

Oppdragsgiver	Navn Gol kommune	Kontaktperson Sander Lislett
Oppdrag	Nummer og navn 23510 Gol, Glitre – Flomfarevurdering for gbnr. 26/204, ny brannstasjon. Elvevegen 2	Oppdragsleder Ingvild Brekke
Dokument	Nummer 23150-01-3 Utført av Ingvild Brekke	Dato 2024-03-05 Kontrollert av Ingrid Alne

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
3	05.03.2024	IB	IA	Rettet to trykkfeil fra 100 til 1000 år.
2	04.03.2024	IB	IA	Endret formuleringer til å gjelde gjenbruk av eksisterende bygg på tomta. Vanndybde inn mot bygget er fjernet
1	20.02.2024	IB	IA	Første versjon

Flomfarevurdering for gbnr. 26/204

Sammendrag

Det planlegges å etablere ny brannstasjon i eksisterende bygg på gbnr. 26/204 i Gol kommune. Tomta ligger innenfor NVEs aktsomhetssoner for flom. Skred AS har derfor utført en flomfarevurdering iht. NVEs veileder *for utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak* for tomta. Vurderingen er gjort iht. TEK 17 § 7-2 for sikkerhetsklasse F3. Det medfører et krav om en årlig sannsynlighet for flom $< 1/1000$ der foreliggende klimaframskrivninger er hensyntatt.

Dimensjonerende 1000-årsflom i vurdert flomvei inkludert et klimapåslag på 40 %, er beregnet til $6,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Det er etablert en hydraulisk modell av flomveien med omliggende områder. Beregningene viser at vann fra en bekk og overvann fra lia oppstrøms vil samles til en flomvei som renner gjennom vurdert tomt og industriområdet rundt.

Det er tegnet faresoner som viser utstrekning av dimensjonerende flom. Dimensjonerende vannstand på tomta er 221,5 moh., som tilsvarer 0,1 meter vannstand inn mot dagens bygg. Ved bruk av flomsonekartet anbefales det å benytte et ekstra sikkerhetspåslag på minimum 0,1 meter. Vurderingen tilsier at tomta har en årlig sannsynlighet $< 1/1000$ for å bli berørt av flom.

For å kunne gjenbruke det eksisterende bygget må det kunne tåle oversvømmelse opp til flomsikkert nivå på 221,6 moh., inkludert usikkerhetspåslag. Etter vår vurdering vil bygget kunne opprettholde sin funksjon selv om det er 10 cm vann på gulvet.

Dersom man gjør terrengendringer på tomta eller i flomveien som kan endre vannets løpanbefaler vi at hydraulisk modellering benyttes for å verifisere at man ikke gir økt ulempe for naboene. Det vil trolig være mulig å finne en løsning der planeringshøyden til bygget heves til flomsikkert nivå (221,6 moh.) samtidig som flomveien opprettholdes over tomta. Ved fremtidig 1000-årsflom er modellert vannstand inntil 20 cm på adkomstveg fra sør (Lauvrudvegen og Elvevegen), som forventes å værekjørbar under flom. Lauvrudvegen nordover har en modellert vannstand på inntil 60 cm, og vil ikke være fremkommelig for personkjøretøy under flom.

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.

Innhold

1	Innledning	4
1.1	Forord	4
1.2	Bakgrunn	4
1.3	Mål	4
1.4	Kartleggingsområdet	4
1.5	Forbehold	5
2	Regelverk og krav	6
2.1	Lovverket	6
2.2	Krav til sikkerhet mot flom i TEK17	6
2.3	Aktuelle krav	7
3	Metode og data	8
3.1	Valg av metode	8
3.2	Tidligere utredninger i nærheten	8
3.3	Oppsummering og resultater fra befarings	8
3.4	Topografiske data opp eventuelle oppmålinger	8
3.5	Data for observerte flommer og kalibreringsdata	8
3.6	Beskrivelse av bekkeløp/flomvei	8
3.7	Grunnforhold	10
4	Flomberegning	11
4.1	Metode	11
4.2	Beskrivelse av nedbørfelt	11
4.3	Flomfrekvensanalyse	12
4.3.1	Målestasjoner	12
4.3.2	Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-NIFS)	14
4.4	Nedbør-avløpsmetoder	15

4.4.1	PQRUT.....	15
4.4.2	Den rasjonale metode	15
4.5	Klimaframskrivninger	15
4.6	Vurdering av resultater.....	15
4.6.1	Middelflom.....	15
4.6.2	Vekstkurve	16
4.6.3	Sammenligning av resultater fra ulike metoder	16
4.7	Dimensjonerende vannføring	16
4.8	Klassifisering av det hydrologiske datagrunnlaget for flomberegningen	17
5	Hydrauliske beregninger	18
5.1	Modellvalg	18
5.2	Oppsett av modell	18
5.2.1	Terrengmodell og modelloppsett	18
5.2.2	Konstruksjoner	20
5.3	Kalibrering og tilpasning av modell	20
5.4	Modellering av dimensjonerende flommer.....	21
5.5	Følsomhetsanalyser.....	21
5.6	Klassifisering av hydraulisk modell.....	22
5.7	Sikkerhetspåslag.....	22
6	Risikoreduserende tiltak	23
7	Flomfare fra Hemsila	24
8	Andre farer i vassdraget.....	25
8.1	Tilstopping og vann på avveie.....	25
8.2	Erosjon	25
9	Resultater og konklusjon.....	26
9.1	Dimensjonerende vannføring	26
9.2	Faresoner for flom.....	26
9.3	Sikkerhet mot erosjon	26
9.4	Adkomstveger	26
9.5	Risikoreduserende tiltak.....	27
10	Referanser.....	28

1 Innledning

1.1 Forord

Plan- og bygningsloven (pbl) og Byggteknisk forskrift (TEK 17 §7-2) stiller krav til sikkerhet mot naturfare. For reguleringsplan og byggesak/-tiltak, søknadspliktig eller ikke, må det derfor dokumenteres at tilstrekkelig sikkerhet mot flomfare vil bli oppnådd i henhold til disse sikkerhetskravene.

Denne utredningen er utført av fagkyndig personell og følger NVEs veileder *Sikkerhet mot flom – Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak* (NVE, 2022a) og vil dermed kunne dokumentere om sikkerhetskravene er oppfylt.

1.2 Bakgrunn

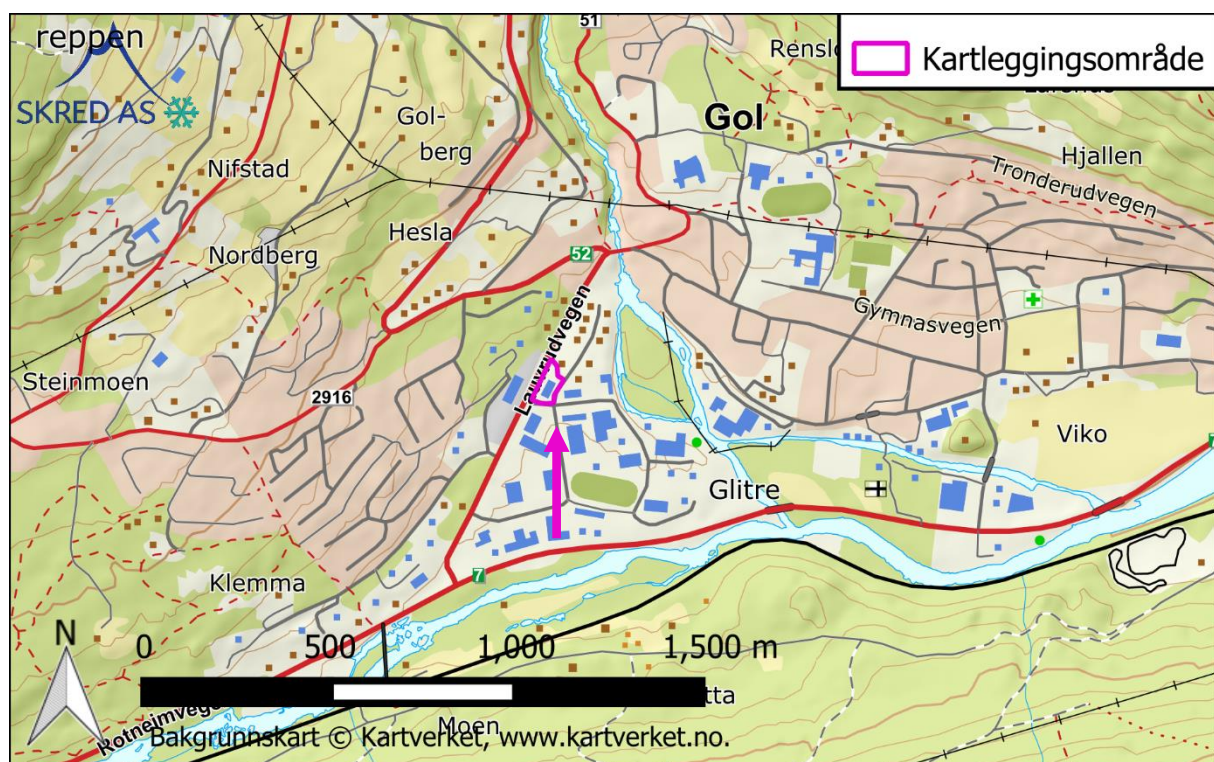
Gol kommune vurderer å etablere ny brannstasjon i eksisterende bygg på gbnr. 26/204 på Glitre. Kartleggingsområdet ligger innenfor NVEs aktsomhetssoner for flom der en flomvei fra en bekk utgjør en potensiell flomfare. Det ønskes derfor en detaljert flomfarevurdering.

