

Oppdragsgiver	Navn Samnanger kommune	Kontaktperson Nina Fredriksen
Oppdrag	Nummer og navn 18227 Samnanger, Skottebakken – Flom- og skredfarevurdering	Oppdragsleder Petter Reinemo
Dokument	Nummer 18227-01-1 Utført av Petter Reinemo / Kalle Kronholm	Dato 2018-08-21 Kontrollert av Per Wirèhn / Petter Reinemo

Flom- og skredfarevurdering

Sammendrag

Skred AS har utført en flom- og skredfarevurdering i forbindelse med nytt planlagt bygg med omsorgsboliger og fellesrom i Samnanger kommune. Det planlagte bygget grenser mot en bratt bekk som utgjør en potensiell fare for flom og skred. Sikkerhetsklasse F3 og S2/S3 i TEK17 §7-2 og §7-3 er vurdert som mest aktuelle for de planlagte omsorgsboligene.

Flomfarevurderingen viser at en dimensjonerende flom vil bre seg ut fra hovedløpet til bekken og berøre områdene der omsorgsboligene planlegges oppført. Vanndybden ved omsorgsboligene varierer mellom 0 og 0,5 meter for en beregnet 1000-årsflom. I tillegg utgjør flomveier fra kritiske punkter oppstrøms planområdet en flomfare. Det er utarbeidet forsalg til risikoreduserende tiltak som vil kunne begrense faresonene og gi tilstrekkelig flomsikkerhet for omsorgsboligene.

Alle skredtyper i bratt terreng er vurdert. Sørpeskred er dimensjonerende skredtype i planområdet, og det er faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$ (S2) og $\geq 1/5000$ (S3) i planområdet. Dermed må det trolig etableres sikringstiltak før planområdet kan utbygges som planlagt. En sikringsløsning kan også ivareta utsatt eksisterende bebyggelse, for eksempel skolen, og kan bestå av fanggjerdar flere steder i bekkeløpet, samt en ledevoll foran skolen.

Innhold

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Befaring	6
1.3	Forbehold	6
2	Krav til sikkerhet	7
2.1	Lovverket	7
2.2	Flom	7
2.3	Skred	8
2.3.1	Vurderte skredtyper	8
2.4	Aktuelle krav	10
3	Flomfare	11
3.1	Beskrivelse bekken i tilknytning til planområdet	11
3.2	Flomberegning	12
3.2.1	Metode	12
3.2.2	Nedbørfelt	12
3.2.3	Flomberegning med utvalgte metoder	13
3.2.4	Klimaframskrivninger	16
3.2.5	Dimensjonerende flommer	17
3.3	Kritiske punkter og kartlegging av flomveier	17
3.3.1	Metode	17
3.3.2	Vurdering av kritiske punkter	19
3.4	Bekkeløp langs planområdet	22
3.4.1	Metode	22
3.4.2	Sensitivitetsanalyser	22
3.4.3	Resultater	23
3.4.4	Fare for erosjon	23
3.5	Faresoner og flomveier	23
3.6	Risikoreduserende tiltak i tilknytning til omsorgsboligene	25
3.6.1	Bekken langs planområdet	25
3.6.2	Flomveier og kritiske punkter	25
3.6.3	Flytting av bekk	27
4	Skredfare	28
4.1	Beskrivelse av området: Topografi	28
4.2	Geologi	29
4.3	Vegetasjon	29
4.4	Registrerte skredhendelser	31
4.5	Tidligere skredfareutredninger	31
4.6	Eksisterende skredsikringstiltak	31
4.7	Klimatiske trekk av betydning for skredfare	31
4.8	Aktsomhetssoner	31

4.9	Vurdering av skredfare	32
4.9.1	Snøskred	32
4.9.2	Sørpeskred.....	32
4.9.3	Løsmasseskred	34
4.9.4	Skred i fast fjell	35
4.9.5	Faresoner for skred	35
4.10	Mulighet for sikring mot skred	36
5	Konklusjon	37
6	Referanseliste	38

Figurer

Figur 1:	Lokaliseringen av det vurderte planområdet i Samnanger kommune.	5
Figur 2:	Utklipp av foreliggende situasjonsplan for planlagte omsorgsboliger (datert 14.03.18).....	6
Figur 3:	Karakteristisk bilde av bekkeløpet ved planområdet.	11
Figur 4:	Feltgrensene til den vurderte bekken.	13
Figur 5:	Lokasjon til utvalgte målestasjoner.	14
Figur 6:	Resultater fra flomformelverk for små nedbørfelt vist grafisk.	16
Figur 7:	Identifiserte kritiske punkter, kulverter og bekkeløp.	18
Figur 8:	Resultater fra sfd-analysen av flomveier.	18
Figur 9:	Resultater fra mfd-analysen av flomveier.....	19
Figur 10:	Bilde av kulvertinntaket ved punkt 1.	20
Figur 11:	Bilde av kulvertinntak ved punkt 3.....	21
Figur 12:	Bilde av kulvertinntak ved punkt 4.....	22
Figur 13:	Faresone for 1000-årsflom i bekken (sikkerhetsklasse F3) og flomveier	24
Figur 14:	Foreslåtte traseer til flomveier.	26
Figur 15:	Illustrasjon av foreslåtte flomveier med anbefalt tverrfall på veibanen.	27
Figur 16:	Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden ovenfor planområdet. Nedbørfeltet for bekken gjennom planområdet er også vist, sammen med antatte mulige sørpeskredløp og utløsningsområder for sørpeskred anvendt i modellberegningene.	28
Figur 17:	Bilde av fjellsiden ovenfor planområdet.	29
Figur 18:	Ortofoto fra 2016.	30
Figur 19:	Ortofoto fra 1965. Merk at det er betydelig mindre skog i nedre delen av nedbørfeltet enn i 2016.....	30
Figur 20:	Eksempel på beregnet flytehyde av sørpeskred langsetter bekken gjennom planområdet. Resultatene stemmer i noen grad overens med opplysningene om hendelsen i 1979.	33
Figur 21:	Beregnet maksimalt trykk i en sørpeskredhendelse som er dimensjonerende for faresonen $\geq 1/5000$. Mulige sikringsløsninger er tegnet inn, og ytterligere beskrevet i teksten.....	34

Figur 22: Faresoner for skred i planområdet. Dimensjonerende skredtype er sørpeskred. ... 35

Tabeller

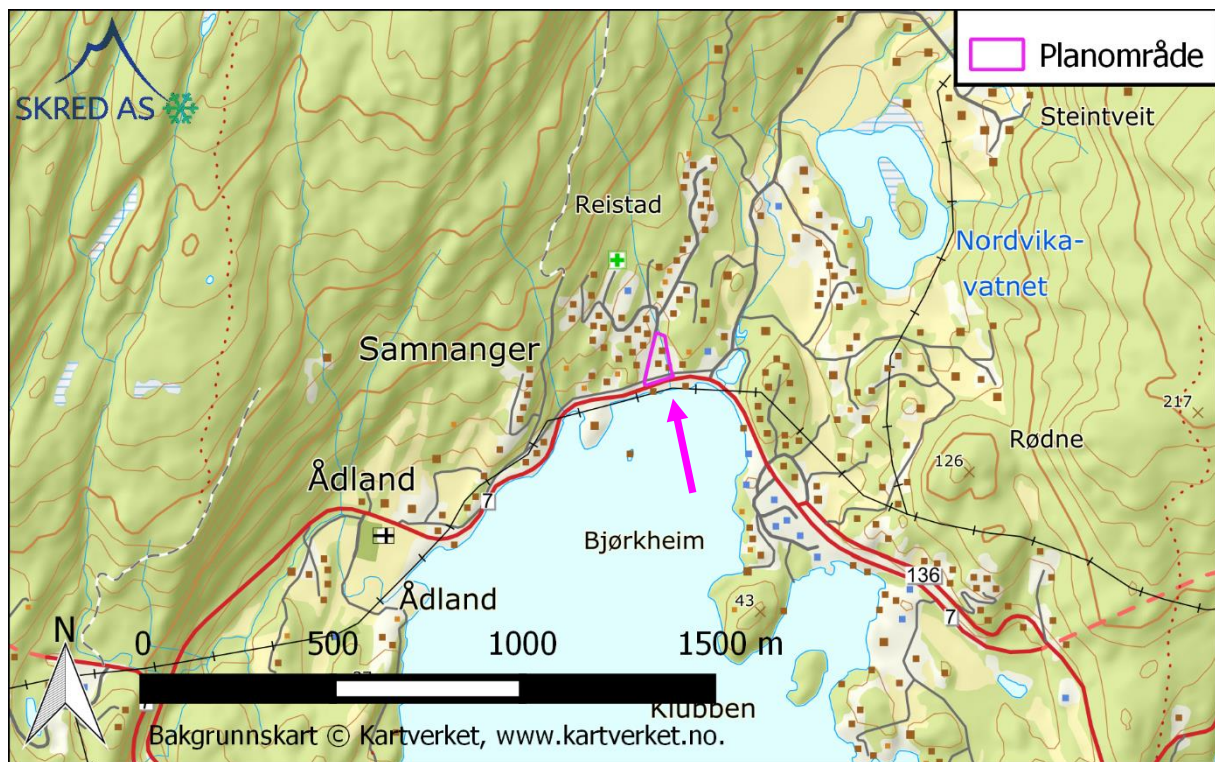
Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2017).	7
Tabell 2: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2017).	8
Tabell 3: Feltkarakteristika til Sellikbekken.	12
Tabell 4: Feltkarakteristika til utvalgte referansevassdrag.	14
Tabell 5: Resultater fra flomfrekvensanalyse på årsflommer, frekvensfordeling.	14
Tabell 6: Forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring ved utvalgte referansevassdrag.	15
Tabell 7. Resultater fra flomformelverk for små nedbørfelt.....	15
Tabell 8: Resultater fra den rasjonale formelen.	16
Tabell 9: Dimensjonerende flommer i bekken, kulminasjonsverdier inkludert klimapåslag. .	17

1 Innledning

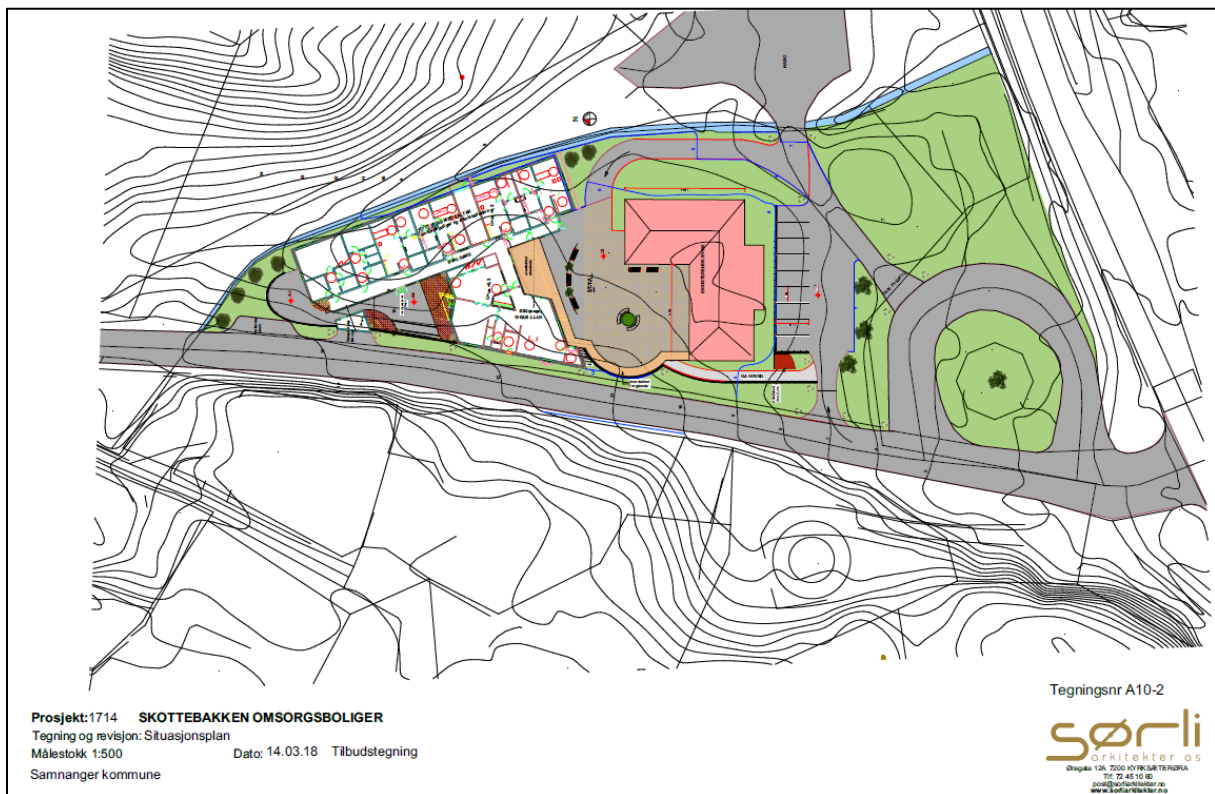
1.1 Bakgrunn

I forbindelse med et nytt planlagt bygg med omsorgsboliger og fellesrom i Samnanger kommune er Skred AS bedt om å utføre en detaljert flom- og skredfarevurdering av det aktuelle planområdet. Det planlagte bygget grenser mot en bratt bekk som utgjør en potensiell fare for flom og skred.

Lokasjon til planområdet er vist på figur 1, mens utklipp av foreliggende situasjonsplan er vist i figur 2.



Figur 1: Lokaliseringen av det vurderte planområdet i Samnanger kommune.



