Rapport

Oppdragsgiver	Navn Statsbygg	Kontaktperson Inger-Johanne Tollaas
Oppdrag	Nummer og navn 19224 - Svalbard, Longyearbyen - Skredfarevurdering for nybygg ved sjølageret til Sysselmannen	Oppdragsleder Nils Arne K. Walberg
Dokument	Nummer 19224-01-3 Utført av Nils Arne K. Walberg	Dato 2019-12-06 Kontrollert av Kalle Kronholm

Skredfarevurdering for sjølageret til Sysselmannen

Sammendrag

Statsbygg ønsker å utvide Sysselmannens lager i Longyearbyen. Eksisterende og ny bebyggelse ligger på grensen til faresonen for skred med årlig sannsynlighet 1/5000 kartlagt i 2016. Statsbygg ønsker en detaljert vurdering av tomten og området rundt, slik at beslutningsgrunnlaget rundt skredfaren i forbindelse med oppføringen av nytt lager har et tilfredsstillende presisjonsnivå.

Skred AS har gjennomgått tidligere utførte skredfarevurderinger for det vurderte området, inkludert eksisterende faresoner kartlagt i 2016. Vår vurdering er at eksisterende faresoner fra 2016 ikke tar tilstrekkelig hensyn til utbredelsen av sørpeskred i forbindelsen med ravinen som har utløp sør for det vurderte området. Etter vår vurdering ligger store deler av eksisterende og planlagt bebyggelse i det vurderte området inne i faresonen for skred med årlig sannsynlighet ≥1/1000 og ≥1/5000, mens en mindre del ligger inne i faresonen ≥1/100. Størsteparten av den vurderte tomten tilfredsstiller derfor ikke kravene i TEK17/TEK10 § 7-3 for sikkerhet mot skred for sikkerhetsklasse S2 (1/1000) og S3 (1/5000), men størsteparten av tomta tilfredsstiller kravene til sikkerhetsklasse S1 (1/100).

Det vurderte området kan sikres mot skred slik at det tilfredsstiller kravene TEK17/TEK10. Dette kan for eksempel gjøres med en løsning bestående av nett i ravinen for mindre hendelser. Ellers kan lede- eller fangvoller medvirke til å sikre deler av området. Kostnaden for sikring til sikkerhetsklasse S1 anser vi som overkommelig, men kostnaden for sikring til S2 og S3 vil være betydelig. Dersom man ønsker å sikre det vurderte området mot skred, må det utføres en nærmere vurdering av ulike alternativer for sørpeskredsikring.

Innhold

1 Innledning 4
1.1 Bakgrunn 4
1.2 Mål 5
1.3 Befaring 5
1.4 Forbehold 5

2 Krav til sikkerhet mot skred 6
2.1 Lovverket 6
2.1.1 Sikkerhetsklasse S1 6
2.1.2 Sikkerhetsklasse S2 7
2.1.3 Sikkerhetsklasse S3 7
2.2 Krav til sikkerhet for vei 8
2.3 Aktuelle krav 8
2.4 Vurderte skredtyper 8
2.4.1 Snøskred og sørpeskred 8
2.4.2 Skred i fast fjell 9
2.4.3 Jordskred og flomskred 9

3 Beskrivelse av området 10
3.1 Topografi 10
3.2 Registrerte skredhendelser 11
3.3 Tidligere rapporter 12

4 Vurdering av skredfare 14
4.1 Snøskred 14
4.1.1 Løsneområder 14
4.1.2 Dimensjonerende skred – bruddhøyde og friksjonsverdier 14
4.1.3 Utbredelse av snøskred 15
4.2 Sørpeskred 16
4.2.1 Løsneområder for sørpeskred 17
4.2.2 Friksjonsparametre og skredvolum 17
4.2.3 Utbredelse av sørpeskred 18
4.3 Steinsprang 19
4.4 Løsmasseskred 20
4.5 Vurdering av eksisterende faresoner 21

5 Mulighet for sikring 23
5.1 Fang- eller ledevoll 23
5.2 Fangnett i ravinen 24
5.3 Aktiv skredforebygging i kombinasjon med andre tiltak 25
5.4 Dimensjonering av bebyggelse for å tåle skredlaster 25
5.5 Anbefalinger om videre utredning av sikringstiltak 26

6 Konklusjon 27

7 Referanser 28

Figurer

Figur 1: Kart over det vurderte området. 4
Figur 2: Helningskart over fjellsiden ovenfor den vurderte tomten. Potensielle løsneområder for snøskred og sørpeskred er markert. Merk at løsneområdene for sørpeskred avviker noe fra de som er brukt i modellberegningene. 11
Figur 3: Eksisterende faresoner i området (NVE Rapport 91-2016). 12
Figur 4: Foto av det vurderte området (skissert med stiplet linje). Lyseblått lager til venstre på tomten vurderes erstattet av nybygg. Foto er tatt fra toppen av nærliggende bergskjæring sør for området. Ravinen munner ut i nedre, høyre bildekant (skygge). 13
Figur 5: Maksimalt trykk for beregnet utbredelse av snøskred. Resultat med friksjonsparametre M300 er vist, som tidligere har vist seg å stemme godt overens med etterregning av utbredelsen til 2015 skredet fra Sukkertoppen. 16
Figur 6: Modellert utbredelse av store sørpeskred. Modellspesifikasjoner: RAMMS Debris Flow versjon 1.7.20; Bruddhøyde 1,25 m; Volum 7500 m^3; Mu 0,05; Xi 3500 m/s^2. Modellert løsneområde avviker fra skissert løsneområde i figur. 19
Figur 7: Foto av bergskjæring, løsmasseskråning og oppsamlingsbasseng (forgrunn). Bildet er tatt ved innkjørselen til energiverket. 20
Figur 8: Reviderte faresoner for den vurderte tomten. Det er faresoner for skred med årlig sannsynlighet ≥1/100 (S1), ≥1/1000 (S2) og ≥1/5000 (S3) i det vurderte området. ... 22
Figur 9: Eksempel på fangnett mot flomskred fra Kollobekken, Otta. 25

Tabeller

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2019) og TEK10. 6
Tabell 2: Dimensjonerende bruddhøyder i aktuelle utløsningsområder ved Longyearbyen. . 15
Tabell 3: Verdier for friksjonsparametre benyttet i modellering av sørpeskred (Skred AS og HNIT, 2018). 17

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Statsbygg planlegger å utvide eksisterende lager til Sysselmannen ved sjøkanten i Longyearbyen (Figur 1). Faresonen for skred med årlig sannsynlighet 1/5000 kartlagt av Multiconsult på oppdrag for NVE i 2016 (NVE, 2016) ligger inntil eksisterende bebyggelse inne på tomten. Statsbygg ønsker en detaljert vurdering av denne tomten og utstrekningen til eksisterende faresoner, slik at beslutningsgrunnlaget rundt skredfare i forbindelse med nytt eller endret lager har et tilfredsstillende presisjonsnivå.



Figur 1: Kart over det vurderte området.

1.2 Mål

Skred AS er bedt om å utføre en skredfarevurdering for mulig plassering av nytt lager for Sysselmannen, eller påbygning av eksisterende lager, samt området rundt (Figur 1). I Longyearbyen gjelder TEK10, og krav til sikkerhet mot skred, definert i TEK10 med veileder, skal legges til grunn for vurderingene. Kravene i TEK10 er omtrent som i TEK17, som gjelder på fastlandet.

1.3 Befaring

Skred AS ved Sondre Lunde og Nils Arne K. Walberg utførte befaring 7. og 8. mai 2019. Det var fint vær, god sikt og vinterlige forhold med snødekke under befaringen. Det ble ikke benyttet drone pga. sterk vind.

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, på tilgjengelige flyfoto, og på kotegrunnlag. Klima er vurdert ut fra historisk klima. 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 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.*

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 TEK10.

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

2.1.1 Sikkerhetsklasse S1

Fra veileder til TEK10:

> *Sikkerhetsklasse S1 omfatter tiltak der et skred vil ha liten konsekvens. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt ikke oppholder seg personer og der det er små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser.*
>
> *Eksempler på byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er*
>
> - *garasje, uthus og båtnaust*
> - *mindre brygger*
> - *lagerbygning med lite personopphold*
>
> *Enkelte mindre tilbygg, påbygg, ombygginger og bruksendringer er omfattet av sikkerhetsklasse S1, se tredje ledd.*

2.1.2 Sikkerhetsklasse S2

Fra veileder til TEK10:

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.

