

Oppdragsgiver	Navn Lilly Kari Stee Bergli	Kontaktperson Lilly Kari Stee Bergli
Oppdrag	Nummer og navn 21265 Vestre Slidre, Midtre Syndin - Flomfarevurdering reguleringsplan Hagastølen	Oppdragsleder Ingrid Alne
Dokument	Nummer 21265-01-1 Utført av Ingvild Brekke og Ingrid Alne	Dato 2021-07-15 Kontrollert av Lars Staver Eid

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
1	15.07.2021	IB	LSE	Rapport

Flomfarevurdering

Sammendrag

I forbindelse med reguleringsplan for Hagastølen på gbnr. 7/18 i Vestre Slidre kommune er Skred AS bedt om å utføre en flomfarevurdering. Det renner en bekk gjennom planområdet som ifølge NVE sine aktsomhetskart for flom utgjør en potensiell flomfare. Krav til sikkerhet mot flom gitt av TEK17 §7-2 er lagt til grunn for vurderingene.

Dimensjonerende 200-årsflom i hovedbekken, inkludert et klimapåslag på 40 %, er beregnet til 1,4 m³/s. Dimensjonerende flom i de tre andre områdene som også drenerer mot planområdet er 0,5, 0,5 og 0,7 m³/s. Det er etablert en hydraulisk modell av planområdet med omliggende områder. Modelleringen viser at kapasiteten til stikkrennene er for liten, og at omtrent halvparten av vannføringa vil gå i flomløpet rett vest for Hagastølvegen.

Basert på resultater fra modelleringen og analysene er det tegnet opp faresone for flom for det vurderte området. Faresonen viser hvilke områder som vurderes utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn 1/200 i år 2100, som tilsvarer sikkerhetsklasse F2 i TEK17.

Ny bebyggelse bør i utgangspunktet plasseres utenfor faresonen for flom. Alternativt kan det etableres risikoreduserende tiltak. Som eventuelt risikoreduserende tiltak foreslås det å anlegge en trygg flomvei senket i terrenget gjennom planområdet. I tillegg kan det være aktuelt å tilpasse terrenget rundt planlagte bygg i kombinasjon med grøfter og eventuelt voller, som leder vannet trygt gjennom planområdet og tilbake til bekken eller flomløpet.

For dagens situasjon vurderes erosjonssikkerheten tilstrekkelig etter kravene i TEK17.

Innhold

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Befaring	5
1.3	Forbehold	5
2	Krav til sikkerhet	6
2.1	Lovverket	6
2.2	Flom	6
2.2.1	Aktuelle krav	7
3	Beskrivelse av området, bekkeløp, konstruksjoner og grunnforhold	8
3.1	Område og elveløp	8
3.2	Konstruksjoner	10
3.3	Grunnforhold	11
4	Flomberegning	12
4.1	Metode	12
4.2	Beskrivelse av nedbørfelt	12
4.3	Beregning med utvalgte metoder	13
4.3.1	Flomformler for små nedbørfelt	13
4.3.2	PQRUT	13
4.3.3	Rasjonale metoden	15
4.4	Klimaframskrivninger	15
4.5	Dimensjonerende vannføring	15
5	Hydraulisk modellering	17
5.1	Metode	17
5.2	Oppsett av modell	17
5.2.1	Modelloppsett	17
5.2.2	Konstruksjoner	18
5.3	Modellert fremtidig 200-årsflom	18
5.4	Sensitivitetsanalyse	19
6	Faresoner for flom	20
7	Vurdering av erosjonssikkerhet	21
8	Risikoreduserende tiltak	22
8.1	Generelt	22
8.2	Etablering av trygg trase for flomvei	23
8.3	Avskjærende grøfter i overkant av utsatte tomter	24
8.4	Sikring av hytter langs bekkeløp	24
8.5	Opprusting av eksisterende veigrøft langs Kjeldeskogvegen	24
9	Konklusjon	25

10 Referanser 26

Figurer

Figur 1: Lokaliseringen til planområdet, ved Midtre Syndin i Vestre Slidre kommune.	5
Figur 2: Oversiktskart over vurdert område og bekkeløp.	8
Figur 3: Dronefoto av området. Bekken er den stiplede blå linja, plasseringen til stikkrennene er de hvite prikkene og de røde pilene markerer flomveiene.	9
Figur 4: Representativt bilde av bekkeløpet.	10
Figur 5: Stikkrenna som leder bekken inn til planområdet.	10
Figur 6: Utsnitt fra NGU sitt løsmasseakrt over området.	11
Figur 7: Feltgrensene til bekken og andre bekker/flomveier som drenerer til planområdet.	13
Figur 8: Resultater fra PQRUT for vurdert nedbørfelt, 200-årsflom.	14
Figur 9: Illustrasjon av terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser og kulverter.	18
Figur 10: Utsnitt av hydraulisk modell for øvre del av planområdet. Det mørkeblå viser områder med minst 3 cm vanddybde, og de hvite strekene viser strømningsmønster.	19
Figur 11: Faresone som viser områder utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn 1/200 i år 2100 (sikkerhetsklasse F2).	20
Figur 12: Skissering av mulige tiltak for å sikre en trygg flomavledning gjennom planområdet. Bakgrunn er utkast til reguleringsplan fremlagt av oppdragsgiver.	23
Figur 13: Eksempel på utforming av flomvei ved normalstrømning.	24

Tabeller

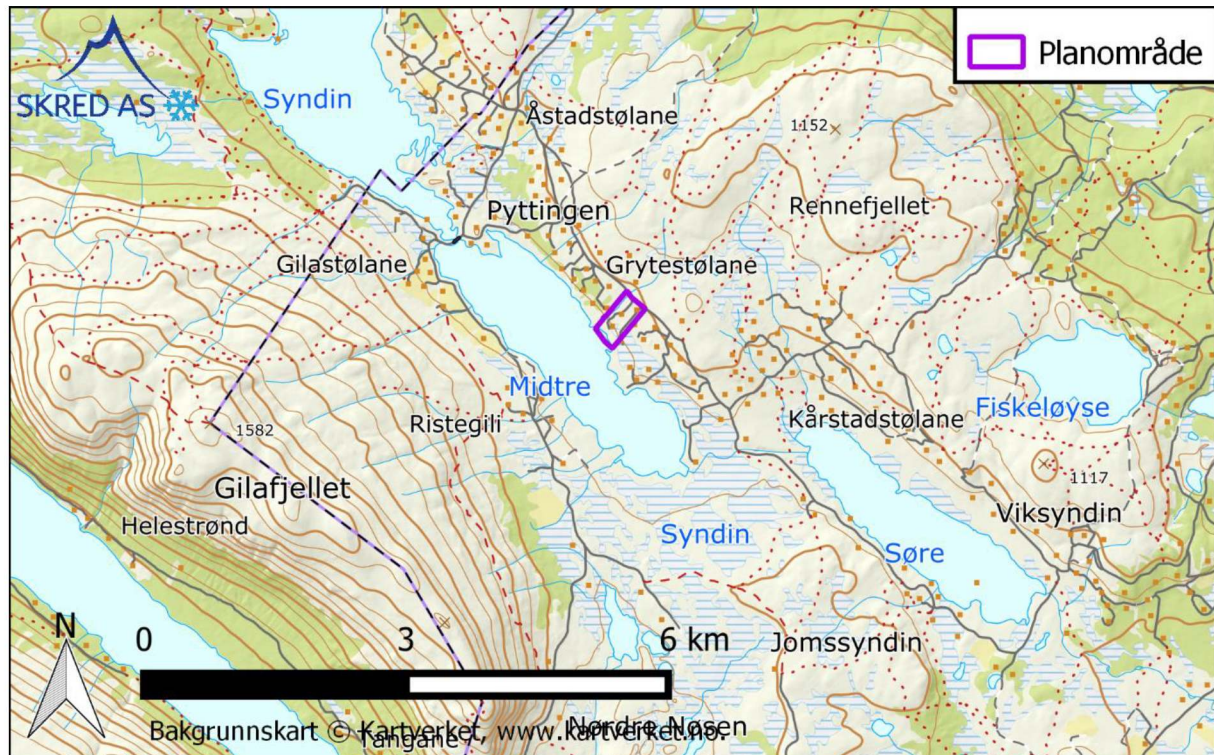
Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2018).	6
Tabell 2: Feltkarakteristika til hovedbekken ved planområdet.	12
Tabell 3: Resultater fra flomformelverket for små nedbørfelt for hovedbekken (kulminasjon).	13
Tabell 4: Resultater fra frekvensanalyse på nedbør.	14
Tabell 5: Benyttede parametere og resultater fra beregninger med den rasjonelle metoden for bekken (kulminasjon).	15
Tabell 6: Dimensjonerende flom (kulminasjon) for hovedbekken.	15
Tabell 7: Dimensjonerende flom for andre bekken/flomveier.	16
Tabell 8: Parametere benyttet i Hec-Ras modell for Hagastølen.	17

