det foreligger flomsonekart.		

I henhold til klimarapport for Finnmark er det ikke behov for klimapåslag på flomvannføring for store nedbørfelt dominert av snøsmelteflommer. I små elver som reagerer raskt på regn anbefales et klimapåslag på minst 20 %. Basavzejåkka nedbørfelt er på ca. 89 km². Nedbørfeltet er dermed bare litt større enn små nedbørfelt, som ofte defineres som felt mindre enn 50 km².

Basert på en helhetlig vurdering settes klima- og sikkerhetsfaktoren lik 1,2 for Basavzejåkka .

2.3 Dimensjonerende flom

Basert på ovenstående settes dimensjonerende flom for planområdet til **$Q_{dim} = Q_{200} + 20\%$** . Videre skal det være minimum 0,5 m klaring mot overbygningen ved beregnet vannstand for 200-års flom.

3. METODER OG VERKTØY

3.1 Nedbørfeltgrenser og hydrologiske forhold

NEVINA

Det hydrologiske datagrunnlaget er hentet fra NEVINA (Nedbørfelt- og vannføringsindeksanalyse). NEVINA genererer blant annet feltparametre, lavvannsindekser og flomberegninger automatisk. Nedbørfeltet oppfattes som uregulert.

SCALGO LIVE

SCALGO LIVE er et internettbasert GIS-verktøy (<https://scalgo.com>) som baserer seg på terrengmodellen fra NDH (Nasjonal detaljert høydemodell). Scalgo ble benyttet til å kontrollere NEVINAs nedbørfeltgrenser, da programmet er mer presist i forhold til nedbørfeltgrenser (høyere oppløsning på terrengmodell for områder som er laserscannet).

3.2 Hydrologiske og hydrauliske beregninger

For flomfrekvensberegninger og valg av dimensjonerende flom er blant annet anbefalinger i NVE rapport 10/2020 *Lokal og regional flomfrekvensanalyse*, benyttet. Videre er det også vurdert data fra grovt sammenlignbare regionale vannføringsstasjoner.

For vannlinjeberegninger og tilhørende flomsonekartlegging er vassdrags og elvemodellen HEC-RAS benyttet. Det er etablert en hydraulisk 1D- og 2D-modell i HEC-RAS for planområdet, dvs. både opp og nedstrøms brua. HEC-RAS beregner vannlinjer under ulike hydrauliske forhold og har spesielle funksjoner for å beregne effekt av blant annet bruer (landkar og pilarer).

4. DATAGRUNNLAG

Grunnlagsdata benyttet i dette prosjektet er vist i tabellen under.

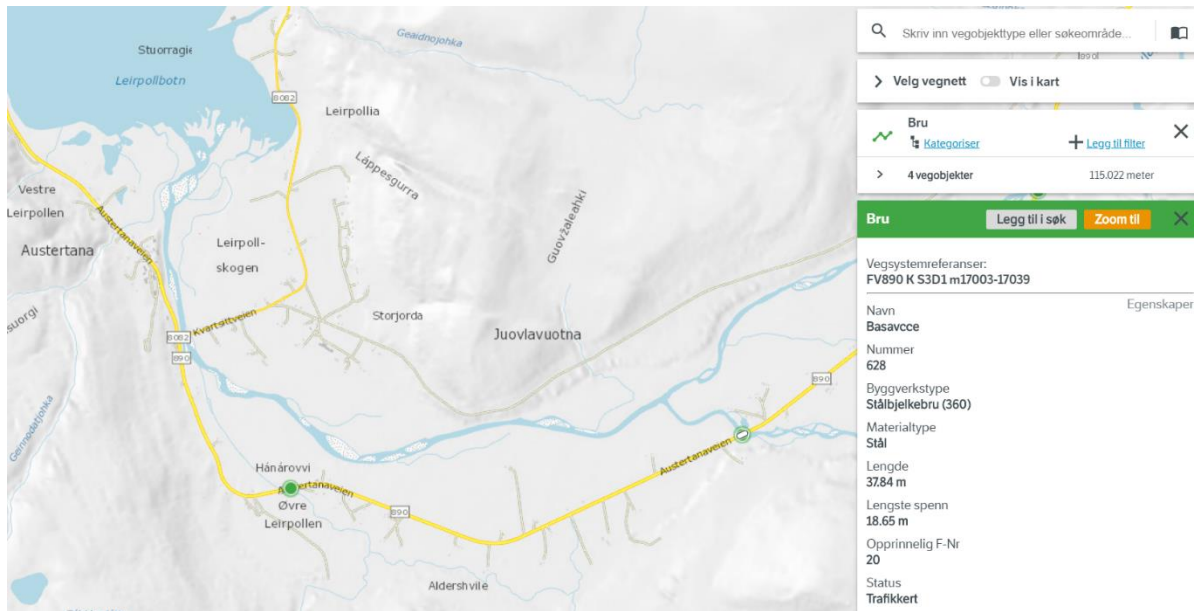
Tabell 4-1. Grunnlagsdata.

Datatype	Kilde/kommentar
Terrengdata, laserscan	- hoydedata.no LaserInnsyn: Karasjok Tana 2010 Prosjektnr 40038 Oppdragsgiver Kartverket Dekningsnummer 40038 Laserstandard 10 Flyfirma Terratec AS Leverandør Terratec AS Type Laser Prioritet 1 Koordinatsystem Euref89 UTM35 Høydesystem NN2000 Objektkatalog FKB-Laser 2.0 Bestilt punkttetthet 2 Årstall 2010 Dato 26.09.2011 Prosjektrapport Last ned Oppløsning 0.5 Dato opprettet 11.09.2018 Dato endret 12.09.2018 Tilgang Åpen
Innmålinger	Davvi Consult AS, 27-28. august 2020: - Utvalgte tverrprofiler i bekk - Eksisterende bru, herunder lysåpning.
Elvebunn og sidekanter, samt konstruksjonsdetaljer	Rambøll, befaring 27. august 2020.

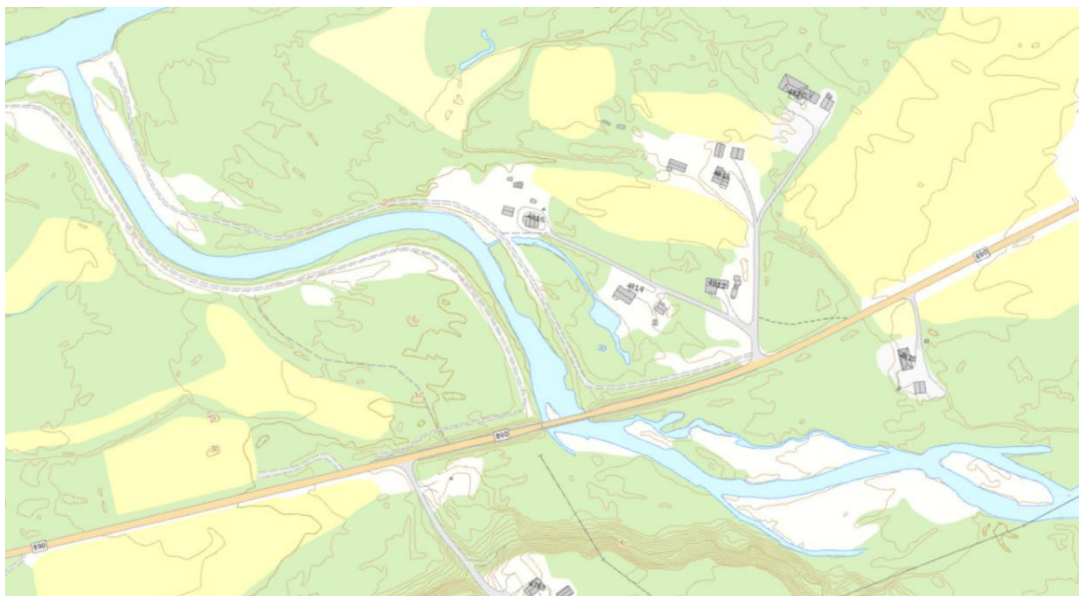
5. PLANOMRÅDET OG BASAVZEJÅKKA/JULELVA OG BRU

5.1 Basavcce bru, Fv 890

Fv. 890 og Basavcce bru ligger ca. 5 km øst for Austertana i Tana kommune. I NVEs Elvenett kalles elva for Basavzejåkka (på andre kart Basávžžejohka).



Figur 5-1. Fv. 890 og Basavcce bru.



Figur 5-2. Fv. 890 og Basavcce bru.

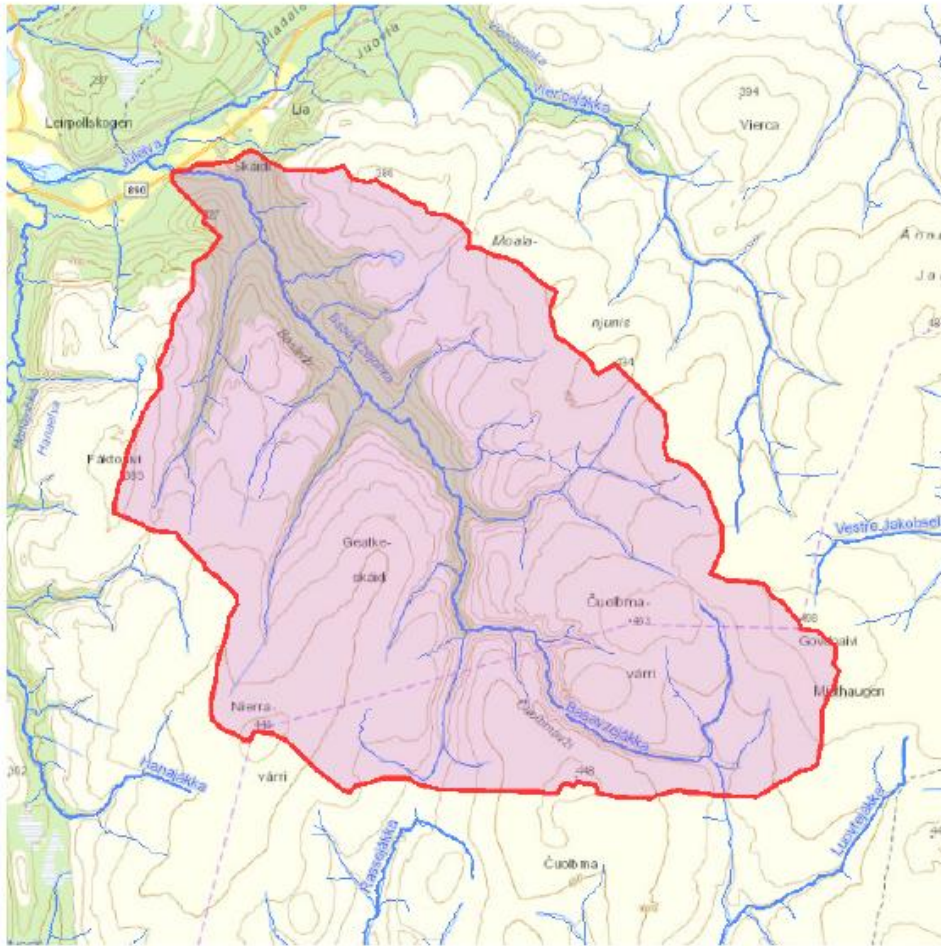


Figur 5-3. Fv. 890 og Basavce bru og stikkrenne vest for bru (hvit linje tvers over vei, vest for elva, BET 1000 mm).