1.3 Mål

Oppdraget omfatter vurdering av flomfare i henhold til TEK 17 § 7-2 for følgende sikkerhetsklasse med tilhørende årlig sannsynlighet: F3 (1/1000).

1.4 Kartleggingsområdet

Kartleggingsområdet ligger i Glitre ved sentrum i Gol kommune. Beliggenheten til kartleggingsområdet er vist på Figur 1.



Figur 1: Beliggenheten til kartleggingsområdet, på Glitre i Gol kommune.

1.5 Forbehold

Flomvurderinger er gjort ut fra terreng og vegetasjon slik det fremsto på vurderingstidspunktet. Hvis terreng eller vegetasjon endres betydelig, kan det ha betydning for 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 Regelverk og krav

2.1 Lowerket

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 Krav til sikkerhet mot flom i TEK17

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 (Direktoratet for byggkvalitet, 2023).

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (Direktoratet for byggkvalitet, 2023).

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.

2.3 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. Det er opp til kommunen å fastsette sikkerhetsklasse mot flom. Vi foreslår sikkerhetsklasse F3 for planlagt tiltak.

3 Metode og data

3.1 Valg av metode

Da flomveien forventes å kunne utgjøre en reell flomfare for kartleggingsområdet blir det utført en detaljert flomfarekartlegging etter veiledningen i NVE (2022a). Det inkluderer beregning av dimensjonerende vannføring etter aktuell NVE-veileder (NVE, 2022b), en detaljert hydraulisk modellering av vassdrag med konstruksjoner, samt vurdering hvordan andre vassdragsrelaterte farer kan påvirke faren for flom.

3.2 Tidligere utredninger i nærheten

For å kunne svare ut mulig flomfare fra Hemsila, har vi fått tilsendt gjeldende (sensurerte) rapport og beredskapskart for dam Flævatn lenger oppe i Hemsedal fra kommunen.

Vi har tidligere kartlagt kritiske punkter i Gol kommune (Skred AS rapport 19191-01-1, datert 30. september 2019), og i den forbindelse befart bekken som aktuell flomvei stammer fra. Vi kjenner ikke til andre flomfareutredninger for området.

3.3 Oppsummering og resultater fra befaring

Befaring i området ble utført 8. november 2023 av Ingvild Brekke og Ingrid Alne, begge Skred AS. Det var oppholdsvær og tilnærmet bart under befaringsa. Registeringer ble gjort til fots.

3.4 Topografiske data opp eventuelle oppmålinger

Basert på bakkepunkter fra LiDAR-data av området fra 2018 (NDH Gol-Hemsedal 5pkt 2018) lastet ned fra www.hoydedata.no (Kartverket, 2023) er det etablert en terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 x 1 meter. Alle høyder i rapporten er oppgitt i høydesystem NN2000.

3.5 Data for observerte flommer og kalibreringsdata

Vi har ikke fått informasjon om tidligere flommer i den vurderte bekken/flomveien som kan benyttes til å kalibrere eller verifisere den hydrauliske modellen og resultatene.

Kommunen har informert om at det dro vann over Lauvrudvegen vest for kartleggingsområdet under ekstremværet «Hans» i august 2023.

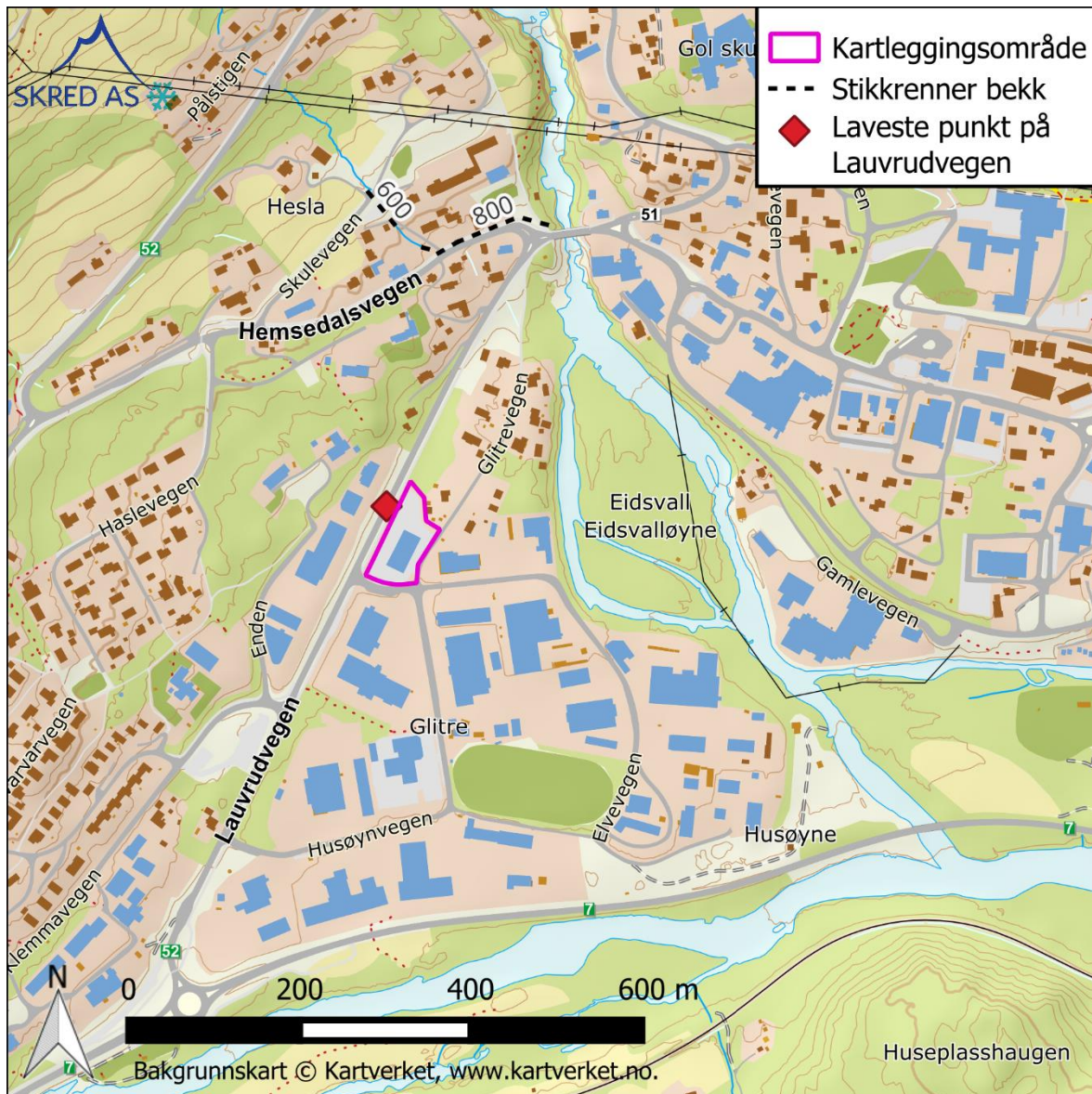
3.6 Beskrivelse av bekkeløp/flomvei

Mesteparten av vannføringen i flomveien forventes å stamme fra en bekk som samler vann fra Skagahøgdi skisenter og derfra renner sørøstover ned mot Glitre. Fra skisenteret og ned mot Glitre krysser bekken minst åtte veger, og det vurderes som svært sannsynlig at vann vil bli dratt på avveie ved noen av disse kryssingene. Bekken renner inn i et 800 mm-rør som renner ut Hemsila 300 meter oppstrøms vurdert tomt. Dette røret forventes å ha svært liten kapasitet sett opp mot dimensjonerende vannføring, og vi forventer dermed vann på avveie.

