

**Flaumfarevurdering for
reguleringsplan for
Karl garden på
Havnegjerde, Sula
kommune**



Sunnfjord Geo Center

Prosjektinformasjon og status

Prosjektnummer:	Dokumentkode:	Dokumentnr.:	Dokumenttittel:
2023-04-149	FF-H30-M01-01	01r	Flaumfarevurdering for Karlsgarden på Havnegjerdet i Sula kommune
Revisjon:	Skildring:	Leveransedato:	
2	Godkjent rapport	11.04.2024	
Kontraktør:		Kontaktinformasjon:	
 Sunnfjord Geo Center		Sunnfjord Geo Center AS Stongfjordvegen 577 6984 Stongfjorden Tlf.: 577 31 900 E-post: post@sunnfjordgeocenter.no Organisasjonsnummer: 998 899 834 MVA	
Fagområde:	Dokumenttype:	Lokalitet:	
Flaumfarevurdering	Rapport	Langevåg, Sula kommune	
HMS-risikovurdering før feltarbeid:	Dato for risikovurdering	Hending/avvik meldt:	
Risikogruppe 1	28.11.2023	Nei	
Feltarbeid utført av:	Dato for feltarbeid:		
Thomas Austin Stormoen	29.11.2023		
Rapport utarbeidd av:	Dato for ferdigstilling:	Signatur:	
Rev 0: Anders Haaland	09.02.2024	Anders Haaland (sign.)	
Rev 1: Anders Haaland	19.02.2024	Anders Haaland (sign.)	
Rev 2: Anders Haaland	11.04.2024	Anders Haaland (sign.)	
Rapport kvalitetssikra av:	Godkjend, dato:	Signatur:	
Rev 0: Atle Nesje	12.02.2024	Atle Nesje (sign.)	
Rev 1: Atle Nesje	19.02.2024	Atle Nesje (sign.)	
Rev 2: Atle Nesje	11.04.2024	Atle Nesje (sign.)	

Samandrag

Sunnfjord Geo Center AS (SGC) har på oppdrag av Proess AS utført ei flaumfarevurdering etter TEK17 langs ein bekk i samband med detaljreguleringsplan for Karl garden på Havnegjerdet i Sula kommune. Føremålet med planen er å legge til rette for bustad- og næringsområde.

20- og 200-årsflaum, inkludert klimapåslag på 40 %, er berekna til høvesvis 0,92 m³/s og 1,50 m³/s. Flaumberekningane er gjort med bakgrunn i *Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små felt og den rasjonelle metode*. Hec-RAS er nytta for å utføre ei 2D-modellering i planområdet. Modelleringa viser at mindre areal oppstraums i planområdet og ved inntaket til kulverten som bekken renn vidare i vil verte fløyma over ved dagens tilhøve. Det er utarbeida faresonekart for flaum som viser kva for område som er utsette for 20- og 200-årsflaumar. Området som vert fløyma over oppstraums i planområdet, skuldast ei gamal steinbru som har rasa saman som hindrar avrenninga i området. For å redusere faresona for flaum i dette området, må brua fjernast.

Nedstraums i planområdet er bekken lagt i røyr heilt fram til utløpet i Langevågen. For å berekne om røyrret har tilstrekkeleg kapasitet til å handsame ein 200-årsflaum, er HY-8 nytta. Berekningane viser at vasstanden vil stå like over toppen av røyrret, men at kulverten har tilstrekkeleg kapasitet til å handsame ein 200-årsflaum. Det er også planlagt ei vegkryssing like ovanfor inntaket, og det er planlagt kulvert under vegen. Ein kan legge til grunn same dimensjon (Ø1000 mm) ved denne kulverten.

Det er også gjort ei vurdering av erosjonsfaren langs bekken. Vasshastigheita er låg, men det er kartlagt lett eroderbare massar i bekkeløpet og ein planlegg bustadområde i kort avstand til bekken. Eitt av tre følgjande alternativ til tiltak er tilrådd som tiltak mot erosjon langs bekkeløpet:

1. Erosjonssikring med ordna steinlag langs bekkeløpet
2. Etablere byggegrense frå toppen av bekkeskråning
3. Etablere fyllingane for bustadområda djupt nok til å hindre erosjon



Innhald

Samandrag	3
1. Innleiing	5
1.1 Bakgrunn og føremål	5
1.2 Tryggleikskrav	5
2. Det undersøkte området	7
2.1 Områdeskildring	7
2.2 Skildring av vassdraget	8
2.3 Klima	9
2.4 Aktsemdskart for flaum	10
3. Fastsetjing av flaumstorleikar	12
3.1 Metode	12
3.1.1 Nasjonalt formelverk for flomberekningar i små felt (NIFS)	12
3.1.2 Den rasjonelle metode.....	12
3.2 Fastsetjing av dimensjonerande flaumstorleik.....	15
3.3 Klassifisering av flaumberekninga	15
4. Hydraulisk modellering	17
4.1 HEC-RAS - Metode.....	17
4.2 Resultat	18
4.3 Klassifisering av hydraulisk modell.....	19
4.4 Kapasitetsberekning kulvert	21
5. Sikkerheitspåslag	24
6. Vurdering av erosjonsfare og kritiske punkt	26
7. Tiltak	28
8. Konklusjon	31
9. Referansar	32

1. Innleiing

1.1 Bakgrunn og føremål

Sunnfjord Geo Center AS (SGC) har på oppdrag av Proess AS utført ei flaumfarevurdering langs ein bekk som renn ved Havnegjerde ved Langevåg i Sula kommune. Vurderinga er gjort i samband med detaljregulering for Karl garden på Havnegjerde gbnr. 97/5 m.fl. , Sula kommune og er gjort i samsvar med §7-2 i TEK17 og NVE sine retningsliner for flaum og skredfare i arealplanar (retningsliner 2/2011 og rettleiar 3/2022).

1.2 Tryggleikskrav

Akseptkriterium for flaumfare er gjeve i §7-2 i Byggt teknisk forskrift (TEK17). Tryggleikskrava i TEK17 gjeld for nye byggverk. Krava vil òg gjelde ved utvidingar og nybygg knytte til eksisterande byggverk, jf. temarettleiaren «Utbygging i fareområder» frå Direktoratet for byggkvalitet (DiBK).

Byggverk der konsekvensane av flaum er særleg store skal plasserast utanfor flaumutsett område. Dette gjeld til dømes byggverk som er viktig for regional og nasjonal beredskap og krisehandtering, samt byggverk som er omfatta av storulykkeforskrifta.

For byggverk i flaumutsett område skal kommunen alltid fastsette tryggleiksklasse. Kommunen må sjå til at byggverk vert plassert trygt nok i høve til dei tre tryggleiksklassane F1 - F3.

Tabell 1: I byggt teknisk forskrift vert byggverk kategorisert i tre tryggleiksklassar, som definerer akseptnivå for flaum.

Tryggleiksklasse for flaum	Konsekvens	Største nominelle årlege sannsyn	Døme
F1	Liten	1/20	Lager med lite personopphald, garasje
F2	Middels	1/200	Bustad, skule, barnehage, industribygg
F3	Stor	1/1000	Sjukeheim, brannstasjon, sjukehus, avfallsdeponi med forureiningsfare

I tryggleiksklasse F1 inngår byggverk med lite personopphald og små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvensar.

Tryggleiksklasse F2 omfattar dei fleste byggverk som er berekna for personopphald. Dei økonomiske konsekvensane ved skadar på byggverk kan vere store, men kritiske samfunnsfunksjonar vert ikkje sett ut av spel. I delar av flaumutsette område kan det vere større flaumfare enn elles. I område der det under flaum vil vere stor djupne eller sterk straum, bør det vere same tryggleiksnivå som tryggleiksklasse F3. Dette gjeld område der djupna er større enn 2 meter og der produktet av djupne og vasshastigheit (m/s) er større enn 2 m³/s.

Tryggleiksklasse F3 omfattar byggverk for sårbare samfunnsfunksjonar og byggverk der overfløyming kan gje stor forureining på omgjevnaane. Byggverk som inngår i F3 er byggverk

for særleg sårbare grupper av befolkninga (t.d. sjukeheim), byggverk som skal fungere i lokale beredskapssituasjonar og avfallsdeponi der overfløyming kan gje forureiningsfare.

Føresegna om flaum omfattar også stormflo. Det betyr at dei same tryggleiksnivåa gjeld.

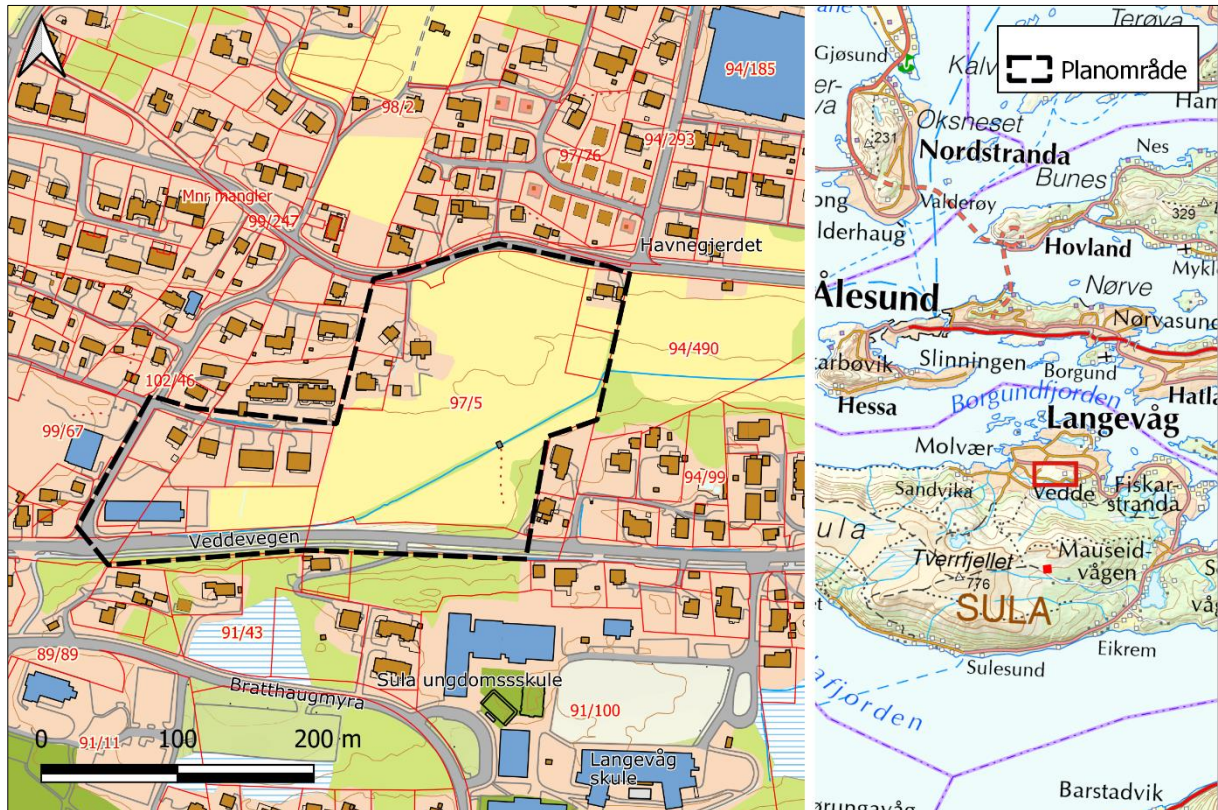
TEK17 opnar for at byggverk i F1 - F3 kan oppnå naudsynt tryggleik ved at det vert gjennomført sikringstiltak.

