

Oppdragsgiver	Navn Kongsberg Prosjektservice AS	Kontaktperson Marit Kleivedalen
Oppdrag	Nummer og navn 17231 Sigdal, Medalen camping - Flomfarevurdering	Oppdragsleder Petter Reinemo
Dokument	Nummer 17231-01-1 Utført av Petter Reinemo	Dato 2017-12-22 Kontrollert av Gunnar Berg

Flomvurdering av Reguleringsplan for Medalen camping

Sammendrag

I forbindelse med arbeidet med Reguleringsplan for Medalen Camping i Sigdal kommune er det utført en flomvurdering av området. Planområdet er dekket av NVE sin aktsomhetszone for flom, der elva Flenta og høy vannstand i Haglebuvatna utgjør potensiell flomfare. Dagens krav til sikkerhet mot flom, definert i TEK17 med veileder, er lagt til grunn for vurderingene.

I utgangspunktet er sikkerhetsklasse F1 og F2 mest aktuelt for planlagt bebyggelse, som medfører at 20- og 200-årsflom er dimensjonerende. 20- og 200-årsflom i Flenta, inkludert et klimatillegg på 20 %, er estimert til henholdsvis 14 og 22 m³/s. Ved utløpet av Haglebuvatna er 20- og 200-årsflom estimert til 15 og 25 m³/s.

Dimensjonerende flomnivå er gitt av høyeste nivå av vannstand i Haglebuvatna og flom i Flenta for aktuelt gjentaksintervall/sikkerhetsklasse. Beregningene viser at vannstand i Haglebuvatna er dimensjonerende nedstrøms tilkomstvegen til planområdet, mens flom i Flenta er dimensjonerende for områdene oppstrøms vegen. En større del av planområdet er dekket av faresone for både 20- og 200-årsflom.

Det ble ikke påvist betydelig aktivitet og erosjon i elveløpet under befaringen. Da de hydrauliske beregningene også gir begrensede vannhastigheter er erosjonspotensialet vurdert som lite. En sone på 20 meter mellom elvekant og ny bebyggelse er vurdert tilstrekkelig basert på kravene i TEK17.

Dersom det planlegges bebyggelse innenfor faresonene må det utføres risikoreduserende tiltak i henhold til aktuell sikkerhetsklasse. Risikoreduserende tiltak kan blant annet innbefatte økning av planeringshøyde og etablering av flomvoller. Det beste tiltaket vil være å plassere byggverk utenfor faresonen.

Innhold

1	Innledning	4
1.1	Bakgrunn.....	4
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 vassdraget i tilknytning til planområdet	8
3.1	Flenta	8
3.2	Haglebuvatna.....	10
4	Flomberegning	11
4.1	Metode	11
4.2	Beskrivelse av nedbørfelt	11
4.3	Målestasjoner og flomfrekvensanalyse.....	12
4.4	Flomformelverk	16
4.5	Klimaframskrivninger.....	17
4.6	Dimensjonerende flommer	17
5	Hydraulisk modellering	18
5.1	Metode	18
5.2	Modell – Utløpet fra Haglebuvatnet	18
5.3	Modell – Flenta	19
5.4	Sensitivitetsanalyse	20
5.5	Resultater og flomsoner	21
5.5.1	Haglebuvatnet	21
5.5.2	Flenta.....	21
5.5.3	Faresoner.....	22
5.6	Sikkerhetsmargin	24
6	Vurdering av fare for erosjon	25
7	Konklusjon	26
8	Referanseliste	27

Figurer

Figur 1: Lokaliseringen av det vurderte planområde ved Haglebu i Sigdal kommune.	4
Figur 2: Planområdet, Flenta, kryssinger og utløp i Haglebuvatna.	8
Figur 3: Bru over Flenta ved ny gangvei.	9
Figur 4: Bru/kulvert over Flenta ved tilkomstveg til planområdet.	9
Figur 5: Karakteristisk bilde av elveløpet til Flenta i tilknytning til planområdet.	10
Figur 6: Haglebudammen ved utløpet av Haglebuvatna.	10
Figur 7: Feltgrensene til vurderte vassdrag.	12
Figur 8: Lokasjon til utvalgte målestasjoner.	14
Figur 9: Hypsografisk kurve for vurderte vassdrag og utvalgte målestasjoner.	15
Figur 10: Åpninger i Haglebudammen som er modellert som luker i Hec-Ras.	18
Figur 11: Benyttet terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser for modellen ved utløpet av Haglebuvatnet.	19
Figur 12: Benyttet terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser for modellen ved utløpet av Flenta langs planområdet.	20
Figur 13: Modellert strømningsmønster for en fremtidig 200-årsflom i Flenta.	21
Figur 14: 20-årsflom (inkludert klimapåslag) med beregnende flomnivåer.	22
Figur 15: 200-årsflom (inkludert klimapåslag) med beregnende flomnivåer.	23
Figur 16: Sikkerhetssone mot erosjon (DiBK, 2016).	25

Tabeller

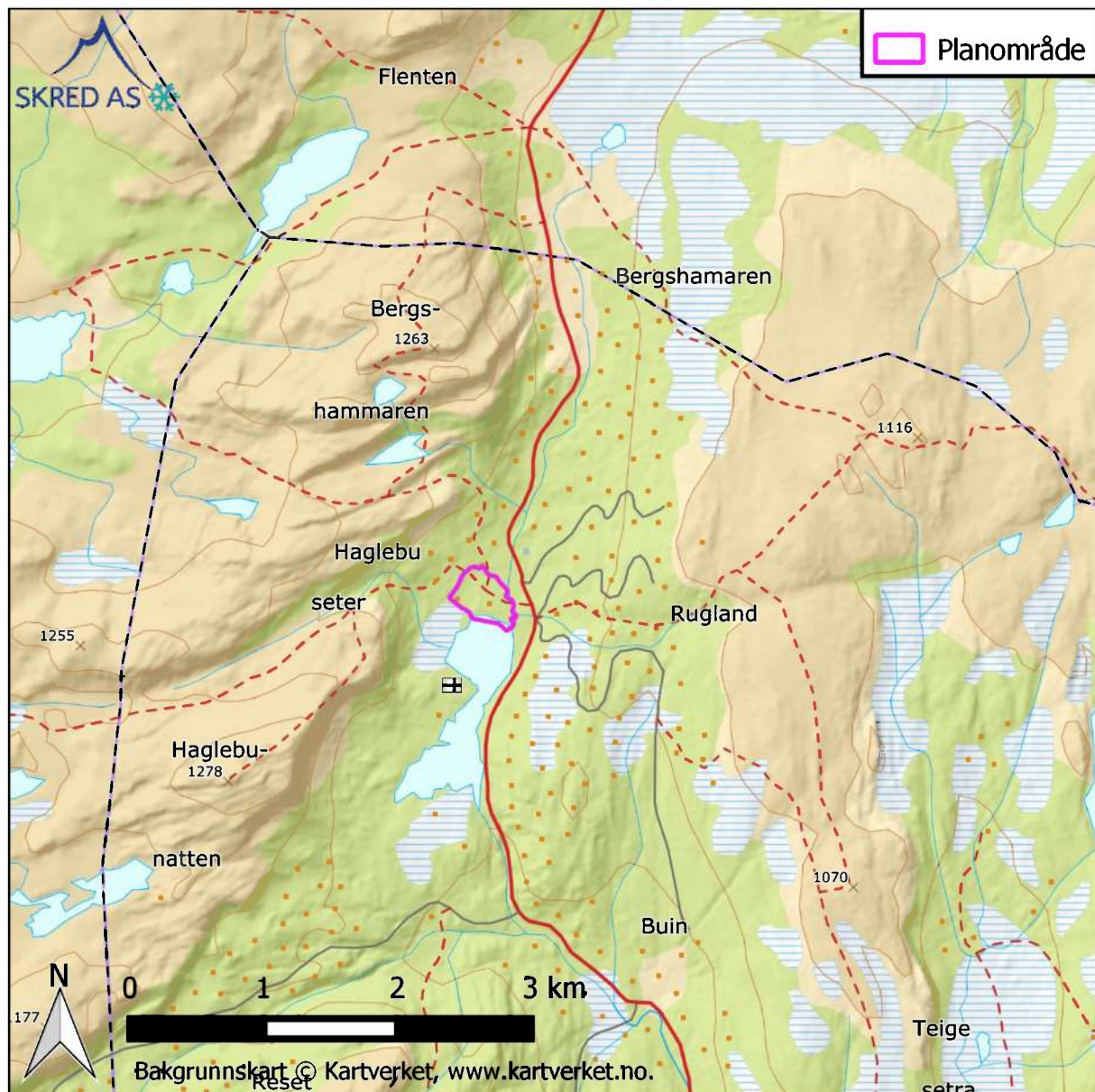
Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggt teknisk forskrift, TEK10 (DiBK, 2016).	6
Tabell 2: Feltkarakteristika til vurderte vassdrag.	11
Tabell 3: Feltkarakteristika til utvalgte referansevassdrag.	13
Tabell 4: Resultater fra flomfrekvensanalyse på årsflommer, frekvensfordeling.	13
Tabell 5: Forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddel vannføring ved utvalgte referansevassdrag.	16
Tabell 6. Resultater fra flomformelverk for små nedbørfelt.	16
Tabell 7: Dimensjonerende flommer i Flenta ved planområdet og Haglebuelva ved utløpet av Haglebuvatna, kulminasjon.	17

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I forbindelse med arbeidet med Reguleringsplan for Medalen Camping i Sigdal kommune er Skred AS bedt om å utføre en flomvurdering av området. Det vurderte området er dekket av NVE sin aktsomhetssone for flom, der elva Flenta og høy vannstand i Haglebuvatna utgjør potensiell flomfare. Dagens krav til sikkerhet mot flom, definert i TEK17 med veileder, skal legges til grunn for vurderingene.

