



E6 Gyllan - Kvål

Fagrapport hydrauliske beregninger

20.03. | 23

Detaljregulering

Nye Veier AS | Tangen 76
4608 Kristiansand
nyeveier.no

Oppdragsnummer:	5207617
Oppdragsnavn:	E6 Gyllan – Kvål
Dokumentnummer:	NV50E6GK-VAA-RAP-0004
Dokumentnavn:	Hydrologi Gaula. Gyllan - Kvål

Versjonsoversikt

Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
B01	20.03.2023		URIBE	JWL	JHSVE

SAMMENDRAG

I forbindelse med utbygging av ny E6 på strekningen Gyllan – Kvål, i Melhus kommune, er det behov for vurdering av flomforholdene for det valgte alternativet. Denne rapporten belyser flomforholdene og konsekvensene av tiltaket samt de planlagte erosjonssikringstiltakene ved hovedvassdraget Gaula.

I dagens situasjon er E6 flomutsatt på flere steder mellom Gyllan og Kvål. Strekningene som er flomutsatt ved en 200-års flom er: Gyllan – Hovin; Horg/ Evjeøyen og Gammelelva naturreservat – Kvål. Deler av disse strekningene er også flomutsatt ved en 50-års flom.

Dimensjonerende flom for ny E6 er 200-årsflom pluss 20 % klimapåslag. For å ta hensyn til usikkerheten i beregningene, stående bølger eller eventuelle overhøyde ved kurver er det anbefalt å benytte et fribord på 0,5 m. For bruer bør det være minst 0,5 m klaring mot overbygningen ved beregnet vannstand ved 200-års flom pluss 20 % klimapåslag.

Det er modellert relevante områder i dagens situasjon og med det planlagte veialternativet. Resultater vises som kart med flomutsatt områder, vannstandsendringer, hastighetsendringer (differansekart) og flomutsatte områder med stor fare. Økningen i utbredelsen av flomsonen er beskjeden, men tre bolighus som ikke er oversvømt i dagens situasjon ved en 200-års flom, vil etter tiltaket bli oversvømt.

Bygg og infrastruktur som vil få endrede flomforhold ved det valgte trasealternativet 1.1A (også omtalt som 1.1C) og 2.1 er listet opp (Tabell 1-1 og Tabell 1-2). Byggene er hentet fra FKB-databasen og det er ikke tatt hensyn til om byggene blir innløst. I tillegg vil landbruksområder også bli berørt.

Det er utført en mer detaljert vurdering av vannstand før og etter tiltaket som viser at flere av disse byggene er allerede flomutsatt med vandedybder over 1 m ved dagens situasjon. Dette gjelder også for den berørte jernbanen mellom Gyllan og Hovin.

Tabell 1-1: Antall berørte bygg og infrastruktur med endring i vandedybder ved 1,2xQ200, strekning Gyllan-Kvål.

Infrastruktur	Vannstandsøkning (cm)		
	> 20	10 - 20	3 - 10
Boligbygg	18	10	11
Andre bygg	30	22	26
Infrastruktur (hele strekningen)	E6, jernbane, lokalvei	E6, jernbane, lokalvei	E6, jernbane, lokalvei
Jernbane og jernbanefylling (meter)	1320	1760	1830

Tabell 1-2: Antall berørte boligbygg med endring i vanndybder ved 1,2xQ200, fordelt mellom delstrekninger.

Type bygg/ strekning	Vannstandsøkning (cm)		
	> 20	10 - 20	3 - 10
Boligbygg Gyllan - Hovin	18	3	3
Boligbygg Røskaft – Homyrkamtunnel sør	0	0	3
Boligbygg Losa - Kvål	0	7	5

Ved en stor flom i Gaula vil innsnevring av flomsone i området Vollagrenda og Gylløyan forårsake vannstandstigning og hastighetsøkninger. Selv om hastighetsøkningen ved en 200-års flom i elveløpet er beregnet til ca. 1 m/s er den økte hastigheten ved 200-års flom lavere enn hastigheten i elven før det begynner å renne over flomsletten (ca. en 20-års flom).

Mellom Røskaft og Homyrkamtunnel er den største økningen i hastigheter på flomsletten. Enkelte elveskråninger og bolighusene på utvalgte punkter mellom Røskaft og Homyrkamtunnel sør får en økning av hastigheter på ca. 0,1 m/s sammenlignet med de høyeste hastigheter ved dagens situasjon.

Ved Øyan er økningen av hastigheter ved det trangeste partiet i elveløpet, med en hastighetsøkning på ca. 0,5 m/s fra 2,5 - 3,0 m/s til 3,0 - 3,5 m/s.

Ved Gylløyan, Rønningen og Systuløkkja vil det flomutsatte området med stor fare (der dybden er større enn 2 meter og/eller der produktet av dybde og vannhastighet er større enn 2 m²/s) øke sammenlignet med dagens situasjon. Fire boligbygg vil havne i denne faresonen. For disse byggene gjelder sikkerhetsklasse for flom F3, dvs. de bør sikres mot en 1000-års flom. På strekningene Røskaft – Homyrkamtunnel sør og Losa - Kvål er økningen i denne faresonen beskjeden og ingen bolig vil havne i den økte faresonen etter tiltaket.

Ifølge NVE Atlas [1] er det gjennomført ulike sikringstiltak for store deler av Gaula. Mellom Gyllan og Gaulfossen er ca. 40 % av vestre elvebredd og 15 % av østre elvebredd erosjonssikret. Mellom Gaulfossen og Kvål er ca. 75 % av begge elvebreddene erosjonssikret. Tilstanden til de eksisterende sikringstiltakene er beskrevet i NVEs rapport «Erosjonssikringstiltak i Gaula. Kartlegging av tilstand og reparasjonsbehov» [2]. For planlegging av tiltakene i denne rapporten forutsettes det at eksisterende sikringstiltak ikke tilfredsstiller dagens krav og bør oppgraderes, men dette bør bekreftes i en senere prosjektfase.

De foreslåtte erosjonssikringstiltakene langs hovedvassdraget inkluderer:

- Ny eller oppgradering av erosjonssikring i Gaula for å sikre den nye veien eller tredjepart. .
- Erosjonssikring av landkar, brusøyer og brufundamenter.
- Erosjonssikring av veifylling på flomslette.

Det er planlagt erosjonssikring i Gaulas skråning på seks strekninger:

- 150 m ved utløp av Gyllbekken (profil 1000 – 1150): nytt sikringstiltak
- 1600 m ved Vollagrenda (profil 1450 – 3050): 1210 m nytt sikringstiltak og oppgradering av 390 m eksisterende sikringstiltak
- 360 m ved Røskaft (profil 5350 – 5650): 260 m nytt sikringstiltak i vest og oppgradering av 100 m eksisterende tiltak i øst
- 450 m ved Kåsa (profil 16200 – 16650): Oppgradering av eksisterende tiltak
- 480 m ved Øyan (profil 17150 -17650): Oppgradering av eksisterende tiltak
- 350 m ved Fornesbakken (profil 17300 – 17650): Oppgradering av eksisterende tiltak

I tillegg skal landkarene og pilarene og til Kåsabruene sikres mot erosjon.

I en senere prosjektfase bør det gjøres en mer detaljert vurdering av den forverret flomsituasjonen sammenlignet med dagens forhold. For hvert berørt bygg og infrastruktur bør lokale økninger av vanddybder og vannhastigheter vurderes sammen med stedlige grunnforhold for å fastsette om det vil være en økt fare for erosjon, skader til bygg og fare for liv og helse. For bygg og infrastruktur der ulemper vurderes å være vesentlige bør det utføres avbøtende tiltak.

INNHOOLD

1	INNLEDNING	7
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Prosjektets formål og mål	8
1.3	Planprosess for detaljregulering med konsekvensutredning for E6 Gyllan – Kvål	8
1.4	Reguleringsplan og vurdering av flomforholdene	9
2	DAGENS FLOMFORHOLD OG GRUNNLAG FOR BEREGNINGER	10
2.1	Oversvømt område i dagens situasjon	10
2.2	Eksisterende erosjonssikringstiltak	12
2.3	Grunnlag for beregninger	13
2.4	Resultater	17
3	STREKNING GYLLAN – HOMYRKAMTUNNEL SØR (1.1C).....	18
3.1	Hydraulisk modell	18
3.2	Resultater	20
4	HOMYRKAMTUNNEL NORD – KVÅL, VESTRE LINJE	40
4.1	Hydraulisk modell	41
4.2	Resultater	42
5	EROSJONSSIKRING.....	54
5.1	Planlagte tiltak uavhengig av prosjektet	54
5.2	Generelle løsninger for sikring mot erosjon.....	54
5.3	Beskrivelse av erosjonssikringstiltak langs Gaula	60
6	DISKUSJON OG VIDERE ARBEID	68
6.1	Avbøtende tiltak mot økning i flomvannstander	69
6.2	Erosjonssikring som avbøtende tiltak	70
7	REFERANSER.....	71
	VEDLEGG	73
1	E6 KORPORALSBRUA - KVÅL. AVKLARING SOM GJELDER DIMENSJONERENDE FLOM TIL DISKUSJON MED NVE	74
2	RESULTATER FRA HEC-RAS 1D-MODELL I DAGENS SITUASJON.....	107
3	TILSTANDEN TIL DE EKSISTERENDE EROSJONSSIKRINGSTILTAKENE LANGS GAULA.....	108
4	EROSJONSSIKRING VED HOVIN STASJON	118

1 INNLEDNING

Nye Veier har ca. 175 km ny E6 i sin portefølje i Trøndelag. Målet til Nye Veier er å bedre trafiksikkerheten, forkorte reisetiden og styrke vekst og utvikling i landsdelen. E6 Gyllan – Kvål inngår som en del av denne store oppgraderingen av E6 gjennom Trøndelag fra Nedgård i sør (Rennebu kommune) til Asp i nord (Steinkjer kommune), som vist i Figur 1-1.



Figur 1-1 Nye Veiers portefølje i Trøndelag (Illustrasjon: Nye Veier)

1.1 Bakgrunn

E6 er hovedveien i Norge mellom nord og sør. Veien er hovedtransportåren for godstrafikk til og fra, samt gjennom Trøndelag. E6 er dessuten den viktigste persontrafikkåren for regionen. E6 Gyllan – Kvål er ca. 17 km lang og ligger i sin helhet i Melhus kommune. På strekningen er det tofelts vei med randbebyggelse gjennom tettstedene Ler og Lundamo. Årsdøgntrafikken (ÅDT) for strekningen i 2020 var mellom 8 600 og 11 400 kjøretøy. Strekninger med redusert hastighet og blandet trafikk kombinert med begrensa muligheter for forbikjøring reduserer fremkommeligheten. I perioden 2011-2020 er det registrert 34 ulykker på strekningen, hvorav åtte er påkjøring bakfra, ti er møteulykker og 12 er utforkjøringer. To personer har mistet livet og tre personer har blitt hardt skadde.

1.2 Prosjektets formål og mål

Formålet med planarbeidet er å skaffe et formelt grunnlag for erverv av grunn og bygging av ny E6 som en firefelts motorvei. Løsningene skal bidra til å oppnå målene i Nasjonal transportplan 2022 – 2030 [1], gjengitt i Figur 1-2.



Figur 1-2 Målene for transportsektoren fra Nasjonal transportplan (Illustrasjon: Nasjonal transportplan [1]).

1.3 Planprosess for detaljregulering med konsekvensutredning for E6 Gyllan – Kvål

Nye Veier startet en ny planprosess i 2020 med bakgrunn i et ønske om å øke den samfunnsøkonomiske lønnsomheten, redusere kostnader, minimere jordbruksbeslag og redusere belastning på ytre miljø sammenlignet med gjeldende plan.

Det er i perioden 2021 – 2022 utarbeidet konsekvensutredning for flere alternativer på strekningen. Dimensjoneringsklasse H3, og fartsgrense 110 km/t lå til grunn for utredningen. En mulighetsstudie for fartsgrense 100 km/t inngikk også i beslutningsgrunnlaget for valg av trasé. Melhus kommune vedtok 25. oktober 2022 at alternativ 1.1A og 2.1 skulle legges til grunn for utarbeidelse av reguleringsplan på strekningen, se Figur 1-3.



Figur 1-3 Oversiktskart der alternativ som er lagt til grunn for planforslaget er vist med rød linje. Andre utredede alternativ er vist med lysere farge (Illustrasjon: Nye Veier).

Planforslaget ligger hovedsakelig i samme trasé som gjeldende plan. De største endringene er følgende:

- Løsning og plassering av Fosskrysset.
- Løsningen på Røskaft der man unngår omlegging av jernbane og brusøyler i elv.
- Kryss på Losen/Ler er tatt ut.
- Løsningen ivaretar sikkerhet mot skred og flom bedre enn gjeldende plan.
- På deler av strekningen har E6 en høyere standard og høyere dimensjonerende fart.

1.4 Reguleringsplan og vurdering av flomforholdene

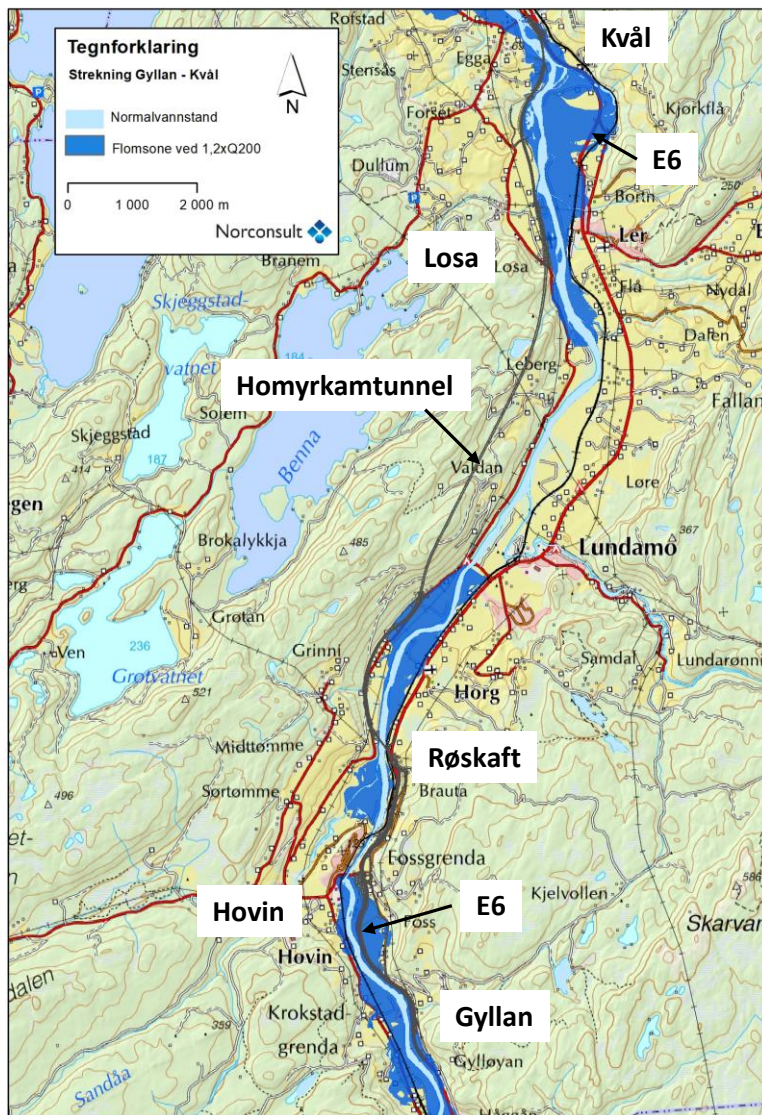
I forbindelse med utbygging av ny E6 på strekningen Gyllan – Kvål, i Melhus kommune, er det behov for vurdering av flomforholdene for det valgte traséalternativet: 1.1A (også omtalt som 1.1C) og 2.1. Denne rapporten belyser flomforholdene og konsekvensene av tiltaket i hovedvassdraget Gaula for flomvannstander og vannhastigheter. Vurderingene er utført for driftsfase, og inkluderer ikke anleggsgjennomføring. Flomforholdene i sidevassdragene er presentert i rapport «NV50E6GK-VAA-RAP-0005 Hydrologi i sidevassdrag Gyllan – Kvål» [3].

For å sikre den nye veien er det planlagt erosjonssikringstiltak i elvebreddene og/eller langs veilinen. Sikringstiltakene langs Gaula er beskrevet i kapittel 5. Sikringstiltakene i sidevassdragene er beskrevet i [3].

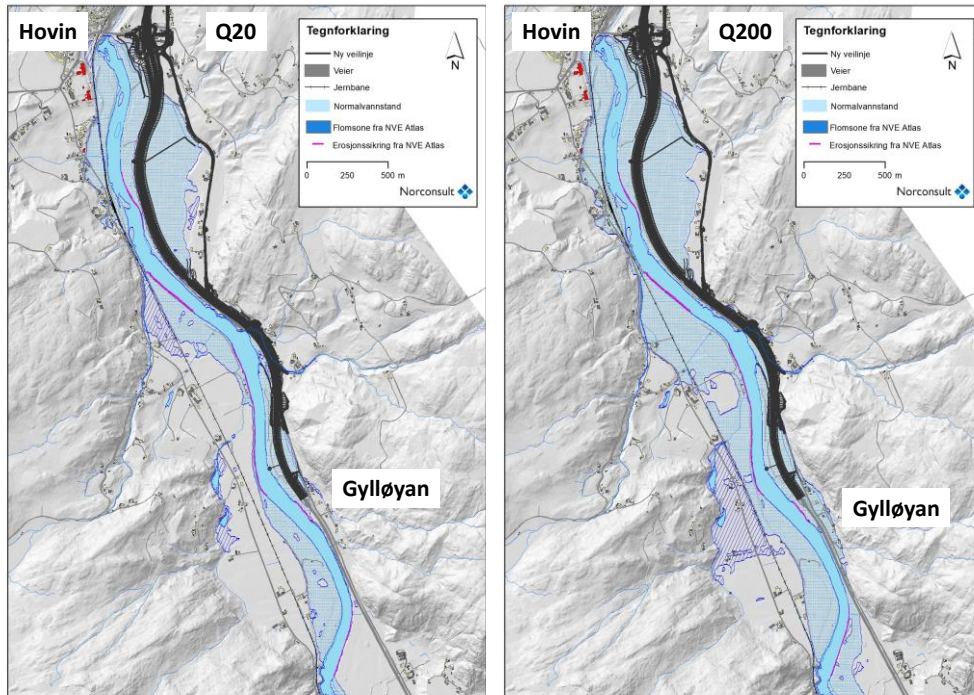
2 DAGENS FLOMFORHOLD OG GRUNNLAG FOR BEREGNINGER

2.1 Oversvømt område i dagens situasjon

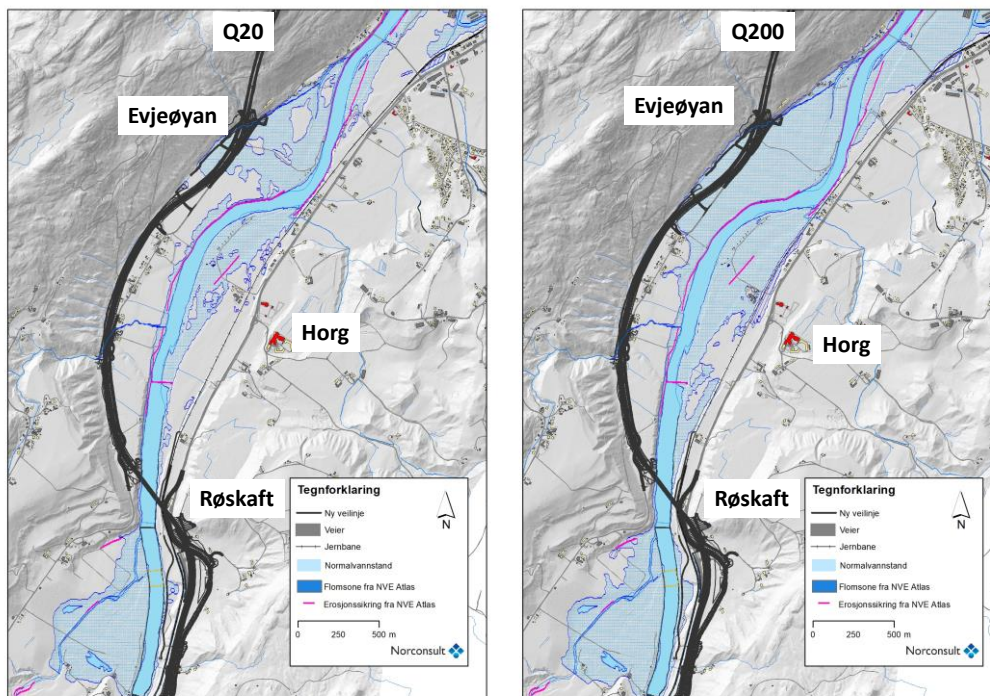
I dagens situasjon er eksisterende E6 flomutsatt på flere steder mellom Gyllan og Kvål (se Figur 2-1). Strekningene langs den nye E6-linjen som er flomutsatt er Gyllan – Hovin, Horg – Evjeøyen og Gammelelva naturreservat – Kvål. Deler av disse strekningene er også flomutsatt allerede ved en 20-års flom. Figur 2-2 til Figur 2-4 viser flomutsatte områder ved 20- og 200-års flom samt eksisterende erosjonssikringstiltakene registrert i NVEs database.



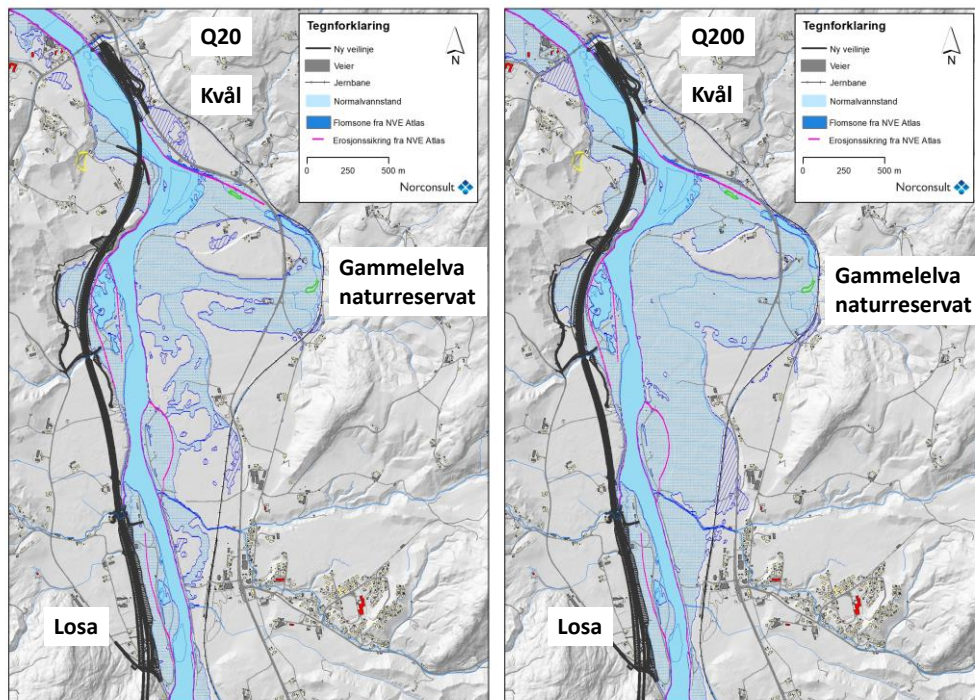
Figur 2-1 Oversikt over den planlagte linje mellom Gyllan og Kvål og flomutsatt område ved 1,2xQ200. E6 går i dag på østre siden av Gaula, og er vist i rød farge. Flomsone i Gaula der ny E6 er planlagt i tunnel er ikke beregnet (Kilde: Norconsult).



Figur 2-2: Flomutsatt område på strekning Gylløyen – Hovin ved Q20 og Q200 (Kilde: flomsone og eksisterende erosjonssikringstiltakene er hentet fra NVEs database [4]).



Figur 2-3: Flomutsatt område på strekning Røskaft – Homyrkamtunnel sør ved Q20 og Q200 (Kilde: flomsone og eksisterende erosjonssikringstiltakene er hentet fra NVEs database [4]).



Figur 2-4: Flomutsatt område på strekning Homyrkamtunnel nord/ Losa og Kvål ved Q20 og Q200 (Kilde: flomsone og eksisterende erosjonssikringstiltakene er hentet fra NVEs database [4]).

Ifølge opplysninger i flomsonekart delprosjekt Melhus [5], er det ikke uvanlig med vårisganger i Gaula, men disse har sjelden ført til skader av betydning eller forårsaket oversvømmelser. Derfor er isganger i Gaula ikke vurdert nærmere.

2.2 Eksisterende erosjonssikringstiltak

Ifølge NVE Atlas [1] er det gjennomført ulike sikringstiltak for store deler av Gaula. Mellom Gyllan og Gaulfossen er ca. 40 % av vestre elvebredd og 15 % av østre elvebredd erosjonssikret. Mellom Gaulfossen og Kvål er ca. 75 % av begge elvebreddene erosjonssikret. Figur 2-2 til Figur 2-4 viser eksisterende sikringstiltak registrert i NVE Atlas i områdene hvor ny E6 ligger innenfor flomsonen.

Ved hjelp av omfattende sikringsarbeid som har pågått fra tidlig på 1800-tallet og fram til i dag, er sideveis erosjon som følge av flommene blitt vesentlig redusert, men utfordringene med kvikkleire og bunnsenkning er fortsatt et problem. Den pågående bunnsenkningen i elva utgjør også en fare for at sikringstiltak blir undergravd og raser ut. Grusuttak har også vært en utfordrende faktor. Reduksjon av den naturlige tilførselen av grus og innsnevring av løpet har ført til at Gaula har senket seg mye de siste årene, noen steder helt ned til marin leire. I dag er flere av de gamle sikringstiltakene skadet og trenger reparasjoner, vedlikehold og miljømessig oppgradering [2].

Tilstanden til eksisterende sikringstiltak er beskrevet i NVEs rapport «Erosjonssikringstiltak i Gaula. Kartlegging av tilstand og reparasjonsbehov» [2]. Tilstanden og bilder av relevante tiltak er gjengitt i vedlegg 3. I planlegging av sikringstiltakene i denne rapporten forutsettes

det at eksisterende sikringstiltakene ikke tilfredsstillers dagens krav og bør oppgraderes, men dette bør bekreftes i en senere prosjektfase.

Sikringstiltakene beskytter bebyggelse, jordbruk og infrastruktur langs Gaula. Tiltakene har imidlertid også medført en del negative konsekvenser ved at de naturlige vassdragsprosessene og vassdragsmiljøet er påvirket. Det er derfor viktig å vurdere nye tiltak og reparasjonstiltak i dette vassdraget spesielt nøye [2].

Alle sikringstiltak i et vassdrag representerer et inngrep i naturmiljøet. Ved å plastre elvekanten med stein og dermed hindre erosjon i elvekanten vil elva grave og erodere andre steder [2]. Erosjon mot bunnen kan forekomme der begge elvesidene er sikret og der det er store krefter mot bunnen av elven. Enkelte steder vil erosjon flyttes til motsatt bredd av elven, mens andre steder kan man få uheldige strømningsforhold ned mot bunnen som videre kan resultere i store hull. Der hvor elva eroderer i bunnen kan bunnsenkning oppstå, med påfølgende undergraving av erosjonssikringstiltak. Sikring av elvekanten reduserer den naturlige tilførselen av grus til løpet, og dette medvirker også til senkningen man har observert [2].

2.3 Grunnlag for beregninger

2.3.1 Dimensjonerende flom

Statens vegvesen håndbok N200 [6] (kapittel 4–Vannhåndtering), angir krav for hydrologiske beregninger og dimensjonerende flom. Veiene bør plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot dimensjonerende flom.

Dimensjonerende flom for E6 Korporalsbrua – Kvål er 200-års-flom. I tillegg bør det brukes en sikkerhetsfaktor (F_u) og en klimafaktor (F_k), som vist i likningen nedenfor:

$$Q_{dim,T} = Q_T \times F_k \times F_u$$

Der:

$Q_{dim,T}$ = Dimensjonerende avrenning for returperiode T (m^3/s)

Q_T = Beregnet avrenning for returperiode T (m^3/s)

F_k = Sikkerhetsfaktor for fremtidig klimaendringer

F_u = Sikkerhetsfaktor for usikkerhet ved beregningsmetode

Hydrologi for Gaula er omtalt i notatet «E6 Korporalsbrua – Kvål. Avklaring som gjelder dimensjonerende flom til diskusjon med NVE» [7] (i vedlegg 1). I notatet konkluderes det at siden det finnes gode hydrologiske- og kalibreringsdata er det grunn til å bruke en sikkerhetsfaktor på 1. NVE har i 2016 utgitt publikasjon «Klimaendring og framtidige flommer i Norge» [8], og i Sør-Trøndelag tyder de nye klimaframskrivningene på en liten økning i noen nedbørfelter. Gaula-vassdraget er spesielt nevnt som et nedbørfelt dominert av snøsmelteflommer om våren i dagens klima, men som også kan ha stor flomvannføring om høsten/vinteren, og anbefales derfor en 20 % økning med hensyn til fremtidige klima. Dimensjonerende vannføring langs vassdraget er vist i Tabell 2-1.

Tabell 2-1 Dimensjonerende vannføring langs Gaula (200-års flom + 20 % klimapåslag)

Sted	Q200 + 20 % (m ³ /s)
Gaula etter samtløp med Sokna	3106
Gaula etter samtløp med Gaua	3222
Gaula ved Flå	3389

For å ta hensyn til stående bølger eller eventuelle overhøyde ved kurver anbefales det å benytte et fribord. På nåværende tidspunkt er det planlagt et fribord på 0,5 m. Statens vegvesen håndbok N400 [9] angir at fri høyde over vassdrag bestemmes slik at det er minst 0,5 m klaring mot overbygningen ved beregnet vannstand for 200-års-flom.

Hydrologi for sidevassdragene er omtalt i «NV50E6GK-VAA-RAP-0005 Hydrologi i sidevassdrag Gyllan – Kvål» [3].

2.3.2 Høydemodell

Det er laget en terrengmodell for prosjektområdet basert på høydemodeller lastet ned fra hoydedata.no [10]. Prosjektene som er benyttet og områdene som disse dekker er listet nedenfor:

- Elvebunn i Gaula og nederste delen av Sokna ved Støren samt terreng på land langs vassdragene: NVE Gaula 2016. Beskrivelse av kartleggingen er presentert i rapport «Laserskanning for elvekartlegging. Kartlegging av Gaula» [11]
- Terreng på land langs Gaula: NDH Gauldal 2015. Beskrivelsen av kartleggingen er presentert i rapport «Laserrapport NDH Sør-Trøndelag 5 pkt. 2015» [12]

Flere opplysninger om høydemodellen er presentert i [7].

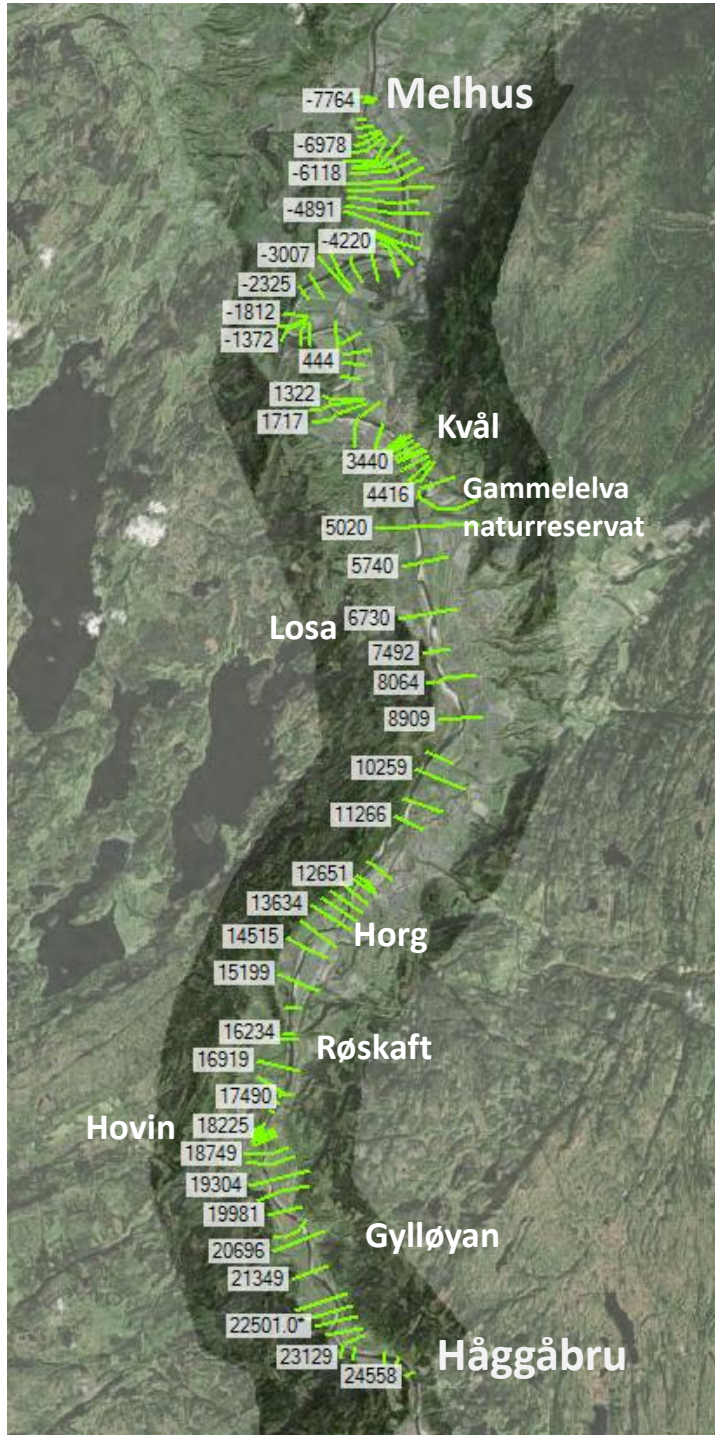
I forbindelse med bygging av E6 nord for Kvål er det nylig bygd nye erosjonssikringstiltak langs Gaula på Kvål og ved Søberg. Sikringstiltaket nord for Kvålsbruen er inkludert i høydemodellen benyttet i vurdering av flomforholdene.

2.3.3 Hydrauliske vurderinger

Det er utført en vannlinjeberegning i Gaula mellom Håggåbru og Melhus ved bruk av programmet Hec-Ras [13] [14]. Det er utført 1D-beregninger langs hele strekningen ved bruk av Hec-Ras versjon 5.0.7. Det er også utført 2D-simuleringer ved bruk av Hec-Ras versjon 6.0 og 6.2 for å kunne vurdere lokale endringer i vannstand og vannhastighet, unntatt strekningen mellom Gaulfossen og Røskaft. På denne strekningen ligger ny E6 utenfor det flomutsatte området og det forventes ikke endringer i strømningsforholdene.

Strekningen som er modellert i 1D er vist i figur 2-5. Flere opplysninger om denne modellen, blant annet ruhet, kalibrering og modellering av bruene, er presentert i [7]. Resultater fra 1D-modellen er benyttet for å kontrollere høyden av veilinjens langs hele strekningen med hensyn til flomvannstander. I tillegg er vannstandene beregnet med den 1D-modellen benyttet for å

sette grensebetingelser i 2D-modellene. I vedlegg 1 er det presentert en tabell med resultatene fra 1D-beregninger ved 200-års flom inkludert 20% klimapåslag.



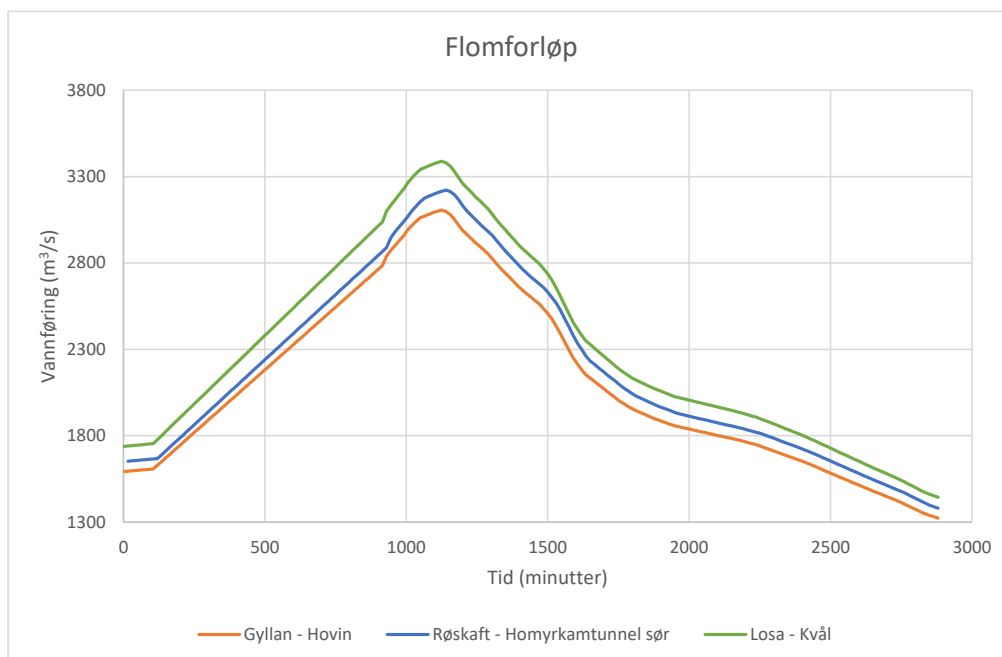
Figur 2-5: Strekning som er modellert med Hec-Ras 1D (Kilde: Norconsult, fra [7]).

2-D simuleringene er kjørt med grunnvannsligninger (Shallow water equation, SWE) som løses med Eulerian Langrarian metoden (ELM), og med variabelt tidskritt slik at Courant-nummer holder seg mellom 0,4 og 1 (bedre stabilitet) [14]. Detaljer for hver hydraulisk modell presenteres i det respektive kapitlet for hvert veialternativ.

I 2D-modellene er det benyttet noe forenklete geometriene. Veilinjen er lagt inn som en solid veifylling med åpninger for å representere brukryssinger over hovedvassdraget (Gaula) og viktige forbindelser med sidevassdragene og flomslettene.

Det er benyttet et flomforløp for å kontrollere den flomdempende effekten av flomslettene. Det er benyttet et flomforløp fra en registrert flomhendelse ved målestasjonen Haga bru i 1944, med en maksimal vannføring på ca. 1950 m³/s. Dette forløpet er oppskalert slik at flomtoppen tilsvarer flomtoppen i hver strekning. Flomforløpene for de forskjellige strekningene er vist i Figur 2-6.

Flomforløpene er også nyttig til å vurdere flomforholdene for andre gjentaksintervall. Det er derfor hentet resultater på forskjellige tidspunkter i simuleringene, slik at man kan vurdere flomforholdene ved 20- og 50- årsflommer i tillegg til flomtoppen.



Figur 2-6: Flomforløp for de modellerte strekningene (Kilde: Norconsult)

Friksjonsforhold er det samme i alle modellene og er bestemt basert på erfaringstall fra litteratur [15] og flyfotoer [16]. Tabell 2-2 viser de relevante arealtypene og friksjonsfaktorer brukt i 2D-modellen.

Tabell 2-2: Arealtype og friksjonsforhold i 2D-modeller.

Arealtype	Gauckler-Manning koeffisient (s/m ^{1/3})
Fulldyrka jord	0,034
Overflate dyrka jord	0,034
Innmarksbeite	0,040
Skog	0,10
Åpen fastmark	0,045
Myr	0,050
Ferskvann, elv	0,030 – 0,045
Samferdsel	0,015
Bebyggd	0,10

2.4 Resultater

Det er modellert relevante områder ved dagens situasjon og med den planlagte veilinjen. Resultater vises som kart med oversvømt område ved 200-års flom og klimapåslag, vannstandsendringer og hastighetsendringer.

Bygg og infrastruktur som får endret flomforholdene er listet opp, og byggene er inndelt i boligbygg, andre bygg og SOSI-byggtype «0» (som inkluderer mindre viktige bygg). Bygg og infrastruktur som vil få endrede flomforhold er listet opp. Byggene er hentet fra FKB-databasen og det er ikke tatt hensyn om byggene blir innløst.

3 STREKNING GYLLAN – HOMYRKAMTUNNEL SØR (1.1C)

Denne strekning går mellom profil 0 og profil 8050. Den planlagte veien ligger i flomsone mellom Gyllan og Hovin og på en strekning ved søndre påhugget til Homyrkamtunnelen. Ved Vollagrenda vil den planlagte veien innsnevre dagens flomsone i stor grad.

3.1 Hydraulisk modell

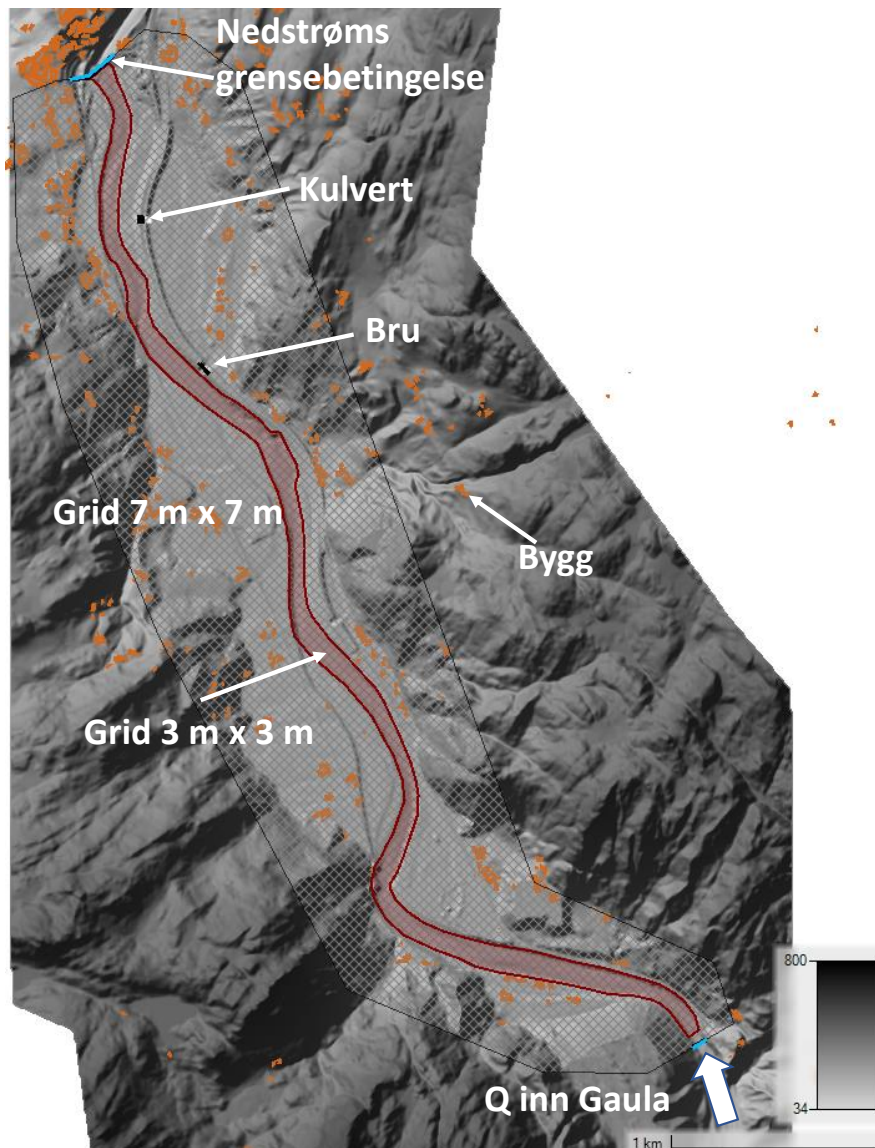
Det er utarbeidet en to-dimensjonal hydraulisk modell i Hec-Ras. Figur 3-1 viser en skisse av modellen mellom Gyllan og Hovin, mens Figur 3-2 viser en skisse av modellen mellom Røskaft og Homyrkamtunnel sør.

På strekning mellom Gyllan og Hovin (Figur 3-1) er modellen noe forenklet, men det er lagt inn en bru som leder vann inn til flomsletten ved Vollagrenda og en kulvert som leder vann ut igjen mot Gaula. Det er i tillegg modellert Øyabekken-kulvert. Flere opplysninger om denne kulverten er presentert i [3]. Modellen representerer den planlagte linjen i januar 2023, der en del av støyvollen mot Gaula er fjernet og det er lagt inn en overgang mellom den planlagte og eksisterende E6.

