

Oppdragsgiver	Navn Rune Oterholm	Kontaktperson Rune Oterholm
Oppdrag	Nummer og navn 22298 Oppdal, Sandbakkhaugen - (HP 20232) Mulighetsstudie sikringstiltak mot flom og skred til arealplan	Oppdragsleder Hallvard Skaare Nordbrøden
Dokument	Nummer 22298-01-1 Utført av Hallvard Skaare Nordbrøden (Skred) og Petter Reinemo (Flom)	Dato 2022-06-03 Kontrollert av Pål Lohne (Skred), Ragnhild Hammeren (Flom)

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
1	03.06.2022	HSN,PR	PL,RH	Original

Mulighetsstudie sikringstiltak skred og flom til arealplan

Sammendrag

Skred AS har på oppdrag fra Rune Oterholm kartlagt flom- og skredfare for et område på Sandbakkhaugen i Oppdal kommune etter TEK17 §7-2 og 7-3. Kartleggingen konkluderte med at det var for lav sikkerhet mot både skred og flom på deler av det vurderte området.

For å dokumentere at det er mulig å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot flom og skred samt å sette av areal til tiltakene har Skred AS utarbeidet en mulighetsstudie for sikring mot skred og flom.

Det anbefales et masseavlagringsbasseng for å sikre mot sørpeskred i Sandbekken. Flomsikringstiltakene består av å skifte ut eksisterende stikkrenner, definere vannveiene tydeligere ved vegen Andorbakken med lavbrekk og å legge opp en liten flomvoll nedstrøms Andorbakken som forlenges av tilkomstvei. Det er foreslått et areal disse tiltakene vil ta til arealplanen.

Tiltakene må detaljprosjekteres før utførelse. Som en del av det arbeidet må det fastsettes prosjekteringsforutsetninger iht. SAK10, Eurokode 0 og 7 for både flom og skred.

Innhold

1	Bakgrunn.....	5
1.1	Innledning	5
1.2	Formål med denne rapporten	5
1.3	Grunnlag	5
1.4	Farekartlegging	6
1.5	Tidligere utredninger sikringstiltak.....	7
2	Premisser for sikringstiltak, regelverk og veiledere	8
2.1	Plan og bygningsloven	8
2.2	Vannressursloven	8
2.3	Fare for økt ulempe på omliggende områder	8
2.4	Valg av sikkerhetsnivå etter TEK17 §7-2 og §7-3	8
2.5	TEK17 §10 Konstruksjonssikkerhet.....	9
2.6	SAK 10	9
2.7	Benyttede håndbøker og veiledere	9
2.8	Føringer fra oppdragsgiver	9
2.9	Kartgrunnlag	10
2.10	Eiendomsforhold.....	10
2.11	Reguleringsplan, kommuneplan	11
2.12	Infrastruktur i grunnen.....	11
2.13	Vedlikehold og tilsyn	12
2.14	Miljø-, natur- og kulturverdier	12
3	Beskrivelse av topografi	13
4	Dimensjonerende flom- og skredscenario	14
4.1	Flom	14
4.1.1	Dimensjonerende vannmengde	14
4.1.2	Nødvendig kapasitet og sikkerhet mot erosjon	14
4.2	Skred	14
4.2.1	Designscenario	14
4.2.2	Resultater og grunnlag for dimensjonering	15
5	Anbefalt sikringstiltak	18
5.1	Sikringstiltak mot flom.....	18
5.1.1	Anbefalt sikringstiltak.....	18
5.1.2	1 - Utsifting av kulverter og/eller flomvei over vegbane	18
5.1.3	2 - Flomvoll mot planområdet	19
5.1.4	Plassbehov	20
5.1.5	Effekt på sikkerhet mot flom og nærliggende områder.....	20
5.2	Sikringstiltak mot skred	22
5.2.1	Anbefalt sikringstiltak.....	22
5.2.2	Vurderte, men ikke anbefalte tiltak	22

5.2.3	Dimensjonering av masseavlagringsbassenget.....	23
5.2.4	Utforming og andre føringer	26
5.2.5	Økt ulempe for omkringliggende bebyggelse	27
5.2.6	Effekt på sikkerhet mot skred / Restrisiko	27
6	Anbefalinger og videre arbeid.....	28
6.1	Videre arbeid	28
6.2	Drift og vedlikehold	28
7	Referanser	29

Tabeller

Tabell 1: Oppsummering av sentrale verdier for dimensjonering av sikringstiltakene.	15
Tabell 2: Ulike alternativer for å oppnå tilstrekkelig kapasitet ved oppstrøms veikryssinger.	19
Tabell 3	23
Tabell 4: Oppsummerte premisser for at sikringstiltakene mot skred skal gi tilfredsstillende sikkerhet iht. sikkerhetsklasse S2.	26

Figurer

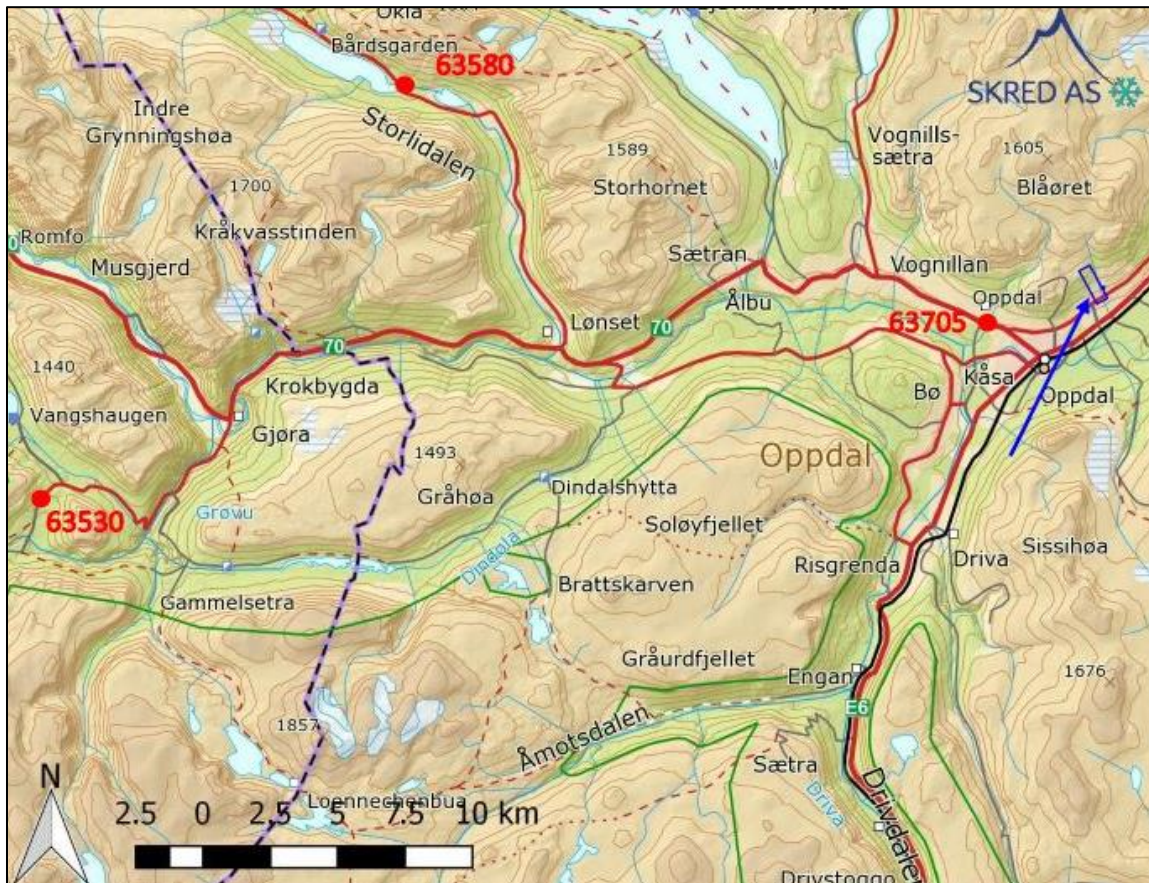
Figur 1: Lokalisering av det vurderte området (vist med blå pil), ca. 3 km nordøst for Oppdal sentrum. Kartet viser i tillegg de meteorologiske stasjonene som ble benyttet for klimaanalysene: 63530 Hafsås, 63580 Ångardsvatnet og 63705 Oppdal Sæter.	5
Figur 2: Faresone for 200-årsflom (sikkerhetsklasse F2).	6
Figur 3: Faresone for skred med største årlige sannsynlighet 1/1000 (S2)	7
Figur 4: Kartgrunnlag (2022) som representerer antatt utbygd veger vist med ortofoto (2019) som ikke samsvarer med kartgrunnlaget.	10
Figur 5: Det vurderte området med omtrentlig plassering av de aktuelle tiltakene der de er utenfor det vurderte området. Eiendomsgrenser og gbnr. vises i kartet.	11
Figur 6: Omtrentlig plassering av VA og/eller EL-ledning samt vannverk i tilknytning til det vurderte området.	12
Figur 7: Oversikt over det vurderte området med terrenghelning og skyggekart.	13
Figur 8: Beregningsresultat som ligger til grunn for faresonene, hentet fra Skred AS rapport 20232-01-1.	15
Figur 9: Deposjonsanalyse av sørpeskredmassene som strømmer inn i det vurderte området fra Sandbekken.	16
Figur 10: Hastighetsprofil for dimensjonerende sørpeskredscenario ved vegen Andorbakken. Strømningshastigheten («discharge») er vesentlig lavere enn ovenfor tiltaket pga spredning og energidemping når skredmassene treffer vegen.	17
Figur 11: Illustrasjon av foreslått voll forlenget med hevet tilkomstvei.	19
Figur 12: Arealer som anbefales satt av til flomsikringstiltak i reguleringsplanen.	20
Figur 13: Eksempel på masseavlagringsbasseng som sikring mot sørpeskred. Tørrmuren nærmest vegen i bildet fungerer som bakvegg.	22

Figur 14: Mulig plassering og utstrekning på masseavlagringsbasseng.	24
Figur 15: Beregningsresultat for dimensjonerende sørpeskred modellert på en terrengmodell hvor sikringstiltakene er integrert. Oversikt over flomtiltakene er vist i Figur 12.	25
Figur 16: Forslag til areal som bør settes av i reguleringsplanen.	26
Figur 17: Forslag til faresoner for skred med største årlige sannsynlighet 1/1000 (S2) etter sikringstiltak.....	27

1 Bakgrunn

1.1 Innledning

Skred AS utførte i 2020 en skred- og flomfarevurdering (Skred AS, 2020) ifb. regulering av et område ved Gardågrenda på Oppdal. Et oversiktskart av det vurderte området er vist i Figur 1. Det ble funnet faresone for både flom (F2) og skred (S2). Det er dermed behov for å etablere fysiske sikringstiltak for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet for både flom og skred.



Figur 1: Lokalisering av det vurderte området (vist med blå pil), ca. 3 km nordøst for Oppdal sentrum. Kartet viser i tillegg de meteorologiske stasjonene som ble benyttet for klimaanalysene: 63530 Hafsås, 63580 Ångardsvatnet og 63705 Oppdal Sæter.

1.2 Formål med denne rapporten

Som en del av reguleringsarbeidet er det ønskelig å få vurdert mulige tiltak for å sikre mot flom og skred, samt å få satt av nok areal i reguleringsplanen.