Eksempler på byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er

- *enebolig, tomannsbolig og eneboliger i kjede/rekkehus/boligblokk/fritidsbolig med maksimum 10 boenheter*
- *arbeids- og publikumsbygg/brakkerigg/overnattingssted hvor det normalt oppholder seg maksimum 25 personer. Byggverk der det er nødvendig å kreve et høyere sikkerhetsnivå ut fra hensynet til personsikkerhet inngår i sikkerhetsklasse S3, eksempelvis sykehjem, skole og barnehage.*
- *driftsbygning i landbruket*
- *parkeringshus og havneanlegg*

For bygninger som inngår i sikkerhetsklasse S2 kan kravet til sikkerhet for tilhørende uteareal reduseres til sikkerhetsnivået som er angitt for sikkerhetsklasse S1 (1/100). Dette fordi eksponeringstiden for personer og dermed faren for liv og helse normalt vil være vesentlig lavere utenfor bygningene.

2.1.3 Sikkerhetsklasse S3

Fra veileder til TEK10:

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*

For bygninger som inngår i sikkerhetsklasse S3 kan det vurderes å redusere kravet til sikkerhet for tilhørende uteareal til sikkerhetsnivået som er angitt for sikkerhetsklasse S2 (1/1000), dersom dette vil gi tilfredsstillende sikkerhet for tilhørende uteareal. Momenter som må vurderes i denne sammenheng er eksponeringstiden for personer, antall personer som oppholder seg på utearealet, mv.

2.2 Krav til sikkerhet for vei

Skredrelatert risiko for trafikanter på vei er betydelig annerledes enn skredrelatert risiko for personer som oppholder seg i hus, da eksponeringstiden i hus er betydelig større enn i et punkt langs en vei. Derfor bruker Statens Vegvesen på fastlandet en risikoakseptmatrise som er basert på antall biler som ferdes på veien som vurderes, og altså ikke kravene gitt i TEK10/TEK17. Denne matrisen tar ikke hensyn til for eksempel viktigheten av Veg 600 som hovedvegen mellom flyplassen og Longyearbyen. Dersom man ønsker en skredfarevurdering av Veg 600, anbefaler vi å legge til grunn ÅDT (årsdøgntrafikk) til å bestemme risikoakseptnivå

2.3 Aktuelle krav

Det er opp til Longyearbyen Lokalstyre å vurdere aktuelle krav til sikkerhet for bebyggelse. Vi kommer nedenfor med forslag til hvilke sikkerhetsklasser vi ser som mest relevante for planlagte tiltak.

- Dersom lageret skal inngå som en del av en lokal beredskapsinstitusjon, mener vi det skal stilles krav til sikkerhetsklasse S3.
- Dersom det i bygget skal legges til rette for personopphold, som kontor eller annen arbeidsplass, mener vi det bør stilles krav til sikkerhetsklasse S2.
- Dersom bygget bare er lagerplass for utstyr uten større verdier, mener vi det kan stilles krav om sikkerhetsklasse S1. Dette krever at det ikke legges til rette for lengre personopphold i bygget.

Det understrekes at aktuelle krav gjelder ny bebyggelse i henhold til TEK10/TEK17, og dermed ikke gjelder eksisterende bebyggelse. Ifølge Plan- og bygningsloven gjelder regelverket også endring av eiendom, f.eks. bruksendring, noe som gjør at kravene på den måten også kan omfatte eksisterende bebyggelse. Det er per i dag ikke noe regelverk som krever at skredutsatt bebyggelse må sikres, eller til hvilke sikkerhetsnivå det i så fall må sikres mot. Dette vil være opp til lokal myndighet, i dette tilfelle Longyearbyen lokalstyre.

2.4 Vurderte skredtyper

I TEK17/TEK 10 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.

2.4.1 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.

2.4.2 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°.

2.4.3 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.

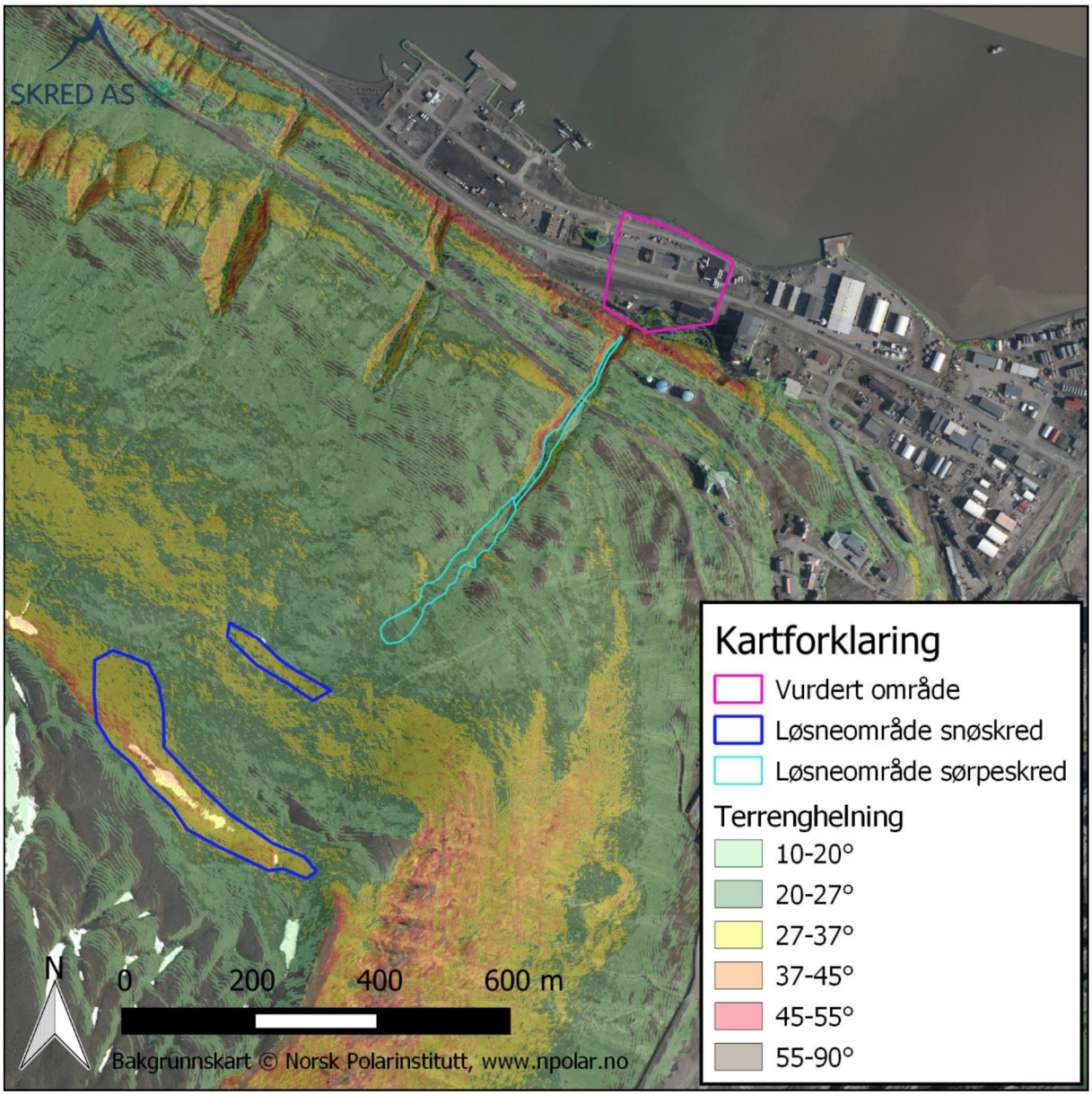
3 Beskrivelse av området

Den vurderte tomten ligger ved kaiområdet ved Adventfjorden (Figur 1), på begge sider av Veg 600 vest for Longyear Energiverk. Eksisterende bebyggelse på tomten benyttes hovedsakelig til lagring av materiell, men er tilrettelagt med noen kontorplasser. Det holdes også noe møtevirksomhet i lokalene.

3.1 Topografi

Det vurderte området ligger på kote 2-3 moh. i et flatt fyllingsområde inntil Adventfjorden (Figur 2). Mot syd er det en nær vertikal bergskjæring som strekker seg hele veien langs fjorden og Veg 600 mot flyplassen. Bergskjæringen har en høydeforskjell på ca. 35-45 m i området, men er tydelig nedskjært i forbindelse med et bekkeløp/ravine. Det er i tillegg et mindre drensbasseng i området, antatt i forbindelse med energiverket. Vi er usikre på hensikten av drensbassenget. Bassenget vil trolig være fylt med snø store deler av vinteren og på vårparten.