5.2 Nedbørfelt

Basavzejjåkka er en sideelv til Julelva/Juovlajohka, som renner ut i Leirpollbotn. Nedbørfeltet er beregnet til ca. 89 km² av NEVINA. Kontroll ved bruk av Scalgo gir tilsvarende resultat. Feltet er altså noe større enn det som regnes som små nedbørfelt i vassdragssammenheng (<50 km²).

Nedbørfeltet er dominert av snaufjell/tynt dekke (84 %) og noe skog (14,5 %). Sjøandelen er meget lav, kun 0,1 %, og intet av dette regnes som effektivt sjøareal. Videre er feltet karakterisert ved relativt høy helning og elvegradient (nær 20 m/km), jf. Figur 5-4 og Figur 6-1.



Figur 5-4. Basavzejjåkká nedbørfelt. Kilde: NEVINA.

I henhold til NIBIOs (Norsk institutt for bioøkonomi) arealressurskart er feltet dominert av åpen fastmark, snaumark og skrin vegetasjon. Løsmassekart viser imidlertid primært morenemateriale og middels infiltrasjonsevne. Ortofoto bekrefter imidlertid NIBIOs arealressurskart og NEVINAs data (som viser at skrin vegetasjon og snaufjell/tynt dekke dominerer).

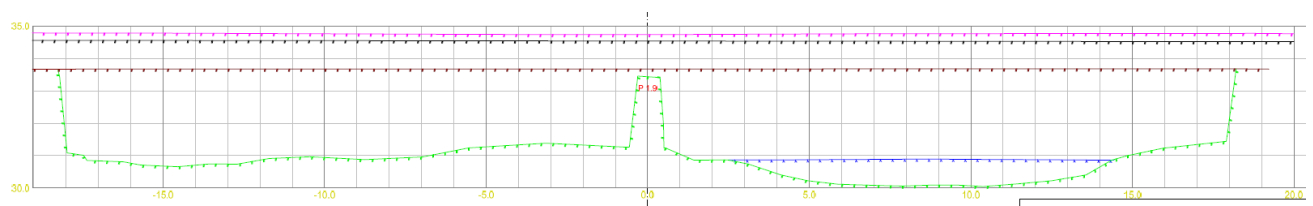
5.3 Eksisterende bru

Eksisterende bru er ei stålbjelkebru med lengde på 38 meter og lengste spenn på 18,7 meter. Bruas lysåpning og dimensjoner ble innmålt samtidig med befaring av vassdraget 27. august 2020. Bilde 5-1 viser brua og Figur 5-5 snitt og lysåpning for eksisterende bru.



Bilde 5-1. Eksisterende bru, bilde tatt på sørsiden av brua og i strømningsretning.

Innmålingene viser at bunn elv og vannspeil under tørrvær ligger på ca. kote 30,1 m og 30,9 m, mens UK bjelkelag er på ca. kote 33,7 m. Topp dekke på brua ligger på ca. 34,6-34,7 m. Høyder på brua varierer imidlertid noe.



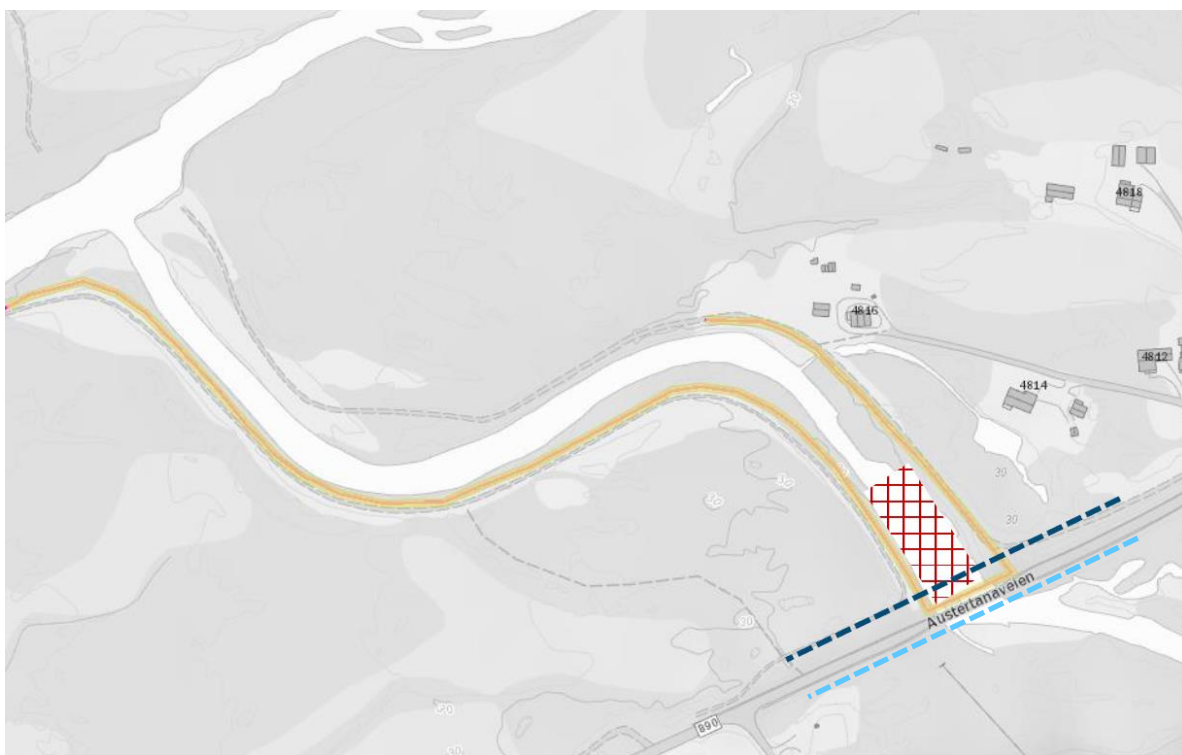
Figur 5-5. Skisse basert på Innmåling av eksisterende bru, lysåpning søndre side. Kilde Davvi Consult AS. NB: Nivåer på brudekke varierer noe.

5.4 Sikringsanlegg

I henhold til NVE Atlas og ifølge NVE ved Bjordal, er det utført erosjonssikringstiltak langs begge elvesider (utført av NVE) og i midten av elva (utført av Statens vegvesen), jf. Figur 5-6. Sikring i midten av elva ble utført i form av en flatterskel. Flatterskelens funksjon var primært å hindre erosjon ved brukonstruksjoner. Videre krysser en kommunal vannledning elva, men det er

motstridende informasjon om plassering av denne kryssingen. I detaljfasen må ledningen lokaliseres og hensyntas i videre planlegging og utførelse.

Ifølge Yngve Øverli (pers. kommunikasjon) ble det, i etterkant av sikring av sidekanter/forbygning på begge elvesider, også etablert bunnsikring i form av en flatterskel fra brua og noe nedstrøms. Det antas at det ble benyttet flate helleformede steiner med en viss tykkelse for å hindre erosjon. Eroderingen er et resultat som følge av økt hastighet forbi forbygninger som utgjorde en innsnevring av elveløpet nedstrøms brua.



Figur 5-6. Erosjonssikring av Basavzejåkka, ca. 880 meter, begge sider og midten av elva. Bygget mai 1986 (gul linje). Flatterskel er markert med rutenett (antatt omfang/utstrekning). Eksisterende vannledning krysser elva, men usikkert hvor (ikke lokalisert/innmålt).



Bilde 5-2. Utvikling av elveløpet: Fra øverst til nederst, år: 1971, 1997/2008, 2014 og 2018.

På befaring kunne en tydelig se den flate terskelen fra brua og ca. 30 meter nedstrøms. Deretter en bred brekk-kant, hvor flatterskelen fortsetter (?) med noe økt fall og deretter en innsnevring og hovedløp på vestsiden. Den flate terskelen er nå uten djupål og utløpet har heller ingen lavbrekk, hvilket vanskeliggjør fiskevandring.

Løsmasser er dominert av breelvavsetninger, fra fin sand til større steiner. Litt lengere nedstrøms og i Julaelva er løsmasser dominert av elveavsetninger hvor sand og grus dominerer.

Generelt bærer elvebunnen og sidekanter noe preg av massetransport og avsetninger av elvesand, grus og stein, samt noe busker/trær nedstrøms pilar.

Elvene i områdene er for øvrig kjent for å endres mye fra år til år, på grunn av betydelig massetransport under flomhendelser.



