EKSTERN RAPPORT

Nr. 25/2022

Faresoneutredning skred i bratt terreng – Svalbard

Skred AS

NVE Ekstern rapport 25/2022
Faresoneutredning skred i bratt terreng – Svalbard

Utgitt av:	Norges vassdrags- og energidirektorat
Forfatter:	Skred AS v/Kalle Kronholm, Kristin B. Lome og Sondre Lunde
Forsidefotograf:	Skred AS

ISBN:	978-82-410-2304-0
ISSN:	2535-8235
Saksnummer:	201605640

Sammendrag: Denne rapporten inneholder utredning av skredfare i bratt terreng på Svalbard, nærmere bestemt for områdene Longyearbyen, Gruve 6, Bolterdalshaugen og Bolterdalen. Utredningen er utført av Skred AS på oppdrag for NVE. Skredfare er utredet både med hensyn til dagens vegetasjonsforhold, samt uten effekt av skog. Det er stor variasjon hvilken skredtype som vurderes å utgjøre den største faren i de forskjellige kartleggingsområdene, men det generelle bildet er at snøskred, sørpeskred, jord- og flomskred er de skredtypene som forekommer hyppigst.

Emneord: Svalbard, Longyearbyen, skredfare, faresoner, snøskred, steinsprang, steinskred, jordskred, flomskred, sørpeskred, skredfarekartlegging, skredfareutredning, TEK17, bratt terreng

Norges vassdrags -og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
E-post: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

Desember 2022

Forord

Et nasjonalt kartgrunnlag – faresonekart skred – er under etablering for områder med stort skadepotensial fra skred i bratt terreng. Økt kunnskap og oversikt gjennom kartlegging av fareutsatte områder er et viktig verktøy og underlag for skredforebyggende arbeid. Hovedmålet med kartleggingen er å bedre grunnlaget for vurdering av skredfare til bruk i arealplanlegging, beredskap mot skred og eventuelle behov for sikringstiltak.

Plan for skredfarekartlegging (NVE rapport 14/2011) legger rammene for kartlegging i årene framover, og er et grunnlag for prioriteringene med hensyn på faresonekartlegging for ulike typer skred. Det er utarbeidet lister med geografiske områder som prioriteres for kartlegging av fare for skred i bratt terreng ved eksisterende bebyggelse.

Denne rapporten presenterer resultatene fra faresonekartlegging av skred på rundt Longyearbyen på Svalbard. Arbeidet er utført av Skred AS.

I kartleggingen inngår utarbeidelse av faresonekart i henhold til kravene i byggteknisk forskrift (TEK17), som viser faresoner for skred med nominell årlig sannsynlighet på 1/100, 1/1000 og 1/5000. Sannsynlighetene gjelder skred som utgjør fare for tap av menneskeliv og skader på bygg.

Skredtypene snø-, sørpe-, stein-, jord- og flomskred er kartlagt.

Oslo, mars 2023

Brigt Samdal
direktør
Skred- og vassdragsavdelingen

Lars Harald Blikra
seksjonssjef
Seksjon for skred

Dokumentet sendes uten underskrift. Det er godkjent i henhold til interne rutiner.

Rapport

Oppdragsgiver	Navn Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Kontaktperson Odd-Arne Mikkelsen
Oppdrag	Nummer og navn 21273 Svalbard – Kartlegging av faresoner for skred	Oppdragsleder Kalle Kronholm
Dokument	Nummer 21273-01-2 Utført av Kalle Kronholm, Kristin B. Lome	Dato 2022-09-29 Kontrollert av Sondre Lunde

Faresoner for skred i bratt terreng for utvalgte områder

Sammendrag

Dette oppdraget er en del av den nasjonale skredfarekartleggingen. Kartleggingen er utført av Skred AS på oppdrag fra NVE, og dekker områdene 1-Longyearbyen, 2-Gruve 6, 3-Bolterdalshaugen og 4-Bolterdalen. Skredtypene snø-, jord-, flom-, sørpe-, steinskred og steinsprang er utredet. Utredning av faresoner for kvikkeleireskred og fjellskred er ikke en del av denne kartleggingen. Samlet skredfare er kartlagt for følgende sikkerhetsklasser med tilhørende årlige sannsynligheter for skred: S1 (≥1/100), S2 (≥1/1000) og S3 (≥1/5000).

Utredningen er utført av fagkyndig personell og følger NVEs veileder Sikkerhet mot skred i bratt terreng - Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak (NVE, 2020). Norges Geotekniske Institutt NGI har utført uavhengig kvalitetssikring.

Relativt store deler av fjellsidene i eller ovenfor nesten alle de kartlagte områdene er bratte nok til å kunne gi skred, og i alle områdene er det kartlagt avsetninger etter tidligere skred. Flere steder strekker skredavsetningene seg ned til bebyggelsen. I flere kartleggingsområder er det også historikk for snøskred, sørpeskred og løsmasseskred som har nådd bebyggelsen.

Snøskred, sørpeskred, jordskred og flomskred er dimensjonerende for faresonene de fleste steder i de kartlagte områdene. Steinsprang og steinskred er ikke dimensjonerende i noen områder. Resultatene fra kartleggingen viser at 9 bygninger ligger innenfor 1/1000-faresonen. På grunn av relativt lite informasjon i tilgjengelig kartgrunnlag og at grunnlaget ikke er oppdatert, er vi usikre på antall bygg og bruken av bygningene.

I områder som kan utsettes for flere typer skred er det den samlede nominelle årlige sannsynligheten for skred som skal legges til grunn. Faresoner for den samlede skredfaren

fastsettes ut fra skredtype med lengst rekkevidde (dimensjonerende skredtype) for henholdsvis 100-, 1000-, og 5000-årsskred og er utarbeidet i henhold til sikkerhetskravene i TEK17, samt NVEs «Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng – Utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak».

Kartleggingen er basert på feltbefaringer, modelleringsarbeid og skredfaglige vurderinger som tar i betraktning lokale forhold. Faresonekartene for skred i bratt terreng har høyere detaljeringsgrad enn de landsdekkende aktsomhetskartene og vil erstatte disse i arealplanleggingen i de kartlagte områdene.

Områder utsatt for skredfare skal avsettes som hensynssone - skredfare på arealplankart, og kan tilknyttes bestemmelser som begrenser eller setter vilkår for arealbruken. Sikkerhetskravene gitt i TEK17 §7-3 skal oppfylles ved nybygg eller ombygging av eksisterende bebyggelse. Dette gjøres ved å plassere byggverket utenfor området som har større skredfare enn TEK17 tillater, eller ved å utføre sikringstiltak eller dimensjonere og konstruere byggverket slik at det tåler belastningene et skred kan medføre.

Faresonene kan også brukes til å planlegge beredskaps- og sikringstiltak.

Innhold

1 Innledning 15
1.1 Bakgrunn 15
1.2 Mål 15
1.3 Kartlagte områder 15
1.4 Om rapporten i forhold til rapportmal i veilederen 17
1.5 Forbehold 18

2 Grunnlagsmateriale og metoder 19
2.1 Krav til sikkerhet mot skred 19
2.1.1 Bygninger 19
2.1.2 Uteareal 19
2.1.3 Aktuelle sikkerhetsklasser 20
2.2 Bakgrunnskart 20
2.3 Digital terrengmodell (DTM) 20
2.4 Aktsomhetsområder 22
2.5 Klimatologiske data 23
2.5.1 Historisk klima 23
2.5.2 Forventet klima og innvirkning på skredfare 26
2.6 Geologi 27
2.6.1 Berggrunn 27
2.6.2 Kvartærgeologi 28
2.7 Skog 28
2.8 Beregninger av utbredelse av snøskred 29
2.8.1 Bruk av alfa-beta-modellen 29
2.8.2 Bruk av RAMMS::Avalanche 29
2.8.3 Utløp av utglidninger i små skrenter 32
2.9 Beregninger av utbredelse av jordskred 32
2.10 Beregninger av utbredelse av flomskred 33
2.11 Beregninger av utbredelse av sørpeskred 33
2.12 Sekundæreffekter 33
2.13 Befaringer 33

3 Område 1A-Gruve 3 35
3.1 Områdebeskrivelse 35
3.1.1 Befaring 37
3.1.2 Flyfoto 38
3.1.3 Topografi 38
3.1.4 Geologi 38
3.1.5 Historiske skredhendelser 38
3.1.6 Tidligere rapporter 39
3.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak 39
3.2 Vurdering av skredfare 39

3.2.1 Steinsprang ... 39
3.2.2 Steinskred ... 41
3.2.3 Snøskred ... 41
3.2.4 Flomskred ... 44
3.2.5 Jordskred ... 44
3.2.6 Sørpeskred ... 44
3.2.7 Sekundærprosesser ... 44
3.3 Samlede faresoner for skred ... 44
3.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger ... 45
3.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet ... 46

4 1B-Frøhvelvet ... 47
4.1 Områdebeskrivelse ... 47
4.1.1 Befaring ... 48
4.1.2 Flyfoto ... 49
4.1.3 Topografi ... 49
4.1.4 Geologi ... 49
4.1.5 Historiske skredhendelser ... 49
4.1.6 Tidligere rapporter ... 49
4.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak ... 49
4.2 Vurdering av skredfare ... 49
4.2.1 Steinsprang ... 49
4.2.2 Steinskred ... 50
4.2.3 Snøskred ... 50
4.2.4 Flomskred ... 51
4.2.5 Jordskred ... 51
4.2.6 Sørpeskred ... 52
4.2.7 Sekundærprosesser ... 52
4.3 Samlede faresoner for skred ... 52
4.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger ... 53
4.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet ... 54

5 1C-Flyplassen ... 55
5.1 Områdebeskrivelse ... 55
5.1.1 Befaring ... 56
5.1.2 Flyfoto ... 57
5.1.3 Topografi ... 57
5.1.4 Geologi ... 57
5.1.5 Historiske skredhendelser ... 57
5.1.6 Tidligere rapporter ... 57
5.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak ... 57
5.2 Vurdering av skredfare ... 58
5.2.1 Steinsprang ... 58
5.2.2 Steinskred ... 58

5.2.3 Snøskred ... 58
5.2.4 Flomskred ... 60
5.2.5 Jordskred ... 60
5.2.6 Sørpeskred ... 61
5.2.7 Sekundærprosesser ... 62
5.3 Samlede faresoner for skred ... 62
5.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger ... 63
5.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet ... 63

6 1D-Blomsterdalen ... 64
6.1 Områdebeskrivelse ... 64
6.1.1 Befaring ... 65
6.1.2 Flyfoto ... 66
6.1.3 Topografi ... 66
6.1.4 Geologi ... 67
6.1.5 Historiske skredhendelser ... 67
6.1.6 Tidligere rapporter ... 68
6.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak ... 68
6.2 Vurdering av skredfare ... 68
6.2.1 Steinsprang ... 68
6.2.2 Steinskred ... 68
6.2.3 Snøskred ... 68
6.2.4 Flomskred ... 68
6.2.5 Jordskred ... 68
6.2.6 Sørpeskred ... 68
6.2.7 Sekundærprosesser ... 69
6.3 Samlede faresoner for skred ... 69
6.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger ... 70
6.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet ... 71

7 1E-Burmavegen og Flyplassvegen ... 72
7.1 Områdebeskrivelse ... 72
7.1.1 Befaring ... 74
7.1.2 Flyfoto ... 74
7.1.3 Topografi ... 75
7.1.4 Geologi ... 75
7.1.5 Historiske skredhendelser ... 75
7.1.6 Tidligere rapporter ... 76
7.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak ... 77
7.2 Vurdering av skredfare ... 77
7.2.1 Steinsprang ... 77
7.2.2 Steinskred ... 78
7.2.3 Snøskred ... 78
7.2.4 Flomskred ... 79

7.2.5 Jordskred 79
7.2.6 Sørpeskred 80
7.2.7 Sekundærprosesser 80
7.3 Samlede faresoner for skred 80
7.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger 81
7.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet 82

8 1F-Sjøområdet 83
8.1 Områdebeskrivelse 83
8.1.1 Befaring 85
8.1.2 Flyfoto 85
8.1.3 Topografi 85
8.1.4 Geologi 85
8.1.5 Historiske skredhendelser 85
8.1.6 Tidligere rapporter 85
8.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak 86
8.2 Vurdering av skredfare 86
8.2.1 Steinsprang 86
8.2.2 Steinskred 86
8.2.3 Snøskred 86
8.2.4 Flomskred 86
8.2.5 Jordskred 86
8.2.6 Sørpeskred 87
8.2.7 Sekundærprosesser 87
8.3 Samlede faresoner for skred 87
8.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger 88
8.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet 88

9 1G-Sverdrupbyen-Skjeringa 89
9.1 Områdebeskrivelse 89
9.1.1 Befaring 91
9.1.2 Flyfoto 91
9.1.3 Topografi 91
9.1.4 Geologi 92
9.1.5 Historiske skredhendelser 92
9.1.6 Tidligere rapporter 93
9.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak 94
9.2 Vurdering av skredfare 94
9.2.1 Steinsprang 94
9.2.2 Steinskred 94
9.2.3 Snøskred 95
9.2.4 Flomskred 96
9.2.5 Jordskred 97
9.2.6 Sørpeskred 98

9.2.7 Sekundærprosesser 98
9.3 Samlede faresoner for skred 98
9.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger 99
9.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet 100

10 1H-Gruvedalen 101
10.1 Områdebeskrivelse 101
10.1.1 Befaring 102
10.1.2 Flyfoto 102
10.1.3 Topografi 103
10.1.4 Geologi 103
10.1.5 Historiske skredhendelser 103
10.1.6 Tidligere rapporter 103
10.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak 104
10.2 Vurdering av skredfare 105
10.2.1 Steinsprang 105
10.2.2 Steinskred 105
10.2.3 Snøskred 105
10.2.4 Flomskred 105
10.2.5 Jordskred 106
10.2.6 Sørpeskred 106
10.2.7 Sekundærprosesser 106
10.3 Samlede faresoner for skred 106
10.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger 107
10.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet 107

11 1J-Sentrum 109
11.1 Områdebeskrivelse 109
11.2 Tidligere rapporter og faresoner 109

12 1K-Nybyen 110
12.1 Områdebeskrivelse 110
12.1.1 Befaring 111
12.1.2 Flyfoto 111
12.1.3 Topografi 111
12.1.4 Geologi 112
12.1.5 Historiske skredhendelser 112
12.1.6 Tidligere rapporter 112
12.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak 114
12.2 Vurdering av skredfare 114
12.2.1 Steinsprang 114
12.2.2 Steinskred 114
12.2.3 Snøskred 114
12.2.4 Flomskred 115

12.2.5 Jordskred 115
12.2.6 Sørpeskred 116
12.2.7 Sekundærprosesser 116
12.3 Samlede faresoner for skred 116
12.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger 117
12.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet 118

13 Område 2-Gruve 6 119
13.1 Områdebeskrivelse 119
13.1.1 Befaring 121
13.1.2 Flyfoto 121
13.1.3 Topografi 121
13.1.4 Geologi 122
13.1.5 Historiske skredhendelser 122
13.1.6 Tidligere rapporter 122
13.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak 124
13.2 Vurdering av skredfare 124
13.2.1 Steinsprang 125
13.2.2 Steinskred 126
13.2.3 Snøskred 126
13.2.4 Flomskred 127
13.2.5 Jordskred 130
13.2.6 Sørpeskred 130
13.2.7 Sekundærprosesser 131
13.3 Samlede faresoner for skred 131
13.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger 132
13.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet 133

14 Område 3-Bolterdalshaugen 134
14.1 Områdebeskrivelse 134
14.1.1 Befaring 134
14.1.2 Flyfoto 137
14.1.3 Topografi 137
14.1.4 Geologi 137
14.1.5 Historiske skredhendelser 137
14.1.6 Tidligere rapporter 137
14.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak 140
14.2 Vurdering av skredfare 140
14.2.1 Steinsprang 140
14.2.2 Steinskred 141
14.2.3 Snøskred 141
14.2.4 Flomskred 143
14.2.5 Jordskred 144
14.2.6 Sørpeskred 145

14.2.7 Sekundærprosesser 145
14.3 Samlede faresoner for skred 146
14.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger 147
14.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet 148

15 Område 4-Bolterdalen 149
15.1 Områdebeskrivelse 149
15.1.1 Befaring 149
15.1.2 Flyfoto 152
15.1.3 Topografi 152
15.1.4 Geologi 152
15.1.5 Historiske skredhendelser 153
15.1.6 Tidligere rapporter 154
15.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak 154
15.2 Vurdering av skredfare 154
15.2.1 Steinsprang 154
15.2.2 Steinskred 155
15.2.3 Snøskred 155
15.2.4 Flomskred 156
15.2.5 Jordskred 157
15.2.6 Sørpeskred 158
15.2.7 Sekundærprosesser 158
15.3 Samlede faresoner for skred 158
15.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger 159
15.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet 159

16 Referanseliste 160

Figurer

Figur 1: Oversiktskart over de kartlagte områder. 16
Figur 2: Kartleggingsområde 1-Longyearbyen er inndelt i mindre områder. 17
Figur 3: Utsnitt av skyggekart fra terrengmodellen S2008. Den dekker bare deler av område 1-Longyearbyen, og ikke øvre del av fjellsiden i for eksempel Longyeardalen. 22
Figur 4: Utsnitt av skyggekart fra terrengmodellen S2009, fra samme område som vist i Figur 3. Denne modellen er mindre detaljert enn S2008, men dekker hele fjellsiden i alle områder. 22
Figur 5: Klima ved stasjon 99860 Longyearbyen. Fra (NGI, 2018a). 24
Figur 6: Klima ved stasjon 99840 Svalbard Lufthavn. Fra (NGI, 2018a). 25
Figur 7: Berggrunnsgeologi i kartleggingsområdene. Lagene består av Grønn (nederst): Carolinefjellformasjonen, Oransje: Firkantformasjonen, Lys oransje: Basilikformasjonen og Gul (øverst): Grumantby- og Hollendardalsformasjonen. Fra https://geokart.npolar.no/ (Norsk Polarinstitutt, 2021b). 28

Figur 8: Eksempel på differensiering av løsneområder for snøskred med årlig sannsynlighet 1/100 (minste områder), 1/1000 og 1/5000 (største områder). Fra Skytebanegropa i kartleggingsområde 1A. 30
Figur 9: Kartleggingsområde 1A-Gruve 3 sett mot vest. 35
Figur 10: Kartleggingsområde 1A-Gruve 3 sett mot øst. 36
Figur 11: Kartleggingsområde 1A-Gruve 3. Påvirkningsområdet dekker en stor del av platået mot sør, som ikke er vist fullstendig. Tidligere utarbeidede faresoner er vist med linjer (NVE, 2016). 37
Figur 12: Ryggen mellom de to botnene har kildeområder for steinsprang. Bilde tatt mot sørøst. 40
Figur 13: Kildeområder for steinsprang i ryggene mellom de små skålene i begge botner. Her vises fjellsiden sørøst for deponiet i Skytebanegropa. 40
Figur 14: Skytebanegropa, der størsteparten av fjellsiden er løsneområde for snøskred. Merk flere små, våte snøskred, trolig utløst av skavlbrudd. 42
Figur 15: Den vestlige gropa, der en del av fjellsiden er bratt med små rygger i fallinja, og en del er mindre bratt og uten markerte rygger. 42
Figur 16: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 1A-Gruve 3. Dimensjonerende skredtype er snøskred. 45
Figur 17: Foto av kartleggingsområde 1B-Frøhvelvet og fjellsiden ovenfor. Bilde tatt mot øst. 47
Figur 18: Kartleggingsområde 1B-Frøhvelvet. Påvirkningsområdet dekker en stor del av platået mot sør, som ikke er vist fullstendig. 48
Figur 19: Inngangen til frøhvelvet og fjellsiden ovenfor. Øvre og nedre løsneområder for snøskred er indikert. Bilde tatt mot sørøst. 50
Figur 20: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 1B-Frøhvelvet. Dimensjonerende skredtype er snøskred, men vest av frøhvelvet utgjør flomskred og jordskred også en betydelig fare. 53
Figur 21: Bilde av kartleggingsområde 1C-Flyplassen. Bilde tatt mot øst. 55
Figur 22: Kartleggingsområde 1C-Flyplassen. Påvirkningsområdet er primært kartleggingsområdene 1A og 1B, som ikke vises fullstendig. Tidligere utarbeidede faresoner er vist med linjer (NVE, 2016). 56
Figur 23: Foto av løsneområder for snøskred ovenfor fritidsboligene i den vestlige del av kartleggingsområde 1C-Flyplassen. Bilde tatt mot sør. 59
Figur 24: Dronebilde av nedre skrent. Sett nedover og mot vest. 60
Figur 25: Foto av sørpeskredet 5. juni 2013, som skadet en fritidsbolig. Bilde oversendt av Holt Hancock, tatt av Wesley Farnsworth. 62
Figur 26: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 1C-Flyplassen. Dimensjonerende skredtype er en kombinasjon av sørpeskred, flomskred og jordskred. I området nedenfor Svalsat-vegen er snøskred og jordskred dimensjonerende. 63
Figur 27: Foto av Blomsterdalen, som er løsneområde for sørpeskred ned mot kartleggingsområde 1D-Blomsterdalen. Bilde tatt mot sør. 64

Figur 28: Kartleggingsområde 1D-Blomsterdalen. Påvirkningsområdet dekker en stor del av platået mot sør og vest, og er ikke vist fullstendig. Tidligere utarbeidede faresoner er vist med linjer (NVE, 2016). 65
Figur 29: A) Høydeprofil og B) og beregnet terrenghelning langs dalbunnen i Blomsterdalen og Vannledningsdalen. 67
Figur 30: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 1D-Blomsterdalen. Dimensjonerende skredtype er sørpeskred, men nedenfor skrenten sør for elvesletta utgjør flomskred, jordskred og mindre utglidninger av snøskred også en fare. 70
Figur 31: Bilde av Flyplassvegen og «nedre skrent». Bilde tatt mot nordvest. 72
Figur 32: Foto av Burmavegen og terrenget i kartleggingsområdet. Bilde tatt mot nordvest. 73
Figur 33: Kartleggingsområde 1E-Burmavegen og Flyplassvegen. Påvirkningsområdet dekker en stor del av fjellsiden mot sør og vest, og er ikke vist fullstendig. Tidligere utarbeidede faresoner er vist med linjer (NVE, 2016). 74
Figur 34: Faresonen 1/1000 fra NGI (2008) vist med grønn linje. 76
Figur 35: Faresoner fra Rambøll Norge AS (2015). 77
Figur 36: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 1E-Burmavegen og Flyplassvegen. Dimensjonerende skredtype er sørpeskred og steinsprang. 81
Figur 37: Kartleggingsområde 1F-Sjøområdet. Tidligere utarbeidede faresoner er vist med linjer (NVE, 2016). 83
Figur 38: Skråningene nedenfor Taubanestasjonen. Bilde tatt mot sør. 84
Figur 39: Sikringstiltak i skrenten ned mot renseanlegget og energiverket. 84
Figur 40: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 1F-Sjøområdet. 88
Figur 41: Kartleggingsområde 1G-Sverdrupbyen-Skjeringa. Påvirkningsområdet dekker en stor del av platået på Sverdruphamaren mot vest og nord, og er ikke vist fullstendig. Tidligere utarbeidede faresoner er vist med linjer (NVE, 2016). 89
Figur 42: Oversiktsbilde av den sørlige del av kartleggingsområde 1G. Bilde tatt mot vest. .. 90
Figur 43: Oversiktsbilde over den nordlige del av kartleggingsområde 1G. Bilde tatt mot nord. 90
Figur 44: Markert rygg mellom to skål-former i det nedre klippebånd. Bilde tatt mot nord. . 92
Figur 45: Dronefoto av avsetninger av flomskred, jordskred og steinskred på vifta ved kirkegården. 97
Figur 46: Sprekker i løsmassene i fjellsiden ovenfor kirkegården. 98
Figur 47: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 1G-Sverdrupbyen-Sjøområdet. 99
Figur 48: Bilde av kartleggingsområdet 1H-Gruvedalen og fjellsiden ovenfor. Bilde tatt mot vest. 101
Figur 49: Kartleggingsområde 1H-Gruvedalen. Påvirkningsområdet dekker en stor del av fjellsiden opp mot Sukkertoppen. Tidligere utarbeidede faresoner er vist med linjer (NVE, 2016). 102
Figur 50: Utsnitt av faresoner med årlig sannsynlighet 1/1000, utarbeidet av Barlindhaug Consult AS og NGI (2007). Fra figurteksten i rapporten: «Rekkevidde av hhv snøskred (rød) og flomskred (blå) uten bebyggelse (ca.)». 104

Figur 51: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 1H-Gruvedalen. Dimensjonerende skredtyper er snøskred og flomskred/sørpeskred. 107
Figur 52: Støtteforbygninger etablert i fjellsiden der snøskredet løsnet i 2015, og fangvoll i foten av fjellsiden. Bilde tatt mot vest. 109
Figur 53: Kartleggingsområde 1K-Nybyen. Påvirkningsområdet dekker en stor del av platået mot sør og vest, og er ikke vist fullstendig. Tidligere utarbeidede faresoner er vist med linjer (NVE, 2016). 110
Figur 54: Foto av kartleggingsområde 1K-Nybyen med fjellsiden ovenfor. Bilde mot øst. ... 111
Figur 55: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 1K-Nybyen. 117
Figur 56: Kartleggingsområdene 2-Gruve 6 og 3-Bolterdalshaugen med påvirkningsområdet. Tidligere utarbeidede faresoner oversendt av LL (Longyearbyen Lokalstyre, 2021) er vist med linjer. 120
Figur 57: Bilde av øvre deler av kartleggingsområde 2-Gruve 6, samt fjellsiden ovenfor. Øvre avgrensning av området er omtrentlig indikert med rød stiplet linje. Bilde tatt mot sør. 121
Figur 58: Kartleggingsområdene i Todalen og Bolterdalen beskrevet i NVE (2016). Utsnitt fra kart nummer A-5 i NVE (2016). Fritidsboligen vurdert av Rambøll i 2021 er indikert med pil. 123
Figur 59: Faresonekart for den ene fritidsboligen i kartleggingsområdet. Etter Rambøll Norge AS (2021)..... 124
Figur 60: Øvre del av fjellsiden ovenfor kartleggingsområdet. Løsneområder for steinsprang (rød polygon), flomskred (oransje polygoner) og snøskred (blå polygoner) er indikert. Bilde tatt mot sør..... 125
Figur 61: Løsneområder for snøskred i fjellsiden ovenfor område 2-Gruve 6, med vindtransport av snø fra ulike retninger (piler) og avsetningsområder (ovaler merket 1-5)..... 127
Figur 62: Spor etter flomskred indikert med røde ovaler. Sporene i to av områdene er best synlig på flyfoto, da de lå under snøen på befaringstidspunktet. Bilde tatt mot nordvest..... 129
Figur 63: Løsneområder og skredbaner for flomskred i fjellsiden ovenfor område 2-Gruve 6. Bilde tatt mot sør..... 130
Figur 64: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 2-Gruve 6. Dimensjonerende skredtyper er snøskred og flomskred..... 132
Figur 65: Den sørlige delen av kartleggingsområde 3-Bolterdalshaugen og fjellsiden ovenfor. Bilde tatt mot vest. 135
Figur 66: Den nordlige del av kartleggingsområde 3-Bolterdalshaugen og fjellsiden ovenfor. Bilde tatt mot sørvest. 136
Figur 67: Nedre del av kartleggingsområde 3-Bolterdalshaugen. Bilde tatt mot sør. 136
Figur 68: Figur 9 i Multiconsult (2018). 139
Figur 69: Voll i fjellsiden ovenfor den øverste hundegård i kartleggingsområde 3-Bolterdalshaugen. Bilde tatt mot vest..... 140

Figur 70: De mest sannsynlige løsneområder for snøskred i den sørlige del av fjellsiden ovenfor område 3-Bolterdalshaugen. For løsneområde 1, se Figur 70. Bilde tatt mot sørvest. 142
Figur 71: De mest sannsynlige løsneområder for snøskred i den nordlige del av fjellsiden ovenfor område 3-Bolterdalshaugen. For nærmere detaljert inntegning av løsneområde 3, 4 og 5, se Figur 69. Bilde tatt mot sør. 142
Figur 72: Nedre del av grøfta som leder vann forbi deponiet. I grøfta og ved utløpet i det slake terrenget, vil flom være en sekundæreffekt av vannrelaterte skred ned mot Bolterdalshaugen. Bilde tatt mot nordvest. 146
Figur 73: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 3-Bolterdalshaugen. Dimensjonerende skredtyper er snøskred og flomskred. 147
Figur 74: Kartleggingsområde 4-Bolterdalen. Merk at dagens vei til Gruve 7 var under bygging når kartet ble laget, og at terrengmodellen derfor ikke er oppdatert. Flyfoto viser heller ikke dagens situasjon med ny veg til Gruve 7 riktig. 150
Figur 75: Oversiktsbilde over kartleggingsområde 4-Bolterdalen. Bilde tatt mot øst. 151
Figur 76: Oversiktsbilde over nedre del av kartleggingsområde 4-Bolterdalen. Bilde tatt mot nord. 151
Figur 77: Skrenten i nedre del av kartleggingsområde 5-Bolterdalen. Bilde tatt mot sør. 152
Figur 78: Sigesprekk ovenfor vegen til Gruve 7. Bilde tatt mot sørøst. 153
Figur 79: Løsneområder for snøskred ovenfor kartleggingsområde 4-Bolterdalen. 155
Figur 80: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 4-Bolterdalen. Dimensjonerende skredtyper er snøskred og flomskred. 159

Tabeller

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 § 7-3 (DiBK, 2021). 19
Tabell 2: Oversikt over tilgjengelige terrengmodeller. 21
Tabell 3: Maksimale observerte nedbørmengder over 3 døgn for månedene januar, februar, mars, april, november og desember. Data fra eklima.met.no. 25
Tabell 4: Ekstremverdianalyse av 3-døgnsnedbør fra eklima.met.no for månedene januar, februar, mars, april, november og desember. 26
Tabell 5: Verdier for bruddhøyde d_0 brukt til beregninger av utløpslengde med RAMMS for snøskred. 32
Tabell 6: Beskrivelse til registrerte GPS punkt. 34
Tabell 7: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene for snøskred i område 1A-Gruve 3. 43
Tabell 8: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene for snøskred i område 1B-Frøhvelvet. 51
Tabell 9: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene for snøskred i område 1C. 59
Tabell 10: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene for snøskred i område 1E. 79

Tabell 11: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene for snøskred i område 1G. Merk at X og Y angir de ulike numre i kart i vedlegget. 95
Tabell 12: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene for snøskred i område 1H. 105
Tabell 13: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene for snøskred i område 1K-Nybyen. Ingen beregninger er utført for de øvre løsneområder. 115
Tabell 14: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene. 127
Tabell 15: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene. 143
Tabell 16: Skredhendelser registrert i kartleggingsområde 4-Bolterdalen..... 154
Tabell 17: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene for snøskred i område 4-Bolterdalen. 156

Vedlegg

1) Longyearbyen
    a. Bilder
    b. Helningskart
    c. Registreringskart
    d. Kvartærgeologiske kart utarbeidet av NGU
    e. Modelleringsresultater
    f. Faresoner
2) Gruve 6
    a. Bilder
    b. Helningskart
    c. Registreringskart
    d. Modelleringsresultater
    e. Faresoner
3) Bolterdalshaugen
    a. Bilder
    b. Helningskart
    c. Registreringskart
    d. Modelleringsresultater
    e. Faresoner
4) Bolterdalen
    a. Bilder
    b. Helningskart
    c. Registreringskart
    d. Kvartærgeologisk kart «ROS Foxdalen»
    e. Modelleringsresultater
    f. Faresoner
5) Uavhengig kvalitetssikring.
6) Egenerklæringsskjema.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

NVE sørger for å utrede og kartlegge fare for skred for utsatt bebyggelse i hele landet (NVE, 2011). Dette oppdraget er en del av den nasjonale skredfarekartleggingen. Kartleggingen er utført av Skred AS på oppdrag fra NVE.

Denne utredningen er utført av fagkyndig personell og følger NVEs veileder Sikkerhet mot skred i bratt terreng - Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak (NVE, 2020).

Skredtypene snø-, jord-, flom-, sørpe-, steinskred og steinsprang er utredet.

1.2 Mål

I henhold til kravspesifikasjonen for oppdraget skal samlet skredfare kartlegges for følgende sikkerhetsklasser med tilhørende årlige sannsynligheter for skred: S1 (1/100), S2 (1/1000) og S3 (1/5000).

Utredninger og leveranser skal følge kravene gitt i NVEs veileder Sikkerhet mot skred i bratt terreng - Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak (NVE, 2020) samt ytterligere spesifikasjoner gitt i oppdragets kravspesifikasjon.

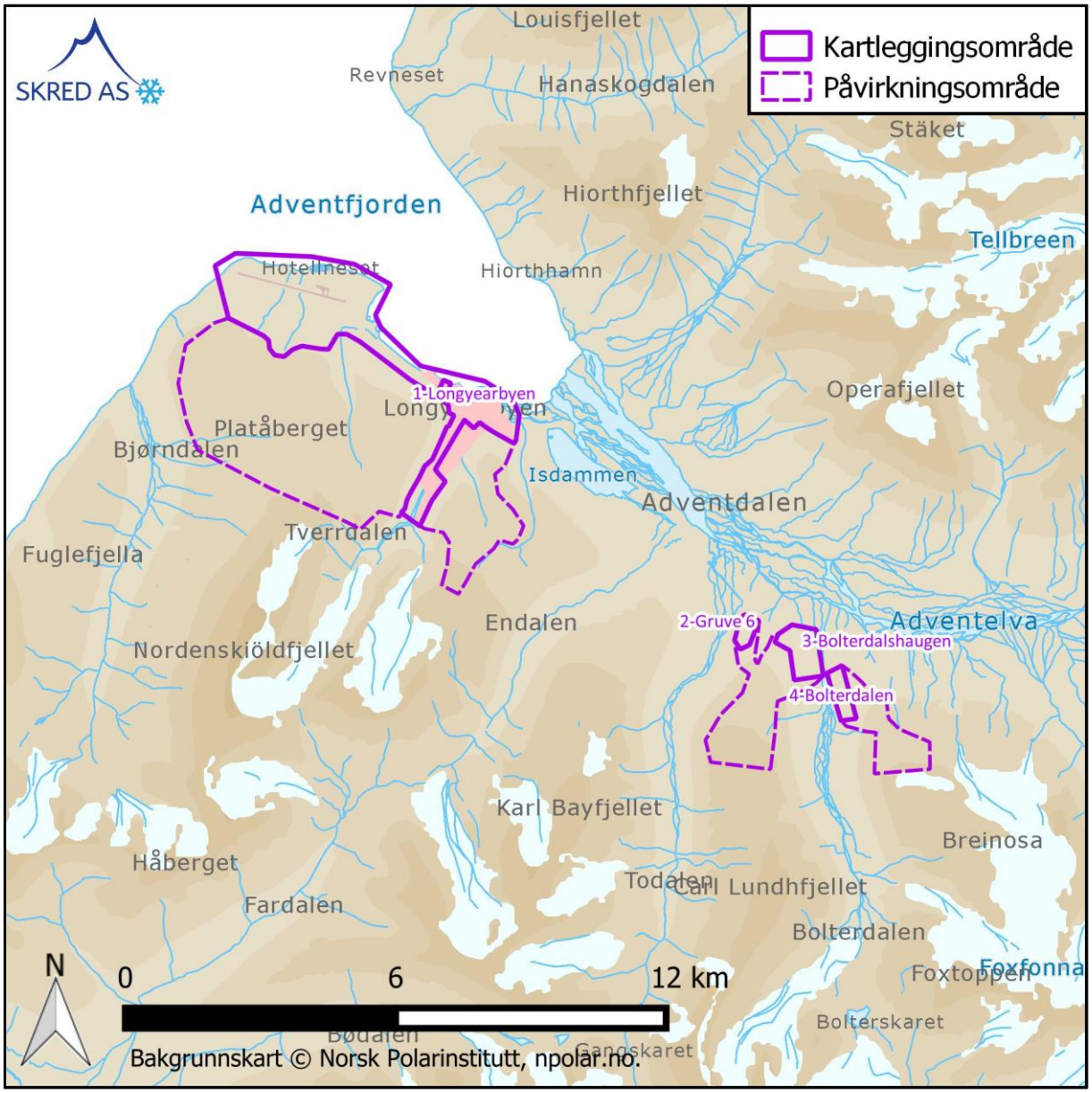
1.3 Kartlagte områder

Skredfareutredning for utvalgte områder (Figur 1):

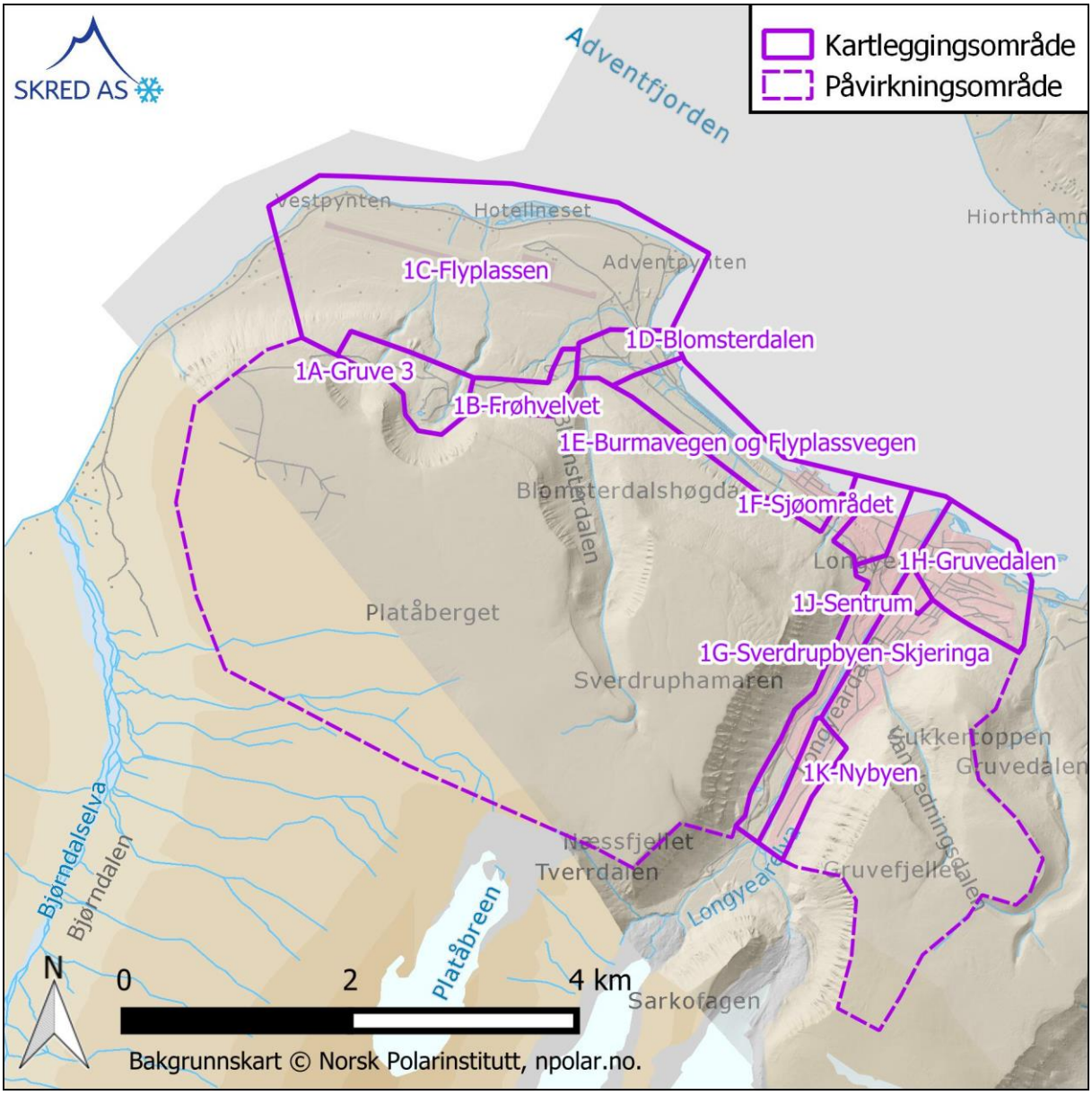
1-Longyearbyen
2-Gruve 6
3-Bolterdalshaugen
4-Bolterdalen

Område 1-Longyearbyen er stort, med ulike skredforhold. Derfor har vi valgt å dele inn dette området i følgende delområder med mer like skredforhold (Figur 2):

1A-Gruve 3
1B-Frøhvelvet
1C-Flyplassen
1D-Blomsterdalen
1E- Burmavegen og Flyplassvegen
1F-Sjøområdet
1G-Sverdrupbyen-Skjeringa
1H-Gruvedalen
1J-Sentrum
1K-Nybyen



Figur 1: Oversiktskart over de kartlagte områder.



Figur 2: Kartleggingsområde 1-Longyearbyen er inndelt i mindre områder.

1.4 Om rapporten i forhold til rapportmal i veilederen

Denne rapporten bygger på rapportmal lastet ned fra NVE sin veileder for skred i bratt terreng (NVE, 2020) 2021-09-06, og tilpasset på følgende måter:

- Rapporten er bygd opp som vanlige Skred AS rapporter, og følger dermed våre vanlige rutiner for intern kvalitetssikring, der malen utgjør en betydelig del.
- Vår vanlige rapportmal dekker alle kapitler fra NVE sin rapportmal, men i litt annen rekkefølge.
- Vår rapportmal inneholder flere kapitler enn NVE sin rapportmal.

1.5 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 terreng og vegetasjon slik det ble observert på befaring, på tilgjengelige flyfoto, og på kotegrunnlag. Hvis terreng eller vegetasjon endres betydelig, kan det ha betydning for skredforholdene. Da anbefales det å utføre en ny vurdering.

Terrengmodellene brukt er de beste vi har tilgang på, men er allikevel av betydelig dårligere kvalitet enn det som er vanlig på fastlandet. Det vil være større usikkerheter rundt modellresultater og tolkning av terrengformer her enn i områder med en bedre terrengmodell.

2 Grunnlagsmateriale og metoder

2.1 Krav til sikkerhet mot skred

I oppdraget inngår en vurdering av sikkerhetskravet for eksisterende bygninger i forhold til dagens krav i TEK17 § 7-3. Eksisterende bygninger som ikke tilfredsstiller dagens krav til sikkerhet mot skred (gitt at de skal tilfredsstille kravene for nybygg) skal identifiseres.

Byggteknisk forskrift TEK17 § 7-3 definerer krav til sikkerhet mot skred for nybygg og tilhørende uteareal (Tabell 1). 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.

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 § 7-3 (DiBK, 2021).

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

2.1.1 Bygninger

I veilederen til TEK17 gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for skred (DiBK, 2021).

I **sikkerhetsklasse S1** inngår byggverk der det normalt ikke oppholder seg personer og der det er små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Garasjer, 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. Eneboliger, fritidsboliger 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

2.1.2 Uteareal

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 uteareal.

2.1.3 Aktuelle sikkerhetsklasser

Kartgrunnlaget for eksisterende bygninger i de kartlagte områdene er ikke oppdatert (se avsnitt 2.2 nedenfor). Det vil derfor være noe usikkerhet rundt antall bygg som ligger i de ulike faresonene. For flere av de eksisterende bygningene er vi dessuten usikre på hvilken sikkerhetsklasse de skal tilfredsstille.

I de kartlagte områdene inngår det vanlige bolighus og fritidsboliger. For disse er sikkerhetskravene forholdsvis tydelige.

I flere av kartleggingsområdene er det hundegårder. Vi er usikre på hvilke sikkerhetskrav disse skal tilfredsstille. Områdene med hundegårder er stengt tatt uteareal, men samtidig er det både levende vesener her i store deler av vinteren, og dels er det en del personopphold, i perioder kanskje flere titalls personer. Perioder med stort personopphold vil dog mest sannsynlig ikke sammenfalle med perioder med størst skredfare, da det ofte er svært dårlig vær. Det kan argumenteres for både S1, S2 og S3 for arealer med hundegårder.

Vurderingen av sikkerhetsklasse for deponiene er vi også usikre på. Dette er også uteområder, men her må man muligens vurdere også personopphold på deponiene, samt mulighet for utslipp av farlige stoffer.

2.2 Bakgrunnskart

Vi har brukt bakgrunnskart tilgjengelige i WMS og WMTS format på https://geodata.npolar.no/ (Norsk Polarinstitutt, 2021a). Flyfoto er også tilgjengelig som en WMS tjeneste. Det er ikke tydelig når flyfoto er tatt, men etter samtale med lokale, mener de flere foto rundt Bolterdalen og Todalen er tatt i 2009.