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I forbindelse med reguleringsplan for Hagastølen på gbnr. 7/18 i Vestre Slidre kommune er Skred AS bedt om å utføre en flomfarevurdering. Det renner en bekk gjennom planområdet som ifølge NVE sine aktsomhetskart for flom utgjør en potensiell flomfare. Krav til sikkerhet mot flom gitt av TEK17 §7-2 skal legges til grunn for vurderingene.

Lokasjon av planområdet er vist på figur 1.



Figur 1: Lokaliseringen til planområdet, ved Midtre Syndin i Vestre Slidre kommune.

1.2 Befaring

Befaring av området og bekken ble utført 10.06.2021 av Ingvild Brekke (Skred AS). Det var klarvær, bar bakke og generelt gode befaringsforhold. Registreringer ble gjort til fots.

1.3 Forbehold

Flomvurderinger er gjort ut fra terreng og vegetasjon slik det fremsto på vurderingstidspunktet. Hvis terreng eller vegetasjon endres betydelig, kan det ha betydning flomforholdene. Det kan innbefatte fysiske endringer i vassdraget eller endring i klimaframskrivninger. Da anbefales det å utføre en ny vurdering.

Informasjon om tidligere flomhendelser er viktige for vurderingene. Dersom det kommer mer informasjon om tidligere hendelser, bør det tas med i betraktningene.

2 Krav til sikkerhet

2.1 Lovverket

Plan- og bygningsloven § 28-1 stiller krav om tilstrekkelig sikkerhet mot fare for nybygg og tilbygg:

«Grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak.»

2.2 Flom

Byggteknisk forskrift TEK17 § 7-2 definerer krav til sikkerhet mot flom og stormflo for nybygg. Paragrafen gjelder for saktevoksende flommer som normalt ikke medfører fare for menneskeliv. Sannsynligheten i tabell 1 angir største årlige sannsynligheten for flom. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres i henhold til aktuell sikkerhetsklasse. I veilederen til TEK17 gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for flom (DiBK, 2018).

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2018).

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	Liten	1/20
F2	Middels	1/200
F3	Stor	1/1000

Sikkerhetsklasse F1 omfatter byggverk der oversvømmelse har liten konsekvens, både økonomisk og samfunnsmessig. Det innebærer byggverk med lite personopphold som garasjer og lagerbygninger.

Sikkerhetsklasse F2 omfatter tiltak der flom vil føre til middels konsekvenser. Dette innebærer de fleste byggverk beregnet for personopphold som bolighus, hytter, kontorer, skoler og barnehager. Det kan tillates større økonomiske konsekvenser, men kritiske samfunnsfunksjoner skal ikke påvirkes.

Sikkerhetsklasse F3 omfatter tiltak der flom vil føre til store konsekvenser. Sårbar samfunnsfunksjoner og byggverk der oversvømmelse kan påføre omgivelsene stor forurensning ligger innenfor sikkerhetsklassen. Sykehjem, beredskapsfunksjoner, kritisk infrastruktur og avfallsdeponier er nevnt som eksempler.

I paragrafens fjerde ledd er det gitt at byggverk skal plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon. Avstanden til erosjonsutsatt elvekant bør være minst like stor som høyden på elvekanten og ikke under 20 meter. Dersom vassdraget sikres mot erosjon kan avstanden være mindre.

2.2.1 Aktuelle krav

I retningslinjene til TEK17 er det gitt ulike eksempler, beskrevet på forrige side, på hva slags bebyggelse som ligger innenfor de ulike sikkerhetsklassene mot flom. I utgangspunktet virker sikkerhetsklasse F2 aktuelt for planlagt tiltak.

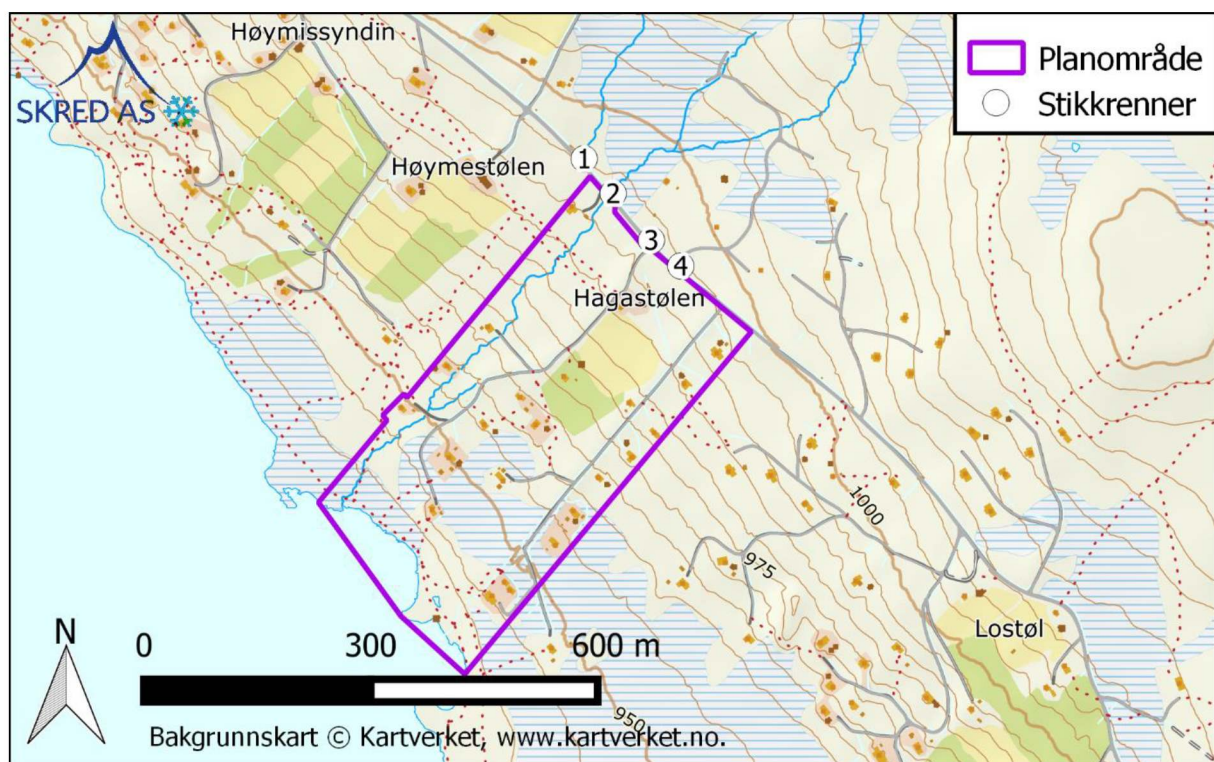
3 Beskrivelse av området, bekkeløp, konstruksjoner og grunnforhold

3.1 Område og elveløp

Bekken renner gjennom en hellende myr frem til en stikkrenne under vegen Midtre Syndin inn i planområdet. Inne i planområdet renner den gjennom bjørke- og vierkratt, og krysses av et par tilkomstveger for hytter. Bekkeløpet er relativt godt definert, og bunnen består av stein i varierende størrelse med kanter av torv.