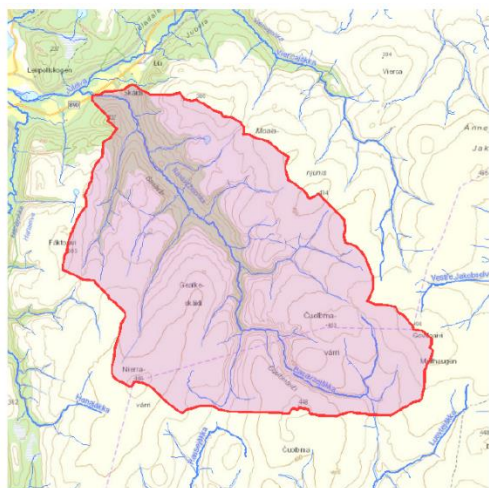
Bilde 5-3. Bilde tatt fra brua og nedstrøms. Markert flatterskel og brekk-kant ca. 30 meter nedstrøms bru. Deretter større fall og innsnevring ca. 55 meter nedstrøms. Trær og avsetninger i midten av bildet er rett bak brupilar.

6. FLOMFREKVENSANALYSER

6.1 Generelt

Beregning og valg av dimensjonerende flom er basert på flere metoder og en samlet vurdering av hydrologiske forhold i vassdraget.

Basavzejjåkka er et mellomstort vassdrag med et nedbørsfelt på ca. 89 km².



Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 1003703 E
7870079 N

Feltparametere

Areal (A)	89.0 km ²
Effektivt sjø (A _{SE})	0 %
Elvleengde (E _L)	20.1 km
Elvegradient (E _G)	19.9 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	18.4 m/km
Helning	8.0 °
Dreneringstetthet (D _T)	0.9 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	15.2 km

Arealklasse

Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	0.1 %
Myr (A _{MYR})	0.1 %
Leire (A _{LEIRE})	0 %
Skog (A _{SKOG})	14.4 %
Sjø (A _{SJO})	0.1 %
Snaufjell (A _{SF})	84.1 %
Urban (A _U)	0 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	1.0 %

Hypsografisk kurve

Høyde _{MIN}	34 m
Høyde ₁₀	188 m
Høyde ₂₅	280 m
Høyde ₅₀	352 m
Høyde ₇₅	397 m
Høyde _{MAX}	510 m

Klima- /hydrologiske parametere

Avrenning 1961-90 (Q _N)	21.3 l/s*km ²
Nedbør juni	39 mm
Nedbør juli	55 mm
Regn og snøsmelting mai	201 mm
Regn og snøsmelting juni	94 mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	57 mm
Regn og snøsmelting november	5 mm
Temperatur februar	-12.2 °C
Temperatur mars	-9.5 °C

Figur 6-1. Feltkarakteristika, Basavzejjåkka.

På grunn av nedbørsfeltets høye andel snaufjell, relativt høy elvegradient/helning og uten flomdempende sjøarealer, forventes det relativt høye årsflommer for Basavzejjåkka.

6.2 Flomanalyser

I det etterfølgende vises 3 ulike metoder for beregning av dimensjonerende flom, etterfulgt av en samlet vurdering og anbefaling.

6.2.1 Regionale formler

Basert på NVEs regionale formler for store nedbørsfelt (RFFA-2018) er median **årsflom** beregnet til 232 l/s*km² (døgnmiddel), og med et intervall på 130-410 l/s*km². Med en beregnet kulminasjonsfaktor på 1,39 for dette felt (Vårflom, ref. NVE 2011), tilsvarer dette kulminasjonsverdier på **322 (180-570) l/s*km²**.

Tabell 6-1. Regional flomberegning for Basavzejjåkk. Kilde: NEVINA, NVE.

RFFA-2018			RFFA-2018 (døgnmiddel)											
Tidsoppløsning	Døgn	-	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{200-klima}		
Indeksflom (QM): Medianflom	232	l/s*km ²	Flomfrekvensfaktor (QM / QT)	1	1.16	1.33	1.50	1.71	1.88	2.05	2.28	2.46	-	-
Klimapåslag	0	%	Flomverdi, m ³ /s	20.6	23.9	27.4	30.8	35.3	38.8	42.3	47.0	50.6	42.3	-
Kulminasjonsfaktor	1.25	-	Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	36.5	43.3	50.7	58.2	68.9	77.5	84.5	93.9	101	-	-
			Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	11.6	13.2	14.8	16.3	18.1	19.4	21.1	23.5	25.3	-	-

6.2.2 Observerte data

Det måles ikke vannføring i Basavzejjåkk. Flomfrekvensanalyse for å estimere dimensjonerende vannføring må derfor baseres på regionale nedbørfelt med målestasjoner for vannføring.

Tabell 6-2. Regionale flomdata.

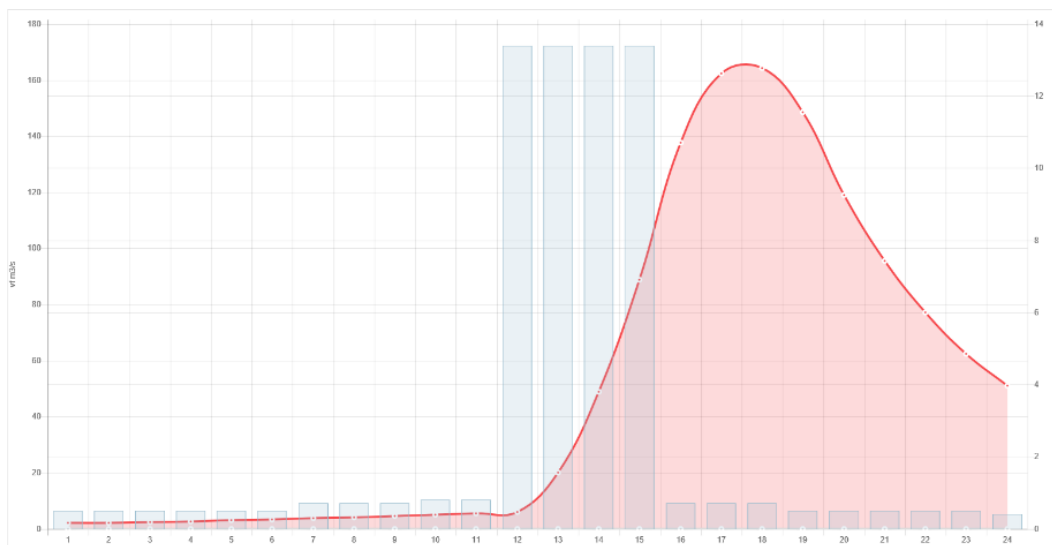
Målestasjon	Felt-areal	Eff.sjø	Q _N	Høydeint.	Bruks-område	Måle-periode	QM		Q ₅ / Q _M	Q ₁₀ / Q _M	Q ₂₀ / Q _M	Q ₅₀ / Q _M	Q ₁₀₀ / Q _M	Q ₂₀₀ / Q _M
	(km ²)	(%)	l/(s*km ²)	(moh)		(ant. år)	m ³ /s	l/(s*km ²)						
213.2.0 Leirbotnvatn	135.19	1.09	26.67	161	- 716	RFFA2018	56	43.72	323.41	1.17	1.28	1.36	1.45	1.50
213.3.0 Skaidi	312.24	0.41	24.75	63	- 524	RFFA2018	18	103.20	330.51	-	-	-	-	-
213.4.0 Kvalsund	124.85	1.04	23.90	19	- 707	RFFA2018	35	33.91	271.63	1.30	1.48	1.65	1.88	2.04
220.1.0 Hamnevatn	53.66	1.58	35.68	23	- 455	NIFS	10	37.43	697.60	1.26	1.48	1.68	1.95	2.15
221.1.0 Magerøy	2.73	8.60	35.64	108	- 297	NIFS	16	0.97	355.31	1.3	1.48	1.64	1.81	1.92
224.1.0 Skoganvare	940.73	0.99	16.71	69	- 1043	RFFA2018	32	146.70	155.94	1.28	1.48	1.68	1.93	2.12
228.2.0 Kunes	674.91	0.12	21.53	39	- 1002	RFFA2018	20	124.39	184.30	-	-	-	-	-
229.1.0 Adamsfjordfoss	710.53	0.16	19.43	41	- 796	RFFA2018	30	134.94	189.91	-	-	-	-	-
230.1.0 Nordmannset	19.31	4.02	25.11	72	- 368	NIFS	39	7.69	398.24	1.33	1.58	1.8	2.07	2.25
234.4.0 Smalfjord	30.05	4.19	17.41	20	- 325	RFFA2018	26	3.86	128.46	-	-	-	-	-
						NIFS	22	3.79	126.12	1.27	1.45	1.61	1.81	1.94
237.1.0 Båtsfjord	21.93	1.53	36.19	142	- 480	RFFA2018	36	5.92	270.00	1.17	1.31	1.45	1.62	1.75
						NIFS	23	5.16	235.29	1.18	1.29	1.38	1.49	1.57
241.1.0 Bergeby	247.58	0.05	16.79	24	- 470	RFFA2018	36	51.61	208.48	1.16	1.33	1.49	1.70	1.86
246.9.0 Sametielv	255.69	1.94	9.96	43	- 292	RFFA2018	32	20.24	79.15	1.44	1.72	2.00	2.36	2.62
223.1.0 Stabburselv	1064.23	0.08	20.05	13	- 1136	RFFA2018	33	228.86	215.05	1.49	1.79	2.08	2.46	2.74
225.1.0 Berselev	875.39	0.01	21.57	13	- 1001	RFFA2018	11	180.56	206.26	-	-	-	-	-
229.2.0 Nedre Friarfjordvatn	100.84	4.60	21.94	18	- 509	RFFA2018	12	23.35	231.58	-	-	-	-	-
244.2.0 Neiden	2944.93	0.63	9.87	32	- 440	RFFA2018	100	254.22	86.32	1.34	1.56	1.76	2.01	2.20
246.8.0 Vaggatun	244.96	3.48	9.97	68	- 327	RFFA2018	22	14.64	59.75	-	-	-	-	-
246.1.0 Bjørnvatn	18109.95	5.50	9.11	0	- 618	RFFA2018	21	348.28	19.23	-	-	-	-	-

Av ovenstående målestasjoner vurderes stasjon 213.3 Skaidi å være mest sammenlignbar, blant annet med hensyn til middelavrenning, høy andel snaufjell, relativt stor helning og lav sjøandel (vurdert i egen flomanalyse for Repparfjordelva av Rambøll 2019).