Det er benyttet et 7 m x 7 m grid utenfor elveløpet og 3 m x 3 m i elveløpet.

Som oppstrøms grensebetingelse er det lagt inn vannføring i Gaula som vist i Figur 2-6. Flomtoppen tilsvarer 3106 m³/s, som er den vurderte 200-års flommen inkludert 20 % klimapåslag (1,2 x Q200) på denne strekningen.

Vannstanden ved den nederste enden av modellen er hentet fra resultater fra en 1D-modell for hele strekningen (tverrprofil 18137 i 1D-modellen), og grensebetingelsen er satt som en vannføringskurve.



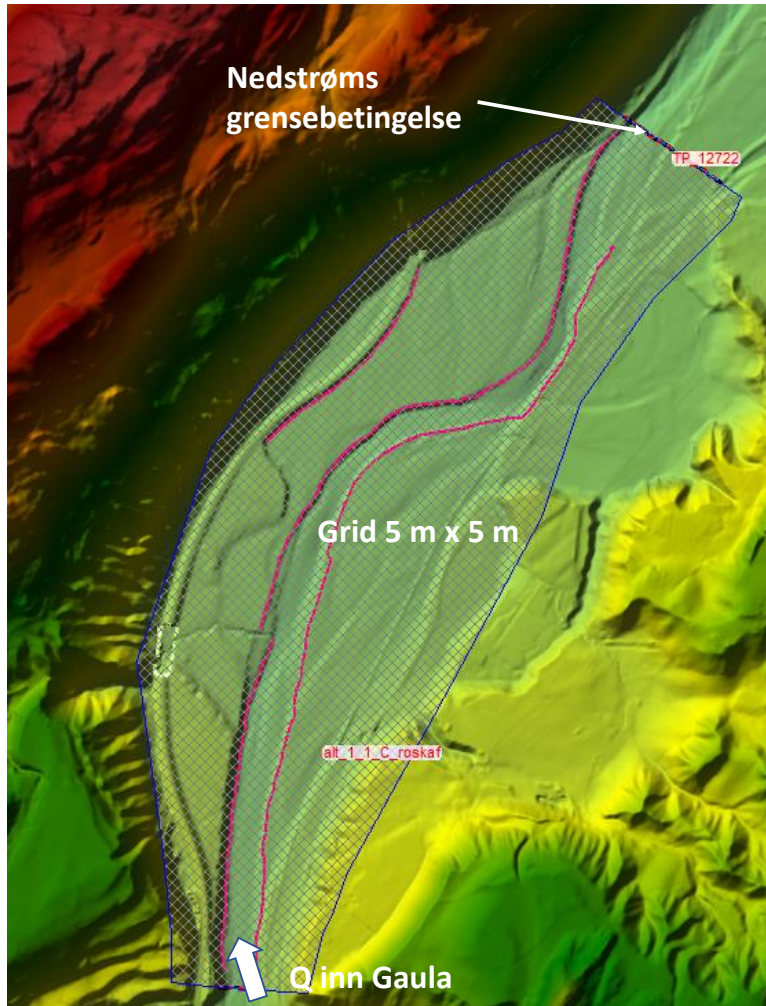
Figur 3-1: Alternativ 1.1. 2D-hydraulisk modell i Hec-Ras strekning mellom Gyllan og Hovin (Fossgrenda) (Kilde: Norconsult).

På strekning mellom Røskaft og Homyrkamtunnel sør (Figur 3-2) er modellen noe forenklet, men det er lagt inn en landbrukskulvert (4 x 5 m) og bekkekulvert som leder vann til vestre siden av veilinjen. Den planlagte Røskaft bruene vil ligge utenfor det flomutsatte området.

Det er benyttet et 5 m x 5 m grid på hele området.

Som oppstrøms grensebetingelse er det lagt inn vannføring i Gaula som vist i Figur 2-6. Flomtappen tilsvarer 3222 m³/s, som er den vurderte 200-års flommen inkludert 20 % klimapåslag (1,2 x Q₂₀₀) på denne strekningen.

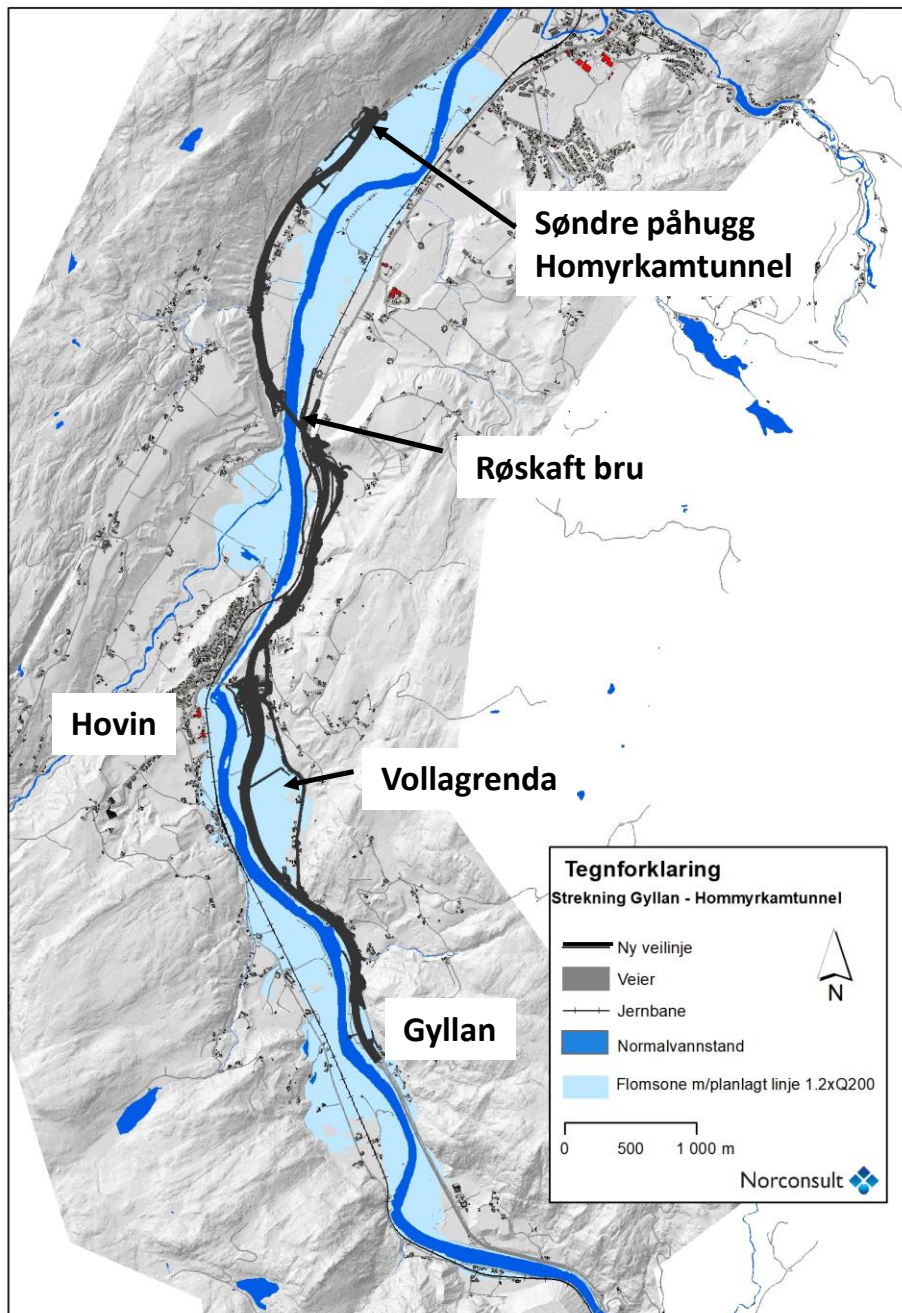
Vannstanden ved den nederste enden av modellen er hentet fra resultater fra en 1D-modell for hele strekningen (tverrprofil 12722 i 1D-modellen), og grensebetingelsen er satt som en vannføringskurve.



Figur 3-2: Alternativ 1.1. 2D-hydraulisk modell i Hec-Ras strekning mellom Røskaft og Homyrkamtunnel sør (Kilde: Norconsult).

3.2 Resultater

Figur 3-3 viser veilinje sammen med flomutsatt område ved 200-års flom pluss 20 % klimapåslag.



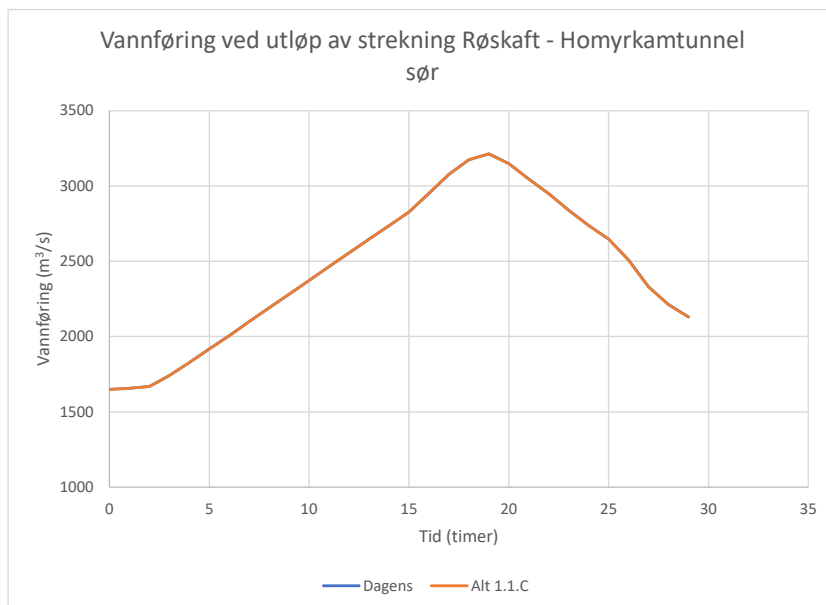
Figur 3-3: Oversikt strekning Gyllan - Homyrkamtunnel og flomutsatt område ved Q200 + 20 % klimapåslag (Kilde: Norconsult).

Endringer i strømningsforhold sammenlignet med dagens situasjon vises som kart med vannstand- og hastighetsendringer (differansekart) ved 200-års flom i Figur 3-8 til Figur 3-14. Det er i tillegg hentet resultater før flomtoppen ved vannføringer som tilsvarer ca. 20- og 50-års flommer. Disse resultater er presentert i kapitlene 3.2.1 og 3.2.2 (tabeller med vannstand og hastigheter i dagens situasjon og med tiltak for utvalgte punkter).

Det er benyttet et flomforløp for å kontrollere den flomdempende effekten av flomsletta ved Vollagrenda. En sammenligning av flomforløp ved nedstrøms ende av modellstrekningene i dagens situasjon og med den nye veilinjen er vist i Figur 3-4 og Figur 3-5. Disse figurene viser at den planlagte veien vil føre til ubetydelige endringer i flomvannføring nedstrøms veien.



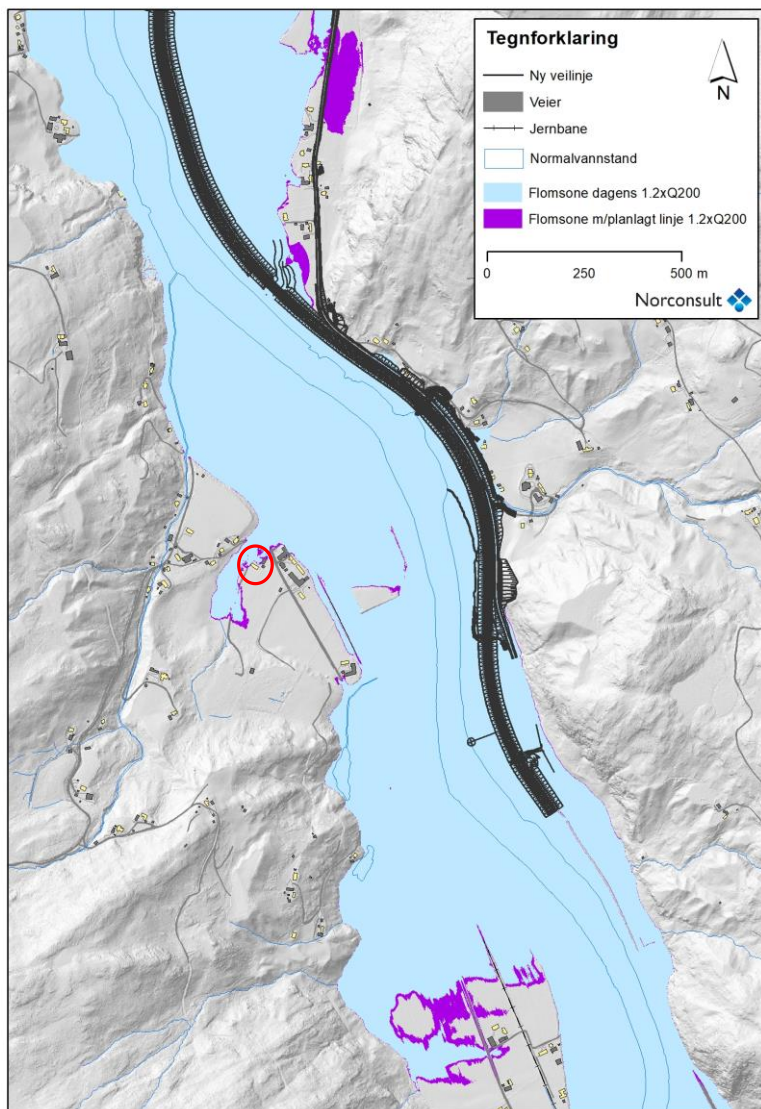
Figur 3-4: Vannføring ved utløp av strekning Gyllan – Hovin, dagens situasjon og med veilinje alternativ 1.1C.



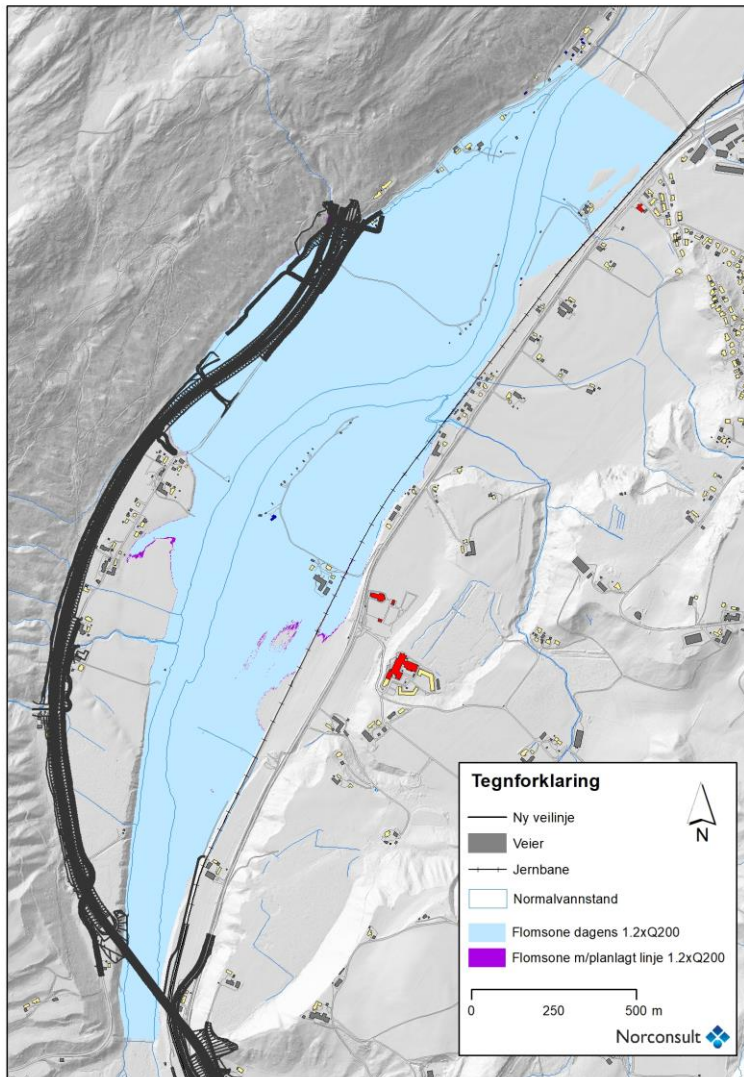
Figur 3-5: Vannføring ved utløp av strekning Røskaft – Homyrkamtunnel sør, dagens situasjon og med veilinje alternativ 1.1C.

3.2.1 Vannstandstigning

Som vist i Figur 3-6 og Figur 3-7 er økningen i utbredelsen av flomsone som følge av tiltaket beskjedent. På strekningen Gyllan – Hovin blir ett nytt bolighus flomutsatt ved en 200-års flom etter tiltaket (boligen er merket med rød sirkel i Figur 3-6). På strekningen Røskaft – Homyrkamtunnel sør vil ingen nye bygg bli flomutsatt.



Figur 3-6 Gyllan – Hovin. Økning i flomutsatt område som følge av tiltaket (kilde: Norconsult).



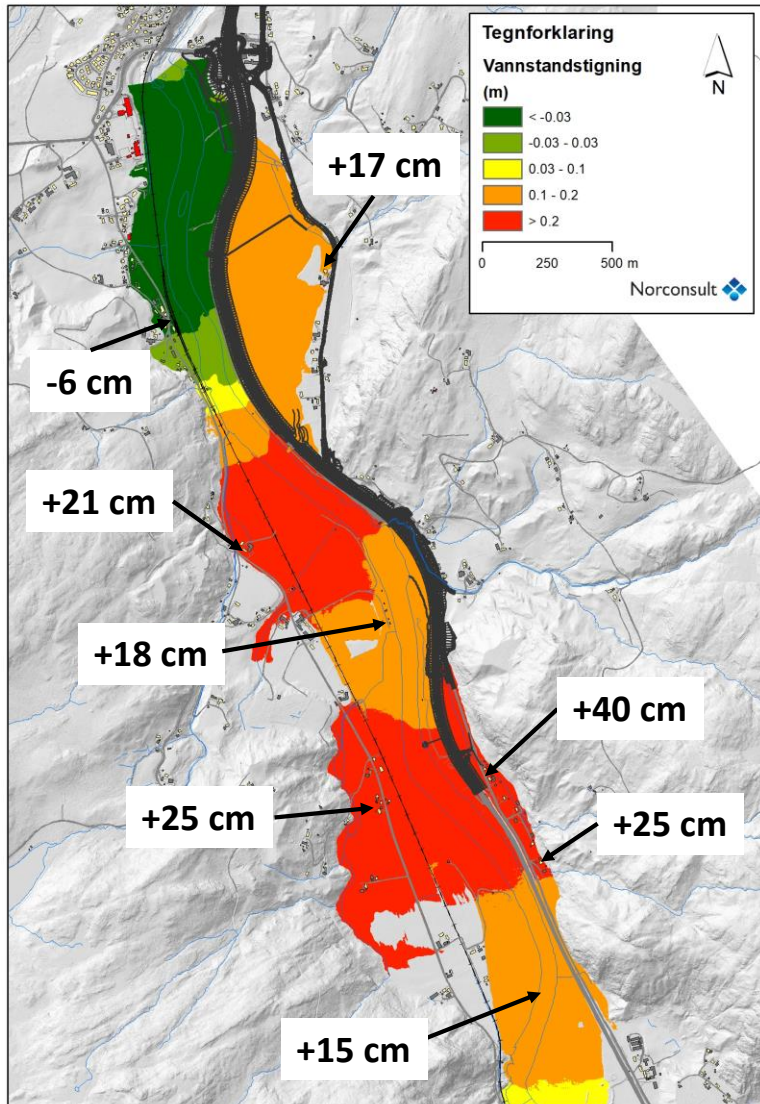
Figur 3-7 Røskaft – Homyrkamtunnel sør. Økning i flomutsatt område som følge av tiltaket (kilde: Norconsult).

Mellom Hovin og Røskaft ligger veien utenfor 200-års flomsone, og linjen vil derfor ikke påvirke strømningsforholdene.

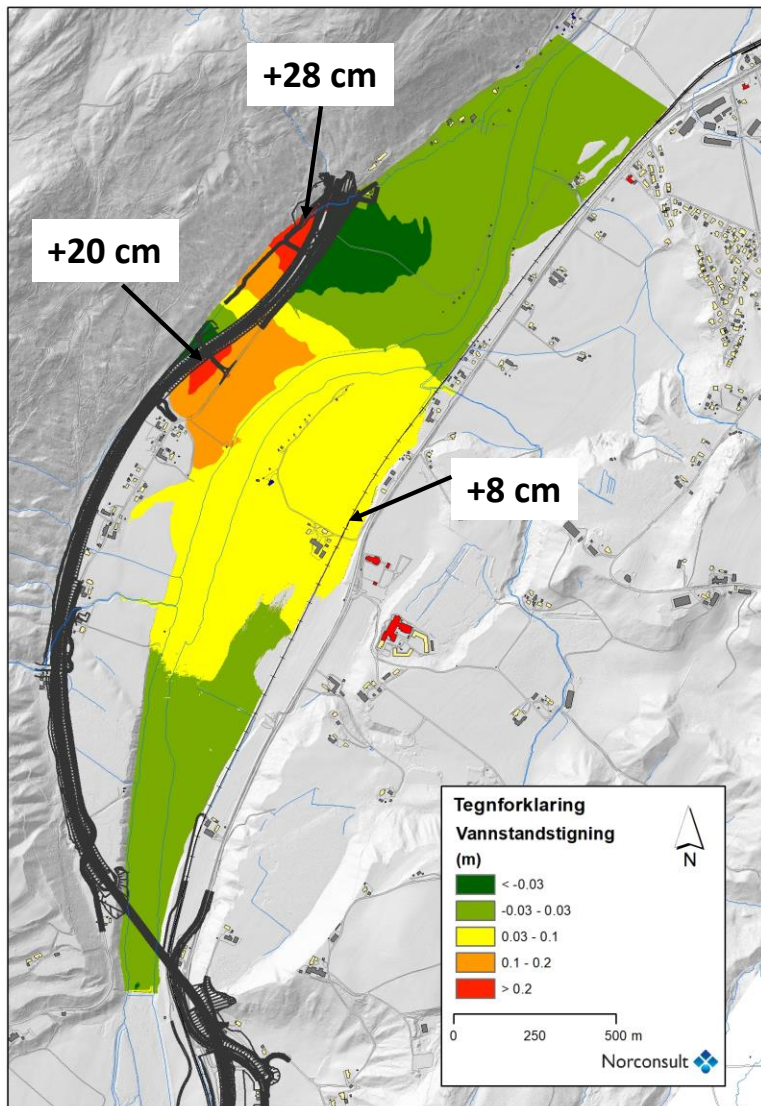
Figur 3-8 og Figur 3-9 viser vannstandstigning etter tiltak for 1,2 x Q200 i Gaula på henholdsvis strekning Gyllan – Hovin og Røskaft - Homyrkamtunnel sør.

Mellom Gyllan og Hovin er vannstandstigningen på enkelte steder vest for Gaula beregnet opptil 25 cm. Øst for den sørligste delen av den planlagte veilinj er vannstandstigningen beregnet til ca. 40 cm fordi vann som oversvømmer flomsletta sør for den nye veien vil demmes opp bak veifyllingen. I detaljprosjektering kan det vurderes en ekstra stor kulvert ved Øyabekken for å hjelpe å drenere dette området og reduserer denne simulerte vannstandsøkningen. Om E6 heves lengre sør enn foreløpig vist i figur 3-8 vil ikke denne vannstandstigningen oppstå.

Vannstandøkningen ved infrastruktur på strekningen Røskaft – Homyrkamtunnel sør er opptil 20 cm for en lokalvei (Grinnisvegen) og ca. 8 cm på bygg og infrastruktur ved Horg (bygg, lokalveier og jernbane). I detaljprosjektering bør det vurderes en ekstra stor kulvert ved bekkekryssingen rett sør for påhugget til Homyrkamtunnelen slik at vann ikke samler seg på vestsiden av veilinjen ved å øke vanngjennomstrømningen her ved flom i Gaula.



Figur 3-8: Alternativ 1.1.C Gyllan – Hovin. Vannstandstigning etter tiltak, flomsituasjon er kulminasjon av flomforløp 1,2 x Q200 i Gaula (Kilde: Norconsult).



Figur 3-9: Alternativ 1.1.C Røskraft – Homyrkamtunnel sør. Vannstandstigning etter tiltak, flomsituasjon er kulminasjon av flomforløp 1,2 x Q200 i Gaula (Kilde: Norconsult).

En beskrivelse av berørt infrastruktur er listet opp i Tabell 3-1 og Tabell 3-2. Byggene er inndelt i boligbygg, andre bygg og SOSI-byggtype «0» (som inkluderer mindre viktige bygg). På strekningen Gyllan – Hovin blir ett nytt bolighus flomutsatt ved en 200-års flom etter tiltaket med vanndybde på ca. 10-15 cm (bygget er ikke inkludert i Tabell 3-1)

Tabell 3-1: Antall berørte bygg og infrastruktur med endring i vanddybder ved 1,2xQ200 mellom Gyllan og Hovin.

Type bygg	Vannstandsøkning (cm)		
	> 20	10 - 20	3 - 10
Boligbygg	18	3	3
Andre bygg	30	5	9
Byggtype «0» (mindre viktige bygg)	16	13	5
Infrastruktur	Lokalvei, dagens E6, jernbane	Lokalvei, dagens E6, jernbane	Lokalvei, dagens E6, jernbane
Jernbane og jernbanefylling (m)	1320	660	140

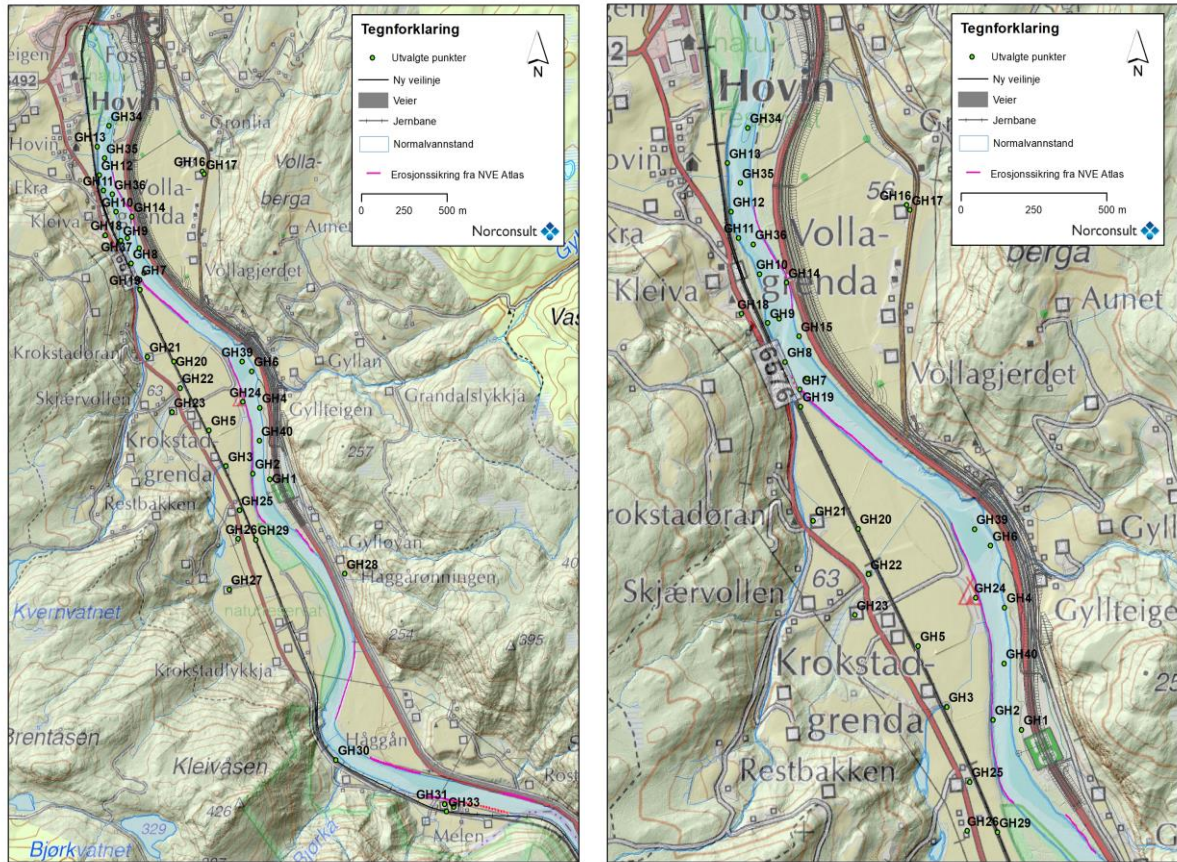
Tabell 3-2: Antall berørte bygg og infrastruktur med endring i vanddybder ved 1,2xQ200 mellom Røskaft og Homyrkaamtunnel sør.

Type bygg	Vannstandsøkning (cm)		
	> 20	10 - 20	3 - 10
Boligbygg	0	0	3
Andre bygg	0	0	6
Byggtype «0» (mindre viktige bygg)	0	1	14
Infrastruktur	Lokalvei	Lokalvei	Jernbane, lokalvei
Jernbane og jernbanefylling (m)			890

Utvalgte punkter er presentert i Figur 3-10 (Gyllan – Hovin) og Figur 3-11 (Røskaft – Homyrkaamtunnel sør), mens vannstander før og etter tiltak er vist i Tabell 3-3 og Tabell 3-4. For å vurdere flomforholdene i mer detalj er det i tillegg hentet resultater før flomtoppen ved vannføringer som tilsvarer ca. 20- og 50-års flommer.

På strekningen Gyllan – Hovin er flere av de byggene som får en vannstandstigning på over 20 cm allerede oversvømt med mer enn 1 m vanddybder ved 200-års flom, med unntatt av to boliger ved Vollagrenda (GH16 til GH32 i Tabell 3-3). Jernbanen er på enkelte strekninger (Krokstadgrenda og Hovin stasjon) oversvømt med over 2 meter vanddybder. Det vurderes at en økning av vanddybder i disse situasjonene er ikke kritisk.

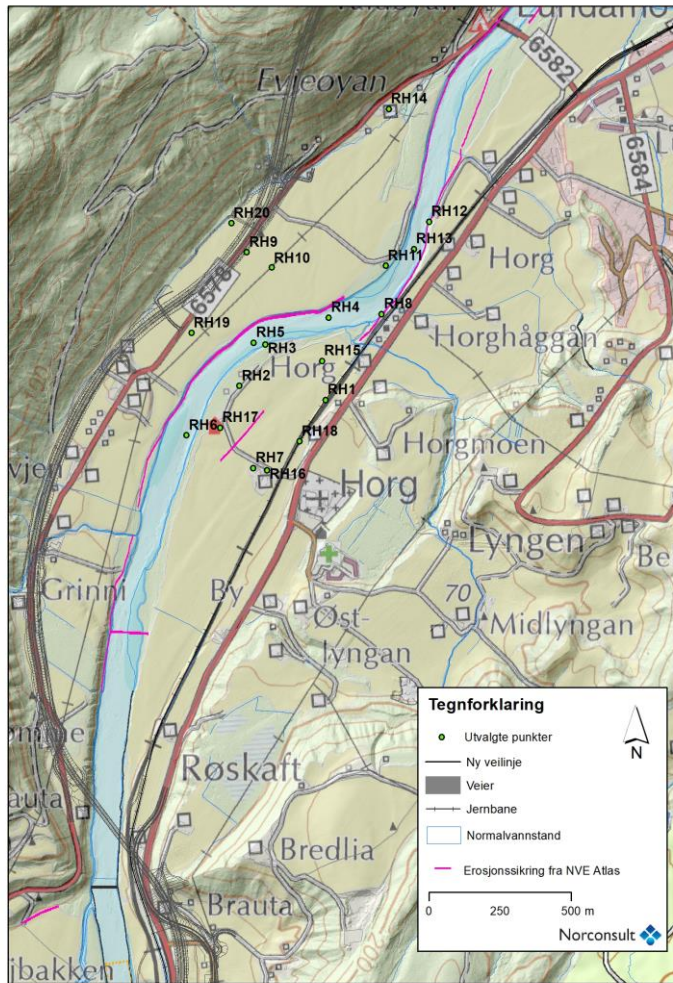
På strekning Røskaft – Homyrkaamtunnel sør vil bygg og infrastruktur få opptil ca. 10 cm vannstandstigning etter tiltaket, unntatt en lokalvei på Evjeøyen som får en vannstandstigning på ca. 20 cm. Ved en 200-års flom i dagens situasjon har boligbygg og jernbane en oversvømmelse på mellom 0,5 m og 0,6 m.



Figur 3-10 Utlagte punkter på strekning Gyllan – Hovin med detaljerte resultater (Kilde: Norconsult)

Tabell 3-3 Strekning Gyllan – Hovin. Vannstandsendringer i utlagte punkter ved forskjellige vannføringer

Navn	Beskrivelse	Dybder med utbygging (m)			Dybder dagens (m)			DH (m)		
		Q20	Ca. Q50	Q200	Q20	Ca. Q50	Q200	Q20	Ca. Q50	Q200
GH1	Topp elveskråning	2.6	3.5	5.0	2.5	3.3	4.8	0.1	0.1	0.2
GH2	Elveskråning v/normalvannstand og med erosjonssikring	7.1	8.0	9.6	7.0	7.9	9.4	0.1	0.1	0.2
GH3	Ved jernbanefylling på Krokstadgrenda		0.6	2.3		0.5	2.1		0.1	0.2
GH4	Elveskråning v/normalvannstand	5.8	6.7	8.5	5.7	6.6	8.3	0.1	0.1	0.2
GH5	Ved jernbanefylling på Krokstadgrenda		1.3	2.8		1.2	2.7		0.1	0.1
GH6	Elveskråning	8.3	9.3	11.0	8.2	9.1	10.8	0.1	0.1	0.2
GH7	Elveskråning v/normalvannstand nær jernbanelinjen	8.2	9.3	11.3	8.0	9.2	11.1	0.2	0.1	0.2
GH8	Elveskråning v/normalvannstand nær jernbanelinjen	8.7	9.8	11.7	8.5	9.7	11.6	0.2	0.1	0.1
GH9	Elveskråning v/normalvannstand nær jernbanelinjen	7.0	8.2	10.1	6.8	8.2	10.1	0.2	0.0	0.0
GH10	Elveskråning v/normalvannstand v/ Hovinstasjon	7.4	8.6	10.6	7.3	8.7	10.7	0.2	0.0	0.0
GH11	Elveskråning v/normalvannstand nær jernbanelinjen	7.6	8.8	10.8	7.5	8.9	10.9	0.1	-0.1	-0.1
GH12	Elveskråning v/normalvannstand nær jernbanelinjen	8.4	9.7	11.7	8.2	9.7	11.7	0.2	0.0	0.0
GH13	Elveskråning v/normalvannstand nær jernbanelinjen	7.9	9.1	11.1	7.7	9.2	11.2	0.2	0.0	0.0
GH14	Elveskråning v/yttersving og med erosjonssikring	9.2	10.4	12.4	9.1	10.4	12.4	0.1	0.0	0.0
GH15	Elveskråning v/normalvannstand	7.2	8.4	10.3	7.0	8.3	10.3	0.2	0.1	0.0
GH16	Bolighus på Vollagrenda			0.3			0.2		0.0	0.2
GH17	Bolighus på Vollagrenda			0.2			0.2		0.0	0.2
GH18	Bolighus sørvest for Hovin stasjon	0.2	1.4	3.4	0.2	1.4	3.4	0.0	0.0	0.0
GH19	Jernbane sør for utløp Kvernbecken	0.8	2.0	3.9	0.6	1.8	3.7	0.2	0.2	0.2
GH20	Jernbane ved Krokstadgrenda		0.9	2.8		0.7	2.6		0.2	0.2
GH21	Bolighus på Krokstadgrenda		0.1	2.0			1.7		0.1	0.2
GH22	Bolighus på Krokstadgrenda			1.4			1.2		0.0	0.2
GH23	Bolighus på Krokstadgrenda								0.0	0.0
GH24	Bygg nær elven på Krokstadgrenda	1.3	2.2	4.0	1.2	2.1	3.8	0.1	0.1	0.2
GH25	Bolighus ved Haugen			1.5			1.3		0.0	0.2
GH26	Bolighus ved Systuløkkja			2.5			2.2		0.0	0.3
GH27	Bolighus på flomsletten Skjervollsløkkja			1.3			1.1		0.0	0.3
GH28	Bolighus ved Rønningen		0.4	1.9		0.2	1.7		0.2	0.2
GH29	Jernbane ved Ytter Skjervollsløkkja			1.0			0.7		0.0	0.2
GH30	Jernbane ved Bjørkbecken			0.8			0.7		0.0	0.1
GH31	Bolighus på Melen			0.8			0.8		0.0	0.0
GH32	Bolighus på Melen		0.1	0.9		0.0	0.8		0.0	0.0
GH33	Jernbane ved Melen			0.4			0.4		0.0	0.0
GH34	Elveløp	7.6	8.9	10.9	7.4	8.9	11.0	0.2	-0.1	-0.1
GH35	Elveløp	9.3	10.5	12.6	9.1	10.7	12.7	0.2	-0.1	-0.1
GH36	Elveløp	8.9	10.1	12.1	8.7	10.2	12.2	0.2	-0.1	-0.1
GH37	Elveløp	8.6	9.8	11.7	8.4	9.7	11.7	0.2	0.0	0.0
GH38	Elveløp	8.5	9.7	11.6	8.3	9.6	11.5	0.2	0.1	0.1
GH39	Elveløp	6.7	7.7	9.5	6.7	7.6	9.3	0.1	0.1	0.2
GH40	Elveløp	8.6	9.6	11.3	8.6	9.5	11.2	0.1	0.1	0.2



Figur 3-11 Utvalgte punkter på strekning Røskaft – Homyrkamtunnel med detaljerte resultater (Kilde: Norconsult)

Tabell 3-4 Strekning Røskaft – Homyrkamtunnel sør. Vannstandsendringer i utvalgte punkter ved forskjellige vannføringer

Navn	Beskrivelse	Dybder med utbygging (m)			Dybder dagens (m)			DH (m)		
		Ca. Q20	Ca. Q50	Q200	Ca. Q20	Ca. Q50	Q200	Ca. Q20	Ca. Q50	Q200
RH1	Jernbane v/ Horg			0.5			0.5	0.0	0.0	0.0
RH2	Bygg nær elven	1.9	2.4	3.1	1.9	2.3	3.0	0.0	0.1	0.1
RH3	Elveskråning v/ normalvannstand (Horg)	5.4	5.9	6.6	5.4	5.9	6.5	0.0	0.1	0.1
RH4	Elveløp (Horg)	8.1	8.6	9.4	8.0	8.5	9.3	0.0	0.1	0.1
RH5	Elveløp (Horg)	6.5	6.9	7.6	6.4	6.9	7.5	0.0	0.1	0.1
RH6	Elveløp (Horg)	7.9	8.3	8.9	7.9	8.3	8.8	0.0	0.0	0.1
RH7	Bolighus på flomsletten ved Horg		0.1	0.7		0.1	0.6	0.0	0.1	0.1
RH8	Elveskråning v/ normalvannstand med erosjonssikring (Horg)	6.2	6.8	7.6	6.2	6.7	7.5	0.1	0.1	0.1
RH9	Ved ny E6 på flomsletten ved Evjeøyen	0.9	1.4	2.1	0.6	1.3	2.2	0.2	0.0	-0.1
RH10	Flomsletten ved Evjeøyen	0.7	1.2	2.0	0.5	1.2	2.0	0.2	0.1	0.0
RH11	Bygg nær elven	2.0	2.6	3.5	2.0	2.7	3.5	0.0	0.0	0.0
RH12	Elveskråning v/ normalvannstand med erosjonssikring (Horghåggån)	5.3	6.1	7.1	5.1	5.9	6.9	0.2	0.1	0.1
RH13	Elveløp (Horghåggån)	7.7	8.4	9.3	7.7	8.4	9.3	0.0	0.0	0.0
RH14	Bolighus ved Evjeøyen		0.6	1.6		0.6	1.6	0.0	0.0	0.0
RH15	Flomsletten ved Horg	2.4	2.9	3.6	2.4	2.9	3.6	0.0	0.0	0.0
RH16	Bolighus på flomsletten ved Horg			0.6			0.5	0.0	0.0	0.1
RH17	Bygg nær elven ved Horg	0.8	1.3	1.9	0.8	1.2	1.8	0.0	0.1	0.1
RH18	Jernbane v/ Horg			0.2			0.2	0.0	0.0	0.1
RH19	Flomsletten ved Evjeøyen	0.1	0.6	1.3	0.0	0.4	1.1	0.1	0.2	0.2
RH20	Flomsletten ved Evjeøyen vest for ny E6	1.0	1.8	2.6	0.8	1.5	2.3	0.2	0.3	0.2

3.2.2 Hastighetsøkning

Figur 3-12 til Figur 3-17 viser hastighetsøkning etter tiltak for 1,2 x Q200 i Gaula på strekning Gyllan – Hovin og Røskaft - Homyrkamtunnel sør. Det er laget differansekart ved ca. flomtoppen og ved maksimale hastigheter under flomsimuleringen. Økning i maksimale hastigheter er mindre enn økningen av hastighetene ved flomtoppen, særlig i elveløpet på strekningen Gyllan – Hovin.

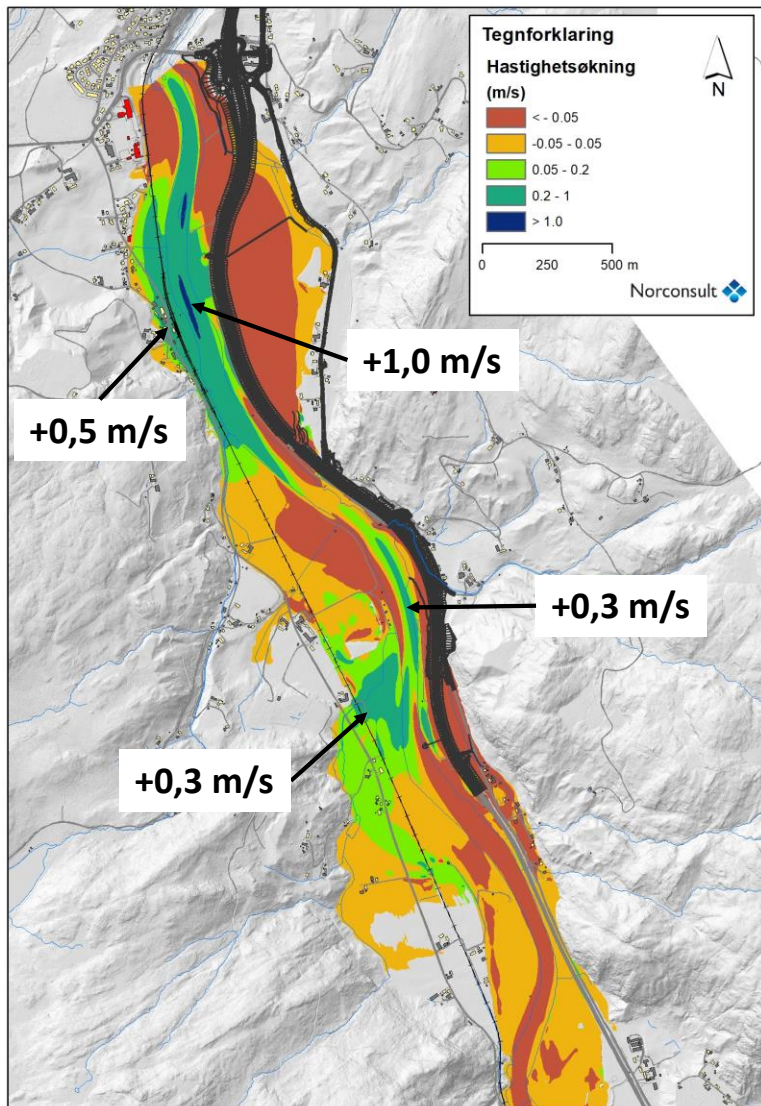
For å vurdere flomforholdene i mer detalj er det i tillegg hentet resultater før flomtoppen ved vannføringer som tilsvarer ca. 20- og 50-års flommer. Utvalgte punkter er presentert i Figur 3-10 (Gyllan – Hovin) og Figur 3-11 (Røskaft – Homyrkamtunnel sør), mens hastigheter før og etter tiltak er vist i Tabell 3-5 og Tabell 3-6.

