

Oppdragsgiver	Navn Bygdin Høyfjellshotell	Kontaktperson Tor Oxhovd
Oppdrag	Nummer og navn 21285 Vang, Bygdin – Flomfarevurdering for reguleringsplan	Oppdragsleder Sondre Lunde
Dokument	Nummer 21285-01-1 Utført av Ingrid Alne	Dato 2021-06-10 Kontrollert av Petter Reinemo

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
1	10.06.21	IA	PR	Notat

Flomfarevurdering

Sammendrag

Bygdin Høyfjellshotell AS er i gang med en reguleringsplan ved Bygdin, Vang kommune. Skred AS har tidligere utført en skredfarekartlegging for deler av planområdet (Skred AS rapport nr. 20316-01-1). Bygdin Høyfjellshotell AS ønsker at Skred AS utvider eksisterende skredfarevurdering til å dekke hele planområdet som ligger innenfor NVEs aktsomhetssoner for skred. Det er også ønskelig med en flomfarevurdering for eksisterende hytter langs Fagerdalsbekken, som ifølge NVE sine aktsomhetskart utgjør en potensiell flomfare. Denne rapporten omhandler vurdering av flomfare.

Krav til sikkerhet mot flom gitt av TEK17 §7-2 er lagt til grunn for vurderingene.

Dimensjonerende 200-årsflom i Fagerdalsbekken, inkludert et klimapåslag på 40 %, er beregnet til 5 m³/s. Det er etablert en hydraulisk modell av Fagerdalsbekken med omliggende områder. Modelleringen viser at kapasiteten til elveløpet er god. Beregningene viser videre at selv ved gjentettet kulvert under Bygdisheimvegen ved en fremtidig 200-årsflom vil det ikke påvirke det vurderte området.

De vurderte byggene langs Fagerdalsbekken vurderes dermed ikke å være utsatt for flom etter sikkerhetsklasse F2 i TEK17.

For dagens situasjon vurderes erosjonssikkerheten tilstrekkelig etter kravene i TEK17.

Innhold

1	Innledning.....	4
1.1	Bakgrunn.....	4
1.2	Befaring.....	4
1.3	Forbehold.....	4
2	Krav til sikkerhet	6
2.1	Lovverket	6
2.2	Flom	6
2.2.1	Aktuelle krav.....	7
3	Beskrivelse av området, elveløp, konstruksjoner og grunnforhold.....	8
3.1	Område og elveløp	8
4	Flomberegning	10
4.1	Metode	10
4.2	Beskrivelse av nedbørfelt	10
4.3	Beregning med utvalgte metoder	12
4.3.1	Flomformler for små nedbørfelt	12
4.3.2	PQRUT	12
4.3.3	Rasjonale metoden.....	13
4.4	Klimaframskrivninger.....	14
4.5	Dimensjonerende vannføring.....	14
5	Hydraulisk modellering.....	15
5.1	Metode	15
5.2	Oppsett av modell	15
5.2.1	Modelloppsett.....	15
5.3	Modellert fremtidig 200-årsflom.....	16
5.4	Sensitivitetsanalyse	17
6	Vurdering av erosjonssikkerhet	18
6.1	Erosjonssikkerhet.....	18
7	Konklusjon	19
8	Referanser	20

Figurer

Figur 1: Lokaliseringen av reguleringsplan og det vurderte området, ved Bygdin i Vang kommune.....	4
Figur 2: Oversikt over det vurderte området langs Fagerdalsbekken.	8
Figur 3: Bilde av vurdert område og elveløp.	9
Figur 4: Karakteristisk bilde av elveløpet.	9
Figur 5: Feltgrensene til Fagerdalsbekken.	11

Figur 6: Bilde fra det flate myrpartiet øst for Fagerdalstjernet.	11
Figur 7: Resultater fra PQRUT for vurdert nedbørfelt, 200-årsflom.	13
Figur 8: Illustrasjon av terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser. ..	16
Figur 9: Utsnitt av modellert strømningsmønster og hastighet ved framtidig 200-årsflom. ..	17
Figur 10: Erodert elvekant langs vestsiden av elva.	18