Det går en rygg på vestsiden av Hemsila fra Valdresvegen-brua og elva og ned mot kartleggingsområdet. Denne ryggen gjør at overflatevann vil samles vest for ryggen, og fylle et lavpunkt i skogen rett nord for vurdert tomt. Videre vil vannet følge Lauvrudvegen sørøstover. Lavrudvegen stiger mot Rv. 7, og lavbrekket på vegen ble på befaring vurdert å

være rett vest for vurdert tomt, markert i Figur 2. Det forventes at flomveien vil dra over her, og videre sørover gjennom industriområdet før vannet enten drar ut i Hemsila rett oppstrøms Rv. 7 eller over Rv. 7.

Figur 2 viser et oversiktskart over området, mens Figur 3 viser et foto av vurdert tomt ved Lauvrudvegen.



Figur 2: Oversiktskart over kartleggingsområdet og vurdert bekk/flomvei.



Figur 3: Bilde av Lauvrudvegen sett mot sør. Aktuelt bygg er til venstre i bildet. Bildet er tatt omtrent ved lavbrekket på veien.

3.7 Grunnforhold

Kartleggingsområdet ligger helt på grensa mellom tykk morene og elveavsetninger ifølge NGU sitt løsmassekart (kartlagt i 1:250 000). Området ligger over marin grense.

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.

NVE sin veileder for flomberegninger (2022b) er lagt til grunn for beregning av dimensjonerende flommer.

4.2 Beskrivelse av nedbørfelt

Flomveien har ikke en valgbar elvestreng i NVE sitt kartverktøy Nevina, så det er brukt andre metoder for å fastsette nedbørfeltet. Det er flere veger som slynger seg nedover lia som vil påvirke feltgrensene og som gjør at feltgrensene er svært usikre. Det er brukt to metoder for generering av nedbørfelt: Scalgo Live og manuell generering med utgangspunkt i dreneringslinjer (enkeltstrømningsalgoritme (*single flow direction*)) fra egen terrengmodell. Disse er vurdert opp mot hverandre og mot dreneringsanalyse med flerstrømningsalgoritme (*multi flow direction*), og det blå nedbørfeltet i Figur 4 er vurdert som realistisk. Samtidig, så er det mulig at deler av det røde området (0,5 km²) også kan drenere mot flomveien under en ekstremhendelse. Det er valgt å håndtere denne usikkerheten i følsomhetsanalysen.

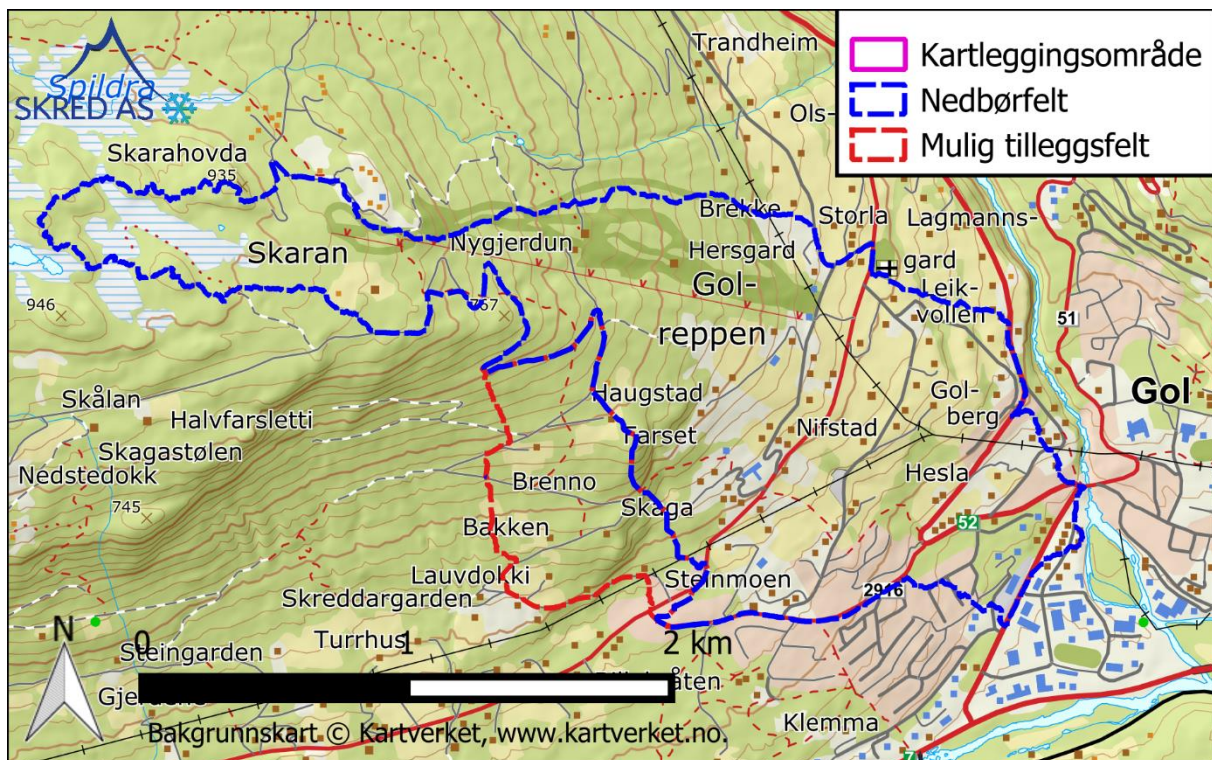
Nedbørfeltet til vurdert flomvei drenerer østover og har en jevn bratt gradient. Øvre halvdel av feltet er dominert av skog og noen alpinbakker. Nedover lia går arealbruken gradvis over til dyrket mark og stadig mer bebyggelse. Det er få/ingen flatere områder eller innsjøer som vil bidra spesielt med naturlig flomdemping. Feltet er heller ikke påvirket av regulering.

Feltkarakteristika til vurdert flomvei er vist i Tabell 2 og feltgrensene er vist i Figur 4.

Tabell 2: Feltkarakteristika til vurdert flomvei.

Vassdrag	Feltareal [km ²]	q_N^* [l/s*km ²]	Eff. sjø [%]	Skog [%]	Jordbruk/ alpinanlegg [%]	Bebygd [%]	Høydeint. [moh.]
Vurdert flomvei	2,9	11,2	0	40	50	8	221-935

*omtrentlig bereget fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1991-2020.



Figur 4: Feltgrensene til vurdert flomvei ved kartleggingsområdet.

4.3 Flomfrekvensanalyse

4.3.1 Målestasjoner

Det foreligger ingen kjente målinger av flomvannføring i flomveien, og det finnes heller ikke spesielt representative målestasjoner med gode målinger i nærheten. For å ha sammenligningsgrunnlag for flomformelverkene er det likevel valgt å utføre flomfrekvensanalyse på en målestasjon.