Som følge av innsnevring/ reduksjon av strømningsareal på flomsletten (Vollagrenda) vil vannet i elveløpet ha større hastigheter enn i dagens situasjon, men ikke så høyt som ved ca. 20-års flom (se punkter GH34 til GH40 i Tabell 3-5). Dette forklares med at hastighetene i elveløpet er høyest når flomvannføringen er konsentrert i elveløpet og med laveste vannstand ved Gaulfossen. Når vann begynner å flomme over flomsletten ved økende vannføringer vil elveløpet ha ca. samme vannmengden, men vannstand ved Gaulfossen vil være høyere da totalvannmengde er høyere.

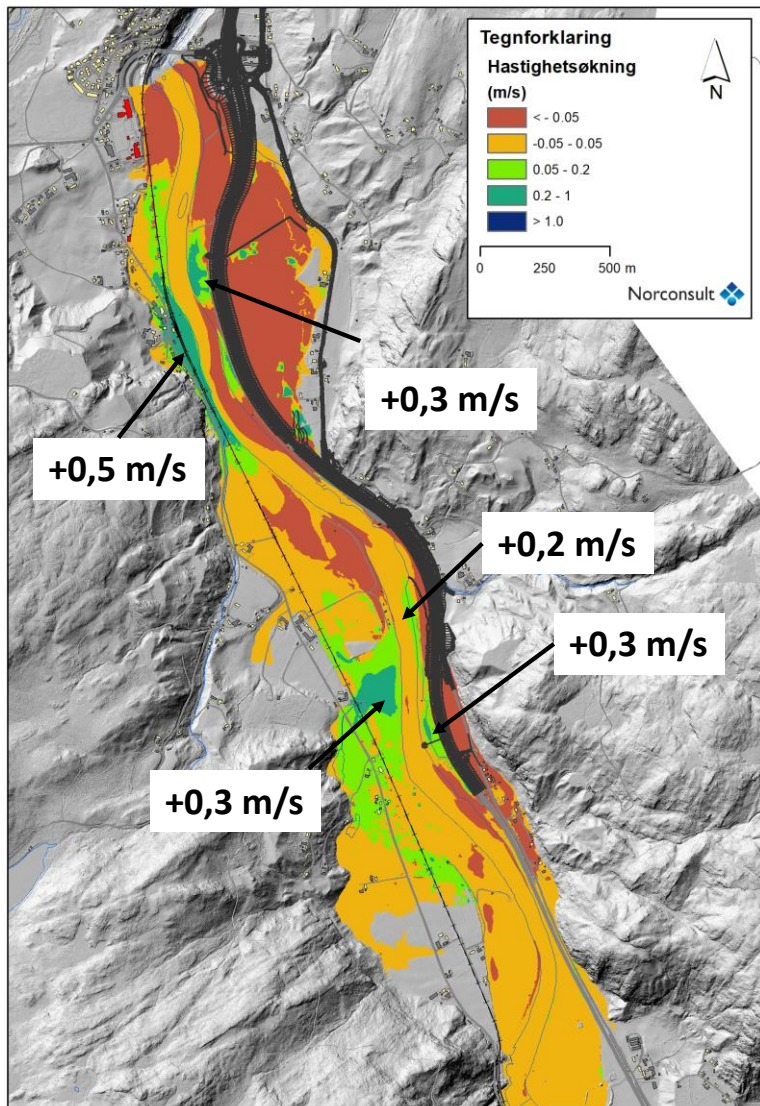
På noen av de utvalgte punktene i elveskråningen mellom Gyllan og Hovin er de økte hastigheter ved Q200 på nivå med eller litt over hastigheter ved ca. en 20-års flomvannføring (punkter G7 til G14 i Tabell 3-5).

Bolighusene på de utvalgte punktene på denne strekningen får en begrenset økning av hastigheter på ca. 0,1 m/s.

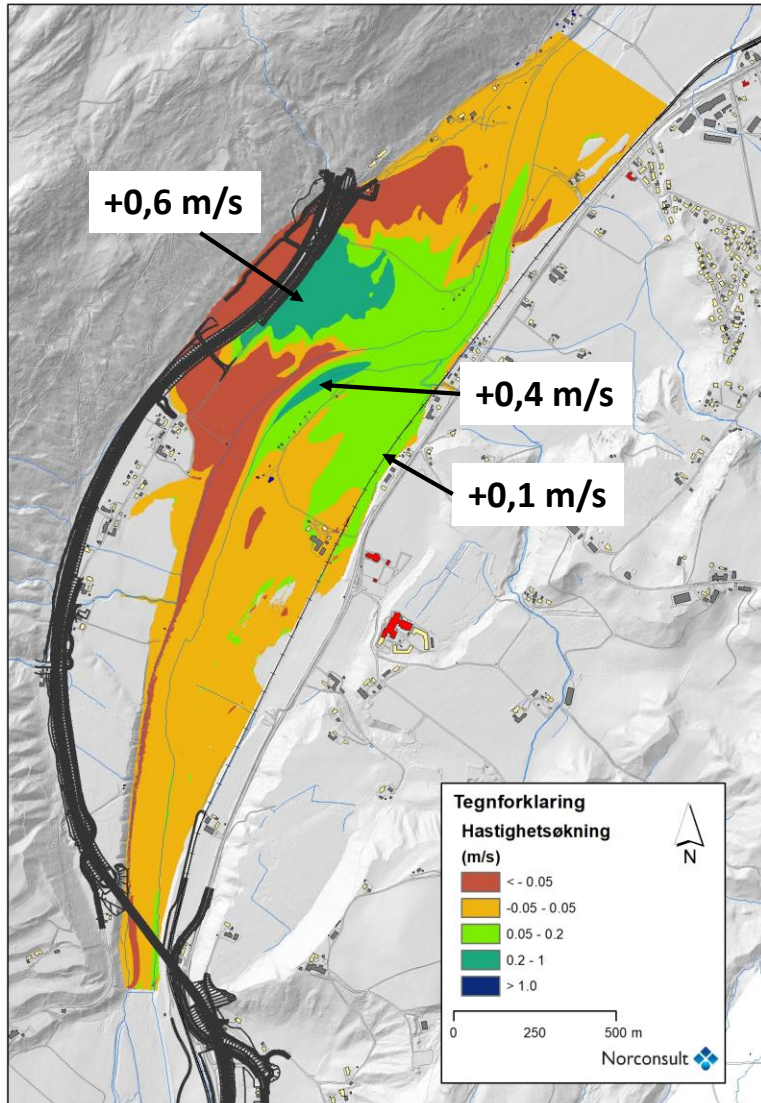
På strekning Røskaft – Homyrkamtunnel sør er økte hastigheter ved toppen av flomforløpet (200-års flom) fortsatt lavere enn ved vannhastigheter tilsvarende 20- eller 50-års flom ved de fleste punktene. Men, på flomslettene vil en få en økning av maksimale hastigheter til over dagens situasjon (punkter RH10 og RH15 i Tabell 3-6). På enkelte elveskråninger er det beregnet en hastighetsøkning på 0,1 m/s sammenlignet med dagens situasjon. Bolighusene og jernbanefyllingen på de utvalgte punktene mellom Røskaft og Homyrkamtunnel sør får en økning av hastigheter på ca. 0,1 m/s.



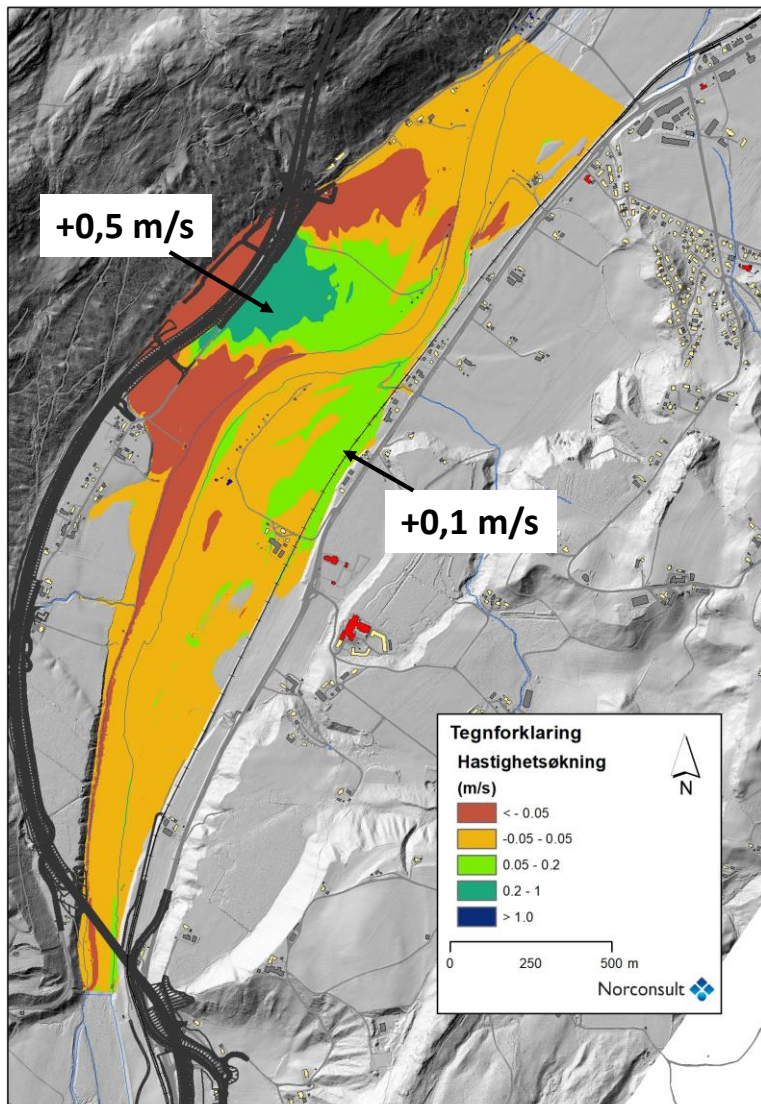
Figur 3-12: Alternativ 1.1.C Gyllan – Hovin. Hastighetsøkning etter tiltak, flomsituasjon er kulminasjon av flomforløp 1,2 x Q200 i Gaula (Kilde: Norconsult).



Figur 3-13: Alternativ 1.1.C Gyllan – Hovin. Hastighetsøkning etter tiltak, maksimale hastigheter under flomforløp 1,2 x Q200 i Gaula (Kilde: Norconsult).



Figur 3-14: Alternativ 1.1.C Røskaft – Homyrkamtunnel sør. Hastighetsøkning etter tiltak, flomsituasjon er kulminasjon av flomforløp 1,2 x Q200 i Gaula (Kilde: Norconsult).



Figur 3-15: Alternativ 1.1.C Røskaft – Homyrkamtunnel sør. Hastighetsøkning etter tiltak, maksimale hastigheter under flomforløp 1,2 x Q200 i Gaula (Kilde: Norconsult).

Tabell 3-5 Strekning Gyllan – Hovin. Hastighetsendringer i utvalgte punkter ved forskjellige vannføringer

Navn	Beskrivelse	Hastigheter med utbygging (m/s)			Hastigheter dagens (m/s)			DV (m/s)		
		Q20	Ca. Q50	Q200	Q20	Ca. Q50	Q200	Q20	Ca. Q50	Q200
GH1	Topp elveskråning	1.1	1.3	1.5	1.1	1.2	1.0	0.0	0.0	0.5
GH2	Elveskråning v/normalvannstand og med erosjonssikring	2.4	2.5	2.4	2.4	2.4	2.1	0.0	0.0	0.3
GH3	Ved jernbanefylling på Krokstadgrenda		0.2	1.3		0.2	1.0		0.0	0.3
GH4	Elveskråning v/normalvannstand	2.1	2.2	2.3	2.1	2.1	1.9	0.0	0.1	0.3
GH5	Ved jernbanefylling på Krokstadgrenda		0.0	1.0		0.0	0.8		0.0	0.2
GH6	Elveskråning	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.0	0.0	0.1
GH7	Elveskråning v/normalvannstand nær jernbanelinjen	0.9	1.2	1.4	1.0	1.0	1.0	0.0	0.1	0.4
GH8	Elveskråning v/normalvannstand nær jernbanelinjen	1.4	1.5	1.6	1.5	1.2	1.0	0.0	0.3	0.6
GH9	Elveskråning v/normalvannstand nær jernbanelinjen	1.2	1.4	1.6	1.1	1.0	0.9	0.0	0.4	0.7
GH10	Elveskråning v/normalvannstand v/ Hovinstasjon	2.3	2.3	2.3	2.3	1.7	1.4	0.0	0.7	1.0
GH11	Elveskråning v/normalvannstand nær jernbanelinjen	0.9	0.9	1.0	0.9	0.5	0.5	0.0	0.4	0.5
GH12	Elveskråning v/normalvannstand nær jernbanelinjen	1.1	1.1	1.1	1.1	0.8	0.6	0.0	0.4	0.5
GH13	Elveskråning v/normalvannstand nær jernbanelinjen	0.8	1.0	1.2	0.7	1.0	0.9	0.0	0.0	0.3
GH14	Elveskråning v/yttersving og med erosjonssikring	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	-0.1	-0.1	0.1
GH15	Elveskråning v/normalvannstand	1.9	2.1	2.2	2.0	2.1	1.8	-0.1	0.0	0.4
GH16	Bolighus på Vollagrenda			0.0			0.0		0.0	0.0
GH17	Bolighus på Vollagrenda			0.0					0.0	0.0
GH18	Bolighus sørvest for Hovin stasjon	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1
GH19	Jernbane sør for utløp Kvernbecken	0.9	1.1	1.3	0.9	1.1	1.1	0.0	0.0	0.2
GH20	Jernbane ved Krokstadgrenda		0.7	0.4		0.7	0.5		-0.1	0.0
GH21	Bolighus på Krokstadgrenda		0.0	0.2			0.2		0.0	0.0
GH22	Bolighus på Krokstadgrenda			0.2			0.3		0.0	0.0
GH23	Bolighus på Krokstadgrenda								0.0	0.0
GH24	Bygg nær elven på Krokstadgrenda	0.7	0.8	1.4	0.7	0.8	1.4	0.0	0.0	0.0
GH25	Bolighus ved Haugen			0.6			0.4		0.0	0.1
GH26	Bolighus ved Systuløkkja			0.4			0.3		0.0	0.1
GH27	Bolighus på flomsletten Skjervollsløkkja			0.0			0.0		0.0	0.0
GH28	Bolighus ved Rønningen		0.4	0.7		0.4	0.8		0.0	0.0
GH29	Jernbane ved Ytter Skjervollsløkkja			0.9			1.0		0.0	-0.1
GH30	Jernbane ved Bjørkbecken			0.2			0.3		0.0	0.0
GH31	Bolighus på Melen			0.3			0.3		0.0	0.0
GH32	Bolighus på Melen		0.1	0.4		0.0	0.4		0.0	0.0
GH33	Jernbane ved Melen			0.8			0.8		0.0	0.0
GH34	Elveløp	2.4	2.2	2.1	2.4	1.6	1.1	0.0	0.7	1.0
GH35	Elveløp	2.8	2.6	2.4	2.8	2.0	1.5	0.0	0.6	0.9
GH36	Elveløp	2.8	2.7	2.5	2.8	1.9	1.5	0.0	0.7	1.0
GH37	Elveløp	2.9	2.8	2.6	2.9	2.3	1.7	-0.1	0.5	1.0
GH38	Elveløp	2.6	2.4	2.2	2.7	2.2	1.5	-0.1	0.2	0.7
GH39	Elveløp	2.5	2.4	2.1	2.6	2.3	1.8	0.0	0.0	0.2
GH40	Elveløp	3.9	3.8	3.1	3.9	3.8	2.9	0.0	0.0	0.2

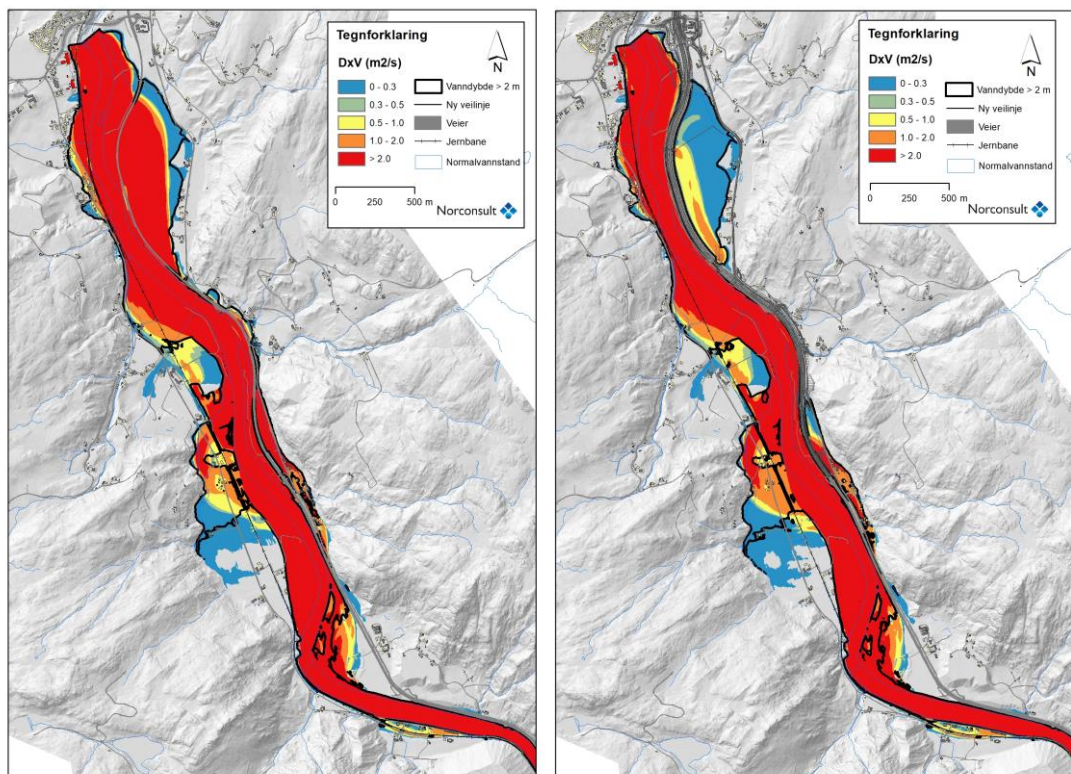
Tabell 3-6 Strekning Røskaft – Homyrkamtunnel sør. Hastighetsendringer i utvalgte punkter ved forskjellige vannføringer

Navn	Beskrivelse	Hastigheter med utbygging (m/s)			Hastigheter dagens (m/s)			DV (m/s)		
		Ca. Q20	Ca. Q50	Q200	Ca. Q20	Ca. Q50	Q200	Ca. Q20	Ca. Q50	Q200
RH1	Jernbane v/ Horg			0.8			0.7	0.0	0.0	0.1
RH2	Bygg nær elven	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.0	0.0	0.1
RH3	Elveskråning v/ normalvannstand (Horg)	2.3	2.1	1.7	2.3	2.0	1.3	0.0	0.2	0.4
RH4	Elveløp (Horg)	3.0	2.8	2.3	3.0	2.7	2.2	0.0	0.1	0.2
RH5	Elveløp (Horg)	3.2	3.2	3.0	3.2	3.1	2.8	0.0	0.1	0.2
RH6	Elveløp (Horg)	3.3	3.5	3.7	3.3	3.6	3.8	0.0	-0.1	-0.1
RH7	Bolighus på flomsletten ved Horg		0.1	0.5		0.1	0.5	0.0	0.1	0.1
RH8	Elveskråning v/ normalvannstand med erosjonssikring (Horg)	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.0	0.1	0.1
RH9	Ved ny E6 på flomsletten ved Evjeøyen	1.1	1.5	1.7	0.6	1.0	1.2	0.6	0.5	0.5
RH10	Flomsletten ved Evjeøyen	0.9	1.2	1.5	0.8	0.9	1.2	0.1	0.3	0.4
RH11	Bygg nær elven	1.0	1.1	1.2	1.0	1.1	1.2	0.0	0.0	0.1
RH12	Elveskråning v/ normalvannstand med erosjonssikring (Horghåggån)	1.5	1.8	1.9	1.4	1.7	1.9	0.1	0.1	0.1
RH13	Elveløp (Horghåggån)	3.6	3.2	2.8	3.6	3.1	2.6	0.0	0.1	0.1
RH14	Bolighus ved Evjeøyen		0.4	0.8		0.4	0.8	0.0	0.0	0.0
RH15	Flomsletten ved Horg	1.4	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	0.0	0.1	0.1
RH16	Bolighus på flomsletten ved Horg			0.4			0.4	0.0	0.0	0.0
RH17	Bygg nær elven ved Horg	0.6	0.7	0.8	0.6	0.7	0.9	0.0	0.0	0.0
RH18	Jernbane v/ Horg			0.5			0.4	0.0	0.0	0.1
RH19	Flomsletten ved Evjeøyen	0.3	0.7	0.9	0.1	0.8	1.1	0.2	0.0	-0.2
RH20	Flomsletten ved Evjeøyen vest for ny E6	0.0	0.1	0.1	1.0	1.2	1.2	-0.9	-1.1	-1.2

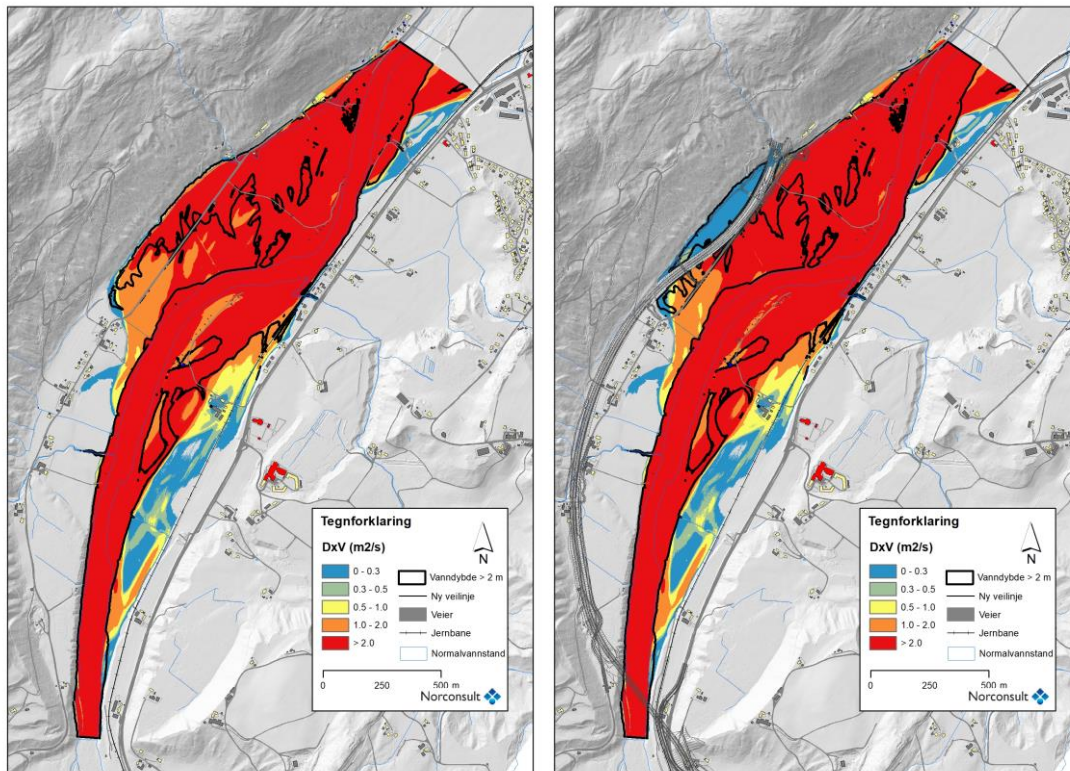
3.2.3 Faregrad

I Tek-17 differensieres flomutsatte områder med stor fare, der dybden er større enn 2 meter og der produktet av dybde og vannhastighet (i m/s) er større enn $2 \text{ m}^2/\text{s}$ [17]. For disse områdene, der under flom vil være stor dybde eller sterk strøm, bør det være samme sikkerhetsnivå som sikkerhetsklasse F3 [17], dvs. byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot en 1000-års flom.

Vi har vurdert faregrad i dagens situasjon og etter tiltak ved ca. toppen av 200-årsflommen. I Figur 3-16 og Figur 3-17 er det presentert kart med produktet av dybde og vannhastighet (fargekoder) samt området der vanndybde er større enn 2 m (svart linje) for de forskjellige strekningene.



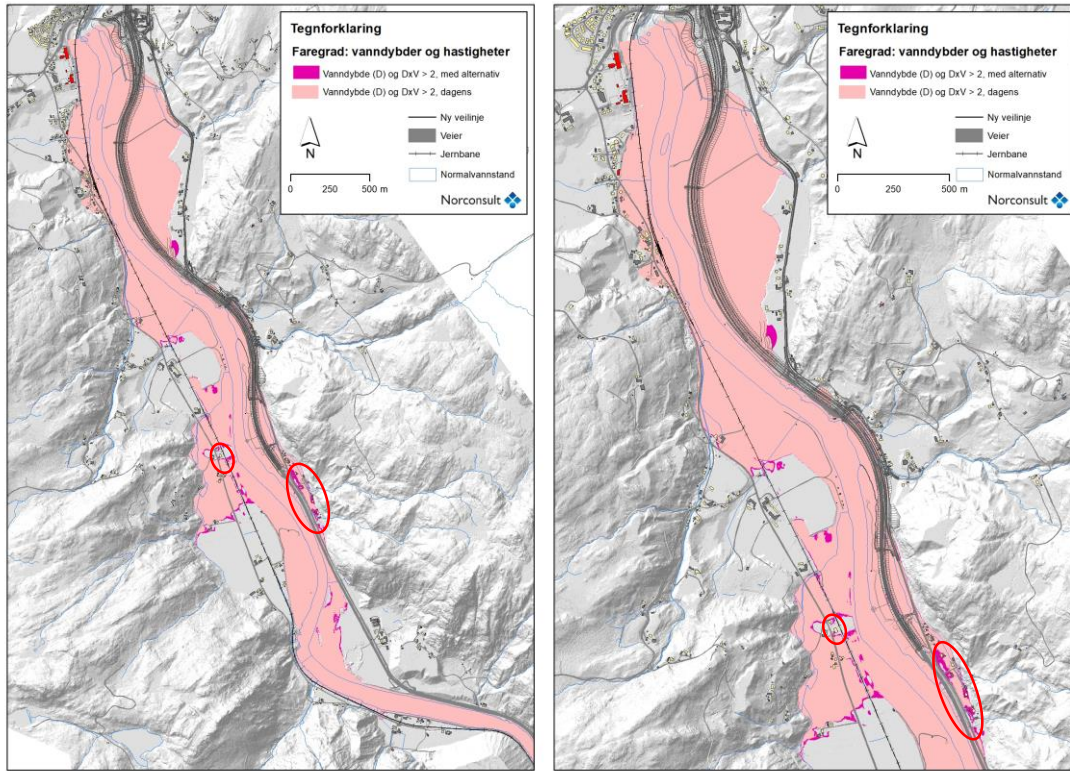
Figur 3-16 Gyllan – Hovin. Faregrad for flomutsatte områder, dagens situasjon og etter tiltak (Kilde: Norconsult).



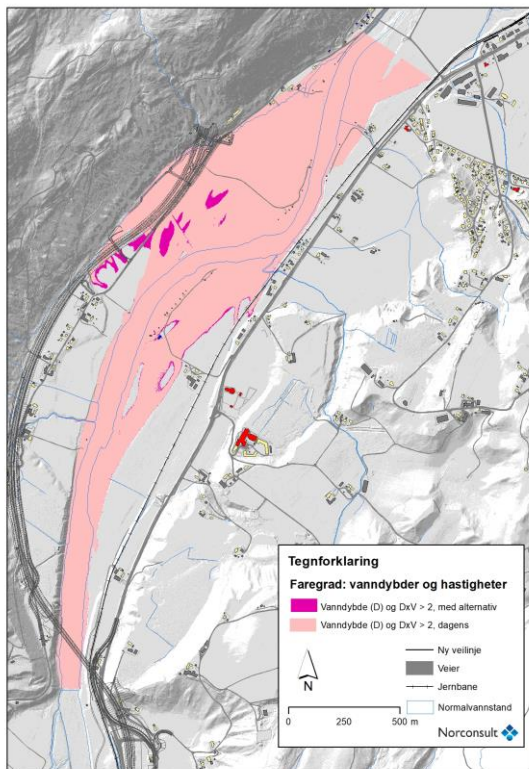
Figur 3-17 Røskaft – Homyrkamtunnel sør. Faregrad for flomutsatte områder, dagens situasjon og etter tiltak (Kilde: Norconsult).

I Figur 3-18 og Figur 3-19 er det presentert områder der produktet av dybde og vannhastighet er større enn $2 \text{ m}^2/\text{s}$ og/eller vanddybder er større enn 2 m for dagens situasjon og etter tiltak.

På strekningen Gyllan – Hovin vil 4 boligbygg få økt faregrad etter tiltak. Byggene er merket med røde sirkler i Figur 3-18. Lokalveien på samme stedet vil også få økt faregrad. På strekningen Røskaft – Homyrkamtunnel sør er det ingen bygg som vil få økt faregrad.



Figur 3-18 Gyllan – Hovin. Flomutsatte områder med stor fare, dagens situasjon og etter tiltak (Kilde: Norconsult)



Figur 3-19 Røskaft – Homyrkamtunnel sør. Flomutsatte områder med stor fare, dagens situasjon og etter tiltak (Kilde: Norconsult)

3.2.4 Konklusjon

Ved Vollagrenda vil den planlagte veien innsnevre dagens flomsone i stor grad, selv om det er lagt inn en mulighet for vannstrømning gjennom en bru på sørsiden av flomsletten og en kulvert på nordre siden av flomsletten. Ved Gyllan vil vann fra flomsletten samle seg på østsiden av den nye veien (der Øyabekken krysser under veilinjen). Den planlagte veien er simulert på en forenklet måte i modellen og det er benyttet kulvertstørrelser for sidebekkene som er dimensjonert mot flomvannføring i disse bekkene. Det er anbefalt at utforming av kulvertene under veien optimaliseres med hensyn til flomavledning ved flom i Gaula ved en senere fase.

Modellen viser at ved en stor flom i Gaula vil innsnevring av flomsone i området Vollagrenda og Gylløyan forårsake vannstandstigning og hastighetsøkninger. Selv om hastighetsøkningen ved en 200-års flom i elveløpet er beregnet opptil ca. 1 m/s er den økte hastigheten lavere enn hastigheten i elven før det begynner å renne over flomsletten (ca. en 20-års flom).

På strekningen Gyllan – Hovin er flere bygg og infrastruktur allerede flomutsatt i dagens situasjon (over 1 m vanndybde), men det finnes noen boligbygg og infrastruktur som ikke er så flomutsatt i dagens situasjon og som vil få økt vanndybde ved en 200-års flom.

Ved Gylløyan, Rønningen og Systuløkkja vil flomutsatt område med stor fare (der dybden er større enn 2 meter og/eller der produktet av dybde og vannhastighet er større enn 2 m²/s) øke sammenlignet med dagens situasjon, og det blir 4 nye boligbygg som vil komme inn på denne faresonen.

På strekning Røskaft – Homyrkamtunnel sør vil bygg og jernbane få opptil ca. 10 cm vannstandstigning etter tiltaket. Ved en 200-års flom i dagens situasjon har boligbygg og jernbane en vanndybde på mellom 0,5 m og 0,6 m.

På flomsletten vil en få en økning av hastigheter høyere enn i dagens situasjon ved en 200-års flom. Enkelte elveskrånninger, jernbanefylling og bolighusene på de utvalgte punktene mellom Røskaft og Homyrkamtunnel sør får en økning av hastigheter på ca. 0,1 m/s sammenlignet med de høyeste hastigheter ved dagens situasjon.

Mellom Røskaft og Homyrkamtunnel sør vil ingen bygg få økt faregrad (der dybden er større enn 2 meter og/eller der produktet av dybde og vannhastighet er større enn 2 m²/s).

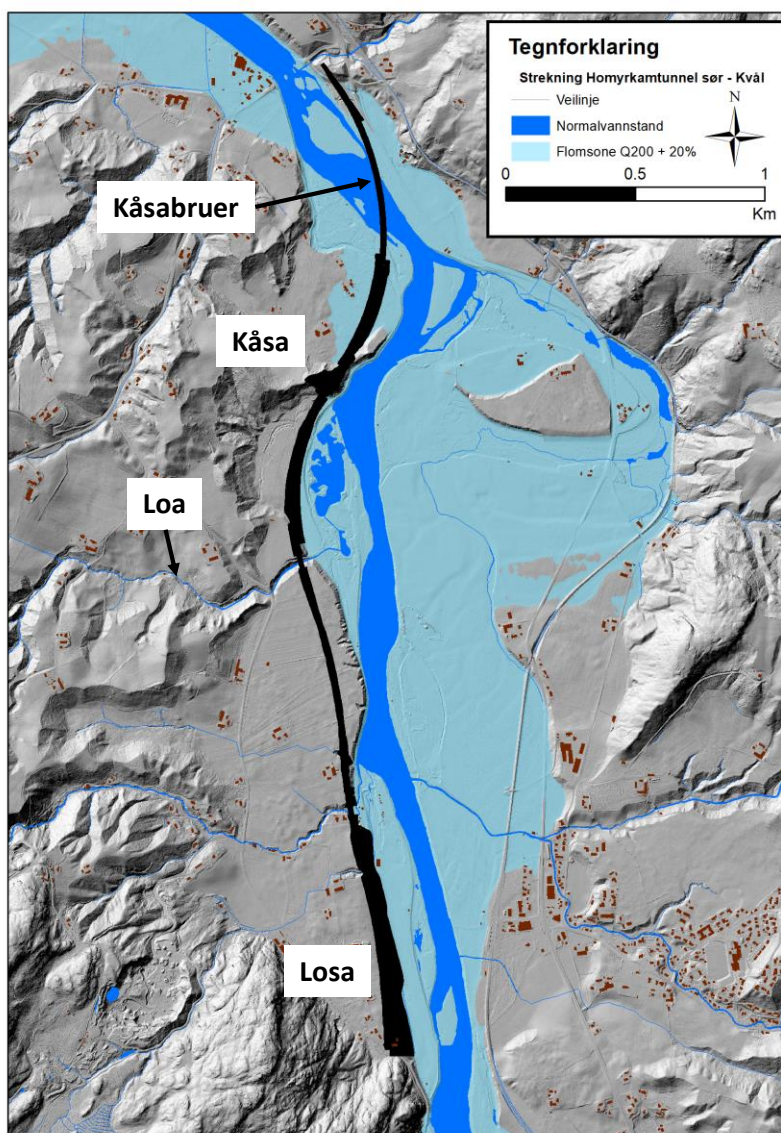
Påvirkningen av tiltaket på flomforholdene langs Gaula vil medføre ulemper for tredjepart. Både boligbygg og infrastruktur vil få en økt vannstandstigning ved flom, noen av disse er allerede sterk flomutsatt, mens andre er lite flomutsatt. Det er derfor anbefalt å gjøre en mer detaljert vurdering av den forverret flomsituasjonen sammenlignet med dagens forhold og eventuelle avbøtende tiltak for hvert bygg og infrastruktur i en senere fase.

Erosjonssikringstiltak er beskrevet i kapittel 5.

4 HOMYRKAMTUNNEL NORD – KVÅL, VESTRE LINJE

Figur 4-1 viser veilinje sammen med flomutsatt område ved 200-års-flom pluss 20 % klimapåslag. Den planlagte veien ligger ved utkanten av flomsonen ved Losa, og innenfor flomsonen mellom Kåsa og Kvål.

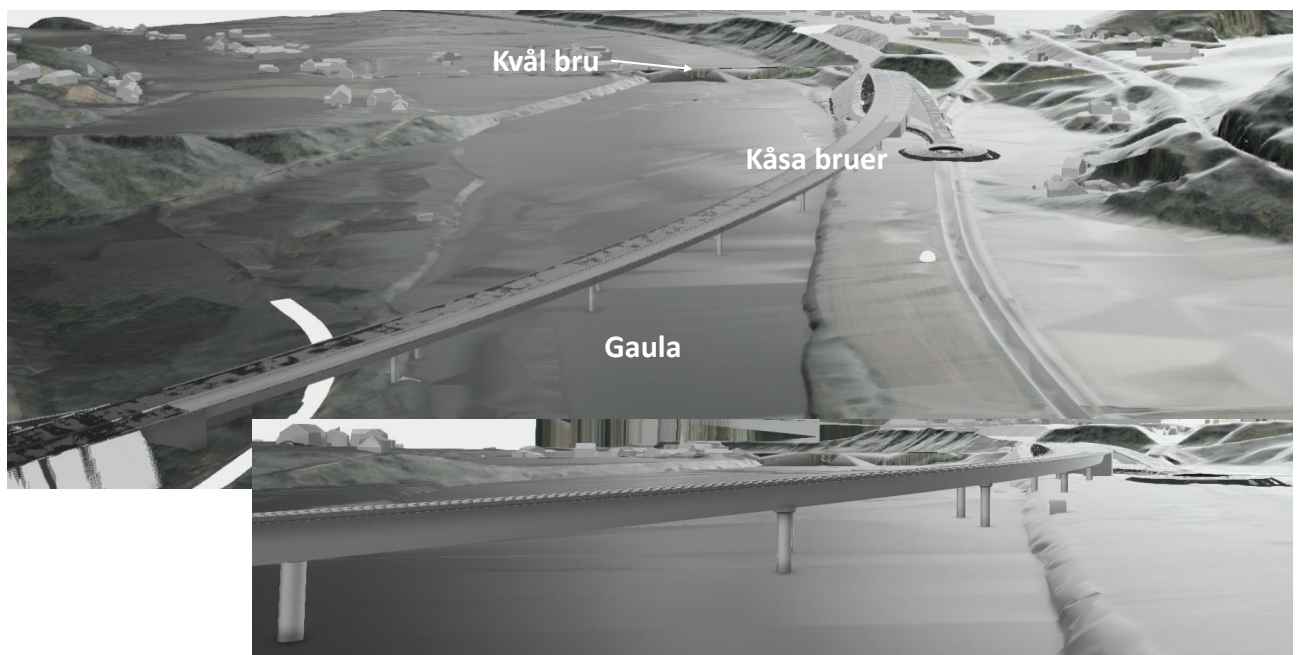
Endringer i strømningsforhold sammenlignet med dagens situasjon vises som kart med vannstand- og hastighetsendringer (differansekart) i kapittel 4.2. Det er i tillegg hentet resultater før flomtoppen i utvalgte punkter ved vannføringer som tilsvarer ca. en 50-års flom. Disse resultater er presentert i kapittel 4.2.1 og 4.2.2.



Figur 4-1: Oversikt alternativ 2.1 og flomutsatt område ved Q200 + 20 % klimapåslag (Kilde: Norconsult).

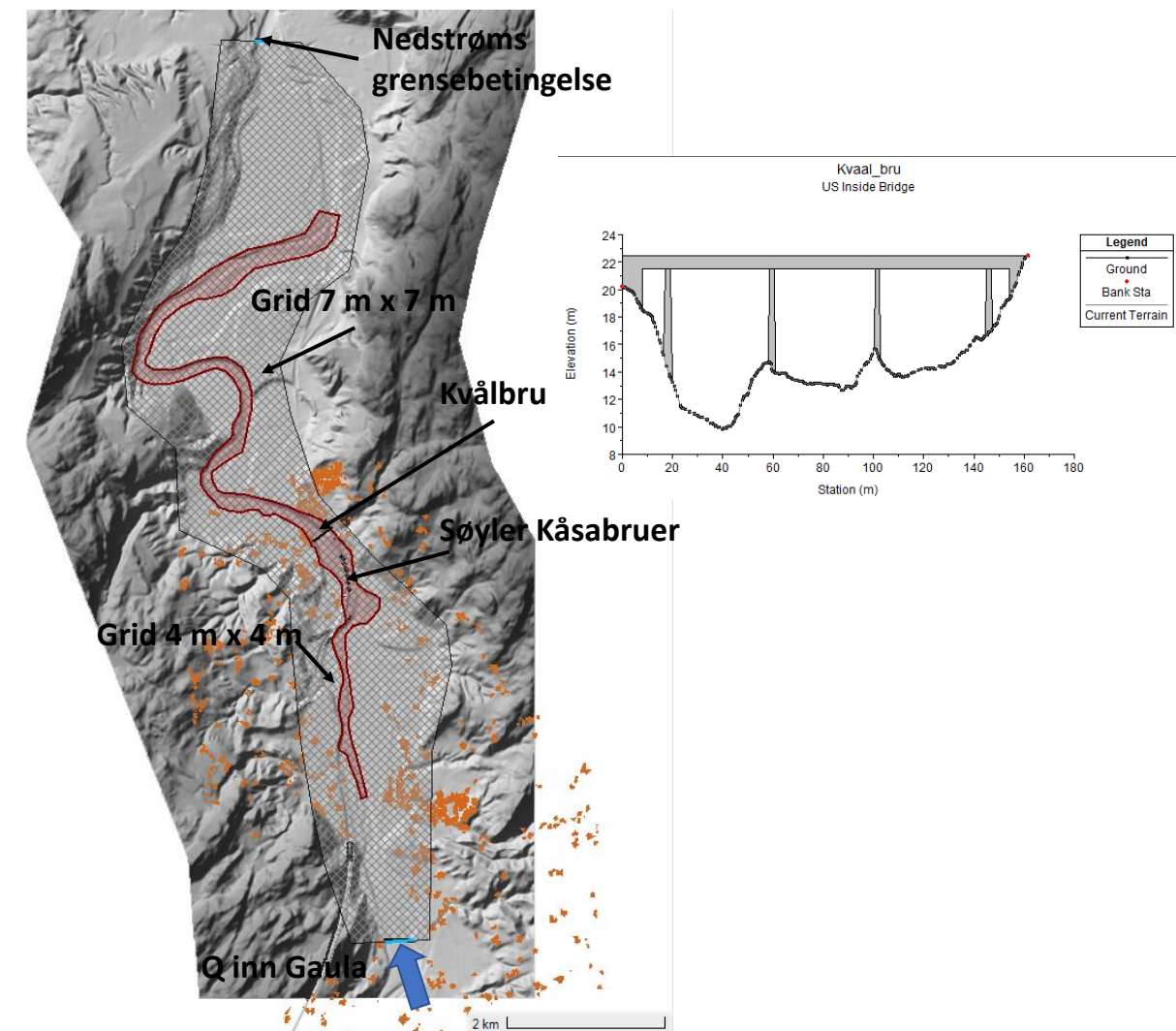
4.1 Hydraulisk modell

Den planlagte veglinja krysser Gaula ca. 600 m sør for Kvålsbrua (oppstrøms). Figur 4-2 viser en illustrasjon av bruene. For å vurdere konsekvenser ved flom av de nye Kåsa-bruene er det utført 2D-hydrauliske beregninger i Hec-Ras [14]. Det er simulert dagens situasjon, og de planlagte bruene. Pilarene og fyllingene på flomslettene er lagt inn i terrengmodellen, men brudekket er ikke lagt inn siden det ligger høyt nok med hensyn til flomvannstand. Bruene har 6 par pilarer, hvorav fire av disse ligger i Gaulas hovedløp.



Figur 4-2: Illustrasjon av Kåsa-bruer (Kilde: Norconsult).

Figur 4-3 viser strekningen som er modellert og detaljer av modellen. På flomslettene er det benyttet et grid med celledimensjon på 7 m x 7 m, mens i elveløpet er det benyttet celler på 4 m x 4 m.



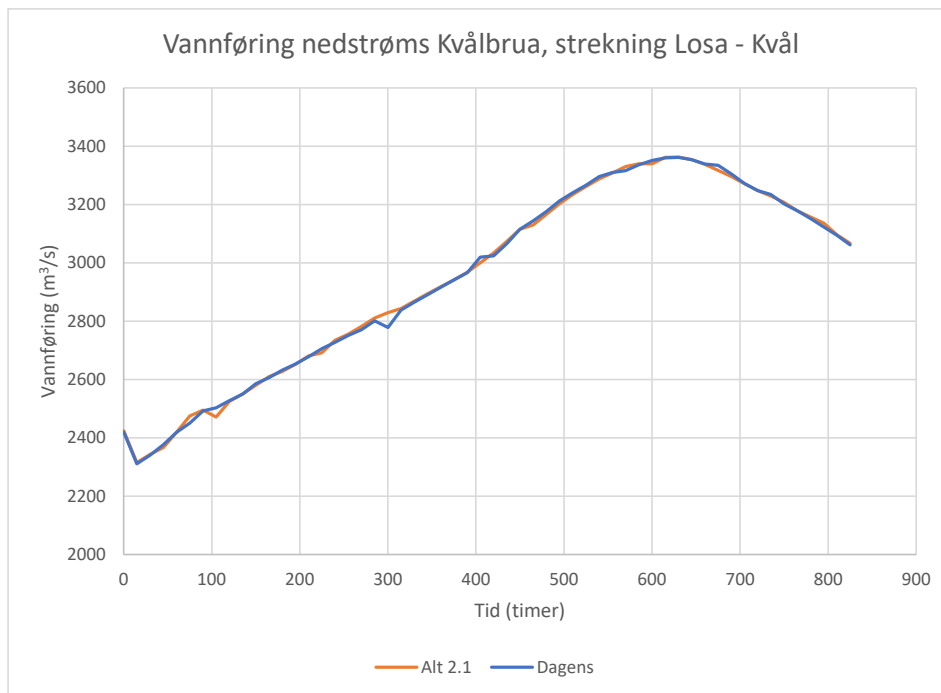
Figur 4-3: Alternativ 2.1. 2D-modell i Hec-Ras (Kilde: Norconsult).