Det er flere mindre bekker/flomveier i området som også kan lede vann mot planområdet. Den ene er markert på kartet, og treffer vegen Midtre Syndin 60 meter vest for hovedbekken (stikkrenne 1 på Figur 2). De andre er to flomveier som treffer vegen Midtre Syndin rett ved Hagstølsvegen (stikkrenne 3) og ved Losvegen (stikkrenne 4). Ifølge terrengeanalyse, vil disse flomveiene ledes inn på planområdet over et lavbrekk på vegen rett vest for Hagstølsvegen.

Figur 2 viser et oversiktskart over området, Figur 3 viser et dronefoto av øvre del av planområdet og Figur 4 viser et bilde av bekkeløpet.



Figur 2: Oversiktskart over vurdert område og bekkeløp.



Figur 3: Dronefoto av området. Bekken er den stiplede blå linja, plasseringen til stikkrennene er de hvite prikkene og de røde pilene markerer flomveiene.



Figur 4: Representativt bilde av bekkeløpet.

3.2 Konstruksjoner

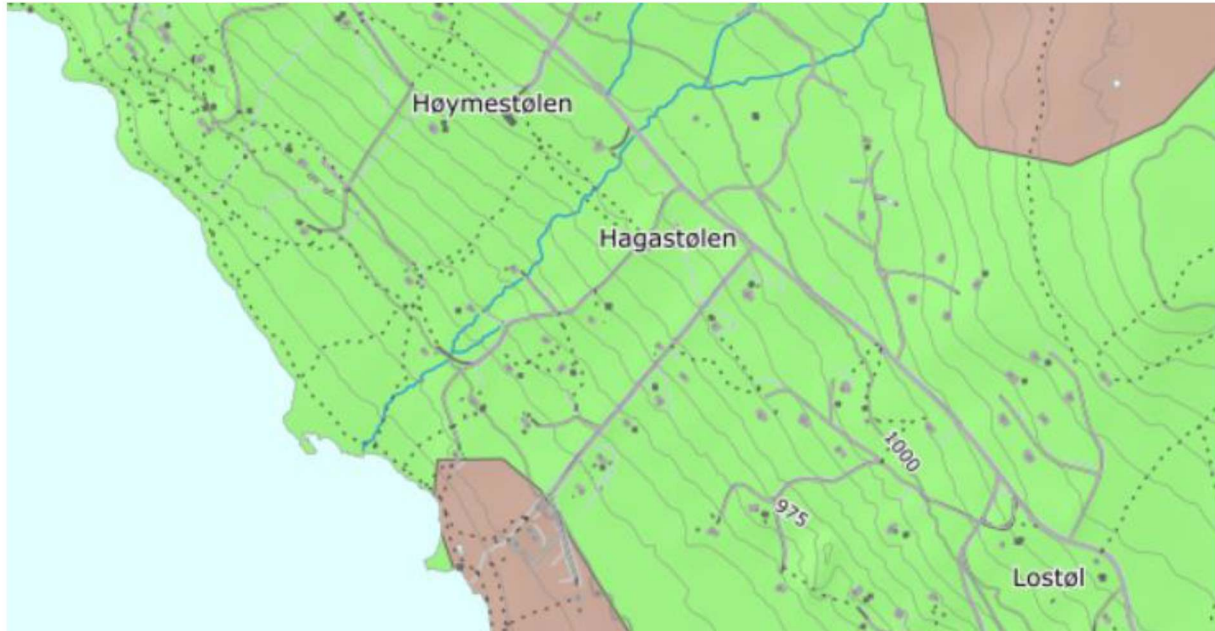
Stikkrenna til bekken under vegen Midtre Syndin har en dimensjon på 0,4 meter. Tilstanden er god. Stikkrenna til bekken vest for planområdet har en dimensjon på 0,3 meter, mens stikkrennene til de to nevnte flomveiene har en dimensjon på 0,4 meter.



Figur 5: Stikkrenna som leder bekken inn til planområdet.

3.3 Grunnforhold

Området består ifølge NGU sitt løsmassekart av tykk morene med noe torv ned mot Midtre Syndin (kartlagt i 1:250 000), se Figur 6. Området ligger over marin grense.



Figur 6: Utsnitt fra NGU sitt løsmassekart over området.

4 Flomberegning

4.1 Metode

Hvilke metoder som bør benyttes ved en flomberegning avhenger av flere forhold. Valg av metode må blant annet gjøres ut fra geografiske- og meteorologiske parametere, om det finnes målestasjoner i vassdraget eller i nærliggende vassdrag, kvalitet og lengde på eventuelle måleserier, samt det aktuelle nedbørfeltets størrelse og feltkarakteristika. Metodene benyttet i flomberegningene er beskrevet under.

Veileder for flomberegninger i små nedbørfelt (NVE, 2015a) og Anbefalte metoder for flomberegninger i små uregulerte felt (NVE, 2015b) er lagt til grunn for flomberegningen.

4.2 Beskrivelse av nedbørfelt

Nedbørfeltet til den vurderte bekken drenerer sørover og består i hovedsak av snaufjell, myr og tynt torvdekke. Det er noen flattere myrpartier som kan gi en liten flomdemping. Generelt er feltet karakterisert som lite og bratt, der en stor andel snaufjell gir en raskere avrenningskarakteristikk. Feltet er ikke påvirket av regulering.

