



Dovrebanen
Støren stasjon

Flomfarevurdering

					<i>Kristine K. Walker</i>
00B	Første utgave	13.12.2022	KO	KLW	HGJ
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
Dovrebanen Støren – Trondheim Støren stasjon Flomfarevurdering		Ant. sider			
		48			
		Produsent	Multiconsult Norge AS		
		Erstattet av			
Prosjektnr.: 60034613 Parsell: 05 Planfase: Detaljplan		Dokument nr. KTT-05-A-10141		Rev. 00B	
		FDV-Dokument nr. N/A		FDV-Rev. N/A	

1	SAMMENDRAG	3
2	BAKGRUNN	5
2.1	EKSISTERENDE KUNNSKAPSGRUNNLAG - NVEs FLOMSONEKART	5
3	OM FLOMFARE	7
3.1	STORTINGETS FØRINGER	7
3.2	VURDERING AV FLOMFARE I PLAN- OG BYGGESAK	7
3.2.1	TEK17 § 7-1. Generelle krav om sikkerhet mot naturpåkjenninger	8
3.2.2	Sikkerhetsklasse for flom	8
3.2.3	Sikkerhetsklasser for byggverk	8
3.3	ANBEFALT SIKKERHETSKLASSE IHT. TEK17	9
4	OM GAULA	11
4.1	LERFALLET I 1345	11
4.2	ENDRET GEOMETRI FOR VASSDRAGET	11
4.3	TIDLIGERE FLOMLØP	13
5	FLOMBEREGNING	14
5.1	HISTORISKE FLOMMER	14
5.1.1	1918-flommen	15
5.1.2	1940-flommen	17
5.2	FLOMBEREGNING STØREN	19
5.2.1	Tidligere flomberegninger	19
5.2.2	Frekvensanalyse på momentanverdier	20
5.2.3	Frekvensanalyse på døgnverdier	22
5.3	KLIMAFRAMSKRIVNINGER	23
5.4	VALGTE FLOMVERDIER	23
6	HYDRAULISK MODELLERING	25
6.1	FORUTSETNINGER	25
6.2	TERRENGMODELL	25
6.3	HYDRAULISK MODELL	26
6.3.1	Modelloppsett	26
6.3.2	Grensebetingelser	30
6.3.3	Bruer og kulverter	30
6.3.4	Ruhetsforhold	31
6.3.5	Kalibrering	31
6.3.6	Sensitivitetsvurdering	33
7	RESULTAT	34
7.1	KONSEKVENSER IFT. 2.LEDD I § 7-1 I TEK17	34
7.1.1	Dagens situasjon	34
7.1.2	Alternativ 1: BN sine planlagte tiltak	36
7.1.3	Alternativ 2: BN sine tiltak med flomvoll som avbøtende tiltak	38
7.1.4	Alternativ 3: BN sine tiltak uten støyskjerm	39
7.2	OPPDATERT FLOMSONEKART	40
7.2.1	Flomsonekart (F2)	41
7.2.2	Flomsonekart (S3)	44
8	ANBEFALING OG KONKLUSJON	46
9	REFERANSER	48

1 SAMMENDRAG

I forbindelse med reguleringsplanforslag for Støren har Multiconsult påpekt at kunnskapsgrunnlaget er for dårlig mtp. naturfare flom. Flomsonekartene for Gaula er blant de første som ble utarbeidet i Norge og det har skjedd stor utvikling innen modelleringsverktøy, metodikk, grunnlagsdata m.m. siden kartene ble utarbeidet. NVEs flomsonekart (2001) har i tidligere reguleringsplaner blitt lagt til grunn, uten at konsekvensene av tiltakene i faresonen har blitt vurdert. NVEs flomsonekart inkluderer ikke sidevassdrag, klimaendringer eller geometriendringer i vassdraget etter at tverrprofilene ble oppmålt i 1998. Samlet tilsier dette at det er behov for å oppdatere kunnskapsgrunnlaget.

NVE har flomsonekartlagt Gaula mht. flomfaren for eksisterende bebyggelse.

Flomsonekartene er utarbeidet før TEK10 og TEK17, og er følgelig ikke i henhold til regelverket. Flomsonekartene er heller ikke iht. *NVEs retningslinjer for arealbruk og sikring i flomutsatte områder* fra 1999 (NVE, 1999). Prinsipielt legger regelverket (TEK17) opp til at alle vassdrag må klassifiseres. Dersom en kan forvente at flommen skyldes snøsmelting, slik at flommen med stor sikkerhet kan varsles i god tid (flere døgn) og at vannet er sakteflytende slik at det utgjør liten reel fare, skal sikkerhetskravene i § 7-2 i TEK17 legges til grunn. For alle andre vassdrag skal sikkerhetskravene i § 7-3 legges til grunn. Fra historiske kilder vet man at flommer i Gaula stiger raskt, kan være vanskelige å varsle og at flommer her har krevd menneskeliv. Ved blant annet 1918- og 1940-flommene skjedde det elvebrudd flere steder langs vassdraget og vassdraget er kjent som en farlig flomelv (NVE, 2021), (NOU, 1996)». På bakgrunn av dette anbefaler Multiconsult at sikkerhetsklasse S3 legges til grunn for Gaula og sikkerhetsklasse S2 legges til grunn for sidevassdrag.

Multiconsult har oppdatert flomsonekart for både sikkerhetsklasse F2 og S3 for Gaula, ettersom gjeldende forvaltningspraksis ikke er iht. sikkerhetskravene i TEK17. Kartene viser at det er fare for menneskeliv ved flom på Støren og at vannstandene vil være vesentlig høyere med de ajourførte beregningene, enn det NVEs beregninger fra 2001 la til grunn.

Det er vesentlig erosjonsfare i vassdraget. Erosjonssikringer langs vassdraget kan medføre at elva ikke får utvidet elvetverrsnittet ved flom, noe som kan forverre flomsituasjonen i vassdraget. Sidevassdrag er ikke kartlagt og bruer og kulverter er ikke lagt inn i modellen. Dagen situasjon i modellen er basert på terrengdata fra 2016. Effekten av ev. andre tiltak innenfor flomsone som er bygget etter 2016, er ikke modellert.

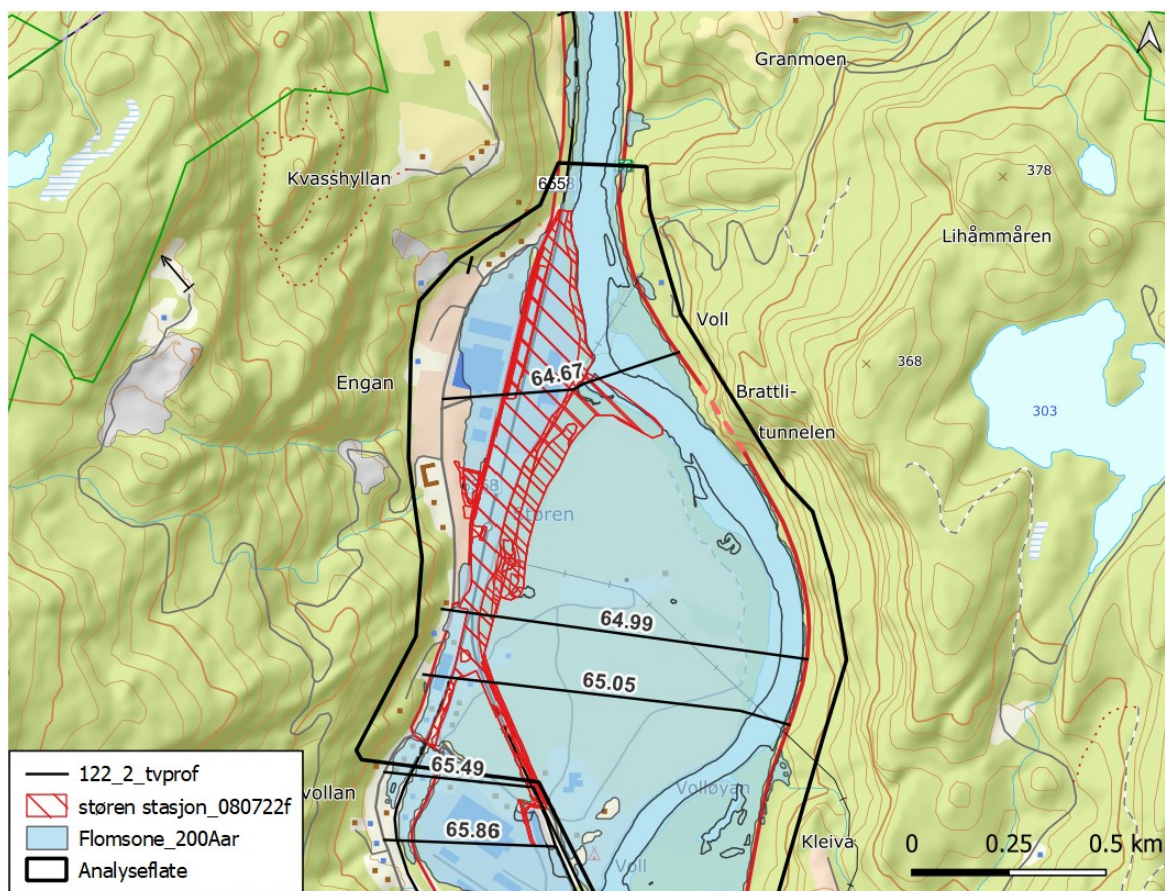
Basert på beregningene for en 200-årsflom, kan en konkludere at Bane NORs tiltak med overgangsbu og nye perronger, men uten støyskjerm (alternativ 3), ikke påvirker vannstandene betydelig eller medfører betydelig økt fare for 3.part ved Støren stasjon. Alternativ 1 med gangbrua, nye perronger og støyskjermer, vil medføre noe økte vannhastigheter og D^*V -tall ved en bolig og ved stasjonsområdet. Alternativ 2, som er tiltaket som i alternativ 1 med en flomvoll ved Volløyan, gir også økt flomfare. Alternativ 3, som er alternativ 1 uten støyskjerm, er derfor det beste alternative av løsningene som er vurdert. Fordelene og ulempene med støyskjermen, sett i forhold til ulempene alternative tiltak for støyskjerming har, må vurderes i forhold til hva som er en akseptabel forverring av flomforholdene.

Det anbefales at kunnskapsgrunnlaget for Gaula oppdateres basert på nye oppmålinger med heldekkende elvebunn og terrengdata. Spesielt strekningen ved Håggåtunnelen bør måles opp med heldekkende elvebunnsdata.

Skredfaren som følge av masseuttaket på Kvassneshylla bør også utredes. Uttaket av masser vil medføre at mer vann renner raskere ned til grunnvannsspeilet, slik at poretrykket i nedre del av avsetningen vil kunne øke. Multiconsult kan ikke se at dette tidligere har blitt utredet.

2 BAKGRUNN

I forbindelse med Bane NOR(BN) sine planer om å bygge nytt stasjonsområde på Støren med overgangsbru for adkomst til plattformene, må det utarbeides reguleringsplan for området som markert med rød skraver på Figur 2-1. Området ligger innenfor faresone flom, som NVE kartla i 2001. Ettersom flomsonekartet NVE utarbeidet er over 20 år gammelt og flere tiltak er blitt tillatt i og langs faresonene, er kartet utdatert. Kunnskapsgrunnlaget må derfor oppdateres i forbindelse med reguleringsplanen. Området som er vurdert er vist i Figur 2-1 under. Det er kun flom som følge av stor vannføring i Gaula som er vurdert for planområdet på Støren. Flomfaren i sidevassdrag er ikke kartlagt, ettersom hele planområdet allerede er utsatt som følge av flom i Gaula.



Figur 2-1: Kart over området som er vurdert for flomfare ved Støren, Midtre Gauldal kommune. Kartet viser oppdatert flomsone for 200-årsflom.

2.1 Eksisterende kunnskapsgrunnlag - NVEs flomsonekart

Gaula var i 2001 et av de første vassdragene i Norge der det ble utført vannlinjeberegninger. Beregningene ble utført med en 1D-hydraulisk modell med forholdsvis stor avstand mellom de oppmålte tverrprofilene. Modellen ble blant annet kalibrert mot 1940-flommen, som ved 122.2 Haga bru hadde en vannføring på ca. 3040 m³/s (NVE, 2000). Fra 1940 til 2001 har det blitt utført flere inngrep i og langs vassdraget, blant annet i forbindelse med reparasjonsarbeider etter 1940-flommen og sikringstiltak for infrastruktur. Dette har medført at geometrien til elva er endret, noe modellen fra 2001 i begrenset grad har tatt hensyn til ettersom den ble kalibrert mot 1940-flommen. Det har også skjedd stor utvikling

innen måleteknikker for terrengdata, hydrauliske modeller, kunnskap om flomprosesser m.m. siden NVEs flomsonekart ble utarbeidet, som tilsier at kunnskapsgrunnlaget er utdatert. NVEs flomsonekartlegging for Gaula er utarbeidet før TEK10 og TEK17, og kartene er således ikke iht. til gjeldende sikkerhetskrav.

3 OM FLOMFARE

Stortinget har gitt klare føringer på hvordan kommuner skal forholde seg til flom gjennom stortingsmeldinger og lovverk. Kravene i lovverket er utdypet i byggeteknisk forskrift (TEK17).

3.1 Stortingets føringer

Etter den store flommen på Østlandet i 1995, kjent som Vesleofsen, ble det etablert et utvalg, flomtiltaksutvalget, som utarbeidet *Tiltak mot flom* (NOU, 1996). Utvalget anbefalte at det ble etablert et nasjonalt kartgrunnlag – flomsonekart – for vassdragene i Norge som har størst skadepotensial. Utvalget anbefalte en detaljert digital kartlegging.

I (St.meld. nr. 15, 2011-2012) *Hvordan leve med farene – om flom og skred* ble det gjort klart at regjeringen vil videreføre satsingen på flomsonekartlegging med grunnlag i *St. meld. nr. 42 (1996-97) Tiltak mot flom*. Regjeringen fastholder at styring av arealbruken er det absolutt viktigste tiltaket for å holde risikoen for flomskader på et akseptabelt nivå. I St.meld. heter det at «*Kommunene har ansvar for at sikkerheten mot flom og skred ivaretas ved ny utbygging og gjennom lokal beredskap. Det er viktig at kommunene er aktive, gjennomfører kartlegging av risiko og sårbarhet og tar ansvar for håndteringen av flom- og skredrisikoen på lokalt nivå.*» Videre presiseres det i St.meld at det ved ny kartlegging og oppdatering av eksisterende kart, også skal synligjøres hvilke endringer som følger av klimaframskrivninger.

3.2 Vurdering av flomfare i plan- og byggesak

Kravene til sikker byggegrunn, herunder sikkerhet mot flom, er fastsatt i plan- og bygningsloven (pbl.) § 28-1 og § 29-5, og byggeteknisk forskrift (TEK17) kap. 7, med tilhørende veiledning. Generelle krav til sikkerhet mot naturpåkjenninger er gitt i TEK17 § 7-1, og konkrete sikkerhetskrav mot flom er presisert i § 7-2 og § 7-3. Sikkerhetskravene er førende for arealplan, og tilstrekkelig sikkerhet mot flom må i forbindelse med reguleringsplaner dokumenteres med lovpålagt ROS-analyse, jf. pbl. § 4-3. Sikkerhetskravene i TEK17 gjelder også for ikke søknadspliktige tiltak/byggverk.

Kravene skal sikre at det ikke gjennomføres tiltak i et område som kan være utsatt for flomfare, eller at man utsetter omgivelsene for økt flomfare som følge av tiltaket.

Det er som hovedregel forslagsstiller (plansaker) eller tiltakshaver (byggesaker) som har ansvaret for å framskaffe nødvendig dokumentasjon om sikkerhet mot flom. Kommunen som plan- og bygningsmyndighet er ansvarlig for å påse at planen/byggverket oppfyller kravene til sikkerhet gitt i plan- og bygningsloven (pbl) og byggeteknisk forskrift (TEK17).

Ved detaljregulering og byggesaksbehandling i og nært områder der flomfaren ikke er tilstrekkelig dokumentert med oppdaterte beregninger, må det innhentes nødvendig kompetanse for å utrede og dokumentere flomfaren. Flomfareutredningen må være knyttet opp mot sikkerhetskravene i TEK17, og være så detaljert utført at den er tilstrekkelig som dokumentasjonsgrunnlag for planen/tiltaket. NVE anbefaler også at utredningen inkludere hensynet til fremtidige klimaendringer, jf. pbl. § 3-1 g).

3.2.1 TEK17 § 7-1. Generelle krav om sikkerhet mot naturpåkjenninger

I 2.ledd i heter det at «tiltak skal prosjekteres og utføres slik at byggverk, byggegrunn og tilstøtende terreng ikke utsettes for fare for skade eller vesentlig ulempe som følge av tiltaket.» Bestemmelsen omfatter alle tiltak som kan medføre til fare for grunnen. Et tiltak innenfor flomsonen vil endre flomforholdene lokalt og kan medføre økt fare for 3.part. Alle tiltak innenfor flomsonen må derfor utredes, slik at en kan dokumentere at tiltaket ikke medfører økt risiko. I dette ligger det at områdene som allerede er utsatte for flom ikke må få økt fare ved en flom. Grenseverdiene for hva som kan aksepteres er det kommunen som fastsetter.

3.2.2 Sikkerhetsklasse for flom

TEK17 definerer flom som *oversvømmelse ved økt vannføring og vannstand i elver, bekker og vann som følge av stor nedbør eller snøsmelting, og oppdemming som følge av isgang eller skred*. Flodbølger som følge av isgang eller dambrudd i skred- eller ismasser, faller derfor også inn under definisjonen.

Bestemmelsene i TEK17 § 7-2 gjelder sikkerhet mot *saktevoksende flommer*, som normalt ikke medfører farer for menneskeliv. Bestemmelsen gjelder typisk for store vassdrag dominert av snøsmelteflommer, som gir god tid til å varsle og evakuere ved en flomhendelse. For mindre vassdrag med stor gradient og/eller stor massetransport, kan en flomhendelse utvikle seg raskt slik at det ikke lar seg varsle eller evakuere. Regnflommer i bratte masseførende vassdrag er eksempel på en hurtigvoksende flom som kan medføre fare for menneskeliv.

I *Retningslinjer for arealbruk og sikring i flomutsatte områder* (NVE, 1999) heter det at en typisk finner de bratte masseførende vassdragene i indre fjordstrøk på Vestlandet, i Nord-Norge, samt i sidevassdrag på Østlandet. Disse elvene kjennetegnes ved små nedbørfelt med stort fall og korte strekninger, der det er lite naturlig flomdemping. Ved nedbørsituasjoner reagerer disse hurtig. De store vassdragene på Østlandet, Trøndelag og i Finnmark er som regel karakterisert av at de renner sakte med lite fall, men med store vannføringer. Normalt vil en flom i et slikt vassdrag medføre at vannstanden stiger sakte, og oversvømmelsen vil kjennetegnes med tilnærmet stillestående vann. Også i slake vassdrag vil det være erosjon, men prosessene vil foregå saktere og flommene vil normalt kunne varsles.