Som oppstrøms grensebetingelsen er det lagt inn et flomforløp med kulminasjonsvannføring på 3389 m³/s, tilsvarende 200-års flom inkludert 20 % klimapåslag (1,2 x Q₂₀₀). Som nedstrøms grensebetingelsen er det lagt inn en vannføringskurve beregnet med 1 D-modellen. Modellen strekker seg ca. 10 kilometer nedstrøms Kvalsbrua for å unngå mulige påvirkning av nedstrøms grensebetingelsen i prosjektområdet.

4.2 Resultater

Endringer i strømningsforhold sammenlignet med dagens situasjon vises som kart med vannstand- og hastighetsendringer (differansekart). Disse er vist i Figur 4-6 til Figur 4-9.

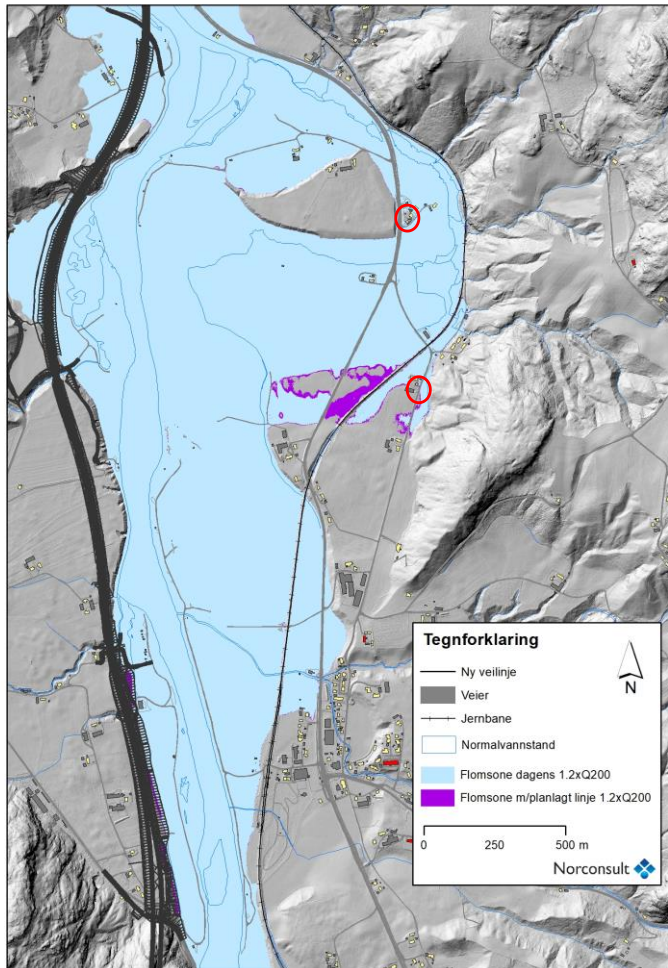
Det er benyttet et flomforløp for å kontrollere den flomdempende effekten av flomsletta. En sammenligning av flomforløp i dagens situasjon og med den nye veilinjen er vist i Figur 4-4. Denne figuren viser at den planlagte veien vil føre til ubetydelige endringer i flomvannføring nedstrøms veien.



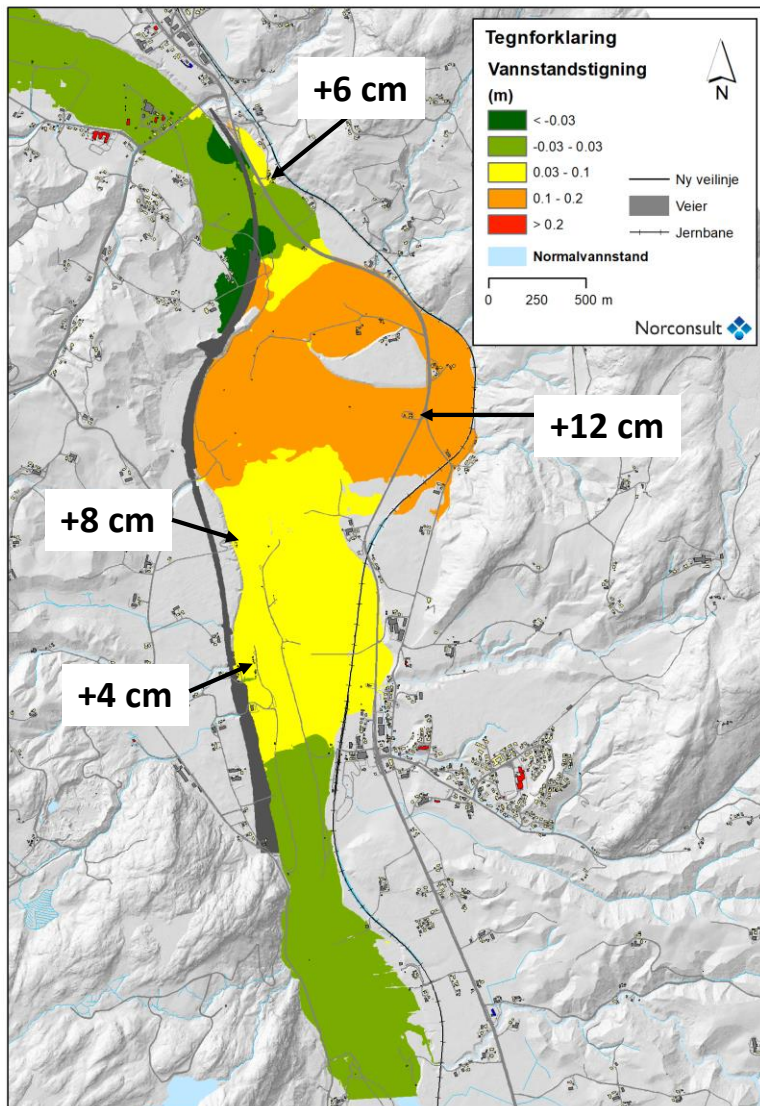
Figur 4-4: Vannføring ved Kvålbua, dagens situasjon og med veilinje alternativ 2.1.

4.2.1 Vannstandstigning

Figur 4-6 viser vannstandstigning etter tiltaket. Veifyllingene på flomslettene vil påvirke strømningsforholdene i elveløpet slik at det blir en vannstandsøkning oppstrøms den nye brukryssingen (sør for veifyllingene). Påvirkning av brupilarene på vannstandstigningen er neglisjerbare. Som vist i Figur 4-5 er økningen i utbredelsen av flomsone beskjedne, men to bolighus som ikke er oversvømt i dagens situasjon ved en 200-års flom, vil etter tiltaket bli oversvømt. Byggene er merket med røde sirkler i Figur 4-5.



Figur 4-5 Løsa - Kvål. Økning i flomutsatt område som følge av tiltaket (kilde: Norconsult).



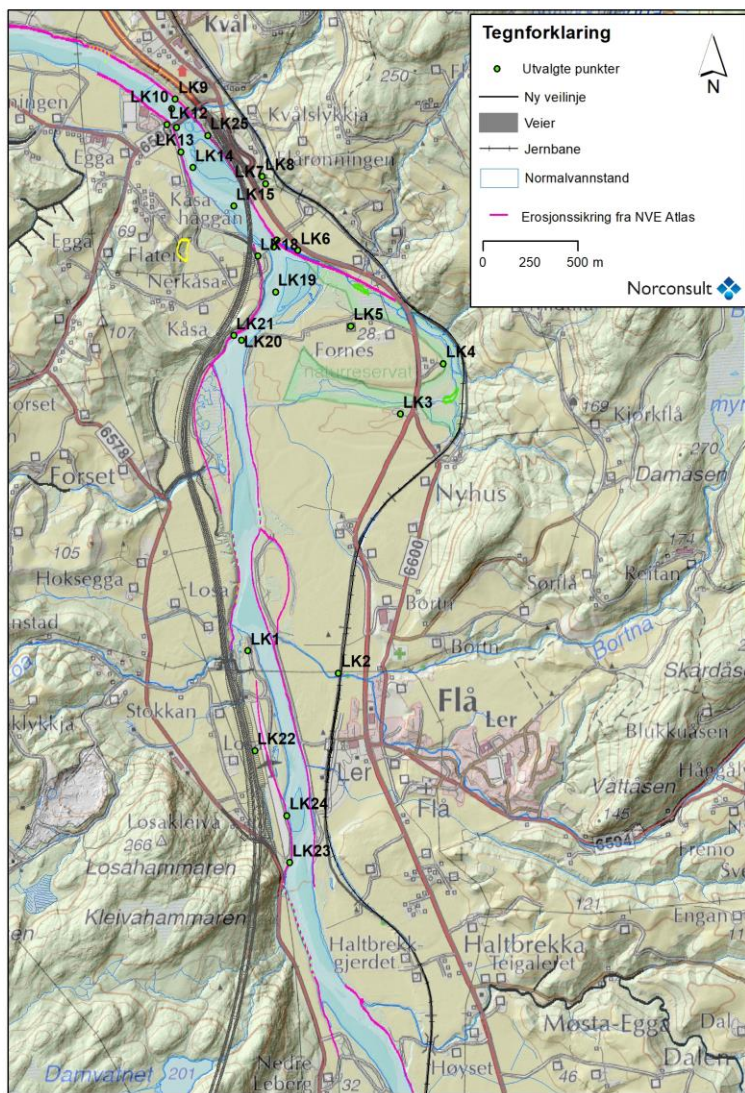
Figur 4-6: Alternativ 2.1. Vannstandsstigning med planlagt E6 og Kåsabruer (Kilde: Norconsult).

En beskrivelse av berørt infrastruktur er listet opp i Tabell 4-1. Byggene er inndelt i boligbygg, andre bygg og SOSI-byggtype «0» (som inkluderer mindre viktige bygg). På strekningen Homyrkamtunnel nord - Kvål blir ett nytt bolighus flomutsatt ved en 200-års flom etter tiltaket med vanddybde på ca. 5-10 cm. Bolighuset er ikke inkludert i Tabell 4-2.

For å vurdere flomforholdene i mer detalj er det i tillegg hentet resultater før flomtappen ved vannføringer som tilsvarer ca. en 50-års flom. Utvalgte punkter er presentert i Figur 4-7, mens vannstander før og etter tiltak er vist i Tabell 4-2. Boligbyggene som får en vannstandstigning på ca. 10 cm etter tiltaket er allerede oversvømt med vanddybder på ca. 1 meter og mer (punkter LK1 – LK8 i Tabell 4-2). Foten av jernbanefylling er allerede oversvømt ved en 200-års flom med vanddybder på over 2 m. Det vurderes at de økte vanddybdene etter tiltaket på bygg og infrastruktur som er sterk oversvømt er ikke kritisk.

Tabell 4-1: Antall berørte bygg med endring i vanndybder ved 1,2xQ200 mellom Losa og Kvål.

Type bygg	Vannstandsøkning (cm)		
	> 20	10 - 20	3 - 10
Boligbygg	0	7	5
Andre bygg	0	17	11
Byggtype «0» (mindre viktige bygg)	0	15	26
Infrastruktur	-	Dagens E6, jernbane	Dagens E6, jernbane
Jernbanefylling (m)		1100	800



Figur 4-7 Utvalgte punkter på strekning Losa - Kvål med detaljerte resultater (Kilde: Norconsult)

Tabell 4-2 Strekning Losa – Kvål. Vannstandsendringer i utvalgte punkter ved forskjellige vannføringer

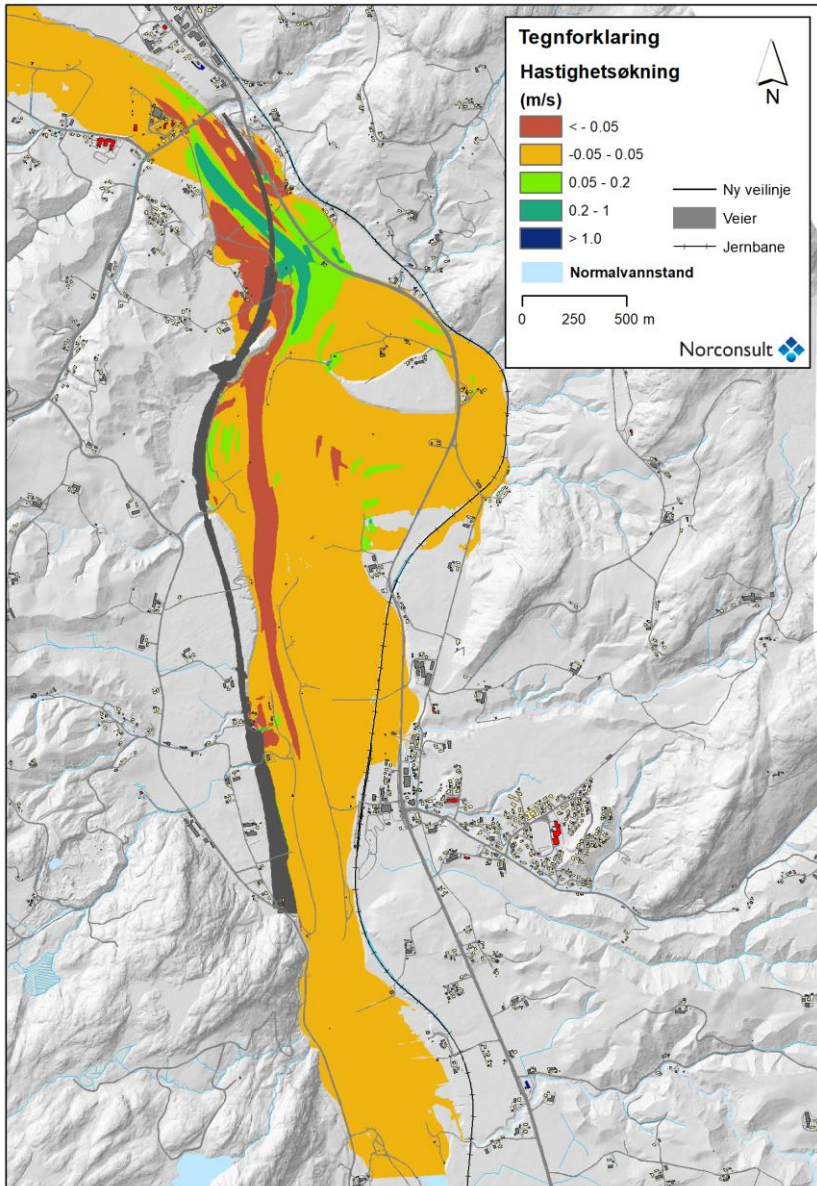
Navn	Beskrivelse	Dybder med utbygging (m)		Dybder dagens (m)		DH (m)	
		Ca. Q50	Q200	Ca. Q50	Q200	Ca. Q50	Q200
LK1	Bygg nær elven ved Losa	2.1	2.8	2.1	2.7	0.0	0.0
LK2	Jernbanefylling ved Kaldvella	0.2	0.7	0.2	0.7	0.0	0.0
LK3	Bolighus ved Gammelelva naturreservat	1.2	2.1	1.1	2.0	0.1	0.1
LK4	Bolighus ved Gammelelva naturreservat	1.6	2.5	1.5	2.3	0.1	0.1
LK5	Bolighus ved Gammelelva naturreservat	0.8	1.6	0.7	1.5	0.1	0.1
LK6	Bolighus ved Gammelelva naturreservat (ved Øyan)	0.9	1.9	0.9	1.9	0.1	0.0
LK7	Bolighus ved Øyan	0.8	1.7	0.7	1.6	0.1	0.0
LK8	Bolighus ved Øyan	0.1	0.9	0.0	0.9	0.1	0.1
LK9	Elveskråning nord for Kvålsbru med erosjonssikring	5.9	6.8	5.9	6.8	0.0	0.0
LK10	Elveløp nord for Kvålsbru	7.2	8.1	7.3	8.1	0.0	0.0
LK11	Elveløp i vest sør for Kvålsbru	9.2	10.1	9.2	10.1	0.1	0.0
LK12	Bolighus på flomsletten vest for Kvålsbru	0.4	1.2	0.4	1.2	0.0	0.0
LK13	Elveskråning ved normalvannstand med erosjonssikring (Fornesbakken)	5.7	6.5	5.6	6.5	0.0	0.0
LK14	Elveløp i vest ved Fornesbakken	7.6	8.4	7.5	8.4	0.0	0.0
LK15	Elveløp ved Øyan	6.4	7.2	6.3	7.2	0.0	0.0
LK16	Elveløp ved Øyan, trangeste parti	8.6	9.5	8.6	9.4	0.0	0.0
LK17	Elveskråning ved normalvannstand med erosjonssikring (Øyan)	5.6	6.4	5.5	6.4	0.0	0.0
LK18	Flomsletten på Nærkåsa med erosjonssikring	4.3	5.2	4.3	5.2	0.0	0.0
LK19	Elveløp ved Nærkåsa	8.5	9.3	8.5	9.2	0.1	0.1
LK20	Elveløp ved Kåsa	7.6	8.4	7.5	8.3	0.1	0.1
LK21	Elveskråning ved normalvannstand med erosjonssikring (Kåsa)	5.4	6.2	5.8	6.6	-0.5	-0.4
LK22	Flomsletten ved Losa	2.1	2.6	2.1	2.6	0.0	0.0
LK23	Elveskråning ved normalvannstand med erosjonssikring (Losa)	5.6	6.2	5.6	6.2	0.0	0.0
LK24	Elveskråning ved normalvannstand med erosjonssikring (Losa)	4.4	5.0	4.4	5.0	0.0	0.0
LK25	Elveskråning ved normalvannstand med erosjonssikring (sør for kvålsbru - Øyan)	6.1	6.9	6.1	6.9	0.0	0.0

4.2.2 Hastighetsøkning

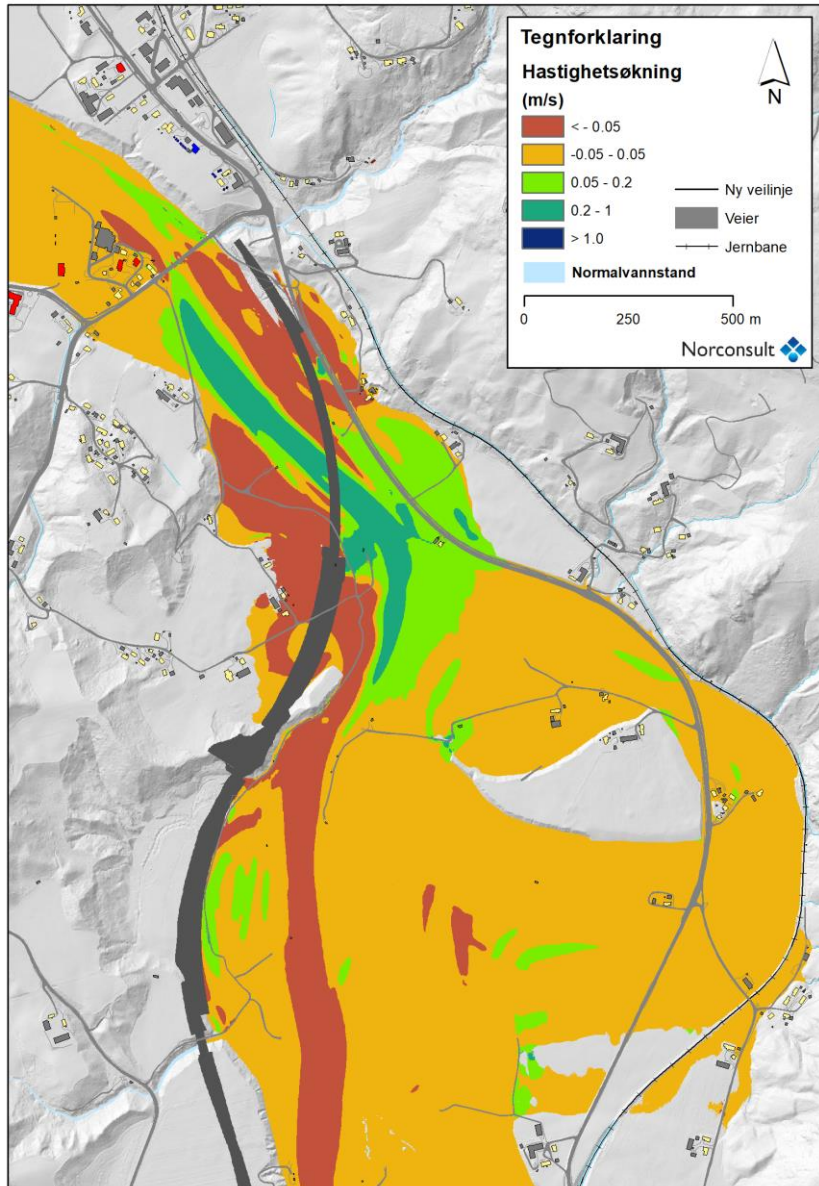
Figur 4-8 og figur 4-9 viser kart med hastighetsøkninger etter tiltaket ved ca. flomtoppen til flomforløp 1,2xQ200, mens Figur 4-10 viser endringen til maksimale hastigheter under flomforløpet. Økning i maksimale hastigheter er litt mindre enn økningen av hastigheter ved flomtoppen. Lokale hastigheter i utvalgte punkter (presentert i Figur 4-7) er vist i Tabell 4-3.

Brupilarene vil forårsake lokale endringer i strømningsforholdene. En analyse av resultater og vannføringer ved forskjellige steder viser at veifyllingen ved den planlagte kryssingen vil føre til at mer vann ledes på vestre (sørvestre) siden av Kvålsbrua, både i elveløpet og på flomsletta. Dette medfører en økning i hastighet. Fra de utvalgte punktene ser man at den største økningen av hastigheter er ved det trangeste partiet i elveløpet, der hastighet øker ca. 0,5 m/s fra 2,5-3,0 m/s til 3,0-3,5 m/s.

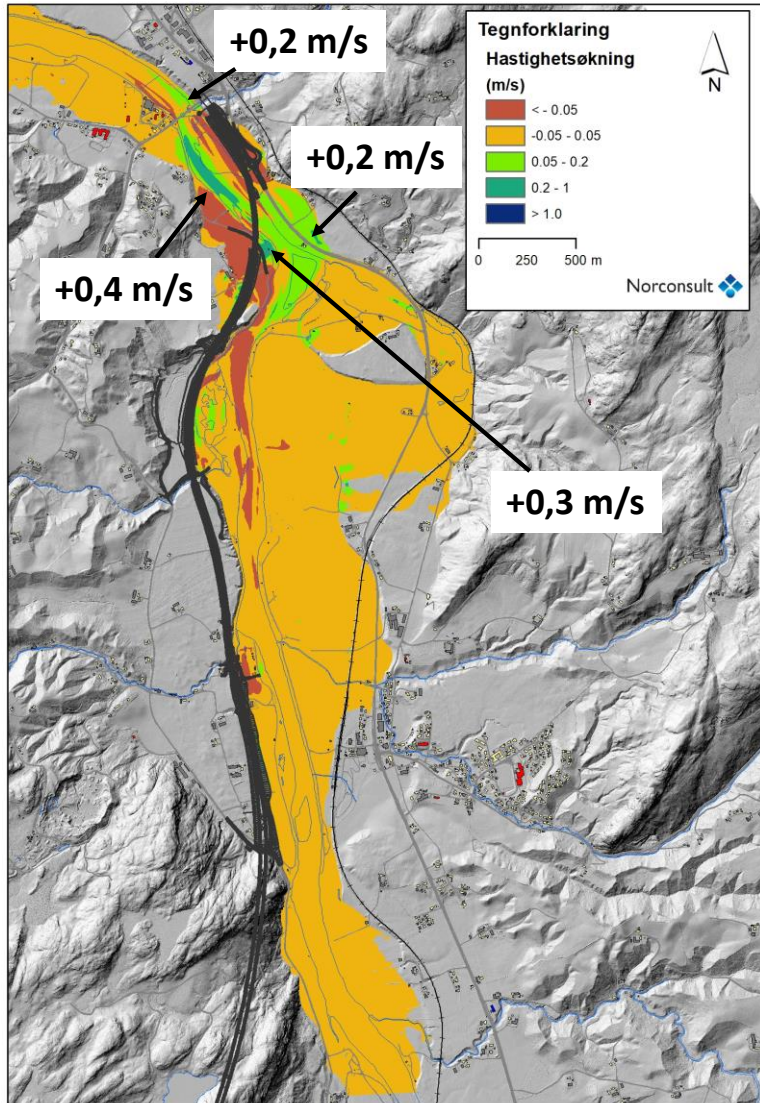
Modellen som vi har brukt er forholdsvis grov (stor cellestørrelse), og de presenterte endringene rundt brupilarene er indikativ. I tillegg vil en 2D-modell ikke fange opp strømningsendring i vertikalplan. Endring i lokale strømningsforholdene ved brupilarene bør vurderes nærmere i en senere fase.



Figur 4-8: Alternativ 2.1 oversikt. Hastighetsøkning etter tiltak, flomsituasjon kulminasjon av flomforløp 1,2 x Q200 i Gaula (Kilde: Norconsult).



Figur 4-9: Alternativ 2.1 detalj Kåsabrue. Hastighetsøkning etter tiltak, flomsituasjon kulminasjon av flomforløp 1,2 x Q200 i Gaula (Kilde: Norconsult).



Figur 4-10: Alternativ 2.1 oversikt. Hastighetsøkning etter tiltak, maksimale hastigheter under flomforløp 1,2 x Q200 i Gaula (Kilde: Norconsult).

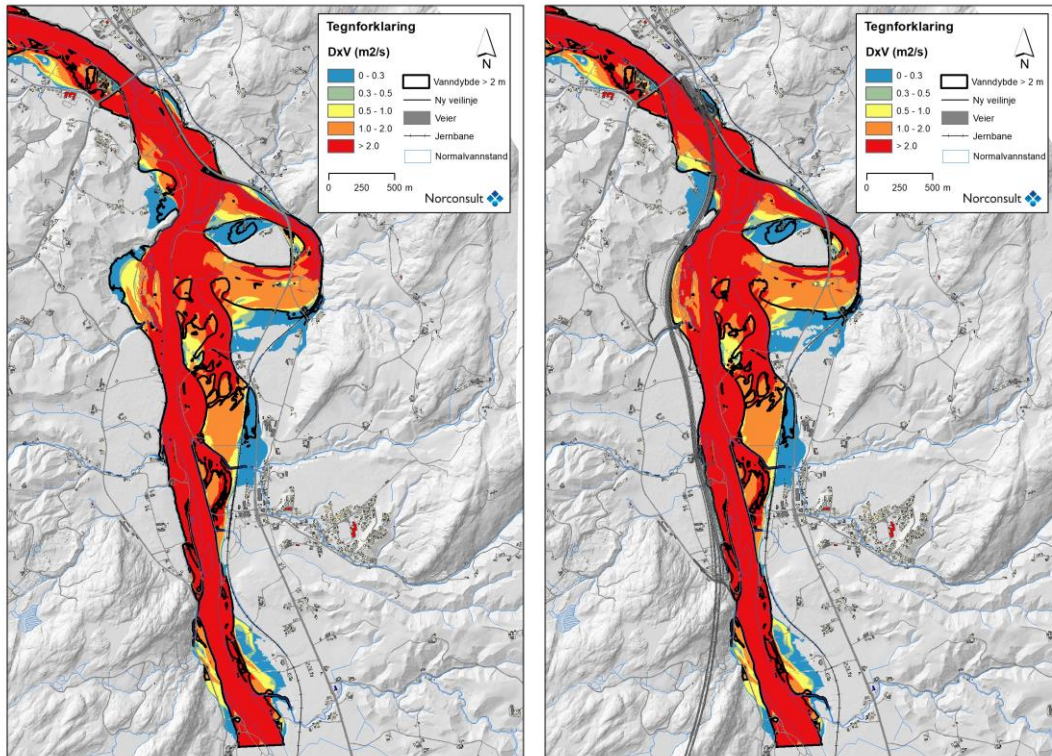
Tabell 4-3 Strekning Losa - Kvål. Hastighetsendringer i utvalgte punkter ved forskjellige vannføringer

Navn	Beskrivelse	Hastigheter med utbygging (m/s)		Hastigheter dagens (m/s)		DV (m/s)	
		Ca. Q50	Q200	Ca. Q50	Q200	Ca. Q50	Q200
LK1	Bygg nær elven ved Losa	0.6	0.7	0.7	0.7	0.0	0.0
LK2	Jernbanefylling ved Kaldvella	0.2	0.9	0.1	0.8	0.0	0.0
LK3	Bolighus ved Gammelva naturreservat	0.1	0.3	0.1	0.2	0.0	0.0
LK4	Bolighus ved Gammelva naturreservat	0.4	0.6	0.4	0.6	0.0	0.0
LK5	Bolighus ved Gammelva naturreservat	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
LK6	Bolighus ved Gammelva naturreservat (ved Øyan)	0.5	1.2	0.4	1.0	0.1	0.2
LK7	Bolighus ved Øyan	0.3	0.7	0.3	0.7	0.0	-0.1
LK8	Bolighus ved Øyan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LK9	Elveskråning nord for Kvålsbru med erosjonssikring	1.8	2.0	1.7	1.9	0.0	0.1
LK10	Elveløp nord for Kvålsbru	3.1	3.3	3.1	3.2	0.0	0.1
LK11	Elveløp i vest sør for Kvålsbru	3.3	3.4	3.3	3.3	0.0	0.1
LK12	Bolighus på flomsletten vest for Kvålsbru	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1
LK13	Elveskråning ved normalvannstand med erosjonssikring (Fornesbakken)	1.4	1.8	1.4	1.6	0.1	0.2
LK14	Elveløp i vest ved Fornesbakken	2.1	2.5	2.0	2.1	0.2	0.4
LK15	Elveløp ved Øyan	2.9	3.0	2.7	2.5	0.1	0.5
LK16	Elveløp ved Øyan, trangeste parti	3.6	3.5	3.4	3.1	0.1	0.4
LK17	Elveskråning ved normalvannstand med erosjonssikring (Øyan)	2.7	2.8	2.6	2.5	0.1	0.3
LK18	Flomsletten på Nærkåsa med erosjonssikring	1.9	2.0	1.6	1.5	0.3	0.5
LK19	Elveløp ved Nærkåsa	2.4	2.3	2.2	2.0	0.2	0.3
LK20	Elveløp ved Kåsa	2.1	1.9	2.2	2.0	-0.1	-0.1
LK21	Elveskråning ved normalvannstand med erosjonssikring (Kåsa)	0.6	0.6	0.8	0.7	-0.1	-0.1
LK22	Flomsletten ved Losa	1.5	1.7	1.5	1.7	0.0	0.0
LK23	Elveskråning ved normalvannstand med erosjonssikring (Losa)	1.9	2.3	1.9	2.3	0.0	0.0
LK24	Elveskråning ved normalvannstand med erosjonssikring (Losa)	0.9	1.1	0.9	1.1	0.0	0.0
LK25	Elveskråning ved normalvannstand med erosjonssikring (sør for kvålsbru - Øyan)	1.1	1.1	1.1	1.2	0.0	0.0

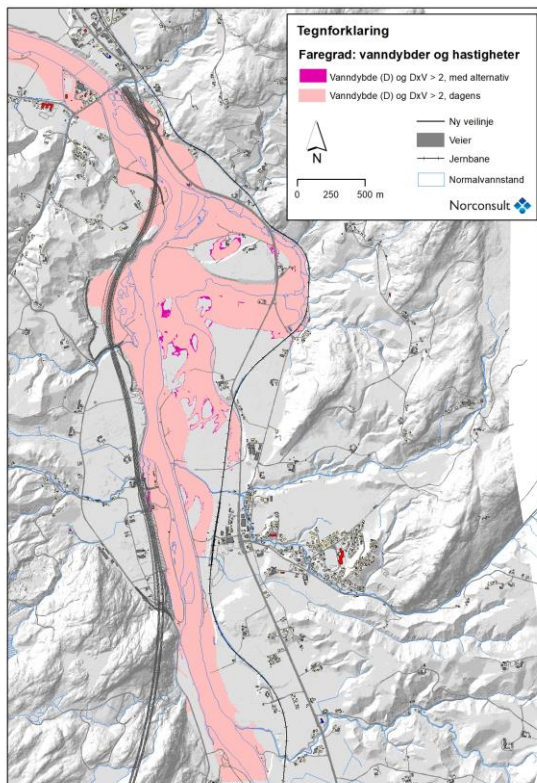
4.2.3 Faregrad

I Tek-17 differensieres flomutsatte områder med stor fare, der dybden er større enn 2 meter og der produktet av dybde og vannhastighet (i m/s) er større enn 2 m²/s [17]. For disse områdene, der under flom vil være stor dybde eller sterk strøm, bør det være samme sikkerhetsnivå som sikkerhetsklasse F3 [17], dvs. byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot en 1000-års flom.

I Figur 4-11 er det presentert kart med produktet av dybde og vannhastighet (fargekoder) samt området der vanddybde er større enn 2 m (svart linje). Kart med endringer i faregrad i flomutsatt område for strekning Losa – Kvål er presentert i Figur 4-12. På strekningen Losa - Kvål er det ingen bolig som vil havne i den økte faresonen.



Figur 4-11 Losa - Kvål. Faregrad for flomutsatte områder, dagens situasjon og etter tiltak (Kilde: Norconsult).



Figur 4-12 Losa - Kvål. Flomutsatte områder med stor fare, dagens situasjon og etter tiltak (Kilde: Norconsult)

4.2.4 Konklusjon

Påvirkningen av tiltaket på flomforholdene langs Gaula vil medføre ulemper for tredjepart. Både boligbygg og infrastruktur vil få en økt vannstandstigning ved flom, noen av disse er allerede sterk flomutsatt, mens andre er lite flomutsatt fra før. Det er derfor anbefalt å gjøre en mer detaljert vurdering av den forverret flomsituasjonen sammenlignet med dagens forhold og eventuelle avbøtende tiltak for hvert bygg og infrastruktur i en senere fase.

Erosjonssikringstiltak er beskrevet i kapittel 5.

5 EROSJONSSIKRING

Til dels ligger ny E6 nær Gaula og det vil være behov for erosjonssikring av elveskråningen. På enkelte steder vil den nye veien medføre en økning i erosjonsfare og som avbøtende tiltak foreslås erosjonssikring. Sikringstiltakene kan deles i følgende:

1. Behov for erosjonssikring for å unngå skader til den nye veien der det ikke finnes erosjonssikring fra før.
2. Behov for erosjonssikring for å unngå skader til den nye veien, og det antas at foreliggende erosjonssikring må byttes ut/ oppgraderes. Dette fordi vi har ikke grunnlag til å fastslå at eksisterende sikring er OK og/eller fordi veibyggning vil øke vannhastigheter her.
3. Veibyggning vil øke vannhastigheter og det kan være behov for erosjonssikring for å unngå skader til miljøet og/eller tredjeparter.

5.1 Planlagte tiltak uavhengig av prosjektet

Nye Veier har gitt opplysninger om at det planlegges erosjonssikring i Gaula i nærheten av planområdet på følgende steder:

- Bane NOR planlegger erosjonssikring i Gaula ved Hovin stasjon. Plassering av denne er vist i vedlegg 4.
- NVE vil gjennomføre bunnsikring av Gaula på Kvål nord for brua over Gaula i 2023.

Det er derfor ikke tatt med erosjonssikring av disse områdene i denne planen.

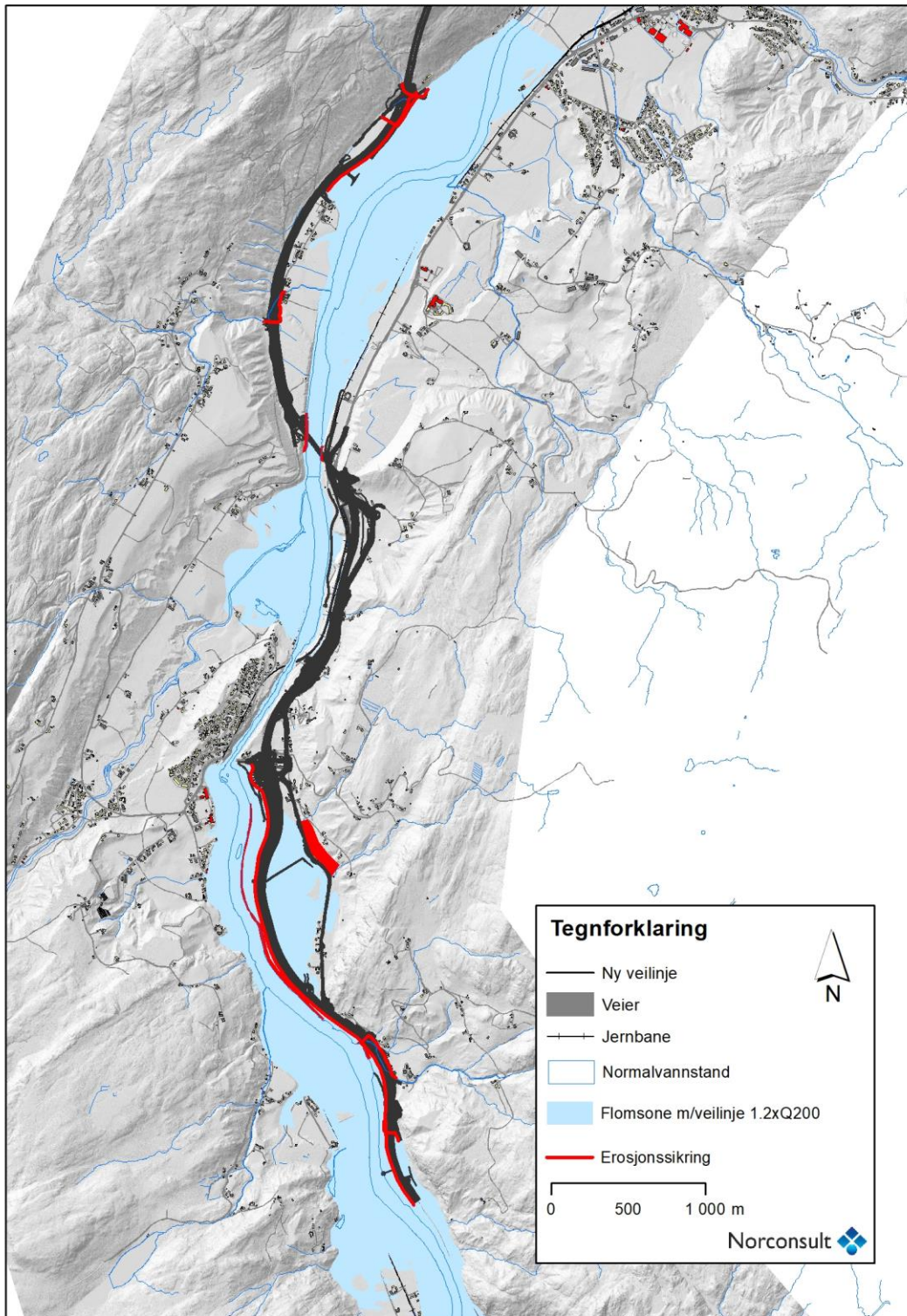
5.2 Generelle løsninger for sikring mot erosjon

I dette kapitlet beskrives generelle løsninger for erosjonssikring. Disse er inndelt som følger:

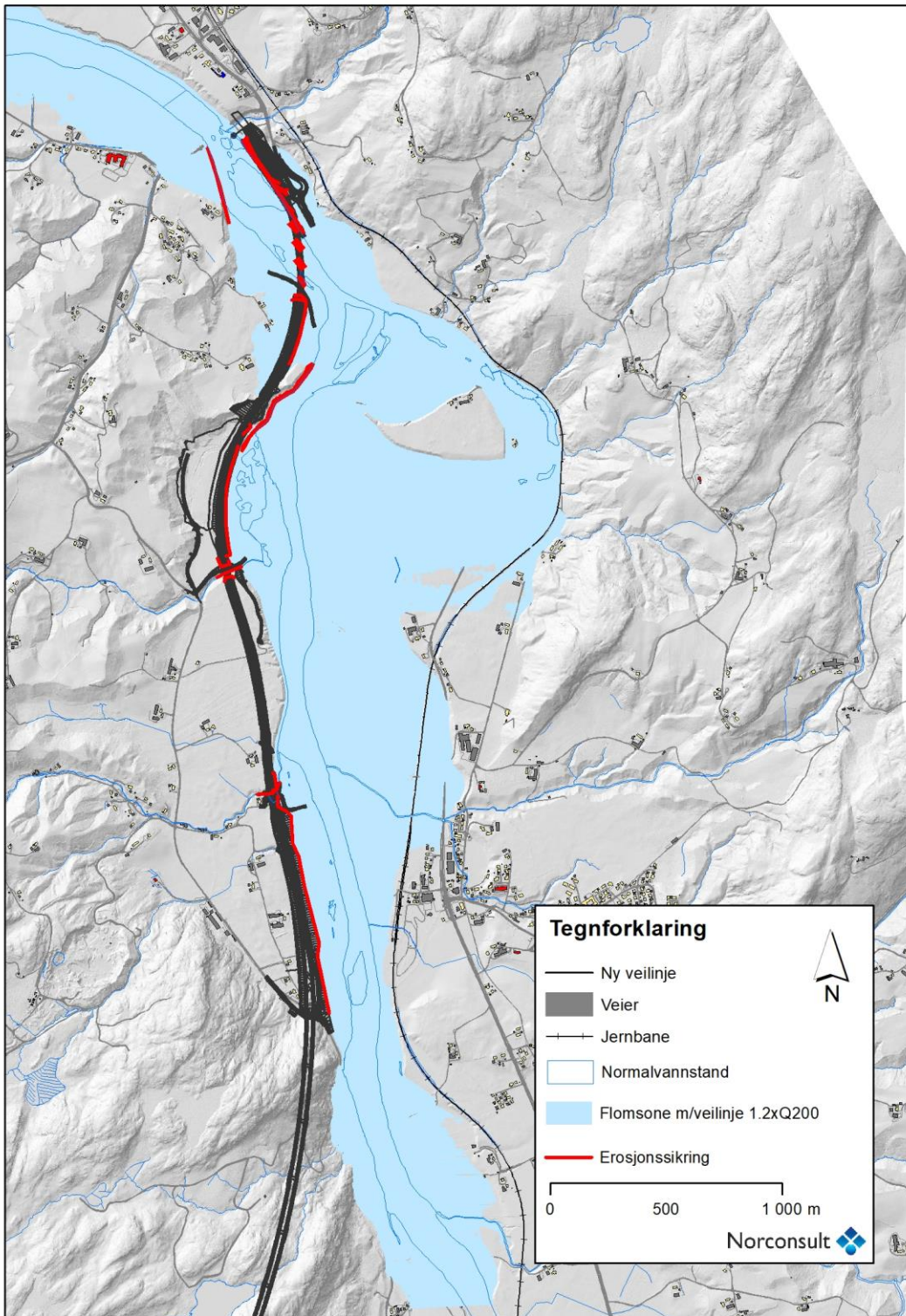
- Ny eller oppgradering av erosjonssikring i Gaula.
- Erosjonssikring av landkar, brusøyler og brufundamenter.
- Erosjonssikring av veifylling på flomslette.

Hvert tiltak er beskrevet i mer detalj i kapittel 5.3 sammen med en begrunnelse om hvorfor er det viktig å sikre mot erosjon ved disse stedene.

En oversikt av planlagte erosjonssikringstiltakene er vist i Figur 5-1 (Gyllan – Homyrkamtunnel sør) og Figur 5-2 (Homyrkamtunnel nord – Kvål). På disse oversiktskartene er det også vist erosjonssikringstiltakene for sidevassdragene, bl. annet bekkeomleggingene. Disse er omtalt i [3].



Figur 5-1 Strekning Gyllan - Homyrkamtunnel sør – oversikt erosjonssikringstiltak (kilde: Norconsult)



Figur 5-2 Strekning Homyrkamtunnel nord - Kvål – oversikt erosjonssikringstiltak (kilde: Norconsult)

5.2.1 Prinsipp for ny eller oppgradering av erosjonssikring i Gaula

Det er ønskelig å beholde kantvegetasjon langs Gaula og fortrinnsvis planlegge tilbaketrukket erosjonssikringstiltak som beskytter selve veien. Dette er ikke alltid mulig, spesielt på steder der veilinjene ligger veldig nær elvekanten eller der erosjon øker fare for kvikkleireskred.