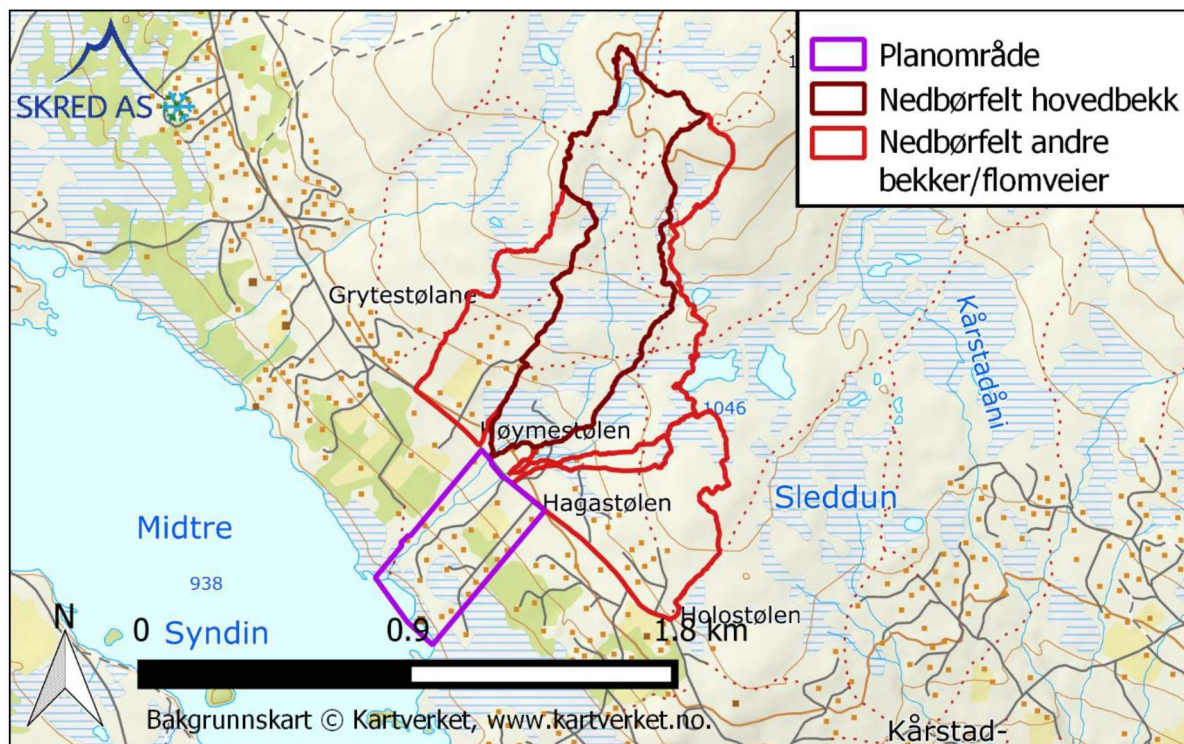
Terrenganalyser viser at den ovenforliggende veien Midtre Syndin i en ekstrem flomsituasjon også vil avlede et større nedbørfelt inn mot planområdet. Delfelt som avledes inn mot planområdet er vist i Figur 7. Enkelte mindre stikkrenner gjennom veien her er ikke hensyntatt, da disse under en ekstrem flom vil ha svært beskjeden effekt.

Feltkarakteristika til bekken er vist i Tabell 2 og feltgrensene til hovedbekk og sidefelt er vist i Figur 7.

Tabell 2: Feltkarakteristika til hovedbekken ved planområdet.

Vassdrag	Feltareal [km ²]	q _N * [l/s*km ²]	Eff. Sjø [%]	Skog [%]	Myr [%]	Snaufjell [%]	Høydeint. [moh]
Hovedbekk	0,4	64	0,17	0	14	52	994 -1125

**fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-90.*



Figur 7: Feltgrensene til bekken og andre bekker/flomveier som og drenerer til planområdet.

4.3 Beregning med utvalgte metoder

4.3.1 Flomformler for små nedbørfelt

I NVE (2015a) presenteres et nasjonalt formelverk for flomberegninger i nedbørfelt der feltareal er mindre enn 50 km². Inngangsparameterne til formelen er feltareal, midlere avrenning og effektiv sjøprosent. Den største usikkerheten i formelverket er estimat av middelflom, og resulterende vekstkurve vurderes som robust. Det betyr at et godt estimat av middelflom vil redusere usikkerheten i beregningene betraktelig.

Det er valgt å benytte en middelavrenning på 23 l/s*km² i flomformelverket fått fra NVE sitt avrenningskart.

Resultatene gitt fra flomformelverket for små nedbørfelt er presentert i Tabell 3. Det er gitt resultater for middelestimat, samt øvre- og nedre konfidensintervall (95%).

Tabell 3: Resultater fra flomformelverket for små nedbørfelt for hovedbekken (kulminasjon).

Estimat	Middelflom		Q ₂₀₀ / Q _M	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
	Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]		
Lav (95 %)	0.1	372		0.4
Middel	0.3	744	2.79	0.8
Høy (95 %)	0.6	1489		1.7

4.3.2 PQRUT

PQRUT er en nedbør-avløpsmodell som er utformet som en lineær karmodell. Modellen er en forenklet versjon av HBV-modellen. I NVE (2015a) er det gitt en beskrivelse av modellen

og hvordan den kan benyttes i små nedbørfelt. Det er flere usikkerhetsmomenter som ligger i bruken av modellen for mindre felt, slik at usikkerheten i resultatene forventes å være stor.

I henhold til anbefalinger i NVE (2015b) benyttes det et dimensjonerende nedbørførløp på 24 timer og et tidsskritt på 1 time. Konsentrasjonstiden til feltet er estimert til ca. 1 time, basert på formel for naturlige felt.

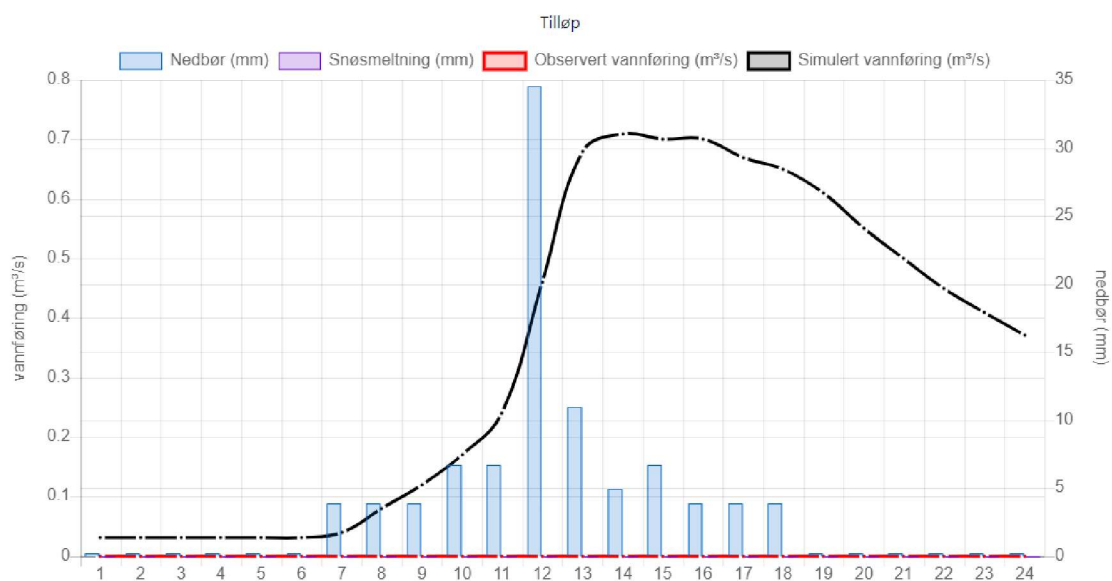
Det ligger en stor grad av usikkerhet i valget av dimensjonerende nedbørverdier og nedbørførløp. Det foreligger ingen nærliggende målestasjoner med oppløsning på 1 time eller finere. Det er derfor valgt å benytte den regionale IVF-kurven fått fra (MET, 2015). Det ligger en nedbørstasjon med døgndata som virker representative 12 km nordvest for planområdet. Det er utført frekvensanalyse på nedbørdataene der resultatene er presentert i Tabell 4. For å justere fra døgnedbør til vilkårlig 24-timers nedbør er det multiplisert med en faktor på 1,13.

Tabell 4: Resultater fra frekvensanalyse på nedbør.

Nedbørstasjon	Måleperiode [år]	Høyde [moh.]	200-årsnedbør [mm]		Metode
			Døgn [mm]	24-timer [mm]	
23720 Vang i Valdres	1903 - 2020	489	85	96	GEV (max)

Fra frekvensanalysen er 96 mm satt som dimensjonerende 24-timers nedbør. For varigheter ned mot 1 time er det skalert mot den regionale IVF-kurven. Det er videre konstruert et 200-års nedbørførløp som er tilnærmet symmetrisk om den mest intensive nedbørperioden. Initialvannføringen i PQRUT er satt til 0,03 m³/s som tilsvarer ca. 3 ganger middelvannføringen.