3.2.3 Sikkerhetsklasser for byggverk

Vassdrag som skal kartlegges etter § 7-2 i TEK17 (F1-F3) er *saktevoksende vassdrag som normalt ikke medfører fare for menneskeliv*, jf. Tabell 3-1. Videre står det i veiledningen til 2.ledd at det også innenfor en F2 faresone kan det være større fare enn ellers. Det er spesielt i områder innenfor en faresone der en har store vanddyp, store vannhastigheter eller der en har en kombinasjon av dybde og vannhastighet at faren er stor. I veiledningen er kriteriene satt til at dybdene må være større enn 2,0 m, vannhastigheten større enn 2 m/s eller produktet av dybde og hastighet overstige 2,0 m²/s. I slike områder bør sikkerhetsklasse F3 legges til grunn. Videre heter det at dersom det er fare for liv, skal sikkerhetsklassene i § 7-3 legges til grunn, se Tabell 3-1. Sikkerhetsklassene S1-S3 gjelder for *byggverk med tilhørende uteareal* og har andre kriterier for sikkerhetsklasser i de preaksepterte ytelsene.

Sikkerhetsklassene S1-S3 i Tabell 3-1 gjelder for *skader av betydning*, det vil si flom med en intensitet som kan *medføre fare for liv og helse eller større materielle skader*. Det er ikke definert noen grenseverdier for dette i TEK17.

Tabell 3-1: Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område, der F1-3 er saktevoksende vassdrag og S1-S3 gjelder der det kan være fare for liv. Kilde: TEK17.

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	liten	1/20
F2	middels	1/200
F3	stor	1/1000
S1	liten	1/100
S2	middels	1/1000
S3	stor	1/5000

I veiledningen til 2.ledd, § 7-2 i TEK17 heter det at enkelte typer byggverk kan plasseres i flomsonen. Underforstått er dette *byggverk som i kraft av sin funksjon må plasseres i flomutsatte områder, slik som kaier, bruer, pumpehus og lignende, som konstrueres og oppføres slik at de er i stand til å tåle belastningene under flom*. Multiconsult oppfatter ikke at jernbanen med tilhørende infrastruktur må ligge i flomutsatte områder i kraft av sin funksjon. Det vil imidlertid medføre store kostnader å flytte jernbanen. Plasseringen til jernbanen er et samfunnsøkonomisk spørsmål Multiconsult ikke har tatt stilling til. Bane Nor er imidlertid ansvarlig for sikkerheten til egen infrastruktur og trenger ikke å oppfylle kravene til sikkerhet i TEK17, så lenge kravene til sikkerhet for 3.part er ivaretatt.

3.3 Anbefalt sikkerhetsklasse iht. TEK17

Multiconsult vurderer at Gaula med sidevassdrag faller inn under sikkerhetsklassene i § 7-3 i TEK17. Dette begrunnes med NVE karakteriserer Gaula som kanskje Norges farligste flomelv og at det ved tidligere godt dokumenterte flomhendelser har vært kraftig erosjon, samt at det har gått liv tapt ved flom. Selv nyere flommer som den i Ålen (2011) ble ikke varslet og det ble ikke evakuert. Videre er det dokumentert at Gaula ved Hovin under 1940-flommen steg med 53 cm i timen (Strand, 1941). Etter 1940 er det etablert flere bygg og mer infrastruktur på flomslettene, noe som medfører at flere mennesker oppholder seg i faresonen og at flomfaren dermed er større enn tidligere.

NVE har i Veileder nr. 4 – 2022, *Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar* (NVE nr. 4, 2022) gitt anbefalinger for hva de mener er akseptable maksimalverdier for dybde, hastighet og D*V-tall for et klimajustert 100-årsregn, se Tabell 3-2. Dette tilsvarer normalt en 200-årsflom med klimapåslag. Kriteriene i tabellen er grenseverdier for NVE anbefaler at kan aksepters av fare.

Tabell 3-2: NVEs anbefalte grenseverdier for dybde, hastighet og D*V-tall for at faren for liv skal være akseptabel.

Arealformål	Maksimalverdier		
	Djupn (D) [m]	Hastighet (V) [m/s]	D * V [m ² /s]
Personar utomhus <i>Barnehage, sjukehus, pleieheim osv. Anna utomhusareal utanom planlagde flaumvegar</i>	0,0	0,0	0,0
	0,5	3,0	0,4
Bygningar <i>Ikkje tidlegare bygde område Eksisterande sentrumsområde og bygge- og transformasjonsområde</i>	0,06	3,0	0,2
	0,2	3,0	0,4
Tilkomst <i>Vegar som er kritiske for tilkomst Andre vegar</i>	0,1	3,0	0,3
	0,3	3,0	0,3

NVEs gjeldende praksis innenfor flomfareforvaltning er ikke iht. TEK17, da NVE kun praktiserer sikkerhetskravene F1-F3 i § 7-2. Multiconsults vurdering av sikkerhetsklasse tilsier imidlertid at det er sikkerhetsklasse S3 som bør være gjeldende for Gaula. For sidevassdrag bør sikkerhetsklasse S2 legges til grunn.

4 OM GAULA

4.1 Lerfallet i 1345

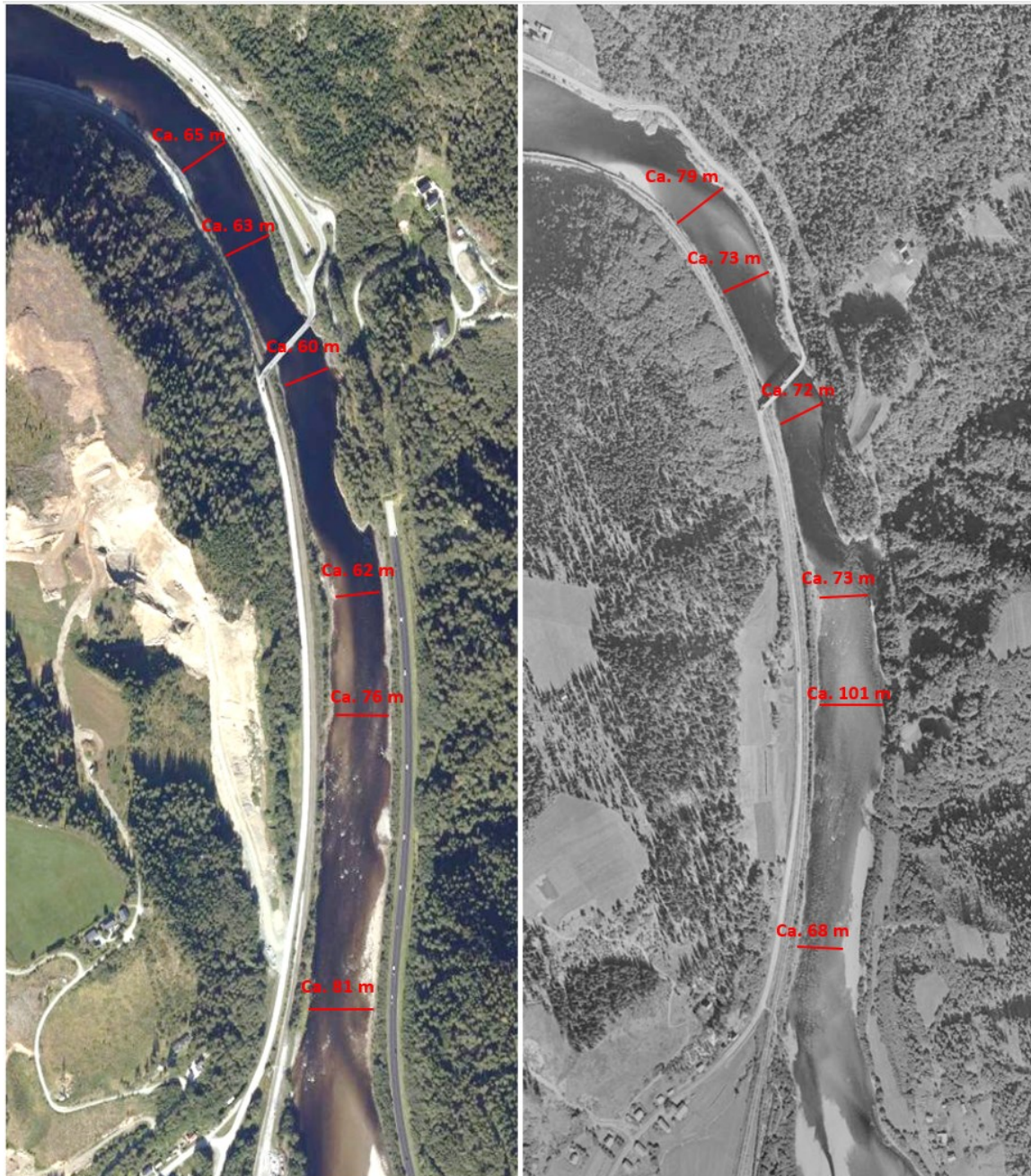
Den største kjente naturkatastrofen i Norge er kjent som *Lerfallet* og fant sted i Gaula i 1345. Det er estimert at mellom 400 og 500 personer omkom i flodbølgen, som fulgte det som sannsynligvis var en grusavsetning raste ut og demmet opp Gaula. Bruddvannføringen er beregnet til å ha vært i størrelsesorden 20 000 m³/s og hendelsen er estimert til å ha et gjentaksintervall på ca. 10 000 år. Dagens Kvasshylla, som ligger vest for Gaula, er rester av den samme avsetningen vi finner øst for elva. I elva sør for Haga Bru, er det også påvist kvikkleire (Basberg et al. 1996). Dette leirlaget kan fortsette oppover dalsiden (over fjell og morene) og utgjøre et potensielt glideplan. Faren for en ny utglidning er også omtalt i Olaf Strands rapport fra 1941 om 1940-flommen.

Det er startet opp et masseuttak fra toppen av Kvasneshylla. Multiconsult har tidligere prosjektert nye stikkrenner for flom, slik at tiltaket får tilsvarende samme avrenning som dagens situasjon. Ved flom forutsetter en imidlertid at vannet renner på overflaten (tette flater). I en flomsituasjon vil imidlertid vann drenerer ned i grunnen og påvirke grunnvannsspeilet. Dersom mer vann raskere kommer lengre ned i grusavsetningen, vil dette kunne medføre økt poretrykk i nedre deler av skråningen, noe som vil redusere stabiliteten kan derfor øke faren for utglidninger mot jernbanen. Vi kan ikke se at denne problemstillingen er utredet, og vi anbefaler å gjennomføre en slik utredning ettersom dette kan utgjøre en fare.

4.2 Endret geometri for vassdraget

På flomslettene langs Gaula har det skjedd stor utvikling siden 1940-flommen. Blant annet er det bygget ny E6 nord for Støren som har innsnevret elveløpet med flere meter. I tillegg ble jernbanesporet utvidet fra smalsporet til normalspor (1067 mm til 1435 mm). Etter 1940-flommen var det 400 mann som arbeidet med å reparere skadene, og store deler av vassdraget ble erosjonssikret. Erosjonssikringene kan ha medført at vannstandsstigningen oppstrøms blir større, ettersom elveløpet blir innsnevret og fordi elva ikke får utvidet løpet med erosjon ved flom.

Vi legger også til grunn at de observerte vannstandene fra 1940-flommen ikke nødvendigvis kan legges til grunn ved kalibrering av modellen. Dette gjelder blant annet for Støren. Nedstrøms stasjonsområdet har elveløpet blitt vesentlig innsnevret som følge av utbygging av ny infrastruktur og oppgradering av eksisterende, se Figur 4-1. En ser at elveløpet ved flere markerte snittet er vesentlig innsnevret fra 1956 til 2021. Merk at vannføringen ved vannmerke 122.11 Eggafoss og 122.5 Gaulfoss ovf. For. ved billedtakingen var omtrent den samme.



Figur 4-1: Flybilde fra 2021 (t.v.) og 1956 (t.h.) som viser forskjellen mellom dagens geometri og tidligere geometri. Registrert vannføring i Gaula var omtrent den samme på bildedatoene. Kilde: Norgebilder.no.

Fra flyfoto tatt i 1963 ser en at har et stryk nedstrøms Håggabrua. Vannføringen fra de nevnte målestasjonene ovenfor, tilsier at vannføringen var i samme størrelsesorden i 1963 som i 2002. Dette rimer imidlertid ikke med at en har et stryk nedstrøms Håggabrua. En ser også at det ligger en del stein i elva oppstrøms Håggabrua som ikke vises på tidligere bilder.



Figur 4-2: Flybilder fra Håggabrua fra 2002 til venstre og 1963 til høyre. En ser at det er noe stein i elva oppstrøms brua (markert med rød sirkel) i 2002.

4.3 Tidligere flomløp

I NVEs rapport fra 1940-flommen (Strand, 1941) står det at Gaula var tilbake i sitt gamle elveløp mellom Dovrebanen og Rørosbanen, noe som ikke hadde skjedd siden år 1877.

5 FLOMBEREGNING

Det er utført flere flomberegninger i Gaula, hvorav NVE har vært utførende på flere. Ifølge NVEs Retningslinjer for flomberegninger (NVE, 2022) er kunnskap om eldre historiske flommer i vassdraget nyttige for å redusere usikkerheten i flomberegninger. I retningslinjene anbefales det også at analysen gjøres direkte på kulminasjonsflomdata, der en har mer enn 25 år med data med kulminasjonsdata.

5.1 Historiske flommer

Flere store flommer i Gaula er godt dokumentert i NVEs rapport (Strand, 1941), på Flomhendelser.no og Flomundersøkelser i Gaula (Killingtveit & Sæter, 1975). Særlig flommen i 1940 er godt dokumentert, men også flommene i 1918 og 1934 er relativt godt dokumentert. Etter 1944 har det ikke vært særlig store flommer i vassdraget ved Støren, men det ble oppmålt vannlinjer etter kulminasjonsspor i terreng etter flommene i 1997 og 2010.

Bildene fra flommene i 1918- og 1940-flommene i vassdraget viser at det var kraftig erosjon flere steder i vassdraget. På strekninger med kraftig erosjon, kan ikke observerte vannstander legges til grunn ved kalibrering av ny vannlinjemodell, ettersom geometrien til elva har endret seg vesentlig fra tilstanden før og etter flommen. Det har også blitt gjort mange tiltak i flomsonen fra år 1940 til år 2001 og videre fra år 2001 til d.d.

Ved Gaulfoss er det et stabilt profil, ettersom det er fjell ved terskelen til fossen. Dette medfører at vannføringen her kan bestemmes med relativt stor sikkerhet, også for tidligere flommer. Vannføringen her er for noen historiske flommer bestemt med relativt stor sikkerhet, se Tabell 5-1.

Tabell 5-1: Historiske flommer i Gaula med estimert vannføring ved Gaulfoss.

Årstall	Vannføring ved Gaulfoss [m ³ /s]	Merknad	Dødsfall
1345	20 000	Lerfallet, estimert gjentakintervall på 1:10 000 (Rokoengen, 2000).	Ca. 400-500
1675	3000 (usikker)	*Samme størrelsesorden som 1940-flommen.	Ukjent
1789	3000 (usikker)	*Storofsen, samme størrelsesorden som 1940-flommen.	Noen personer omkom
1879	1800-1900	*Estimerte verdier	
1882	1600	*Estimerte verdier	
1918	*2370 1700	*Etter VHLs laboratoriemodell 2D-modellen gir ca. 1650-1750 m ³ /s. Ettersom vannstanden sank med 0,5 m ved Hovin stasjon da jernbanebrua røk, ble trolig også vannstanden ved vannmerke Haga bru påvirket av jernbanebrua, slik at for høy vannstand ble registrert.	
1934	1832	*Etter VHLs laboratoriemodell	
1935	1724	*Etter VHLs laboratoriemodell	
1940	3060	*Etter VHLs laboratoriemodell. Flommen hadde 2150 m ³ /s i døgnmiddel og 3060 m ³ /s i kulminasjon, noe som gir et forholdstall på 1,42.	1 – 3 personer
1944	2034	* Haga bru.	

* (Killingtveit & Sæter, 1975)

5.1.1 1918-flommen

Flommen i 1918 gav elvebrudd flere steder i vassdraget. Fra bildet som er tatt nedenfor Rognes tunnelen i Gauldalen (Figur 5-1), ser en at elvekantene er i størrelsesorden 8-10 m høye. Tilsvarende ser en at jernbanen fikk brudd ovenfor Støren og at jernbanebrua ved Gaulfoss ble ødelagt, se Figur 5-1 til Figur 5-7. Etter at jernbanebrua ble ødelagt sank vannstanden med ca. 0,5 m ved Hovin stasjon.



Figur 5-1: Brudd på høyre bredd like nedenfor Rognes tunnel i Gauldalen, 1918-floppen. Foto: Ukjent.



Figur 5-2: Gauldalen ovenfor Støren. Brudd på jernbanelinjen, 1918-floppen. Foto: Ukjent.



Figur 5-3: Skadet jernbanebru ved Gulfossen, 1918-flommen. Foto: Ukjent.

5.1.2 1940-flommen

Flommen i 1940 er godt dokumentert av NVE (Strand, 1941).



Figur 5-4: De gamle jernbanebrukar ved Gaulfoss. Vannstanden sto 4,3 m over brukarene. Foto: NVE/Olaf Strand.



Figur 5-5: Fra Støren, ca. 350 m sør for jernbanestasjonen. Linjen viser flomvannstanden 24/8/1940. Foto: NVE/Olaf Strand.



Figur 5-6: Elvebrudd og brudd på jernbanen ved Rognes tunnel, ca. 8,5 km oppstrøms Støren langs Gaula. Kilde: (Digitaltmuseum, 2022).



Figur 5-7: Flommen i Gaula 1940 - Rognes (sør for Godøya). Kilde: (Digitaltmuseum, 2022)

5.2 Flomberegning Støren

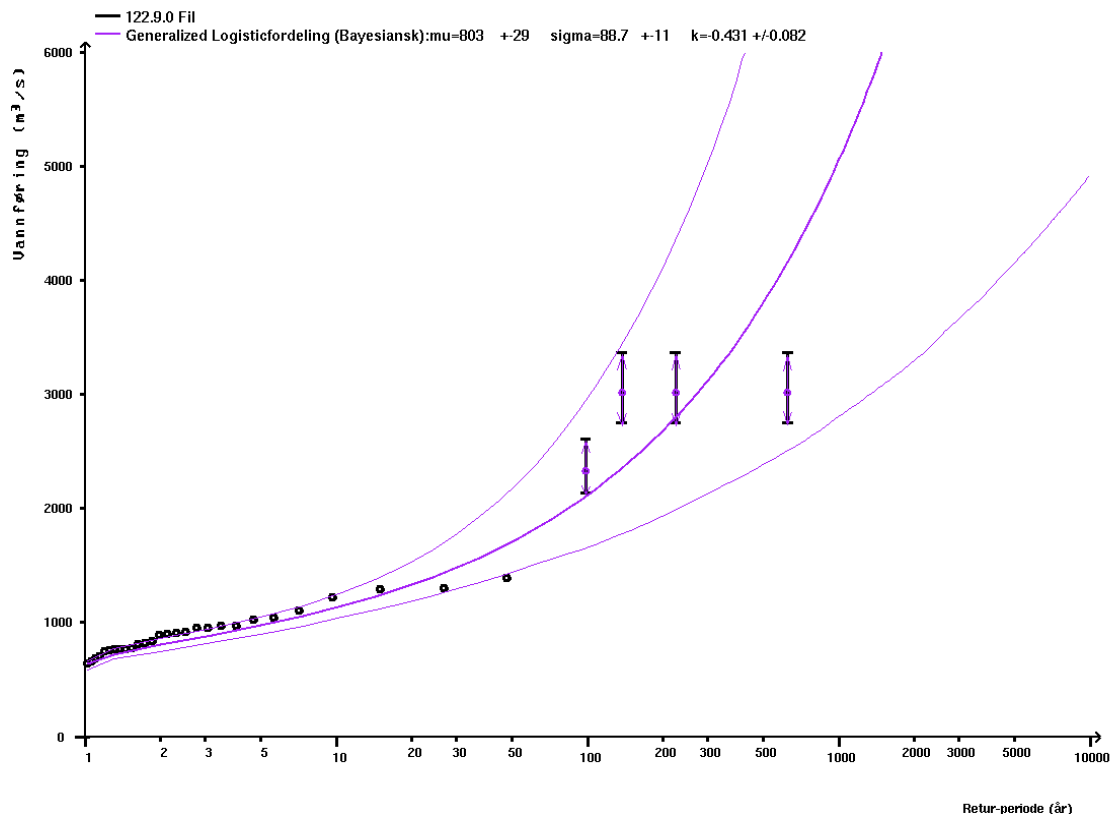
Kravet i TEK17 i § 7-2 er at sikkerhetsklassen som skal legges til grunn er største *nominelle* årlige sannsynlighet. I NVEs *Retningslinjer for arealbruk og sikring i flomutsatte områder (1999)* presiseres det at gjentakintervaller for flom med 100-200 års gjentakintervall er usikre. I forskriften er ordet nominell benyttet, for å vise at sikkerheten ikke alltid kan beregnes nøyaktig nok. Dermed må flomverdiene som er beregnet og benyttet for å utlede faresonene ansees som nominelle.