Vi er ikke kjent med at det er et overordnet FKB datasett over bygninger tilgjengelig for Svalbard. I stedet har vi fra Longyearbyen Lokalstyre (LL) fått oversendt data med bygninger i kartleggingsområdene. Ifølge LL er datasettet relativt oppdatert for Longyearbyen, men mindre oppdatert for bebyggelsen i kartleggingsområdene 2-Gruve 6, 3-Bolterdalshaugen, og 4-Bolterdalen. Det er flere bygninger som ikke er registrert i datasettet, blant annet flere bygninger på Bolterdalshaugen. Antall bygninger i de relevante faresoner er derfor i stor grad basert på våre observasjoner i felt, og ikke datasettet oversendt fra LL.

2.3 Digital terrengmodell (DTM)

Vi har fått oversendt fire terrengmodeller fra NVE (Tabell 2). Alle er © Longyearbyen lokalstyre, Norsk Polarinstitutt, Store Norske, Sysselmannen på Svalbard, Telenor, og merket med «Versjon: Mai 2017». I beskrivelsen står det videre at «KARTDATAENE ER IKKE NØDVENDIGVIS OPPDATERT», noe som stemmer, for eksempel i kartleggingsområde 4-Bolterdalen, der flere veier og terrenginngrep ikke er med i terrengmodellen. Vi har brukt de oversendte raster-modellene, og ikke bearbeidet de videre.

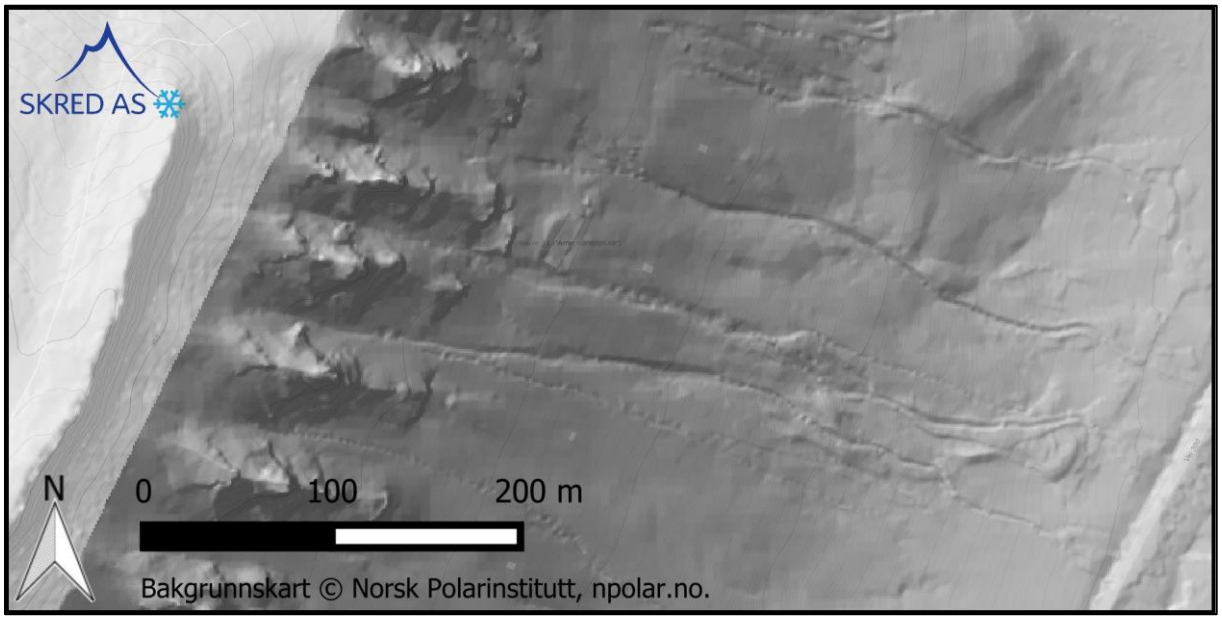
Den mest detaljerte terrengmodellen er «DTM_S2008_13651_LYB_FKB-B_Terratec.tif», videre kalt S2008 (detaljutsnitt i Figur 3). Terrengmodellen dekker bare terrenget rundt område 1-Longyearbyen, og da bare de nedre deler av fjellsiden i for eksempel Longyeardalen (Figur 3). Avledede skyggekart fra denne terrengmodellen er brukt som grunnlag for tolkning av skredrelaterte terrengformer i nedre del av fjellsidene. Da terrengmodellen ikke dekker øvre deler av løsneområdene, er den ikke brukt som grunnlag for beregninger av skredutløp.

Terrengmodellen S2009 er mindre detaljert enn S2008 (Figur 3, Figur 4), men dekker alle fjellsider i de kartlagte områder, og hovedparten av på virkningsområdene. Denne terrengmodellen er derfor brukt som grunnlag for modelleringene av utløpslengde av skred.

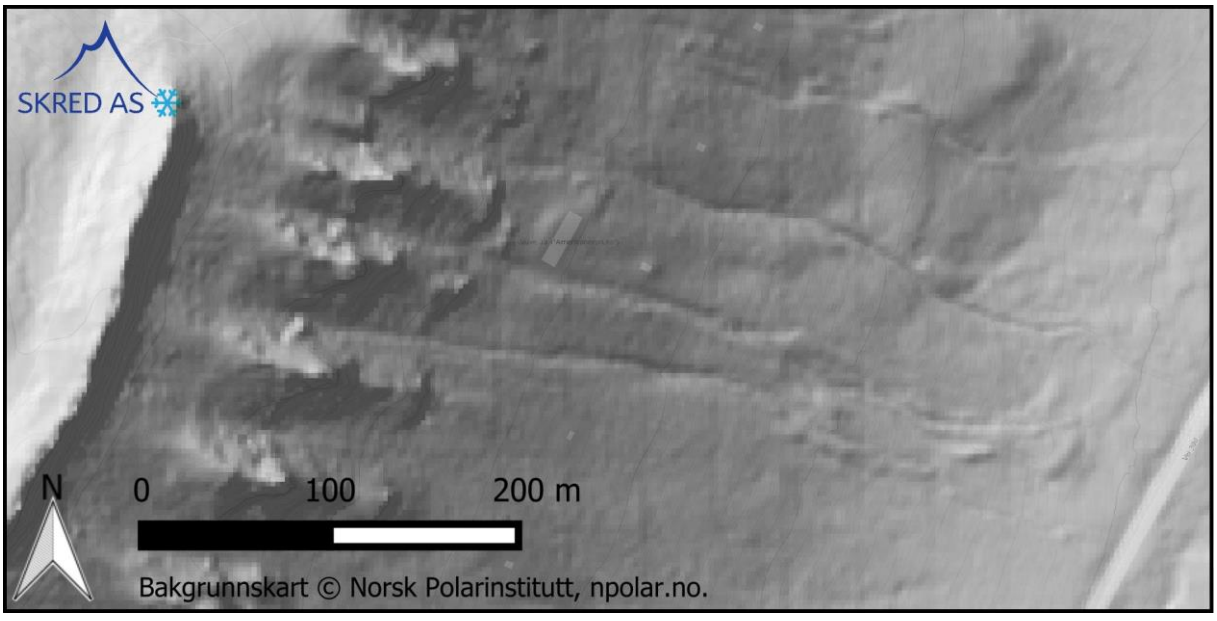
Terrengmodellen med filnavn «DTM_s2011_13835_LYB_FKB-BC_NP.tif» er ikke brukt, da den dekker bare en liten del av kartleggings- og påvirkningsområdene. Terrengmodellen «DTM_25181.dtm» virker å være bra noen steder, men dårlig andre steder. Den er derfor ikke brukt i videre analyser.

Tabell 2: Oversikt over tilgjengelige terrengmodeller.

Mappenavn	Filnavn	Opp-løsning	Koordinatsystem	Kommentar
Fkb-b-DTM	DTM_S2008_13651_LYB_FKB-B_Terratec.tif	1 m x 1 m	SOSI Koordsys 23 (UTM sone 33 basert på EUREF89/WGS84)	Kortnavn i rapport: «S2008». Dekker bare nedre deler av område 1-Longyearbyen.
NP-DTM	DTM_s2009_13835_LYB_FKB-BC_NP.tif	2,5 m x 2,5 m	SOSI Koordsys 23 (UTM sone 33 basert på EUREF89/WGS84)	Kortnavn i rapport: «S2009»
NP-DTM	DTM_s2011_13835_LYB_FKB-BC_NP.tif	2,5 m x 2,5 m	SOSI Koordsys 23 (UTM sone 33 basert på EUREF89/WGS84)	Ikke brukt, da den ikke dekker relevant område.
FKB-B_2011ajour	DTM_25181.dtm	2 m x 2 m	UTM sone 33 basert på EUREF89	Vi har fått NVE til å lage en TIFF raster av dette datasettet. Deler av modellen ser bra ut, men kvaliteten er ikke jevn. Den er derfor ikke brukt.



Figur 3: Utsnitt av skyggekart fra terrengmodellen S2008. Den dekker bare deler av område 1-Longyearbyen, og ikke øvre del av fjellsiden i for eksempel Longyeardalen.



Figur 4: Utsnitt av skyggekart fra terrengmodellen S2009, fra samme område som vist i Figur 3. Denne modellen er mindre detaljert enn S2008, men dekker hele fjellsiden i alle områder.

2.4 Aktsomhetsområder

Det finnes ikke aktsomhetssoner for Svalbard.

2.5 Klimatologiske data

2.5.1 Historisk klima

Det er gjort en lang rekke klimaanalyser for skredfarekartlegging i og rundt Longyearbyen, både av klima generelt, og med tanke på skred. Et nyere eksempel på en generell klimaanalyse er Delrapport 1, «Klimascenarioer for Longyearbyen-området, Svalbard» utarbeidet for Statsbygg av Meteorologisk institutt (Isaksen et al., 2017). I den analyseres både historisk klima og forventet klimautvikling. Som grunnlag for den nyeste klimarapporten (nevnt i avsnitt 2.5.2 nedenfor), er det gjort en analyse av ekstremnedbør på Svalbard (Dobler et al., 2019). Her konkluderes det med at perioder med mye nedbør skjer primært i situasjoner med vind fra sørvest, men også fra sør og vest.

De klimatiske forholdene rundt Longyearbyen er godt dokumentert og analysert. Allikevel er det vanskelig å beskrive spesielt vind og nedbør i området, blant annet fordi:

- Vind kanaliseres av dalene.
    - Stasjoner som ligger i dalbunner, vil derfor være preget at vindretninger som er enten «inn» eller «ut» i dalen. Dette kan dog være riktig i forhold til avsetningsforhold for snø ved krysslagring i fjellsidene, men kun relevant for den dalen hvor stasjonen er plassert.
    - Stasjoner som ligger på platåene, vil ha vindretning som stemmer bedre med de overordnede vindforhold. Dette kan gi indikasjoner for hvilke retninger snø fraktes over platåene og inn i løsneområder for snøskred.
- Lengden på målestasjoner er generelt kort, sett opp mot kravene i TEK17 § 7-3, spesielt med tanke på hendelser med årlig sannsynlighet på 1/1000 og 1/5000.
- Flere av stasjonene med lengst tidsserie, blant annet den som nå står på Longyearbyen flyplass, har blitt flyttet. Det betyr at de lokale forholdene har endret seg gjennom stasjonens måleperiode.
- Det er mye vind på Svalbard, og nedbørmålinger i perioder med mye vind gir usikre målinger. Dette gjelder spesielt for nedbør som snø.

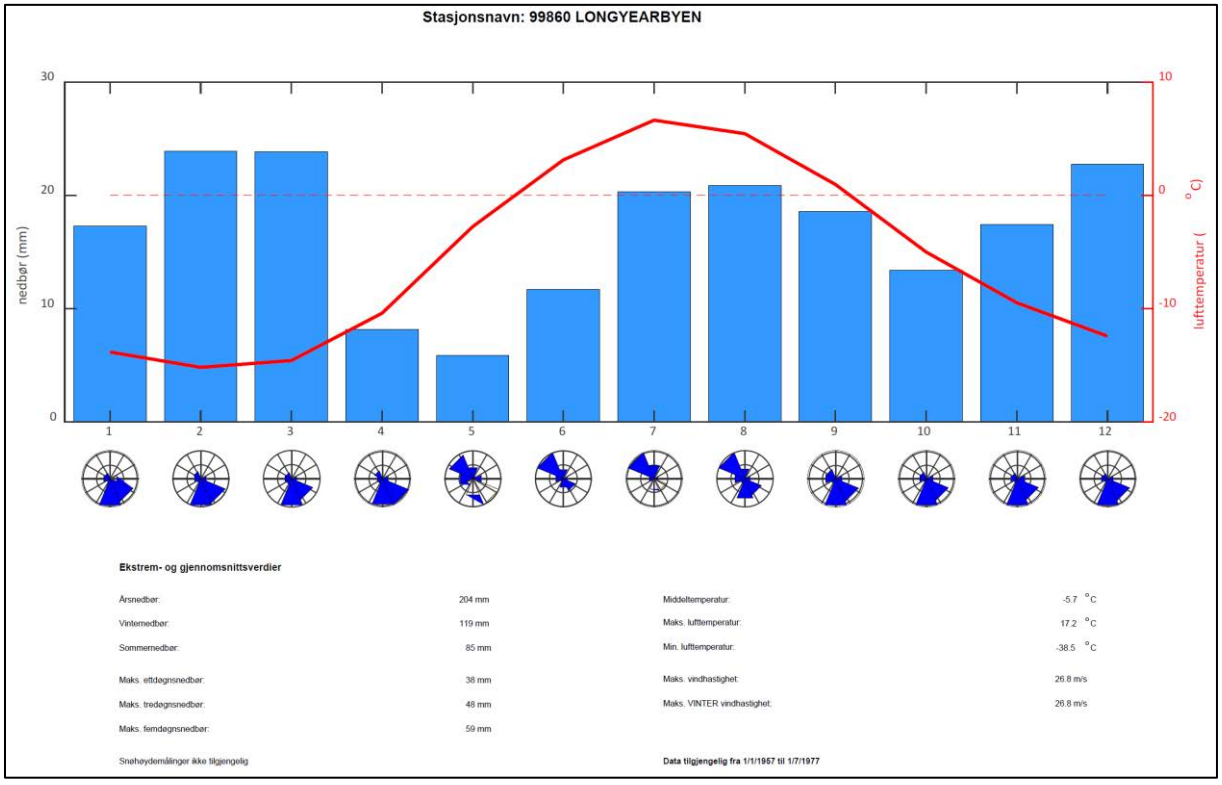
Av klimaanalyser relatert til skredfare for Longyearbyen og området rundt kan følgende nevnes:

- I forbindelse med kartlegging av skredfare for Longyearbyen, Todalen og Bolterdalen ble det gjort en klimaanalyse av data fra blant annet Longyearbyen flyplass (NVE, 2016). Ekstremverdier for nedbør er gitt, samt fremherskende vindretning ved Longyearbyen flyplass.
- I forbindelse med skredvurdering ved Longyearbyen havn gjorde Rambøll en klimaanalyse av nedbørmålinger, og temperatur fra Svalbard lufthavn, samt en analyse av vind fra en ikke-definert stasjon i Adventdalen (Rambøll Norge AS, 2015). Snødybder ved Svalbard flyplass er analysert sammen med normalverdier for nedbør og temperatur, og vindforhold i Adventdalen.
- For vurderinger knyttet til design av sikringstiltak for sentrumsområdet utarbeidet fire grupper egne klimaanalyser (NVE, 2018). Det ble da sett på ulike værstasjoner

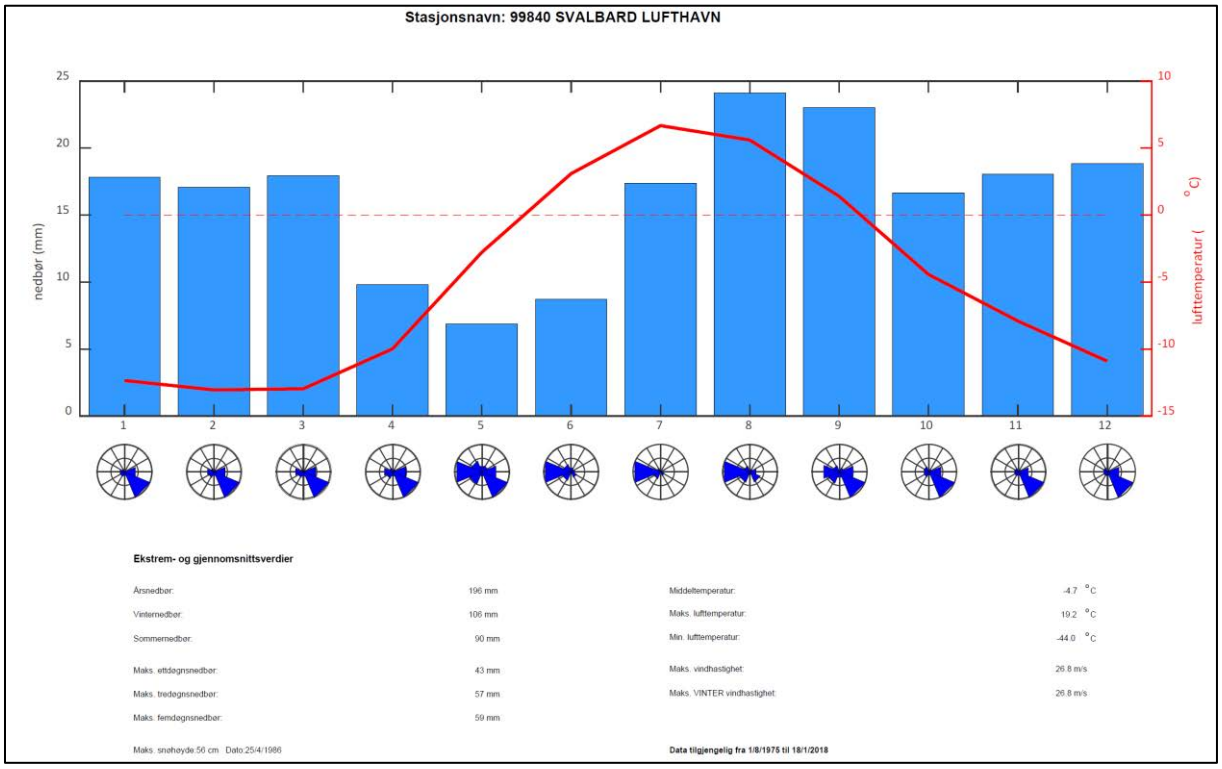
med tanke på både nedbør og vind. I NGI sin klimaanalyse gikk de gjennom værforhold, som førte til utløsning av snøskredene i Longyearbyen i 2015 og 2017 (Jaedicke et al., 2016; NGI, 2018a). I samme samlerapport fra NVE ligger også Skred AS' klimaanalyse (Skred AS, 2018), som vi støtter oss mest på i kartleggingen som er gjort i dette oppdraget.

- I en rapport fra NGI (NGI, 2015) er det oppsummert en del eldre NGI-rapporter som inneholder klimaanalyser. Her trekkes blant annet frem en rapport med skredfarevurdering for Gruvedalen, som virker å være en av de første NGI rapporter med en skred-relatert klimaanalyse (NGI, 1992a).
- En detaljert analyse av vindretninger fra Platåberget rundt Svalsat er gjort av (Hancock et al., 2016).

Den mest detaljerte klimaanalysen er trolig utført av NGI til NVE sin samlerapport om skredforholdene i Lia i forhold til sikringstiltak (NGI, 2018a). Nedbør, temperatur og vindforhold for stasjon 99860 Longyearbyen er vist i Figur 5 og for 99840 Svalbard Lufthavn (Figur 6). Årsnedbør er rundt 200 mm, men med mulighet for at dette er betydelig underestimert, som nevnt over. Fremherskende vindretninger er sørøst, nordvest og vest. Retningene er dog styrt i noen grad av dalsystemene, som nevnt over.



Figur 5: Klima ved stasjon 99860 Longyearbyen. Fra (NGI, 2018a).



Figur 6: Klima ved stasjon 99840 Svalbard Lufthavn. Fra (NGI, 2018a).

Vindanalysene i (Hancock et al., 2016) gir innblikk i hvordan vindretning er forskjellig for «generelle forhold» (vind fra sørøst og delvis sørvest) og under «forhold med skredfare» (vind fra sørvest og delvis sørøst).

Ekstremverdier for nedbør er analysert i vår egen rapport om snøskred i Lia (Skred AS, 2018), med resultater for maksimale nedbørmengder gjengitt i Tabell 3 og ekstremverdier for nedbør i Tabell 4.

Tabell 3: Maksimale observerte nedbørmengder over 3 døgn for månedene januar, februar, mars, april, november og desember. Data fra eklima.met.no.

Rangering	99840 Svalbard Lufthavn (1975-2017)		99860 Longyearbyen (1911-1977)	
	Nedbørmengde (mm)	Dato	Nedbørmengde (mm)	Dato
1	48,1	04.12.1995	42,9	06.03.1974
2	46,4	09.11.2016	40,2	16.02.1959
3	43,1	31.01.2012	39,2	09.02.1960
4	33,0	22.11.2002	28,4	06.03.1976
5	31,1	18.01.2010	25,2	28.12.1966
6	30,4	17.03.2011	23,7	07.12.1945
7	28,8	30.11.1993	22,5	16.01.1946
8	27,9	06.03.1976	22,4	14.12.1961
9	27,8	28.02.1991	22,2	14.03.1964
10	27,8	22.11.1999	19,1	13.01.1912

Tabell 4: Ekstremverdianalyse av 3-døgnsnedbør fra eklima.met.no for månedene januar, februar, mars, april, november og desember.

Gjentaks-intervall	99840 Svalbard Lufthavn (1975-2017)		99860 Longyearbyen (1911-1977)	
	Eklima, Gumbel (mm)	Eklima, NERC (mm)	Eklima, Gumbel (mm)	Eklima, NERC (mm)
100 år	51	48	47	45
1000 år	70	78	63	73
PMP	-	163	-	153

Merk at det i alle klimaanalysene er brukt historiske data, som inneholder en trend i både nedbørmengde og temperatur. Dette påvirker resultatene av analysene.

2.5.2 Forventet klima og innvirkning på skredfare

Den nyeste rapporten som inneholder klimaframskrivinger er «Climate in Svalbard 2100» (Norsk Klimaservicesenter, 2019). Konsekvensene av klimaframskrivingene for skredforhold på Svalbard er diskutert spesifikt i rapporten:

> ***Snow avalanches**: Svalbard, with its cold, dry and windy climate has favourable conditions for dense snow packs with frequent occurrences of cornice and slab snow avalanches. It is much debated whether increasing temperatures and precipitation would lead to a more stable or less stable snowpack and, hence, to an increased or decreased probability of dry snow avalanches by the end of the century. The climate projections indicate increased precipitation. In particular, if more extreme events with heavy snowfall or heavy rain on snow occur, an increase in the occurrence of snow avalanches (including wet snow avalanches and slushflows, like in 2012) can be expected. Towards the end of the century, gradually increasing temperatures may lead to a substantially shorter snow season and reduction in the maximum annual snow amounts in particular in coastal low altitude areas (Chapter 5.2.2), and the snow line will gradually shift to higher altitudes. Over time, these factors are expected to decrease the probability of dry snow avalanches. However, the probability of wet snow avalanches and slushflows is expected to increase. Glide avalanches are not common in Svalbard in the present day climate, but may become a problem at some locations in a future warmer and wetter climate.*
>
> ***Rockfalls**: The outermost meters of free rock faces are subject to annual freeze-thaw cycles and pluck- ing by snow cornices, which adversely impacts rock wall stability. Smaller rockfalls are often triggered from these areas. Rising temperatures can lead to more freeze-thaw events (Chapter 4.2.3), and there- fore rockfall events may increase in the future.*
>
> ***Rockslides**: Rockslide stability is partly permafrost dependant and a warming climate may adversely affect the stability. Studies from Northern Norway (Blikra et al. 2015; Frauenfelder et al., 2018) show that increasing temperatures leading to degradation of*

permafrost may play an important role in the detachment of larger rockslides. There are no published studies on the effect of permafrost on rock- slides in Svalbard.

***Landslides**: Increased air and permafrost temperatures will increase the length that the active layer will be thawed annually and the thickness of the active layer will increase. This can increase the probability of various types of landslides in the active layer. In addition, increased precipitation and extreme rainfall in sloping terrain will increase the likelihood of all types of landslides. Another very important effect is the thawing of the icy transient layer (top of the permafrost) in a future climate, in combination with strong precipitation events as rain, instead of snow, in late fall. The transient layer can be very ice-rich. It takes much energy to thaw it, and therefore it acts as a "buffer" against permafrost thaw. However, when parts of it start to thaw, the soil in these layers will have a very high water content and, consequently, the friction at the inter-face with the soil layers below the transient layer will decrease. An increasing frequency of strong precipitation events in the autumn, when the active layer depths are at their maximum, would then inevitably lead to a rise in landslide activity.*

***Quick clay**: Increasing active layer depths and thawing permafrost will significantly reduce the un- disturbed and remoulded soil shear strengths, which can lead to more quick clay-like slides in the future.*

Det ligger ikke i oppdraget å tegne faresoner for skred i et forventet endret klima. Grunnen til dette beskrives i Stortingsmelding 33 Klimatilpasning i Norge (Miljøverndepartementet, 2013):

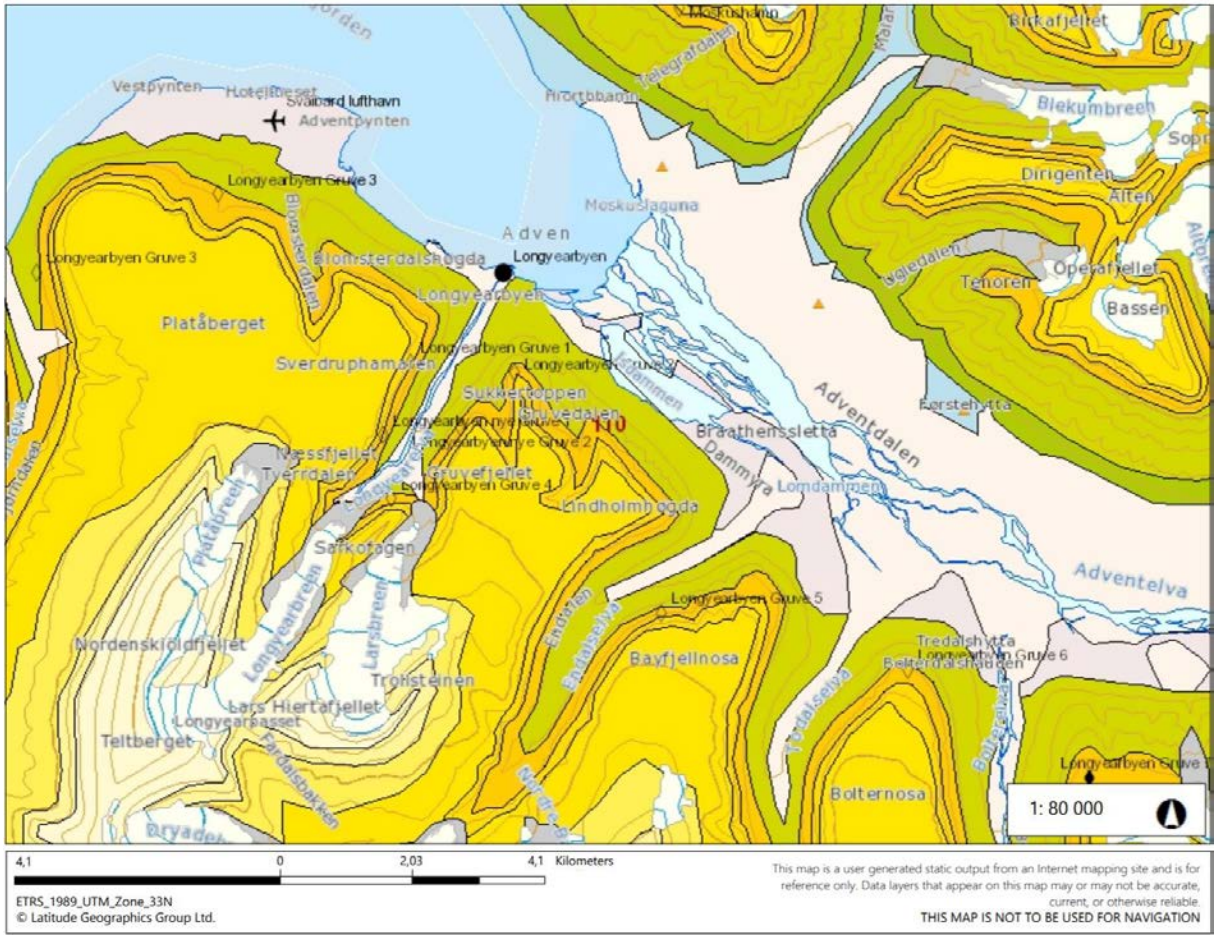
Hyppigheten av skred forårsaket av regnskyll/flom og snøfall vil også kunne bli større i deler av landet. Det er foreløpig lite kunnskap om hvordan dette vil påvirke faresonegrensene for skred med så lave sannsynligheter som legges til grunn for arealplanlegging. Det hefter allerede med dagens klima så stor usikkerhet ved fastsettelsen av faresonegrenser for skred med sannsynlighet mindre enn 1/1000 at det anses lite aktuelt nå å legge til en ekstra margin som følge av klimautviklingen.

2.6 Geologi

2.6.1 Berggrunn

Ifølge berggrunnskart fra Norsk Polarinstitutt består berggrunnen i området rundt Longyearbyen primært av sedimentære bergarter (Norsk Polarinstitutt, 2021b). Figur 7 viser hvordan de ulike formasjonene, avsatt fra øvre Kritt til tidlig Eosen, ligger i forhold til hverandre. Carolinefjellformasjonen er en del av Adventdalsgruppen og består av sandstein og slamstein. Firkanten-, Basilika-, Grumantby- og Hollendardals-formasjonen er del av Van Mijenfjorden gruppen og består av sandstein, slamstein, skifer og kull. Lagdelingen er stort

sett horisontal. Berggrunnen er omtrent lik i alle kartleggingsområder, og er derfor ikke beskrevet i kapitlene som omhandler kartleggingsområdene.



Figur 7: Berggrunnsgeologi i kartleggingsområdene. Lagene består av Grønn (nederst): Carolinefjellformasjonen, Oransje: Firkantformasjonen, Lys oransje: Basilikformasjonen og Gul (øverst): Grumantby- og Hollendardalsformasjonen. Fra https://geokart.npolar.no/ (Norsk Polarinstitutt, 2021b).

2.6.2 Kvartærgeologi

Kvartærgeologiske kart er utarbeidet for de fleste kartleggingsområder, og er beskrevet under hvert enkelt område i kapittel 3-15. Disse kartene, kombinert med våre registreringskart, viser informasjon om overflateformer av relevans for skredfarevurderingene.

2.7 Skog

Det er ikke skog eller vegetasjon av betydning for skredfarevurderingene i kartleggingsområder og i påvirkningsområdene. Det er derfor ikke tegnet polygoner med «skog med betydning for skredfaren», slik veilederen krever, og det er ikke utarbeidet faresoner både med og uten skog, slik oppdragets kravspesifikasjon krever. Faresoner er altså utarbeidet under «dagens forhold».

2.8 Beregninger av utbredelse av snøskred

2.8.1 Bruk av alfa-beta-modellen

NVE sin alfa-beta modell (NVE, 2021a) er ikke tilgjengelig for Svalbard. For å tilfredsstille kravene i veilederen, har vi derfor brukt alfa-beta beregningene vist i den tidligere kartleggingen (NVE, 2016). Vi har dog ikke vektlagt resultater fra alfa-beta modellen i stor grad ved tegning av faresoner.

2.8.2 Bruk av RAMMS::Avalanche

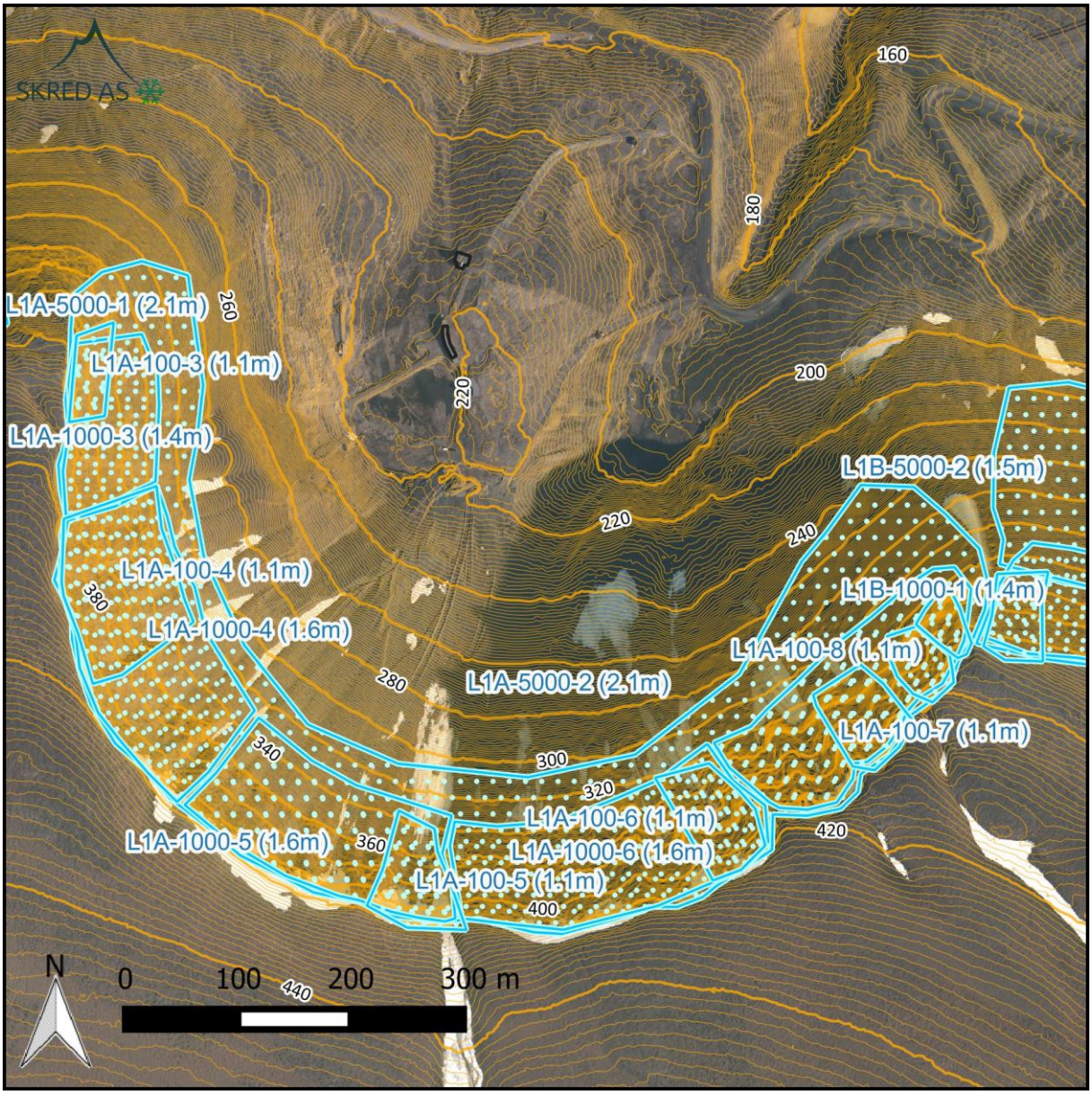
Som dynamisk modell har vi brukt versjon 1.7.20 av RAMMS::Avalanche (Christen et al., 2010). Alle beregninger er gjort med horisontal oppløsning i underliggende terrengmodell på 5 m x 5 m. I beregningene er densitet satt til 300 kg/m^3, som anbefalt i manualen.

Friksjonsparametrene μ og ξ kan i RAMMS justeres inn i tre høydenivå, som i Sveits er satt med grenser på 1500 moh. og 1000 moh. Gjennomregning av observerte hendelser i Norge viser at en tilpasning av disse høydenivå til norske forhold gir bedre resultater enn standard høydenivå (Håland et al., 2015). Den brukte metodikken tar høyde for skoggrensa, og plasserer øvre og nedre høydenivå hhv. 250 m over skoggrensa, og 250 m under skoggrensa. På Svalbard er det ikke skog, og metodikken kan derfor ikke brukes direkte. På Svalbard, helt til havnivå, forventer vi at det i perioder med svært lange skredutløp er skredforhold som kan sammenliknes med øvre høydenivå brukt i Alpene (>1500 moh.), og >250 m over skoggrensen i justeringen foreslått av Håland mfl. (2015). Vi har derfor satt øvre høydenivå til 1 moh. og nedre til 0 moh. I praksis blir alle skredbane i dette oppdraget liggende i det øvre høydenivå, med lavest friksjon, noe som muligens fører til mer konservative resultater (lengre utløp). I NVE (2016) er grensen for øvre høydenivå = 200 moh. og nedre høydenivå = 0 moh. uten at begrunnelsen er gitt. I de ulike rapportene som ligger under NVE sin samlerapport for skred i Lia og Sukkertoppen (NVE, 2018), er dette gjort på ulike måter.

Friksjonsparametre for hvert modellert skred er satt i forhold til skredvolum som beskrevet i manualen til RAMMS, og inndelt i gruppene Tiny (<5000 m^3), Small (5000-25.000 m^3), Medium (25.000-60.000 m^3) og Large (>60.000 m^3). Merk at det er volum av hvert enkelt skred som styrer valget av gruppe, og ikke det totale skredvolum i en beregning som kan bestå av flere separate løsneområder.

For beregninger for skred med årlig sannsynlighet på 1/100 er gjentaksintervall 100 år satt i RAMMS. For beregninger for 1/1000 og 1/5000 har vi valgt gjentaksintervall 300 år. Dette gir teoretisk sett en mindre konservativ utløpslengde enn hvis det var innstillinger for 1000 og 5000 års gjentaksintervall. I NVE (2016) virker det å være brukt returperioder i RAMMS på 10 og 300 år.

Bruddkanthøyde og areal bestemmer skredvolum. Areal på modellert snøskred er tegnet inn i kart basert på terrenganalyse, observasjoner, historikk og skjønn. I de fleste løsneområder har vi differensiert mellom areal og plassering av løsneområder med årlig sannsynlighet på 1/100, 1/1000 og 1/5000. Et eksempel på dette er vist i Figur 8. I vedleggene med beregninger av snøskred med RAMMS, er bare løsneområder 1/1000 vist, og bare resultater med maksimal hastighet på skred fra disse løsneområdene.



Figur 8: Eksempel på differensiering av løsneområder for snøskred med årlig sannsynlighet 1/100 (minste områder), 1/1000 og 1/5000 (største områder). Fra Skytebanegropa i kartleggingsområde 1A.

Brukerveiledningen i RAMMS anbefaler at man angir et større løsneområde enn forventet for å kompensere for medrivning/erosjon i skredbanen. Dette har vi ikke gjort, da det ofte ikke er mulig i de skredbanene vi har analysert. I stedet har vi økt bruddhøydene med et tillegg for medrivning, som beskrevet nedenfor.

For dimensjonerende bruddkanter for snøskred har vi tatt utgangspunkt i fremgangsmåten skissert i (Salm et al., 1990), og anbefalt i manualen til RAMMS. I tillegg til den anbefalte fremgangsmåten har vi et tillegg for medrivning i skredbanen, i stedet for å utvide areal av løsneområdene. Fremgangsmåten er som skissert:

1) Definer dimensjonerende nysnøtilvekst på flatmark
    a. Dette er verdier fra klima-analysen i avsnitt 2.5.1 ovenfor
    b. Bruk gjentaksintervall: 100, 1000 og 5000 år
    c. Anta at 1 mm nedbør = 1 cm snødybde
2) Korriger nedbør fra høyde på klimastasjon til høyde på løsneområder
    a. Tillegg på 5 cm snø per 100 høydemeter (Salm et al., 1990)
    b. Anta to sett med løsneområder: øvre = løsneområder som ligger rett nedenfor platåene, typisk 320 moh. og nedre = løsneområder som ligger et stykke nedenfor platåene, omtrent midt i fjellsidene, typisk 180 moh.
3) Juster resulterende snødybde til terrenghelning på 28°
4) Legg på tillegg for snødrift
    a. Bruk terrengformene «konkav» og «jevn/svak konveks»
    b. Dette gis i % av bruddkanthøyde, ikke som absolutt verdi, som i Alpene
    c. Sublimasjon er en viktig prosess i skredsituasjoner med kald og tørr vind. Denne prosessen er ikke eksplisitt vurdert i den foreslåtte metodikken, men inngår sammen med en lang rekke andre usikkerhetsmoment i fastsettelse av inngangsparameterne til modellen.
5) Juster til reell helning i løsneområdet
    a. Juster alle til terrenghelning på 35°
6) Legg til medrivning av volum nedover i skredbanen
    a. Skaleres med gjentaksintervall: 1/100=+25%, 1/1000=+50%, 1/5000=+80%

Denne tilnærmingen gir bruddhøyder d_0 som vist i Tabell 5. Som sammenlikning er de følgende verdier for bruddkanthøyde brukt i rapporter vi har hatt tilgang til:

- NVE sin samlerapport med beregninger for Sukkertoppen (NVE, 2018):
    - Til den rapporten definerte NVE at rådgiverne skulle anta et klimapåslag på 30%, noe som ble gjort på ulike måter.
    - NGI sine beregninger for Sukkertoppen (NGI, 2018a):
        - 1/100: 75 cm 125 cm
        - 1/1000: 100 cm, 150 cm
        - 1/5000: 150 cm, 200 cm
    - NVE sine egne beregninger:
        - 1/100: skål=115 cm, jevn=65 cm
        - 1/1000: skål=160 cm, jevn=100 cm
        - 1/5000: skål=195 cm, jevn=125 cm
    - Skred AS (Skred AS, 2018)
        - 1/100: 90-130 cm avhengig av plassering i fjellsiden og terrengform
        - 1/1000: 140-200 cm avhengig av plassering i fjellsiden og terrengform
        - 1/5000: 190-260 cm avhengig av plassering i fjellsiden og terrengform
- Tidligere kartlegging av faresoner for utvalgte områder (NVE, 2016)
    - «*I dette prosjektet er ulike verdier for bruddkanthøyde benyttet (0.3 m, 0.5 m, 0.7 m, 1.0 m og 1.5 m), avhengig av hvordan vinden er antatt/registrert å påvirke snøakkumulering i de ulike terrengformene.*»

- Tabell 2 i den rapporten viser at de fleste løsneområder er modellert med 50 cm bruddkant. Unntaket er ved Spisshusene (150 cm), Gruve 2 og Nybyen (10 cm) og Huset og Sverdrupbyen (70 cm)

Tabell 5: Verdier for bruddhøyde d_0 brukt til beregninger av utløpslengde med RAMMS for snøskred.

Gjentaks-intervall	Nedbør 3d flatmark fra klimaanalyse	Plassering i fjellside		Terrengform/ snøsamling		Med-rivning	d_0
(år)	(cm)	Beskrivelse	Tillegg (cm)	Beskrivelse	Tillegg (%)	Tillegg (%)	(cm)
100	50	Øvre	+16	Konkav	100	25	110
				Jevn/konveks	75	25	110
		Nedre	+8	Konkav	75	25	90
				Jevn/konveks	50	25	80
1000	70	Øvre	+16	Konkav	100	50	160
				Jevn/konveks	75	50	140
		Nedre	+8	Konkav	75	50	130
				Jevn/konveks	50	50	110
5000	78	Øvre	+16	Konkav	100	80	210
				Jevn/konveks	75	80	190
		Nedre	+8	Konkav	75	80	170
				Jevn/konveks	50	80	150

2.8.3 Utløp av utglidninger i små skrenter

Små skråninger med vertikal høydeforskjell <5 m er ikke vurdert som løsneområder for snøskred, med mindre de henger sammen med større løsneområder. Hverken RAMMS eller alfa-beta modellen er kalibrert til små skrenter. For skrenter med høydeforskjell >5 m, men <10-20 m, og for skrenter der et eventuelt snøflak har støtte i foten, har vi vurdert utløpslengden på følgende måte:

- For 1/1000: Maksimal avstand fra skrentfot = 1x avstand fra skrentfot til topp skrent, målt langs terrenget.
- For 1/5000: Maksimal avstand fra skrentfot = 1,5x avstand fra skrentfot til topp skrent, målt langs terrenget.

Vi har ikke noe vitenskapelig bevis, men mener disse verdiene reflekterer omtrentlig rekkevidden til «skader av betydning» i denne typen utglidninger.

2.9 Beregninger av utbredelse av jordskred

Utløpslengde av jordskred er beregnet med RAMMS, modulen for flomskred (Christen et al., 2010). Beregninger er utført med den beste oppløsning i terrengmodellen 2,5 m x 2,5 m, og en densitet av massene på 2000 kg/m^3. Bruddkanten er vurdert etter forholdene, men har typisk en tykkelse på 0,5 m. Arealet av modellerte løsneområder for jordskred er vanskelig å

avgrense, men er estimert ut fra flyfoto, observasjoner i terrenget og terrengmodellen. Friksjonsparameteren μ er variert mellom standardverdien μ=0,2 til μ=0,08, som gir lenger utløp av skredmassene. Verdien for μ er tilpassete observasjoner i områdene, for eksempel ferske skred, og vår vurdering av muligheten for vannmetning. Ved mulighet for høyt vanninnhold i jordskred har vi antatt at skredbevegelsen kan bli like mobil som flomskred, som typisk har μ<0,2, vurdert i forhold til de skredhendelsene vi har observert ved arbeidet med kartleggingen. Beregningene er utført i tråd med anbefalinger fra nylig utført FoU i Norge (Taurisano, 2020).