Årsflom for felt mellom 60-500 km² og årsavrenning høyere enn 20 l/s*km², varierer mellom **230-331 l/s*km²**.

6.2.3 PQRUT

Flomanalyse utført i PQRUT for 200-årsnedbør viste en beregnet 200-årsflom på henholdsvis 125 og 164 m³/s (sistnevnte med forhøyet K1-faktor pga. stor andel snaufjell), som tilsvarer ca. 1400 og 1850 l/s*km². Resultatene er basert på en konstruert nedbørhendelse på 4 timer og nedbørdata fra Kirkenes lufthavn.



Figur 6-2. PQRUT beregning av 200-årsflom og forhøyet K1 faktor.

6.2.4 Valg av årsflom og 200-årshendelse

Basert på ovenstående vurderinger og beregninger vil en årsflom, tilsvarende beregnet basert på regionale formler og observerte flomdata for Skaidi målestasjon, være representativ for Basavzejåkka.

Med utgangspunkt i målt og beregnet kulminasjon årsflom for Skaidielva, ref. Rambøll 2019, velges en årsflom for Basavzejåkka på 434 l/s*km². Årsflommen ligger noe over beregnet medianverdi basert på regionale formler (RFFA 2018). Videre brukes regionale forholdstall for Vårflom 4, ref. NVEs retningslinjer. Dette resulterer i en årsflom på 38,6 m³/s og en 200-årsflom på 99,6 m³/s.

6.3 Dimensjonerende 200-årsflom

Basert på Statens Vegvesens håndbok N200 blir dimensjonerende 200-årsflom inklusive klima- og sikkerhetsfaktor (klimafaktor 1,2 og sikkerhetsfaktor 1,0 for veiklasse V1) beregnet til følgende:

$$\text{Dimensjonerende 200-årsflom} + 20 \% = 99,6 * 1,2 = 120 \text{ m}^3/\text{s}.$$

En samlet oversikt over beregnede flomverdier er vist i Tabell 6-3.

Tabell 6-3. Beregnede flomverdier for Basavzejåkka, kulminasjonsvannføringer.

	Q1000	Q200K	Q200	Q100	Q50	Q20	Q10	Q5	QM	Qn
Q (m3/s)	121.3	119.6	99.6	90.4	80.7	69.5	60.6	50.6	38.6	1.90

7. HYDRAULISKE BEREGNINGER

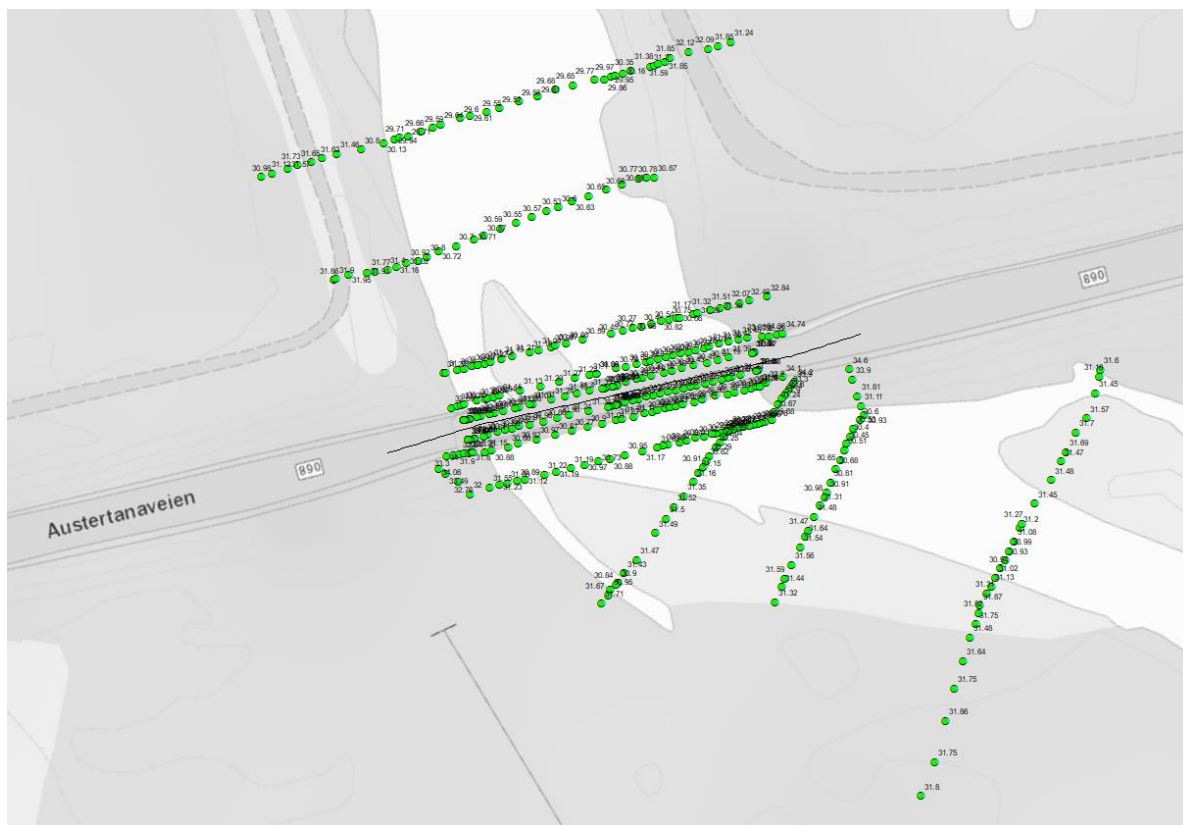
7.1 Modelloppbygging og forutsetninger

Det er utført vannlinjeberegninger ved bru med programvaren HEC-RAS versjon 5.0.7, som er utarbeidet av U.S. Army Corps of Engineers. HEC-RAS kan både kjøre 1D- og 2D-modeller. For 1D beregner modellen en endimensjonal og stasjonær strømningstilstand, der energimetoden eller momentmetoden benyttes for å beregne vannlinjen fra et tverrsnitt til det neste. Vannlinjen beregnes ved hjelp av energimetoden der det er en gradvis varierende vannlinje. For 2D beregninger benyttes en terrengmodell for å generere et beregningsmesh med tilpassede størrelser. For hver celle beregnes vannstand, strømnings-hastighet, og -retning.

De viktigste inngangsparameterne er geometri (terrengmodell, beregningsgrid/rutenett, elvebanker og konstruksjoner), ruhet, grensebetingelser og vannføring.

7.1.1 Oppmåling

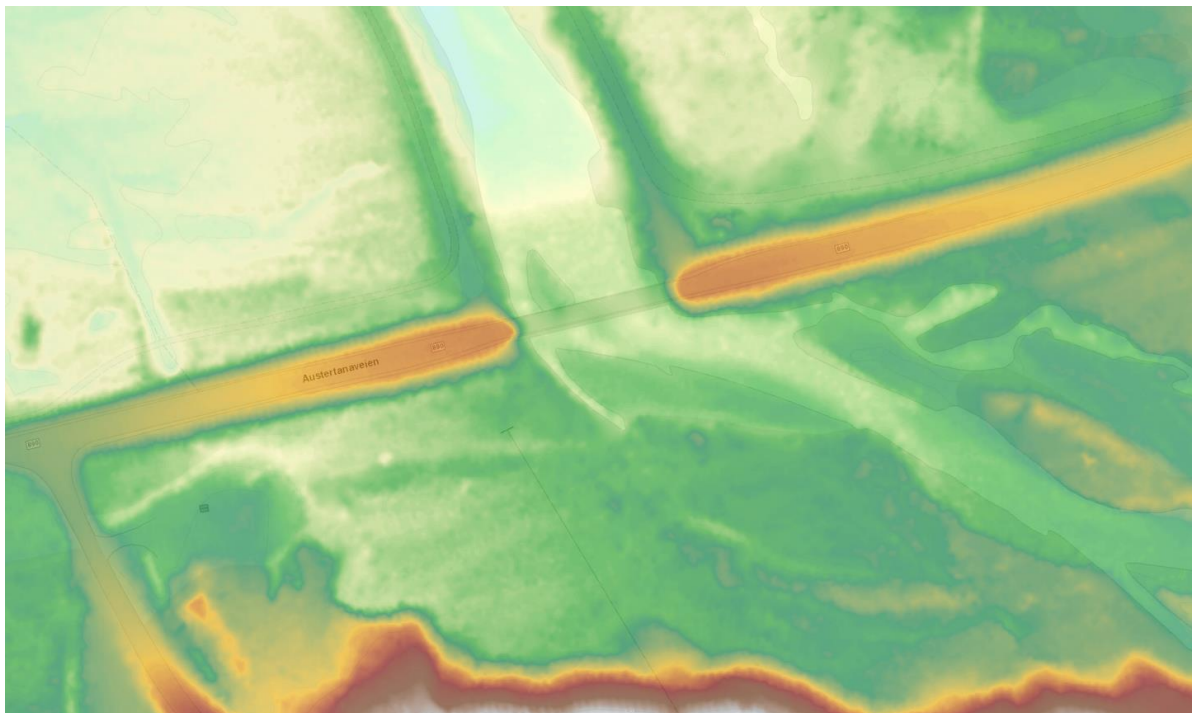
I august 2020 ble det utført innmålinger av lysåpningen til bru samt utvalgte tverrprofiler. Dette for å supplere tilgjengelig terrengmodell fra kartverket. Figur 7-1 viser oppmålte tverrprofiler som ble benyttet i videre beregninger.