Figur 2: Utklipp av foreliggende situasjonsplan for planlagte omsorgsboliger (datert 14.03.18).

1.2 Befaring

Befaring i området ble utført 2018-06-25 av Petter Reinemo, Skred AS. Det var gode befaringsforhold med overskyet vær. Registreringer ble gjort både til fots og med drone.

1.3 Forbehold

Skred- og flomvurderinger er gjort ut fra terreng og vegetasjon slik de fremkom fra befaringsobservasjoner, tilgjengelige flyfoto og LiDAR-data på vurderingstidspunktet. Hvis terreng eller vegetasjon endres betydelig, kan det ha betydning for skred- og flomforholdene. Det kan innbefatte hogst, terrenginngrep i bratt terreng eller fysiske endringer i vassdraget som en konsekvens av erosjon, masseavlagring og menneskelige inngrep. Da anbefales det å utføre en ny vurdering. Informasjon om tidligere flom- og skredhendelser er viktige for vurderingene. Dersom det kommer mer informasjon om tidligere hendelser, bør det tas med i betraktningene.

2 Krav til sikkerhet

2.1 Lovverket

Plan- og bygningsloven § 28-1 stiller krav om tilstrekkelig sikkerhet mot fare for nybygg og tilbygg:

«Grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak.»

2.2 Flom

Byggteknisk forskrift TEK17 § 7-2 definerer krav til sikkerhet mot flom og stormflo for nybygg. Paragrafen gjelder for saktevoksende flommer som normalt ikke medfører fare for menneskeliv. Sannsynligheten i tabell 1 angir største årlige sannsynligheten for flom. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres i henhold til aktuell sikkerhetsklasse. I veilederen til TEK17 gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for flom (DiBK, 2017).

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2017).

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. Sikkerhetsklassen omfatter også ett tilbygg eller ett påbygg inntil 50 kvm. BRA i byggverkets levetid, der tiltaket ikke fører til redusert personsikkerhet og ikke omfatter etablering av ny bruksenhet.

Sikkerhetsklasse F2 omfatter tiltak der flom vil føre til middels konsekvenser. Dette innebærer de fleste byggverk beregnet for personopphold som bolighus, hytter, kontorer, skoler og barnehager. Det kan tillates større økonomiske konsekvenser, men kritiske samfunnsfunksjoner skal ikke påvirkes.

Sikkerhetsklasse F3 omfatter tiltak der flom vil føre til store konsekvenser. Sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk der oversvømmelse kan påføre omgivelsene stor forurensning ligger innenfor sikkerhetsklassen. Sykehjem, beredskapsfunksjoner, kritisk infrastruktur og avfallsdeponier er nevnt som eksempler.

I paragrafens fjerde ledd er det gitt at byggverk skal plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon. Avstanden til erosjonsutsatt elvekant bør være minst like stor som høyden på elvekanten og ikke under 20 meter. Dersom vassdraget sikres mot erosjon kan avstanden være mindre.

2.3 Skred

Byggteknisk forskrift TEK17 § 7-3 definerer krav til sikkerhet mot skred for nybygg og tilhørende uteareal (tabell 2). Sannsynligheten i tabellen angir den årlige sannsynligheten for skredskader av betydning, dvs. skred med intensitet som kan medføre fare for liv og helse og/eller større materielle skader. I veilederen til TEK17 gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for skred (DiBK, 2017).

Tabell 2: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2017).

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
S1	Liten	1/100
S2	Middels	1/1000
S3	Stor	1/5000

I sikkerhetsklasse S1 inngår byggverk der det normalt ikke oppholder seg personer og der det er små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Mindre brygger og lagerbygninger med lite personopphold er nevnt som eksempler.

Sikkerhetsklasse S2 omfatter tiltak der et skred vil føre til middels konsekvenser. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer og/eller der det er middels økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Driftsbygninger i landbruket samt parkeringshus og havneanlegg er nevnt som eksempler.

Sikkerhetsklasse S3 omfatter tiltak der et skred vil føre til store konsekvenser. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt oppholder seg mer enn 25 personer og/eller der det er store økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Eksempler på byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er:

- eneboliger i kjede/rekkehus/boligblokk/fritidsbolig med mer enn 10 boenheter
- arbeids- og publikumsbygg/brakkertigg/overnattingssted hvor det normalt oppholder seg mer enn 25 personer
- skole, barnehage, sykehjem og lokal beredskapsinstitusjon

Kravet til sikkerhet for uteareal tilhørende bygninger, skal i utgangspunktet være lik kravet til bygningen. Allikevel åpner lovverket for å redusere sikkerhetsnivået til uteareal med en klasse, dersom dette vil gi tilfredsstillende sikkerhet for tilhørende uteareal. Momenter som må vurderes i denne sammenheng er blant annet eksponeringstiden for personer og antall personer som oppholder seg på utearealet.

2.3.1 Vurderte skredtyper

I TEK17 er det spesifisert at samlet sannsynlighet for alle skredtyper skal legges til grunn for vurderingen av årlig sannsynlighet. Vi har derfor vurdert følgende skredtyper:

- Skred i fast fjell
- Skred i løsmasser
- Snøskred, inkludert sørpeskred

Den endelige vurderingen av skredfare er samlet nominell årlig sannsynlighet for skred, som kan sammenliknes direkte med kravene i tabell 2.

2.3.1.1 Snøskred og sørpeskred

Snøskred kan inndeles i løssnøskred og flakskred. Løssnøskred utløses i snø med lav fasthet, som gjerne starter med en liten lokal utglidning. Etter hvert som nye snøkorn blir revet med utvider skredet seg og kan få en pæreform. Flakskred oppstår når en større del av snødekket løsner som et flak langs et glideplan. Det er flakskred som har størst skadepotensiale. Store snøskred løsner vanligvis der terrenget er mellom 30-50° grader bratt. Der det er brattere enn dette glir snøen stadig ut slik at det ikke dannes større skred. Snøskred kan skape skredvind med kraft til å utrette stor skade.

Sørpeskred er en strøm med vannmettede snømasser. Sørpeskred følger som oftest forsenkninger i terrenget, og oppstår når dreneringen i grunnen er dårlig, som for eksempel på grunn av tele og is. Sørpeskred kan utløses i slakt terreng, for eksempel når kraftig snøfall blir etterfulgt av regn og mildvær. Sørpeskred kan også utløses når varme gir intens snøsmelting. Skredmassene har høy tetthet og skred med lite volum kan gi stor skade. Det er ikke utarbeidet aktsomhetskart for sørpeskred.

2.3.1.2 Skred i fast fjell

Når en eller flere steinblokker løsner og faller, spretter, ruller, eller sklir nedover en skråning benyttes begrepene steinsprang (volum <100 m³) og steinskred (volum 100-10.000 m³). Steinsprang og steinskred løsner oftest i bratte fjellparti der terrenghelningen er større enn 40-45°.

2.3.1.3 Jordskred og flomskred

Jordskred starter med en plutselig utglidning i vannmettede løsmasser og blir som regel utløst i skråninger som er brattere enn 25-30°. Man kan skille mellom kanaliserte og ikke-kanaliserte jordskred.

Et kanalisert jordskred skaper en kanal i løsmassene som kan fungere som skredbane for nye skred. Skredmasser kan bli avsatt og danne langsgående rygger parallelt med kanalen. Når terrenget flater ut blir skredmassene avsatt i en tungeform. Over tid kan flere slike skred bygge en vifte av skredavsetninger. I et ikke-kanalisert jordskred flytter massene seg nedover langs en sone som gradvis kan bli bredere. Mindre jordskred kan oppstå i slakere terreng med finkorna, vannmettet jord og leire, gjerne på dyrka mark eller i naturlig terrasseformede skråninger i terrenget.

Flomskred er raske, vannrike, flomlignende skred som følger elve- og bekkeløp, eller raviner, gjel eller skar, ofte uten permanent vannføring. Helningen i utløsningsområdet kan være ned mot 10°. Skredmassene kan bli avsatt som langsgående rygger på siden av skredløpet, og oftest i en stor vifte nederst, der de groveste massene ligger ved roten av vifta og finere masser blir avsatt utover vifta. Massene i et flomskred kan komme fra store og små flomskred langsetter flomløpet, undergraving av sideskråninger og erosjon i løpet, eller i kombinasjon med sørpeskred.

2.3.1.4 Skredfare og klimaendringer

Spesielle værforhold er en dokumentert utløsende faktor for de fleste typer skred, og forekomsten av disse skredtypene vil naturlig bli påvirket dersom klimaet utvikler seg slik at ekstremt vær inntreffer oftere. Generelt vil et varmere og våtere klima kunne påvirke frekvensen av jordskred, flomskred, snøskred og sørpeskred, men i hvilken grad skredaktiviteten vil endres i hver landsdel er uvisst.

Det er ikke mulig å beregne et «klimapåslag» for skredsannsynlighet, skredstørrelse eller skredutløp og så bruke dette i skredfarekartlegging. Klimautviklingen inngår dermed i en rekke usikkerhetsmomenter som det ikke finnes verktøy for å kvantifisere, men som vurderes skjønnsmessig når en utreder eller kartlegger skredfare.

2.4 Aktuelle krav

Det er opp til kommunen å fastsette sikkerhetsklasse. Sikkerhetsklassene F3 (for flom) og S3 (for skred) er vurdert som mest aktuelle for de planlagte omsorgsboligene. Det er mulig at sikkerhetskrav for skred til utearealet kan reduseres til sikkerhetsklasse S2.

3 Flomfare

3.1 Beskrivelse bekken i tilknytning til planområdet

Den vurderte bekken renner med jevnt fall i den østre kanten av planområdet. Bekketverrsnittet varierer og bekken er stedvis mindre definert. Bekkebunn består av stein og grus av variabel størrelse og kantene er bevokst. Det var ikke tegn til pågående erosjon i tilknytning til bekken.

Oppstrøms planområdet krysser bekken under veien Reistadliane i en kulvert med dimensjon på 1000 mm. Kulverten utgjør et kritisk punkt med tanke på at flomvann kan ledes på avveie dersom kapasitet overskrides eller kulverten går tett. Dette gjelder også for kulvertene videre oppstrøms bekken. For å vurdere flomfaren ved planområdet er det derfor nødvendig å se nedbørfeltet som en helhet der kritiske punkter og potensielle flomveier i feltet og nabofelt inngår i vurderingene.

Figur 3 viser et karakteristisk bilde av bekken i oppstrøms del av planområdet. Vurdering av nedbørfelt med kritiske punkter følger av avsnitt 3.3.



Figur 3: Karakteristisk bilde av bekkeløpet ved planområdet.

3.2 Flomberegning

3.2.1 Metode

Ved beregning av dimensjonerende flommer i den vurderte bekken 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. Metodene benyttet i flomberegningene av bekken er beskrevet under.

3.2.1.1 Vannføringsmålinger og flomfrekvensanalyse

Det foreligger ingen kjente målinger av flomvannføringer i bekken. Det er derfor funnet et utvalg målestasjoner som sammen kan gi en indikasjon på flomforholdene. Indikasjonen fås gjennom beregning og vurdering av spesifikk middelflom og flomfrekvensanalyse, samt analyse av feltkarakteristika opp mot aktuelt nedbørfelt.

3.2.1.2 Flomformelverk for små nedbørfelt

I NVE (2015a) presenteres et nasjonalt formelverk for flomberegninger i nedbørfelt der feltareal er mindre enn 50 km². Inngangsparameterne til formelen er feltareal, midlere avrenning og effektiv sjøprosent. Den største usikkerheten i formelverket er estimat av middelflom, og resulterende vekstkurve vurderes som robust. Det betyr at et godt estimat av middelflom vil redusere usikkerheten i beregningene betraktelig.

3.2.1.3 Rasjonale formelen

Den rasjonale formelen beregner vannmengder basert på nedbørstatistikk, feltareal og antatt avrenningskoeffisient. Dimensjonerende nedbør hentes fra relevant IVF-kurve eller nedbørstatistikk, basert på estimert konsentrasjonstid. Det foreligger ulike anbefalinger til hvor store felt formelen bør benyttes til. Anbefalingene varierer mellom 0,2 og 5 km². Generelt bør formelen benyttes forsiktig i naturlige felt og helst i kombinasjon med andre metoder.