Denne rapporten tar utgangspunkt i detaljnivået for mulighetsstudier som beskrevet av NVEs sikringshåndboka (<https://sikringshandboka.nve.no/sikring-mot-flom-og-erosjon/fase-1-planlegging-av-tiltak-mot-flom-og-erosjon/>).

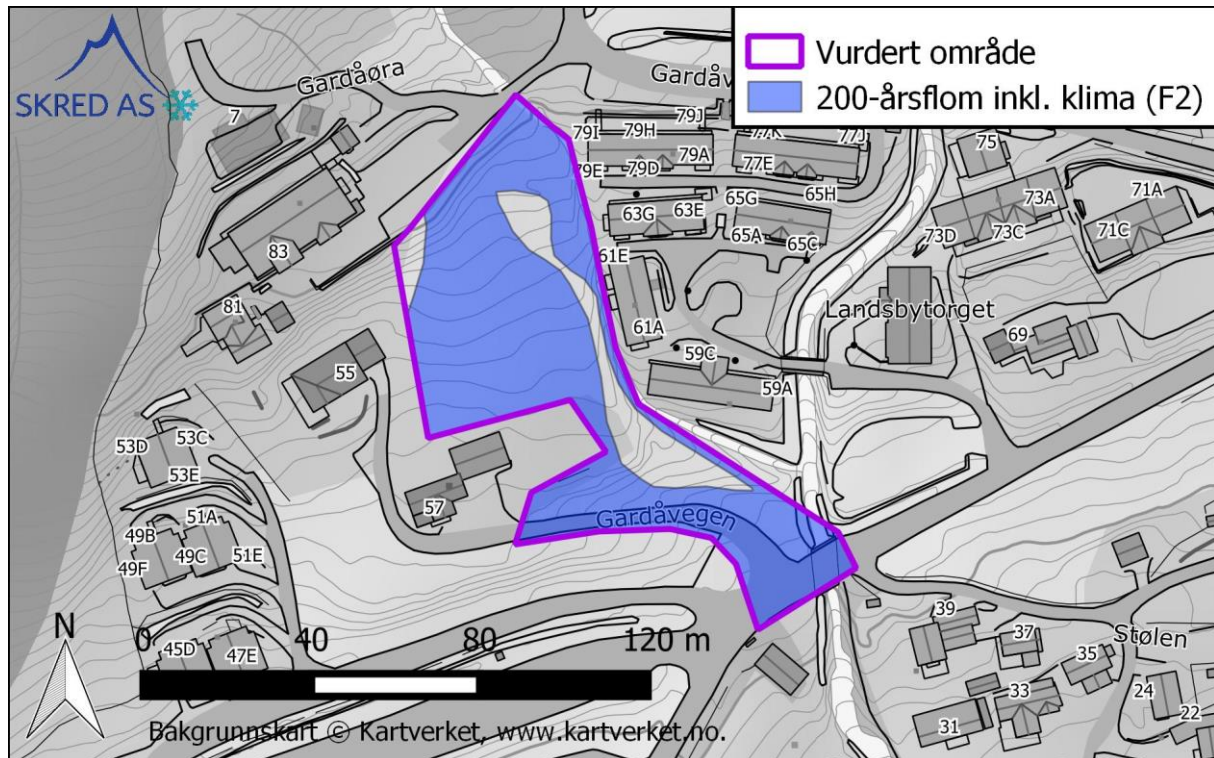
1.3 Grunnlag

I tillegg til rapporten for kartlegging av flom- og skredfare (Skred AS, 2020) har vi benyttet følgende grunnlag:

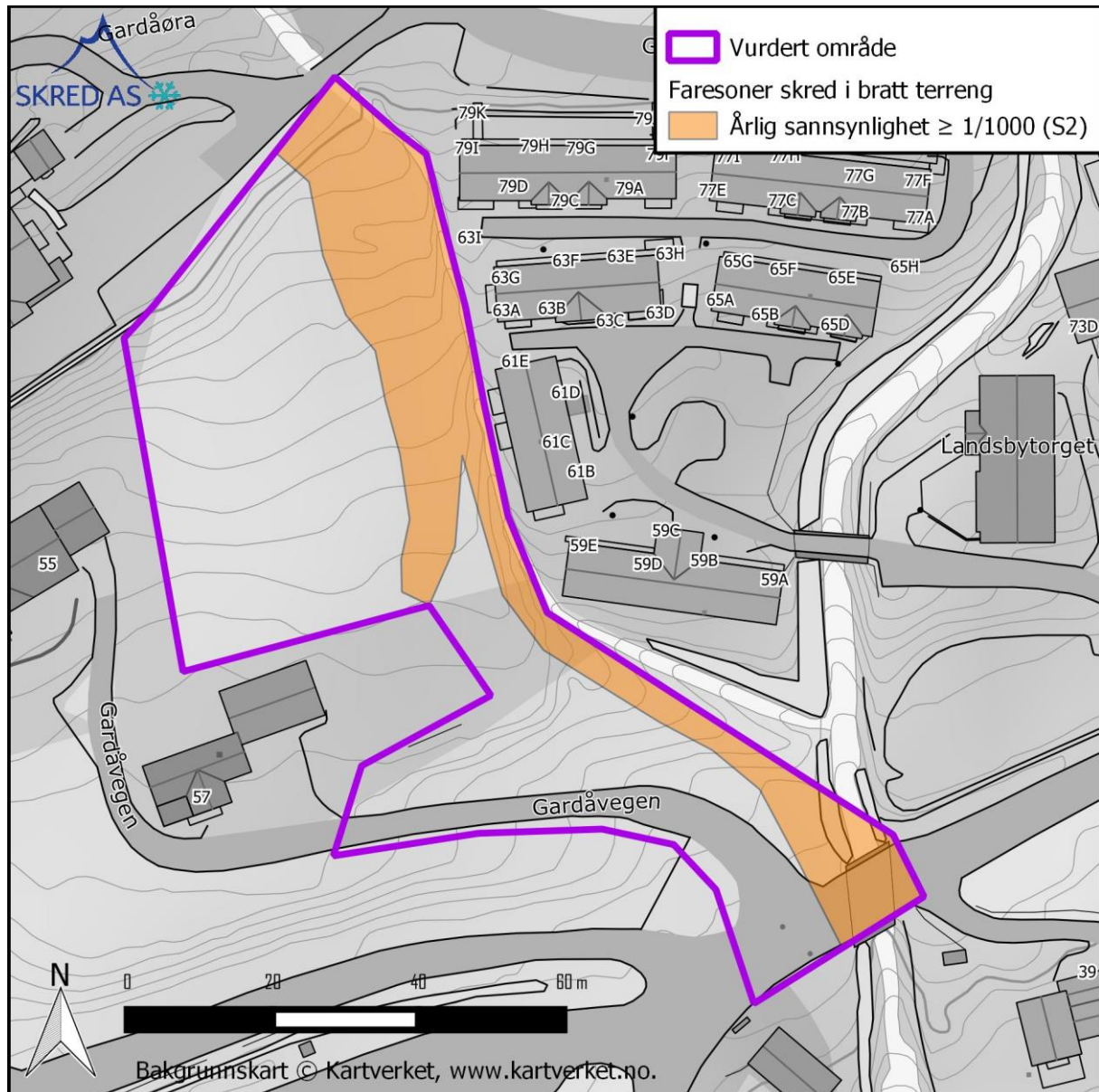
- Terrengmodell med 2 pkt. oppløsning (fra 2016), lastet ned fra hoydedata.no
- Mottatt informasjon om VA- og EL-infrastruktur i grunnen fra Oppdal kommune
- Tilgjengelige kart som viser nylig bygde veger i området.

1.4 Farekartlegging

Flom- og skredfarekartleggingen konkluderte med at deler av det vurderte området ikke tilfredsstilte aktuelle krav til sikkerhet mot flom (F2) og skred (S2). Dimensjonerende skredtype var sørpeskred. Faresonene som ble utarbeidet er gjengitt i Figur 2 og Figur 3.



Figur 2: Faresone for 200-årsflom (sikkerhetsklasse F2).



Figur 3: Faresone for skred med største årlige sannsynlighet 1/1000 (S2)

1.5 Tidligere utredninger sikringstiltak

Vi kjenner ikke til andre utredninger av sikringstiltak av relevans for det vurderte området.

2 Premisser for sikringstiltak, regelverk og veiledere

2.1 Plan og bygningsloven

Plan og bygningslovens kapittel 28 *krav til sikker byggegrunn* sier at

«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.»

For beskrivelse av krav til sikkerhet viser vi til byggteknisk forskrift (TEK 17).
Naturpåkjenninger er omtalt i §7; flom i §7-2 og sikkerhet mot skred i §7-3.

I henhold til TEK 17 §7-1 skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, stormflo og skred).

Foruten kravene gitt i TEK 17 §7-2 og §7-3 har vi lagt til grunn DIBK temaveileder *Utbygging i fareområder* (DBIK, 2022) for arbeidene.

2.2 Vannressursloven

Det vurderte skred- og flomløpet er et bekkeløp. Vannressursloven stiller blant annet krav til konsesjon ved større inngrep. Vi har ikke vurdert om de foreslåtte sikringstiltakene vil være konsesjonspliktige iht. vannressursloven, men det er noe som bør avklares hvis tiltakene skal bygges. *NVE veileder 1/2021 Veileder til vannressursloven og NVEs behandling av vassdrags- og grunnvannstiltak* kan brukes for å vurdere om det er behov for konsesjonssøknad. Det er også et krav om å beholde kantvegetasjon langs vassdrag.

2.3 Fare for økt ulempe på omliggende områder

Nabolovens §2 fastsetter at

«Ingen må ha, gjera eller setja i verk noko som urimeleg eller uturvande er til skade eller ulempe på granneeigedom. Inn under ulempe går òg at noko må reknast for farleg»

Da det er en del nærliggende bebyggelse vil påvirkning på disse bli med tanke på flom- og skredfare bli vurdert spesielt ved valg av løsninger for sikringstiltak.

2.4 Valg av sikkerhetsnivå etter TEK17 §7-2 og §7-3

Flom

Den planlagte bebyggelsen i området faller inn under sikkerhetsklasse F2 iht. TEK17 §7-2, og vurderingene er derfor gjort for å redusere største årlige sannsynlighet for flom til lavere enn 1/200 inn i det vurderte området.

Skred

Den planlagte bebyggelsen i området faller inn under sikkerhetsklasse S2 iht. TEK17 §7-3, og vurderingene er derfor gjort for å redusere største årlige sannsynlighet for skred til lavere enn 1/1000 inn i det vurderte området.

Sikkerhetsklasse S1 er ikke vurdert da skredfarekartleggingen konkluderte med mindre årlig sannsynlighet for skred enn 1/100.

2.5 TEK17 §10 Konstruksjonssikkerhet

I henhold til TEK 17 §10.1 så vil forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet være oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard (Eurokoder).

TEK 17 § 10.2 angir følgende:

Grunnleggende krav til byggverkets mekaniske motstandsevne og stabilitet, herunder grunnforhold og sikringstiltak under utførelse og i endelig tilstand, kan oppfylles ved prosjektering av konstruksjoner etter Norsk Standard NS-EN 1990 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner og underliggende standarder i serien NS-EN 1991 til NS-EN 1999, med tilhørende nasjonale tillegg.

I veiledningen til TEK 17 står det:

Forskriftens krav er oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard. Korrekt bruk av prosjekteringsstandardene gir samlet det nivået som tilsvarer det sikkerhetsnivået som er akseptert av myndighetene.

Ved å benytte Eurokoder som angitt i pkt. 5.1 i prosjekteringen, vil TEK 17 §10 dermed være ivaretatt.