Fra toppen av skrenten stiger terrenget opp mot Sverdruphammeren og Platåberget på ca. 450 moh. Mellom 250 – 300 og 350 – 400 moh. er den nordvendte skråningen brattere enn 25-30°. Kanaliseringen til bekkeløpet som drenerer deler av fjellsiden blir mindre markant etter hvert som terrenget stiger, og toppen av forsenkningen er på ca. 180 moh. Helningskart er vist i Figur 2.



Figur 2: Helningskart over fjellsiden ovenfor den vurderte tomten. Potensielle løsneområder for snøskred og sørpeskred er markert. Merk at løsneområdene for sørpeskred avviker noe fra de som er brukt i modellberegningene.

3.2 Registrerte skredhendelser

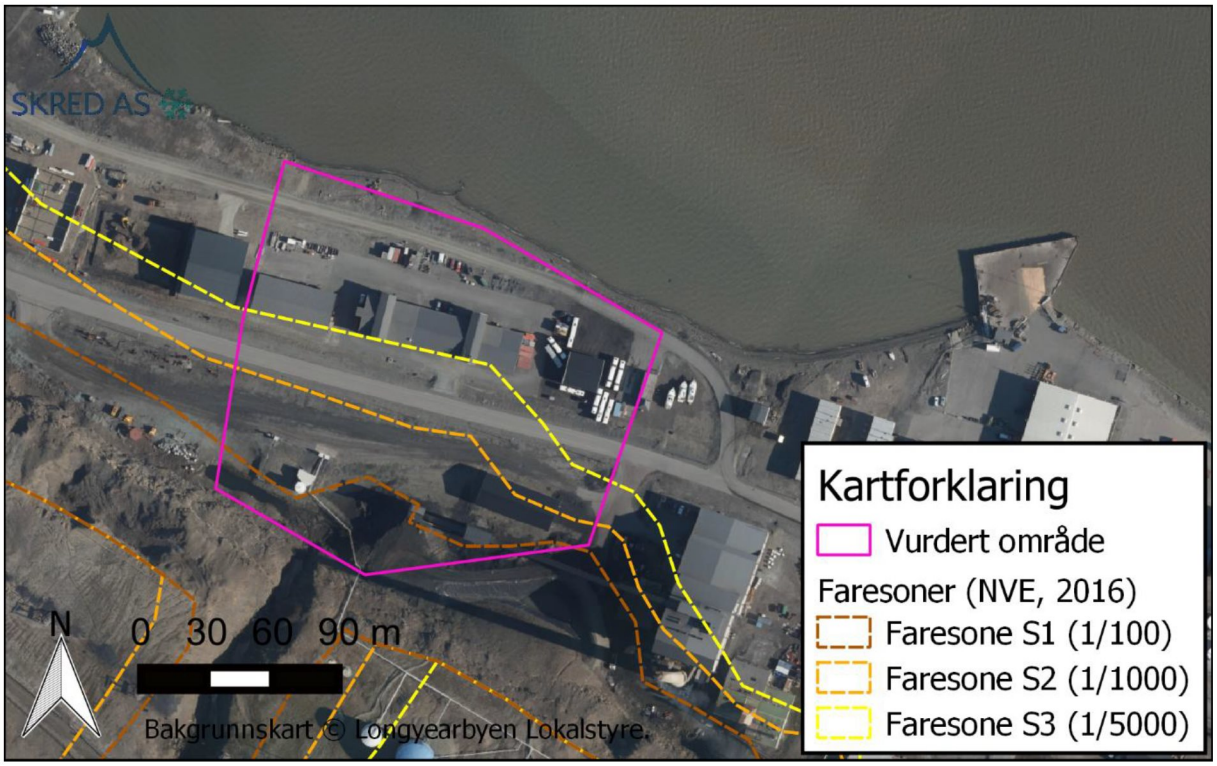
Vi er blitt fortalt via 3. person at det skal ha gått et sørpeskred ned bekkefaret mens det var arbeidere på jobb i Longyear Energiverk. Vi har forsøkt å samle inn mer informasjon om denne hendelsen, men har ikke funnet mer informasjon om tidspunkt eller utstrekning av skredet. Vi vet at området langs flyplassveien er utsatt for sørpeskred i forbindelse med stor vanntilførsel på snødekke, bl.a. slutten av januar 2012 (Svalbardposten, 2012). I et liknende bekkefar som ligger 300 m NV mot flyplassen løsnet det et sørpeskred i juni 2013 (NVE, 2016). Fra denne hendelsen har vi fått oversendt bilder fra Lokalstyret. Flere containere på nordsiden av flyplassveien (Veg 600) ser ut til å ha blitt flyttet av skredmassene, til tross for at det bare var 10-20 cm sørpe som ble avsatt på veien.

I tillegg til sørpeskred, er det i RegObs registrert at det har løsnet flere mindre snøskred og skavlbrudd i øvre deler av fjellsiden. Det er ikke kjent at noen av disse har nådd ned over Burmavegen. Det er også hyppig nedfall av mindre stein (<0,25 m^3) fra bergskjæringen langs Veg 600 til flyplassen og ved energiverket.