2.10 Beregninger av utbredelse av flomskred

Utløpslengde av flomskred er beregnet med RAMMS, modulen for flomskred (Zimmermann et al., 2020). Beregninger er utført med den beste oppløsning i terrengmodellen 2,5 m x 2,5 m, og en densitet av massene på 2000 kg/m^3. Bruddkanten er vurdert etter forholdene, men har typisk en høyde på 0,5 m. Arealet av modellerte løsneområder for flomskred er lagt til forsenkninger og søkk i terrenget, ofte steder der vann kan renne inn i toppen av forsenkningen. Dette er vurdert ut fra flyfoto, observasjoner i terrenget og terrengmodellen. Friksjonsparameteren μ er variert mellom standardverdien μ=0,2 til μ=0,08, som gir lenger utløp av skredmassene. Verdien for μ er tilpassete observasjoner i områdene, for eksempel ferske skred, og vår vurdering av muligheten for vannmetning. På det fleste beregninger vi har gjort, ligger μ<0,1. Dette har vi vurdert i forhold til de skredhendelsene vi har observert ved arbeidet med kartleggingen.

2.11 Beregninger av utbredelse av sørpeskred

Utløpslengde av sørpeskred er beregnet med RAMMS, modulen for flomskred (Zimmermann mfl., 2020). Beregninger er utført med den beste oppløsning i terrengmodellen 2,5 m x 2,5 m, og en densitet av massene på 1000 kg/m^3. Bruddkanten er vurdert etter forholdene, men er typisk 1-3 m. Arealet av modellerte løsneområder for sørpeskred er lagt til forsenkninger og søkk i terrenget, der sørpeskred er kjent, eller i tilsvarende terrengformer. Ofte er det steder der vann fra et større nedbørfelt ovenfor, kan renne inn i toppen av forsenkningen. Dette er vurdert ut fra flyfoto, observasjoner i terrenget og terrengmodellen. Friksjonsparameteren μ er justert i forhold til observerte hendelser i og nær kartleggingsområdene samt funn i (Skred AS, 2021). Verdien for μ er variert mellom μ=0,08 og μ=0,04 for svært sjeldne hendelser. Verdien for parameteren ξ er variert som anbefalt i (Skred AS, 2021), mellom ξ=2000 m/s^2 og ξ=5000 m/s^2. For små skredbaner er det typisk verdien av μ som har størst betydning for beregnet rekkevidde av sørpeskredmasser.

2.12 Sekundæreffekter

Flere steder er sekundæreffekter aktuelle. Disse er beskrevet der det er relevant. Da det ikke er definert et symbol for sekundærprosesser, har vi valgt et eget, og tilordnet SOSI kode 150.

2.13 Befaringer

Befaringer i forbindelse med dette oppdraget ble utført av Kristin B. Lome, Sondre Lunde og Kalle Kronholm (Skred AS), 15., 16., og 17. juni 2021. I tillegg er flere av områdene befart av Sondre Lunde og/eller Kalle Kronholm i forbindelse med andre oppdrag.

Sporloggene er vist i registreringskartene for hvert område. Beskrivelse til GPS punkt er gitt i Tabell 6 nedenfor. Plassering av GPS punktene er vist som informasjonspunkt i registreringskartene, merket med punktnummer. Merk at det er gjort mange notater direkte i kart under feltarbeidet, uten at de er merket med GPS punkt eller infopunkt i registreringskartene i vedleggene.

Tabell 6: Beskrivelse til registrerte GPS punkt.

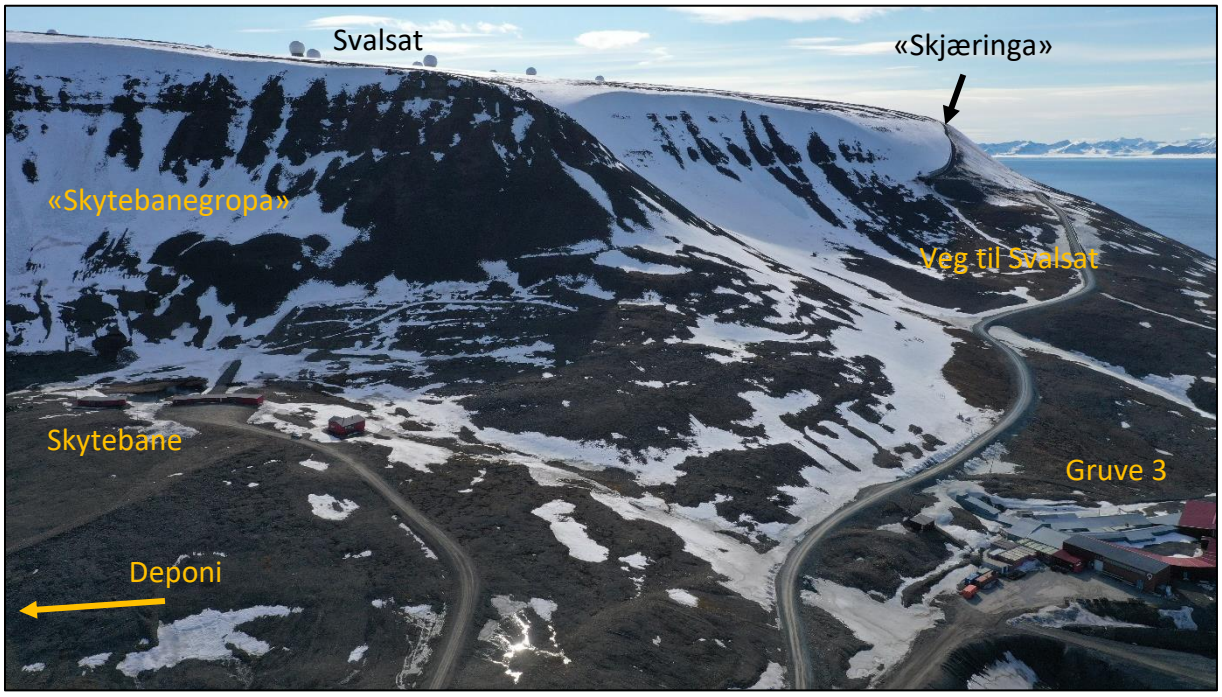
GPS punkt (WPT)	Beskrivelse
427	Flomskredavsetning ned til vei
428	Flomskredavsetning
429	Stikkrenne D=80
430	Flomskredavsetning ned til vei
431	Stikkrenne D=80
432	Stikkrenne D=80
433	Stikkrenne
434	Stikkrenne
435	Nedenfor hytte som ble tatt av sørpeskred
487	Gammelt løp fra løsmasseskred?
488	Enkelte store steinsprangblokker 0,5 m3 10-20 m over punktet.
489	Steinsprangblokk ca. 0,7x0,5x0,4m
490	Snøskredavsetninger fra i vinter.
491	4 steinsprangblokker ca 30 m nedenfor punktet.
492	Snøskred-snøblokk fra i vinter.
493	Flomskredvifte/levee.
495	Liten ?
497	Rar voll med 4-5 steinsprangblokker i myr, og flomskredavsetninger.
499	Steinsprangblokker ca. 20 m ovenfor veg.
500	Voll ca. 1,5 m høy. Tar små flomskred (100Y), men ikke små snøskred (100Y).
501	Sognemur (høy) i bunn av skrent.
502	Steinsprangsikring, se bilder.
503	Lav skrent og grøft.
504	Skrenthøyde øker.
505	Mye vann.
506	Avsetning helt til Burmavegen.
507	Avsetning helt ned.
508	Stikkrenne Ø450 ca. Mindre enn forrige. Erodert under.
509	Stikkrenne Ø450 ca. Spor etter vann over veg.

3 Område 1A-Gruve 3

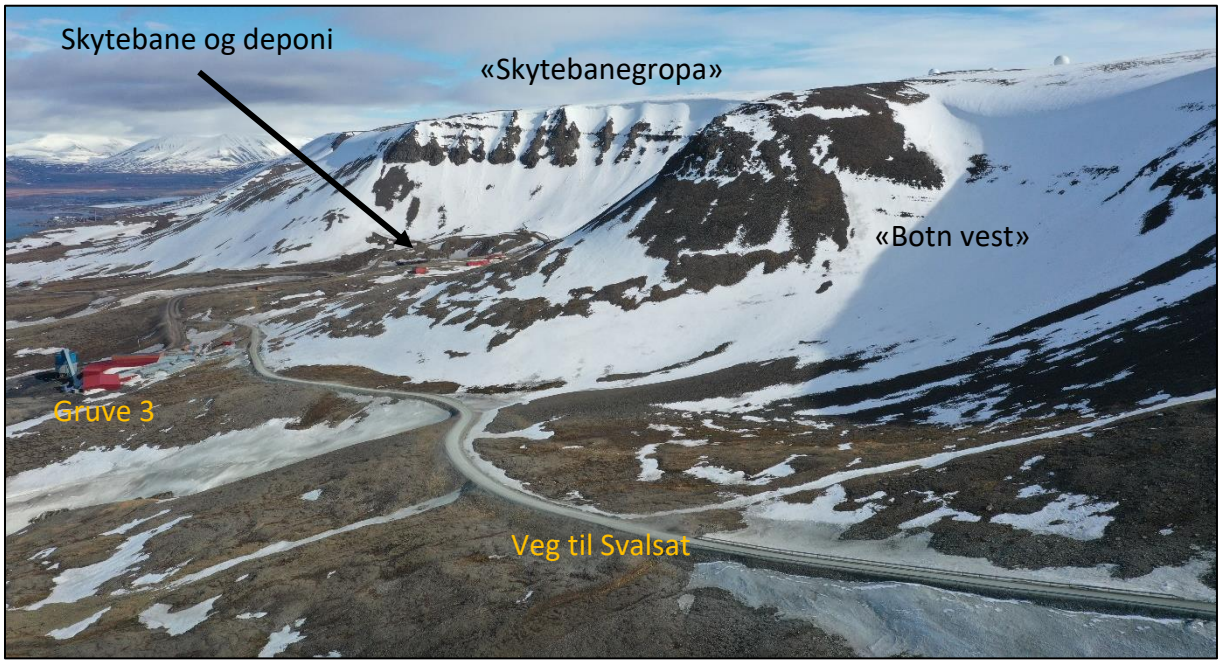
3.1 Områdebeskrivelse

Kartleggingsområde 1A omfatter bygninger ved Gruve 3, skytebanen og et deponi like ved (Figur 9, Figur 10, Figur 11). Flere bilder av området og fjellsiden ovenfor er vist i Vedlegg 1a. I den vestlige del av området går vegen opp til Svalsat, men det er ingen bygninger. Området ligger nedenfor to markerte botner, som skjærer seg inn i den nordlige foten av platået opp mot Platåberget.

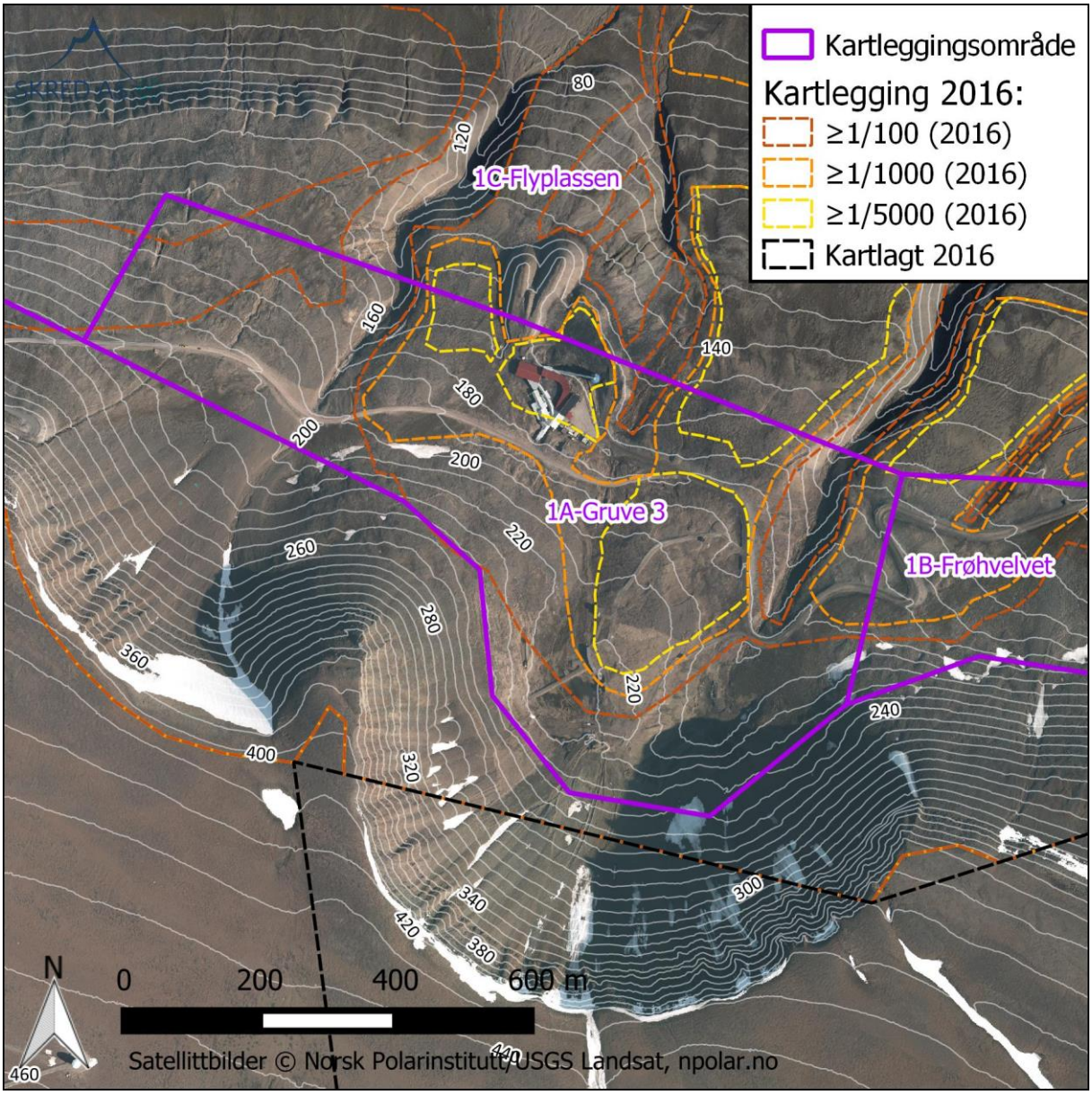
Påvirkningsområdet omfatter en stor del av platået på platået opp mot Platåberget. Det skyldes at platået drenerer ned mot kartleggingsområdet, og fordi platået kan fungere som oppsamlingsområde for snø som transporteres med vind mot nord, ut i løsneområder for snøskred ovenfor kartleggingsområdet.



Figur 9: Kartleggingsområde 1A-Gruve 3 sett mot vest.



Figur 10: Kartleggingsområde 1A-Gruve 3 sett mot øst.



Figur 11: Kartleggingsområde 1A-Gruve 3. Påvirkningsområdet dekker en stor del av platået mot sør, som ikke er vist fullstendig. Tidligere utarbeidede faresoner er vist med linjer (NVE, 2016).

3.1.1 Befaring

Befaring ble utført av Kristin B. Lome, Sondre Lunde og Kalle Kronholm (Skred AS), 2021-06-16 og 17. På deler av befaringen deltok også Holt Hancock, som er observatør for den regionale varslingen Varsom, samt arbeider med lokal snøskredvarsling for vegen til Svalsat. Det var flott vær med høyt skydekke og god sikt. I forsenkninger i de øvre deler av fjellsiden var det fortsatt en del snø. Området ble befart til fots og med drone. Sporlogg er vist i registreringskartet i Vedlegg 1c.

3.1.2 Flyfoto

På tilgjengelig flyfoto fra Norsk Polarinstitutt sin WMS tjeneste (Norsk Polarinstitutt, 2021a), er det skygge i den østlige del av fjellsiden i «Skytebanegropa» og botnen vest for Gruve 3, og dermed umulig å se kontraster i de områdene. I resten av kartleggingsområdet er det god kontrast i bildet. Det er flere skråbilder på Toposvalbard som dekker deler av kartleggings- og påvirkningsområdet. Best dekning gir flyfoto med ID S36_3037.

3.1.3 Topografi

Terrenganalysen er basert på DTM s2009 (avsnitt 2.3). Terrenghelning er vist i Vedlegg 1b. Deponiet er trolig anlagt etter 2009, og terrengmodellen i det området gjenspeiler derfor ikke terrenget slik det fremstår i dag. Våre vurderinger er gjort i forhold til en kombinasjon av terrengmodellen (modellresultater), og terrenget observert under befaring (tolkning). På grunn av endringer i terrenget rundt deponiet, vil utbredelsen av mindre hendelser (årlig sannsynlighet på 1/100) være variabel, mens vi forventer at større hendelser (1/1000 og 1/5000) vil være forholdsvis uendret av mindre terrengjusteringer ved deponiet.

Skredvurderingen for området er primært relatert til to større botner/skålformer ovenfor kartleggingsområdet: «Skytebanegropa» som omgir skytebanen og deponiet, og «botn vest», som ligger vest for Skytebanegropa. Gruve 3 ligger nedenfor en markert rygg, som skiller disse to botnene. Toppen av botnene ligger rundt 410 moh., og er en del av platået som går videre oppover mot Platåberget. Skytebanen ligger rundt 220 moh., og Gruve 3 rundt 170 moh. I toppen av botnene er terrenghelningen opp mot 50° og i bunn av botnene er terrenget tilnærmet flatt. Profilen av fallinjen fra topp og ned mot bunnen av botnene er omtrent parabelformet. Øvre del av botnene er inndelt i mindre skålformer, adskilt av markerte rygger.

3.1.4 Geologi

Kvartærgeologien av den vestlige botn er kartlagt av NGU, gjengitt i Vedlegg 1d (Rubensdotter et al., n.d.). Avsetningene er beskrevet som snøskredmateriale. Det stemmer godt med våre observasjoner, til tross for at det trolig også er enkelte steinsprangblokker i fjellsiden. Det er enkelte steder med bart fjell i fjellsiden. Geologien i Skytebanegropa er omtrent lik den vestlige botn. Terrenget i bunnen av Skytebanegropa er opparbeidet til deponi og foran skytebanen er det utført en del terrenginngrep.

3.1.5 Historiske skredhendelser

I NVE Atlas (NVE, 2021b) er det registrert flere skred i de to botnene, men ut fra beskrivelsene har ingen av de gått helt til bunnen av botnene. De registrerte hendelsene er derfor mer av generell karakter og ikke ekstremhendelser, og ikke lagt inn som skredpunkt i registreringskartet i Vedlegg 1c. Også under befaringen i juni 2021 var det flere ferske snøskred i begge botnene (Figur 14, Figur 15).

Gjennom tidligere arbeid i området har vi fått informasjon om at snøskred fra en av botnene har krysset vegen til Svalsat, men den informasjonen er svært usikker, og hendelsen er derfor ikke registrert som en skredhendelse i vårt registreringskart.

3.1.6 Tidligere rapporter

Området er beskrevet og vurdert under området «Vestpynten – Bykaia» i NVE (2016). Faresonene utarbeidet der, er vist i Figur 11. NGI har tidligere utarbeidet en rapport som beskriver risikovurderinger knyttet til deponiet (NGI, 2018b). Det er i den rapporten ikke utarbeidet faresoner eller foreslått permanente sikringsløsninger.

3.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak

NGI har i den uavhengige kvalitetssikringen informert om at voll/grøft rundt deponiet er et sikringstiltak mot steinsprang. Omtrentlig plassering av dette tiltaket er vist som T14 i registreringskartet.

3.2 Vurdering av skredfare

3.2.1 Steinsprang

Ryggen mellom de to botner har tydelige kildeområder for steinsprang (Figur 12). Det samme gjelder de mindre ryggene som adskiller de mindre skålformer i hver av de to botnene (Figur 13). Flere større blokker i botnene er antatte steinsprangblokker (registreringskart i Vedlegg 1c). Flere blokker ligger forholdsvis langt fra fjellsiden. Disse er trolig også steinsprangblokker, men mobilisert av snøskred, og fraktet lenger enn utløpet av de enkelte steinsprang.

Steinsprang er en aktiv prosess i fjellsiden, men har trolig betydelig kortere rekkevidde enn snøskred, som vi mener er skredtypen med lengst rekkevidde (avsnitt 3.2.3 nedenfor). Det er derfor ikke utført mer detaljerte beregninger for steinsprang.

Grøft/voll mellom deponiet og fjellsiden har trolig noen betydning for rekkevidde av mindre steinsprang, men vil ikke ha innflytelse på store, sjeldne hendelser.

Figur 12: Ryggen mellom de to botnene har kildeområder for steinsprang. Bilde tatt mot sørøst.

Figur 13: Kildeområder for steinsprang i ryggene mellom de små skålene i begge botner. Her vises fjellsiden sørøst for deponiet i Skytebanegropa.

3.2.2 Steinskred

Steinskred kan forekomme dersom en av de mindre ryggene (se for eksempel Figur 13) faller ut samlet. Vi vurderer at den årlige sannsynligheten for det er liten, men dog >1/5000. Eventuelle steinskred vil trolig ha kortere rekkevidde (mindre mobilitet) enn snøskred med årlig sannsynlighet 1/5000. Rekkevidden av eventuelle steinskred er derfor ikke vurdert nærmere.

3.2.3 Snøskred

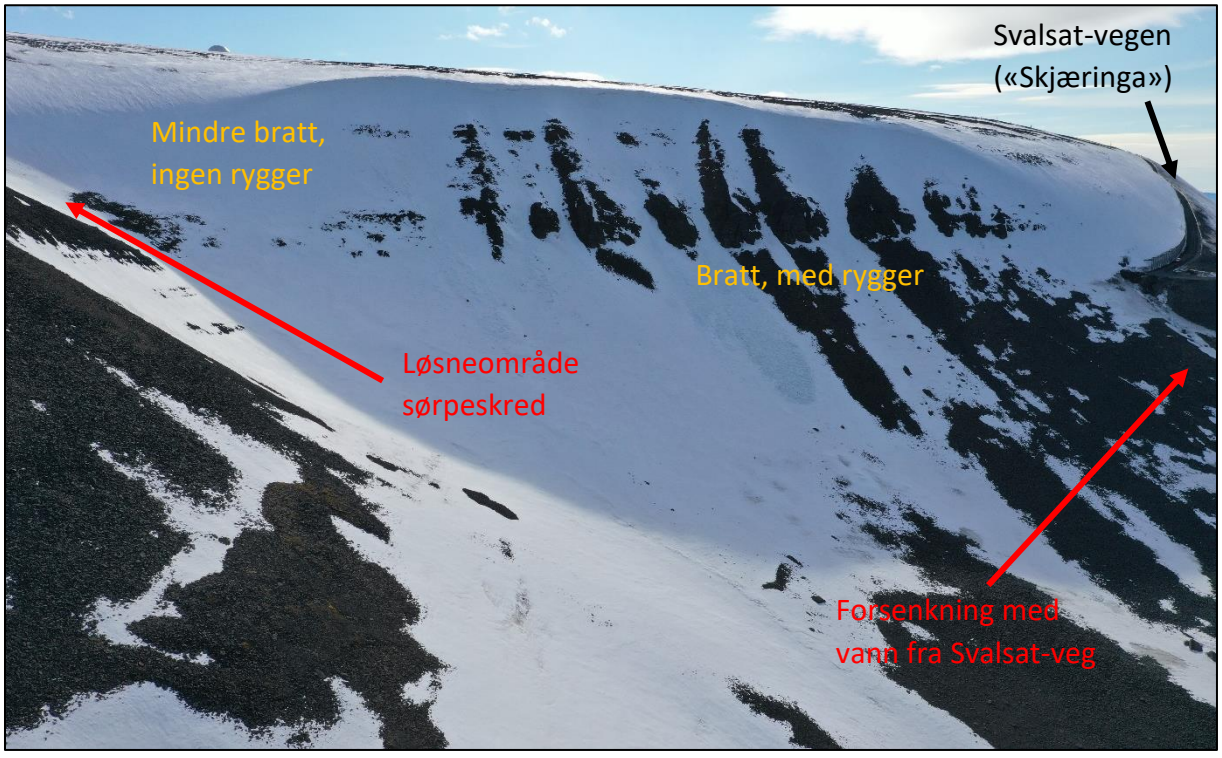
Det er løsneområder for snøskred langs størsteparten av fjellsiden i de to botnene. Snøskred kan løsne ved skavlnedfall eller ved generell pålagring av vindtransportert snø fra nordøst over sør til nordvest. Ved vind fra sørøst over sør til vest, vil det være store henteområder for snø på platået, og det kan raskt avsettes store snømengder i løsneområdene (Figur 2, Figur 11).

I registreringskartet har vi kartlagt nedre del av fjellsiden som snøskredavsetninger. Vi mener en stor del av blokkene her er transportert av både tørre og spesielt våte snøskred fra de øvre deler av fjellsidene.

I Skytebanegropa er hele fjellsiden delt opp i mindre skåler, men som antydet i bildet i Figur 14, kan selv etter en «vanlig vinter» være en sammenhengende skavl over størsteparten av fjellsiden. Eventuelle snøskred med stor bredde på løsneområdet, vil deles opp av de mindre ryggene, men igjen møtes nedenfor ryggene.

I den vestlige gropa har den østlige del av fjellsiden (inn mot Svalsat-vegen) omtrent samme form som i Skytebanegropa, og forholdene vil derfor være omtrent like. I den innerste/sørligste del av denne gropa er terrenget noe slakere, men fortsatt bratt nok til å være løsneområde for snøskred, og uten fjellryggene som deler fjellsiden i mindre skålformer. Herfra forventer vi færre snøskred, men dersom de løsner, kan de være svært store.

Figur 14: Skytebanegropa, der størsteparten av fjellsiden er løsneområde for snøskred. Merk flere små, våte snøskred, trolig utløst av skavlbrudd.



Figur 15: Den vestlige gropa, der en del av fjellsiden er bratt med små rygger i fallinja, og en del er mindre bratt og uten markerte rygger.

Som hjelp til å vurdere rekkevidde av dimensjonerende snøskred, har vi utført beregninger med snøskredmodulen i RAMMS. Dimensjonerende bruddkanter for de ulike løsneområder

for snøskred med årlig sannsynlighet på hhv. 1/100, 1/1000 og 1/5000 følger beskrivelsen gitt i avsnitt 2.8.2 og er vist i Tabell 7. Arealet av løsneområdene er differensiert for de tilsvarende årlige sannsynligheter, som vist i eksempel i Figur 8. Utvalgte beregningsresultater for skred med årlig sannsynlighet 1/1000 er vist i Vedlegg 1e. Beregninger og løsneområder for 1/100 og 1/5000 finnes digitalt.

Modellerte snøskred med årlig sannsynlighet ≥1/1000 fra den vestlige botnen når frem til Svalsat-vegen, og i Skytebanegropa når de forbi både huset ved skytebanen, deponiet, og over Svalsat-vegen. Historien om snøskred over Svalsat-vegen, nevnt ovenfor, virker dermed ikke usannsynlig.

Tabell 7: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene for snøskred i område 1A-Gruve 3.

Løsneområde	d_0 (m)			Friksjon	Kommentar
	1/100	1/1000	1/5000		
L1A-100-1	1,1	-	-	S100	Bare få av de reelle løsneområder 1/100 er modellert. Faresonen er ekstrapolert mellom disse.
L1A-100-2	1,1	-	-	S100	
L1A-100-3	1,1	-	-	T100	
L1A-100-4	1,1	-	-	S100	
L1A-100-5	1,1	-	-	S100	
L1A-100-6	1,1	-	-	S100	
L1A-100-7	1,1	-	-	S100	
L1A-100-8	1,1	-	-	T100	
L1A-100-9	1,1	-	-	T100	
L1A-1000-1	-	1,6	-	M300	Botn i vest. Løsner alene.
L1A-1000-2	-	1,6	-	M300	Botn i vest. Løsner alene.
L1A-1000-3	-	1,4	-	S300	Skytebanen. Løsner alene.
L1A-1000-4	-	1,6	-	M300	Skytebanen. Løsner alene.
L1A-1000-5	-	1,6	-	M300	Skytebanen. Løsner alene.
L1A-1000-6	-	1,6	-	M300	Skytebanen. Løsner alene.
L1A-1000-7	-	1,6	-	M300	Skytebanen. Løsner alene.
L4-5000-1	-	-	1,9	M300	Hele botnen i vest løsner. L300 i forhold til volum, men siden det er liten høydeforskjell settes den til M300.
L4-5000-2	-	-	1,5	M300	Hele botnen ved skytebanen løsner. Friksjon som over.

3.2.4 Flomskred

Flomskred fra fjellsidene kan ikke utelukkes, men vi vurderer sannsynligheten som lav, da det ikke er større bekker som drenerer inn mot botnene. I den vestlige botnen er det to steder med litt større sannsynlighet for flomskred:

- Fra den sørlige, innerste del av den vestlige botnen. Her vurderer vi dog sannsynligheten for sørpeskred som større, og flomskred er derfor ikke vurdert videre.
- Langs forsenkningen som drenerer fra øverste svingen i Svalsat-vegen (Figur 15). I denne forsenkningen renner dog primært vann, og det er mer sannsynlig med en flom-problematikk enn en flomskred-problematikk. Vi vurderer allikevel at flomskred er aktuelt med årlig sannsynlighet ≥1/1000, men <1/100.

3.2.5 Jordskred

Jordskred kan ikke utelukkes, da deler av fjellsiden består av løsmasser brattere enn 20°, men massene i fjellsidene er grove, og antas å stå relativt stabilt. Årlig sannsynlighet for jordskred er betydelig mindre enn sannsynlighet for snøskred, og jordskred er derfor ikke vurdert videre.

Jordskred i ravinene i nedre del av område 1A er beskrevet under område 1C, da skred herfra primært har betydning for faresonene i område 1C.

3.2.6 Sørpeskred

Sørpeskred kan løsne i gammel snø som ligger igjen innerst i den vestlige botnen (Figur 15). Det er spor etter drenering fra platået ovenfor botnen og ned mot søkket. I situasjoner med stor snøsmelting vil det trolig være avrenning fra platået ned i forsenkningen. Utløsning kan skje ved kraftig smelting, spesielt på vårparten, for eksempel ved at toppskavlen faller ned og starter et våtsnøskred, som beveger seg videre som et sørpeskred.

Årlig sannsynlighet for utløsning vurderes som <1/100 men >1/1000. Vi er ikke kjent med hendelser som underbygger det, så vurderingen er utelukkende basert på tolkning (slik det ofte er tilfellet for sjeldne hendelser).

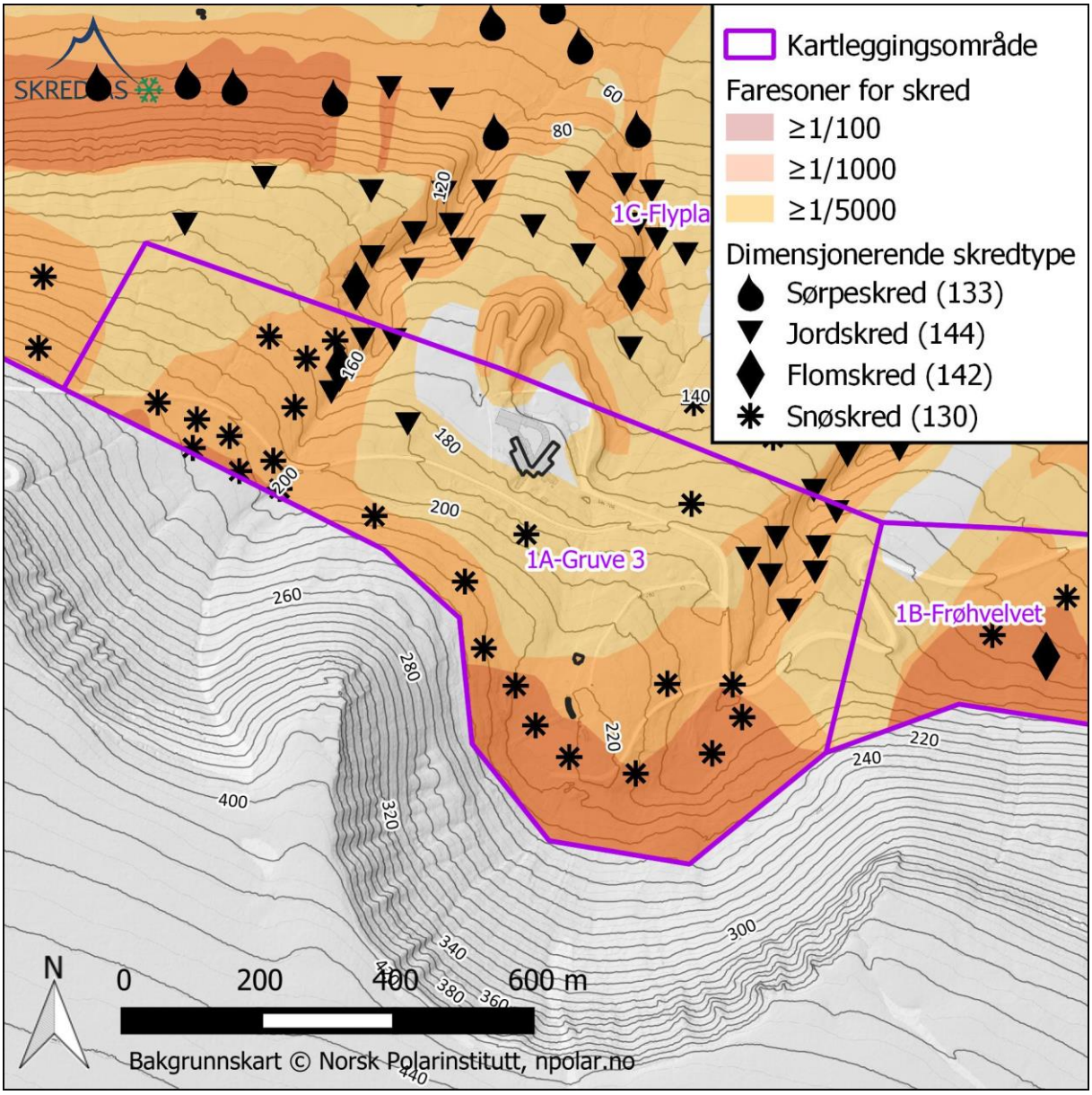
Raske sørpeskred fra løsneområdet vil gå ned til Svalsat-vegen, noe modellering med RAMMS understøtter. Vi har gjort beregninger med en bruddkant på 1 m og forholdsvis stor friksjon, som beskrevet i avsnitt 2.11. Utvalgte resultater er vist i Vedlegg 1e.

3.2.7 Sekundærprosesser

Ingen.

3.3 Samlede faresoner for skred

Samlede faresoner for skred for område 1A-Gruve 3 er vist i Figur 16 og i Vedlegg 1f. Snøskred er dimensjonerende for faresonene, med unntak av jordskred i ravinene ned mot område 1C. Deponi og skytebanen ligger inne i faresonen 1/1000, men Gruve 3 ligger utenfor.



Figur 16: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 1A-Gruve 3.

3.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger

Det er flere steder betydelig avvik mellom den tidligere skredfarekartleggingen (NVE, 2016) og våre faresoner. Beskrivelser av vurderingene gjort i NVE (2016) er på et overordnet nivå, og det er derfor vanskelig å gi helt konkrete grunner til avvikene.

Nedenfor den vestlige botnen har NVE (2016) betydelig større faresone ≥1/100 enn vår. De har tolket snøskredavsetninger over Svalsat-vegen, mens vi og NGU mener disse avsetningene stopper på sørsiden av Svalsat-vegen. I skytebane-gropa er våre faresoner betydelig større enn de i NVE (2016), spesielt for 1/1000. Det kan skyldes at vi der støtter oss på beregninger av snøskred med betydelig større bruddkanter på 1,6 m og utstrekning av

løsneområdene opp mot platået, enn brukt i NVE (2016), som har brukt 1,0 m bruddkant og bare et løsneområde forholdsvis lavt i fjellsiden.

3.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet

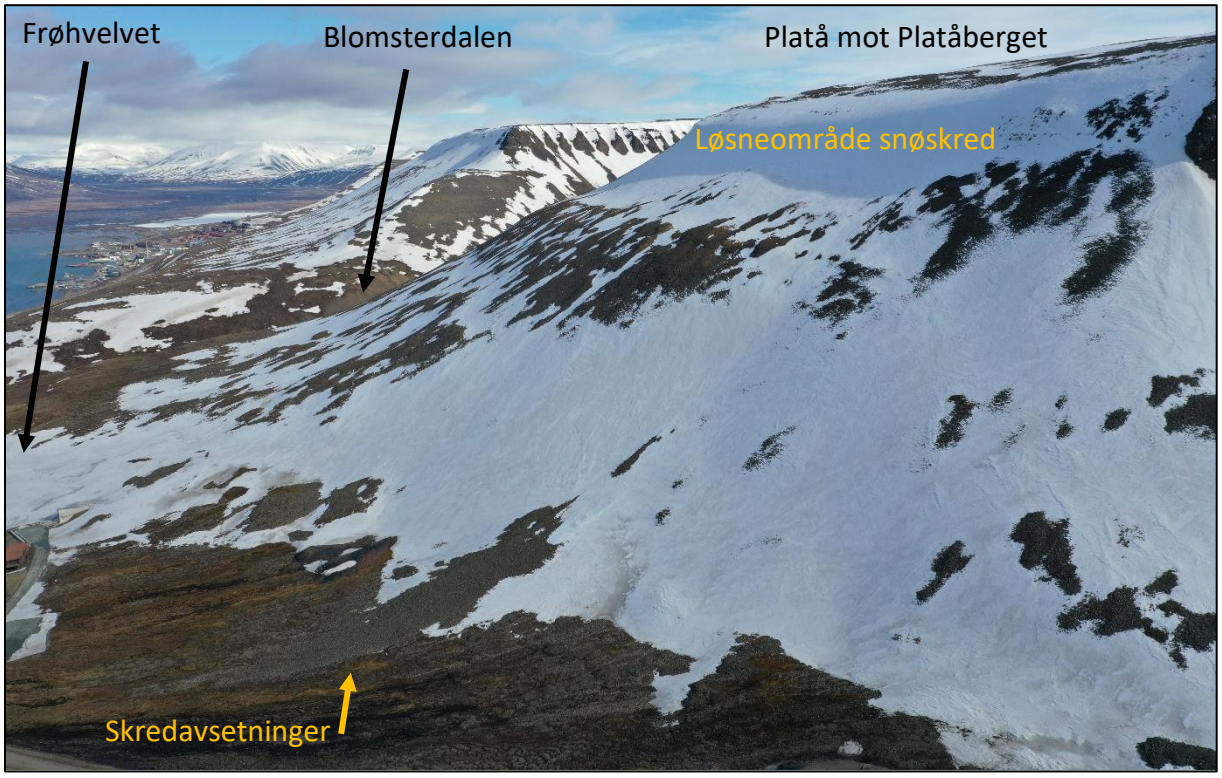
Terrengmodellen rundt deponiet er ikke oppdatert til dagens terreng. Det er derfor noe usikkerhet rundt beregningsresultater og faresonene der.

4 1B-Frøhvelvet

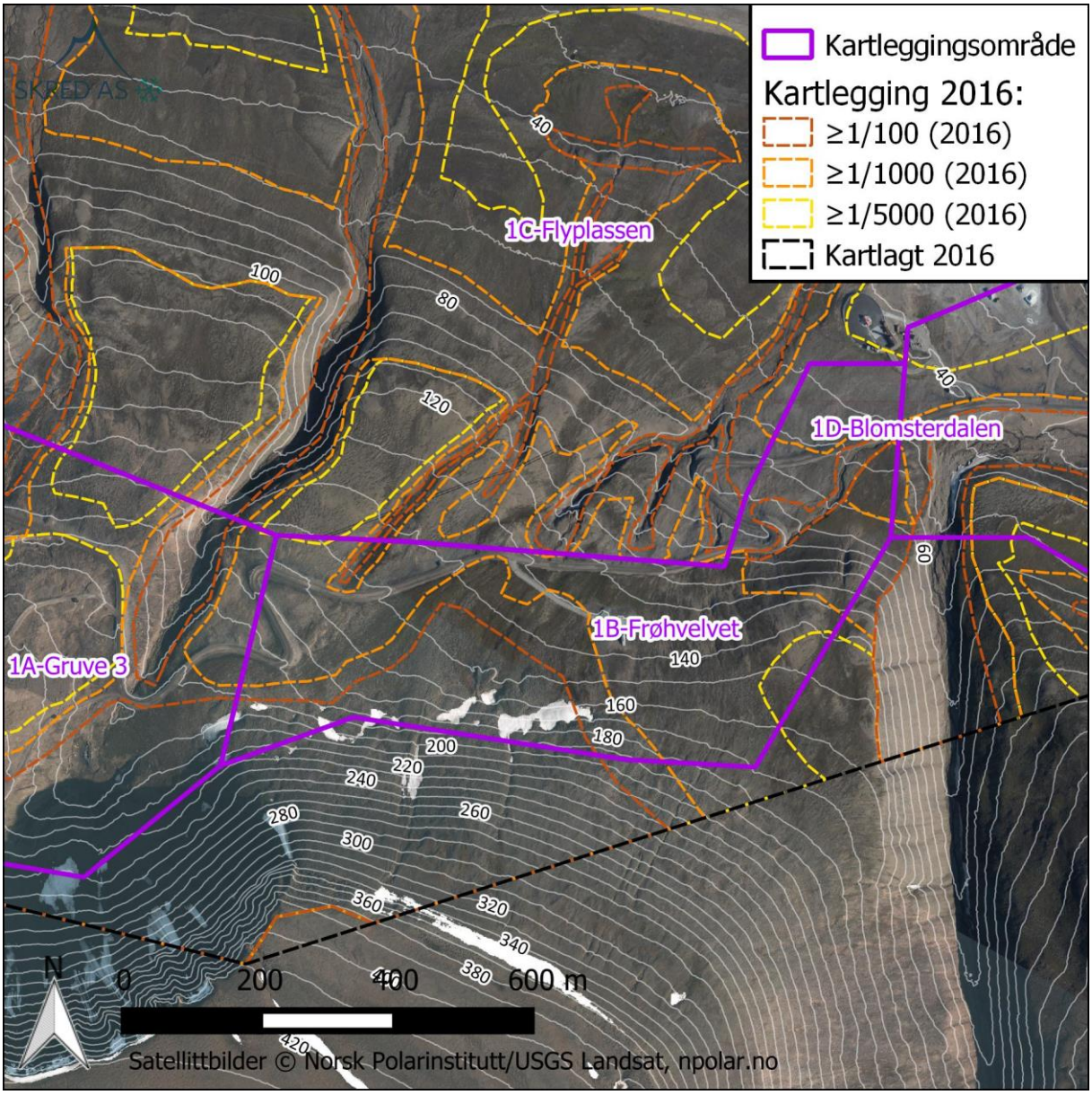
4.1 Områdebeskrivelse

Kartleggingsområde 1B omfatter bygningene ved frøhvelvet og terrenget rundt (Figur 17, Figur 18). Flere bilder av området og fjellsiden ovenfor er vist i Vedlegg 1a.

Påvirkningsområdet omfatter en stor del av platået opp mot Platåberget. Det skyldes at platået drenerer ned mot kartleggingsområdet, og fordi platået kan fungere som oppsamlingsområde for snø som transporteres med vind mot nord, ut i løsneområder for snøskred.



Figur 17: Foto av kartleggingsområde 1B-Frøhvelvet og fjellsiden ovenfor. Bilde tatt mot øst.



Figur 18: Kartleggingsområde 1B-Frøhvelvet. Påvirkningsområdet dekker en stor del av platået mot sør, som ikke er vist fullstendig.

4.1.1 Befaring

Befaring ble utført av Kristin B. Lome, Sondre Lunde og Kalle Kronholm (Skred AS), 2021-06-16 og 17. På deler av befaringen deltok også Holt Hancock, som er observatør for den regionale varslingen Varsom, samt arbeider med lokal snøskredvarsling for vegen til Svalsat. Det var flott vær med høyt skydekke og god sikt. I forsenkninger i de øvre deler av fjellsiden var det fortsatt en del snø. Området ble befart til fots og med drone. Sporlogg er vist i registreringskartet i Vedlegg 1c.

4.1.2 Flyfoto

På tilgjengelig flyfoto fra Norsk Polarinstitutt sin WMS tjeneste (Norsk Polarinstitutt, 2021a), er det god kontrast i bildet. Det er flere skråbilder med historiske foto på Toposvalbard, som viser deler av området.

4.1.3 Topografi

Terrenganalysen er basert på DTM s2009 (avsnitt 2.3). Terrenghelning er vist i Vedlegg 1b.

