Flomsikring Søre Brynsåa

Sammendrag/konklusjon

Formålet med rapporten er å identifisere nødvendige tiltak for å flomsikre planlagte Trodalen boligfelt og fylkesveier over Søre Bryhnsåa, og å gi et kostnadsestimat for anbefalte tiltak. Det vil fortsatt være nødvendig med ytterligere detaljering av flomsikringstiltakene. I og med flomsikringstiltakene ikke er detaljert, må kostnadsestimatet ansees å være et første grovestimat.

Arbeidet har identifisert følgende utfordringer:

- Bru Gamlevegen har for lav kapasitet.
- Elveskråningen mot Trodalen boligfelt er utsatt ved erosjon.
- Det er stor massetransport i elva under flom. Dette gir avsetning i flate områder, med fare for at Søre Bryhnsåa kan renne ut av elveleiet.
- Tilstopping av bruer fra drivgods (f. eks. trær).

På bakgrunn av utfordringene er følgende tiltak foreslått:

- To flomvoller oppstrøms Gamlevegen.
- Ny bru Gamlevegen.
- Flomvoll ved øvre del av Trodalen boligfelt.
- Seks boliger planlagt langs Søre Bryhnsåa flyttes lenger vekk fra elva.
- Masseavlagringsbasseng oppstrøms bru Kongsvegen og heving av terreng.

Estimerte kostnader for tiltakene er vist under:

Tiltak	Estimat (kr, eks. mva.)
Flomvoller oppstrøms Gamlevegen	537,000
Ny bru Gamlevegen	6 - 8,000,000
Flomvoll ved Trodalen	161,000
Massebasseng Kongsvegen	1,136,000

Tiltakene kan utføres uavhengig av hverandre, og Norconsult har derfor gjort en vurdering av hvilke tiltak som bør prioriteres ut fra kostnad, effekt og usikkerheter. Vurderingen har resultert i følgende prioritering:

1. Ny bru Gamlevegen.
2. Flomvoller oppstrøms Gamlevegen og ved Trodalen. Flomvollene er forholdsvis rimelige, og gir god sikkerhet.
3. Masseavlagringsbasseng.

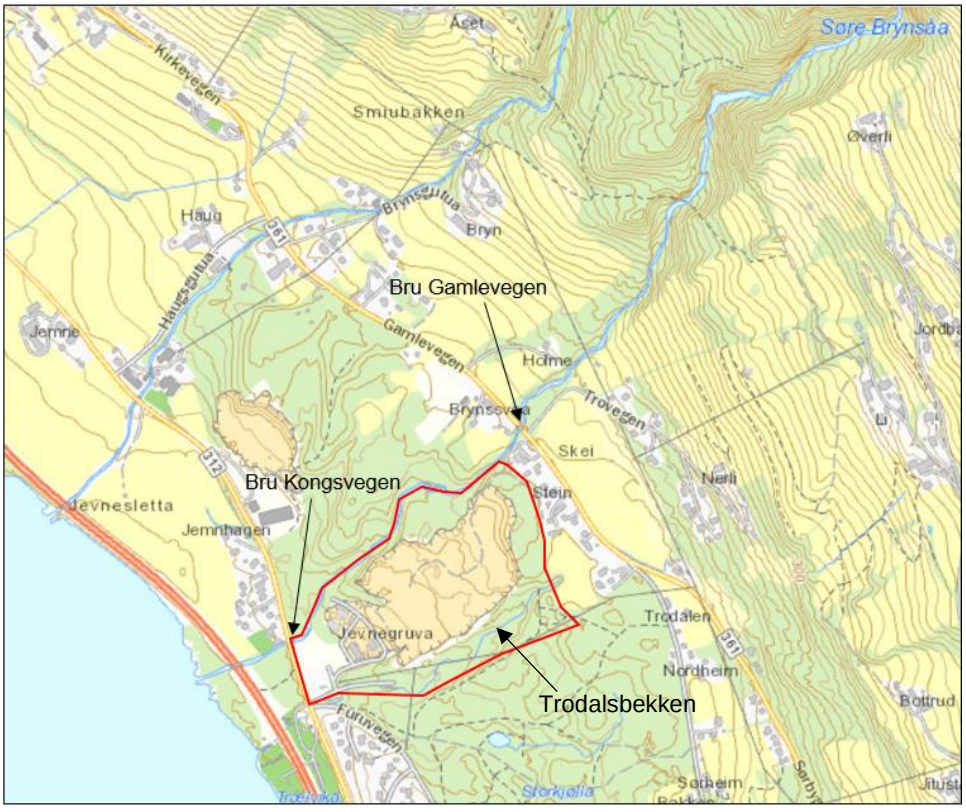
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
D02	2019-11-04	For godkjennelse	Henrik Opaker	Lars Jenssen	Ole Bjørn Bringa
B01	2018-06-21	For gjennomgang hos oppdragsgiver	Henrik Opaker	Lars Jenssen	Ole Bjørn Bringa

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

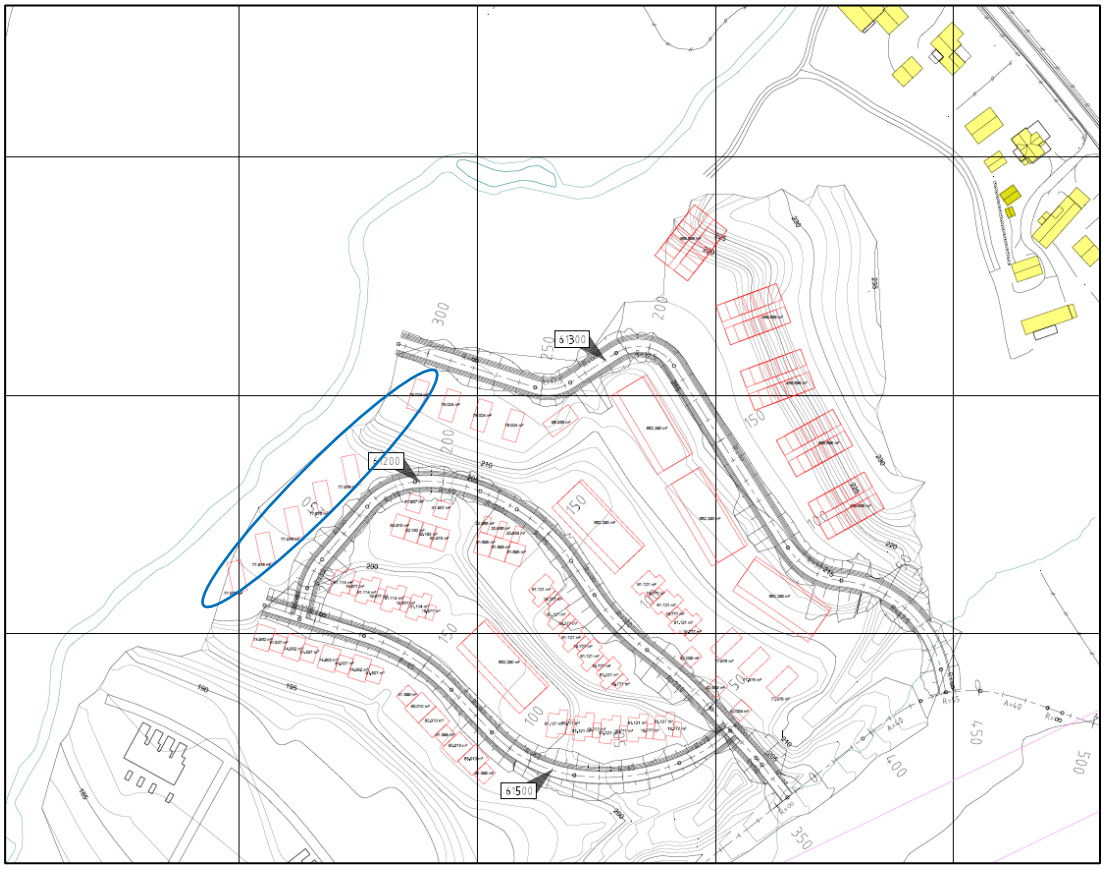
1 Bakgrunn

I Øyer kommune skal det bygges et stort nytt boligfelt, Trodalen, i et gammelt grustak. Utbyggingen skal skje i tre trinn, hvorav det første er ferdigstilt. Langs yttergrensen til boligfeltet renner elva Søre Bryhnsåa, mens en mindre bekk, Trodalsbekken, renner delvis gjennom reguleringsområdet. Norconsult er engasjert av kommunen for å vurdere nødvendige flomsikringstiltak for Trodalen byggefelt, samt for fylkesveiene som krysser Søre Bryhnsåa. Det skal utarbeides et kostnadsestimat for anbefalte sikringstiltak.