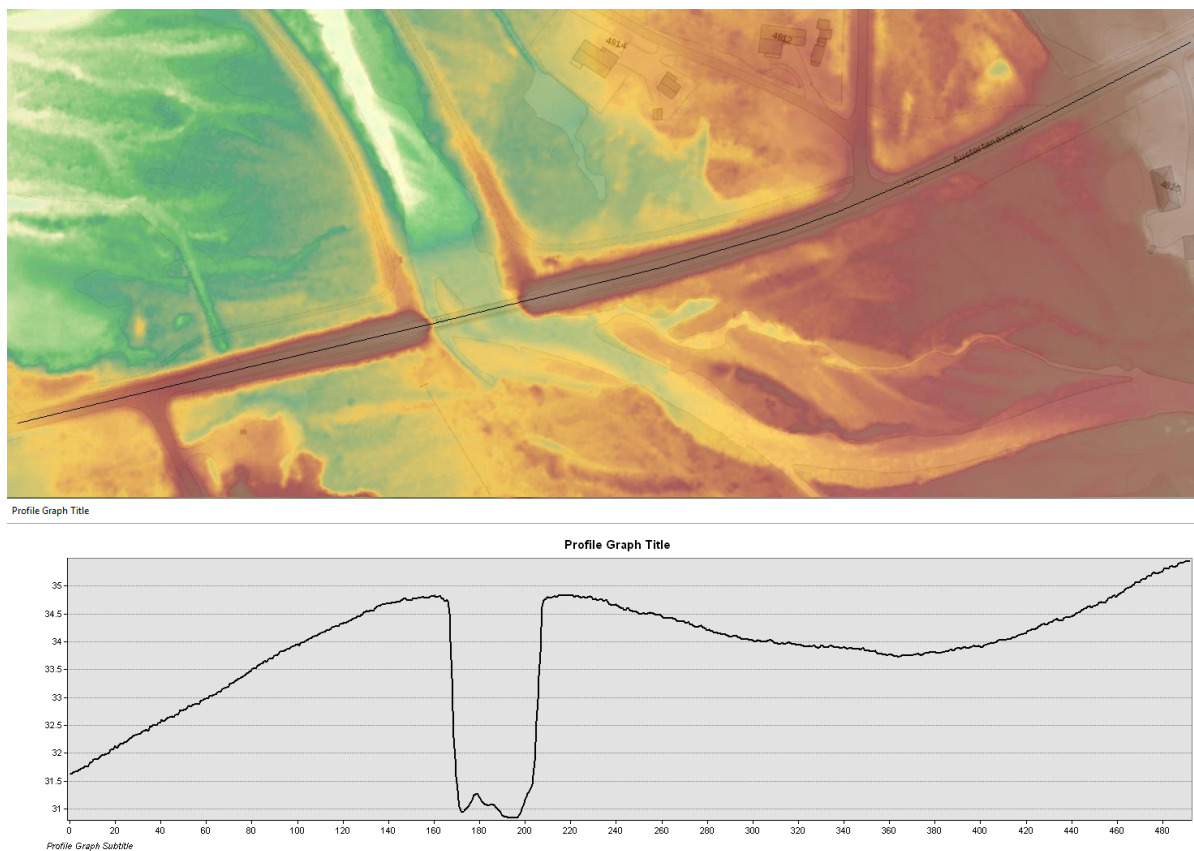
Figur 7-1. Innmålinger av elveprofiler.

Figur 7-2 og Figur 7-3 viser data fra terrenngmodellen samt utvalgt lengdeprofil for senter vei, over brua og på begge sider.

Terrenngdata og lengdeprofil viser at brua er lagt på et topp-punkt, trolig for å sikre nok lysåpningshøyde til passering av elv. Veien og terrenget faller mot vest, men fra brua og østover faller først veibanen svakt, for deretter å stige igjen.



Figur 7-2. Terrenngmodell fra kartverket. (NB: Midten av brua er «klippet ut» av terrenngmodellen og representerer bunn elv). Topp dekke på brua ligger ca. på kote 34,7 m.



Figur 7-3. Lengdeprofil langs senter av Austertanaveien før og etter brua. Ved elvekryssing viser terrengmodellen antatt elvebunn.

7.2 Grensebetingelser, modellparametre og kalibrering

7.2.1 Grensebetingelser

Øvre og nedre grensebetingelser er satt basert på normalstrømning og midlere fall opp- og nedstrøms. Elvas gradient ble beregnet å være tilnærmet lik både opp- og nedstrøms, nær 10 o/oo.

7.2.2 Ruhet

Basert på observasjoner fra befaring ble Mannings'n verdier satt lik 0,035 langs senter elv og 0,07 langs breddekantene.

7.2.3 Bru

I modellen blir bru inkludert ved bruk av egen modul hvor bruas dekke, landkar og pilar blir lagt inn. I tillegg økes innsnevring- og utvidelses-koeffisienter i nærliggende elvetverrsnitt. Normalt

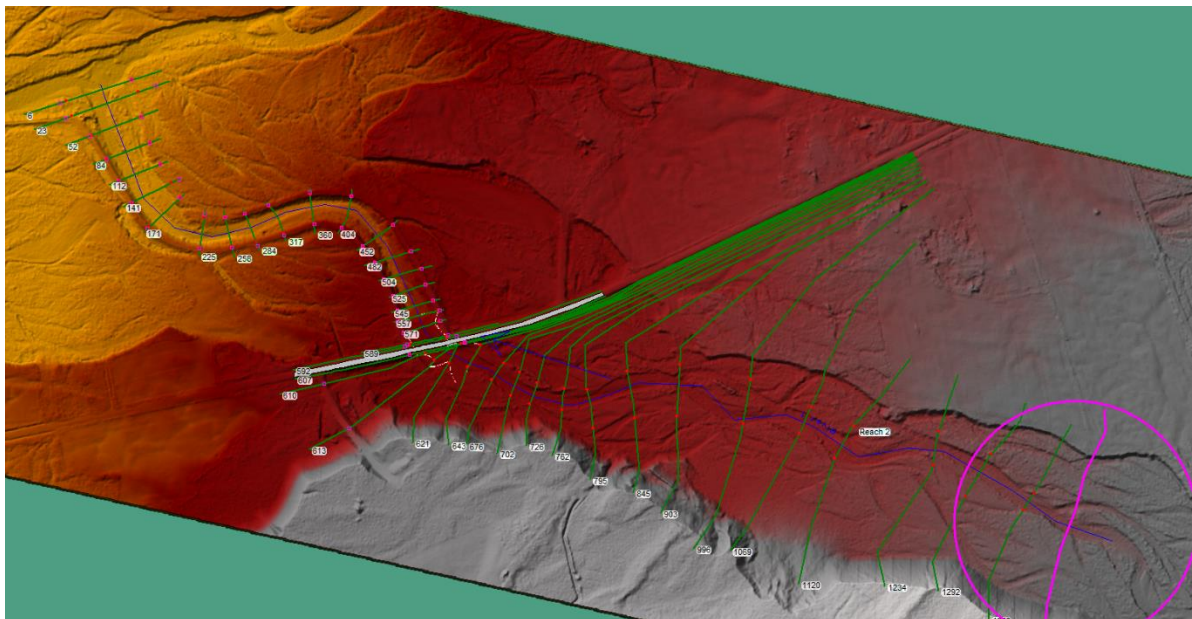
benyttes koeffisienter på 0,1 og 0,3 langs elveløp, mens de ble økt til 0,3 og 0,5 for brua (vanlig for bruer).

7.2.4 Kalibreringsdata

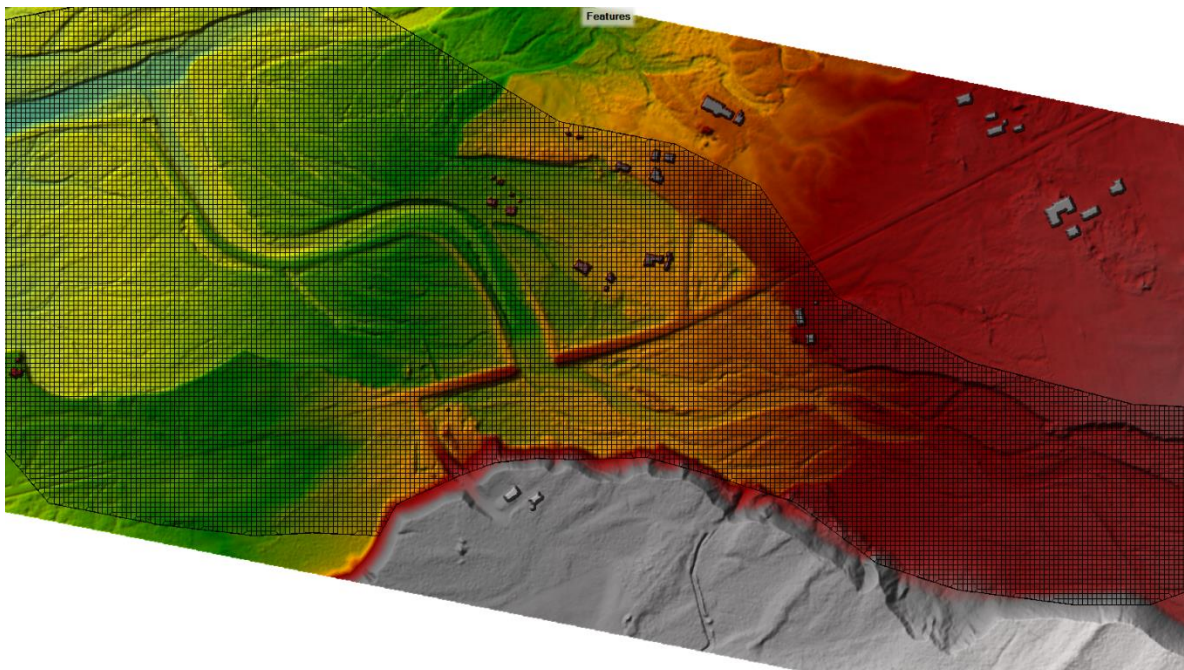
For å kalibrere hydrauliske modeller er en avhengig av samhørende verdier av vannføring og vannstand. Det finnes ikke nøyaktige observasjoner/målinger i vassdraget eller ved brua.

7.3 Elvemodell

Figur 7-4 viser etablert HEC-RAS-modell av Basavzejåkka.