Føremålet med reguleringsplanen er å legge til rette for bustadar og industri. Bustadar ligg i tryggleiksklasse F2.

2. Det undersøkte området

2.1 Områdeskildring

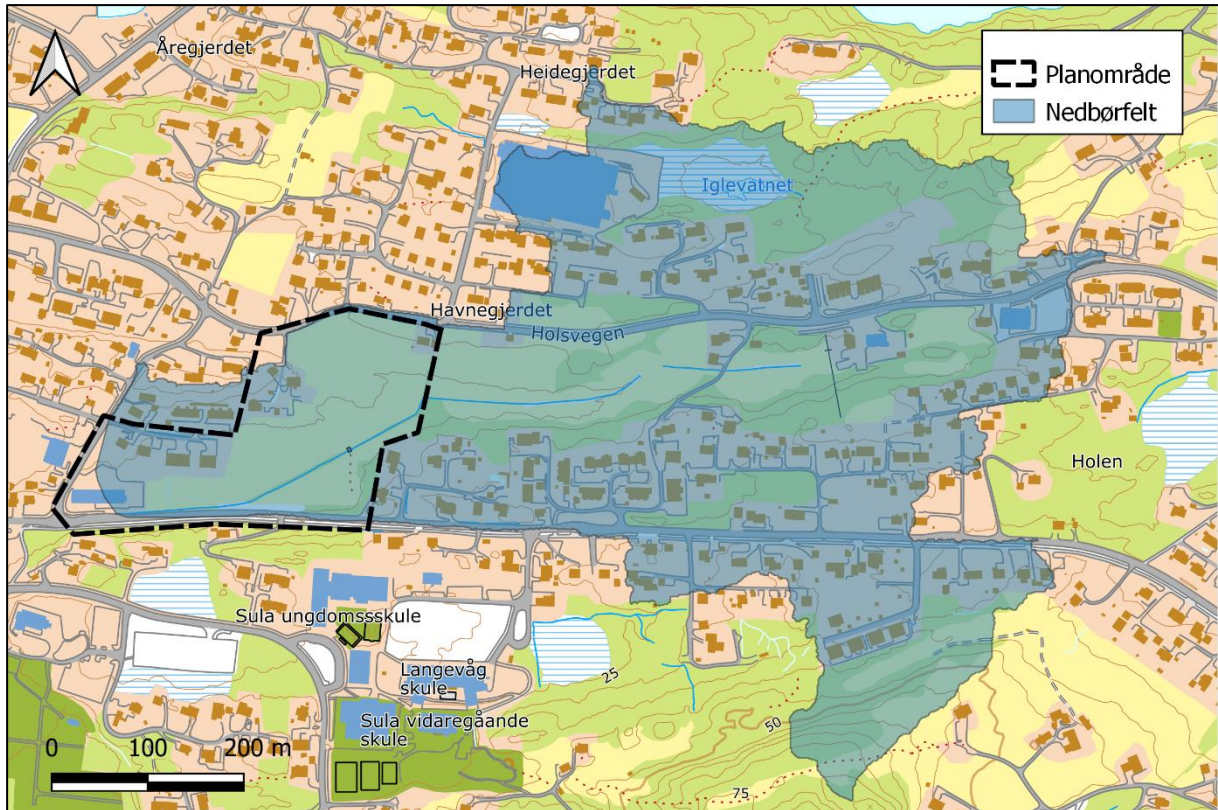
Planområdet ligg på gbnr. 97/5 m. fl. aust for Langevåg i Sula kommune. Planområdet ligg om lag mellom 8-17 moh. i eit slakt terreng som skrånar mot sørvest. Figur 1 viser plassering og avgrensing av det kartlagde området som flaumfarevurderinga gjeld for.



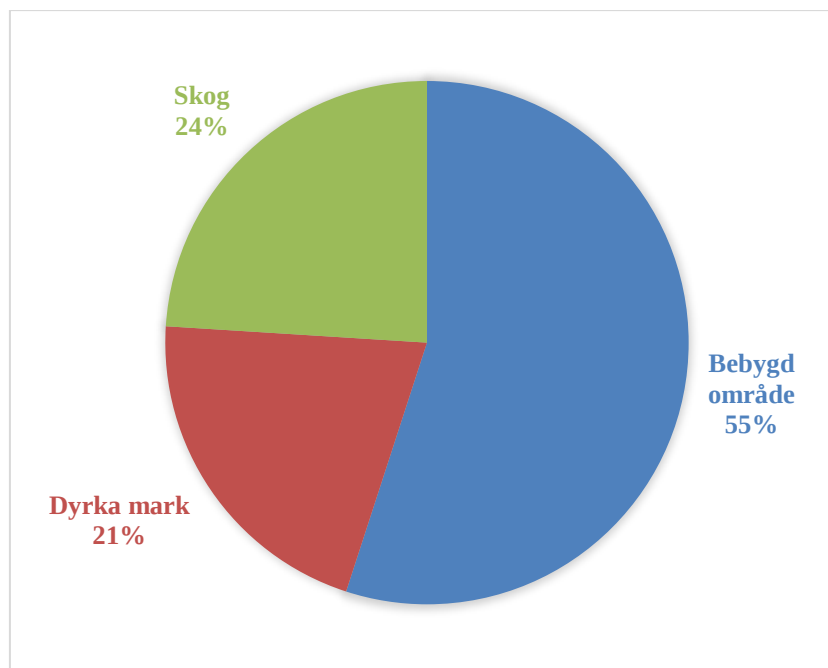
Figur 1: Planområdet ligg aust i Langevåg på gbnr. 97/5 i Sula kommune. Kartkilde: Kartverket.

2.2 Skildring av vassdraget

Det renn ein liten bekk gjennom planområdet som har eit nedbørfelt på 0,34 km² og kan dermed karakteriserast som eit mikrofelt sidan det er mindre enn 1 km². Feltet er ikkje stort nok til at feltparameter kan hentast ut frå NEVINA, og desse er derfor henta ut ved GIS-analysar og anna kartgrunnlag. Dominerande arealtypar er bustadområde, beitemark/innmark og skog. Feltet er eit kystfelt og vil vere dominert av regnflaumar. Figur 2 viser nedslagsfeltet, Figur 3 viser arealfordelinga til feltet, medan Tabell 2 viser feltkarakteristikkane til nedslagsfeltet.



Figur 2: Nedbørfeltet til bekken som renn gjennom planområdet. Kartkilde: Kartverket.



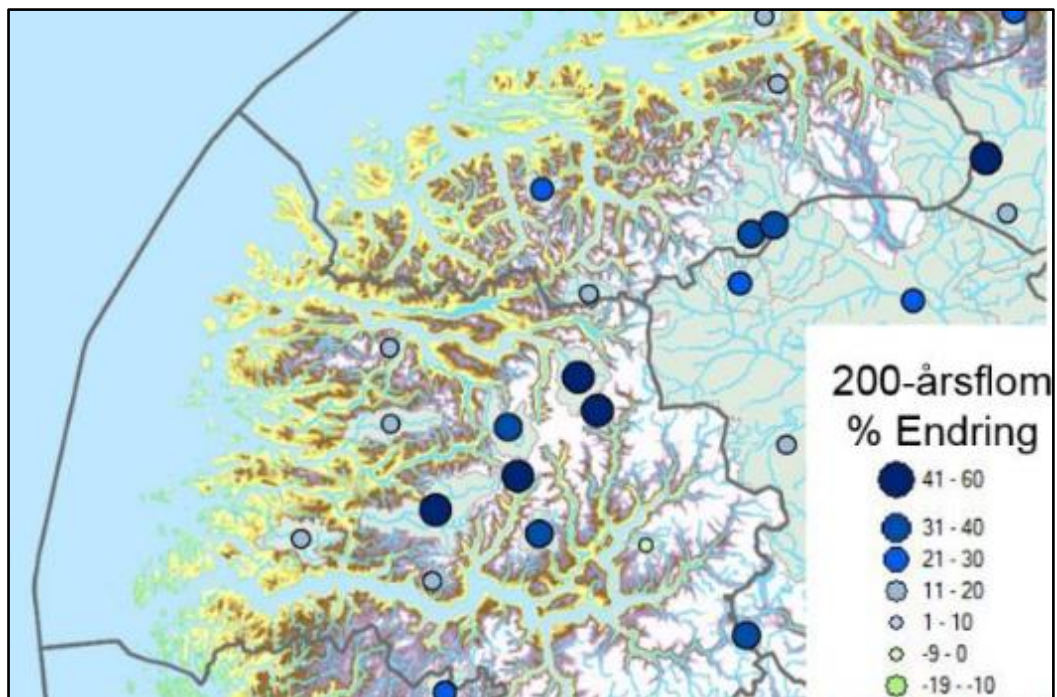
Figur 3: Arealfordeling for nedbørfeltet.

Tabell 2: Feltkarakteristikk for bekken som renn gjennom planområdet.