Lokasjon planområdet er vist på figur 1.



Figur 1: Lokaliseringen av det vurderte planområde ved Haglebu i Sigdal kommune.

1.2 Befaring

Befaring i området med oppmåling ble utført 10. oktober 2017 av Petter Reinemo, Skred AS. Det var klarvær, bar bakke og generelt gode befaringsforhold.

1.3 Forbehold

Flomvurderingene er gjort med utgangspunkt i dagens forhold og forutsetninger. Ved vesentlige endringer i det benyttede grunnlaget anbefales det nye vurderinger. Det kan innebefatte fysiske endringer i vassdraget eller endring i klimaframskrivninger. Endringer i vassdraget innebefatter forandringer som en konsekvens av erosjon, masseavlagring og menneskelige inngrep.

2 Krav til sikkerhet

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 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 sannsynlighet 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, 2017).

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK10 (DiBK, 2016).

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

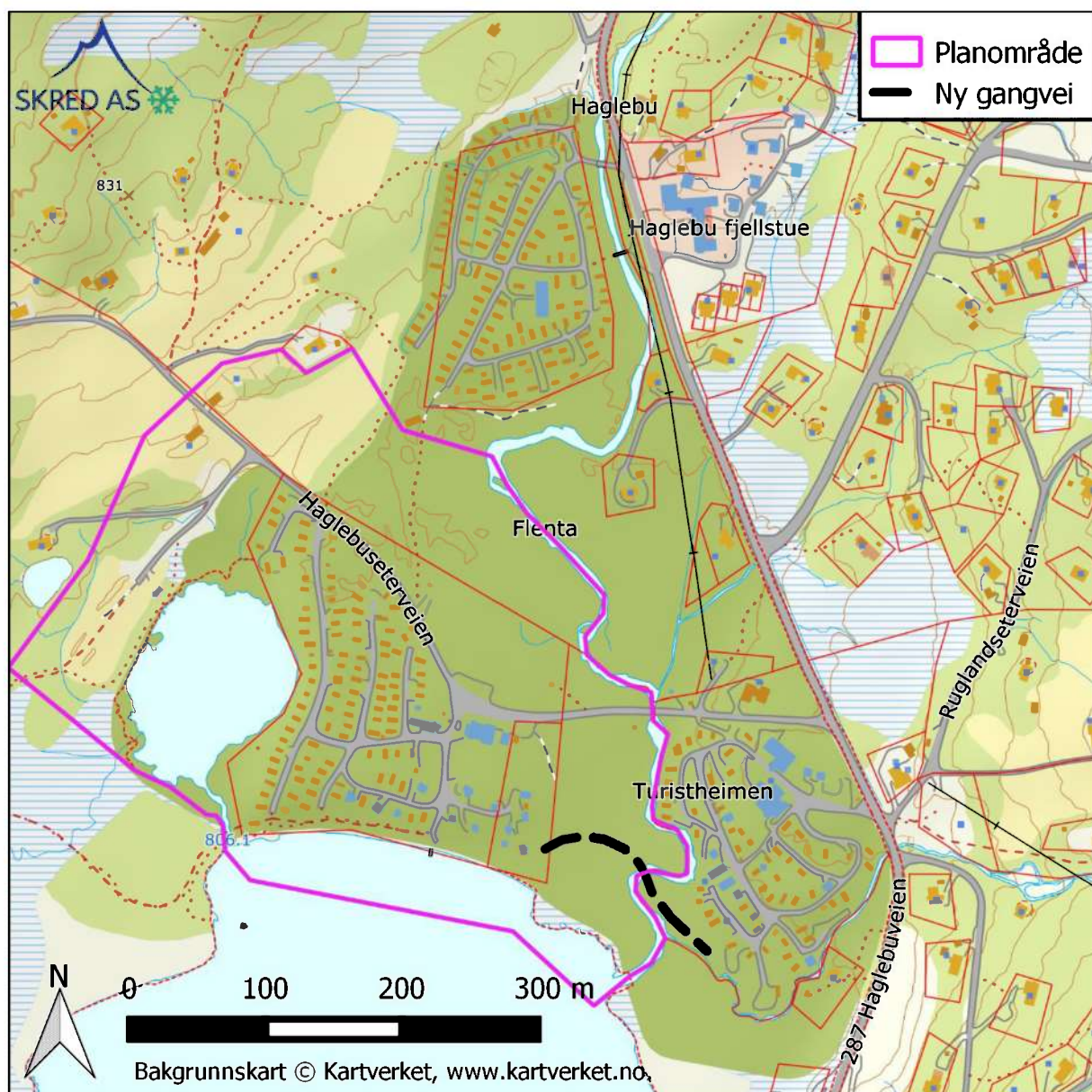
I retningslinjene til TEK17 er det gitt ulike eksempler, beskrevet ovenfor, på hva slags bebyggelse som ligger innenfor de ulike sikkerhetsklassene mot flom. I utgangspunktet virker sikkerhetsklasse F1 og F2 mest aktuelt, avhengig av tiltakets art.

3 Beskrivelse av vassdraget i tilknytning til planområdet

3.1 Flenta

Elva Flenta renner langs den østre kanten av planområdet. Elva har en jevn og slak gradient der den krysser gjennom to kulverter/bruer. I nedre del flater elva ut mot utløpet i Haglebuvatna. Kulvert og bruer ble målt inn under befaringen. I følge NGU sitt løsmassekart består store deler av området av elveavsetninger. Elvebunn består av en blanding sand, grus og avrundede steiner der størrelsen avtar nedover i elveløpet. Det kan forventes en relativt lav friksjon fra elveløpet mot vannmassene under flom.

Figur 2 viser et kart over elveløpet med planområdet og kryssinger. Figur 3 og figur 4 viser bilde av kryssingene på strekningen, mens figur 5 viser et karakteristisk bilde av elveløpet.



Figur 2: Planområdet, Flenta, kryssinger og utløp i Haglebuvatna.



Figur 3: Bru over Flenta ved ny gangvei.



Figur 4: Bru/kulvert over Flenta ved tilkomstveg til planområdet.



Figur 5: Karakteristisk bilde av elveløpet til Flenta i tilknytning til planområdet.

3.2 Haglebuvatna

Planområdet grenser direkte til Haglebuvatna i sør der høy vannstand utgjør en potensiell flomfare. Vannstanden er styrt av utløpsflommen og utløpsgeometrien til vannet. I tilknytning til utløpet ligger den eldre Haglebudammen, vist i figur 6.



Figur 6: Haglebudammen ved utløpet av Haglebuvatna.

4 Flomberegning

4.1 Metode

Det er utført flomberegninger av elva Flenta og Haglebuelva ved utløpet av Haglebuvatna. Ved beregning av dimensjonerende flommer er NVE-veilederen «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt» (NVE, 2015a), og NVE-rapporten «Anbefalte metoder for flomberegninger i små uregulerte felt» (NVE, 2015b) lagt til grunn.