Tabeller

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggt teknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2018).	6
Tabell 2: Feltkarakteristika til Fagerdalsbekken.	10
Tabell 3: Resultater fra flomformelverket for små nedbørfelt for Fagerdalsbekken (kulminasjon).	12
Tabell 4: Resultater fra frekvensanalyse på nedbør.	12
Tabell 5: Benyttede parametere og resultater fra beregninger med den rasjonelle metoden for Fagerdalsbekken (kulminasjon).	14
Tabell 6: Sammenligning av resultater fra flomberegninger med ulike metode (kulm.).	14
Tabell 7: Dimensjonerende flommer (kulminasjon) for Fagerdalsbekken ved vurdert kryssing.	14
Tabell 8: Parametere benyttet i Hec-Ras modell for Fagerdalsbekken.	15

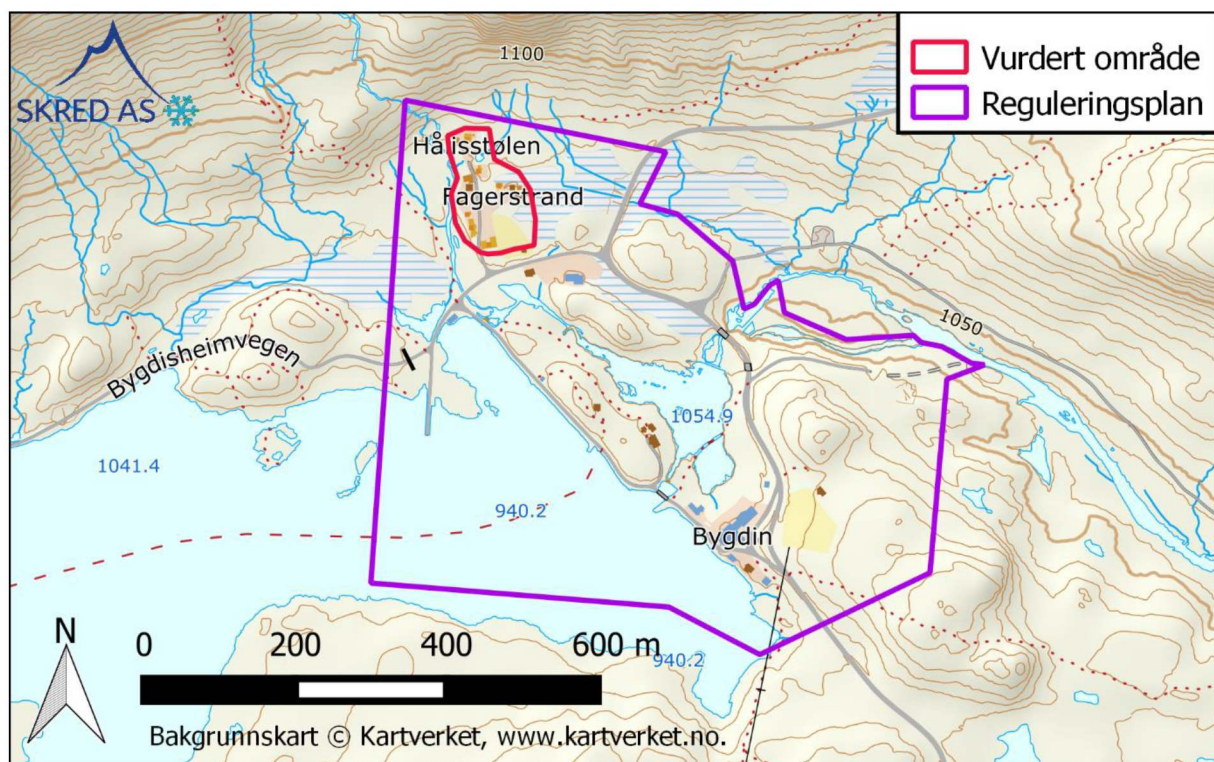
1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Bygdin Høyfjellshotell AS er i gang med en reguleringsplan ved Bygdin, Vang kommune. Skred AS har tidligere utført en skredfarekartlegging for deler av planområdet (Skred AS rapport nr. 20316-01-1). Bygdin Høyfjellshotell AS ønsker at Skred AS utvider eksisterende skredfarevurdering til å dekke hele planområdet som ligger innenfor NVEs aktsomhetssoner for skred. Det er også ønskelig med en flomfarevurdering for eksisterende hytter langs Fagerdalsbekken, som ifølge NVE sine aktsomhetskart utgjør en potensiell flomfare. Denne rapporten omhandler vurdering av flomfare. Flomfare i Bygdin er ikke vurdert.

Krav til sikkerhet mot flom gitt av TEK17 §7-2 skal legges til grunn for vurderingene.

Lokasjon av det vurderte området er vist på figur 1.