Felt-storleik (km ²)	Effektiv sjø (%)	Feltlengd (m)	Elvegradient (m/km)	Normal-avrenning (l/s*km ²)	H _{min} - H _{max} (moh.)
0,34	0	1050	73	40	7-80

2.3 Klima

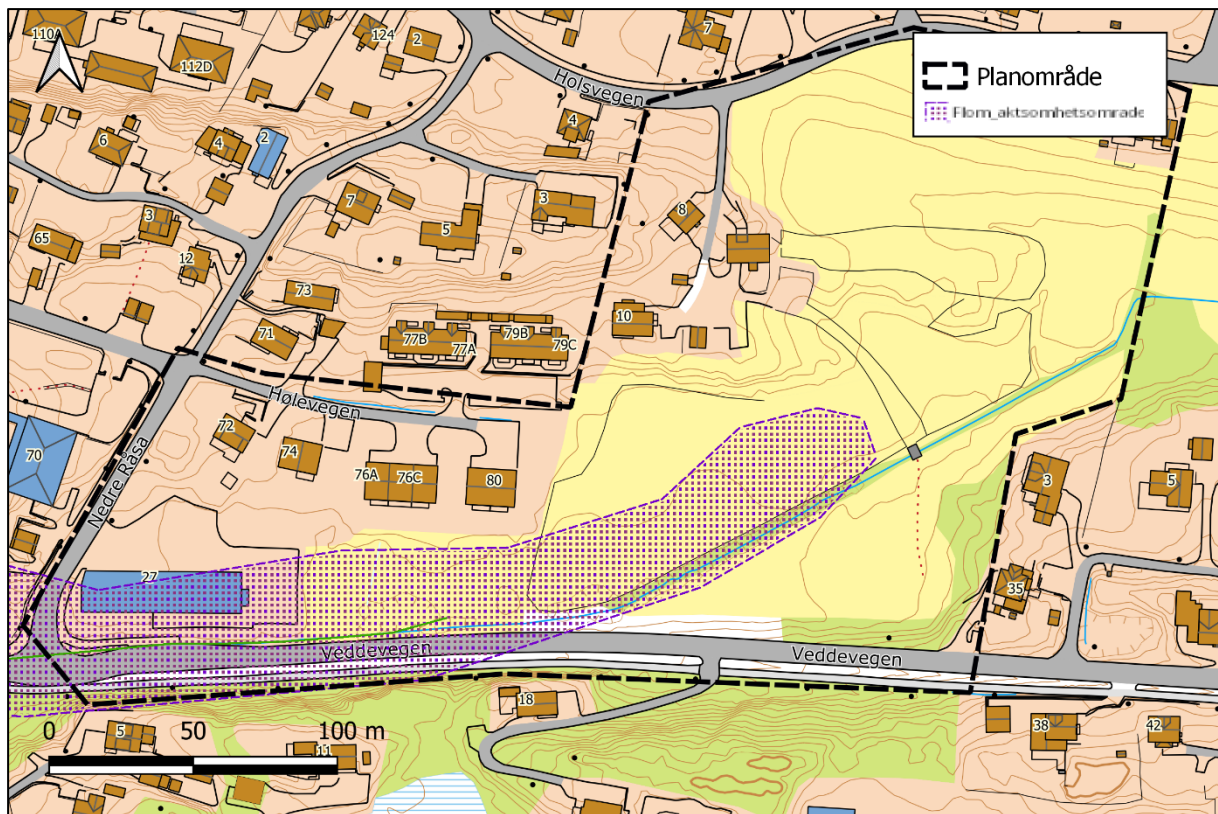
Norsk klimaservicesenter har på bakgrunn av denne rapporten utarbeidd ein klimaprofil for Sogn og Fjordane (Ref-2), som er meint som eit hjelpemiddel i planlegging. I klimaprofilen er det mellom anna skildra korleis ein bør førebu seg på framtidige klimaendringar som stormflo, auka avrenning, hyppigare episodar med styrtregn og større flaumar. I klimaprofilen er det tilrådd å legge til eit klimapåslag på 20 eller 40 % på dei berekna flaumstorleikane avhengig av plassering av feltet og flaumsesong. Figur 4 viser at det planområdet ligg ved eit område der det ein forventar ei auke på 41-60 %. Sidan bekken har eit lite nedbørfelt som vil reagere raskt på intens nedbør, legg vi til eit klimapåslag på 40 % på dei berekna flaumstorleikane.



Figur 4: Prosentvis endring i 200-årsflaum for nedbørfelt i Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane. Kjelde: Norsk klimaservicesenter.

2.4 Aktsemdskart for flaum

NVE har utarbeidd og presentert aktsemdskart for flaum på atlas.nve.no som syner kva område som kan vere utsett for flaum. Aktsemdsområda er generert basert erfaringstal for norske vassdrag som vert kombinert med ein terrengmodell. Aktsemdskarta er som oftast overestimert, og ei meir detaljert kartlegging vil som regel redusere aktsemdsområda si utstrekning. Figur 5 viser at deler av planområdet ligg innanfor aktsemdsområde for flaum.



Figur 5: Aktsemdskartet viser at deler av planområdet ligg innanfor aktsemdsområde for flaum. Kjelde: atlas.nve.no og Kartverket.

3. Fastsetjing av flaumstorleikar

3.1 Metode

Det er ingen målestasjonar i, eller i nærleiken av, planområdet som har liknande felteigeskapar. Dei næraste som kan samanliknast er stasjon 110.2.0 Draget og 110.1.0 Kariholta som begge ligg like ved Kristiansund. Kvaliteten på data frå desse stasjonane er derimot høgast usikker. Stasjon 90.1 Førdeelv kan vurderast med omsyn til plassering, men denne ligg i eit meir nedbørrikt område. Samanlikningsgrunnlaget er dermed vurdert til å vere dårleg, og ein har i hovudsak sett på gjeldande formelverk og kjende flaumstorleikar.

3.1.1 Nasjonalt formelverk for flomberekningar i små felt (NIFS)

For å fastsetje flaumstorleikar i vassdraget er det mellom anna utført berekningar med nasjonalt formelverk for flaumberekningar i små felt (Ref-4). Formelverket bereknar middelflaum og vassføringar med høgare returperiodar, direkte på kulminasjonsverdiar for små (< ca. 50 km²) uregulerte felt i Norge og er basert på regresjonsanalysar. Formelverket er testa på meir enn 4000 nedbørsfelt. Inngåande parameter er feltareal, normalavrenning og effektiv sjøprosent. I følgje formelverket er middelflaumen (Q_M) gitt ved:

$$(1) \quad Q_M = 18.97 Q_N^{0.864} e^{-0.251 \sqrt{A_{SE}}}$$

der Q_N er nedbørsfeltets normalavrenning (m³/s), henta frå NVE sitt avrenningskart i perioden 1961 – 90, A_{SE} er den effektive sjøprosenten og e er eit grunntal.

Vekstkurva er gitt ved:

$$(2) \quad Q_T/Q_M = 1 + 0.3808 \times q_N^{-0.137} [\Gamma(1+k)\Gamma(1-k) - (T-1)^{-k}] / k$$

der q_N er normalavrenninga (l/s × km²) i perioden 1961-1990 henta frå avrenningskartet, Γ er gammafunksjonen, T er gjentakingsintervall og k er ein konstant som er gitt ved:

$$(3) \quad k = -1 + 2 / [1 + e^{0.391 + 1.54 \times A_{SE} / 100}]$$

Tabell 3 viser resultatata frå flaumberekning ved bruk av nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt.

Tabell 3: Resultat frå flaumberekning ved nasjonalt formelverk for små felt.

Q _M		Q ₂₀		Q ₂₀₀	
m ³ /s	l/s*km ²	m ³ /s	l/s*km ²	m ³ /s	l/s*km ²
0,46	1361	0,78	2280	1,23	3607

3.1.2 Den rasjonelle metode

For å berekne dimensjonerande avrenning for bekken er *den rasjonelle metoden* nytta. Denne er eigna for berekningar av avrenning frå nedbørsfelt som er mindre enn 5 km² (SVV, *håndbok N200*). Avrenninga er berekna ut ifrå ein returperiode på 20 og 200 år; altså 20 og 200-årsflaum. I følgje *den rasjonelle metode* er avrenninga (Q) gitt ved:

$$Q = C \times i \times A \times K_f$$

der C er avrenningsfaktoren som er midlare vekta og lagt til 30 % for 200-årsflaum. i er dimensjonerande nedbørsintensitet, A er feltarealet og K_f er klimafaktor (1,4, jf. Kap. 2.3)-.

Vekta avrenningsfaktor vert berekna ut i frå følgjande formel:

$$C = (C_1 \cdot A_1 + \dots + C_n \cdot A_n) / A$$

der der $C_1 \dots C_n$ er avrenningsfaktorane og $A_1 \dots A_n$ er areala til dei ulike delfelta.

Tabell 4: Avrenningsfaktor for ulike arealtpar og vekta arealfaktor for bekken.

Arealtype	Areal (ha)	Avrenningsfaktor (C)
Innmark og beitemark	7,14	0,36
Skog	8,16	0,30
Bebyggd	18,70	0,35
Vekta avrenningsfaktor	-	0,48

Den dimensjonerande nedbørsintensiteten vert rekna ut i frå feltet si konsentrasjonstid (t_c) og varierer med gjentakingsintervallet. I fylgje Statens vegvesen, handbok N200, er konsentrasjonstida t_c gitt ved:

$$t_c = 0,6 \times L \times H^{-0,5} + 3000 \times A_{se}$$

der L er lengda av feltet (m), H er høgdeskilnaden i feltet (m) og A_{se} er andel innsjø i feltet.

Tabell 5 summerer opp utrekninga av konsentrasjonstida og avrenninga frå nedbørsfeltet til dei to bekkane. Konsentrasjonstida (tidsfaktoren) er berekna frå formelen ovanfor. Nedbørsintensiteten er henta frå næraste stasjon med best samanliknbare forhold. Stasjon 60940 Ålesund Spjelkavik ligg om lag 7 km aust for planområdet, og har ein måleperiode på 22 år (1970-1995).

IVF-verdier for Ålesund - Spjelkavik (SN60940), Data fra 1970 - 1995, 22 ses. Oppdatert 31.12.2022.							
	Varigheter (minutter)						
Gjentaksintervall (år)	60	90	120	180	360	720	1440
2	23,3	19,5	17,2	14,4	10,5	7,1	5,0
5	28,0	23,1	20,7	17,0	13,0	9,6	6,5
10	31,4	25,6	23,0	18,9	14,8	11,4	7,7
20	34,7	28,1	25,4	20,8	16,7	13,2	9,0
25	35,7	28,9	26,1	21,4	17,3	13,8	9,4
50	38,9	31,5	28,6	23,5	19,2	15,8	10,7
100	42,4	34,2	31,0	25,7	21,3	17,9	12,1
200	45,9	36,8	33,5	27,9	23,5	20,2	13,6

Figur 6: IVF-verdier frå stasjon 60940 Ålesund-Spjelkavik (45 moh.).

Tabell 5: Tabell som syner feltparameter og utrekning av avrenninga frå bekken for nedbørssum med ein returperiode på 20 og 200 år. Det er lagt til eit klimapåslag på 40 % på storleiken på avrenninga, og 30 % på avrenningsfaktoren for 200-årsflaum.

Tidsfaktor	Avrenningsfaktor (C)		Feltareal (ha)	Nedbørsintensitet (l/s)		Klimafaktor (Kf)	Q20 (l/s)	Q200 (l/s)
	Q20	Q200		Q20	Q200			
69,8	0,48	0,62	34	32,5	49,9	1,4	0,53	0,91

3.2 Fastsetjing av dimensjonerande flaumstorleik

Tabell 6 syner ei samanlikning av resultata frå flaumberekninga. Ein ser at resultata frå NIFS er ein god del høgare enn resultata frå *den rasjonelle metode*. Ei årsak kan vere at feltstorleiken er i ytterkanten av gyldigheitsintervallet for bruk av NIFS og at NIFS ikkje er tilpassa mikrofelt noko som aukar usikkerheita. Resultata frå NIFS er truleg overestimert. *Den rasjonelle* metoden tek betre omsyn til dei lokale klimatiske tilhøva, samt kva overflatetypar som dominerer feltet. Samstundes er det knytt ein del usikkerheit til val av avrenningsfaktor. På grunn av usikkerheita med begge metodane, er det valt legge gjennomsnittet til grunn for fastsetjing av dimensjonerande flaumstorleik.