PQRUT-modellen gir en estimert 200-årsflom på ca. 0,7 m³/s, vist i figur 8.



Figur 8: Resultater fra PQRUT for vurdert nedbørfelt, 200-årsflom.

4.3.3 Rasjonale metoden

Den rasjonale formelen beregner flomvannmengde basert på nedbørstatistikk, feltareal og antatt avrenningskoeffisient. Dimensjonerende nedbør hentes fra relevant IVF-kurve eller nedbørstatistikk, basert på estimert konsentrasjonstid. Det foreligger ulike anbefalinger til hvor store felt formelen bør benyttes til. Anbefalingene varierer mellom 0,2 og 5 km². Generelt bør formelen benyttes forsiktig i naturlige felt og helst benyttes i kombinasjon med andre metoder.

Det ligger stor grad av usikkerhet i valget av dimensjonerende nedbørverdier. Det er valgt å bruke den regionale IVF-kurven for Region 3 fått fra MET (2015). Konsentrasjonstiden til feltene er beregnet ved bruk av formel for naturlig felt gitt i SINTEF (1992).

Avrenningskoeffisient (C-verdi) er satt basert på anbefalinger i aktuelle veiledere og erfaringsdata. Benyttede parametere og resultater fra beregninger med den rasjonelle metoden er vist i Tabell 5.

Tabell 5: Benyttede parametere og resultater fra beregninger med den rasjonelle metoden for bekken (kulminasjon).

Vassdrag	Areal [ha]	Kons. Tid [min]	I200 [l/s*ha]	C-verdi	Q200 [m ³ /s]
Hovedbekk	40	80	44.8	0.5	0,9

4.4 Klimaframskrivninger

I henhold til anbefalinger i NVE (2016) og Norsk klimaservicesenter (2019) blir et klimapåslag på 40 % benyttet for å ta hensyn til forventet økning i flomstørrelser frem mot år 2100.

4.5 Dimensjonerende vannføring

Beregnet vannføring med rasjonale formel gir omtrent samme resultat som middelestimatet fått fra flomformelverket. Det vurderes at PQRUT underestimerer flomvannføringen.

Ut fra erfaringer fra fagpersoner (NVE, 2015a) anbefales spesifikke flomverdier for 200-årsflom i mikrofelt (< 1 km²) å ligge mellom 2000-5000 l/s km². Det er valgt å benytte middelestimatet fra formelverket, en beregnet vannføring på 0,8 m³/s, som tilsvarer spesifikk vannføring på 2000 m³/s.

Dimensjonerende 200-årsflom inkludert klimapåslag blir da på 1,1 m³/s, som vist i Tabell 6.

Tabell 6: Dimensjonerende flom (kulminasjon) for hovedbekken.

Vassdrag	Feltareal [km ²]	Klimatillegg [%]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]	Q _{200 + klima} [m ³ /s]	q _{200 + klima} [l/s km ²]
Hovedbekk	0,40	40	0,8	1,1	2750

Vannføring for de andre nedbørfeltene skaleres på areal fra dimensjonerende spesifikk vannføring for hovedbekken. Dimensjonerende 200-årsflom inkludert klimapåslag er vist i Tabell 7.

Tabell 7: Dimensjonerende flom for andre bekken/flomveier.

Vassdrag	Areal [m ²]	Q _{200 + klima} [m ³ /s]
Bekk vest for hovedbekk	0,19	0,5
Flomvei ved Hagastølsvegen	0,18	0,5
Flomvei ved Losvegen	0,24	0,7

5 Hydraulisk modellering

5.1 Metode

I beregning av vannlinje og hydrauliske parametere er programvaren Hec-Ras versjon 5.0.7 benyttet. De viktigste inngangsparameterne til Hec-Ras modellen er geometri (terrengmodell, grid, elvebanker og konstruksjoner), ruhet, grensebetingelser og vannføring. For å best mulig vurdere strømningsforholdene er en 2-dimensjonal-modell vurdert hensiktsmessig.

5.2 Oppsett av modell

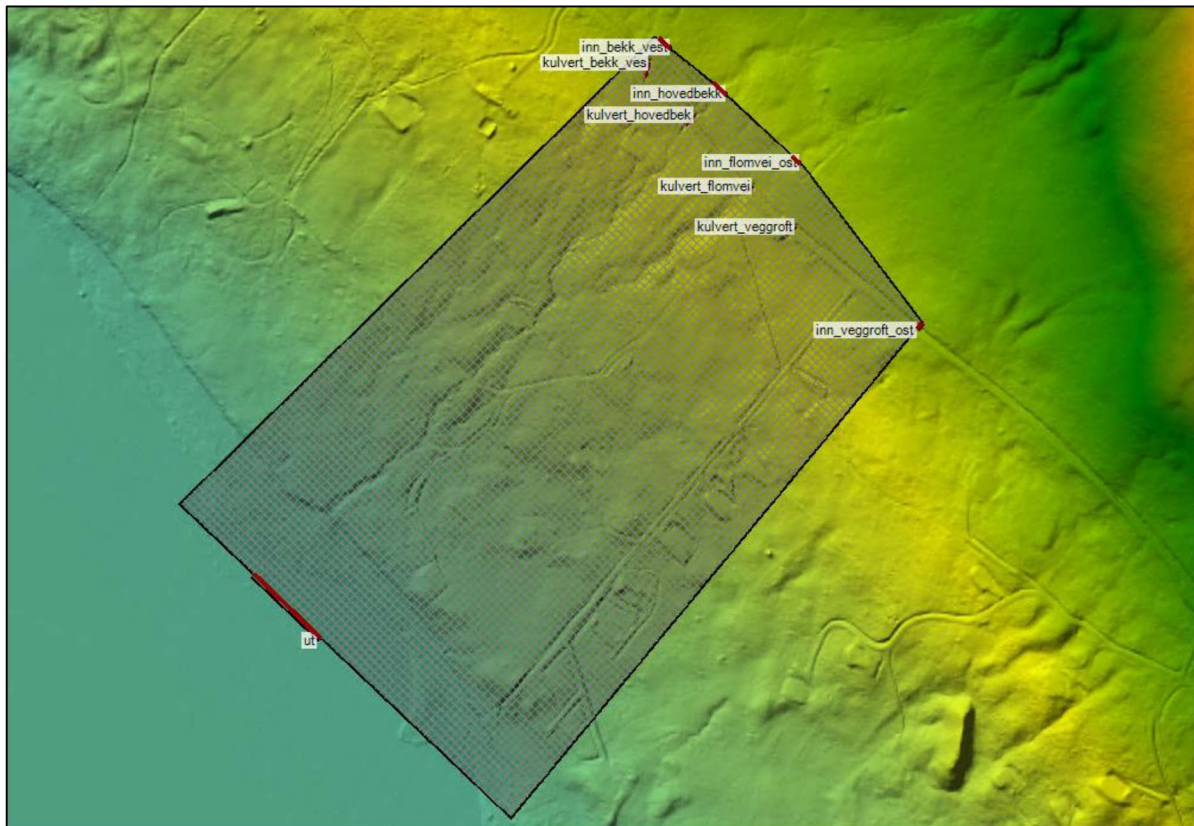
5.2.1 Modelloppsett

Basert på bakkepunkter fra LiDAR-data av området fra 2013 er det etablert en terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 x 1 meter. Losvegen som går nordover fra veien Midtre Syndin er bygget etter 2013, så den er lagt inn i terrengmodellen ved å interpolere over grøfta. Benyttede parametere i modellen fremkommer av Tabell 8. Terrengmodell, benyttet beregningsgrid og plassering av grensebetingelser er illustrert i Figur 9.