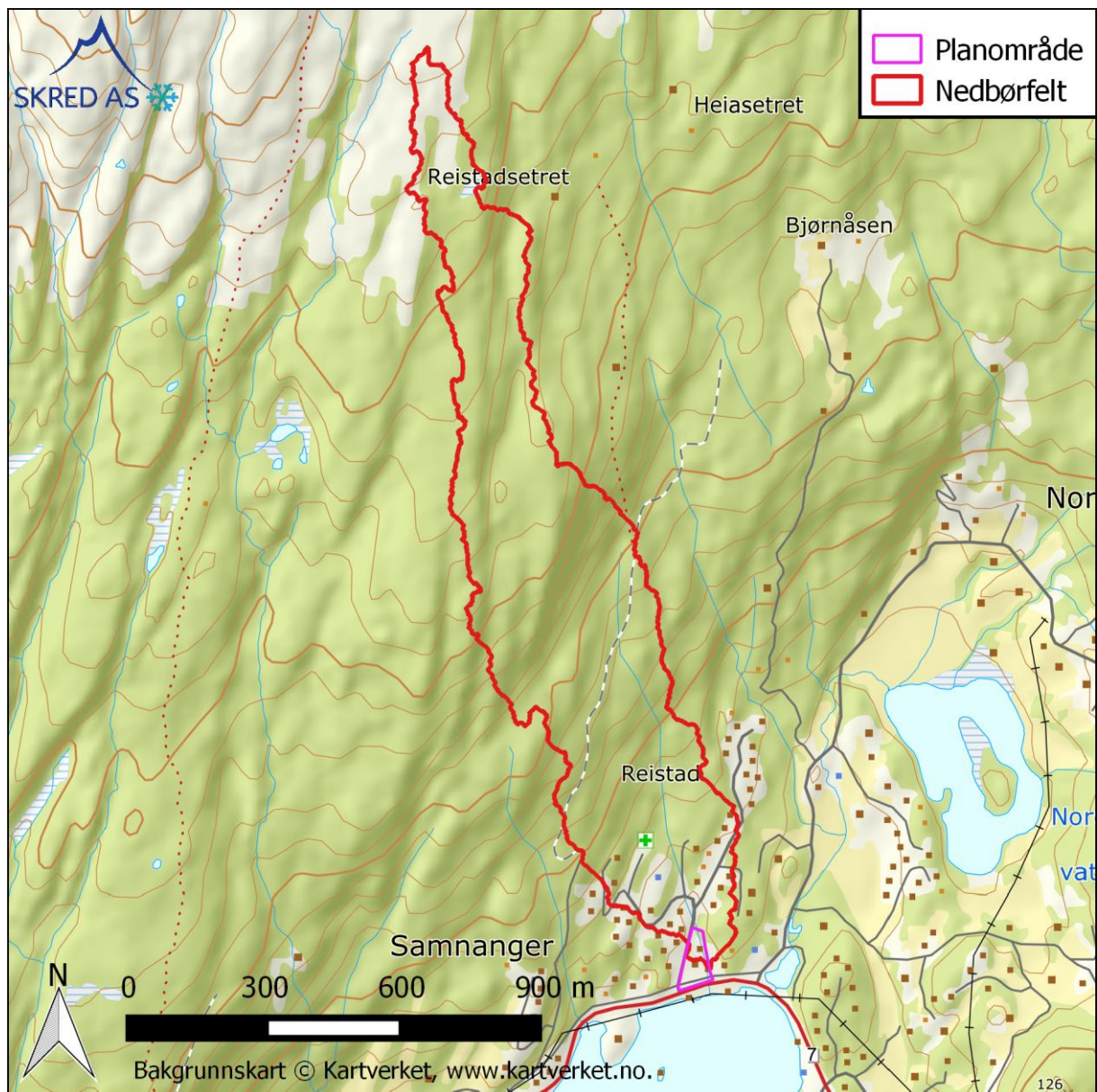
3.2.2 Nedbørfelt

Nedbørfeltet til bekken er identifisert gjennom GIS-analyse basert på en terrengmodell fra LiDAR-data med horisontal oppløsning på 1 x 1 meter. Ved vurdering av feltgrenser er også eventuelle flomveier fra nabofelt vurdert. Feltet er dominert av skogsområder og er karakterisert som lite, langstrakt og bratt. Det er ingen innsjøer eller tjern i feltet som bidrar med naturlig flomdempning. Feltkarakteristikken tilsier at bekken kan respondere raskt i forbindelse med kraftig nedbør og stor snøsmelting.

Tabell 3 viser feltkarakteristika til bekken, mens feltgrenser er vist i figur 4.

Tabell 3: Feltkarakteristika til Sellikbekken.

Vassdrag	Feltareal [km ²]	qN [l/s*km ²]	Eff. Sjø [%]	Skog [%]	Urbant [%]	Høydeint. [moh]
Vurdert bekk	0,5	99,1	0	90	5	2 - 388



Figur 4: Feltgrensene til den vurderte bekken.

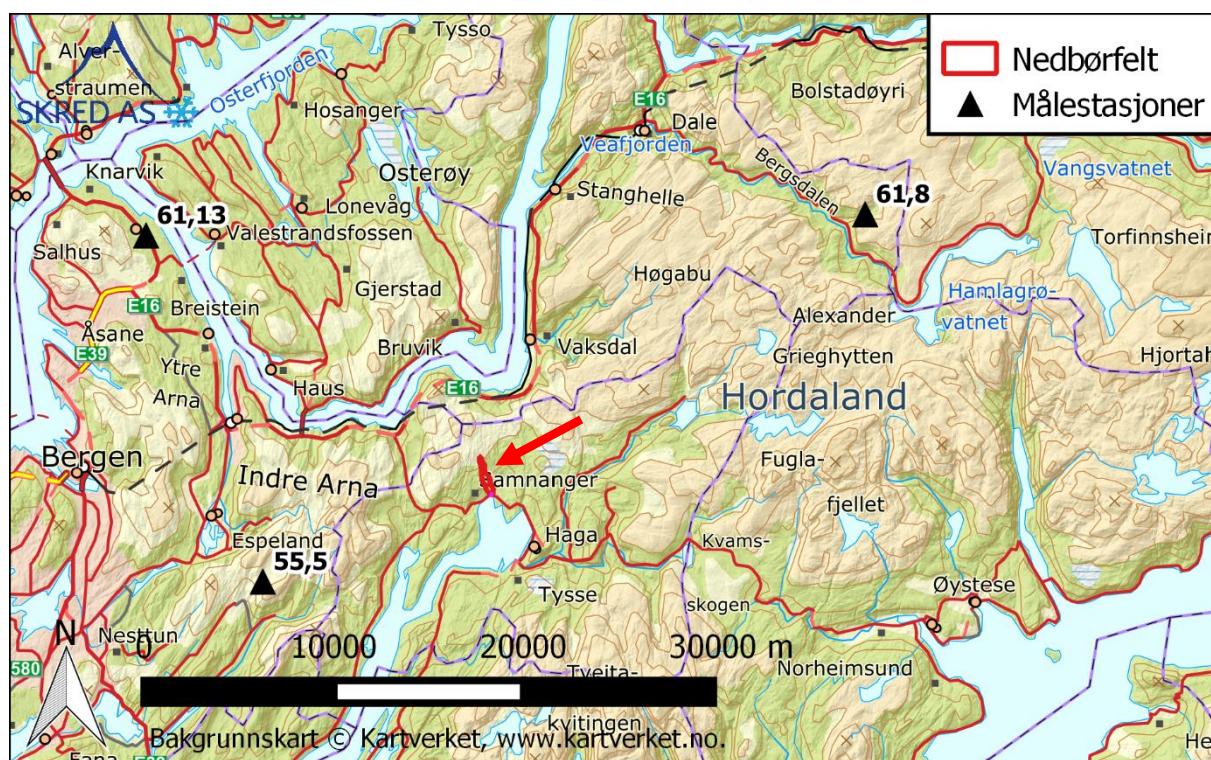
3.2.3 Flomberegning med utvalgte metoder

3.2.3.1 Vannføringsmålinger og flomfrekvensanalyse

Det er funnet tre målestasjoner som sammen kan gi en indikasjon på flomforholdene i bekken. Ingen av referansevassdragene er vurdert direkte sammenlignbare, og usikkerheten ved sammenligning av stasjonene anses som stor. Feltkarakteristika til de tre stasjonene er gitt i tabell 4 mens beliggenhet er vist i figur 5.

Tabell 4: Feltkarakteristika til utvalgte referansevassdrag.

Målestasjon	Feltareal [km ²]	Periode [år]	q _N [l/s*km ²]	Eff. Sjø [%]	Skog [%]	Snaufjell [%]	Høyde [moh]
Vurdert bekk	0,50	-	99,1	0	90	0	2 - 388
55,5 Dyrdalsvatn	3.31	1978 - 96, 02 - 17	124	4	2	93	436 - 802
61,8 Kaldåen	15.28	1988 - 17	100	0,1	4	93	591 - 1128
61,13 Haukåselva	7.39	2007 - 17	75	0,4	40	11	41 - 470



Figur 5: Lokasjon til utvalgte målestasjoner.

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 5.

Tabell 5: Resultater fra flomfrekvensanalyse på årsflommer, frekvensfordeling.

Målestasjon	År	Feltareal [km ²]	Middelflom		Q ₂₀ / Q _M	Q ₂₀₀ / Q _M	Q ₁₀₀₀ / Q _M	Metode	Kurve-kvalitet (flom)
			Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]					
55,5 Dyrdalsvatn	35	3.31	4.17	1260	1,57	2,14	2,53	Gumbel (l-mom)	Meget bra
61,8 Kaldåen	30	15.28	15.38	1007	1,58	2,15	2,54	Gumbel (l-mom)	Middels
61,13 Haukåselva	11	7.39	4.98	674	1,52	2,03	2,39	Gumbel (l-mom)	Middels

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

I NVE (2015b) er forholdet mellom kulminasjon- og døgnmiddelflom beregnet for nedbørfelt i Norge der feltareal er mindre enn 50 km² og datagrunnlaget er tilstrekkelig. Forholdstall ved vurderte målestasjoner er gitt i tabell 6.

Tabell 6: Forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring ved utvalgte referansevassdrag.

Målestasjon	Areal [km ²]	Eff. Sjø [%]	Kulm/døgn
55,5 Dyralsvatn	3.31	4	1,76
61,8 Kaldåen	15.28	0,1	2,54

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 bekken gir formelverket et forholdstall for vår- og høstflom på henholdsvis 1,77 og 2,37

Er forholdstall på ca. 2,0 vurderes som realistisk i bekken.

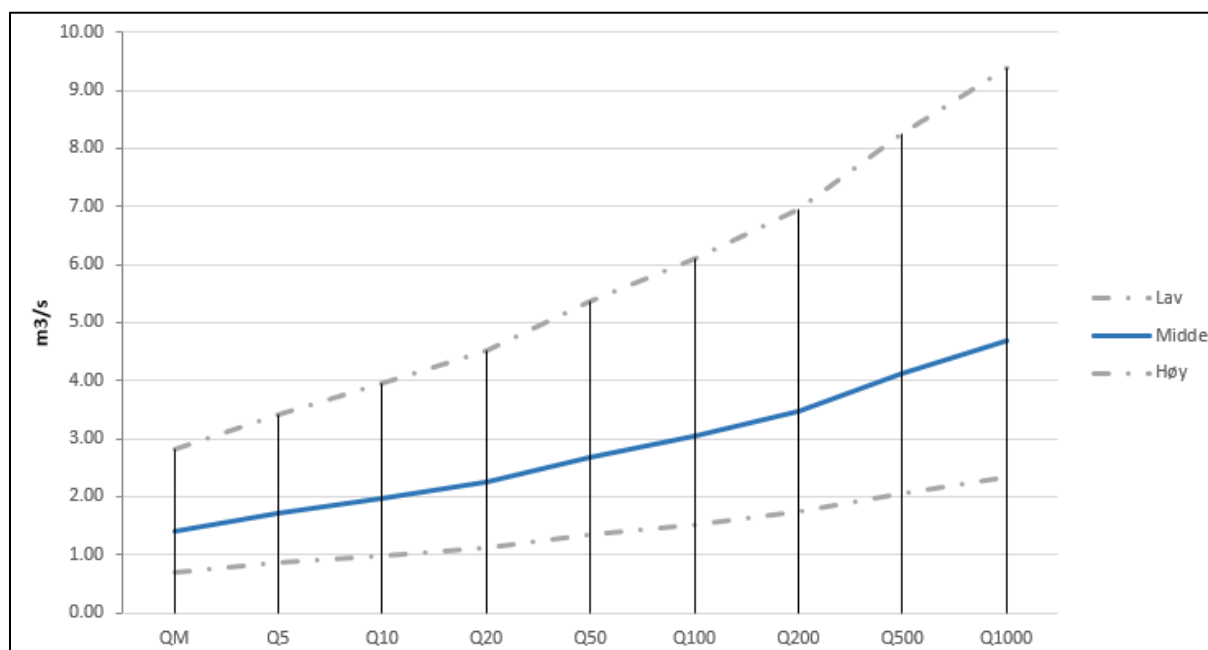
3.2.3.2 Flomformelverk for små nedbørfelt

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 bekken er presentert i tabell 7 og grafisk i figur 6. Det er gitt resultater for middelestimat, samt øvre og nedre konfidensintervall (95 %).

Tabell 7. Resultater fra flomformelverk for små nedbørfelt.

Vassdrag	Estimat	Middelflom		Q ₂₀ / Q _M	Q ₂₀₀ / Q _M	Q ₁₀₀₀ / Q _M	Q ₂₀ [m ³ /s]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]	Q ₁₀₀₀ [m ³ /s]
		Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]						
Bekk	Lav (95%)	0.7	1414				1.1	1.7	2.3
	Middel	1.4	2829	1.60	2.46	3.32	2.3	3.5	4.7
	Høy (95%)	2.8	5658				4.5	7.0	9.4



Figur 6: Resultater fra flomformelverk for små nedbørfelt vist grafisk.

3.2.3.3 Rasjonale formelen

Det finnes ingen målestasjoner i umiddelbar nærhet av Samnanger der det foreligger IVF-kurver av god kvalitet. Det er derfor valgt å benytte IVF-kurve for Bergen-Sandsli, som ligger ca. 25 kilometer vest for Samnanger.

Konsentrasjonstiden til feltet er estimert ved bruk av formel for naturlig felt gitt i SINTEF (1992). Avrenningskoeffisient (C-verdi) er vurdert til ca. 0,5 basert på terrengtype/grunnforhold, erfaringsdata og anbefalinger i aktuelle veiledere.

Tabell 8 gir beregningsparametere og beregnet 200-årsflom i bekken med bruk av den rasjonale formelen.

Tabell 8: Resultater fra den rasjonale formelen.

Feltarel [ha]	Kons. tid [min]	I200 [l/s*ha]	C-verdi	Q200 [m³/s]
50	60	83	0,5	2,1

3.2.4 Klimaframskrivninger

Basert på anbefalinger i NVE (2016) og Klimaprofil Hordaland (Norsk Klimaservicesenter, 2016) er et klimapåslag på 30 % vurdert som hensiktsmessig. Klimatillegget benyttes for å ta hensyn til forventende endringer i flomstørrelser frem mot år 2100.