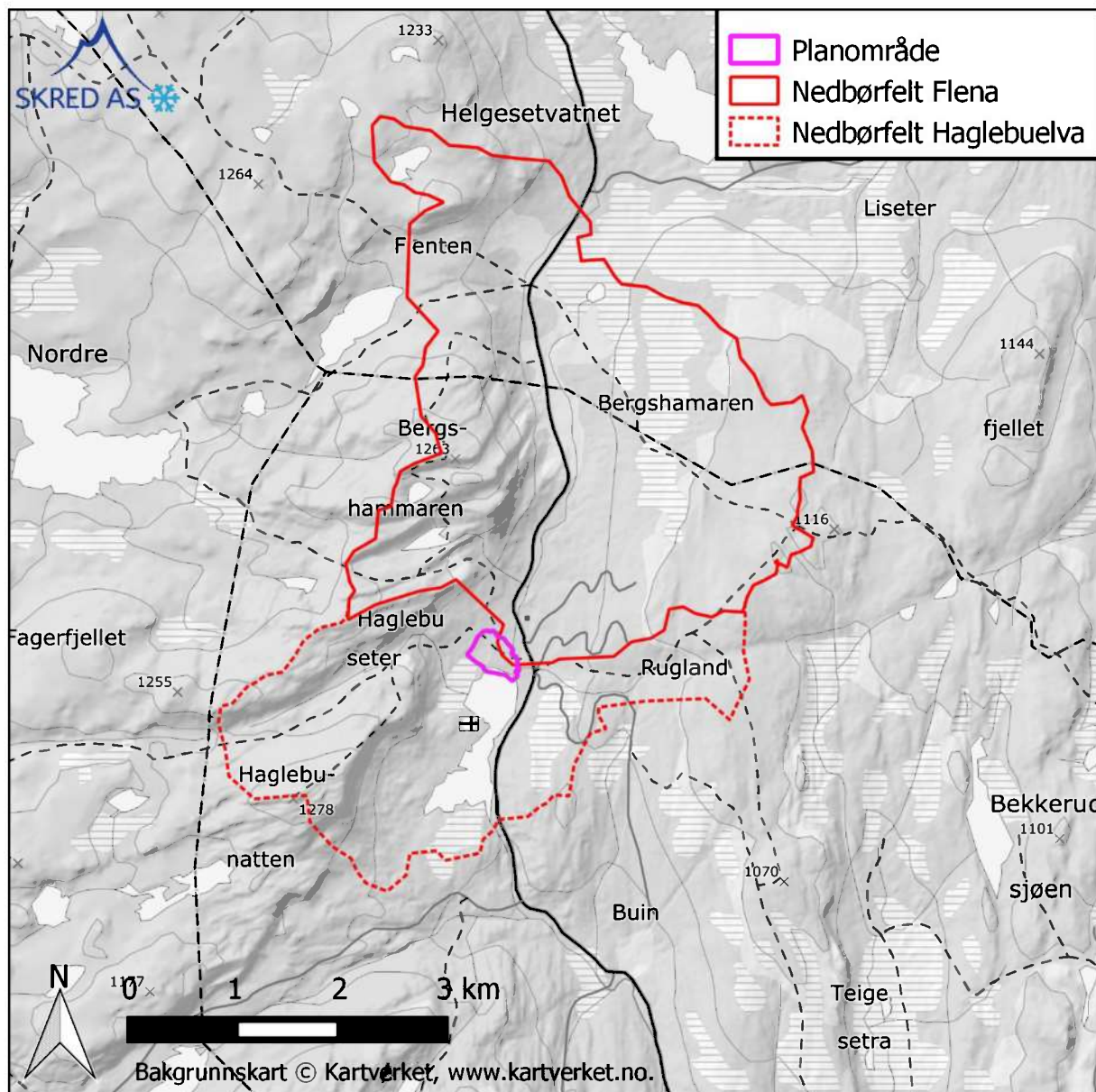
4.2 Beskrivelse av nedbørfelt

Elvene drenerer sørover mot Haglebuvatnet og avgrenses av vannskillet mot Hallingdal. Feltene er karakterisert som små der Flenta ved planområder har et feltareal på 13,7 km², mens Haglebuelva har et feltareal på 21,2 km². Nedbørfeltene består av en blanding mellom myr, skog og snaufjell. Myrområdene vil i normalsituasjoner kunne holde igjen større vannmengder. I ekstremisituasjoner kan myrene være mettet med vann som gir en raskere avrenningskarakteristikk. Det er få tjern i feltet til Flenta som bidrar med naturlig flomdemping. Det forventes derimot at Haglebuvatna vil dempe flomtoppene noe som gjenspeiles i den effektive sjøprosenten til Haglebuelva.

De største flommene forventes, basert på analyse av målestasjoner i området, å opptre på våren ved en kombinasjon av nedbør og snøsmelting. Større høstflommer kan også forekomme. Feltkarakteristika for elvene er vist i tabell 2 og feltgrensene er vist i figur 7.

Tabell 2: Feltkarakteristika til vurderte vassdrag.

Elv	Feltareal [km ²]	qN [l/s*km ²]	Eff. Sjø [%]	Skog [%]	Myr [%]	Snau-fjel [%]	Høydeint. [moh]
Flenta	13,7	24	0,1	34	13	34	808 - 1266
Haglebuelva	21,2	23,5	2,3	37	12	33	806 - 1272



Figur 7: Feltgrensene til vurderte vassdrag.

4.3 Målestasjoner og flomfrekvensanalyse

Det foreligger ingen kjente målinger av flomvannføring i Flenta eller øvre del av Haglebuelva. Det er derfor funnet et utvalg målestasjoner, med tilsvarende karakteristikk, som sammen kan gi en indikasjon på flomforholdene. Beliggenhet til stasjonene er vist i figur 8.

Feltkarakteristika til de utvalgte stasjonene er gitt i tabell 3. Hypsografisk kurve for Flenta, Haglebuelva og målestasjonene er vist i figur 9.

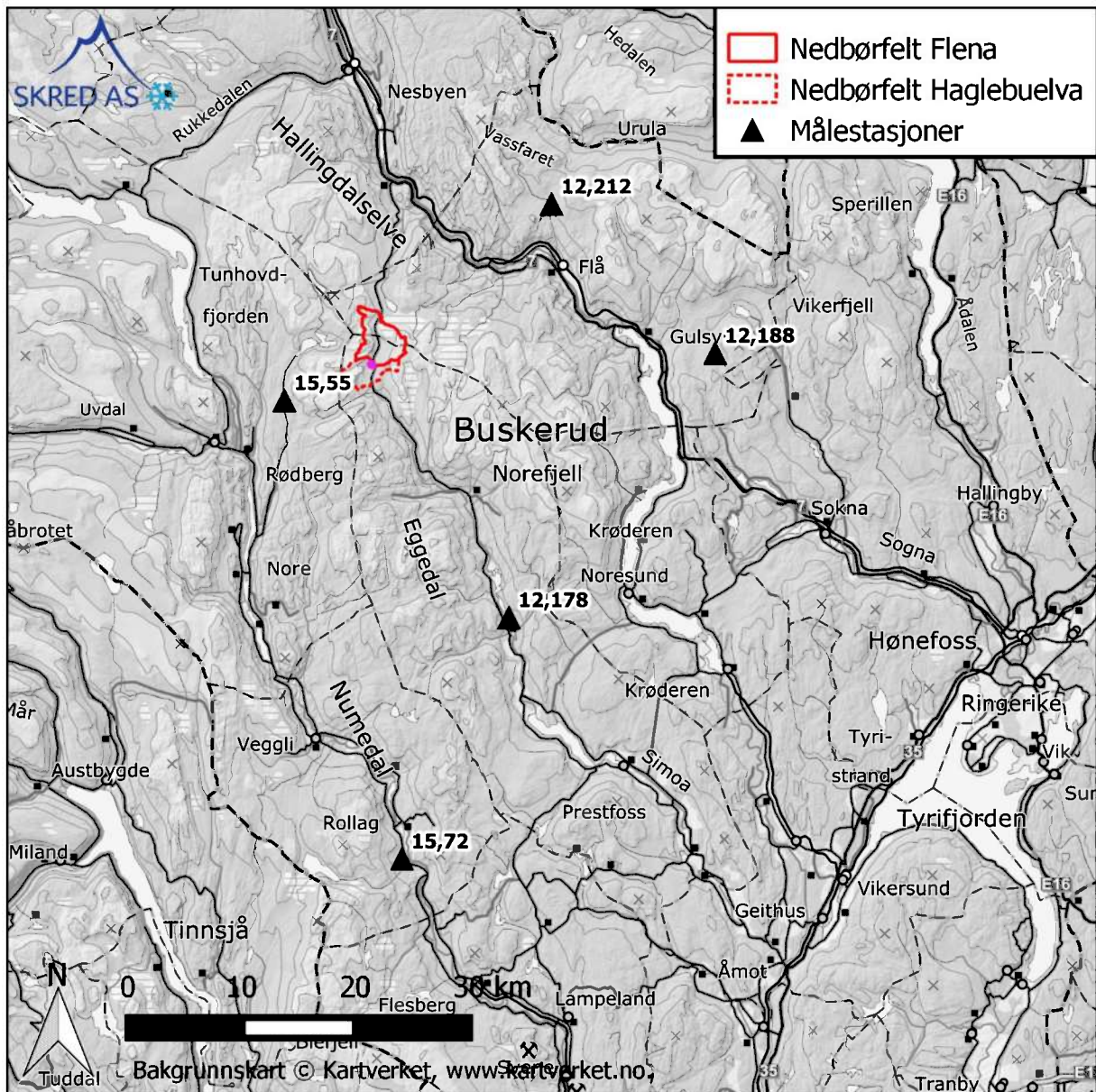
Tabell 3: Feltkarakteristika til utvalgte referansevassdrag.