Oppstrøms planområdet renner Søre Bryhnsåa i et trangt, bratt gjel, krysser under Gamlevegen (Fv 361) og renner forbi planområdet i et godt definert elveløp med bratte løsmasseskråninger. Rett nedstrøms Trodalen boligfelt krysses Søre Bryhnsåa av Kongsvegen (Fv 312). Ikke langt nedstrøms krysser E6 Søre Bryhnsåa. På nedstrøms side av E6 renner Søre Bryhnsåa ut i Gudbrandsdalslågen. Ved Trodalen byggefelt er skråningen ned til Søre Bryhnsåa bratt, med en helning på ca. 1:1,25-1:1,5. Skråningen er også høy, med en høyde på inntil ca. 12 m. Figur 1 viser en oversikt over området rundt Trodalen boligfelt, med omtrentlig avgrensing for Trodalen boligfelt markert med rød linje. Figur 2 viser en oversikt over utbyggingsområdet. De seks boligene som er innringet i blått i Figur 2 er senere valgt å flytte lenger bort fra Søre Bryhnsåa.

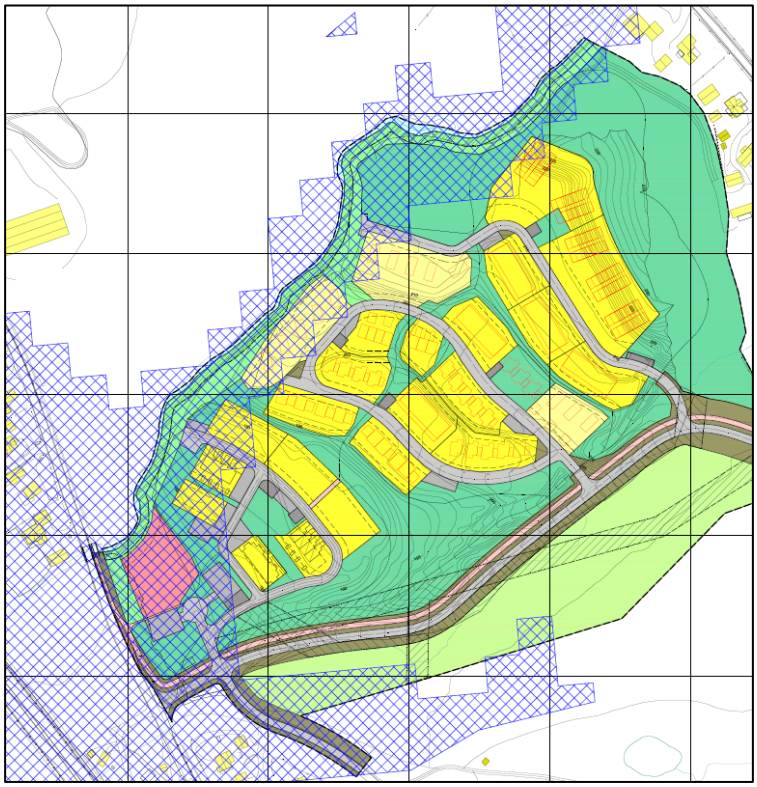


Figur 1: Oversikt området rundt Trodalen boligfelt



Figur 2: Oversikt utbyggingsområdet Trodalen. Innringede boliger flyttes lenger vekk fra elva.

Utbyggingsområdet ligger delvis innenfor aktsomhetsområde for flom (se Figur 3 hvor aktsomhetssone flom er markert med blå skravur). Aktsomhetssonene baserer seg på en grovkartlegging av områder som potensielt kan være utsatt for flom. Den grove kartoppløsningen og konservative metodikken som er benyttet for generering av aktsomhetssonene gjør at det ofte er behov for mer detaljerte beregninger for å vurdere konsekvensene ved flom for spesifikke områder. Det er derfor behov for å gjøre en vannlinjeberegning for Søre Bryhnsåa ved Trodalen boligfelt.



Figur 3: Reguleringsplan for Trodalen med aktsomhetssone flom

I henhold til TEK 17 er boliger plassert i sikkerhetsklasse F2, noe som innebærer at de skal sikres mot en flom med gjentaksintervall 200 år.

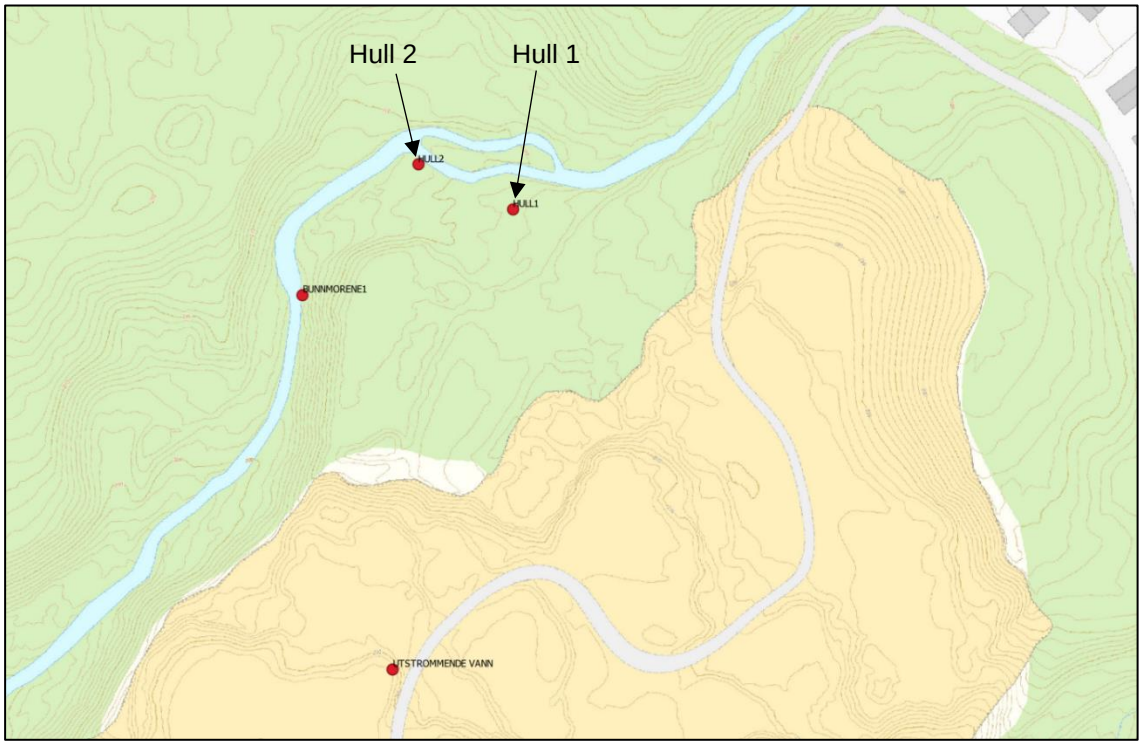
2 Forutsetninger

Norconsult har utført en flomberegning for Søre Bryhnsåa, som utgjør den største utfordringen med flom for Trodalen boligfelt. Beregningen gir et estimat for kulminasjon av 200-årsflom på ca. 35 m^3/s. Det bør i tillegg dimensjoneres for forventede klimaendringer. For felt som Søre Bryhnsåa er det forventet at klimaendringer vil medføre en økning i flomstørrelser på minst 20 % innen år 2100. Norconsult har foreløpig valgt å dimensjonere ut fra et klimapåslag på 40 %, noe som gir en dimensjonerende vannføring lik 50 m^3/s.