3.2.5 Dimensjonerende flommer

Ingen av de vurderte målestasjonene har nedbørfelt som er direkte sammenlignbare med feltet til den vurderte bekken. Alle feltene er karakterisert som bratte, men har større feltareal. 55,5 Dyralsvatn og 61,8 Kaldåen består i hovedsak av snaufjell, som generelt gir høyere spesifikke flomverdier. En høyere effektiv sjøprosent vil derimot redusere de spesifikke verdiene.

På bakgrunn terrenngtype samt feltareal forventer vi lavere spesifikke flomverdier enn ved 55,5 Dyralsvatn og høyere spesifikke verdier enn ved 61,13 Haukåselva. En døgnmiddelflom på ca. 1000 l/s*km² vurderes derfor realistisk. Med et forholdstall mellom kulminasjons- og døgnmiddelflom på 2,0 gir det en spesifikk kulminert middelflom på 2000 l/s*km², som er noe lavere enn ved Dyralsvatn.

Flomfrekvensanalysen på målestasjonene gir en noe slakere kurve enn hva flomformelen gir. Da frekvensfordelingen gitt fra flomformelverket anses som robust er det valgt å benytte denne fordelingen. Med valgt middelflom og frekvensfordeling får man en 200-årsflom som ligger ca. 20 % høyere enn hva den rasjonale formelen gir, og noe lavere enn middelestimatet fra flomformelverket.

Dimensjonerende flomstørrelser beregnet for bekken er gitt i tabell 9. Spesifikk 200-årsflom inkludert klimatillegg er beregnet til ca. 6000 l/s*km².

Tabell 9: Dimensjonerende flommer i bekken, kulminasjonsverdier inkludert klimapåslag.

Feltareal [km ²]	Klimatillegg [%]	Middelflom		Q ₂₀ [m ³ /s]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]	Q ₁₀₀₀ [m ³ /s]
		q _M [l/s*km ²]	Q _M [m ³ /s]			
0,5	30	2400	1,2	1,9	3,0	4,0

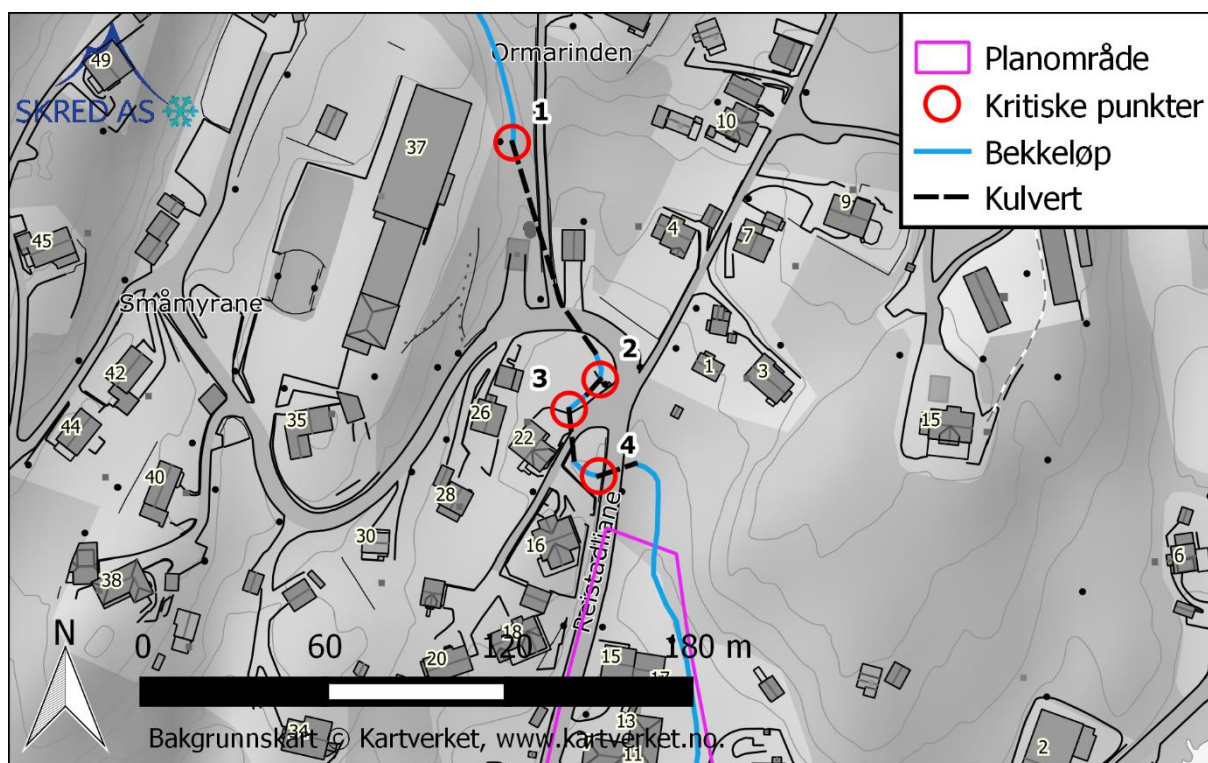
3.3 Kritiske punkter og kartlegging av flomveier

3.3.1 Metode

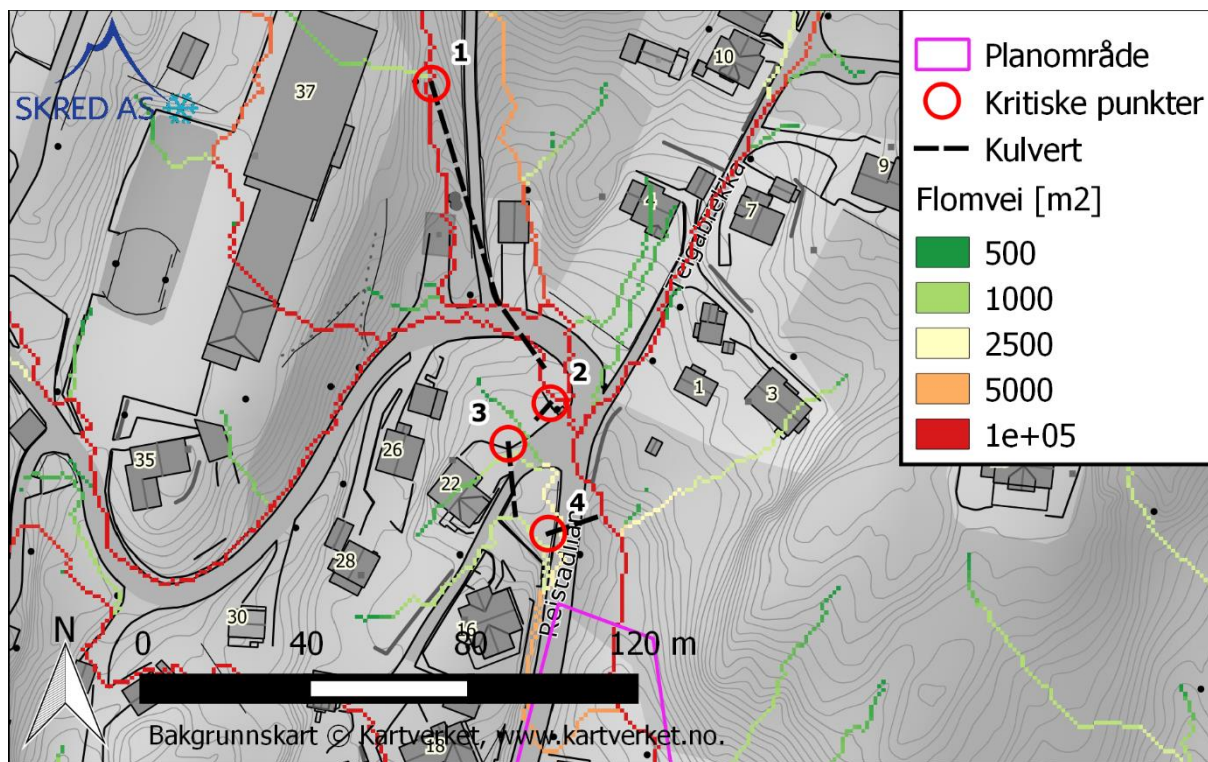
Det er gjort en kartlegging av kritiske punkter langs bekken. Kritiske punkter er i NVE (2015a) definert som «*tekniske inngrep og naturgitte forhold som ved auka vassføring kan føre til overfløyning.*» Punktene ble undersøkt under befaringen.

Bekken renner oppstrøms det bebygde området i et veldefinert søkk. Fra Ormarinden og ned til planområdet krysser bekken gjennom flere kulverter som utgjør kritiske punkter der flomvann potensielt kan komme på avveie. Identifiserte punkter er vist på figur 7. I tillegg til punktene er bekkestrekningen langs planområdet kritisk med tanke på kapasitet.

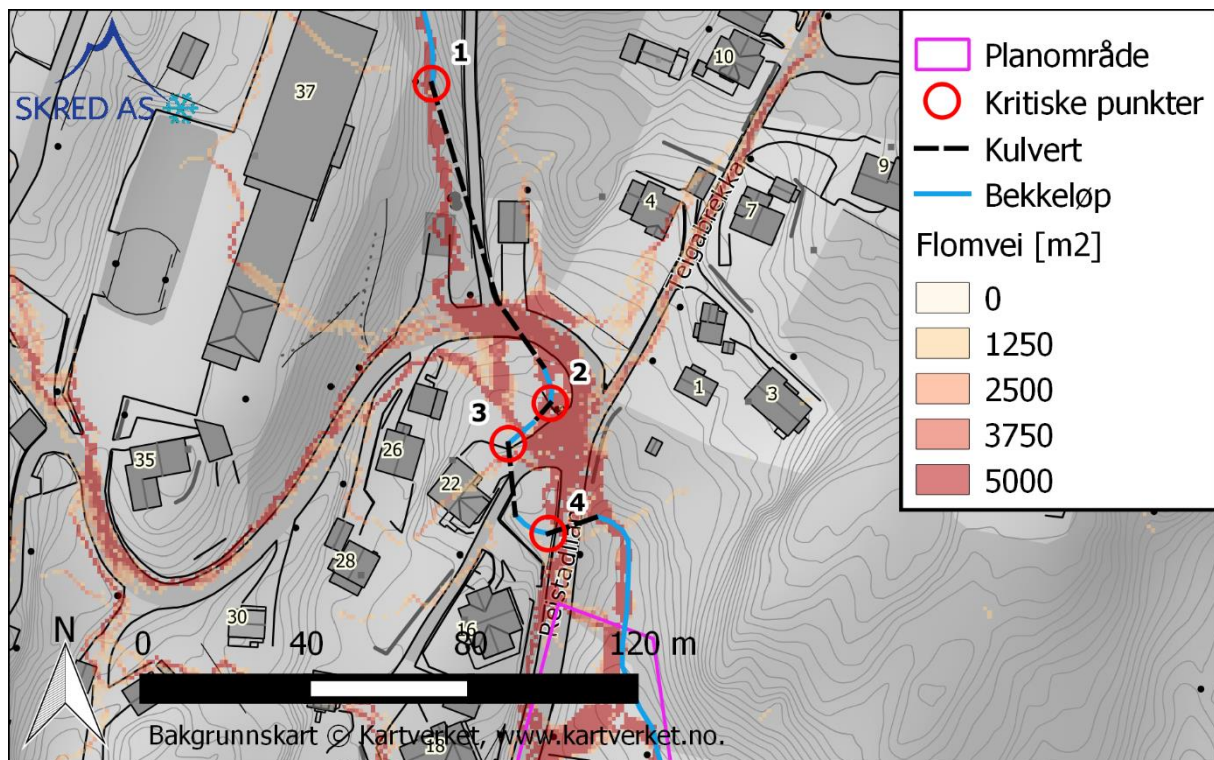
De kritiske punktene er vurdert basert på kartstudier, registrering under befaring og GIS-analyse av flomveier. GIS-analysen er basert på både multi-flow-direction (mfd) og single-flow-direction (sfd) beskrevet i blant annet Bratlie (2015). Terrenngmodellen er etablert på LiDAR-data med horisontal oppløsning på 1 x 1 meter. Resultatene fra sfd- og mdf-analysen er vist i figur 8 og figur 9.



Figur 7: Identifiserte kritiske punkter, kulverter og bekkeløp.



Figur 8: Resultater fra sfd-analysen av flomveier.



Figur 9: Resultater fra mfd-analysen av flomveier.

3.3.2 Vurdering av kritiske punkter

3.3.2.1 Punkt 1

Ved punkt 1 ledes bekken inn i en kulvert med diameter på 1000 mm som har utløp nedstrøms Reistadliane. Under befaringen var inntaket nesten helt gjentettet av løsmasser og drivgods (se figur 10). Vannet som ikke rant inn i kulverten drenerte i grunnen/fyllingen. I situasjoner med større vannføring i bekken og høy vannmetning må det forventes at en del av flomvannet vil renne videre sørover i søkket mot Reistadliane der den berører nyoppført garasje/lagerbygg. Fra Reistadliane er flomveien lite definert hvor vannet forventes å fordele seg sørover i veien, samt mot punkt 2 og 3. Fordelingen av vannet vil være avhengig av lokale forhold under flommen.



Figur 10: Bilde av külvertinntaket ved punkt 1.

3.3.2.2 Punkt 2

Punkt 2 får tilført vann fra külverten med inntak ved Punkt 1, fra flomveien til Punkt 1, samt fra lokalt tilsig. Külverten har en dimensjon på 1000 mm, var fri for masser under befaringen og har en slak gradient som indikerer utløpskontroll. På bakgrunn av dette forventes det en kapasitet mindre enn $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$, som medfører at flomveiene fra punktet vil bli aktivert for returperioder lavere enn dimensjonerende flommer.