Måle-stasjon	Feltareal [km ²]	Måleperiode [år]	q _N [l/s*km ²]	Eff. Sjø [%]	Skog [%]	Myr [%]	Snau-fjell [%]	Høydeint. [moh]
15.55 Økta	49.4	1966 - 81	16	4,0	25	10	50	851 - 1308
15.72 Sørkja	36.3	1979 - 1993	25	5,4	65	10	10	246 - 1209
12.188 Langtjernbekk	4.81	1973 - dd	20	4,9	85	5	0	518 - 758
12.212 Hangstjern	11.6	1986 - dd	17	0,7	75	15	5	586 - 1047
12,178 Eggedal	310,6	1972 - dd	22	0,6	62	7	20	170 - 1463

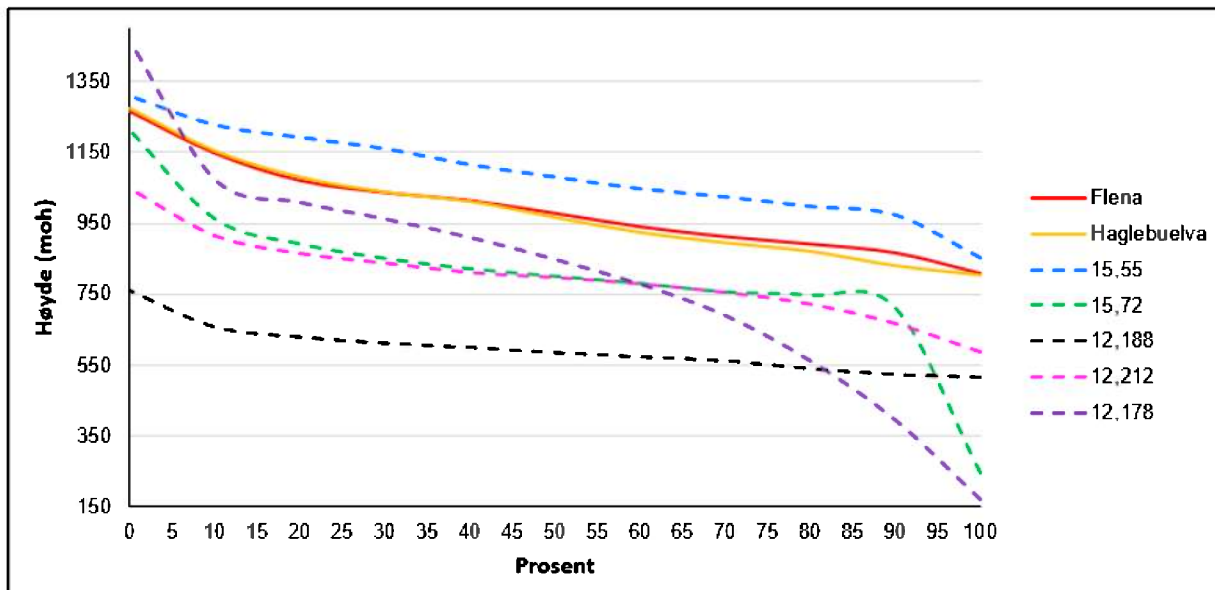
Det er utført flomfrekvensanalyse på de utvalgte måleseriene (døgndata). For hver måleserie er det gjort et valg av type frekvensfordeling basert på serielengde og frekvenskurven sin tilpasning til måledataene. Analysen er gjort på årsflommer og resultatene er presentert i tabell 4.

Tabell 4: Resultater fra flomfrekvensanalyse på årsflommer, frekvensfordeling.

Målestasjon	År	Feltareal [km ²]	Middelflom		Q20 / QM	Q200 / QM	Metode	Kurve-kvalitet (flom)
			QM [m ³ /s]	qM [l/s*km ²]				
15.55 Økta	16	49.4	9.26	187	1.95	2.89	Gumbel (max)	Middels
15.72 Sørkja	14	36.3	8.81	243	1.99	2.96	Gumbel (mom)	Dårlig
12.188 Langtjernbekk	43	4.81	1.12	232	-	-	-	Svært usikker
12.212 Hangstjern	31	11.6	2.40	207	1.74	2.45	Gumbel (max)	Usikker
12,178 Eggedal	45	310,6	80.99	261	1,80	2,67	GEV (max)	Usikker



Figur 8: Lokasjon til utvalgte målestasjoner.



Figur 9: Hypsografisk kurve for vurderte vassdrag og utvalgte målestasjoner.

15.55 Økta ligger 8 kilometer sørvest for planområdet. Feltarealet er stort sammenlignet med Flena/Haglebuelva, og har en naturlig flomdempning gjennom flere innsjøer som ligger i serie.

15.72 Sørkja ligger ca 40 kilometer sør for planområdet. Feltarealet er vesentlig større enn feltet til Flena/Haglebuelva som kan gi en tregere avrenningskarakteristikk. Sørkjevann vil i flomsituasjoner gi en demping av flomtoppene.

12.188 Langtjernbekk har et nedbørfelt som er mindre enn feltet til Flena. Målestasjonen ligger ved utløpet av Langtjernet som gir en høy effektiv sjøprosent. Området er dominert av skog uten innslag av snaufjell. Det forventes lavere spesifikke flomverdier enn i Flena/Haglebuelva.

12.212 Hangstjern har en feltkarakteristikk som ligner på Flena. Nedbørfeltet ligger ca 200 høydemeter lavere og området er i større grad dominert av skog. Det er flere mindre tjern i nedbørfeltet som kan dempe flomtoppene noe. Feltkarakteristikken tilsier noe lavere spesifikke flomverdier enn i Flena.

12,278 Eggedal måler vannføringen i Storelva ved Solemoa i Eggedal. Da nedbørfeltene til Flena/Haglebuelva er en del av feltet til Storelva er stasjon vurdert aktuell. Nedbørfeltet er vesentlig større enn feltene til de vurderte vassdragene samt strekker seg over et større høydeintervall. Det forventes lavere spesifikke flomverdier enn i Flena/Haglebuelva.

Kulminasjonsvannføringen kan være vesentlig større enn døgnmiddelvannføringen. Generelt er forholdstallet ofte størst i små og bratte nedbørfelt med liten innsjødempning. Forholdstallet bestemmes fortrinnsvis fra målinger i vassdraget eller fra aktuelt formelverk.

I NVE (2015a) er forholdet mellom kulminasjon- og døgnmiddelflom beregnet for nedbørfelt i Norge der feltareal er mindre enn 50 km² samt datagrunnlaget er tilstrekkelig. Forholdstall ved vurderte målestasjoner der datakvaliteten er tilfredsstillende er gitt i tabell 5.

Tabell 5: Forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring ved utvalgte referansevassdrag.

Målestasjon	Areal [km ²]	Eff. Sjø [%]	Kulm/døgn
12.212 Hangstjern	11,6	0,7	1,39
15,72 Sørkja	36,3	5,4	1,95
12,178 Eggedal*	310,6	0,6	1,13

*f ra NVE (2011)

I NVE (2011) er det presentert et formelverk som gir forhold mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring for vår- og høstflom. Feltareal og effektiv sjøprosent er inngangsparametere til formelverket. For Flenta/Haglebuelva gir formelverket et forholdstall for vår- og høstflom på henholdsvis 1,5/1,3 og 1,85/1,5. Gjennomsnittet mellom faktor for vår- og høstflom (1,68/1,4) er vurdert realistisk. Usikkerheten i estimatet må anses som stort.

4.4 Flomformelverk

I NVE (2015b) 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 ligger i estimat av middelflom, og resulterende vekstkurve vurderes som robust. Det betyr at et godt estimat av middelflom vil redusere usikkerheten i beregningene betraktelig. Formelverket gir kulminasjonsverdier direkte.

Resultatene gitt fra flomformelverket for Flenta og Haglebuelva er presentert i tabell 6. Det er gitt resultater for middelestimat, samt øvre og nedre konfidensintervall (95 %).