Tabell 8: Parametere benyttet i Hec-Ras modell for Hagastølen.

Parameter	Verdi
Oppløsning på terrengmodell	1 x 1 meter
Oppstrøms grensebetingelse	Normalstrømning
Nedstrøms grensebetingelse	Fast vannstand, 938 moh.
Cellestørrelse beregningsgrid	1 x 1 meter
Likningssett	Full momentum
Tidsskritt	Gitt av courant-number mellom 0,1 og 1,0
Manningstall	15

Laserdataene som terrengmodellen er basert på har relativt god dekning av bekkeløpet og området rundt. Bekkeløpet er enkelte steder kun 0,5 meter bredt, så bekkeløpet vil ikke representeres skikkelig i terrengmodellen med oppløsning 1 x 1 meter. Samtidig, så er dimensjonerende flom så mye større enn det som er vanlig i bekkeløpet, at det uansett langt overskrider kapasiteten. Det vil derfor være konservativt, men ikke helt urimelig å benytte terrengmodellen basert på laserdataene direkte.



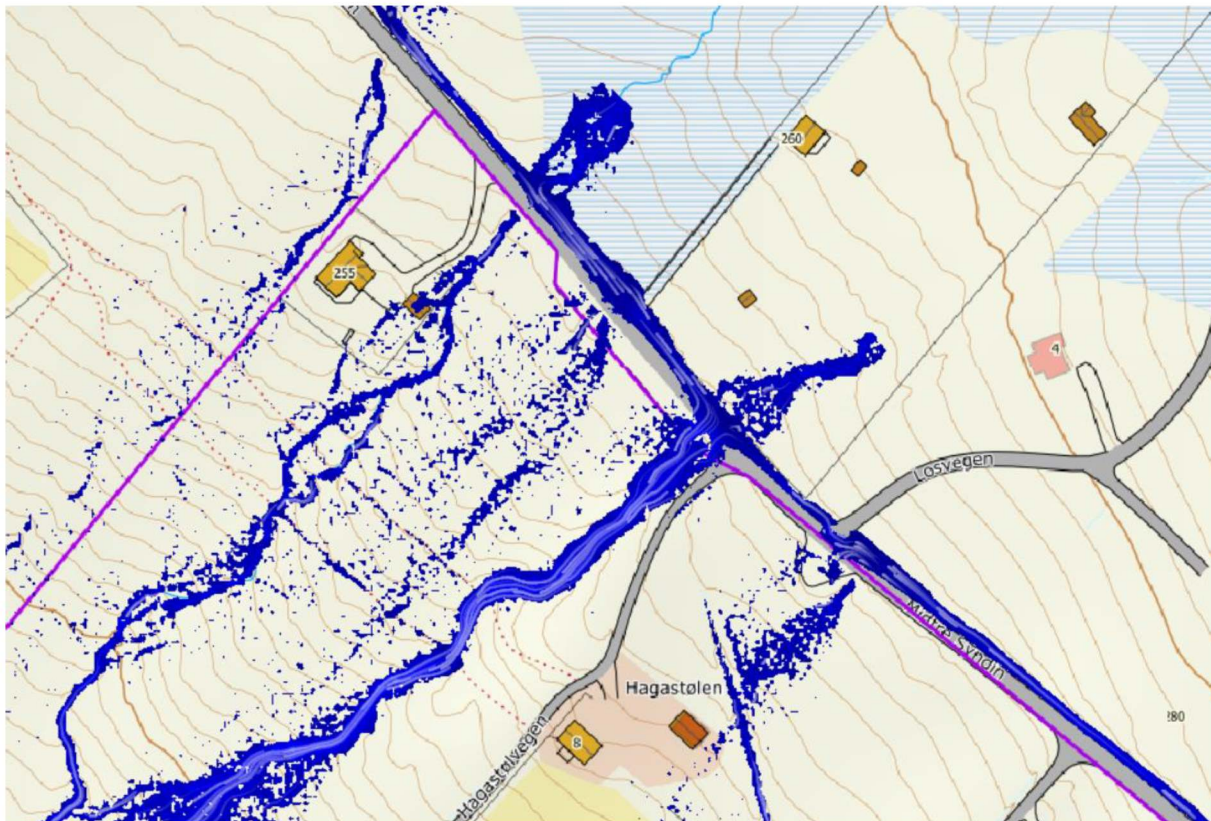
Figur 9: Illustrasjon av terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser og kulverter.

5.2.2 Konstruksjoner

Stikkrenner som leder vann inn på planområdet er lagt inn i den hydrauliske modellen som kulverter. Kapasiteten er kontrollert mot nomogram (SINTEF, 1992).

5.3 Modellert fremtidig 200-årsflom

For en fremtidig 200-årsflom viser modelleringen at stikkrennene ikke vil ha god nok kapasitet. Vannføringen i bekkeløpet gjennom planområdet begrenses til kapasiteten av stikkrenna gjennom ovenforliggende vei, estimert til $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Ved overhøyde på rundt 60 cm ved innløpet avledes ytterligere vann langs veien og aktiverer flomveien rett vest for Hagastølsvegen, som markert på Figur 3. Modellen indikerer at flomveien over veien og ut i terrenget får en vannføring på $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$, og at ytterligere $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ avledes i terrenget mellom flomveien og bekken. Figur 10 viser et utsnitt av den hydrauliske modellen for dette området.



Figur 10: Utsnitt av hydraulisk modell for øvre del av planområdet. Det mørkeblå viser områder med minst 3 cm vanddybde, og de hvite strekene viser strømningsmønstre.

Omtrent halvveis nedover planområdet, på høyde med tomt 7/78 møter flomveien bekken. På høyde med tomt 7/78 er vannføringen i bekken rundt $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$, økende til $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ forbi 7/79 og 7/49. Sammen fører flomvei og bekk til et oversvømt areal mellom hyttene øst for bekken og Hagastølsvegen. I tillegg viser modellen at noe vann fra stikkrenna lengst øst følger grøftene nedover Kjeldeskogvegen.