Figur 5-7 og Figur 5-8 viser et prinsipp for erosjonssikring i Gaulas elvebredder hvor topp erosjonssikring ligger på samme nivå som eksisterende terreng og erosjonssikringen avsluttes i en fotgrøft. Figur 5-12 viser et prinsipp for erosjonssikring som ligger ovenfor eksisterende terrengnivå og avslutter med en sikringstå. Sikringstiltaket må dekke hele elvesiden som er utsatt for erosjon, med en solid forankring i oppstrøms og nedstrøms ende. Erosjonssikring avsluttes 0,5 m over 200-års flomvannstand. I overgangen mellom skråningen og elvebunnen bør det legges en sikringstå eller fotgrøft. Skisser med de forskjellige avslutningene er vist i NVEs Sikringshåndboka: Sikring mot flom og erosjon [18]. Valg mellom bruk av sikringstå eller fotgrøft er bl.a. avhengig av stedlige masser og byggemetoden. Tykkelsen av erosjonssikringslaget varierer med nødvendig steinstørrelse og behov for filterlag.

Utforming med hensyn til miljø er blant annet beskrevet i «Vassdragshåndboka» [15], «Tiltakshåndbok for bedre fysisk vannmiljø» [19], «Mer miljøvennlige erosjonssikringstiltak» [20], NVEs veileder «Kantvegetasjon langs vassdrag» [21] og NVE modul «F0.101: Miljøtilpassing av sikring i vassdrag» [22].

Elveprofilen skal i utgangspunktet helst ikke endres, utrettes eller kanaliseres. Rette, avsmalnende kanaler gir høyere vannhastighet, og er ugunstig for livet i og langs elva [22]. På enkelte strekninger vil det kunne være behov for å slakke av på skråningen mot elva med hensyn til stabilitet, eller å legge sikringen på toppen av elveskråningen for å forbedre skråningens stabilitet. Ved Kåsa er det av hensyn til skråningsstabilitet lagt til grunn erosjonssikring utenfor elveskråningen, og dette er inkludert i beregninger av strømningsforholdene presentert i kapittel 4 (unntatt sikringsfoten). Etter at sikringstiltaket er bygd bør skråningen revegeteres. I NVEs Sikringshåndboka: Sikring mot flom og erosjon [18], er det anbefalt å legge vegetasjon ned til vannstand ved middelvannføring. Vannstand i Gaula ved middelvannføring og ved flom har stor variasjon, og dette vil bety at det er en stor andel av skråningen som bør revegeteres.

Anbefalinger som gjelder materialer og utførelse er blant annet beskrevet i kapittel 9 i Vassdragshåndboka [15]. Anbefalinger for valg av bunnsstrat og gytesubstrat er blant annet beskrevet i modul «F0.101: Miljøtilpassing av sikring i vassdrag» [22]. Det skal brukes stein uten nitrogen. Tidspunktet for arbeid i vassdrag skal tilpasses behovet til fiskebestanden.

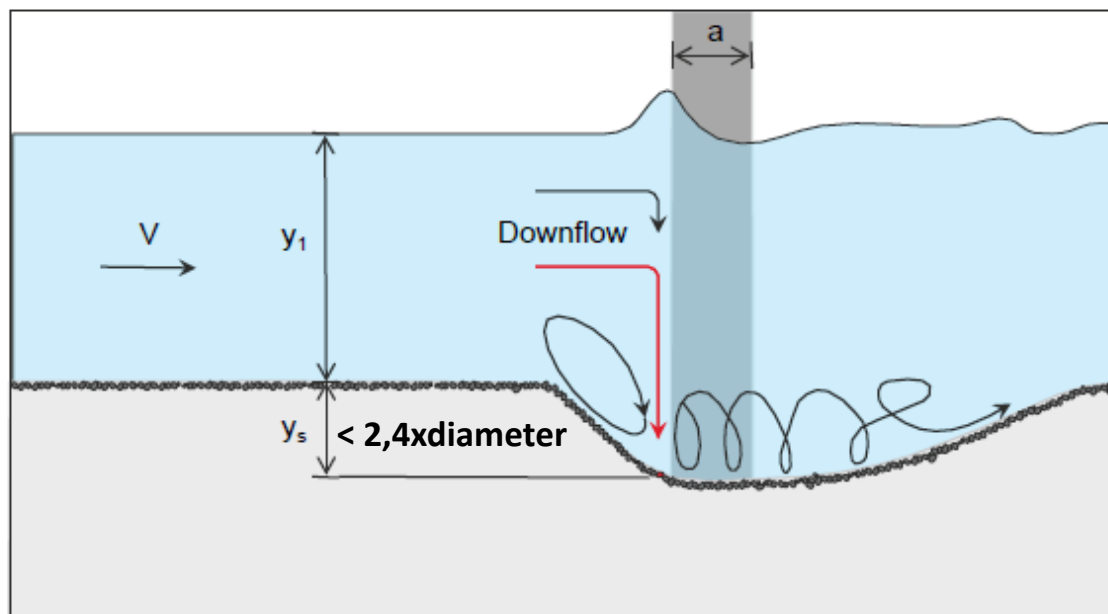
Dimensjonering av steinstørrelse, utførelse og materialbruk skal spesifiseres i detaljprosjektering.

5.2.2 Erosjonssikring av brusøyler

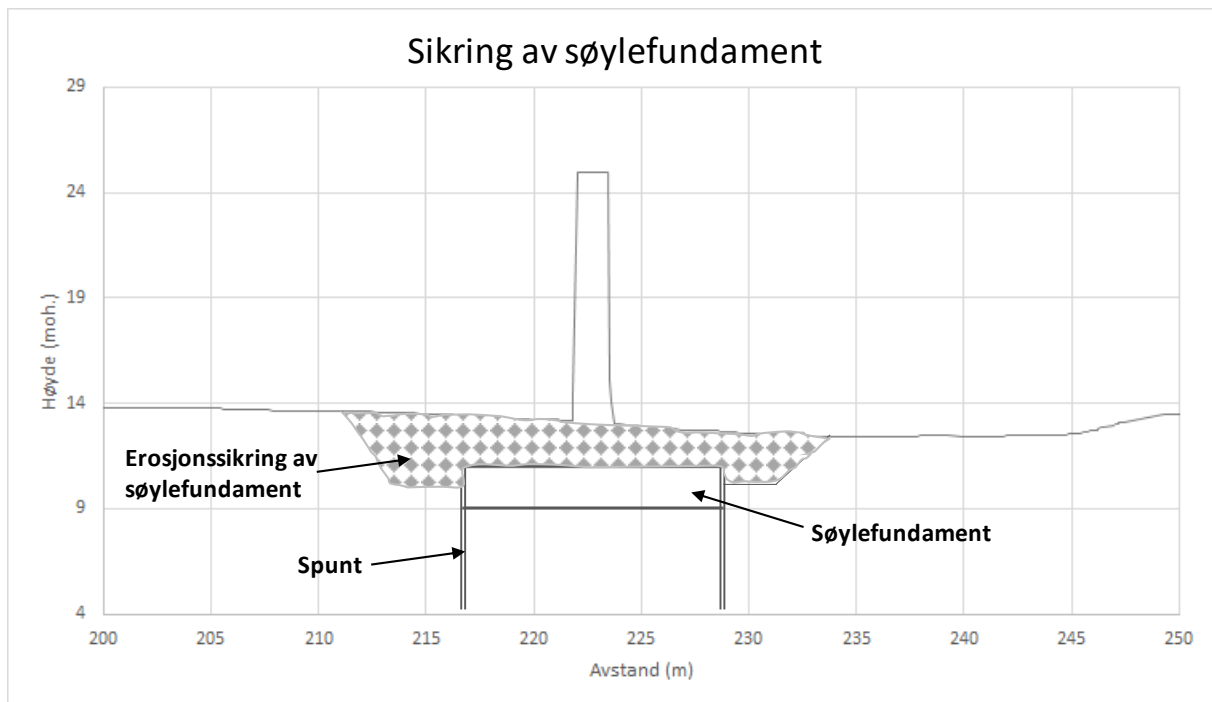
Bruer over Gaula ved Kåsa er planlagt med pilarer i Gaulas elveløp. På steder der brua krysser elva er det elvørrer og viktige gyteområder.

Brufundamentene er planlagt plassert ca. 2 meter under elvebunn. Arbeidene blir utført ved å lage en spunkasse rundt søylefundament slik at støpen kan utføres tørt. Etter støp, kappes spunt på nivå med overkant fundament. Plassering av pilarer i vannstrømmen kan føre til erosjon og dannelse av en grop rundt hver pilar, som vist i figur 5-3. Fundamentene har foreløpig dimensjoner på ca. 12 x 12 m og vil fungere som erosjonssikring rundt brusøylene.

I dimensjonering av fundamentene forutsettes at spuntene er ført så langt ned at de tåler erosjon på noen meter. Selv om fundamentene vil kunne tåle erosjon er det ikke ønskelig at fundamentene stikker ut i elveløpet ved eventuell erosjon rundt disse. Det er heller ikke ønskelig at det dannes erosjonsgrop rundt pilarene som kan føre til erosjon av gyteområdene rundt brua. Derfor er det anbefalt å sikre søylefundamentene som vist i figur 5-4. Detaljer av sikringstiltaket utføres i detaljprosjektering i samarbeid med biologer for å minimere konsekvenser for fisk.



Figur 5-3: Skisse av erosjon rundt brupilarer (Kilde: US Department of Transportation, fra [23]).



Figur 5-4: Skisse av erosjonssikring av søylefundament.

5.2.3 Erosjonssikring av veifylling på flomsletta

Sikring av veifyllingen kan løses på flere måter. Det vurderes at det gunstigst vil være at kjernefylling bygges motstandsdyktig mot erosjon, og da kan man tillate eventuell erosjon på den ytterste delen av veifyllingen ved sjeldne flommer. Alternativt, kan man sikre fyllingen med stein på tilsvarende måte til elveløpet, dog med fotgrøft under terreng og ikke i elva.

Det vurderes at det ikke vil være behov for sikring av veifylling på begge sidene av veifyllingene, kun den som ligger nærmest elva. Dette er imidlertid avhengig av type masser som benyttes i oppbygging av veifyllingen og lokale hydrauliske forhold. Behov for tetning eller forsterkning av veifyllingen bør vurderes basert på vanntrykk og type masser som benyttes.

Utformingen av erosjonssikring detaljeres sammen med detaljer om hvordan veifylling skal bygges (f.eks. behov for masseutskifting i bunnen), samt stedlige masser og lokale hastigheter. Tabell 5-1 viser kritiske hastigheter for forskjellige type overflater hentet fra rapporten «Overvannshåndtering og drenering for veg og jernbane» [24]. Kontroll av om stedlige masser tåler hastigheter ved flom og utformingen av sikringen utføres i detaljprosjektering.

Tabell 5-1 Kritisk hastighet for forskjellige type overflater (kilde: [24])

Overflate	Steinstørrelse (mm)	Mannings tall M	Kritisk hastighet (m/s)
Grøfter			
Skogbunn	-	5-10	3-4
Tett gress	-	10-20	1,5-2,5
Gresskledd jord	-	25-30	0,5-1,2
Leirig jord	0,1	30-50	0,5-0,8
Finsand, silt	0,1-1,0	40-50	0,3-0,5
Sand-grus	1,0-10,0	30-40	1,0-1,2
Grus, småstein	10-30	20-30	1,2-1,5

5.3 Beskrivelse av erosjonssikringstiltak langs Gaula

Det er planlagt erosjonssikring i Gaulas skråning på seks strekninger:

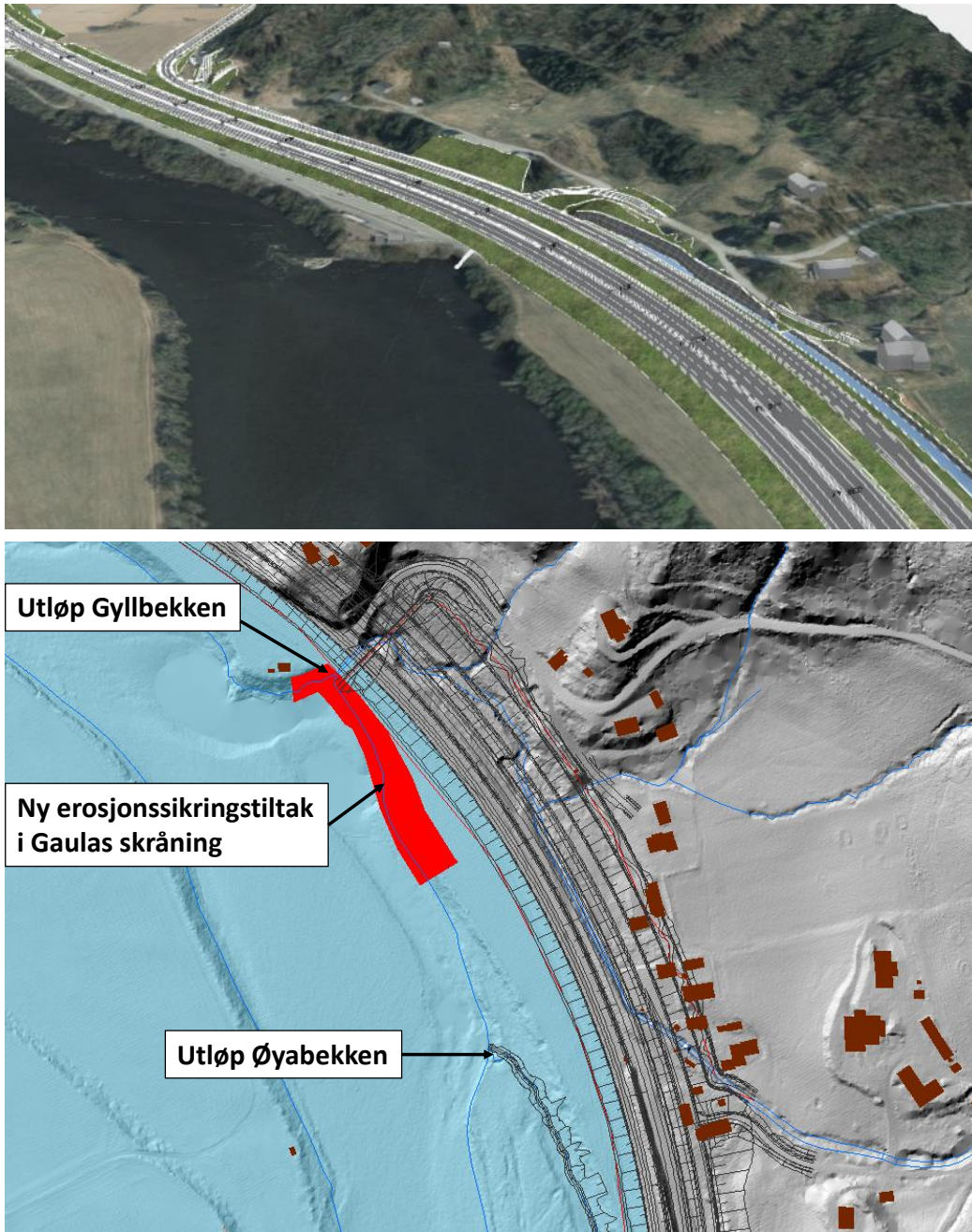
- 150 m ved utløp av Gyllbekken (profil 1000 – 1150): nytt sikringstiltak
- 1600 m ved Vollagrenda (profil 1450 – 3050): 1210 m nytt sikringstiltak og oppgradering av 390 m eksisterende sikringstiltak
- 360 m ved Røskaft (profil 5350 – 5650): 260 m nytt sikringstiltak i vest og oppgradering av 100 m eksisterende tiltak i øst
- 450 m ved Kåsa (profil 16200 – 16650): Oppgradering av eksisterende tiltak
- 480 m ved Øyan (profil 17150 -17650): Oppgradering av eksisterende tiltak
- 350 m ved Fornesbakken (profil 17300 – 17650): Oppgradering av eksisterende tiltak

For planlegging av tiltakene i denne rapporten forutsettes det at eksisterende sikringstiltak ikke tilfredsstiller dagens krav og bør oppgraderes, men dette bør bekreftes i en senere prosjektfase.

I tillegg skal fundamentene til Kåsabruene sikres mot erosjon.

5.3.1 Utløp Gyllbekken (ca. profil 1000 – 1150)

Figur 5-5 viser det planlagte sikringstiltaket ved utløpet av Gyllbekken. Dette stedet ligger ved en yttersving og det finnes sand på toppen av terrenget. Det må derfor prosjekteres ny erosjonssikring i elveskråningen. Erosjonssikring er nødvendig her for å sikre ny E6 fra erosjonsskader ved flom. Tilbaketrasket sikring vil kreve mye graving i flomsletten og en del av elveskråningen (inkludert kantvegetasjon). Det er derfor planlagt erosjonssikringstiltak i elvebredden på dette stedet. Dersom det er behov for å forlenge sikringstiltaket mot sør, forbi utløpet av Øyabekken og ca. til profil 850, anbefales det å vurdere en tilbaketrasket sikring.

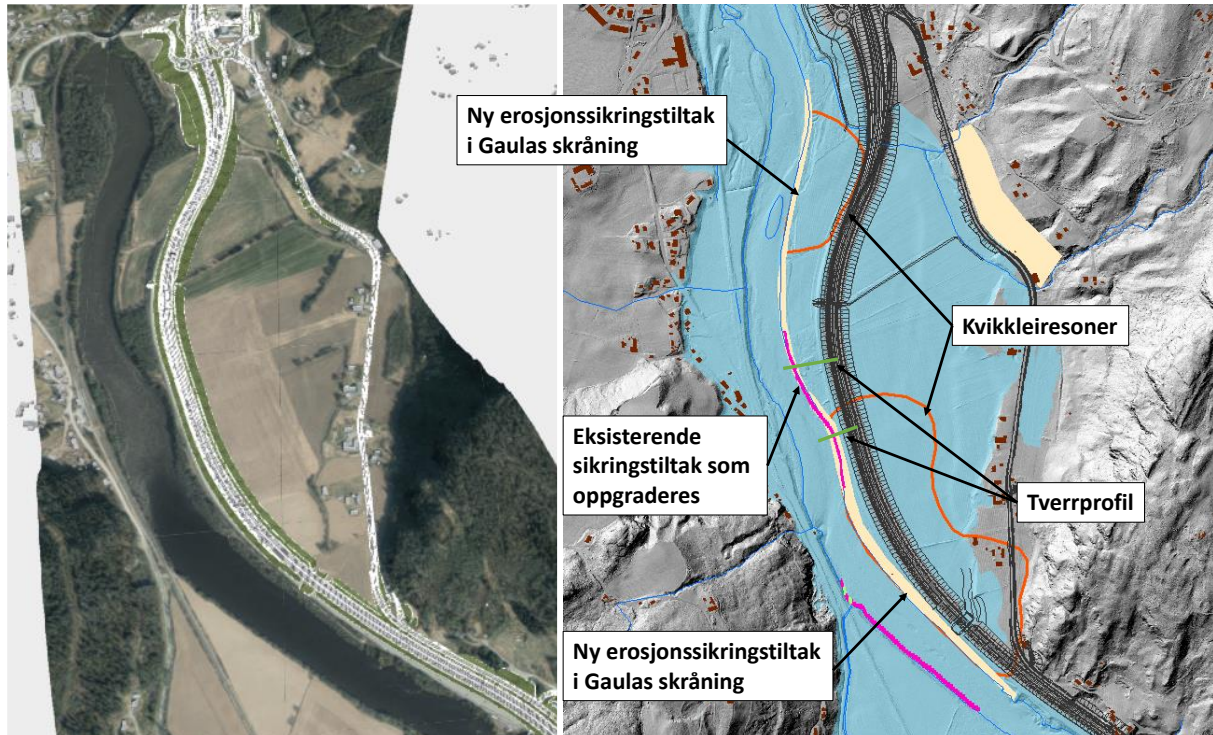


Figur 5-5 Oversikt over erosjonssikringstiltak ved utløp av Gyllbekken (Kilde: Norconsult)

5.3.2 Vollagrenda (ca. profil 1450 – 3050)

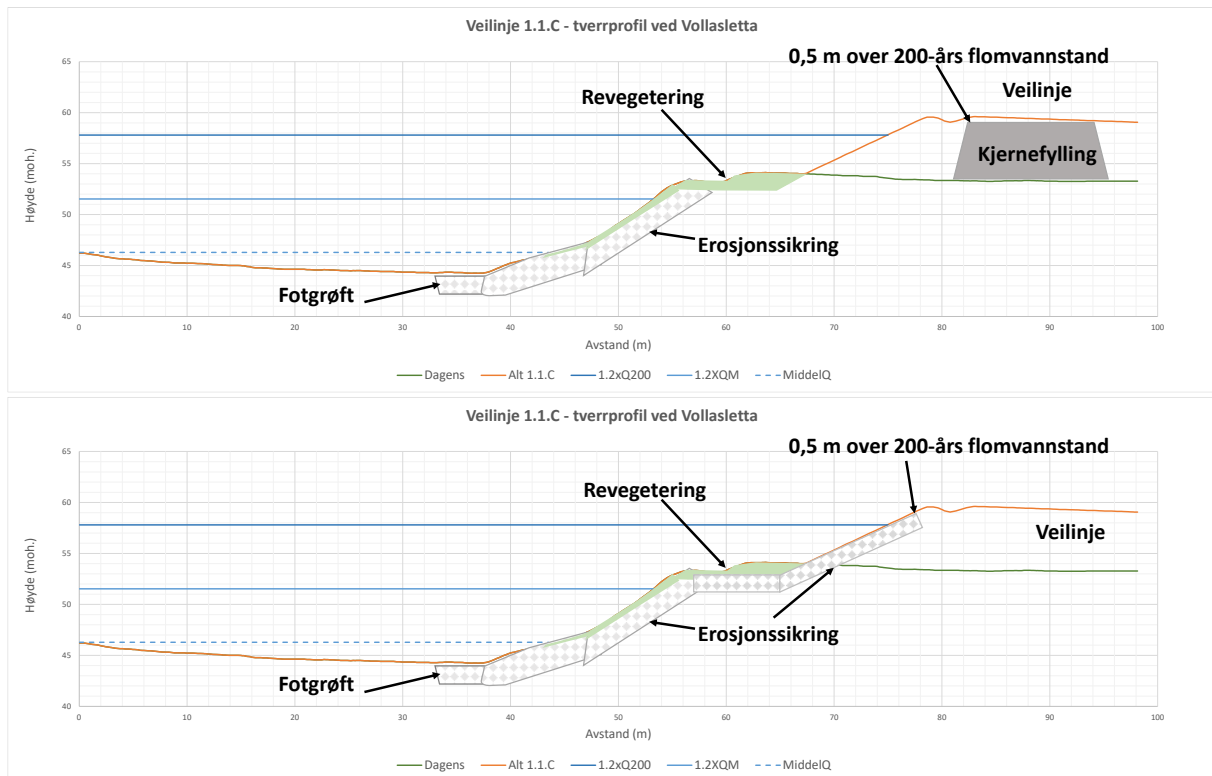
Figur 5-6 viser en oversikt av det ca. 1600 m langt planlagt erosjonssikringstiltaket ved Vollagrenda. Den nye veilinjen vil øke hastigheter i elveløpet ved dette stedet. På denne strekningen finnes det to kvikkleiresoner og det er derfor planlagt erosjonssikringstiltak langs Gaulas elvebredd. Strekningen mellom kvikkleiresonene sikres pga. usikkerheter i målepunkter og pga. at dette vil gi mer robusthet for erosjonssikringen ved kvikkleiresonene.

Sikringstiltaket består av nye sikringstiltak og oppgradering av eksisterende sikringstiltak i elveskråning. Tilstanden til den eksisterende erosjonssikringen og hvorvidt det er egentlig behov for å erstatte denne med ny erosjonssikring vurderes i neste fase.

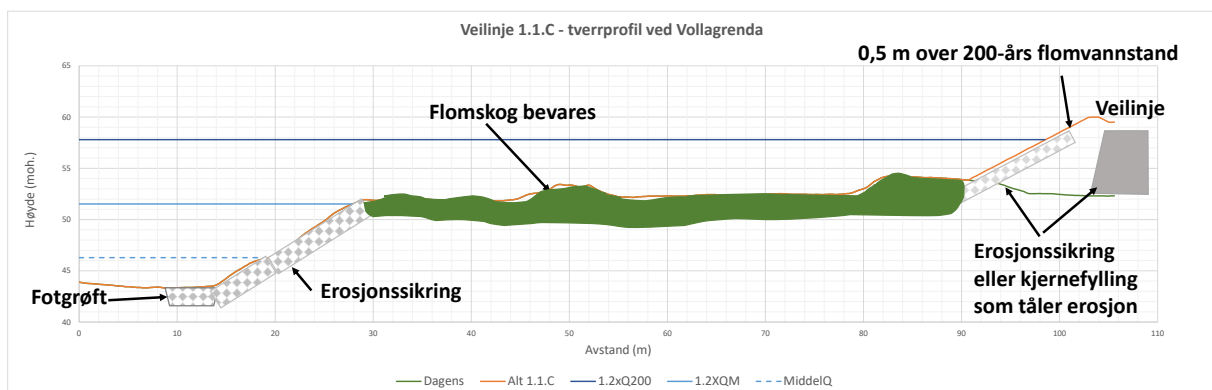


Figur 5-6 Oversikt over erosjonssikringstiltak ved Vollagrenda (Kilde: Norconsult)

Figur 5-7 og Figur 5-8 viser prinsippsskisser av sikringstiltaket i elveskråningen. Det presenteres tverrprofiler med liten og god avstand mellom veilinen og Gaula. I tillegg presenteres to varianter, en der veifyllingen er sikret mot erosjon og en annen med at det forutsettes at kjernefylling er motstandsdyktig mot erosjon mens man kan tillate erosjon på veifyllingen. Varianten med kjernefylling som tåler erosjon vil ha mindre påvirkning av området mellom veilinen og elveskråningen der dette området er utsatt for erosjon.



Figur 5-7 Prinsippskisse for erosjonssikring i Gaula ved Vollagrenda, liten avstand mellom veilinjen og Gaula (Kilde: Norconsult)



Figur 5-8: Prinsippskisse for erosjonssikring i Gaula, god avstand mellom veilinjen og Gaula, området dekket av flomskog (Kilde: Norconsult).

5.3.3 Røskaft

Ved Røskaft er det planlagt tiltak for å sikre fundamentene til den nye brua. Figur 5-9 viser en oversikt av erosjonssikringstiltakene ved Røskaft bru. På østre side er det i NVE-Atlas registrert flom- og/eller erosjonssikring. Det antas ved dette stadiet at denne bør oppgraderes, men behov for dette må vurderes nærmere i en senere prosjektfase.

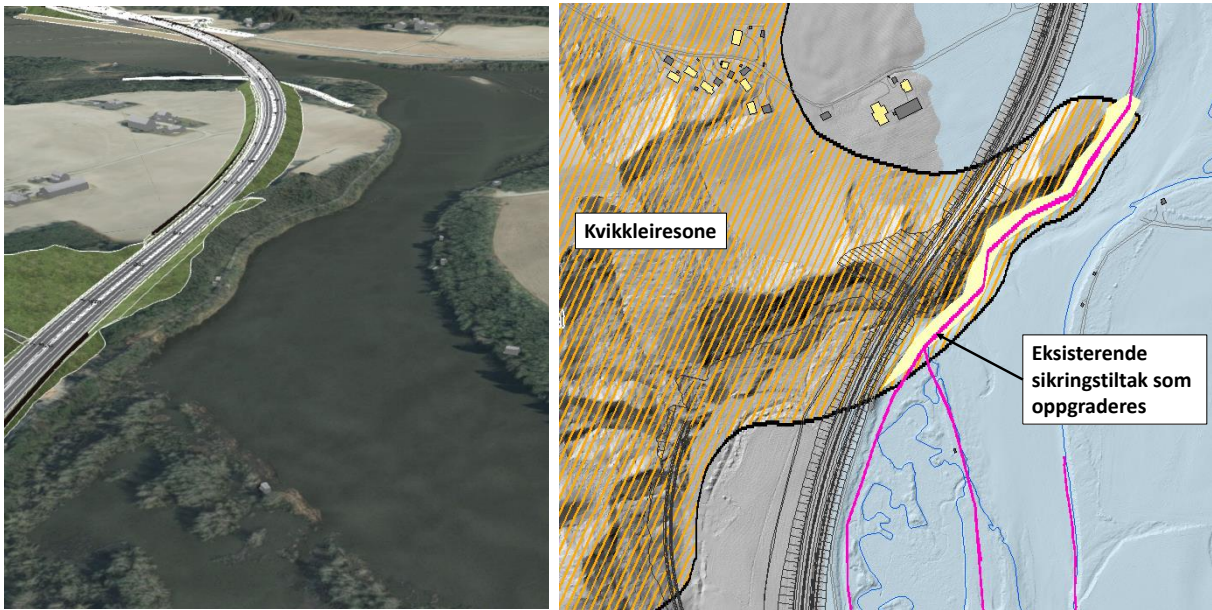
På østre side av Gaula er det planlagt sikring av elveskråning og rundt brusøylen opp til 200-års flomnivå pluss 0,5 m. På vestre siden er det planlagt sikring av elveskråning opptil 200-års flomnivå pluss en sikkerhetsmargin på 0,5 m.



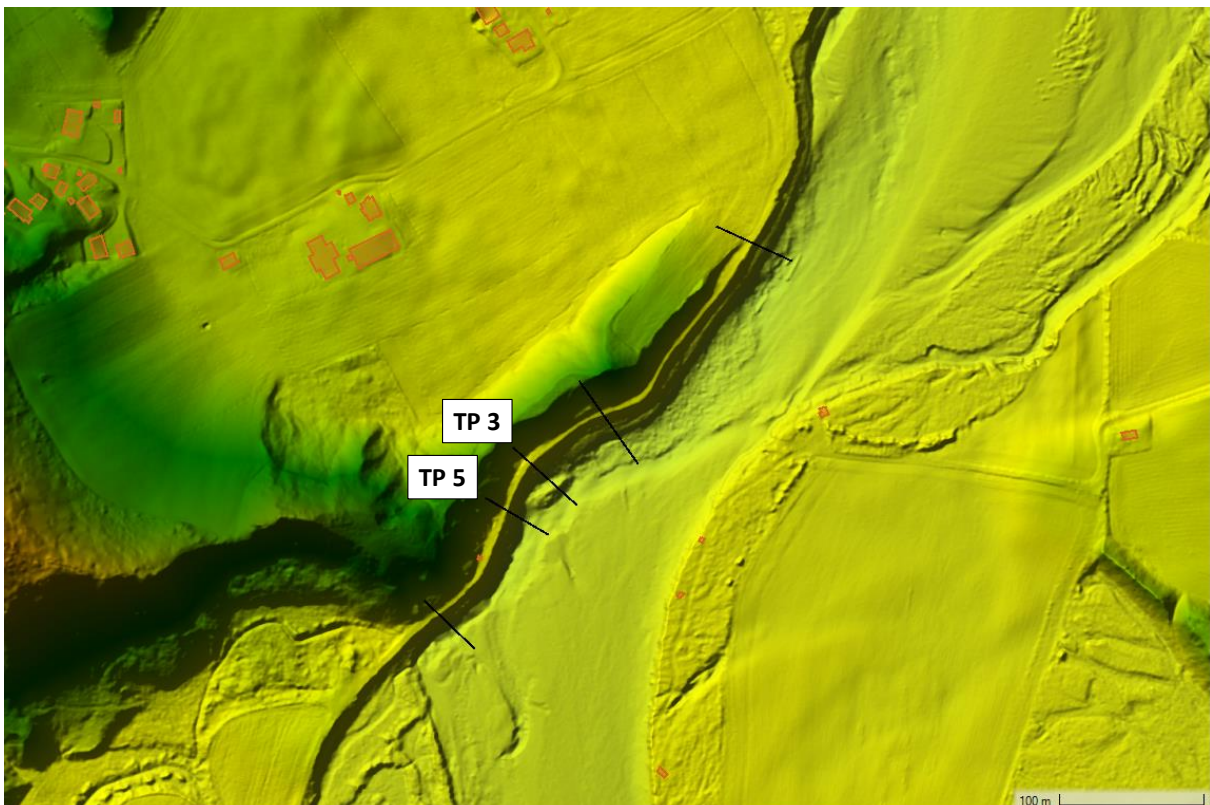
Figur 5-9 Oversikt over erosjonssikringstiltak ved Røskaft bru (Kilde: Norconsult)

5.3.4 Kåsa (profil 16 150 – 16 650)

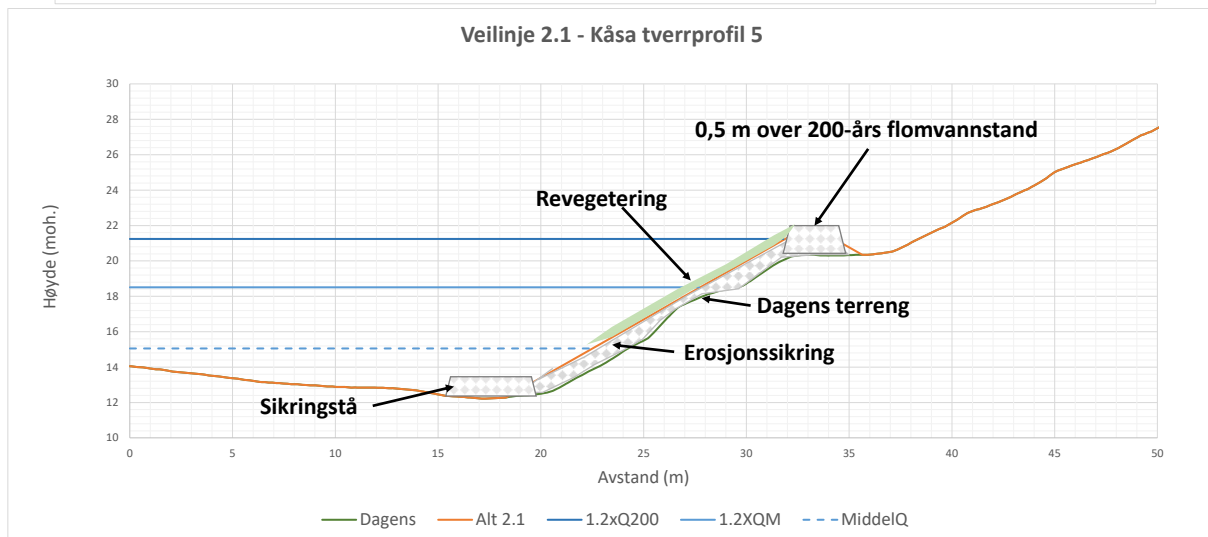
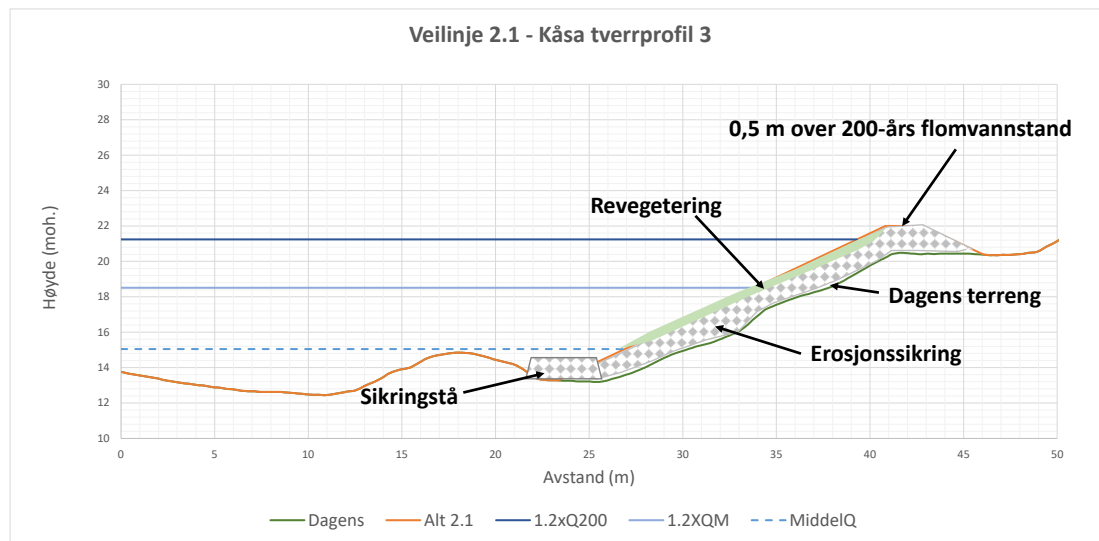
Ved Kåsa ligger den planlagte veien ved en kvikkleiresone som strekker seg ned til elven. Veilinjen og kvikkleiresonen ligger ved en yttersving i Gaula. Dert er derfor planlagt å oppgradere den eksisterende erosjonssikringen her. Figur 5-10 viser en oversikt over det planlagte tiltaket. Pga. stabiliteten i skråningen er det planlagt å legge den nye sikringen over den eksisterende elveskråningen. Et prinsipp for utforming av erosjonssikringen er vist i Figur 5-12, og plassering av tverrprofilene er vist i Figur 5-11.



Figur 5-10 Oversikt over erosjonssikringstiltak ved Kåsa (Kilde: Norconsult)



Figur 5-11 Plassering av tverrprofiler ved Kåsa (Kilde: Norconsult)

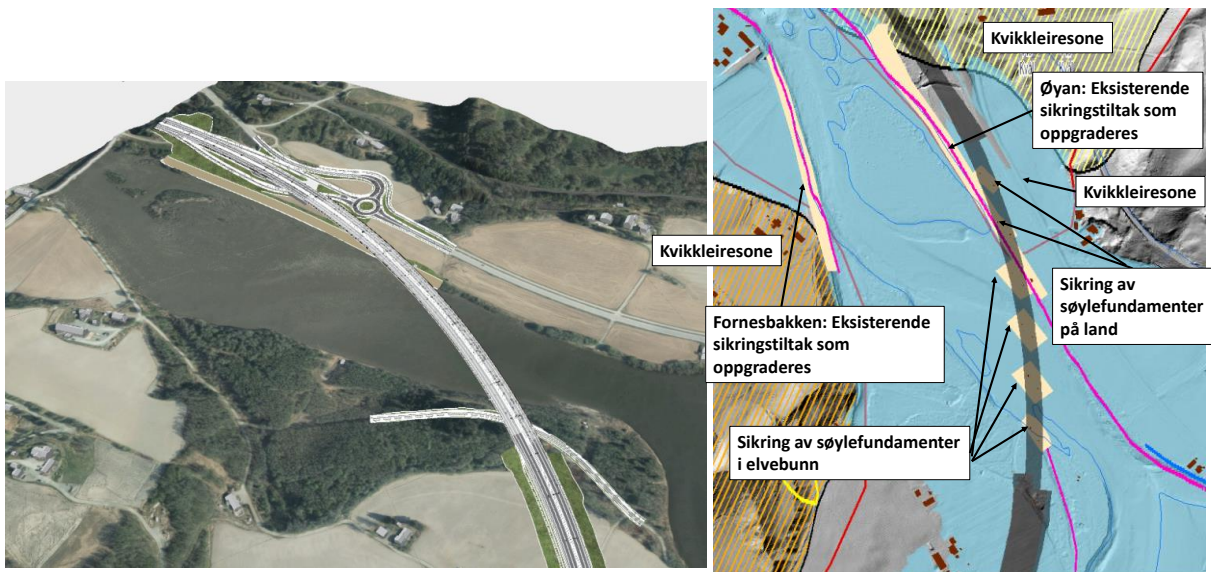


Figur 5-12: Prinsippskisse for erosjonssikring i Gaula ved Kåsa, erosjonssikring ved Kåsa er lagt over eksisterende terrengnivå (Kilde: Norconsult).

5.3.5 Kåsabruer og Øyan (16 900 – 17 650)

Kåsabruer har søyler og fundamenter i elveløpet. Det er planlagt sikring av søylefundamentene som er plassert i elven samt rundt brusøyler der disse er plassert på land (ved Øyan). Figur 5-13 viser en oversikt av de planlagte tiltakene.

Det er også planlagt en oppgradering av de eksisterende erosjonssikringstiltakene ved Øyan og Fornesbakken. Ved Øyan finnes det en kvikkleiresone som strekker seg til elvekanten. Ved Fornesbakken medfører den planlagte veien en økning av hastigheter og derfor skal behov for oppgradering av den eksisterende erosjonssikringen vurderes. Dette bør bekreftes i en senere prosjektfase.



Figur 5-13 Oversikt over erosjonssikringstiltak ved Kåsabrue og Øyan (Kilde: Norconsult)

6 DISKUSJON OG VIDERE ARBEID

Som presentert i kapittel 3 og 4 vil den planlagte veien føre til endringer i strømningsforholdene sammenlignet med dagens situasjon, og ulemper til tredjepart. Det er kartlagt både vannstand- og hastighetsendringer, samt flomutsatte områder med stor fare som beskrevet i TEK-17 [17].

Vannstandstigning er beregnet opp til ca. 40/50 cm øst for den nye veien ved Gyllan, og ca. 20/25 cm vest for Gaula ved Krokstad og Evjeøyen. Ved Gammelelva naturreservatet er vannstandstigning beregnet til ca. 10 cm. Økningen i utbredelsen av flomsone er beskjeden, men tre bolighus som ikke er oversvømt i dagens situasjon ved en 200-års flom, vil etter tiltaket bli oversvømt.

Bygg og infrastruktur som vil få endringer i vannstandstigning ved en 200-års flom (inkludert klimapåslag) er listet opp i Tabell 6-1 og Tabell 6-2. Byggene er hentet fra FKB-databasen og det er ikke tatt hensyn til om byggene blir innløst. Det er utført en mer detaljert vurdering av vannstand før og etter tiltaket som viser at flere av disse byggene er allerede flomutsatt med vanddybder over 1 m. Dette gjelder også for den berørte jernbanen mellom Gyllan og Hovin.

Tabell 6-1: Antall berørte bygg og infrastruktur med endring i vanddybder ved 1,2xQ200, strekning Gyllan-Kvål.

Infrastruktur	Vannstandsøkning (cm)		
	> 20	10 - 20	3 - 10
Boligbygg	18	10	11
Andre bygg	30	22	26
Infrastruktur (hele strekningen)	E6, jernbane, lokalvei	E6, jernbane, lokalvei	E6, jernbane, lokalvei
Jernbane og jernbanefylling (meter)	1320	1760	1830

Tabell 6-2: Antall berørte boligbygg og infrastruktur med endring i vanddybder ved 1,2xQ200, fordelt mellom delstrekninger.

Type bygg/ strekning	Vannstandsøkning (cm)		
	> 20	10 - 20	3 - 10
Boligbygg Gyllan - Hovin	18	3	3
Boligbygg Røskaft – Homyrkamtunnel sør	0	0	3
Boligbygg Losa - Kvål	0	7	5

Ved en stor flom i Gaula vil innsnevring av flomsone i området Vollagrenda og Gylløyen forårsake vannstandstigning og hastighetsøkninger. Selv om hastighetsøkningen ved en 200-års flom i elveløpet er beregnet opp til ca. 1 m/s er den økte hastigheten lavere enn hastigheten i elven før det begynner å renne over flomsletten (ca. en 20-års flom).

Mellom Røskaft og Homyrkamtunnel er den største økningen i hastigheter på flomsletten. Enkelte elveskråninger, jernbanefylling og bolighusene på de utvalgte punktene mellom Røskaft og Homyrkamtunnel sør får en økning av hastigheter på ca. 0,1 m/s sammenlignet med de høyeste hastigheter ved dagens situasjon.

Ved Øyan er økningen av hastigheter ved det trangeste partiet i elveløpet, med en hastighetsøkning på ca. 0,5 m/s fra 2,5 - 3,0 m/s til 3,0 - 3,5 m/s.

Ved Gylløyan, Rønningen og Systuløkkja vil det flomutsatte området med stor fare (der dybden er større enn 2 meter og/eller der produktet av dybde og vannhastighet er større enn $2 \text{ m}^2/\text{s}$) øke sammenlignet med dagens situasjon. Fire boligbygg vil havne i denne faresonen. For disse byggene gjelder sikkerhetsklasse for flom F3, dvs. bør sikres mot en 1000-år flom. På strekningene Røskaft – Homyrkamtunnel sør og Losa - Kvål er økningen i denne faresonen beskjedent og ingen bolig vil havne i den økte faresonen etter tiltaket.