Skredvurderingen for området er primært relatert til fjellsiden sør for frøhvelvet. Fjellsiden er jevn, vendt mot nord-nordøst. Den østlige del av fjellsiden er generelt slakere enn den vestlige del av fjellsiden. Rett i overkant av frøhvelvet er terrenghelningen rundt 14°. Herfra øker helningen til 25-30° oppover mot platået 380 moh., med unntak av topp-partiet, som er rundt 45°, og et litt slakere parti rett under topp-partiet. Den vestlige del av fjellsiden er 30-40° fra rundt 180 moh. til platået rundt 380 moh., og også her litt brattere i de øvre 10-20 høydemeter.

Mellom Frøhvelvet og Blomsterdalen i øst er en liten skråning mellom 80-120 moh. Her er det også skredproblematikk som skal utredes, til tross for at det ikke er bebyggelse i nærheten.

4.1.4 Geologi

Kvartærgeologien av den vestlige botn er ikke kartlagt av NGU, men våre egne registreringer er vist i registreringskartet i Vedlegg 1c. Det er flere mindre forsenkninger i fjellsiden, enkelte med tydelige leveer i nedre del. Vest for Frøhvelvet er det avsetninger fra jordskred, men disse er muligens overlagret med snøskredavsetninger.

4.1.5 Historiske skredhendelser

I nasjonal skreddatabase (NVE, 2021b) er det ikke registrert skred i området. Under befaringen fikk vi informasjon om et snøskred som gikk ut på det slakere arealet vest for Frøhvelvet, men plassering og tidspunkt var usikkert. Vi har derfor ikke registrert det i registreringskartet.

4.1.6 Tidligere rapporter

Området er beskrevet og vurdert under området «Vestpynten – Bykaia» i NVE (2016). Faresonene utarbeidet der, er vist i Figur 18. Vi har ikke mottatt en skredfarevurdering for frøhvelvet, men det virker rart at det ikke er utført en skredfarevurdering før bygging av Frøhvelvet.

4.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak

Vi har ikke informasjon om, eller observert skredsikringstiltak i området.

4.2 Vurdering av skredfare

4.2.1 Steinsprang

Det er ikke større bergparti i fjellsiden, og terrenghelningen er slakere enn 45°. Steinsprang er dermed ikke en aktuell prosess i fjellsiden. Steinsprang er derfor ikke vurdert nærmere.

4.2.2 Steinskred

Det er ingen strukturer i fjellsiden som tilsier at steinskred kan være en aktuell prosess. Steinskred er derfor ikke vurdert nærmere.

4.2.3 Snøskred

Hele øvre del av fjellsiden, opp mot platået, er et løsneområde for snøskred, og store deler av fjellsiden lenger nede er teoretisk bratt nok til at det kan løsne snøskred (Figur 19). Snøskred kan løsne ved skavlnedfall eller ved generell pålagring av vindtransportert snø fra nordøst over sør til nordvest. I situasjoner med vind fra sørvest, vil det være store henteområder for snø på platået, og det kan raskt avsettes store snømengder i løsneområdene.

Det øvre løsneområdet vil i de fleste vintersesonger få store snøavsetninger, som vist i Figur 17 og Figur 19. Årlig sannsynlighet for snøskred herfra er vurdert som >1/100 i den vestlige del, og >1/1000 i den østlige del. Løsnesannsynligheten i de nedre løsneområder er betydelig lavere, da de ikke lastes med like store mengder snø som fraktes med vind over platået.

Figur 19: Inngangen til frøhvelvet og fjellsiden ovenfor. Øvre og nedre løsneområder for snøskred er indikert. Bilde tatt mot sørøst.

Som hjelp til å vurdere rekkevidde av dimensjonerende snøskred, har vi utført beregninger med snøskredmodulen i RAMMS. Dimensjonerende bruddkanter for de ulike løsneområder for snøskred med årlig sannsynlighet på hhv. 1/100, 1/1000 og 1/5000 følger beskrivelsen gitt i avsnitt 2.8.2 og er vist i Tabell 8. Arealet av løsneområdene er differensiert for de tilsvarende årlige sannsynligheter. Utvalgte beregningsresultater for skred med årlig

sannsynlighet 1/1000 er vist i Vedlegg 1e. Beregninger og løsneområder for 1/100 og 1/5000 finnes digitalt.

Beregninger viser at snøskred med årlig sannsynlighet ≥1/1000 fra den østlige del av det øvre løsneområdet når så vidt frem til inngangen til frøhvelvet, men ikke til den tekniske bygningen. Snøskred med årlig sannsynlighet ≥1/5000 når frem til det tekniske bygget.

Tabell 8: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene for snøskred i område 1B-Frøhvelvet.

Løsneområde	d_0 (m)			Friksjon	Kommentar
	1/100	1/1000	1/5000		
L1B-100-1	1,1	-	-	T100	
L1B-100-2	1,1	-	-	T100	
L1B-1000-1	-	1,4	-	M300	Løsneområdet strekker seg nedover i fjellsiden.
L1B-1000-2	-	1,4	-	S300	
L1B-5000-1	-	-	1,9	M300	Løsner samtidig som L1B-5000-2
L1B-5000-2	-	-	1,5	M300	

4.2.4 Flomskred

Det er flere spor etter flomskred i flere deler av fjellsiden, som vist i registreringskartet i Vedlegg 1c. Sporene kan også være fra jordskred som har blitt kanalisert som flomskred. Vurderinger i dette avsnittet dekker derfor også jordskred. Terrenget i størsteparten av fjellsiden ovenfor frøhvelvet er bratt nok til at jordskred og flomskred kan utløses. Det er ingen tydelige vannveier ned i fjellsiden fra platået, men vann fra snøfonnen nedenfor kanten på platå vil gi en del avrenning på vårparten.

Mulig utbredelse av flomskred og jordskred er modellert med RAMMS som beskrevet i avsnitt 2.10. Løsneområder for flomskred er lagt der vi fra flyfoto og observasjoner har identifisert tidligere løsneområder (se registreringskart i Vedlegg 1c). Vi har brukt bruddkanter på 0,5 m og 1 m, verdier for μ=0,08 og 0,1 og ξ=1000 m/s^2.

Beregnet utløp stemmer i noen grad med tolkningen av jord- og flomskredavsetninger. Modellerte skredmasser når godt ut på det slakere område vest av frøhvelvet, men ikke like langt som snøskred. Ytterst i faresonen 1/1000 og 1/100 vil flomskred og jordskred bidra i noen grad til den samlede skredfare, men vil ikke være dimensjonerende for ytterkant av faresonene.

4.2.5 Jordskred

Jordskred er beskrevet sammen med flomskred ovenfor.

4.2.6 Sørpeskred

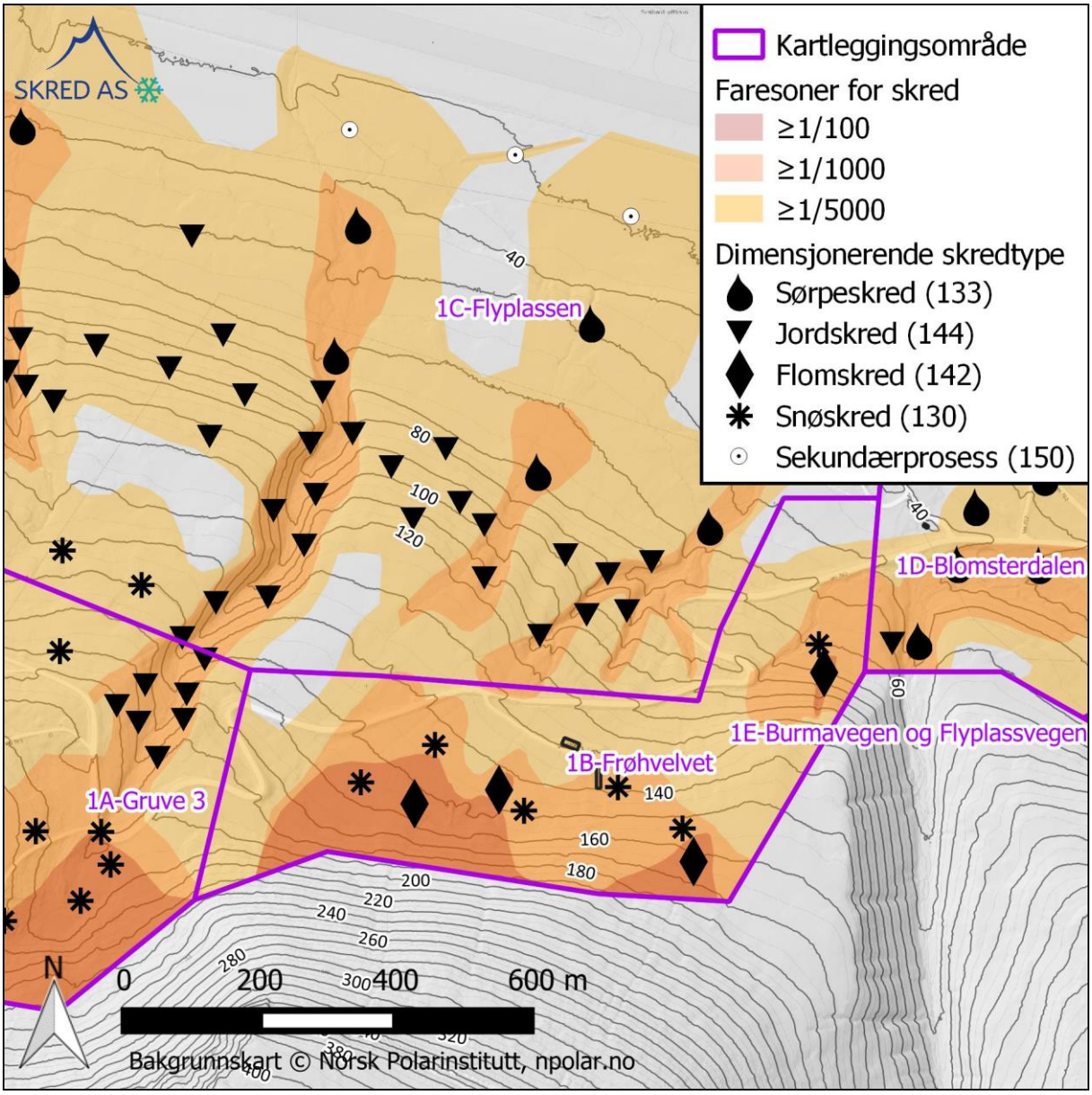
Våte snøskred kan forekomme, men sannsynligheten for sørpeskred i området er liten. Dette skyldes primært at det ikke er større, bratte forsenkninger med mulighet for å få kanalisert vann fra oversiden. Vi har derfor ikke vurdert sørpeskred videre.

4.2.7 Sekundærprosesser

Ingen.

4.3 Samlede faresoner for skred

Samlede faresoner for skred for område 1B-Frøhvelvet er vist i Figur 20 og i Vedlegg 1f. Snøskred er dimensjonerende for faresonene, også jord- og flomskred bidrar til den samlede faresone vest for frøhvelvet. Inngangen til frøhvelvet ligger marginalt utenfor faresonen 1/1000, men selve bygningskroppen ligger inne i faresonen. Det tekniske bygget ligger utenfor 1/1000. Både frøhvelvet og det tekniske bygget ligger inne i faresonen 1/5000.



Figur 20: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 1B-Frøhvelvet. Dimensjonerende skredtype er snøskred, men vest av frøhvelvet utgjør flomskred og jordskred også en betydelig fare.

4.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger

Det er flere steder betydelig avvik mellom den tidligere skredfarekartleggingen (NVE, 2016) og våre faresoner. Beskrivelser av vurderingene gjort i NVE (2016) er på et overordnet nivå, og det er derfor vanskelig å gi helt konkrete grunner til avvikene.

De største avvikene er i den østlige del av vårt kartleggingsområde. Her har vi trolig vurdert at snøskred kan løsne lenger mot øst fra den øvre del av fjellsiden enn det som er gjort i NVE (2016). Vest for frøhvelvet er det i NVE (2016) større faresoner enn vi foreslår, og de har jordskred som dimensjonerende skredtype, der vi har snøskred.

4.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet

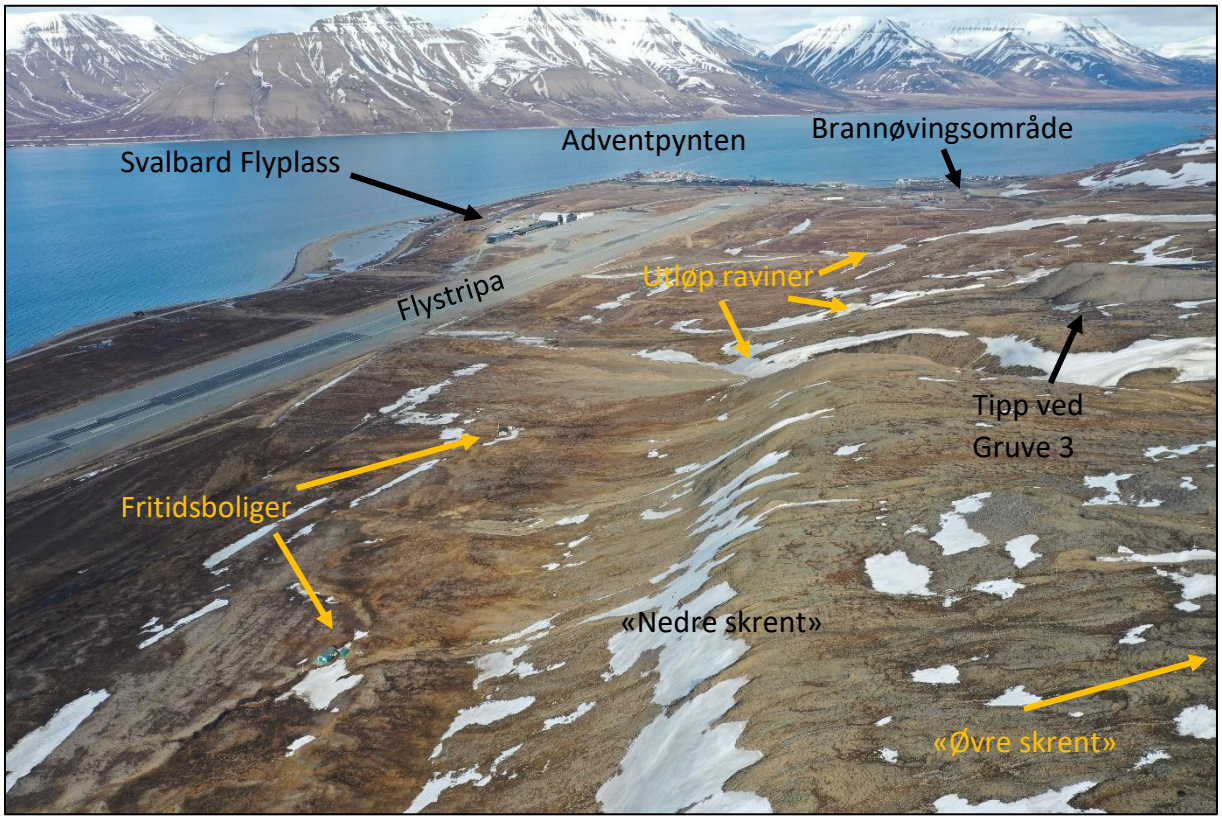
Terrengmodellen vest for frøhvelvet er ikke oppdatert med dagens parkeringsareal. Det er derfor noe usikkerhet rundt beregningsresultater og faresonene der.

5 1C-Flyplassen

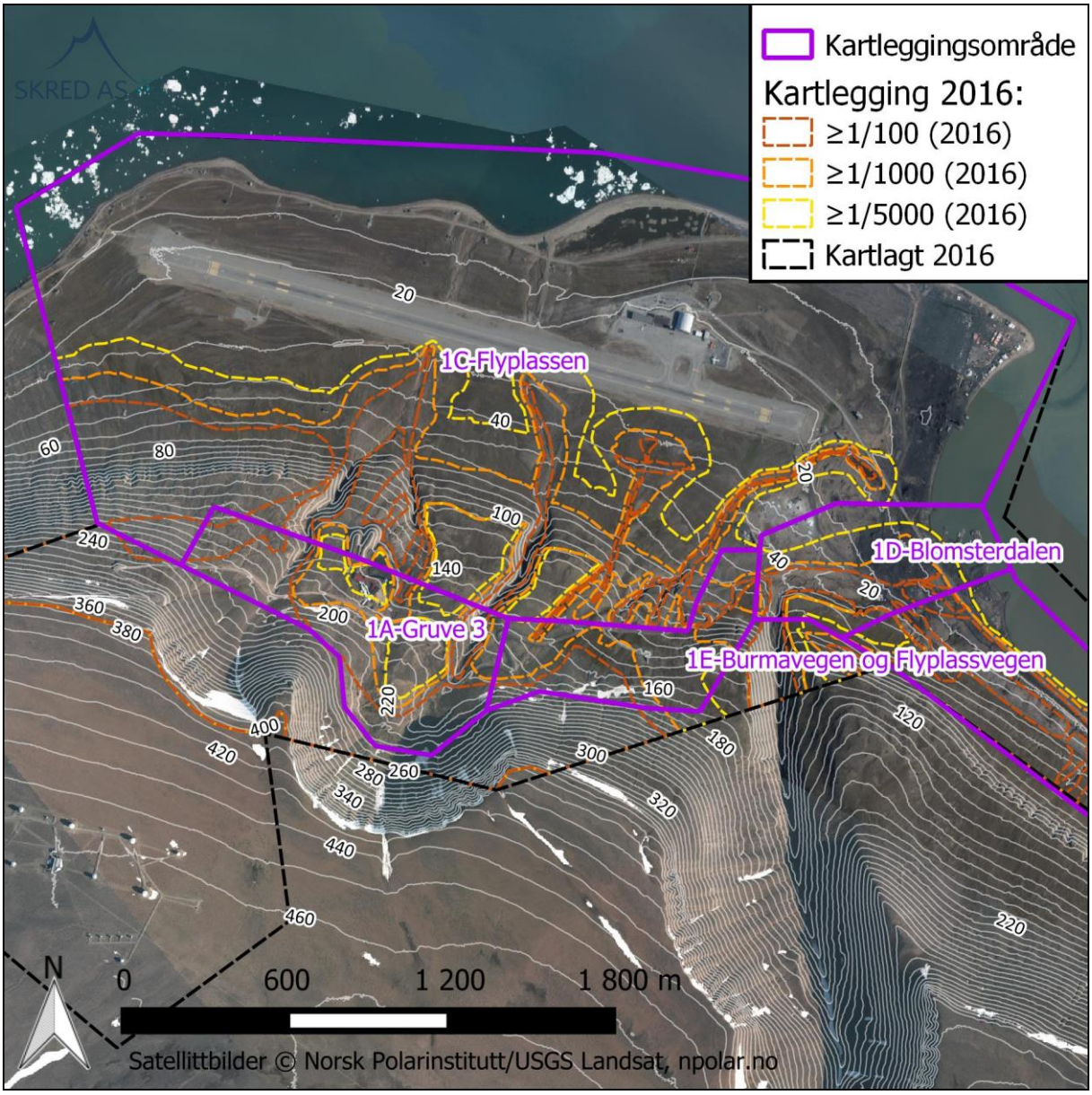
5.1 Områdebeskrivelse

Kartleggingsområde 1C omfatter flystripa, fritidsboligene mellom flystripa og fjellsiden mot sør, kaiområdet ved Adventpynten, og brannøvingsområdet sørøst i området (Figur 21, Figur 22). Flere bilder av området og fjellsiden ovenfor er vist i Vedlegg 1a.

Skredfarevurderingene er primært knyttet til utløpet av fire raviner ned mot flystripa i den østlige del av området, og den «nedre skrenten», sør for fritidsboligene i den vestlige del av området. På grunn av måten den sørvestlige grense av kartleggingsområdet er tegnet på, må også den «øvre skrenten», på hver side av Svalsat-vegen vurderes, til tross for at det ikke er bebyggelse i den del av området. Påvirkningsområdet er primært kartleggingsområdene 1A og 1B, beskrevet i de foregående avsnitt.



Figur 21: Bilde av kartleggingsområde 1C-Flyplassen. Bilde tatt mot øst.



Figur 22: Kartleggingsområde 1C-Flyplassen. Påvirkningsområdet er primært kartleggingsområdene 1A og 1B, som ikke vises fullstendig. Tidligere utarbeidede faresoner er vist med linjer (NVE, 2016).

5.1.1 Befaring

Befaring ble utført av Kristin B. Lome, Sondre Lunde og Kalle Kronholm (Skred AS), 2021-06-16 og 17. Det var flott vær med høyt skydekke og god sikt. I forsenkninger i de øvre deler av fjellsiden var det fortsatt en del snø. Området ble befart til fots og med drone. Sporlogg er vist i registreringskartet i Vedlegg 1c.

5.1.2 Flyfoto

På tilgjengelig flyfoto fra Norsk Polarinstitutt sin WMS tjeneste (Norsk Polarinstitutt, 2021a), er det god kontrast i bildet. Det er flere tilgjengelige historiske foto (skråfoto) på Toposvalbard.

5.1.3 Topografi

Terrenganalysen er basert på DTM s2009 (avsnitt 2.3). Terrenghelning er vist i Vedlegg 1b. Nedre del av området er dekket av DTM s2008. Denne terrengmodellen med høyere oppløsning er brukt ved analyser av løsneområder og registrering av terrengformer av betydning for skredfarevurderingen.

Området rundt flystripa er relativt slakt fra havnivå til rundt 40 moh., med helning <10° med unntak av fyllinger og andre terrenginngrep rundt flyplassen. Rundt 40 moh. løper en mindre skråning med helning på 10-20° og vertikal høydeforskjell på opptil 5 m. Skråningen løper omtrent øst-vest langs størsteparten av flystripa. Fra toppen av denne skråningen, stiger terrenget med økende helning opp mot og over «nedre skrent», som har topp rundt 140 moh. I den vestlige delen av skrenten, ovenfor fritidsboligene, har 40-60 høydemeter av skrenten en terrenghelning på 30-50°. Det er mange raviner i denne del av den nedre skrenten, omtrent 20-30 m mellom hver ravine. Mot øst blir den nedre skrenten gradvis mindre bratt, typisk 15-25°, men fortsatt over 40-60 høydemeter. Her er det færre små raviner, men i stedet 4 store raviner og en mindre, som skjærer seg gjennom løsmassene. Nedenfor hver av ravinene er det markerte vifteformer. De tre vestligste raviner er skjært tilbake helt opp til kartleggingsområde 1A, der de starter ovenfor eller rundt Svalsat-vegen. Ovenfor den vestlige del av kartleggingsområdet skal også terrenget opp til og ovenfor «Skjæringa» langs Svalsat-vegen vurderes. Her er den «nedre skrenten» omtrent sammenhengende brattere enn 30° opp til 380 moh., ovenfor Svalsat-vegen.

5.1.4 Geologi

Kvartærgeologien av den vestlige del av kartleggingsområdet er kartlagt av NGU og vist i Vedlegg 1d. I den østlige del av området har vi kartlagt former av betydning for skredfarevurderingen (Vedlegg 1c).

5.1.5 Historiske skredhendelser

I NVE Atlas (NVE, 2021b) er det ikke registrert skred i området. Under befaringen fikk vi informasjon om et sørpeskred som den 5. juni 2013 løsnet fra en ravine i den nedre skrenten, og flyttet/knuste en fritidsbolig. Hendelsen er merket som H1C-1 i registreringskartet, og er lagt inn på skredregistrering.no. På bilder vi har sett fra etter hendelsen, har skredmassene gått 20-40 m lenger nedover dalsiden vest for hytta (Figur 25).

5.1.6 Tidligere rapporter

Området er beskrevet og vurdert under området «Vestpynten – Bykaia» i NVE (2016). Faresonene utarbeidet der, er vist i Figur 22.

5.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak

Vi har ikke informasjon om, eller observert skredsikringstiltak i området. To overvannsgrøfter er registrert sør for flystripa, T5, T6.

5.2 Vurdering av skredfare

5.2.1 Steinsprang

Det er ikke større bergparti i fjellsiden ovenfor kartleggingsområdet, og dermed ingen kildeområder for steinsprang. Steinsprang er derfor ikke vurdert nærmere. Vest for kartleggingsområdet er det steinsprangavsetninger relativt langt ut fra skrentfoten, men ikke i kartleggingsområdet.

5.2.2 Steinskred

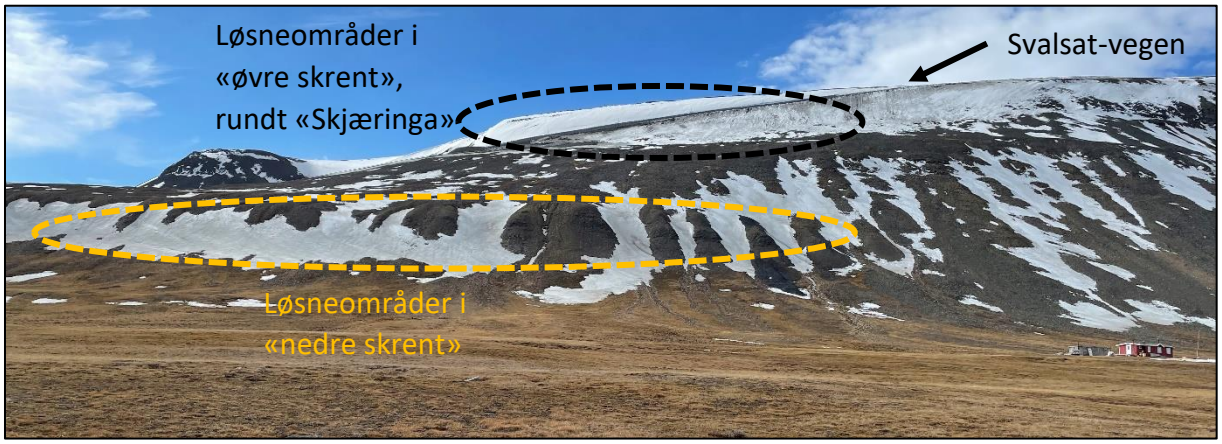
Det er ingen strukturer i fjellsiden som tilsier at steinskred kan være en aktuell prosess. Steinskred er derfor ikke vurdert nærmere.

5.2.3 Snøskred

I den vestlige del av området, ovenfor fritidsboligene, kan snøskred utløses fra forsenkningene i den nedre skrenten (Figur 23). Snøskred herfra vurderes å være relativt små i volum, og ha en årlig sannsynlighet >1/1000. Mens ryggene mellom hver forsenkning ofte vil blåses fri for snø, kan det avsettes store snømengder i forsenkningene, blant annet ved krysslagring med vind som blåser inn/ut av Adventdalen. Beregninger av utløp er gjort som beskrevet i avsnitt 2.8. Bare de største forsenkningene vurderes å ha årlig sannsynlighet for utløsning av snøskred >1/100, mens de fleste forsenkninger vurderes å ha sannsynlighet >1/1000. I et scenario 1/5000, mener vi at sammenhengende snødekke over store deler av den nedre skrent kan løsne samtidig.

I den «øvre skrenten» rundt Svalsat-vegen, er det kjente, og hyppige snøskred. Løsneområdene her «mates» av snø som transporteres over platået, og avsettes i løsneområdene. På oversiden av Svalsat-vegen går det snøskred omtrent hvert år, men vi er ikke kjent med snøskred som har løsnet på nedsiden og vest for Svalsat-vegen. Dette utelukker dog ikke at det løsner snøskred nedenfor Svalsat-vegen, men beregnet utløp vil trolig ikke være mye annerledes enn for løsneområdet ovenfor vegen. Vest for kartlagt område vil nok løsneområdet nedenfor Svalsat-vegen ha betydning for skredfare, men ikke i området vi skal kartlegge her. Skredutbredelse er beregnet som beskrevet i avsnitt 2.8.

Bruddkanter i beregningene er vist i Tabell 9. Eksempler på beregningsresultater er vist i Vedlegg 1e. Beregningene viser at snøskred med årlig sannsynlighet 1/1000 ikke når frem til fritidsboligene.



Figur 23: Foto av løsneområder for snøskred ovenfor fritidsboligene i den vestlige del av kartleggingsområde 1C-Flyplassen. Bilde tatt mot sør.

Tabell 9: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene for snøskred i område 1C.

Løsneområde	d_0 (m)			Friksjon	Kommentar
	1/100	1/1000	1/5000		
L1C-100-1	1,1	-	-	T100	Skjæringa ved Svalsat-vegen.
L1C-100-2	0,9	-	-	T100	Nedre skrent.
L1C-100-3	0,9	-	-	T100	Nedre skrent.
L1C-1000-1	-	1,3	-	T300	Løsner alene.
L1C-1000-2	-	1,3	-	T300	Løsner alene.
L1C-1000-3	-	1,3	-	T300	Løsner alene.
L1C-1000-4	-	1,3	-	T300	Løsner alene.
L1C-1000-5	-	1,3	-	T300	Løsner alene.
L1C-1000-6	-	1,3	-	T300	Løsner alene.
L1C-1000-7	-	1,3	-	T300	Løsner alene.
L1C-1000-8	-	1,3	-	T300	Løsner alene.
L1C-1000-9	-	1,3	-	T300	Ovenfor Svalsat-vegen. Løsner alene.
L1C-5000-1	-	-	1,9	M300	Ovenfor Svalsat-vegen.
L1C-5000-2	-	-	1,5	M300	Nedenfor Svalsat-vegen. Løsner samtidig med området ovenfor vegen.
L1C-5000-3	-	-	1,5	M300	Sammenhengende løsneområde i nedre skrent.

Figur 24: Dronebilde av nedre skrent. Sett nedover og mot vest.

5.2.4 Flomskred

Det er spor etter flomskred i flere deler av fjellsiden, som vist i registreringskartet i Vedlegg 1c og bilde i Figur 24. Sporene kan også være fra jordskred som har blitt kanalisert som flomskred. Vurderinger i dette avsnittet dekker derfor også jordskred. Terrenget i størsteparten av den nedre skrenten er bratt nok til at jordskred og flomskred kan utløses. Overflatevann fra hele fjellsiden nedenfor Svalsat-vegen samles ned i ravinene, og snø avsatt i ravinene bidrar med betydelig avrenning i smelteperioder, spesielt på vårparten.

I situasjoner med stor snøsmelting fra snø som ligger i ravinene vil det, i tillegg til jordskred og flomskred, også være mulighet for sørpeskred. Hendelsen som skadet en hytte i 2013 var en kombinasjon av et flak som løsnet i det gamle snødekket, og skredmasser som beveget seg som et ikke-kanalisert sørpeskred eller mobilt flomskred nedover (Figur 25). Beregning av utløp for denne typen skred er beskrevet under avsnittet om sørpeskred nedenfor.

5.2.5 Jordskred

Jordskred er beskrevet sammen med flomskred ovenfor, for den nedre skrenten.

I terrenget ovenfor den nedre skrenten er det flere grunne jordskred i terreng som har øvre bruddkant i terreng med helning på ned til 10-15° (se registreringskart i Vedlegg 1c). Disse jordskredene er ikke spesielt store, og har trolig ikke beveget seg raskt, men slike bevegelser ville gitt store krefter på konstruksjoner i skredbanen. Vi er usikre på hvorfor de er her, og

ikke flere steder i så slakt terreng. På grunn av disse hendelsene, har vi valgt å legge en faresone ≥1/5000 over hele området, til tross for at det er eneste aktuelle skredtype, og at løsnesannsynlighet er vanskelig å vurdere. Det samme gjelder terrenget nedenfor Gruve 3. Nordøst for Gruve 3 er det ingen tegn på tidligere jordskred, og vi har derfor valgt å legge et område med årlig sannsynlighet for skred <1/5000 her (til tross for at vi har vanskelig ved å se nytten av et slikt område på det stedet).

I skrentene på de to store raviner som strekker seg fra område 1A, på hver side av Gruve 3, er det bratte kanter, og mulighet for jordskred. Sannsynligheten for jordskred vil øke i perioder med stor vannføring, som gir erosjon i bunnen av skrentene. Dette, kombinert med sannsynlighet for mindre utglidninger av snø og flomskred i mindre raviner vinkelrett på hovedravinen, gjør at vi her har lagt inn en faresone 1/1000.

5.2.6 Sørpeskred

Som nevnt over, var hendelsen som skadet en hytte i 2013 trolig en kombinasjon av et vått flak som gikk til brudd, hvoretter skredmassene beveget seg som et mobilt sørpeskred eller flomskred nedover (Figur 25). Dette er trolig mulig i alle de større ravinene i nedre skrent. Skredavsetninger nedenfor skrenten og spor etter ferske skred (Figur 24) viser at det er, og har vært en pågående prosess. Sørpeskred vil ha mindre avsatt løsmasse enn flomskred og jordskred, men trolig lenger utløp og minst like stort skadepotensiale.

Vi har brukt RAMMS, som beskrevet i avsnitt 2.11, til å beregne mulig utløpslengde av denne typen skred fra ravinene i den nedre fjellside. Bare de største raviner har potensiale for utløsning av denne typen skred med årlig sannsynlighet på 1/100, men samtlige raviner har potensiale for utløsning for 1/1000. Faresonene er tegnet basert på en kombinasjon av modellberegningene (som er lenger enn snøskred), tolkninger av skredavsetningene, og en vurdering av størrelsen av hver ravine. Løsneområder og beregningsresultater er vist i Vedlegg 1e.

Sørpeskred kan også løsne i de store ravinene øst i kartleggingsområdet, på hver side av Gruve 3, nedenfor Svalsat-vegen. I disse ravinene kanaliseres vann fra den vestlige botnen, Skytebanegropa, og langs Svalsat-vegen. På grunn av større nedslagsfelter, har de to ravinene rundt Gruve 3 samt ravinen nedenfor deponiet i Skytebanegropa har trolig større sannsynlighet for utløsning av sørpeskred (vurdert >1/1000) enn de to mindre ravinene i øst (vurdert >1/5000). Beregninger med RAMMS, som beskrevet i avsnitt 2.11, er gjort for de vestligste ravinene, mens faresonene er tegnet basert på geomorfologisk tolkning i utløpet av de to mindre, østlige ravinene.

Figur 25: Foto av sørpeskredet 5. juni 2013, som skadet en fritidsbolig. Bilde oversendt av Holt Hancock, tatt av Wesley Farnsworth.

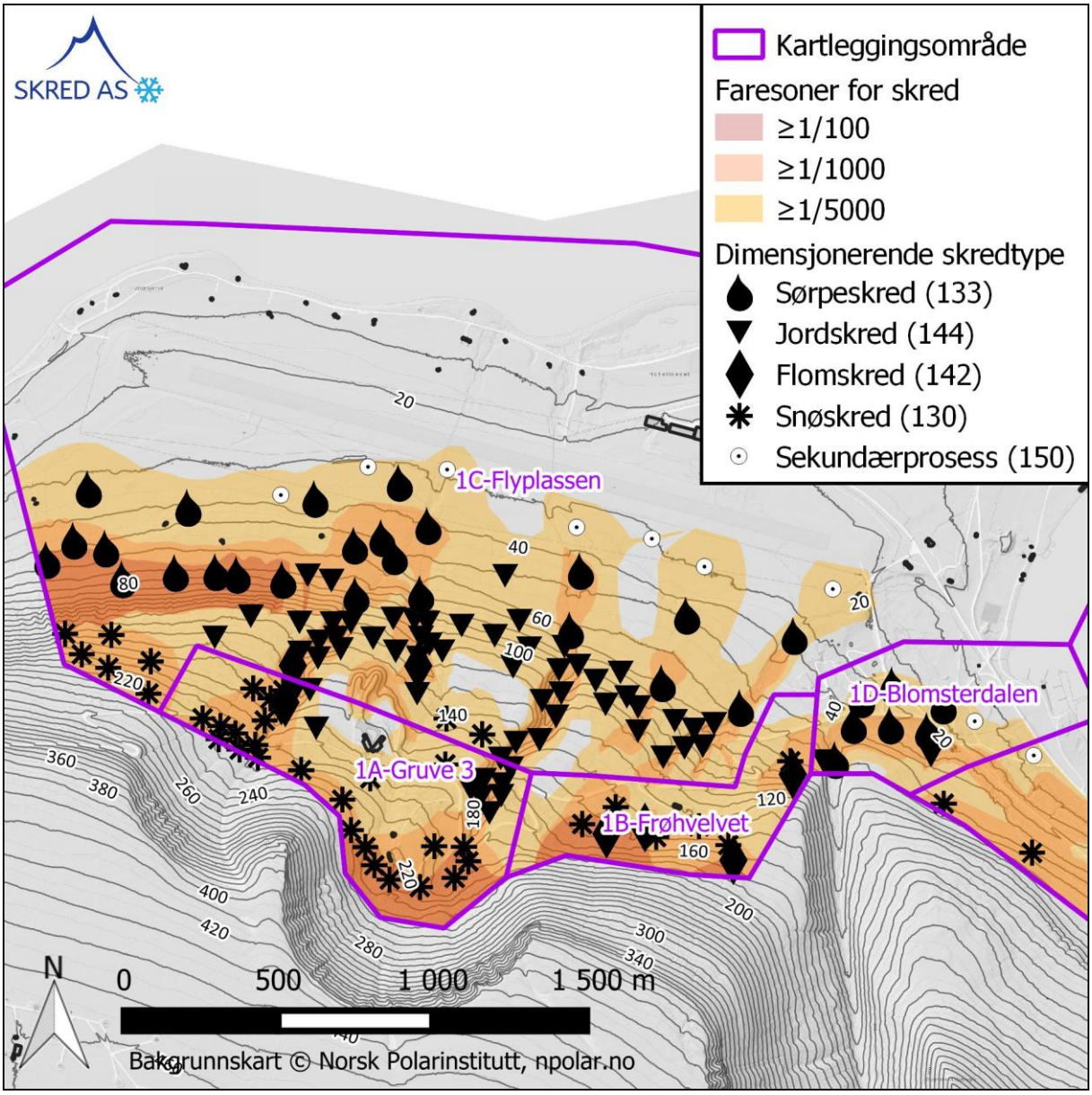
5.2.7 Sekundærprosesser

Etter sørpeskred, jordskred eller flomskred i de små og store raviner i området, vil de ytre deler av viftene bli berørt av vann, som i en flomsituasjon. Dette er tegnet inn som en del av faresonen ytterst på de store viftene øst i kartleggingsområdet.

5.3 Samlede faresoner for skred

Samlede faresoner for skred for område 1C-Flyplassen er vist i Figur 26 og i Vedlegg 1f. En kombinasjon av sørpeskred, flomskred og jordskred er dimensjonerende for størsteparten av faresonene, men jordskred på de slakere deler av terrenget gjør at faresonen ≥1/5000 dekker svært store deler av området.

Fritidsboligene sør for flystripa ligger marginalt utenfor faresonen med årlig sannsynlighet ≥1/1000.



Figur 26: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 1C-Flyplassen. Dimensjonerende skredtype er en kombinasjon av sørpeskred, flomskred og jordskred. I området nedenfor Svalsat-vegen er snøskred og jordskred dimensjonerende.

5.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger

Det er flere steder betydelig avvik mellom den tidligere skredfarekartleggingen (NVE, 2016) og våre faresoner. Beskrivelser av vurderingene gjort i NVE (2016) er på et overordnet nivå, og det er derfor vanskelig å gi helt konkrete grunner til avvikene.

5.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet

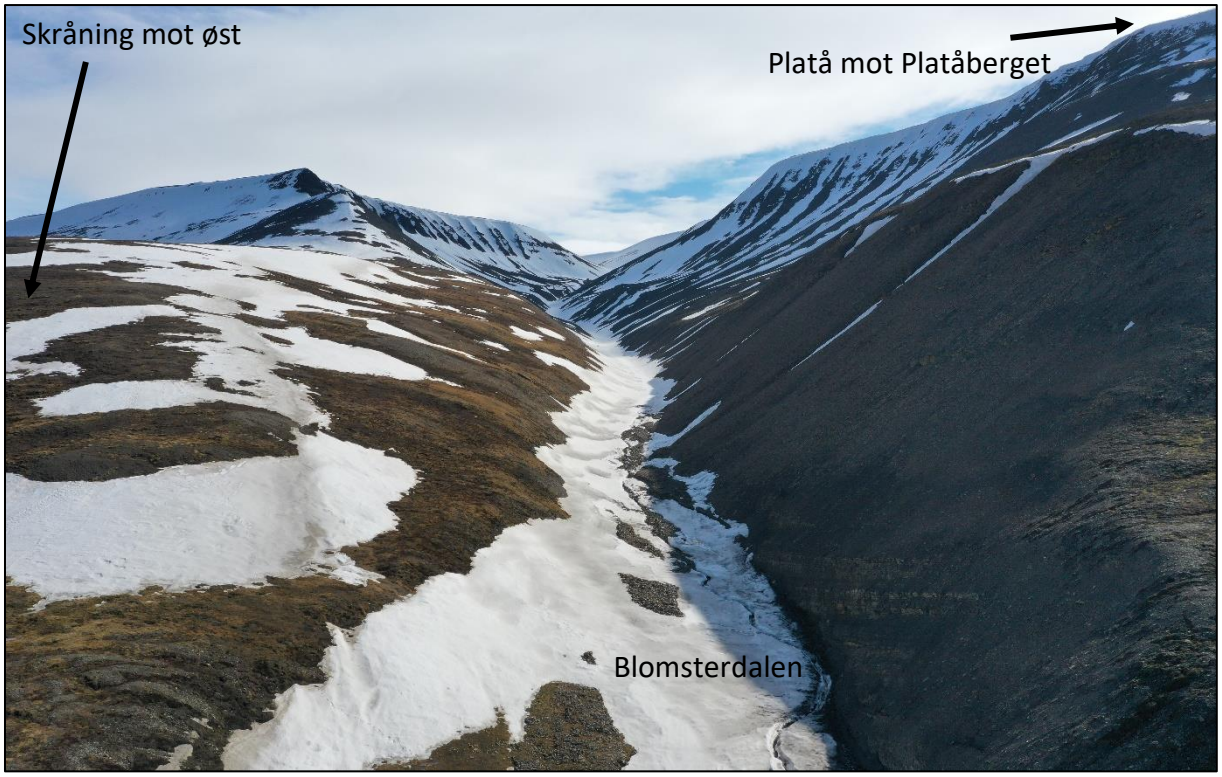
Ingen spesielle.

6 1D-Blomsterdalen

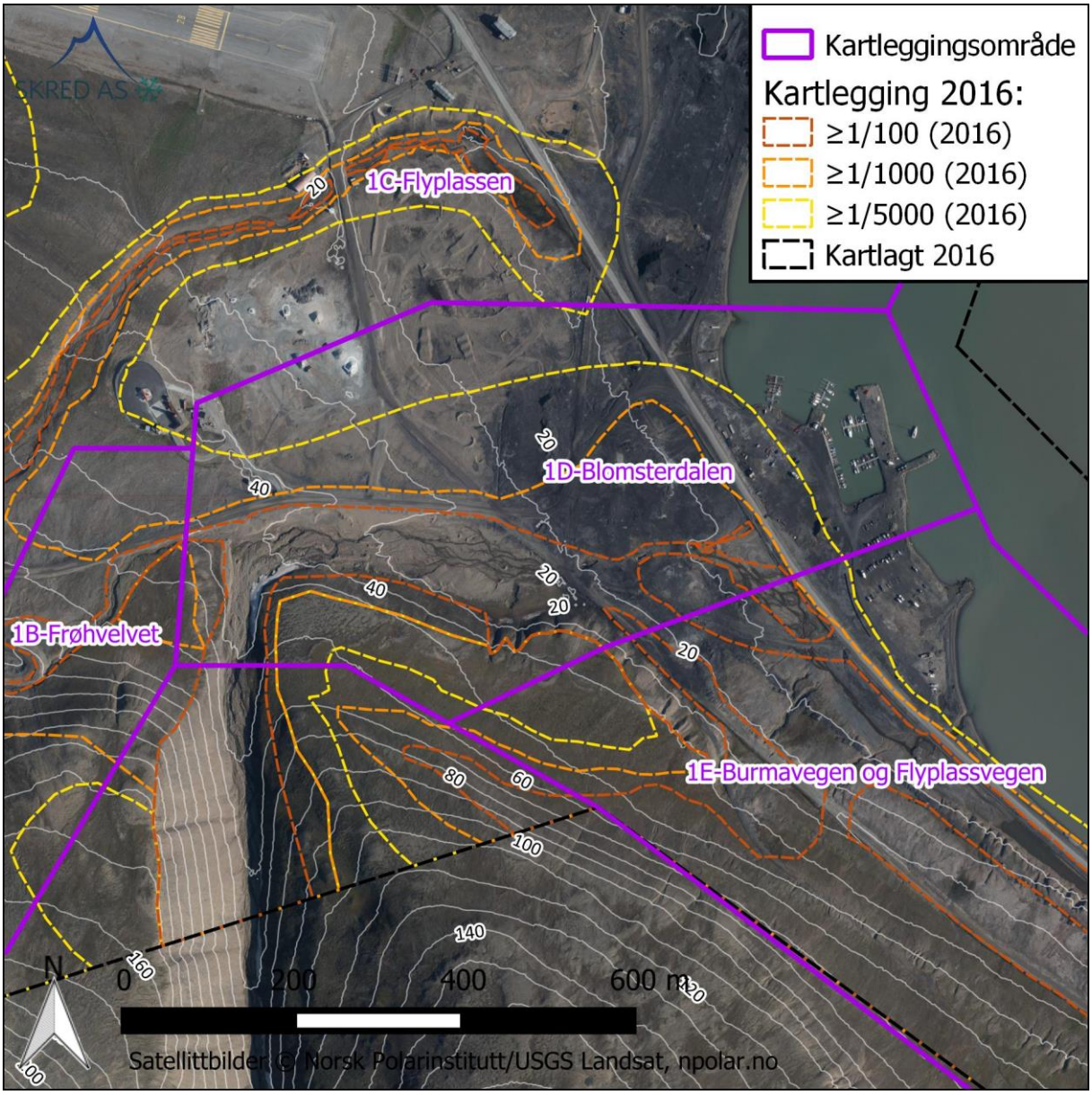
6.1 Områdebeskrivelse

Kartleggingsområde 1B omfatter utløpet av Blomsterdalselva og skråningen øst for utløpet (Figur 27, Figur 28). Påvirkningsområdet omfatter en stor del av platået opp mot Platåberget og hele Blomsterdalen. Det skyldes at platået drenerer ned mot Blomsterdalen og kartleggingsområdet, og fordi platået kan fungere som oppsamlingsområde for snø som transporteres med vind mot Blomsterdalen, noe som kan gi skred ned mot Blomsterdalselva. Sørpeskred langsetter Blomsterdalen, inn i/mot kartleggingsområdet er en aktuell problemstilling, diskutert i vurderingene nedenfor.