5.4 Sensitivitetsanalyse

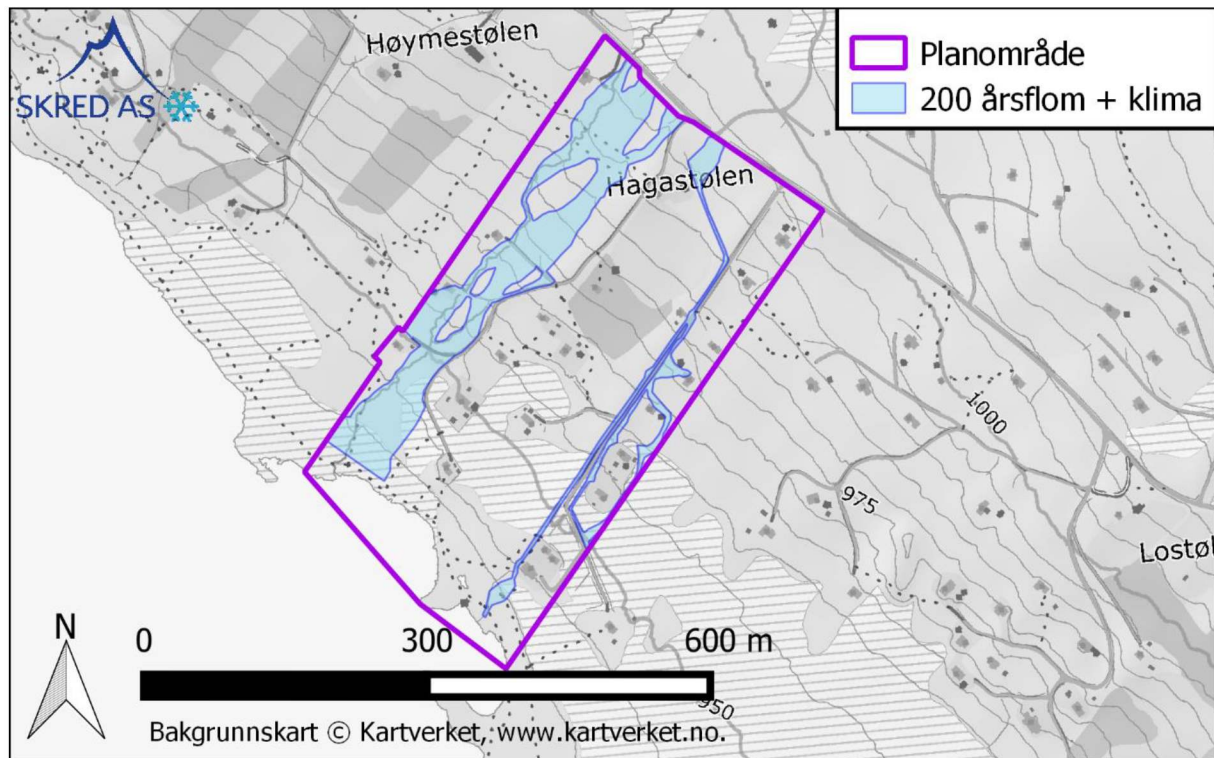
Da vi ikke har tilgang på kalibreringsdata er det gjennomført en sensitivitetsanalyse av modellen. I sensitivitetsanalysen er henholdsvis vannføringen og ruheten økt med 20 %. I tillegg er modellen kjørt uten stikkrenner.

Både øking i vannføring, øking av ruhet og fjerning av stikkrenner gjør at det går mer vann i det mindre flomløpet mellom bekken og flomløpet. Dette gir et noe større oversvømt areal mellom det mindre flomløpet og bekken.

6 Faresoner for flom

Basert på resultater fra modelleringen og analysene er det tegnet opp faresone for flom for det vurderte området. Faresonen viser hvilke områder som vurderes utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn $1/200$ i år 2100, som tilsvarer sikkerhetsklasse F2 i TEK17.

Faresonen er en konsekvens av at stikkrennene har begrenset kapasitet, noe som fører til at en flomvei gjennom planområdet aktiveres. Faresonen fremkommer av Figur 11.



Figur 11: Faresone som viser områder utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn $1/200$ i år 2100 (sikkerhetsklasse F2).

7 Vurdering av erosjonssikkerhet

I henhold til krav i TEK17 §7-2 (4) skal byggverk plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon. For dagens situasjon vurderes erosjonssikkerheten tilstrekkelig, forutsatt at det opprettholdes et vegetasjonsbelte langs bekkeløpet. Dersom det gjøres tiltak i nærheten av bekkeløpet må tiltakene sikres slik at det ikke tar skade ved erosjon.

8 Risikoreduserende tiltak

8.1 Generelt

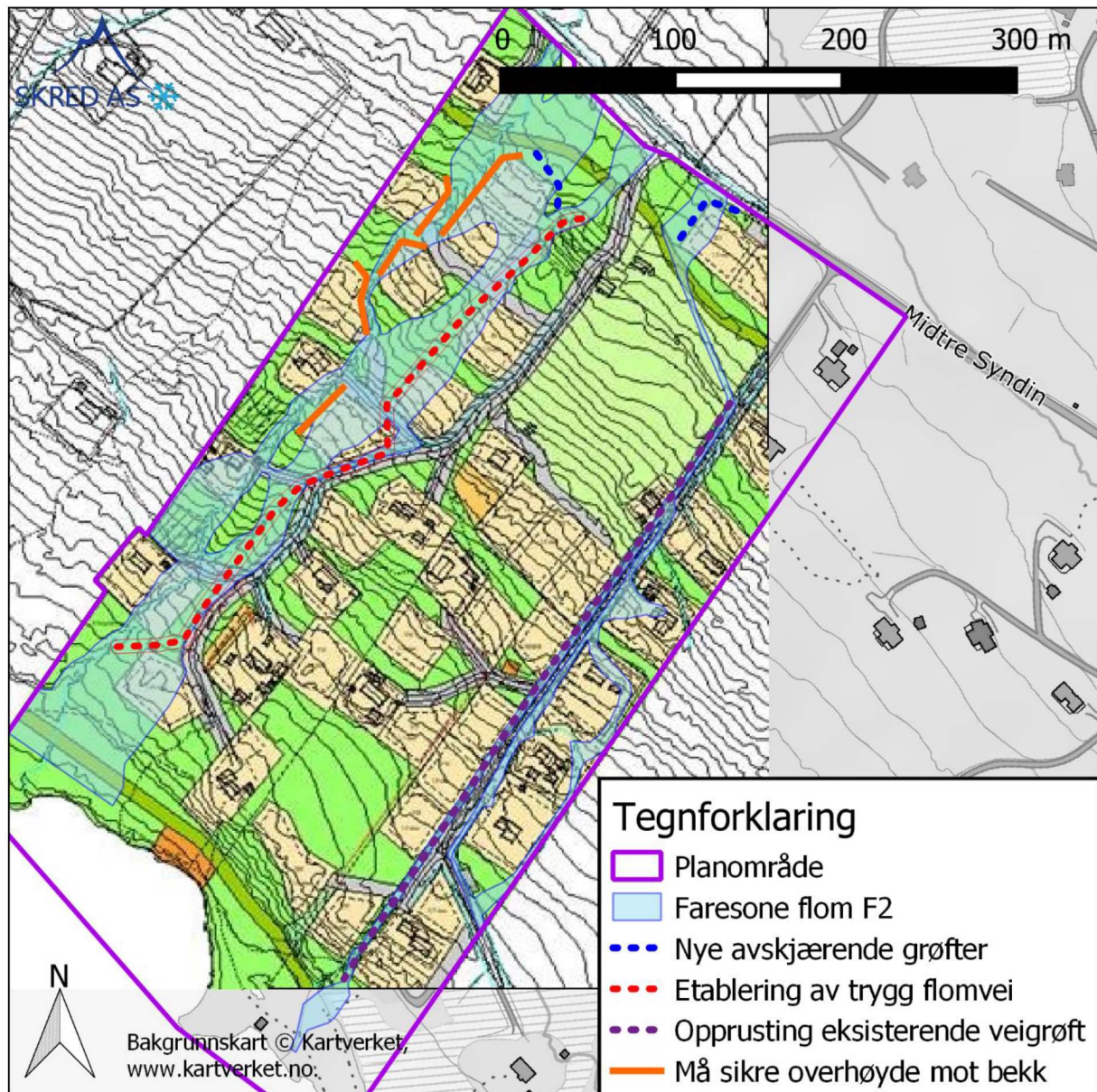
Ny bebyggelse bør i utgangspunktet plasseres utenfor faresonen for flom. Dersom det skal etableres ny bebyggelse innenfor faresonen som faller inn under sikkerhetsklasse F2 må det utføres risikoreduserende tiltak. Tiltak kan enten ha som mål å redusere faresonen, eller at byggverk dimensjoneres på en måte slik at det ikke tar skade ved dimensjonerende flom.