Tabell 7 viser dimensjonerande flaumstorleikar inkludert klimapåslag.

Tabell 6: Resultata frå flaumberekningane med NIFS og *den rasjonelle metode*.

	Q ₂₀		Q ₂₀₀	
	m ³ /s	l/s*km ²	m ³ /s	l/s*km ²
Resultat med RFFA_NIFS	0,78	2280	1,23	3607
Resultat med den rasjonelle metode	0,53	1553	0,91	2663
Valt flaumstorleikar	0,66		1,07	

Tabell 7: Flaumstorleikar Det er lagt til eit klimapåslag på 40 % på dei berekna flaumstorleikane.

	Q ₂₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)
Dimensjonerande flaumstorleikar	0,92	1,50

3.3 Klassifisering av flaumberekninga

Det er ingen målestasjonar for vassføring i vassdraga, og det er få felt i nærleiken med målestasjonar som kan nyttast til samanlikning. IVF-kurva som er nytta ligg like i nærleiken og representerer tilhøva ved planområdet bra. Resultata frå dei to metodane har derimot stor skilnad.

NVE har utarbeidd ein ny metodikk for å klassifisere flaumberekningar (Ref-1). Det hydrologiske datagrunnlaget i området er vurdert til å vere avgrensa, samstundes som at dei to metodane viser ulikt resultat. Flaumberekninga er derfor sett i klasse 5 jf. Tabell 8

Tabell 8: Klassifisering av flaumberekning (Ref-1).

Klasse	Klassifiseringskriterier
1	Godt hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget.
2	Brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i eller nært vassdraget.
3	Brukbart hydrologisk datagrunnlag, men store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området.
4	Begrenset hydrologisk datagrunnlag.
5	Begrenset hydrologisk datagrunnlag og store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området.

4. Hydraulisk modellering

4.1 HEC-RAS - Metode

For å rekne ut vasstanden og areal som kan verte fløymd over i planområde, er det hydrauliske modelleringsverktøyet Hec Ras 5.0.7 nytta. Programmet er utvikla av det amerikanske forsvarsdepartementet og fyrste versjon vart gitt ut i 1996.

Programmet kan modellere både 1-dimensjonalt (1D) og 2-dimensjonalt (1D). Ein 1D-modell bereknar vasstandar og vasshastigheitar basert på forenkla elvegeometri ved tverrprofil over elva, medan ein 2D-modell bereknar vassdjup og vasshastigheiter i horisontale retningar.

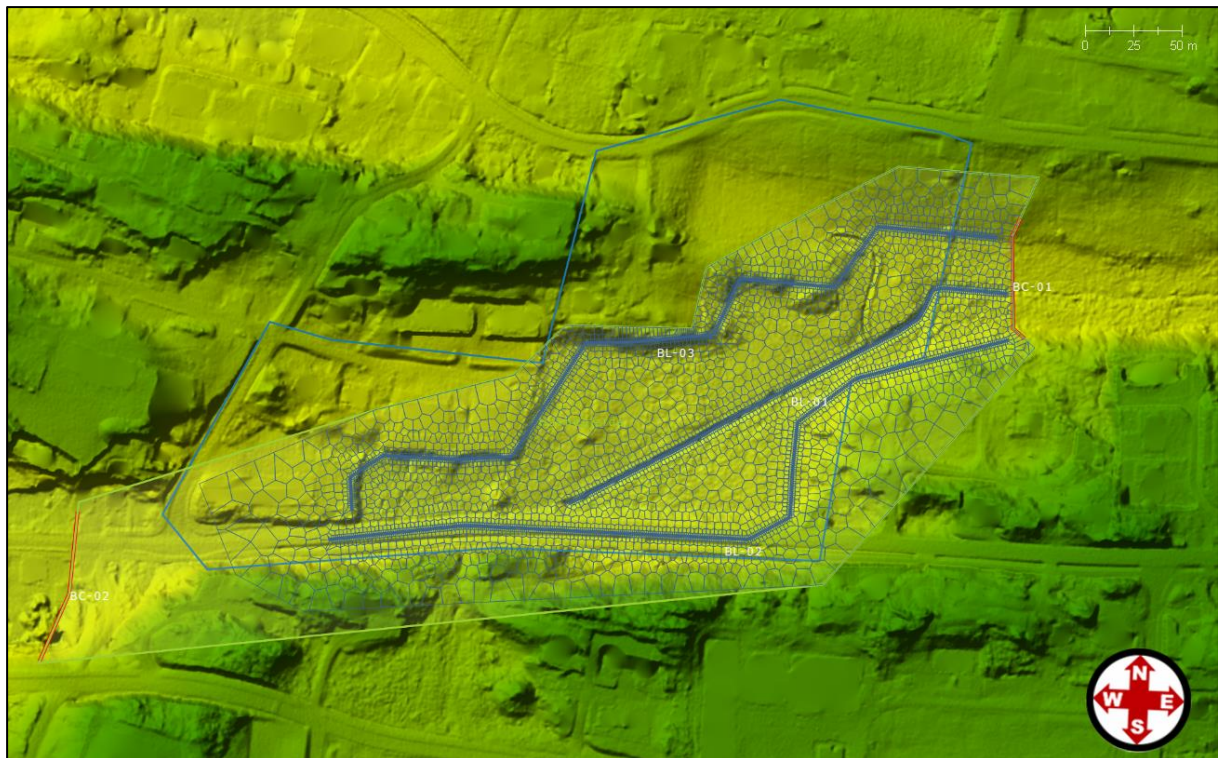
Det er utarbeida terrengmodell basert på tilgjengeleg laserdata. I dette prosjektet, er det nytta laserdata frå prosjekt Sunnmøre nord 2016 som har ein punktettleik på 2 pkt/m². I tillegg er det gjort oppmåling av kulverten nedstraums i planområdet.

I dette prosjektet er det utarbeidd ein hydraulisk 2D-modell. Modellen er utarbeidd med varierende cellestorleik på «*mesht*» (*adaptiv mesh*), der modellen bereknar den optimale storleiken på cellene. I områder med store terrengendringar, som t.d. elvekantane, elva osb., er det lagt inn «*breaklines*» med fast cellestorleik på 0,5 m. Oppstraums grensevilkår er flaumforløp nytta og som nedstraums grensevilkår er terrenggradienten nytta.

Ein viktig parameter i modellane, er elva og kringliggande terreng si ruheit. Ruheita vert gjeve som Mannings-tal. Verdiane som er nytta er henta frå litteraturen (Ref-8), og overflatetypane er henta frå observasjonar gjort under synfaringa, flybilete og FKB-data. Tabell 9 viser manningstala som er nytta.

Tabell 9: Manningstal nytta i den hydrauliske modellen.

Overflate	Manningstal
Elveløp	0,04
Dyrka mark	0,04
Skog	0,06
Bebygd område	0,03

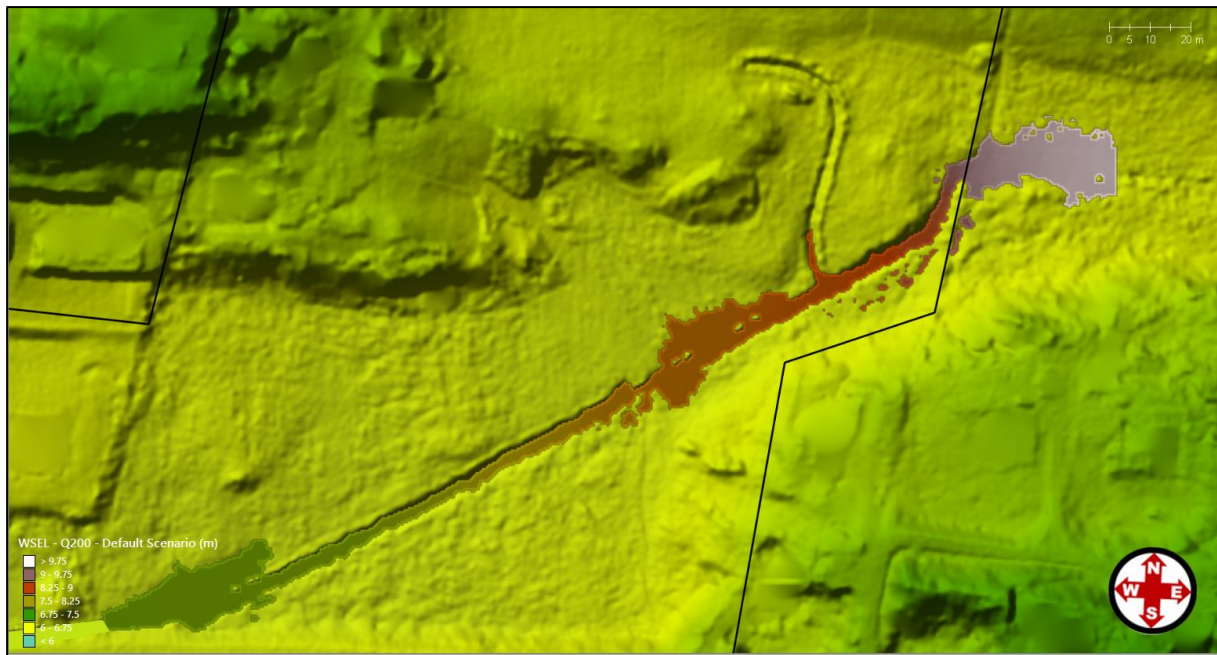


Figur 7: 2D-modell over analyseområdet. Cellestorleiken vert generert utifrå kor store terrengendringane er. Langs elv, elvekantar og andre terrengendringar, er cellestorleiken mindre.