Figur 1: Lokaliseringen av reguleringsplan og det vurderte området, ved Bygdin i Vang kommune.

1.2 Befaring

Befaring i området ble gjennomført 2020-06-25 av Sondre Lunde, Skred AS. Det var klarvær og god sikt på befaringstidspunktet.

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. Sårbare 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. Sikkerhetsklasse F2 anses som aktuelt for vurdert område.

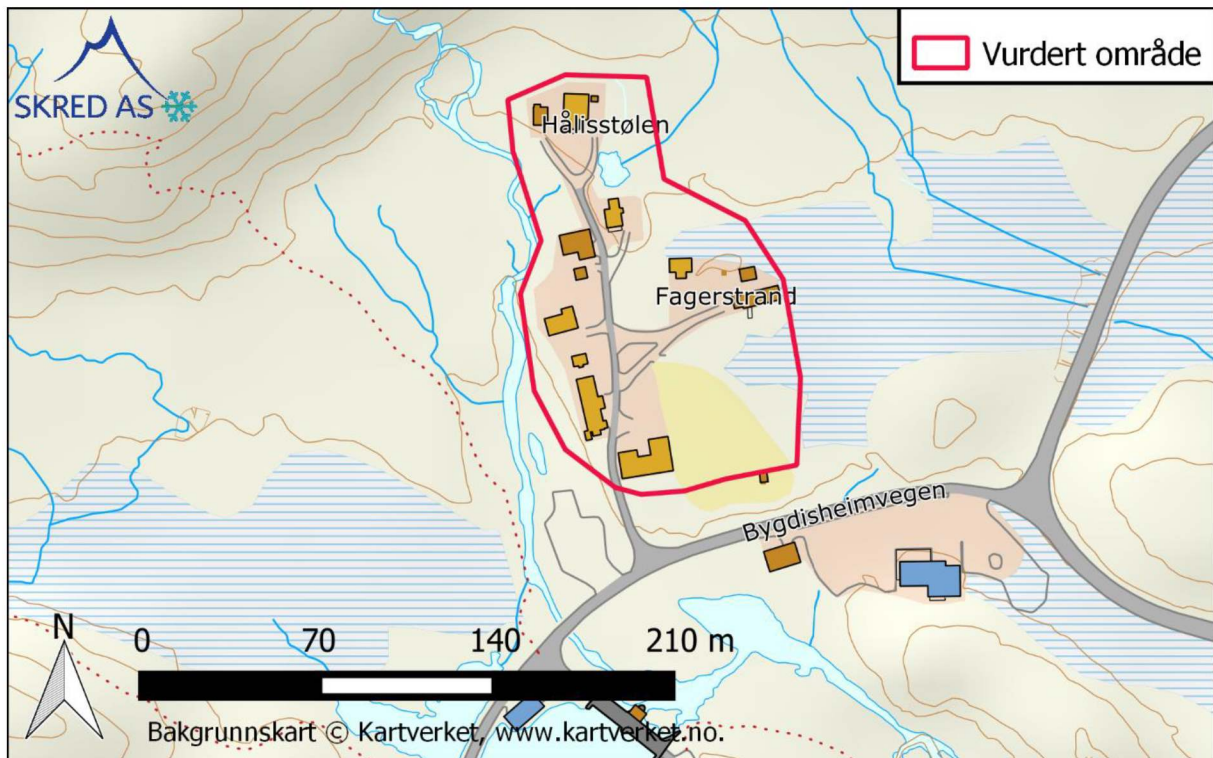
3 Beskrivelse av området, elveløp, konstruksjoner og grunnforhold

3.1 Område og elveløp

Fagerdalsbekken renner sørover på vestsiden av det vurderte området. Bekken har en jevnt slak helning på ca. 3,5 % langs planområdet med flere mindre svinger. Bekkeløpet består av grus og sand, samt noe større steiner som forventes å yte forholdsvis lav friksjon mot vannmassene.

Elveskråningen opp mot bebyggelsen er nokså slak, mens det er noen skarpere torvkanter på vestsiden av elva hvor den har erodert seg inn i skråningen. Det er lagt ut noe større stein langs elveskråningen enkelte steder.

Figur 3 viser et oversiktskart av det vurderte området, mens Figur 4 og **Feil! Fant ikke referansekilden.** viser bilder fra området og bekkeløpet.



Figur 2: Oversikt over det vurderte området langs Fagerdalsbekken.



Figur 3: Bilde av vurdert område og elveløp.



Figur 4: Karakteristisk bilde av elveløpet.