Figur 7-4. HEC-RAS 1D-modell av Basavzejåkka inklusive eksisterende bru.



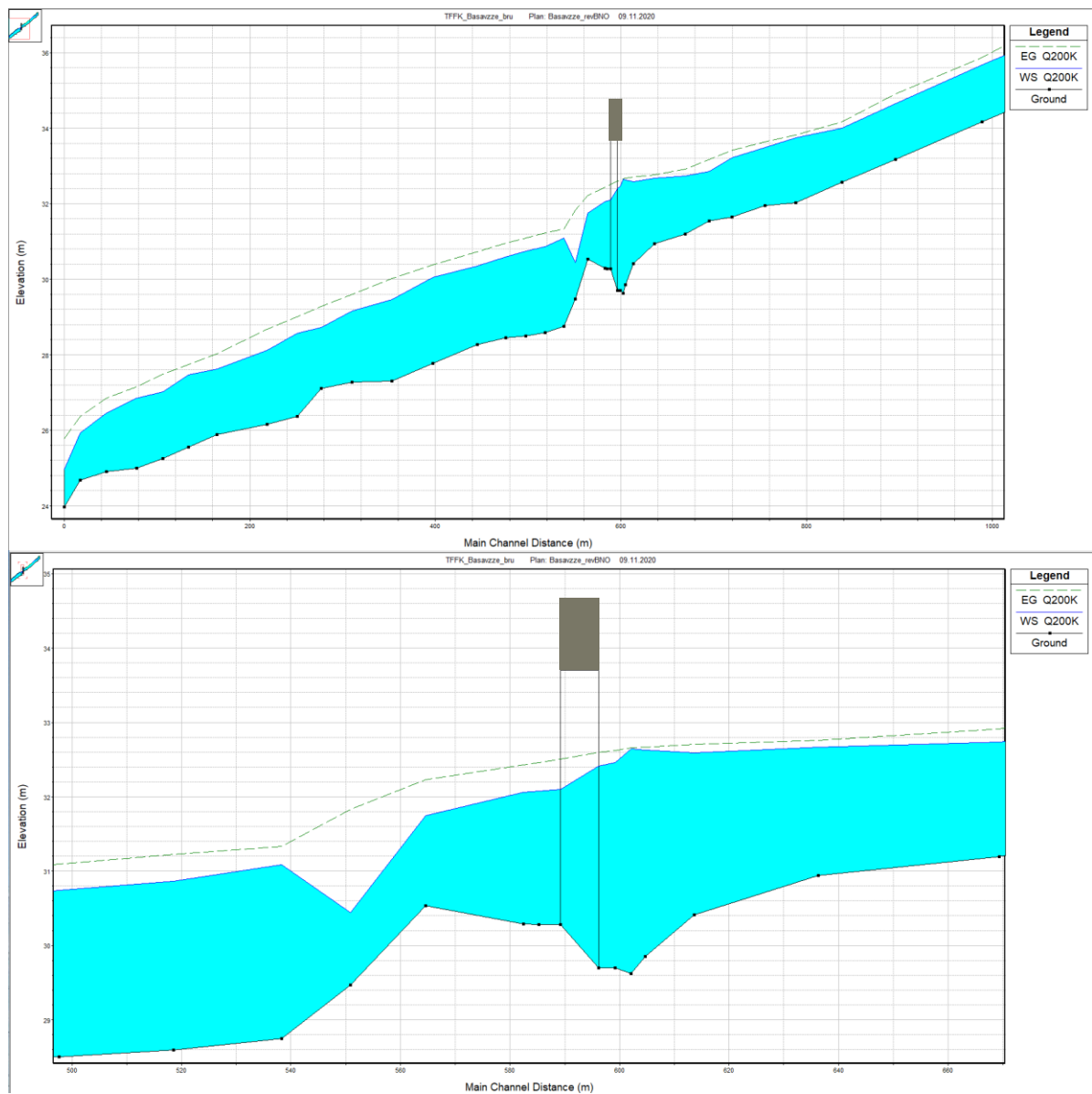
Figur 7-5. HEC-RAS 2D modell av Basavzejjåkka, og «forenklet» effekt av bru ved lysåpningsbredde for bru på ca. 35 meter (og uten pilar).

7.4 Vannlinjeberegninger og flomsone for eksisterende situasjon

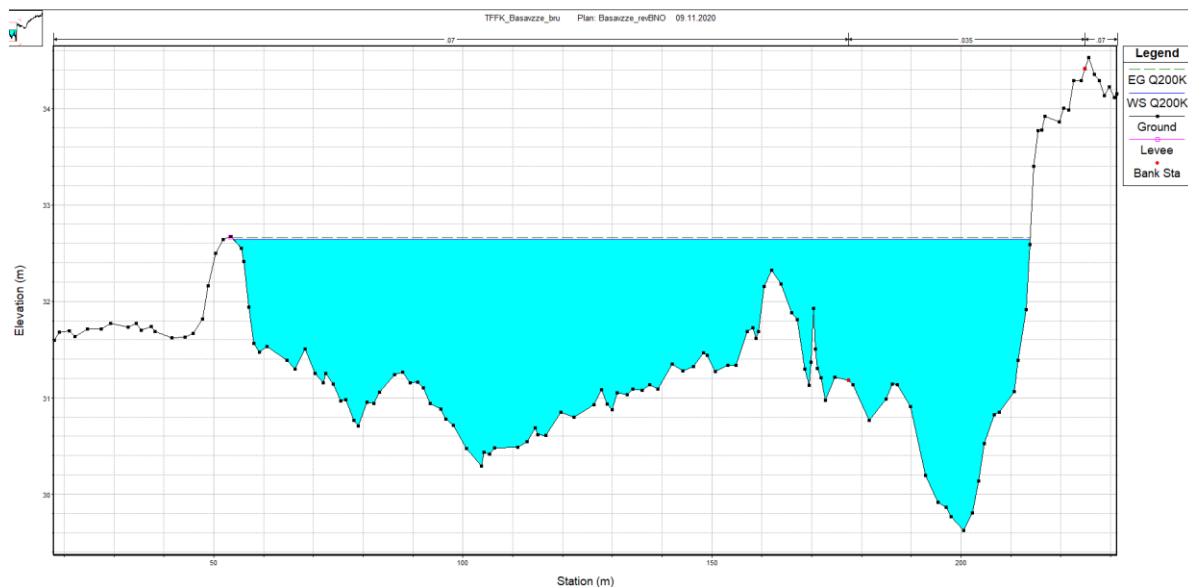
Figur 7-6 til Figur 7-8 viser beregnede vann- og energilinje for 200-årsflom for eksisterende bru og dens innmålte lysåpning.

Beregningene viser at selve brua har god klaring til 200-årsflom, men på vestsiden av brua brer flommen seg utover og er meget nær å flomme over lokal vei. Flomnivået er kun ca. 10 cm lavere enn hovedveien. Sikkerhetsmargin opp til hovedvei bør være på 0,3-0,5 meter, og er dermed ikke tilfredsstillende i henhold til dagens myndighetskrav.

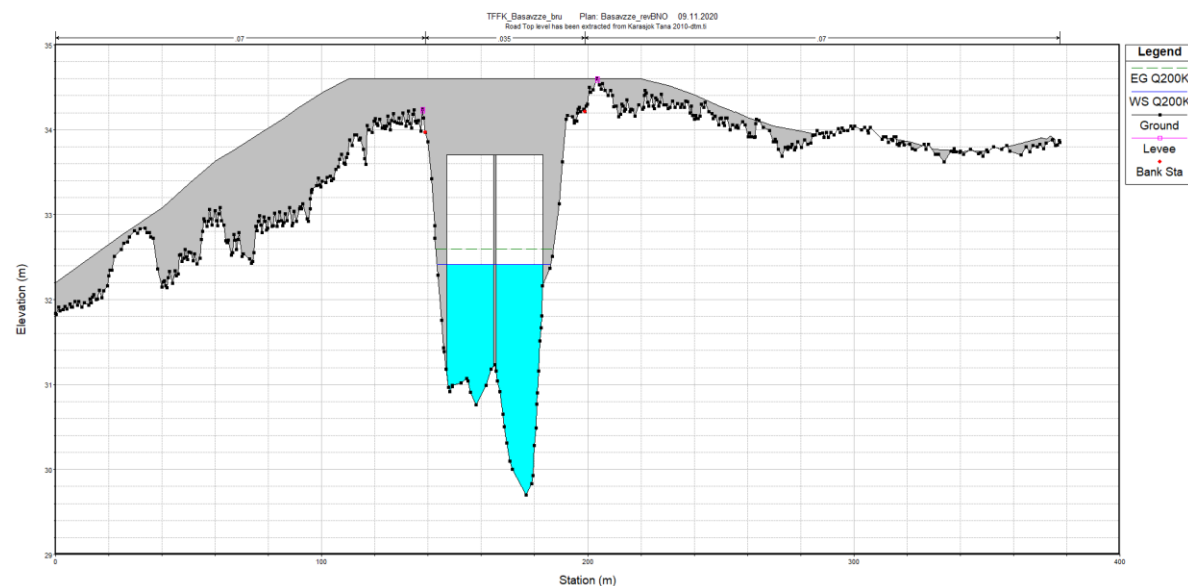
Beregningene viser videre at **200-årsflommen like før brua går opp til ca. kote 32,7 m og ved innløpet ca. kote 32,4 m**. Her er beregnet energilinje på kote 32,6 m. Det betyr at beregnet klaring mellom flomvannstand og opp til UK bru (kote 32,4-33,7 m) er på ca. 1,3 m, mens den i forhold til energilinja er ca. 1,1 m. Myndighetskravet mellom flomvannstand og UK bru er 0,5 meter.



Figur 7-6. Vannlinjeberegning 200-årsflom.