Tabell 6. Resultater fra flomformelverk for små nedbørfelt.

Vassdrag	Estimat	Middelflom		Q ₂₀ / Q _M	Q ₂₀₀ / Q _M	Q ₂₀ [m ³ /s]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
		Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]				
Flenta	Lav (95%)	3,3	241			5,7	9,2
	Middel	6,6	482	1,73	2,78	11,4	18,3
	Høy (95%)	13,2	965			22,8	36,7
Haglebuelva	Lav (95%)	3,5	166			6,1	10,1
	Middel	7,0	333	1,74	2,87	12,3	20,2
	Høy (95%)	14,1	665			24,5	40,4

4.5 Klimaframskrivninger

Basert på anbefalinger i NVE (2016) og Klimaprofil Buskerud (Norsk Klimaservicesenter, 2017) er et klimapåslag på 20 % vurdert som hensiktsmessig. Klimatillegget benyttes for å ta hensyn til forventende endringer i flomstørrelser frem mot år 2100.

4.6 Dimensjonerende flommer

12.212 Hangstjern har nedbørfelt som i størst grad likner på feltet til Flenta. På grunn av naturlige flomdempingseffekter og større andel skog kan det forventes lavere spesifikke flomverdier enn i Flenta og Haglebuelva. Dette samme gjelder for 12,188 og Langtjernbekk 15,72 Sørkja. 15,55 Økta ligger geografisk nært og i samme høydeintervall, men har både større feltareal og effektiv sjøprosent enn begge de vurderte nedbørfeltene. Dette indikerer lavere spesifikke flomverdier. Spesielt kulminasjonsflommen forventes å være vesentlig større i Flenta og Haglebuelva enn ved 12,178 Eggedal.

En dimensjonerende døgnmiddelflom i Flenta på ca. 300 l/s*km² virker realistisk. Med estimert forholdstall mellom kulminasjon og døgnmiddelflom blir spesifikk kulminert middelflom på ca. 500 l/s*km². Det tilsvarer omtrent middelestimatet fått fra flomformelverket. Da frekvensfordelingen fått fra det nasjonale flomformelverket anses robust, samt gir godt samsvar med analyserte måleserier, er denne fordelingen satt som dimensjonerende. Flomdempingseffekten til Haglebuvatna medfører at tilløpsflommen vil ha høyere spesifikke flomverdiene enn avløpsflommen, som gjenspeiles i resultatene fra formelverket

Basert på vurderingene ovenfor er det valgt å sette middelestimatet fått fra flomformelverket som dimensjonerende for både Flenta og Haglebuvatna. Dimensjonerende flommer inkludert klimatillegg er gitt i figur 7. Det er rundet opp til nærmeste hele tall.

Tabell 7: Dimensjonerende flommer i Flenta ved planområdet og Haglebuelva ved utløpet av Haglebuvatna, kulminasjon.

Elv	Feltareal [km ²]	Klimatillegg [%]	Middelflom		Q ₂₀ [m ³ /s]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
			q _M [l/s*km ²]	Q _M [m ³ /s]		
Flenta	13,7	20	580	8	14	22
Haglebuelva	21,2	20	400	9	15	25

5 Hydraulisk modellering

5.1 Metode

I beregning av vannlinje og hydrauliske parametere er programvaren Hec-Ras versjon 5.0.3 benyttet. De viktigste inngangsparameterne til Hec-Ras modellen er geometri (terrengmodell, grid, elvebanker og konstruksjoner), ruhet, grensebetingelser og vannføring. Det er valgt å benytte en 2-dimensjonal modell.

For å estimere flomvannstanden i Haglebuvatna er det satt opp en egen hydraulisk modell av utløpet til vannet inkludert Haglebudammen.

5.2 Modell – Utløpet fra Haglebuvatnet

Det er satt opp en modell av utløpet til Haglebuvatnet da geometrien her er bestemmende for vannstand ved planområder. Modellområdet inkluderer den sørlige delen av Haglebuvatna, Haglebudammen og øvre del av Haglebuelva.

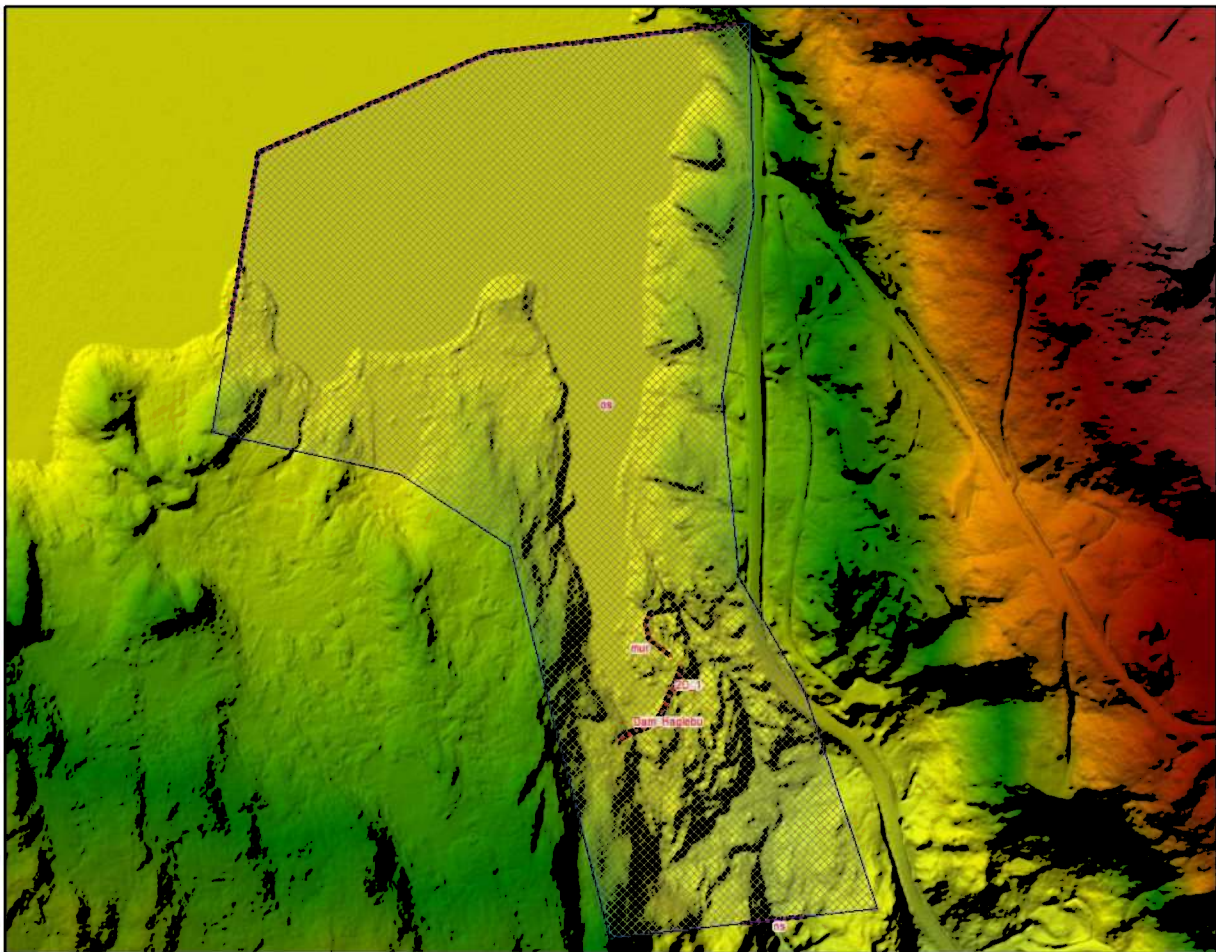
Basert på bakkepunkter fra laserskanning (Terratec, 2017) er det etablert en terrengmodell med horisontal oppløsning på 0,5 x 0,5 meter. Laserdataene gir en god beskrivelse av elveløpet rett oppstrøms Haglebudammen da det var lav vannføring her under skanningen. Haglebudammen (figur 6) ble målt opp under befaringen og er lagt inn i modellen sammen med en steinmur nordøst for dammen. Dammen har to åpninger (figur 10) som er lagt inn og modellert som luker.



Figur 10: Åpninger i Haglebudammen som er modellert som luker i Hec-Ras.

I Hec-Ras er det etablert et beregningsgrid med horisontal oppløsning på 2 x 2 meter. *Full-momentum equation* er benyttet i beregningene, med en Eddy-viskositet på 0,3. Det er benyttet et tidsskritt på 0,5 sekunder som gir en stabil modell. Ruheten i modellen er valgt basert registreringer under befaringen, erfaringsdata og aktuell litteratur (Spreafico m. fl., 2001). Det er valgt å benytte et Manningstall (ruhet) på 20 for området. Ruheten er ikke differensiert da terrenntypen er forholdsvis lik over modellområdet.