2.6 SAK 10

De foreslåtte sikringstiltakene vil være søknadspliktige etter SAK 10. I senere fase må tiltakene derfor omsøkes og behandles etter SAK 10.

2.7 Benyttede håndbøker og veiledere

Foruten kravene i plan- og bygningsloven (PBL) og byggt teknisk forskrift (TEK 17) har vi støttet oss på

- De delene av NVEs sikringshåndboka (NVE, 2022) som er publisert og relevante, i all hovedsak faseinndeling og overordnede prinsipper
- NVE veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng (NVE, 2020)

Ved dimensjonering av sikringstiltakene mot skred har vi benyttet en del internasjonale retningslinjer som støtte i mangel på relevant utfyllende retningslinjer og regelverk i Norge:

- De østeriske retningslinjene for skred ONR 24805 og 24806 (ONR, 2010; ONR, 2011)
- The design of avalanche protection dams (Johannesson, Gauer, Issler, & Lied, 2009)
- SLFs defense structures in avalanche starting zones (SLF, 2007)

2.8 Føringer fra oppdragsgiver

Vi har ikke fått noe spesielle føringer fra oppdragsgiver ut over det som er beskrevet under eiendomsforhold (kap. 2.10).

2.9 Kartgrunnlag

Ifm. vurderingene har vi benyttet siste tilgjengelige kartgrunnlag på www.hoydedata.no, dataene ble hentet inn i 2016. Vi har benyttet nasjonal høydemodell med 2 pkt tetthet (oppløsning 0,5 x 0,5 m) basert på laserdata.

På flyfoto fra 2019 er det synlig pågående byggearbeider (Figur 4). Flyfotoene er ikke i samsvar med tilgjengelig kart fra 2022, blant annet er det tilsynelatende bygd to veger vestover fra Gardåvegen etter 2019. Basert på informasjon fra oppdragsgiver er det kartet (venstre i Figur 4) som representerer faktisk utbygd veg og terrenget i området slik det er per i dag. Vi har derfor lagt det til grunn for det videre arbeidet.



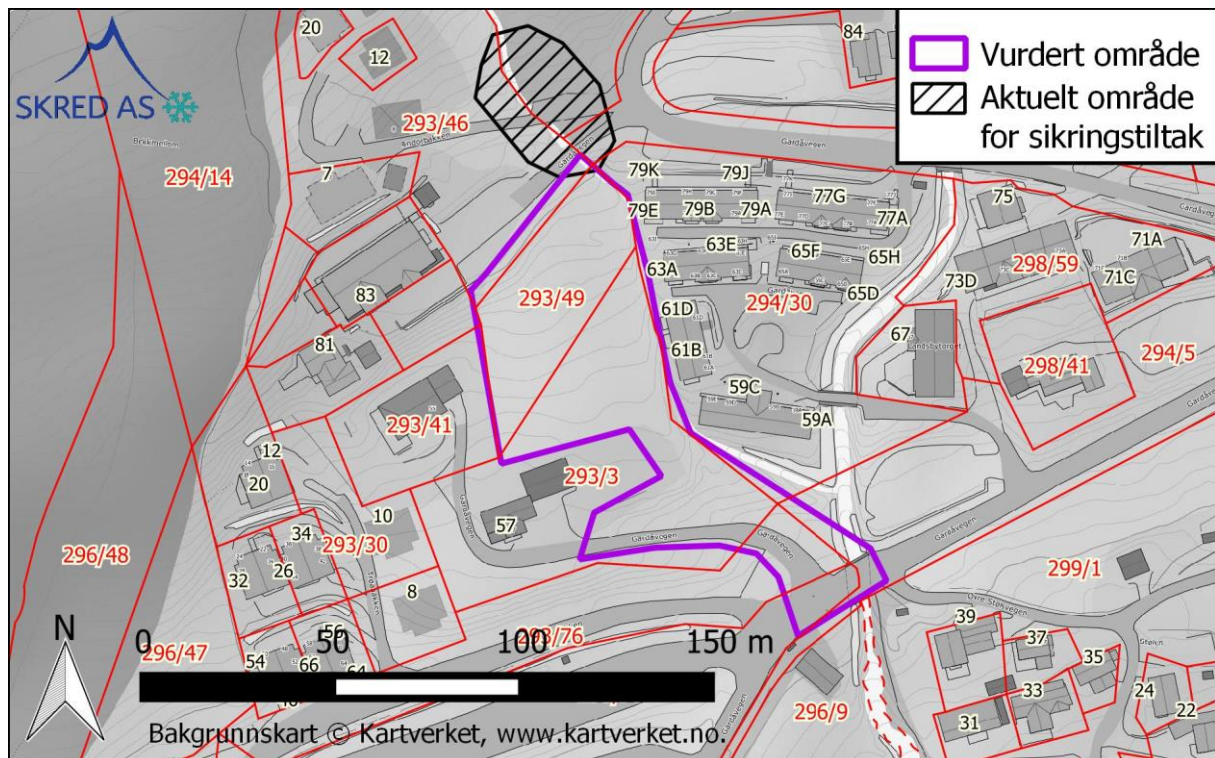
Figur 4: Kartgrunnlag (2022) som representerer antatt utbygd veger vist med ortofoto (2019) som ikke samsvarer med kartgrunnlaget.

2.10 Eiendomsforhold

Det vurderte området som skal sikres ligger helt innenfor gbnr. 293/49, 293/3 og delvis innenfor 293/76, 293/75 samt 293/46.

I møte mellom utbygger, Oppdal kommune og Skred AS 28.04.2022 ble mulige sikringsløsninger og plassering diskutert. På grunn av plasshensyn samt skred- og flomfaglige forhold ble det diskutert mulighet for å etablere sikringstiltaket oppstrøms den aktuelle eiendommen (Figur 5), samt i øvre del av planområdet. Dette området berører gbnr. 294/32, 293/46 og så vidt 294/5. Vi har derfor tatt utgangspunkt i denne plasseringen for dette

arbeidet. Grunneieravtaler og andre avklaringer med berørte eiendommer må inngås av oppdragsgiver.



Figur 5: Det vurderte området med omtrentlig plassering av de aktuelle tiltakene der de er utenfor det vurderte området. Eiendomsgrensene og gbnr. vises i kartet.

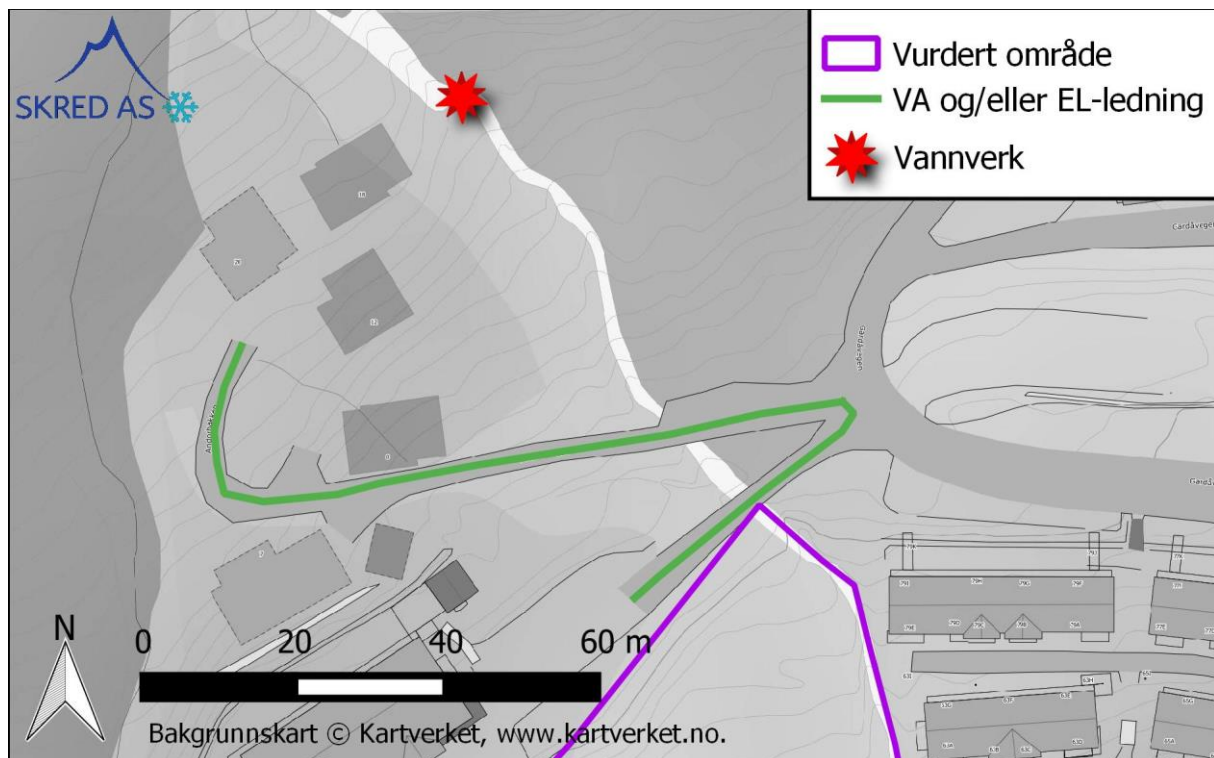
2.11 Reguleringsplan, kommuneplan

Denne vurderingen er for å ivareta sikkerhet mot flom og skred ifb. regulering av fritidsboliger. Vi forutsetter derfor at øvrige fagområder, interesser, mm håndteres av oppdragsgiver.

2.12 Infrastruktur i grunnen

Vi har forespurt Oppdal kommune om det finnes infrastruktur i grunnen i tilknytning til området det kan være aktuelt å etablere sikringstiltak (Figur 5). Som svar på forespørselen har vi muntlig fått opplyst av Oppdal kommune at det ligger vann- og avløpsledning (VA) i Andorbakken og Gardåvegen med henvisning til at info også ligger på www.kommunekart.com. En sjekk på nettsiden viser at det kun ligger inne EL-infrastruktur og ikke VA. Vi er usikre på hva som faktisk stemmer, men antar at det kan ligge begge deler i vegene da fritidsboligene nordvest for det vurderte området er under.

Oppdal kommune opplyste også at det finnes et vannverk oppstrøms i Sandbekken. Figur 6 viser omtrentlig plasseringer av infrastrukturen vi kjenner til.



Figur 6: Omtrentlig plassering av VA og/eller EL-ledning samt vannverk i tilknytning til det vurderte området.

2.13 Vedlikehold og tilsyn

Vi er ikke kjent med planlagte eieforhold for de foreslåtte tiltakene etter endt utbygging.

DIBKs veileder Utbygging i fareområder (DBIK, 2022) beskriver i kap. 9.3 dokumentasjon for drift og vedlikehold av sikringstiltak. I veilederen påpekes det at en løsning som sikrer fremtidig vedlikehold må være på plass før byggetillatelse gis, hvis sikringstiltaket krever vedlikehold for at sikkerhetsnivået skal opprettholdes.

Vi vil kort kommentere behovet for vedlikehold dersom det vurderes å være nødvendig for å opprettholde sikkerhetsnivået. Ved valg av endelig sikringsløsning, bør slike hensyn tas med i betraktningene. Det gjelder spesielt i saker hvor den aktuelle eiendommen skal omsettes og overføres til flere aktører, som for eksempel utbygging av et område for boliger eller fritidsboliger.