Søre Bryhnsåa er masseførende i flomsituasjoner, hvilket medfører at elveløpet kan endre seg vesentlig under flom på grunn av sedimentering. Ved planområdet er det tykke løsmasseavsetninger slik at Søre Bryhnsåa potensielt kan erodere i elveløpet. Ved beregning av flomvannstander er det forutsatt at terrenget ikke endrer seg, da det er tilnærmet umulig å forutsi med sikkerhet omfanget av erosjon og sedimentering ved flom.

Nye veibruer skal i henhold til Statens vegvesen sin håndbok N400 dimensjoneres for 200-årsflom. Det skal være et fribord på minimum 0,5 m fra dimensjonerende flomvannstand til underkant brudekke [1].

Den 4. juni 2018 ble det gjennomført prøvegraving for å finne ut hva løsmassene i elveskråningen ved Søre Bryhnsåa består av. De to gravepunktene ligger vest for de øverste planlagte boligene i Trodalen boligfelt, og er vist i Figur 4.



Figur 4: Beliggenhet punkter for prøvegraving

Prøvegravingen ble utført til dybde 3-3,5 m under dagens terreng, og viser at massene inneholder en god del blokk, men også finmasse. Massen er hard og godt komprimert, og er vurdert til å gi betydelig erosjonsmotstand. Norconsult er likevel av den oppfatning at massene ikke inneholder nok stor stein til å forhindre erosjon ved stor flom. Ved hull 1 er massene tydelig lagdelt med et lag med blandet masse på toppen (antageligvis avsatt av Søre Bryhnsåa), et finkornig mellomlag av lys silt og fin sand og et lag i bunnen bestående sand og grus (se Figur 5). Ved hull 2 var det ingen klar lagdeling som i hull 1. Ved begge hullene var det ingen tegn til vanninnstrømning.

Figur 5: Prøvegraving hull 1

Alle høyder i rapporten er i høydegrunnlag NN2000 der ikke annet er nevnt.

Ved angivelse av venstre eller høyre side for vassdrag er det forutsatt at man ser nedover vassdraget i strømningsretningen.

3 Vurdering dagens situasjon

3.1 Bruer

3.1.1 Bru Gamlevegen Fv 361

Gamlevegen (Fv 361) krysser Søre Bryhnsåa omtrentlig 200 m oppstrøms for Trodalen boligfelt. Dagens bru Gamlevegen er en gammel hvelvbru av stein (Figur 6). I bunnen er lysåpningens bredde omtrentlig 3,6 m, mens høyden på det største er omtrentlig 2,0 m.

Figur 6: Dagens bru Gamlevegen sett fra oppstrøms side under vårflommen mai 2018

Kapasiteten til dagens bru Gamlevegen er beregnet ved programmet HY-8. Beregningene viser at ved en vannføring på omtrentlig 17,5 m^3/s går brua full, og at veien overtoppes ved en vannføring på omtrentlig 19 m^3/s. Brua har følgelig alt for lav kapasitet til å avlede en 200-årsflom. Ved overtopping vil vann renne på veien, i begge kjøreretninger. Mye av vannet vil sannsynligvis renne til Trodalsbekken.

3.1.2 Bru Kongsvegen Fv 312

Kongsvegen (Fv 312) krysser Søre Bryhnsåa omtrentlig 75 m nedstrøms Trodalen boligfelt. Dagens bru Kongsvegen har lysåpning omtrent lik 4,5 x 3,2 m (bredde x høyde). Ved innløpet ligger elvebunnen på omtrentlig kote 177,8, mens utløpet ligger på omtrentlig kote 177,4. Figur 7 viser bru Kongsvegen under vårflommen mai 2018.

Figur 7: Bru Kongsvegen sett fra oppstrøms side under vårflommen mai 2018

Kapasiteten til dagens bru Kongsvegen er beregnet ved programmet HY-8. Beregningene viser at ved en vannføring på omtrentlig 38 m^3/s går brua full (vannstand ved innløp beregnet til kote 181,0), og at veien overtoppes ved en vannføring på omtrentlig 44 m^3/s (topp vei ligger omtrent på kote 181,4). Bru Kongsvegen har dermed ikke kapasitet til å avlede en 200-årsflom inklusive 40 % klimapåslag. Brua gir en oppstuvning oppstrøms i 200-årsflom, noe som gjør det mer sannsynlig med masseavsetning på oppstrøms side. En overtopping av bru Kongsvegen vil ikke medføre at boliger i Trodalen boligfelt blir berørt av flom.

3.2 Modellering dagens situasjon Søre Bryhnsåa

Det er gjort en modellering av hvilke områder som blir påvirket ved 200-årsflom inklusive 40 % klimapåslag (vannføring 50 m^3/s) i Søre Bryhnsåa. Modelleringen er gjort i programmet Hec-Ras 5.0.4. Det er gjort en 2-dimensjonal, dynamisk beregning for Søre Bryhnsåa fra omtrent 300 m oppstrøms Gamlevegen og ned til E6. Hec-Ras benytter en digital terrengmodell, og for å lage denne modellen er det brukt laserdata. Laserdataene stammer fra en scanning utført i 2014, og skal ha tetthet på ca. 5 punkter pr m^2. Det er filtrert ut punkter som er klassifisert som annet enn terreng. For friksjonen på terrenget er manningstallet satt lik 20 (n=1/M=0,05) for hele beregningsområdet. I beregningsområdet benytter modellen et beregningsmesh på 1,5 x 1,5 m. Tidssteget på beregningen er satt lik 0,1 sekunder, noe som gir et courantnummer på omtrent 0,6 i områdene med høyest vannhastighet (hastighet 8-9 m/s). Courantnummeret sier noe om forholdet mellom cellestørrelse og maksimal vannhastighet, og det er anbefalt at courantnummeret bør være lik 1,0 eller lavere for å få riktig vannstand.

Resultatet fra beregningen viser at deler av 200-årsflommen i Søre Bryhnsåa vil gå ut av elveløpet omtrent 200 m oppstrøms Gamlevegen (se Figur 8). Deler av 200-årsflommen vil slå ut på venstre av elva, renne ut på et jorde og videre ned til Gamlevegen. Derfra vil vannet følge Gamlevegen sørover til det kommer til Trodalsbekken, som vannet deretter vil følge ned til Kongsvegen. Trodalsbekken går i ytterkanten av Trodalen boligfelt. Bekkeløpet til Trodalsbekken dimensjoneres for å avlede en vannføring på 3 m^3/s, og vil dermed ikke kunne avlede så store vannføringer som det kan komme fra Søre Bryhnsåa.

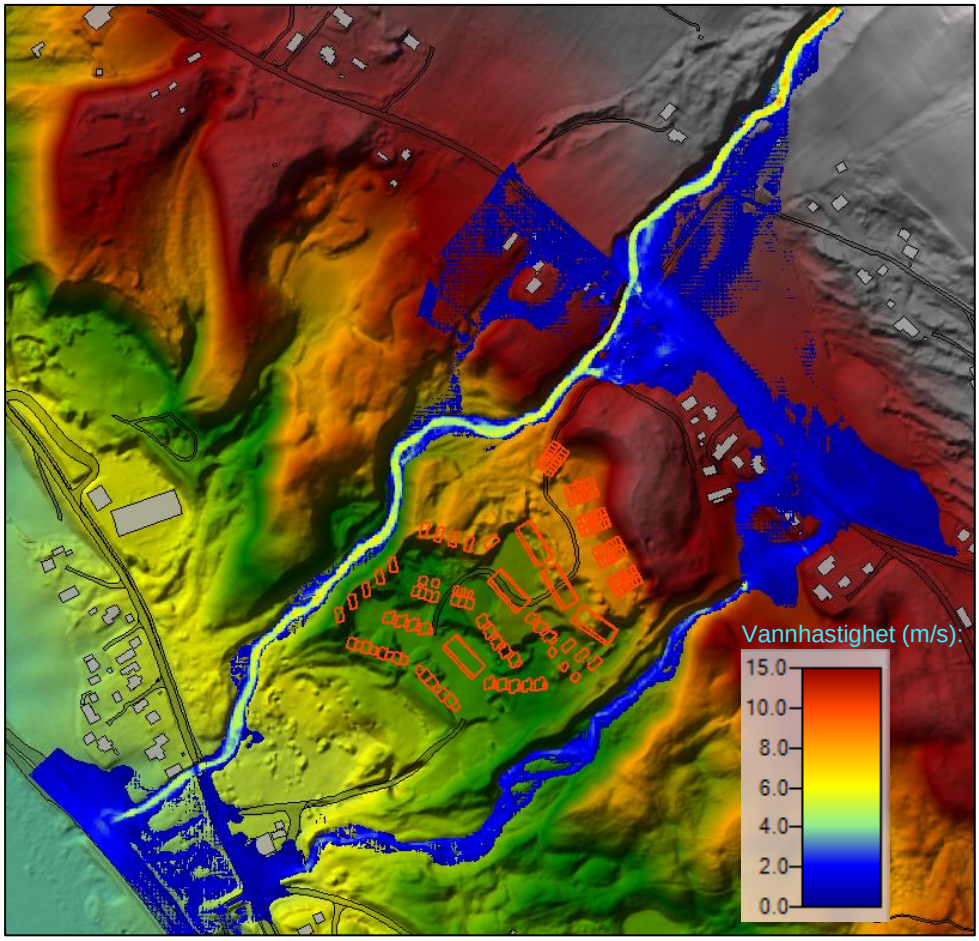
I modellen for dagens situasjon overtoppes Gamlevegen, noe som samsvarer med resultatet fra beregningen i HY-8 (se kapittel 3.1.1). I følge modellen vil vann renne i begge kjøreretninger på Gamlevegen. Mye av vannet finner veien tilbake til Søre Bryhnsåa, og nede ved Trodalen byggefelt