Figur 11 viser benyttet terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser.

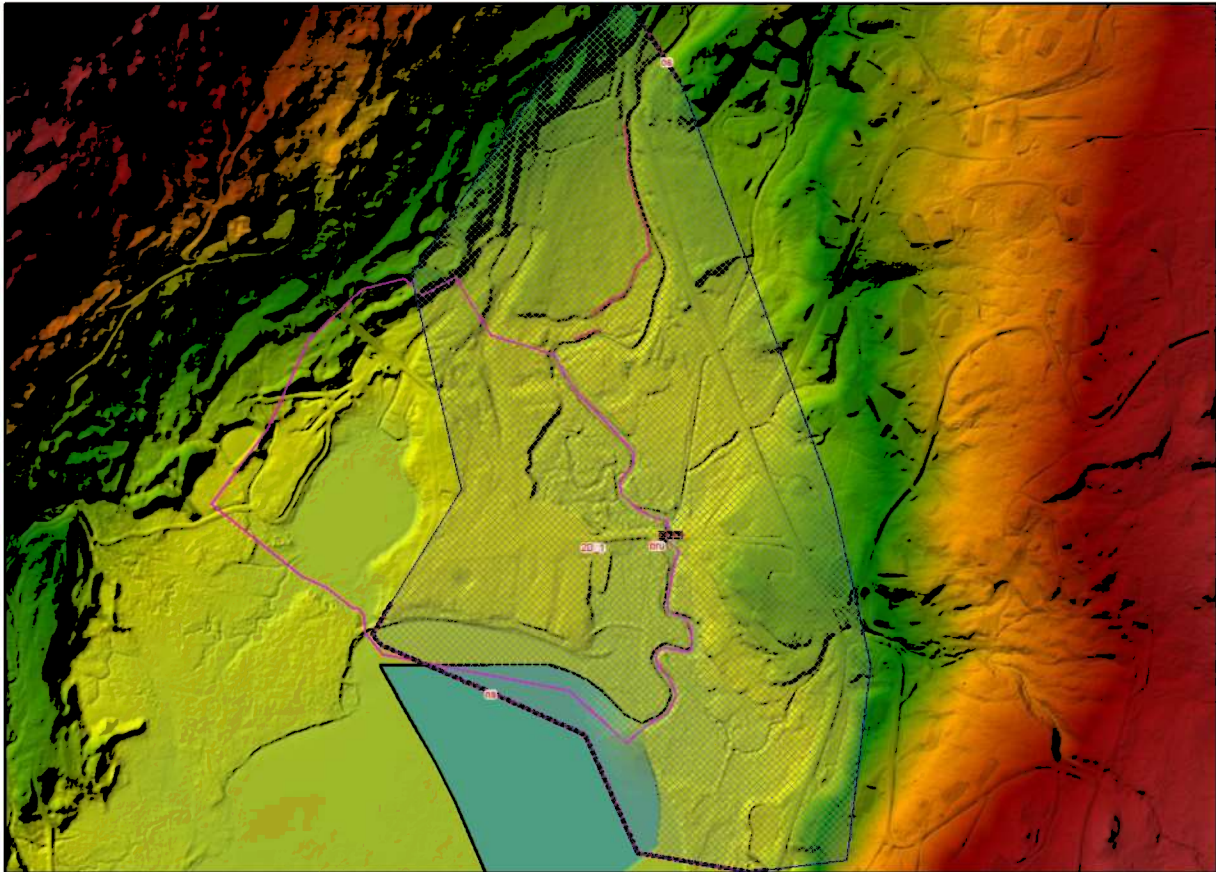


Figur 11: Benyttet terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser for modellen ved utløpet av Haglebuvatnet.

5.3 Modell – Flenta

Basert på bakkepunkter fra laserskanning av området er det etablert en terrengmodell med horisontal oppløsning på 0,5 x 0,5 meter. Da det ikke foreligger laserpunkter under vannoverflaten er terrengmodellen justert i elveløpet mot oppmåling utført under befaringen. Bru/kulvert over Flenta ved tilkomstveg til planområdet er lagt inn i modellen, mens brubanen ved den nye gangveien er utelatt. Dette da det ikke forventes at den vil påvirke vannlinjen ved flom. Alle høyder er gitt i NN2000.

I Hec-Ras er det etablert et beregningsgrid med horisontal oppløsning på 2 x 2 meter. *Full-momentum equation* er benyttet med et tidsskritt på ett sekund som gir en stabil modell. Det er benyttet et Manningstall (ruhet) på 30 i elveløpet og 20 for sideterrenget. Vannstand i Haglebuvatna er benyttet som nedstrøms grensebetingelse og er satt skjønnsmessig til + 806,5 moh. Det er også kjørt en noe konservativ modellering der 200-års vannstand er satt som nedstrøms grensebetingelse. Figur 11 viser benyttet terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser.



Figur 12: Benyttet terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser for modellen ved utløpet av Flenta langs planområdet.

5.4 Sensitivitetsanalyse

Da vi ikke har informasjon om tidligere flomnivåer og vannføringsmålinger på den vurderte elvestrekningen er ikke modellen kalibrert. Det er derfor utført sensitivitetsanalyser av relevante parametere for å få et bilde på usikkerheten til resultatene. For å undersøke følsomheten til modellen og usikkerheten i beregningsresultatene er det utført to sensitivitetsanalyser av hver av modellene: 1) Dimensjonerende 200-årsflom er økt med 20 %, 2) ruheten i modellen er økt med 20 % ($M=10$).

I Haglebuvatna ga en økning i ruhet en økning i vannlinje på 0,05 meter, mens en økning i vannføring ga en økning i vannlinje på 0,12 meter. I Flenta var tilsvarende økning ca. 0,05 og 0,10 meter.