2.14 Miljø-, natur- og kulturverdier

Det er som del av arbeidet ikke videre undersøkt hvilke andre hensyn som vil kunne påvirke mulighetsrommet for etablering av sikringstiltak. Eksempelvis registrerte naturvernområder, naturtyper, arter av regional eller nasjonal forvaltningsinteresse, eller kulturminner. Dette er forhold som normalt må utredes i forbindelse med reguleringsplan.

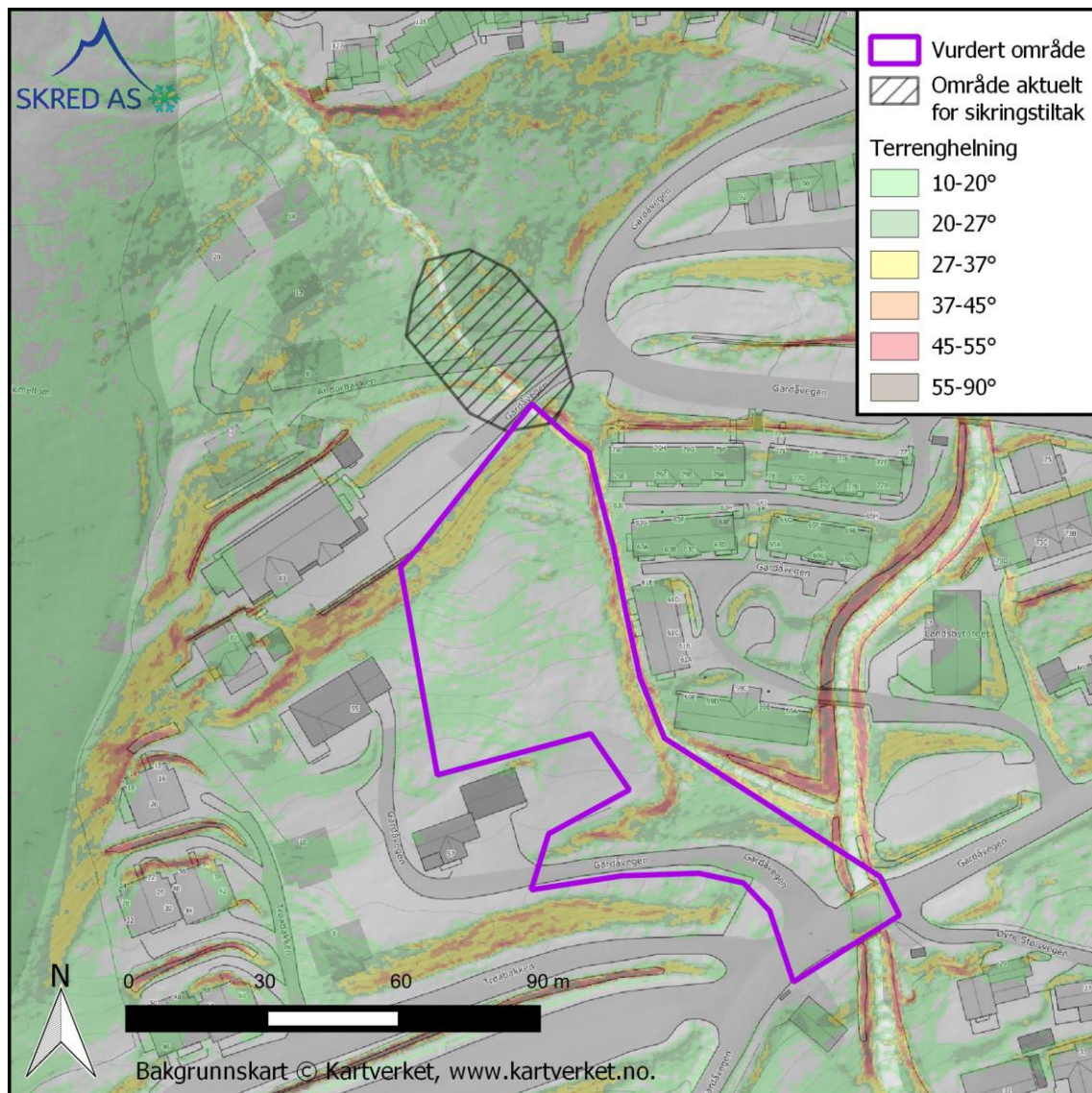
Det forutsettes at oppdragsgiver eller andre engasjerte fagmiljø selv vurderer behovet for andre relevante utredninger.

3 Beskrivelse av topografi

Det vurderte området ligger i en sørøstvendt fjellside mellom kote 652 og 676 (Figur 1). Terrenget inne på det vurderte området er i all hovedsak slakere enn 10°. Unntakene er i øvre del hvor det er et kort, bratt terrengbelte som antas å være fylling fra Gardåvegen. Og helt i sørøstre del av det vurderte området, ned mot Gardåvegen i sør, hvor terrenget er mellom 10 og 20° bratt.

I området hvor det kan være aktuelt med sikringstiltak (Figur 7) skjærer Sandbekken seg ned i terrenget med sider som er ca. 30° bratte. Generelt har terrenget 15-20° helning mot syd i dette området.

Sanbekken renner gjennom østre kant av det vurderte området. Den skjærer seg ned med sidekanter på ca. 30 og relativt liten høydeforskjell.



Figur 7: Oversikt over det vurderte området med terrenghelning og skyggekart.

4 Dimensjonerende flom- og skredscenario

4.1 Flom

4.1.1 Dimensjonerende vannmengde

Dimensjonerende 200-årsflom inkl. klimapåslag på 20% ble i Skred AS (2020) beregnet til 3,4 m³/s. Nyeste klimafremskrivninger gitt av klimaprofil for fylket tilsier ikke at klimapåslaget bør økes.

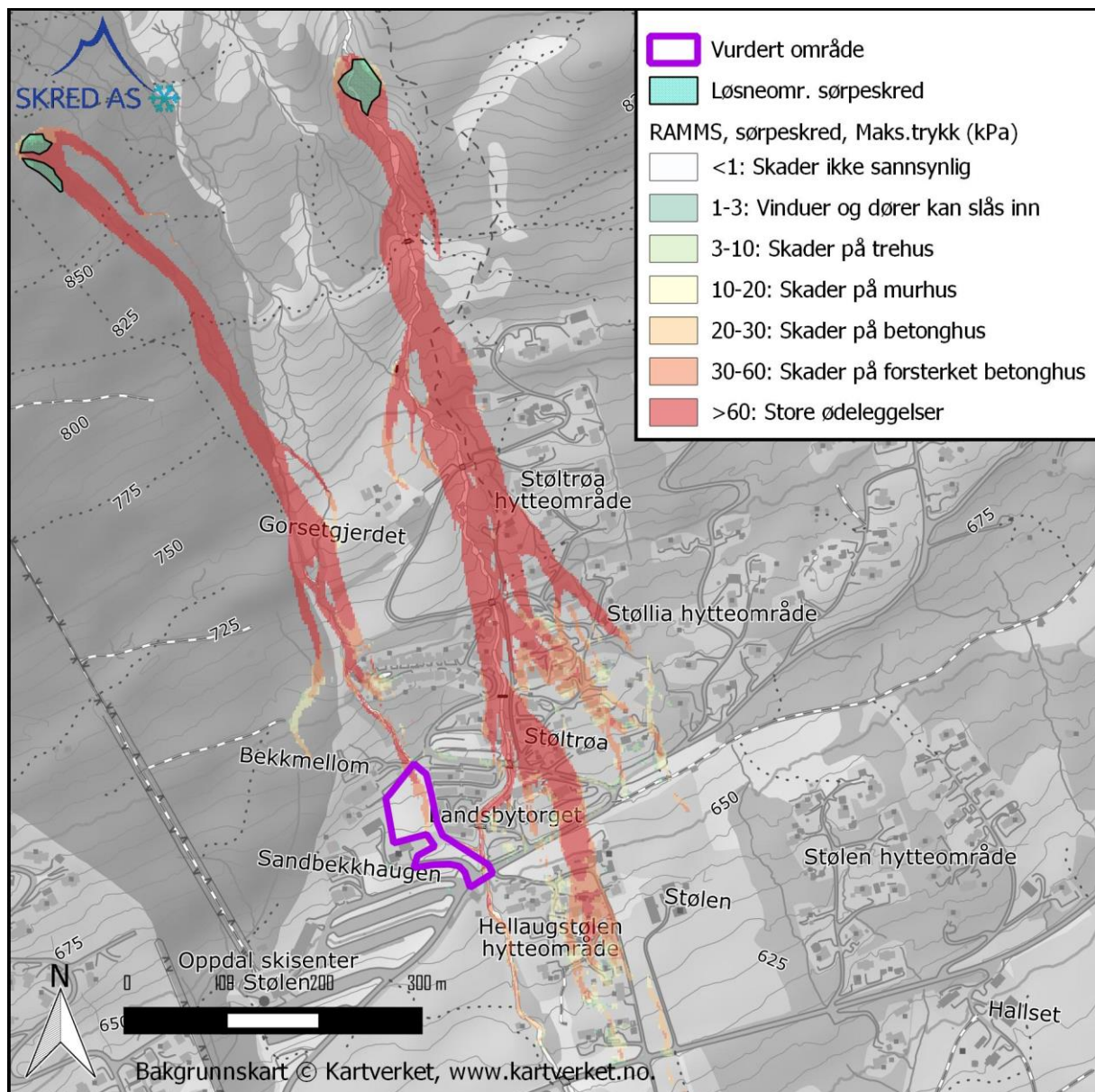
4.1.2 Nødvendig kapasitet og sikkerhet mot erosjon

For at planområdet skal oppnå tilstrekkelig flomsikkerhet for sikkerhetsklasse F2 må tiltakene dimensjoneres for en vannmengde på minimum 3,4 m³/s. I tillegg må tiltakene utformes på en slik måte at de ikke mister sin funksjon av erosjon eller masseavsetning. Det kan derfor stedvis kreves erosjonssikring mellom bekken og planområdet. Nødvendig bekketverrsnitt/overhøyde og krav til erosjonssikring må tilpasses lokalt.

4.2 Skred

4.2.1 Designscenario

Vi har tatt utgangspunkt i beregningene som ligger til grunn for faresonene som dimensjonerende skredscenario (Figur 8). Aktuell skredtype er sørpeskred. Selv om også flomskred kan være aktuell skredtype vil flomskred ha tilsvarende dynamikk og oppførsel som sørpeskred, men lavere hastighet gjør skredtypen underordnet med hensyn til sikringstiltak.



Figur 8: Beregningsresultat som ligger til grunn for faresonene, hentet fra Skred AS rapport 20232-01-1.