viser modellen at vannføringen er ca. 43 m^3/s. I Trodalsbekken er vannføringen beregnet til ca. 6,5 m^3/s.

Trodalsbekken føres til Søre Bryhnsåa gjennom en lang stikkrenne, med dimensjon 600 mm, på oppstrøms side av Kongsvegen. Stikkrenna ligger under den nedre delen av reguleringsområdet for Trodalen boligfelt som er regulert for barnehage. På grunn av stikkrenna kan ikke Trodalsbekken ta ekstra vannføring fra Søre Bryhnsåa. Stikkrenna for Trodalsbekken er estimert ut fra nomogram for innløpskontrollerte stikkrenner til å gå full ved ca. 0,45 m^3/s. Med tanke på at stikkrenna er forholdsvis lang, og at utløpet i Søre Bryhnsåa blir dykket ved en 200-årsflom, er 0,45 m^3/s et optimistisk estimat for kapasiteten til stikkrenna. Stikkrenna for Trodalsbekken er ikke lagt inn i modellen for dagens situasjon. På grunn av den lave kapasiteten stikkrenna har, spiller det liten rolle for resultatet om den er med i modellen eller ikke. Det er også sannsynlig at stikkrenna går mer eller mindre tett i flomsituasjoner.

Beregningen for dagens situasjon er ikke egnet til å se på nødvendige tiltak i Søre Bryhnsåa nedstrøms Gamlevegen, i og med at deler av vannføringen renner ut av Søre Bryhnsåa ved Gamlevegen. Av den grunn er det gjort en modellering av Søre Bryhnsåa nedstrøms Gamlevegen med 50 m^3/s i vannføring (se kapittel 3.3). Dette vil være situasjonen etter at bru Gamlevegen eventuelt utbedres.

Planlagte nye boliger i byggetrinn 2 og 3 i Trodalen boligfelt, er markert med rødt omriss i Figur 8. De seks boligene som ligger nærmest Søre Bryhnsåa i Figur 8, er senere blitt flyttet lenger bort fra elva.

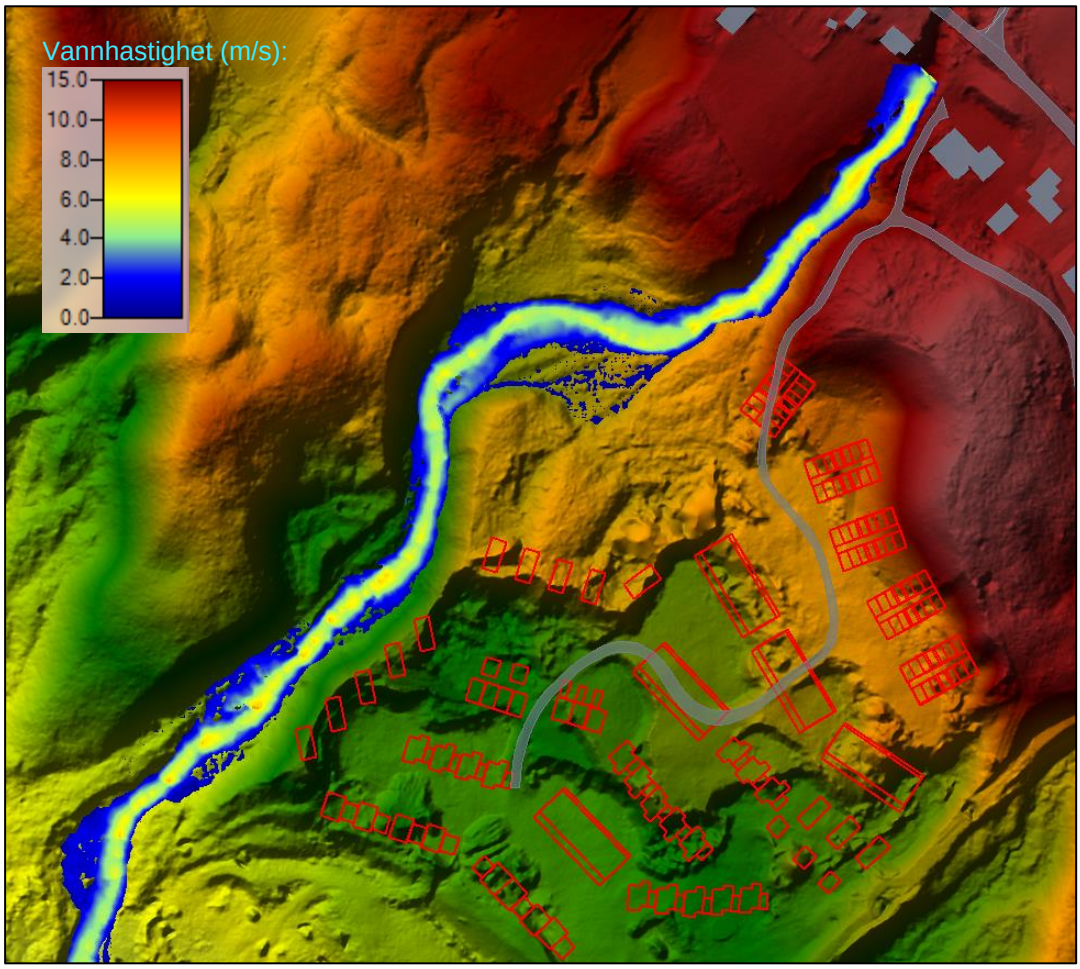


Figur 8: Hastighet og utbredelse 200-årsflom inklusive 40 % klimapåslag (Q=50 m^3/s). Flomutbredelse nedstrøms Kongsvegen er det senere gjort en egen beregning for.

Det ble opprinnelig gjort en modellering der bru E6 ikke var lagt inn, slik at man fikk overtopping av E6. Denne modellen ga en flomutbredelse som vist i Figur 8. Det ble vurdert til å være stort nok fall mellom Kongsvegen og E6 til at flomutbredelsen ved Trodalen boligfelt blir korrekt uten at bru E6 ble modellert riktig.