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

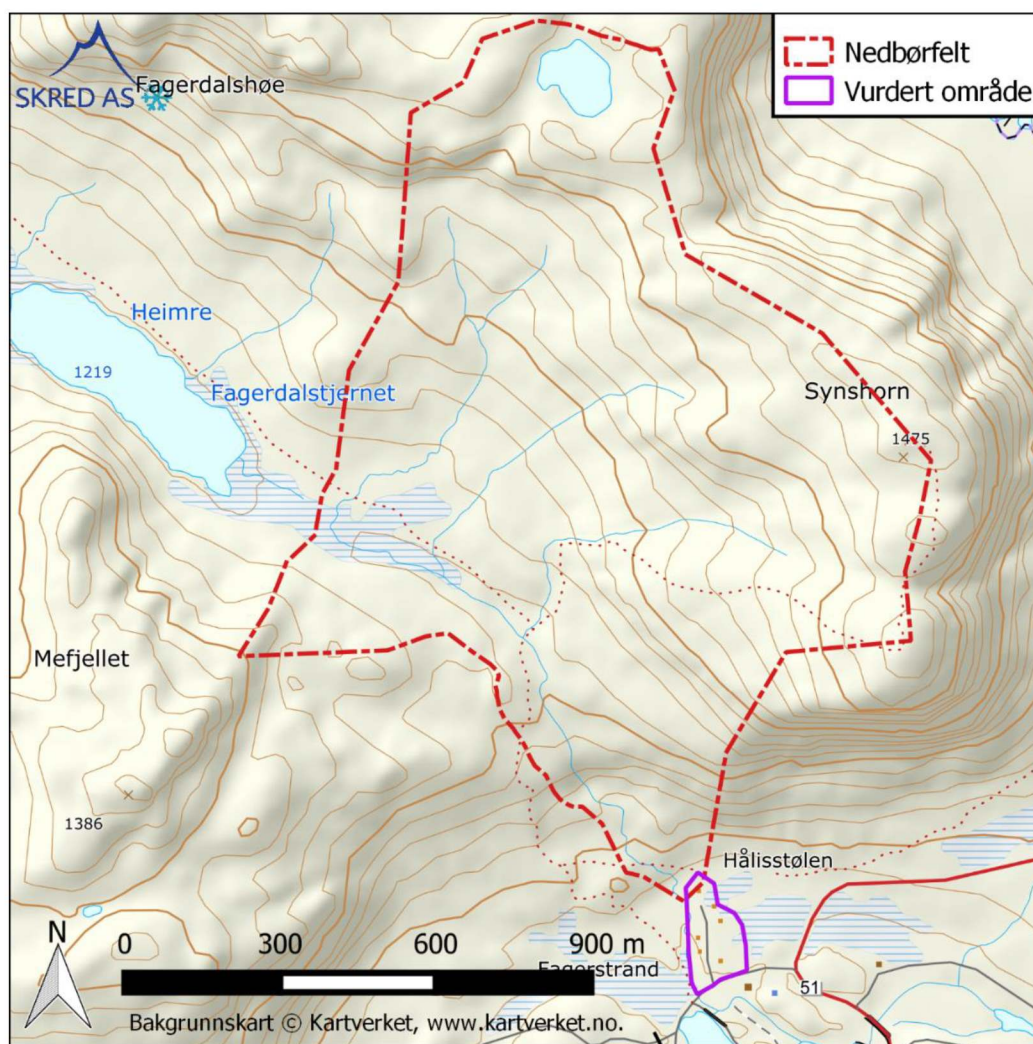
Nedbørfeltet til Fagerdalsbekken drenerer sørover. Feltet består av snaufjell med tynt torvdekke, samt noe myr i øvre del. Feltet er forholdsvis bratt i øvre del som drenerer til et flatere myrparti før det faller bratt ned mot stølene på Fagerdal og flater ut før utløpet i Bygdin. Det er et lite tjern øverst i nedbørfeltet, men dette har et lite nedslagsfelt og plasseringen gjør at det ikke vil bidra til flomdempning i feltet. Det flate myrpartiet midt i feltet vil imidlertid kunne gi en flomdempning. Feltet er ikke påvirket av regulering.

Feltkarakteristika til Fagerdalsbekken er vist i Tabell 2 og feltgrensene er vist i Figur 5.

Tabell 2: Feltkarakteristika til Fagerdalsbekken.