4.2.2 Resultater og grunnlag for dimensjonering

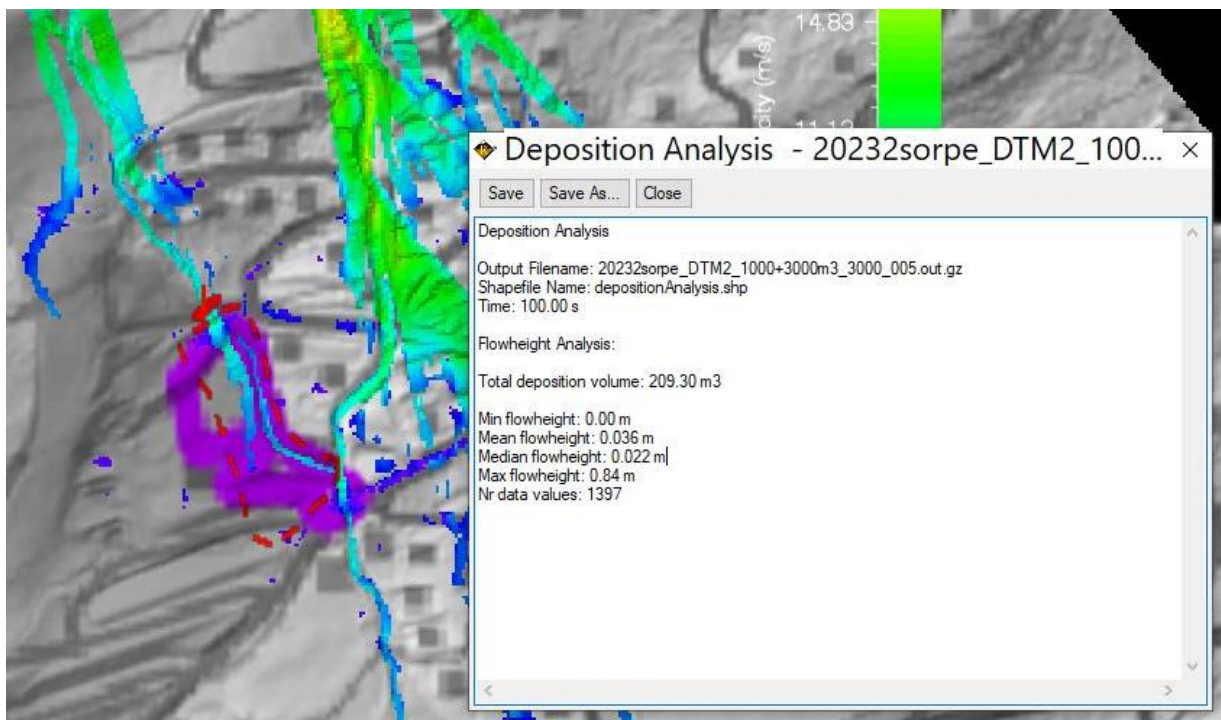
Som input for å vurdere og dimensjonere sikringstiltak har vi hentet ut relevante resultater. En oppsummering av verdiene er vist i Tabell 1.

Tabell 1: Oppsummering av sentrale verdier for dimensjonering av sikringstiltakene.

Faktor	Verdi	Kommentar
Maksimal hastighet	9 [m/s]	Ved Andorbakken
Maksimal flyte høyde	0,4 [m/s]	Ved Andorbakken
Mengde skredmasser	210 [m ³]	
Maksimal strømningshastighet	18 [m ³ /s]	Like ovenfor det foreslåtte sikringstiltaket

4.2.2.1 Avsatt volum

Ved hjelp av en depositionsanalyse i RAMMS::Debris flow har vi estimert mengden skredmasser som strømmer inn i området gjennom innløpet i øvre del av det vurderte området. Resultater er vist i Figur 9, og indikerer at det kan strømme drøye 200 m³ inn i området fra Sandbekken. Polygonet (rød, stiplet strek) er avgrenset slik at alle skredmassene som strømmer inn i området er med i analysen. Dette kan brukes som grunnlag for å vurdere kapasiteten til nødvendige sikringstiltak.



Figur 9: Deposjonsanalyse av sørpeskredmassene som strømmer inn i det vurderte området fra Sandbekken.

4.2.2.2 Hastigheter og flyte høyde

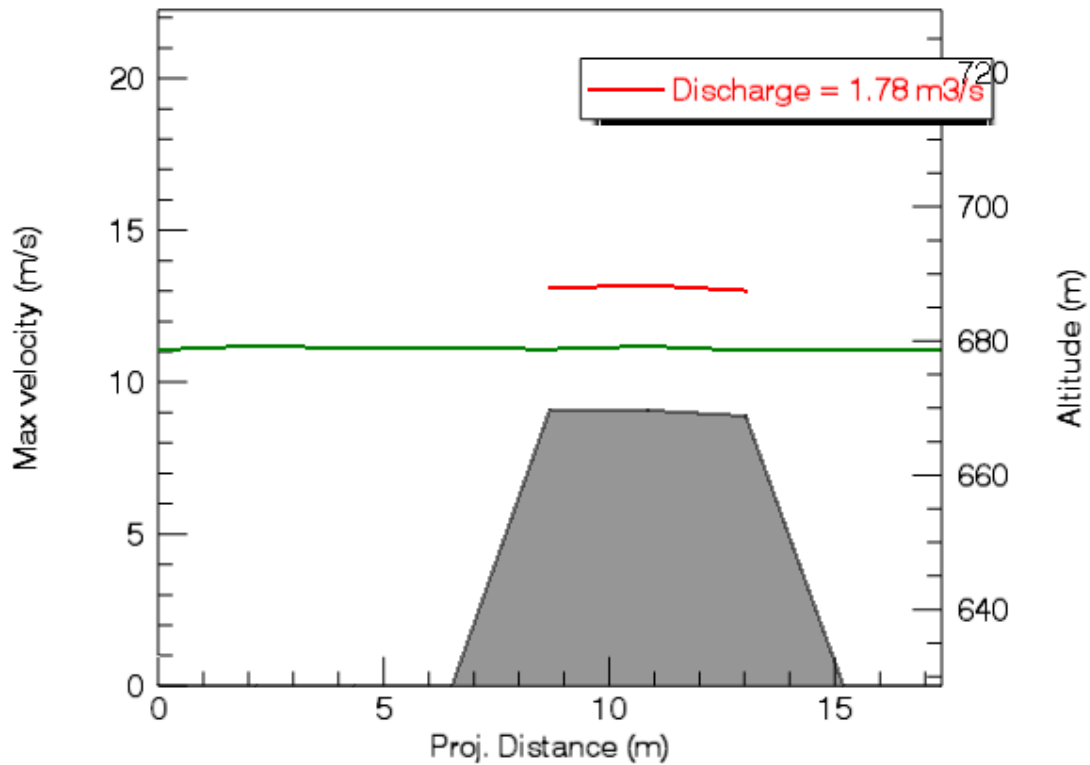
For å kunne vurdere klatrehøyder har vi hentet ut hastighet og flyte høyder fra RAMMS::Debris flow og vist i Figur 10 (grå, fylt graf). Disse er hentet ut fra der Sandbekken passerer vegen Andorbakken. Tiltak er mest sannsynlig i det området, og det er størst hastighet og flyte høyde der.

Resultatene viser en maksimal hastighet på ca. 9 m/s, og indikerer en strømningshastighet for sørpeskredmassene på 18 m³/s like ovenfor området hvor sikringstiltak kan plasseres.

Flyte høyden er maksimalt ca. 0,4 m.

RAMMS Line Profile Plot - Max velocity (m/s)

Simulation: 20232sorpe_DTM2_1000+3000m3_3000_005_DUMP5 (t=125.00s)



Figur 10: Hastighetsprofil for dimensjonerende sørpeskredscenario ved vegen Andorbakken. Strømningshastigheten («discharge») er vesentlig lavere enn ovenfor tiltaket pga spredning og energidemping når skredmassene treffer vegen.

5 Anbefalt sikringstiltak

5.1 Sikringstiltak mot flom

5.1.1 Anbefalt sikringstiltak

For å oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot flom må det sørges for at flomvann ikke ledes på avveie mot planområdet ved oppstrøms veikryssinger. Her er kapasitet til stikkrenner i dag ikke tilstrekkelig for dimensjonerende flom, samt at det ikke er en definert flomvei fra de kritiske punktene. I tillegg har øvre del av bekkeløpet langs planområdet begrenset overhøyde, som medfører at flomvann også her kan påvirke deler av planområdet (Skred AS, 2020). Det foreslår derfor en todelt løsning:

- 1) Øke kapasitet til oppstrøms veikryssinger som i dag utgjør kritisk punkt. Samlet kapasitet på stikkrenne/stikkrenner og flomvei skal minimum tilsvare $3,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Ved denne vannmengden skal vann kunne ledes trygt til nedstrøms bekkeløpet uten at flomvann havner på avveie.
- 2) Forutsatt at punkt 1) utføres tilstrekkelig kan det anlegges en mindre voll mellom planområdet og bekkeløpet langs øvre del av bekken. Iht. tidligere utredning må det sikres en overhøyde mellom bekkeløp og sideterreng $> 1,0$ meter (anbefaler min. 1,3 meter). Et tiltak kan også være å heve planlagt tilkomstvei som da må erosjonssikres tilstrekkelig mot bekken.

Løsningene er beskrevet mer detaljert i etterfølgende avsnitt.

5.1.2 1 - Utskifting av kulverter og/eller flomvei over vegbane

Begge de to veikryssingene oppstrøms planområdet utgjør kritiske punkter der vann på avveie vurderes å utgjøre en fare for planområdet ved dimensjonerende flom. Hvert punkt må utbedres slik at hver kryssing oppnår en kapasitet på minimum $3,4 \text{ m}^3/\text{s}$. I dag ligger det ett 800 mm rør ved hver av kryssingene, som hver har en kapasitet på ca. $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$ når vannstand ved inntaket tilsvarer diameter til røret.

Samlet kapasitet på stikkrenner og flomvei må håndtere dimensjonerende flom. Som flomvei vurderes det hensiktsmessig å etablere et definert lavbrekk på veibanen over hver stikkrenne. I tilknytning til lavpunktene må vegfyllingen også erosjonssikres for å redusere skader ved erosjon. Ved å eventuelt skifte ut stikkrenner til større dimensjoner kan man redusere kravet til flomveiens kapasitet. Endelig valg av løsning/kombinasjon må gjøres ifm. detaljprosjekteringen, men ulike kombinasjoner er gitt i Tabell 2. Andre kombinasjoner kan også benyttes.

Da det forventes innløpskontroll er benyttede rørkapasiteter hentet fra tabeller i SINTEF (1992). Det er ikke tatt høyde for økt kapasitet ved oppstrøms oppstuvning, dette for å ta hensyn til restrisiko og mulig tilstopping.