5.2.1 Tidligere flomberegninger

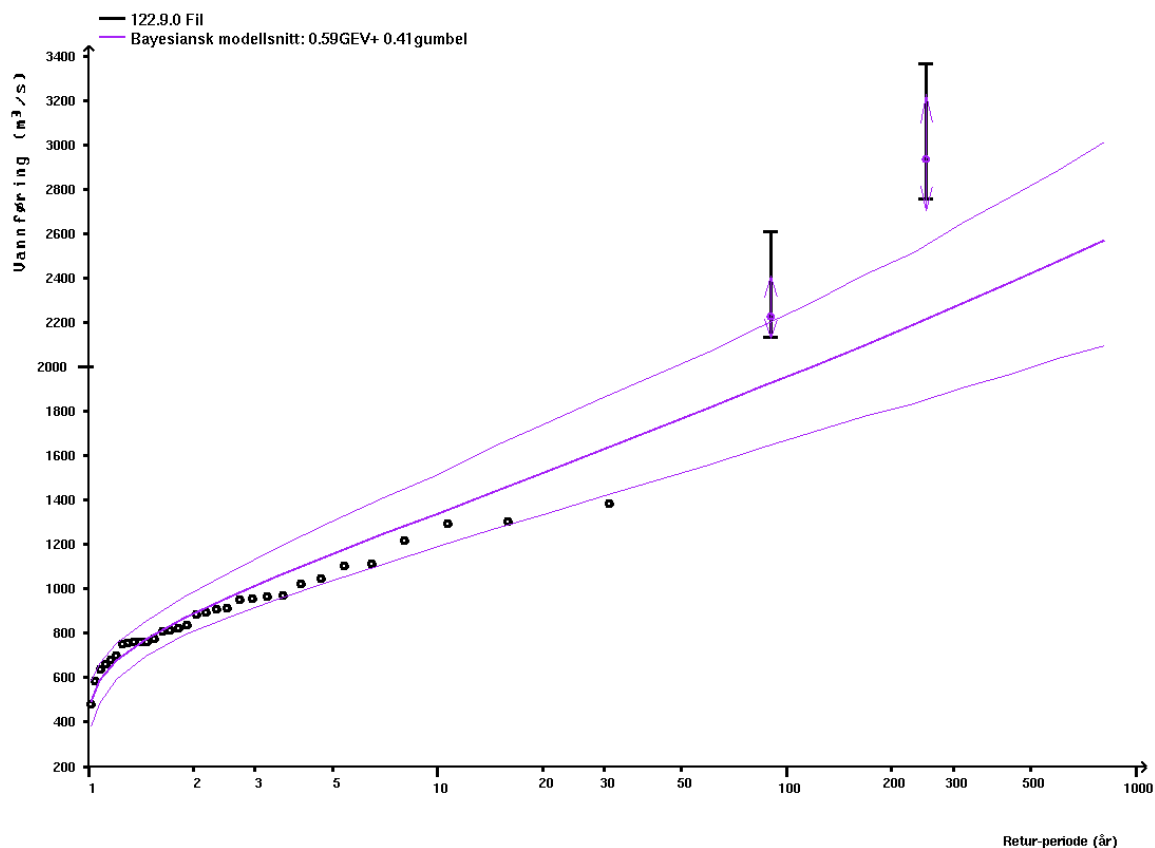
NVEs flomberegning fra år 2000 er utført basert på døgnverdier fra 1908 til 2000 (NVE, 2000). Døgnverdier er også benyttet i NVE oppdaterte flomberegningene fra 2017 ([NVE-rapport nr.9-2017](#)). Av rapporten fremgår det at Norconsult (2015) også har beregnet 200-årsflommen i Gaula ved Haga bru, som er like oppstrøms Gaulfoss. Disse verdiene stemmer godt med de verdiene NVE selv har beregnet og gir en 200-årsflom i størrelsesorden 2600 m³/s. Sweco sin beregning fra 2015 er også basert på døgnverdier, der de kom frem til en 200-årsflom på 2820 m³/s (uten at valgt sannsynlighetsfordeling er presisert). Ettersom alle disse beregningene er imidlertid basert på døgnverdier for NVEs målestasjoner, har en regnet om fra døgnverdier til kulminasjonsverdier ved å benytte en omregningsfaktor. NVEs erfaringer fra store flommer tilsier imidlertid at forholdet mellom døgnmiddel og kulminasjon ikke er konstant, og at forholdstallet kan være større for store flommer (pers. med. Per A. Glad, NVE). Dette kan tyde på at det er valgt for lave flomverdier for 200-årsflommen tidligere.

5.2.2 Frekvensanalyse på momentanverdier

Multiconsult sin analyse er basert på momentanverdier for vannføringsdata ved vannføringstasjon 122.9 Gaulfoss (1988-2021), samt estimater over de fire største historiske flommene i vassdraget: 1675, 1789, 1918 og 1940. Denne fremgangsmåten er i tråd med anbefalingene i NVEs veileder for flomberegninger (NVE, 2022). Den eneste fordelingen som klarer å plassere de historiske flommene innenfor konfidensintervallet er *Generalized Logisticsfordeling (Bayensiansk)*. Beregningene gir en kulminasjonsverdi for 200-årsflommen på ca. 2690 m³/s, som er sammenlignbart med tidligere beregninger. For flommer med større gjentaksintervall blir imidlertid spriket og usikkerheten mye større, se Figur 5-8 under.



Figur 5-8: Plott av sannsynlighetsfordelingen Generalized Logisticsfordeling (Bayensiansk) for fastsetting av flomverdier (momentan).



Figur 5-9. Plott av sannsynlighetsfordelingen med Bayesiansk modellsnitt. Momentanflommer 1988-2021 samt flom i 1940 og i 1918.

Multiconsult har forelagt resultatet fra flomberegningen til NVE, men har ikke fått tilbakemelding på valg av flomverdier. NVE har i flomberegningen fra 2001 beregnet 500-årsflommen til 2588 m³/s, mens fordelingen i Figur 5-8 gir 3813 m³/s.

Tabell 5-2: Sammenligning av resultatene fra flomberegningene for Gaula nedenfor Sokna (kulminasjonsverdier).

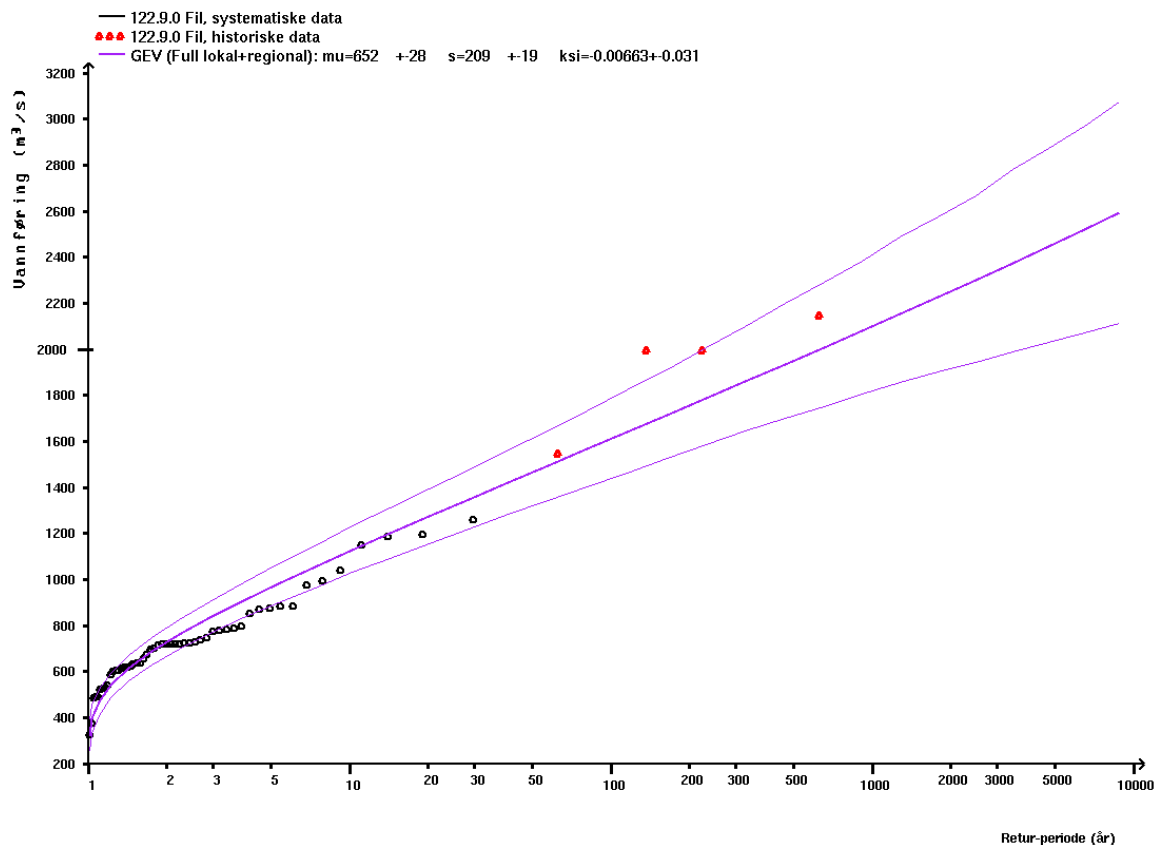
Gjentaksintervall	Vannføring	Nedre estimat	Øvre estimat	NVEs verdi (2001)
[år]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
2	802	741	960	-
5	972	893	1046	-
10	1131	1032	1238	1494
20	1333	1186	1542	1735
50	1710	1430	2182	2066
100	2120	1659	2960	2317
200	2690	1917	4178	2588
500	3813	2362	6796	2959
1000	5082	2813	9903	-
5000	6500	-	-	-

I tidligere beregninger er 1940-årsflommen i Gaula karakterisert som en 500-årsflom. Dette stemmer imidlertid kun for analyser utført på døgnverdier. I beregningen til NVE er det benyttet et forholdstall mellom døgn og kulminasjon på 1,3, mens det faktiske forholdstallet

for 1940-flommen var på 1,42. Dersom kulminasjonsverdiene legges til grunn, blir 1940-flommen ifølge NVEs beregning en 180-årsflom.

5.2.3 Frekvensanalyse på døgnverdier

Det er flere år med døgndata enn det er med kulminasjonsdata. Vi har derfor også gjort frekvensanalyse på døgndata for å se hvordan dette påvirker resultatene. Det er lagt inn historiske data for flommene i 1675, 1789, 1940 og 1944. For flommene i 1940, 1675 og 1789 er døgnverdien satt til 2150 m³/s, mens flommen i 1944 er satt til en døgnverdi på 1600 m³/s.



Figur 5-10. Frekvensanalyse på døgnverdier

Gjentaksintervall	Vannføring døgn	Vannføring kulminasjon (faktor 1,4)	NVEs verdi (2001)
[år]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
2	731	1023	-
5	968	1355	-
10	1123	1572	1494
20	1273	1782	1735
50	1470	2058	2066
100	1615	2261	2317
200	1761	2465	2588
500	1956	2738	2959
1000	2106	2948	-
5000	2450	3430	-

Flomverdiene beregnet fra frekvensanalyse på døgnverdier og en kulimansjonsfaktor på 1,4 ligger relativt nærme verdiene som NVE beregnet i 2001.

5.3 Klimaframskrivninger

NVE anbefaler at det legges til grunn klimaframskrivninger for flomfarevurderinger. I klimaprofil for Sør-Trøndelag (Norsk Klimaservicesenter, 2021), anbefaler NVE et klimapåslag på minst 20 % for nedbørfelt som ikke er dominert av snøsmelteflommer. Det er ventet at vårflommene i regionen avtar som følge av at snøsmeltingen starter tidligere, men at regnflommene øker. Da de største flommene i feltene våre er høstflommer (regnflommer) legges det til grunn 20 % klimapåslag.

5.4 Valgte flomverdier

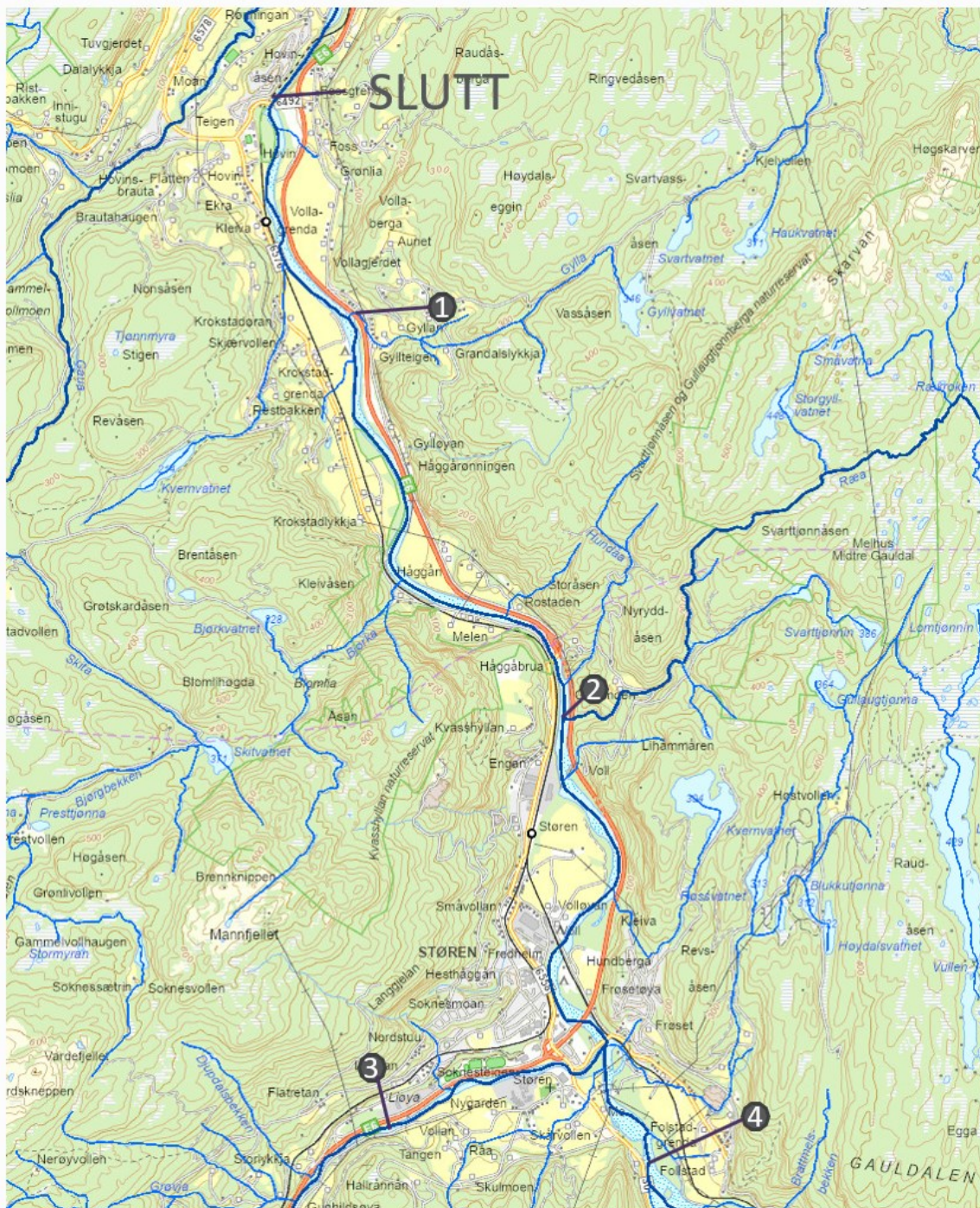
Det er beregnet flomverdier for ulike gjentaksintervall for Støren. NVE anbefaler at det skal legges til grunn klimapåslag for flomfarevurderinger. For flomfare etter § 7-2 i TEK17 skal flomverdier opp til 1000-årsflommer ha et klimapåslag. Anbefalt klimapåslag er 20 % for Gaula og 40 % for sidevassdrag. I høringsutkastet til NVEs kommende veileder *Sikkerhet mot flom – utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak (Veileder nr. 3 – 2022)*, anbefales det at en legger til et usikkerhetspåslag på 5 – 60 % for å dekke opp usikkerheter i datagrunnlag, hydraulisk modell og flomberegning. Produktet av klimapåslag og usikkerhetspåslaget er dermed 26 – 224 % av flomverdien. Innen damsikkerhet benyttes Påregnelig Maksimal Flom (PMF) som en dimensjoneringsverdi, som er beskrevet som største fysiske mulige flom. Denne flomverdien estimeres til å ha et gjentaksintervall på 10-12 000 år. I NVEs veileder nr. 1.-2022 oppgis det at PMF-flommen normalt er i størrelsesorden 1,5 - 3,0 ganger 1000-årsflommen.

Ettersom usikkerheten øker med økende gjentaksintervall, er det ikke hensiktsmessig å benytte klima og usikkerhetspåslag for 5000-årsflommen. For flommer opp til Q200, er verdiene fra frekvensanalyse på momentanverdier benyttet (Gen. Log). Disse samsvarer også godt med tidligere beregnede verdier.

For høyere gjentaksintervaller vurderer vi at frekvensfaktorene med Gen.Log.-fordeling er urealistisk høye. For å bestemme 1000-årsflommen er det sett på forholdet mellom Q1000 og Q200 ved flomfrekvensanalysen på momentanverdier med Bayesiansk modellsnitt. Resultatet viste at 1000-årsflommen var 22 % større enn 200-årsflommen. Dersom en legger dette til grunn, blir 1000-årsflommen 3282 m³/s uten klimapåslag og 3938 m³/s med 20 % klimapåslag. Vi har valgt å legge til grunn at 5000-årsflommen er 25 % større enn 1000-årsflommen. Det bemerkes at 5000-årsflommen ikke er en reell beregnet flomverdi, ettersom en ikke har datagrunnlag for å fastsette flomverdier med så høye gjentaksintervall. Nominell 5000-årsflom settes derfor til 4100 m³/s ved Gaulfoss.

Tabell 5-3: Beregnede kulminasjonsverdier benyttet i beregningen.