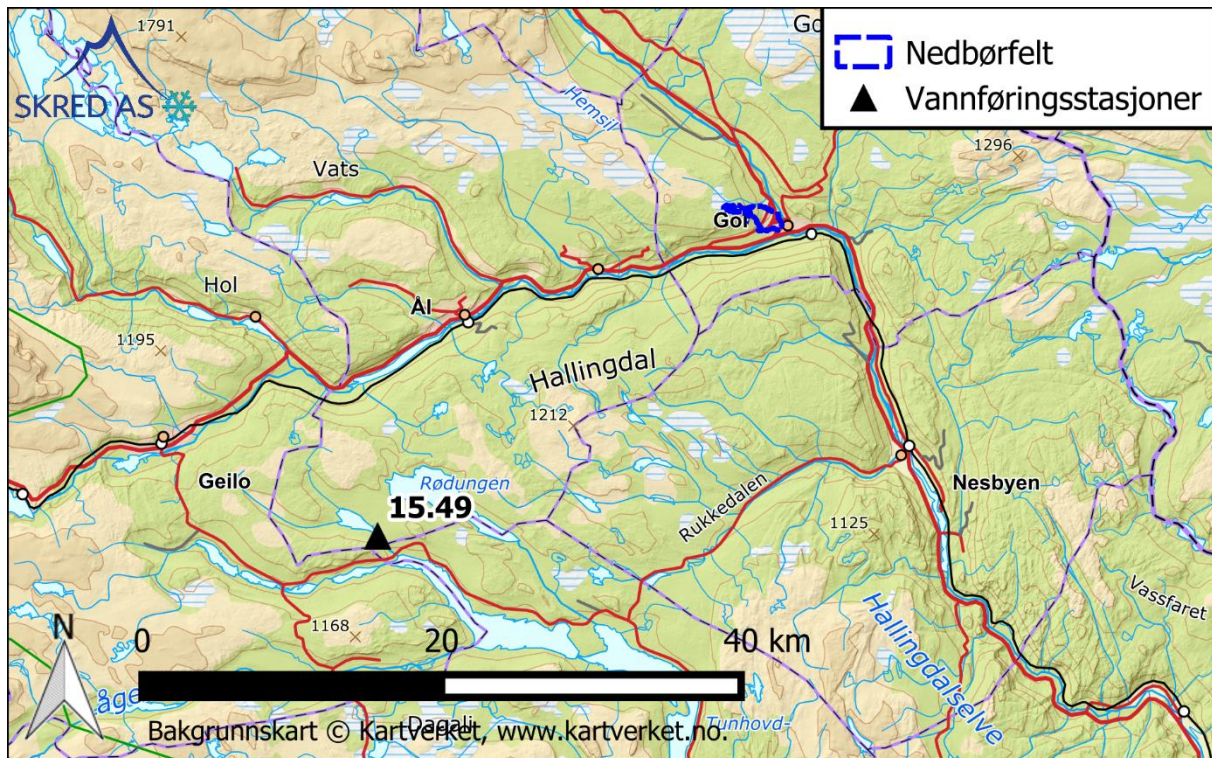
15.49 Halledalsvatn ligger forholdsvis nært, har et relativt lite felt og en relativt lang måleserie. Målestasjonen er ikke påvirket av regulering. NVE har ingen offisiell kvalitetsvurdering av kurven. Ifølge seriekart er forholdene for vannføringsmålinger ved målestasjonen gode. Målegrunnlaget for vannføringskurven innebærer en storflom med vannføring større enn estimert 50-årsflom. Vår vurdering er derfor at kurven har et godt grunnlag for store vannføringer.

I Tabell 3 er feltkarakteristika for vurdert nedbørfelt og 15.49 Halledalsvatn oppgitt. Middellavrenning (q_n) er beregnet basert på måleserien ved hver stasjon. Beliggenheten er vist i Figur 5.

Tabell 3: Feltkarakteristika og kurvekvaliteten til utvalgt referansevassdrag.

Målestasjon	Feltareal [km ²]	Måleperiode døgn [år]	q _N [l/s*km ²]	Eff. Sjø [%]	Skog [%]	Snau-fjell [%]	Høydeint. [moh]	Kurvekvalitet (flom)
Vurdert nedbørfelt	2,9	-	11,2	0	40	0	221-935	-
15.49 Halledalsvatn	59,2	1962-2023	16,4	3,85	59	19	846-1185	Usikker

*omtrentlig bereget fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1991-2020.



Figur 5: Lokasjon til utvalgt målestasjon.

Vannføringsmålinger fra de aktuelle målestasjonene er hentet ut og analysert gjennom NVE-databasen Hydra2. Det er gjort flomfrekvensanalyse av måleseriene på årsflommer. Frekvensfordeling er valgt basert på serielengde og frekvenskurven sin tilpasning til dataene. Tabell 4 presenterer analysen utført med Flom_analyse-programmet i Hydra II på døgndata. Det er valgt å utføre analyse på døgndata fordi hovedprioriteten er vekstkurven, og døgnserien er betydelig lenger enn findataserien. Programmet tar utgangspunkt i årsflommer. År med mer enn 10 % manglende dager fjernes i analysen.

Tabell 4: Resultater fra flomfrekvensanalyse på utvalgte måleserier, døgndata.

Målestasjon	År	Middelflom		Q ₁₀₀₀ / Q _M			Metode
		Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]	Nedre estimat	Middel-estimat	Øvre estimat	
15.49 Halledalsvatn	61	10.9	183	2.25	2.82	3.35	GEV

4.3.2 Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-NIFS)

Formelverket RFFA-NIFS er et nasjonalt formelverk for flomberegninger i naturlige nedbørfelt med feltareal mellom 0,2 og 53 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 for returperioder opp mot 200 år. Det betyr at et godt estimat av middelflom vil redusere usikkerheten i beregningene betraktelig.

Basert på erfaring virker middelavrenningen fra NVE sitt avrenningskart lav for det vurderte nedbørfeltet. Det velges derfor å oppjustere middelavrenningen til 15 l/s*km² i flomformelverket. Resultatene gitt fra flomformelverket for små nedbørfelt er presentert i Tabell 5.

Tabell 5: Resultater fra RFFA-NIFS (kulminasjon).

Estimat	Middelflom		Q ₁₀₀₀ / Q _M	Q ₁₀₀₀ [m ³ /s]
	Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]		
Lav (2,5 %)	0.6	218		1.8
Middel	1.3	436	4.01	3.6
Høy (97,5 %)	2.5	872		7.3

4.3.2.1 RFFA-2018

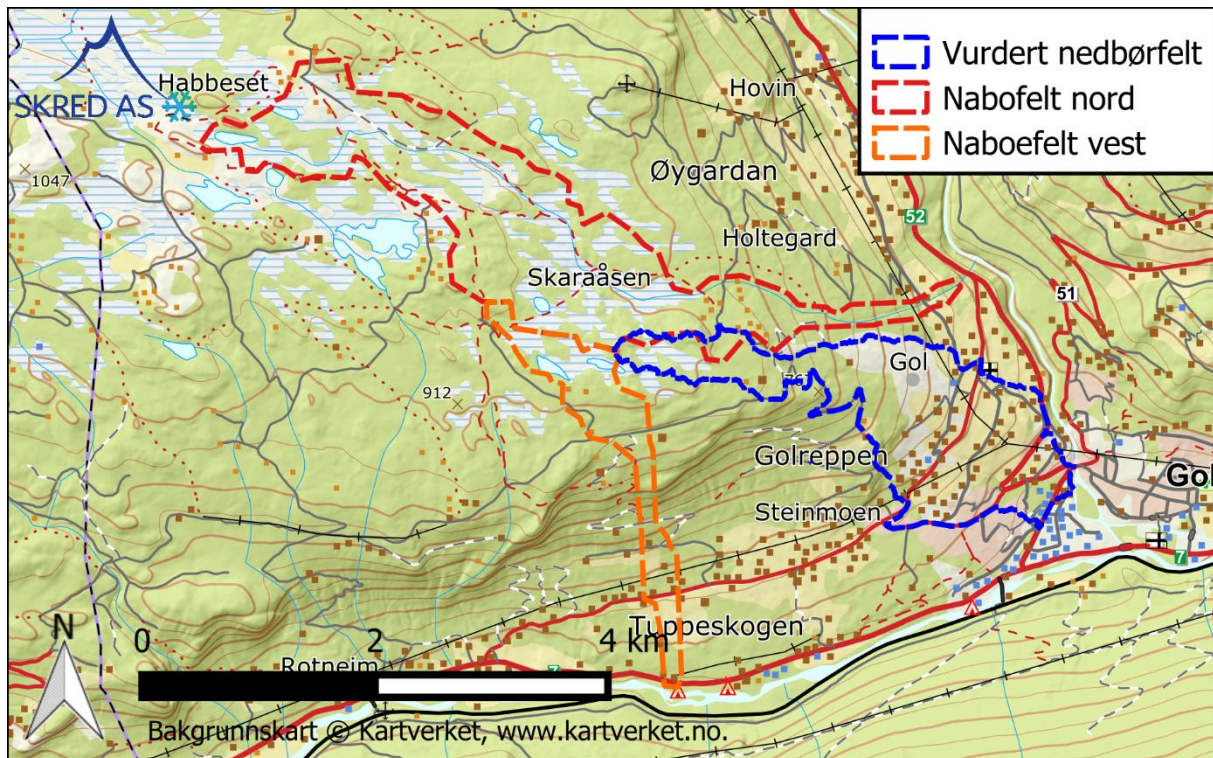
Formelverket RFFA-2018 beregner medianflom, vekstkurver og forholdstall mellom kulminasjonsflom og døgnmiddelflom i umålte felt. Formelverket er utviklet for alle feltstørrelser, men for små felt (< 60 km²) anbefales fortsatt RFFA-NIFS for returperioder til og med 200 år. For returperioder over 200 år anbefales det å bruke vekstfaktoren fra RFFA-2018, og denne metoden anses derfor som relevant. Analysen gir døgnmiddelvannføring.