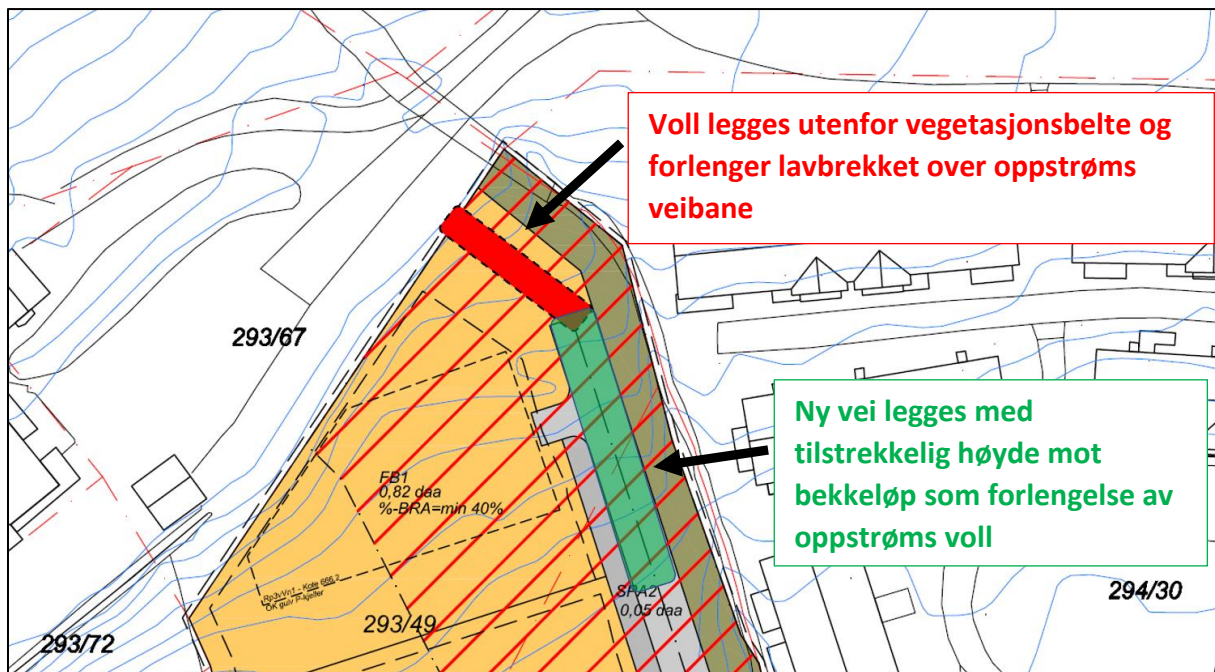
Tabell 2: Ulike alternativer for å oppnå tilstrekkelig kapasitet ved oppstrøms veikryssinger

Alternativ	Rør	Krav til overløpskapasitet
A (eks. situasjon)	1 x 800mm	2,6 m ³ /s
B	1 x 800mm + 1 x 1200 mm	0,6 m ³ /s
C	2 x 1200 mm	Ingen krav, men anbefaler uansett et lavbrekk mtp. restrisiko

I forbindelse med detaljprosjektering og endelig valg av løsning må tiltakene også erosjonssikres tilstrekkelig. Det inkluderer både inn- og utløp av stikkrennene, samt eventuelt flomløp i lavbrekk over veibanen. Nedstrøms stikkrennene bør det også vurderes energidrepende elementer (basseng el.) for å få ned hastighetene til vannet før det ledes videre i bekkeløpet. Det må også tas stilling til forhold relatert til drift og vedlikehold.

5.1.3 2 - Flomvoll mot planområdet

Som en forlengelse av ev. lavbrekk over veibanen (se avsnitt 5.1.2) foreslås det å anlegge en mindre voll på vestsiden av planlagt vegetasjonsbelte som sikrer en høyde til nivå av bunn bekk på minimum 1,3 meter (estimert med Mannings formel + sikkerhetsmargin på 0,5 meter). Det foreslås å etablere vollen som en forlengelse av planlagt tilkomstvei, der også tilkomstveien legges med en overhøyde på minimum 1,3 meter mot bekken. Prinsippet er skissert på foreliggende plan i Figur 11.



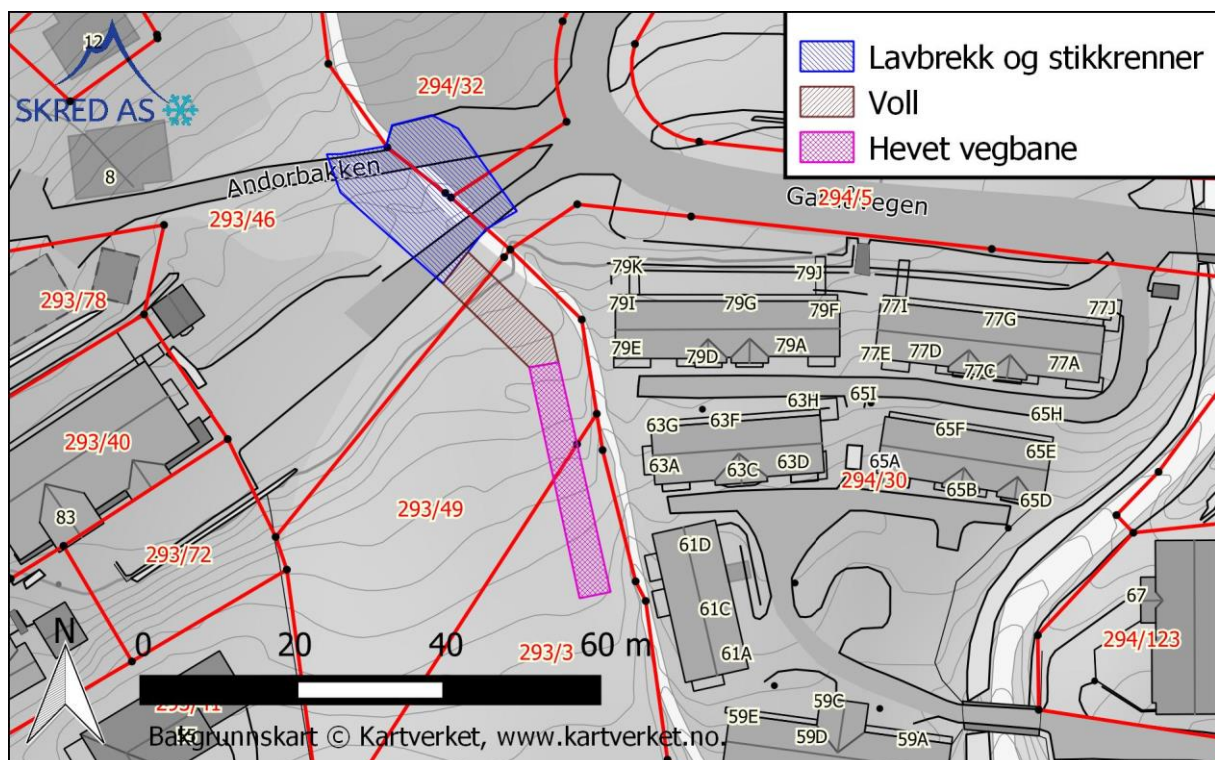
Figur 11: Illustrasjon av foreslått voll forlenget med hevet tilkomstvei.

Det vurderes at vollen og veien må ha en høyde på ca. 0,1 – 0,6 meter over eksisterende terreng. Vollen kan i utgangspunktet bestå av en støttefylling av stedlige masser og en erosjonssikring på vannsiden som forankres i en fotgrøft. Veien må også etableres med tilsvarende erosjonssikring. Behov for filterlag og ev. duk må vurderes. Vollen kan ha en toppbredde på ca. 1 meter med sideskråninger på ca. 1:2 på vannsiden og ca. 1:1,5 på luftsiden. Det gir en nødvendig bredde i reguleringsplanen på ca. 5 meter for å sikre tilstrekkelig plass. Det reelle plassbehovet forventes mindre, og det er også mulig å stramme den opp ytterligere.

Ifm. detaljprosjekteringen må geometrien til vollen og veien detaljeres. Nødvendig erosjonssikring må beregnes, samt at det må tas stilling til behov for filterlag. Valgte løsninger og geometri bør verifiseres hydraulisk for å sikre at nødvendig funksjon oppnås.

5.1.4 Plassbehov

Arealer som anbefales satt av til flomsikringstiltak i reguleringsplanen er vist på Figur 12 under.



Figur 12: Arealer som anbefales satt av til flomsikringstiltak i reguleringsplanen.

5.1.5 Effekt på sikkerhet mot flom og nærliggende områder

Med skisserte løsninger og tilstrekkelig utforming/oppbygning vil faresonen for sikkerhetsklasse F2 følge etablert lavbrekk over vegbanen samt ligge øst for voll/hevet vegbanen videre nedstrøms. Faresonen ved planlagte tomter vil dermed kunne utgå.

Det anbefales å plassere sikringstiltakene mot flom (voll og hevet vei) utenfor selve bekkeløpet og beltet avsatt til kantvegetasjon. Ettersom tiltakene er trukket vekk fra

bekkeløpet kan det forventes at nærliggende områder ikke får økt ulempe som en konsekvens av tiltakene. Større områder nedstrøms planområdet vil heller oppnå en økt flomsikkerhet. Effekt på nærliggende områder må verifiseres ved endelig valg av løsning ifm. detaljprosjekteringen.

5.2 Sikringstiltak mot skred

5.2.1 Anbefalt sikringstiltak

Det forventes en begrenset mengde sørpeskredmasser inn i det vurderte området. Hastighetene til sørpeskredmassene er også forholdsvis lave, men det vil være behov for et tiltak som demper energien i skredet slik at skadepotensialet begrenses. Vi anbefaler derfor at det etableres et masseavlagringsbasseng som sikringstiltak, et eksempel er vist i

Figur 13: Eksempel på masseavlagringsbasseng som sikring mot sørpeskred. Tørrmuren nærmest vegen i bildet fungerer som bakvegg.

. Dette fungerer slik at en bratt støtside vendt opp mot skredstrømmen i bassengets nedre del (*bakvegg*) demper energien i skredet. Bassenget må også ha nok volum til å fordrøye skredmassene slik at de ikke flyter over.

Dette tiltaket lar seg også kombinere med de foreslåtte tiltakene min flom (kap. 5.1).



Figur 13: Eksempel på masseavlagringsbasseng som sikring mot sørpeskred. Tørrmuren nærmest vegen i bildet fungerer som bakvegg.

5.2.2 Vurderte, men ikke anbefalte tiltak

Fordi det er flere tilstøtende eiendommer i området, er en ledevoll som eneste tiltak vurdert som mer krevende å få til uten å øke ulempen for omkringliggende eiendommer.

5.2.3 Dimensjonering av masseavlagringsbassenget

5.2.3.1 Høyde bakvegg

For å estimere nødvendig høyde på bakveggen som skal dempe energien i skredet har vi estimert nødvendig høyde med den klassiske formelen for klatrehøyde (energihøyde) fra skred (Salm, 1990; Statens vegvesen, 2014; Rudolf-Miklau, Mears, & Sauermoser, 2015).

Nødvendig høyde på bakveggen (H_v) estimeres fra formelen:

$$H_v = h_k + h_f + h_s + h_a$$

Der

h_k : klatrehøyden (energihøyden) gitt av formelen $h_k = v^2/2g\lambda$

λ : en empirisk verdi som velges ut fra hvor tungt og vått skredet er

h_f : Flyteøyden til skredet

h_s : Snøhøyden på bakken foran veggen

h_a : Avsatt skredsnø på bakken fra tidligere hendelser.

I dette tilfellet anbefaler vi verdiene i Tabell 3 samt grunnlaget for dimensjonering i Tabell 1.

Tabell 3

Parameter	Verdi	Kommentar
λ	3	Høyeste verdi i (Salm, 1990) da verdier for sørpeskred ikke, oss bekjent, finnes.
H_a	0 m	Antar maksimalt en skredhendelse per år, og H_a er derfor satt til 0 m.
H_s	1,0 m	Vi antar at det vil være en del vann til stede i bassenget under dimensjonerende situasjoner. Derfor forventes vi ikke at sørpeskredet vil flyte oppå all snøen i bassenget, men fortrenge deler av den. Sannsynligvis vil det være mer snø enn 1,0 m i bassenget gjennom vinteren, men vi anbefaler dette som skjønnsmessig verdi.