I en senere prosjektfase bør det gjøres en mer detaljert vurdering av den forverret flomsituasjonen sammenlignet med dagens forhold for hvert berørt bygg og infrastruktur. Lokale økninger av hastigheter bør vurderes sammen med stedlige grunnforhold for å fastsette om det vil være en økt fare for erosjon, skader på bygg og fare for liv og helse. For bygg og infrastruktur der ulemper vurderes å være vesentlige bør det utføres avbøtende tiltak.

6.1 Avbøtende tiltak mot økning i flomvannstander

Den planlagte veien er simulert på en forenklet måte i modellen og det er benyttet kulvertstørrelser for sidebekkene som er dimensjonert mot flomvannføring i disse bekken. Det er anbefalt at utforming av kulvertene under veien optimaliseres med hensyn til flomavledning ved flom i Gaula ved en senere fase, men det har blitt gjort noen simuleringer på dette stadiet for å gi en innledende vurdering av noen avbøtende tiltak.

På strekningen Gyllbekken – Hovin er det simulert situasjonen med større lysåpning sør og nord på Vollasletta (økning av viltpassasje fra 20 m til 60 m og traktorkulvert økt fra 10 m til 40 m). Resultater fra denne simuleringen viser at økning av lysåpninger bidrar med begrensede reduksjon av de økte vanndybder og hastigheter. Tiltaket vil redusere vannstandstigning med under 5 cm på vestsiden av Gaula og ca. 12 cm på Vollagrenda. Det anbefales å undersøke om en større kulvert ved Øyabekken kunne bidra med å senke vannansamling øst for veilinen. Et annet alternativ vil være å forhøye E6 sør for Gyllan.

Det er ikke vurdert avbøtende tiltak på strekning Røskaft – Homyrkamtunnel sør.

På strekningen Homyrkamtunnel nord (Losa) – Kvål er det simulert forlengelse av Kåsabruene mot sørvest med hhv. 45 m og 150 m.

En forlengelse av Kåsabruene med 45 meter vil redusere vannstandstigning ved Fornes (bolighus og jernbanen) fra 12 cm til 7 cm, mens på østsiden av ny E6 ved Kvål vil vannstandstigningen øke fra 6 cm til 9 cm.

En forlengelse av Kåsabruene med 150 meter vil redusere vannstandstigning ved Fornes (bolighus og jernbane) fra 12 cm til 5 cm, mens på østsiden av ny E6 ved Kvål vil vannstandstigningen øke fra 6 cm til 10 cm.

Veifyllingene på søndre og nordre endene av Kåsabruene påvirker strømningsforholdene og utforming av brukryssingen her bør optimaliseres i en senere fare. Ved de simulerte forlengelsene av Kåsabruene mot sørvest vil man få en økning i flomvannstand på østsiden av ny E6. En forlengelse av Kåsabruene mot nord eller en vannkulvert for å drenere området på østsiden av ny E6 ved Kvål kan vurderes. Det er planlagt en veikulvert for avkjøringsveien i dette området, men denne kulverten er ikke i modellen. Det bør kontrolleres om denne kan hjelpe med å drenere området øst for den nye veien.

Ved noen bygg kan det eventuelt utføres lokale avbøtende tiltak.

6.2 Erosjonssikring som avbøtende tiltak

Forslag til erosjonssikringstiltak i forbindelse med ny veilinjen er omtalt i kapittel 5, men det kan også være aktuelt å gjennomføre erosjonssikringstiltak utenfor planområdet for å redusere fare for erosjon som følge av den planlagte veien. Dette er ikke undersøkt nærmere i denne rapporten.

Økning i hastigheter i Gaula og på flomsletten vest for Gaula ved Krokstad, Hovin og Evjeøyen kan medføre større erosjonsfare enn dagens situasjon. Eksisterende erosjonssikringstiltakene langs Gaula bør undersøkes nærmere for å sikre at disse tåler økte hastigheter. Eventuelt bør disse forsterkes.

Mellom Kåsa og Kvål vil hastighetsøkningen øke fare for erosjon, også på vestsiden av Gaula. Ifølge opplysninger fra [2] hadde sikringstiltaket i Gaula ved Fornesbakken en tiltaksplan i 2010, og høydegrunnlag antyder at sikringstiltaket kan ha vært utbedret etter det. Det bør kontrolleres at sikringstiltaket som ligger der i dag tåler en flomsituasjon med økte hastigheter.

7 REFERANSER

- [1] NVE, «NVE Atlas,» NVE, [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/html5Viewer/?viewer=nveatlas>. [Funnet 15 11 2021].
- [2] NVE, «Erosjonssikringstiltak i Gaula. Kartlegging av tilstand og reparasjonsbehov,» 2010.
- [3] Norconsult, «NV50E6GK-VAA-RAP-0005 Hydrologi i sidevassdrag Gyllan - Kvål.,» 2023.
- [4] NVE, «NVE Atlas,» [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/html5Viewer/?viewer=nveatlas>. [Funnet 22 02 2022].
- [5] 2. NVE, «Flomsonekart. Delprosjekt Melhus».
- [6] Vegdirektoratet, «Vegbygging. Håndbok N200,» 2018.
- [7] N. AS, «E6 Korporalsbrua - Kvål. Avklaring som gjelder dimensjonerende flom til diskusjon med NVE,» 2021.
- [8] NVE, «Klimaendring og framtidige flommer i Norge,» 2016.
- [9] Vegdirektoratet, «Bruprosjektering. Håndbok N400,» 2022.
- [10] Kartverket, «Høydedata,» [Internett]. Available: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>. [Funnet 09 11 2020].
- [11] Terratec, «Laserskanning for elvekartlegging. Kartlegging av Gaula,» 2016.
- [12] Cowi, «Laserrapport NDH Sør-Trøndelag 5 pkt 2015,» 2016.
- [13] HEC, «Hec-Ras. River Analysis System. User's Manual,» 2016.
- [14] HEC, «Hec-Ras. River Analysis System. 2D Modeling User's Manual,» 2016.
- [15] NVE, Vassdragshåndboka. Håndbok i vassdragsteknikk, 2010.
- [16] Kartverket, «Norge i Bilder,» [Internett]. Available: <https://www.norgebilder.no/>. [Funnet 01 2021].
- [17] D. f. Byggkvalitet, «Byggteknisk forskrift med vedlegg,» Direktoratet for Byggkvalitet, 2017. [Internett]. Available: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>. [Funnet 23 02 2021].
- [18] NVE, «Moduler,» NVE, [Internett]. Available: <https://www.nve.no/moduler/modul-f2-201-ordna-steinlag-sidesikring-prosjektering/>. [Funnet 15 12 2021].
- [19] NORCE, «Tiltakshåndbok for bedre fysisk vannmiljø: God praksis ved miljøforberedende tiltak i elver og bekker.,» 2018.
- [20] U. Research, «Mer miljøvennlige erosjonssikringstiltak,» 2017.
- [21] NVE, «Kantvegetasjon langs vassdrag,» 2019.
- [22] NVE, «Sikringshåndboka,» NVE, 25 05 2018. [Internett]. Available: <https://sikringshandboka.nve.no/moduler/modul-f0-101-miljotilpassing-av-sikring-i-vassdrag/>. [Funnet 22 02 2022].
- [23] U. D. o. Transportation, «HEC-18. Evaluating Scour at Bridges. Fifth Edition,» 2012.
- [24] NVE, «Overvannshåndtering og drenering for veg og jernbane,» 2016.

- [25] Nye Veier, «NV50E6GK-PLA-RAP-0011,» 2021.
- [26] Samferdselsdepartementet, «Meld. St. 20 (2020–2021),» 2021.
- [27] Statens vegvesen, «Håndbok V712 Konsekvensanalyser,» 2021.
- [28] Miljødirektoratet, «Veileder M-1941 Konsekvensutredninger for klima og miljø,» 2021.
- [29] S. sentralbyrå, «Regionale befolkningsframskrivninger,» 2020. [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/befolkning/befolkningsframskrivninger/statistikk/regionale-befolkningsframskrivninger>. [Funnet 3 januar 2022].

VEDLEGG

1 E6 KORPORALSBRUA - KVÅL. AVKLARING SOM GJELDER DIMENSJONERENDE FLOM TIL DISKUSJON MED NVE

Oppdragsgiver: Nye Veier

Oppdragsnr.: 5207617 Dokumentnr.: Hyd-01 (foreløpig)

Til: Jan Olav Sivertsen, Nye Veier

Fra: Carolina Frias Uribe

Dato: 2021-05-18

► E6 Korporalsbrua - Kvål. Avklaring som gjelder dimensjonerende flom til diskusjon med NVE

1 Innledning

Statens vegvesen håndbok N200 (1) (kapittel 4 – Vannhåndtering), angir krav for hydrologiske beregninger og dimensjonerende flom. Veiene bør plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot dimensjonerende flom. Dimensjonerende flom for E6 Korporalsbrua-Kvål er 200-års flom. I tillegg bør det brukes en sikkerhetsfaktor (F_u) og en klimafaktor (F_k), som vist i likningen nedenfor.

$$Q_{\text{dim},T} = Q_T \cdot F_k \cdot F_u$$

Der:

$Q_{\text{dim},T}$ = Dimensjonerende avrenning for returperiode T (m^3/s)

Q_T = Beregnet avrenning for returperiode T (m^3/s)

F_k = Sikkerhetsfaktor for fremtidige klimaendringer

F_u = Sikkerhetsfaktor for usikkerhet ved beregningsmetode

I N200 er klimapåslag for tidligere Sør-Trøndelag fylke oppgitt til 1,2 for små (areal under 10 km²) og store nedbørfelt. N200 viser videre til Klimaprofiler for hvert enkelt fylke for ytterligere informasjon angående klimapåslag. Usikkerhetspåslaget for en vei i sikkerhetsklasse V3 er 1,2.

Statens vegvesen håndbok N400 (2) angir at fri høyde over vassdrag bestemmes slik at det er minst 0,5 m klaring mot overbygningen ved beregnet vannstand for 200-års flom.

Linjepålegg, dvs. byggehøyde for topp asfaltdekke i vegens senterlinje, skal iht. håndbok N100 (3) bestemmes med utgangspunkt i beregnede vannstander for 200-årsflom og i tillegg en sikkerhetsmargin, som inkluderer klimapåslag. Valg av sikkerhetspåslag og klimapåslag gjøres i samråd med Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).

Håndbøkene er skrevet på forskjellige tidspunkter, og det er presentert forskjellige krav for dimensjonerende flom. Det er uklart hvordan skal man samkjøre kravene i de forskjellige håndbøkene. Vi har vært i kontakt med Statens vegvesen for å avklare hva er gjeldende krav, og spesielt om bruk av sikkerhetsfaktor for usikkerhet ved beregningsmetoden. Et utdrag fra svaret fra SVV er vist nedenfor:

«..tanken med kravene i kap. 404 i N200 er at det er et felles rammeverk for hydrologiske beregninger, og dermed gjelder også for bruer og linjehøyde. F_u er ment å kun håndtere usikkerheten i beregningen av $Q_{\text{dim}}(T)$, dvs. gi oss et litt sikrere estimat på at verdien som beregnes er like stor eller større enn vannføringen ved en T-årsflom i fremtidig klima... Dersom det ut fra en faglig vurdering blir svært konservativt og fordyrende er det mulig å søke fravik fra kravene.»

2 Flomberegninger

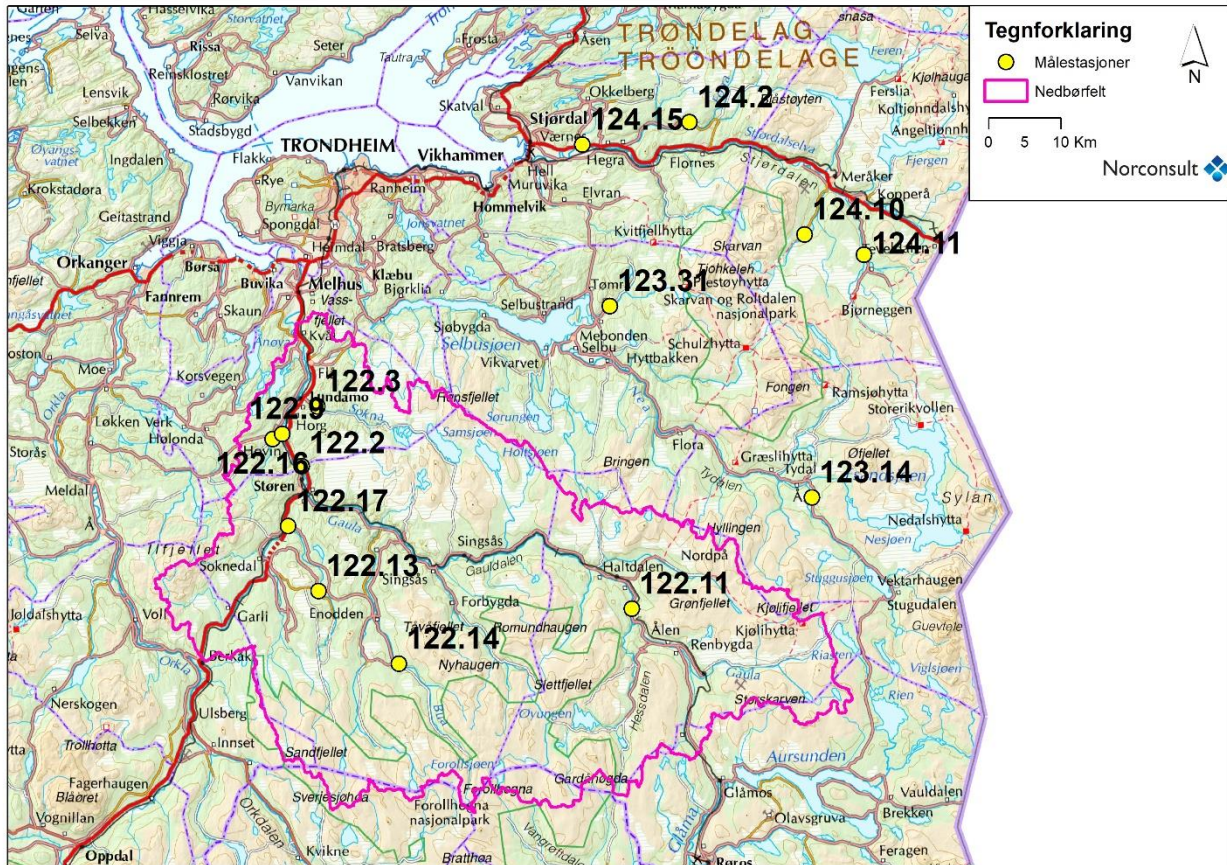
I forbindelse med reguleringsplan for ny E6 mellom Korporalsbrua og Kvål er det utført flomberegninger for Sokna og Gaula. Det er behov for beregning av 200- års flom. Det er utført flomberegninger med to metodologier: flomfrekvensanalyse av målestasjoner i nærområdet og formelverk fra regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018 og RFFA-1997). Disse verdiene er sammenlignet med verdiene fra flomberegning utført av NVE i 2000 i forbindelse med flomsonekartlegging (4).

2.1 Flomfrekvensanalyse

Det finnes flere observasjoner i selve vassdraget. De viktigste hydrometriske stasjonene i vassdraget er 122.9 Gaulfoss, 122.2 Haga bru, 122.11 Eggafoss, 122.17 Hugdal bru, 122.14 Lillebudal bru, 122.16 Gaua og 122.3 Merrafoss¹. Gaulfoss og Haga bru er noe påvirket av regulering, men overføringen fra Holtsjøen og noen små bekker til Lundesokna antas å ha lite betydning for flomdata. Øvrige stasjoner i vassdraget, unntatt Merrafoss, er uregulerte. Observasjoner ved målestasjon Gaua er usikre pga. ustabil profil og utfordrende hydraulikk, og anbefales ikke av NVE for flomvurderinger.

Det er utført analyser av flomstørrelser i Sokna, Gaula og nærliggende vassdrag. Figur 1 viser en oversikt over utvalgte målestasjoner. De fleste av de observerte flommene opptrer om våren, men det er registrert noen store flommer om høsten. Den største flommen i vassdraget i 1940 kom om høsten. Det er derfor utført flomfrekvensanalyser på årsflommer.

¹ Generell dataserie 122.3.0.1001.0 gir tilnærmet total vannføring i Lundesokna (250 km²). Serien har 3 perioder: 1) =122.3.0.1001.1 2) =122.6.0.1001.1 (Øvre Møllefoss) 3) = SUM 122.15.0.1055.1 + 122.8.0.1008.1 (Sokna kraftverk + Sokna kraftverk overløp)



Figur 1 Oversikt over målestasjoner

Tabell 1 viser middel og 200-årsflom (årsflommer) fra flomfrekvensanalysen. Den største registrerte flommen og datoen er også vist. Den største registrerte flommen er i gjennomsnitt ca. 90 % av 200-års flommen, men flommen i 1940 er større enn 200-årsflommen fra frekvensanalysen. Flommen i 1981 registrert i Sokna er ca. en 200-årsflom fra frekvensanalysen.

Tabell 1 Resultater fra flomfrekvensanalysen, døgnflomverdier

Målestasjon	Periode	Antall år	Middel-flom QM (l/skm ²)	Fordeling	Q200/QM	Q200 (l/skm ²)	Største obs. flom (l/skm ²)	Dato
122.11 Eggafoss	1941-2020	80	267	GEV	2.33	622	602	27.05.1941
122.13 Økdalsmo bru	1964-1980	17	340	Gumbel	2.33	790	552	22.07.1973
122.14 Lillebudal bru	1964-2020	57	323	GEV/Gumbel ¹	2.82	911	724	01.06.1973
122.16 Gaua	1970-2020	47	247	GEV	3.48	859	791	12.05.1981
122.17 Hugdal bru	1973-2020	48	224	GEV/Gumbel¹	2.08	464	463	13.05.1981
122.2 Haga bru	1908-2020	113	240	GEV	2.51	602	703	24.08.1940
122.3 Merrafoss	1920-2020	87	199	GEV	3.15	626	737	24.08.1940
122.9 Gaulfoss	1958-2020	52	235	GEV/Gumbel¹	2.01	473	407	01.06.1973
123.14 Fossan	1919-1961	43	234	GEV	2.72	637	519	10.06.1944
123.31 Kjeldstad i Garberg	1960-2020	61	437	GEV	1.85	809	742	16.08.2011
124.10 Mannseter	1963-1993	31	485	Gumbel	2.20	1068	778	05.09.1970
124.11 Dalå	1963-1983	21	392	Gumbel	2.46	963	904	02.07.1969
124.15 Børstad	1992-2020	29	404	Gumbel	2.88	1166	1017	31.01.2006
124.2 Høggås bru	1962-2020	59	281	Gumbel	1.93	542	521	31.01.2006

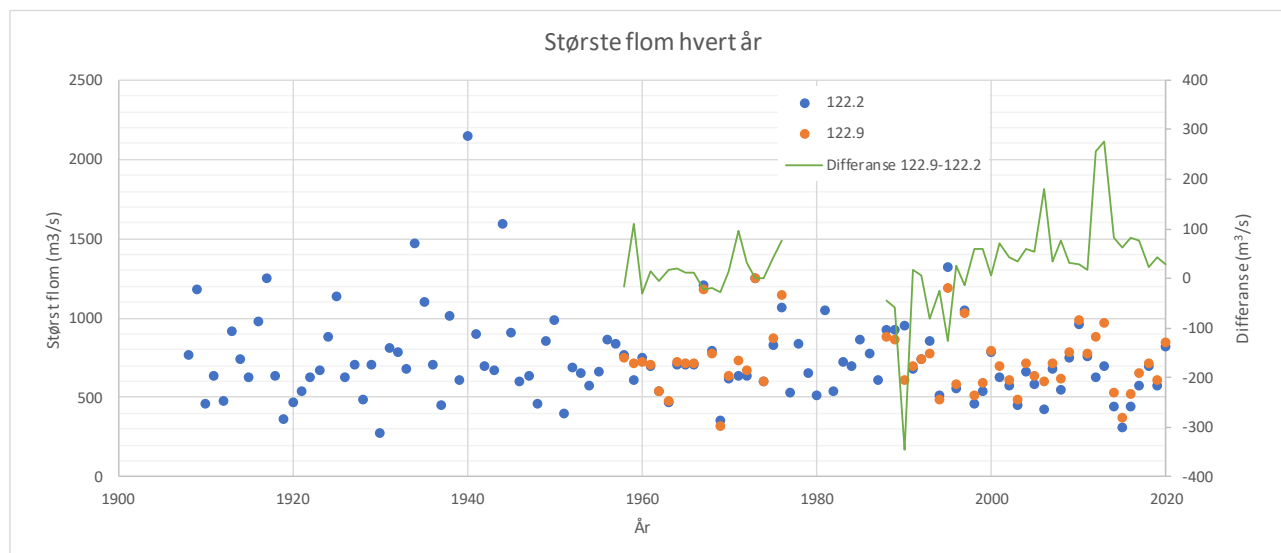
¹ Middelvei fra GEV og Gumbel

Målestasjon 122.2 Haga bru og 122.9 Gaulfoss ligger i Gaula nedstrøms samløp med Sokna i nærheten av hverandre. Nedbørfeltareal til Haga bru er 3060 km², mens nedbørfeltarealet til Gaulfoss er 3086 km². Resultater for 200-års flom fra flomfrekvensanalysen er betydelige forskjellige ved disse to målestasjonene. 200-års flom ved Haga bru og Gaulfoss er henholdsvis ca. 600 l/skm² og 470 l/skm². Middelflom ved målestasjonene er ganske like (235 – 240 l/skm²), mens vekstfaktoren Q200/QM er 2,51 og 2,01 for henholdsvis Haga bru og Gaulfoss. Ifølge opplysninger i NVEs database er flomverdiene ved målestasjon 122.2 Haga bru usikre pga. ustabil profil og det anbefales å bruke data fra 122.9 Gaulfoss. Kurvekvalitet ved Gaulfoss er oppgitt til «meget bra». Registreringsperiode ved Haga bru er lengre enn perioden ved Gaulfoss og inkluderer den største flommen registrert i området i 1940. Derfor er det sammenlignet de største flommene hvert år ved disse 2 målestasjonene (vist i Figur 2).

Mellom 1977 og 1987 er det data avbrudd på målinger ved Gaulfoss. I den felles perioden, er det 6 år der den absolutte differansen er over 100 m³/s (hvorav 4 ganger er vannføringen registrert ved Gaulfoss større enn Haga bru), ellers er det ikke registrert så store forskjeller på de registrerte flommene ved begge målestasjonene. Det tre største observerte flommer i vassdraget (1940, 1944 og 1934) er registrert ved Haga bru, før målestasjonen Gaulfoss ble satt i drift (1958).

Totalt feltareal som er regulert og overført ut av nedbørfeltene til målestasjonene er ca. 102 km², som tilsvarer ca. 3,3 % av totalfeltene. Det vurderes at reguleringene har lite påvirkning på flommene og kan derfor ikke forklare de lavere flomverdiene beregnet ved målestasjon 122.9 Gaulfoss sammenlignet med 122.2 Haga bru.

Selv om flomverdiene ved målestasjon Haga bru er usikre som følge av ustabil profil velges det å vektlegge observasjoner ved denne målestasjonen da den har en lang observasjonsperiode med viktige flomhendelser.



Figur 2 Størst flom hvert år ved målestasjon 122.2 Haga bru og 122.9 Gaulfoss

2.1.1 Multipel regresjonsanalyse

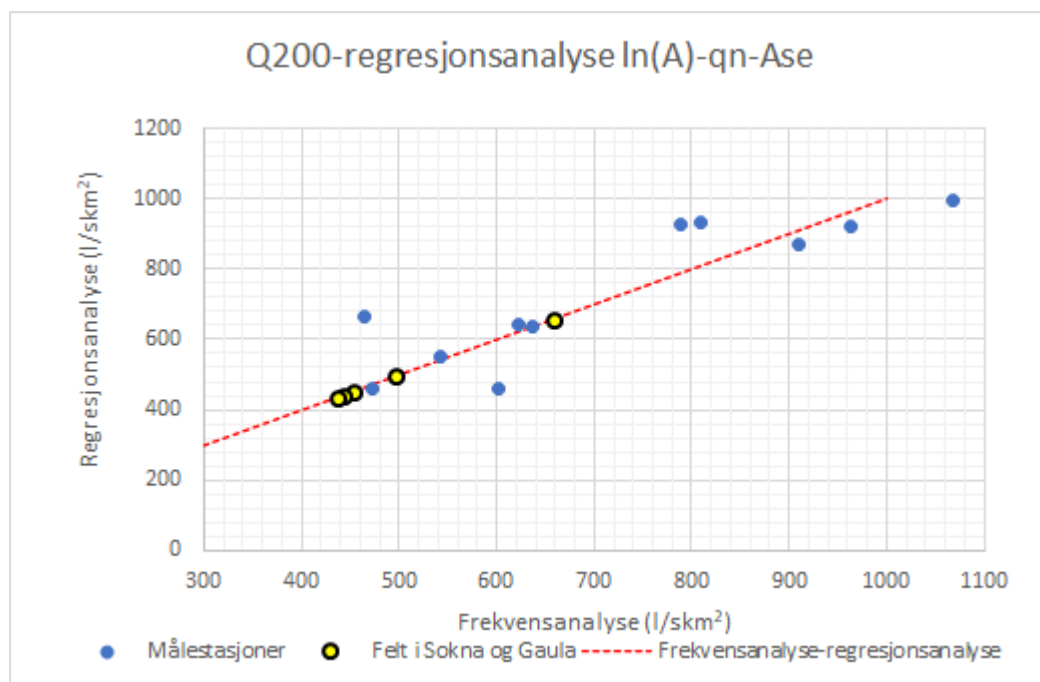
Det er utført en multipel regresjonsanalyse på datasettet ovenfor for 200-års flom ekskludert Merrafoss (regulert) og Gaua (etter anbefalinger fra NVE i Hydra II). Denne analysen viser at feltareal, årsmiddeltlig og effektiv sjøprosent kan forklare en del av variasjonen i den spesifikke 200-årsflommen.

Regresjonsanalysen gir en akseptabel forklaringsgrad ($R^2 = 0,77$) og signifikans (mellom 0,9 og 4,1), og ligningen blir:

$$Q_{200} [l/(s \cdot km^2)] = 1345,5 - 134,5 \cdot \ln(A) + 7,2 \cdot Q_N - 108,0 \cdot A_{SE}$$

Tabell 2 200-års døgnflomverdier fra frekvensanalyse og fra regresjonsanalyse

Målestasjon	Q200 (l/skm ²) frekvensanalyse	Q200 (l/skm ²) regresjonsanalyse ln(A)-Qn-Ase
122.11 Eggafoss	622	641
122.13 Økdalsmo bru	790	929
122.14 Lillebudal bru	911	869
122.17 Hugdal bru	464	662
122.2 Haga bru	602	460
122.9 Gaulfoss	473	458
123.14 Fossan	637	637
123.31 Kjeldstad i Garberg	809	934
124.10 Mannseter	1068	997
124.11 Dalå	963	920
124.15 Børstad	1166	988
124.2 Høggås bru	542	552



Figur 3 Spredningsdiagram for regresjonsanalyse mot frekvensanalyse. De gule sirklene viser beregnede verdier for feltene i Sokna og Gaula (Tabell 3)

Ved bruk av ligningene ovenfor er det beregnet flomverdiene for Sokna og Gaula ved forskjellige steder som vist i Tabell 3.

Tabell 3 Flomverdier i Sokna og Gaula ved forskjellige steder beregnet med ligninger fra multiple regresjonsanalyser

Elva/ sted	Q ₂₀₀ (l/skm ²)	Q ₂₀₀ fra mest representativ målestasjon (l/skm ²)
Sokna før samløp Gaula	658	464 / Hugdal bru 622/ Eggafoss 542/ Høggås bru
Gaula før samløp Sokna	496	
Gaula før samløp Lundesokna	453	473/ Gaulfoss 602/Haga bru
Gaula etter samløp Lundesokna	443	473/ Gaulfoss 602/Haga bru
Gaula v/Kvål	437	473/ Gaulfoss 602/Haga bru

2.1.2 Vurdering av data fra måleseriene

I analysen nedenfor er oppgitte flomverdier døgnmiddelverdier.

Sokna før samløp med Gaula: Målestasjon 122.17 Hugdal bru ligger i Sokna og 122.13 Økdalsmo bru i en sideelv til Sokna. 200-års flom ved Hugdal bru og Økdalsmo bru er henholdsvis 464 og 790 l/skm².

Regresjonslikningen overestimerer flomverdiene sammenlignet med frekvensanalysen ved disse stasjonene (Tabell 2). Målestasjonen 122.17 Hugdal bru er svært viktig for beregning av vannføring i Sokna da feltet

inkluderer nesten 97 % av feltet til Sokna før samløp med Gaula. Kurvekvaliteten for denne målestasjonen er i NVEs database endret fra meget bra til middels som følge av noe spredning i flommålinger og vanskelige forhold pga. store hastigheter. Dette medfører usikkerheter i de beregnede flomverdiene. Målestasjonen 124.2 Høggås bru ligger ca. 80 km nordøst for Sokna. Målestasjonen har liknede feltstørrelse til Hugdal bru, men større spesifikk årsavløp og større effektiv sjøprosent. Ved denne målestasjonen er 200-års flom beregnet til 542 l/skm². Målestasjonen 122.11 Eggafoss ligger i Gaula ca. 50 km sørøst for samløpet mellom Sokna og Gaula. Målestasjonen har litt større feltareal og litt større årsavløp enn Sokna, men ellers liknende feltparameter. 200-års flom ved denne målestasjonen er beregnet til 622 l/skm². Målestasjonen har utfordrende hydraulikk og høy vannhastighet under flomforhold, men kurve kvalitet et i NVEs database oppgitt til «meget bra».

Basert på den regionale flomfrekvensanalysen vurderes det at verdiene fra flomfrekvensanalyse ved målestasjon 122.17 Hugdal bru kan være underestimert, spesielt når man sammenligner 200-års flomverdi ved Gaulfoss som har et mye større nedbørfelt og større spesifikk døgnflomverdi. Selv om Sokna har et litt mindre årsavløp kan dette umulig forklare forskjellen.

Gaula etter samløp med Sokna: Målestasjonen 122.2 Haga bru og 122.9 Gaulfoss ligger i Gaula etter samløp med Sokna henholdsvis ca. 4,5 km og 10 km etter samløpet. Ifølge opplysninger i NVEs database er flomverdiene ved målestasjon 122.2 Haga bru usikre pga. ustabil profil og det anbefales å bruke data fra 122.9 Gaulfoss. Kurvekvalitet ved Gaulfoss er oppgitt til «meget bra». Ved denne målestasjonen er 200-års flom beregnet til 473 l/skm². Målestasjon 122.2 Haga bru har en lengre observasjonsperiode (1908 – 2020), og har registrert flere viktige flommer i vassdraget. 200-årsflom ved denne målestasjonen er beregnet til 602 l/skm². Regresjonslikningen gir en 200-års flom på 458 l/skm².

Resultater for 200-års flom fra flomfrekvensanalysen viser sprikende tall for vannføring i Gaula nedstrøms samløp med Sokna. 200-års flom ved Haga bru og Gaulfoss er henholdsvis ca. 600 l/skm² og 470 l/skm². Det vurderes at observasjoner før målinger ved Gaulfoss startet er viktig for vurdering av flommer, og derfor er resultater for begge målestasjonene vektlagt for videre analyser.

2.2 Formelverk for regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)

RFFA-2018 metoden er et stort sett med regionale flomligninger som brukes i hele landet. Forklaringsvariabler er inndelt i feltparametre og klimatiske forhold (5). Beregningene er utført med applikasjonen NEVINA og resultater er vist i Tabell 4 (døgnverdier).

Likningene underestimerer flomverdiene ved målestasjon Gaulfoss med ca. 25 %, og overestimerer verdiene ved målestasjon Hugdal bru med ca. 10 % sammenlignet med resultatene fra flomfrekvensanalysen.

Kulminasjonsfaktorer beregnet med ligningene er lavere enn de beregnet med formelverk fra «Retningslinjer for flomberegninger» (6) og registrerte flommer ved Gaulfoss og Hugdal bru (se kapittel 2.4).

Tabell 4 Flommer i Sokna og Gaula ved forskjellige steder beregnet med formelverk fra RFFA-2018 (døgnverdier), inkludert ved to målestasjoner

Felt	Areal	Medianflom Qm (m ³ /s)	Medianflom Qm (l/skm ²)	Q200 (m ³ /s)	Q200 (l/skm ²)	Qmom/Qdøgn
Sokna før samløp Gaula	564	125	222	279	495	1,15
Gaula før samløp Sokna	2455	476	194	933	380	1,10
Gaula før samløp Lundesokna	3190	579	182	1109	348	1,09
Gaula etter samløp Lundesokna	3440	631	183	1200	349	1,09
Gaula v/Kvål	3552	631	178	1194	336	1,09
Gaulfoss	3086	572	185	1101	357	1,09
Hugdøl bru	545	125	229	278	510	1,15

2.3 Regionale flomformler fra retningslinjer for flomberegninger

I (6) er det presentert et sett av formler for å vurdere flommer i felt uten måleserier. Det ble utført separate analyser for vår- og høstflommer. Landet deles inn i ulike geografiske regioner, det er ulike regioner for vår- og høstflommer. Videre er det utviklet regresjonslikninger som beskriver sammenhengen mellom middelflom og feltegenskaper og frekvensfaktor for å beregne dimensjonerende flomstørrelser (døgnverdier). Flomformlene gjelder for felt > 20 km², men bør brukes forsiktig for felt < 100 km² (6).

Feltene ligger i vårflom region 2 (V2) og høstflom region 3 og 2 (H3/H2). 200-årsflom for feltene beregnet med disse regresjonslikningene er vist i Tabell 5.

Tabell 5 Flommer i Sokna og Gaula ved forskjellige steder beregnet med formelverk fra retningslinjer for flomberegning (6), inkludert ved to målestasjoner (døgnverdier)

Felt	Areal	Middelflom QM V2 (l/skm ²)	Middelflom QM H3/H2 (l/skm ²)	Q200 V2 (l/skm ²)	Q200 H3/H2 (l/skm ²)
Sokna før samløp Gaula	564	374	104/82	747	354/245
Gaula før samløp Sokna	2455	366	122/87	732	416/260
Gaula før samløp Lundesokna	3190	373	114/79	746	389/237
Gaula etter samløp Lundesokna	3440	353	115/79	707	390/237
Gaula v/Kvål	3552	350	114/78	700	387/235
Gaulfoss	3086	375	115/80	751	392/240
Hugdøl bru	545	376	104/82	753	351/245

2.4 Kulminasjonsverdier

I «Retningslinjer for flomberegninger» (6) er det presentert formler for beregning av kulminasjonsfaktorer basert på feltets fysiske egenskaper (regresjonslikninger). Formlene skiller mellom vår- og høstflommer. En kulminasjonsfaktor er også beregnet med metodologien RFFA-2018 (5). For en 200-års flom er kulminasjonsfaktorer fra flomfrekvensanalysen ved Hugdøl bru og Gaulfoss henholdsvis 1,83 og 1,35.

Alle disse faktorene er presentert i Tabell 6.

Tabell 6 Kulminasjonsfaktorer beregnet med formler

Felt	Kulm. faktor for vårflokk (6)	Kulm. faktor for høstflokk (6)	Gjennomsnitt vår-høst	Kulm. faktor RFFA-2018	Kulm. faktor fra FFA
Sokna før samløp Gaula	1,24	1,47	1,35	1,15	-
Gaula før samløp Sokna	1,13	1,27	1,20	1,10	-
Gaula før samløp Lundesokna	1,11	1,25	1,18	1,09	-
Gaula etter samløp Lundesokna	1,10	1,23	1,16	1,09	-
Gaula v/Kvål	1,10	1,22	1,16	1,09	-
Gaulfoss	1,11	1,25	1,18	1,09	1,35
Hugdall bru	1,24	1,47	1,36	1,15	1,83

Tabell 7 og Tabell 8 viser de fem største observerte flommene ved henholdsvis Hugdall bru og Gaulfoss. Alle flommene er vårflokk. Målestasjonen 122.17 Hugdall bru har registrert momentandata i perioden 1941-2020 og det er sett på kulminasjonsforholdene til de 5 største flommene. Disse varierer fra 1,16 til 1,78. Målestasjon 122.9 Gaulfoss har registrert momentandata i periode 1988-2020 og det er sett på kulminasjonsforholdene til de 5 største flommene. Disse varierer fra 1,00 til 1,40.

Kulminasjonsfaktorer beregnet med formler fra RFFA-2018 gir betydelig lavere verdier enn formler fra (6), flomfrekvensanalyse på kulminasjonsverdier og observasjoner. I vedlegg 2B i (6) er observerte forholdstall for målestasjon 122.17 Hugdall bru og 122.9 Gaulfoss oppgitt til henholdsvis 1,41 og 1,31. Basert på analysen ovenfor vurderes at disse verdiene er rimelige og brukes videre i beregningene. **For Sokna vurderes å benytte en kulminasjonsfaktor på 1,4 og for Gaula etter samløp med Sokna benyttes en kulminasjonsfaktor på 1,3.**

Tabell 7 5 største observerte flommer ved Hugdall bru (Sokna)

Dato	Qdøgn (m ³ /s)	Qmom (m ³ /s)	Qmom/Qdøgn
13.05.1981	252.4	328.4	1.30
21.05.1976	204.4	264.8	1.30
19.06.2010	191.2	339.7	1.78
01.05.2000	166.3	192.5	1.16
29.05.1995	161.4	190.7	1.18

Tabell 8 5 største observerte flommer ved Gaulfoss (Gaula)

Dato	Qdøgn (m ³ /s)	Qmom (m ³ /s)	Qmom/Qdøgn
02.06.1995	1190.3	1291.6	1.09
09.06.1997	1035.6	1301.0	1.26
19.06.2010	989.5	1383.4	1.40
22.05.2013	971.5	967.6	1.00
19.06.2012	881.6	904.2	1.03

2.5 Erfaringstall, observasjoner i vassdrag og tidligere flomberegninger

Erfaringstall fra flomberegninger i Trøndelag i middels store felt, 50 - 500 km² gir døgnmiddelverdier for 1000-års flom på mellom 600 - 1800 l/skm², med avtagende størrelser østover (6). Vekstfaktoren Q200/Q1000 ligger ofte på ca. 0,85. Verdiene fra flomfrekvensanalysen for Sokna ligger noe lavere enn erfaringstall fra de største felt (Q1000 antatt å ligge på ca. 600 - 750² l/skm² og Q200 på 510 - 640 l/skm²).

I (6) er Gaula nevnt spesielt som et vassdrag med liten naturlig flomdempning. Erfaringstall i (6) gir 1000-års flomverdiene på 850 - 750 l/skm² for felt mellom 2500 - 3500 km². Antatt Q200/Q1000 på 0,85 er erfaringstall for Gaula i 200-års døgnflomverdi på ca. **640 – 720** l/skm².

NVE har utført flomberegninger i 2000 (4), og utvalgte resultater fra flomberegninger (QM og Q200) er presentert i Tabell 9. Flomverdiene beregnet i 2000 er vurdert basert på beregning av middelflommen ved relevante steder i vassdraget og bruk av vekstfaktorer fra flomfrekvensanalyse for målestasjoner i området. For Sokna og Gaula oppstrøms samløp med Sokna brukes det Q200/QM på 2,47, mens i Gaula etter samløp med Sokna brukes det Q200/QM på 2,58 (fra 122.2 Haga bru).

Flomfrekvensanalysen, presentert i kapittel 2.1, resulterer i middelflom døgnverdier i Sokna som er litt høyere enn de fra (4) og middelflom døgnverdier i Gaula etter samløp med Sokna som er litt lavere enn de som vist i (4). Vekstfaktorer for målestasjoner Hugdal bru, Gaulfoss og Haga bru (vist i Tabell 1) er 2,1; 2,0 og 2,5. Verdien som er brukt i (4) stemmer overens med verdien for Haga bru.

Tabell 9 Flomverdier for Gaulavassdraget som beregnet av NVE i 2000, døgnmiddelvannføring fra (4)

Felt	Areal	QM (l/skm ²)	QM (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q200 (l/skm ²)	Q200/QM
Gaula ovf. Sokna	2452	281	689	1703	695	2.47
Sokna ovf. Gaula	571	224	128	316	553	2.47
Gaula ndf. Sokna	3023	255	772	1990	658	2.58
Gaula ovf. Gaua	3079	252	775	2000	650	2.58
Gaula ndf. Gaua	3163	253	801	2065	653	2.58
Gaula ovf. Lundesokna	3184	252	802	2068	649	2.58
Gaula ndf. Lundesokna	3433	244	838	2162	630	2.58
Gaula ved Flå	3523	239	842	2172	617	2.58
Gaula ved Melhus	3583	235	843	2176	607	2.58
Gaula ved fjorden	3655	231	844	2178	596	2.58

I (4) antas faktoren **1,30** som representativ for forholdstallet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring for alle aktuelle punkter i vassdraget, og for alle gjentakintervall. Dette gjelder også for Sokna.

Norconsult har i 2020 utført flomberegninger for damanleggene til reguleringsanleggene i Nea-Nidelva (7). I rapporten er det beregnet (uregulerte) 1000-årsflomverdier basert på en regional flomfrekvensanalyse og en regresjonslikning med logaritmert areal, årsavløp og effektiv sjøprosent. Ved bruk av forholdstall Q200/Q1000 = 0,85, gir regresjonslikningen estimerte Q200 døgnntilslig på hhv. ca. 790 og 600 l/skm² for felt med areal på ca. 680 og 3000 km².

² Felt litt over 500 km², men ligger ikke helt øst.

2.6 Valg av flomstørrelser

Tabell 10 viser et sammendrag av de beregnede flomstørrelser ved bruk av de forskjellige metodene presentert i forrige kapitlene. Det finnes observasjoner i vassdragene, men det er store gradienter i spesifikke flomstørrelser når man sammenligner målestasjoner som ligger nær hverandre, og når man sammenligner erfaringstall presentert i (6) eller fra andre flomberegninger i nærliggende vassdrag. Resultater fra flomformlene, RFFA-18 og fra retningslinjer, viser betydelig forskjeller. Gitt dette, er det nedenfor valgt konservative estimater av døgnverdier.

Tabell 10 Beregning av 200-års flom ved forskjellige metoder, alle verdier er døgnverdier i l/skm²

Felt	Flomfrekvens-analyse, relevant målestasjon	Reg. flomfrekvens-analyse	FFA-2018 (5)	Flomformler fra (6)	Erfaringstall Norconsult	Erfaringstall i (6)	Beregnet av NVE i 2000
Sokna før samløp Gaula	460, 540, 620	660	500	250 - 750	790	500-650	550
Gaula før samløp Sokna	470, 600, 620	500	400	260 - 730	600	700	700
Gaula før samløp Lundesokna	470, 600	450	350	240 - 750	600	650	650

Sokna før samløp med Gaula: Basert på den regionale flomfrekvensanalysen vurderes det at verdiene ved målestasjon 122.17 Hugdal bru kan være underestimert, spesielt når man sammenligner 200-års flomverdi ved Gaulfoss som har et mye større nedbørfelt og større spesifikk døgnflomverdi. 200-års døgnflomverdier for enkelte sammenliknbare stasjoner ligger på mellom 464 og 622 l/skm². 200-års døgnflomverdier beregnet med formel fra multiplere regresjonsanalysen gir 658 l/skm². Erfaringstall fra flomberegninger angir 200-års døgnflomverdier på mellom 500 og 650 l/skm². Likningene fra RFFA-2018 angir en 200-års døgnflomverdi på 495 l/skm². Det vurderes at 200-års døgnflomverdier bør ligge på ca. 600 - 650 l/skm². **Det velges å benytte 625 l/skm².**

Gaula etter samløp med Sokna: Resultater for 200-års flom fra flomfrekvensanalysen viser sprikende tall. 200-års flom ved Haga bru og Gaulfoss er henholdsvis ca. 600 l/skm² og 470 l/skm². Det vurderes at observasjoner før målinger ved Gaulfoss startet er viktig for vurdering av flommer, og derfor er resultater for målestasjon Haga bru vektlagt. Regresjonslikningen fra den regionale flomfrekvensanalysen gir en 200-års flom på 458 l/skm². Observasjoner i vassdraget ligger noe lavere enn erfaringstall fra NVE, men **det konkluderes at for Gaula kan NVEs flomberegninger fra 2001 fortsatt benyttes (ca. 650 l/skm²).**

2.7 Klimapåslag og påslag for avrenningsberegninger fra Statens vegvesen

NVE har i 2016 utgitt publikasjon «Klimaendring og framtidige flommer i Norge» (8), og i Sør-Trøndelag tyder de nye klimaframskrivningene på en liten økning i noen nedbørfelter. Gaula-vassdraget er spesielt nevnt som et nedbørfelt dominert av snøsmelteflommer om våren i dagens klima, men som også kan ha stor flomvannføring om høsten/vinteren, og anbefales derfor en 20 % økning med hensyn til fremtidige klima.