Flomveien fra Punkt 2 er vurdert sørover, hvor den krysser Reistadliane og går over i den vurderte bekken rett oppstrøms planområdet. Da flomveien er diffus og lite definert virker det også sannsynlig at noe flomvann også kan bli ledet mot Punkt 4.

3.3.2.3 Punkt 3

Punkt 3 får tilført vann fra külverten med inntak ved Punkt 2. Det ligger her tre külverter med dimensjonene 300, 500 og 1000 mm, vist i figur 11. Ved antagelse om innløpskontroll og tabeller gitt i SINTEF (1992) har de tre külvertene en samlet kapasitet på ca. $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Da oppstrøms külvert vil begrense videreført vannmengde til Punkt 3 forventes det i utgangspunktet at flomveien ikke vil tre i kraft ved dimensjonerende flom.

Flomveien fra Punkt 3 er lite definert der det vurderes at vannet eventuelt vil kunne fordele seg mot flomveien fra Punkt 2 samt mot Punkt 4.



Figur 11: Bilde av kulvertinntak ved punkt 3.

3.3.2.4 Punkt 4

Ved Punkt 4 ledes vannet i bekken i en kulvert med dimensjon på 1000 mm under Reistadliane. Kulverten er vist i figur 4. Vannstanden ved inntaket kan stå ca. 1,5 meter over topp rør, som med antagelse om innløpskontroll og nomogram i SINTEF (1992) gir en kapasitet på ca. 3,0 m³/s. Vannføringen ved punktene er gitt av videreført vannmengde og flomveier fra Punkt 2 og 3.

Flomveien fra Punkt 4 vurderes for dagens situasjon å gå sørover. Først langs vestsiden av Reistadliane før den krysser veien og renner gjennom planområdet og berører den planlagte omsorgsboligen.



Figur 12: Bilde av kulvertinntak ved punkt 4.

3.4 Bekkeløp langs planområdet

3.4.1 Metode

For vurdering av faresone i bekkeløpet langs planområdet er programvaren Hec-Ras versjon 5.0.5, 2-dimensjonale beregninger og en digital terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 x 1 meter benyttet. I Hec-Ras er det etablert et beregningsgrid med horisontal oppløsning på 1 x 1 meter. *Full-momentum equation* er benyttet med et tidsskritt på 0,2 sekunder, som gir en stabil modell. Ruheten i modellen er valgt basert på registreringer under befaringen, erfaringsdata og aktuell litteratur (Spreafico m. fl., 2001). Det er benyttet et Manningstall på 15 for hele modellområdet. Normalstrømning er satt som nedstrøms grensebetingelse.

Det er tatt utgangspunkt i en situasjon med tette stikkrenner nedstrøms planområdet. Resultatene og faresonene nedstrøms omsorgsboligene vil derfor være noe konservative.

3.4.2 Sensitivitetsanalyser

For å undersøke følsomheten til modellen og usikkerheten i beregningsresultatene er det utført en sensitivitetsanalyse der både 1000-årsflom og ruhet er økt med 20 % i en og samme modellkjøring. Sensitivitetsanalysen ga en økning i vannlinjen på ca. mellom 0,05 og 0,1 meter. Det er utført en analyse der cellestørrelsen i beregningsgridet er redusert til 0,75 x 0,75 meter, som ga neglisjerbare endringer i resultatene.

3.4.3 Resultater

Resultatene fra modelleringen viser at vannet under en dimensjonerende flom vil bre seg ut fra hovedløpet til bekken og berøre områdene der omsorgsboligen planlegges oppført. Vanndybden ved omsorgsboligene varierer mellom 0 og 0,5 meter for en beregnet 1000-årsflom.

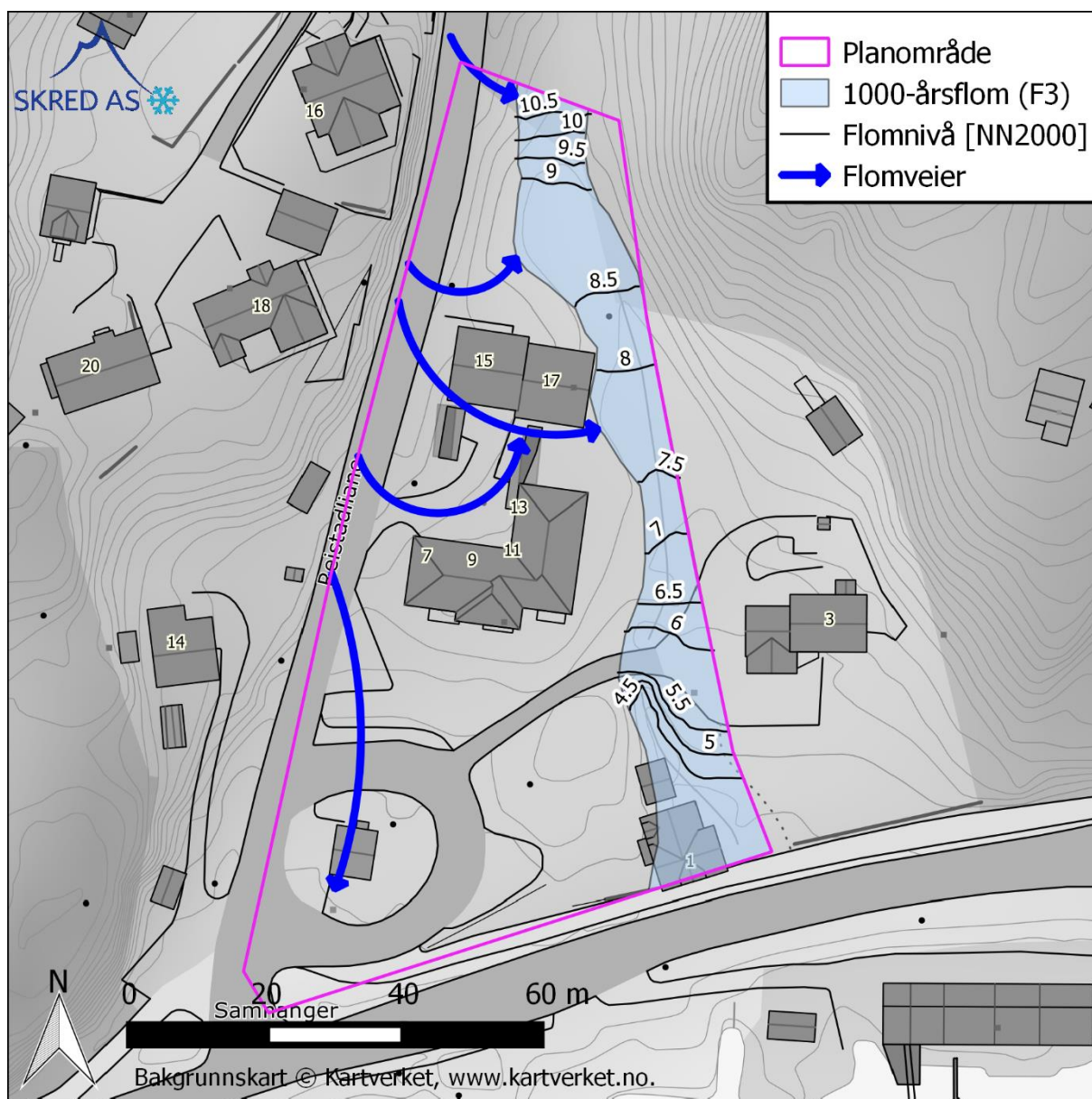
3.4.4 Fare for erosjon

Vannhastighetene i bekken er beregnet til mellom 1,5 og 2,5 m/s, som gir potensiale for erosjon. I dag vurderes erosjonssikkerheten som god, men etter utbygging kan situasjonen forandres ved masseutskifting og fjerning av vegetasjon. Tiltak mot omsorgsboligene må derfor etableres med tilstrekkelig erosjonssikkerhet.

3.5 Faresoner og flomveier

Basert på resultatene fra modellering av 1000-årsflom det tegnet faresoner for bekken. Det er også flere potensielle flomveier fra kritiske punkter, identifisert i avsnitt 3.3, som kan påvirke planområdet. Faresonene og flomveier er vist i figur 13. Ved praktisk bruk av faresonene anbefales det å legge på en ekstra sikkerhetsmargin på minimum 0,2 meter.

Den planlagte omsorgsboligen berører både faresonen for 1000-årsflom og flomveier. Det er derfor nødvendig med risikoreduserende tiltak for å redusere flomfaren. Forslag til tiltak følger av avsnitt 3.6.



Figur 13: Faresone for 1000-årsflom i bekken (sikkerhetsklasse F3) og flomveier

3.6 Risikoreduserende tiltak i tilknytning til omsorgsboligene

De risikoreduserende tiltakene som velges må detaljprosjektertes. Det gis under beskrivelse av generelle krav til tiltakene.

3.6.1 Bekken lang planområdet

Langs planområdet må det sikres at bekken får et tverrsnittareal som gir kapasitet for minimum en estimert 1000-årsflom. Dimensjonerende vannhastighet vurderes fra modelleringen til 1,5 m/s, som gir et nødvendig tverrsnittareal på 2,7 m². I tillegg anbefales det en ekstra sikkerhetsmargin på minimum 0,2 meter. Definerings av bekkeløpet vil redusere faresonene vist i figur 13.

Ved eventuelle endringer i bekkeløpet bør det tilstrebes å opprettholde det naturlige fallet i bekken. Bekkeløpet må ha tilstrekkelig erosjonssikkerhet. Da omsorgsboligene planlegges helt inn mot bekken må elvekant erosjonssikres. Erosjonssikringen kan utformes som en mur, tørrmur eller steinplastring. Sikringen må etableres med en fotgrøft.

3.6.2 Flomveier og kritiske punkter

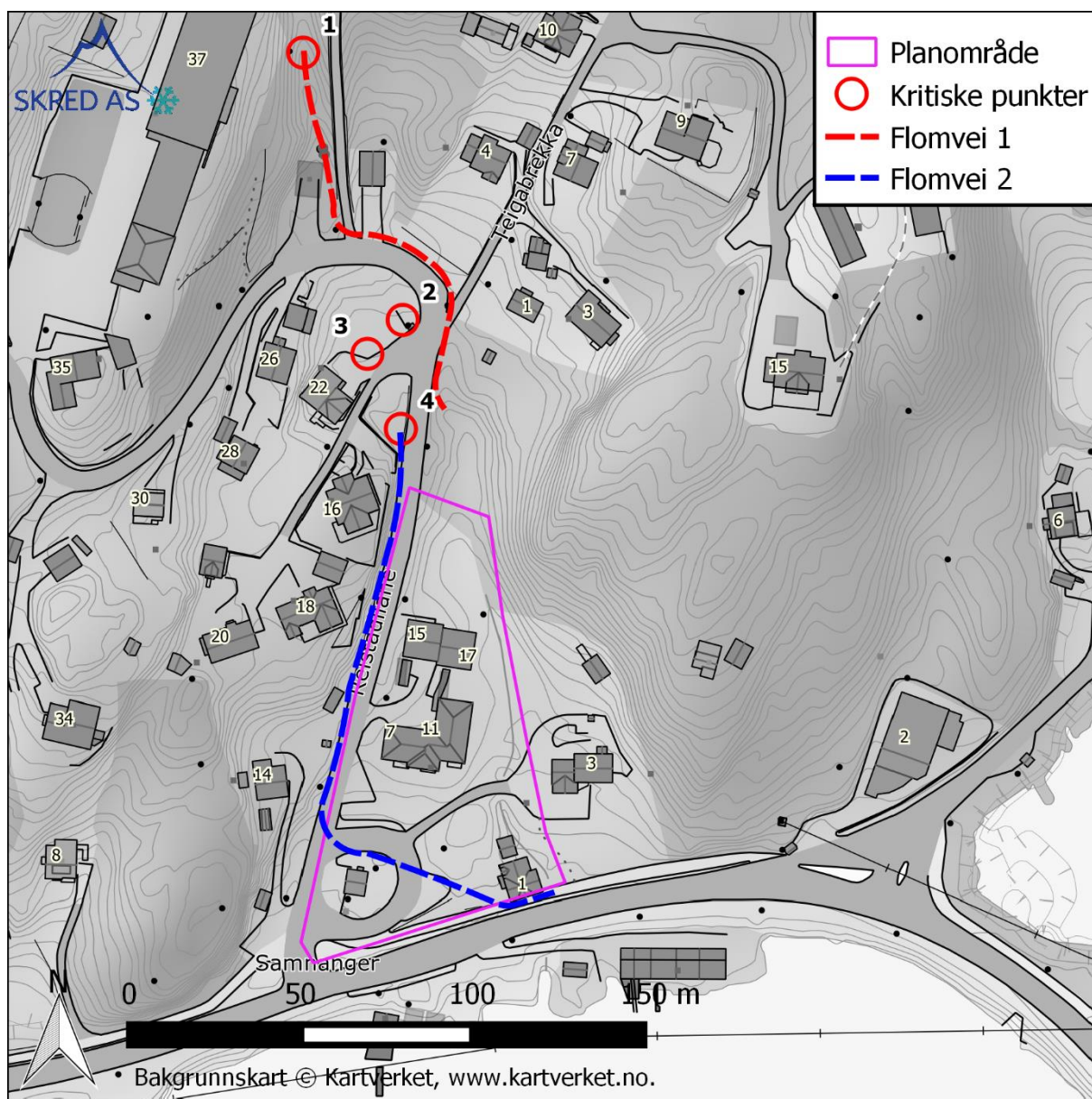
Punkt 1 og 4 utgjør en flomfare for planområdet med tanke på fare for flomvann på avveie. Det må derfor sikres trygge flomveier fra de kritiske punktene.