Sted	Areal	QM	Q200	Q200K (20%)	Q1000	Q1000K (20%)	Q5000
	[km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
1. Gaula ved Gaulfoss	3086	910	2690	3228	3282	3938	4100
2. Gaula nedenfor	3059	902	2666	3200	3253	3904	4064
3. Sokna ovf. Gaula	563	166	491	589	599	718	748
4. Gaula ovf. Sokna	2447	722	2133	2560	2602	3123	3251



Figur 5-11: Kart som viser hvor de ulike vannføringerne i modellen er beregnet.

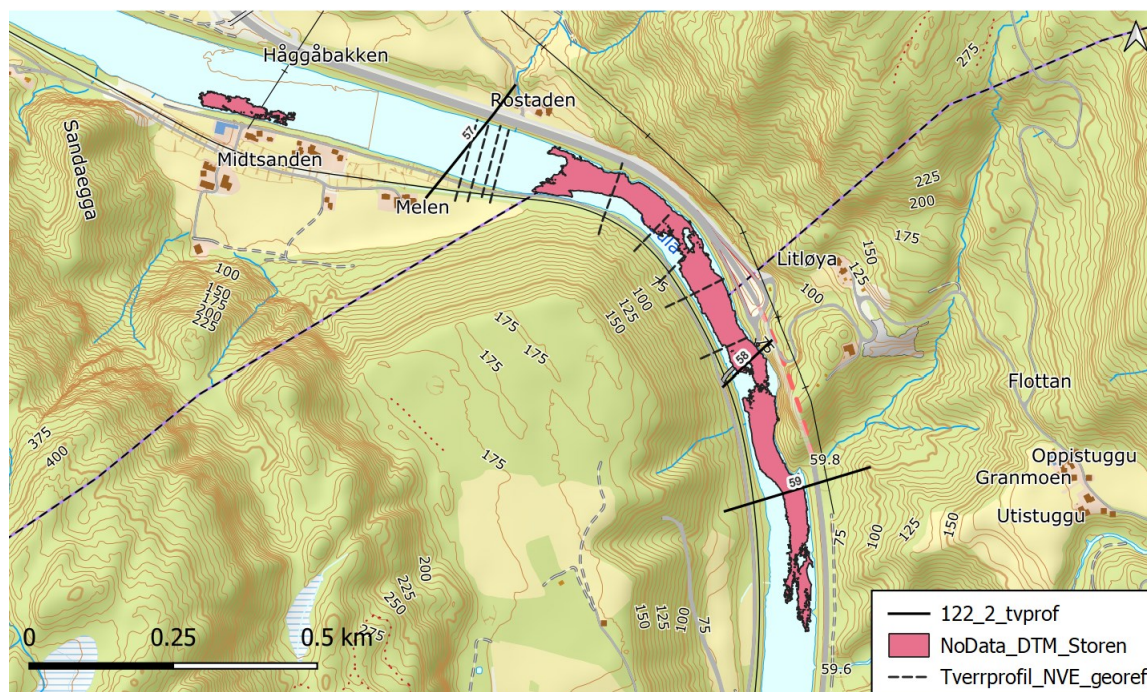
6 HYDRAULISK MODELLERING

6.1 Forutsetninger

Beregningene er utført med dagens beste tilgjengelige datagrunnlag for terrengdata og historiske flomverdier. Beregningene bygger imidlertid på forutsetninger om at en ikke har profilendringer og at en har rent vann. I dette ligger det at effekter av massetransport, erosjon, utfyllinger i elva, is, drivgods m.m. ikke beregnes. Erosjon er en framskridende prosess, hvor sikkerhetsnivået ikke kan angis som gjentakintervall. En menneskeskapt eller naturlig endring av elveløpet, vil kunne medføre at vannet strømmer i en ny retning, og vil dermed kunne medføre erosjon på steder en tidligere ikke har hatt erosjon.

6.2 Terrengmodell

Den hydrauliske modellen er basert på NVEs dybdeedata fra prosjektet *NVE Gaula 2016*, som ble skannet med grønn laser i 2016 av Terratec. Beregningene av effekten av de ulike tiltakene til BN er basert på en terrengmodell på rutenettformat med 1,0 x 1,0 m oppløsning, men flomsonekartene for dagens situasjon er basert på en terrengmodell på rutenettformat med 0,25 x 0,25 m oppløsning. Ettersom innsamlingen av elvebunnsdata gjort av Terratec ikke er komplett, ble elvebunnsgeometrien for strekningen mellom tverrprofil 57 og litt oppstrøms tverrprofil 59 korrigert basert på de oppmålte tverrprofilene i NVEs vannlinjemodell fra 2001, se Figur 6-1. Tverrprofil 57, 58 og 59 ble målt opp av Blom A/S i 1998, mens NVE målte opp de stiplede tverrprofilene ved Haga bru med ADCP (Bævre, 2001). Elvebunnen i terrengmodellen er korrigert basert på de oppmålte tverrprofilene.



Figur 6-1: Kart som viser Kvasshyllan og strekningen nord for Støren der det er dårlig dekning i NVEs dybdeedata.

Tiltak i vassdraget som er bygd etter 2016-skanningen er ikke lagt inn i terrengmodellen.

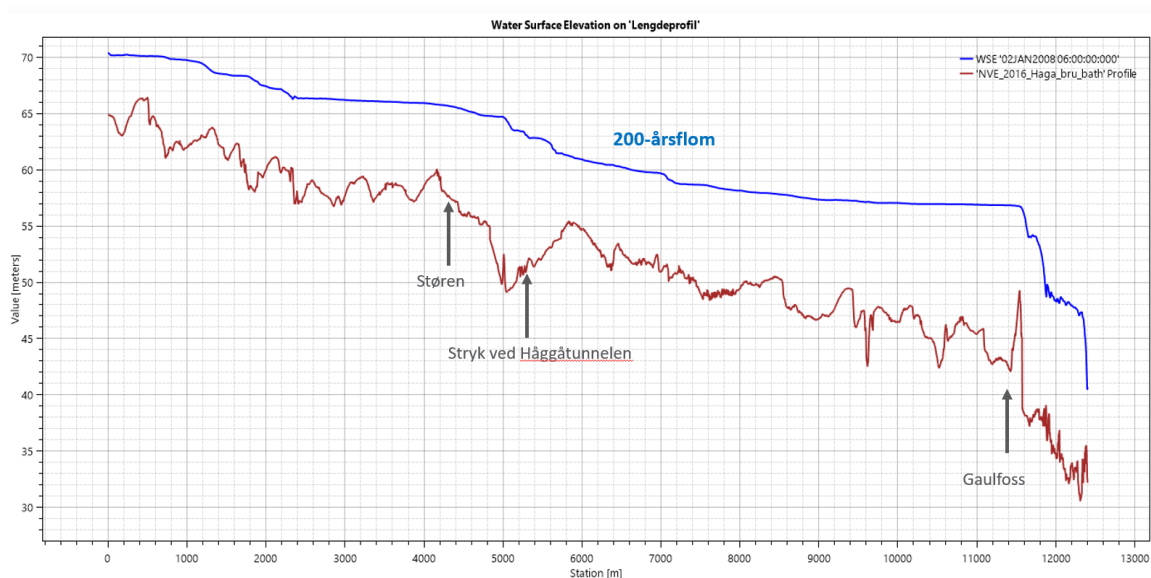
6.3 Hydraulisk modell

Hydrauliske beregninger av flomutbredelse er utført i programvaren HEC-RAS v.6.3.1, som er en hydraulisk modell utviklet av U.S. Army Corps of Engineers. Programmet har mulighet til å beregne i 1D, 2D eller i kombinasjon. HEC-RAS er en fulldynamisk hydraulisk modell, hvor vannhastigheter og vannstander beregnes via St. Venant-likningene.

For beregninger i 2D defineres det et beregningsnett som definerer hvor vannet kan renne. Modellen beregner vannets strømming i horisontalplanet innenfor dette området, mens det regnes med et gjennomsnitt av dybden. Det betyr at vertikale strømminger ikke modelleres. En 2D-modell er spesielt godt egnet dersom det er uklart hvor vannet vil renne og der vannet renner i flere ulike løp. Spesielt i områder der det er relativt flatt og der det er tett bebyggelse hvor en ønsker nøyaktige beregninger, er det gunstig med en 2D-modell.

6.3.1 Modelloppsett

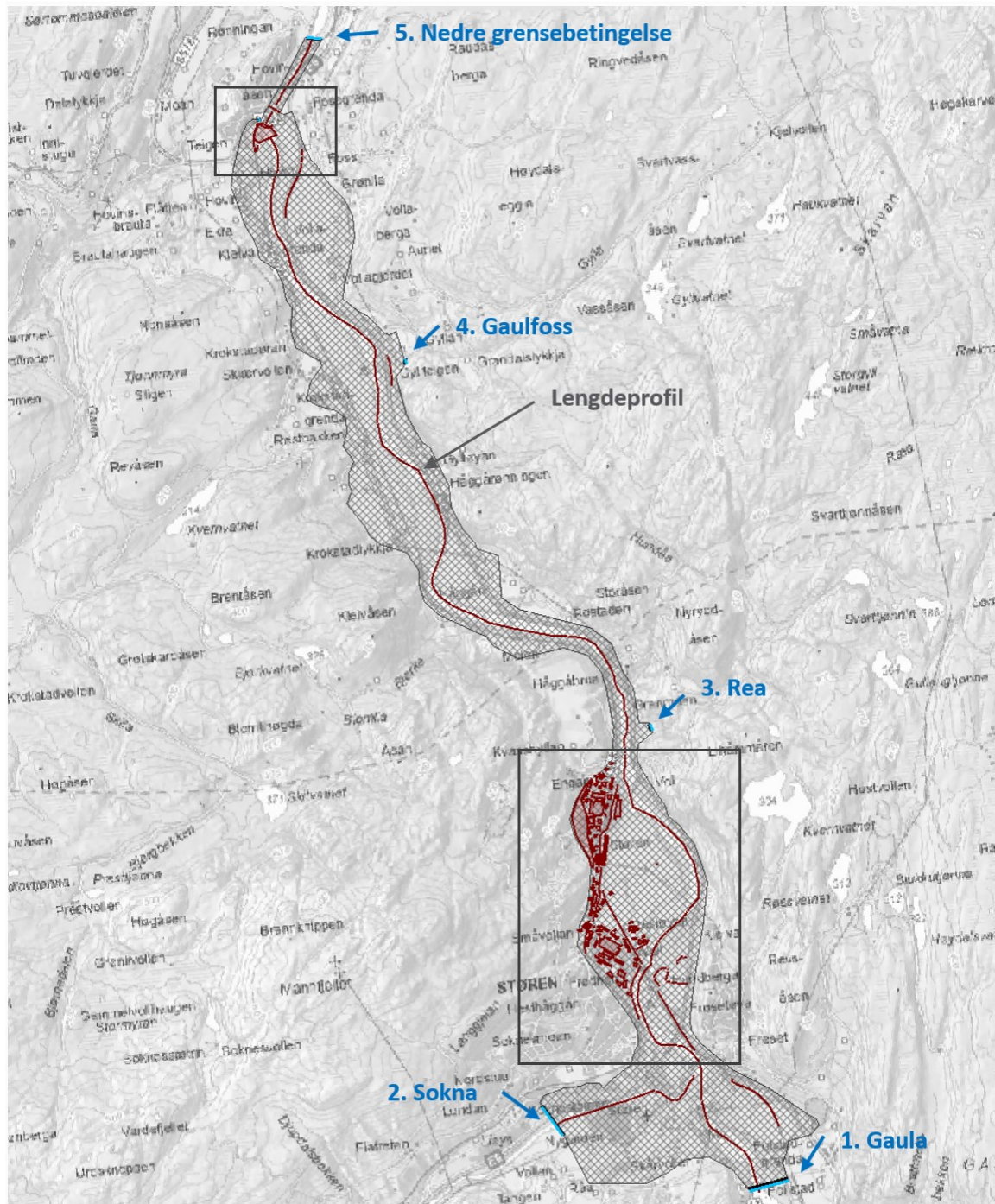
Gaula er modellert med en 2D-modell på strekningen fra oppstrøms samløpet med Sokna til nedstrøms Gaulfoss ved Hovin, se Figur 6-3. Strekningen er totalt ca. 11 km lang og elva har et gjennomsnittlig fall ca. 0,2 % på strekningen ned til Gaulfoss, mens fallet i strykene ved Håggåtunnelen er i størrelsesorden 2 %, se Figur 6-2. Området uten dekning i dybde-dataene er ca. 500 m opp- og nedstrøms stryket ved Håggåtunnelen. Modellen består av 37 275 beregningselement med gjennomsnittlig størrelse på 15,0 x 15,0 m. For å ta hensyn til strukturer, er det lagt inn break-lines i modellen.



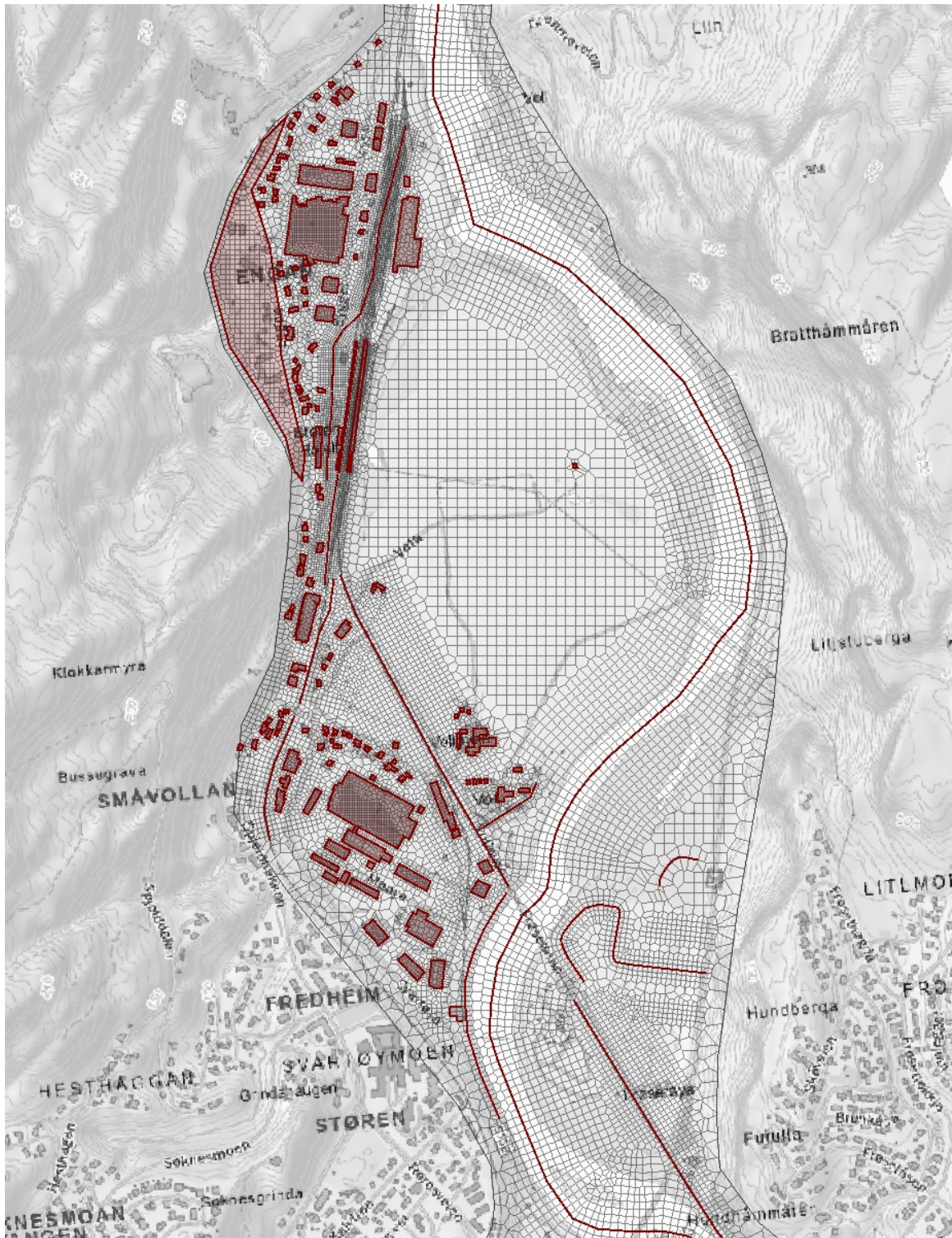
Figur 6-2: Lengdeprofil for elvestrekningen som er modellert. Plassering til lengdeprofilet er vist i Figur 6-3.

De fineste beregningselementene er i området ved innløpet til Gaulfossen og ved Støren. På Støren er alle bygningene større enn 50 m² lagt inn i modellen, basert på FBK-data og flybilder. Beregningselementene langs byggene er i størrelsesorden 4,5 m x 4,5 m, se utsnitt av beregningsnettet for 2D-modellen i Figur 6-4 og Figur 6-5. Byggene er lagt inn i modellen som *refinement areas*, der terrenghøyden for byggene er hevet med 8 m.

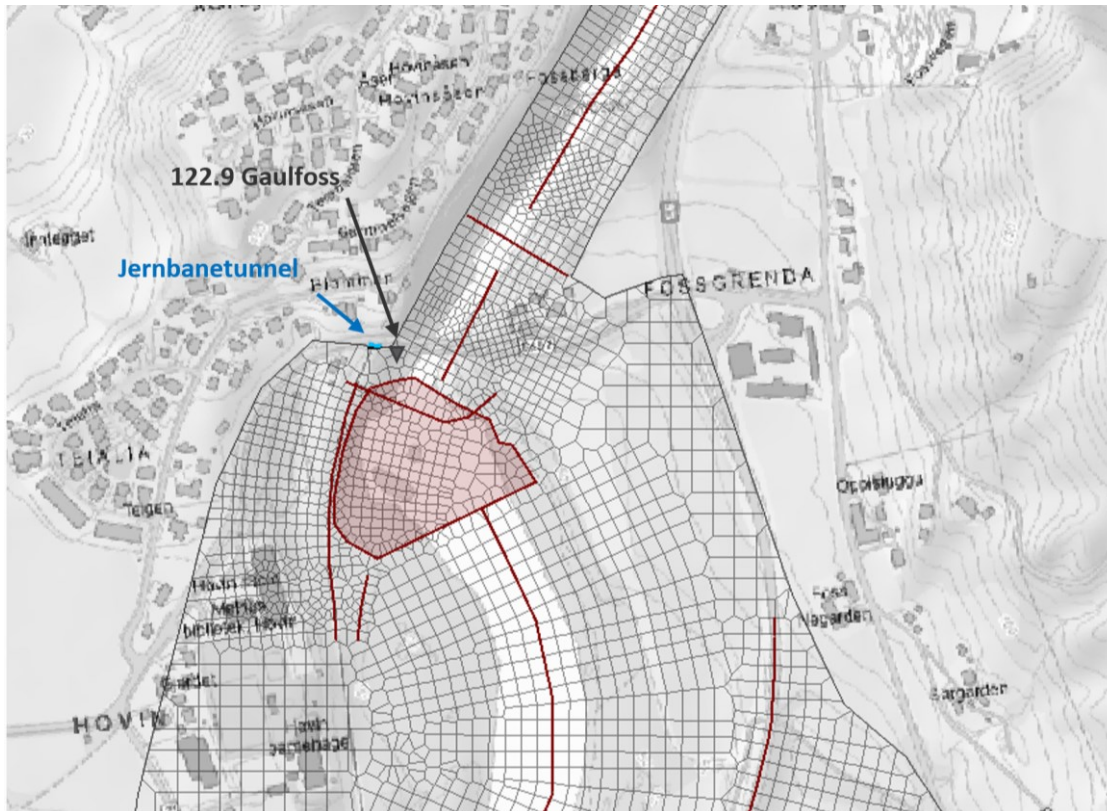
Vannstandene ved Støren blir i stor grad bestemt av kritiske snitt, som ble identifisert ved Håggåtunnelen, se Figur 6-6.