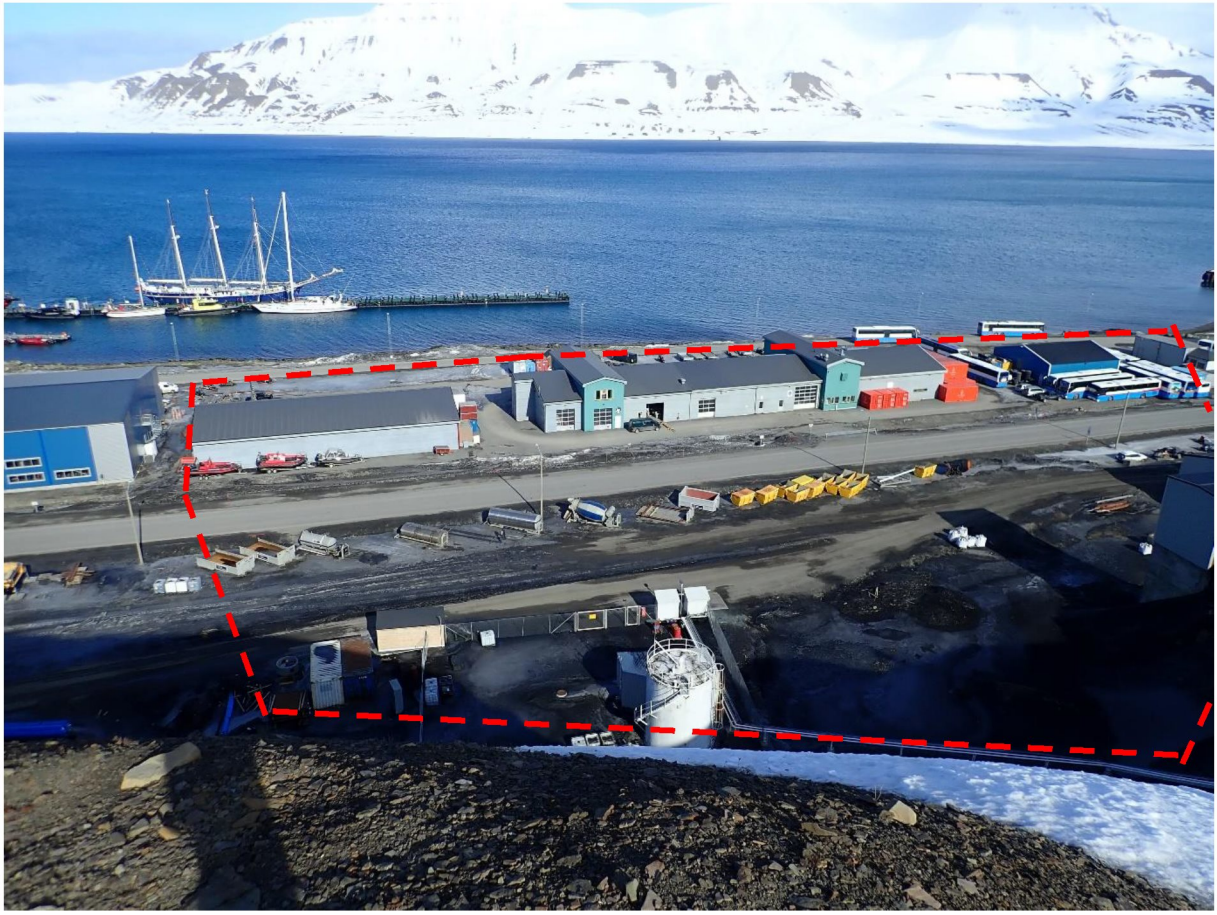
3.3 Tidligere rapporter

NGI Rapport 914030-1, datert 31. juli 1992. Gamle Longyearbyen – vurdering av skredfare og drivsnø problem i planlagt utbyggingsområde. I forbindelse med arbeidet har NGI vurdert skredfaren for deler av fjellsiden ovenfor planområdet. Etter deres vurdering av beregninger og klimadata vil snøskred med gjennomsnittlig gjentakelsesintervall på 1000 år kunne nå ned til ca. kote 70 i området ved Taubanesentralen og omlag til Burmavegen ovenfor bebyggelsen på Skjæringa. Andre skredtyper er vurdert som sekundære i forhold til snøskred i dette området, men det er påpekt spor etter minst 2 mindre løsmasseskred i skråningsfoten over den gamle Taubanetraseen. Sørpeskred i gjelet ned mot planområdet eller steinsprang fra fjellskjæringen ned mot sjøområdet og Energiverket er ikke vurdert, da dette er utenfor vurderingsområdet.

NVE Rapport 91-2016. Skredfarekartlegging i utvalgte områder på Svalbard. Multiconsult utførte på oppdrag fra NVE en detaljert skredfarekartlegging for Longyearbyen. Alle skredtyper er vurdert i det aktuelle området, og det er løsmasse-/sørpeskred som er markert som dimensjonerende skredtype i området. I denne kartleggingen ligger 1/100, 1/1000 og 1/5000 faresonene med en avstand på ca. 10-30 m fra hverandre (Figur 3).



Figur 3: Eksisterende faresoner i området (NVE Rapport 91-2016).



Figur 4: Foto av det vurderte området (skissert med stiplet linje). Lyseblått lager til venstre på tomten vurderes erstattet av nybygg. Foto er tatt fra toppen av nærliggende bergskjæring sør for området. Ravinen munner ut i nedre, høyre bildekant (skygge).

4 Vurdering av skredfare

4.1 Snøskred

For å evaluere eksisterende skredfarevurdering og faresoner er det gjort en kartlegging av mulige løsneområder basert på kart, foto, befaring 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 Løsneområder

Løsneområder for snøskred kan grovt defineres som alle områder som kan akkumulere betydelige mengder snø med helling mellom 27° - 55°.

Figur 2 viser helningskart over fjellsiden ovenfor det vurderte området utarbeidet fra terrengmodell. Terrengmodellen bygger på tilgjengelig kotegrunnlag som er 1 m i nedre del av fjellsiden, og 5 m i øvre del av fjellsiden. Kartet viser at store, sammenhengende deler øverst i fjellsiden ovenfor det vurderte området har en helning mellom 27° - 45°, og vurderes derfor som potensielle løsneområder for snøskred. På grunn av terrengformene, er det allikevel ulikt potensiale for skredutløsning og bruddkanter i de ulike deler av fjellsiden. Øvre løsneområdet, mellom 350-400 moh., vurderes som det mest sannsynlige løsneområde, på grunn av terrenghelningen og muligheten for avlagring av vindtransportert snø under vind fra sørlig retning. Løsneområde mellom 250- 300 moh. har mindre utstrekning og sammenhengende bratte partier, og vurderes følgelig å ha lavere potensiale for å utløse skred med stor utbredelse.

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 nevnte sted i 2017 (NVE, 2018). Skred AS var en av aktørene i prosjektet gjennom en faggruppe med representanter fra ulike skredfaglige miljøer som ble satt sammen av NVE. I det prosjektet ble det utført simuleringer og beregninger av skred med gjentaksintervall 1/100, 1/1000 og 1/5000. Grunnlaget for beregningene av dimensjonerende skred omfattet også beregninger av dimensjonerende bruddhøyder, valg av friksjonsparametre og sensitivitetsanalyser, samt at de kjente skredhendelsene fra 2015 og 2017 ble etterregnet. Vi har for vurderingen av skredutbredelse fra løsneområdene ovenfor det vurderte området benyttet de samme parametere som ble utarbeidet for snøskred fra Sukkertoppen. Benyttede parametere oppsummeres i påfølgende avsnitt. For øvrig metodikk henvises det til nevnte rapport (NVE, 2018).

Dimensjonerende bruddhøyde for modellering av dimensjonerende skred er vist i Tabell 2. Friksjonsverdier i RAMMS (μ og ξ), er satt basert på volum, som anbefalt i RAMMS. Høydenivåene (standard 1000 og 500 moh.) er endret til 500 og 100 moh. basert på skjønn, kalibrering mot kjente hendelser og sensitivitetsanalyser.

Tabell 2: Dimensjonerende bruddhøyder i aktuelle utløsningsområder ved Longyearbyen.

Gjentaksintervall	3-døgns nedbør [mm]	Dimensjonerende bruddhøyde d_0 [m]
100 år	51	Øvre, god oppsamling: 1,3 Øvre: 1,1
1000 år	70	Øvre, god oppsamling: 2,0 Øvre: 1,8
5000 år	78	Øvre, god oppsamling: 2,6 Øvre: 2,3

4.1.3 Utbredelse av snøskred

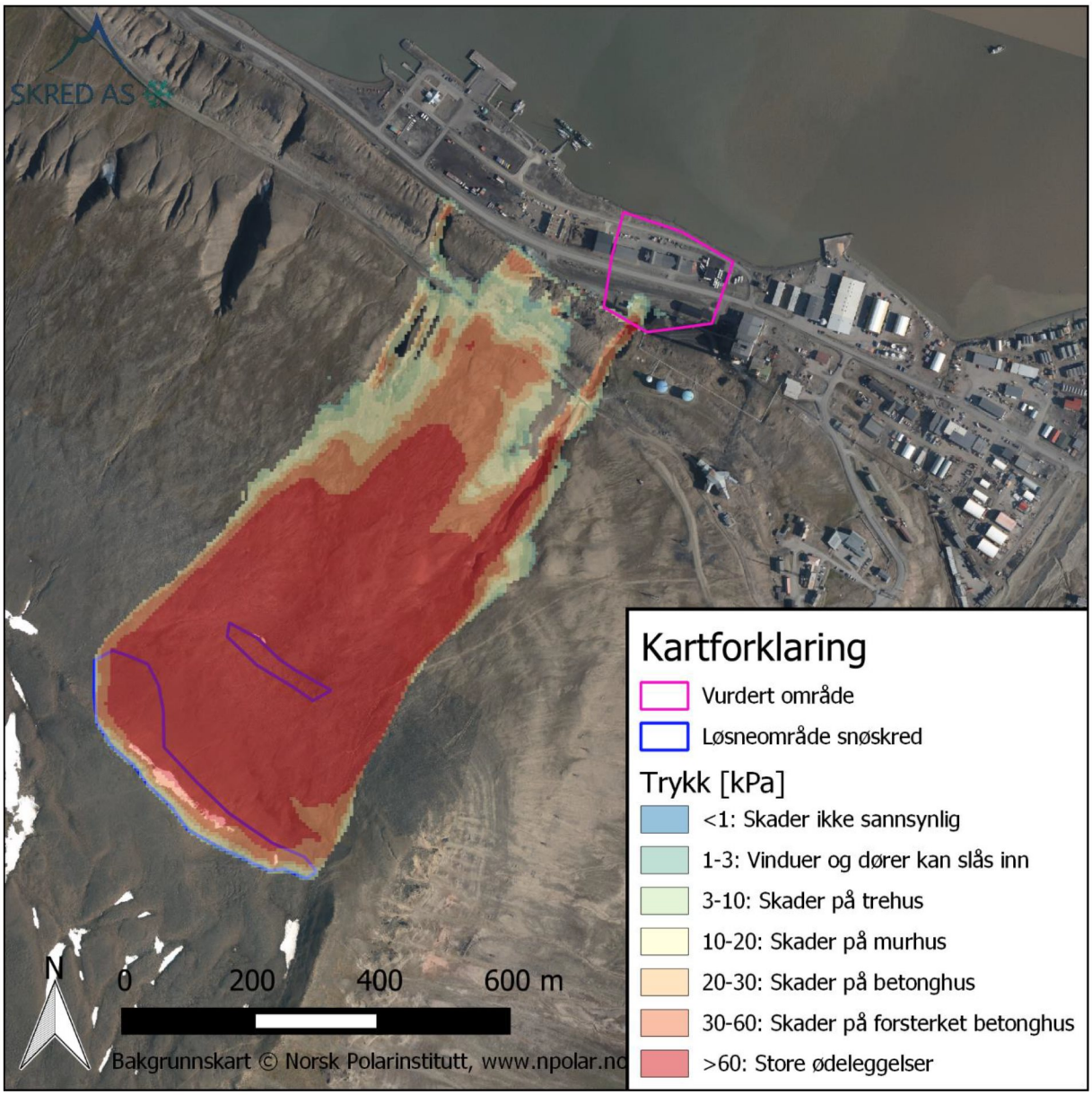
Historiske snøskredhendelser i det vurderte området viser at snøskredene ikke har oversteget størrelse 2-3, og stopper i det slakere partiet nedenfor brattskrenten og i god avstand til Burmavegen. Med økte nedbørverdier og kraftig vindtransport fra sør kan det likevel ikke utelukkes at snøskred kan bli større enn det vi er kjent med har gått hittil.