Disse antagelsene gir en nødvendig høyde på bakveggen for å stoppe det dimensjonerende sørpeskredet på:

$$H_v = 2,8 \text{ m}$$

5.2.3.2 Volum

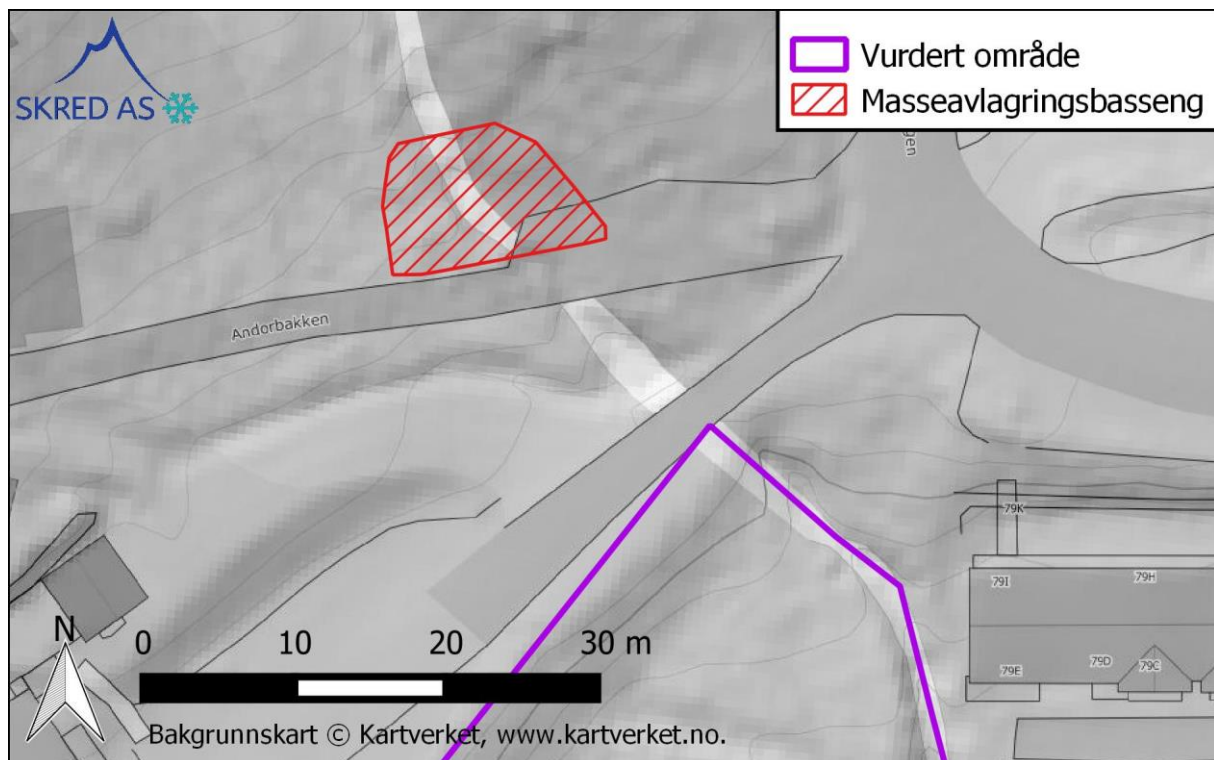
Totalt forventes det ca. 210 m³ skredmasser som når inn i det vurderte området. For å kunne fordrøye alle skredmassene må derfor bassenget ha minimum 210 m³ kapasitet ovenfor forventet snødybde (1,0 m) i bassenget.

5.2.3.3 Anbefalt tiltak

Tiltakene for å sikre mot flom (kap. 5.1) vil kunne fungere som en neste barriere for sørpeskredmasser som passerer masseavlagringsbassenget. Dette er hovedsak vann og noe sørpeskredmasser, og tiltakene mot flom kan dermed sees i sammenheng med skredsikringstiltaket.

Vi anbefaler derfor en bakvegg på masseavlagringsbassenget på 2,5 m. Dermed tillates det litt oversprut, men vi antar at det som går over vil kanaliseres ned i bekkeløpet basert på de foreslåtte flomtiltakene.

I Figur 14 har vi skissert et mulig omriss for et masseavlagringsbasseng. Størrelse og plassering tar utgangspunkt i stedlige forhold, men eksakt plassering og størrelse bør bestemmes ved detaljprosjektering. Det foreslåtte bassenget har grunnflate ca. 100 m². Hvis dimensjonerende situasjon skjer med 1 m snø på bakken tilsier det at bassenget bør ha ca. 300 m³ kapasitet for å kunne fordrøye alle skredmassene, gitt at de stopper i bakveggen.

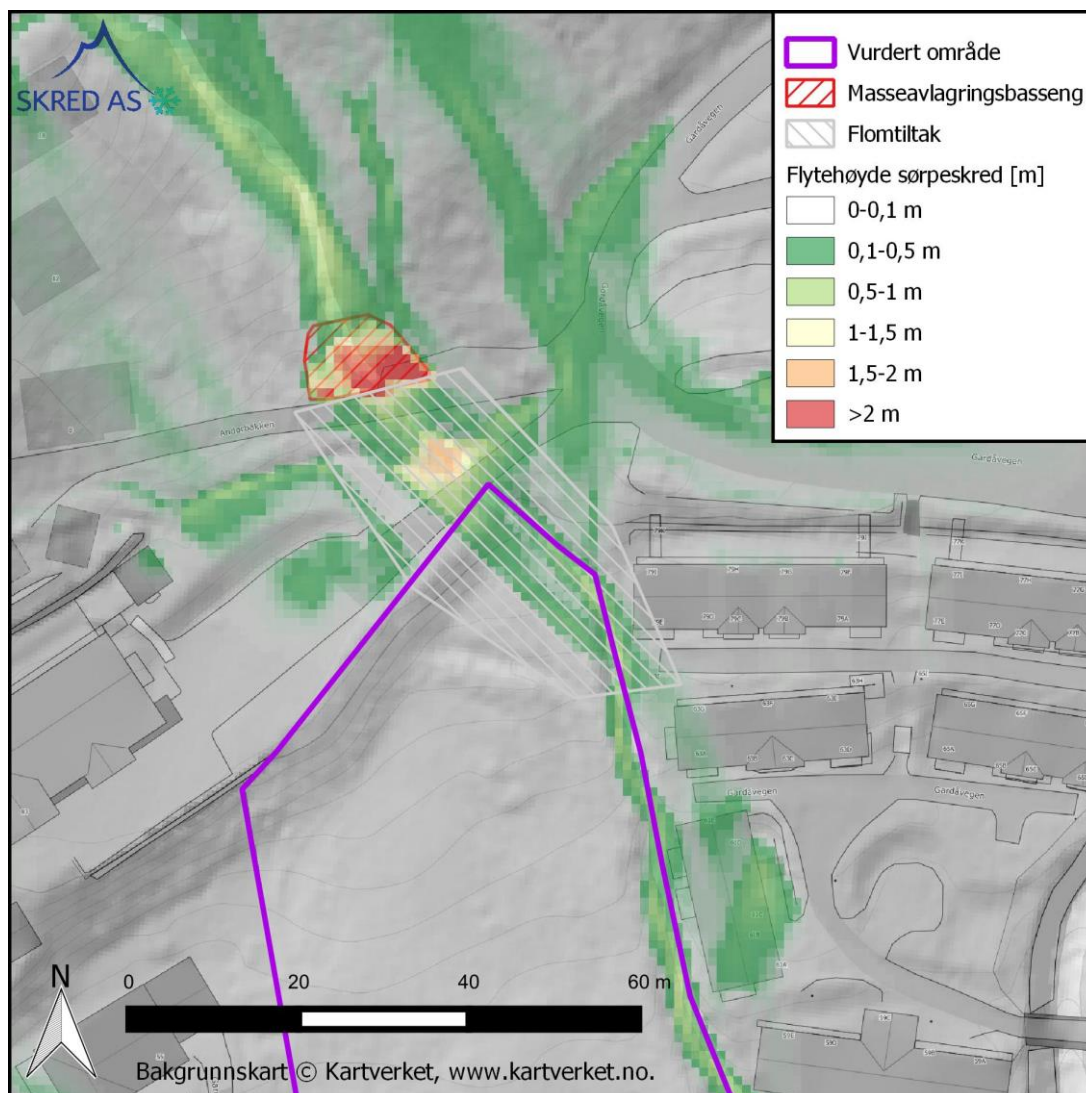


Figur 14: Mulig plassering og utstrekning på masseavlagringsbasseng.

Det anbefales ikke å utelukkende bruke RAMMS::DEBRIS FLOW til å dimensjonere sikringstiltak, blant annet på grunn av de velkjente problemene med numerisk diffusjon (SLF, 2017). Det gjelder spesielt det det er brå vinkelendringer på skredforløpet, for eksempel ved en fangvoll eller et masseavlagringsbasseng. Som et supplerende verktøy til dimensjoneringen har vi i et forsøk på å illustrere og verifisere virkningen av de samlede tiltakene har vi modellert det dimensjonerende skredscenarioet på en terrengmodell hvor masseavlagringsbassenget og flomtiltakene er integrert i terrengmodellen. Resultatene er

vist i Figur 15. De velkjente begrensningene til modellen kan forklare den store mengden skredmasser som passerer bassenget i resultatene.

Modelloppsettet indikerer imidlertid at flomtiltakene nedstrøms masseavlagingsbassenget vil være tilstrekkelig for å lede skredmassene ned i bekkeløpet. En analyse av strømningshastigheten nedstrøms masseavlagingsbassenget indikerer maksimal strømming i en kort periode kan komme opp mot $4,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette er så vidt over vannføringen for 200-års flom ($3,4 \text{ m}^3/\text{s}$). Strømningen av skredmasser over dette nivået er svært kortvarig og RAMMS::Debris flow kan underestimere effekten av brå vinkelendringer, som for eksempel en bakvegg i et masseavlagingsbasseng. Veggen vil også dempe mye av energien, noe som underbygges av modelleringsresultatene, og det som går over har dermed mindre skadepotensiale. Derfor vurderer vi at tiltakene vil redusere sannsynligheten for skred som kan gi skade av betydning inn i det vurderte området til lavere årlig sannsynlighet enn $1/1000$. I selve bekkeløpet vil årlig sannsynlighet være over $1/1000$ (se kap. 5.2.6).



Figur 15: Beregningsresultat for dimensjonerende sørpeskred modellert på en terrengmodell hvor sikringstiltakene er integrert. Oversikt over flomtiltakene er vist i Figur 12.

En oppsummering av nødvendige premisser tiltaket må oppfylle for å få den tiltenkte skredsikringen gitt den foreslåtte plasseringen av massetaket (Figur 14) et oppsummert i Tabell 4.

Tabell 4: Oppsummerte premisser for at sikringstiltakene mot skred skal gi tilfredsstillende sikkerhet iht. sikkerhetsklasse S2.