Håndbok N200 fra Statens vegvesen har egne anbefalinger for vurdering av dimensjonerende avrenning (1). Det skal brukes en faktor for å ta hensyn til fremtidige klimaendringer (F_k) og en annen faktor for å ta hensyn til usikkerheten i beregning av dimensjonerende flom (F_u) (1).

For store nedbørfelt (areal > 10 km²) bør brukes en klimafaktor på 1,2 (tilsvarende Sør-Trøndelag fylke i Tabell 404.1 i (9)). For vei i sikkerhetsklasse V3 er sikkerhetsfaktor 1,2.

3 Hydraulisk modellering i Gaula

Ved Støren har Gaula samløp med Sokna. Ved samløpet har Gaula et fall på ca. 3 ‰, ved Kvål er fallet redusert til ca. 1,5 ‰ og ved Melhus er fallet ca. 0,7 ‰. Generelt har Gaula noen meandrer samt brede elvesletter. Langs vassdraget finnes det noen avskåret meandrer eller kroksjøer.

Mellom Støren og Hovin renner elva på elve- eller stedvis breelavsetninger. På enkelte steder er det innslag av havavsetninger og forvitningsmateriale. Nedstrøms Hovin ligger det et fjellparti, Gaulfossen, som er veldig trangt. Nedstrøms Gaulfossen renner elva mellom elveavsetninger og det ligger stedvis havavsetninger langs elveløpet.

3.1 Høydemodell

Det er laget en terrengmodell for prosjektområdet basert på høydemodeller lastet ned fra hoydedata.no. Prosjektene som er benyttet og områdene som disse dekker er listet nedenfor:

- Elvebunn i Gaula og nederste delen av Sokna ved Støren samt terreng på land langs vassdragene: NVE Gaula 2016. Beskrivelse av kartleggingen er presentert i rapport «Laserskanning for elvekartlegging. Kartlegging av Gaula» (10)
- Terreng på land langs Gaula, Sokna og vestre delen av Sokna: NDH Gauldal 2015. Beskrivelsen av kartleggingen er presentert i rapport «Laserrapport NDH Sør-Trøndelag 5 pkt. 2015» (11)
- Terreng på land langs østre delen av Sokna: Midtre Gauldal 2014. Beskrivelsen av kartleggingen er presentert i «Laserrapport Oppdal og Rennebu 2014» (12)

Datafangst for høydemodellen utarbeidet i 2016 (10) har vært en kombinasjon av laserskanning fra fly og multistråle ekkolodd fra lettboat i områder der laseren ikke har nådd ned til elvebunnen. Datafangsten er utført med minimum 5 pkt. pr m² på land og 4 pkt. pr. m² i vann. Det er fløyet med Optech Titan (grønn laser) for å samle inn data i de grunne områdene av elva, samt for å dekke opp terreng over normal vannstand på land (10).

Utfordringer i datafangst er listet nedenfor. Disse er hentet fra kartleggingsrapporten (10).

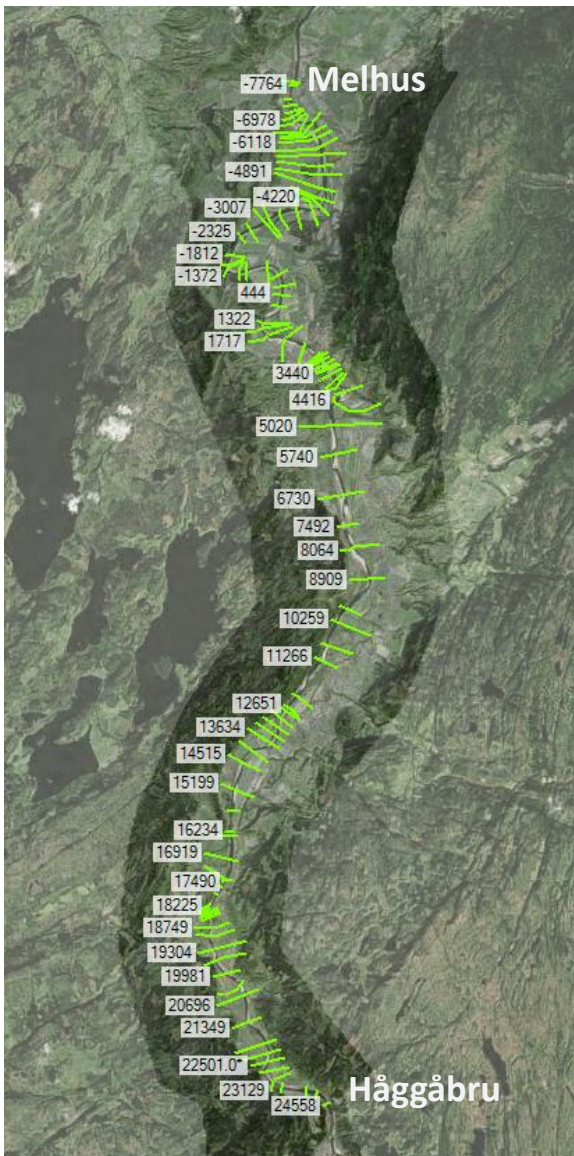
- Lav vannstand og stryk: I områder med sterk vannføring og steinete elvebunn er det vanskelig å få bunntreff med laser. Det er dessuten en krevende editeringsprosess å skille ut elvebunn.
- Islagt i de høyeste områdene: Allerede i midten av oktober var det is på elva i de høyeste områdene. (lengst sørøst.)
- Bruer: Under bruene vil vi ha lite med laserdata på land, og i Gaulfossen har vi lite data både i elva og på land.
- Dybdekorreksjon av bunntreff i laserskanning: Lys beveger seg med lavere fart i vann enn i luft. En lyspuls blir derfor «forsinket» gjennom vann og beregnet avstand blir for lang uten korreksjonen for endret lyshastighet. Målte dybder blir dermed for lange, dette kalles «tilsynelatende dybde». Forsinkelsen må korrigeres, og korreksjonen er avhengig av tilsynelatende dybde for å beregne «faktisk dybde». Denne forsinkelsen er beregnet og påført avstand.
- Sammenstilling data fra laserskanning og ekkolodd: Ekkolodd- og laserdata stemmer bra overens der det er dekning. Det er utført visuelle kontroller for å avsløre systematiske feil.

Laserskanning over Sokna ble utført den 02-07-2015. Døgnmiddel vannføring ved målestasjonen 122.17 Hugdal bru den datoen er 19,2 m³/s (ca. 35 l/skm²), med variasjoner utover dagen på mellom 17 og 21 m³/s. Middelflommen ved denne målestasjonen er beregnet til ca. 122 m³/s. Dette gir at vannføring ved laserskanning er ca. 16 % av en middelflom og ca. 1,5 ganger normalavløp for feltet (23 l/skm²).

3.2 Hydraulisk modell

Det er utført en vannlinjeberegning i Gaula mellom Håggåbru og Melhus ved bruk av programmet Hec-Ras. Det er utført 1D-beregninger langs heles strekningen ved bruk av Hec-Ras versjon 5.0.7. På enkelte områder utføres det 2D-simuleringer ved bruk av versjon 6.0. Beta 2, og det er planlagt flere 2D-simuleringer i områder ved behov for mer detaljerte vurderinger av strømningsforhold.

Kun resultater fra 1D-modellering er fremlagt i dette notatet.



Figur 4 Strekning som er modellert med Hec-Ras 1D

3.3 Ruhet

Friksjonsforhold er bestemt basert på flyfoto og bilder, samt erfaringstall fra litteraturen (13). I tillegg er det benyttet arealtype langs vassdragene angitt i FKB-databasen og klassifiseringen i publikasjonen «AR5 Klassifikasjonssystem - Klassifisering av arealressurser» (14) for å bestemme forskjellige ruhet langs vassdraget. Tabell 11 viser de relevante arealtypene og friksjonsforhold brukt i 2D-modeller.

For 1D-modellen er det benyttet en enklere inndeling av ruhet, hovedsakelig delt mellom hovedelv og flomslettene, men på noen tverrsnitt er det også lagt til en horisontal variasjon i Manningstall. Tabell 12 viser ruhets koeffisienter brukt i 1D-modellen.

Tabell 11 Arealtype og friksjonsforhold i 2D-modeller

Arealtype	Gauckler-Manning koeffisient (s/m ^{1/3})
Fulldyrka jord	0,034
Overflate dyrka jord	0,034
Innmarksbeite	0,040
Skog	0,10
Åpen fastmark	0,045
Myr	0,050
Ferskvann, elv og foss	0,030 – 0,045 – 0,065
Samferdsel	0,015
Bebyggd	0,10

Tabell 12 Inndeling av friksjonsforhold i 1D-modellen

Arealtype	Gauckler-Manning koeffisient (s/m ^{1/3})
Ferskvann/ elv	0,030 – 0,050
Foss	0,065
Flomsletter	0,045 – 0,05
Flomsletter med tett vegetasjon	0,065 - 0,09

3.4 Modellering av broer

Broene er modellert som interne strukturer i Hec-Ras. Grunnlag for dimensjoner til bruene er brutegninger hentet fra BRUTUS databasen samt de hydrauliske modellene benyttet i flomsonekartlegging fra NVE i 2001 (15) og (16). Figur 5 viser plassering av bruene som er inkludert i den hydrauliske modellen.



Figur 5 Oversikt over broer over Gaula, strekning Gyllan – Kvål

Øverst på Gaulfossen ligger det to bruer over Gaula, en gammel hvelvbru murt i mørtel og en nyere betongbru (vist i Figur 6). I modellen er det bare inkludert den gamle bruene som er trangere. Figur 7 viser brutegning og hvordan bruene er modellert i Hec-Ras.

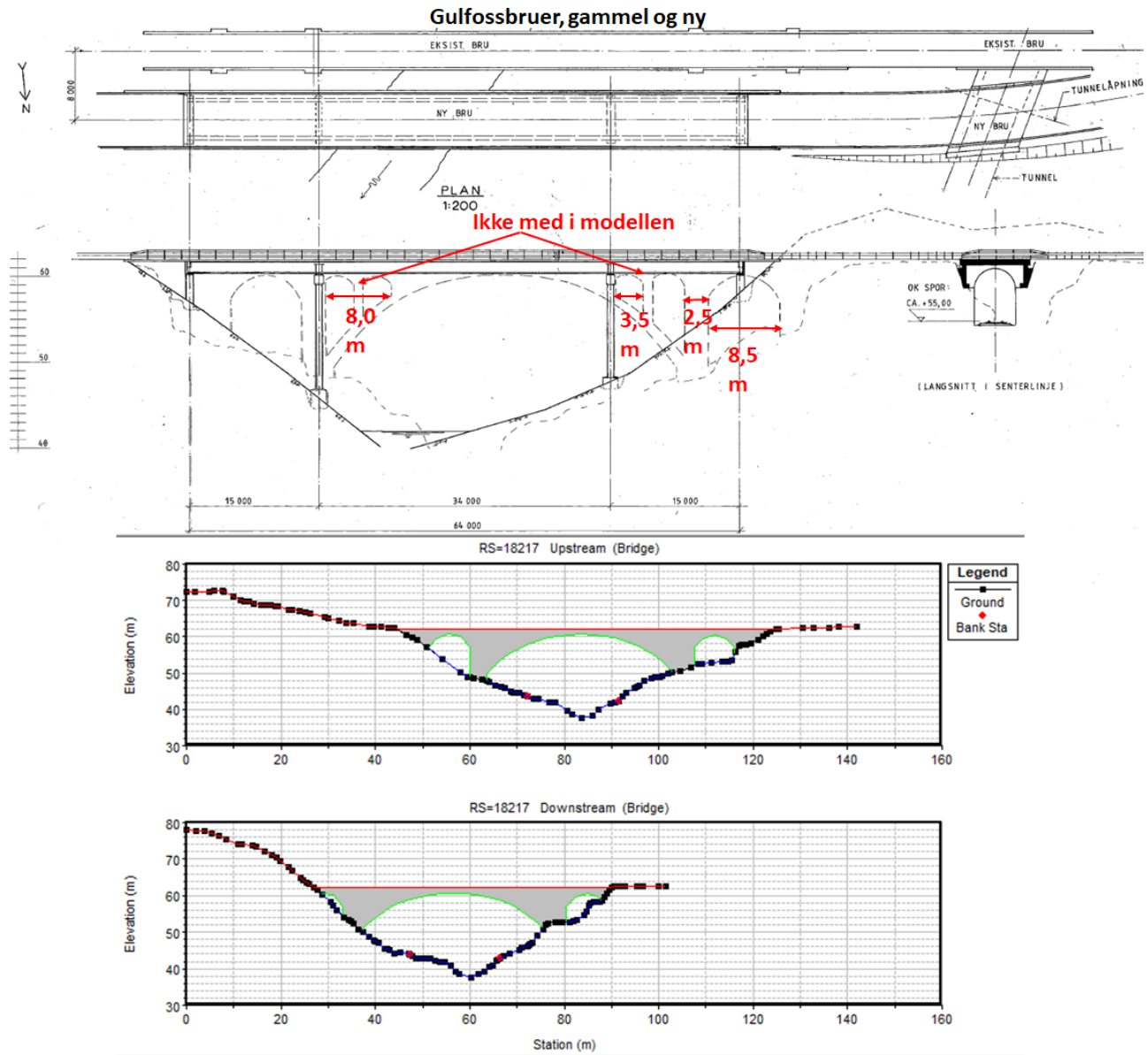
Notat

Oppdragsgiver: **Nye Veier**

Oppdragsnr.: **5207617** Dokumentnr.: **Hyd-01 (foreløpig)**



Figur 6 Gammel bru Gulfoss (kilde: BRUTUS database)



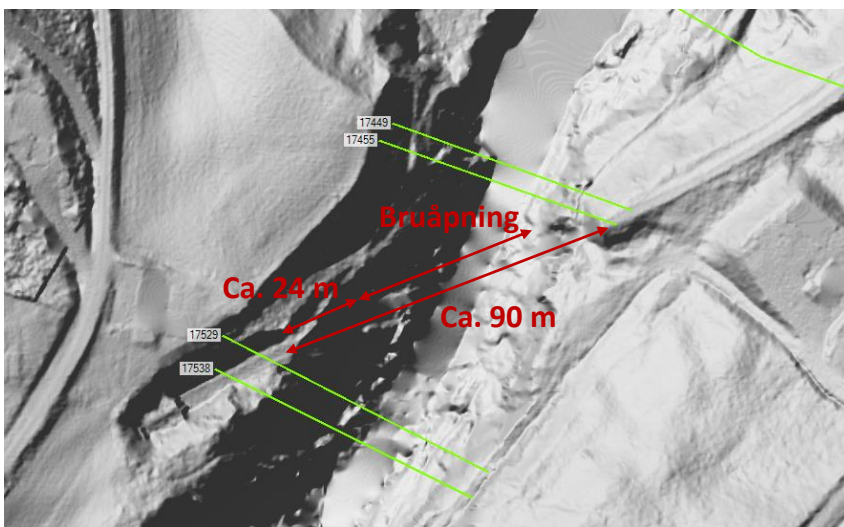
Figur 7 Gullfosbrua, tegning og modell

Ved Brekka krysser jernbanen over Gaula på en hvelvbru. Brua er ca. 60 m lang og største spenn er 46 m. Brua ligger på skrå over Gaula, med en vinkel på ca. 45°. Figur 8 viser et bilde av brua samt plassering av denne over Gaula. En tegning av brua er vist i Figur 9 sammen med brumodell benyttet i Hec-Ras. Åpningen under brua målt vinkelrett til strømetretning er estimert til ca. 32,5 m. Åpningene til venstre og høyre for hovedåpningen er ikke inkludert i modellen.

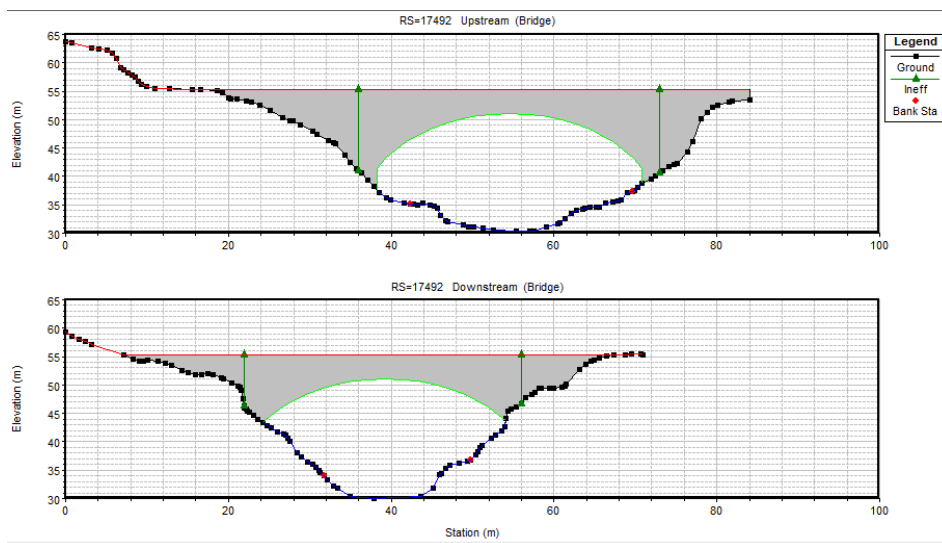
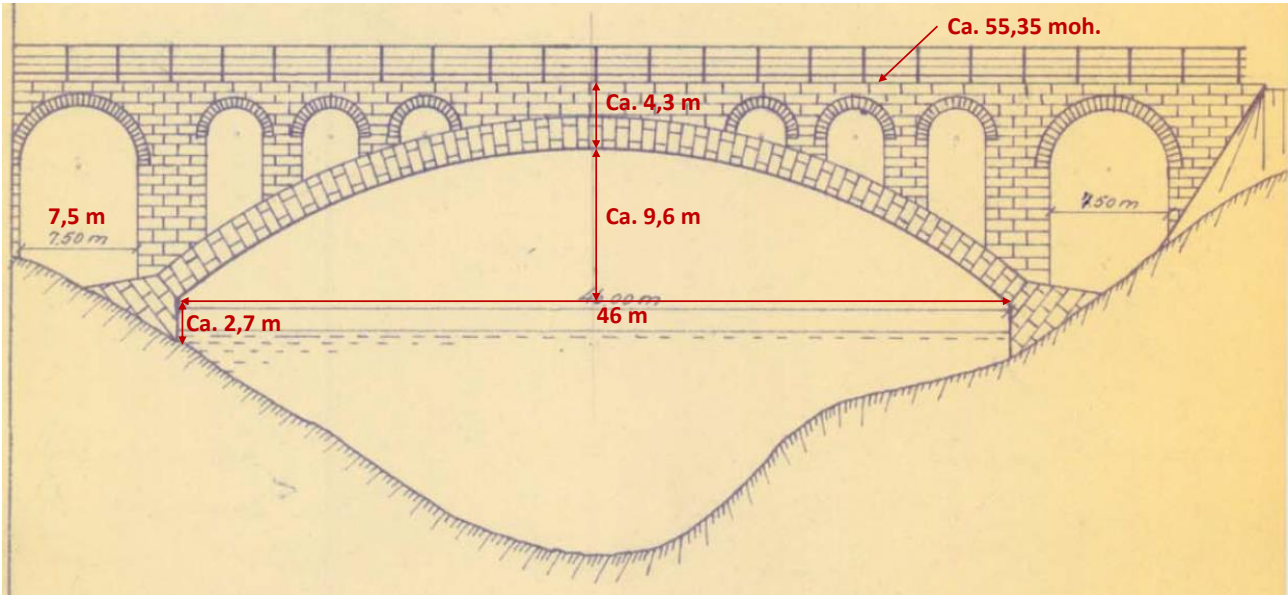
Notat

Oppdragsgiver: Nye Veier

Oppdragsnr.: 5207617 Dokumentnr.: Hyd-01 (foreløpig)



Figur 8 Jernbanebru over Gaula ved Gulfossen – bilde, flyfoto og modell (kilde: Google maps og Norge i bilder)



Figur 9 Jernbanebru over Gaula ved Brekka, tegning og modell

Oppdragsgiver: **Nye Veier**

Oppdragsnr.: **5207617** Dokumentnr.: **Hyd-01 (foreløpig)**

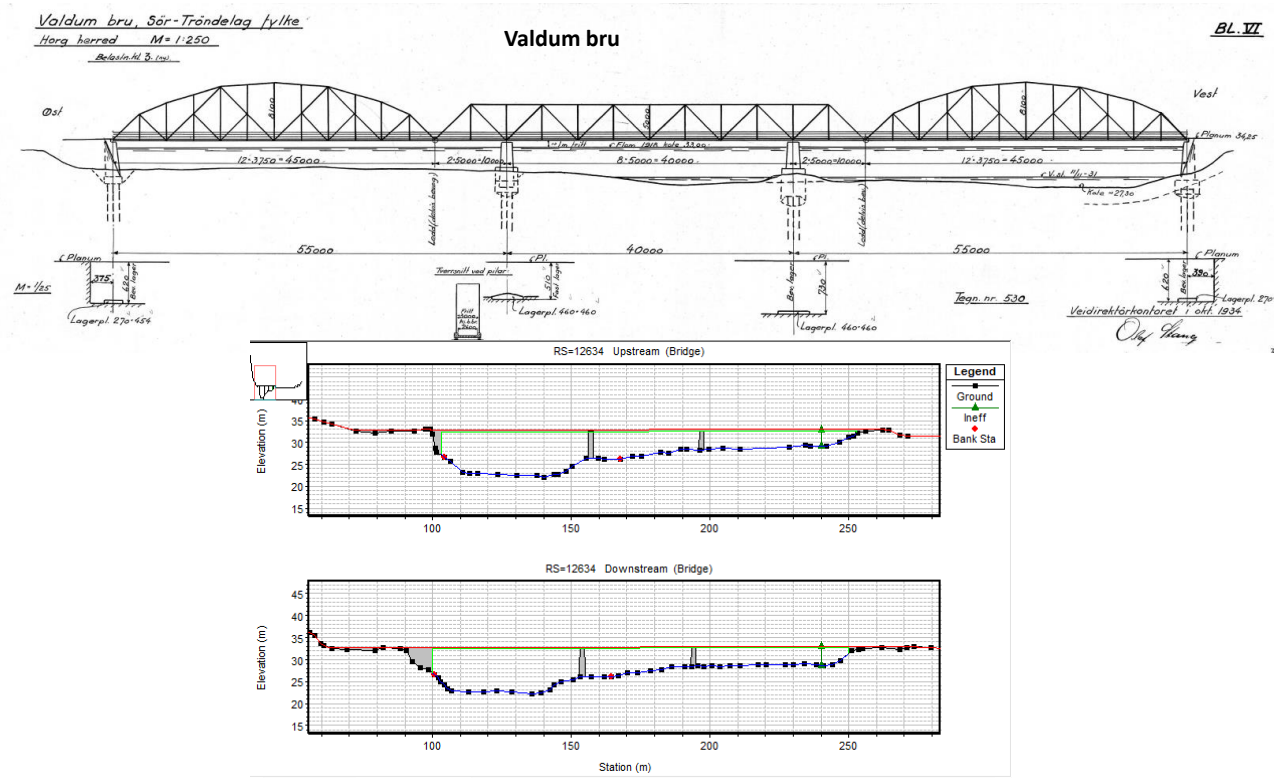
Ved Lundamo krysser Valdum bru Gaula. Brua er en 152 m lang stålbru med 3 spenn. Det største spennet er 55 m lang. Figur 10 viser et bilde av Valdum bru og Figur 11 viser en tegning av brua og hvordan denne er modellert i Hec-Ras.



Figur 10 Valdum bru ved Lundamo (kilde: BRUTUS database)

Oppdragsgiver: Nye Veier

Oppdragsnr.: 5207617 Dokumentnr.: Hyd-01 (foreløpig)

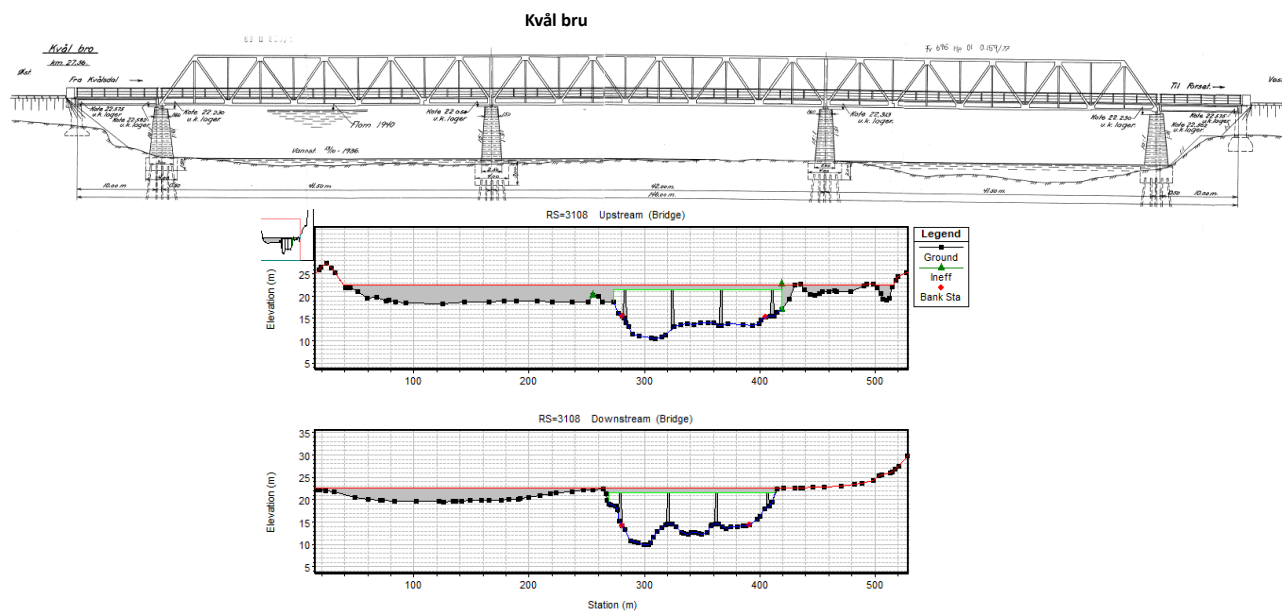


Figur 11 Valdum bru, tegning og modell

Kvål bru krysser Gaula ved Kvål. Brua er 147 m lang og har 5 spenn, det største av disse er 42 m bred. Figur 12 viser et bilde av Kvål bru og Figur 13 viser tegning og modell av brua.



Figur 12 Kvål bru (kilde: BRUTUS database)



Figur 13 Kvål bru, tegning og modell

3.5 Grensebetingelser

Det legges inn vannføring på oppstrøms ende av modellen og ved viktige sidevassdrag. Som nedstrøms grensebetingelsen brukes normalvannstand. I Gaula ved Melhus er fall i elva vurdert til 0,0007 m/m. Det er valgt å forlenge den hydrauliske modellen et stykke nedenfor Kvål brua for å unngå at nedstrøms grensebetingelsen påvirker resultatene ved prosjektområdet som ligger ved Kvål. Modellen gir rimelig samsvar med resultater fra NVEs flomsonekartlegging i Melhus (16).

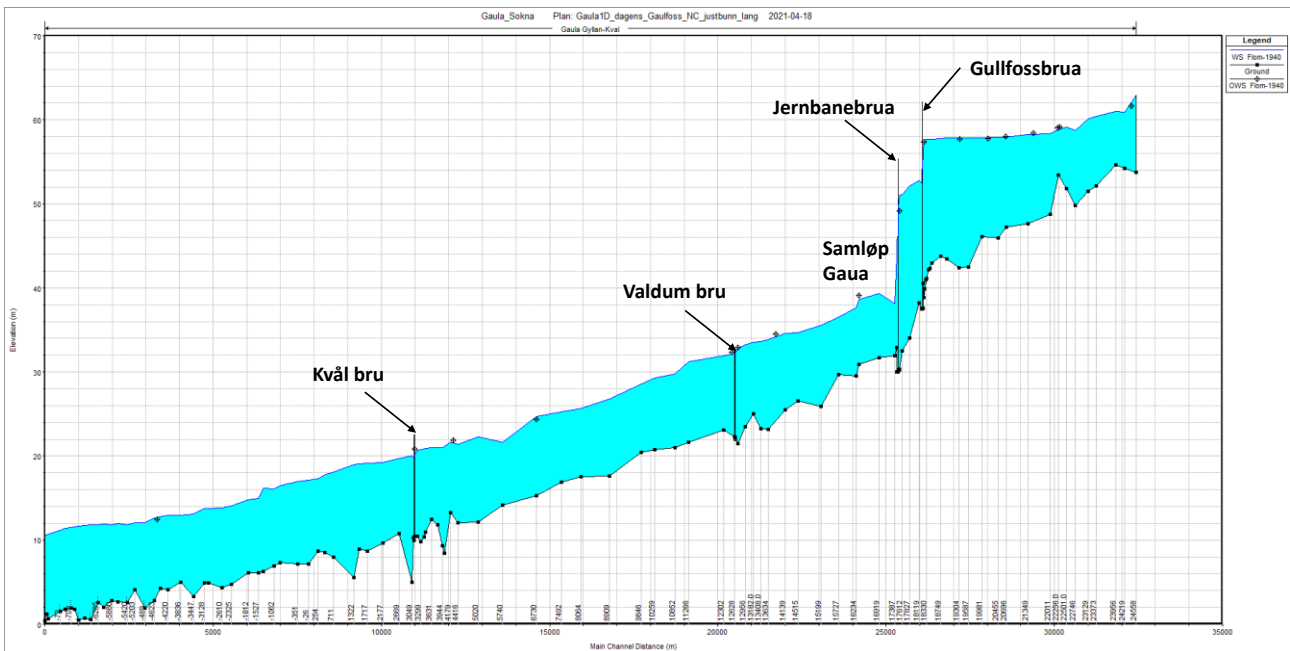
3.6 Kalibrering av modellen

Det finnes kalibreringsdata fra flommen i 1940. Oppmålte vannstandene er hentet fra de hydrauliske modellene benyttet av NVE i (15) og (16), samt vassdragsnivellement nr. 407 for Gaula. Figur 14 viser simulert og observert vannstand ved flommen i 1940 langs hele strekningen. Figur 15 til Figur 17 viser detalj ved Hovin – Gaulfossen; Valdum bru, Horhåggån og Kvål bru. Observerte og simulerte vannstander langs Gaula mellom Gyllan og Kvål er vist i Tabell 13.

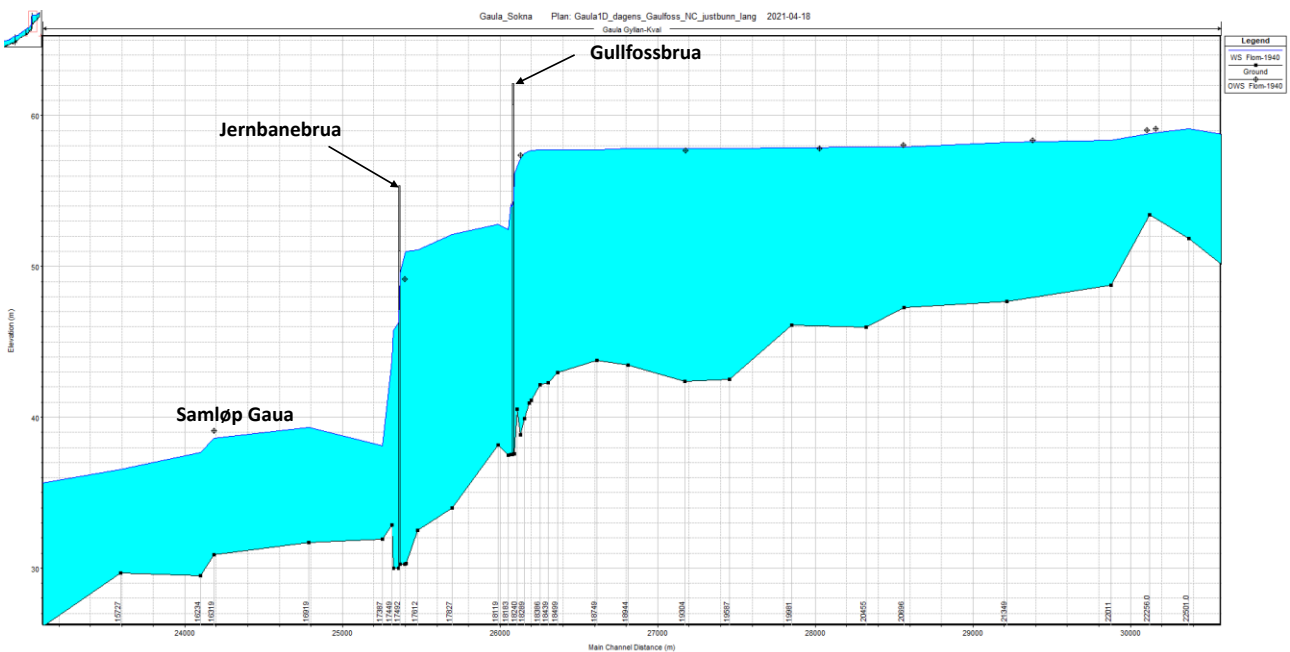
Som beskrevet i kapittel 3.1 har kartleggingen av elvebunnen unøyaktigheter under bruene og i Gaulfossen. Tverrprofilen ved Gullfossbrua er justert (senket litt) basert på tverrprofilen i NVEs hydrauliske modell og tverrprofilen ved jernbanebrua er senket basert på tverrprofilen rett oppstrøms.

Vannstand oppstrøms Gullfossbrua stemmer godt overens med registrerte vannstander ved flommen i 1940, men den hydrauliske modellen overestimerer vannstanden ved jernbanebrua. Dette kan være pga. manglende data/unøyaktigheter ved kartlegging av elvebunnen i Gaulfossen. I tillegg er vannlinjen veldig bratt på dette stedet og små endringer i plassering av observasjonen i forhold til den simulerte vannstanden kan gi stort utslag (brua krysser elven på skrå og det er ukjent om målinger ble tatt ved venstre eller høyre landkar). Simuleringen underestimerer vannstanden noe ved Røskaft, Horhåggån, rett nedstrøms Valdum bru, Kåsa og Kvålbrua. Ellers, stemmer resulterende vannlinjen godt overens med observasjoner fra 1940-flommen. Det gjøres oppmerksom på at observasjoner fra 1940-flommen er over 80 år gamle og det er tegn av at elveløpet har endret seg siden da, jf. (17) og (16).

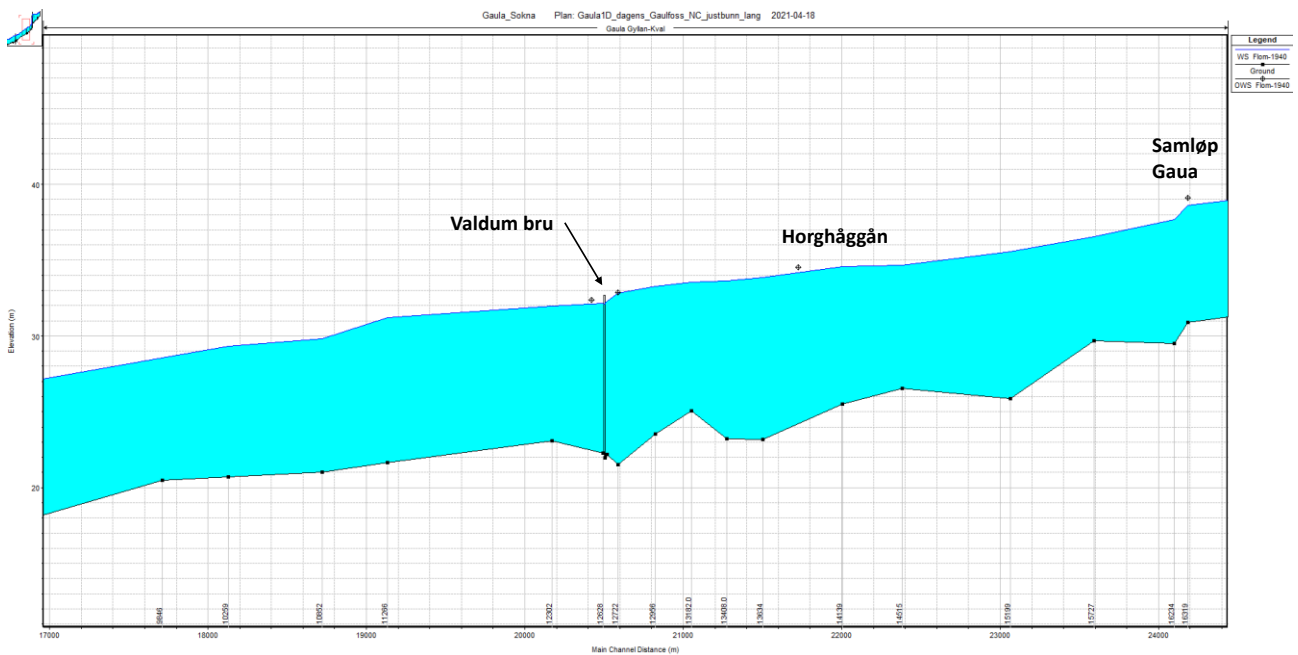
Sikringstiltak for å hindre erosjon langs breddene kombinert med store grusuttak har sannsynligvis vært opphavet til bunnsenkning, vandrede strykpartier og lokal graving (17). På grunn av store grusuttak i og langs Gaula, har elvebunnen i Gaula nedstrøms Gaulfossen senket seg. I perioden 1950-1985 ble det tatt ut omtrent 4 mill. m³, og elvebunnen har gjennomsnittlig senket seg en meter på strekningen Gaulfoss-Gaulosen. Elva har derfor fått et mer åpent profil, og mer plass til vann før det flommer over breddene (17). På bakgrunn av dette er flomvannstanden forventet å være 0,6 m lavere ved en 10-årsflom og 0,4 m lavere ved en 500-årsflom enn tidligere (16).



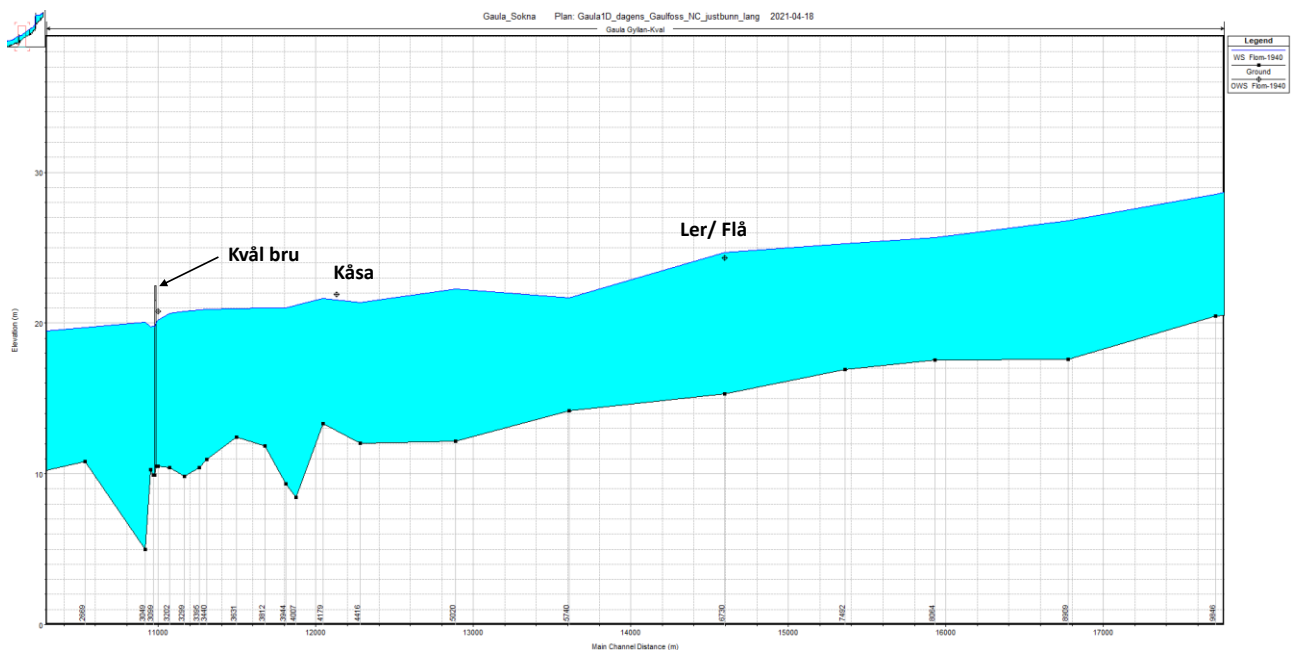
Figur 14 Simulert og observert vannstand ved flommen i 1940, Håggåbru - Melhus



Figur 15 Simulert og observert vannstand ved flommen i 1940, Hovin - Gaulfossen - Røskaft



Figur 16 Simulert og observert vannstand ved flommen i 1940, Røskaft – Leberg



Figur 17 Simulert og observert vannstand ved flommen i 1940, Leberg – Kvål bru

Tabell 13 Observert og simulert vannstand langs Gaula mellom Gyllan og Kvål

Sted	Tverrprofil	Nedstrøms avstand til tverrprofil	Observert vannstand (moh.)	Simulert vannstand (moh.)	Differanse simulert-observert
Håggårønningen	22011	500	58.4	58.3	-0.1
Gyllsaga	20696	5	58.1	57.9	-0.1
Gyllkleva	20455	297	57.8	57.9	0.1
Hovin	19587	280	57.7	57.8	0.1
Oppstrøms Gullfosbrua	18261	0	57.4	57.2	-0.2
Jernbanebrua	17529	0	49.2	50.8	1.7
Samløp Gaua	16319	0	39.1	38.6	-0.5
Horghåggån	14139	280	34.5	34.2	-0.4
Oppstrøms Valdum bru	12722	0	32.9	32.8	0.0
Nedstrøms Valdum bru	12639	87	32.4	31.8	-0.6
Ler/ Flå	6730	0	24.3	24.7	0.3
Kåsa	4416	152	21.9	21.5	-0.4
Kvål bru	3130	0	20.8	20.2	-0.6

3.7 Følsomhetsanalyse

Det er utført en følsomhetsanalyse ved å variere ruheten med $\pm 0,005 \text{ s/m}^{1/3}$, øke vannføring med 20 % og å fjerne bruene fra modellen. Resultater av analysen er sammenfattet i Tabell 14. Detaljerte resultater for hvert tverrprofil er vist i vedlegg 1.

Ved en økning i ruheten vil vannstanden øke i gjennomsnitt 0,3 m, med et maksimum på 0,5 m ved Gaulfossen og Megarden. Ved en reduksjon i ruheten vil vannstand senkes opptil 0,6 m, med et gjennomsnitt på 0,3 m. Ved å fjerne bruene fra modellen ser man hvor mye brukonstruksjoner påvirker vannstanden oppstrøms disse som følge av innsnevring eller at vann når underkant brudekket. Gullfosbrua er den som påvirker mest vannstanden, og ved å fjerne denne får man en senkning av vannstand på 0,5 m. Fjerning av jernbanebrua ville medføre en senkning av vannstand på 0,3 m. Vannstanden er veldig følsom til økning av vannføring med 20 %, spesielt oppstrøms trange partier. Vannstanden vil øke opp til 2,0 m oppstrøms Gullfosbrua og mellom 1,5 og 2,6 m i Gaulfossen oppstrøms jernbanebrua. Nedstrøms Gaulfossen er økning i vannstand typisk 0,7 – 0,8 m, men på enkelte steder kan det være opptil 0,9 m.

Tabell 14 Resultater fra følsomhetsanalyse, differanse i vannstand mellom variasjoner og den kalibrerte modellen (m)

Differanse	Ruhet + 0,005 s/m ^{1/3}	Ruhet - 0,005 s/m ^{1/3}	Uten bruer	Q + 20 %
Gjennomsnitt	0.3	-0.3	-0.1	1.2
Maksimum	0.5	0.0	0.0	2.6
Minimum	0.0	-0.6	-0.5	0.0

3.8 Andre faremomenter i vassdraget

Det er ikke uvanlig med vårisganger i Gaula, men disse har sjelden ført til skader av betydning eller forårsaket oversvømmelser ifølge (16) og (15). Sideelva Kaldvella, som renner gjennom Ler sentrum og ut i Gaula, er særlig kjent for isproblemer. Elva har et betydelig grunnvannstilsig. Ved lengre kuldeperioder

forekommer det iskjøving fra E-6 og videre oppover gjennom et boligområde. Det er ofte benyttet gravemaskin i slike tilfeller for å unngå at elva går ut utover sine bredder (16). I hovedelva er særlig strekningen mellom Singsås og Støren utsatt (15). Det er også rapportert om isdammer i området ved Haga bru. Ellers er det kjent at det har vært en del isganger i Sokna (15).