Figur 5 viser modellert skredtrykk for et snøskred fra det øvre utløsningsområde når dette løsner i et sammenhengende stort skred (volum 75 000 m^3 = str 4., friksjonsparametre M300). Figuren viser modellert utbredelse med bruddhøyder dimensjonerende for et snøskred med årlig nominell sannsynlighet på 1/1000 (1,8 m). Modellen viser at et eventuelt skred av denne størrelsen vil kunne nå ned mot Burmavegen, noe vi vurderer som realistisk i forhold til maksimal utbredelse av skred i området. Dette er i tråd med NGI (1992) sin vurdering av utbredelsen til snøskred ovenfor Taubanesentralen og bebyggelsen på Skjæringa.

Et snøskred av en slik størrelse er svært lite sannsynlig, både på grunn av at hele løsneområdet må løsne samtidig og at volumet blir tilstrekkelig stort. Når det kommer til akselerert hastighet ned langs ravinen som er tydelig i modellresultatet vurderer vi dette som mindre sannsynlig i en ekstremhendelse, da ravinen i et slikt tilfelle antas å være fylt opp av snø.

Modeller med større volum eller lavere friksjonsparametre viser omtrent det samme, men med noe større utstrekning nedenfor bergskjæringen. Dette vurderer vi som lite reelt ut fra topografiske forhold, og andre skredtyper vurderes som dimensjonerende i området nedenfor skjæringen.

Den årlige sannsynligheten for snøskred inn i det vurderte området vurderes som lavere en 1/5000.



Figur 5: Maksimalt trykk for beregnet utbredelse av snøskred. Resultat med friksjonsparametre M300 er vist, som tidligere har vist seg å stemme godt overens med etterregning av utbredelsen til 2015 skredet fra Sukkertoppen.

4.2 Sørpeskred

Sørpeskred kan oppstå under ulike terrengsettinger og hydrologiske forhold og utløses etter forskjellige mekanismer. I likhet med andre skred styrt av høyt vanninnhold (eks. flomskred) har sørpeskred en tendens til å følge forsenkede terrengpartier som bekkeløp og raviner. For å vurdere faren for sørpeskred er det utført flytanalyser basert på tilgjengelig terrengmodell, samt studier av flybilder og feltbefaring. I tillegg er historiske hendelser vurdert.

Det finnes ingen modellverktøy for å modellere utbredelsen av sørpeskred, men det er i bransjen aksept for å benytte beregningsmodeller for flomskred til å beregne flytemønstre for sørpeskred, da bevegelsesmønstrene er forholdsvis like mellom de to skredtypene. Vi, og

andre aktører i Longyearbyen, har tidligere benyttet flomskredmodulen til RAMMS (Christen, et al., 2012) for å beregne flytmønstre, og det er også gjort i dette prosjektet.

4.2.1 Løsneområder for sørpeskred

Det er en markant ravine ned fjellsiden som munner i det vurderte området. Det er utført flytanalyser av dreneringsmønsteret i fjellsiden (ikke vist i figur), både som single flow og multi flow analyser. Single flow analysen viser at ravinen har potensiale til å drenere et areal på over 400 000 m^2. Multi flow analysen viser at området drenerer den østre del av fjellsiden, samt en del av det flate platået på oversiden. Analysen tar ikke hensyn til evt. snødekket landskap, og det er flere punkter hvor det er usikkert om vannet drenerer mot den aktuelle ravinen eller inn i et annet nedbørfelt.

Historiske hendelser med sørpeskred i fjellsiden langs Veg 600 mot flyplassen og Vannledningsdalen, både utløst midtvinters som følge av kraftig regn på eksisterende snødekke og som følge av høy vannmetning i eldre, grovkornet snødekke under intens snøsmelting om våren, gjør at sørpeskred er en reell problemstilling i området rundt Longyearbyen. Befaringen viste i tillegg at ravinen har en tendens til å fylles med snø, spesielt øvre deler og ved broen ved Burmavegen. Dette hindrer drenering og øker følgelig sannsynligheten for utløsning av sørpeskred.

Vi vurderer at sørpeskred kan løsne både nede i ravinen som følge av lokale oppdemminger, og i det slakere, konkave partiet ovenfor ravinen. Mest sannsynlige løsneområder i nær tilknytning til ravinen er markert i Figur 2.

4.2.2 Friksjonsparametre og skredvolum

De fleste større kjente sørpeskred som har hatt utløp i bebyggelsen nær Longyearbyen har vært i Vannledningsdalen. I forbindelse med forprosjektering av sikringstiltak mot sørpeskred har Skred AS gjort en grundig gjennomgang av historiske hendelser, tidligere arbeid og tidligere utført modellering i forbindelse med sørpeskred i Vannledningsdalen (Skred AS og HNIT, 2018). Det ble bl.a. utarbeidet et sett med friksjonsparametre som ble foreslått benyttet for dimensjonerende sørpeskred i Vannledningsdalen, se Tabell 3.

Tabell 3: Verdier for friksjonsparametre benyttet i modellering av sørpeskred (Skred AS og HNIT, 2018).

Gjentaksintervall	Dry-Coloumb type friksjon, μ [Mu, -]	Viskøs-turbulent friksjon, ξ [Xi, m/s^2]
100 år	0,15	2000
1000 år	0,05	3500
5000 år	0,04	4500

I tillegg til friksjonsparametrene har volumet normalt stor påvirkning på modellert utbredelse og hastigheter. Arealet til øvre og nedre løsneområde for sørpeskred, avgrenset i Figur 2, er henholdsvis ca. 7500 m^2 og 2500 m^2. Med 1 m bruddhøyde gir dette et totalvolum på 10 000 m^3, og 12 500 m^3 dersom bruddhøyden økes til 2 m i nedre del. Det er i tillegg

utført enkle analyser av tverrprofiler av ravinen. 2 m snødekke gir et tverrareal mellom 20 m^2 (nedre og midtre raviner) og 70m^2 (øvre slakere område).