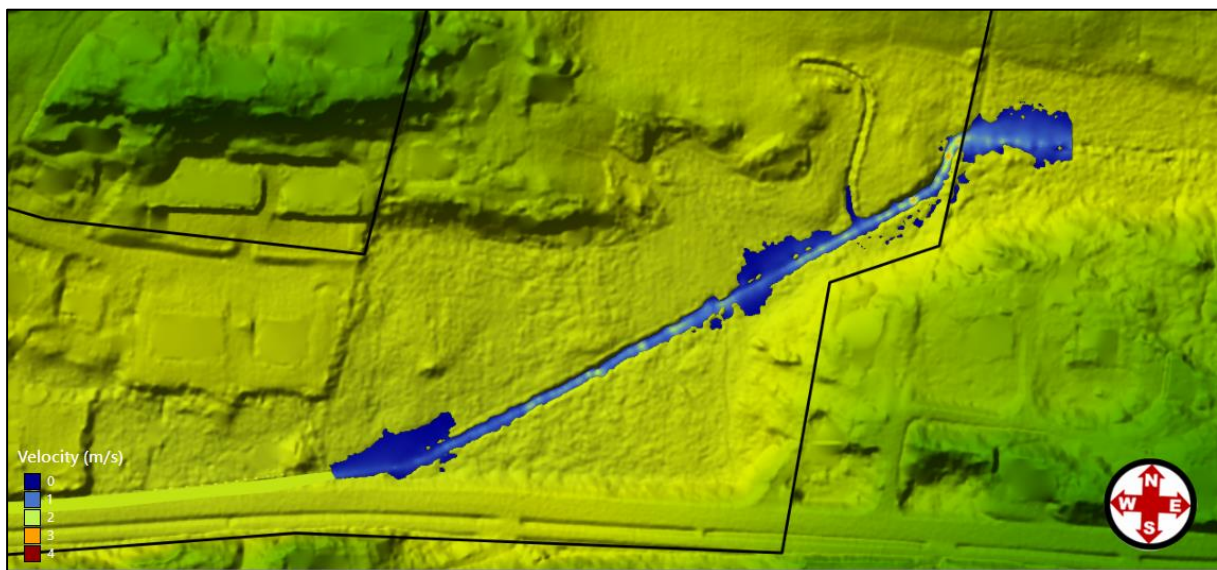
4.2 Resultat

Figur 8 viser resultata frå modellering ved ein 200-årsflaum. Modelleringa viser at dagens bekkeløp hovudsakleg kan handsame ein 200-årsflaum, utanom to område der ein ser at vatnet går ut av bekkeløpet; eitt oppstraums i bekkeløpet og eitt like oppstraums for inntaket til kulverten. Området oppstraums i planområdet skuldast ei samanrast steinbru som hindrar avrenninga og fører til oppstuving av vatn. Kring kulverten er det eit lågpunkt som gjer at vatn samlar seg. Modellert vasstand ligg mellom 9 moh. oppstraums i planområdet til 7 moh. nedstraums i planområdet, og vassdjupet i midten av elveløpet ligg om lag mellom 0,4-1 m.

2D-modellen bereknar også vasshastigheiter. Figur 9 viser modellerte hastigheiter ved ein 200-årsflaum. Hastigheitene langs bekken i planområdet ligg hovudsakleg mellom 1-2 m/s der dei største hastigheitene er i midten av bekken.



Figur 8: Modellert vasstand ved 200-årsflaum i planområdet.



Figur 9: Modellerte vasshastigheiter ved 200-årsflaum. Det er berekna låge hastigheiter i bekkeløpet som hovudsakleg ligg mellom 1-2 m/s.

4.3 Klassifisering av hydraulisk modell

NVE har utarbeidd ein metode for på klassifisere hydrauliske modellar, som vert bestemt ut ifrå ei vurdering på kvaliteten på modellen (Ref-1). Det beste grunnlaget er tilgang på pålitelege kalibreringsdata og kor godt den hydrauliske modellen er tilpassa desse data. Dersom det ikkje finnst kalibreringsdata, vert resultat frå ei sensibilitetsanalyse nytta. Tabell 10 summerer opp klassar og klassifiseringskriteria.

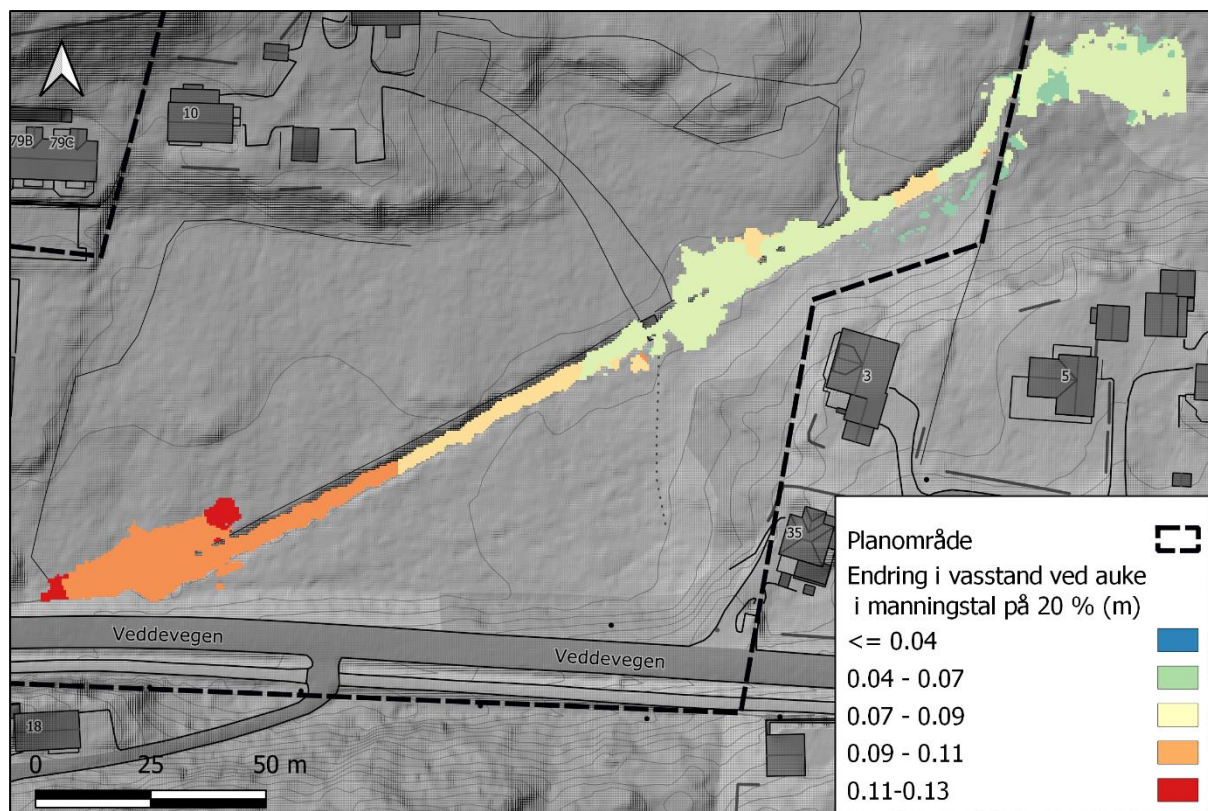
Det finnst ikkje påliteleg kalibreringsdata frå området, og det er derfor utført ei sensitivitetsanalyse på den hydrauliske modellen ved å auke flaumstorleik og manningstal med 20 %. Resultata frå sensitivitetsanalysen er vist i Figur 10 og Figur 11, som viser at det er om

lag like stor auke ved begge analysane, der den største auka er på 13 cm, like oppstraums for inntaket til kulverten.

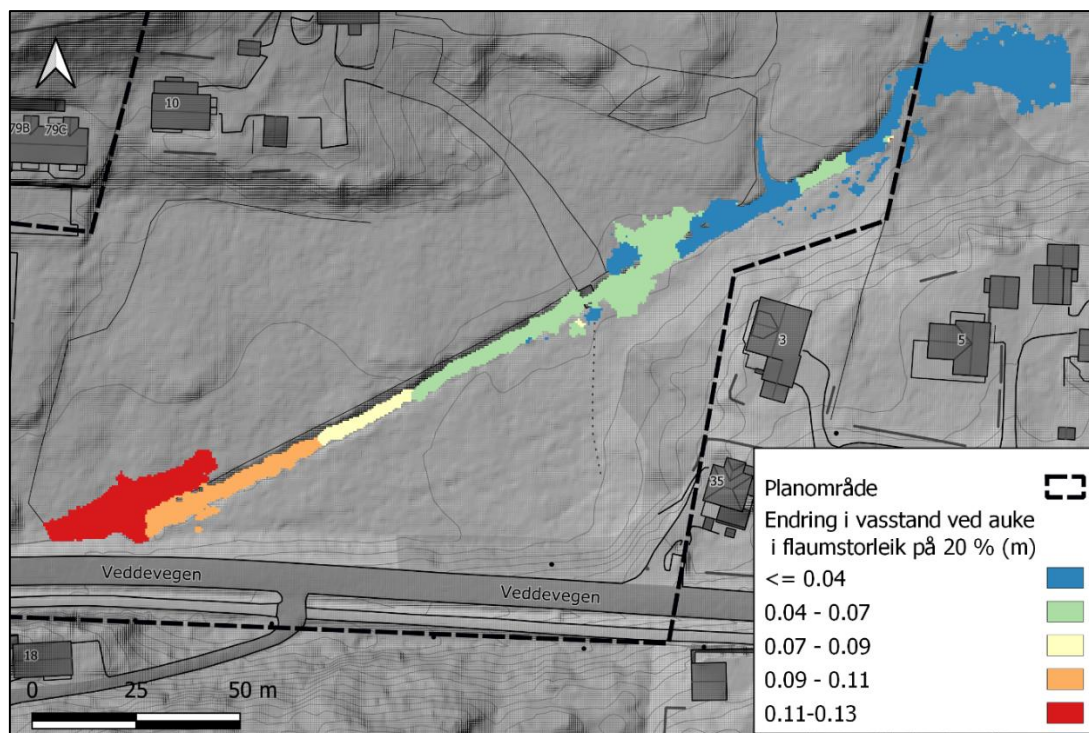
På bakgrunn av endringer i vasstand på rundt 10 cm, vert den hydrauliske modellen plassert i klasse D.

Tabell 10: Klassifisering av hydraulisk modell (Ref-1).

Klasse	Klassifiseringskriterier
A	Modellen er kalibrert for en vannføring tilsvarende en 20-årsflom eller større, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mindre enn 10 cm.
B	Modellen er kalibrert for en vannføring tilsvarende en 20-årsflom eller større, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mellom 10 og 30 cm.
C	Modellen er kalibrert for en vannføring som er mindre enn en 20-årsflom, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak inntil 30 cm.
D	Modellen er tilpasset mot en målt vannlinje, og følsomhetsanalysen viser at endringer i vannstanden er tilnærmet 30 cm eller lavere.
E	Følsomhetsanalysen viser at endringer i vannstanden er større enn 30 cm. Eventuelt er modellen ikke tilpasset mot en målt vannlinje.



Figur 10: Auke i flaumdyp som følgje av auke i manningstal på 20 %. Største auke er på 13 cm.



Figur 11: Resultat frå sensitivitetsanalyse ved å auke flaumstorleiken med 20 %. Største auke er på 13 cm.