Vassdrag	Feltareal [km ²]	q_N^* [l/s*km ²]	Eff. Sjø [%]	Skog [%]	Myr [%]	Snaufjell [%]	Høydeint. [moh]	Elvegrad [m/km]
Fagerdalsbekken	1,15	44	0,04	0	2,4	97	1064-1473	144

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



Figur 5: Feltgrensene til Fagerdalsbekken.



Figur 6: Bilde fra det flate myrpartiet øst for Fagerdalstjernet.

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 benyttet en middelavrenning på 44 l/s*km² i flomformelverket fått fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-1990.

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 Fagerdalsbekken (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 %)	0.7	596		1.8
Middel	1.4	1191	2.63	3.6
Høy (95 %)	2.7	2382		7.2

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 nedbørforløp på 24 timer og et tidsskritt på 1 time. Konsentrasjonstiden til feltet er estimert til ca. 1 time, basert på formel for naturlige felt (SINTEF, 1992).

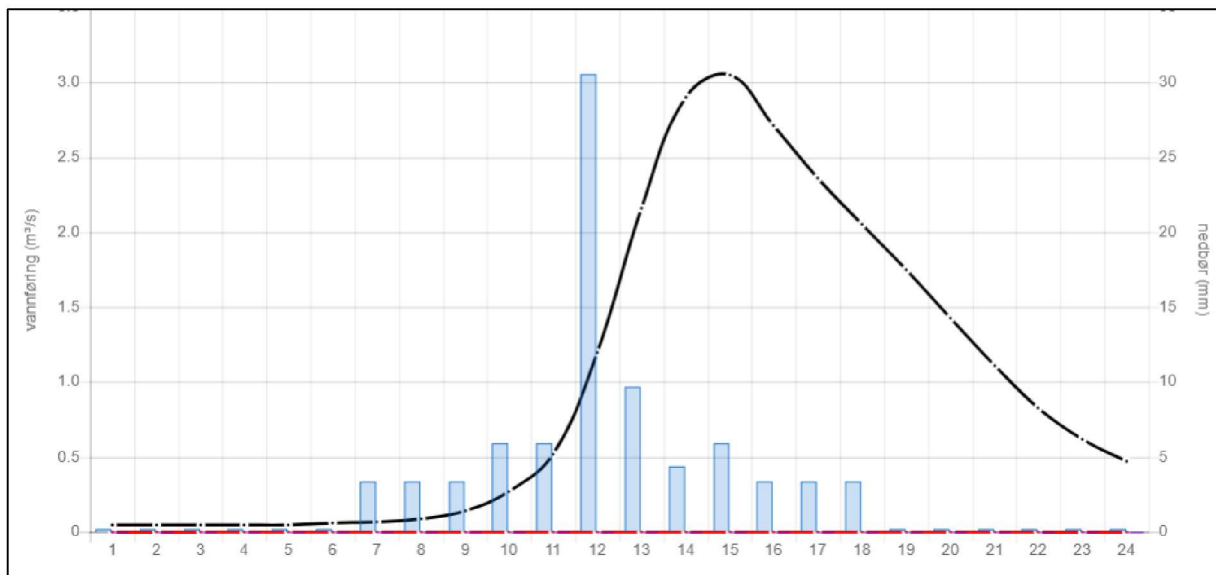
Det ligger en stor grad av usikkerhet i valget av dimensjonerende nedbørverdier og nedbørforløp. Det foreligger ingen nærliggende målestasjoner med oppløsning på 1 time eller finere, men stasjon Bygdin (SN13900) ligger like ved planområdet og har 37 år med døgndata. Det er også en stasjon ved Beitostølen (SN23560) 10 km lengre sør som har 126 år med data, som gir et godt statistisk grunnlag. Det er utført frekvensanalyse på nedbørdataene der resultatene er presentert i Tabell 4. For å justere fra døgnnedbør 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]	
13900 Bygdin	1957 - 1993	1055	66.5	75	GEV (max)
23560	1895 - dd	754	75	85	GEV (max)

Fra frekvensanalysen er 85 mm satt som dimensjonerende 24-timers nedbør. For varigheter ned mot 1 time er det skalert mot den regionale IVF-kurven fra MET. Det er videre konstruert et 200-års nedbørforløp som er tilnærmet symmetrisk om den mest intensive nedbørperioden. Initialvannføringen i PQRUT er satt til $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ som tilsvarer ca. 3 ganger middelvannføringen.

PQRUT-modellen gir en estimert 200-årsflom på ca. $3 \text{ m}^3/\text{s}$, vist i figur 7.