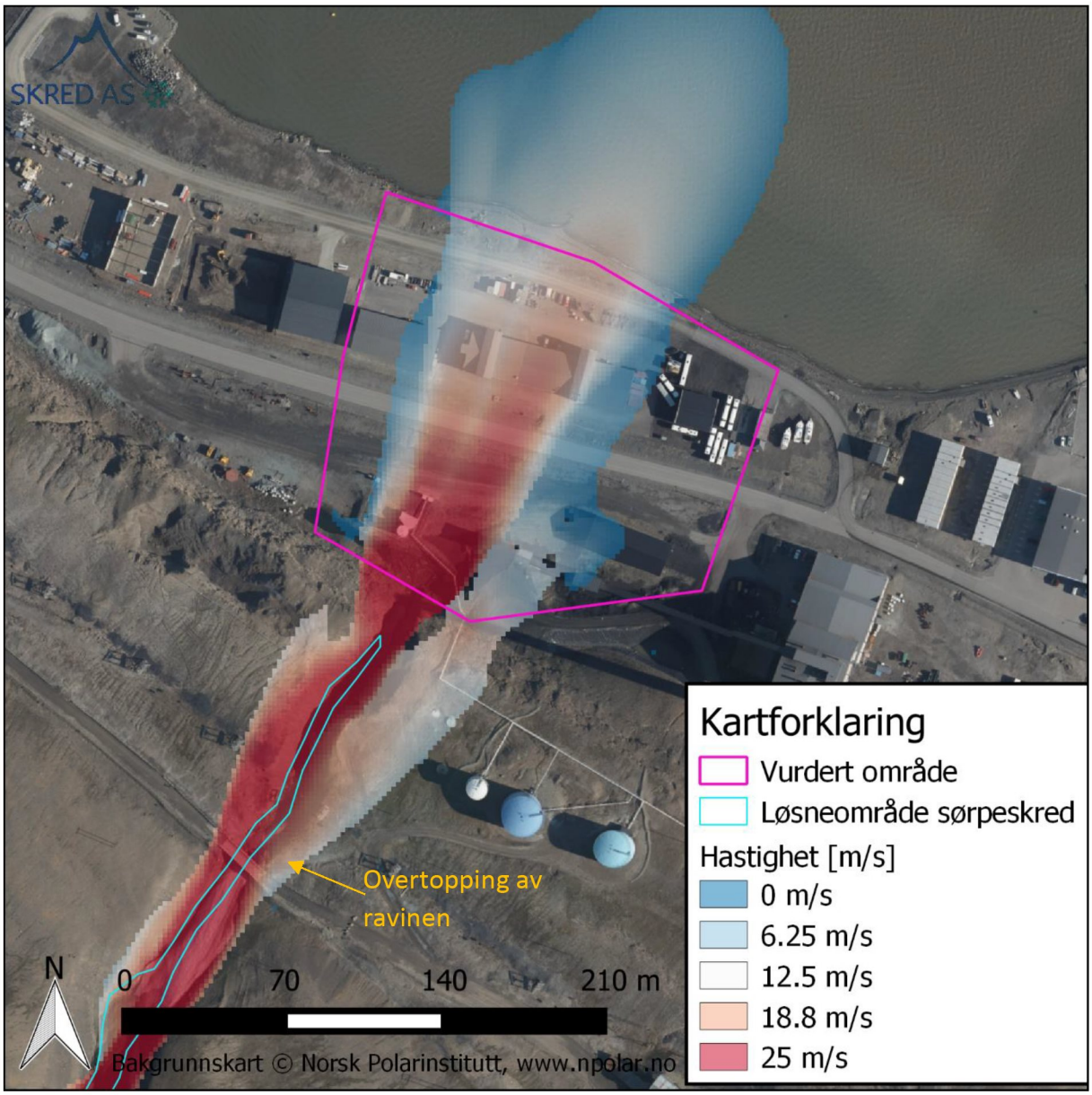
Løsneområder for sørpeskred anvendt i modelleringen avviker fra reelle løsneområder på grunn av modellkriterier knyttet til terrenghelling for utløsning av skred. Oppløsning på benyttet terrengmodellen er 2 x 2 m. Vi har benyttet volum på 1800, 5000, 7500, 12 000 og 18 000 m^3, og har modellert med ulike kombinasjoner av volum, friksjon og plassering av løsneområder.

4.2.3 Utbredelse av sørpeskred

Uavhengig av volum viser modellert utbredelse at retningen av mesteparten av massene til et eventuelt større sørpeskred vil følge rett ut av utløpet til ravinen og mot den vurderte bebyggelsen. Modellert utbredelse (Figur 6) viser at skredmassene kan overtoppe ravinen rett i overkant av Burmavegen. Dette ble også vurdert som et sannsynlig scenario under befaringen da det var mer snø under brua enn ellers i ravinen. Dette vurderes å være som følge av at brua fører til lokale endringer i vindstyrke og flere lesider. Modellen viser at sørpeskredmassene i et slikt tilfelle vil følge ned fjellskjæringen øst for ravinen. Utførte modellberegninger med større volum viser at disse vil få et annet bevegelsesmønster, med tendens til å overtoppe den vestlige siden av ravinen eller følge ravinen rett ut. Tilsvarende oscillasjoner er også sett i modellberegninger i Vannledningsdalen og i observerte sørpeskred.

Skredfarevurderingen og simuleringer tar hensyn til dagens terreng, som inkluderer et basseng og en utfylling i forbindelse med adkomstvei til påfylling av kull/kullager (Figur 8). Sistnevnte ligger rett øst for utløpet av ravinen, og vil til en viss grad hindre skredmasser i å få utløp østover, spesielt ved mindre hendelser. Små tilpasninger av fyllingen vil ytterligere kunne redusere skredfaren ved eventuelt overtopping av skredmasser ved Burmavegen. Fjerning av fyllingen vil på en annen side kunne virke negativt ved at sørpeskredmasser og overvann vil kunne dreie noe mer mot høyre (øst) ved utløpet enn under dagens situasjon.

Den årlige sannsynligheten for sørpeskred mot det vurderte området vurderes som større enn 1/100, og dermed også større enn 1/1000 og 1/5000.



Figur 6: Modellert utbredelse av store sørpeskred. Modellspesifikasjoner: RAMMS Debris Flow versjon 1.7.20; Bruddhøyde 1,25 m; Volum 7500 m^3; Mu 0,05; Xi 3500 m/s^2. Modellert løsneområde avviker fra skissert løsneområde i figur.

4.3 Steinsprang

Den bratte bergskjæringen er orientert i NV-SØ-retning og består av svært oppsprukkede sedimentære bergarter. Nedfall fra denne skjæringen skjer hyppig, men på grunn av begrenset størrelse på blokkutfall, begrenset høydeforskjell og at området i nedenfor er flatt, er rekkevidden til steinsprang svært begrenset.

Mellom bergskjæringen og den østre delen av den vurderte tomten er det i forbindelse med Longyear Energiverk plassert et lite oppsamlingsbasseng inntil fjellskjæringen. Dette reduserer den vertikale høydeforskjellen til skjæringen i området, og fanger også opp vann

og mindre masser. Bassengkonstruksjonen antas stabil, men det er ikke gjort detaljerte geotekniske beregninger. Det vurderes at det ikke er fare for steinsprang eller løsmasseskred fra sidekantene av konstruksjonen. Sannsynligheten for steinsprang inn i det vurderte området vurderes å være høyere enn 1/100 helt inntil skjæringen, men potensiale for lengre utfall er liten.



Figur 7: Foto av bergskjæring, løsmasseskråning og oppsamlingsbasseng (forgrunn). Bildet er tatt ved innkjørselen til energiverket.

4.4 Løsmasseskred

Løsmasseskred kan oppstå de fleste steder hvor løsmasseskråningene består av finkornede masser og har en helling brattere enn 15-25°. Mindre løsmasseskred er utbredt i område rundt Longyearbyen. Det er spor etter to hendelser nær Taubanesentralen, samt en rekke andre hendelser i området rundt Longyeardalen. I øvre deler av fjellsiden vurderes løsmasseskred som mindre sannsynlig pga. grovere løsmasser, og eventuelle skred vil følge ravinen nedover. Flomskred i ravinen er mulig, men vil ha mindre utbredelse enn sørpeskred, på grunn av generelt mindre mobilitet i flomskred enn i sørpeskred.

I nedre deler av fjellsiden ved Burmavegen er massene noe mer finkornede, men vanntilførselen her er begrenset da området er konvekst. Flytanalysene viser at

overflatevann i hovedsak enten dreneres ned ravinen i vest eller mot NØ ved Taubanesentralen. Mindre utglidninger av løsmasser og forvitret stein kan forekomme i fjellskjæringen i området, spesielt ved Energiverket, men disse har begrenset potensial og rekkevidde, og fanges i dag opp av en dam.