4.4 Kapasitetsberekning kulvert

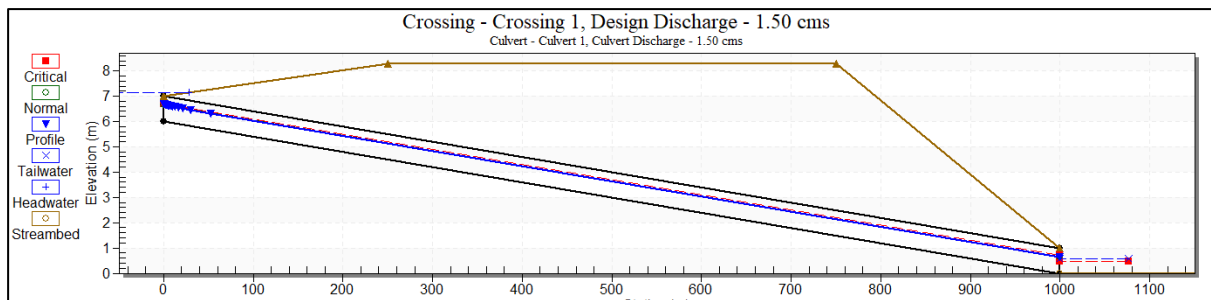
Nedstraums i planområdet er bekken lagt i røyr fram til utløpet i Langevågen. For å berekne kapasiteten er HY-8 nytta, som er utvikla av det amerikanske transportdepartementet. Inngangsparameter i modellen er ruheita til røyrret, hellinga, utforming av innløpet og diameteren til røyrret. Diameteren vart målt til 100 cm på synfaringa, og terrenghøgder er henta frå høydedata.no.

Tabell 11: Inngangsparameter nytta i kapasitetsberekninga.

Diameter (mm)	Røyrmaterial	Mannintstal	Helling på kulvert (m/m)	Høgde botn røyr (moh.)
1000	Betong	0,012	0,006	6

Figur 12 viser berekna vassline ved 200-årsflaum gjennom røyrret fram til utløpet i Langevågen. Vasstanden vil ligge 7 cm høgare enn topp røyr ved denne vassføringa, men det vil ikkje vere fylt tverrsnitt slik at det vil vere frispeglstrøyming gjennom heile røyrret. Sidan vasstanden er høgare enn topp røyr oppstraums for inntaket, bør ein ikkje tilføre kulverten meir vatn enn slik situasjonen er i dag. Eventuell auka avrenning frå planområdet som følgje av utbygginga, bør derfor verte infiltrert og fordøya lokalt på tomtane.

Det er planlagt ein veg som går over bekkeløpet like oppstraums for noverande kulvertinntak, slik inntaket vert flytta lenger mot aust. Det nye inntaket må ha minimum same dimensjon som eksisterande inntak. I samband med detaljprosjektering av planen, bør det gjerast ei konkret vurdering kring innløpstype og plassbehov ved kulvertinntaket. Det er likevel sett av 10 m langs bekkeløpet, noko som vil vere tilstrekkeleg areal til konstruksjon av innløpet.



Figur 12: Vassline for kulvert ved 200-årsflaum.

Tabell 12: Resultat frå kapasitetsberekninga. Ved ein 200-årsflaum vil innløpet vere dykka med 7 cm, men røyret vil likevel ha tilstrekkeleg kapasitet til å handsame ein 200-årsflaum.

Vasstand ved innløp (moh.)	Avrenning (m ³ /s)	Avrenning kulvert (m ³ /s)	Kritisk djup (m)
6,23	0,10	0,10	0,17
6,41	0,29	0,29	0,30
6,54	0,48	0,48	0,39
6,66	0,67	0,67	0,46
6,76	0,86	0,86	0,53
6,85	1,05	1,05	0,59
6,94	1,24	1,24	0,64
7,07	1,50	1,50	0,71
7,13	1,62	1,62	0,73
7,24	1,81	1,81	0,78
7,36	2,00	2,00	0,81
8,30	2,19	2,19	0,17



Figur 13: Inntak nedstraums i planområdet.

5. Sikkerheitspåsag

I samband med arealplanar og byggesaker er det tilrådd å legge til eit sikkerheitspåsag på dei berekna vasstandane ved praktisk bruk, Sikkerheitspåsaget kan verte fastsett ved å nytte tre trinn (Ref-1):

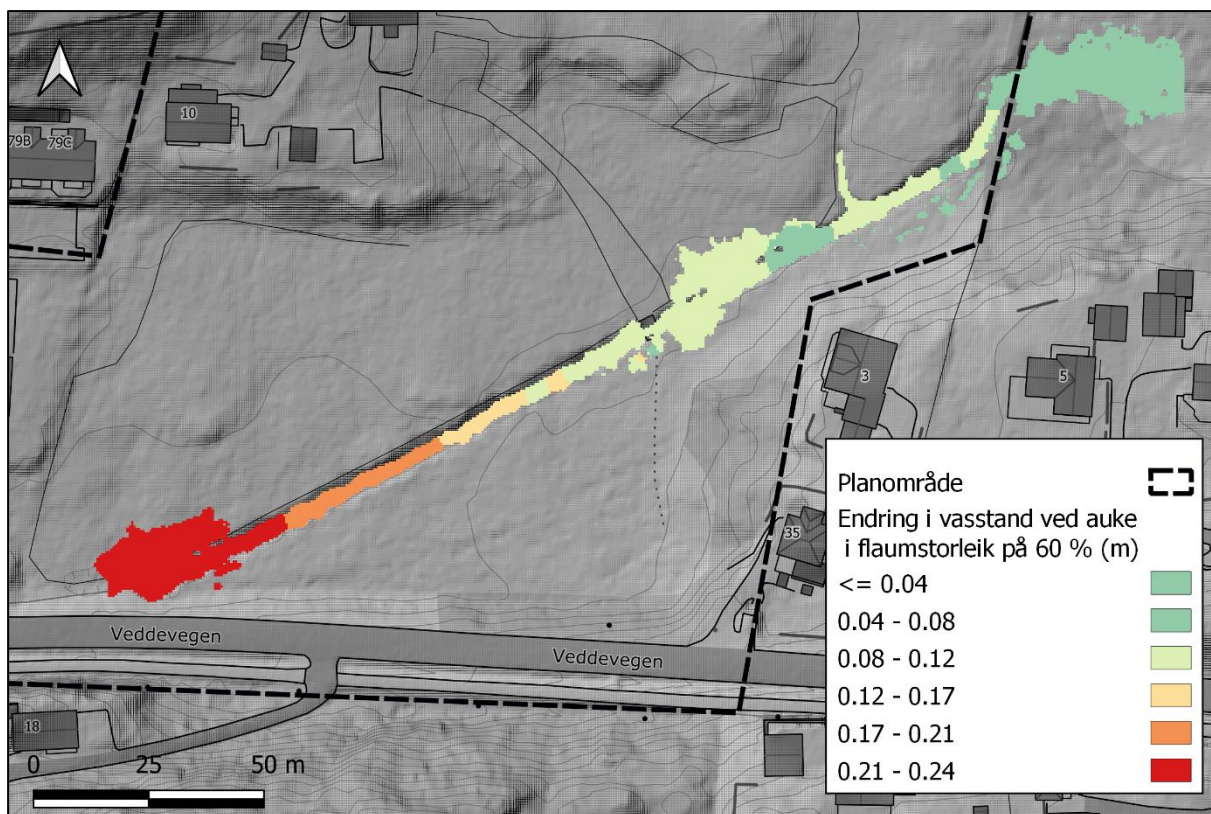
- Bestemme prosentvis påslag på vassføringa ved å nytte Tabell 13
- Bestemme storleiken på sikkerheitspåsaget ved å legge det prosentvise påsaget til modellen og samanlikne resultata med og utan påslag, Skilnaden mellom dei to berekna vasstandane utgjør det berekna det berekna sikkerheitspåsaget
- Det berekna sikkerheitspåsaget gjev grunnlaget for å bestemme den ekstra høgda som leggst til flaumvasstanden, Skilnaden mellom vasstandane kan variere i ulike område i den hydrauliske modellen, slik at ein definerer sikkerheismarginen for område i 2D-modellen med om lag same verdiar for sikkerheitspåsaget

Flaumberekninga for bekken er klassifisert i klasse 5 og den hydrauliske modellen er klassifisert i klasse D, Dette gjev eit tilrådd påslag på vassføringa på 60 % ved praktisk bruk av dei berekna vasstandane,

Figur 14 viser opphaveleg modell samanlikna med modell der eit påslag på 60 % er lagt til vassføringa. Det er størst skilnad nedstraums i planområdet, like før der bekken er lagt i røyr, kor ein ser ei auke på 17-24 cm. Vidare oppstraums vert endringa mindre, kor ein ser ei auke på 4-12 cm. Ved fastsetjing av trygg byggehøgde for utbyggingsområda som ligg langs bekken, må ein fastsetje ei trygg byggehøgde der ein legg auka som er skildra ovanfor til dei modellerte vasstandane. Sidan endringa og vasstanden varierer langs bekken, må ein gjer ei konkret vurdering for kvar av byggverka som skal førast opp.

Tabell 13: Fastsetting av påslag på vassføringa basert på klassifisering av hydraulisk modell og flaumberekningane (Ref-1),

Prosentvis påslag på vannføringen				
Klassifisering av hydraulisk modell, tabell 10-1	Klasse E	40 %	45 %	50 %
	Klasse D	20 %	30 %	40 %
	Klasse C	15 %	20 %	30 %
	Klasse B	10 %	15 %	20 %
	Klasse A	5 %	10 %	15 %
		Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Klassifisering av flomberegning, tabell 10-2				



Figur 14: Skilnad i vasstand mellom opphaveleg modell og modell der eit påslag på 60 % er lagt til.

6. Vurdering av erosjonsfare og kritiske punkt

Thomas Austin Stormoen frå SGC utførte ei synfaringa saman med oppdragsgjevar 29.11.2023. Heile bekkestrekinga vart kartlagt med omsyn til kritiske punkt og fare for erosjon.

I følgje lausmassekartet til NGU består lausmassane i området av tjukk eller tynn havbotnavsetjingar. Dette er finkorna avsetjingar som kan ha stor mektigheit. Dette vart stadfesta på synfaringa, der ein kunne observere finkornamassar enkelte stader i bekkeløpet. Elles er bekkeløpet sporadisk sikra med steinar, og det er fast fjell enkelte stader oppstraums i planområdet.

Den hydrauliske modelleringa ved ein 200-årsflaum viser at strøymehastigheita langs den rette delen av elveløpet ligg mellom 1-2 m/s, noko som avgrensar erosjonskapasiteten. I aust – der bekken renn inn i planområdet – er det ei brå sving, og her er hastigheita noko høgare. Finstoff som sand og grus som ligg i og langs elveløpet er massar som lett vert erodert, og ein planlegg utbyggingsområde nært bekken. Ein kan derfor ikkje utelukke at det kan førekome erosjon slik at desse områda kan verte råka. Dersom ein skal utnytte område som skissert, må ein gjere avbøtande tiltak eller setje byggegrenser langs bekkeløpet gjennom planområdet. Sjå Kap 7 for tilrådingar kring tiltak.