RFFA-2018 avhenger av mange feltparametere og regionale parametere, og genereres i NVE sin karttjeneste Nevina. Den vurderte flomveien har ikke en valgbar elvestreng i Nevina, og det har heller ikke latt seg gjøre å redigere en av nabo-elvestrengene til å gjelde det vurderte nedbørfeltet. Det er derfor valgt å se på vekstkurven som genereres for nabofeltene (rett vest og rett nord).

Resultatene gitt fra RFFA-NIFS og RFFA-2018 for nabofeltene er presentert i Tabell 6 under, mens Figur 6 viser nedbørfeltene.

Tabell 6: Resultater fra RFFA-NIFS og RFFA-2018 for nabofeltene.

	Feltareal [km ²]	RFFA-2018		RFFA-NIFS	
		q _M (kulm.) [l/s*km ²]	Q ₁₀₀₀ /Q _M	q _M (kulm.) [l/s*km ²]	Q ₁₀₀₀ /Q _M
Nabofelt vest	1,1	291	3.00	321	4.21
Nabofelt nord	4,5	395	3.31	419	3.98



Figur 6: Feltgrensene til nabofeltene fra Nevina sammen med vurdert nedbørfelt.

4.4 Nedbør-avløpsmetoder

4.4.1 PQRUT

Siden vurdert flomvei har et lite nedbørfelt ($A < 10 \text{ km}^2$) med en rask avrenningskarakteristikk, vurderes det at PQRUT vil være beheftet en stor grad av usikkerhet. Det er derfor valgt å ikke utføre flomberegning med denne metoden.

4.4.2 Den rasjonale metode

Siden nedbørfeltet er større enn 2 km^2 , og det ikke finnes god nedbørstatistikk, hvert fall ikke på med 1000 års gjentaksintervall, vurderes den rasjonale metoden som lite aktuell.

4.5 Klimaframskrivninger

I henhold til anbefalinger i NVE (2022b) blir et klimapåslag på 40 % benyttet for å ta hensyn til forventet økning i flomstørrelser frem mot år 2100. Påslaget på 40 % gjelder generelt for alle nedbørfelt mindre enn 10 km^2 .

4.6 Vurdering av resultater

4.6.1 Middelflom

Det forventes at middelflom i vurdert nedbørfelt skal ligge betydelig høyere enn 15.49 Halledalsvatn fordi Halledalsvatn har et mye større nedbørfelt og høy effektiv sjøprosent som gir større grad av naturlig flomdemping i feltet.

Sammenligning av spesifikk middelflom fra RFFA-NIFS og RFFA-2018 for de to nabofeltene viser at RFFA-2018 ligger noe lavere enn RFFA-NIFS. Vi velger å legge vekt på estimatet fra RFFA-NIFS siden denne metoden anbefales for små felt i veilederen (NVE, 2022b).

Vår erfaring tilsier at NIFS underestimerer i små, bratte nedbørfelt på Østlandet, og vi forventer høyere avrenning i et mer urbant felt som det vurderte feltet er. Dette er delvis kompensert for ved å oppjustere middelavrenningen som er benyttet i formelverket. Det velges i tillegg å sette middelflommen for vurdert nedbørfelt til 500 l/s*km^2 , noe over middelestimatet fra NIFS.

4.6.2 Vekstkurve

Sammenligningen for nabofeltene i Tabell 6 viser at RFFA-NIFS gir en langt høyere vekstkurve enn RFFA-2018. Vekstkurven fra RFFA-NIFS er også betydelig høyere enn øvre estimat fra 15.49 Halledalsvatn. RFFA-2018 er mellom middel- og øvre estimat fra 15.49 Halledalsvatn. Veilederen (NVE, 2022b) anbefaler at vekstkurven fra RFFA-2018 tillegges mer vekt enn RFFA-NIFS også for små nedbørfelt ved gjentaksintervall større enn 200 år.

Siden RFFA-2018 ikke er mulig å finne for vurdert felt, velger vi å anslå den ut fra nabofeltene. Størrelsesmessig ligger vurdert felt omtrent midt mellom nabofeltene. Plasseringen er noe lenger øst og lavere i terrenget. Videre er det vanskelig å vekte de ulike feltparametrene opp mot hverandre, siden det er så mange som inngår i RFFA-2018-beregningene. Det velges derfor å sette vekstkurven Q_{1000}/Q_M til 3,15, midt mellom vekstkurvene til nabofeltene.

4.6.3 Sammenligning av resultater fra ulike metoder

Resultatene fra de ulike flomberegningsmetodene og valgte verdier er oppsummert i Tabell 7. Erfaringstallene fra veilederen (NVE, 2022b) for q_{1000} for små felt er inntil 1500 l/s*km^2 (døgnmiddel) for helt vest på Østlandet. Det aktuelle feltet er veldig lite, men Gol har forholdsvis lite intens nedbør sammenlignet med andre områder på Østlandet, så det vurderes som rimelig at kulminert q_{1000} ligger noe over maksimal q_{1000} døgnmiddel.

Tabell 7: Sammenligning av resultater fra flomberegninger med ulike metoder (kulm.).

Metode	q_m [l/s*km^2]	Q_{1000}/Q_M	q_{1000} [l/s*km^2]
Formelverk for små nedbørfelt	220-870	4.01	870-3490
15.49 Halledalsvatn	183*	2.25-3.35	-
Nabofelt RFFA-2018	-	3.00-3.31	-
VALGT	500	3.15	1575

*døgnmiddel.

4.7 Dimensjonerende vannføring

Dimensjonerende vannføring beregnet for vurdert flomvei er gitt i Tabell 8. Spesifikk 1000-årsflom med klimatillegg er beregnet til 2200 l/s*km^2 .

Tabell 8: Dimensjonerende vannføring i vurdert flomvei med og uten klimapåslag (kulminasjon).

Vassdrag	Feltareal [km ²]	Klimapåslag [%]	Middelflom		Q ₁₀₀₀ / Q _M	Q ₁₀₀₀ [m ³ /s]
			Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]		
Vurdert flomvei	2,9	Ingen	1.5	500	3.15	4.6
		40 %	2.0	700		6.4

4.8 Klassifisering av det hydrologiske datagrunnlaget for flomberegningen

Da det ikke foreligger observasjoner i eller nært vassdraget, vurderes det hydrologiske grunnlaget for flomberegninger til klasse 4 (på en skala fra 1 – 5 der 1 er best). Det tilsvarer klassifiseringskriteriet «*Begrenset hydrologisk datagrunnlag*».

5 Hydrauliske beregninger

5.1 Modellvalg

I beregning av vannlinje og hydrauliske parametere er programvaren Hec-Ras versjon 6.4.1 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 Terrengmodell og modelloppsett

Terrengmodellen som er benyttet i den hydrauliske modellen er beskrevet i avsnitt 3.4.

Oppstrøms grensebetingelser er plassert i bekken, omtrent 1 km oppstrøms vurdert tomt. Det forventes at hoveddelen av vannføringer her følger bekken, før vannet sprer seg langs veien og gjennom bebyggelse nedover. *Rain on grid*-modellering for hele nedbørfeltet er brukt for å kontrollere at grensebetingelsen er rimelig plassert.