Det er i vårt datagrunnlag en enkelt bygning nord for utløpet av Blomsterdalen, en lagerplass, og en havn med enkelte bygg. Under befaringen var det utbygging i området, men vi kjenner ikke til detaljene for utbygging. Vi kjenner heller ikke til sikkerhetskravene til bygningene i området.



Figur 27: Foto av Blomsterdalen, som er løsneområde for sørpeskred ned mot kartleggingsområde 1D-Blomsterdalen. Bilde tatt mot sør.



Figur 28: Kartleggingsområde 1D-Blomsterdalen. Påvirkningsområdet dekker en stor del av platået mot sør og vest, og er ikke vist fullstendig. Tidligere utarbeidede faresoner er vist med linjer (NVE, 2016).

6.1.1 Befaring

Befaring ble utført av Kristin B. Lome, Sondre Lunde og Kalle Kronholm (Skred AS), 2021-06-16 og 17. På deler av befaringen deltok også Holt Hancock, som er observatør for den regionale varslingen Varsom, samt arbeider med lokal snøskredvarsling for vegen til Svalsat. Det var flott vær med høyt skydekke og god sikt. I forsenkninger i de øvre deler av fjellsiden var det fortsatt en del snø. Området ble befart til fots og med drone. Sporlogg er vist i registreringskartet i Vedlegg 1c.

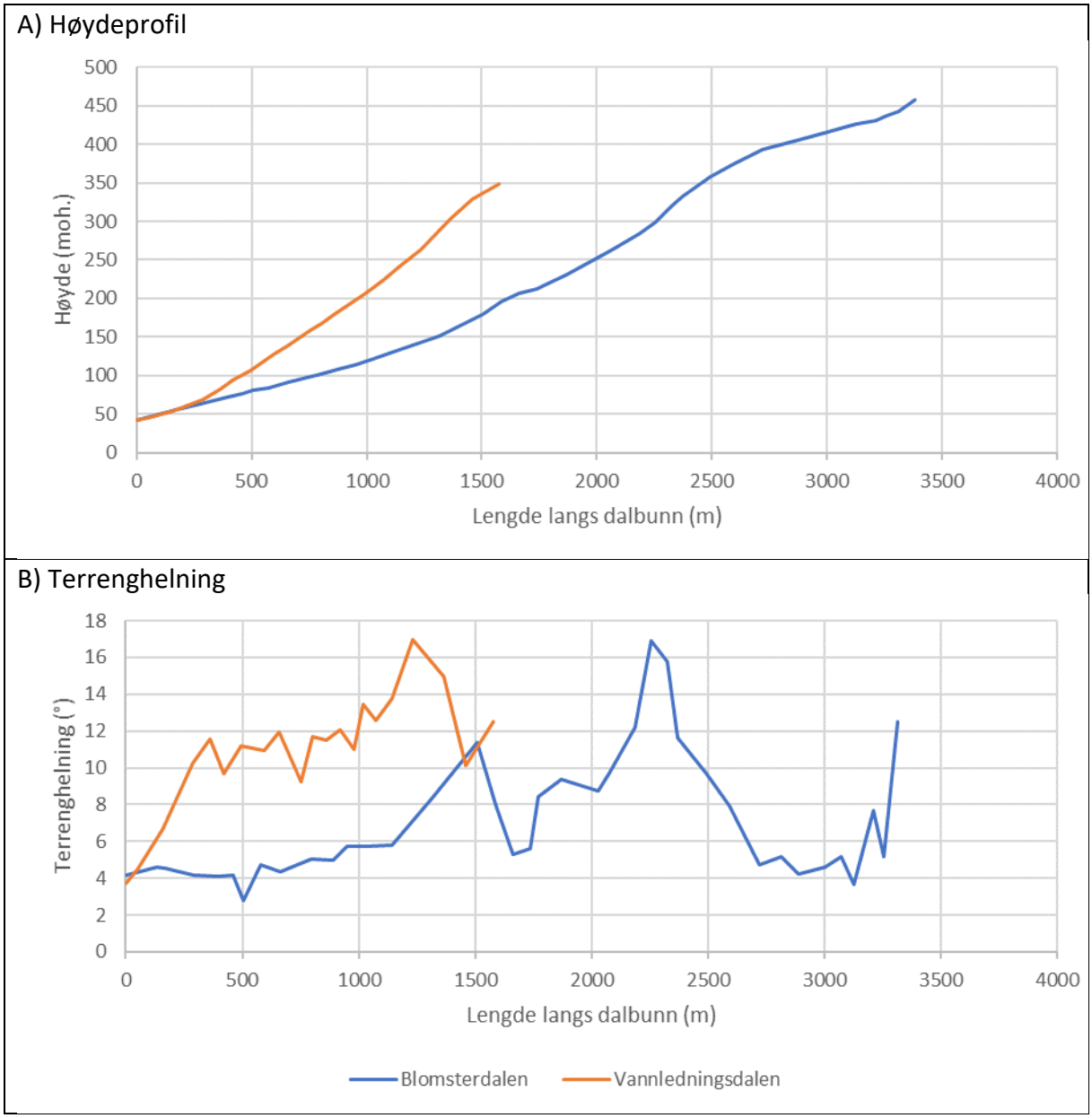
6.1.2 Flyfoto

På tilgjengelig flyfoto fra Norsk Polarinstitutt sin WMS tjeneste (Norsk Polarinstitutt, 2021a), er det god kontrast i bildet. Det er spesielt ett historisk skråfoto på Toposvalbard som viser planområdet, med ID S36_3037.

6.1.3 Topografi

Terrenganalysen er basert på DTM s2009 (avsnitt 2.3). Terrenghelning er vist i Vedlegg 1b. Skredvurderingen for området er primært relatert til sørpeskred langsetter Blomsterdalselva. Skråningen øst for utløpet av elva er beskrevet og vurdert under område 1E-Burmavegen.

Blomsterdalen utspringer fra platået rundt Sverdruphamaren, rundt 450 moh. Høydeprofilen og avledet terrenghelning for Blomsterdalen er sammenliknet med høydeprofilen for Vannledningsdalen i Figur 29. I den nedre 1-1,5 km av Blomsterdalen, er terrenghelningen betydelig slakere enn i Vannledningsdalen. Terrenget på begge sider av Blomsterdalen er relativt bratt, typisk 25-45°. I selve kartleggingsområdet er terrenget slakt, med unntak av den nordvendte skrenten ned mot elva.



Figur 29: A) Høydeprofil og B) og beregnet terrenghelning langs dalbunnen i Blomsterdalen og Vannledningsdalen.

6.1.4 Geologi

Kvartærgeologien er ikke kartlagt av NGU, men våre egne registreringer er vist i registreringskartet i Vedlegg 1c. Det er flere raviner i den nordvendte skrenten ned mot elvesletta på sørsiden av Svalsat- Flyplassvegen, men ellers ingen tydelige skredavsetninger eller spor etter tidligere skred.

6.1.5 Historiske skredhendelser

I nasjonal skreddatabase (NVE, 2021b) er det ikke registrert skred i området. Under befaringen fikk vi av Holt Hancock informasjon om et sørpeskred som den 5. juni 2013 løsnet

øverst i Blomsterdalen, men stoppet rundt 200 moh., altså i god avstand fra området (H1D-1 i registreringskart). Hendelsen er lagt inn på skredregistrering.no.

6.1.6 Tidligere rapporter

Området er beskrevet og vurdert under området «Vestpynten – Bykaia» i NVE (2016). Faresonene utarbeidet der, er vist i Figur 28. NGI rapport 20081311-1 dekker ytterkanten av området, og er omtalt under område 1E i kapittel 7.

6.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak

Vi har ikke informasjon om, eller observert skredsikringstiltak i området. I praksis fungerer fyllingen under Svalsat-vegen som en fang-/ledevoll for eventuelle sørpeskred fra Blomsterdalen, men som beskrevet i avsnitt 6.2.6 nedenfor, mener vi dette skjer svært sjeldent. Svalsat-vegen har skjært av hele den nordlige delen av flomvifta fra utløpet av Blomsterdalen.

6.2 Vurdering av skredfare

6.2.1 Steinsprang

Det er ikke større bergparti i fjellsiden, og terrenghelningen er slakere enn 45°. Steinsprang er dermed ikke en aktuell prosess i fjellsiden, og steinsprang er derfor ikke vurdert nærmere.

6.2.2 Steinskred

Det er ingen strukturer i fjellsiden som tilsier at steinskred kan være en aktuell prosess. Steinskred er derfor ikke vurdert nærmere.

6.2.3 Snøskred

Det er store løsneområder for snøskred, som går ned mot Blomsterdalen, men ikke direkte mot kartleggingsområdet.

Langs den nordvendte skrenten ned mot elvesletta (P1D-1 i registreringskart), kan det forekomme mindre utglidninger av tynne snøflak med en årlig sannsynlighet >1/1000. Utløpslengden av disse er vurdert som beskrevet i avsnitt 2.8.3. Faresonen dekker en del av elvesletta, og har dermed ikke betydning for bygninger i kartleggingsområdet.

6.2.4 Flomskred

Det er flere raviner ned mot elvesletta, som vist i registreringskartet i Vedlegg 1c. Sporene kan også være fra jordskred som har blitt kanalisert som flomskred gjennom ravinene. Vurderinger i dette avsnittet dekker derfor også jordskred. Skredbanene er av begrenset størrelse, og ender på elvesletta. Utbredelse er vurdert uten beregninger, da de går ned på elvesletta, som også er dekket av faresoner for sørpeskred.

6.2.5 Jordskred

Vurderinger for jordskred er beskrevet sammen med flomskred ovenfor.

6.2.6 Sørpeskred

Forholdene for utløsning av sørpeskred i Blomsterdalen er like de i Vannledningsdalen, med ett viktig unntak: terrenghelning langs dalbunnen (Figur 29). Vi har informasjon om et sørpeskred som løsnet øverst i Blomsterdalen den 5. juni 2013, og som stoppet omtrent der

skredhendelsen i registreringskartet i Vedlegg 1c er registrert. Det er spesielt i de brattere parti av Blomsterdalen vi mener at utløsning er sannsynlig. I de nedre 1-1,5 km av Blomsterdalen er terrenget relativt slakt, betydelig slakere enn i Vannledningsdalen. Av den grunn mener vi at bare sørpeskred som utløses under helt eksepsjonelle forhold, vil nå frem til munningen av Blomsterdalen.

Dette er bekreftet med beregninger i RAMMS, som beskrevet i avsnitt 2.11. Til tross for bruk av erosjonsmodulen, lave verdier for friksjon, og store løsnevolum ulike steder i dalen, er det ingen av beregningene som viser store hastigheter på skredmasser ved utløpet av Blomsterdalen. Sørpeskredmasser ledes av fyllingen under Svalsat-vegen mot øst. Beregningene er gjort på et terreng uten snødekke. I en vintersituasjon kan det ligge mye snø på elvesletta ved munningen av Blomsterdalen. Dette vil gi større mulighet for at sørpeskredmasser kan gå over Svalsat-vegen. Dette har vi ikke vist med modellering, men mener er realistisk for sørpeskred med årlig sannsynlighet >1/5000.

Vi vurderer at sørpeskred kan løsne i Blomsterdalen med en årlig sannsynlighet >1/100, men at mindre hendelser ikke vil nå inn i kartleggingsområdet. Sørpeskred med årlig sannsynlighet >1/1000 vil nå inn i kartleggingsområdet, men holde seg på sørsiden av Svalsat-vegen. I situasjoner med årlig sannsynlighet >1/5000, vil det ligge så mye snø i munningen av Blomsterdalen, sør for Svalsat-vegen, at sørpeskredmasser vil klatre over vegen. Faresonen her er ikke basert på beregninger, men skjønn.

Steinsprang fra sidene av øvre deler av Blomsterdalen kan teoretisk utløse sørpeskred, men en slik situasjon mener vi oppstår med svært lav årlig sannsynlighet. Uansett vil rekkevidden av sørpeskred utløst av steinsprang ikke ha større rekkevidde enn «vanlig utløste» sørpeskred, som er beskrevet ovenfor.

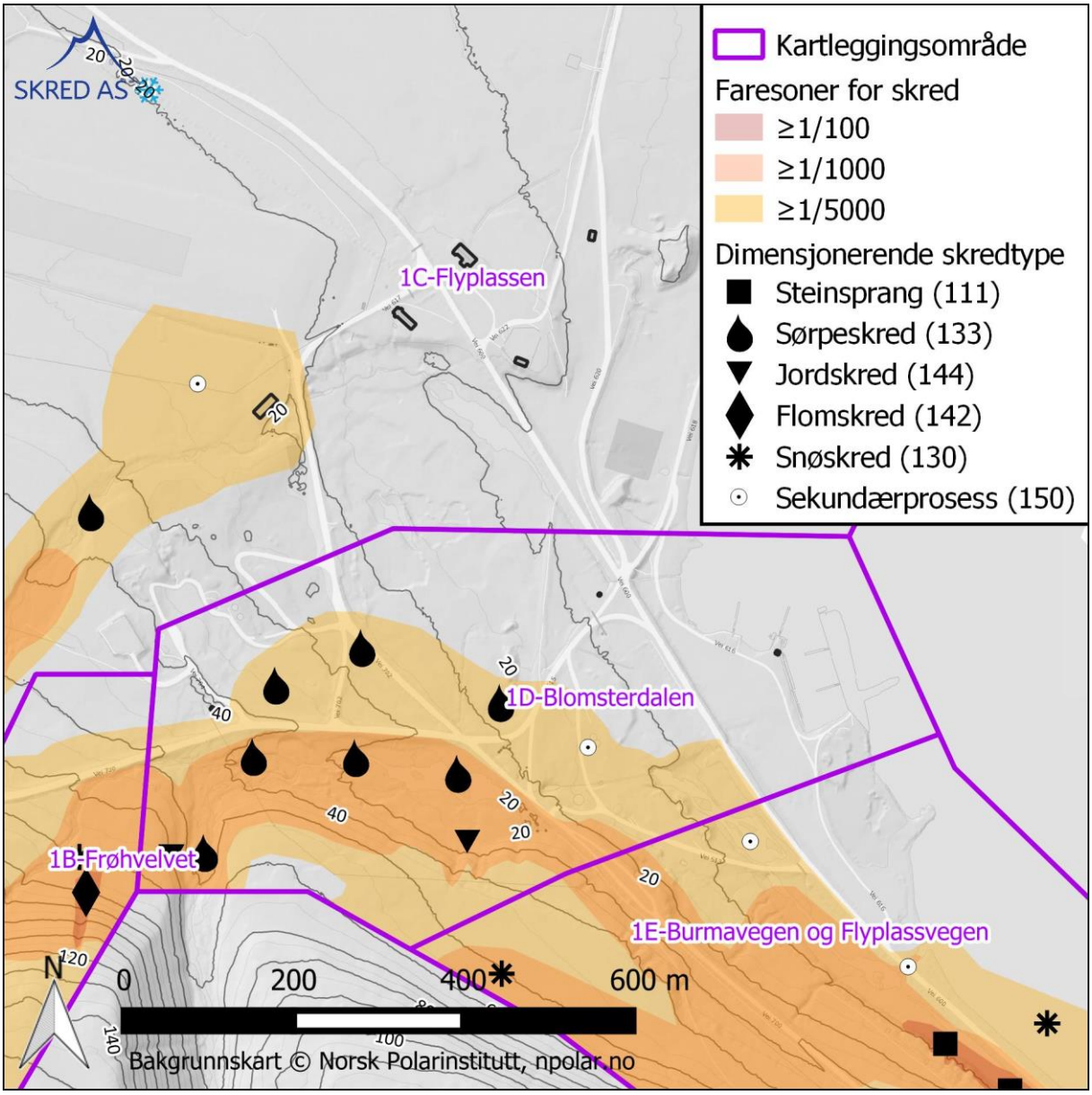
6.2.7 Sekundærprosesser

Etter sørpeskred langsetter Blomsterdalen, vil det være raskt voksende flom nedstrøms området der sørpeskredene stopper. Overgangen mellom hva som er sørpeskred og hva som er flom som sekundæreffekt er glidende, men sannsynlighet for sørpeskred vil avta med økende avstand fra utløpet av Blomsterdalen.

6.3 Samlede faresoner for skred

Samlede faresoner for skred for område 1D-Blomsterdalen er vist i Figur 30 og i Vedlegg 1f. Størstedelen av faren skyldes sørpeskred, men inne under skrenten i den sørlige delen av elvesletta er det også mulighet for jordskred, flomskred og snøskred.

Ifølge våre kartgrunnlag er det ingen bygninger i faresonen 1/1000.



Figur 30: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 1D-Blomsterdalen. Dimensjonerende skredtype er sørpeskred, men nedenfor skrenten sør for elvesletta utgjør flomskred, jordskred og mindre utglidninger av snøskred også en fare.

6.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger

Det er flere steder betydelig avvik mellom den tidligere skredfarekartleggingen (NVE, 2016) og våre faresoner. Beskrivelser av vurderingene gjort i NVE (2016) er på et overordnet nivå, og det er derfor vanskelig å gi helt konkrete grunner til avvikene.

Det virker som jordskred i NVE (2016) er vurdert som dimensjonerende for faresonene ved utløpet av Blomsterdalen, der vi har vurdert sørpeskred som dimensjonerende. Det tyder dermed på at vi har vurdert forholdet mellom de ulike skredprosesser ulikt.

6.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet

Ingen spesielle.

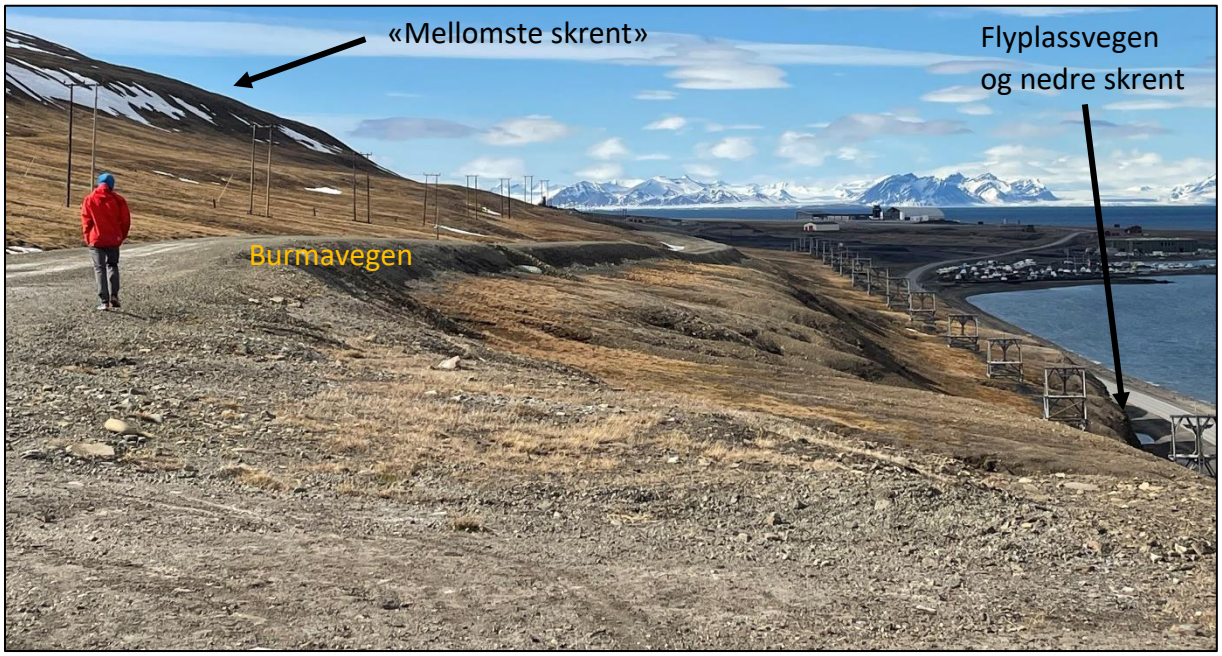
7 1E-Burmavegen og Flyplassvegen

7.1 Områdebeskrivelse

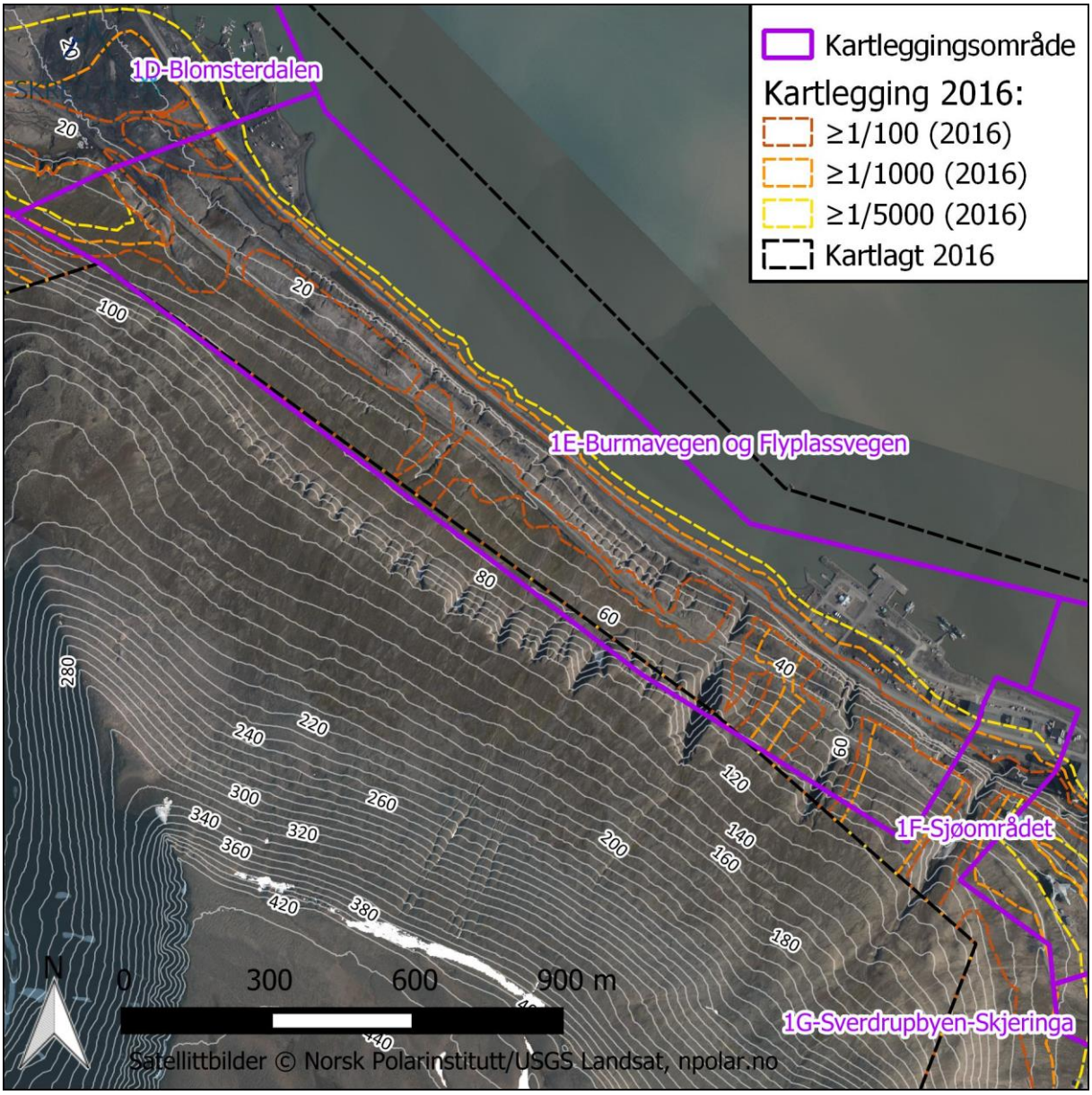
Kartleggingsområde 1E omfatter Flyplassvegen (Figur 31) og Burmavegen (Figur 32) mellom Bykaia i sørøst og utløpet av Blomsterdalselva rundt havna i nordvest (Figur 33). Påvirkningsområdet omfatter hele fjellsiden mot sørvest og platået Sverdruphamaren. Det skyldes at platået drenerer ned mot kartleggingsområdet, og fordi platået kan fungere som oppsamlingsområde for snø som transporteres med vind inn i løsneområder for snøskred ovenfor kartleggingsområdet.

Bare ved Bykaia er det bygninger, men vi er usikre på hva disse brukes til. Vi kjenner derfor ikke til sikkerhetskravene til bygningene i området.

Figur 31: Bilde av Flyplassvegen og «nedre skrent». Bilde tatt mot nordvest.



Figur 32: Foto av Burmavegen og terrenget i kartleggingsområdet. Bilde tatt mot nordvest.



Figur 33: Kartleggingsområde 1E-Burmavegen og Flyplassvegen. Påvirkningsområdet dekker en stor del av fjellsiden mot sør og vest, og er ikke vist fullstendig. Tidligere utarbeidede faresoner er vist med linjer (NVE, 2016).

7.1.1 Befaring

Befaring ble utført av Kristin B. Lome, Sondre Lunde og Kalle Kronholm (Skred AS), 2021-06-16. I forsenkninger i de øvre deler av fjellsiden var det fortsatt en del snø. Området ble befart til fots og i bil. Sporlogg er vist i registreringskartet i Vedlegg 1c.

7.1.2 Flyfoto

På tilgjengelig flyfoto fra Norsk Polarinstitutt sin WMS tjeneste (Norsk Polarinstitutt, 2021a), er det god kontrast i bildet. På Toposvalbard er det eldre flyfoto av den østlige del av området.

7.1.3 Topografi

Terrenganalysen er basert på DTM s2009 (avsnitt 2.3). Terrenghelning er vist i Vedlegg 1b. Fra rundt 200 moh. til sjøen er den mer detaljerte terrengmodellen s2008 tilgjengelig. Denne er brukt som grunnlag ved tegning av faresoner, men s2009 er brukt til alle beregninger.

Fjellsiden ovenfor kartleggingsområdet går fra havnivå til platået Sverdruphamaren rundt 415 moh. Fjellsiden er vendt mot nordøst og består grovt sett av fire sett med skrenter:

- Skrenten ovenfor Flyplassvegen («nedre skrent»). Denne er nær vertikal, og består av bart fjell med en vertikal høydeforskjell på 5-15 m (Figur 31). Med jevne mellomrom er skrenten gjennomskjært av en ravine/forsenkning.
- Mellom Burmavegen og toppen av «nedre skrent» er det en mindre skrent i løsmasser rundt 40-50 moh. (Figur 32). Terrenghelningen er 30-40°. Med jevne mellomrom er det raviner som skjærer seg gjennom skrenten.
- Ovenfor Burmavegen, rundt 70-130 moh., løper «mellomste skrent» parallelt med dalsiden. Skrenten har en terrenghelning på 30-45°, med små og store raviner med jevne mellomrom.
- Fra toppen av «mellomste skrent» til platået på Sverdruphamaren er fjellsiden jevn langs kotene, men terrenghelningen øker jevnt opp mot kanten av platået, der den er rundt 40°.

7.1.4 Geologi

Kvartærgeologien er ikke kartlagt av NGU, men våre egne registreringer er vist i registreringskartet i Vedlegg 1c. Det er mange raviner i de fire sett med skrenter, og flere sett med tydelige skredavsetninger fra jordskred og flomskred, blant annet med tydelige leveer. I foten av nedre skrent, løper en liten grøft. Under naturlige forhold hadde det trolig vært en steinsprangavsetning her, noe som er tydelig på gamle flyfoto.

7.1.5 Historiske skredhendelser

I NVE Atlas (NVE, 2021b) er det registrert enkelte små skredhendelser i den øvre skrenten, nedenfor platået. Disse er trolig registrert gjennom RegObs, og viser bare at det kan løsne snøskred der, men gir i liten grad informasjon om potensiell rekkevidde av store snøskred.

Vi har informasjon om et sørpeskred som løsnet som et vått flakskred nedenfor Burmavegen 2013-06-05, krysset Flyplassvegen og flyttet flere containere på lagerplassen (H1E-1). Punktet er i vårt registreringskart registrert omtrent ved antatt lengste utløp, mens det på skredregistrering.no er registrert omtrent midt i ravinen grunnet grovt bakgrunnskart som umuliggjør mer detaljert plassering. I NGI rapport 20081311-1 (NGI, 2008) er det et bilde av et snøskred som i 1996 løsnet fra øvre skrent (nedenfor kanten mot platået), og stoppet rett over «mellomste skrent». Plassering og dato er usikker, så vi har ikke registrert det i kart. I en tidligere rapport for området, utarbeidet av Rambøll i 2015 (Rambøll Norge AS, 2015), nevner de at et sørpeskred i 2012 stengte Flyplassvegen omtrent 300 m vest for Bykaia. Dette er omtrent ved utløpet av den første store ravinen vest for Bykaia. Til tross for usikkerhet i plassering og tidspunkt, har vi plassert hendelsen H1E-2 der i vårt

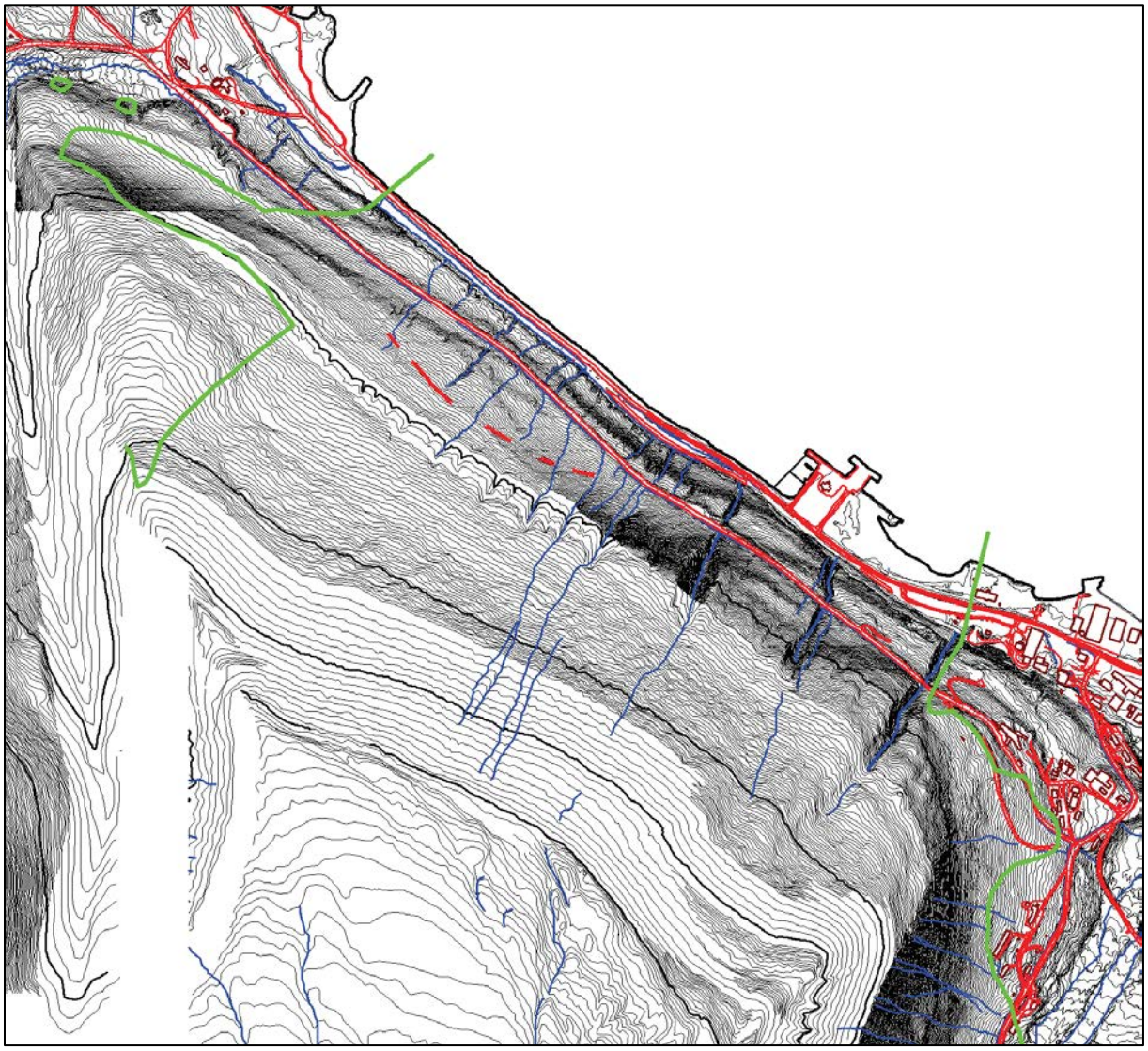
registreringskart. Vi er usikre på nøyaktigheten av denne hendelsen, og har derfor ikke registrert den i skredregistrering.no.

Under befaringen ble det observert mange mindre steinsprangblokker som har falt ut fra nedre skrent. Disse er ikke registrert som hendelser i registreringskartet.

7.1.6 Tidligere rapporter

Området er beskrevet og vurdert under området «Vestpynten – Bykaia» i NVE (2016). Faresonene utarbeidet der, er vist i Figur 33.

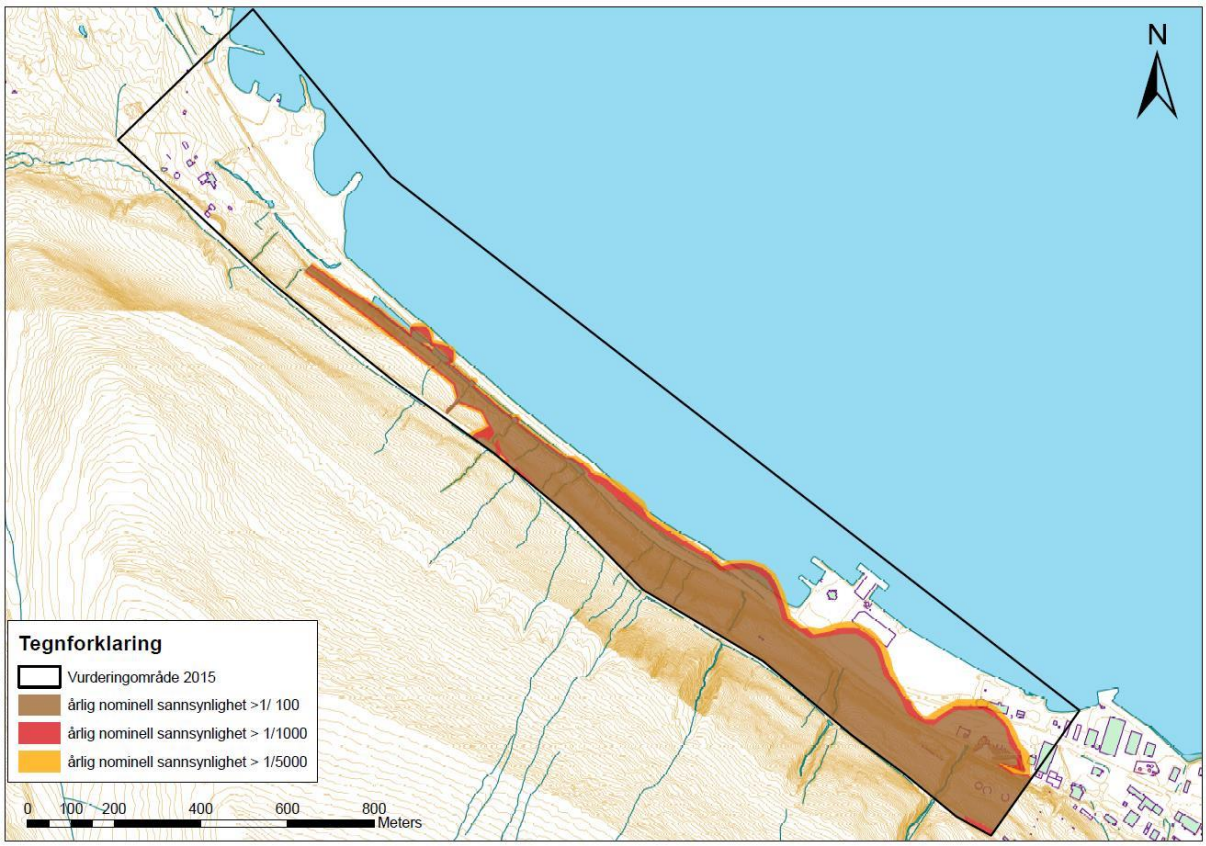
I en rapport fra 2008 (NGI, 2008), tegnet NGI faresoner for hele området (Figur 34). Der er det gjort utløpsberegninger for snøskred langs profiler. De vurderte da at snøskred kan nå sjøen med årlig sannsynlighet ≥1/1000 langs størsteparten av fjellsiden.



Figur 34: Faresonen 1/1000 fra NGI (2008) vist med grønn linje.

I 2013 vurderte Rambøll skredfare for Bykaia (Rambøll Norge AS, 2013) og i 2015 for hele kartleggingsområde 1E (Rambøll Norge AS, 2015). De mener dimensjonerende skredtype er steinsprang i den nedre skrenten, og sørpeskred ut flere av ravinene gjennom den nedre skrenten. Det er utført beregninger med RAMMS for snøskred og sørpeskred, men inngangsparameterne er ikke gitt. Snøskred fra det øvre løsneområdet vurderes av Rambøll å ikke nå ned til Flyplassvegen. Faresonene er gjengitt i Figur 35, og er altså betydelig mindre enn de i NGI (2008), vist i Figur 34.

Kartlagt område grenser opp mot Skred AS rapporter for et mulig sjølager for Sysselmesteren (Skred AS, 2019a, 2019b) og for mulig plassering av reservekraftverk (Skred AS, 2019c).



Figur 35: Faresoner fra Rambøll Norge AS (2015).

7.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak

Grøfta mellom foten av den nedre skrenten og Flyplassvegen er trolig tenkt også som et tiltak mot steinsprang, men er ikke tegnet inn i vårt registreringskart.

7.2 Vurdering av skredfare

7.2.1 Steinsprang

Steinsprang er hyppige i den nedre skrenten. Blokkstørrelsen er liten, begrenset av svært oppsprukket fjell (Figur 31). Skrenten er nær vertikal, og relativ lav, med en liten grøft i

foten. Vinterstid ligger det en del snø i foten av skrenten. Beregninger av potensiell rekkevidde av steinsprang gir derfor ikke relevante resultater. I stedet har vi vurdert faresonene på stedet, basert på skjønn. Typisk er faresonen 1/100 avgrenset av ytterkant av grøften langs Flyplassvegen.

7.2.2 Steinskred

Det er ingen strukturer i fjellsiden som tilsier at steinskred kan være en aktuell prosess. Steinskred er derfor ikke vurdert nærmere.

7.2.3 Snøskred

I den øvre skrenten, nedenfor platået på Sverdruphamaren er det løsneområder for snøskred. Løsneområdene her gir skred med årlig sannsynlighet >1/100. I modellberegningene er løsneområdene differensiert i areal mellom 1/100, 1/1000 og 1/5000. Disse strekker seg ned til rundt 360 moh. Nedenfor de brattere, øvre deler av dalsiden er det en liten utflating og deretter blir terrenget igjen brattere fra 320 til 260 moh. I dette partiet kan snøskred teoretisk utløses, men da store deler av terrenget er slakere enn 30° og bare enkelte deler er marginal brattere enn 30°, mener vil at løsnesannsynligheten er marginalt <1/5000. Disse områdene vil dog fungere som medrivning til snøskred som løsner fra det brattere partiet over.

På den nordøstvendte fjellsiden under Blomsterdalshøgda er det også løsneområder for snøskred, men avsetning av snø vil være mindre enn nedenfor platået.

I skrenten over Burmavegen vil det i spesielle situasjoner legge seg snø i de små skålene. Vi har definert 1/1000-scenario ved at hele eller deler av de større skålene går til brudd. I 1/5000-scenarioet er det sammenhengende bruddkant langs store deler av skrenten, altså over flere av de små skålene samtidig. I et 1/100-scenario er løsneområdene nedenfor platået aktive.

Beregninger er gjort med RAMMS, som beskrevet i avsnitt 2.8.2. Bruddkanthøyde i de ulike løsneområder er vist i Tabell 10. Eksempler på beregningene er vist i Vedlegg 1e. Kort oppsummert viser beregningene følgende:

- Snøskred med årlig sannsynlighet ≥1/100 når ikke frem til Burmavegen.
- Snøskred med årlig sannsynlighet ≥1/1000 når frem til Burmavegen i den midtre del av området, men når ikke ned til Flyplassvegen.
- Snøskred med årlig sannsynlighet ≥1/5000 når frem til, og krysser Flyplassvegen i den midtre del av området. Snøskred når ikke frem til Bykaia.

Faresonen 1/5000 i den midtre del av områdene går dermed helt på sjøen, og er der dimensjonert av snøskred.

Tabell 10: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene for snøskred i område 1E.

Løsneområde	d_0 (m)			Friksjon	Kommentar
	1/100	1/1000	1/5000		
L1C-100-1	1,1	-	-	S100	Nedenfor Sverdruphamaren.
L1C-100-2	1,1	-	-	S100	Nedenfor Sverdruphamaren.
L1C-1000-1	-	1,1	-	M300	Nedenfor Blomsterdalshøgda.
L1C-1000-2	-	1,4	-	M300	Nedenfor Sverdruphamaren.
L1C-1000-3	-	1,4	-	M300	Nedenfor Sverdruphamaren.
L1C-1000-4	-	1,4	-	M300	Nedenfor Sverdruphamaren.
L1C-1000-5	-	1,4	-	M300	Nedenfor Sverdruphamaren.
L1C-1000-6	-	1,4	-	M300	Nedenfor Sverdruphamaren.
L1C-1000-7	-	1,3	-	S300	Mellomste skrent, den ene side av skålform.
L1C-1000-8	-	1,3	-	S300	Mellomste skrent, hele skålen.
L1C-1000-9	-	1,3	-	S300	Mellomste skrent, løsneområde i bare den ene side av skålform.
L1C-1000-10	-	1,1	-	T300	Område i nordvest.
L1E-5000-1	-	-	1,9	M300	Mellomste skrent.
L1E-5000-2	-	-	1,5	M300	Mellomste skrent.
L1E-5000-3	-	-	1,5	M300	Mellomste skrent.
L1E-5000-4	-	-	1,7	M300	Mellomste skrent.
L1E-5000-5	-	-	1,5	M300	Mellomste skrent.
L1E-5000-5	-	-	1,5	M300	Mellomste skrent.
L1E-5000-6	-	-	1,7	M300	Mellomste skrent.
L1E-5000-7	-	-	1,5	M300	Nedenfor Blomsterdalshøgda.
L1E-5000-8	-	-	1,9	L300	Nedenfor Sverdruphamaren.
L1E-5000-9	-	-	1,9	L300	Nedenfor Sverdruphamaren.
L1E-5000-10	-	-	1,9	L300	Nedenfor Sverdruphamaren.
L1E-5000-11	-	-	1,9	L300	Nedenfor Sverdruphamaren.
L1E-5000-12	-	-	1,9	L300	Nedenfor Sverdruphamaren.
L1E-5000-13	-	-	1,9	L300	Nedenfor Sverdruphamaren.

7.2.4 Flomskred

Det er flere tegn etter flomskred i fjellsiden, som vist i registreringskartet i Vedlegg 1c. Sporene kan også være fra jordskred som har blitt kanalisert som flomskred gjennom ravinene. Vurderinger i dette avsnittet dekker derfor også jordskred. Flomskred kan løsne omtrent i de samme raviner som sørpeskred, som beskrevet nedenfor, og allerede beskrevet for område 1C. Vurderinger og beregninger for flomskred, jordskred og sørpeskred er derfor gjort samlet, som beskrevet i avsnitt 7.2.6 nedenfor.

7.2.5 Jordskred

Vurderinger for jordskred er beskrevet sammen med flomskred ovenfor.