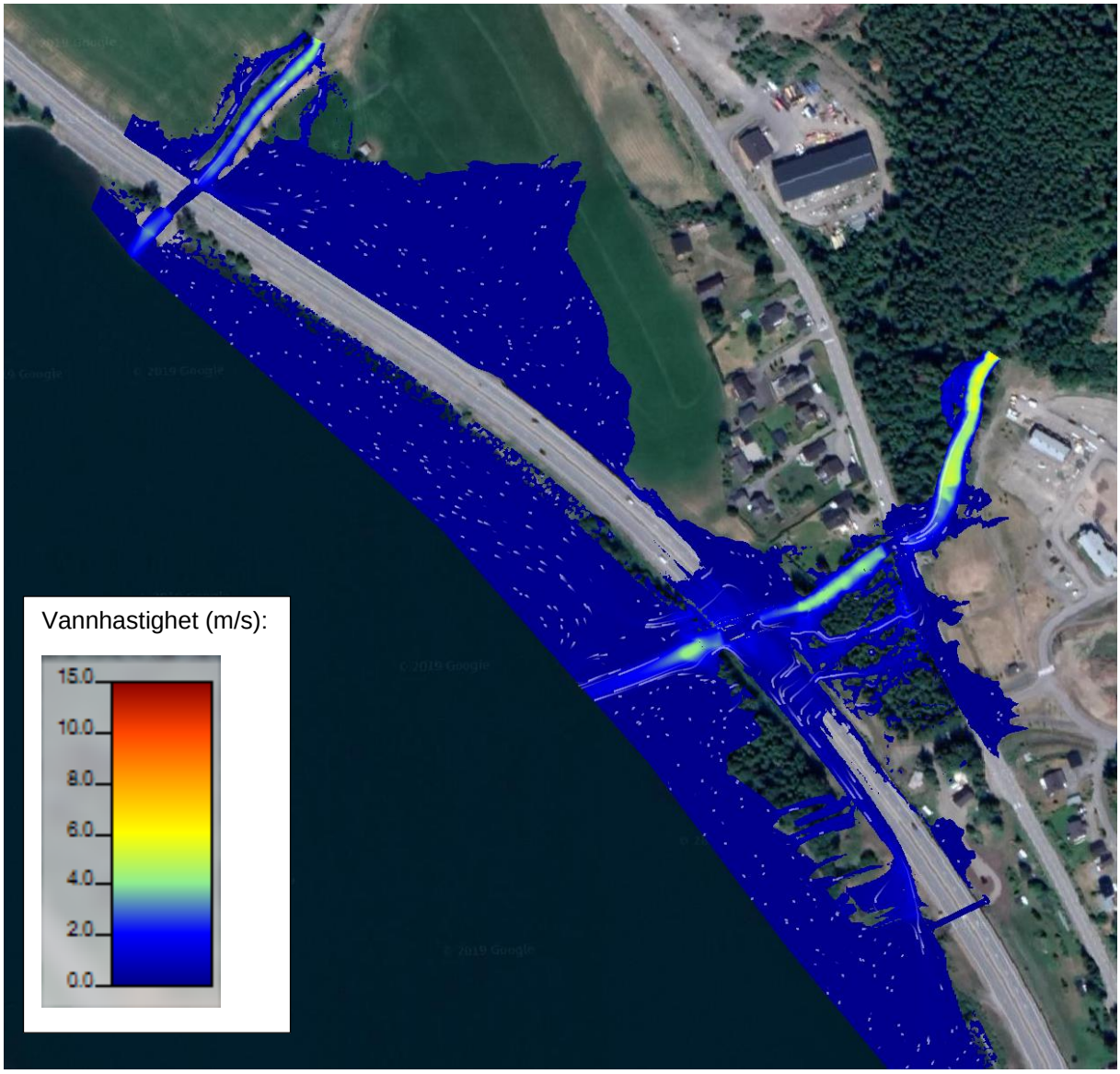
3.3 Modellering med 50 m³/s i Søre Bryhnsåa nedstrøms Gamlevegen

Det er også gjort en vannlinjeberegning for Søre Bryhnsåa kun nedstrøms Gamlevegen. Det vil si at det ikke er regnet med at noe vann renner ut av elveløpet ved bru Gamlevegen, slik som beregningen for dagens situasjon viser. Beregningen viser dermed hvordan situasjonen vil være nedstrøms Gamlevegen dersom bru Gamlevegen utbedres. Det er derfor regnet med at vannføringen er 50 m³/s i Søre Bryhnsåa nedstrøms bru Gamlevegen. Denne modellen benyttes for vurdering av behov for flomsikring forbi Trodalen boligfelt. Siden elveløpet forbi Trodalen boligfelt er bratt og trangt gir den økte vannstanden i modellen, sammenlignet med modelleringen av dagens situasjon, liten endring i utbredelse av flomsonen. Modelleringen viser imidlertid at vann vil slå ut av elveløpet rett vest for de øverste av de planlagte bygningene i Trodalen byggefelt, selv uten at det avsettes løsmasser her (se Figur 9). Det er imidlertid ikke mye vann som renner ut her, og vannet renner ifølge modelleringen tilbake til Søre Bryhnsåa. Beregningen viser tydelig at det er fare for at Søre Bryhnsåa tar et nytt løp dersom det avsettes mye masser i elveløpet.



Figur 9: Vannlinjeberegning med 50 m³/s nedstrøms bru Gamlevegen

Resultatet av beregningen av flomsone ved 200-årsflom med klimapåslag mellom Kongsvegen og Lågen er vist i Figur 10. I beregningen er nedstrøms grensebetingelse satt lik vannstand ved middelflom i Lågen.



Figur 10: Utbredelse flomsone og strømningsretninger med vannhastigheter for beregningsområdet fra Kongsvegen og ned til Lågen

3.4 Utfordringer

Beregninger og erfaringer fra tidligere flomtilfeller i lignede vassdrag i området har identifisert noen utfordringer for flomsikring av Trodalen boligfelt og fylkesveiene over Søre Bryhnsåa.

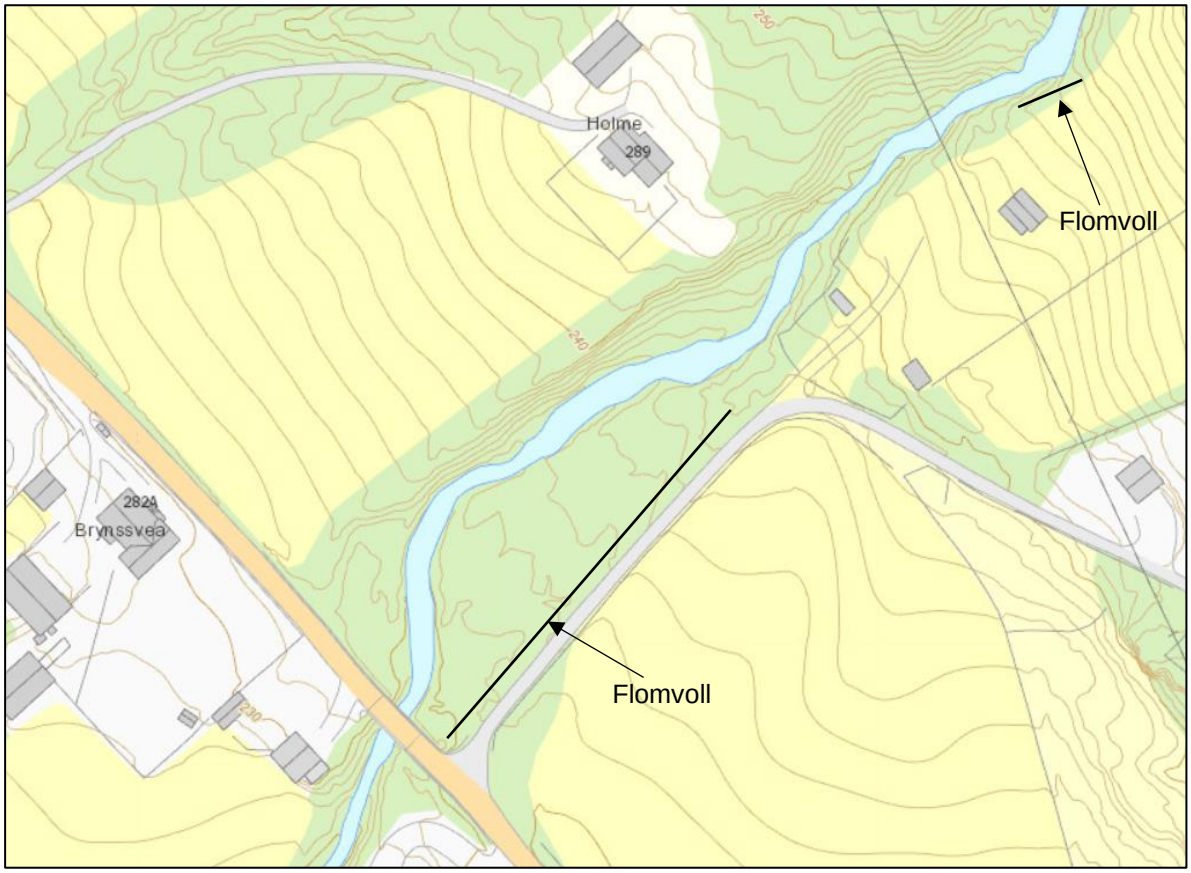
- Elveskråningen mot Trodalen boligfelt er bratt, og det vil sannsynligvis bli erosjon i skråningen ved stor flom.
- Det er stor massetransport i elva under flom. Dette kan føre til avsetning i flate områder, som igjen kan føre til at elva bygger seg opp og kan renne ut av elveleiet. Dette gjelder oppstrøms både bru Gamlevegen og Kongsvegen, samt et flatere parti av Søre Bryhnsåa rett vest for de nordligste av planlagte bygninger Trodalen boligfelt.