Om lag midt i planområdet er det ei gamal steinbru med betongdekke over bekken. Brua er delvis rasa saman, slik at det berre er om lag 10 % att av den opphavelge lysopninga. Dette fører til at vatnet vert stuva opp under flaumhendingar, og at bekken har tatt eit sideløp mot sør. Dette ser vi att på modelleringa av flaumutbreiing ved 200-årsflaum, der arealet oppstraums for brua vert fløyma over. Denne brua bør fjernast for å hindre overfløyming framtida.



Figur 15: Venstre bilete: Bekkeløpet er delvis attgrodd. Høgre bilete: Enkelte stader ligg det steinar/blokker i bekkeløpet



Figur 16: Venstre bilete: Gamal steinbru som er delvis kollapsa. Denne vil hindre avrenninga i området og bør fjernast. Høgre bilete: Kanal som vert kopla saman i øvre deler av planområdet.

7. Tiltak

Det er planlagt bustadområde (BK8, BK7, BK6, B9, B5 og B4.) nær bekken. Bekken består enkelte stader av lett eroderbare massar, og dersom ein skal utnytte området som skissert, må ein gjennomføre enkelte tiltak. For å oppnå tilstrekkeleg sikkerheit mot erosjon forslår SGC å gjennomføre

1. Erosjonssikring med ordna steinlag

Ordna steinlag vil gje ei fullgod sikring mot erosjon. Fordelen med denne metoden er at det er ein relativt rimeleg sikringsmetode, der ein kan laste steinmassane direkte frå salve utan særleg mykje sortering. Det er heller ikkje naudsynt med filterlag. Denne metoden gjer det òg mogeleg å etablere eit naturleg elveløp, der ein kan reetablere kantvegetasjon over sikringa. Ein slik sikringsmetode kan òg kombinerast med turstiar med meir, slik at ein gjer bekken tilgjengeleg som eit grønt innslag i planområdet. Endeleg arealbehov for bekken og berekning av stabil steinstorleik med meir, må dimensjonerast. Det er i dag sett av ti m til grøntareal langs bekkeløpet, og dette vil vere tilstrekkeleg areal til å gjennomføre tiltaket.

Figur 17 viser prinsippskisse av ei erosjonssikring i ordna steinlag og Figur 18 viser eit døme på ferdig utført erosjonssikring av eit bekk.

2. Etablere byggegrense mot bekk

Ein kan oppnå tilfredsstillande tryggleik mot erosjon ved å halde tilstrekkeleg avstand mot bekken. Store deler av bekken har eit rett elveløp med låge strøymehastigheiter. Noko erosjon kan førekomme, men storleiken på bekken og hastigheita tilseier at den ikkje vil ha kapasitet til å erodere langt utanfor bekkeløpet. I yttersvingar, td. oppstraums i planområdet er meir utsett for erosjon, i tillegg til at hastigheita er noko høgare.

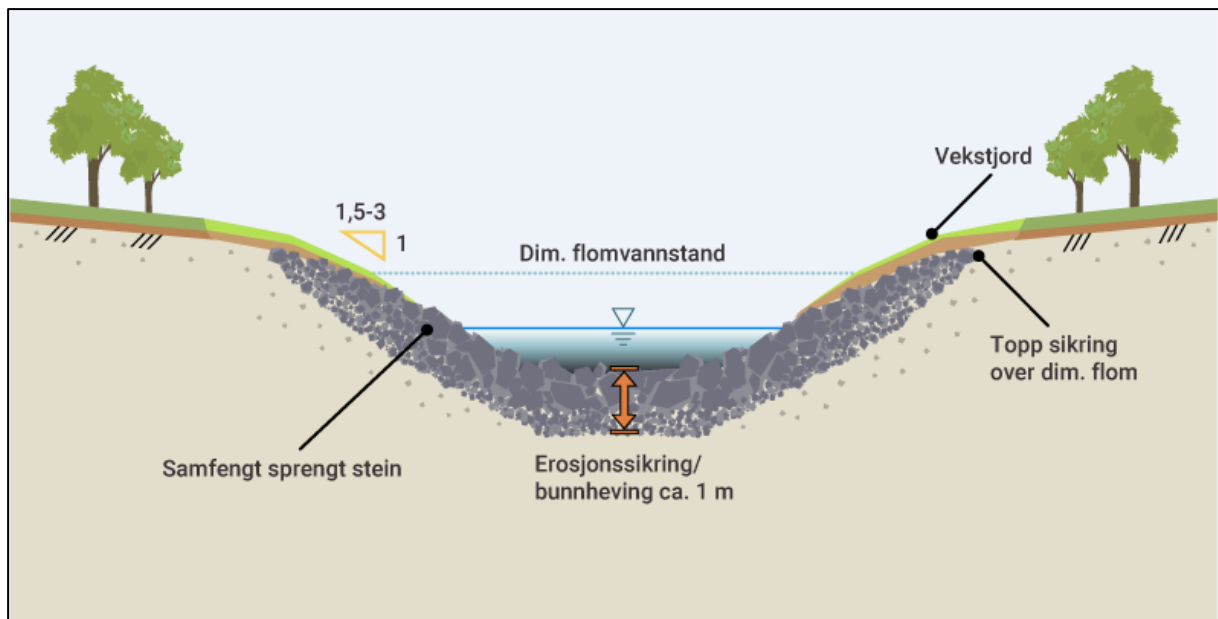
Ei grense på 5 m frå toppen av bekkeskråninga vil vere tilstrekkeleg avstand langs den rette delen av bekken. I austre deler av planområdet, ved yttersvingen, vil ei grense på 7 m vere tilstrekkeleg. Byggegrensene gjeld for bustadområda BK8, BK7, BK6, B9, B5 og B4. Sjå Figur 19 for byggegrensene.

3. Etablere djup nok fylling i byggeområda nærast bekken

I samband med utbygging av eigedommane langs bekkeløpet, skal ein masseutskifte det øvste laget og etablere fylling for stabil byggegrunn. Ei fylling vil bestå av blokker som er store nok til at dei vil hindre erosjon og dersom ein etablerer ei slik fylling djupt nok, vil dette vere ei god nok sikring mot erosjon i seg sjølv. Fyllinga må vere djupare enn botn av bekkeløpet for å hindre at massane vert underava. Kor djup den må vere må fastsetjast for kvart bustadområde som skal byggast ut. Botn av bekkeløpet ligg generelt om lag 1,5-2 m under terrenget i byggeområda langs bekken.

Andre tiltak

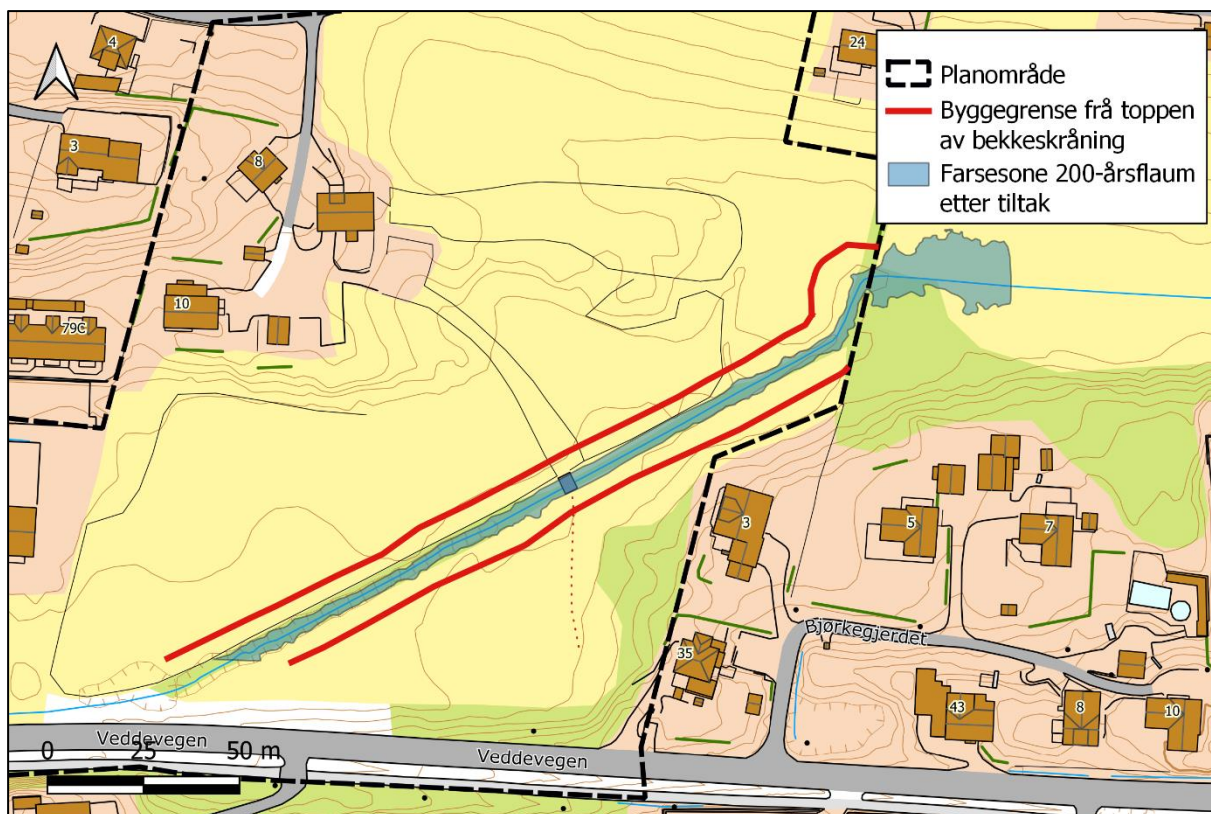
I tillegg rår vi til at den gamle brua som er rasa saman vert fjerna heilt. Om ein fjernar brua, vil ein avgrense erosjonsfaren og at vatnet tek ny veg, samt at ein hindrar at området oppstraums for brua verte fløyma over.



Figur 17: Prinsippskisse ordna steinlag. Kjelde: Sikringshandboka, NVE (2024).



Figur 18: Valsetbekken i Skaun kommune er eit døme på ferdig erosjonssikra bekkeløp med ordna steinlag. Foto: Geir B. Hagen).



Figur 19: Tilrådd byggegrense frå toppen av bekkeskråning. Kartkjelde: Kartverket.

8. Konklusjon

Sunnfjord Geo Center AS (SGC) har på oppdrag av Proess AS utført ei flaumfarevurdering etter TEK17 langs ein bekk i samband med detaljreguleringsplan for Karlsgarden på Havnegjerdet i Sula kommune. Føremålet med planen er å legge til rette for bustad- og næringsområde.

20- og 200-årsflaum inkludert klimapåslag på 40 % er berekna til høvesvis 0,92 m³/s og 1,50 m³/s. Flaumberekningane er gjort med bakgrunn i *Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små felt og den rasjonelle metode*. Hec-RAS er nytta for å utføre ei 2D-modellering i planområdet. Modelleringa viser at mindre areal oppstraums i planområdet og ved inntaket til kulverten som bekken renn vidare i vil verte fløyma over ved dagens tilhøve. Det er utarbeida faresonekart for flaum som viser kva for område som er utsette for 20- og 200-årsflaumar. Området som vert fløyma over oppstraums i planområdet skuldast ei gamal steinbru som har rasa saman og som hindrar avrenninga i området. For å redusere faresona for flaum i dette området, må brua fjernast.