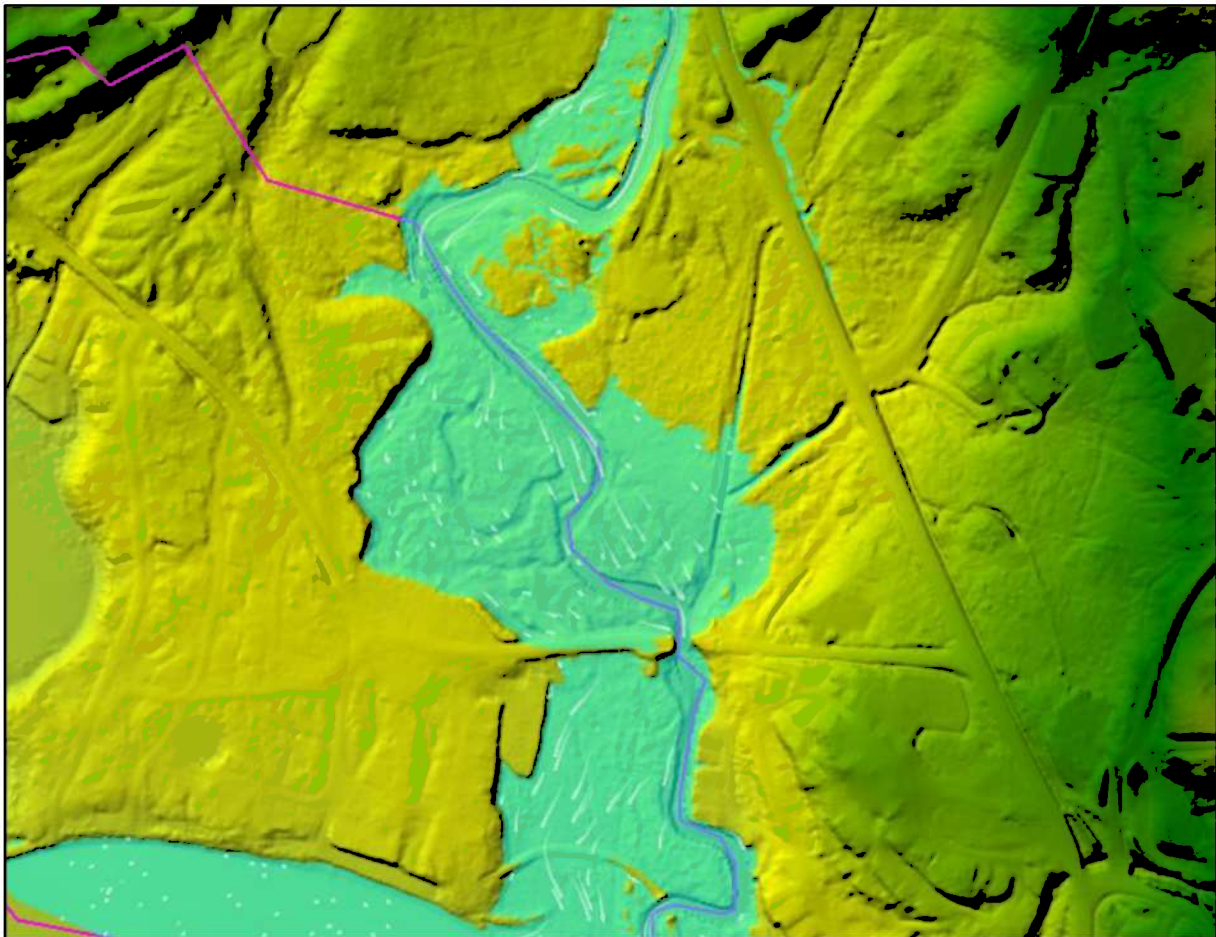
5.5 Resultater og flomsoner

5.5.1 Haglebuvatnet

Modelleringen av utløpet til Haglebuvatnet gir et 200-års flomnivå (inkludert klimapåslag) til kote + 807,5 moh. Da tilkomstveien til Haglebu fjellkirke vil oversvømmes ved denne vannstanden forventes det ikke at vegen vil påvirke vannstanden oppstrøms. 20-års flomnivå (inkludert klimapåslag) er modellert til kote + 807,1 moh. Også ved denne vannstanden vil den nevnte tilkomstvegen oversvømmes.

5.5.2 Flenta

Modelleringen av en fremtidig 200-årsflom i Flenta viser at den østre delen av planområdet er flomutsatt. Tilkomstvegen til planområdet vil kunne overtoppes. Vannhastighetene på strekningene er forholdsvis lave (< 2,5 m/s), noe som skyldes den slake elvegradienten og oppstuvende effekt fra tilkomstvegen til planområdet og Haglebuvatna. Figur 13 viser modellert strømningsforhold for en fremtidig 200-årsflom i Flenta.

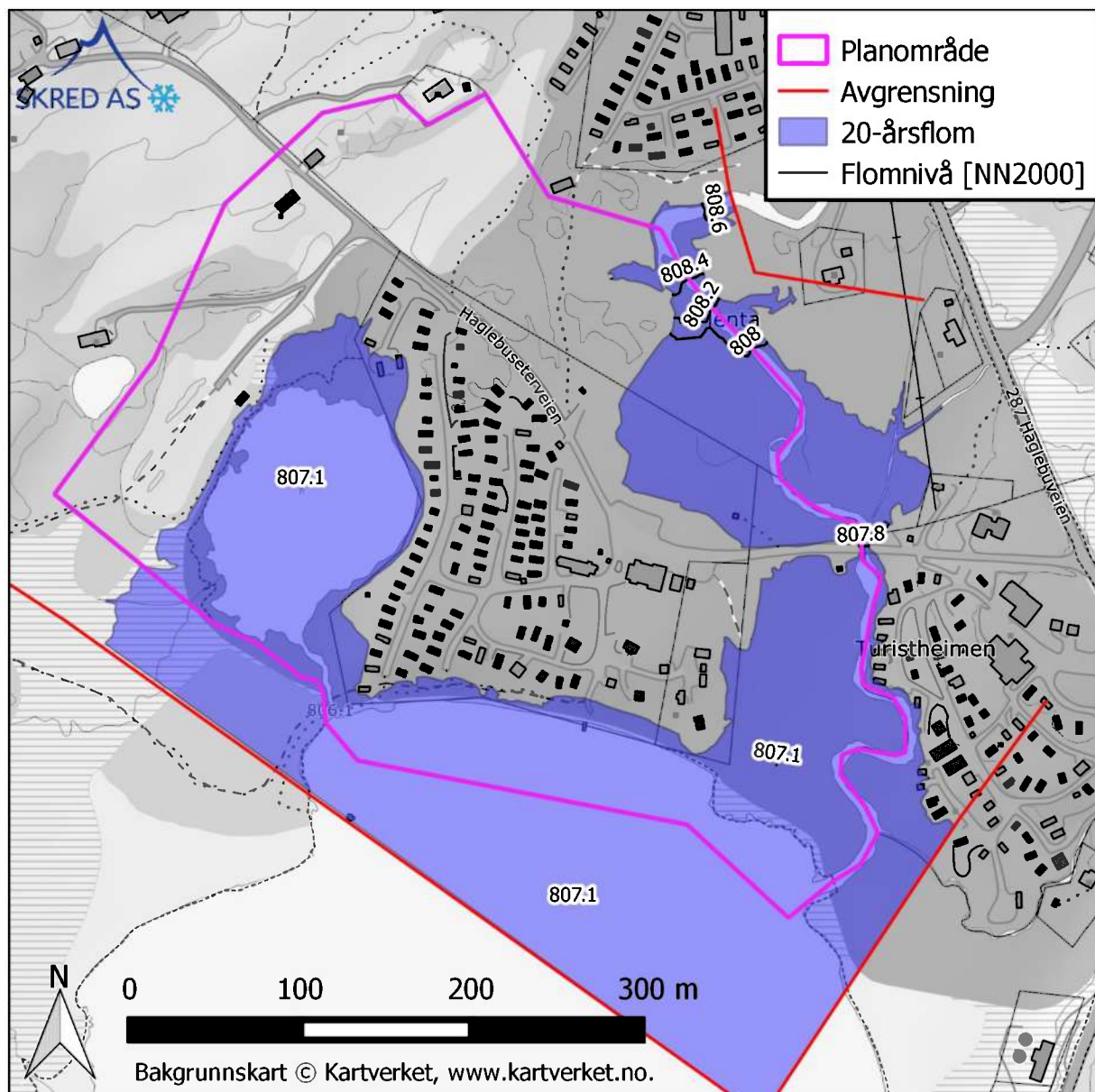


Figur 13: Modellert strømningsmønster for en fremtidig 200-årsflom i Flenta.