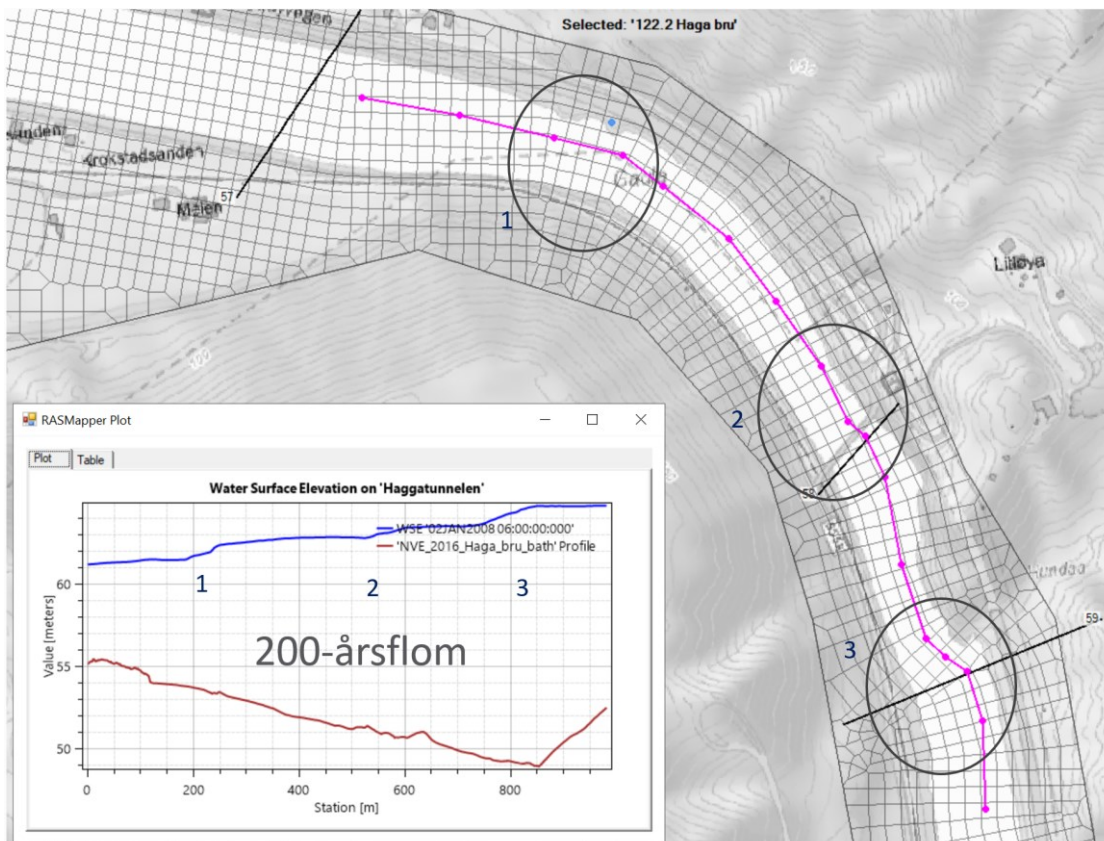
Figur 6-3: Kartutsnitt som viser modelloppsett for 2D-modellen. De blå strekene representerer grensebetingelsene. Det sorte rutenettet viser utstrekningen til 2D-modellen.



Figur 6-4: Beregningsnettet med 15 x 15m oppløsning, der det er brukt break-lines for å modellere langsgående strukturer i terrenget. De røde linjene er break-linene som er benyttet i modellen for blant annet å modellere byggene på Støren.



Figur 6-5: Ved Gaulfossen ble jernbanetunnelen lagt inn i modellen, men de gamle brufundamentene for jernbanebrua som ble ødelagt av 1918-flommen ble ikke lagt inn i modellen.



Figur 6-6: Modelloppsett med lengdeprofil for 200-årsflommen på strekningen med Håggatunnelen, der kritiske snitt er markert.

6.3.2 Grensebetingelser

I den hydrauliske modellen må det legges inn *grensebetingelser* som beskriver avgrensingen av modellen. Vanligvis benyttes vannstand ved nedre avslutning og vannføring ved modellens øvre avslutning.

I dette prosjektet er nedstrøms grensebetingelse plassert ca. 850 m nedstrøms 122.9 Gaulfoss målestasjon, der en har antatt at en har *normalstrømning* ($S = 0,02$). Dette er gjort under forutsetning om at energilinen har samme helning som bunnen ved grensebetingelsens plassering (normalstrømning). I dette tilfellet er ikke forutsetningene for grensebetingelsen oppfylt, men grensebetingelsen er plassert så langt nedstrøms at den ikke påvirker beregningene ved 122.9 Gaulfoss målestasjon.

Ved Gaulfossen er også Jernbanetunnelen lagt inn i modellen som en grensebetingelse som leder vann ut av modellen, se Figur 6-5. Denne er satt tilsvarende som nedre grensebetingelse, men med helning S på 0,01.

Vannføring inn i modellen er beregnet og lagt til i modellen ved arealskalering. Plassering av grensebetingelsene er vist i Figur 6-3.

6.3.3 Bruer og kulverter

På modellert strekningen er det ingen bruer som er lagt inn i modellen. Ved stasjonsområdet på Støren er det ingen bruer, men jernbanebrua like sør for Støren på Rørosbanen og Håggabrua kan ha en betydning ved flom, se Figur 6-7 og Figur 6-8.



Figur 6-7: Vannmerket 122.11 Haga bru er ytterst til venstre i bildet, nedenfor trapp. Bildet er tatt i 1935. Foto: Nils Gamnes.



Figur 6-8: Jernbanebruen sett mot Støren stasjon etter 1940-flommen. Kilde: (Strand, 1941)

6.3.4 Ruhetsforhold

For å ta hensyn til energitap, defineres ruhetskoeffisienter i HEC-RAS. Ruheten vurderes ut ifra ortofoto og erfaringstall, samt bilder og observasjoner og angis i modellen som Manningtall. Det er en prinsipiell forskjell mellom Manningtallet i en 1D- og 2D-modell. I en 1D modell skal Manningtallet i tillegg til overflatefriksjon også ta høyde for blant annet singulærtap, brå endringer i strømningsretningen, turbulens, luftinnblanding m.m. I en 2D-modell er tapene i større grad tatt høyde for eksplisitt i beregningen. Falltapene for samme type overflatemateriale og vegetasjon vil derfor ofte være noe høyere i en 1D-modell enn i en 2D-modell.

Det er benyttet Manningstall på $n=0,04$ for hele modellen, da dette gav relativt godt samsvar med kalibreringsdata.

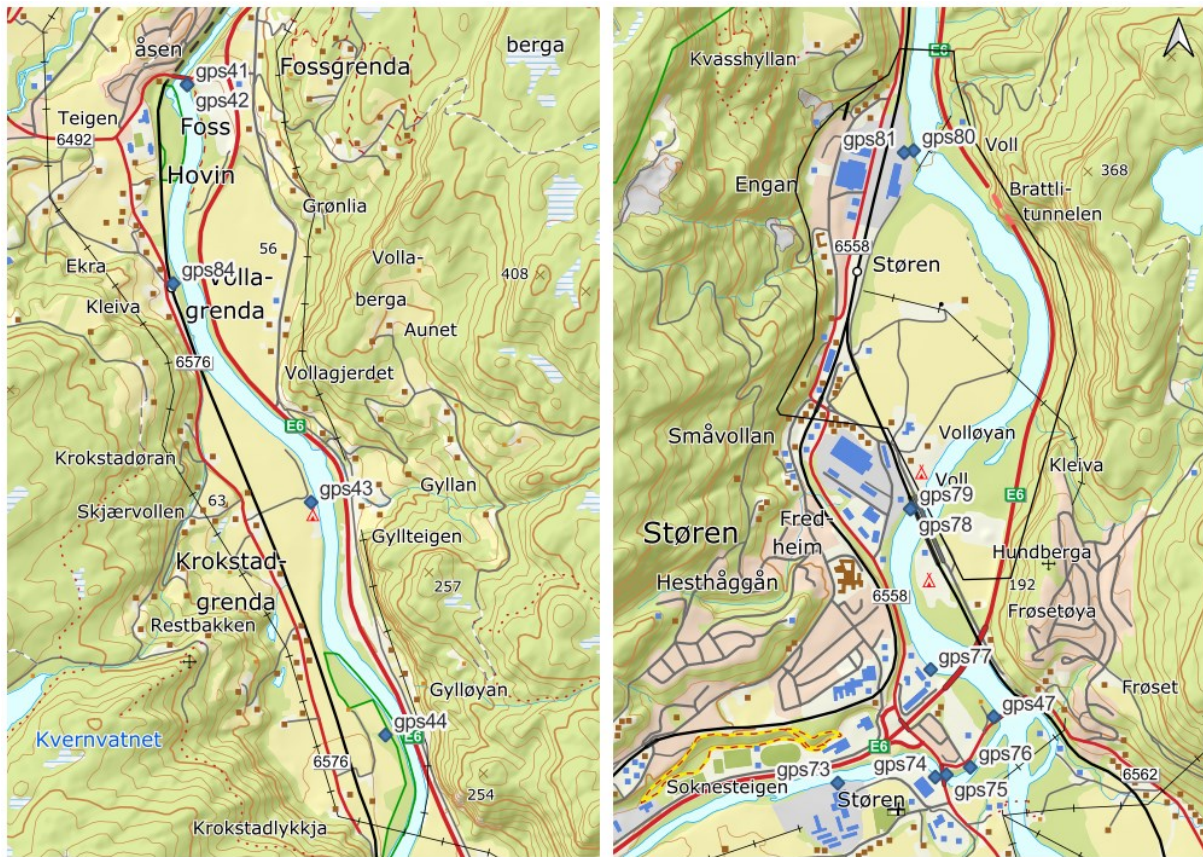
6.3.5 Kalibrering

Modellen ble kalibrert mot 2010-flommen, som kulminerte på $1380 \text{ m}^3/\text{s}$ 122.9 Gaulfoss. Observerte punkter er vist i Tabell 6-1 og Figur 6-9. Ettersom vannlinjen ble målt opp basert på kulminasjonsspor to dager etter flommen, vurderes kalibreringsdata som gode. Vannføringen er beregnet for målestasjon 122.9 Gaulfoss og tilsvarer en 20-årsflom. Det er noen avvik i beregnede vannstander i forhold til det som er observert. Ettersom en reell flomsituasjon blant annet har bølger og påvirkning fra lokale forhold som ikke er modellert, vurderes resultatet som godt. Geometridata for modellen er basert på oppmålinger som er utført i 2016, slik at ev. endringer elvegeometrien fra 2010-flommen ikke er inkludert i modellen. De observerte og beregnede vannstander er derfor ikke direkte sammenlignbare.

Tabell 6-1: Resultat av kalibrering av modellen for 2010-flommen, som ved 122.9 Gaulfoss målestasjon kulminerte på 1380 m³/s.

GPS-punkt	Sted	Observert 2010	Beregnet i 2D	Differanse
		[moh]	[moh]	
gps73	Sokna	70,67	70,77	+0,10
gps75	Sokna	68,27	67,91	-0,36
gps74	Sokna	68,1	68,04	-0,06
gps76	Sokna	67,09	67,74	+0,65
gps57	Gaula	68,66	68,92	+0,26
gps47	Gaula	66,86	67,20	+0,34
gps77	Gaula	66,56	66,76	+0,20
gps79	Gaula, oppstrøms jernbanebro Røros	65,02	64,96	-0,06
gps78	Gaula, oppstrøms jernbanebro Røros	64,98	64,99	+0,01
gps80	Gaula ved Støren (60 m nord for verkstedbygget)	62,45	62,74	+0,29
gps81	Gaula ved Støren (60 m nord for verkstedbygget)	62,37	62,76	+0,39
gps82	Gaula ved Haga bru	59,63	59,86	+0,23
gps83	Gaula	58,34	58,24	-0,10
gps44	Gaula	54,93	55,58	+0,65
gps43	Gaula	53,45	53,91	+0,46
gps42	Gaula ved Gaulfoss*	52,93	52,10	-0,83
gps84	Gaula ve Hovin stasjon	52,67	52,63	-0,04

*Sannsynligvis målefeil, ettersom vannstanden ved målestasjonen ble registrert til 52,34 moh.



Figur 6-9: Plassering av observerte kulminasjonsvannstander fra 2010-flommen.

6.3.6 Sensitivitetsvurdering

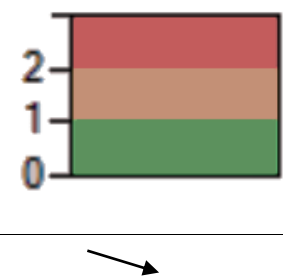

Det er ikke kjørt en sensitivitetstest av 2D-modellen, ettersom erosjon langs vassdraget er en av de største kildene til usikkerhet. Store deler av elva er pr. dags dato erosjonssikret i forhold til forholdene før 1940-flommen, og elva vil dermed ikke ha de samme mulighetene til å utvide elveløpet ved flom. Hvordan dette vil påvirke flomforholdene er ikke vurdert.

7 RESULTAT

7.1 Konsekvenser ift. 2.ledd i § 7-1 i TEK17

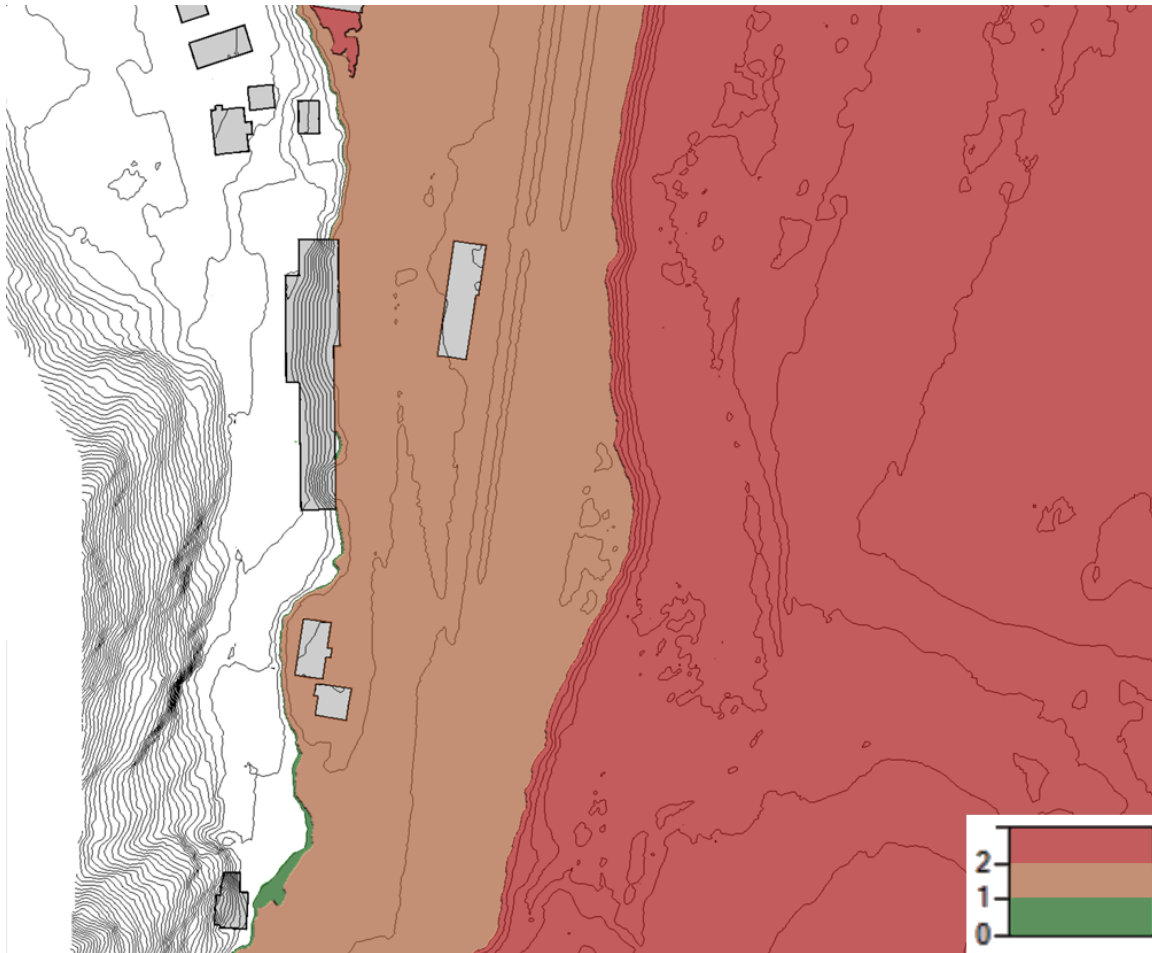
For å vurdere konsekvensen av tiltakene er disse lagt inn i modellen, slik at en kan sammenligne flomsituasjonen med tiltaket med dagens situasjon (2016-data). Det er valgt å vurdere situasjonen med 200-årsflom i vassdraget, ettersom NVEs gjeldende praksis i dag er at byggverk skal ha sikkerhet mot denne flomhendelsen. Ettersom tiltaket er plassert i en eksisterende faresone, er infrastruktur i nærheten pr. definisjon allerede utsatt ved en 200-årsflom. Beregningene viser også at tiltaket til BN ikke påvirker beregnet vannstand i området. I forhold til kravet i TEK17 § 7-1 om å ikke forverre forholdene for 3.part, er det sett nærmere på hvordan tiltakene påvirker vannhastighet og dybde multiplisert med hastighet ($D*V$ -tall) for området ved stasjonsbygget, ettersom tiltaket har størst effekt lokalt og effekten av tiltaket dempes desto lengre vekk en kommer. For dagens situasjon er klassifiseringen av fare symbolisert som vist i Tabell 7-1.

Tabell 7-1: Forklaring av symbolisering benyttet i kartene i rapporten.