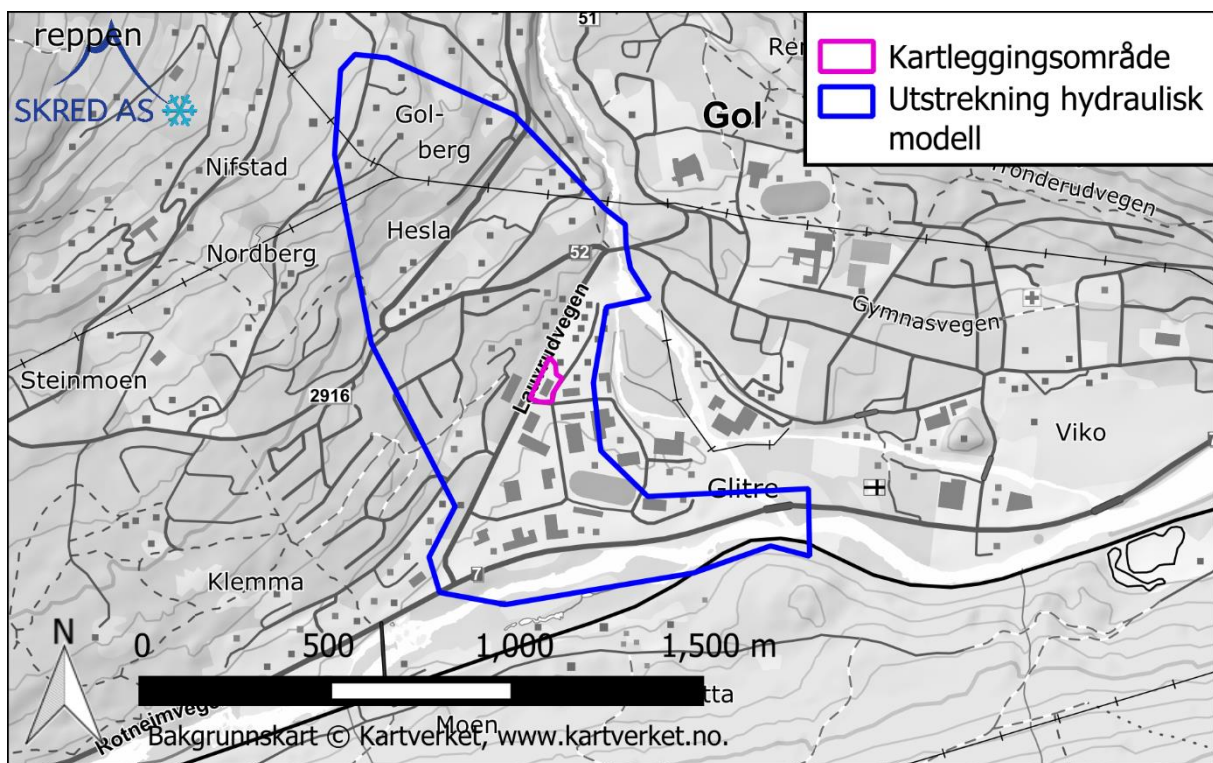
Det vurderes som lite sannsynlig med samtidige ekstremflommer i vurdert flomvei, Hemsila og Hallingdalselva. Det er derfor valgt å vurdere 1000-årsflom i flomveien kombinert med middelflom i Hemsila og Hallingdalselva. Dette er lagt inn i den hydrauliske modellen ved å sette nedstrøms grensebetingelser tilnærmet lik tverrprofiler fra gjeldende dambruddsbølgeberegning for Hemsila (Multiconsult, 2014). Beregnet vannstand ved initialsituasjon middelflom benyttes, hhv. 222,37 moh. ved profil 45089 i Hemsila og 204,49 moh. ved profil 977 i Hallingdalselva.

Det forventes at varigheten på flomtoppen vil være forholdsvis kort. Det er derfor valgt å starte modellen tørr (i flomveien) og deretter kjøre kulminasjonsvannføring i 2 timer, uten å vente på at vannstanden i det flate næringsområdet skal stabilisere seg helt.

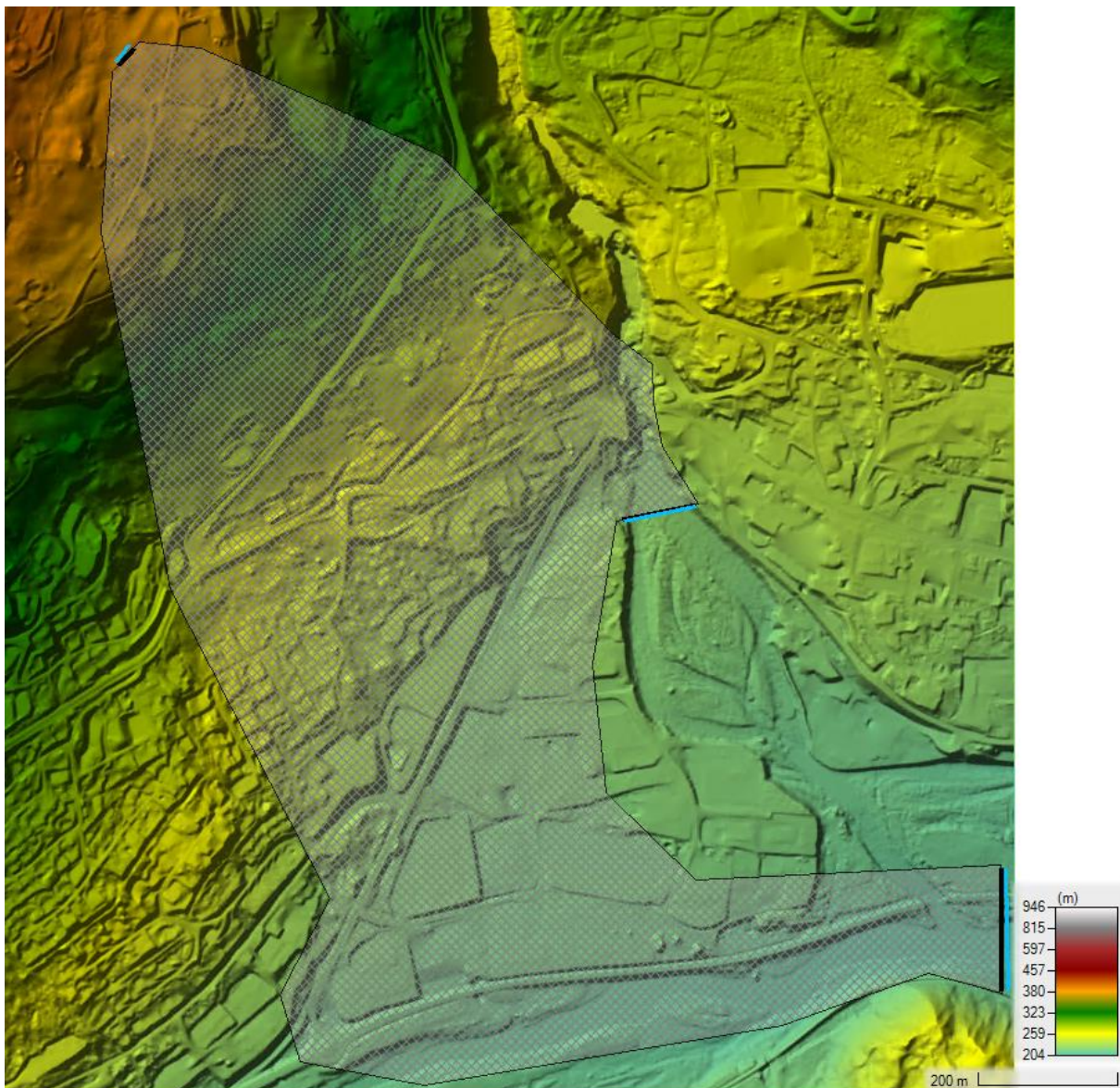
Som grunnlag for ruhetsområder og plassering av bygninger i modellen har vi benyttet «Land Cover» fra Scalgo. «Land Cover» er en raster der terrenget er delt inn i ulike kategorier ut fra maskinlæring fra ortofoto. For bygninger er det lagt inn en svært høy ruhet slik at vannet vil strømme rundt. Benyttede ruheter og andre parametere i modellen er oppsummert i Tabell 9. Utstrekningen til den hydrauliske modellen er vist på Figur 7. Terrengmodell, benyttet beregningsgrid og plassering av grensebetingelser er illustrert i Figur 8.

Tabell 9: Parametere benyttet i Hec-Ras modell for vurdert flomvei.

Parameter	Verdi
Oppløsning på terrengmodell	1 x 1 meter
Oppstrøms grensebetingelse	Normalstrømning
Nedstrøms grensebetingelse	Vannstand ved middelflom i Hemsila og Hallingdalselva
Cellestørrelse beregningsgrid	2 x 2 meter
Likningssett	Full momentum
Tidsskritt	Gitt av courant-number mellom 0,1 og 1,0
Manningstall (M)	Elv 20 Veger, parkeringsplasser 70 Grusveger, grusplasser 50 Plen, hager, jorder 30 Bygninger 0.1



Figur 7: Utstrekning til hydraulisk modell.



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

5.2.2 Konstruksjoner

Det er ikke lagt inn stikkrenner i modellen, siden dimensjonene er små (600-800 mm i bekken) i forhold til dimensjonerende flom. Teoretisk kapasitet er 0,3-1 m³/s, avhengig av dimensjon og tilgjengelig trykkhøyde.

Fotgjengerundergangen under Hemsedalsvegen 300 meter oppstrøms vurdert tomt er lagt inn som en kulvert.

5.3 Kalibrering og tilpasning av modell

Modellen er verken tilpasset eller kalibrert siden vi ikke har måledata fra området eller vassdraget.