Nedstraums i planområdet er bekken lagt i røyr heilt fram til utløpet i Langevågen. For å berekne om røyrret har tilstrekkeleg kapasitet til å handsame ein 200-årsflaum, er HY-8 nytta. Berekningane viser at vasstanden vil stå like over toppen av røyrret, men at kulverten har tilstrekkeleg kapasitet til å handsame ein 200-årsflaum. Det er også planlagt ei vegkryssing like ovanfor inntaket, og det er planlagt kulvert under vegen. Ein kan legge til grunn same dimensjon (Ø1000 mm) ved denne kulverten.

Det er også gjort ei vurdering av erosjonsfaren langs bekken. Vasshastigheita er låg, men det er kartlagt lett eroderbare massar i bekkeløpet og ein planlegg bustadområde i kort avstand til bekken. Eitt av tre følgjande alternativ til tiltak er tilrådd som tiltak mot erosjon langs bekkeløpet:

1. Erosjonssikring med ordna steinlag langs bekkeløpet
2. Etablere byggegrense frå toppen av bekkeskråning
3. Etablere fyllingane for bustadområda djupt nok til å hindre erosjon

9. Referansar

- Ref-1: NVE, 2020: *Lokal og regional flomfrekvensanalyse*, NVE-rapport 10/2020
- Ref-2: Norsk Klimaservicesenter, 2017: *Klimaprofil Sogn og Fjordane*
- Ref-3: NVE, 2015: *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*, NVE-veileder 7/15
- Ref-4: NVE, 2009: *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer i stein*, NVE-veileder 4/2009
- Ref-5: Chow, V,T., 2009: *Open Channel Hydraulics*,

Internettsider:

Kart, satellittbilete og topografiske profil:

<http://www.norgeskart.no>

<http://hoydedata.no>

Hydrologiske data:

<http://nevina,nve.no>

Klima:

<http://www.eklima.no>

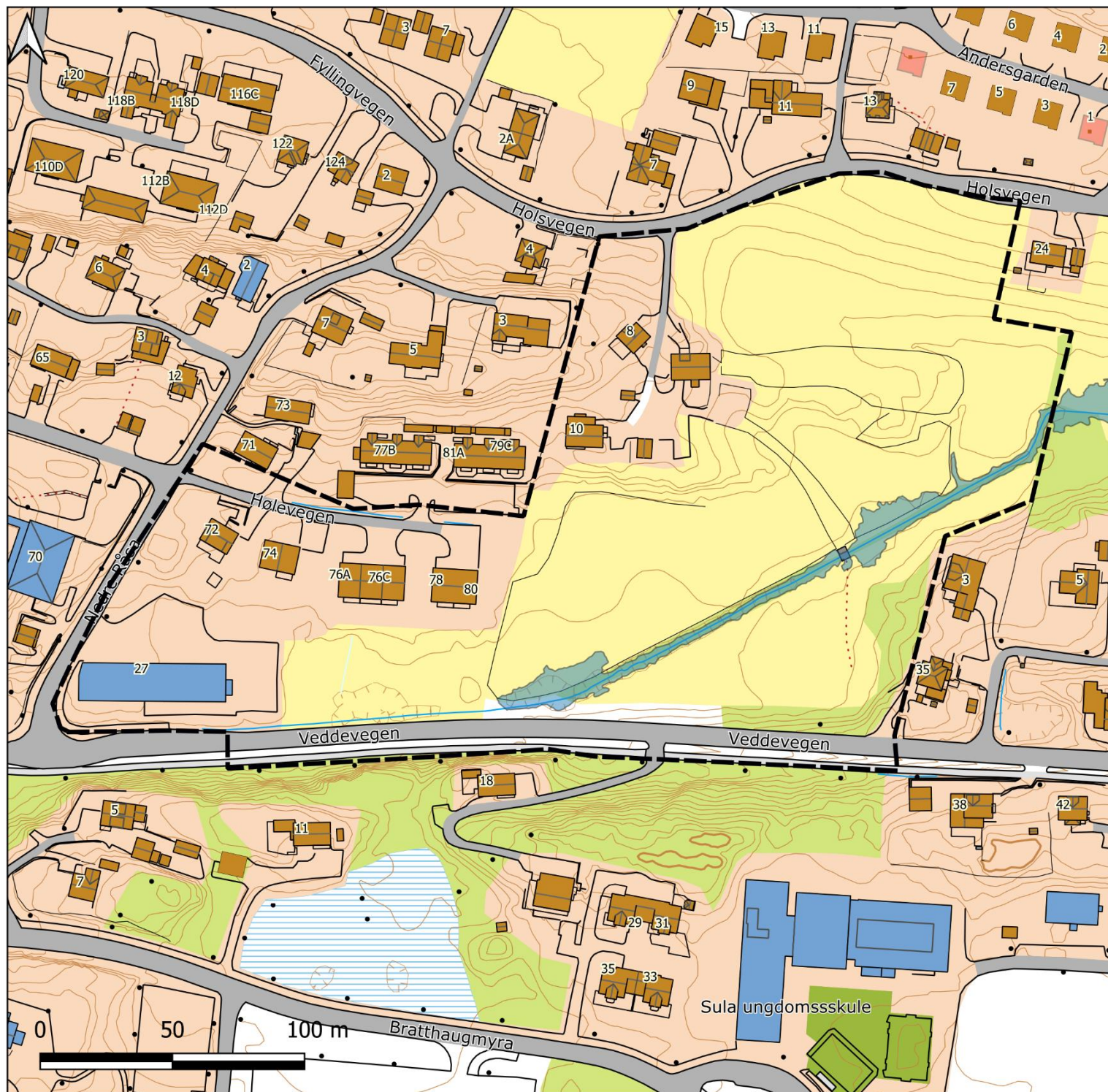
<http://www.yr.no>

<http://www.senorge.no>

<http://klimaservicesenter.no>

Føreskrifter:

<http://www.lovdata.no>



Teiknforklaring

-  Planområde
-  Faresone 200-årsflaum, inkl. klimapåslag

Vedlegg 1 Flaumsonekart 200-årsflaum

Oppdrag: 2023-04-149 Flaumfarevurdering for
Karlsgården på Havnegjerde, Sula kommune

Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N

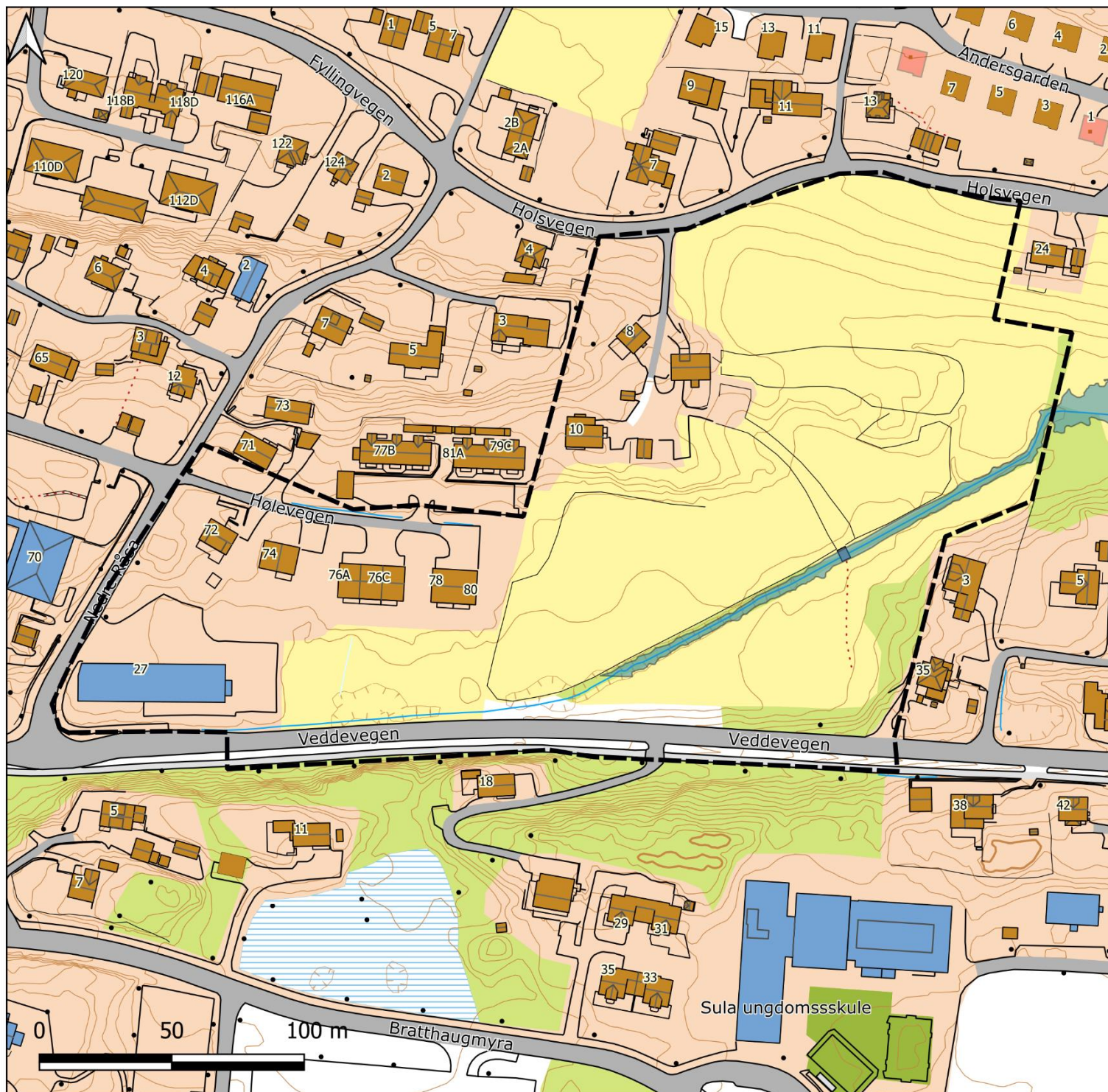
Dato:
07.02.2024

Utarbeida av:
Anders Haaland

Kontrollert av:
Atle Nesje



Sunnfjord Geo Center



Teiknforklaring

- Planområde
- Faresone 200-årsflaum, inkl. klimapåslag etter tiltak

Vedlegg 1 Flaumsonekart 200-årsflaum etter tiltak

Oppdrag: 2023-04-149 Flaumfarevurdering for
Karlsgården på Havnegjerde, Sula kommune

Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N

Dato:
19.02.2024

Utarbeida av:
Anders Haaland

Kontrollert av:
Atle Nesje



Sunnfjord Geo Center