7.2.6 Sørpeskred

Forholdene for utløsning av sørpeskred i flere av ravinene i og ovenfor kartleggingsområde 1E er lik de ovenfor fritidsbebyggelsen i område 1C (se kapittel 5). Flere registrerte sørpeskredhendelser bekrefter at sørpeskred er en relevant prosess i området, også med relativt stor årlig sannsynlighet. Usikkerhet i registreringene gjør dog at det ikke er mulig å si, basert på historikk, hvilke raviner som er de mest aktive.

Sørpeskred, flomskred og jordskred kan løsne i samtlige raviner i nedre skrent, i ravinene nedenfor Burmavegen, og i ravinene ovenfor Burmavegen. Løsnesannsynlighet er ikke lik i alle, men avhenger blant annet av terrenghelning, hvor mye snø som samles, og hvor mye vann som ledes inn i toppen av ravinene. De største og bratteste ravinene vil ha størst sannsynlighet for sørpeskred.

For å vurdere rekkevidde av sørpeskred, flomskred og jordskred, har vi utført beregninger med RAMMS, som beskrevet i avsnitt 2.11. Løsneområder og utvalgte beregningsresultater er vist i Vedlegg 1e. Beregningene for ravinene der det er registrert sørpeskred, viser, som observasjonene, at sørpeskred kan krysse Flyplassvegen. Dette gjelder uansett om skredene løsner ovenfor eller nedenfor Burmavegen.

Langs de større ravinene i kartleggingsområdet er sørpeskred, flomskred og jordskred dimensjonerende for faresonene. Av disse skredtypene er det sørpeskred som har lengst utløp, og dimensjonerende skredtype er derfor vist som sørpeskred i kartet med faresoner i Figur 36 og Vedlegg 1f.

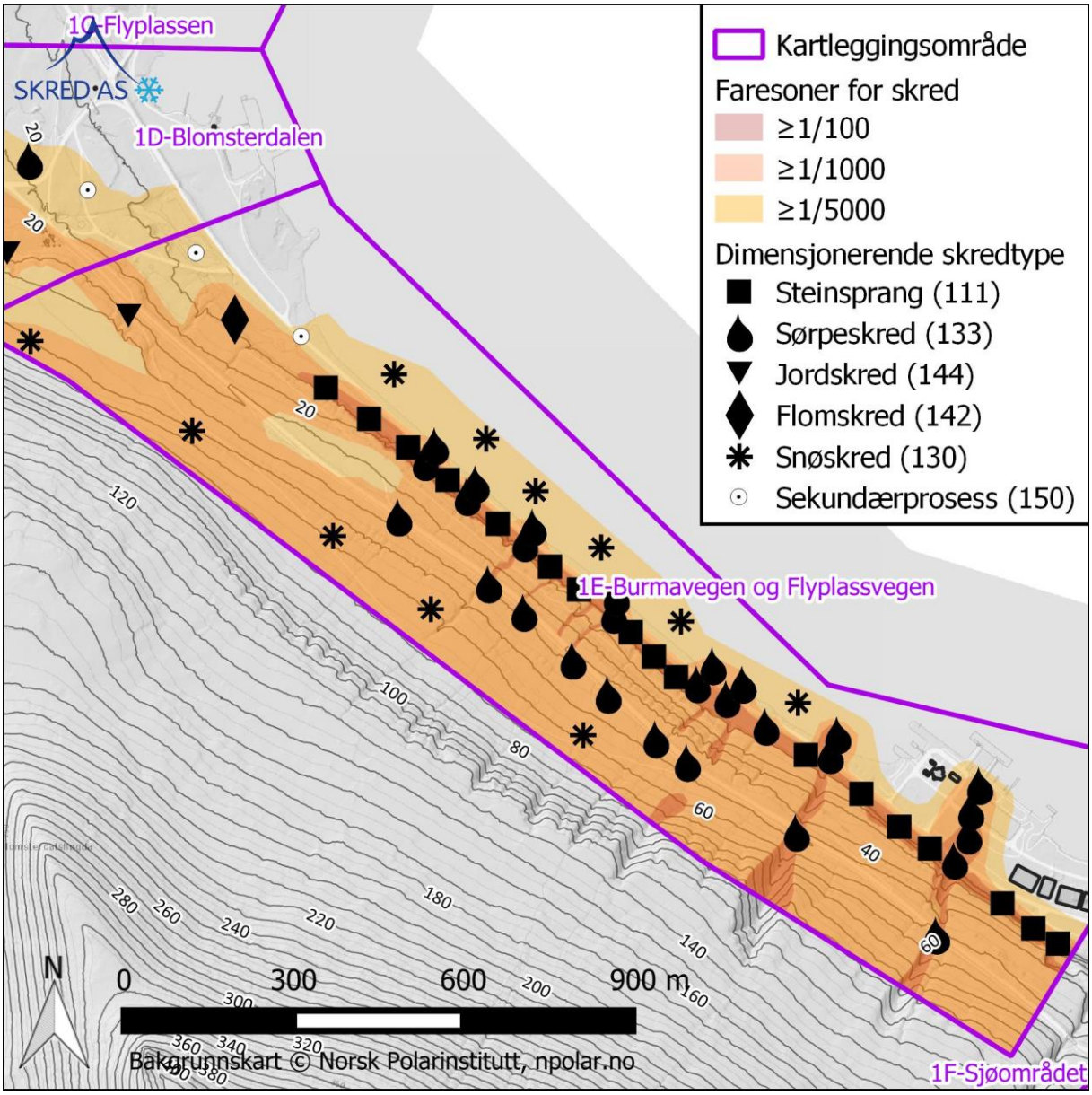
7.2.7 Sekundærprosesser

Etter sørpeskred i ravinene, vil det være raskt voksende flom nedstrøms området der sørpeskredene stopper. Overgangen mellom hva som er sørpeskred og hva som er flom som sekundæreffekt er glidende, men sannsynlighet for sørpeskred vil avta med økende avstand fra utløpet av ravinene. Vi har ikke merket noen områder her med denne sekundæreffekt, da vi mener det berørte området er relativt lite, og fordi vi er usikre på utbredelsen. Nord i kartleggingsområdet er det sekundæreffekt fra sørpeskred i Blomsterdalen.

7.3 Samlede faresoner for skred

Samlede faresoner for skred for området er vist i Figur 36 og i Vedlegg 1f. Størstedelen av faren skyldes sørpeskred, men inne under skrenten sør for Flyplassvegen er steinsprang dimensjonerende. Midt i kartleggingsområdet har snøskred har lengst utløp, men da det er på sjøen, har det begrenset betydning for utbredelsen av faresoner på land.

Ifølge våre kartgrunnlag er det ingen bygninger i faresonen 1/1000.



Figur 36: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 1E-Burmavegen og Flyplassvegen. Dimensjonerende skredtype er sørpeskred og steinsprang.

7.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger

Det er flere steder betydelig avvik mellom den tidligere skredfarekartleggingen (NVE, 2016) og våre faresoner. Beskrivelser av vurderingene gjort i NVE (2016) er på et overordnet nivå, og det er derfor vanskelig å gi helt konkrete grunner til avvikene. Våre faresoner er konsekvent større ved utløpet av de store ravinene på Flyplassvegen. Vi har derfor trolig vurdert sannsynligheten for sørpeskred betydelig større enn NVE (2016).

Faresonen 1/1000 i NGI (2008) går helt på sjøen fra Bykaia til utløpet av Blomsterdalselva, og dimensjonerende skredtype er snøskred. Våre vurderinger tilsier at snøskred med årlig

sannsynlighet 1/1000 ikke når frem til sjøen. Allikevel ligger i praksis vår faresone 1/1000 i sjøen, men det er på grunn av andre skredtyper enn snøskred.

I Rambøll Norge AS (2015) virker det som sannsynlighet for sørpeskred i ravinene er vurdert omtrent som vi har gjort. Rambøll har brukt RAMMS til beregningene, men vurdert fra beregnet skredutbredelse, har de benyttet vesentlig annerledes friksjonsparametre enn oss. Deres hastigheter ved Flyplassvegen har trolig vært lavere enn våre, noe som betyr at beregnet skredutløp er kortere, men med bredere avsetning i fot av viftene.

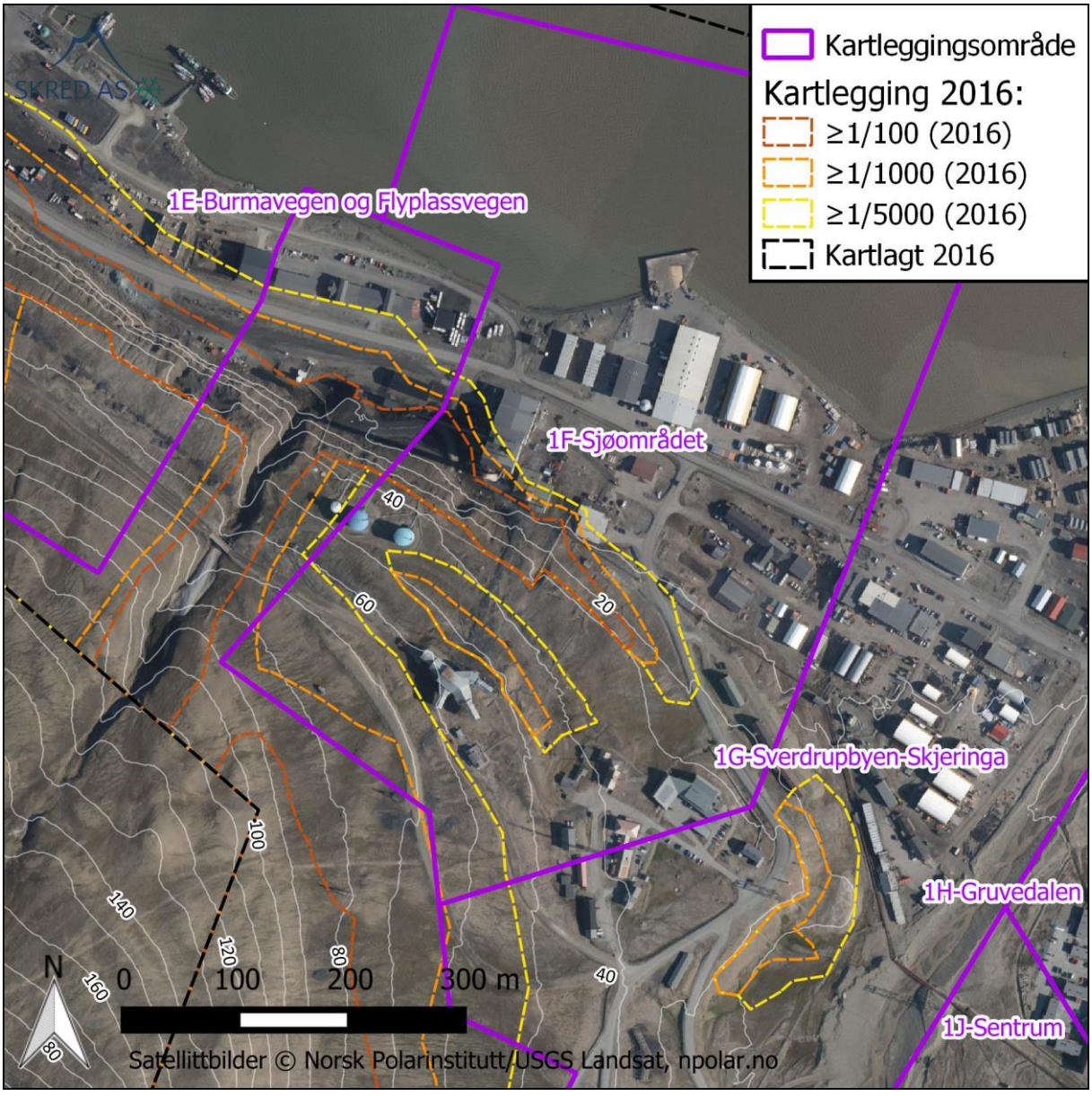
7.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet

Ingen spesielle.

8 1F-Sjøområdet

8.1 Områdebeskrivelse

Kartleggingsområde 1F dekker Taubanestasjonen, Sysselmesterens bygg, energiverket og Sjøområdet (Figur 37). Skredfarevurderingene er primært knyttet til en mindre skrent mellom taubanestasjonen og energiverket (Figur 38, Figur 39).



Figur 37: Kartleggingsområde 1F-Sjøområdet. Tidligere utarbeidede faresoner er vist med linjer (NVE, 2016).

Figur 38: Skråningene nedenfor Taubanestasjonen. Bilde tatt mot sør.

Figur 39: Sikringstiltak i skrenten ned mot renseanlegget og energiverket.

8.1.1 Befaring

Befaring ble utført av Kristin B. Lome, Sondre Lunde og Kalle Kronholm (Skred AS), 2021-06-16. Det var flott vær med høyt skydekke og god sikt. I forsenkninger var det fortsatt en del snø. Området ble befart til fots. Sporlogg er vist i registreringskartet i Vedlegg 1c.

8.1.2 Flyfoto

På tilgjengelig flyfoto fra Norsk Polarinstitutt sin WMS tjeneste (Norsk Polarinstitutt, 2021a), er det god kontrast i bildet. Skråfoto med ID S36_2557 fra 1936 er tilgjengelig på Toposvalbard.

8.1.3 Topografi

Terrenganalysen er basert på DTM s2009 (avsnitt 2.3). Terrenghelning er vist i Vedlegg 1b. Den mer detaljerte terrengmodellen s2008 dekker hele området, og er brukt som grunnlag til å tegne faresoner, men s2009 er brukt til alle beregninger.

Skredvurderingen for området er primært relatert til skrenten rett bak energiverket, og fortsettelsen av denne mot øst. Bak energiverket er skrenten nesten vertikal, og består av svært oppsprukket berg (Figur 39). Skrenten er sikret med nett og gjerde i foten, designet for at bygget bak skal tilfredsstille sikkerhetsklasse S1 (Rambøll Norge AS, 2017). Samme skrenten fortsetter mot øst, men blir da gradvis slakere (30-40°) og lavere (Figur 38). I øst, nedenfor Sysselgarden, omtrent ved Veg 300, er skråningen bare få meter høy. Rundt Taubanestasjonen er det noen mindre skråninger med høydeforskjell på opptil 5 m.

Ovenfor kartleggingsområdet fortsetter fjellsiden opp mot platået Sverdruphamaren. Terrenget ovenfor kartleggingsområdet er generelt konvekst, men det er enkelte små forsenkninger og brattere parti som kan være løsneområder for snøskred og jordskred.

8.1.4 Geologi

Kvartærgeologien er kartlagt av NGU, som vist i Vedlegg 1d. Våre egne registreringer er vist i registreringskartet i Vedlegg 1c. Med unntak av litt erosjon og avsetninger i skråningen øst for Energiverket, samt utfall av små stein bak Energiverket, er det ingen spor etter ferske skred.

8.1.5 Historiske skredhendelser

I NVE Atlas (NVE, 2021b) er det ikke registrert skred i området. I foten av skrenten ved Energiverket var det under befaringen flere blokker som trolig var steinsprang fra skrenten som nå er sikret med nett (avsnitt 8.1.7). Blokkene lå i foten av skrenten. NGI har i den uavhengige kvalitetssikringen kommentert at de er kjent med mindre utglidninger i skrenten under Bautaen nedenfor Veg 309, men at de ikke er kjent med dato eller bilder som viser hendelsene.

8.1.6 Tidligere rapporter

Området er beskrevet og vurdert under området «Longyearbyen» i NVE (2016). Faresonene utarbeidet der, er vist i Figur 37.

Rambøll har designet og dimensjonert sikringstiltak mot skred bak Energiverket (Rambøll Norge AS, 2018).

8.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak

Steinsprangnett og -gjerde bak Energiverket (Figur 39, (Rambøll Norge AS, 2018)) vurderes å være effektive mot steinsprang, slik at bygget tilfredsstiller krav til sikkerhet mot skred i sikkerhetsklasse S1, slik det er designet. Tiltaket er trolig også effektivt mot aktuelle skredtyper med årlig sannsynlighet på 1/1000.

8.2 Vurdering av skredfare

8.2.1 Steinsprang

Steinsprang er den mest aktuelle skredtypen bak Energiverket, og er utredet i detalj av Rambøll (Rambøll Norge AS, 2018). Beregninger og vurderinger virker å være vel gjennomførte og detaljerte, og vi støtter disse. Sikringstiltakene bak energiverket reduserer effektivt rekkevidden av steinsprang, slik at bygningen ligger utenfor faresonen 1/100. Vi har ikke informasjon om hvordan bygningen er konstruert, og de nyeste bygningene vises ikke i vårt kartgrunnlag. Hvis bygningen er solid fungerer den som sikring mot hendelser med årlig sannsynlighet 1/1000 og 1/5000 slik at fare-sonen går i veggen på bygget.

8.2.2 Steinskred

Det er ingen strukturer i fjellsiden som tilsier at steinskred kan være en aktuell prosess. Steinskred er derfor ikke vurdert nærmere.

8.2.3 Snøskred

Skråningen sørøst for Energiverket, som ikke er sikret, er 20-25 m høy, og betydelig brattere enn 30°. Her er det et løsneområde for snøskred. Da skråningen ligger mellom bygninger, er relativt liten og med god støtte av et snøflak i foten, mener vi at årlig sannsynlighet for utløsning er lav, men dog >1/1000. Eventuelle snøskred/utglidninger vil ha begrenset flaktykkelse, opptil 0,5 m.

Det er en del bygninger nedenfor skråningen, som vil ha betydelig effekt på utbredelsen av eventuelle utglidninger. Vi mener derfor ikke beregninger med RAMMS vil gi fornuftige resultater, og faresonen er vurdert uten bruk av beregningsverktøy. Bygningene ser solide ut, og vi antar de vil tåle lastene fra små snøskred. Faresonene går derfor mellom bygningene.

8.2.4 Flomskred

I skråningen nedenfor Taubanesentralen (Figur 38) var det små raviner med tydelige spor etter vann med massetransport (merket som raviner i registreringskartet). Hyppige hendelser vil ha begrenset skadepotensiale, men sjeldne hendelser (1/1000 og 1/5000) kan ha større skadepotensiale, og er dominerende for faresonen øst i kartleggingsområdet.

8.2.5 Jordskred

De små skråninger i kartleggingsområdet virker å være fyllinger. Vi antar at disse står stabilt.

Ovenfor kartleggingsområdet er terrenget delvis brattere enn 30°. Her vurderer vi at jordskred kan være aktuelt, til tross for at det ikke er tegn etter tidligere jordskred. Utbredelsen av jordskred er vurdert uten bruk av beregningsverktøy.

8.2.6 Sørpeskred

Sørpeskred går i ravinen vest for energiverket, men det ingen forsenkninger ned mot området, der sørpeskred er en aktuell skredtype.

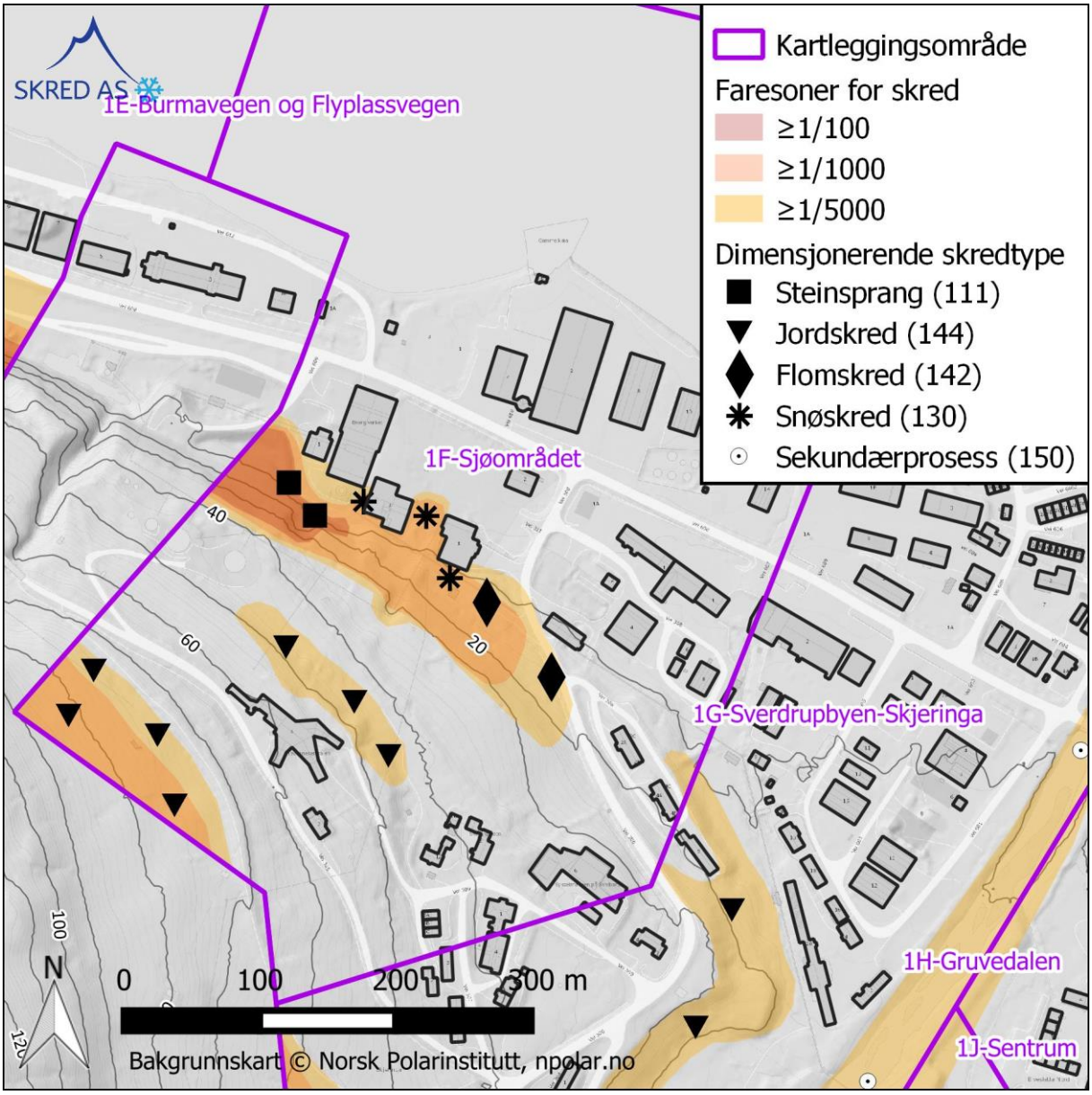
8.2.7 Sekundærprosesser

Ingen.

8.3 Samlede faresoner for skred

Samlede faresoner for skred for område 1F-Sjøområdet er vist i Figur 40 og i Vedlegg 1f. Steinsprang er aktuelt bak Energiverket, men her er det nylig utført sikring. Lenger øst er små utglidninger av snø og mindre flomskred dimensjonerende skredtyper.

Ifølge våre kartgrunnlag er det ingen bygninger i faresonen 1/1000, men faresonen går i veggen på flere bygninger.



Figur 40: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 1F-Sjøområdet.

8.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger

Det er flere steder betydelig avvik mellom den tidligere skredfarekartleggingen (NVE, 2016) og våre faresoner. Beskrivelser av vurderingene gjort i NVE (2016) er på et overordnet nivå, og det er derfor vanskelig å gi helt konkrete grunner til avvikene.

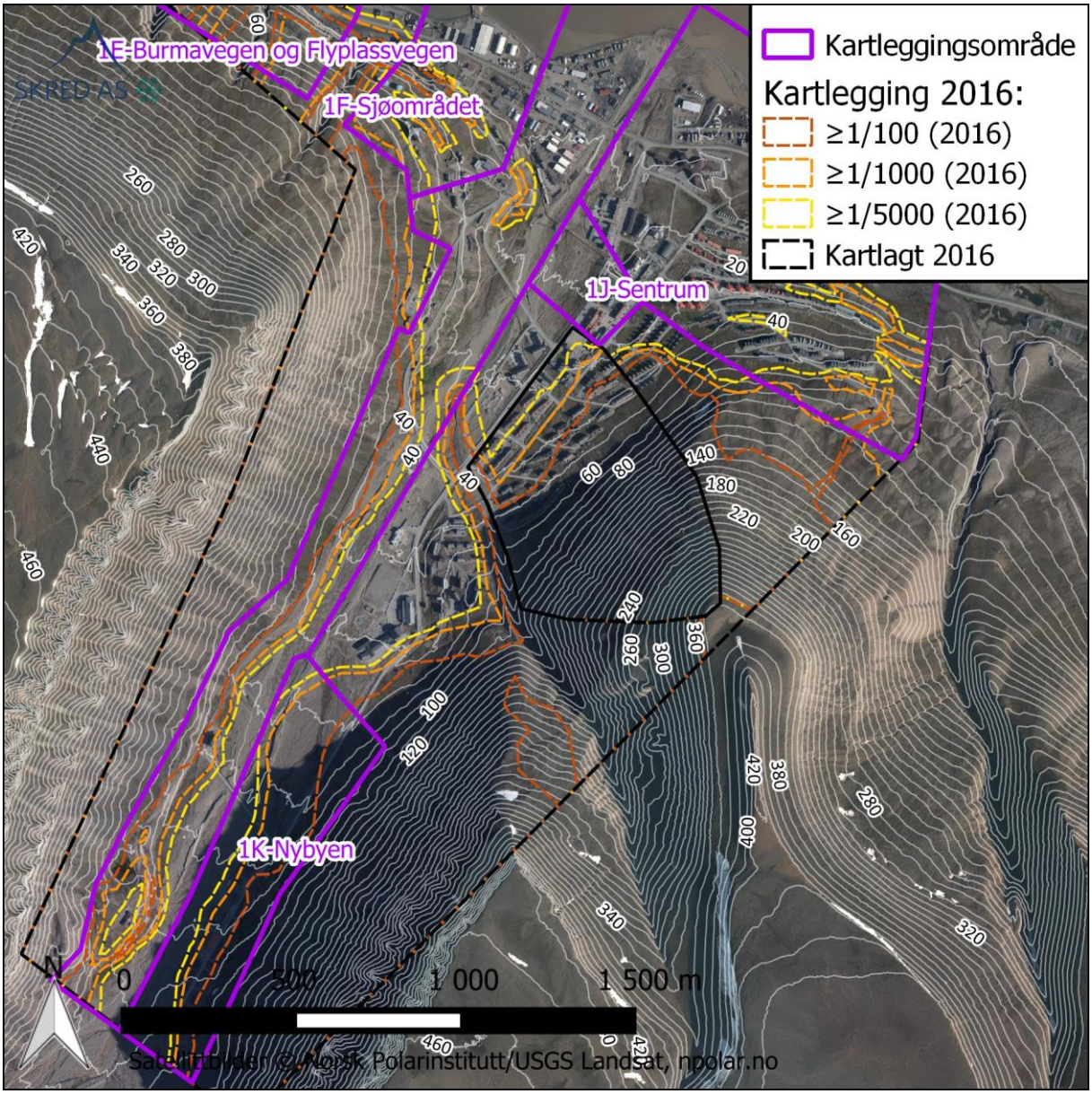
8.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet

Faresonene rundt bygningene er utformet basert på grove antakelser om at bygningene tåler lastene. Dette gir en viss usikkerhet i vurderingene.

9 1G-Sverdrupbyen-Skjeringa

9.1 Områdebeskrivelse

Kartleggingsområde 1G dekker foten av fjellsiden mellom Sverdrupbyen i sørvest til Skjeringa og Sjøområdet i nordøst (Figur 41). Fra Svalbard kirke til Sverdrupbyen ligger området nedenfor en mektig fjellside, som stuper ned fra platået på Sverdruphamaren. Det er denne strekningen som er mest skredutsatt i kartleggingsområdet, men her er også færrest bygninger: Restaurant og selskapslokale i Sverdrupbyen (Figur 42) og restaurant og selskapslokalet «Huset». Nord for den største del av fjellsiden ligger den tidligere barnehagen og Svalbard kirke (Figur 43).



Figur 41: Kartleggingsområde 1G-Sverdrupbyen-Skjeringa. Påvirkningsområdet dekker en stor del av platået på Sverdruphamaren mot vest og nord, og er ikke vist fullstendig. Tidligere utarbeidede faresoner er vist med linjer (NVE, 2016).

Figur 42: Oversiktsbilde av den sørlige del av kartleggingsområde 1G. Bilde tatt mot vest.

Figur 43: Oversiktsbilde over den nordlige del av kartleggingsområde 1G. Bilde tatt mot nord.

9.1.1 Befaring

Befaring ble utført av Kristin B. Lome, Sondre Lunde og Kalle Kronholm (Skred AS), 2021-06-15 og 16. På deler av befaringen deltok også Holt Hancock, som er observatør for den regionale varslingen Varsom, samt arbeider med lokal snøskredvarsling for vegen til Svalsat. Det var grått vær, men høyt skydekke og god sikt. I forsenkninger i de øvre deler av fjellsiden var det fortsatt en del snø. Området ble befart til fots og med drone. Sporlogg er vist i registreringskartet i Vedlegg 1c.

9.1.2 Flyfoto

På tilgjengelig flyfoto fra Norsk Polarinstitutt sin WMS tjeneste (Norsk Polarinstitutt, 2021a), er det god kontrast i bildet. Det er en serie med vertikale flyfoto fra 1938 tilgjengelige på Toposvalbard. På disse er det tydelige spor etter flomskred, spesielt i området nedenfor Gruve 1a, mellom kirkegården og den tidligere barnehagen. I dette området var det på bildene en del bygninger, som ikke står der i dag.

9.1.3 Topografi

Terrenganalysen er basert på DTM s2009 (avsnitt 2.3). Terrenghelning er vist i Vedlegg 1b.

Longyeardalen løper omtrent sørvest-nordøst. I dalbunnen renner Longyearelva rundt 100 moh. nedenfor Sverdrupbyen til rundt 0 moh. ved Sjøområdet. Fra Longyearelva stiger fjellsiden bratt opp mot nordvest til platået på Sverdruphamaren, rundt 480 moh. I stor skala er fjellsiden forholdsvis jevn, men i mindre skala er den inndelt i mange mindre skål-former i to høydenivå: Nedenfor kanten på platået er det mange, mindre skålformer, adskilt av markerte rygger, delvis med pillarer av oppstikkende fjell, og et nedre sett med større skålformer 250-300 moh., som også er adskilt av markerte rygger (Figur 44).

Terrenget er relativt slakt rundt Vei 300, men helningen øker raskt til 30°. Den øvre del av fjellsiden, nedenfor platået, er opp mot 50° bratt.

Figur 44: Markert rygg mellom to skål-former i det nedre klippebånd. Bilde tatt mot nord.

9.1.4 Geologi

Kvartærgeologien er kartlagt av NGU, og gjengitt i Vedlegg 1e. Geomorfologien i deler av området er kartlagt av NGI (NGI, 1986). Våre egne registreringer er vist i registreringskartet i Vedlegg 1c. Det er utallige spor etter jordskred, flomskred og steinsprang i fjellsiden. Vi er kjent med flere snøskredhendelser, men disse har ikke avsatt så tydelig spor.

9.1.5 Historiske skredhendelser

Flere skredhendelser er registrert i NVE Atlas (NVE, 2021b), men trolig bare en brøkdel av hendelsene de siste par år. Et større jord-/flomskred i 2016 er omtalt i en UNIS rapport (Christiansen et al., 2016), og flere hendelser er registrert i RegObs (NVE, 2021c). Det er flere hendelser som gjerne blir omtalt, men som er forholdsvis usikre:

- Ved Huset: Fra NGI sine observasjoner oversendt NVE i 2017 (NGI, 2017): «*Stein- og snøskred har ved flere anledninger nådd Huset og gått på begge sider av bygningen (Ref. Onarheim). Ferskt snøskred påvist av Onarheim på 1990-tallet (1993?).*»
- Ved kirka gikk det flomskred i 1981, omtrent ned til Veg 303. Hendelsen er også nevnt i (NGI, 2017).
- Et snøskred skal ha stoppet i veggen på den gamle barnehagen sør for kirka. I oppsummeringen fra NGI (NGI, 2017) er flere hendelser nevnt: «*I 1972 og 1981 gikk det flomskred i området. Enten ble bygget truffet av flomskred i 1981, eller bygget er plassert på flomskredavsetninger fra 1981.*» Det er nå etablert en liten voll i området.

- Snøskred og jord-/flomskred har krysset Veg 300 mellom Huset og Skjeringa utallige ganger, uten at disse er registrert i for eksempel regObs. En av hendelsene er beskrevet i (Christiansen et al., 2016). Relativt ferske flomskred ses blant annet i Figur 46.
- Vind fra sørpeskred ut Vannledningsdalen skal ha trykket inn vinduer på bygget nærmest Longyearelva på tidlig 1900-tallet. Denne informasjonen er fra ulike NGI rapporter, blant annet (NGI, 2017): «*Sørpeskred i ca. 1910 gikk tvers over hele elvesletta. Beskrevet som et svært stort skred av øyenvitner.*» og «*Et vindu i bakeriet i Gamle Longyearbyen ble knust av sprut fra sørpeskredet (ref. Ramsli 1953, pers. med. Onarheim 1990). Muligens kom sørpeskredet fra sletta øverst i dalen.*».

Vi har ikke registrert disse hendelsene andre steder enn i teksten her, da de er svært usikre.

9.1.6 Tidligere rapporter

For området rundt kirketomta og den gamle barnehagen, er det i vår rapport 19134-01 (Skred AS, 2019d) en gjennomgang av tidligere rapporter for området rundt kirka:

- NGI Rapport 914030-1, datert 31. juli 1992 (NGI, 1992b). Det er tegnet faresoner for skred, trolig 1/1000 for området rundt kirken og barnehagen. Et vedlegg i rapporten kommenterer at det ikke er fare for at stein- eller snøskred mot disse bygningene, men at flomskred i forbindelse med kraftig nedbør og/eller avsmeltningssituasjoner kan nå bygningene. Sistnevnte på bakgrunn av eldre observerte flomskredavsetninger ved bebyggelsen.
- NGI Rapport 954103-1, datert 5. januar 1996 (NGI, 1996). På bakgrunn av at topografiske betingelser for snøskred i området ovenfor barnehagen i tidligere undersøkelser ble undervurdert, er det utført en ny skredfarevurdering. Den nye undersøkelsen konkluderer med at:
    - De vurderte tomtearealer for ny barnehage oppfyller ikke Byggeforskriftens krav til sikkerhet mot skred (1/1000).
    - Det ansees som urealistisk å gi daværende barnepark (hus 355) og barnehage en sikkerhet mot snøskred som tilsvarer kravet for sikkerhet for ny bebyggelse (1/1000).
    - Bygningene bør kunne brukes til formål som normalt krever lavere sikkerhet.
    - Både hus 355, barnehagen og kirka kan sikres mot flomskred ved drensgrøfter og flettverksgjerder, eller sikringsvoller med fanggroper.
    - Beregnet skredhastighet for snøskred ovenfor barnehagen, med gjennomsnittlig gjentakelsesintervall på 1000 år, er beregnet til 15-20 m/s.

En enkelt rapport omhandler lokalene ved Sverdrupbyen (Lackinger and Mook, 2013). Rapporten friskmelder bygningen i forhold til kravet for sikkerhetsklasse S3 (1/5000), men anbefaler at «Stengning av objektet skulle skje, ut fra nåværende kunnskaper hos de sakkyndige, når den vertikale snødybden i øvre løsneområde B overstiger 60 cm.», altså stenging av bygget når snødybden i løsneområdet overskrider 0,6 m (målt vertikalt). Til referanse er våre dimensjonerende bruddhøyder for snøskred med årlig sannsynlighet

≥1/1000 på 1,3-1,6 m i skålformene ovenfor Sverdrupbyen, altså betydelig høyere enn terskelverdien på 60 cm gitt i rapporten fra Lackinger og Mook.

I NGI (2017) omtales et teknisk notat fra NGI 20110470-00-1-TN ved Sverdrupbyen. Dette notatet har vi ikke kjennskap til.

Området er beskrevet og vurdert under området «Longyearbyen» i NVE (2016). Faresonene utarbeidet der, er vist i Figur 41.

9.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak

Bak Gruve 1a er det observert en vegg av betong. Denne har trolig fungert som sikring mot steinsprang, men har liten effekt mot faresonene i bunnen av dalen.

9.2 Vurdering av skredfare

9.2.1 Steinsprang

Steinsprang fra ryggene mellom de mindre skålformene i fjellsiden er en aktuell skredprosess (Figur 44). Steinsprangavsetninger enkelte steder i foten av skrenten bekrefter dette, men utbredelsen av steinsprang begrenses i stor grad av de grove uravsetningene i fjellsiden. I perioder med hard snø som dekker over uravsetningene, kan enkeltblokker allikevel ha en betydelig rekkevidde.

Observerte skredavsetninger fra flomskred, kanaliserte jordskred og snøskred (i den grad de er synlige), ligger dog betydelig lenger ut i dalbunnen enn steinsprangavsetningene. Steinsprang er altså en aktuell skredprosess, men den dimensjonerer ikke faresonene. Vi har derfor ikke gjort detaljerte vurderinger for steinsprang.

9.2.2 Steinskred

Utfall av større deler av pilarene som flere steder utgjør ryggene mellom skålformene (Figur 44) vil være i størrelsesorden steinskred. I dalbunnen er det ingen tydelige, typiske avsetninger fra steinskred, og basert på det, antar vi at sannsynligheten for steinskred er liten. Nedenfor skålformen rett vest av kirkegården ligger avsetninger med grove blokker, som kan være fra steinskred. Flomskredavsetninger ligger dog betydelig lenger ut mot dalbunnen enn de grove steinskredmassene.

Utfall av store mengder steinmasser vil i visse situasjoner kunne utløse jord- og flomskred nedenfor. Fra tidligere arbeid i Longyearbyen, har vi hørt spekulasjoner om at flere store jord- og flomskred har blitt utløst av store steinsprang/steinskred, men vi kjenner ikke til at dette er bekreftet eller undersøkt i detalj.

Vi vurderer at steinskred er en aktuell skredprosess, men den dimensjonerer ikke faresonene. Vi har derfor ikke gjort detaljerte vurderinger for steinskred.

Klimaendringer med økende temperatur med derav følgende endringer i permafrosten kan i fremtiden føre til at sannsynlighet for steinskred vil øke. Dette har vi ikke vurdert i detalj, da det ligger utenfor oppdraget.

9.2.3 Snøskred

Hele fjellsiden har løsneområder for snøskred. Mindre hendelser vil typisk være begrenset til en enkelt skålform, og avgrenset sideveis av ryggene i fallinja. Større hendelser kan ha bruddforplantning som strekker seg over mindre markerte rygger. Løsneområdene ligger i to nivå: et øvre nivå i skålformene rett nedenfor kanten av platået, og et nedre nivå i de litt slakere deler av fjellsiden mellom skrenten rundt 340 moh. og pilarene i det nedre klippeparti. Løsneområdene i det øvre nivå kan løsne naturlig ved pålagring med snø eller drivsnø, eller kan utløses av skavler som faller ned. Det nedre sett med løsneområder kan også løsne naturlig ved pålagring, eller ved rask tilleggsbelastning påført av skred eller nedfall av skavler fra øvre del av fjellsiden.

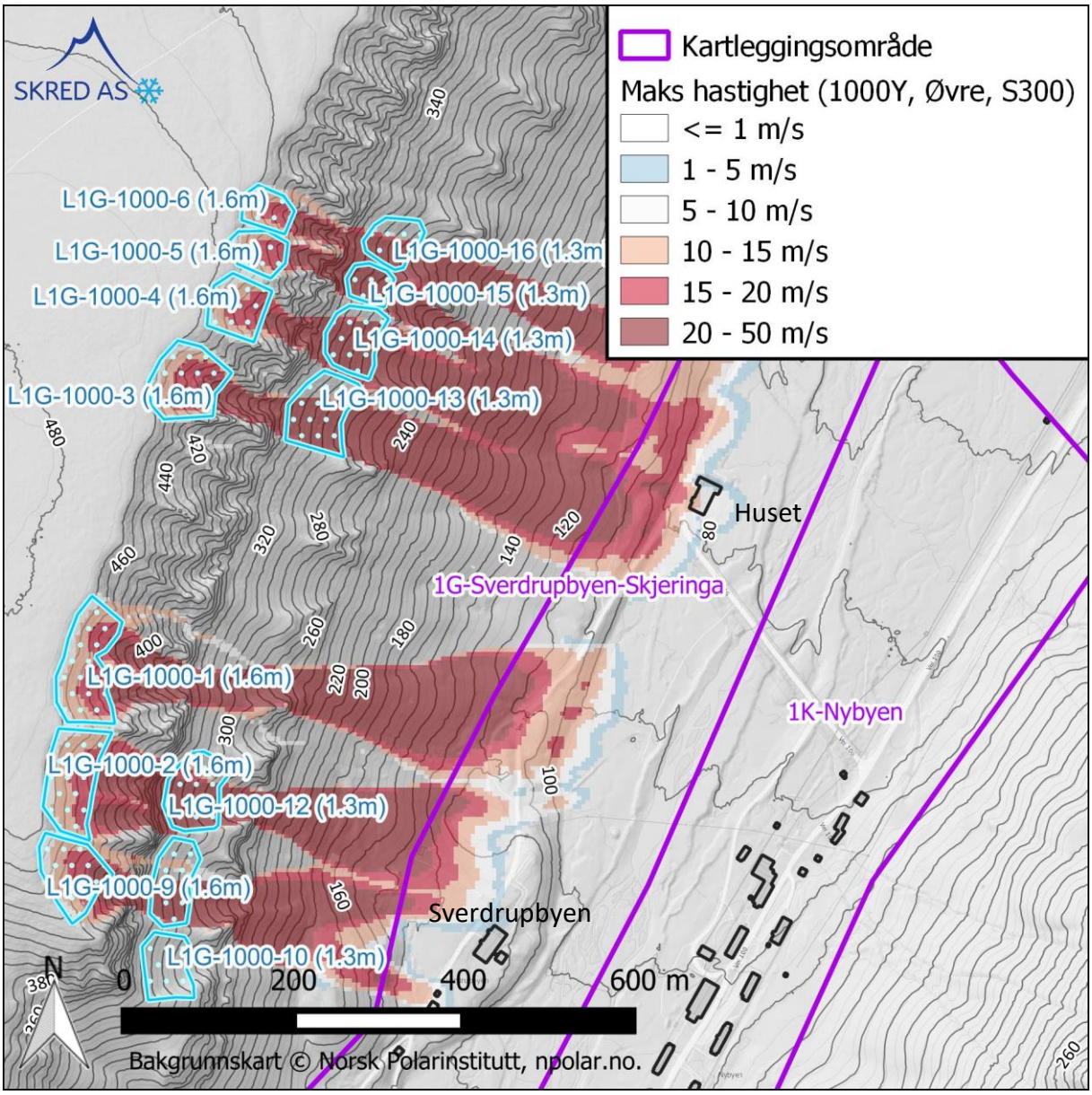
Løsneområdene er vurdert ut fra terrenget, og differensiert mellom 1/100, 1/1000 og 1/5000. For lengre gjentaksintervall er bruddkanten valgt lengre (over flere mindre markerte rygger), mens hyppige hendelser er avgrenset av de små ryggene. Bruddkanthøyde er satt etter beskrivelsen i avsnitt 2.8.2 og Tabell 5. Hvert enkelt løsneområde har derfor relativt begrenset volum, for 1000-års hendelser typisk rundt 10.000 m^3. Et eksempel på beregningsresultater er vist i Vedlegg 1e.

Tabell 11: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene for snøskred i område 1G. Merk at X og Y angir de ulike numre i kart i vedlegget.

Løsneområde	d_0 (m)			Friksjon	Kommentar
	1/100	1/1000	1/5000		
L1C-100-X	1,1	-	-	T100	Alle øvre løsneområder. Disse er typisk begrenset til enkelte, små skålformer.
L1C-100-Y	0,9	-	-	T100	Alle nedre løsneområder.
L1C-1000-X	-	1,6	-	S300	Alle øvre løsneområder.
L1C-1000-Y	-	1,3	-	S300	Alle nedre løsneområder.
L1C-5000-X	-	-	2,1	M300	Alle øvre løsneområder. Disse er definert med bruddkant over mindre markerte rygger.
L1C-5000-Y	-	-	1,7	M300	Alle nedre løsneområder.

Beregninger viser at snøskred med årlig sannsynlighet ≥1/1000 når frem til Huset og restauranten i Sverdrupbyen (Figur 45). Faresonen 1/1000 mener vi hadde ligger et sted på østsiden av Huset, hvis ikke bygningen lå der. En grov vurdering av trykk fra dimensjonerende snøskred og antatt styrke til Huset, gjør dog at vi har vi valgt å trekke faresonen 1/1000 langs vestsiden av bygningen, slik at bygget ligger utenfor faresonen. Restauranten i Sverdrupbyen er et vanlig tre-bygg, og vi vurderer grovt at det ikke vil tåle dimensjonerende laster fra snøskred. Lagerbygget i Sverdrupbyen ligger mindre utsatt enn den nye bygningen. Den gamle trafo-stasjonen, som slik vi forstår det, er et bolighus, ligger godt inne i faresonen 1/1000. Det er et betongbygg, og det er mulig det tåler

dimensjonerende laster, men vi er usikre, og detaljer som det inngår ikke som en del at kartleggingsoppdraget.