Symbolisering	Forklaring
	Områder med fare for liv iht. TEK17 og NVEs anbefalinger: [2<] – Større fare enn ellers iht. TEK17 (Dybde større enn 2 m, vannhastighet større enn 2,0 m/s eller $D*V$ -tall større enn 2,0 m^2/s . [1-2] – Fare for liv iht. NVEs veileder nr. 4 – 2022, unntatt hastighet større enn 3,0 m/s. [1>] – Ikke fare for liv eller større materielle skader
	Vannretning

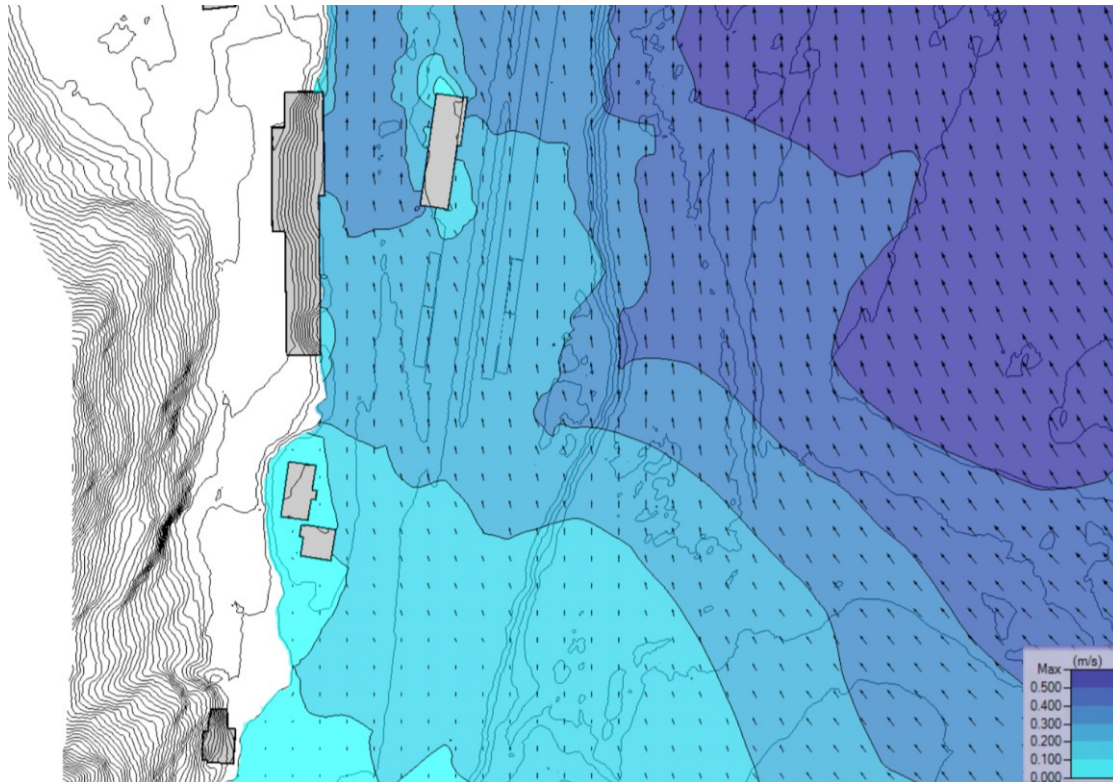
7.1.1 Dagens situasjon

For dagens situasjon viser beregningene at det er fare for menneskeliv i hele området, jf. Figur 7-1. Dette skyldes i hovedsak vanddybdene, som i svært begrenset grad påvirkes av BNs tiltak. Tiltaket til BN vil imidlertid fortsatt kunne forverre flomforholdene ved å konsentrere vannstrømmen, slik at en lokalt får områder med større fare enn før. For å vurdere dette er ulike alternativ for BNs tiltak sammenlignet med førsituasjonen.

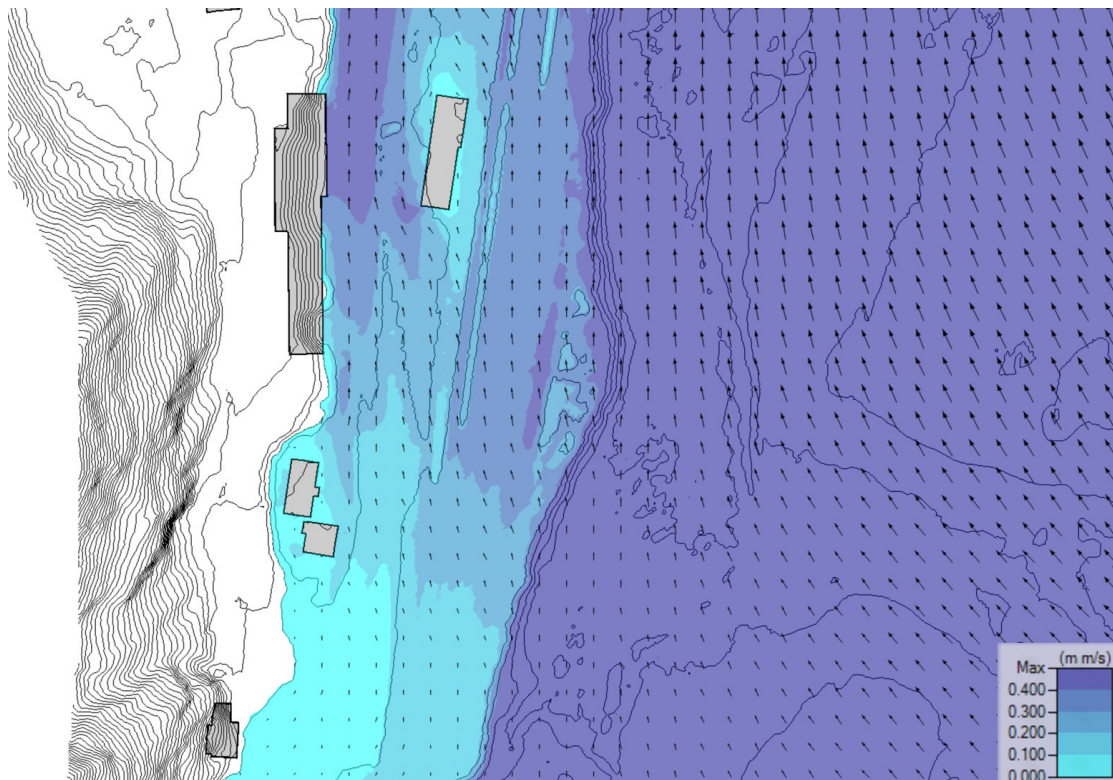


Figur 7-1: Områder hvor det er fare liv i dagens situasjon, der kriteriene fra NVEs veileder nr. 4 - 2022 er benyttet.

Fra Figur 7-2 og Figur 7-3 kan en se at det er relativt jevnt fordelte vannhastigheter ved stasjonsområdet.



Figur 7-2: Dagens situasjon ved Støren stasjon for en 200-årsflom. Kartet viser strømningsretninger med piler og vannhastigheter.

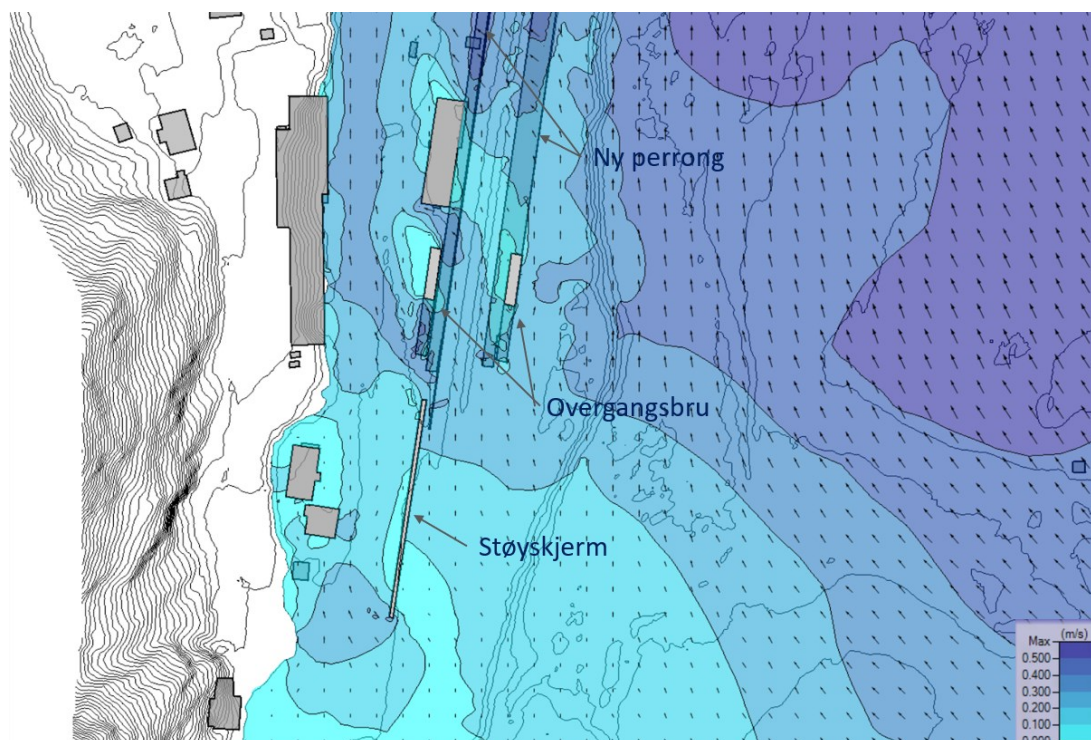


Figur 7-3: D*V-tall for dagens situasjon.

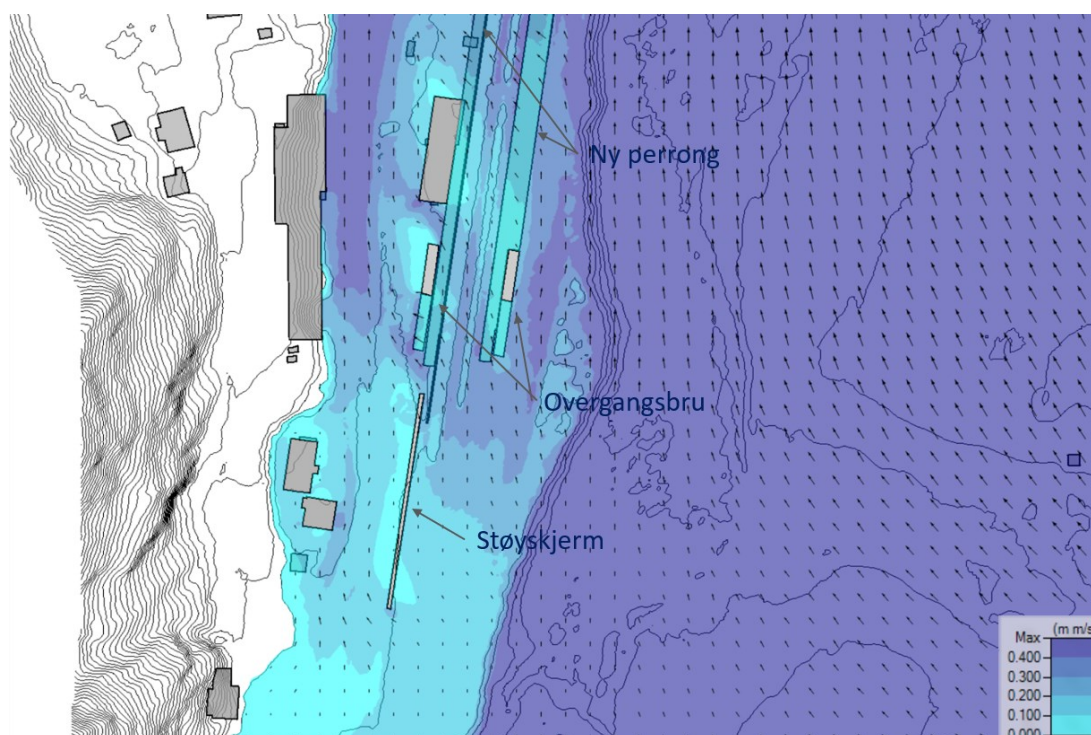
7.1.2 Alternativ 1: BN sine planlagte tiltak

BN sine planlagte tiltak med overgangsbru og støyskjermen er lagt inn i modellen, se Figur 7-4 og Figur 7-5. Selv om ikke støyskjermen er konstruert som en tett

konstruksjon, vil den ved en flomhendelse fungere som en ledevoll som vil føre vannet i en annen retning enn dagen situasjon. Dette medfører at en får økte vannhastigheter i endene av denne, som igjen medfører forhøyede $D \cdot V$ -tall. Støyskjermen medfører dermed at boligen vest for støyskjermen får noe økt flomfare.



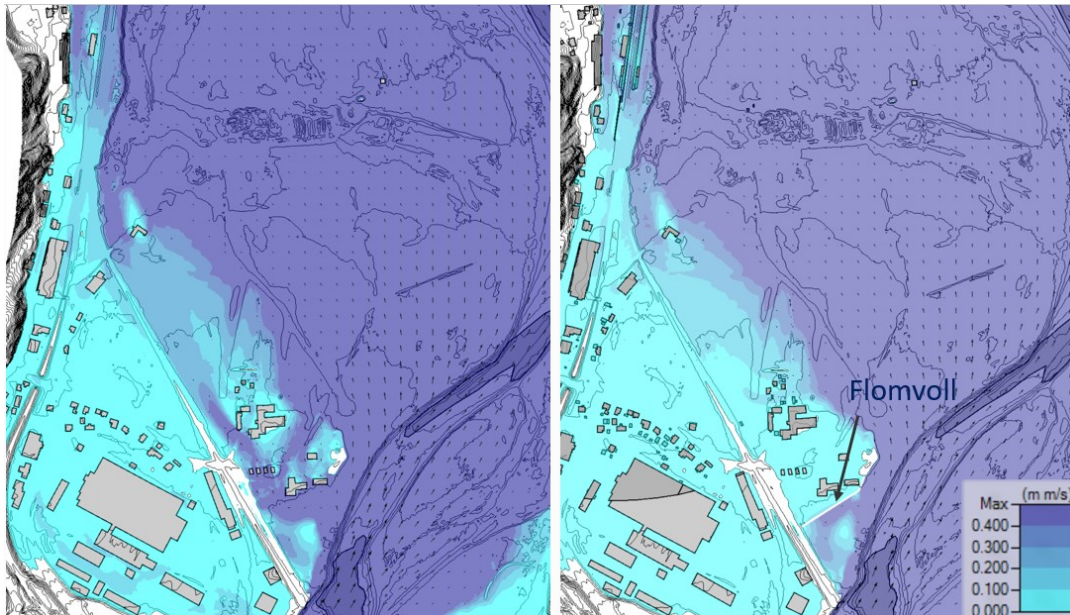
Figur 7-4: BNs tiltak med støyskjerm. Kartet viser strømningsretninger med piler og vannhastigheter.



Figur 7-5: $D \cdot V$ -tall som følge av BNs tiltak. En får en økning i sonen med $D \cdot V$ -tall på over $0,4 \text{ m}^2/\text{s}$ mellom Støren hotell og jernbanestasjonen, samt ved boligen sør for Støren hotell.

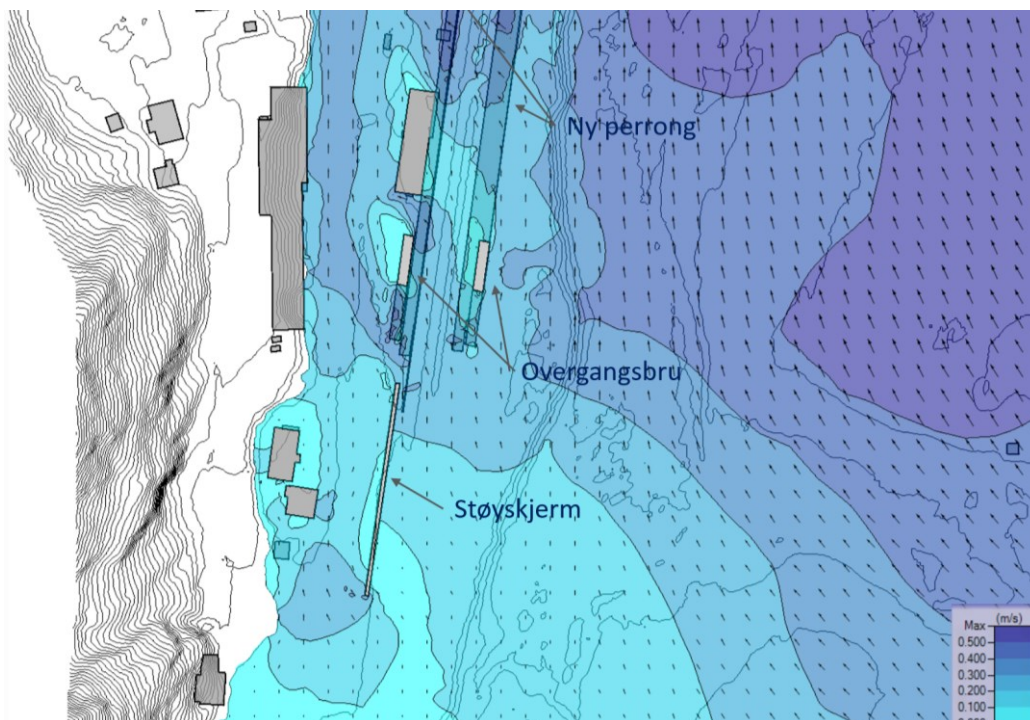
7.1.3 Alternativ 2: BN sine tiltak med flomvoll som avbøtende tiltak

Det er vurdert om en kan avbøte den negative effekten støyskjermen har ved å bygge en flomvoll like nord for jernbanebrua, se Figur 7-6. En flomvoll plassert der vil redusere strømmingen mot stasjonsområdet, og vil dermed også forbedre sikkerheten bebyggelsen ved blant annet Volløyen.

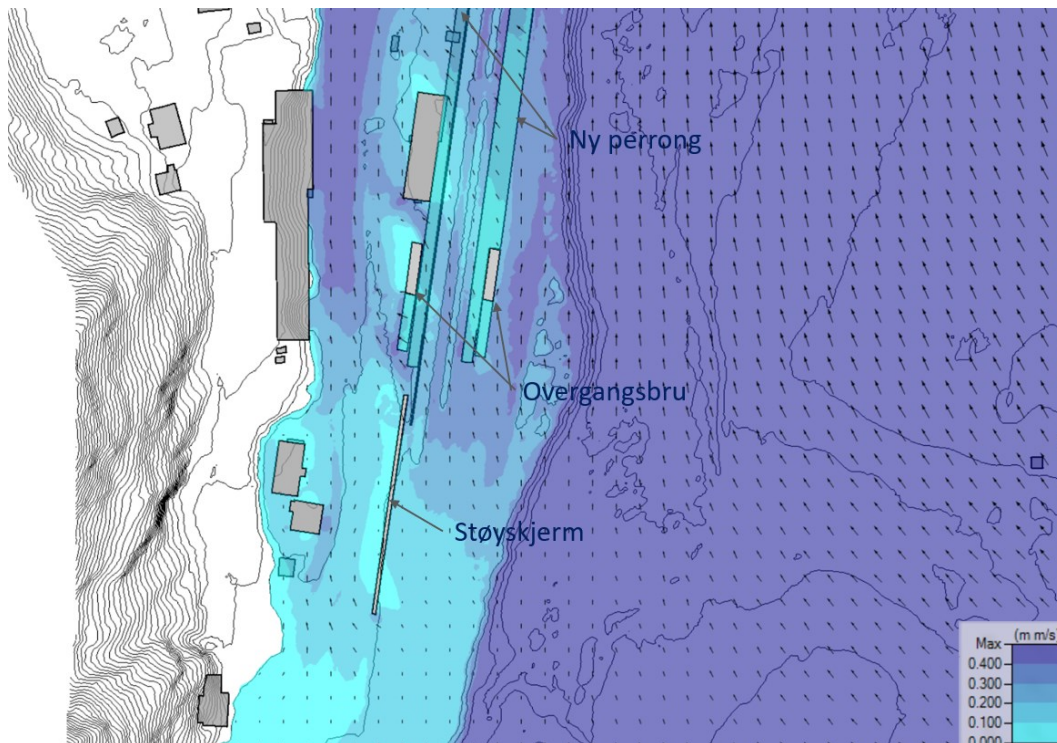


Figur 7-6: D*V-tall for dagens situasjon sammenlignet og ny situasjon med BNs tiltak og flomvoll (t.h.).