- Bru Gamlevegen har alt for lav kapasitet. Når brua overtoppes vil vann renne opp på veien, og en del av vannet, omtrentlig 6-7 m^3/s, vil ende opp i Trodalsbekken. Trodalsbekken går lukket i nedre del av planområdet i en stikkrenne med alt for lav kapasitet. Dersom vann fra Søre Bryhnsåa kommer hit vil den nedre delen av planområdet, som er regulert til barnehage, bli oversvømt.
- Tilstopping av bruer med drivgods (f.eks. trær) i flom.

4 Sikringstiltak

4.1 Flomvoller oppstrøms bru Gamlevegen

Søre Bryhnsåa er masseførende, og oppstrøms bru Gamlevegen har Søre Bryhnsåa et forholdsvis flatt parti, med helning ca. 5 % over 100 m. På dette området oppstrøms Gamlebrua avsettes det masser. Det er viktig å sikre at Søre Bryhnsåa ikke går ut av løpet sitt i dette området. Det må derfor etableres en flomvoll langs gårdsveien fra Gamlevegen og videre oppstrøms på venstre side. En voll med høyde omtrentlig 1 m over dagens terrengnivå vil antageligvis være tilstrekkelig. Lengden på flomvollen vil i tilfelle bli omtrentlig 90 m. Videre oppstrøms er det et punkt hvor vannlinjeberegningen viser at vann vil slå ut av elveløpet. Det bør her etableres en flomvoll (markert med svart linje i Figur 11). Lengden på vollen blir omtrentlig 20 m. Elvebredden ved den øverste flomvollen må sikres mot erosjon. Det er bratt her slik at vannhastigheten blir stor, og det er i yttersving hvor påkjenningen blir størst.



Figur 11: Beliggenhet for flomvoller oppstrøms Gamlevegen

Flomvollen bør ha helning 1:2 mot elva, mens helningen mot veien kan være 1:1,5. Topp flomvoll er antatt 2 m bred. Det vil være vanskelig å bygge flomvollen noe smalere enn 2 m på toppen.

Flomvollen starter på kote 237,0 i oppstrøms ende og avsluttes på kote 231,0. For videre beskrivelse av utforming flomvoll vises det til kapittel 4.3.

4.2 Bru Gamlevegen

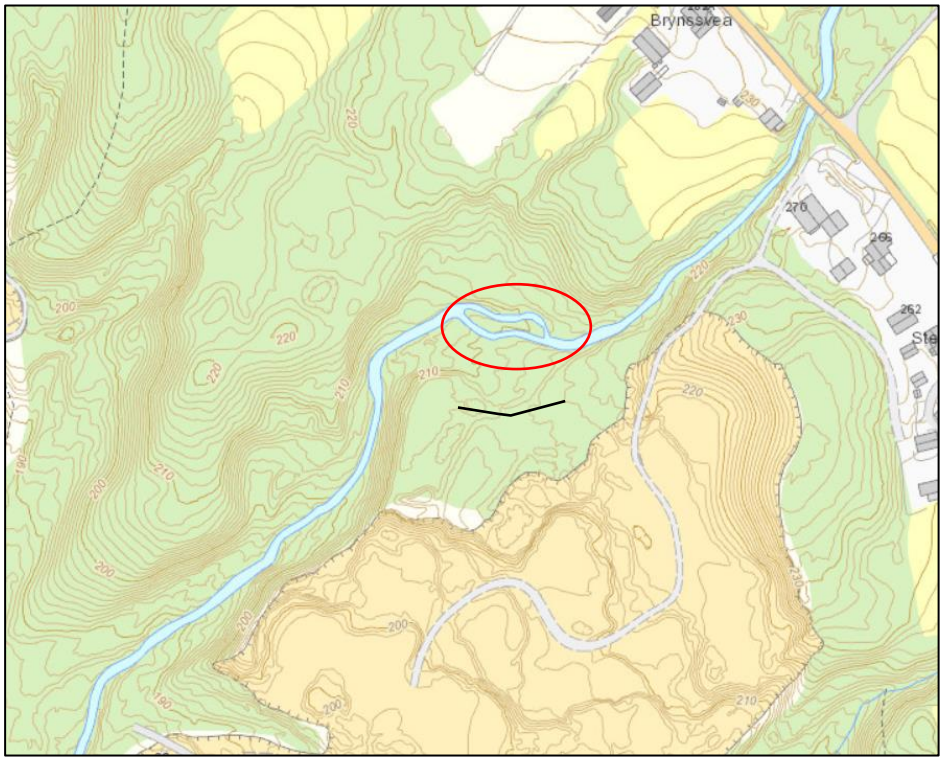
For bru Gamlevegen er det gjort beregninger i programmet HY-8 for å estimere nødvendig lysåpning ny bru. Beregningene viser at for å avlede en 200-årsflom er det nødvendig med en lysåpning på ca. 9 x 2,9 m (bredde x høyde). Dette er tilstrekkelig til å avlede 200-årsflom med 40 % klimapåslag, samtidig som at et fribord på 0,5 m opprettholdes. Det er usikkert hvor tykt et brudekke med 9 m langt spenn må være, men uansett innebærer 2,6 m høyde at bunnen i Søre Bryhnsåa må senkes noe (antageligvis omtrentlig 0,5 m). I og med at Søre Bryhnsåa er såpass bratt bør det ikke være et alt for stort inngrep å senke elva, da det blir kun lokalt rundt brua at det må gjøres tiltak.

Dersom det velges å dimensjonere for et klimapåslag på 20 % vil nødvendig dimensjon for lysåpning bru reduseres til 7,7 x 2,9 m (bredde x høyde).

Det er også vurdert om det er en mulighet å beholde dagens bru, og supplere med et stort rør på siden. Beregningen i HY-8 viste at selv med en nytt rør av størrelse Ø3000, så vil veien overtoppes ved en vannføring på omtrentlig 43 m^3/s. Dette er en vannføring som tilsvarer omtrentlig 200-årsflom med et klimapåslag på 20 %. Et så stort rør vil ha bunnen lavere enn bunnen til eksisterende bru. Det medfører at enten så må vannføringen til vanlig gå gjennom nytt rør, slik at eksisterende bru blir et reserveløp for flom, eller så må det etableres en terskel foran røret som regulerer når vann renner inn i røret. En slik terskel kan imidlertid begrense kapasiteten til vannføringen gjennom røret. Dersom det i stedet for et rør legges en rektangulær plasstøpt betongkulvert vil den være av en slik størrelse at man da ender opp med to bruer. Det vil sannsynligvis være en bedre løsning å ha en ny lengre bru som erstatter den eksisterende.