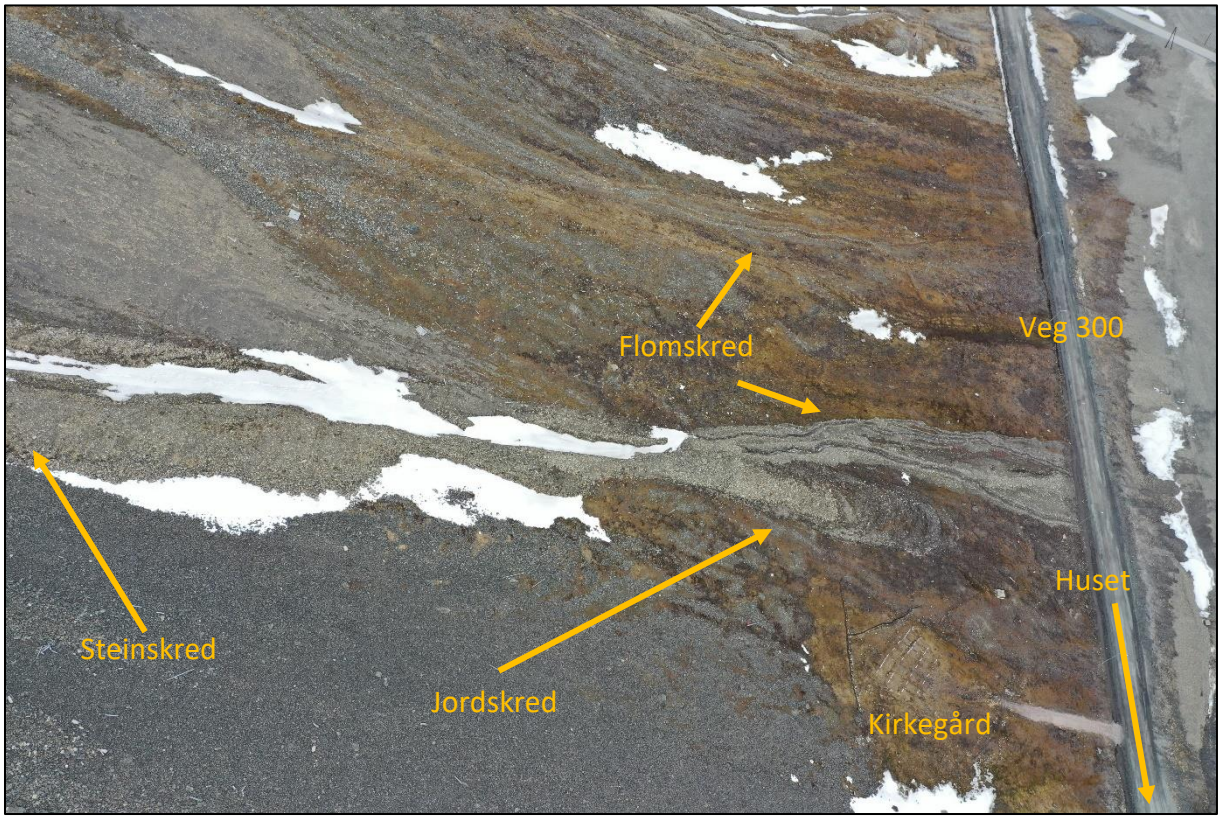
Figur 45: Eksempel på beregninger av hastighet av snøskred med RAMMMS. Eksemplet viser bare beregninger for de øvre løsneområdene.

9.2.4 Flomskred

Det er vifter nedenfor samtlige skålformer mellom ryggene i det nedre bergpartiet, og i de fleste er det relativt ferske avsetninger. Ved studie av flybilder, dronebilder og fra bakken, virker viftene å være bygd opp av grovere steinskredavsetninger, som stopper øverst på viftene, og finere masser fra flomskred, som når lengst utover viftene (Figur 46). Flere steder er det spor etter jordskred, som har blitt kanalisert som flomskred ned gjennom de trange

parti mellom ryggene. Kanaliserte jordskred vil trolig bevege seg som flomskred så lenge det er stort vanninnhold i massene.

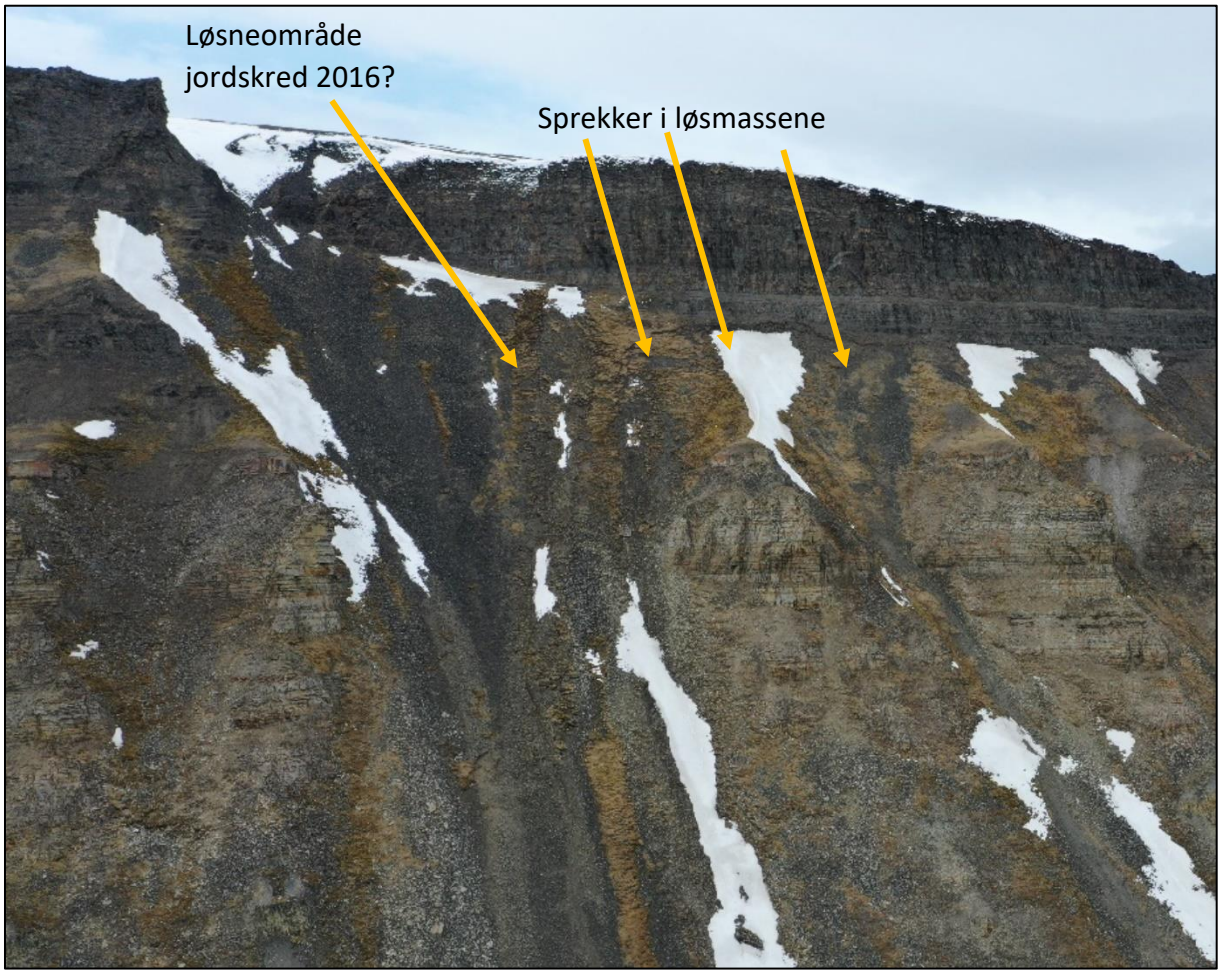
Beregningsresultater med RAMMS, som beskrevet i avsnitt 3.2.4, er vist i Vedlegg 1e. Uten spesielt lave friksjonsparametre når skredmassene frem til, og over, Veg 300 mellom Huset og Skjeringa. Restauranten i Sverdrupbyen ligger utenfor rekkevidde på flomskred, men modellresultatene viser en kanalisering av masser ned mot Huset.



Figur 46: Dronefoto av avsetninger av flomskred, jordskred og steinskred på vifta ved kirkegården.

9.2.5 Jordskred

Flere steder i fjellsiden ovenfor kartleggingsområdet er det potensiale for utløsning av jordskred, mest tydelig ovenfor kirkegården, vist i Figur 47. I områder med stort innhold av finstoff, og i perioder med en markert horisont mellom aktivlaget og permafrosten og mye vann tilgjengelig (fra nedbør og/eller snøsmelting) kan jordskred kanaliseres som flomskred. På grunn av terrenget, vil også jordskred kanaliseres mot de samme viftene som flomskred. Utløpslengden har vi derfor vurdert på samme måten som for flomskred, beskrevet ovenfor.



Figur 47: Sprekker i løsmassene i fjellsiden ovenfor kirkegården.

9.2.6 Sørpeskred

Egentlige sørpeskred er ikke aktuelle i dette området. Små lommer av våt snø kan løsne som flak, men vi vurderer at de vil ha omtrent samme rekkevidde som mobile flomskred. Faresonene for flomskred er derfor også dekkende for sørpeskred.

9.2.7 Sekundærprosesser

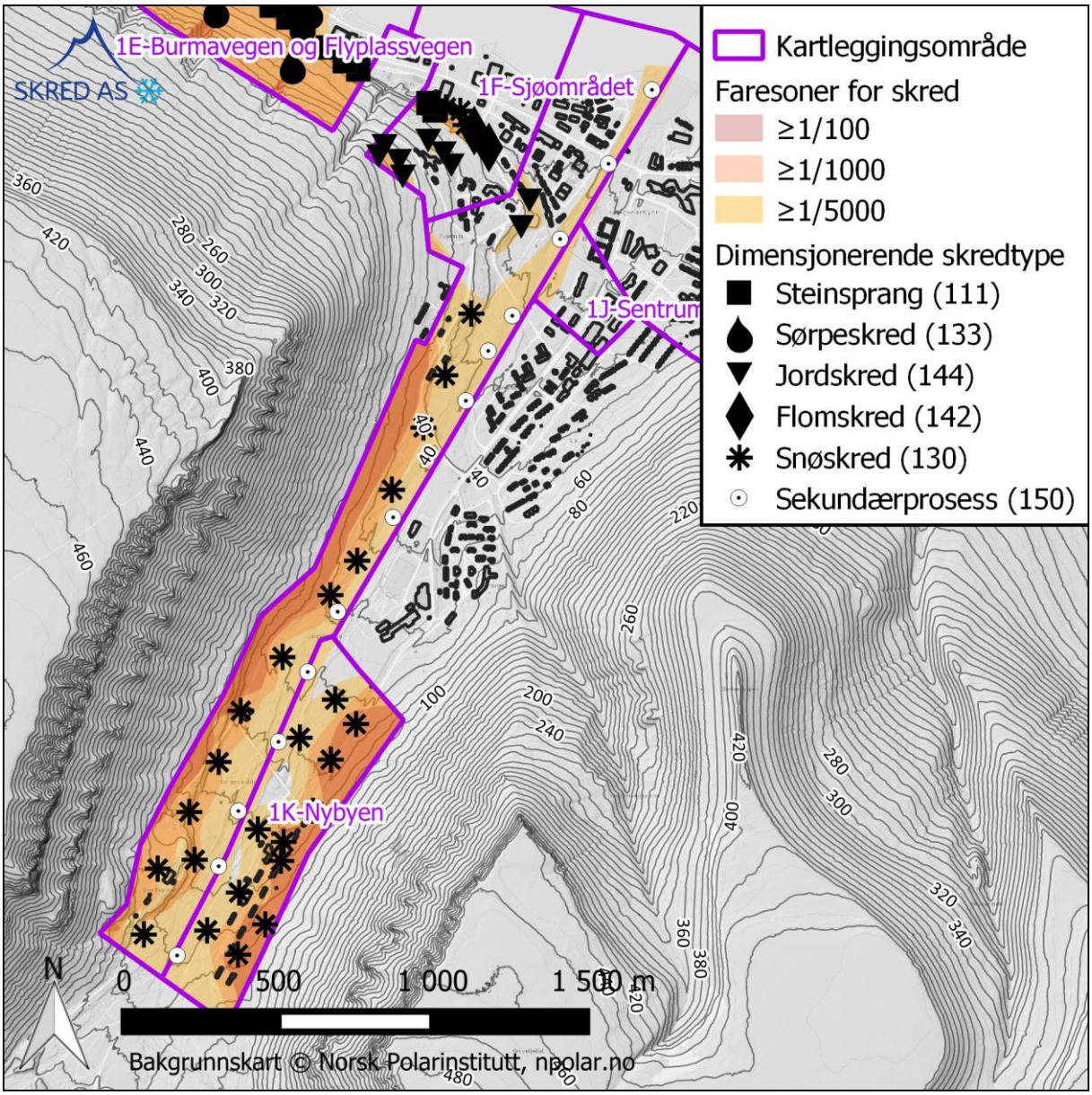
Langs nedre del av Longyearelva, nedenfor utløpet av Vannledningsdalen, er det fare for raskt voksende flom som sekundærprosess etter sørpeskred ut Vannledningsdalen. Langs øvre deler av Longyearelva i kartleggingsområdet, mener vi også det kan være fare for flom som en sekundærprosess etter sørpeskred ut Tverrdalen, eller snøskred eller flomskred over bekkene fra Larsbreen og Longyearbreen. På elvesletta langs Longyearelva går faresonene for snøskred og faresonene for sekundæreffekter over i hverandre.

Utstrekningen av faresonene for sekundærprosesser langs Longyearelva vil avhenge av endelig utførelse av pågående flomsikring.

9.3 Samlede faresoner for skred

Samlede faresoner for skred for område 1G er vist i Figur 48 og i Vedlegg 1f. Faresonene er dimensjonert av en kombinasjon av snøskred og flomskred. Restauranten i Sverdrupbyen,

området rundt Huset, den gamle barnehagen og Svalbard kirke ligger alle innenfor faresonen for skred med årlig sannsynlighet ≥1/1000.



Figur 48: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 1G-Sverdrupbyen-Sjøområdet.

9.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger

Det er flere steder betydelig avvik mellom den tidligere skredfarekartleggingen (NVE, 2016) og våre faresoner. Beskrivelser av vurderingene gjort i NVE (2016) er på et overordnet nivå, og det er derfor vanskelig å gi helt konkrete grunner til avvikene.

Vi er ikke enige i den tidligere skredfarevurdering for restauranten i Sverdrupbyen. Her mener vi årlig sannsynlighet for skred er ≥1/1000, altså betydelig større enn tidligere

vurdering (Lackinger and Mook, 2013). Det skyldes trolig at vi vurderer dimensjonerende skredvolum som større enn den tidligere vurderingen. Samtidig mener vi det for bygg utenfor faresonen 1/5000 ikke burde være nødvendig å opphøre drift når det er mer enn 0,6 m snø i løsneområdene, slik det er foreslått av Lackinger og Mook. Den typen aktive tiltak er det uansett ikke rom for i dagens TEK17 med veileder.

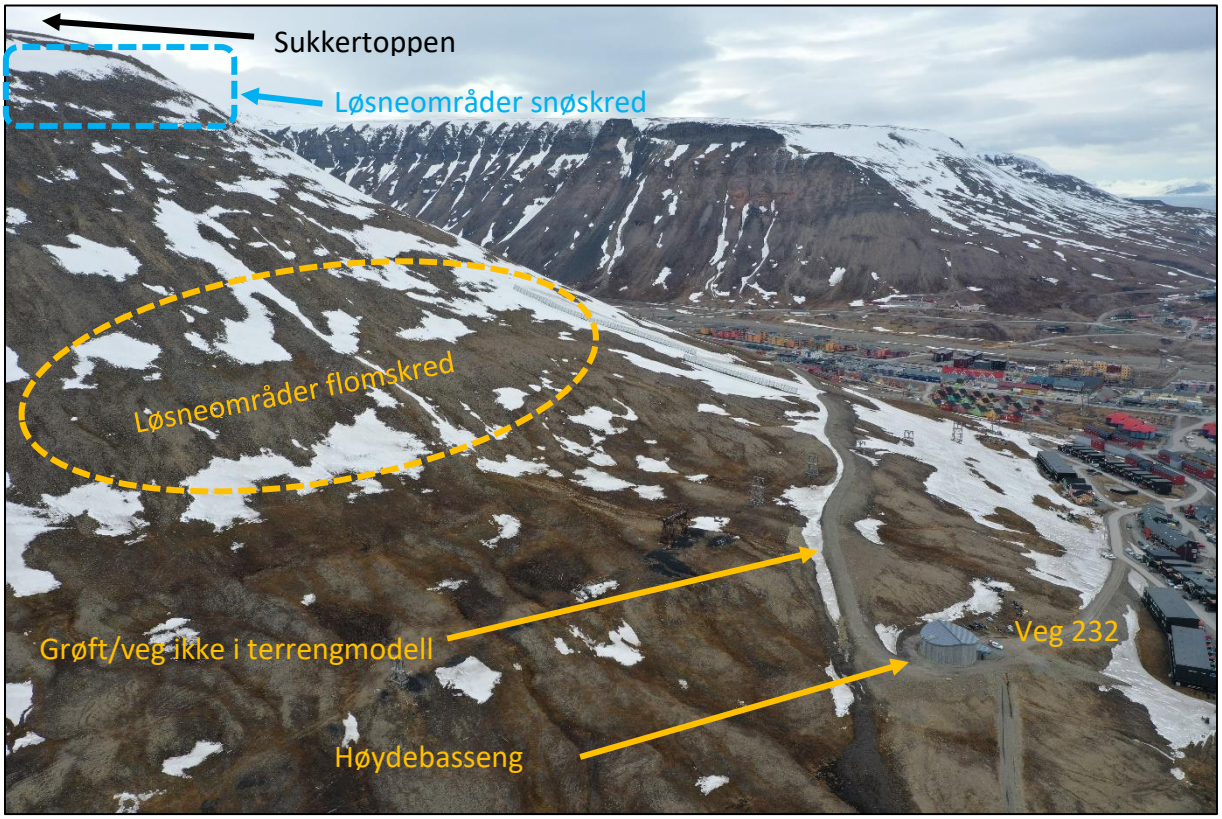
9.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet

Pågående flomsikring av Longyearelva og skredsikring av Vannledningsdalen vil ha betydning for faresonen for sekundærprosesser langs Longyearelva.

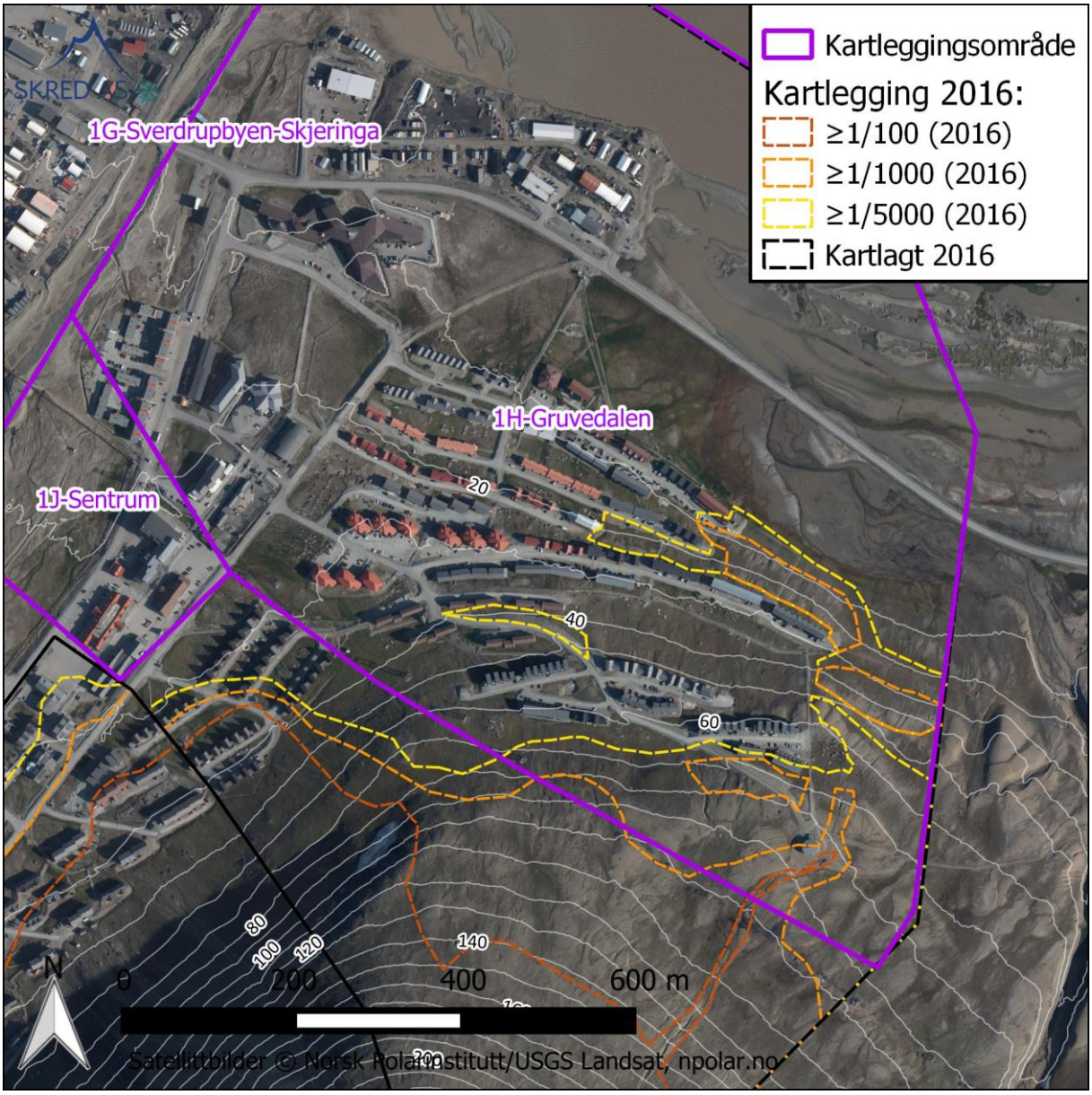
10 1H-Gruvedalen

10.1 Områdebeskrivelse

Kartleggingsområde 1H dekker øvre del av bebyggelsen i Gruvedalen, primært i Veg 232 (Figur 49, Figur 50). Flere bilder er vist i Vedlegg 1a. Påvirkningsområdet omfatter fjellsiden ovenfor kartleggingsområdet. Merk at grøft mellom høgdebassenget og støtteforbygningene ovenfor Spisshusene ikke er med i kartgrunnlaget og ikke i terrengmodellen.



Figur 49: Bilde av kartleggingsområdet 1H-Gruvedalen og fjellsiden ovenfor. Bilde tatt mot vest.



Figur 50: Kartleggingsområde 1H-Gruvedalen. Påvirkningsområdet dekker en stor del av fjellsiden opp mot Sukkertoppen. Tidligere utarbeidede faresoner er vist med linjer (NVE, 2016).

10.1.1 Befaring

Befaring ble utført av Kristin B. Lome, Sondre Lunde og Kalle Kronholm (Skred AS), 2021-06-15. Det var grått vær, men høyt skydekke og god sikt. I forsenkninger i de øvre deler av fjellsiden var det fortsatt en del snø. Området ble befart til fots og med drone. Sporlogg er vist i registreringskartet i Vedlegg 1c.

10.1.2 Flyfoto

På tilgjengelig flyfoto fra Norsk Polarinstitutt sin WMS tjeneste (Norsk Polarinstitutt, 2021a), er det god kontrast i bildet. Det er et enkelt skråfoto (S36_3040) fra 1936 tilgjengelig på

Toposvalbard. Dette viser spor etter flere mindre flomskred i fjellsiden ovenfor kartleggingsområdet.

10.1.3 Topografi

Terrenganalysen er basert på DTM s2009 (avsnitt 2.3). Terrenghelning er vist i Vedlegg 1b. Den mer detaljerte terrengmodellen s2008 dekker nedre del av området, og er brukt som bakgrunnsanalyser (skyggekart, terrenghelning), men s2009 er brukt til alle beregninger.

Øvre del av bebyggelsen ligger 60 moh. i den nordvendte fjellsiden nedenfor Sukkertoppen. I det bebygde området er terrenget naturlig rundt 10-20°, men det er etablert fyllinger og skjæringer under utbygging. Menneskeskapt terreng som fyllinger er ikke vurdert for skredfare. Fra bebyggelsen stiger terrenget jevnt opp mot Sukkertoppen rundt 420 moh. I nedre del av fjellsiden er terrenghelningen 15-20°, men øker til 30-35° rundt 360 moh. Ovenfor 360 moh. er det først et lite platå, hvoretter terrenget igjen blir brattere opp mot toppen. Selve fjellsiden er vendt mot nordøst.

10.1.4 Geologi

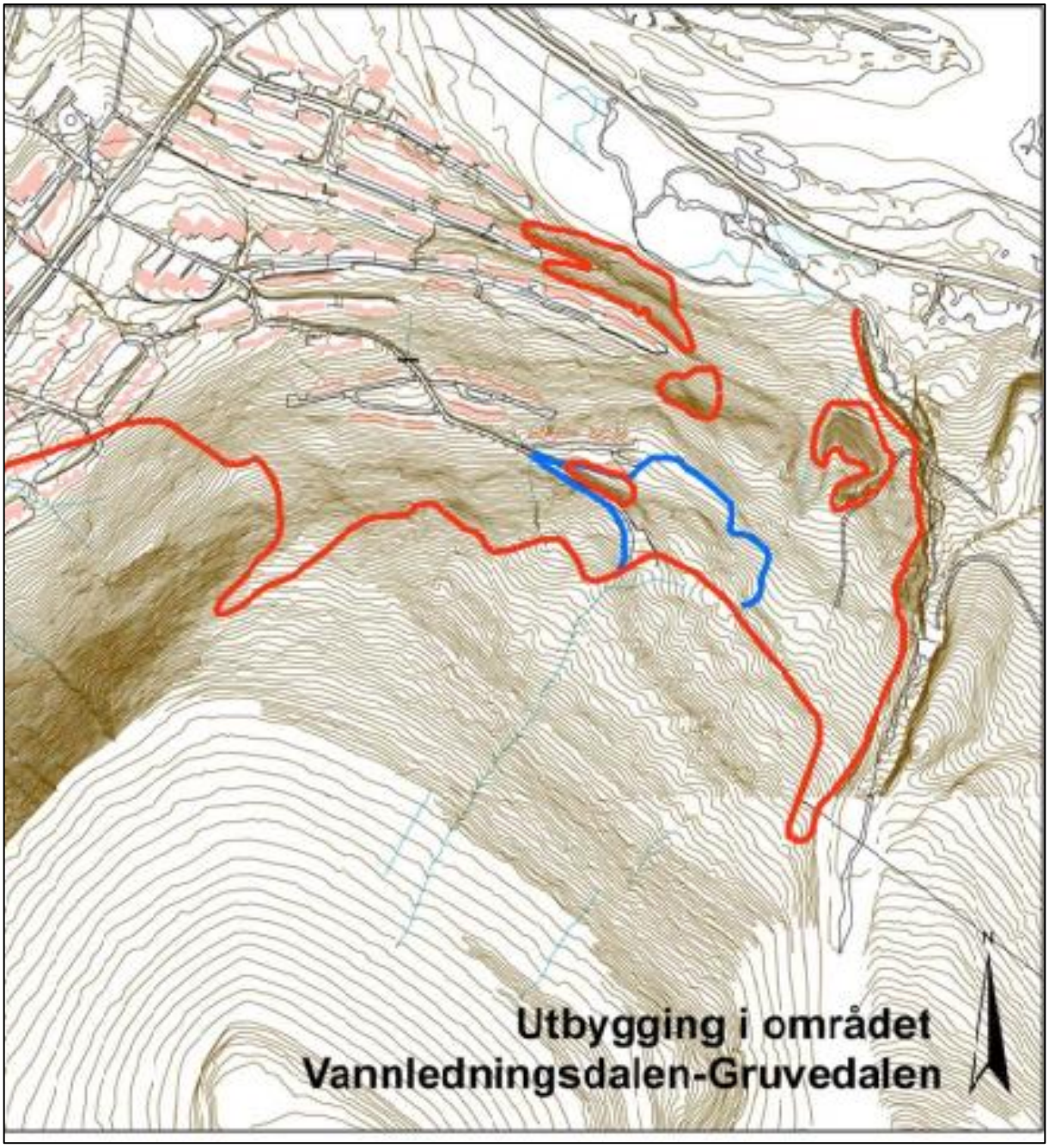
Kvartærgeologien er kartlagt av NGU, og gjengitt i Vedlegg 1e. NGI har utført en geomorfologisk kartlegging av deler av området (NGI, 1986). Våre egne registreringer er vist i registreringskartet i Vedlegg 1c. Det er flere raviner i fjellsiden, og spor etter grunne jordskred.

10.1.5 Historiske skredhendelser

I NVE Atlas (NVE, 2021b) er det ikke registrert skred i området. NGI kommenterte etter kartleggingen i 2016/2017 at «*Et flomskred gikk minst så langt som angitte rekkevidde av et 100-årsskredet, seinest i 1981?*» (NGI, 2017), men vi er ikke kjent med en inntegning av denne hendelsen.

10.1.6 Tidligere rapporter

NGI utarbeidet i 1992 en rapport som beskriver skredfare i området, med faresoner for skred (NGI, 1992a). Sammen med Barlindhaug Consult vurderte NGI potensialet for utbygging i Longyearbyen (Barlindhaug Consult AS and NGI, 2007). I rapporten fra 2007 ble faresonene fra 1992 justert betydelig lenger ned mot bebyggelsen i Gruvedalen (Figur 51). I et brev fra 2013 bekrefter NGI faresonene fra 2007 (NGI, 2013). Området er beskrevet og vurdert under området «Longyearbyen» i NVE (2016). Faresonene fra den rapporten er vist i Figur 50.



Figur 51: Utsnitt av faresoner med årlig sannsynlighet 1/1000, utarbeidet av Barlindhaug Consult AS og NGI (2007). Fra figurteksten i rapporten: «Rekkevidde av hhv snøskred (rød) og flomskred (blå) uten bebyggelse (ca.)».

10.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak

Grøfta mellom høgdebassenget og støtteforbygningene ovenfor Spisshusene er et sikringstiltak mot flomskred og økt avrenning fra området rundt snøsamleskjermene. Grøfta er tegnet inn i kart ut fra sporloggen i felt, der vi gikk på vegen langs grøfta. Effekten av grøfta vil være god mot små flomskred, så lenge den ikke er fylt med snø. Merk at grøfta ikke er med i terrengmodellen vi har brukt til modellering av snøskred og flomskred.

10.2 Vurdering av skredfare

10.2.1 Steinsprang

Det er ikke større bergparti i fjellsiden, og terrenghelningen er slakere enn 45°. Steinsprang er dermed ikke en aktuell prosess i fjellsiden, og steinsprang er derfor ikke vurdert nærmere.

10.2.2 Steinskred

Det er ingen strukturer i fjellsiden som tilsier at steinskred kan være en aktuell prosess. Steinskred er derfor ikke vurdert nærmere.

10.2.3 Snøskred

På grunn av helningen, er den øvre del av fjellsiden et mulig løsneområde for snøskred (Figur 49). Vi har ingen informasjon om at det tidligere har løsnet snøskred i fjellsiden, og den ligger ikke i le for typiske vindretninger som frakter mye snø. Dermed vurderer vi løsnesannsynligheten som liten, men fortsatt >1/1000.

Bruddkanthøyder brukt til beregninger med RAMMS er vist i Tabell 12. Snøskred med årlig sannsynlighet ≥1/1000 når i beregningene så vidt inn i kartleggingsområdet, helt i sørøst, men ikke frem til høgdebassenget. Snøskred med årlig sannsynlighet ≥1/5000 når i modellene frem til høgdebassenget, men ikke til boligene.

Mindre utglidninger av snø kan ikke utelukkes fra de små skråninger nederst i området. Sannsynligheten vurderes som ≥1/5000, da skråningene så vidt har helning >30°, har begrenset fallhøyde, og ofte har et nær-horisontalt terreng i bunn, som støtter et eventuelt flak. Rekkevidden er vurdert som beskrevet i avsnitt 2.8.3.

Tabell 12: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene for snøskred i område 1H.

Løsneområde	d_0 (m)			Friksjon	Kommentar
	1/100	1/1000	1/5000		
L1H-1000-1	-	1,4	-	M100	Øvre løsneområde.
L1H-5000-1	-	-	1,9	L100	Øvre løsneområde.

10.2.4 Flomskred

Det er flere spor etter flomskred i fjellsiden. Den største og mest tydelige skredbanen er ned mot høgdebassenget, der grøfta krysser nedre del av avsetningene. Flomskred kan løsne i alle forsenkninger i fjellsiden, typisk i forbindelse med intens nedbør og/eller snøsmelting.

Som hjelp for å vurdere rekkevidden av flomskred, har vi brukt RAMMS, som beskrevet i avsnitt 2.10. Løsneområder og eksempel på beregningsresultater er vist i Vedlegg 1e. For å få modellerte skredmasser til å gå like langt som registreringer i felt og på flyfoto, er det nødvendig med svært lav friksjonsparameter μ, ned mot μ=0,05. Dette er ikke urealistisk, dersom flomskredene er svært mobile, for eksempel ved at de har en stor del snø og vann i skredmassene. Flomskred kan nå ned til drensgrøfta, og passere øst for høgdebassenget. Her er rekkevidden lenger enn snøskred, og er dermed dimensjonerende for faresonen.

10.2.5 Jordskred

Jordskred kan løsne i de samme områdene som flomskred beskrevet ovenfor. Dersom de kanaliseres som flomskred, vil de få samme flytebevegelse som flomskred, og vurderingen er dermed lik den for flomskred gitt ovenfor. Dersom jordskred ikke kanaliseres, vil de ha kortere utløpslengde enn flomskred, og vil dermed ikke være dimensjonerende.

I den nedre del av kartleggingsområdet og mellom bebyggelsen og drenskanelen, er det flere små, bratte skråninger. Det er flere forsenkninger i skråningene. De største skråninger er trolig naturlige, mens de mindre skråninger er fyllinger. Vi kjenner ikke til hvordan fyllingene er laget, men små utglidninger i skråningene (både naturlige og menneskeskapte) kan ikke utelukkes. Det er derfor en faresone for jordskred i skråningene. Utbredelsen av faresonene der små jordskred er dimensjonerende, er vurdert skjønnsmessig, uten bruk av modellresultater. Jordskredene er relativt små, og det er vanskelig å vurdere hvilke deler av skredmassen som utgjør skredskade av betydning. Faresonen 1/5000 ligger generelt i foten av de små skråningene, eller inn mot eksisterende bebyggelse, der det finnes. Det skyldes at det ytterste utløp av utglidninger og små jordskred, vil ha begrenset skadepotensiale.

10.2.6 Sørpeskred

Sørpeskred kan løsne i omtrent de samme områdene som flomskred, beskrevet ovenfor. Vi mener at flomskred med stor rekkevidde inneholder en stor mengde snø i skredmassene, og slik sett kan beskrives som sørpeskred. Vurderingene og beregningene for sørpeskred er derfor som for flomskred, nevnt ovenfor.

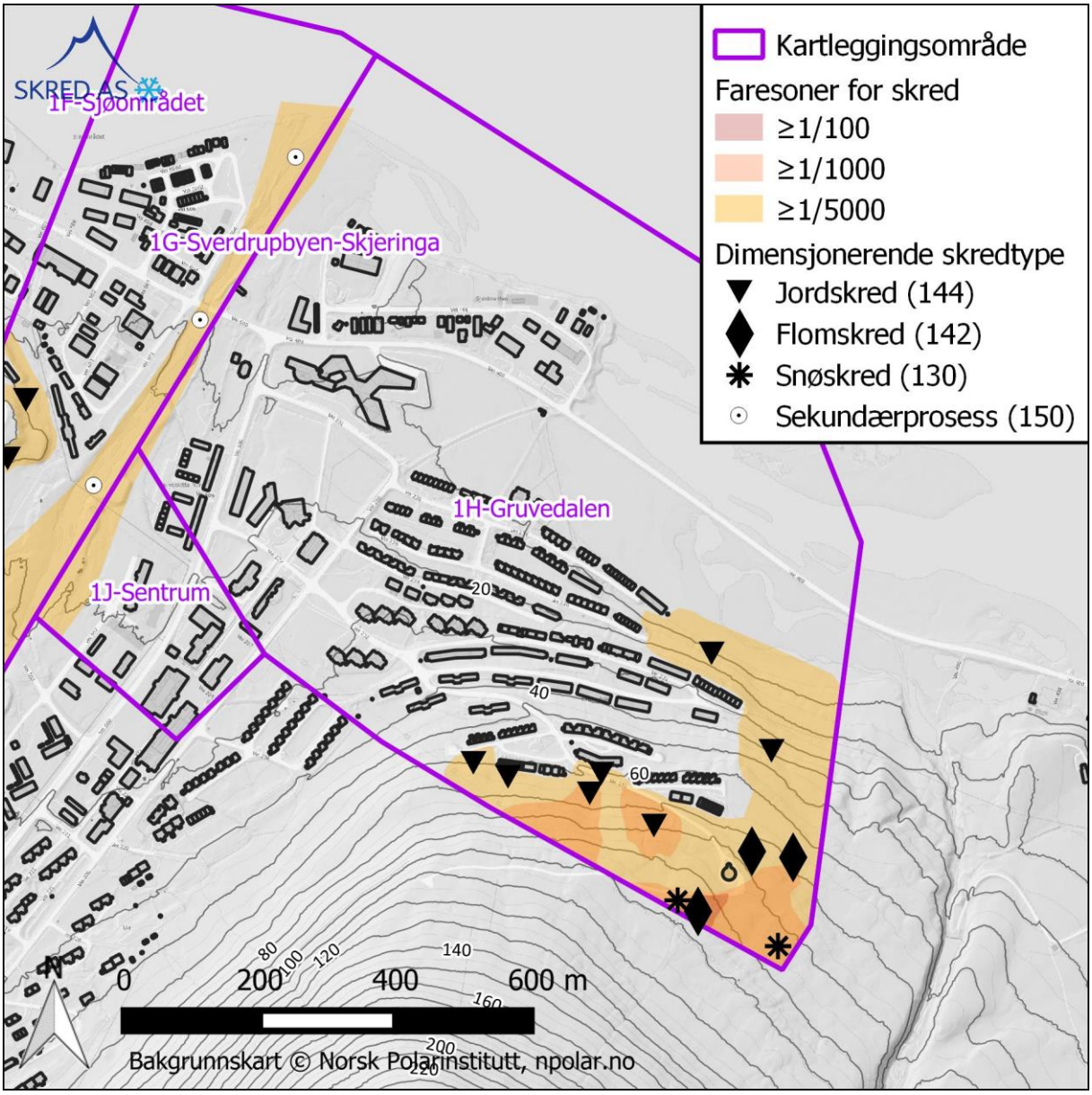
10.2.7 Sekundærprosesser

Ingen.

10.3 Samlede faresoner for skred

Samlede faresoner for skred for område 1H-Gruvedalen er vist i Figur 52 og i Vedlegg 1f. Dimensjonerende skredtyper er snøskred, jordskred, og flomskred/sørpeskred.

Ifølge våre kartgrunnlag er det ingen bygninger i faresonen 1/1000.



Figur 52: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 1H-Gruvedalen. Dimensjonerende skredtyper er snøskred og flomskred/sørpeskred.

10.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger

Det er flere avvik mellom den tidligere skredfarekartleggingen (NVE, 2016) og våre faresoner. Beskrivelser av vurderingene gjort i NVE (2016) er på et overordnet nivå, og det er derfor vanskelig å gi helt konkrete grunner til avvikene. Faresoner i både NVE (2016) og i Barlindhaug Consult og NGI (2007) er vurdert før grøfta ble etablert.

10.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet

Terrengmodellen og vårt kartgrunnlag inkluderer ikke de nyeste sikringstiltak, som for eksempel grøfta fra høgdebassenget og vestover. Det er derfor mulighet for at beregningsresultatene i området, spesielt for flomskred/sørpeskred, ikke tar tilstrekkelig

høyde for disse. Ved utarbeidelse av faresonene har vi derfor lagt stor vekt på observasjoner gjort under befaringen.

11 1J-Sentrum

11.1 Områdebeskrivelse

Kartleggingsområde 1J dekker sentrum av Longyearbyen. Området ligger nedenfor eksisterende støtteforbygninger som står der snøskredet løsnet i 2015 (Figur 53) Flere bilder av fjellsiden ovenfor området er vist i Vedlegg 1a.

Sommeren 2021 og sommeren 2022 skal det settes opp støtteforbygninger i fjellsiden der snøskredet løsnet i 2017. For foten av fjellsiden er en fangvoll under oppføring (Figur 53).

Figur 53: Støtteforbygninger etablert i fjellsiden der snøskredet løsnet i 2015, og fangvoll i foten av fjellsiden. Bilde tatt mot vest.

11.2 Tidligere rapporter og faresoner

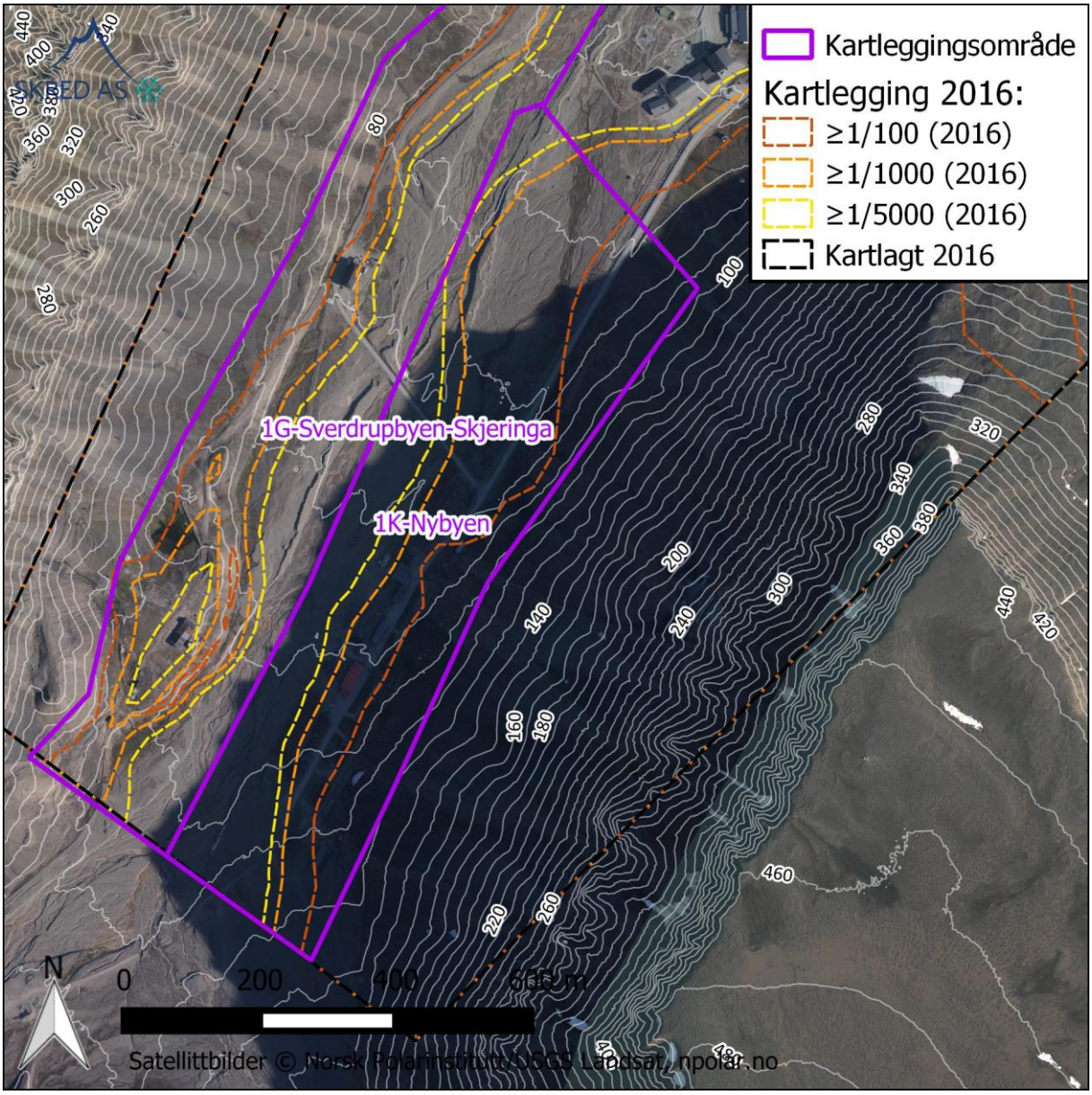
Det er flere tidligere rapporter fra området, blant annet Barlindhaug Consult/NGI 2007, og den tidligere gjennomførte kartleggingen (NVE, 2016). Støtteforbygningene er beskrevet i NGI rapport 20170299-05-R (NGI, 2018c), snøsamleskjermene i NGI rapport 20170299-01-R (NGI, 2018d), og fangvollen i Skred AS/HNIT rapport 18241-03-4 (Skred AS/HNIT Consulting, 2018).