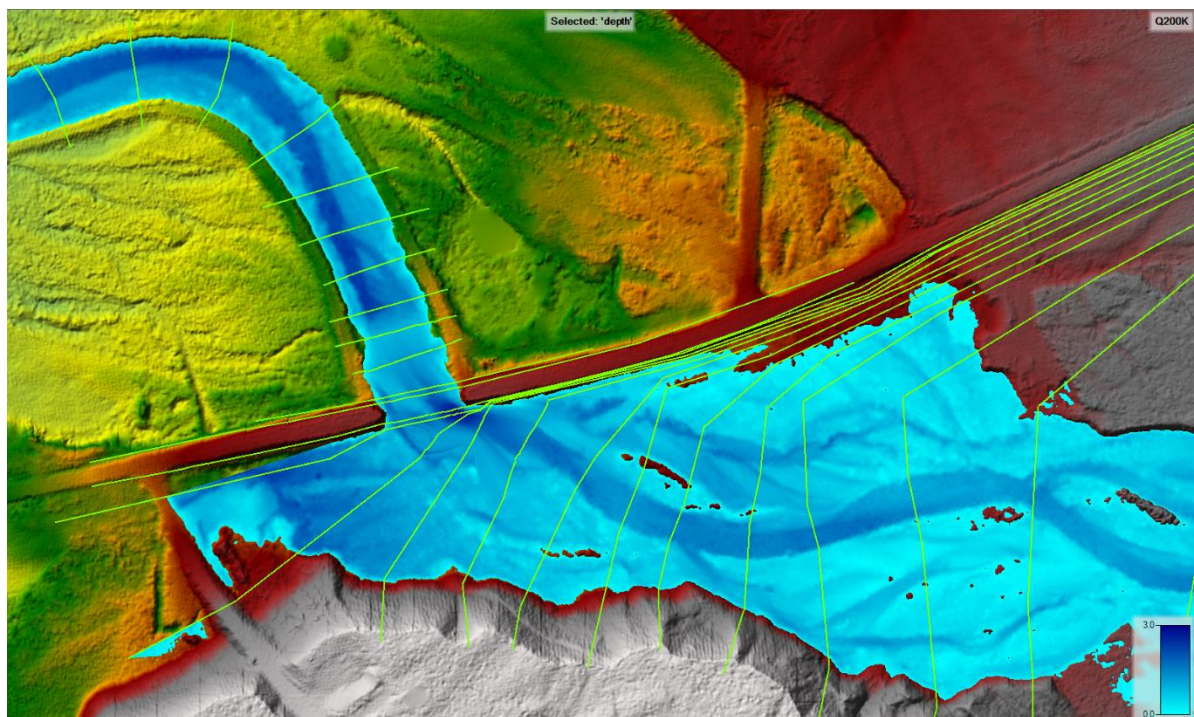


Figur 7-7. Vannlinjeberegning for elveprofil nr. 610 m (se figur 7.4 for plassering), som krysser lokal vei ved «Station» 53 m og på ca. kote 32,65 m. Hovedveien ligger ca. 10-15 m lengre nord og marginalt høyere på ca. kote 32,8 m.

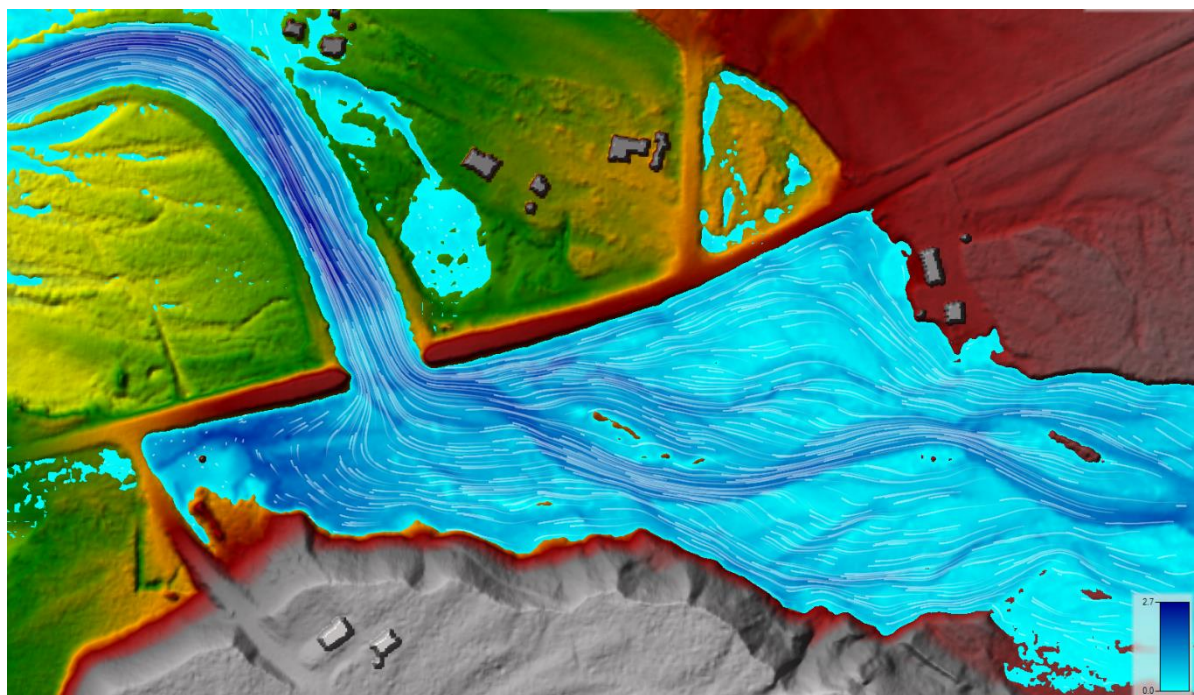


Figur 7-8. Beregnet vannlinje under eksisterende bru. Topp bru/vei er basert på terrengmodell/laserscan for senter vei. (NB Ulik skala på X og Y akse).

Beregnet flomutbredelse og flomsone er vist i Figur 7-9 og Figur 7-10, for henholdsvis 1D og 2D beregninger. Ved 200-årsflom staves elva opp og brer seg utover elvebreddene på begge sider av brua. På vestsiden stiger flomvannet helt opp mot lokal vei, og er meget nær å flomme over denne mot vest og opp mot hovedveien. Marginen opp til hovedvei er kun ca. 10 cm. Videre er det også en trafostasjon i området som er flomutsatt.



Figur 7-9. Beregnet flomutbredelse for eksisterende situasjon ved 200-årsflom i HEC-RAS 1D-modell.



Figur 7-10. Beregnet flomutbredelse for eksisterende situasjon ved 200-årsflom i HEC-RAS 2D-modell. (NB: «flomøyer» er «støy» i modellen og ikke reelle oversvømmelser).

7.5 Flomsikring ny planlagt bru og vei

For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot flom for fremtidig bru og veiløsning, er det vesentlig at vestre deler av veien flomsikres. Videre har ikke dagens veisystem tilfredsstillende siktelinje, hvilket betyr at den må slakes ut.

Vannlinjeberegninger basert på dagens elve- og brutverrsnitt viser at underkant bru er høyt over beregnet 200-årsflom. Dette betyr at fremtidig bru kan legges noe lavere dersom dette er optimalt. Beregninger indikerer at underkant bru kan senkes ned til ca. kote 33,1 m (ca. 0,6 m lavere enn dagen UK på ca. kote 33,7 m).

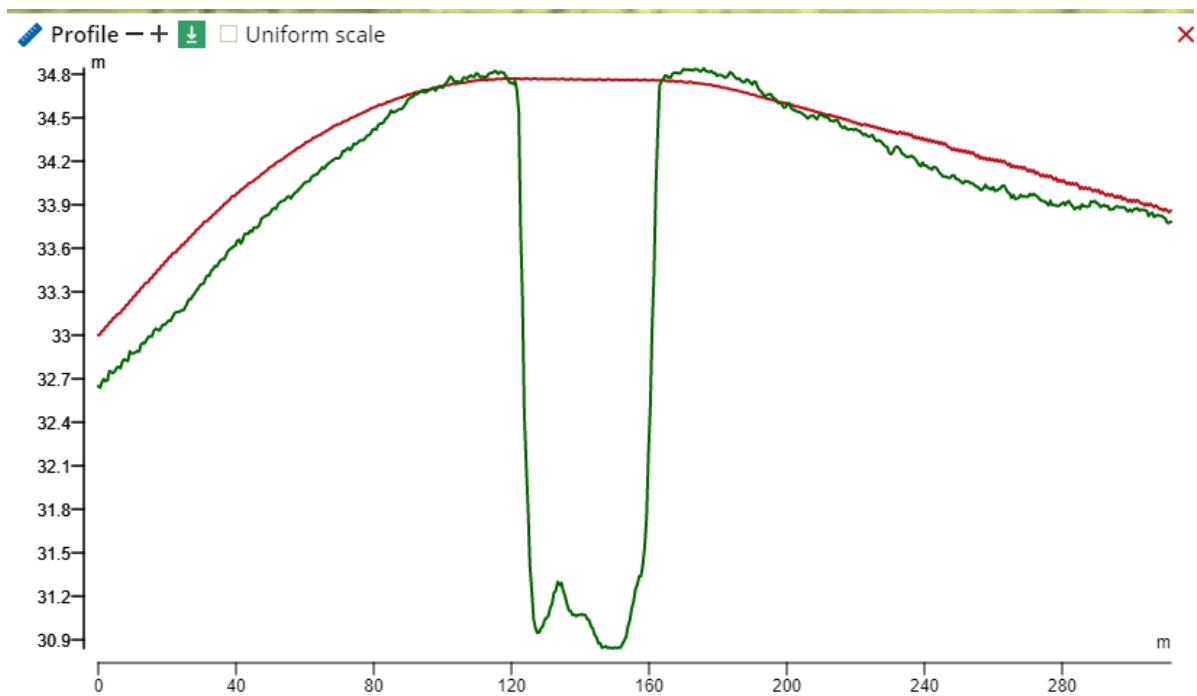
Den sentrale utfordring er å sørge for at også ny vei vest for ny bru er flomsikker. Dette kan prinsipielt løses på 3 måter (eventuelt med kombinasjoner av disse):

1. **Heve ny hovedvei på vestsiden** av bru med ca. 40-60 cm.
2. **Etablere flomvoller** langs lokalvei og hovedvei på vestsiden, høyde ca. 0,5 meter. Topp flomvoll legges på 200-årsflomnivå + 0,3-0,5 m dvs ca. kote 32,6 + 0,3-0,5 = 32,9-33,1 m.
3. **Utvide og senke dagens elveløp og utvide lysåpning under bru** (lengre bruspenn). Det vil være behov for betydelige utvidelser av dagens hovedelveløp ned til samme nivå som dagens (ca. 10 meter), eventuelt må også nedstrøms løsmassetterskel (som trolig er naturlig dannet) senkes med 0,5-1,0 meter.