En del av eksisterende hytter langs bekkeløpet ligger allerede utsatt til for flom, og man må ved etablering av tiltak være varsom for å ikke påføre eksisterende hytter ytterligere økt flomulempe. Eventuelle tiltak bør derfor prosjekteres eller verifiseres av fagkyndig for å sikre ønsket funksjon, og at tiltak ikke medfører omliggende områder økt ulempe.

Generelt vil det være utfordrende å oppnå en god flomavledning gjennom planområdet, da det er betydelige vannmengder som vil måtte håndteres. Samlet har bekk og flomløp en vannføring på rundt 2 m³/s ved en fremtidig 200-årsflom. Overordnet ser vi for oss to mulige tilnærminger som kan være aktuelle.

- Avskjære det største flomløpet mot hovedbekken, og ruste opp kapasiteten til denne gjennom hele planområdet. Bekkeløpet vil da få tilført betydelig mer vann, og eksisterende flomutsatte hytter må også sikres som del av tiltaket.
- Etablere en trygg avledning av det største flomløpet gjennom planområdet, uten å tilføre hovedbekken økte vannmengder og eksisterende hytter økt ulempe.

Vi anser det sistnevnte alternativet til trolig å være den enkleste løsningen. I Figur 12 er det skissert opp en mulig løsning for risikoreduserende tiltak basert på oppdragsgivers fremlagte skisse av planlagt utbygging. Tiltak tilknyttet bekkeløp bør planlegges og utføres i tråd med Vannressursloven.



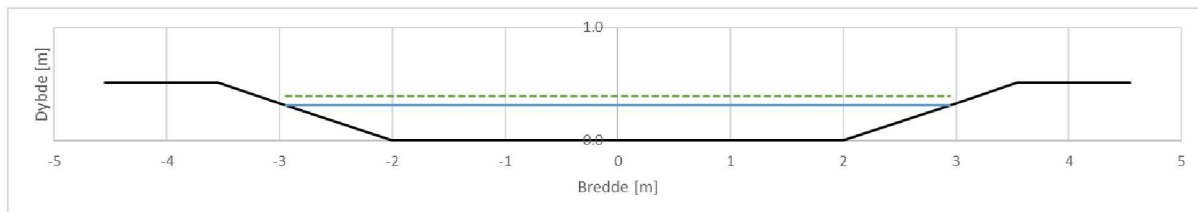
Figur 12: Skissering av mulige tiltak for å sikre en trygg flomavledning gjennom planområdet. Bakgrunn er utkast til reguleringsplan fremlagt av oppdragsgiver.

8.2 Etablering av trygg trase for flomvei

Den rødstiplete linjen viser en mulig trase for en trygg flomvei gjennom planområdet. Flomveien kan etableres som en bred forsenkning i terrenget, hvor det etterstrebes at det så raskt som mulig gror igjen med vegetasjon som vil stabilisere massene mot erosjon. Ved etablering bør topplag av torv og humusholdige masser legges til side, og legges tilbake etter terrenntilpasning. Vi ser det ikke nødvendig å erosjonssikre flomveien med hensyn på 200-årsflom, og heller ha en aksept for skader her så lenge ikke bebyggelse berøres.

Ved kryssing av veier og avkjørsler bør det etableres lavbrekk i veibanene, slik at flomvannet finner tilbake i flomveien dersom kapasiteten til stikkrenner overskrides.

Dersom denne løsningen velges må det holdes av tilstrekkelig areal for etablering av en flomvei i reguleringsplanen (eksempelvis 8 m). Figur 13 viser et eksempel på utforming av en grøft med tilstrekkelig kapasitet. Det er lagt til grunn bunnbredde 4 meter, skråningshelning på 1:3, manningstall på 10, en helning på grøfta på 0,09 og et fribord på 0,2 meter.



Figur 13: Eksempel på utforming av flomvei ved normalstrømning.

8.3 Avskjærende grøfter i overkant av utsatte tomter

To av de planlagte tomtene vist i Figur 12 er utsatt for flomvann fra ovenforliggende terreng. Ved opparbeidelse av disse tomtene kan det legges en forsenkning eller grøft i overkant av tomten som avleder flomvann rundt tomten og mot trygg videre avledning. To grøfter for avskjæring er vist med blå stiplet linje i figuren.

8.4 Sikring av hytter langs bekkeløp

Mye av faresonen for flom langs bekkeløpet kan fjernes dersom det etableres en trygg avledning av flomveien. Resterende faresone knyttet til bekkeløpet kan verifiseres ved nærmere planlegging. For planlagte tomter der det ønskes bygget tett ut mot bekkeløp innenfor gjenværende faresone bør det lokalt sikres tilstrekkelig overhøyde og erosjonssikring mot bekken. Aktuelle strekk er markert i oransje i Figur 12.

Faresone for flom dekker tre tomter langs bekk med eksisterende hytter. Det bør ikke gjøres tiltak som øker vannføringen i bekken og påfører disse økt ulempe, ref. krav i Vannressursloven og Granneloven. Dersom det som del av tiltakene gjøres endringer som øker flomvannføringen i bekkeløpet bør disse hyttene sikres mot flom.

8.5 Opprusting av eksisterende veigrøft langs Kjeldeskogvegen.

Faresone for flom over tomtene langs Kjeldeskogvegen kan håndteres ved at grøftetverrsnittet langs veien rustes opp. Dette er markert i lilla i Figur 12. Stikkrenner under eksisterende avkjørsler må trolig skiftes ut, og veigeometri forbi avkjørsler bør sikre at vannet finner veien tilbake i grøfta dersom kapasiteten overskrides.

9 Konklusjon

Dimensjonerende 200-årsflom i hovedbekken, inkludert et klimapåslag på 40 %, er beregnet til 1,4 m³/s. Dimensjonerende flom i de tre andre områdene som også drenerer mot planområdet er 0,5, 0,5 og 0,7 m³/s. Det er etablert en hydraulisk modell av planområdet med omliggende områder. Modelleringen viser at kapasiteten til stikkrennene er for liten, og at omtrent halvparten av vannføringa vil gå i flomløpet rett vest for Hagastølvegen.

Basert på resultater fra modelleringen og analysene er det tegnet opp faresone for flom for det vurderte området. Faresonen viser hvilke områder som vurderes utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn 1/200 i år 2100, som tilsvarer sikkerhetsklasse F2 i TEK17.

Ny bebyggelse bør i utgangspunktet plasseres utenfor faresonen for flom. Alternativt kan det etableres risikoreduserende tiltak. Som eventuelt risikoreduserende tiltak foreslås det å anlegge en trygg flomvei senket i terrenget gjennom planområdet. I tillegg kan det være aktuelt å tilpasse terrenget rundt planlagte bygg i kombinasjon med grøfter og eventuelt voller, som leder vannet trygt gjennom planområdet og tilbake til bekken eller flomløpet.

For dagens situasjon vurderes erosjonssikkerheten tilstrekkelig etter kravene i TEK17.

10 Referanser

DiBK. (2018). *Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK 17)*.

MET. (2015). *24/2015: Dimensjonerende korttidsnedbør*.

Norsk Klimaservicesenter. (2019). *Klimapåslag for korttidsnedbør - Anbefalte verdier for Norge*.

NVE. (2015a). *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*.

NVE. (2015b). *Anbefalte metoder for flomberegninger i små felt*. NVE.

NVE. (2016). *Klimaendring og framtidige flommer i Norge*.

SINTEF. (1992). *STF60 A92101 - Flomberegning og Kulvertdimensjonering*.