Premiss	Verdi
Høyde bakvegg	2,5 m
Min. kapasitet	210 m ³ 1)
Tiltak nedstrøms	Som beskrevet for sikring mot flom i kap. 5.1

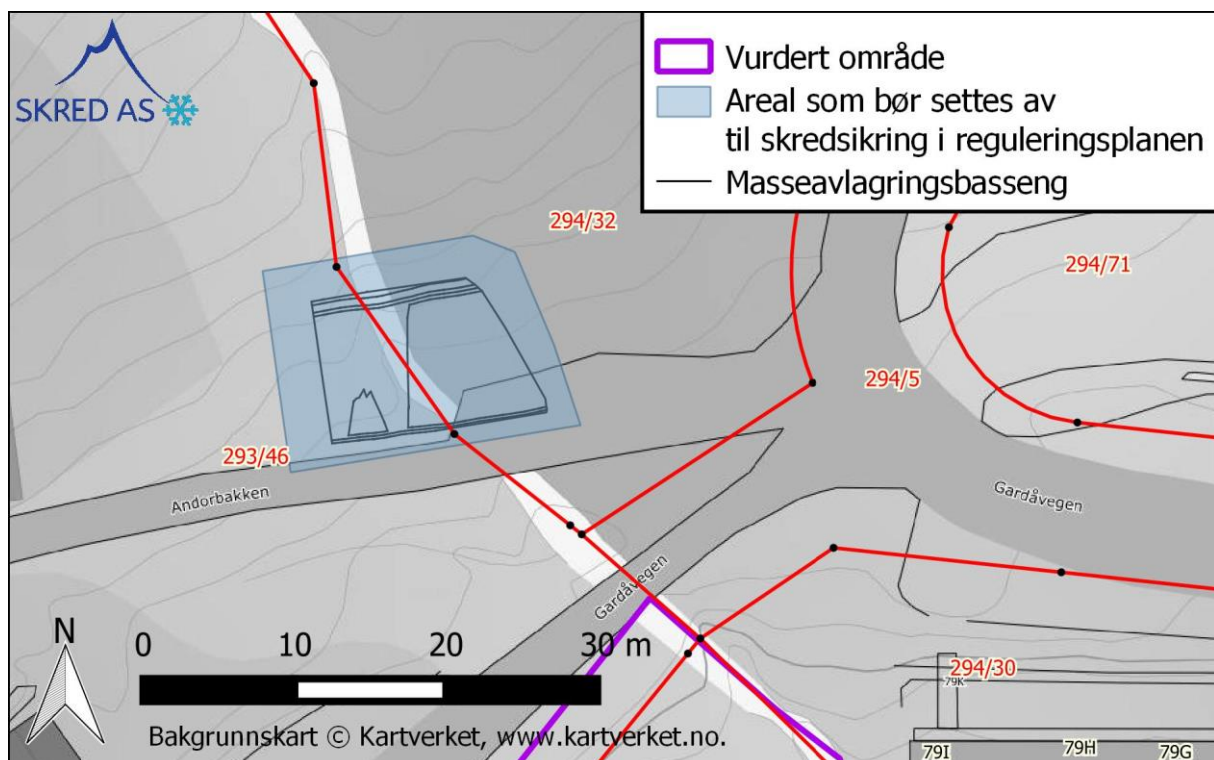
1) Minimum resterende kapasitet over 1 m snø på bakken. For grunnflate ca. 100 m² vil minimum total kapasitet dermed være ca. 300 m³.

5.2.4 Utforming og andre føringer

I Figur 16 vises et forslag til hvordan masseavlagringsbassenget kan utformes (svart strek) og arealet som foreslås satt av til tiltaket.

Bassenget er enkelt modellert med 5:1 bakvegg mot syd og avslutning oppstrøms nord. Slakere helning i bassengets avslutning oppstrøms, mot nord, gir store skråningsutslag. Vi anbefaler derfor at bassenget bør utføres med tørrmur rundt hele bassenget. Tørrmur langs sideveggene vil hindre erosjonssikring.

Arealet som er anbefalt satt av tar høyde for at en har mulighet for ulike utforminger av tiltaket enn det som er foreslått innledningsvis.



Figur 16: Forslag til areal som bør settes av i reguleringsplanen.

5.2.5 Økt ulempe for omkringliggende bebyggelse

Beregningsresultatene i Figur 15 indikerer et marginalt økt utløp for skred mot øst nedstrøms skred- og flomsikringstiltakene. Vår vurdering er imidlertid at denne økningen i utløp kan tilskrives programvarens begrensninger fremfor reell økt ulempe for omkringliggende bebyggelse.

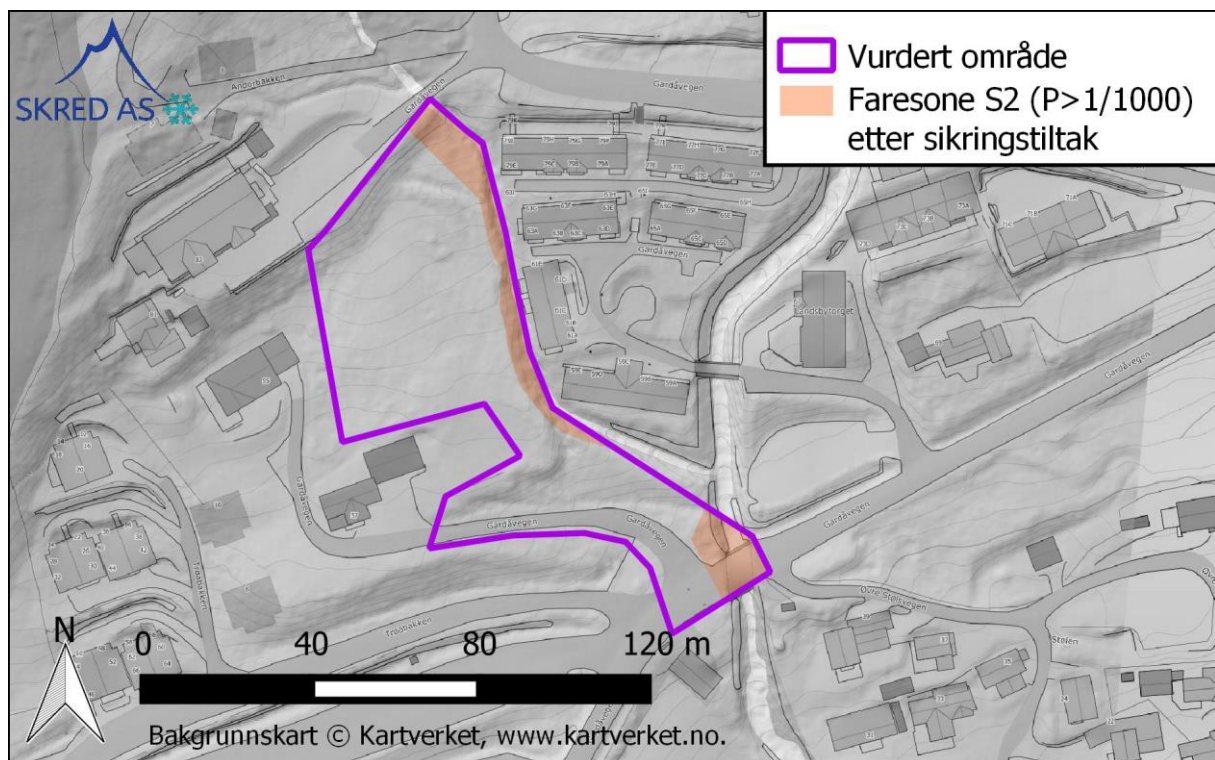
5.2.6 Effekt på sikkerhet mot skred / Restrisiko

For å illustrere effekten av de foreslåtte sikringstiltakene har vi skissert faresone S2 (

Figur 17: Forslag til faresoner for skred med største årlige sannsynlighet 1/1000 (S2) etter sikringstiltak

), hvor årlig sannsynlighet overstiger 1/1000 etter sikringstiltak. Faresonen er i all hovedsak konsentrert til bekkeløpet samt helt i syd hvor Gardåa krysser sydøstre del av det vurderte området.

Faresonene etter tiltak avhenger av eksakt sikringsløsning som bygges, og må fastsettes endelig etter detaljprosjektering og bygging.



Figur 17: Forslag til faresoner for skred med største årlige sannsynlighet 1/1000 (S2) etter sikringstiltak

6 anbefalinger og videre arbeid

6.1 Videre arbeid

Basert på detaljnivået i denne rapporten kan den i stor grad fungere som premissrapport for detaljprosjektering. Det vil være nødvendig å avklare noen detaljer omkring flomsikringen (se kap. 5.1), men de viktigste premisene for skredsikring er lagt.

Prosjekteringsforutsetninger som omfatter geoteknisk kategori, pålitelighets- og konsekvensklasse, tiltaksklasse med mer, må fastsettes før/i starten av detaljprosjekteringen. Vi anbefaler derfor at en går direkte over til detaljprosjektering som neste fase før bygging.

Ifm. detaljprosjekteringen bør følgende momenter vurderes

- Måle inn terreng for å få en mer nøyaktig terrengmodell
- Fastsette prosjekteringsforutsetninger iht. SAK10, Eurokode 0 og 7.
- Definere og detaljprosjektare geometri til masseavlagringsbasseng, voll og veiene
- Vurdere erosjonssikring for
 - o Inn- og utløp for stikkrenner
 - o Flomløp i lavbrekk over veibanen
 - o Vollen nedstrøms veiene
- Fastsette behov for energidrepende elementer før vann ledes videre i bekkeløpet
- Valgte geometriske løsninger for flom må verifiseres hydraulisk
- Tegne endelige faresoner for både flom og skred etter tiltak, basert på faktisk bygde løsninger
- Avklare løsninger for drift og vedlikehold

6.2 Drift og vedlikehold

Alle sikringstiltak krever drift og vedlikehold for å ivareta sin forutsatte funksjon. Omfanget og hvor kritisk for funksjonen drift og vedlikeholdet er avhenger av type tiltak.

Jfr. DBIK veileder utbygging i fareområder kap. 9.3 (DBIK, 2022) må tiltak som krever vedlikehold for at sikkerhetsnivået er opprettholdt ha en løsning som sikrer fremtidig vedlikehold når byggetillatelse gis. Videre påpekes det at når sikringstiltak er en forutsetning for å gi byggetillatelse på det aktuelle stedet, bør det vurderes å gi vilkår som ivaretar denne forutsetningen som fungerer uavhengig av eierskifter.

Masseavlagringsbasseng er en type tiltak som normalt må tømmes med jevne mellomrom, spesielt hvis det foregår massetransport i elve- eller bekkeløpet. Det vil derfor være hensiktsmessig å tenke på hvordan ansvaret for denne driften skal belegges allerede nå.

De øvrige foreslåtte sikringstiltakene er tiltak som krever forholdsvis lite vedlikehold. Skred AS vil i detaljprosjekteringen fastsette krav til drift og vedlikehold, mens det er utbygger/kommunen som er ansvarlig for forvaltningen av sikringstiltaket og dermed påse at Skred AS sine krav til drift og vedlikehold følges.

7 Referanser

Christen, M. (2011). RAMMS::Debris flow.

DBIK. (2022). *Temaveileder: Utbygging i fareområder. Internettside*
<https://dibk.no/saksbehandling-tilsyn-og-kontroll/temaveiledning-utbygging-i-fareomrader/>, sist besøkt 28.03.2022.

Johannesson, T., Gauer, P., Issler, P., & Lied, K. (2009). *The design of avalanche protection dams.*

NVE. (2020). *VEILEDER FOR UTREDNING AV SIKKERHET MOT SKRED I BRATT TERRENG, UTREDNING AV SKREDFARE I REGULERINGSPLAN OG BYGGESAK.* NVE.

NVE. (2022). *Sikringshåndboka, skred i bratt terreng.*

ONR. (2010). *24805:2010 06 01 Permanent technical avalanche protection - Terms, definitions, static and dynamical load assumptions.*

ONR. (2011). *ONR 24806. Permanent technical avalanche protection - Design of structures.*

Rudolf-Miklau, Mears, & Sauermoser. (2015). *The Technical Avalanche Protection Handbook.*

Salm, e. a. (1990). *Berechnung von Fließlawinen.*

SINTEF. (1992). *Flomberegning og kulvertdimensjonering.*

Skred AS. (2020). *20232-01-1. Oppdal, Sandbekkhaugen - Skred og flomfarevurdering for Gnr.293 Bnr.3, 49 m.fl.*

SLF. (2007). *Defense Structures in Avalanche Staring Zones.*

SLF. (2017). *User manual v1.7.0, RAMMS::DEBRIS FLOW.*

Statens vegvesen. (2014). *V138 Veger og Snøskred.*