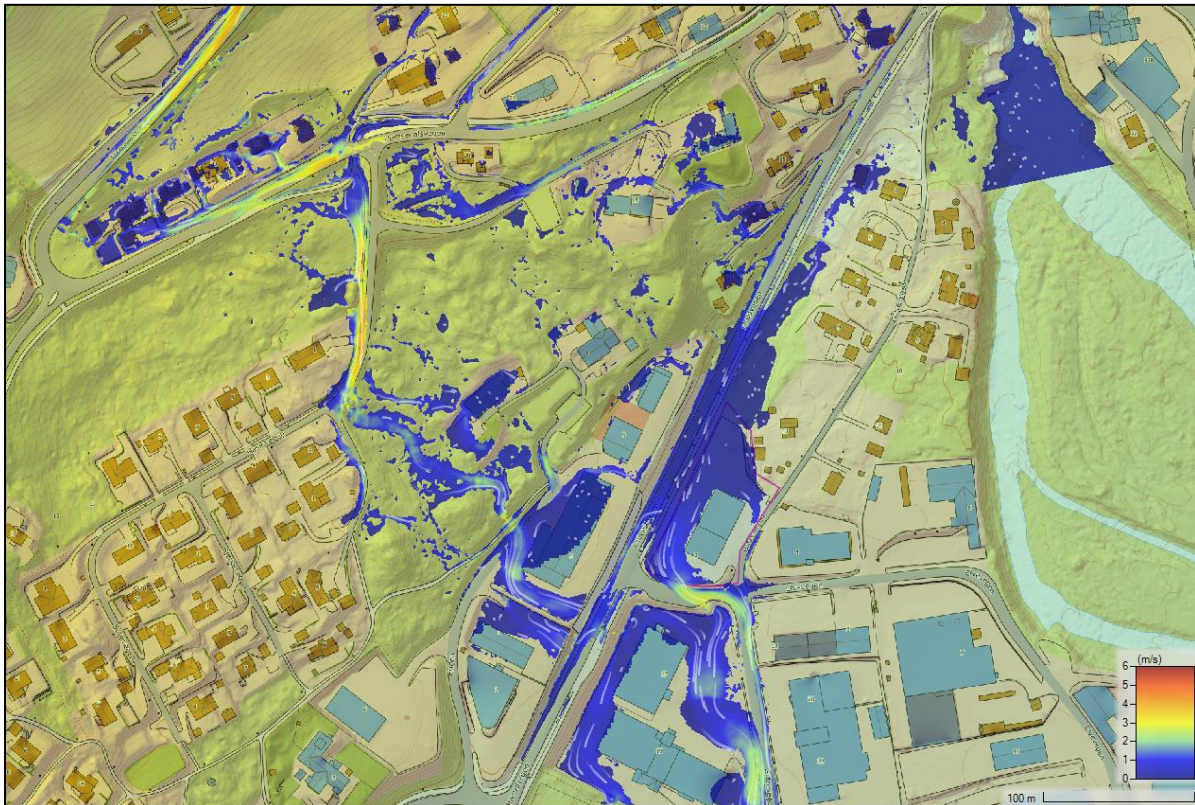
5.4 Modellering av dimensjonerende flommer

Modelleringen av fremtidig 1000-årsflom viser at vannet fra lia som forventet vil samles i lavbrekket ved den vurderte tomta. Vannet vil dra over nederste del av Hemsedalsvegen flere steder og samles langs Lauvrudvegen.

Mesteparten av vannet drar over Lauvrudvegen i lavbrekket og forbi på sørsiden av dagens bygg. Noe drar også på østsiden av dagens bygg, så uten bygg ville hele tomta blitt oversvømt. Videre drar vannet stort sett rett sørover gjennom industriområdet og ut til Rv. 7.

Modellert flomnivå på tomta på 221,5 moh., som tilsvarer en vannstand på 0,8 meter i laveste områdene nord på tomta og 0,3 meter på parkeringsplassen vest for dagens bygg. Modellert vannhastighet over tomta er lav, < 1 m/s, men vannet akselererer til 3 m/s ned mot krysset Elvevegen-Glitrevegen.

Figur 9 viser en illustrasjon av modellert strømnings situasjon.



Figur 9: Illustrasjon av modellert strømnings situasjon ved en 1000-årsflom inkludert klimapåslag.

5.5 Følsomhetsanalyser

Det er utført følsomhetsanalyser av den hydrauliske modellen, for å få et inntrykk av hvor følsom den er for variasjon av ulike parametere. Følgende er vurdert:

- Økning i vannføring med 20 % (mulig tilleggfelt gir 17 % økt feltareal)
- Økning i ruhet med 20 %

I begge tilfeller er økningen i vannstand på tomta mindre enn 0,05 meter fordi vannet er spredt over et stort område ved vurdert tomt. For vurdert tomt vurderes modellen som lite følsom.

5.6 Klassifisering av hydraulisk modell

Da den hydrauliske modellen er ikke tilpasset eller kalibrert, men lite følsom for endringer i parameterne vurderes den til klasse D.

5.7 Sikkerhetspåslag

Valg av sikkerhetspåslag skal basere seg på en skjønnsmessig vurdering. I NVE (2022a) anbefales det som grunnlag for valg av sikkerhetspåslag å ta utgangspunkt i en metodikk der man estimerer en økt vannstandssigning basert på en økt vannmengde gitt av klassifiseringen til flomberegningen og den hydrauliske modellen. Metoden forutsetter at det ikke er gjort konservative valg under utredningen.

Endelig sikkerhetspåslag settes basert på en skjønnsmessig vurdering av resultatene fra analysen med økt vannføring, samt vurdering av andre usikkerhetsfaktorer i vassdraget som for eksempel massetransport, fare for bunnheving og tilstopping av konstruksjoner.

For vurdert flomvei er et prosentvis påslag på vannføringen som grunnlag for vurdering av sikkerhet påslag funnet til 50 % som vist i Tabell 10.

Tabell 10: Grunnlag for å vurdere sikkerhetspåslag som prosentvis påslag på vannføring.

Klassifisering av hydraulisk modell	Klasse E	40 %	45 %	50 %	60 %
	Klasse D	20 %	30 %	40 %	50 %
	Klasse C	15 %	20 %	30 %	40 %
	Klasse B	10 %	15 %	20 %	30 %
	Klasse A	5 %	10 %	15 %	25 %
		Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4/5

Klassifisering av flomberegning

Økning i vannføring med 50 % gir 0,05-0,1 meter økning i vannstanden på tomta. Derfor anbefaler vi at det legges på 0,1 meter i sikkerhetspåslag på beregnet flomvannstand. Flomsikkert nivå for tomta blir da 221,5 moh. + 0,1 = 221,6 moh.

6 Risikoreduserende tiltak

Ny bebyggelse bør i utgangspunktet plasseres utenfor faresonen for flom. Dersom det skal etableres ny bebyggelse innenfor faresonen som faller inn under sikkerhetsklasse F3 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.

For å kunne gjenbruke det eksisterende bygget må det utformes slik at det tåler oversvømmelse opp til kote 221,6 moh., inkludert usikkerhetspåslag. Hvordan dette kan løses i praksis må noen med byggteknisk kompetanse svare på.

For å redusere vannføring i flomveien kan det gjøres tiltak oppstrøms for å få vannet fra bekken og ut i Hemsila.

For et eventuelt nybygg vil det mest aktuelle tiltaket for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot flom være å heve planeringshøyden til nytt bygg til over flomsikkert nivå. I henhold til grannelova kan man ikke utføre tiltak som gir økt flomulempe for naboene. Ved nybygg eller terrengtiltak på tomte må det utformes slik at flomveien opprettholdes over tomte og ikke gir økt ulempe for nabotomter. Dette bør verifiseres med en hydraulisk modell. TEK17 §7-2 stiller kun krav til bygg, så utendørs parkeringsområder trenger ikke oppnå samme sikkerhetsnivå.

TEK17 stiller heller ikke krav til adkomst eller beredskapsfunksjon, slik at brannstasjonen i teorien kan bygges som en «flomsikker øy» blant ellers oversvømte området. Det er opp til kommunens ROS-arbeid å vurdere om dette er akseptabelt. Veilederen *Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar* (NVE, 2022c) har en figur (figurnummer 2-15) med dybde og hastighet for vurdering for tåleevnen til kjøretøy i flomvann. Dagens adkomstveg fra Elvevegen og Lauvrudvegen sørover oppfyller kravene til liten fare for personkjøretøy (vanndybde < 0,3 meter og vannhastighet < 2 m/s). Modellert vannstand er inntil 20 cm. Adkomsten mot Glitrevegen og Glitrevegen nordover mot brua over Hemsila, der vannstanden er mindre enn 10 cm oppfyller også kravene. Vannstanden på Lauvrudvegen fra vurdert tomt og nordover er opptil 0,6 meter, så den kommer ikke til å være kjørbart for noen personkjøretøy.