Resultatet fra beregningene viser at en flomvoll med plassering som angitt i Figur 7-6 ikke påvirker vannhastighetene eller D*V-tallene nevneverdig ved stasjonsområdet, se Figur 7-7 og Figur 7-8.



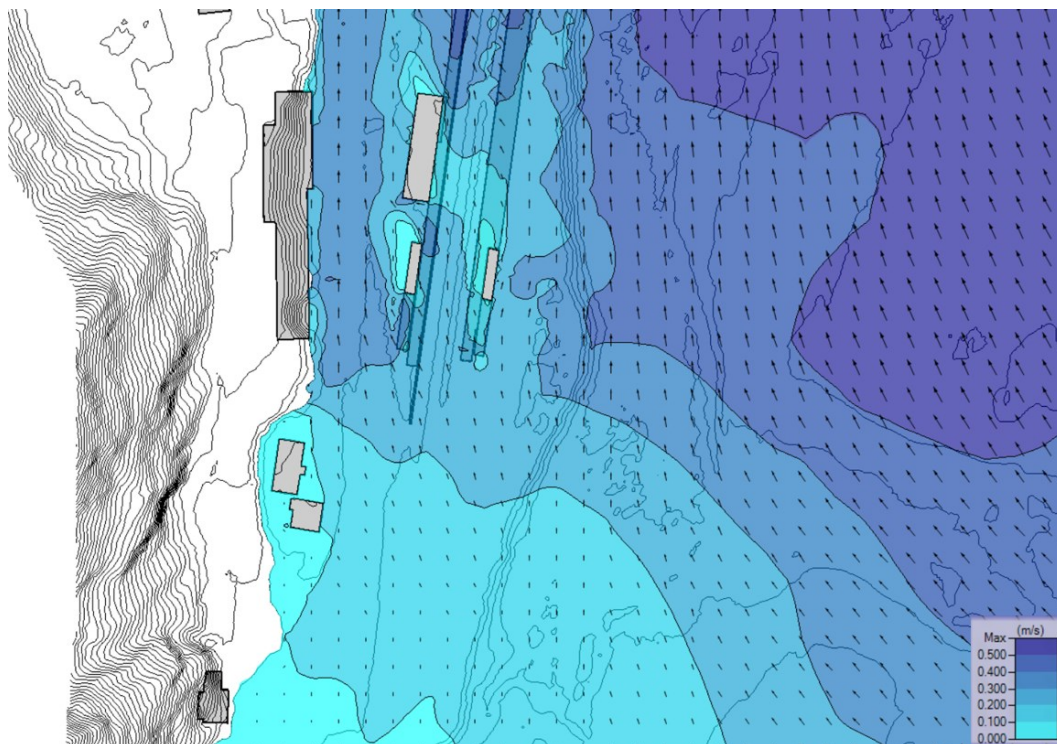
Figur 7-7: Beregnede vannhastigheter i området viser at valgte flomvoll ikke vil ha nevneverdig effekt ved Støren stasjon.



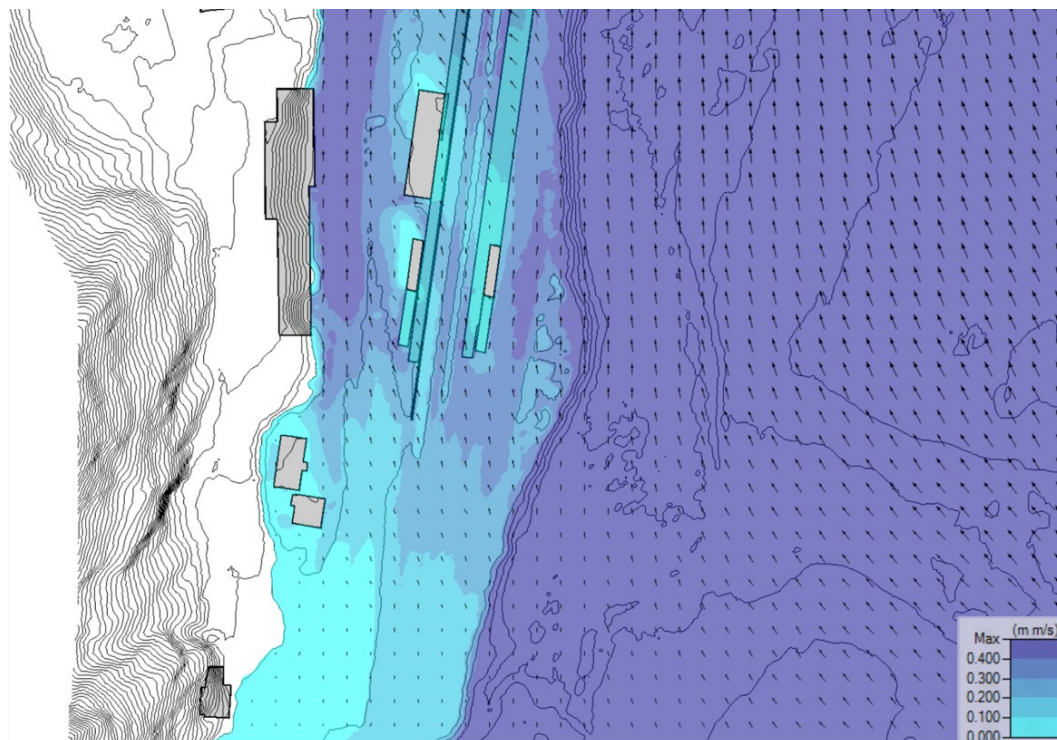
Figur 7-8: D*V-tall for BNs tiltak. Husene like vest for støyskjermen får en økning i D*V-tall i forhold til dagens situasjon.

7.1.4 Alternativ 3: BN sine tiltak uten støyskjerm

Tiltaket uten støyskjerm eller flomvoll påvirker ikke boligen vest for støyskjermen nevneverdig, men har en liten negativ effekt på strømmingen ved Støren hotell, se Figur 7-9 og Figur 7-10. Inngangspartiet til hotellet er imidlertid på oppsiden, slik at det er lite sannsynlig at tiltaket vil føre til økt fare for menneskeliv.



Figur 7-9: Vannhastighet ved Støren stasjon med overgangsbru.

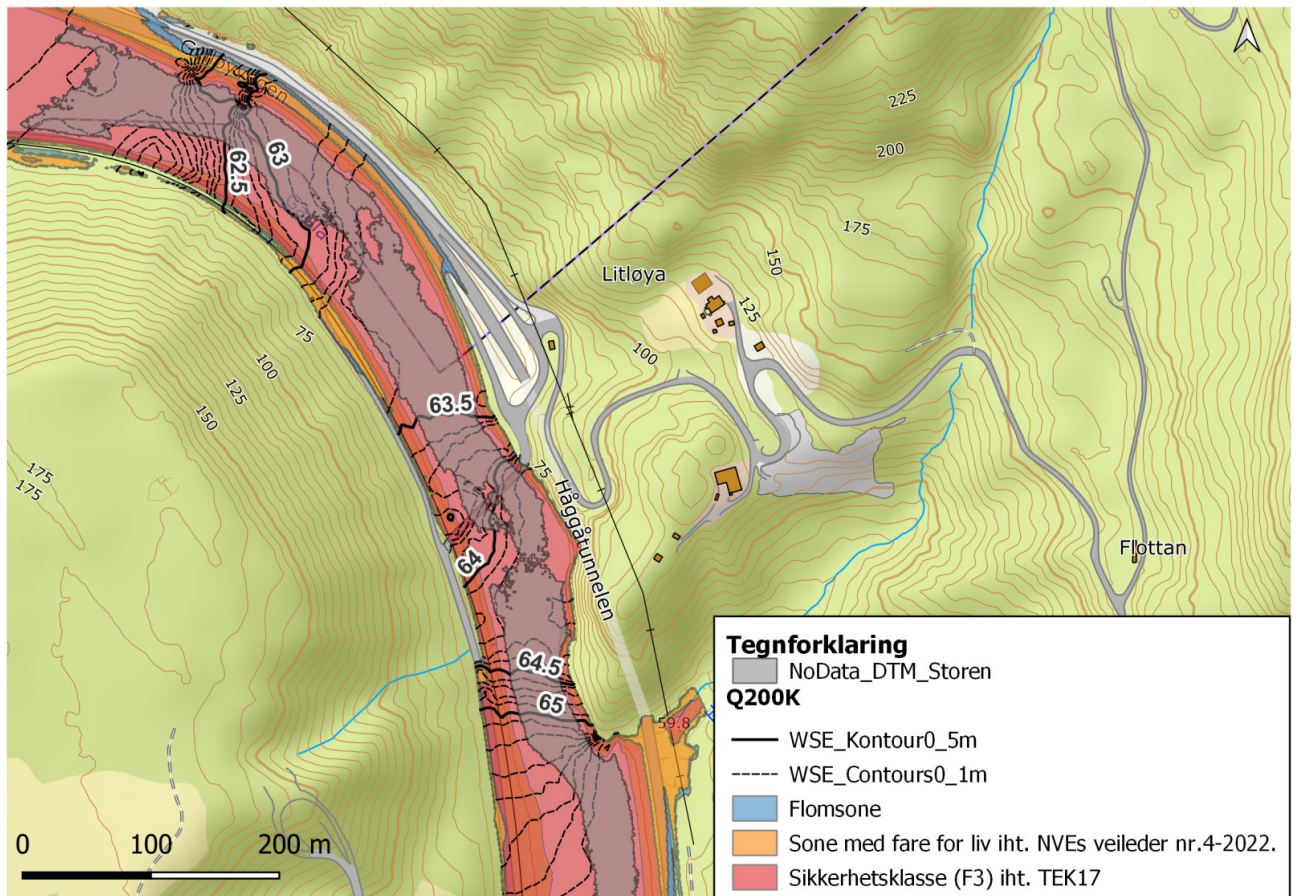


Figur 7-10: D*V-tall som følge av overgangsbru ved Støren stasjon.

7.2 Oppdatert flomsonekart

Flomsonekartet for Støren er oppdatert basert på terrengmodellen fra 2016 iht. NVEs gjeldene forvaltningspraksis og Multiconsults tolkning av regelverket. Faresonene for Gaula for hhv. sikkerhetsklasse F2 og sikkerhetsklasse S3 er vist i kap. 7.2.1 og 7.2.2. For alle tiltak innenfor faresonen, må det dokumenteres at sikkerheten for 3.part ikke forverres.

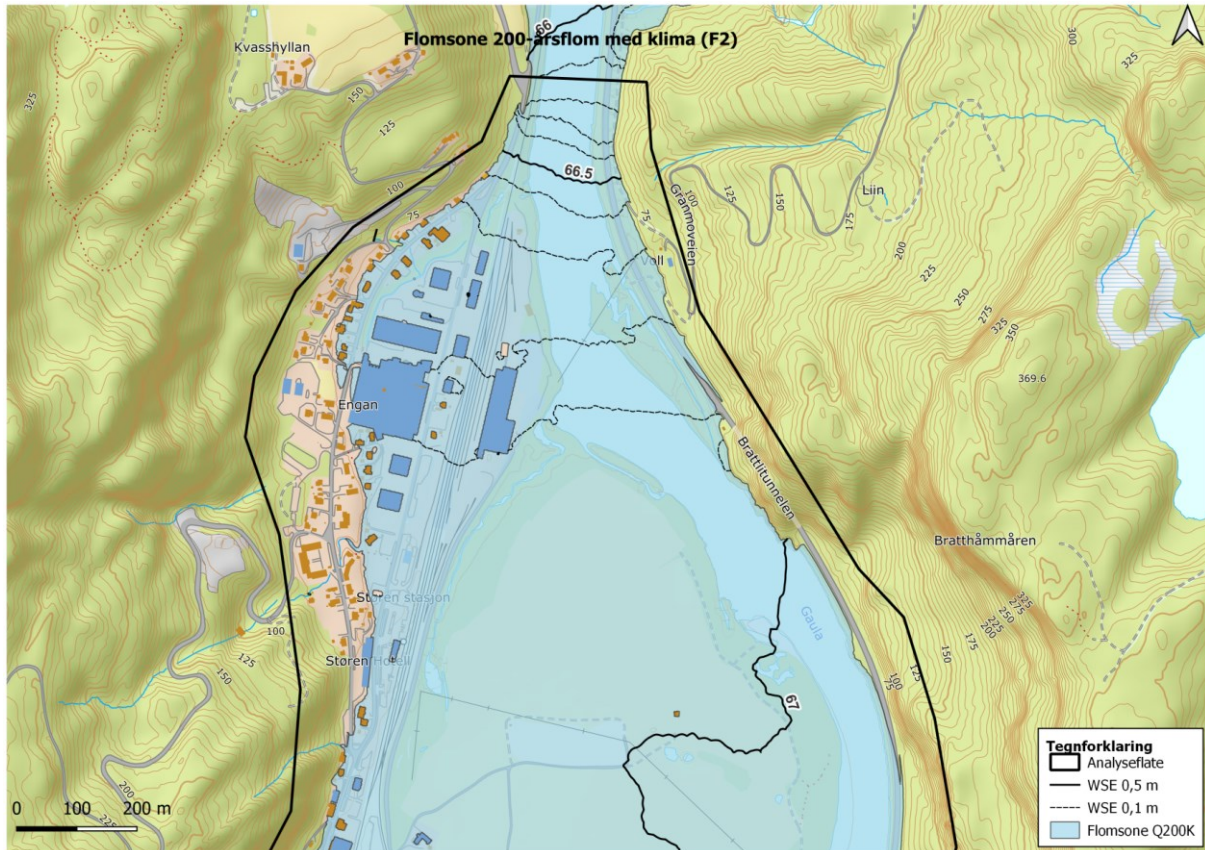
Beregningene for Støren viser at området fra Haga bru til Støren gir vesentlig oppstuvning. For en 200-årsflom med klimapåslag, stiger vannstanden med ca. 3,0 m på denne strekningen. Det er spesielt ved Håggåtunnelen en får stor oppstuvning. NVEs datasett for elvebunnsdata har store hull på denne strekningen, se Figur 7-11. Det anbefales derfor at denne strekningen måles opp på nytt med heldekkende bunnkartlegging. Ettersom det ikke foreligger krav om at terrenldata skal være oppdatert og dette er beste tilgjengelige datasett, vurderes datagrunnlaget som godt nok for formålet med beregningene. Det anbefales imidlertid at området med manglende elvebunnsdata måles når flomsonekartet oppdateres. Et oppdatert flomsonekart bør også inneholde alle tiltak som er bygget langs vassdraget. Omfanget av dette arbeidet ligger utenfor eksisterende praksis for hva som kreves for tiltak innenfor en flomsone og er derfor vurdert som unødvendig for Støren stasjon.



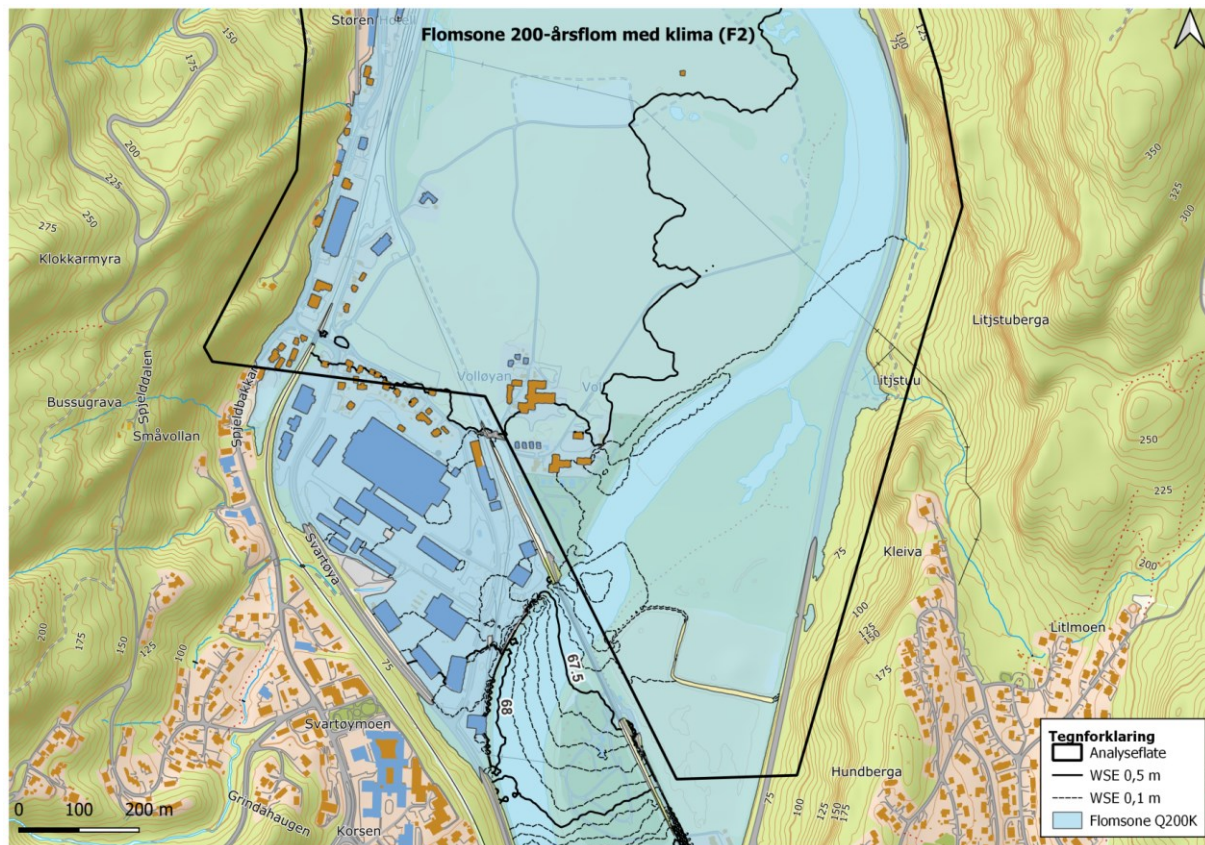
Figur 7-11: Kart over strekningen ved Håggåbrua som viser vannstandsstigningen ved en 200-årsflom med klimapåslag.