I forbindelse med store flommer i 1995 og 1997 ble det blottlagt leire i elvebunnen flere steder. Massetransporten forventes hovedsakelig å føre til kortvarige lokale oppsamlinger av sediment, og vil i mindre grad påvirke de beregnede vannlinjer og flomsone langs Gaula. Det tynne gruslaget i elvebunnen gir muligheter for store lokale bunnsenkninger i en flomsituasjon, noe som medfører fare for sammenbrudd i forbygningsanlegg (16). Det antas at elva har senket seg i Støren området siden 1940. Det har vært antydning av senkninger på opp mot 1,5 m ved Jernbanebrua, men anslaget er usikkert (15).

Store deler av Gaula er sikret med forbygninger (erosjonssikring). Sikringstiltakene er viktig for bakenforliggende områder og bebyggelse. Sikkerheten til områdene er derfor avhengig av at forbygninger er i tilfredsstillende stand til å opprettholde sin funksjon (16).

4 Vurdering av usikkerheter i flomberegninger for Gaula og Sokna

Vi mener at flomberegninger for Gaula er basert på en grundig analyse av flere målestasjoner i eller nærliggende vassdrag, samt erfaringstall fra andre flomberegninger. Målestasjonen Haga bru som ligger i Gaula, har over 110 år med data og har registrert flere store flommer (den største i 1940). Selv om det er sprikende verdier i resultatene fra flomfrekvensanalysen for målestasjoner i Gaula (Haga bru og Gaulfoss), har vi valgt den mest konservative verdien (650 l/skm²).

Det er utarbeidet en 1D-hydraulisk modell i Hec-Ras og på enkelte strekninger er det også benyttet 2D-modellering. Grunnlag for elvebunnen er grønn laser samt ekkolodd. I tillegg finnes det oppmålte tverrprofiler benyttet i flomsonekartlegging av NVE i 2001. Den 1D-hydrauliske modellen er kalibrert mot 1940-flommen, som er vurdert til å være ca. 1,2xQ200.

Basert på høringsutgaven av rapporten «Sikkerhet mot flomfare – Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak» (18), vurderes det at flomberegning for Gaula ligger i klasse 1 (representativ målestasjon i vassdraget med minst 30 år med data) og at den hydrauliske modellen tilhører klasse A (kalibrert mot en flom > 20 år). Matrisen med anbefalinger av sikkerhetspåslag ved økning i vannføring angir en økning på mellom 0 og 5 % for gitte usikkerheter i flomberegning og hydrauliske modellering.

Derfor mener vi at det ikke er grunn til å bruke en sikkerhetsfaktor på 1,2. Det anbefales å dimensjonere for 200-årsflom pluss 20 % klimapåslag. For å ta hensyn til stående bølger eller eventuelle overhøyde ved kurver anbefales det å benytte et fribord. På nåværende tidspunkt er det planlagt et fribord på 0,5 m, men dette vil vurderes nærmere

Vi mener at flomberegninger for Sokna er basert på en grundig analyse av flere målestasjoner i eller nærliggende vassdrag, samt erfaringstall fra andre flomberegninger. For beregninger av flom i Sokna har vi vurdert målestasjoner i nærliggende vassdrag og resultater fra den regionale flomfrekvensanalysen. Den valgte flomverdien ligger i øvre sjikt av verdiene som er vurdert fornuftige (mellom 460 og 650 l/skm²). Det vurderes at flomberegning for Sokna ligger i klasse 1 (representativ målestasjon i vassdraget med minst 30 år med data).

For Sokna er det ikke enda utarbeidet en hydraulisk modell for å analysere konsekvensene av bruk av sikkerhetsfaktor. Utarbeidelsen av modellen forventes å ha større usikkerheter enn modellen av Gaula da det finnes ikke kalibreringsdata fra flommen i 1940 for denne elven. I tillegg finnes det ikke oppmålinger av tverrprofiler eller ekkolodding av elvebunnen. Utarbeidelsen av en hydraulisk modell basert på laserskanning forventes å gi konservative vannstander, men vannføring ved laserskanningen er forholdsvis lav.

Oppdragsgiver: **Nye Veier**

Oppdragsnr.: **5207617** Dokumentnr.: **Hyd-01 (foreløpig)**

Vi mener at med nåværende informasjon er det rimelig å utføre en beregning med en sikkerhetsfaktor på 1,1 for dimensjonerende flomvannføring i Sokna. For å ta hensyn til usikkerheter i den hydrauliske modellen, stående bølger eller eventuelle overhøyde ved kurver anbefales det å benytte et fribord. På nåværende tidspunkt er det planlagt et fribord på 0,5 m, men dette skal vurderes nærmere.

5 Referanser

1. **Vegdirektoratet, 2018.** *Vegbygging. Håndbok N200.*
2. **Vegdirektoratet, 2015.** *Bruprosjektering. Håndbok N400.*
3. **Vegdirektoratet, 2019.** *Veg- og gateutforming. Håndbok N100.*
4. **NVE, 2000.** *Flomberegning for Gaulavassdraget (122.Z).*
5. **NVE, 2020.** *Lokal og regional flomfrekvensanalyse.*
6. **NVE, 2011.** *Retningslinjer for flomberegninger.*
7. **Norconsult, 2020.** *Flomberegning Nea/ Nidelva.* Oppdragsnummer 5195557.
8. **NVE, 2016.** *Klimaendring og framtidige flommer i Norge.*
9. **Statens vegvesen, 2019.** N200 Vegbygging. . *Statens vegvesen. Vegnormalene.* [Internett]
10. **Terratec, 2016.** *Laserskanning for elvekartlegging. Kartlegging av Gaula.*
11. **Cowi, 2016.** *Laserrapport NDH Sør-Trøndelag 5 pkt 2015.*
12. **Cowi, 2015.** *Laserrapport Oppdal og Rennebu 2014.*
13. **NVE, 1988.** *Vassdragshåndboka.*
14. **NIBIO, 2019.** *AR5 Klassifikasjonssystem - Klassifisering av arealressurser.*
15. **NVE, 2001.** *Flomsonekart. Delprosjekt Støren.*
16. **NVE, 2001b.** *Flomsonekart. Delprosjekt Melhus.*
17. **NVE, 2012.** *Flomrisikoplan for Gaula ved Melhus. Et eksempel på en flomrisikoplan etter EUs flomdirektiv.*
18. **NVE, 2021.** *Sikkerhet mot flomfare. Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak (høringsutgave).*

B03	2021-05-18	Andre punkter for diskusjon med NVE er fjernet (kapittel 5 i rev B02)	C. F. Uribe	J. Lancaster	
B02	2021-04-23	For gjennomgang hos oppdragsgiver	C. F. Uribe	J. Lancaster	
B01	2021-03-18	For gjennomgang hos oppdragsgiver	C. F. Uribe	J. Lancaster	
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. 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.

Notat

Oppdragsgiver: **Nye Veier**

Oppdragsnr.: **5207617** Dokumentnr.: **Hyd-01 (foreløpig)**

Vedlegg

1 Resultater fra den hydrauliske modellen

Oppdragsgiver: Nye Veier

Oppdragsnr.: 5207617 Dokumentnr.: Hyd-01 (foreløpig)

Vannstand (moh.)

Sted	Tverrprofil	Kalibrert	n + 0.005	n - 0.005	Uten bru	Q + 20 %
Håggårnningen	22011	58.5	58.8	58.1	58.3	60.1
	21349	58.4	58.6	58.1	58.1	60.1
Gyllan	20696	58.0	58.2	57.8	57.8	59.9
	20455	58.1	58.2	57.9	57.8	59.9
Volla-gjerdet	19981	58.0	58.1	57.8	57.7	59.9
	19587	58.0	58.1	57.8	57.7	59.8
Vollagrenda	19304	58.0	58.1	57.8	57.7	59.9
Hovin	18944	58.0	58.1	57.8	57.7	59.8
Hovin	18749	57.9	58.0	57.7	57.6	59.8
Hovin	18499	57.9	58.0	57.7	57.6	59.8
Hovin	18439	57.9	58.0	57.7	57.6	59.8
Hovin	18386	57.9	58.0	57.7	57.6	59.8
Hovin	18330	57.8	57.9	57.7	57.5	59.7
Hovin	18317	57.8	57.9	57.7	57.5	59.7
Hovin	18289	57.7	57.8	57.5	57.4	59.6
Hovin	18261	57.3	57.4	57.2	57.0	59.2
Oppstrøms Gullfosbru	18240	56.8	56.9	56.6	56.4	58.7
	18225	56.3	56.4	56.1	55.8	58.2
Gullfosbru	18217	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gaulfossen	18201	54.3	54.3	54.1	54.3	55.8
Gaulfossen	18183	52.6	52.8	52.5	52.6	54.2
Gaulfossen	18119	52.9	53.4	52.4	52.7	55.2
Fossløkkja	17827	52.3	52.5	52.0	52.0	54.8
	17612	51.2	51.4	51.1	50.9	53.9
	17538	51.1	51.3	51.0	50.8	53.7
	17529	51.0	51.1	50.8	50.6	53.5
Jernbanebru	17492	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	17455	45.8	45.8	45.8	45.8	47.6
	17449	43.9	43.9	43.8	43.9	44.9
	17387	38.1	38.2	38.1	38.1	38.6
Røskaftøya	16919	39.4	39.7	39.1	39.4	40.2
Samløp Gaua	16319	38.7	39.0	38.3	38.7	39.5
Øvre Røskaft	16234	37.7	38.2	37.3	37.7	38.3
Røskaft	15727	36.6	37.0	36.1	36.6	37.2
Grinni	15199	35.6	35.9	35.2	35.6	36.0
Horg	14515	34.7	35.0	34.4	34.7	35.2
Horg	14139	34.6	34.8	34.5	34.6	35.2
Horghåggån	13634	33.8	34.2	33.4	33.8	34.6
Horg	13408	33.6	34.0	33.3	33.6	34.4
	13182	33.5	33.8	33.2	33.5	34.3
	12956	33.2	33.5	32.9	33.2	34.0
	12722	32.7	33.2	32.1	32.7	33.6
	12651	32.2	32.6	31.8	32.1	32.8
Oppstrøms Valdum bru	12639	32.1	32.5	31.7	32.0	32.7
Valdum bru	12634	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lundamo	12628	32.0	32.5	31.5	32.0	32.6
Lundamo	12302	31.8	32.2	31.1	31.8	32.6
Samløp Lundesokna	11266	31.0	31.4	30.7	31.0	31.9
Kjellstad	10852	29.7	30.0	29.4	29.7	29.9
	10259	29.1	29.4	28.8	29.1	29.7
Einan/ Leberg	9846	28.4	28.7	28.3	28.4	28.9
Megarden	8909	26.6	27.1	25.9	26.6	27.3
Haltbrekk-gjerdet	8064	25.5	25.8	25.0	25.5	26.2
	7492	25.0	25.3	24.5	25.0	25.8
Ler/ Flå	6730	24.4	24.5	23.8	24.4	25.2
Losa	5740	21.6	22.0	21.2	21.6	21.6
	5020	22.1	22.4	21.9	22.1	22.8
Kåsa	4416	21.2	21.6	20.9	21.2	21.9
	4179	21.5	21.8	21.2	21.5	22.2
Nerkåsa	4007	21.0	21.5	20.6	21.0	21.8
	3944	20.9	21.3	20.4	20.8	21.6
Kåsa-håggån	3812	20.9	21.3	20.5	20.8	21.6
Kåsa-håggån	3631	20.8	21.2	20.5	20.8	21.5
Kåsa-håggån	3440	20.7	21.1	20.4	20.7	21.5
	3395	20.7	21.0	20.4	20.7	21.5
	3299	20.6	21.0	20.3	20.6	21.4
	3202	20.5	20.8	20.1	20.4	21.3
Oppstrøms Kvål bru	3130	20.1	20.4	19.7	20.0	20.7
Kvål bru	3108	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nedstrøms Kvål bru	3099	19.7	20.1	19.2	19.7	20.2
	3086	19.7	20.1	19.2	19.7	20.2

Oppdragsgiver: Nye Veier

Oppdragsnr.: 5207617 Dokumentnr.: Hyd-01 (foreløpig)

Vannstandsforskjell (m)

Sted	Tverrprofil	Kalibrert	n + 0.005	n - 0.005	Uten bru	Q + 20 %
Håggårningen	22011	58.5	0.3	-0.4	-0.2	1.7
	21349	58.4	0.3	-0.3	-0.2	1.7
Gyllan	20696	58.0	0.2	-0.2	-0.3	1.9
	20455	58.1	0.2	-0.2	-0.3	1.9
Volla-gjerdet	19981	58.0	0.1	-0.2	-0.3	1.9
	19587	58.0	0.1	-0.2	-0.3	1.9
Vollagrenda	19304	58.0	0.1	-0.1	-0.3	1.9
Hovin	18944	58.0	0.1	-0.1	-0.3	1.9
Hovin	18749	57.9	0.1	-0.1	-0.3	1.9
Hovin	18499	57.9	0.1	-0.1	-0.3	1.9
Hovin	18439	57.9	0.1	-0.1	-0.3	1.9
Hovin	18386	57.9	0.1	-0.1	-0.3	1.9
Hovin	18330	57.8	0.1	-0.1	-0.3	1.9
Hovin	18317	57.8	0.1	-0.1	-0.3	1.9
Hovin	18289	57.7	0.1	-0.1	-0.3	1.9
Hovin	18261	57.3	0.1	-0.1	-0.3	1.9
Oppstrøms Gullfosbru	18240	56.8	0.1	-0.1	-0.4	1.9
	18225	56.3	0.1	-0.1	-0.5	2.0
Gullfosbru	18217					
Gaulfossen	18201	54.3	0.1	-0.1	0.0	1.5
Gaulfossen	18183	52.6	0.2	0.0	0.0	1.7
Gaulfossen	18119	52.9	0.5	-0.5	-0.2	2.3
Fossløkkja	17827	52.3	0.3	-0.3	-0.3	2.5
	17612	51.2	0.2	-0.1	-0.3	2.6
	17538	51.1	0.1	-0.1	-0.3	2.6
	17529	51.0	0.2	-0.1	-0.3	2.5
Jernbanebru	17492					
	17455	45.8	0.0	0.0	0.0	1.8
	17449	43.9	0.0	0.0	0.0	1.0
	17387	38.1	0.1	-0.1	0.0	0.5
Røskaftøya	16919	39.4	0.3	-0.3	0.0	0.8
Samløp Gaua	16319	38.7	0.4	-0.4	0.0	0.9
Øvre Røskaft	16234	37.7	0.4	-0.5	0.0	0.6
Røskaft	15727	36.6	0.4	-0.5	0.0	0.6
Grinni	15199	35.6	0.3	-0.4	0.0	0.4
Horg	14515	34.7	0.3	-0.2	0.0	0.5
Horg	14139	34.6	0.2	-0.1	0.0	0.5
Horghåggån	13634	33.8	0.4	-0.4	0.0	0.8
Horg	13408	33.6	0.4	-0.4	0.0	0.8
	13182	33.5	0.3	-0.3	0.0	0.8
	12956	33.2	0.3	-0.3	0.0	0.8
	12722	32.7	0.4	-0.6	-0.1	0.9
	12651	32.2	0.4	-0.4	-0.1	0.6
Oppstrøms Valdum bru	12639	32.1	0.4	-0.4	-0.1	0.6
Valdum bru	12634					
Lundamo	12628	32.0	0.4	-0.5	0.0	0.6
Lundamo	12302	31.8	0.4	-0.6	0.0	0.8
Samløp Lundesokna	11266	31.0	0.4	-0.3	0.0	0.9
Kjellstad	10852	29.7	0.3	-0.3	0.0	0.2
	10259	29.1	0.3	-0.3	0.0	0.6
Einan/ Leberg	9846	28.4	0.3	-0.1	0.0	0.4
Megarden	8909	26.6	0.5	-0.6	0.0	0.7
Haltbrekk-gjerdet	8064	25.5	0.3	-0.5	0.0	0.7
	7492	25.0	0.2	-0.5	0.0	0.8
Ler/ Flå	6730	24.4	0.1	-0.6	0.0	0.8
Losa	5740	21.6	0.3	-0.4	0.0	0.0
	5020	22.1	0.3	-0.2	0.0	0.7
Kåsa	4416	21.2	0.4	-0.3	0.0	0.7
	4179	21.5	0.3	-0.3	0.0	0.7
Nerkåsa	4007	21.0	0.4	-0.4	0.0	0.8
	3944	20.9	0.4	-0.5	-0.1	0.8
Kåsa-håggån	3812	20.9	0.4	-0.4	-0.1	0.7
Kåsa-håggån	3631	20.8	0.4	-0.4	0.0	0.7
Kåsa-håggån	3440	20.7	0.3	-0.3	0.0	0.8
	3395	20.7	0.3	-0.3	-0.1	0.8
	3299	20.6	0.4	-0.3	-0.1	0.8
	3202	20.5	0.4	-0.3	-0.1	0.8
Oppstrøms Kvål bru	3130	20.1	0.4	-0.4	-0.1	0.7
Kvål bru	3108					
Nedstrøms Kvål bru	3099	19.7	0.4	-0.4	0.0	0.6
	3086	19.7	0.4	-0.4	0.0	0.6

2 RESULTATER FRA HEC-RAS 1D-MODELL I DAGENS SITUASJON

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Froude
Gyllan-Kval	24558	1.2xQ200	3106	53.8	63.1	61.3	65.0	0.0029	6.3	0.7
Gyllan-Kval	24219	1.2xQ200	3106	54.2	61.3	61.0	63.7	0.0053	7.0	0.9
Gyllan-Kval	23956	1.2xQ200	3106	54.7	61.3	59.6	62.4	0.0023	4.6	0.6
Gyllan-Kval	23373	1.2xQ200	3106	52.2	60.7	57.7	61.4	0.0011	3.6	0.4
Gyllan-Kval	23129	1.2xQ200	3106	51.5	60.4	57.4	61.1	0.0011	3.8	0.4
Gyllan-Kval	22746	1.2xQ200	3106	49.8	58.9	56.9	60.4	0.0024	5.6	0.6
Gyllan-Kval	22011	1.2xQ200	3106	48.8	58.8	56.2	59.2	0.0007	3.3	0.4
Gyllan-Kval	21349	1.2xQ200	3106	47.7	58.5	54.1	58.8	0.0004	2.5	0.3
Gyllan-Kval	20696	1.2xQ200	3106	47.3	58.3	53.3	58.5	0.0004	2.6	0.3
Gyllan-Kval	20455	1.2xQ200	3106	46.0	58.3	52.1	58.4	0.0002	1.9	0.2
Gyllan-Kval	19981	1.2xQ200	3106	46.2	58.2	51.5	58.3	0.0002	1.8	0.2
Gyllan-Kval	19587	1.2xQ200	3106	42.5	57.9	51.2	58.2	0.0003	2.7	0.2
Gyllan-Kval	19304	1.2xQ200	3106	42.4	57.9	50.7	58.1	0.0002	2.2	0.2
Gyllan-Kval	18944	1.2xQ200	3106	43.4	57.9	50.9	58.0	0.0001	1.8	0.2
Gyllan-Kval	18749	1.2xQ200	3106	43.8	57.8	50.0	58.0	0.0002	2.1	0.2
Gyllan-Kval	18499	1.2xQ200	3106	43.0	57.9	49.7	58.0	0.0001	1.6	0.1
Gyllan-Kval	18439	1.2xQ200	3106	42.3	57.9	48.9	57.9	0.0001	1.5	0.1
Gyllan-Kval	18386	1.2xQ200	3106	42.2	57.9	48.1	57.9	0.0001	1.4	0.1
Gyllan-Kval	18330	1.2xQ200	3106	41.3	57.8	47.9	57.9	0.0001	1.6	0.1
Gyllan-Kval	18317	1.2xQ200	3106	40.9	57.8	47.2	57.9	0.0001	1.6	0.1
Gyllan-Kval	18289	1.2xQ200	3106	39.9	57.7	48.1	57.9	0.0002	2.4	0.2
Gyllan-Kval	18261	1.2xQ200	3106	38.8	57.3	51.5	57.9	0.0017	3.7	0.3
Gyllan-Kval	18240	1.2xQ200	3106	40.6	56.8	52.5	57.8	0.0032	5.0	0.4
Gyllan-Kval	18225	1.2xQ200	3106	37.6	56.3	52.5	57.7	0.0046	5.9	0.5
Gyllan-Kval	18217		Bridge							
Gyllan-Kval	18201	1.2xQ200	3106	37.5	54.3	52.4	57.1	0.0113	8.1	0.7
Gyllan-Kval	18183	1.2xQ200	3106	37.5	52.6	52.6	56.7	0.0185	9.6	0.9
Gyllan-Kval	18119	1.2xQ200	3106	38.2	48.9	50.5	54.9	0.0373	11.6	1.2
Gyllan-Kval	17827	1.2xQ200	3106	34.0	51.2	47.0	52.5	0.0042	5.4	0.5
Gyllan-Kval	17612	1.2xQ200	3106	32.5	49.8	44.6	51.4	0.0055	5.8	0.5
Gyllan-Kval	17490	1.2xQ200	3120	30.9	49.5	44.3	50.8	0.0035	5.2	0.4
Gyllan-Kval	17468	1.2xQ200	3120	32.0	47.1	45.8	50.4	0.0127	8.5	0.7
Gyllan-Kval	17447	1.2xQ200	3120	33.0	44.9	44.9	49.9	0.0189	10.4	1.0
Gyllan-Kval	17387	1.2xQ200	3120	31.8	38.4	41.0	47.7	0.0529	13.9	1.9
Gyllan-Kval	16919	1.2xQ200	3120	31.7	39.5	38.2	40.0	0.0012	3.5	0.4
Gyllan-Kval	16319	1.2xQ200	3120	30.9	38.4	36.4	39.1	0.0015	4.0	0.5
Gyllan-Kval	16234	1.2xQ200	3120	29.5	37.7	35.7	38.9	0.0021	4.9	0.6
Gyllan-Kval	15727	1.2xQ200	3120	29.7	36.6	35.0	37.7	0.0025	4.7	0.6
Gyllan-Kval	15199	1.2xQ200	3120	25.9	35.7	34.1	36.6	0.0017	4.7	0.5
Gyllan-Kval	14515	1.2xQ200	3120	26.6	35.1	33.0	35.6	0.0010	3.5	0.4
Gyllan-Kval	13634	1.2xQ200	3120	23.2	33.5	33.4	34.4	0.0019	5.0	0.6
Gyllan-Kval	12956	1.2xQ200	3120	23.5	32.9	30.9	33.4	0.0010	3.4	0.4
Gyllan-Kval	12722	1.2xQ200	3120	21.5	32.1	30.7	33.0	0.0018	4.9	0.5
Gyllan-Kval	12651	1.2xQ200	3120	22.2	31.8	30.3	32.9	0.0019	4.9	0.6
Gyllan-Kval	12639	1.2xQ200	3120	22.0	31.8	30.4	32.9	0.0020	5.0	0.6
Gyllan-Kval	12634		Bridge							
Gyllan-Kval	12628	1.2xQ200	3120	22.3	31.8	30.3	32.8	0.0018	4.8	0.5
Gyllan-Kval	12302	1.2xQ200	3222	23.1	31.3	29.6	32.1	0.0019	4.4	0.5
Gyllan-Kval	11266	1.2xQ200	3227	21.7	30.4	26.9	30.8	0.0008	2.9	0.4
Gyllan-Kval	10259	1.2xQ200	3227	20.7	29.3	27.0	29.8	0.0012	3.7	0.4
Gyllan-Kval	9846	1.2xQ200	3227	20.5	28.7	26.4	29.3	0.0012	3.8	0.4
Gyllan-Kval	8909	1.2xQ200	3227	17.6	26.5	25.8	27.7	0.0024	5.1	0.6
Gyllan-Kval	8064	1.2xQ200	3227	17.5	25.4	23.1	26.0	0.0014	3.5	0.5
Gyllan-Kval	7492	1.2xQ200	3227	16.9	24.9	22.3	25.3	0.0009	2.9	0.4
Gyllan-Kval	6730	1.2xQ200	3227	15.3	24.2	21.6	24.6	0.0009	3.3	0.4
Gyllan-Kval	5740	1.2xQ200	3227	14.2	22.1	20.6	23.2	0.0022	4.8	0.6
Gyllan-Kval	5020	1.2xQ200	3227	12.2	22.1	18.7	22.2	0.0002	1.8	0.2
Gyllan-Kval	4416	1.2xQ200	3227	12.1	21.3	19.5	21.9	0.0012	3.9	0.4
Gyllan-Kval	4179	1.2xQ200	3227	13.3	21.5	17.3	21.6	0.0002	1.4	0.2
Gyllan-Kval	3944	1.2xQ200	3227	9.3	20.7	19.4	21.5	0.0016	4.4	0.5
Gyllan-Kval	3812	1.2xQ200	3227	11.8	20.9	18.6	21.2	0.0007	2.7	0.3
Gyllan-Kval	3631	1.2xQ200	3373	12.4	20.8	17.4	21.1	0.0005	2.3	0.3
Gyllan-Kval	3440	1.2xQ200	3389	11.0	20.8	17.1	21.0	0.0005	2.1	0.3
Gyllan-Kval	3396	1.2xQ200	3389	10.4	20.6	17.3	20.9	0.0006	2.4	0.3
Gyllan-Kval	3298	1.2xQ200	3389	9.9	20.6	17.3	20.9	0.0006	2.5	0.3
Gyllan-Kval	3203	1.2xQ200	3389	10.4	20.5	17.2	20.8	0.0007	2.7	0.3
Gyllan-Kval	3130	1.2xQ200	3389	10.5	20.1	17.3	20.7	0.0012	3.7	0.4
Gyllan-Kval	3108		Bridge							
Gyllan-Kval	3100	1.2xQ200	3389	9.8	19.7	17.5	20.6	0.0019	4.3	0.5
Gyllan-Kval	3086	1.2xQ200	3389	10.3	19.7	17.3	20.6	0.0017	4.3	0.5
Gyllan-Kval	3049	1.2xQ200	3389	5.0	19.9	15.4	20.4	0.0006	3.2	0.3
Gyllan-Kval	2669	1.2xQ200	3389	10.8	19.6	16.9	20.1	0.0011	3.5	0.4
Gyllan-Kval	2177	1.2xQ200	3389	9.6	19.1	16.5	19.6	0.0010	3.2	0.4
Gyllan-Kval	1717	1.2xQ200	3389	8.7	19.0	15.5	19.2	0.0004	2.4	0.3
Gyllan-Kval	1474	1.2xQ200	3389	8.9	18.9	16.5	19.1	0.0004	2.2	0.3
Gyllan-Kval	1322	1.2xQ200	3389	5.5	18.8	16.4	19.0	0.0004	2.5	0.3
Gyllan-Kval	711	1.2xQ200	3389	8.0	18.0	14.7	18.6	0.0009	3.6	0.4
Gyllan-Kval	444	1.2xQ200	3389	8.5	17.6	14.7	18.3	0.0011	3.9	0.4
Gyllan-Kval	254	1.2xQ200	3389	8.7	17.2	14.5	18.0	0.0015	4.2	0.5

3 TILSTANDEN TIL DE EKSISTERENDE EROSJONSSIKRINGSTILTAKENE LANGS GAULA

Tilstanden til de eksisterende sikringstiltakene er beskrevet i NVEs rapport «Erosjonssikringstiltak i Gaula. Kartlegging av tilstand og reparasjonsbehov» [2]. Tilstanden og bilder av relevante tiltak fra rapporten er gjengitt nedenfor.






Øvre deler av anlegg.



Midtre deler av anlegg.

 Tilstandsrapport ved befaring av sikringsanlegg mot flom, erosjon og skred i vassdrag Norges vassdrags- og energidirektorat			
Tiltaksnummer/Navn	947 – Gaula ved Vollan		
Dato for befaring	23.06.09	Vannføring (m³/sek) - befaringsdag	Eggafoss 34
Elveside (H-M-V)	H	Byggestart (år)	1932
Antall parseller	1	Ferdigstilt (år)	1935
Samlet lengde (m)	380	Reparasjon/Forlengelse (år)	1947 og - 63
Anleggstype	Erosjonssikring, Steinkledning, røys og plastring.		
Hensikt med anlegget	Sikring av dyrket mark og E6. Sikkerhetsklasse M3.		
Oppstrøms forankring	Ingen tydelig forankring.		
Nedstrøms forankring	Godt innebygd.		
Anleggets tilstand	Anlegget er noe slitt med småsår og med steder der foten muligens er noe tynn og hvor det mangler stein. Det vil ikke bli utført tiltak her.		
Vegetasjon på anlegg	Anlegget er delvis gjengrodd av mose og gress, busker og trær i bakkant.		
Områdebeskrivelse	Anlegget ligger langs en delvis rett strekning av elva. Elva har middels strømhastighet og er relativt dyp. Grunnforholdene består av elveavsetninger.		





Øvre deler av anlegg

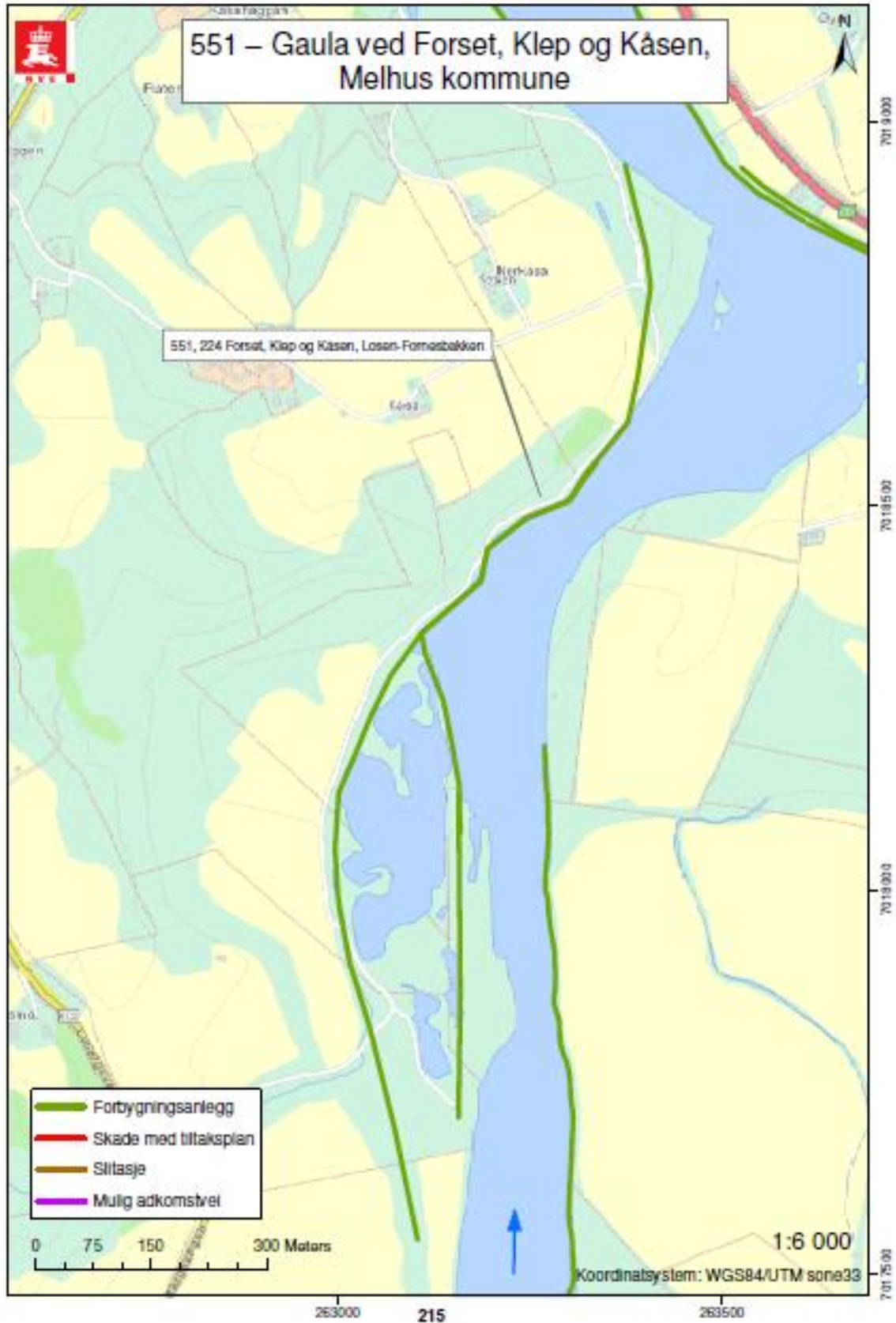


Nedre deler av anlegg har en flomvoll som ligger på land.

	Tilstandsrapport ved befaring av sikringsanlegg mot flom, erosjon og skred i vassdrag Norges vassdrags- og energidirektorat
--	---

Tiltaksnummer/Navn	759 – Gaula ved Røskaft		
Dato for befaring	10.07.09	Vannføring (m³/sek) - befaringdag	Gaulfossen 36
Elveside (H-M-V)	H	Byggestart (år)	1927
Antall parseller	1	Ferdigstilt (år)	1931
Samlet lengde (m)	690	Reparasjon/Forlengelse (år)	1959

Anleggstype	Erosjonssikring og flomvoll. Steinkledning, røys.
Hensikt med anlegget	Sikring av dyrket mark og jernbane. Sikkerhetsklasse M2.
Oppstrøms forankring	Går rett over i anlegg 630.
Nedstrøms forankring	Forankring inn i skogen.
Anleggets tilstand	Anlegget har mye stein og er kraftig. Ingen synlige skader.
Vegetasjon på anlegg	Varierende mengde. Mose, gress, busker og trær. Har også blitt ryddet noe her, lettere adkomst for fiskere.
Områdebeskrivelse	Elva er bred og med varierende dybdeforhold. Anlegget ligger i en svak innersving og djupålen går på denne siden. Strømhastigheten er fra liten til middels. Flere utstikkere i elva. Grunnforholdene består av elveavsetninger og noe hav- og fjordavsetninger.





Midtre deler av anlegg som er nylig reparert.

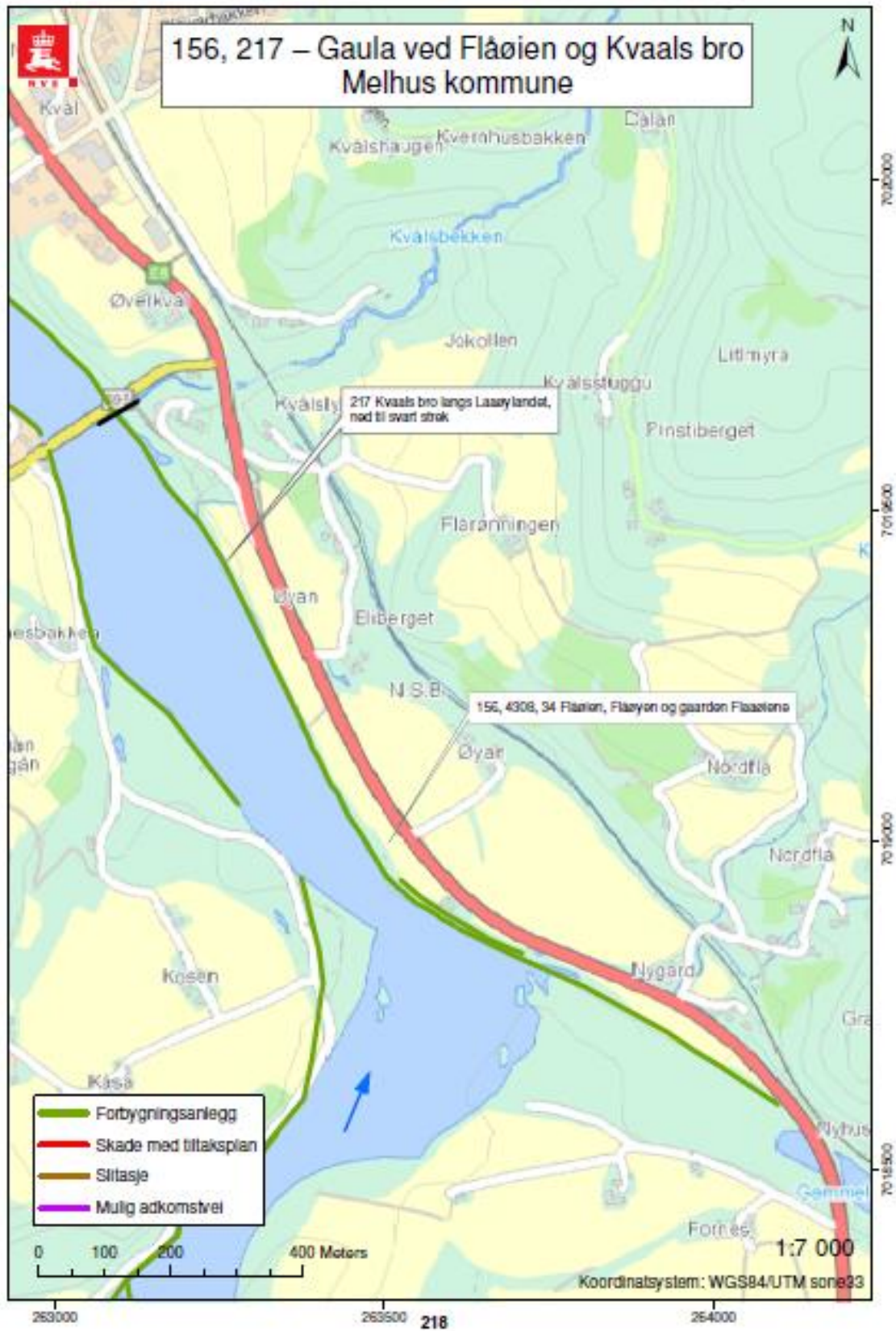


Nedre deler av anlegg som er nylig reparert.

	Tilstandsrapport ved befaring av sikringsanlegg mot flom, erosjon og skred i vassdrag Norges vassdrags- og energidirektorat
--	---

Tiltaksnummer/Navn	551 – Gaula ved Forset, Klep og Kåsen		
Dato for befaring	03.07.08	Vannføring (m³/sek) - befaringsdag	Gaulfoss 72
Elvestre (H-M-V)	V	Byggestart (år)	1920
Antall parseller	1	Ferdigstilt (år)	1931
Samlet lengde (m)	1600	Reparasjon/Førlengelse (år)	1960, -67 og 2007

Anleggstype	Erosjonssikring. Steinkledning, røys. Del av anlegg 224 er avmerket på kart her, men denne er ikke funnet.
Hensikt med anlegget	Sikring av dyrket mark og tidligere utført elveforbygning. Sikkerhetsklasse S2.
Oppstrøms forankring	Delvis gjengrodd, vanskelig å finne.
Nedstrøms forankring	Ingen definert forankring av den eldre delen, men tydelig forankring på nytt anlegg. Erosjon nedenfor ny forankring.
Anleggets tilstand	Anlegget er vedlikeholdt i 2007 (Detaljplan datert 27.03.2007, 200700672) i forbindelse med et dypt hull midt i elven her. Dette er i orden. Deler av anlegg som ikke er vedlikeholdt ligger delvis gjengrodd eller ser bra ut.
Vegetasjon på anlegg	Mye vegetasjon på eldre deler, og i bakkant av anlegg. Det har ikke etablert seg vegetasjon på selve anlegget enda.
Områdebeskrivelse	Elva er veldig smal i øvre deler av dette området. Den vider seg ut og tar en sving, slik at anlegget ligger utsatt til i en yttersving. Her har elva erodert bort mange meter de siste 10 årene, store endringer. Elva er dyp og er middels til stor strømhastighet. Ingen markerte stryk. Grunnforholdene består av elve-, hav- og fjordavsetninger. Kvikkleiresonen Forset 449 med faregrad middels går helt ned til elva.





Øvre del av anlegg.



Nedre del av anlegg.

	Tilstandsrapport ved befaring av sikringsanlegg mot flom, erosjon og skred i vassdrag Norges vassdrags- og energidirektorat
--	---

Tiltaksnummer/Navn	156 og 217 – Gaula ved Flåølen og Kvaals bro ved Flaøllandet		
Dato for befaring	03.07.08	Vannføring (m³/sek) - befaringsdag	Gaulfoss 72
Elveside (H-M-V)	H	Byggestart (år)	1904
Antall parseller	3	Ferdigstilt (år)	1906
Samlet lengde (m)	1110	Reparasjon/Forlengelse (år)	1910 og -54

Anleggstype	Flomsikring og erosjonssikring. Steinkledning, røys. Anlegg 4308 er inkludert.
Hensikt med anlegget	Sikring av dyrket mark, bebyggelse, E6, bro og forsterkning av tidligere anlegg. Høyspentlinje krysser anlegg i nedre deler. Sikkerhetsklasse S3, M2 og S2.
Oppstrøms forankring	Ikke klart definert. Gammelt anlegg fortsetter oppover gammelt elveløp.
Nedstrøms forankring	Ender med stor steiner, stabilt.
Anleggets tilstand	Anlegget er i en god tilstand.
Vegetasjon på anlegg	Gress helt ned til vannspeil, busker og trær i bakkant.
Områdebeskrivelse	I øvre deler går elva rett på før den smalner og endrer retning. Her er det dypt og stor strømhastighet. Dette avtar videre nedstrøms, og elva blir bredere. Ei grusør ligger foran anlegget i nedre deler. Grunnforholdene består av elve-, hav- og fjordavsetninger. Kvikkleiresonen Kvål 446 med faregrad lav grenser til nedre deler av anlegget.





Midtre deler av anlegg som er skadet.



Nedre deler av anlegg som er skadet.

Tilstandsrapport ved befaring av sikringsanlegg mot flom, erosjon og skred i vassdrag
Norges vassdrags- og energidirektorat

Tiltaksnummer/Navn	4283 – Gaula ved Fornesbakken		
Dato for befaring	03.07.08 og 08.10.10	Vannføring (m³/sek) - befaringsdag	Gaufoss 72 og 31
Elveside (H-M-V)	V	Byggestart (år)	1946
Antall parseller	1	Ferdigstilt (år)	1948
Samlet lengde (m)	380	Reparasjon/Forlengelse (år)	1959

Anleggstype	Erosjonssikring, Steinkledning, røys.
Hensikt med anlegget	Sikring av dyrket mark, gårdsvei og bru, samt vedlikehold av tidligere forbygningsanlegg. Sikkerhetsklasse M2.
Oppstrøms forankring	Ikke funnet.
Nedstrøms forankring	Forankret mot brukar.
Anleggets tilstand	Anlegget har flere småskader. Foten er generelt dårlig og med enkelte utglidninger. Det er de nedre delene som er mest utsatt og skadet.
Vegetasjon på anlegg	Gress, busker og lauvtrær ned mot anlegg.
Områdebeskrivelse	Anlegget ligger i en svak innersving, og den snevres inn fra å være ganske bred til å bli smal under brua. Stor påfjemning i sving og nedre deler av anlegget. Det er dypt og middels til stor strømhastighet. Grunnforholdene består av elveavsetninger.

Tiltaksbeskrivelse og miljøtilpasninger	Det er nødvendig å forsterke foten og nedre del av skråningen på en strekning på 310 m dersom man skal forsterke tilstrekkelig. Tverrprofil A på tilhørende kart viser hvordan forsterkningen foreslås bygd opp. Etter som at det er blottlagt leire i området benyttes en tå på anlegget i stedet for en fotgroft. Anleggsarbeidet utføres på ordinær måte med midlertidig anleggsvei langs foten av elveskråningen. Adkomst er mulig via avkjørsel fra fylkesvei 695 rett for Kvålsbrua, ned på kommunal vei og videre ned en kort strekning på maks 30 m. Vedlikehold av veier fram til anleggsvei må påberegnes. Den utkjørte steinfyllingen må utformes som et miljøtilpasset sikringstiltak. Steinmassene skal tildekket med et lag av tilgroingsmasser ned til vannstandsnivå for middels flom, som primært skal bestå av løsmasser, vegetasjon, rotter og busker som ble fjernet for steinlegging. Dersom dette ikke finnes tilgjengelig må velegnede tilgroingsmasser tilkjøres. På sikt bør det vurderes å fjerne øvre deler av anlegg (som ikke blir reparert) for å ivareta elvemiljøet. Det er tett og frodig flommarkskog innenfor øvre deler av anlegget.
--	--

4 EROSJONSSIKRING VED HOVIN STASJON