Inntaket ved Punkt 1 bør utbedres for å øke kapasitet og redusere faren for at flomvann kommer på avveie (se figur 10 for dagens situasjon).

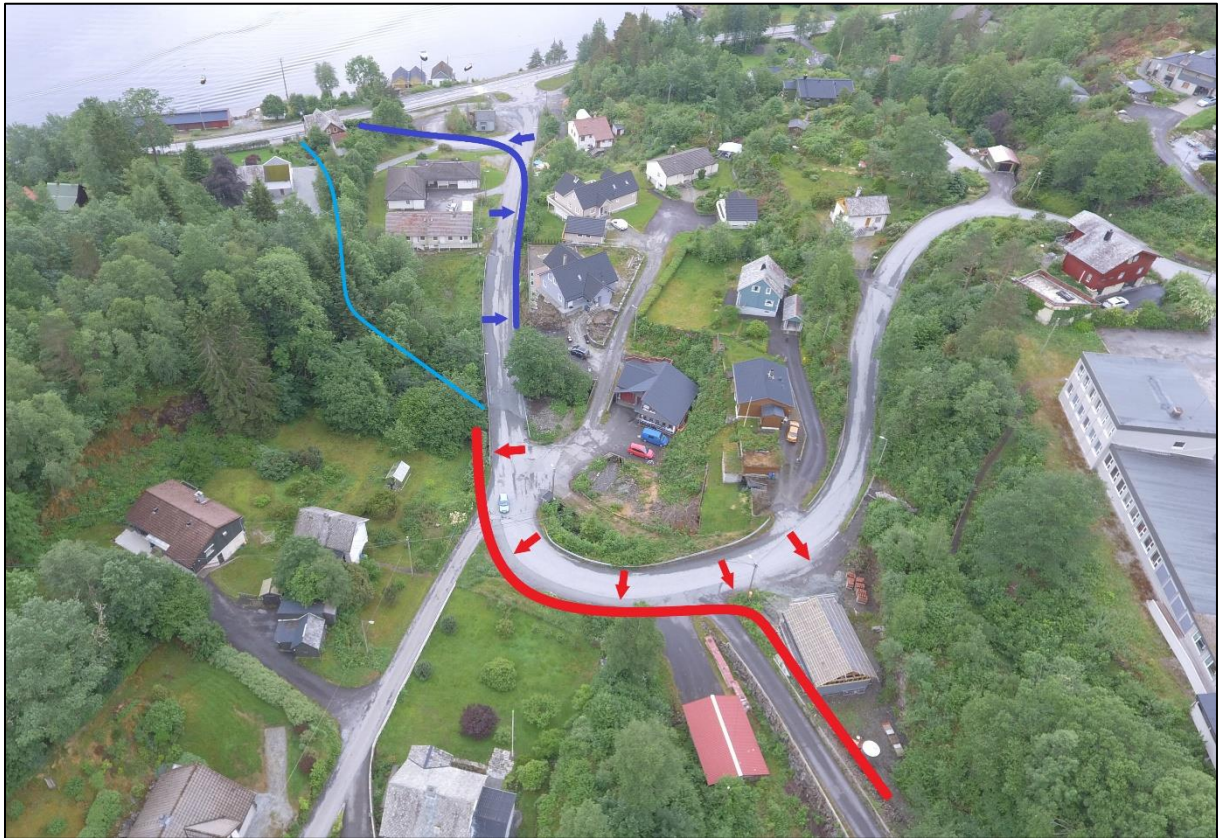
Flomveiene kan etableres som en definert nedsenkning i terrenget. De må ha et fall, tverrsnitt og utforming som gir tilstrekkelig kapasitet. Tilgrensende området bør ha et fall mot flomveien. Ved å tilpasse tverrfallet på tilgrensende veibaner vil man både kunne lede vannet til flomveien samt øke kapasitet/tverrsnitt. Forslag til trasser er vist på figur 14, mens illustrasjonen med anbefalt tverrfall på veibanen er vist på figur 15.

Flomveiene må detaljprosjektertes. I utgangspunktet anbefales det at Flomvei 1 skal kunne håndtere en vannmengde på minimum 3,0 m³/s, mens Flomvei 2 skal håndtere en vannmengde på minimum 1,0 m³/s.

Generelt bør det utføres jevnlig tilsyn og vedlikehold av flomveier og kritiske punkter.



Figur 14: Foreslåtte traseer til flomveier.



Figur 15: Illustrasjon av foreslåtte flomveier med anbefalt tverrfall på veibanen.

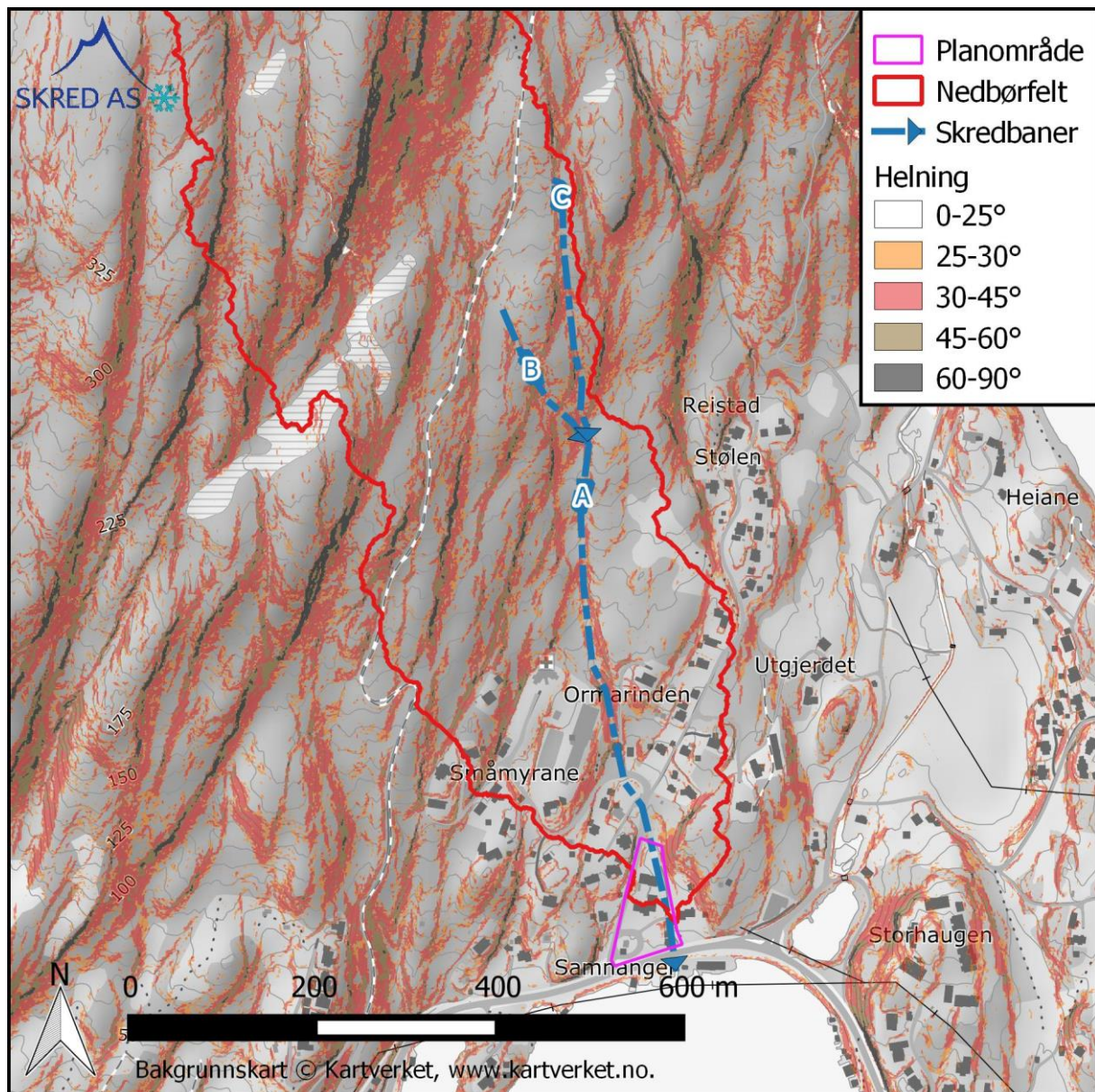
3.6.3 Flytting av bekk

Et siste alternativ kan være å flytte bekken til trassen foreslått for Flomvei 1 ovenfor. En eventuell flytting vil redusere antall og lengde på kulverter, samt gi muligheter for å øke den totale kapasiteten til bekkeløpet på hele strekningen. En eventuell flytting av bekken kan være plasskrevende og må detaljprosjektertes.

4 Skredfare

4.1 Beskrivelse av området: Topografi

Terrenganalysen er basert på LiDAR data fra 2012, utført av BSF Swissphoto, med prosjektnavn «Nordhordaland». Fra disse er det generert en terrengmodell med celler på 0,5 m x 0,5 m. Kart med terrenghelning er vist i figur 16. Den digitale terrengmodellen er noe utglattet i forhold til det virkelige terrenget, da tettheten av bakkepunkt i skanningen er forholdsvis lav. Dette kan skyldes vegetasjon og lav tetthet av målepunkt.



Figur 16: Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden ovenfor planområdet. Nedbørfeltet for bekken gjennom planområdet er også vist, sammen med antatte mulige sørpeskredløp og utløsningsområder for sørpeskred anvendt i modellberegningene.

Planområdet ligger nesten ned til Samnangerfjorden, rundt 5-15 moh. Terrenget i planområdet er forholdsvis slakt. Nordvest for planområdet fjellsiden seg opptil Krånipa, 703 moh. Terrenget består av mange mindre nær-vertikale skrenter med høydeforskjell på 5-10 m, som stryker omtrent nord-sør. Disse er adskilt av slakere parti, de fleste nesten horisontale, eller med en liten helling inn mot skrenten. Det er derfor flere bekker som løper i foten av skrentene. Under befaringen ble det ikke observert betydelige uravsetninger under de nedre skrentene.

4.2 Geologi

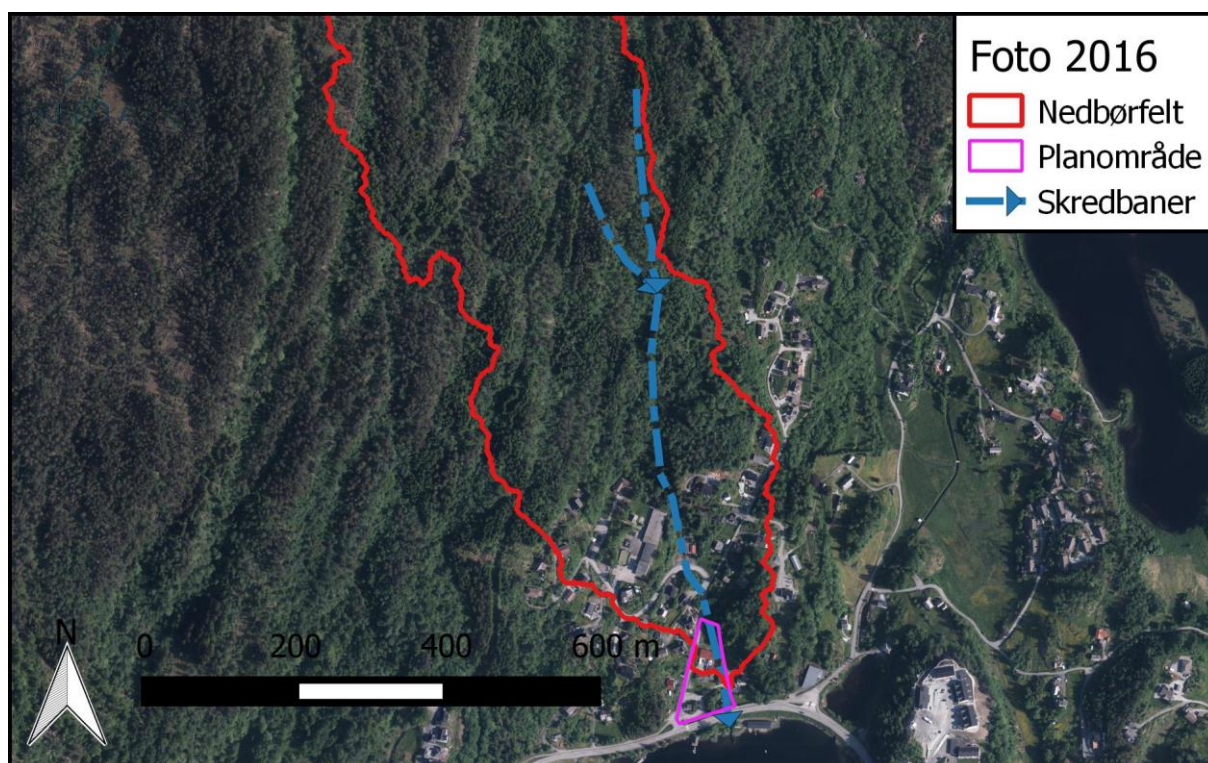
Ifølge NGUs berggrunnkart i 1:50 000 (NGU, 2018a) består berggrunnen i fjellsiden nordvest for planområdet av amfibolitt, fyllitt og skifer. Hovedparten av fjellsiden i nordvest er ifølge NGUs løsmassekart (NGU, 2018b) bart fjell, mens nedre deler er forvittrismateriale. Kartleggingen er utført i 1:250 000, og er således noe grov.