7.2.1 Flomsonekart (F2)

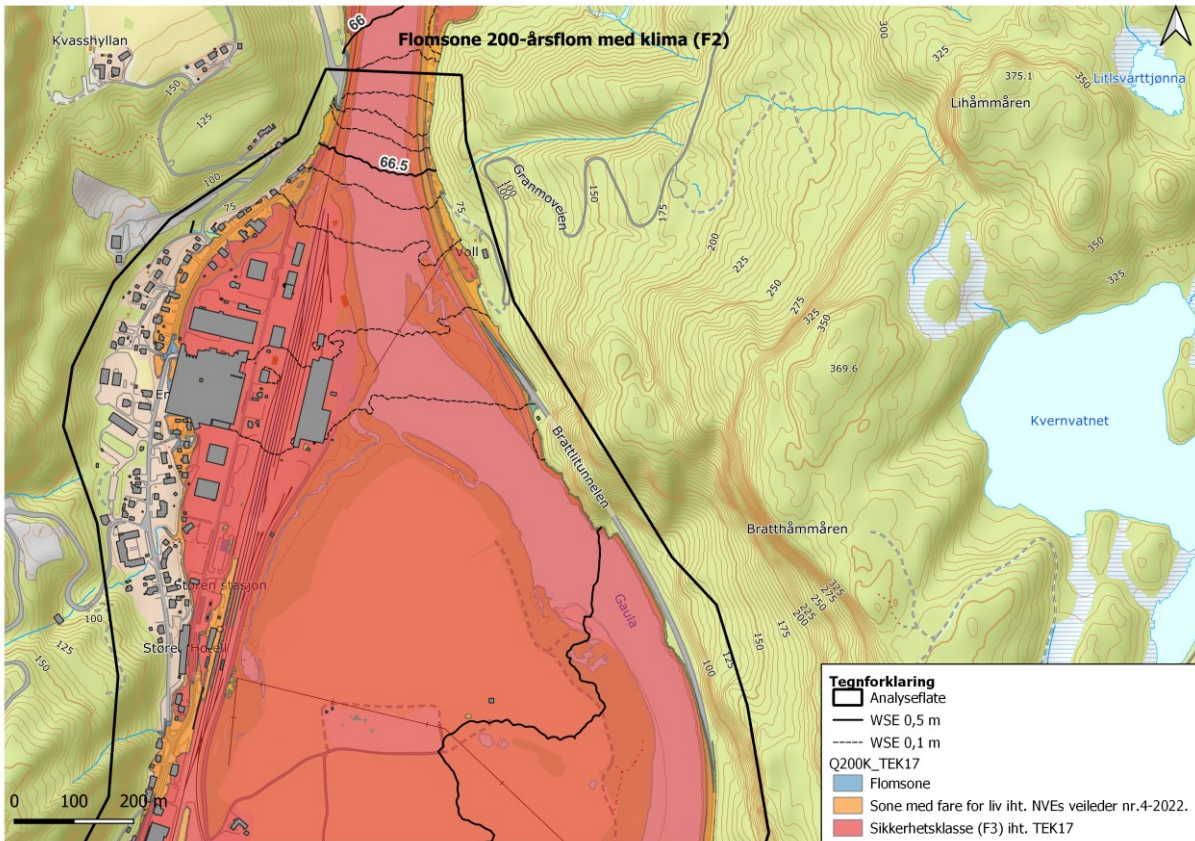
Disse sonene viser områder med oversvømmelser for 200-årsflommen med klimapåslag, se Figur 7-12 og Figur 7-13. Iht. gjeldende praksis skal det også legges til grunn et usikkerhetspåslag eller sikkerhetsmargin for å ta høyde for usikkerheter i beregningene. Størrelsen på usikkerhetspåslaget er ikke vurdert, men samsvar med kalibreringsdata tilsier minimum 0,5 m sikkerhetsmargin på beregnede vannstander. Innenfor store deler av flomsone, er det ved en 200-årsflom fare for liv iht. kriteriene i NVEs nye retningslinje for overvann. For slike områder skal sikkerhetskravene i § 7-3 skal gjelde, se Figur 7-14 og Figur 7-15.



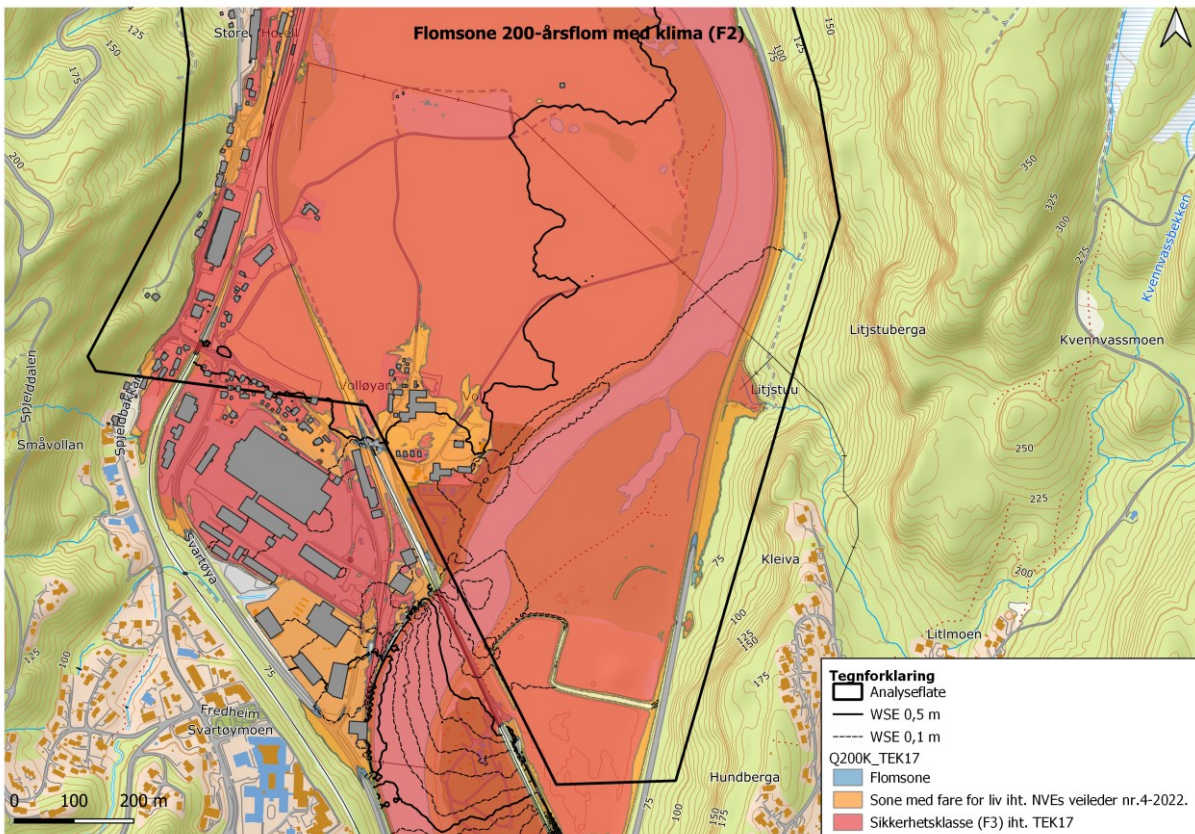
Figur 7-12: Flomsonekart iht. gjeldene praksis som viser flomsone for en 200-årsflom med klima for Gaula.



Figur 7-13: Flomsonekart iht. gjeldene praksis som viser flomsone for en 200-årsflom med klima for Gaula.



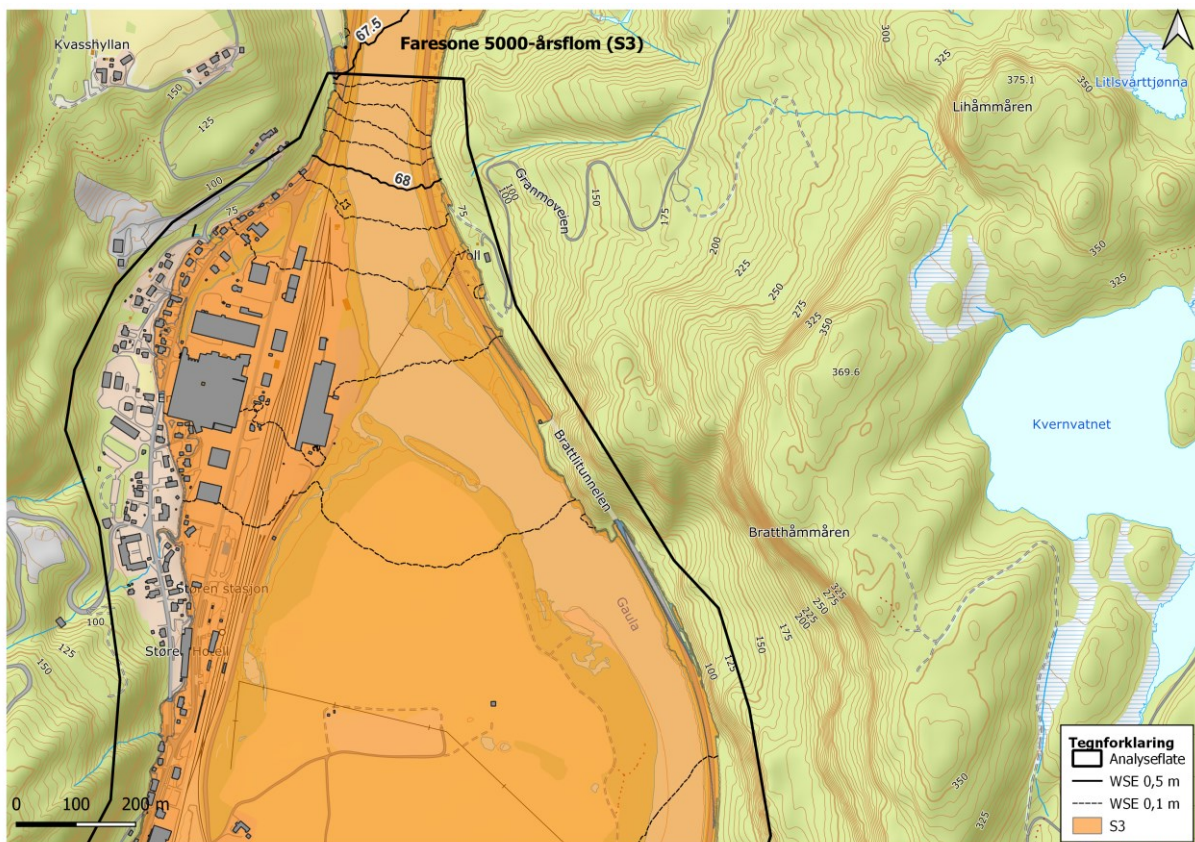
Figur 7-14: Faresone flom for en 200-årsflom med klima for Gaula som viser hvor det er fare.



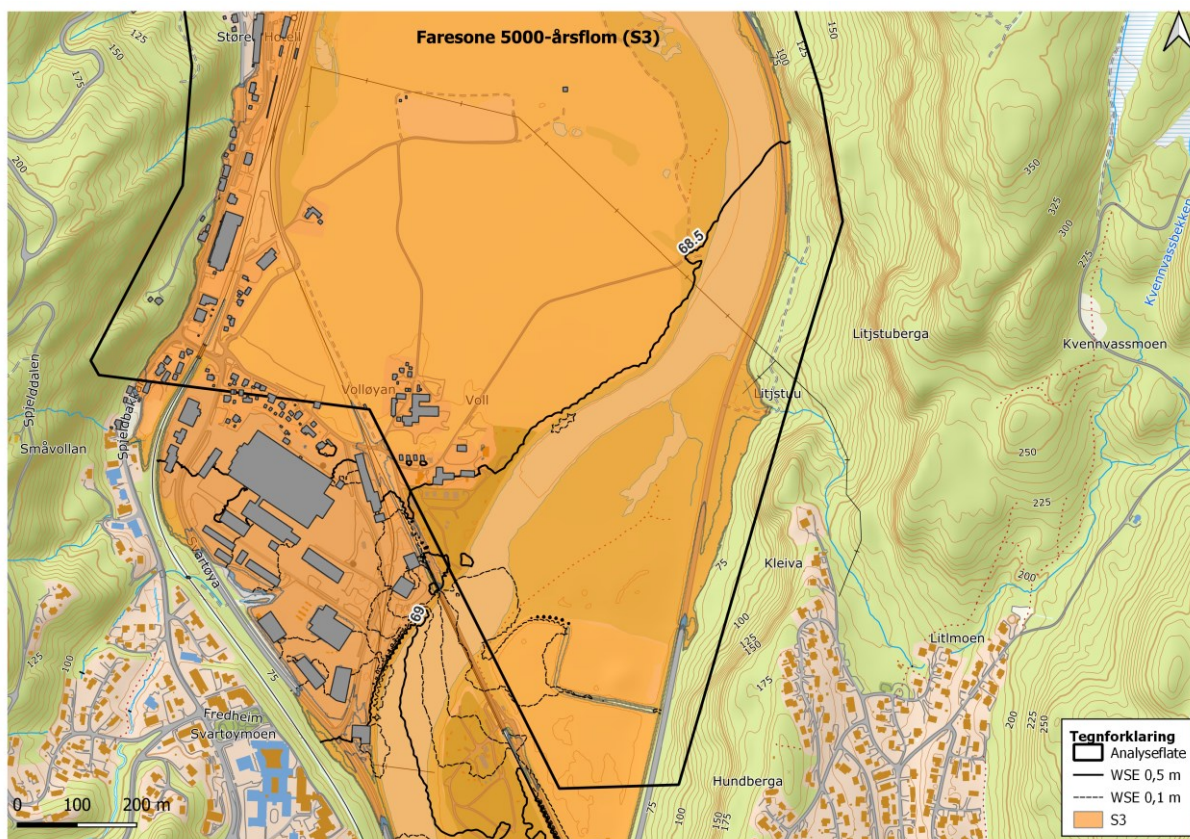
Figur 7-15: Faresone flom for en 200-årsflom med klima for Gaula som viser hvor det er fare.

7.2.2 Flomsonekart (S3)

Iht. kravene i TEK17, skal sikkerhetsklassen for vassdraget fastsettes ut fra fare for liv og om det er mulig å varsle og evakuere flom i forkant av en flom. Multiconsult mener at erfaringer fra tidligere flomhendelser tilsier at sikkerhetsklasse S3 skal legges til grunn, jf. kap. 3.3. Det er utarbeidet et flomsonekart iht. vår tolkning av kravene i TEK17. I kartet legges 5000-årsflommen til grunn, uten klima og sikkerhetspåslag. Det er kun den delen av faresonen som kan medføre skader av betydning, dvs. en intensitet som kan medføre fare for liv og helse eller større materielle skader som er kartlagt. Kriterier for dette er ikke angitt i TEK17 og det er derfor valgt å benytte verdiene oppgitt i NVEs overvannsveileder (NVE nr. 4, 2022). Det er kun for den delen av faresonen som har vesentlig fare som er tegnet ut som faresone, se Figur 7-16 og Figur 7-17.



Figur 7-16: Faresone flom for en 5000-årsflom for Gaula.



Figur 7-17: Faresone flom for en 5000-årsflom for Gaula.

8 ANBEFALING OG KONKLUSJON

I området ved stasjonen er det i dag fare for liv iht. NVEs anbefalte kriterier for 200-årsflommen. Det er imidlertid ikke større fare enn ellers¹ for denne flomstørrelsen iht. kriteriene i veiledningen til § 7-2, 2.ledd i TEK17. Tiltakene til BN med overgangsbru, støyskjerm og nytt terminalområde vil ikke påvirke vannstandene betydelig, men vil medføre høyere vannhastigheter og D*V-tall lokalt. Endringen er imidlertid hovedsakelig avgrenset til BN sitt område og bør derfor tillates.

Hvilke tiltak som anbefales, vil være en avveining av hvorvidt tiltaket forverrer flomforholdene sett opp mot de ulemper tiltaket vil medføre i det daglige, som følge av økt støy for uteområdene uten flomvoll og funksjonalitet til alternativ støyskjerming. Det beste mtp. flom er at støyskjermen ikke bygges slik den er forutsatt i beregningene.

Oppdateringen av flomsonekartene viser at mye bebyggelse er flomutsatt. Noe av dette kan skyldes at tiltakene som er gjort innenfor flomsone siden 1940. Beregningene våre viser at summen av alle tiltakene har forverret flomsituasjonen langs Gaula betydelig. Basert på resultatene, anbefaler vi følgende for Gaula:

- Flomsonekartene for hele Gaula bør oppdateres med heldekkende elvebunnsdata og oppdaterte terrengdata. For Støren bør spesielt området ved Håggåtunnelen måles opp, da denne strekningen har stor påvirkning på flomforholdene på Støren.
- Langs Gaula med tilhørende sidevassdrag, bør faresonene utredes iht. TEK17. Det bør legges ned et generelt byggeforbud i faresonene, ettersom det kan være fare for liv. Videre bør kommunen innarbeide rutiner for varsling og evakuering ved en flom, basert på nedbør- og vannføringsmålinger i feltet. Det bør også utarbeides en beredskapsplan for vassdraget.
- Ethvert tiltak som begrenser elvas naturlige utbredelse (herunder erosjonssikringer, veg og bane) vil medføre at elva får mindre muligheter for å erodere og dermed redusere tilgangen på løsmasser til elva. Over tid medfører dette at elva senker seg, slik at det kan oppstå problemer på nye steder. Nye sikringstiltak langs vassdraget bør derfor i størst mulig grad begrenses og det bør utarbeides en helhetlig plan som ser på den samlede effekten av sikringstiltakene.
- Farekartleggingen av vassdraget bør ajourføres hvert 10 år og etter store flommer.
- Nye tiltak i faresonen til Gaula bør ikke tillates. Det anbefales derfor at terskelen for hva som kan aksepteres settes til 1-2 cm endring i vannstand. Alle tiltak i faresonen bør medføre krav om at kunnskapsgrunnlaget oppdateres. Kommunene langs Gaula må bli enige i hva som kan aksepteres av tiltak som påvirker vannstanden på tvers av kommunegrensen.

¹ Kriteriene i TEK17 samsvarer med terskelverdiene i internasjonal vitenskapelig litteratur og praksis for konstruksjonssvikt for 1.etg trehus, fastsatt ved fysiske forsøk (NVE nr. 4, 2022) (Pedersen, Christian, & Kiplesund, 2010)

- Sikkerhetsklassen for vassdraget må fastsettes. Multiconsult anbefaler at sikkerhetsklasse S3 legges til grunn for Gaula.
 - Konsekvensen av masseuttaket på Kvassneshylla i form av endret grunnvannsspeil kan medføre økt fare for utglidninger, og bør derfor utredes.
-

9 REFERANSER

- Bævre, I. (2001). *Dokumentasjon av vannlinjeberegninger i Melhus*. Trondheim: NVE.
- Brunner, G. W. (2016). *HEC-RAS River Analysis System, User's Manual, Version 5.0*. US Army Corps of Engineers.
- Digitaltmuseum. (2022, 11 12). Hentet fra <https://digitaltmuseum.no/021018328024/flommen-i-gaula-1940-rogn-sor-for-godoya>
- Killingtveit, Å., & Sæter, A. (1975). *Flomundersøkelser i Gaula*. Trondheim: NTH.
- Multiconsult. (2020). *DSHP-metoden for detaljert konsekvensvurdering av dambrudd*. Oslo: Energi Norge AS.
- Norsk Klimaservicesenter. (2021). *Klimaprofil Sør-Trøndelag*. Norsk Klimaservicesenter.
- NOU. (1996). *Tiltak mot flom*. (Norges offentlige utredninger).
- NVE. (1999). *Retningslinjer for arealbruk og sikring i flomutsatte områder*. Oslo: NVE.
- NVE. (2000). *Flomberegning for Gaulavassdraget (122.Z), nr.15 -2000*. Oslo: NVE.
- NVE. (2021, 06 15). *Verneplan for vassdrag*. Hentet fra 122/1 Gauka: <https://www.nve.no/vann-og-vassdrag/vassdragsforvaltning/verneplan-for-vassdrag/trondelag/122-1-gaula/>
- NVE. (2022). *Veileder nr. 1/2022: Veileder for flomberegninger*. Oslo: NVE.
- NVE nr. 4. (2022). *Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar*. Oslo: NVE.
- Rokoengen, K. (2000). 1345-katastrofen i Gauldalen. *Gauldalsminne. Trondheim: Gauldal historielag: 58–94*.
- St.meld. nr. 15. (2011-2012). *Hvordan leve med farene – om flom og skred*.
- Strand, O. (1941). *Ad. Flommen i Gaula i 1940*. Oslo: NVE.
- Terratec AS. (2016). *NDH Averøy-Eide-Kristiansund 2pkt 2016*. Terratec.