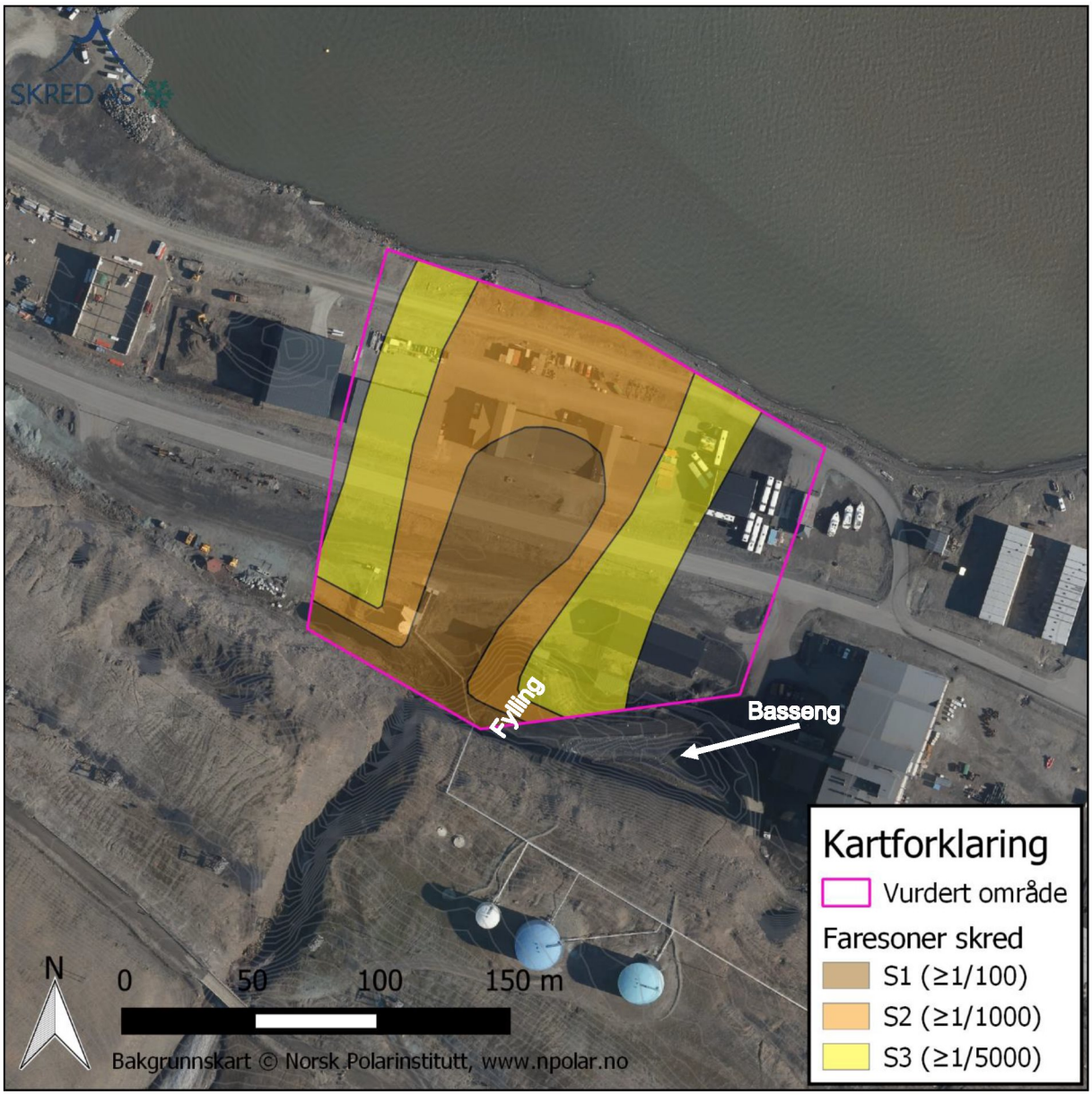
Sannsynligheten for flomskred i ravinen vurderes som høyere enn 1/1000, men vil på grunn av lavere frekvens og antatt mindre utbredelse enn sørpeskred ikke være dimensjonerende for faresonen. Årlig sannsynlighet for løsmasseskred i øvrige deler av det vurderte området vurderes som mindre enn 1/5000.

4.5 Vurdering av eksisterende faresoner

Multiconsult utførte på oppdrag fra NVE en detaljert skredfarekartlegging for Longyearbyen (NVE, 2016). I denne rapporten er det utarbeidet faresoner for det vurderte område (Figur 5). Jord- og sørpeskred er vurdert som dimensjonerende skredtype i dette området.

Faresonene fra 2016 for 1/100, 1/1000 og 1/5000 ligger med en avstand på ca. 10-30 m fra hverandre, og skiller ikke markant mellom områdene ved utløpet av ravinen og tilgrensende områder under fjellskjæringen. I rapporten fra 2016 er det benyttet et annet grunnlag for beregninger av dimensjonerende utbredelse av skred enn det vi har anvendt, spesielt for sørpe- og snøskred. Faresonene fra 2016-rapporten har for andre områder i Longyearbyen, bl.a. i Lia under Sukkertoppen i ettertid blitt revidert og utvidet (NVE, 2018).

Vår vurdering er at eksisterende faresoner fra 2016 ikke tar tilstrekkelig hensyn til utbredelsen av sørpeskred langsetter ravinen som har utløp sør for det vurderte området. Etter vår vurdering ligger store deler av tomten i utløpsområde for sørpeskred med årlig utløsningssannsynlighet ≥ 1/100. I dette området vurderer vi at faresonene skal ha større utstrekning enn eksisterende faresone.



Figur 8: Reviderte faresoner for den vurderte tomten. Det er faresoner for skred med årlig sannsynlighet ≥1/100 (S1), ≥1/1000 (S2) og ≥1/5000 (S3) i det vurderte området.

5 Mulighet for sikring

Permanente, fysiske sikringstiltak mot skred kan deles i to grupper; sikringstiltak som stopper eller leder skred bort fra utsatt objekt, eller sikringstiltak som reduserer sannsynligheten for at skred utløses. I førstnevnte gruppe finner vi fangvoller og ledevoller som kan plasseres i overkant av bebyggelsen for å lede skredmasser rundt utsatte objekt, mens forbygninger i løsneområdene er eksempler på tiltak som reduserer sannsynligheten for skredutløsning.

I denne fasen av oppdraget har vi vurdert mulige sikringsløsninger på bakgrunn av resultater fra skredfarekartleggingen med sørpeskred som dimensjonerende skredtype. Antatte hastigheter for et sørpeskred er ca. 25 m/s ved utløpet av ravinen, og 15-17 m/s ved bebyggelsen. Dersom sikkerhetsklasse S1 er aktuell, er hastighetene betydelig mindre. Det er ikke utført beregninger/simuleringer for dimensjonerende sørpeskred i forhold til designkrefter for prosjektering av sikringstiltak. Det er heller ikke vurdert mengden transportert materiale (løsmasser) som forventes under et sørpeskred, som påvirker eventuell dimensjonering mot trykkrefter fra et skred. Dette må avklares nærmere i en mer detaljert forprosjekteringsfase før valg ev endelig sikringsløsning.

I enkelte Alpeland tillates det å sikre eksisterende, skredutsatt bebyggelse ved aktive sikringstiltak. Dette har vi tidligere foreslått i Longyearbyen og andre steder i Norge. Våre erfaringer fra tidligere er at det ikke aksepteres av myndighetene som en tilfredsstillende permanent sikringsløsning. Vi har det likevel med i denne oversikten da vi ser at denne formen for sikring har blitt mer akseptert den siste tiden, pga. høy nytte-/kost verdi.

Lovverket åpner for å dimensjonere og konstruere bygninger slik at de tåler dimensjonerende skredlaster. I den aktuelle situasjonen vurderes det i utgangspunktet at lastene er for store til at dette er mulig, men det kan muligens kombineres med andre sikringstiltak som reduserer hastighet og volum av dimensjonerende skred.

Sikringsløsninger som vi anser som mest aktuelle er beskrevet i nedenstående avsnitt.

5.1 Fang- eller ledevoll

Forskjellen på en fangvoll og en ledevoll er at fangvollen stanser skredmassene, mens en ledevoll leder skredet forbi utsatt bebyggelse eller infrastruktur. På bakgrunn av store hastigheter og volum for en dimensjonerende skredhendelse (1/1000 og 1/5000), samt begrenset plass mellom utløpet av ravinen og utsatt bebyggelse, vurderer vi det som urealistisk å konstruere an fangvoll som stopper massene på tilgjengelig areal før Veg 600. Dette kan være en mulig løsning for sikring mot 1/100-hendelsen.

Dersom en vollkonstruksjon alene skal sikre området, vurderes en ledevoll som det mest realistiske alternativet av de to, gitt at krav til sikkerhet er S2 (1/1000) eller S3 (1/5000). Ulempen med en ledevoll er at man er mest sannsynlig nødt til å lede skredet over veien og ned mot sjøen. Dette krever fri passasje der det i dag er bebyggelse, i tillegg til at det må legges til rette for at skredet kan krysse veien på en måte som ikke øker risikoen for skred mot vei. Ved dette tiltaket må det derfor forventes et større inngrep i området som helhet.