4.3 Vegetasjon

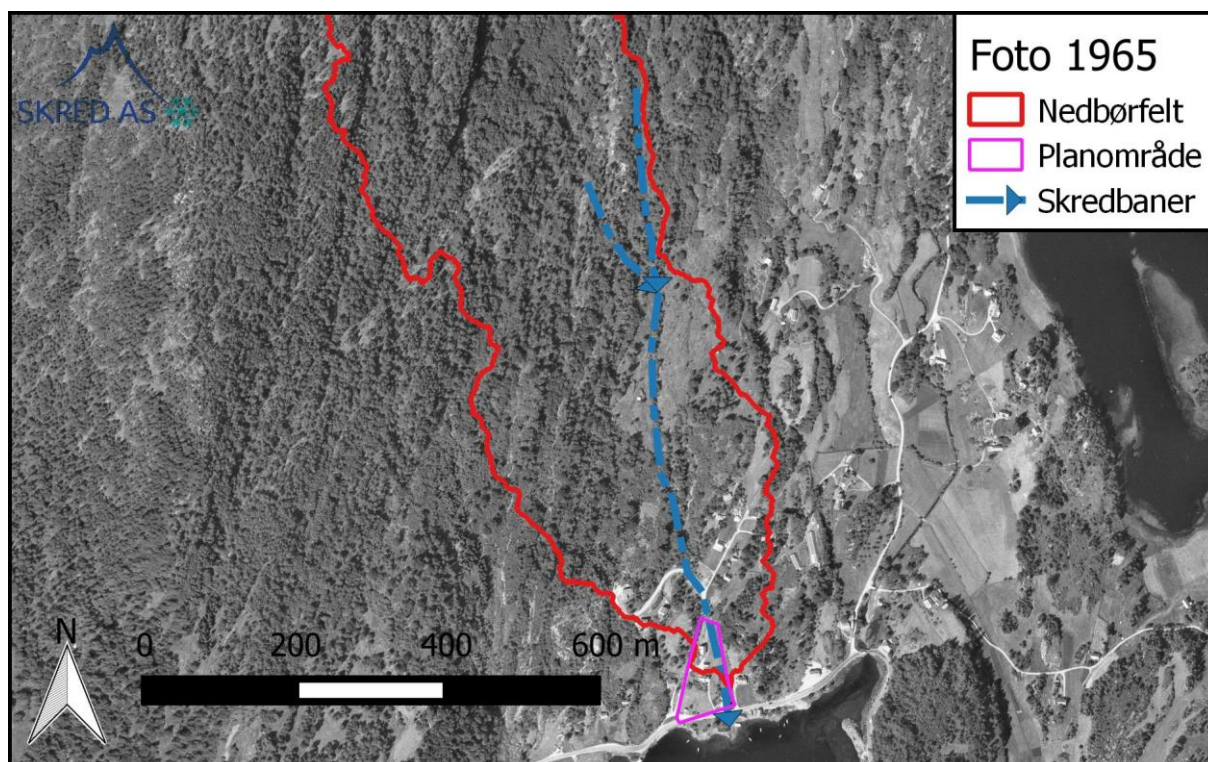
Under befaringen (Figur 17) og på nyeste tilgjengelige flyfoto fra 2016 (Figur 18), var det forholdsvis tett skog i fjellsiden nordvest for planområdet. Vi har tilgjengelige flyfoto fra følgende år: 1951, 1965, 2006, 2008, 2012, 2013 og 2016. På disse ser vi en tydelig fortetting av vegetasjonen spesielt fra 1965 (Figur 19) til 2006, og spesielt i den nedre delen av fjellsiden, der det virker å ha vært beiteområder i 1965, men skog i dag.



Figur 17: Bilde av fjellsiden ovenfor planområdet.



Figur 18: Ortofoto fra 2016.



Figur 19: Ortofoto fra 1965. Merk at det er betydelig mindre skog i nedre delen av nedbørfeltet enn i 2016.

4.4 Registrerte skredhendelser

I NVE Atlas (NVE, 2018a) er det registrert et sørpeskred umiddelbart nord for planområdet. Hendelsen er datert 1979-03-03 og har følgende tekst:

«Samnanger, Reistadliane. Ut frå informasjon frå bebuarar i Reistad så gjekk det eit sørpeskred i Reistadliane i 1979 (mest truleg den 3. mars, då det gjekk fleire sørpeskred i Hordaland). Losneområdet er uklart, men mest truleg i elvabekken på oppsida av vegen. Sørpeskredet skal ha gått ned i den kommunale vegen og tatt med seg ein bil 10-20 meter nedover. Skredet skal ha nådd fylkesveg 7 - Samnangervegen (kanskje riksveg 7 på den tida?). Utanom vatn i kjellaren i Reistadliane 1, så er det ikkje kome informasjon om byggskaade på grunn av skredhendinga.»

Hendelsen er relativt godt beskrevet og virker plausibel.

4.5 Tidligere skredfareutredninger

Vi har ikke kjennskap til tidligere skredfareutredninger i det aktuelle området. På oppdrag for NVE har NGI utført en faresonekartlegging av utvalgte områder i Vaksdal kommune (NVE, 2018b). Områdene som ligger nærmest det vurderte planområdet ligger omtrent 6 km mot nord.

4.6 Eksisterende skredsikringstiltak

Ingen sikringstiltak er registrert i NVE Atlas (NVE, 2018a), og ingen ble observert under befaringen.

4.7 Klimatiske trekk av betydning for skredfare

I forbindelse med skredfarekartlegging utført av NGI i Vaksdal kommune på oppdrag fra NVE (NVE, 2018b), er det utført en analyse av områdets klimatiske trekk med størst betydning for skredfarevurderingen.

«Klimaanalysen indikerer at det kan inntreffe perioder med store snømengder og muligheter for snøskred og sørpeskred der terrenget ligger til rette for det i de høyereliggende områdene av kommunen, typisk over 400-500 m oh. Mesteparten av nedbøren kommer vind fra vestlig sektor, og dette betyr at østvendte fjellsider som hovedregel har større snømengder enn vestvendte fjellsider, noe det er tatt hensyn til ved input verdier (bruddhøyde) i modellkjøringer av snøskred med modellen RAMMS.

I lavereliggende fjordstrøk kommer det meste av nedbøren som regn, og nedbørintensiteten kan være høy med muligheter for utløsning av både jord- og flomskred. I disse områdene vil det også være hyppige innslag med mye vann og temperaturvekslinger rundt frysepunktet, noe som indikerer hyppig steinsprangaktivitet der de geologiske forhold ligger til rette for det.»

4.8 Aktsomhetssoner

Planområdet er ikke berørt av aktsomhetssoner for steinsprang, snøskred eller jord- og flomskred (NVE, 2018a). Merk at det ikke finnes aktsomhetssoner for sørpeskred.

4.9 Vurdering av skredfare

4.9.1 Snøskred

Skrentene i fjellsiden nordvest for planområdet er bratte nok til å representere potensielle løseområder for snøskred. Allikevel mener vi at terrengforholdene med mindre skrenter adskilt av flate parti, samt skogen i fjellsiden, betyr at årlig sannsynlighet for utløsning av snøskred er mindre enn 1/5000.

4.9.2 Sørpeskred

Sørpeskred kan oppstå under ulike terrengsettinger og hydrologiske forhold, og utløses etter forskjellige mekanismer. I likhet med andre skred styrt av høyt vanninnhold (flomskred) har sørpeskred tendens til å følge forsenkede terrengpartier som bekkeløp og raviner.

Både klimavurderingen (avsnitt 4.7 ovenfor) og hendelsen i 1979 (avsnitt 4.4 ovenfor), tyder på at det er potensial for sørpeskred. I tillegg ligger terrenget godt til rette for utløsning og kanalisering av sørpeskred, med små bekkeløp adskilt av slakere områder, noen med myr.

Tilveksten av skog i området (avsnitt 4.3 ovenfor), har trolig ført til en generell reduksjon av utløsningssannsynligheten for sørpeskred, og gir større friksjon langs skredbanen under eventuelle sørpeskred. Vi mener allikevel at årlig sannsynlighet for utløsning av sørpeskred er større enn 1/5000 under dagens forhold, langsetter bekken som renner gjennom planområdet.

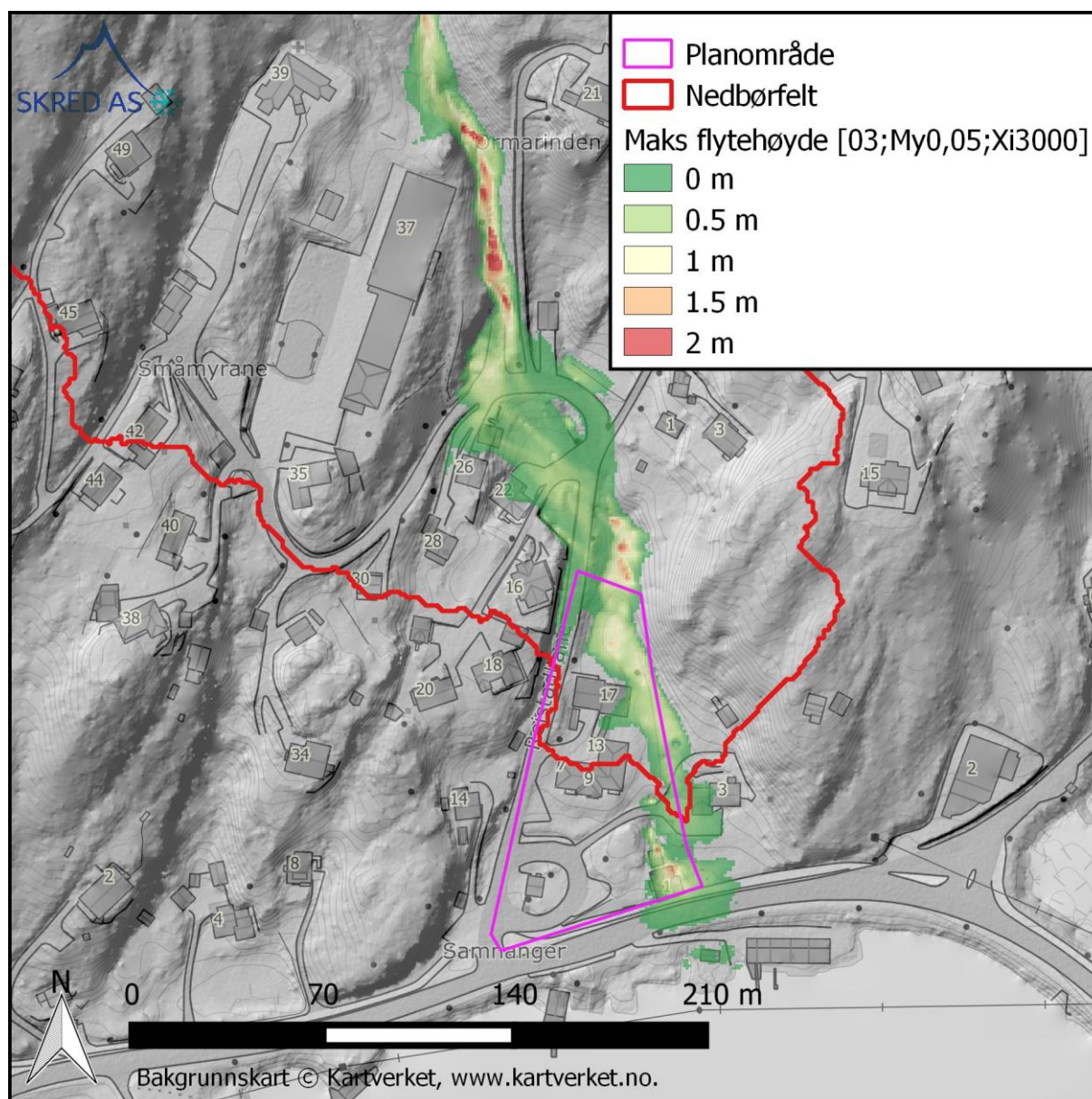
4.9.2.1 Beregninger

For å estimere mulig utbredelse av sørpeskred, har vi anvendt beregningsmodellen RAMMS (Christen, m.fl., 2010), modulen for flomskred, versjon 1.7.20. Hendelsen i mars 1979 har begrenset med konkret informasjon, slik at det ikke er mulig å etterregne den fullstendig. Spesielt mangler vi informasjon om utløsningsområdet. Vi har derfor satt opp beregninger med utløsningsområder i ulike deler av bekkeløpet (A-C i Figur 16). Vi forventer at disse områdene er de som sørpeskred mest sannsynlig vil flyte gjennom, men ikke nødvendigvis utløses fra.