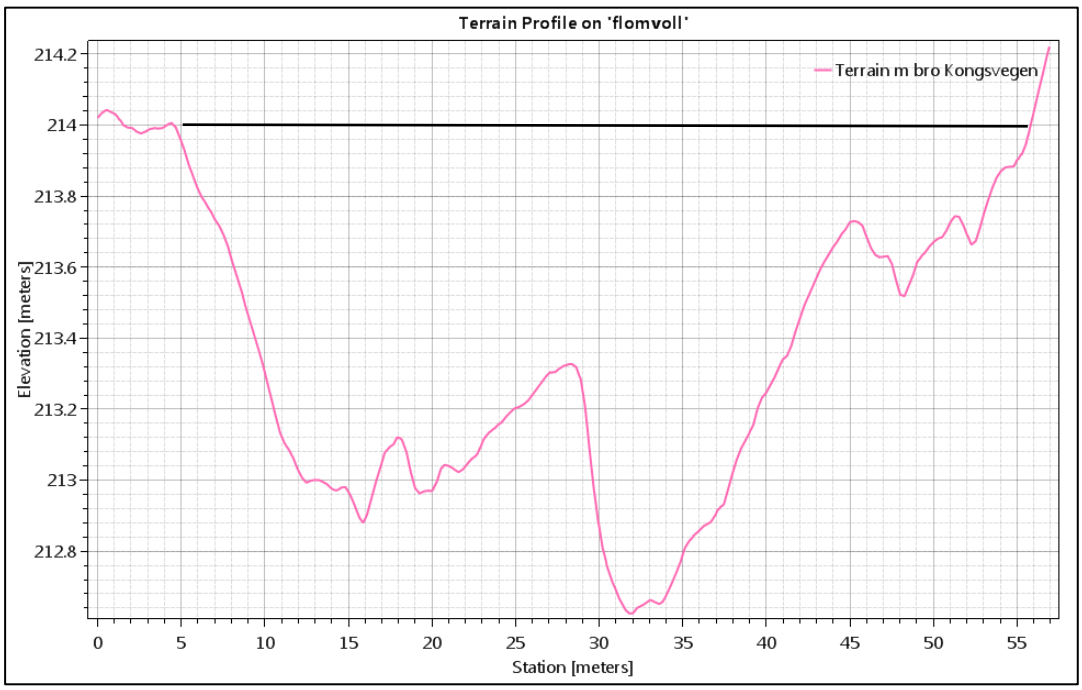
4.3 Flomvoll ved Trodalen boligfelt

Rett vest for de nordligste av de planlagte bygningene til Trodalen boligfelt har Søre Bryhnsåa et flatere parti. Her ligger det i dag en ør av stein og grus i elva, som viser at det avsettes masser her. Området er markert i Figur 12. På det minste er forskjellen mellom sadelpunktet for terrenget på venstre side og elvebunnen ca. 3 meter her. Norconsult er derfor av den oppfatning at dersom det avsettes mye løsmasser i dette flate området, så er det fare for at Søre Bryhnsåa kan endre løp og renne rett gjennom Trodalen boligfelt. For å redusere risikoen for at dette kan skje mener vi at det bør etableres en flomvoll på venstre side av Søre Bryhnsåa. Omtrentlig plassering for en slik flomvoll er markert med en svart linje i Figur 12.



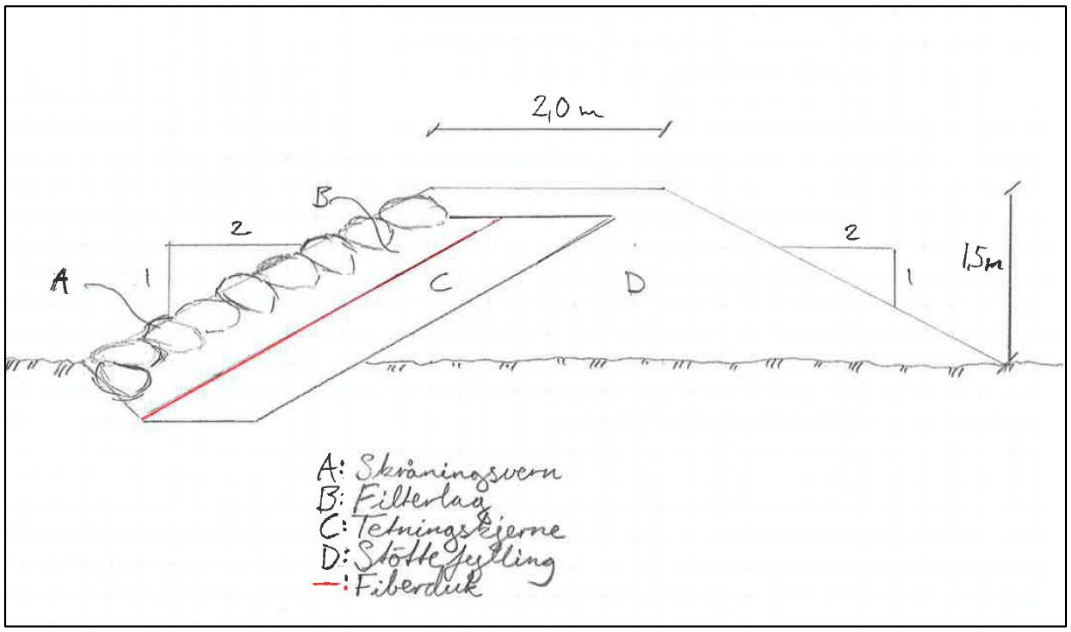
Figur 12: Flatt område i Søre Bryhnsåa med fare for masseavsetning

Lengden til en flomvoll som markert i Figur 12 vil være omtrentlig 55 m. Det er vurdert at topp flomvoll bør ligge på ca. kote 214, som tilsvarer terrengnivå på høydedraget som vollen avsluttes mot. Det innebærer at vollen får en høyde på inntil ca. 1,5 m. Figur 13 viser terrenglinje der flomvollen foreløpig er planlagt plassert, med topp flomvoll på kote 214 markert med svart linje.



Figur 13: Terrenglinje ved planlagt plassering av flomvoll

Flomvollen bør utformes med en kjerne av tett morene eller annet materiale med mye finstoff. Flommene i Søre Bryhnsåa har kort varighet, slik at tettesonen trenger antageligvis ikke å være mer enn 0,5 m bred. På siden mot elva bør det være et skråningsvern, som tåler påkjenningene fra Søre Bryhnsåa i flom. Figur 14 viser en prinsippskisse for utforming av flomvoll ved Søre Bryhnsåa.



Figur 14: Prinsippskisse utforming flomvoll

Øyer kommune må sørge for at masser som avlagres på det flate partiet av Søre Bryhnsåa rett nord for flomvollen fjernes fortløpende. Dette for å hindre oppbygging av elvebunnen over tid.

4.4 Tiltak mot erosjon i Søre Bryhnsåa langs Trodalen boligfelt

Det er vurdert at det er sannsynlig med erosjon i løsmassene langs Søre Bryhnsåa. Grunnet naturverdier er det uaktuelt med omfattende sikringstiltak som plastring i skråningen ned mot Søre Bryhnsåa. Det betyr at det er sannsynlig at det i fremtiden vil forekomme erosjon i skråningen ned mot Søre Bryhnsåa i store flommer. For at erosjonen ikke skal ha noen konsekvens for bebyggelsen i Trodalen er det valgt å flytte de seks boligene som opprinnelig var tenkt plassert nærmest Søre Bryhnsåa. Slik som planen for Trodalen boligfelt er nå vil den nærmest boligen ligge ca. 23 m fra toppen av elveskråningen. Dette er innenfor kravet i TEK17. Norconsult vurderer også denne avstanden som å være tilstrekkelig.

4.5 Masseavlagringsbasseng oppstrøms bru Kongsvegen

Det er forholdsvis lite plass tilgjengelig oppstrøms Kongsvegen, og dette begrenser hvor stort et masseavlagringsbasseng kan være. I Figur 15 er arealet som vi mener er mest aktuelt å benytte for etablering av et masseavlagringsbasseng markert. Arealet til dette området er omtrentlig 2000 m^2. Det anbefales at de forholdsvis flate områdene på nord- og sørsiden av Søre Bryhnsåa senkes ned til kote 178,5, som er omtrentlig 0,5 m over elvebunnen i innløpet under bru Kongsvegen. Terrenget her ligger i dag på mellom kote 180-182. Mot Kongsvegen må det etter utgraving antageligvis etableres en tørrmur med lengde omtrentlig 20 meter. Det antas også at området som graves ut må dekkes til med sprengstein for å hindre erosjon.