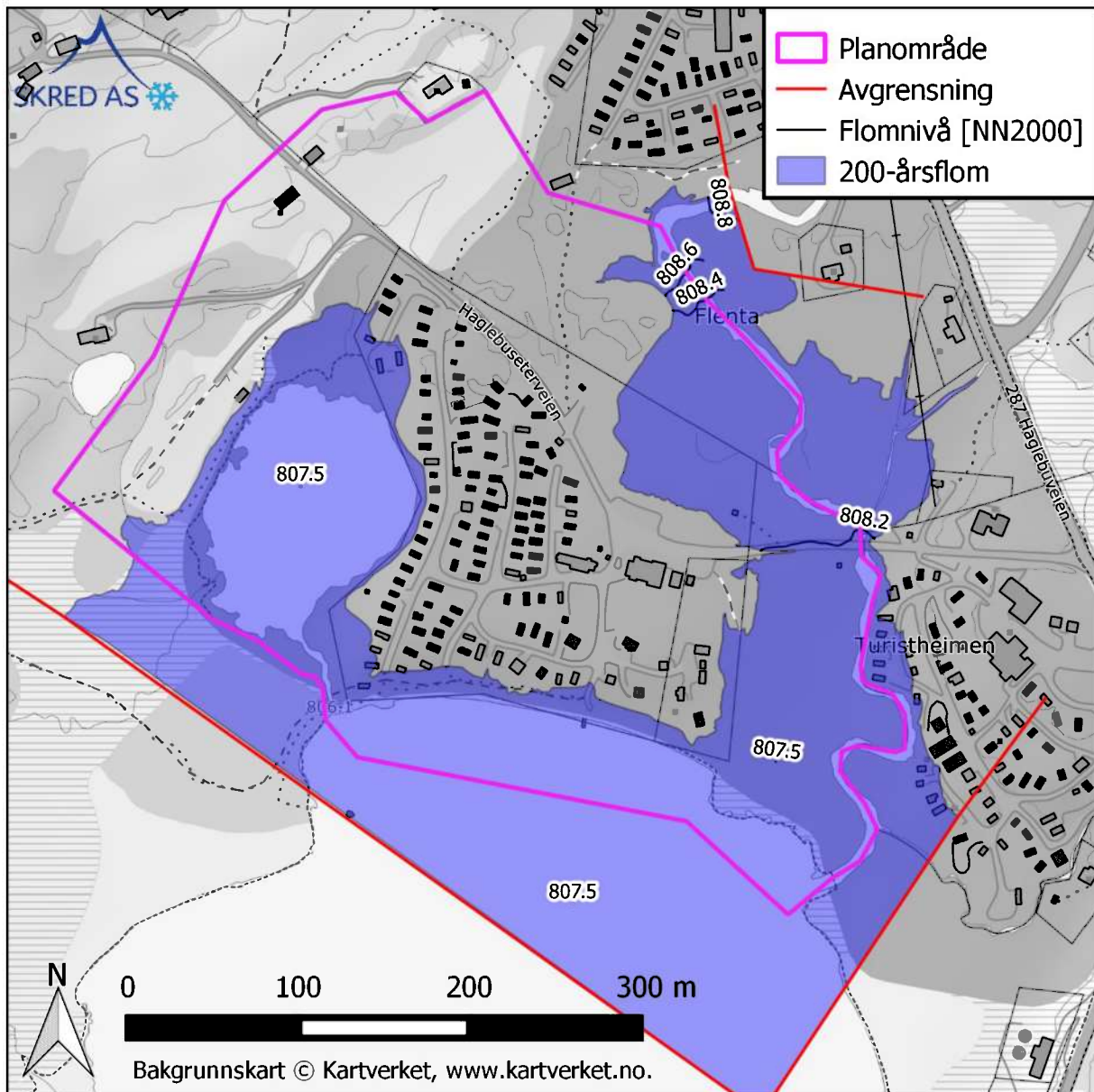
5.5.3 Faresoner

Dimensjonerende flomnivå er gitt av høyeste nivå av vannstand i Haglebuvatna og flom i Flenta for aktuelt gjentaksintervall/sikkerhetsklasse. Beregningene viser at vannstand i Haglebuvatnet er dimensjonerende nedstrøms tilkomstvegen til planområdet, mens flom i Flenta er dimensjonerende for områdene oppstrøms vegen. Beregningene med 200-årsflom i Flenta og 200-års vannstand i Haglebuvatna tilsvarende faresoner.

I figur 14 og figur 15 er beregnede faresoner for henholdsvis 20- og 200-årsflom med flomnivåer vist. Ved praktisk bruk av faresonene skal det også legges på en ekstra sikkerhetsmargin, beskrevet i avsnitt 5.6.



Figur 14: 20-årsflom (inkludert klimapåslag) med beregnende flomnivåer.



Figur 15: 200-årsflom (inkludert klimapåslag) med beregnede flomnivåer.

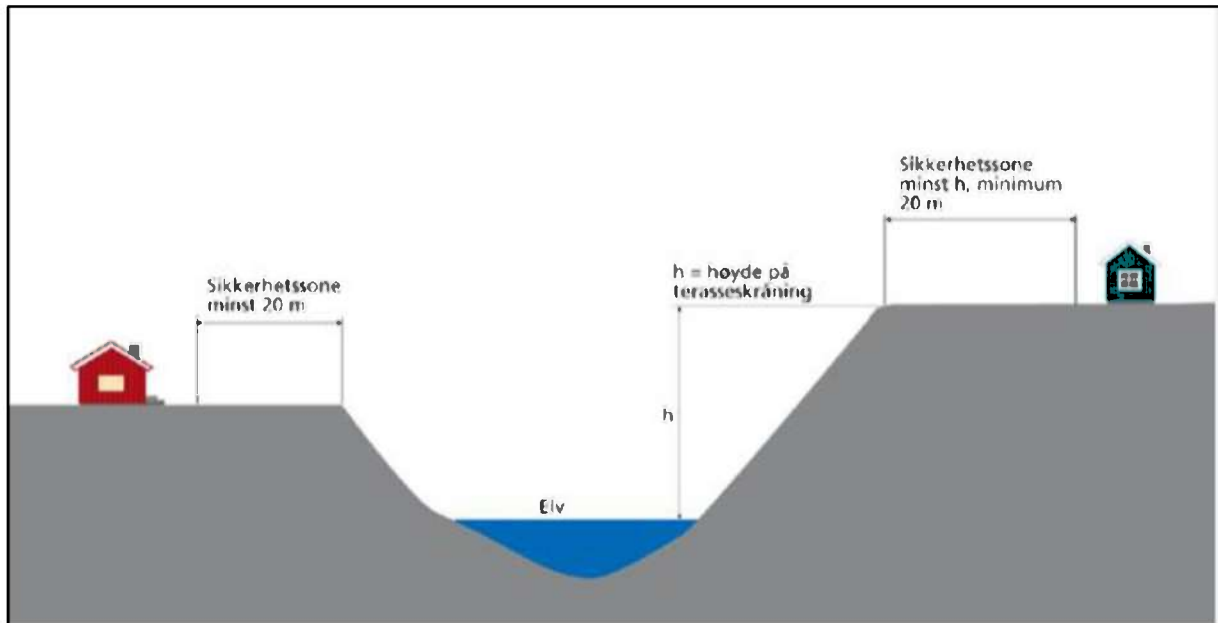
5.6 Sikkerhetsmargin

Basert på en generell vurdering av usikkerhet og resultatene fra sensitivitetsanalysen anbefales det å benytte en sikkerhetsmargin på minimum 0,5 meter over beregnet flomnivå. Sikkerhetsmarginen skal inkluderes ved fastsettelse av dimensjonerende flomnivåer og eventuelle sikringstiltak.

6 Vurdering av fare for erosjon

Det ble ikke påvist betydelig aktivitet og erosjon i elveløpet under befaringen. Da de hydrauliske beregningene også gir begrensede vannhastigheter er erosjonspotensialet vurdert som lite. En sone på 20 meter mellom elvekant og ny bebyggelse er vurdert tilstrekkelig basert på kravene i TEK17.

Figur 16 viser en illustrasjon av anbefalt sikkerhetssone (DiBK, 2017).



Figur 16: Sikkerhetssone mot erosjon (DiBK, 2016).

7 Konklusjon

Det er utført en flomvurdering av Reguleringsplan for Medalen Camping i Sigdal kommune der elva Flenta og høy vannstand i Haglebuvatna utgjør potensiell flomfare. Kravene til sikkerhet mot flom gitt av TEK17 §7-2 er lagt til grunn for vurderingene.

I utgangspunktet er sikkerhetsklasse F1 og F2 mest aktuelt for planlagt bebyggelse, som medfører at en 20- og 200-årsflom er dimensjonerende. 20- og 200-årsflom i Flenta, inkludert et klimatillegg på 20 %, er estimert til henholdsvis 14 og 22 m³/s. Ved utløpet av Haglebuvatna er 20- og 200-årsflom estimert til 15 og 25 m³/s.

Dimensjonerende flomnivå er gitt av høyeste nivå av vannstand i Haglebuvatna og flom i Flenta for aktuelt gjentaksintervall/sikkerhetsklasse. Beregningene viser at vannstand i Haglebuvatnet er dimensjonerende nedstrøms tilkomstvegen til planområdet, mens flom i Flenta er dimensjonerende for områdene oppstrøms vegen. En større del av planområdet er dekket av faresone for både 20- og 200-årsflom.

Det ble ikke påvist betydelig aktivitet og erosjon i elveløpet under befaringen. Da de hydrauliske beregningene også gir begrensede vannhastigheter er erosjonspotensialet vurdert som lite. En sone på 20 meter mellom elvekant og ny bebyggelse er vurdert tilstrekkelig basert på kravene i TEK17.

Dersom det planlegges bebyggelse innenfor faresonene må det utføres risikoreduserende tiltak i henhold til aktuell sikkerhetsklasse. Risikoreduserende tiltak kan blant annet innbefatte økning av planeringshøyde og etablering av flomvoller. Det beste tiltaket vil være å plassere bebyggelse utenfor faresonen.

8 Referanseliste

- DiBK, 2017 Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK17) [WWW Document]. Hjemmeside. URL <http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/>
- Norsk Klimaservicesenter, 2017 2017. Klimaprofil Buskerud. April 2017. URL https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/klimaprofiler/klimaprofil-buskerud/_attachment/11417?_ts=15b1ed15b73
- MET, 2015 Dimensjonerende korttidsnedbør. NIFS rapport 134-2015
- NGI, 2015 Forprosjekteringsnotat: Sikringstiltak mot snø- og sørpeskred Vallabøen, Ørsta
- NVE, 2011 Retningslinjer for flomberegninger. NVE retningslinjer 4-2011
- NVE, 2015a Veileder for flomberegninger i små nedbørfelt. NVE veileder 7-2015
- NVE, 2015b Anbefalte metoder for flomberegninger i små uregulerte felt. NVE-rapport 97-2015
- NVE, 2016 Klimaendring og framtidige flommer i Norge. NVE rapport 81-2016.
- Spreafico, M., Hodel, H.P., Kaspar, H., 2001 Rauheiten in ausgesuchten schweizerischen Fließgewässern.
- Terratec, 2017 Laserskanning. NDH Modum-Sigdal 5pkt 2017