I beregningene er det anvendt en bruddhøyde på 2 m; verdier for μ på 0,2-0,05; verdier for ξ på 200-5000 m/s². Beregningene er kjørt med ulike cellestørrelser, hovedsakelig 1 m x 1 m. Et resultat av beregningene (maksimal flyte høyde) er vist i Figur 20. I forhold til hendelsen i 1979, ser vi følgende sammenfall:

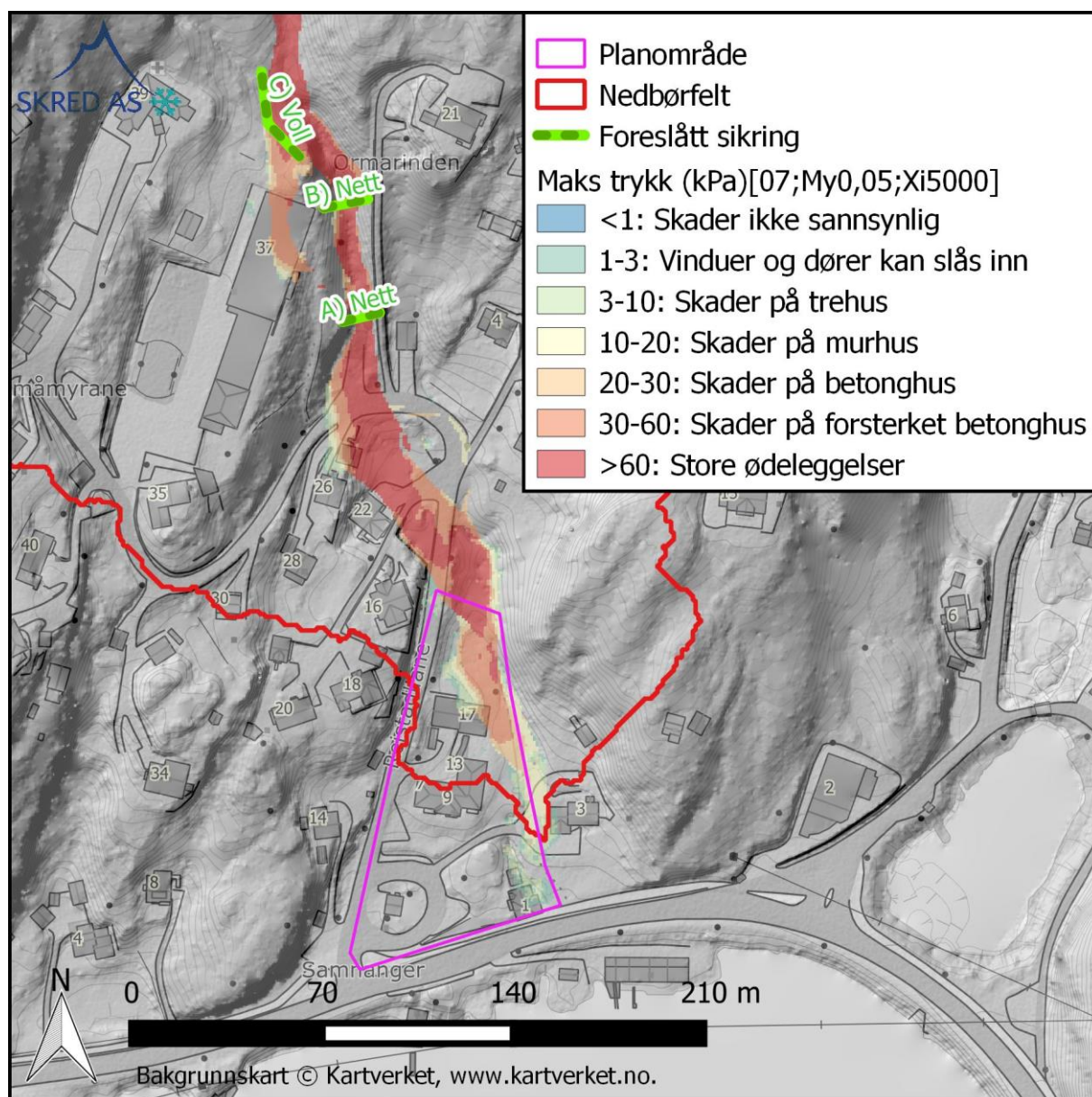
- Skredmassene når ut til Samnangerveien.
- Ved bolighuset på Reistadliane 1 var det meldt om vann i kjelleren, men ikke skader på bygningen. Her viser beregningene at det var skredmasser, men med lavt trykk.
- Over den lokale veien opp i boligfeltet, er trykket relativt stort, over 60 kPa, stort nok til å flytte en bil.

Vi mener derfor at RAMMS klarer å beskrive bevegelsen av sørpeskred langs bekken ned gjennom planområdet på en grei måte.



Figur 20: Eksempel på beregnet flytehode av sørpeskred langsetter bekken gjennom planområdet. Resultatene stemmer i noen grad overens med opplysningene om hendelsen i 1979.

I en hendelse med årlig sannsynlighet på 1/5000, mener vi at det er mindre friksjon i skredmassene enn i hendelsen fra 1979, og vist i Figur 20. Dette er regnet med RAMMS (Figur 21). I det tilfellet viser resultatene litt større trykk ned gjennom planområdet, og mulighet for skade på boligen i Reistadliane 1. Videre viser beregningene at det er mulighet for at skredmassene kan svinge inn mot skolebygningen på Reistadliane 37.



Figur 21: Beregnet maksimalt trykk i en sørpeskredhendelse som er dimensjonerende for faresonen $\geq 1/5000$. Mulige sikringsløsninger er tegnet inn, og ytterligere beskrevet i teksten.

4.9.3 Løsmasseskred

Løsmasseskred, derunder jordskred og flomskred, vurderes også ut fra samspillet mellom topografiske, hydrologiske og klimatiske forhold.

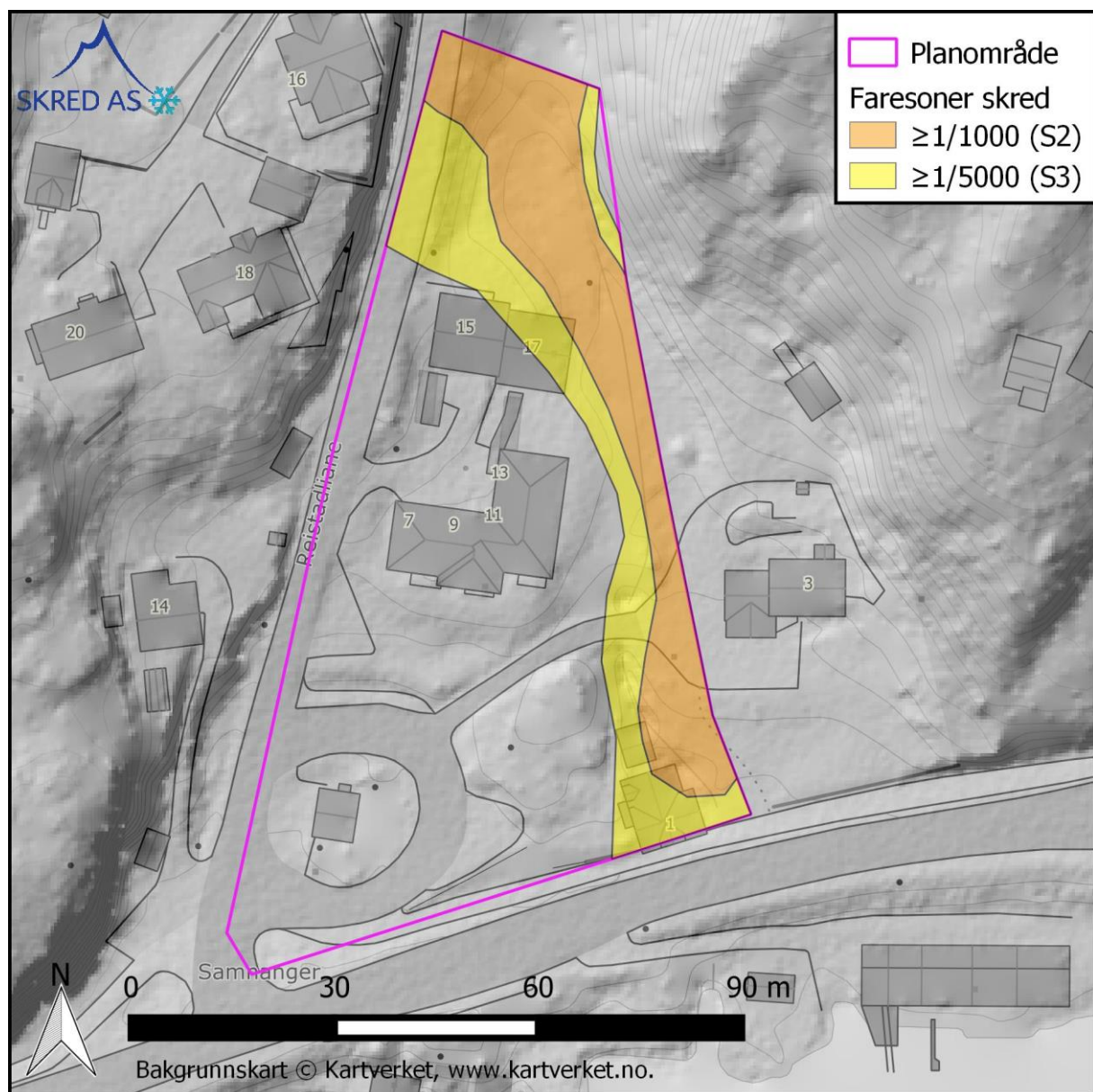
På grunn av tynt løsmassedekke i fjellsiden, mener vi årlig sannsynlighet for grunne jordskred er mindre enn $1/5000$. Flomskred langsetter bekken ned gjennom planområdet kan forekomme, da det er en del løsmasser i bekkeløpet, som kan vaskes ut i situasjoner med svært stor vannføring i bekken. Utbredelsen av flomskred vil trolig være litt mindre enn for sørpeskred. Vi har derfor ikke utført beregninger av utbredelsen av denne skredtypen.

4.9.4 Skred i fast fjell

Utfall av steinblokker krever skrenter med blottet fjell og helning på minst 40 - 45°. I fjellsiden ovenfor det vurderte området er det mange slike skrenter. Under befaringen så vi bare begrensede størrelse på uravsetningene i foten av skrentene. Berggrunnen i området består i stor grad av fyllitt, som forvitrer i mindre blokker i stedet for å gi store blokkutfall. På grunn av disse vurderingene, samt en vurdering av avstanden fra skrentene ned til planområdet, vurderer vi at årlig sannsynlighet for steinsprang inn i planområdet er mindre enn 1/5000, og betydelig lavere enn sannsynligheten for sørpeskred.

4.9.5 Faresoner for skred

Det er faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$ (S2) og $\geq 1/5000$ (S3) inn i planområdet, som vist i Figur 22.



Figur 22: Faresoner for skred i planområdet. Dimensjonerende skredtype er sørpeskred.

4.10 Mulighet for sikring mot skred

Flere steder i planområdet er ikke kravene til sikkerhet mot skred for sikkerhetsklasse S2 og S3 tilfredsstilt. Dersom man ønsker å bygge i disse områdene må det utføres sikringstiltak.

Det er flere mulige sikringsløsninger, men den mest kostnadseffektive løsningen vil trolig være en som også sikrer mot flom (beskrevet ovenfor), og som sikrer eksisterende bebyggelse, blant annet skolen. Videre mener vi at sikring utført i planområdet, vil føre til at en forholdsvis stor del av området ikke vil kunne brukes til utbygging.

En mulig løsning er skissert i Figur 21. Denne består i å plassere to eller flere fanggjerder oppover i bekkeløpet. Antall fanggjerder må vurderes i forhold til volum som kan fanges opp av disse, samt mulighet for å feste gjerdene. Dessuten anbefaler vi at det etableres en voll for å sikre skolen.

En eventuell sikringsløsning må detaljprosjekteres, og vurderes opp imot behov for areal i planområdet. Skred AS kan bistå med dette ved behov.

5 Konklusjon

Sikkerhetsklasse F3 og S3/S2 i TEK17 §7-2 og §7-3 er vurdert som mest aktuelle for de planlagte omsorgsboligene og utearealet.

Flomfarevurderingen viser at en dimensjonerende flom vil bre seg ut fra hovedløpet til bekken og berøre områdene der omsorgsboligene planlegges oppført. Vanddybden ved omsorgsboligene varierer mellom 0 og 0,5 meter for en beregnet 1000-årsflom. I tillegg utgjør flomveier fra kritiske punkter oppstrøms planområdet en flomfare. Det er utarbeidet forslag til risikoreduserende tiltak som vil kunne begrense faresonene og gi tilstrekkelig flomsikkerhet for omsorgsboligene.

Alle skredtyper i bratt terreng er vurdert. Sørpeskred er dimensjonerende skredtype i planområdet, og det er faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$ (S2) og $\geq 1/5000$ (S3) i planområdet. Dermed må det trolig etableres sikringstiltak før planområdet kan utbygges som planlagt. En sikringsløsning kan også ivareta utsatt eksisterende bebyggelse, for eksempel skolen, og kan bestå av fanggjerdar flere steder i bekkeløpet, samt en ledevoll foran skolen.

6 Referanseliste

- Bratlie, 2015 Beregning av flomveier med eksempler brukt i kommunal forvaltning. Kart og Plan 1-2015.
- Christen, M., Kowalski, J., Bartelt, P., 2010. RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. Cold Reg. Sci. Technol. 63, 1–14. doi:10.1016/j.coldregions.2010.04.005.
- DiBK, 2017 Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK10) [WWW Document]. Hjemmeside. URL <http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/>
- NGU, 2018a. Nasjonal berggrunnsdatabase. Hjemmeside, http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/.
- NGU, 2018b. Nasjonal løsmassedatabase. Hjemmeside, http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/.
- Norsk Klimaservicesenter, 2017 2017. Klimaprofil Buskerud. April 2017. URL <https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/klimaprofiler/klimaprofil-buskerud/attachment/11417?ts=15b1ed15b73>
- NVE, 2011 Retningslinjer for flomberegninger. NVE retningslinjer 4-2011.
- NVE, 2016 Klimaendring og framtidige flommer i Norge. NVE rapport 81-2016.
- NVE, 2018a. NVE Atlas. Hjemmeside, <https://atlas.nve.no>.
- NVE, 2018b. Skredfarekartlegging i Vaksdal kommune. NVE Rapport nr 62-2018. 248 sider.
- Spreafico, M., Hodel, H.P., Kaspar, H., 2001 Rauheiten in ausgesuchten schweizerischen Fließgewässern.