Figur 15: Område for massavlagringsbasseng oppstrøms Kongsvegen

På venstre side av Søre Bryhnsåa bør det lages en flomvoll, evt. kan terrenget heves. Topp flomvoll, evt. terreng, bør heves minimum til kote 182, som er 0,5 m over nivået til topp bru Kongsvegen.

Det vil være et mulig tiltak å øke strømningsarealet for bru Kongsvegen. Slik det er i dag skaper brua oppstuvning, slik at vannhastigheten synker oppstrøms. Dette medfører at det er økt sannsynlighet for at stein avsettes oppstrøms. Dersom strømningsarealet gjennom brua økes kan vannet holde høyere hastighet gjennom brua, slik at massene avsettes først på nedstrøms side når helningen til elva avtar.

5 Kostnadsestimat sikring

Kostnader er estimert ut fra lignende prosjekter som er prosjektert av Norconsult for Lillehammer kommune. I og med at dette er såpass nært Søre Bryhnsåa bør enhetspriser for sikring være relativt like. I og med at sikringstiltakene ikke er fullt ut detaljert, er kostnadsestimatet å betrakte som et første grovestimat. Norconsult kan ikke holdes ansvarlig dersom de foreslåtte tiltakene ved eventuell ferdigstillelse viser seg å koste mer enn estimatet. Alle priser er oppgitt uten merverdiavgift.

Posten rigg og drift inkluderer kostnad for tilkomst. Det er ikke tatt med kostnader for prosjektering. Det antas imidlertid med erfaring fra lignende prosjekter at kostnaden for prosjektering vil ligge mellom 5-10 % av kostnaden til entreprenør.

5.1 Flomvoll oppstrøms Gamlevegen

De to flomvollene oppstrøms Gamlevegen vil ha lengder på omtrentlig 90 og 20 m. Det er antatt at gjennomsnittlig høyde på vollene vil være omtrentlig 1 m.

Estimert kostnad flomvoller er vist i Tabell 1.

Tabell 1: Kostnadsestimat masseavlagringsbasseng og flomvoller

	Enhet	Mengde	Pris (kr)	Sum (kr)
Skråningsvern	m3	123	1100	135,000
Filterlag	m3	74	300	22,000
Tetningskjerne	m3	123	200	25,000
Støttefylling	m3	330	200	66,000
Graving til angitte nivåer	m3	330	25	8,000
Avretting graveflate	m2	770	10	8,000
Transport ut av anleggsområdet	m3	330	100	33,000
Tørrmur av steinblokker ved øvre flomvoll	m3	84	1300	109,000
Filterlag 20-200 mm (bak tørrmur)	m3	70	300	21,000
Rigg og drift				110,000
Sum				537,000

5.2 Ny bru Gamlevegen

Kostnad for ny bru Gamlevegen er grovt estimert til å ligge mellom 6-8 millioner kr.

5.3 Flomvoll ved Trodalen boligfelt

Flomvollen ved Trodalen boligfelt er estimert å ha en lengde på ca. 55 m. Gjennomsnittlig høyde er vurdert til å være lik omtrent 1 m. Flomvollen vil bestå av ulike fraksjoner. Med utforming som vist i Figur 14, er volumene for skråningsvern, filterlag, tetningskjerne og støttefylling estimert til hhv. ca. 50 m^3, 60 m^3, 60 m^3 og 120 m^3. Estimat flomvoll er vist i Tabell 2.

Tabell 2: Estimert kostnad flomvoll

	Enhet	Mengde	Pris (kr)	Sum (kr)
Skråningsvern	m3	50	1100	55,000
Filterlag	m3	60	300	18,000
Tetningskjerne	m3	60	200	12,000
Støttefylling	m3	120	200	24,000
Graving til angitte nivåer	m3	150	25	4,000
Avretting graveflate	m2	330	10	3,000
Transport ut av anleggsområdet	m3	150	100	15,000
Rigg og drift				30,000
Sum				161,000

5.4 Masseavlagringsbasseng Kongsvegen

Volumet masser som må fjernes ved Kongsvegen er estimert til omtrentlig 3500 m^3. Dette er inkludert masseutskifting for et dekkelag av sikringsstein med filter under. Dekkelaget med sikringsstein er

antatt å ha dybde 0,3 m, med filterlag med tykkelse 0,2 m under. Volumene for sikringslag og filterlag er estimert til hhv. 420 og 280 m^3.

Tørrmuren som må settes opp mot Kongsvegen vil måtte ha en høyde på omtrentlig 3,5 m. Med en lengde på omtrent 30 m er tørrmuren estimert å ha et volum på omtrentlig 100 m^3, gitt utforming som i veileder [2].

Kostnadsestimat for masseavlagringsbasseng Kongsvegen er vist i Tabell 3. Totalt er kostnadene estimert til omtrentlig 1,1 million kr (eks. mva.).

Tabell 3: Kostnadsestimat masseavlagringsbasseng Kongsvegen

	Enhet	Mengde	Pris (kr)	Sum (kr)
Plastring med sprengstein	m3	420	1100	462,000
Utlegging av filtermasser	m3	280	300	84,000
Fiberduk	m2	1500	15	23,000
Graving til angitte nivåer	m3	3500	25	88,000
Avretting graveflate	m2	1500	10	15,000
Tørrmur	m3	180	1300	234,000
Rigg og drift				230,000
Sum				1,136,000

Oppfylling til kote 182 på sørsiden av Søre Bryhnsåa vil antageligvis kunne skje med masser som graves ut ved de andre sikringstiltakene. Kostnadene for transport ut av anleggsområdet og for oppfylling er derfor utelatt.

Det er tidligere vurdert et mindre masseavlagringsbasseng oppstrøms Kongsvegen. Dette hadde en estimert kostnad på ca. 650 000 kr (eks. mva.). Massebassenget som det nå er estimert kostnader for har størrelse lik det arealet som blir avsatt for massebasseng i reguleringsplanen.

6 Prioritering flomsikringstiltak

De tidligere beskrevne flomsikringstiltakene kan gjennomføres uavhengig av hverandre. Det er derfor gjort en vurdering av hvilke tiltak som bør prioriteres.

Norconsult er av oppfatning at det aller viktigste tiltaket er utvidelse av bru Gamlevegen. Brua har kapasitet på under 20 m^3/s, noe som medfører at den fremtiden vil overtoppes ca. hvert femte år (antatt 40 % økning av flomstørrelser). Dette er estimert ut fra vekstkurven fra ligning for flomstørrelse i små nedbørfelt [3]. Det er vanskelig å forutsi med sikkerhet hvor store skader som en slik situasjon vil medføre, men det er potensiale for betydelige skader på bebyggelse og infrastruktur. Av den grunn bør utvidelse bru Gamlevegen prioriteres.

Flomvoller er et forholdsvis rimelig tiltak. Flomvollene som er foreslått oppstrøms Gamlevegen bør bygges. Flomvollene vil hindre at Søre Bryhnsåa slår ut av elveløpet oppstrøms Gamlebrua. Potensialet for skader dersom vann renner ut her er stor. I verste fall er dette et punkt hvor Søre Bryhnsåa kan skifte løp. Flomvollen ved Trodalen boligfelt bør også bygges. Denne ligger også på et punkt hvor det er fare for at Søre Bryhnsåa kan skifte løp. Hvis Søre Bryhnsåa skifter løp her vil det nye løpet gå rett gjennom Trodalen boligfelt.

Effekten av foreslått masseavlagringsbasseng er vanskelig å forutsi. Det er på grunn av at det er veldig stor usikkerhet knyttet til hvor mye løsmasser som faktisk transporteres i Søre Bryhnsåa i flom. Kostnadene for masseavlagringsbassenget er også forholdsvis høyt, og vi mener derfor at masseavlagringsbassenget bør gis lavest prioritet av flomsikringstiltakene.

7 Kilder

1. Statens vegvesen (2015), Bruprosjektering-Håndbok N400
2. NVE (2009), Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein
3. NVE (2015), Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt