

Oppdragsgiver	Navn Longyearbyen Lokalstyre	Kontaktperson Stian Rugtvedt
Oppdrag	Nummer og navn 19278 Svalbard, Longyearbyen - Skredfarevurdering for reguleringsplan for skole/Svalbardhallen	Oppdragsleder Nils Arne K. Walberg
Dokument	Nummer 19278-01-1 Utført av Sondre Lunde	Dato 2019-09-20 Kontrollert av Nils Arne K. Walberg og Kalle Kronholm

Vurdering av skredfare og eksisterende faresoner

Sammendrag

Longyearbyen lokalstyre har igangsatt delplanarbeid for deler av område OPT/ID (skolen/Svalbardhallen) i Longyearbyen. Som en del av planarbeidet var det behov for en vurdering av de gjeldende faresonene for skred som ligger til grunn i den vedtatte arealplanen. Skred AS er bedt om å vurdere skredfare i forhold til sikkerhetsklassene S2 (1/1000) og S3 (1/5000).

Tidligere vurderinger utført ved det aktuelle planområdet, konkluderer med at det er faresoner for både 1/1000 og 1/5000 i planområdet. Faresonene som i dag benyttes til arealplanlegging er vist i NVE rapport 91-2016.

Basert på våre vurderinger og beregninger anbefales det følgende: 1) I den nordlige delen av planområdet bør man foreløpig anvende faresonene skissert av NGI i 2019. Disse har betydelig større utbredelse enn faresonene som i dag benyttes til arealplanformål. Det vil i løpet av 2019 komme en oppdatering av disse faresonene. Faresonene 1/1000 og 1/5000 dekker deler av Svalbardhallen. 2) I den sørlige delen av planområdet kan man ta utgangspunkt i gjeldende faresoner. Disse burde muligens ha litt større utbredelse, men sannsynligvis uten praktisk betydning for skolebygget. Dimensjonerende skredtype er snøskred.

Det anbefales å benytte arealet utenfor faresonene, men om dette ikke er mulig må det til sikringstiltak. I et oppdrag for NVE utredes dette for Vannledningsdalen. For området ved

skolen kan støtteforbygninger eller en kombinasjon av fang- og ledevoller være mulige sikringsløsninger. Valg av sikringsløsning bør utredes i en mulighetsstudie i en senere fase.

Innhold

1	Innledning	6
1.1	Bakgrunn	6
1.2	Mål	6
1.3	Befaring	7
1.4	Forbehold	7
2	Krav til sikkerhet mot skred	8
2.1	Lovverket	8
2.2	Aktuelle krav	9
2.3	Vurderte skredtyper	9
2.3.1	Snøskred og sørpeskred	9
2.3.2	Skred i fast fjell	9
2.3.3	Jordskred og flomskred	10
2.3.4	Skredfare og klimaendringer	10
3	Beskrivelse av området	11
3.1	Topografi	11
3.2	Registrerte skredhendelser	12
3.2.1	Vannledningsdalen	12
3.2.2	Gruvefjellet	13
3.3	Tidligere rapporter	13
3.4	Eksisterende og planlagte sikringstiltak	16
4	Vurdering av skredfare	18
4.1	Snøskred	18
4.1.1	Løsneområder	18
4.1.2	Dimensjonerende skred – bruddhøyde og friksjonsverdier	19
4.1.3	Utbredelse av snøskred	20
4.1.4	Samlet vurdering snøskred	21
4.2	Steinsprang	21
4.3	Løsmasseskred	22
4.4	Sørpeskred	24
4.4.1	Oppsummering sørpeskred	26
5	Faresoner for skred	27
6	Sikringsmuligheter og faresoner etter tiltak	29
6.1	Den nordlige delen av planområdet (Svalbardhallen og videre nord)	29
6.2	Den sørlige delen av planområdet (skolen og området sør for denne)	29
6.3	Permanente sikringstiltak	29
6.3.1	Fang- eller ledevoll	29
6.3.2	Tiltak for å redusere rekkevidden av snøskred	30
6.3.3	Konstruksjoner i utløsningsområdet	30
6.4	Dimensjonering av bebyggelse for å tåle skredlaster	30

6.5	Aktiv skredkontroll.....	30
6.6	Anbefalinger for videre arbeid	30
7	Konklusjon	31
7.1	Nordlig del av planområdet.....	31
7.2	Sørlig del av planområdet.....	31
8	Referanser	32

Figurer

Figur 1:	Planområdet (grønt) er lokalisert i foten av den nordlige delen av Gruvefjellet og i utløpet av Vannledningsdalen.....	6
Figur 2:	Kart med beregnet terrenghelning i området rundt planområdet (grønt polygon). Omtrentlig inndeling av planområdet i «nord» og «sør» er vist.	12
Figur 3:	Multiconsults faresoner kartlagt i 2016 (NVE, 2016). Det er disse faresonene som er gjeldende for arealplanlegging i området i dag.	15
Figur 4:	A) Faresoner utarbeidet av NGI i 1993 (NGI, 1993), B) faresoner utarbeidet av NGI i 2015 (NGI, 2015), C) faresoner utarbeidet av Skred AS i 2018 (Skred AS og HNIT, 2018), og D) faresoner utarbeidet av NGI i 2019 (NGI, 2019). Det presiseres at kartleggingsområdet i A) ikke dekket utløpet av Vannledningsdalen og at kartleggingsområdet i B), C) og D) kun dekker utløpet av Vannledningsdalen (omtrent som skissert med lyse grønne polygon i D).....	16
Figur 5:	Oversiktsbilde av fjellsiden ovenfor planområdet. Potensielt utløsningsområde for snøskred er omtrentlig skisser (blått polygon), og antas å representere et snøskred med gjentakintervall på 1/5000.....	18
Figur 6:	Eksempel på beregningsresultat i RAMMS som vurderes å representere snøskred med gjentakintervall på 1/5000. Merk at beregningene for fjellsiden videre sørover ikke er vist.....	20
Figur 7:	Bilde hentet fra NGI (1993) og ble tatt i 1985. Bildet viser skredbanene og utløpsområdene til jord- og flomskred. Skredmassene har stedvis nådd helt ned til veien.	23
Figur 8:	Bilde hentet fra Multiconsult (2016) og ble tatt i 2016. Bilde viser mange av de samme forsenkningene som i Figur 7, men avsetningene er nå vanskelig å observere.	24
Figur 9:	Eksempel på beregningsresultat av sørpeskred med gjentakintervall på 1/5000. Beregningen er hentet fra Skred AS/HNIT rapport 18241-03-4. Det henvises til rapporten for beskrivelse av framgangsmåten til input-parametere ($m_y = 0,04$; $x_i = 4500 \text{ m/s}^2$; volum = $60\,000 \text{ m}^3$; horisontal oppløsning = $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$).....	25
Figur 10:	Det vurderte området og dagens gjeldende faresoner. Rosa stiplet linje viser den sørlige delen av planområdet, der snøskred er dimensjonerende skredtype. Lilla stiplet linje viser den nordlige delen av planområdet, der sørpeskred er dimensjonerende skredtype. Skred AS vurderer at faresonene som ligger til grunn i vedtatt arealplan er representative i den sørlige delen (rosa), men ikke i den nordlige	

delen (lilla). I den nordlige delen anbefales det å ta utgangspunkt i faresonene skissert av NGI i 2019 (Figur 4), men det presiseres at det sannsynligvis vil forekomme endringer etter Skred AS sin gjennomgang av NGIs uavhengige kontroll (NGI, 2019). Spesielt gjelder dette i området ved Svalbardhallen. 28

Tabeller

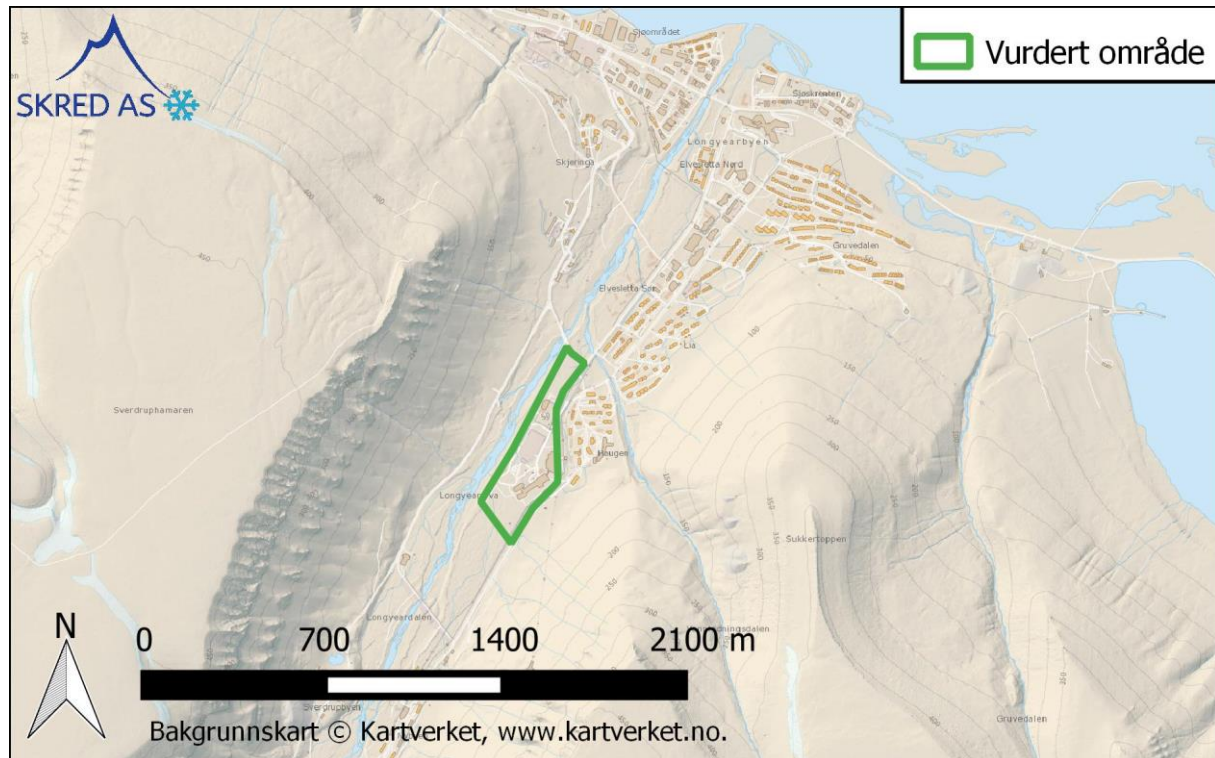
Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggt teknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2019) og svarer til TEK10. 8

Tabell 2: Dimensjonerende bruddhøyder i aktuelle utløsningsområder ved Longyearbyen. . 19

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Longyearbyen lokalstyre har igangsatt delplanarbeid for deler av område OPT/ID (skolen/Svalbardhallen) i Longyearbyen. Som en del av planarbeidet ønskes det å «avdekke den totale rasfareproblematikken» for planområdet. Dagens arealbruk med skole, barnehage og idrettshall skal ligge til grunn for vurderingene, og oppdragsgiver ønsker en vurdering av faresonene 1/1000 og 1/5000.



Figur 1: Planområdet (grønt) er lokalisert i foten av den nordlige delen av Gruvefjellet og i utløpet av Vannledningsdalen.

1.2 Mål

Skred AS er bedt om å utføre en skredfarevurdering for deler av område OPT/ID (skolen/Svalbardhallen) i Longyearbyen.

I denne delen av oppdraget ligger følgende:

- Gjennomgang av tidligere arbeid inklusive revurdering av tidligere utarbeidete faresoner.
- Terrenganalyser og beregninger for skredbevegelse for ulike skredtyper der dette anses som nødvendig.
- Dersom det vurderes at noen av områdene ligger skredutsatt til vil det skisseres mulige sikringsløsninger, samt grove kostnadsoverslag for disse.
- Arbeidet skal samkjøres med andre pågående oppdrag i området, spesielt gjelder dette arbeidet med sikring mot sørpeskred i Vannledningsdalen.

På bakgrunn av kjennskap til området fra tidligere oppdrag vurderes det at denne delen av oppdraget kan gjennomføres uten befaring.

I en eventuell videreføring av prosjektet vil ved behov fastsettes nye faresoner for området, men dette ligger altså utenfor inneværende rapport.

1.3 Befaring

Skred AS har ikke utført befaring spesielt for dette arbeidet, men har vært på befaring i Longyearbyen flere ganger i løpet av det siste året i forbindelse med andre oppdrag. Sist ved Sondre Lunde og Nils Arne K. Walberg 7. og 8. mai 2019. Det var da fint vær, god sikt og vinterlige forhold med snødekke under befaringsreisen. Det ble ikke benyttet drone pga. sterk vind. Det ble tatt oversiktsbilder av Vannledningsdalen og fjellsiden ovenfor det vurderte området.

1.4 Forbehold

Informasjon om tidligere skredhendelser er viktige for vurdering av skredfare. Dersom det kommer mer informasjon om tidligere skred, bør det tas med i betraktningene.

Vurderingene er gjort ut fra terrenget slik det ble observert på befaringer utført i forbindelse med andre oppdrag i området, på tilgjengelige flyfoto, og på kotegrunnlag. Klima er vurdert ut fra historisk klima, men det er lagt på et klimapåslag i beregnede bruddhøyder for snøskred. Dette er nærmere beskrevet i avsnitt 2.3.4 og 4.1.2. Hvis terreng eller klima endres betydelig, kan det ha betydning for skredforholdene. Da anbefales det å utføre en ny vurdering.

2 Krav til sikkerhet mot skred

2.1 Lowerket

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

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

Byggteknisk forskrift TEK17 § 7-3 definerer krav til sikkerhet mot skred for nybygg og tilhørende uteareal (Tabell 1). I Longyearbyen gjelder TEK10, der kravene til sikkerhet mot skred er omtrent lik de gitt i TEK17. Sannsynligheten i Tabell 1 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 veilederne til TEK17/TEK10 gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for skred (DiBK, 2019).

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2019) og svarer til TEK10.

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/brakkerigg/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.

2.2 Aktuelle krav

Det er opp til Longyearbyen lokalstyre å vurdere aktuelle krav til sikkerhet. Oppdragsgiver har bedt om å utrede den totale skredfareproblematikken for alle aktuelle skredtyper i henhold til sikkerhetsklassene S2 og S3. Dagens arealbruk i planområdet tilsier at bygningene skal tilfredsstillende kravene for sikkerhetsklasse S3 ($\leq 1/5000$), da det er lagt til rette for at det kan oppholde seg mer enn 25 personer i byggene, samt at det er skole- og barnehagebygg. I perioder med værforhold som tilsier stor skredfare vil det trolig være lite sannsynlig at det er mennesker på utearealene til bygningene. Basert på dette mener vi at man kan redusere sikkerhetskravet for utearealet til sikkerhetsklasse S2 ($\leq 1/1000$).

2.3 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 1.

2.3.1 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.

2.3.2 Skred i fast fjell

Når en eller flere steinblokker løsner og faller, spretter, ruller, eller sklir nedover en skråning benyttes begrepene steinsprang (volum $<100 \text{ m}^3$) og steinskred (volum $100-10.000 \text{ m}^3$).

Steinsprang og steinskred løsner oftest i bratte fjellparti der terrenghelningen er større enn 40-45°.

2.3.3 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.

2.3.4 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 altså ikke mulig å beregne et «klimapåslag» for 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.

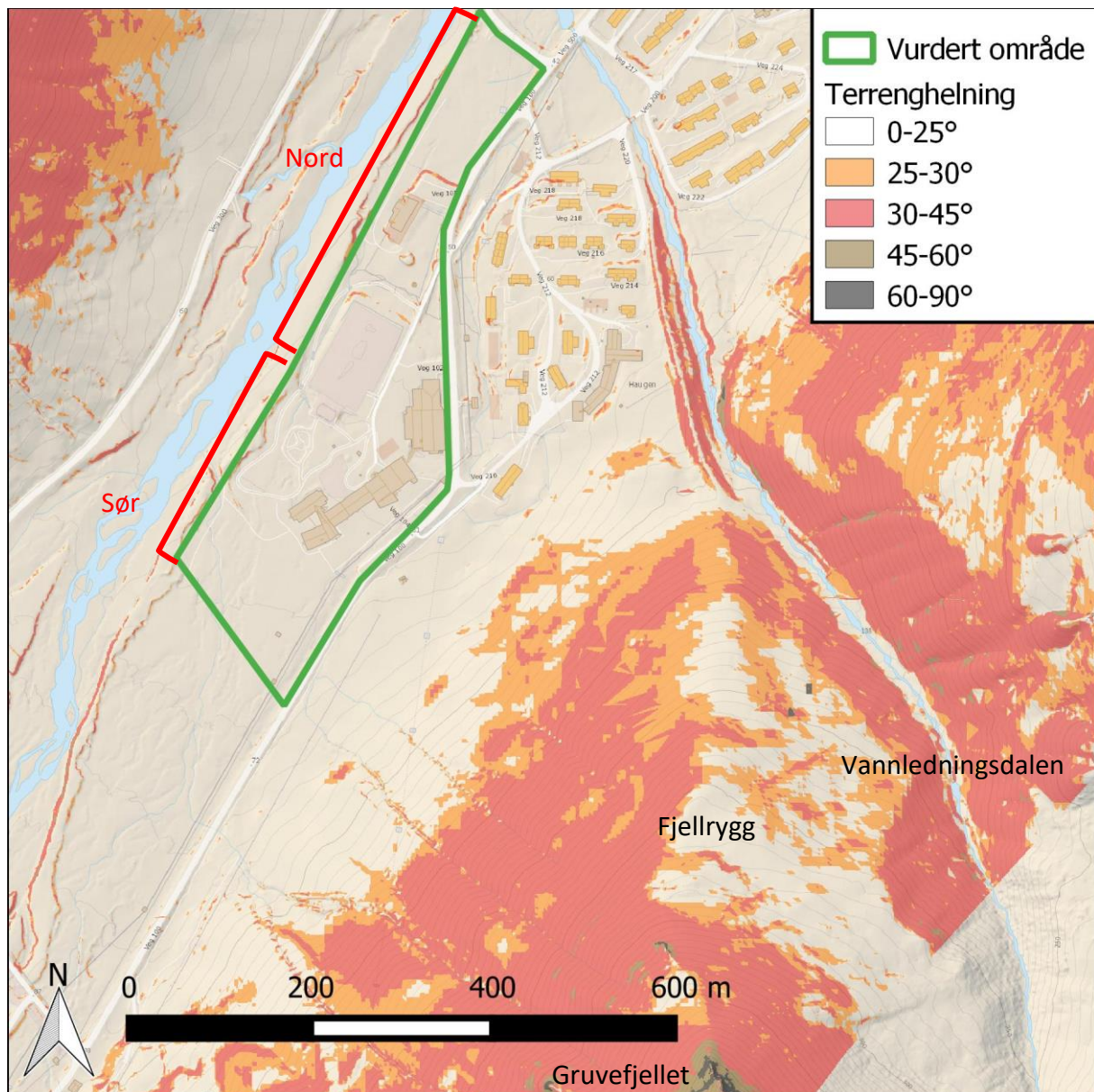
På Svalbard er det i tidligere arbeid tatt høyde for økt nedbør (+ 40%) i beregning av dimensjonerende bruddkanter for snøskred (NVE, 2018). Dette er også gjort i denne rapporten. Nedbørdata anses likevel som usikre, spesielt på Svalbard hvor det er begrenset med målestasjoner, og hvor en stor del nedbør kommer som snø, som er vanskelig å måle.

3 Beskrivelse av området

Det vurderte området ligger i utløpet av Vannledningsdalen på østsiden av Longyeardalen (Figur 1, Figur 2).

3.1 Topografi

Det vurderte området ligger 40-60 moh. like øst for Longyearelva (Figur 2). Den nordlige delen av det vurderte området ligger i utløpet av Vannledningsdalen, som er orientert i NV-SØ-retning. Vannledningsdalens sidekanter er brattere enn 30°. Sidekantene er også brattere enn 45° opp mot toppen av Gruvefjellet. Den sørlige delen av det vurderte området ligger i foten av den vestvendte fjellsiden til Gruvefjellet. Fjellsiden er generelt brattere enn 30° og øker i høyde fra nord til sør, opp en ryggformasjon som skiller Longyeardalen og Vannledningsdalen.



Figur 2: Kart med beregnet terrenghelning i området rundt planområdet (grønt polygon). Omtrentlig inndeling av planområdet i «nord» og «sør» er vist.

3.2 Registrerte skredhendelser

3.2.1 Vannledningsdalen

Sørpeskred i Vannledningsdalen er en velkjent problematikk. Det er kjent sørpeskredhistorikk i Vannledningsdalen i 1953, 1960, 1989 og 2012. I tillegg nevnes det i NGI (2015) at personer i Longyearbyen ble intervjuet etter skredhendelsen i 1953. De opplyste om at det relativt ofte hadde gått sørpeskred i Vannledningsdalen i perioden fra kulldriften startet til evakueringen under krigen. Enkelte av disse hadde vært større enn det som gikk i 1953.

3.2.2 Gruvefjellet

På begge sider av Longyeardalen går det store snøskred årlig. Av kjent snøskredhistorikk nærmest det vurderte området kan skredene fra Sukkertoppen i 2015 og 2017 nevnes, samt skred over veien mellom Gruve 2b og Skolen i 2012. Skred AS og Longyearbyen Lokalstyre kjenner ikke til snøskredhistorikk fra utløsningsområdene like ovenfor det vurderte området. I tidligere rapporter er det heller ikke nevnt skredhendelser (se under).

3.3 Tidligere rapporter

NGI Rapport 934063-1, datert 28. mai 1993. Haugen – Nybyen, Longyearbyen – Skredfarevurdering av mulig ny bebyggelse (NGI, 1993). NGI vurderte faren for skred fra Gruvefjellet mot elvesletta mellom Haugen og Nybyen. Vurderingsområdet inkluderer den sørlige delen av planområdet i dette arbeidet, og sørpeskred fra Vannledningsdalen ble derfor ikke vurdert. Det ble konkludert med at snøskred med gjentaksintervall på 1/1000 stopper like øst for skolebygningen (Figur 4). Videre ble det konkludert med at steinsprang og steinskred ikke har like langt utløpspotensial som snøskred, men at mindre mengder vann og flomskredmasser kunne nå skissert faresone. Det ble kun skissert faresone med gjentaksintervall 1/1000, og ikke 1/5000. Faresonen 1/1000 har større utbredelse ved skolen enn Multiconsults faresone fra 2016 (se NVE rapport 91-2016 nedenfor). Sør for skolen har faresonen mindre utbredelse enn faresonene skissert av Multiconsult (Figur 3).

NGI rapport 954052-1, datert 14. august 1995. Alpinbakke, Longyearbyen. I forbindelse med planlegging av alpinbakke i fjellsiden ovenfor skolen, har NGI vurdert fare for skred for heisen. Det er ikke gjort nye vurderinger av skredfare, men NGI viser til deres egen rapport, 934063-1 (se over).

NGI Rapport 20150715-01-TN, datert 29. september 2015. Tidligere skredvurderinger og skredgrenser ved NGI (NGI, 2015). Denne rapporten oppsummerer NGIs tidligere skredfarevurderinger og faresoner i Longyearbyen. For området Haugen til Nybyen henvises det til NGI Rapport 934063-1 (se avsnittet over) som det eneste arbeidet der det er utarbeidet faresoner i området. Det nevnes også at det i brev fra 22. mai 2008 ble foretatt en vurdering av skredfaren mellom skolen og veg 106 som inkluderer endringer i de klimatiske forholdene. Om antatte klimaendringene med mer vinternedbør slår til, kan ikke NGI utelukke at skred fra de høyeste utløsningsområdene kan nå ned til elva. For Vannledningsdalen oppsummeres det at det ikke er utarbeidet faresone for sørpeskred, men dette ble foretatt i NGI Rapport 20120650-01-R (se avsnittet under).

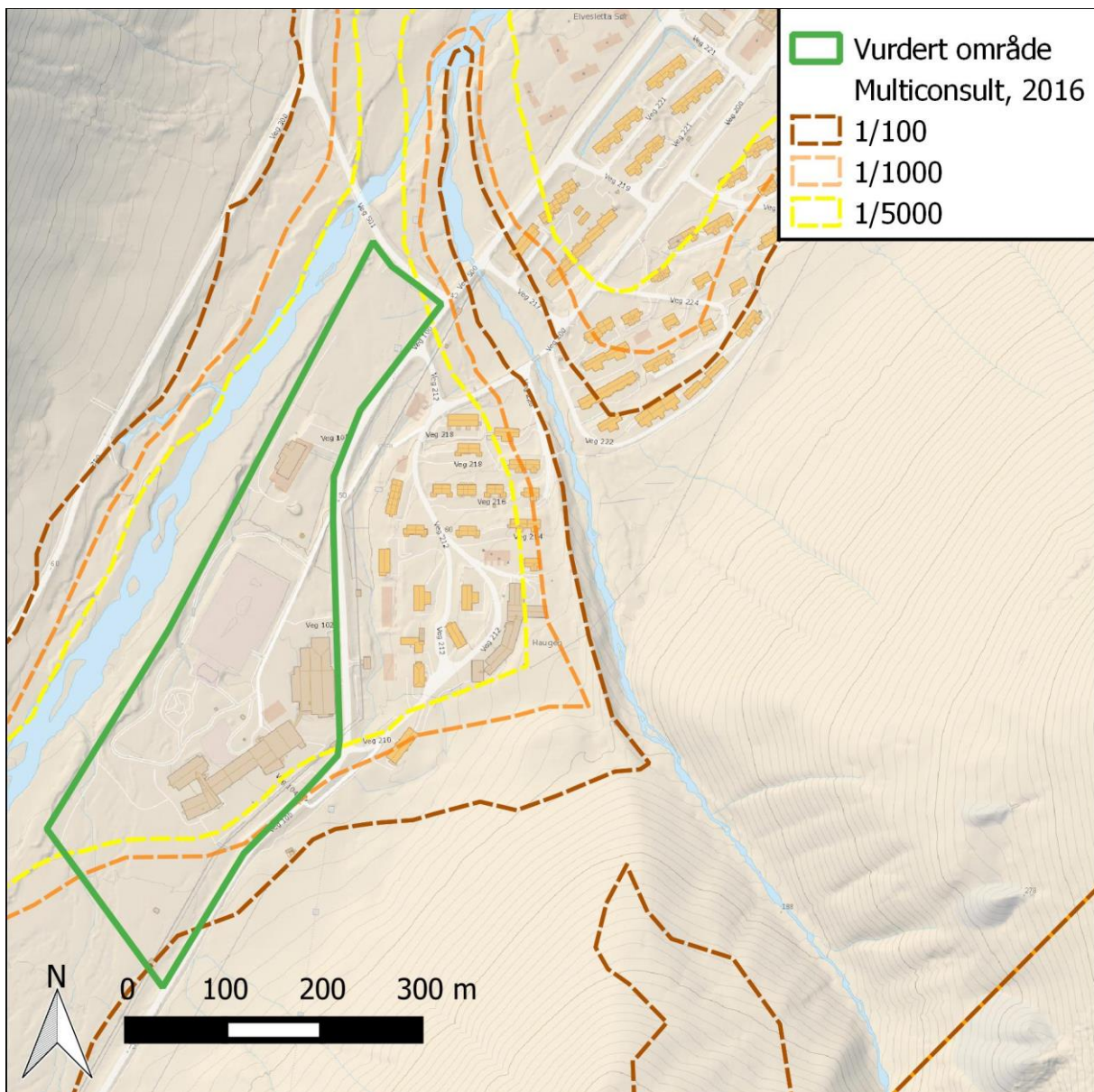
NGI Rapport 20120650-01-R, datert 4. november 2015. Vannledningsdalen, Longyearbyen – Forprosjektering av sikringstiltak for bebyggelse og infrastruktur nedenfor Vannledningsdalen (NGI, 2015). Som en del av NGIs forprosjektering av sikringstiltak for bebyggelse og infrastruktur nedenfor Vannledningsdalen ble det utarbeidet faresoner for sørpeskred før tiltak (Figur 4) og etter skisserte tiltak. Det ble ikke utarbeidet faresoner sør for utløpet til Vannledningsdalen. Faresonene skissert i 2015 er betydelig mindre enn det som er skissert av NGI i 2019 (se siste avsnitt (NGI, 2019) og Figur 4)

NVE Rapport 91-2016. Skredfarekartlegging i utvalgte områder på Svalbard (NVE, 2016).

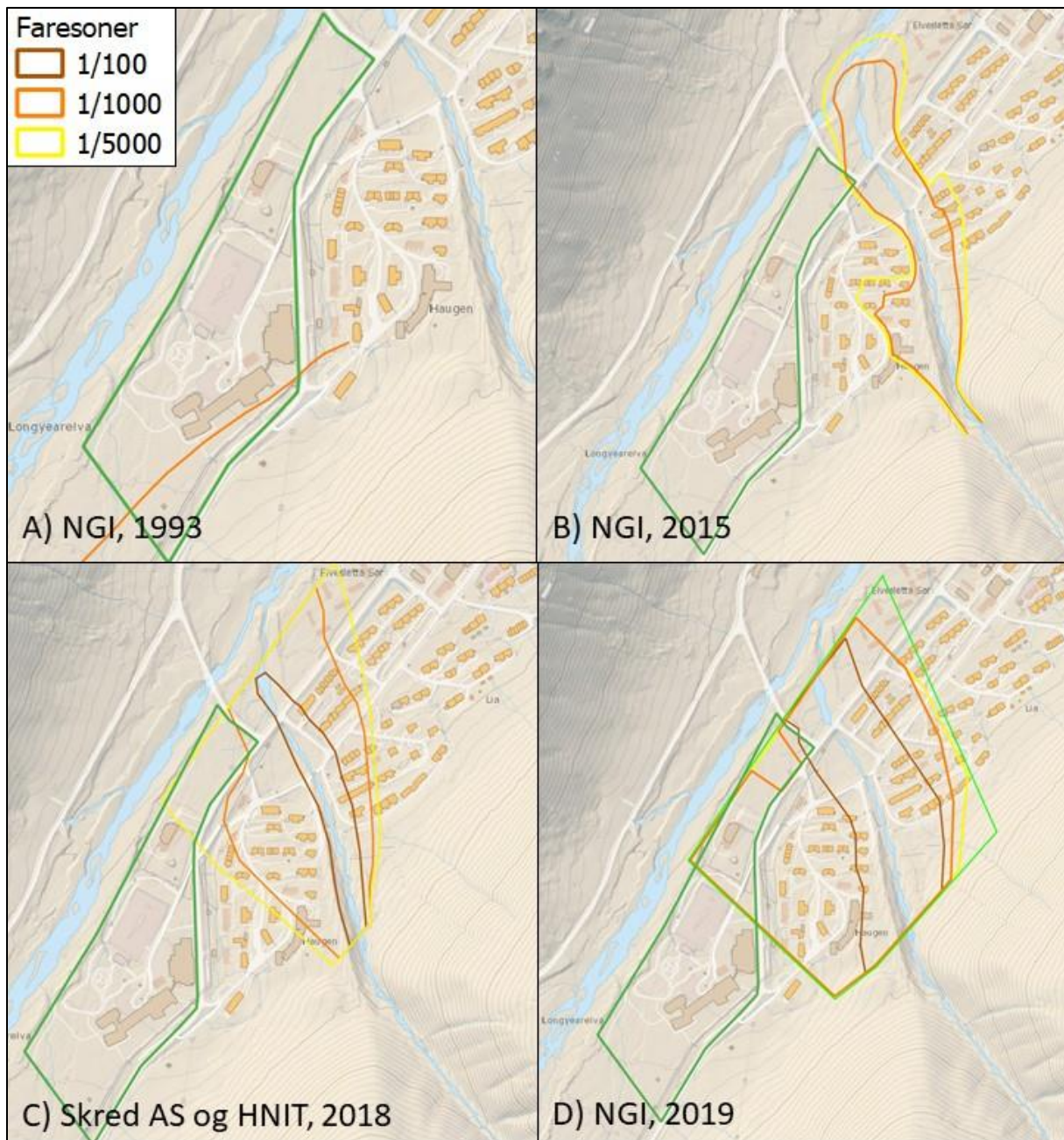
Multiconsult utførte på oppdrag fra NVE en detaljert skredfarekartlegging for Longyearbyen, som inkluderer hele planområdet for skolen/Svalbardhallen (Figur 3). Det er faresonene vist i NVE rapporten som i dag er gjeldende for arealplanlegging i Longyearbyen, og dermed også for planområdet. I den nordlige delen av planområdet berører kun faresonen med gjentaksintervall 1/5000 få kvadratmeter av området. Faresonen er dimensjonert av sørpeskred. Dette er omtrentlig i samsvar med vurderingene til NGI utført i 2015 (NGI, 2015), men som påpekt i avsnittet ovenfor, betydelig mindre enn faresonen skissert av NGI i 2019 (NGI, 2019) og Skred AS og HNIT (2018). I den sørlige delen av planområdet er det faresoner dimensjonert av snøskred fra fjellsiden opp mot Gruvefjellet. Faresonen med gjentaksintervall 1/5000 er skissert like øst for skolen (Figur 3). Sør for dette har faresonene større utbredelse, som følge av at fjellsidens høyde øker mot sør, og at fjellsiden blir mer skålformet. Faresonen med gjentaksintervall 1/1000 har mindre utbredelse ved skolen enn NGIs faresone fra 1993 (NGI, 1993). Sør for skolen har faresonen større utbredelse.

Skred AS/HNIT Rapport 18241-03-4, datert 18. desember 2018. Forprosjektering av sikringstiltak – Fase B2 (Skred AS og HNIT, 2018). Som en del av Skred AS/HNIT sin forprosjektering av sikringstiltak i utløpet av Vannledningsdalen ble det utarbeidet faresoner for sørpeskred før tiltak (Figur 4) og etter foreslåtte tiltak. Faresonene med gjentaksintervall 1/1000 og 1/5000 har større utbredelse enn faresonene skissert av NGI i 2015 (NGI, 2015) og Multiconsult i 2016 (NVE, 2016). Faresonen med gjentaksintervall 1/5000 dekker hele den nordlige enden av planområdet. Det presiseres av Skred AS og HNIT i rapporten at faresonene skal brukes til å estimere effekten av de ulike tiltakene, og bør ikke brukes til arealplanleggingsformål.

NGI Rapport 20190182-01-R, datert 28. mai 2019. Uavhengig kontroll av forprosjektering av sikringstiltak i Vannledningsdalen, Longyearbyen (NGI, 2019). NGI utførte uavhengig kontroll av Skred AS/HNIT sin forprosjektering av sikringstiltak i Vannledningsdalen. Som en del av den uavhengige kontrollen har NGI endret faresonene de skisserte i 2015 (NGI, 2015) betydelig, og har også betydelig større utbredelse enn faresonene skissert av Skred AS i 2018 (Skred AS og HNIT, 2018) (Figur 4). Tilnærmet hele deres vurderingsområde er dekket av faresonen med gjentaksintervall 1/1000, som sannsynligvis betyr at den nordlige delen av skolen ligger innenfor faresonene med gjentaksintervall 1/5000 (Figur 4). I kontrollen er det ikke foretatt sammenligning av endringene og NGIs faresoner fra 2015. Det er referert til mye av NGIs tidligere arbeid i Vannledningsdalen, men ikke til arbeidet der faresonene ble utarbeidet.



Figur 3: Multiconsults faresoner kartlagt i 2016 (NVE, 2016). Det er disse faresonene som er gjeldende for arealplanlegging i området i dag.



Figur 4: A) Faresoner utarbeidet av NGI i 1993 (NGI, 1993), B) faresoner utarbeidet av NGI i 2015 (NGI, 2015), C) faresoner utarbeidet av Skred AS i 2018 (Skred AS og HNIT, 2018), og D) faresoner utarbeidet av NGI i 2019 (NGI, 2019). Det presiseres at kartleggingsområdet i A) ikke dekket utløpet av Vannledningsdalen og at kartleggingsområdet i B), C) og D) kun dekker utløpet av Vannledningsdalen (omtrent som skissert med lyse grønt polygon i D).

3.4 Eksisterende og planlagte sikringstiltak

Etter sørpeskredet i Vannledningsdalen i 1953 ble det etablert en ledevoll ovenfor bebyggelsen. I alle rapportene omtalt i kapittelet ovenfor er det vurdert at vollen er for liten til å lede sørpeskred med gjentaksintervall lavere enn 1/100 rundt bebyggelsen, men det er stor forskjell i hvordan de ulike rapportene vurderer effekten av vollen og dermed utstrekning av faresonene nedenfor vollen. Det planlegges derfor i et parallelt prosjekt for

NVE ulike sikringsløsninger som reduserer sannsynligheten for at sørpeskred når bebyggelsen. I mellomtiden foretas det midlertidig sikring av sørpeskred ved at Vannledningsdalen doses om våren før smeltingen starter, og det utføres skredvarsling gjennom vintersesongen.

De fysiske sikringstiltakene er ikke endelig bestemt, og effekten av sikringstiltakene er følgelig ikke fastslått. Foreløpige vurderinger av foreslåtte tiltak viser at faresonen i den nordlige delen av planområdet for skolen/Svalbardhallen reduseres, men at det fortsatt vil være faresoner i den midtre delen av planområdet. Dette på grunn av topografiske forhold og sørpeskredenes dynamikk om skredene overtopper planlagte sikringstiltak.

Det er ikke fysiske sikringstiltak i fjellsiden ovenfor skolen, men området inngår i varslingsrutinene som er iverksatt av Lokalstyret/Sysselmannen/NVE. Fysiske sikringstiltak er ikke planlagt siden faresonene som legges til grunn for arealplanleggingen (Figur 3) viser at skolen ligger utenfor faresonen med gjentaksintervall 1/5000, som er minstekravet til sikkerhetsklasse S3.

4 Vurdering av skredfare

4.1 Snøskred

For å evaluere eksisterende faresoner for skred er det foretatt en kartlegging av mulige løснеområder basert på feltbefaringer, kartdata, flyfoto og terrengmodeller. Videre er det modellert utbredelse av snøskred fra disse ved å benytte den dynamiske snøskredmodellen RAMMS (Christen, Kowalski, & Bartelt, 2010).

4.1.1 Løснеområder

Løснеområder for snøskred kan grovt defineres som alle områder hvor betydelige mengder snø kan akkumuleres i terreng med helling mellom 27° - 55° . Figur 2 viser helningskart ovenfor det vurderte området utarbeidet fra terrengmodell. Kartet viser at store, sammenhengende deler av fjellsiden ovenfor planområdet har en helling mellom 27° - 45° , og er derfor mulige løснеområder for snøskred. På grunnlag av feltobservasjoner og terrengformer er løśnieområdet begrenset til den øverste delen av fjellsiden (Figur 5). Begrensningen av utløsningsområdet kan i noen grad sammenlignes med utløsningsområdet øverst på Sukkertoppen, der det hver vinter avsettes betydelig større snømengder langs ryggen sammenlignet med nedover i fjellsiden (NVE, 2018).



Figur 5: Oversiktsbilde av fjellsiden ovenfor planområdet. Potensielt utløsningsområde for snøskred er omtrentlig skisser (blått polygon), og antas å representere et snøskred med gjentaksintervall på 1/5000.

Figur 5 viser et oversiktsfoto over fjellsiden med mulig løснеområde for snøskred. Løснеområdet som er skissert antas å ha et gjentakintervall på 1/5000. Snøskred med hyppigere gjentakintervall (eksempelvis 1/1000) antas å utløses fra omtrentlig samme lokalitet, men med mindre utbredelse (mindre areal og lavere bruddkant). Denne vurderingen kan ses i sammenheng med skisserte utløsningsområder av Multiconsult i 2016 (NVE, 2016). Multiconsult har skissert fire løснеområder i omtrent samme området som skissert i Figur 5. Størrelsen på løśnieområdene øker ved sjeldnere skred. Et skred med gjentakintervall på 1/5000 vil dermed ha større løśnieområder enn et skred gjentakintervall på 1/100.

4.1.2 Dimensjonerende skred – bruddhøyde og friksjonsverdier

For å beregne dimensjonerende skred er det tatt utgangspunkt i metodikken og resultater fra NVE sin rapport om dimensjonerende skred fra Sukkertoppen som ble utarbeidet etter skredhendelsen i 2017 (NVE, 2018).

I det prosjektet ble det utført simuleringer og beregninger av skred med gjentakintervall 1/100, 1/1000 og 1/5000 av Skred AS, NVE, UNIS og NGI. Framgangsmåten for beregningene av dimensjonerende skred var ulik. For valgt input-parametere ble det utført sensitivitetsanalyser, samt etterregning av de kjente skredhendelsene fra 2015 og 2017.

Skred AS, NVEs og NGIs inputparametere for modellering av snøskred med gjentakintervall 1/1000 og 1/5000 fra Sukkertoppen er oppsummert i Tabell 2. For grunnlaget til valgt input vises det til NVE (2018). UNIS brukte en annen beregningsmodell, og deres inngangsparametre er derfor ikke vist i tabellen.

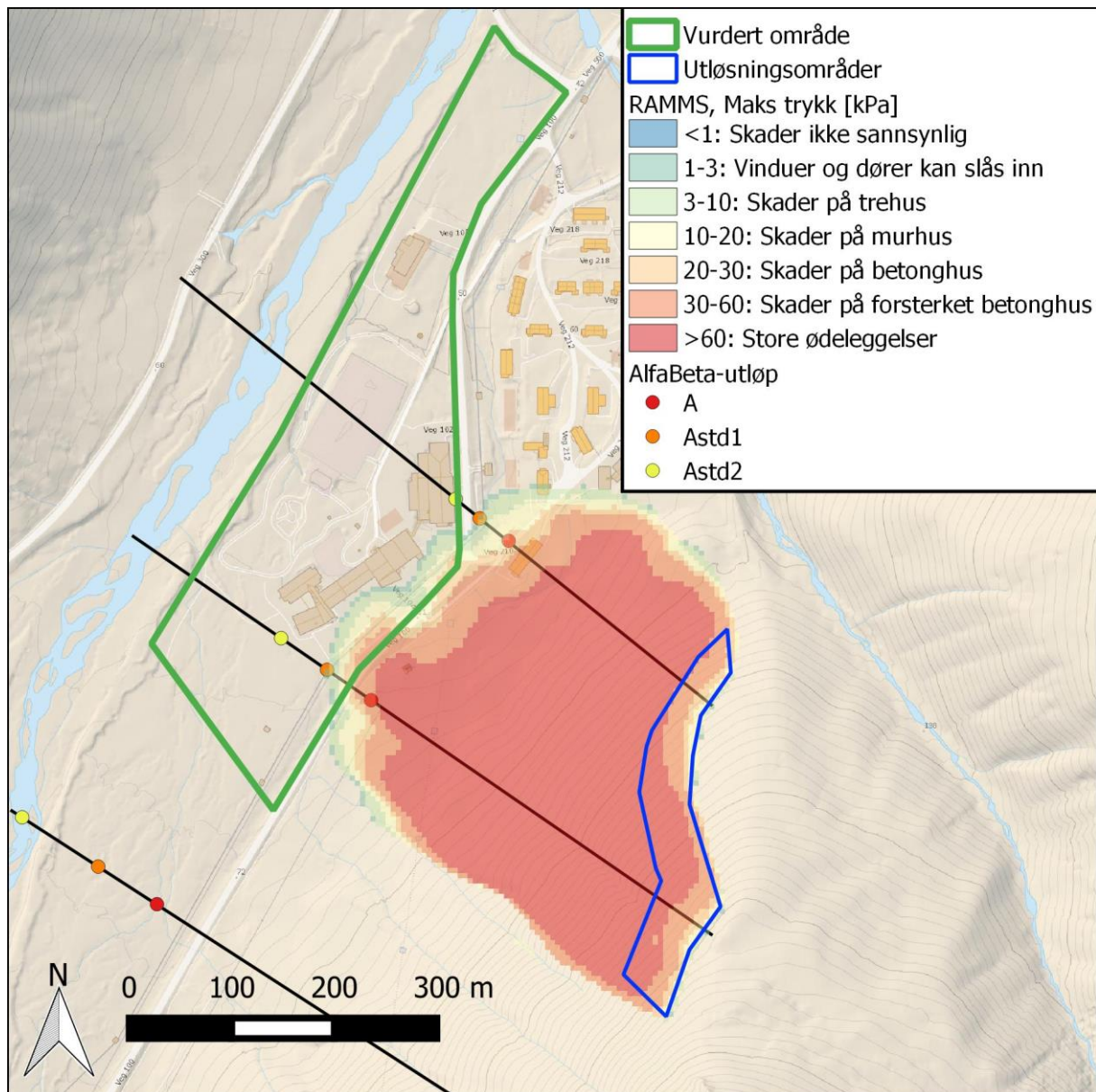
Tabell 2: Dimensjonerende bruddhøyder i aktuelle utløsningsområder ved Longyearbyen.

Gjentaksintervall	1/1000			1/5000		
	Skred AS	NGI	NVE	Skred AS	NGI	NVE
Bruddhøyde	1,4-1,8 m	1,0-1,5 m	1,0-1,6 m	1,9-2,3 m	1,5-2,0 m	1,25-1,95 m
Høydenivå	500-100	50-10	50-150	500-100	50-10	50-150
Friksjon	L300	M-L300	M300	L300	L300	M300

For våre beregninger av snøskredutbredelse i planområdet ved skolen/Svalbardhallen har vi benyttet samme inputparametere som ble brukt av Skred AS for beregningene under Sukkertoppen, med unntak av at det er benyttet friksjonsparametere tilsvarende M300 istedenfor L300. Dette på grunn av at 1) skredhistorikk tilsier at utløsnings sannsynlighet for skred ovenfor skolen er lavere enn skred fra Sukkertoppen og 2) beregnet skredutbredelse fra Sukkertoppen med Skred AS-parametere stedvis hadde ca. 40 m lengre utløp enn faresone S3, som ble tegnet på ca. alfa – 2 standardavvik beregnet med alfa/beta-modellen (hvilket betyr at Skred AS sine beregninger ble vurdert som for konservative sammenlignet med de andre vurderingene).

4.1.3 Utbredelse av snøskred

Skred AS er ikke kjent med at det er historikk for snøskred ned mot skolen og barnehagen, men faktorer som snøskredhistorikk i Longyeardalen, terrengformer og terrenghelning tilsier at snøskred kan utløses. I et forsøk på å beregne mulig utbredelse av skred med gjentaksintervall 1/1000 og 1/5000 er det dynamiske modelleringsprogrammet RAMMS tatt i bruk, samt den empiriske alfa/beta-metoden.



Figur 6: Eksempel på beregningsresultat i RAMMS som vurderes å representere snøskred med gjentaksintervall på 1/5000. Merk at beregningene for fjellsiden videre sørover ikke er vist.

Figur 6 viser et eksempel på modellert skredtrykk for et snøskred med gjentaksintervall på 1/5000. Eksempelen som vises er utført med inputparametere som beskrevet i kapittel 4.1.2. Det er benyttet en bruddkanthøyde på 1,9 m, som av Skred AS ble benyttet for

utløsningsområdene i nedre del av Sukkertoppen gjennom arbeidet i NVE (2018). Modelleringsresultatet viser at skredmassene stopper mellom Vei 100 og skolen. Beregningsresultatet har 0 til 40 m lengre utløp enn faresone 1/5000 utarbeidet av Multiconsult i 2016 (Figur 3), og 0-20 m lengre utløp enn faresone 1/1000 skissert av NGI i 1993 (Figur 4).

Det er utført beregning av utløp med alfa/beta-metoden for tre ulike skredbaneprofiler i fjellsiden fra Gruvefjellet. Skolen er lokalisert omtrent på alfa – 2 standardavvik. NGIs faresone 1/1000 fra 1993 tilsvarer omtrent alfa – 1 standardavvik. Multiconsults faresone 1/5000 fra 2016 tilsvarer alfa-utløpet i nord, mens det i sør tilsvarer utløpet mellom alfa -1 og -2 standardavvik. I den sørligste av de skisserte skredbanene er det registrert flere skredhendelser de siste årene. Det største av disse skredene gikk i 2012. Skredet stoppet omtrent ved veien, og dermed godt innenfor alfa-utløpet. Bilder av skredet finnes i Bilde 10 i NVE (2016).

4.1.4 Samlet vurdering snøskred

Både NGI og Multiconsult har vurdert at sannsynligheten for at snøskred når inn i den sørlige delen av planområdet for skolen/Svalbardhallen er høyere enn 1/1000 og 1/5000. Skred AS har utført beregninger i RAMMS og med alfa/beta-modellen som underbygger dette. Våre vurderinger og beregninger tilsier følgende:

- I området rett øst for skolen virker faresonene fra NVE (2016) litt for små. Vi mener at NGI sin faresone for 1/1000 er mer realistisk. Faresonene 1/5000 og 1/1000 mener vi derfor ligger litt lenger vest (altså med marginalt større utbredelse) enn faresonene som i dag anvendes til arealplanformål.
- I området sør for eksisterende skole mener vi at NGI sin faresone fra 1993 undervurderer potensialet for snøskred med lange utløp. I dette området avspeiler faresonene i NVE (2016) mer det økte potensialet for snøskred med lange utløp fra fjellsiden under platået ved Gruvefjellet.
- I det sørlige hjørnet av planområdet for skolen/Svalbardhallen er det altså faresoner dimensjonert av snøskred med årlig sannsynlighet 1/1000 og 1/5000. Formen på gjeldende faresoner i dette området er omtrent slik vi mener de skal være, men utstrekningen er muligens noe undervurdert.

4.2 Steinsprang

Steinsprang og steinskred løsner som regel i bratte fjellparti der terrenghelningen er brattere enn 40-45°. I fjellsiden ovenfor planområdet er det kun helt oppunder toppen av Gruvefjellet at det finne partier med så bratt helning. Disse partiene er lokalisert sør for planområdet. Stein som eventuelt løsner fra kildeområdene, har dermed ikke fallretning direkte mot planområdet. Dette støttes av modelleringer utført med simuleringsverktøyet Rockyfor3d (ikke vist i figur).

Ifølge NGI (1993) vil steinsprang og steinskred primært utløses fra den bratte platåkanten, som er i tråd med vurderingene til Skred AS (avsnittet ovenfor). NGI (1993) konkluderer med at utfall sannsynligvis vil avsettes i foten av fjellet. Større blokker kan unntaksvis avsettes på

vestsiden av veien, men vil ikke kunne nå ut til den skisserte faresonen som er dimensjonert av snøskred.

Ifølge beregninger utført av Multiconsult med programvaren Rocfall avsettes steinsprangblokker som løsner fra platåkanten der helningen blir slakere enn 10°. Ifølge registreringskartet er det ikke avsatt steinblokker i det aktuelle planområdet (NVE, 2016).

Både topografiske forhold, mangel på steinsprangavsetninger, beregninger og tidligere vurderinger tilsier at sannsynligheten for steinsprang inn i det vurderte området er lavere enn 1/5000.

4.3 Løsmasseskred

Jord- og flomskred er en vanlig skredtype i området rundt Longyearbyen. Jordskred har ofte en begrenset utstrekning og en definert tungeform, mens flomskred ofte avsettes som definerte leveér i øvre deler av skredbanen og finkornede sedimenter i slakere områder.

Løsmassene rundt Longyearbyen kjennetegnes av vekslende grove steinmasser og finkornede sedimenter. Sannsynligheten for utløsning av jord- og flomskred avhenger ofte av innholdet av finkornede sedimenter. Kjent løsmasseskredhistorikk og geomorfologi tilsier at løsmassene har et kritisk høyt innhold av finkornede sedimenter, og dermed at utløsningssannsynligheten for løsmasseskred er høy.

Løsmasseskred utløses ofte i nær tilknytning til der løsmasseskred tidligere er utløst. I fjellsiden ovenfor planområdet er det tre tydelige forsenkninger, som tolkes å være tegn på tidligere hendelser. Forsenkningene vurderes følgelig å være potensielle utløsningsområder og skredbaner for fremtidige løsmasseskred. Forsenkningene har utløp mot den sørlige delen av planområdet. Beregninger utført med programvaren RAMMS: DEBRISFLOW med inputparametere som antas å representere jord- og flomskred ($m_y = 0,1$; $x_i = 1000$; horisontal oppløsning = 2 m x 2 m; bruddhøyde = 0,8 m og dermed volum = 500-600 m³ for hvert utløsningsområde), viser at skredmassene avsettes like ovenfor vei 100 (ikke vist i figur). Beregningsresultatet samsvarer godt med avsetningene som vises tydelig i Figur 7.

Ifølge NGI (1993) kan løsmasseskred nå over vegen og mot skoleområdet, og at mindre mengder vann og skredmasser kan passere skissert faresone. NGI vurderte videre at skredmassene som eventuelt passerer faresonene har så lav energi at det ikke er av betydning for daværende krav til sikkerhet mot skred i bratt terreng. Basert på vurderinger og beregninger er vi enige i vurderingen beskrevet av NGI.



Figur 7: Bilde hentet fra NGI (1993) og ble tatt i 1985. Bildet viser skredbanene og utløpsområdene til jord- og flomskred. Skredmassene har stedvis nådd helt ned til veien.

Multiconsult sitt registreringskart (B-5) illustrerer godt avsetningene og skredbanene vist i Figur 7. Utstrekningen til skredmassene er kartlagt helt ned til veien i den sørlige delen av planområdet, og lengre oppe i fjellsiden like ovenfor skolen. Basert på blant annet beregninger og avsetninger har Multiconsult vurdert at snøskred har lengre utløpspotensial enn løsmasseskred (NVE, 2016), en vurdering Skred AS er enig i.



Figur 8: Bilde hentet fra Multiconsult (2016) og ble tatt i 2016. Bilde viser mange av de samme forsenkningene som i Figur 7, men avsetningene er nå vanskelig å observere.

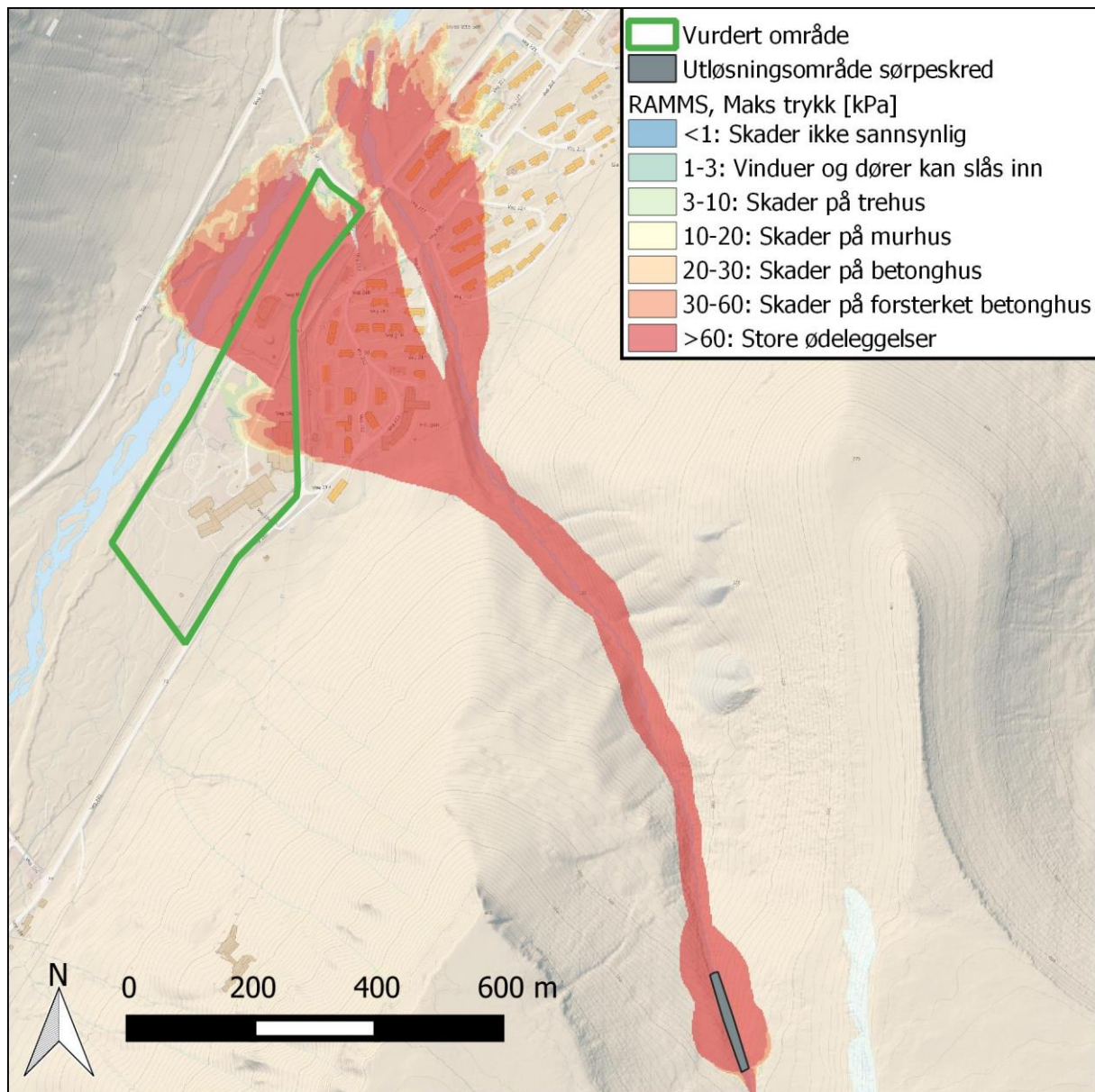
Både geomorfologi, beregninger og tidligere vurderinger tilsier at løsmasseskred har kortere utløpspotensial enn snøskred. Løsmasseskred med betydelig skadepotensiale når dermed ikke ut til skisserte faresoner. NGI presiserte dog at vannrike masser kan nå skolen, men at massene sannsynligvis da har svært lav energi. Skred AS deler denne oppfattelsen.

4.4 Sørpeskred

Sørpeskred er en velkjent problematikk i Vannledningsdalen, og det ble etter sørpeskredhendelsen i 1953 bygget en ledevoll i utløpet av dalen. Alle tidligere skredfarevurderinger konkluderer med at vollen er for liten til å lede skred med gjentaksintervall sjeldnere enn 1/100 rundt bebyggelsen (Figur 3 og Figur 4), men effekten av vollen vurdert ulikt. På grunnlag av dette er det ved to anledninger utført forprosjektering av sikringstiltak (Skred AS og HNIT, 2018)

I forbindelse med arbeidet med forprosjektering av sikringstiltak (Skred AS og HNIT, 2018) har Skred AS utført mange beregninger for sørpeskred i Vannledningsdalen med ulikt gjentaksintervall. Et eksempel på beregningsresultat av sørpeskred med gjentaksintervall på 1/5000 er vist i Figur 9. Beregningsresultatet viser at vollen kun leder en relativ liten del av skredmassene mot nord, bort fra planområdet. Ifølge beregningene begrenser vollen skredmassenes energi minimalt, og skredmassene passerer den nordlige delen av

planområdet med høyt trykk (>60 kPa). Som følge av topografiske forhold og skredmassenes dynamikk, strømmer en del av skredmassene mot vest og dermed inn mot Svalbardhallen.



Figur 9: Eksempel på beregningsresultat av sørpeskred med gjentaksintervall på 1/5000. Beregningen er hentet fra Skred AS/HNIT rapport 18241-03-4. Det henvises til rapporten for beskrivelse av framgangsmåten til input-parametere ($m_y = 0,04$; $x_i = 4500 \text{ m/s}^2$; volum = $60\,000 \text{ m}^3$; horisontal oppløsning = $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$).

NGI har utført uavhengig kontroll av Skred AS sin forprosjektering av sikringstiltak (NGI, 2019). I den uavhengige kontrollen presenteres det flere modelleringsresultat med lignende avsetningsmønster i planområdet som vist i Figur 9. Blant annet på grunnlag av de nye beregningene konkluderte NGI i 2019 med at skredfaren i utløpet av Vannledningsdalen var høyere enn slik NGI og Multiconsult vurderte situasjonen i henholdsvis 2015 og 2016 (Figur 3 og Figur 4).

Alle tidligere skredfarevurderinger konkluderer med at vollen er for liten til å lede skred med gjentakintervall sjeldnere enn 1/100 rundt bebyggelsen. Effekten den eksisterende vollen har på skred med gjentakintervall sjeldnere enn 1/100 er avgjørende for skredfaren nedenfor, blant annet for Svalbardhallen. Beregninger utført av Skred AS i 2018 (Skred AS og HNIT, 2018) og NGI i 2019 (NGI, 2019) tilsier at skredfaren i den nordlige delen av planområdet er høyere enn 1/1000 og 1/5000. I påvente av endelig fastsetting av faresonene etter NGIs uavhengige kontroll (NGI, 2019) av Skred AS sitt arbeid i 2018 (Skred AS og HNIT, 2018) anbefales det å ta utgangspunkt i faresonene skissert av NGI i 2019 (Figur 4). Det antas at endelige fastsatte faresoner har en utbredelse noe mindre enn skissert av NGI i 2019 og noe større enn skissert i Skred AS i 2018.

4.4.1 Oppsummering sørpeskred

Kort oppsummeres det følgende:

- Med dagens terreng vurderes det at faresoner skissert av NGI (2019) gjengitt i Figur 4D, viser omtrentlig mulig utbredelse av sørpeskred med årlige sannsynligheter på 1/1000 og 1/5000.
- Den nordlige delen av Svalbardhallen ligger dermed inne i faresonene for skred med årlig sannsynlighet 1/5000 og delvis 1/1000. Dimensjonerende skredtype i dette området er sørpeskred.
- Faresonene 1/1000 og 1/5000 er betydelig større enn vist i NVE (2016). Dette på grunnlag av at dimensjonerende sørpeskredhendelser for 1/1000 og 1/5000 er vurderte å være betydelig større og raskere enn vurdert av NVE (2016). Følgelig vurderes det at effekten av dagens voll er betydelig mindre enn vurdert av NVE (2016).

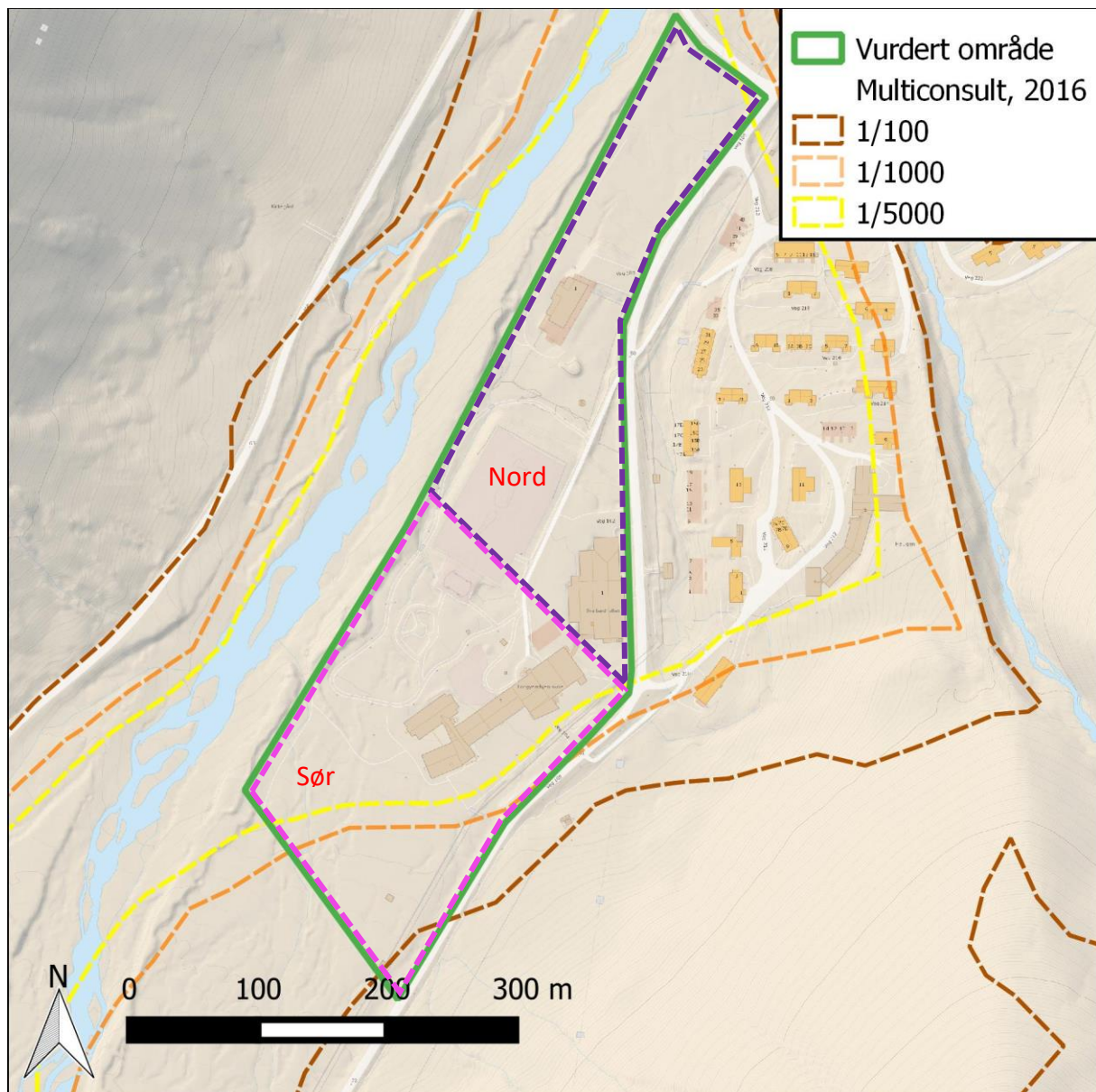
5 Faresoner for skred

Tidligere vurderinger for planområdet ved skolen/Svalbardhallen, konkluderer med at det er faresoner for både 1/1000 og 1/5000 i planområdet. Faresonene i den nordlige delen av planområdet er dimensjonert av sørpeskred ut Vannledningsdalen, mens faresonene i den sørlige delen er dimensjonert av snøskred fra fjellsiden opp mot Gruvefjellet.

I henhold til avtalen har Skred AS foreløpig ikke skissert nye faresoner spesielt for planområdet da det allerede foreligger faresoner i henhold til TEK10/TEK17 i området. Skred AS sine vurderinger tilsier følgende:

- Nordlig delen av planområdet: Det bør tas utgangspunkt i faresonene skissert av NGI i 2019 (NGI, 2019), gjengitt i Figur 4D. Dimensjonerende skredtype er sørpeskred.
- Sørlige delen av planområdet: Formen på faresonene fra 2016 (NVE, 2016) er realistisk (Figur 10), men muligens litt undervurdert. Dimensjonerende skredtype er snøskred.
- Den største forskjellen fra faresonene som i dag ligger til grunn for arealplanleggingen i Longyearbyen, er at våre anbefalte faresoner dekker en stor del av Svalbardhallen. Det vil i løpet av 2019 komme mindre justeringer i faresonene vist i Figur 4D, når prosjektet med sikringstiltak kommer videre med disse.

Som en del av avtalen (opsjon) kan Skred AS skissere foreløpige faresoner om oppdragsgiver ønsker dette. Faresonene skisseres da på grunnlag av arbeidet i denne rapporten og uten planlagte sikringstiltak. Etter hvert som sikringen i Vannledningsdalen, eller andre områder, ferdigstilles, bør faresonene oppdateres.



Figur 10: Det vurderte området og dagens gjeldende faresoner. Rosa stiplet linje viser den sørlige delen av planområdet, der snøskred er dimensjonerende skredtype. Lilla stiplet linje viser den nordlige delen av planområdet, der sørpeskred er dimensjonerende skredtype. Skred AS vurderer at faresonene som ligger til grunn i vedtatt arealplan er representative i den sørlige delen (rosa), men ikke i den nordlige delen (lilla). I den nordlige delen anbefales det å ta utgangspunkt i faresonene skissert av NGI i 2019 (Figur 4), men det presiseres at det sannsynligvis vil forekomme endringer etter Skred AS sin gjennomgang av NGIs uavhengige kontroll (NGI, 2019). Spesielt gjelder dette i området ved Svalbardhallen.

6 Sikringsmuligheter og faresoner etter tiltak

6.1 Den nordlige delen av planområdet (Svalbardhallen og videre nord)

Eksisterende sikringstiltak i Vannledningsdalen planlegges utbedret med blant annet økt høyde. Planlagte tiltak vil redusere faresonene 1/1000 og 1/5000 i planområdet for skolen/Svalbardhallen. Gitt vårt oppdrag fra NVE om å designe sikringstiltak mot 1000-års hendelsen, vil teoretisk faresonen 1/1000 kunne fjernes fra store deler av planområdet for skolen/Svalbardhallen. Faresonen 1/5000 vil trolig også reduseres av de planlagte tiltakene, men vil sannsynligvis fortsatt dekke den nordlige delen av planområdet for skolen/Svalbardhallen.

Aktuelle sikringstiltak i den nordlige delen av planområdet beskrives ikke videre, da dette vurderes i et annet prosjekt.

6.2 Den sørlige delen av planområdet (skolen og området sør for denne)

Faresonene i den sørlige delen av planområdet for skolen/Svalbardhallen er dimensjonert av snøskred. Om den er ønskelig å benytte det sørlige arealet til bygg som skal tilfredsstillende krav i S2 eller S3, må det til sikringstiltak. Det er i følgende avsnitt beskrevet mulige sikringstiltak. Det er oppgitt kostnader basert på erfaringspriser fra lignende sikringstyper der det er mulig. Totalkostnaden er avhengig av flere faktorer, blant annet av byggets sikkerhetsklasse, plassering og lokale grunnforhold. Der det er grunnlag for å oppgi kostnad, er denne derfor kun gitt i pris per løpemeter.

6.3 Permanente sikringstiltak

Permanente sikringstiltak er tiltak som enten 1) stopper, bremser eller leder skred bort fra utsatt objekt, 2) reduserer skredets lengde eller 3) reduserer sannsynligheten for at skred utløses.

6.3.1 Fang- eller ledevoll

En fangvoll stanser skredmassene, mens en ledevoll leder skredet forbi utsatt objekt. På grunnlag av topografi og eksisterende bebyggelse antas det at begge typer voller kan være aktuelle om faresonene i den sørlige delen av planområdet ønskes redusert.

Kostnader knyttet til en voll for å snøskred vil avhenge av nødvendige dimensjoner og tilgjengelighet på egnede masser. I forbindelse med sikring av Lia ble det gitt et estimat på kostnadene for en voll med høyde på 5,5 m og lengde på 340 m. Estimater gitt ved å regne kostnader for ulike deler av vollen, for eksempel støttefylling, kjernemateriale, fundament, fasademateriale og jordarmering (Skred AS og HNIT, 2018). Basert på grove enhetspriser for disse ulike delene, ble kostnaden beregnet til ca. 97 000 NOK per løpemeter. I lignende vollprosjekter fra fastlandet har totalkostnaden vært 25-50 000 NOK per løpemeter. Grunnforhold og tilgjengelighet på egnede masser er erfaringsmessig avgjørende for kostnaden.

6.3.2 Tiltak for å redusere rekkevidden av snøskred

Tiltak som reduserer rekkevidden av snøskred, f.eks. bremsekjegler, kan settes opp i skredbanen for å redusere utløpslengden til skredmassene. Det er i det siste presentert nettløsninger, f.eks. Snowcatcher (Gleirscher, Stelzer, Illmer, & Bichler, 2019), som er ment å bremse rekkevidden av mindre snøskred. Tiltak for å redusere rekkevidden til snøskred benyttes i dag ofte i kombinasjon med andre sikringstiltak, og det må derfor vurderes om dette kan benyttes alene. Kostnaden avhenger av antall og størrelse, som igjen avhenger av hvilke sikringstiltak de kombineres med.

6.3.3 Konstruksjoner i utløsningsområdet

Støtteforbygninger er tiltak i løsneområdet som reduserer utløsningssannsynligheten for snøskred, og kan være aktuelt i utløsningsområdet i fjellsiden opp mot Gruvefjellet. Aktuelle konstruksjonstyper kan være både stive støtteforebygninger og nett. Erfaringstall fra støtteforebygningene ovenfor Spisshusene i Lia tilsier at prisen for støtteforebygninger er ca. 35 000 NOK per løpemeter.

6.4 Dimensjonering av bebyggelse for å tåle skredlaster

Loverket tillater å dimensjonere og konstruere bygninger slik at de tåler dimensjonerende skredlaster opp til ca. 50-60 kPa. Det er derfor kun bygninger i ytterkanten av faresonene som er aktuelt å sikre ved å dimensjonere selve bygget. Kostnadene øker med trykket bygningene dimensjoneres for.

6.5 Aktiv skredkontroll

I enkelte Alpeland tillates det å sikre eksisterende, skredutsatt bebyggelse ved aktive sikringstiltak. Dette er tidligere foreslått i Longyearbyen og andre steder i Norge, men Skred AS sine erfaringer fra tidligere er at det ikke aksepteres av myndighetene som en tilfredsstillende permanent sikringsløsning.

6.6 Anbefalinger for videre arbeid

Dersom faresonene ønskes redusert, bør Skred AS fastsette faresonene i planområdet. Dette for å vurdere virkningen til eventuelle sikringstiltak. Deretter utføres det en mulighetsstudie for å vurdere utvalgte sikringskonsept, inkludert vurdering av plassering, dimensjonering og kostnader. Sikringskonseptet som gir høyest nytte/kost-forhold tas med videre til detaljprosjektering. Skred AS er behjelpelig med videre vurdering av beste sikringskonsept og videre prosjektering av sikringstiltakene.

7 Konklusjon

Skred AS har gjennomgått tidligere utførte skredfarevurderinger for planområdet ved skolen og Svalbardhallen. Skredfare er vurdert i henhold til sikkerhetsklassene S2 og S3 i henhold til bestilling. Tidligere vurderinger, som Skred AS sine vurderinger støtter opp om, konkluderer med at det er faresoner for både 1/1000 og 1/5000 i planområdet.

7.1 Nordlig del av planområdet

Faresonene i den nordlige delen av planområdet er dimensjonert av sørpeskred ut Vannledningsdalen. I denne delen av planområdet bør det tas utgangspunkt i faresonene skissert av NGI i 2019. Dette gjør at det er faresoner 1/1000 og 1/5000 i store deler av den nordlige delen, sannsynligvis inkludert deler av Svalbardhallen.

Tidligere vurderinger tilsier at vollen er for liten til å lede sørpeskred med gjentaksintervall lavere enn 1/100 rundt bebyggelsen på Haugen. Det planlegges derfor ulike sikringsløsninger som bedrer sikkerheten mot skred. Sikringstiltakene er enda ikke bestemt, og effekten av sikringstiltakene er følgelig ikke endelig fastslått. Foreløpige vurderinger av foreslåtte tiltak viser at faresonen 1/1000 i den nordlige delen av planområdet reduseres i stor grad. Det er foreløpig vurdert at området ved Barnehagen og ved Svalbardhallen kommer utenfor faresonen 1/1000 etter sikring. Siden planlagte sikringstiltak mot sørpeskred ikke skal dimensjoneres for en hendelse med årlig sannsynlighet 1/5000, kan det ikke forventes at planområdet sikres mot så sjeldne sørpeskred. Vi forventer likevel at de planlagte sikringstiltakene vil redusere utstrekningen av faresonen 1/5000, men størrelsen til reduksjonen er usikker før detaljene for tiltaket er utarbeidet.

7.2 Sørlig del av planområdet

Faresonene i den sørlige delen er dimensjonert av snøskred fra fjellsiden opp mot Gruvefjellet. I denne delen av planområdet bør det tas utgangspunkt i gjeldende faresoner. Disse burde muligens ha litt større utbredelse, men sannsynligvis uten praktisk betydning for skolebygget.

Det er ikke tidligere utarbeidet forslag til sikringstiltak i den sørlige delen av planområdet, i fjellsiden ovenfor skolen. Det anbefales å benytte arealet utenfor faresonene, men om dette ikke er mulig må det til sikringstiltak. Faresonene i sør er dimensjonert av snøskred. Valg av sikringsløsning avhenger av flere faktorer, blant annet byggets sikkerhetsklasse, plassering og lokale grunnforhold, og bør utredes i en mulighetsstudie i en senere fase. Støtteforbygninger og en kombinasjon av fang- og ledevoller kan være aktuelle tiltak.

8 Referanser

- Christen, M., Kowalski, J., & Bartelt, P. (2010). RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. *Cold Reg. Sci. Technol.*, ss. 63, 1–14.
- DiBK. (2019). *Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK17)*. Hentet fra <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/>
- Dorren, L. K. (2015). Rockyfor3D (v5.2) revealed – Transparent description of the complete 3D rockfall model. *EcorisQ paper (www.ecorisq.org)*.
- Gleirscher, E., Stelzer, G., Illmer, D., & Bichler, A. (2019). Snowcatcher – full-scale test site in the Stubai Valley. *International Symposium on Mitigative Measures against Snow Avalanches and Other Rapid Gravity Mass Flows. Siglufjörður, Iceland, April 3–5, 2019*.
- Issler, D., Jónsson, Á., Gauer, P., & Domaas, U. (2016). *Vulnerability of the houses and persons under the avalanche impact - the avalanche at longyearbyen on 2015-12-19*. International Snow Science Workshop 2016 Proceedings, Breckenridge, CO, USA.
- NGI. (1993). *Haugen - Nyebyen, Longyearbyen - Skredfarevurdeirng av mulig byggeområde (934063-1)*. NGI.
- NGI. (2015). *Forprosjektering av sikringstiltak for bebyggelse og infrastruktur nedenfor Vannledningsdalen (20120650-01-R)*. NGI.
- NGI. (2015). *Tidligere skredvurderinger og skredgrenser i Longyearbyen ved NGI (20150715-01-TN)*. NGI.
- NGI. (2019). *Uavhengig kontroll av forprosjektering av sikringstiltak i Vannledningsdalen, Longyearbyen (20190182-01-R)*. NGI.
- NVE. (2016). *Skredfarekartlegging i utvalgte områder på Svalbard*. NVE Rapport 91-2016.
- NVE. (2018). *Skredrapport Sukkertoppen - Dimensjonerende skred fra Sukkertoppen og faresoner for Lia under Sukkertoppen*. Norges vassdrags og energidirektorat, Saksnr. 201708556-27, datert 15.03.2018.
- NVE. (2019). *NVE Atlas*. Hentet fra <https://atlas.nve.no/>
- Skred AS og HNIT. (2018). *Prosjektering av sikringstiltak, Sukkertoppen og Vannledningsdalen. Kostnadsestimater på mulige sikringsløsninger*. Notat nr. 18241-05-1.