Figur 7: 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 km^2 . 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 IVF-kurven for Region 3 fått fra MET (2015), ettersom det ikke er noen nedbørstasjoner som virker representative.

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 Fagerdalsbekken (kulminasjon).

Vassdrag	IVF-kurve	Areal [ha]	Kons. Tid [min]	I200 [l/s*ha]	C-verdi	Q200 [m³/s]
Fagerdalsbekken	Region 3	115	50	71.1	0.6	4,9

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

En sammenligning av de ulike metodene er vist i Tabell 6, og viser at resultatene fra PQRUT og flomformelverket ligger en del høyere enn den rasjonale formel.

Ut ifra 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 middel-estimatet fra formelverket, som ligger mellom resultatet fra PQRUT og den rasjonale formel.

Dette gir en dimensjonerende 200-årsflom på 5,0 m³/s inkludert klimapåslag og en spesifikk vannføring på ca. 4350 l/s*km².

Tabell 6: Sammenligning av resultater fra flomberegninger med ulike metode (kulm.).

Metode	q _m [l/s*km²]	q200 [l/s*km²]
Formelverk for små nedbørfelt	600 - 2400	1570 (3130) 6265
PQRUT	-	2600
Rasjonale formel	-	4300

Tabell 7: Dimensjonerende flommer (kulminasjon) for Fagerdalsbekken ved vurdert kryssing.

Vassdrag	Feltareal [km²]	Klimat tillegg [%]	Q ₂₀₀ [m³/s]	Q ₂₀₀ + klimapåslag [m³/s]
Fagerdalsbekken	1.15	40	3,6	5,0

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.

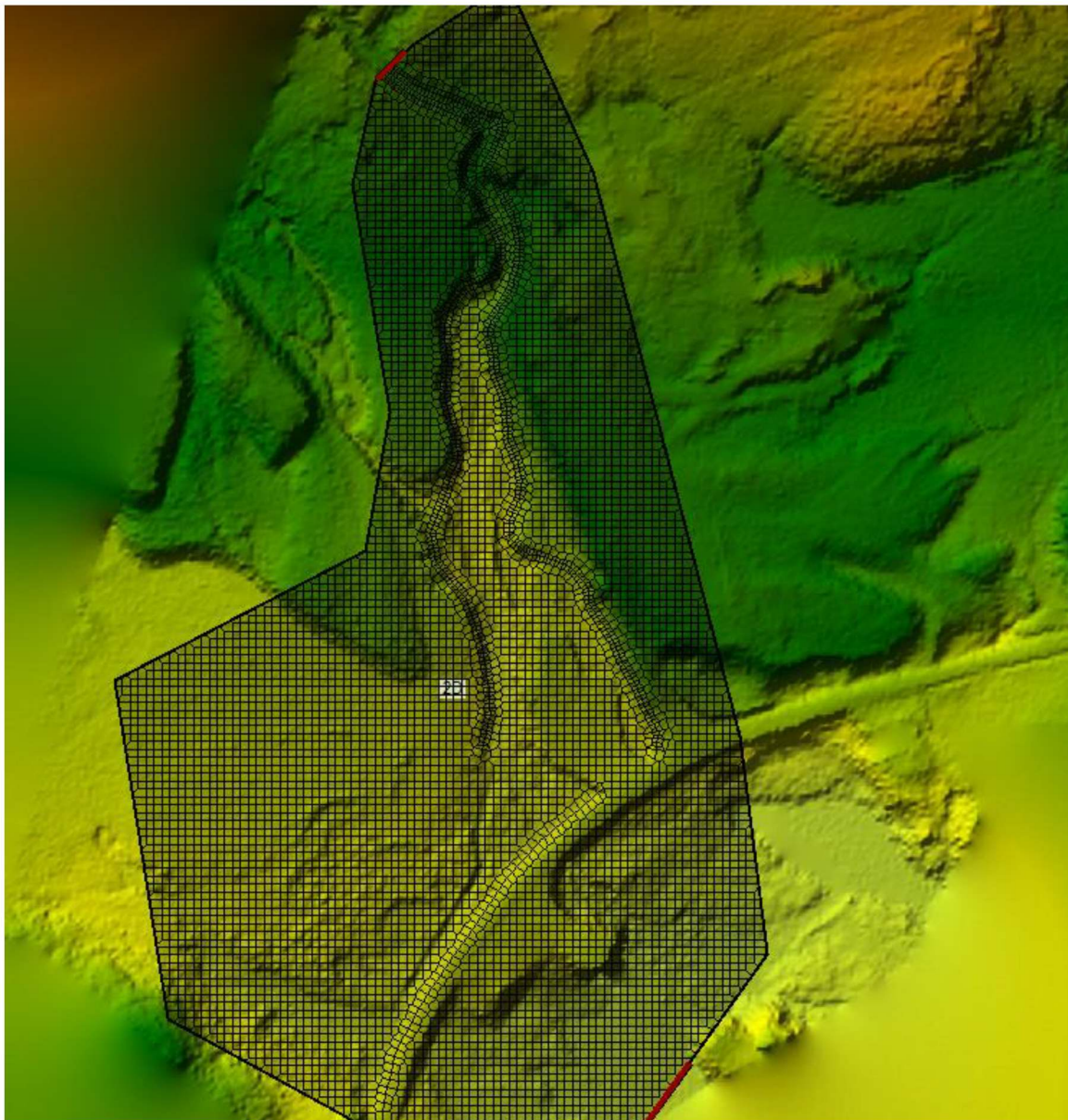
5.2 Oppsett av modell

5.2.1 Modelloppsett

Basert på bakkepunkter fra LiDAR-data av området fra 2018 er det etablert en terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 x 1 meter. Benyttede parametere i modellen fremkommer av Tabell 8. Terrengmodell, benyttet beregningsgrid og plassering av grensebetingelser er illustrert i Figur 8. For et konservativt vurdering er kulverten under Bygdisheimvegen ikke lagt inn i modellen, og man får dermed en situasjon som om kulverten er tett. Vannet vil da dra over i sideløpet mot vest hvor det er et lavbrekk med myr og ny kulvert. Denne er også modellert som tett og vannet vil stuve opp før det renner over veien og ut i Bygdin.

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

Parameter	Verdi
Oppløsning på terrengmodell	1 x 1 meter
Oppstrøms grensebetingelse	Normalstrømning
Nedstrøms grensebetingelse	Vannstand i Bygdin (1058 moh)
Cellestørrelse beregningsgrid	1x1 meter
Likningssett	Full momentum
Tidsskritt	Gitt av courant-number mellom 0,1 og 1,0
Manningstall	25

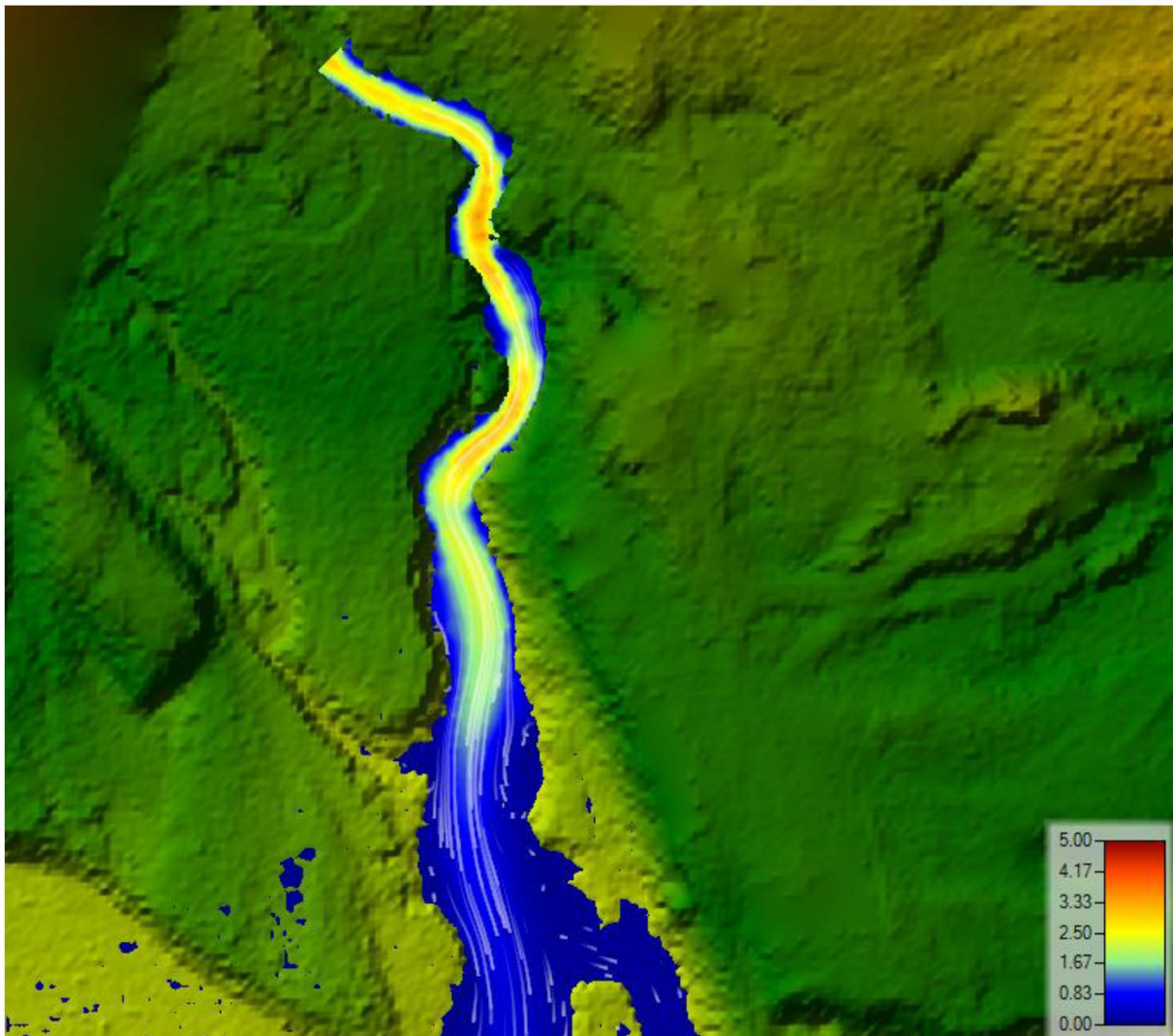


Figur 8: Illustrasjon av terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser.

5.3 Modellert fremtidig 200-årsflom

For en fremtidig 200-årsflom viser modelleringen at elveløpet langs med de eksisterende byggene har god kapasitet og påvirker ikke planområdet. Vestsiden av bekken ligger lavere enn de vurderte byggene på østsiden, og dersom vannet skulle gå ut av elveløpet vil det følge terrenget mot vest.

Det kan oppstå vannhastigheter i bekken under flom på opp mot 3 m/s ifølge modellen.



Figur 9: Utsnitt av modellert strømningsmønster og hastighet ved framtidig 200-årsflom.

5.4 Sensitivitetsanalyse

Da vi ikke har tilgang på kalibreringsdata er det gjennomført en sensitivitetsanalyse av modellen. I sensitivitetsanalysen er vannføringen og ruhet økt med 20 %.

Økning i ruhet med 20% gir en økt vannstand på opp mot 5 cm. Øking i vannføring med 20 % gir en økning i vannstand på opp mot 8 cm. Økningen har minimal innvirkning på oversvømt areal, men indikerer at noe vann kan havne ut av bekkeløpet mot vest i øvre del.

5.5 Faresone for flom

Vurderte bygg berøres ikke av faresone for flom etter sikkerhetsklasse F2.

6 Vurdering av erosjonssikkerhet

6.1 Erosjonssikkerhet

I henhold til krav i TEK17 §7-2 (4) skal byggverk plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon. Det virker ikke som skråningen mot bebyggelsen har pågående erosjon, og det er lagt ut noe større stein i utsatte området. Pågående erosjon er på vestsiden av elva hvor det er brattere torvkanter som er gravd ut i yttersving, som vist i Figur 10.

For dagens situasjon vurderes erosjonssikkerheten tilstrekkelig. For å opprettholde tilstrekkelig erosjonssikkerhet over tid, er det nødvendig med jevnlig tilsyn og eventuell utbedring av erosjonssikring ved skader.



Figur 10: Erodert elvekant langs vestsiden av elva.

7 Konklusjon

Dimensjonerende 200-årsflom i Fagerdalsbekken, inkludert et klimapåslag på 40 %, er beregnet til 5 m³/s. Det er etablert en hydraulisk modell av Fagerdalsbekken med omliggende områder. Modelleringen viser at kapasiteten til elveløpet er god. Beregningene viser videre at selv ved gjentettet kulvert under Bygdisheimvegen ved en fremtidig 200-årsflom vil det ikke påvirke det vurderte området.

De vurderte byggene langs Fagerdalsbekken vurderes dermed ikke å være utsatt for flom etter sikkerhetsklasse F2 i TEK17.

For dagens situasjon vurderes erosjonssikkerheten tilstrekkelig etter kravene i TEK17.

8 Referanser

DiBK. (2018). *Byggeteknisk 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*.