5.2 Fangnett i ravinen

Utløsningsområdene og skredløpet for sørpeskred er vel definert i terrenget og har lett tilgjengelig adkomst for installasjon og vedlikehold av sikringsløsninger. Vi vurderer tiltak i løsneområdene og skredbanen som gunstige for å redusere sannsynligheten og omfang av sørpeskred. Vi foreslår å etablere et antall nett som spennes på tvers av ravinen, og som dermed skal stoppe sørpeskred i bevegelse og redusere sannsynlighet for utløsning av sørpeskred. Et eksempel på nett er vist i Figur 9. Slike nett har vist seg effektive til å holde igjen skredmasser fra flomskred, samtidig som de hindrer at det bygges opp store poretrykk mot nettene. Nettene er mest benyttet mot flomskred, men det antas at de vil fungere på samme måte mot sørpeskred. Dette er dog aldri testet ut i forsøk, og vi kjenner ikke til etablering av denne typen tiltak mot sørpeskred noe sted i verden. Antall rader med nett er ikke vurdert. Dette må vurderes mer detaljert blant annet basert på terrenghelling og magasinvolum. Man kan vurdere å kombinere fangnett i ravinen med en mindre fangvoll ved utløpet av ravinen.

Vi er usikre på omfanget av aktiv erosjon av løsmasser/dårlig berg i ravinen, men antar dette er begrenset. Aktiv erosjon vil ikke utelukke dette tiltaket, men kan påvirke utførelsen og valg av materiale. Nett kan om nødvendig kombineres og /eller erstattes med kontrolldammer av betong, som i tillegg vil redusere hellingen på ravinen, og dermed ytterligere redusere hastighet og sannsynlighet for utløsning. Kontrolldammene kan utstyres med en gitterstruktur som vil fungere på samme måte som et nett. Det antas likevel behov for å avsette arealer i underkant av ravinen for å fange opp mindre skredmasser. Dette vil vurderes i eventuell videre utredning av denne sikringsløsningen.

Sikring med nett vurderes som den mest aktuelle sikringsmuligheten, spesielt dersom sikkerhetsklasse S1 (1/100) er aktuell, primært på grunn av enkel og skredsikker adkomst ved behov for vedlikehold eller fjerning av masser fra nettene, også vinterstid. Det vurderes også som gunstig å fundamentere nettene til eksisterende fjell som antas å ligge i dagen eller under et tynt løsmassedekke. Erfaring fra arbeidet med sikringsløsningene for Lia har avdekket at det er knyttet en del usikkerheter opp mot fundamentering og fremtidig tining av permafrost i Longyearbyen, og dette må inngå i den endelige vurderingen.



Figur 9: Eksempel på fangnett mot flomskred fra Kollobekken, Otta.

5.3 Aktiv skredforebygging i kombinasjon med andre tiltak

Med aktiv skredforebygging anses aktive tiltak som reduserer risikoen for treff mot personell, bebyggelse eller infrastruktur. Dette er utbredt i alpelandene, og det begynner å bli akseptert med aktiv skredsikring langs veier på fastlandet. I tidligere forprosjektering av sikringsløsninger for andre deler av Longyearbyen er dette ikke godtatt som en permanent sikringsløsning, men utføres i dag som midlertidige tiltak i form av snøskredvarsling og årlig «dosing» av Vannledningsdalen. Likende løsninger med periodisk utgraving av masser kunne være aktuelt for denne skredbanen, da den har lett og skredsikker adkomst vinterstid. Vi ser for oss at det f.eks. kunne vært aktuelt med en gravemaskin som beveger seg langsetter østsiden av ravinen og fjerner masser ved behov. Dette vurderes likevel å være krevende å følge opp over tid.

Det kan også være mulig å detektere sørpeskred langsetter ravinen, men på grunn av høye skredhastigheter, vil man bare få begrenset med tid til å evakuere bygget. Dette vurderes derfor som en lite egnet løsning for bebyggelse, men kan være aktuelt som sikring av vei.

5.4 Dimensjonering av bebyggelse for å tåle skredlaster

På bakgrunn av at den vurderte tomten ligger midt i skredbanen, der hastigheter og krefter fra skredet er størst, antas det at det er urealistisk å dimensjonere bebyggelsen mot kreftene fra et dimensjonerende skred alene. Dette kan likevel være en aktuell sikringsmetode i kombinasjon med andre løsninger som reduserer størrelsen på eventuelle skred, og bør derfor utredes videre.

5.5 Anbefalinger om videre utredning av sikringstiltak

I en eventuell videre utredningen av sikringstiltak anbefaler vi at det utføres et forprosjekt for vurdering av mulige sikringsløsninger opp mot det som blir gjeldende sikkerhetsklasse, samt et kostnadsestimat for ulike løsninger. Deretter må det utføres detaljprosjektering av valgt sikringsløsning.

Det har allerede vært et dialogmøte mellom Skred AS og Statsbygg rundt mulighetene for sikring av bebyggelsen på tomten, og noen av problemstillingene som ble drøftet er oppsummert i Notat 19224-02-1, datert 26.08.2019.

6 Konklusjon

Skred AS har gjennomgått tidligere utførte skredfarevurderinger for ønsket plassering av nytt sjølager for Sysselmannen, inkludert en vurdering av utstrekningen til eksisterende faresoner kartlagt i 2016. Vi vurderer at skredfaren er vesentlig høyere enn forespeilet fra eksisterende faresonekart for det vurderte området. Etter vår vurdering ligger store deler av eksisterende og planlagt utvidet bebyggelse inne i faresonen for skred med årlig sannsynlighet ≥ 1/1000, en større del ligger inne i faresonen for skred med årlig sannsynlighet ≥ 1/5000, og en mindre del ligger inne i faresonen for skred med årlig sannsynlighet ≥ 1/100. Plasseringen tilfredsstiller derfor ikke kravene i TEK17/TEK10 for sikkerhet mot skred for sikkerhetsklasse S2 (1/1000) og S3 (1/5000). Plassering av påbygg/nybygg kan tilfredsstille krav i TEK17/TEK10 for sikkerhet mot skred for sikkerhetsklasse S1 (1/100).

Det vurderte området kan sikres mot skred slik at det tilfredsstiller kravene for sikkerhetsklasse S1, S2 og S3 i Byggteknisk forskrift TEK17/TEK10 § 7-3. Dette kan for eksempel gjøres med en løsning bestående av nett i ravinen, noe som kan redusere utløsningssannsynligheten for en 1/100 sørpeskredhendelse. En ledevoll som leder skredmasser rundt planlagte/eksisterende bygg er også en mulighet, men vil begrense arealet for utbygging på den vurderte tomta, og vil endre skredforholdene på Veg 600. Dersom bebyggelsen på tomten skal tilfredsstille sikkerhetsklasse S1, mener vi at muligheten for sikring er relativt god uten alt for store kostnader, mens kostnadene vil bli relativt store dersom det skal sikres til S2 eller S3.

Dersom man ønsker å gå videre med å sikre det vurderte området mot skred må det utføres en nærmere vurdering av plassering, dimensjonering og valg av sikringstiltak. Skred AS er behjelpelig med videre vurdering av beste sikringskonsept og videre prosjektering av sikringstiltakene.

7 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.

Christen, M., Perry, B., Bühler, Y., Leine, R., Glover, J., Schweizer, A., . . . Volkwein, A. (2012). *Integral hazard management using a unified software environment: numerical simulation tool 'RAMMS' for gravitational natural hazards.* 12th Congress INTERPRAEVENT 2012 – Grenoble / France, Conference Proceedings.

DiBK. (2019). *Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK17)*. Hentet fra https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/

NGI. (1992). *Gamle Longyearbyen - vurdering av skredfare og drivsnø problem i planlagt utbyggingsområde.* NGI Rapport 914030-1, datert 31. juli 1992.

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.

Skred AS og HNIT. (2018). *Svalbard, Longyearbyen - Prosjektering av sikringstiltak, Sukkertoppen og Vannledningsdalen. Forprosjektering av sikringstiltak - Fase B2.* Rapportnr. 18241-03-4.

Svalbardposten. (2012). *Da værgudene slo seg vrange - uka som var skrekkelig våt.* Svalbardposten nr. 5, 3. februar 2012, side 6-9.