7 Flomfare fra Hemsila

Kartleggingsområdet ligger 150 meter fra Hemsila, og aktsomhetssonen langs flomveien og aktsomhetssonen fra Hemsila møtes oppstrøms kartleggingsområdet. For å svare ut flomfare fra Hemsila er resultatene fra gjeldende dambruddsbølgeberegning (Multiconsult, 2014) vurdert.

Dam Flævatn er den største dammen som drenerer mot Hemsila. Vurdert tomt ligger mellom profil 45089 og 45920 i resultatkartene, 52 km nedstrøms dam Flævatn. Beregnet initialvannføring ved vurdert tomt er $281 \text{ m}^3/\text{s}$ for middelflom og $872 \text{ m}^3/\text{s}$ for 1000-årsflom. Kulminasjonsvannføring ved brudd med initialvannføring middelflom er $9\,985 \text{ m}^3/\text{s}$ i de aktuelle profilene. Ifølge beredskapskartet er vurdert tomt da utenfor oversvømt areal. Det vurderes derfor at tomta ikke er utsatt for flomfare fra Hemsila.

8 Andre farer i vassdraget

8.1 Tilstopping og vann på avveie

Det er ikke lagt inn stikkrenner i den hydrauliske modellen, så vurderingen hensyntar fare for tilstopping og vann på avveie. Stikkrennene i den vurderte bekken (600 mm og 800 mm) har ubetydelig kapasitet sett opp mot dimensjonerende flom, så vurderingen er sånn sett ikke så veldig konservativ.

8.2 Erosjon

I henhold til krav i TEK17 §7-2 (4) skal byggverk plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon. Avstanden til erosjonsutsatt elvekant må være minst like stor som høyden på kanten (målt fra toppen av skrent til normalvannstand i elv eller bekk), og ikke under 20 meter selv om høyden er mindre enn dette.

Kartleggingsområdet ligger mer enn 100 meter fra Hemsila, så Hemsila vurderes å ikke utgjøre en erosjonsfare for tomta. Tomta og områdene rundt er i hovedsak slake og asfalterte. Hastigheten på vannet i flomveien vil dermed være lav, samtidig som overflatene er lite eroderbare. Vi vurderer derfor at erosjon ikke utgjør en fare for tomta.

9 Resultater og konklusjon

9.1 Dimensjonerende vannføring

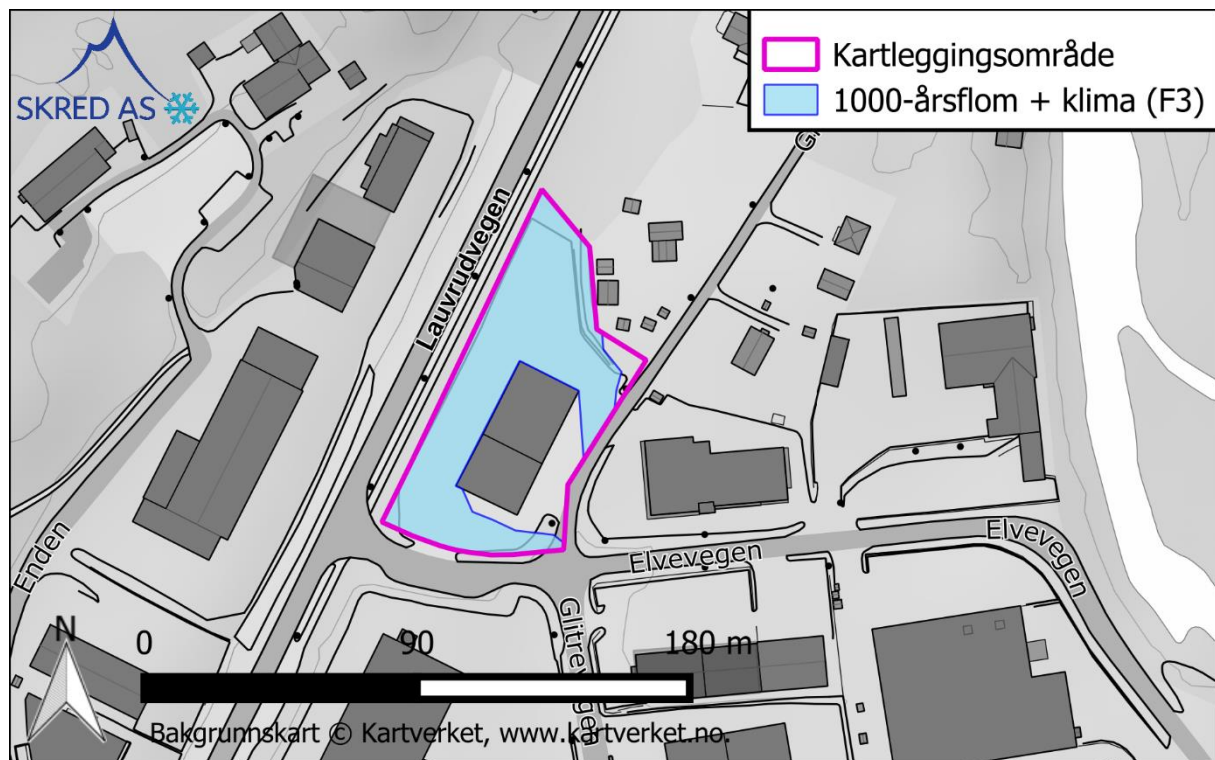
Dimensjonerende 1000-årsflom med 40 % klimapåslag er beregnet til 6,4 m³/s.

9.2 Faresoner for flom

Basert på resultater fra modelleringen og analysene er det tegnet opp faresone for flom for kartleggingsområdet. Faresonen viser hvilke områder som vurderes utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn 1/1000 i et endret klima.

Faresonen er en konsekvens av at vann fra en bekk og overvann fra lia oppstrøms vil samles til en flomvei som renner gjennom vurdert tomt og industriområdet rundt. Modellert vannstand på tomte er omtrent 221,5 meter.

Faresonen for flom er vist i Figur 10. For bebyggelse innenfor sonen anbefales det å benytte et sikkerhetspåslag på ytterligere minimum 0,1 meter over dimensjonerende flomnivå.



Figur 10: Faresone som viser områder utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn 1/1000 i år 2100 (sikkerhetsklasse F3).

9.3 Sikkerhet mot erosjon

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.

9.4 Adkomstveger

Ved fremtidig 1000-årsflom er modellert vannstand inntil 20 cm på adkomstveg fra sør (Lauvrudvegen og Elvevegen), mens Lauvrudvegen nordover har en modellert vannstand på

inntil 60 cm. «Bakvegen» (og etter hvert gangveg) Glitrevegen nordover har en modellert vannstand på inntil 10 cm. Ut fra kravene i *Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar* (NVE, 2022c) vil Lauvrudvegen nordover ikke være fremkommelig for personkjøretøy under flom. Det er mulig at Glitrevegen kan fungere som en reserve.

9.5 Risikoreduserende tiltak

Ny bebyggelse bør i utgangspunktet plasseres utenfor faresonen for flom. Dersom det skal etableres ny bebyggelse innenfor faresonen som faller inn under sikkerhetsklasse F3 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.

For å kunne gjenbruke det eksisterende bygget må det utformes slik at det tåler oversvømmelse opp til flomsikkert nivå på 221,6 moh., inkludert usikkerhetspåslag.

Ved eventuelle terrenginngrep på tomta anbefaler vi at hydraulisk modellering benyttes for å verifisere at det ikke gir økt ulempe for naboene og sikrer adkomst under en dimensjonerende flomhendelse. Det vil trolig være mulig å finne en løsning der planeringshøyden til bygget heves til flomsikkert nivå (221,6 moh.) samtidig som flomveien opprettholdes over tomta. Vi anbefaler kommunen å se helhetlig på flomveien siden det er et større flomutsatt område.

10 Referanser

- Direktoratet for byggkvalitet, 2023. Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning § 7-2 [WWW Document]. URL <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/7/7-2>
- Kartverket, 2023. Høydedata [WWW Document]. URL <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>
- Multiconsult, 2014. Dambruddsbølgberegninger for Hallingdalsvassdraget.
- NVE, 2022a. Veileder 03/2022 - Sikkerhet mot flom.
- NVE, 2022b. Veileder 01/2022 - Veileder for flomberegninger.
- NVE, 2022c. Veileder 04/2022 - Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar.
- SINTEF, 1992. Flomberegning og kulvertdimensjonering.