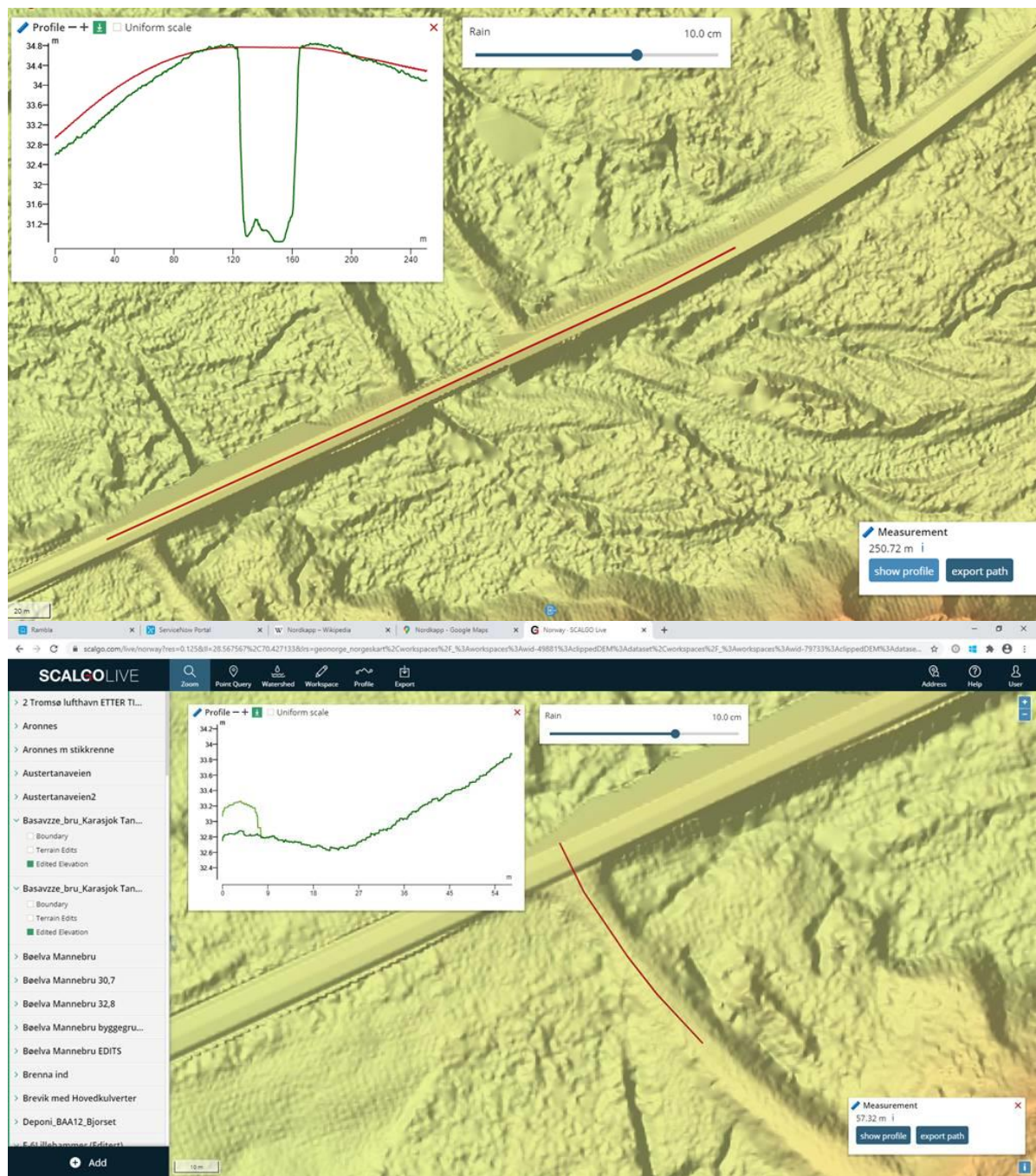
Heve ny hovedvei på vestsiden (og beholde dagens bruhøyde):

Rambøll har grovt sett på muligheten til å heve eksisterende vei på vestsiden med ca. 0,6 m der lokal vei kommer inn fra sør, og samtidig jevne ut veien mot øst for bedret siktelinje (jf. Figur 7-11 og Figur 7-12). Dette forslaget tok utgangspunkt i at topp bru skulle være på samme nivå som i dag. Da vil eventuelt 200-årsflom oversvømme lokal vei og videre mot jordet i vest, mens hovedvei vil være flomsikker med tilfredsstillende sikkerhetsmargin.

Endelig valg av løsning må basere seg på en flerfaglig optimalisering mellom vassdragstiltak (utvide/senke elveløp), vei (siktelinje), brukonstruksjon (spenn, landkar/pilarer), og GEO, både med hensyn til funksjon, sikkerhet og kostnader.



Figur 7-11. Lengdeprofil av dagens senterlinje vei (grønn linje) og elvekryssing, samt forslag til ny veilinje (rød linje).



Figur 7-12. Øverst: Lengdeprofil av eksisterende vei (grønn) og forslag til hevet ny veilinje (rød). Nederst: Lengdeprofil av lokal vei og opp til hovedvei, eksisterende (mørk grønn) og forlag ny hevet hovedvei (lys grønn).

8. USIKKERHET

8.1 Terrengmodell og innmålinger

Høydedata består av laserscan-data fra kartverket, innmålinger av utvalgte tverrprofiler i elv samt lysåpning under bru.

Kartverket benytter ingen støttedata utover punktskyene i genereringen, noe som kan medføre noe støy i vannområder i overgang mellom vann og land, samt i tette skogsområder.

Innmålte tverrprofiler er av god kvalitet.

8.2 Flomberegninger

Det er usikkerheter knyttet til de ulike beregningsmetodene og beregningsgrunnlaget for elveflom. Det finnes ikke vannføringsdata fra aktuelt vassdrag og dermed måtte en anvende regionale data og beregningsmetoder.

Å kvantifisere usikkerheten i flomberegninger basert på regionale data er vanskelig da det er mange faktorer som spiller inn. Flomberegningen vurderes å være i klasse 3 av 5 (hvor 1 er best), dvs. brukbart hydrologisk datagrunnlag, men store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området.

8.3 Hydrauliske beregninger

I alle modeller gjøres det forenklinger og flere modellparametre må antas, blant annet basert på erfaringer fra liknende vassdrag. Den hydrauliske modellen som er benyttet for å beregne flomvannstandene ved ulike gjentakintervall, bygger på en del forutsetninger og forenklinger av virkeligheten. En av de viktigste forenklingene i dette prosjektet er forutsetningen om statisk geometri. I tillegg beregner modellen kun dagens situasjon i vassdraget, dvs. at effekten av fremtidige utfyllinger, profilendringer eller konstruksjoner er ikke hensyntatt i beregningene. Virkninger av is er heller ikke medtatt i beregningene.

Sensitivitetsanalysen viser at modellen beregner ca. 5 cm høyere vannlinje ved å øke ruhet med 20 %. Ved å øke både 200-årsflom og ruhet med 20 % øker vannlinjen med ca. 30 cm.

8.4 Samlet vurdering av usikkerheter

Hydrologiske og hydrauliske beregninger vil alltid ha usikkerheter. I denne analysen er det benyttet 3 ulike metoder. Anbefaling og valg er basert på en samlet vurdering av de hydrologiske forhold og sammenlignbare vassdrag. I tillegg har beregningene vært konservative, slik at usikkerhetene er blitt tatt høyde for i beregningene. Samlet sett vurderes det derfor at usikkerheten i stor grad er godt ivaretatt i dette prosjekt.

For å kompensere for usikkerheten anbefaler vi å benytte en sikkerhetsmargin på minimum 30 cm for de beregnede vannstander.

9. REFERANSER

NEVINA, NEdbørfelt-Vannføring-Indeks-Analyse. <http://nevina.nve.no/>

NVE veileder 04/2011. *Retningslinjer for flomberegninger.* G. H. Midttømme m.fl. Norges vassdrags- og energidirektorat. ISBN: 1501-9810.
http://publikasjoner.nve.no/retningslinjer/2011/retningslinjer2011_04.pdf

NVE rapport 7/2015. *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt.* S. Stenius m.fl. Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE rapport 10/2020. *Lokal og regional flomfrekvensanalyse.* K. Engedal m.fl. Norges vassdrags- og energidirektorat. ISBN: 978-82-410-2014-8.
https://publikasjoner.nve.no/rapport/2020/rapport2020_10.pdf

Rambøll, 2019. Flomsonekartlegging Repparfjordelva.

Vegdirektoratet, 2015. *Håndbok N400. Bruprosjektering – prosjektering av bruer, ferjekaier og andre bærende konstruksjoner.* Statens vegvesen. ISBN: 978-82-7207-680-0.
<https://www.vegvesen.no/attachment/865860/binary/1030718>

Vegdirektoratet, 2018. *Håndbok N200. Vegbygging.* Statens vegvesen. ISBN: 978-82-7207-723-4. <https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980>

Vegdirektoratet, 2020. *Håndbok V240. Vannhåndtering – flomberegninger og hydraulisk dimensjonering.* Statens vegvesen. ISBN: 978-82-7207-760-9.
https://www.vegvesen.no/attachment/2988797/binary/1371938?fast_title=H%C3%A5ndbok+V240+Vannh%C3%A5ndtering+-+Flomberegninger+og+hydraulisk+dimensjonering.pdf