Med støtteforbygninger og fangvoll på plass, trolig i løpet av 2022, ligger kartleggingsområdet utenfor faresonen for skred med årlig sannsynlighet ≥1/5000, slik det er vurdert i prosjekteringsgrunnlaget for disse tiltakene. I bunnen av elvesletta er det en faresone for sekundæreffekter (Figur 52).

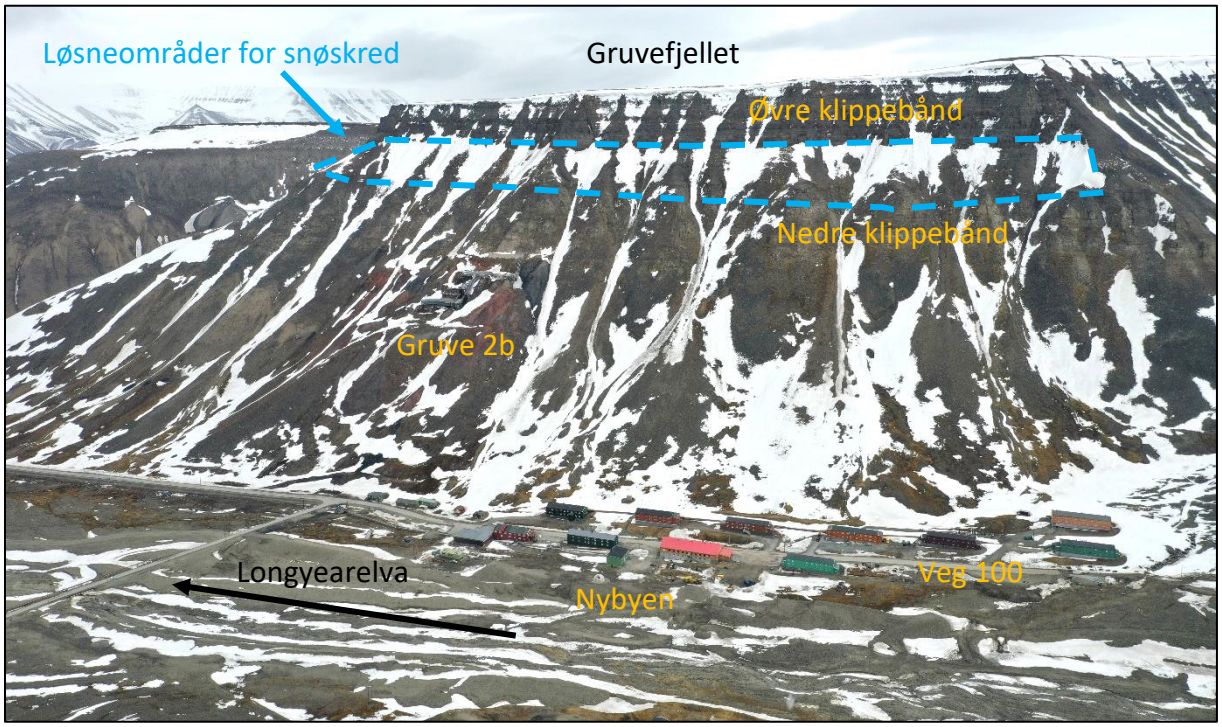
12 1K-Nybyen

12.1 Områdebeskrivelse

Kartleggingsområde 1K dekker hele Nybyen på østsiden av Longyeardalen, og nordover fra Nybyen mot skolen (Figur 54). Påvirkningsområdet omfatter fjellsiden ovenfor kartleggingsområdet, samt en stor del av platået på Gruvefjellet. Det skyldes at platået drenerer ned mot kartleggingsområdet, og fordi platået kan fungere som oppsamlingsområde for snø som transporteres med vind fra øst til sør, noe som kan gi store skavler og snø i løsneområdene i fjellsiden.



Figur 54: Kartleggingsområde 1K-Nybyen. Påvirkningsområdet dekker en stor del av platået mot sør og vest, og er ikke vist fullstendig. Tidligere utarbeidede faresoner er vist med linjer (NVE, 2016).



Figur 55: Foto av kartleggingsområde 1K-Nybyen med fjellsiden ovenfor. Bilde mot øst.

12.1.1 Befaring

Befaring ble utført av Kristin B. Lome, Sondre Lunde og Kalle Kronholm (Skred AS), 2021-06-15. På deler av befaringen deltok også Holt Hancock, som er observatør for den regionale varslingen Varsom, samt arbeider med lokal snøskredvarsling for vegen til Svalsat. Det var grått vær, men høyt skydekke og god sikt. I forsenkninger i de øvre deler av fjellsiden var det fortsatt en del snø. Området ble befart til fots og med drone. Sporlogg er vist i registreringskartet i Vedlegg 1c.

12.1.2 Flyfoto

På tilgjengelig flyfoto fra Norsk Polarinstitutt sin WMS tjeneste (Norsk Polarinstitutt, 2021a), er det skygge i fjellsiden, og nesten umulig å se kontraster. Det er ingen tilgjengelige historiske foto på Toposvalbard.

12.1.3 Topografi

Terrenganalysen er basert på DTM s2009 (avsnitt 2.3). Terrenghelning er vist i Vedlegg 1b. Hele fjellsiden er også dekket av s2008, som er brukt til analyser av skredbaner og løsneområder. Vi har brukt s2009 som grunnlag for al modellering.

Bebyggelsen i Nybyen ligger på østsiden av Longyearelva, som renner mot nord. Bebyggelsen ligger rundt 100 moh., nedenfor den nesten vest-vendte fjellsiden opp mot platået på Gruvefjellet. Like ovenfor bygningene i Nybyen er terrenget forholdsvis slakt, opptil 10°. Terrenghelningen øker dog raskt videre oppover i fjellsiden, til 35° ved 240 moh., som er bunnen av det nedre klippeparti. Mellom 240 moh. og 340 moh. er det flere skålformer, adskilt av markerte rygger. Nedre del av ryggene er delvis nær-vertikale, men i bunnen av skålene er terrenghelningen 30-40°. Ovenfor det nedre klippepartiet er terrenget igjen litt

jevnere langs kotene, men fortsatt med rygger mellom skålformene. Rundt 370 moh. ligger bunnen av det øvre klippebåndet. Herfra og til kanten av platået er terrenghelningen >40°. Langs kotene er terrenget delt opp i mindre skålformer, typisk med 2-4 skåler i det øvre klippebåndet, som leder ned i en enkelt skålform i det nedre klippebåndet.

12.1.4 Geologi

Kvartærgeologien er kartlagt av NGU, og gjengitt i Vedlegg 1d. NGI har utført en geomorfologisk kartlegging (NGI, 1986). Våre egne registreringer av terrengformer av betydning for skredfarevurderinger er vist i registreringskartet i Vedlegg 1c. De mest relevante former er ravinene ned fra hver av de store, nedre skålformene, totalt fem sør for Gruve 2b, og tre nord for Gruve 2b. Det er tydelige skredavsetninger helt ned til husene 7, 1, 3, 1C og 1B, og ned til Veg 100 nord for hus 1A og Veg 106.

12.1.5 Historiske skredhendelser

I NVE Atlas (NVE, 2021b) er det registrert flere snøskred i fjellsiden. Få av disse har relevans for bebyggelsen, annet enn at de viser at skred og skavlnedfall i fjellsiden skjer svært hyppig. Bare i vintersesongen 2020/2021 gikk det ett skred som gikk forbi hus 1C, og avsatte skredmasser ved veggen på huset. I NGI (2017) er det følgende opplysninger om området rundt hus 1C: «*Disse bygninger ble berørt av snøskred ved minst 2 anledninger på 90-tallet. Flomskred berørte en av bygningene i 1981.*».

Det er mange historier om studenter som har opplevd å få skavler i veggen på de øvre byggene, og NGI har nevnt en historie om et snøskred på 80-tallet, som gikk til trappen av galleriet, Veg 100, hus 2 (NGI, 2017). I brevet fra NGI etter kartleggingen i 2016/2017 er det nevnt flere hendelser som har nådd frem til hus 1-9 på oversiden av Veg 100 i Nybyen: «*Snø- og flomskred har nådd til flere av bygningene etter at de ble satt opp. Flomskred i 1981 gikk en del lengre (Se kartbilag).*» (NGI, 2017). Vi har ikke sett det nevnte kartbilaget, og kjenner derfor ikke den aktuelle utbredelsen av de nevnte hendelsene. Vi mener det er en betydelig underrapportering av store skredhendelser i Nybyen.

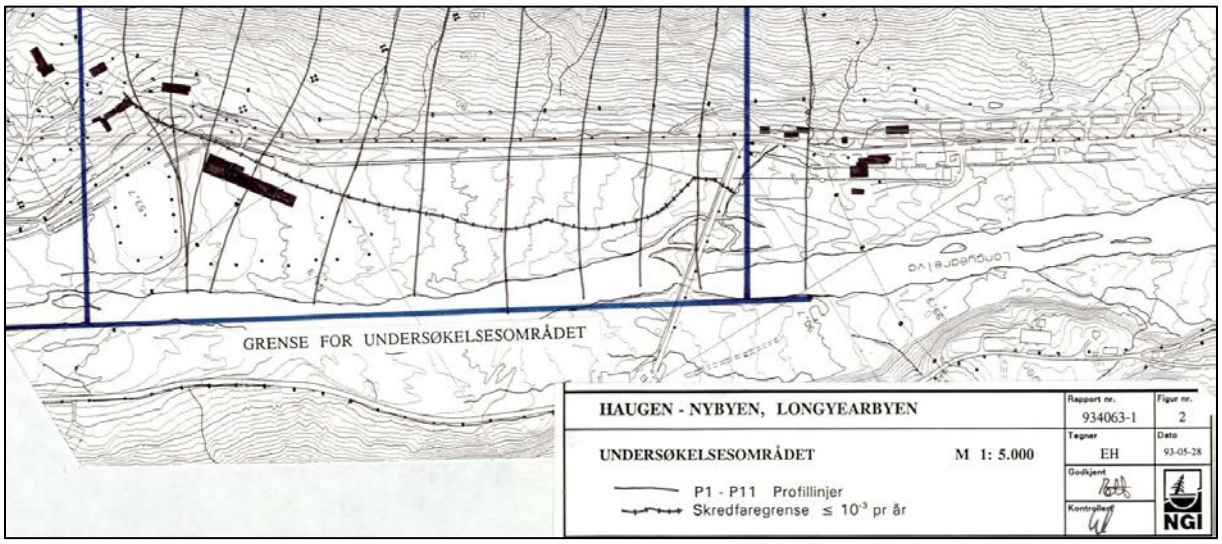
I den nordlige del av kartleggingsområdet er det ikke registrert skred i NVE atlas, men her vet vi om flere snøskred som har krysset Veg 100. Den 1. april 2009 forsøkte man å sprenge ned snøskred i den største skålformen under Gruvefjellet. Til tross for en relativt beskjeden bruddkant, krysset skredmasser Veg 100 med et par meter. Ifølge NGI rapport 934063-1 (NGI, 1993), gikk et naturlig utløst snøskred over Veg 100 omtrent samme sted, 17. mars 1993. I NGI (2017) er det nevnt en snøskredhendelse fra 90-tallet litt lenger sør enn hendelsene i 2009 og 1993. Vi mener denne kan være den samme som 1993-hendelsen, men litt feilplassert.

12.1.6 Tidligere rapporter

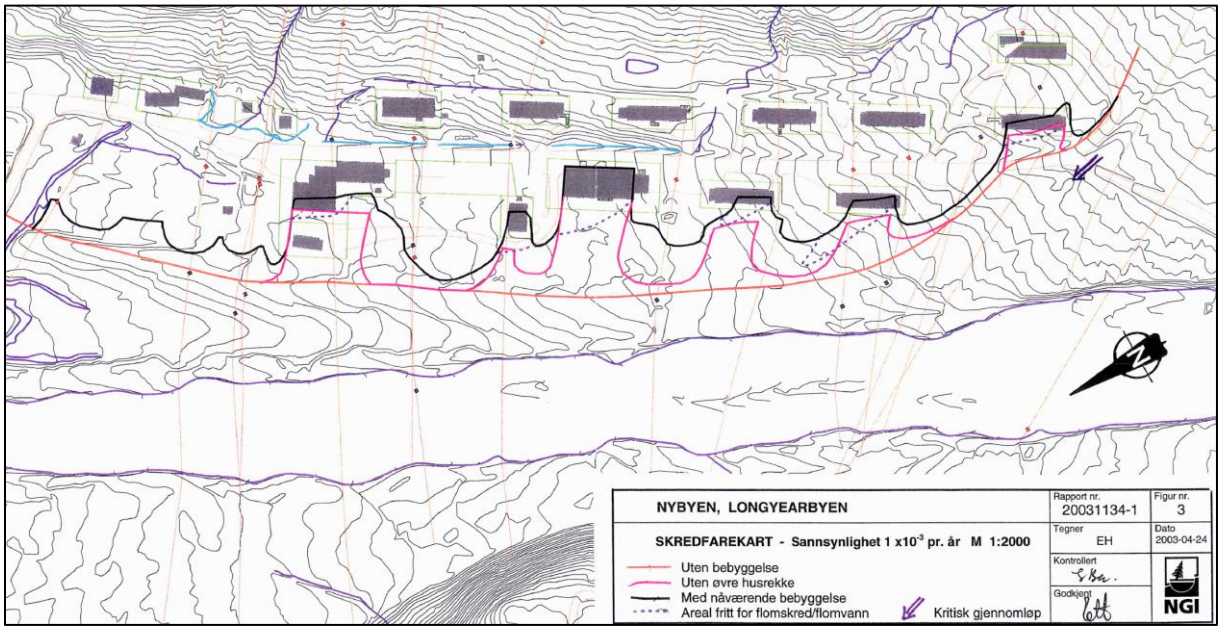
NGI vurderte i 1993 fare for skred i den nordlige del av Nybyen (omtrent til hus 1A og 1B) (NGI, 1993), gjengitt i Figur 56, og igjen i 2003 (NGI, 2003) gjengitt i Figur 57. Konklusjonen for Nybyen var at faresonen for skred med årlig sannsynlighet ≥1/1000 er dimensjonert av snøskred, men at også flomskred er en aktuell skredtype. I Nybyen går denne faresonen

mellom Longyearelva og den nederste rad med bygninger (Figur 57). Enda en NGI-rapport er utarbeidet for en planlagt skiheis ovenfor skolen, men denne gir ingen faresoner (NGI, 1995).

I NVE (2016) er området beskrevet og vurdert under området «Longyearbyen». Faresonene utarbeidet der, er vist i Figur 54.



Figur 56: Faresoner utarbeidet av NGI for den nordlige del av kartleggingsområdet ved Nybyen (NGI, 1993).



Figur 57: Faresoner utarbeidet i (NGI, 2003).

12.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak

Vi er ikke kjent med skredsikringstiltak ovenfor bygningene i Nybyen. En betongvegg er satt opp på baksiden av Gruve 2b, trolig for å sikre mot steinsprang.

12.2 Vurdering av skredfare

12.2.1 Steinsprang

Steinsprang fra øvre og nedre klippebånd, spesielt fra fremsiden av de markerte ryggene mellom skålformene, er en aktuell skredprosess (Figur 44). Steinsprangavsetninger enkelte steder i foten av skrenten bekrefter dette. Observerte skredavsetninger fra flomskred, kanaliserte jordskred og snøskred (i den grad de er synlige), ligger dog betydelig lenger ut i dalbunnen enn steinsprangavsetningene. Steinsprang er altså en aktuell skredprosess, men den dimensjonerer ikke faresonene. Vi har derfor ikke gjort detaljerte vurderinger for steinsprang.

12.2.2 Steinskred

Utfall av større deler av ryggene mellom skålformene (Figur 44) vil være i størrelsesorden steinskred. I dalbunnen er det ingen tydelige, typiske avsetninger fra steinskred, og basert på det, antar vi at sannsynligheten for steinskred er liten. Med økende temperatur på grunn av klimaendringer, kan dette endre seg, men vi har ikke vurdert det i detalj. Det er avsetninger av grove masser i toppen av enkelte av skredviftene, som kan være fra steinskred. Flomskredavsetninger ligger betydelig lenger ut mot dalbunnen enn de grove steinskredmassene.

Utfall av store mengder steinmasser kan i visse situasjoner utløse jord- og flomskred nedenfor. Fra tidligere arbeid i Longyearbyen, har vi hørt spekulasjoner om at flere store jord- og flomskred har blitt utløst av store steinsprang/steinskred, men dette er ikke bekreftet.

Vi vurderer at steinskred er en aktuell skredprosess, men den dimensjonerer ikke faresonene. Vi har derfor ikke gjort detaljerte vurderinger for steinskred.

12.2.3 Snøskred

Hele fjellsiden har løsneområder for snøskred. Mindre hendelser vil typisk være begrenset til en enkelt skålform, og avgrenset sideveis av ryggene i fallinja. Større hendelser kan ha bruddforplantning som strekker seg over mindre markerte rygger. Løsneområdene ligger i to nivå: et øvre nivå i skålformene rett nedenfor kanten av platået, og et nedre nivå i de litt slakere deler av fjellsiden mellom øvre og nedre klippebånd.

Løsneområdene i det øvre nivå er svært bratte, og kan løsne naturlig ved pålagring med snø og/eller drivsnø, eller kan utløses av skavler som faller ned. Det nedre sett med løsneområder kan også løsne naturlig ved pålagring, eller ved rask tilleggsbelastning påført av skred eller nedfall av skavler fra høyere i fjellsiden.

Løsneområdene er vurdert ut fra terrenget. I dette området er arealene på løsneområdene ikke differensiert mellom de ulike scenarioene, bare bruddkanthøyde, og dermed volum og friksjonsparametre. For lengre gjentaksintervall er dog beregningene gjort med flere

løsneområder på samme tid, tilsvarende at bruddkanten går over flere mindre markerte rygger, mens hyppige hendelser er beregnet enkeltvis, avgrenset av de små ryggene. Bruddkanthøyde for de nedre løsneområdene er satt etter beskrivelsen i avsnitt 2.8.2 og Tabell 5.

I det øvre sett med løsneområder er terrenget så bratt, at bruddhøyden bør reduseres betydelig. I stedet for å gjøre det, har vi utelukkende beregnet og vurdert skredutbredelse fra de nedre løsneområder. Det er trolig skred fra de nedre løsneområdene som har lengst rekkevidde, og som derfor er dimensjonerende for faresonene. Hvert enkelt løsneområde har derfor relativt begrenset volum, for 1000-års hendelser 5000-30.000 m^3. Et eksempel på beregningsresultater er vist i Vedlegg 1e.

Tabell 13: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene for snøskred i område 1K-Nybyen. Ingen beregninger er utført for de øvre løsneområder.

Løsneområde	d_0 (m)			Friksjon	Kommentar
	1/100	1/1000	1/5000		
L1C-100-X	0,9	-	-	T100	Alle nedre løsneområder. Disse er typisk begrenset til enkelte, små skålformer.
L1C-1000-X	-	1,3	-	S300	Alle nedre løsneområder.
L1C-5000-X	-	-	1,7	M300	Alle nedre løsneområder.

Beregninger viser at snøskred med årlig sannsynlighet 1/1000 når frem til eller forbi samtlige bygninger på nedsiden av Veg 100. Dersom man antar at husene har en viss styrke, vil skredmassene stoppe i veggen på bygningene. Vår erfaring med denne typen bygninger er at de tåler lite last, og vi har derfor tegnet faresoner under antakelse om at bygningene har liten effekt på skredutbredelsen. Unntaket er hvis bygningen står helt i ytterkant av skredutløpet. Faresonen 1/5000 går på nedsiden av samtlige bygninger i Nybyen.

12.2.4 Flomskred

Det er vifter nedenfor samtlige skålformer mellom ryggene i fjellsiden. Enkelte av viftene går nesten ned til bebyggelsen. Ingen av viftene går dog like langt ned mot Longyearelva som beregnet utløp av snøskred, og vi vurderer derfor at snøskred er dimensjonerende skredtype. Derfor er det ikke utført beregninger for rekkevidden av flomskred.

12.2.5 Jordskred

Det er ikke tydelige tegn etter jordskred i fjellsiden, slik det er over Huset og kirkegården på motsatt dalside. Enkelte jordskred vil kanaliseres som flomskred, men trolig ha kortere rekkevidde enn flomskred, som igjen er kortere enn snøskred. Vi har derfor ikke utført beregninger av rekkevidden for jordskred.

12.2.6 Sørpeskred

Egentlige sørpeskred er ikke aktuelle i dette området. Små lommer av våt snø kan løsne som flak, men vi vurderer at de vil ha omtrent samme rekkevidde som mobile flomskred. Disse vurderes, som nevnt over, å ha kortere rekkevidde enn snøskred.

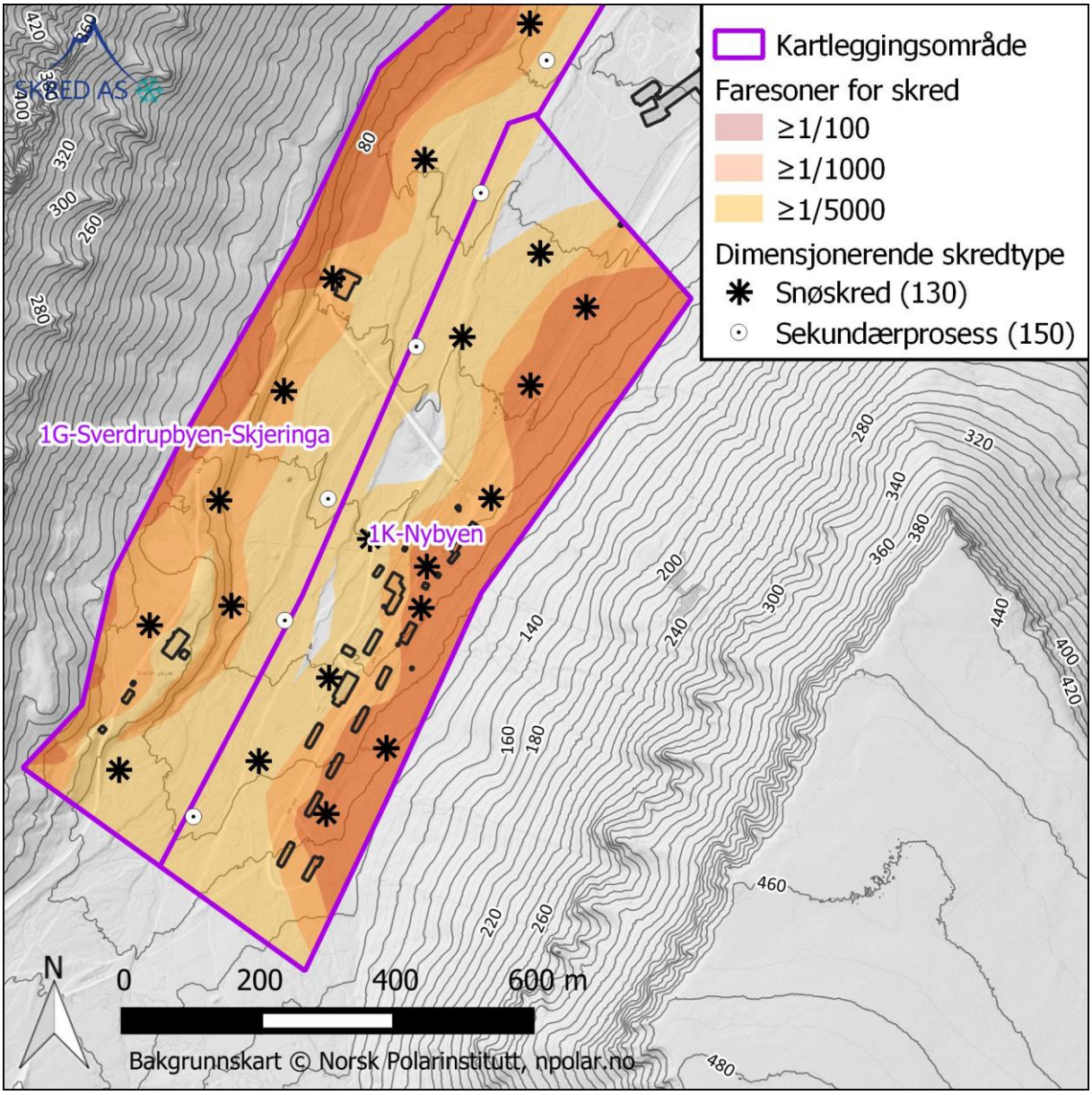
12.2.7 Sekundærprosesser

Ingen.

12.3 Samlede faresoner for skred

Samlede faresoner for skred for område 1K-Nybyen er vist i Figur 58 og i Vedlegg 1f. Faresonene er dimensjonert av snøskred. Alle av bygningene på oversiden av Veg 100 og halvparten av byggene på nedsiden av Veg 100 ligger i faresonen 1/1000. Dette kartleggingsområdet har dermed flest bygg inne i faresonen 1/1000.

På elvesletta ligger en faresone 1/5000 for sekundæreffekter.



Figur 58: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 1K-Nybyen.

12.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger

Det er flere steder avvik mellom den tidligere skredfarekartleggingen (NVE, 2016) og våre faresoner. Beskrivelser av vurderingene gjort i NVE (2016) er på et overordnet nivå, og det er derfor vanskelig å gi helt konkrete grunner til avvikene. I vår vurdering ligger flere bygg inne i faresonen 1/100, men flere ligger utenfor 1/1000. I begge vurderinger er snøskred dimensjonerende skredtype.

Våre faresoner har også avvik fra de utarbeidet av NGI (1993) og NGI (2003). Vår faresone 1/1000 har kortere utstrekning enn NGI sin. Vi er usikre på hvorfor, da begrunnelsene for faresonen 1/1000 i NGI sine rapporter ikke er detaljert grunngitt.

12.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet

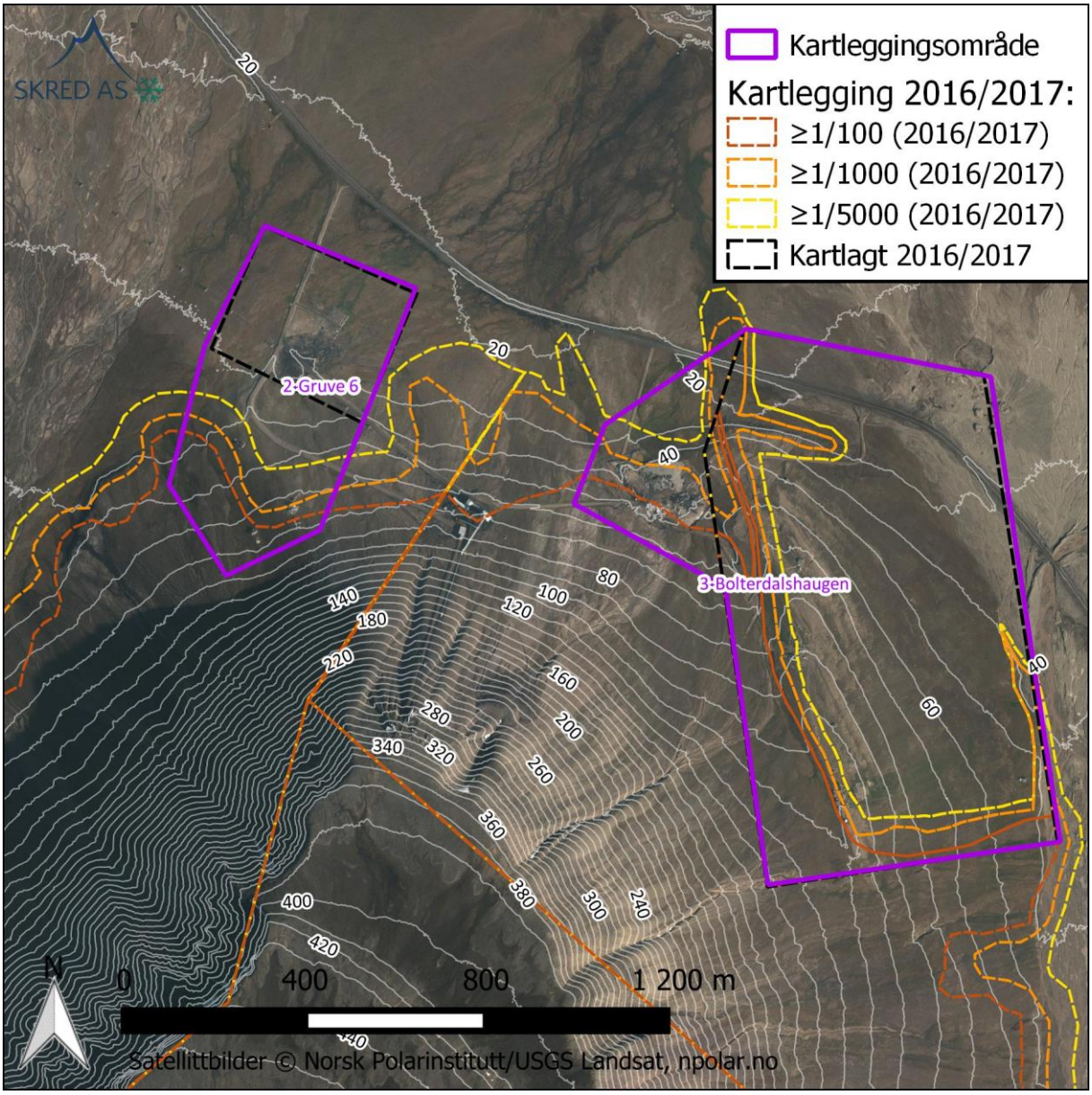
Effekten av bygningene i området på utbredelsen av dimensjonerende snøskred er usikker. Ved utarbeidelse av faresoner har vi derfor i dette området ikke tatt i betraktning eventuell effekt av bygningene på faresonene.

13 Område 2-Gruve 6

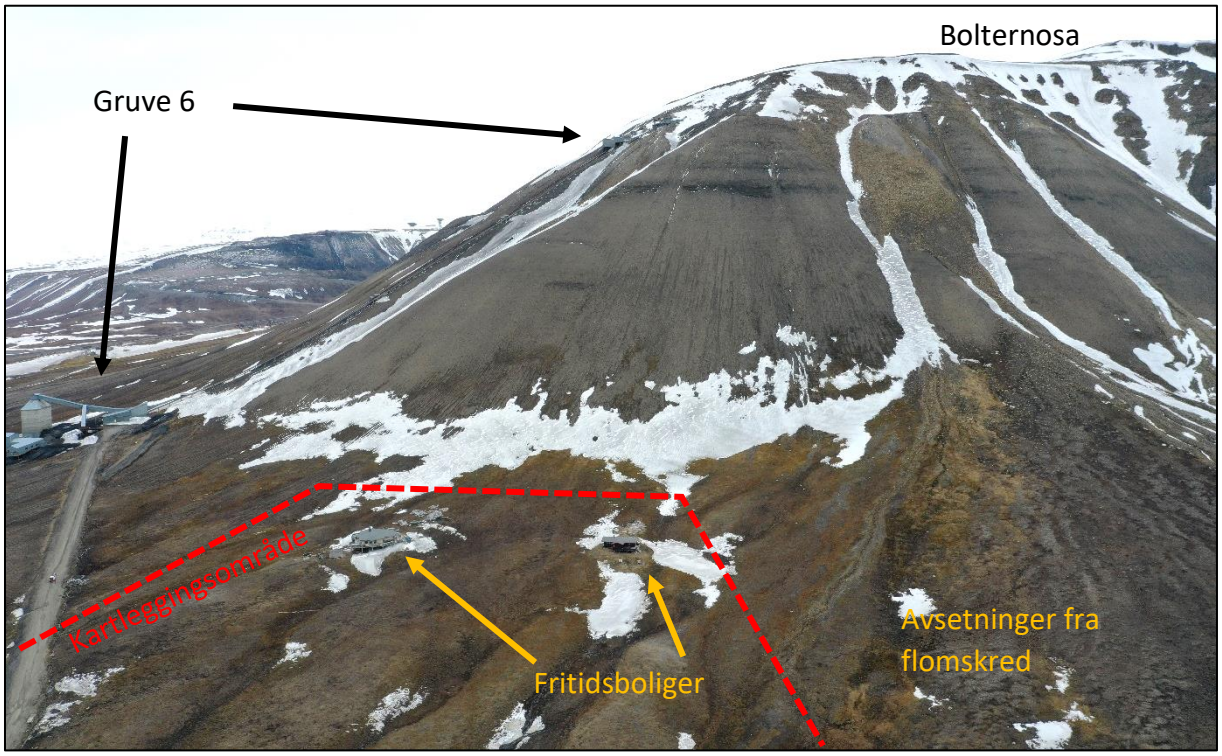
13.1 Områdebeskrivelse

Kartleggingsområdet (Figur 59, Figur 60) ligger i østsiden av munningen på Todalen, som går omtrent nord-sør, der den går over i Adventdalen. Flere bilder av området og fjellsiden ovenfor er vist i Vedlegg 2a. Nedre del av kartleggingsområdet ligger rundt 20 moh., og er relativ slakt. Øvre deler av kartleggingsområdet, mot sør, ligger omtrent 70 moh. Fra øverste del av kartleggingsområdet til ca. 350 moh. er fjellsiden brattere. Ved ca. 350 moh. slaker terrenget ut på platået Bolternosa/Carl Lundhfjellet.

Påvirkningsområdet omfatter en stor del av platået på Bolternosa. Det skyldes at platået drenerer ned mot kartleggingsområdet, og fordi platået kan fungere som oppsamlingsområde for snø som transporteres med vind mot nord, ut i løsneområder for snøskred.



Figur 59: Kartleggingsområdene 2-Gruve 6 og 3-Bolterdalshaugen med påvirkningsområdet. Tidligere utarbeidede faresoner oversendt av LL (Longyearbyen Lokalstyre, 2021) er vist med linjer.



Figur 60: Bilde av øvre deler av kartleggingsområde 2-Gruve 6, samt fjellsiden ovenfor. Øvre avgrensning av området er omtrentlig indikert med rød stiplet linje. Bilde tatt mot sør.

13.1.1 Befaring

Befaring ble utført av Kristin B. Lome, Sondre Lunde og Kalle Kronholm (Skred AS), 2021-06-15. Det var grått vær med høyt skydekke og god sikt. I forsenkninger i de øvre deler av fjellsiden var det fortsatt en del snø. Området ble befart til fots og med drone. Sporlogg er vist i registreringskartet i Vedlegg 2c.

13.1.2 Flyfoto

På tilgjengelig flyfoto fra Norsk Polarinstitutt sin WMS tjeneste (Norsk Polarinstitutt, 2021a), er det skygge i øvre del av fjellsiden, og dermed umulig å se kontraster. I kartleggingsområdet og nedre del av fjellsiden er det god kontrast i bildet. Det er ingen tilgjengelige historiske foto på Toposvalbard.

13.1.3 Topografi

Terrenganalysen er basert på DTM s2009 (avsnitt 2.3). Terrenghelning er vist i Vedlegg 2b. Ovenfor den øvre del av kartleggingsområdet og bebyggelsen der, er fjellsiden generelt konveks langs kotene (Figur 60). Innover i Todalen ligger en større skålform, med en avsetning som trolig er en tipp, i midten. Nedenfor denne er det tydelige avsetninger etter snøskred og flomskred. Øst for den konvekse fjellsiden rett over kartleggingsområdet, ligger også en skålform, ved toppstasjonen på taubanen ved Gruve 6.

13.1.4 Geologi

Det er ikke tilgjengelig detaljert kvartærgeologisk kart over området. Vår tolkning av de viktigste skredrelaterte former og -avsetninger, er vist i registreringskartet i Vedlegg 2c. I dette området er det to ryggformer som er viktige for definisjon av løsneområder for snøskred. Disse er markert med «Rygg» i registreringskartet, til tross for at det ikke er løsmasserygger, slik dette datalaget trolig er tenkt brukt.

Berggrunnsgeologien er beskrevet i avsnitt 2.6.1.

13.1.5 Historiske skredhendelser

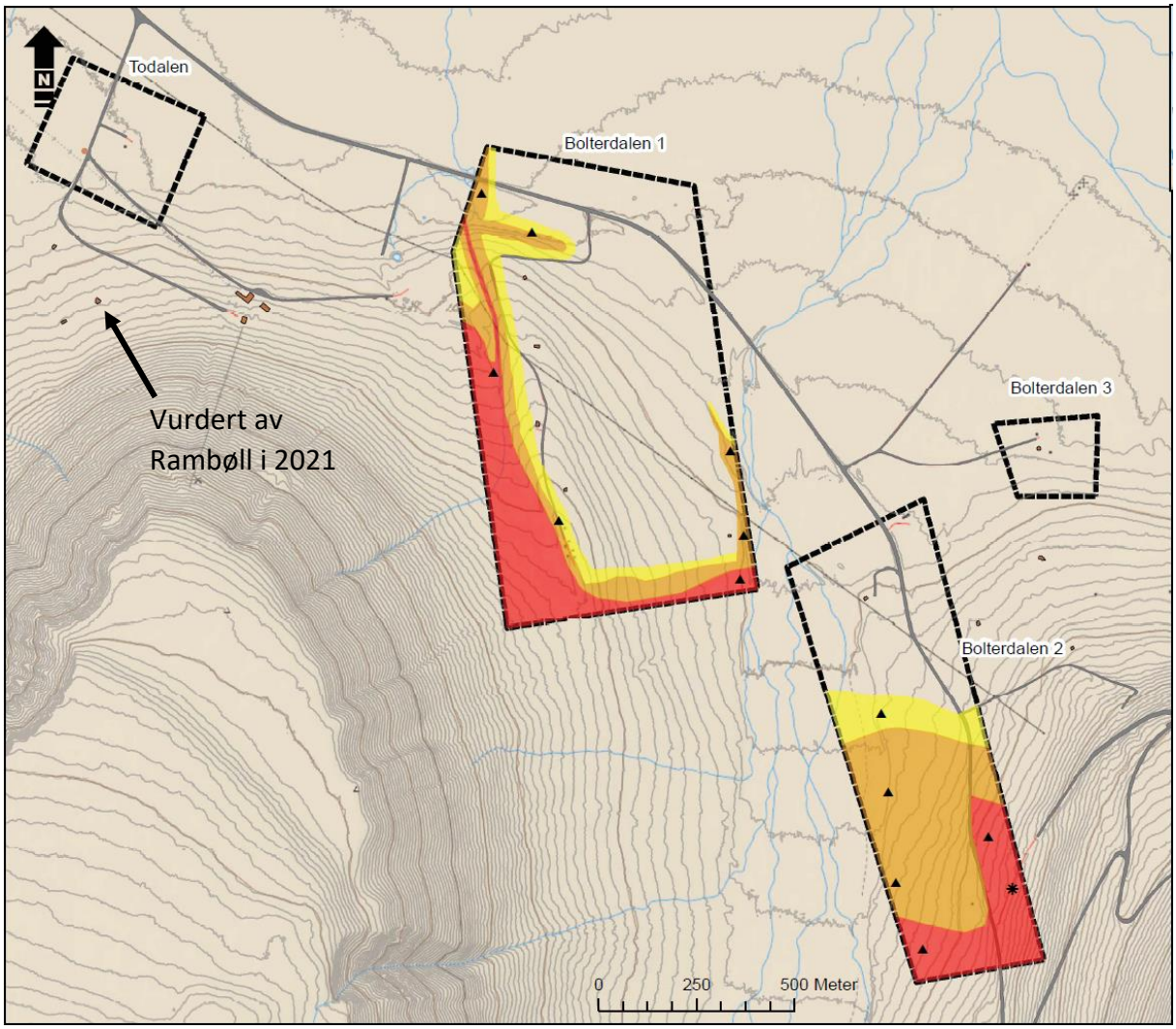
I NVE Atlas (NVE, 2021b) er det ikke registrert skred i den aktuelle delen av fjellsiden. Det er dog registrert flere snøskred/skavlnedfall i samme fjellside få kilometer lenger sør i Todalen. I november 2015 løsnet et snøskred fra toppen av fjellsiden nedenfor Bolternosa, omtrent 4 km sør for kartleggingsområdet (NVE, 2021b): «*Et ganske stort flakskred har startet oppe på kanten av bolternosa, og har fulgt en renne nedover fjellet mot bunnen av todalen. eksakt posisjon på utløpssonen: utm33x: e519130, n8674490 ddmm.mm: 78°8.60'n, 15°50.03'øpå vei ned mot dalbunnen har skredet kommet over en stor brink og og løst ut hele brinken som er ca. 150/ 200 meter lang. skredet har gått over hele dalbunnen til det terrenget begynner å stige på den andre siden. og bredden på skredet er ca 150 meter. skredet anslås til å ha en snedybde på 1 1/2 - 2 meter i utløpssonen.*» Flere tilsvarende hendelser er registrert videre sør i dalen, mot Frithamn.

NGI har ved UKS gitt følgende informasjon: «*I februar 1981 gikk et stort snøskred under gruve 6 etter at heisen stoppet og nattskiftet måtte gå ned fjellsiden. Tre ble tatt av skredet. Ingen alvorlig skadet. Svalbardposten 24/1980-1981*». Vi kjenner ikke mer til denne hendelsen enn det.

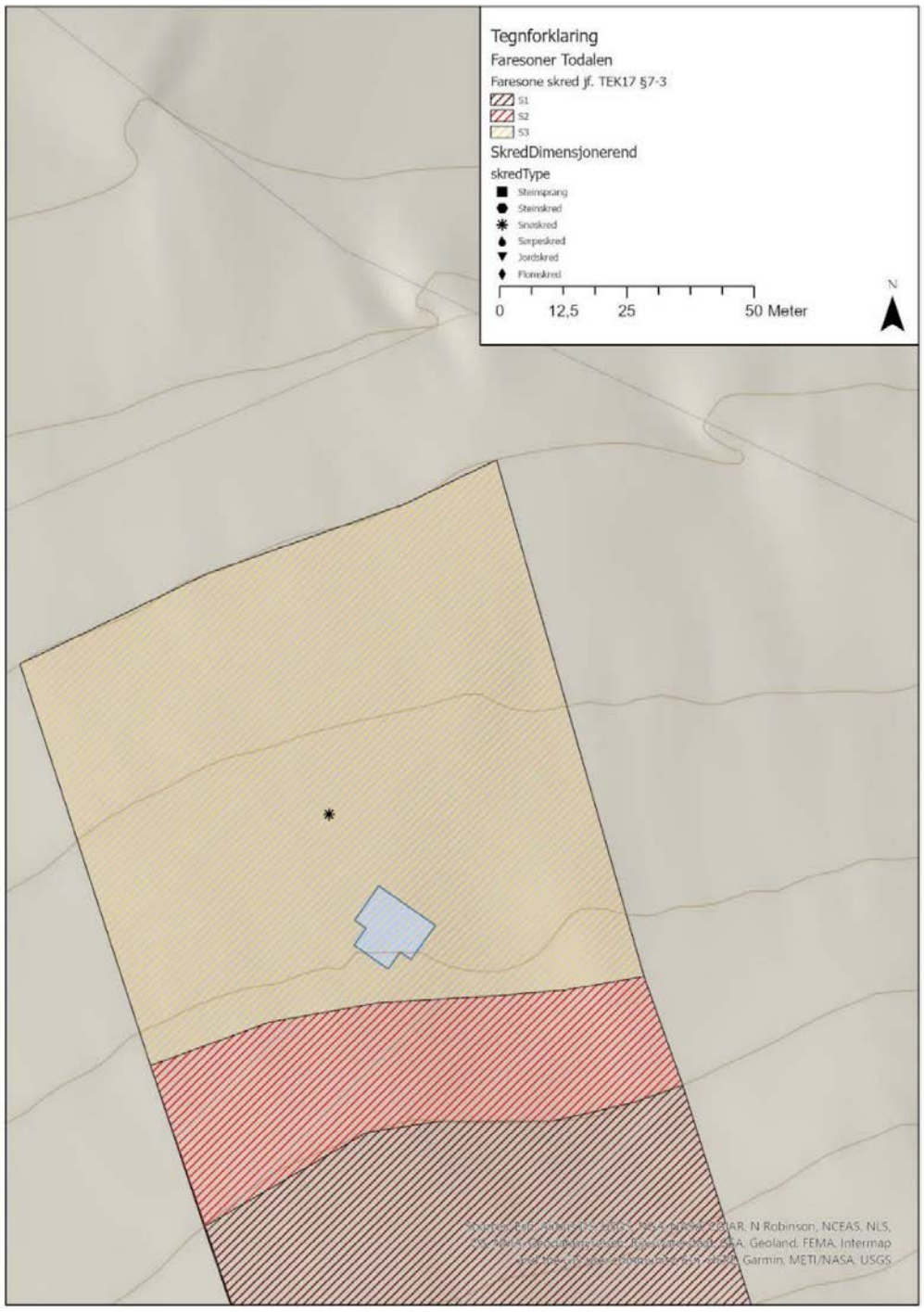
13.1.6 Tidligere rapporter

Området er beskrevet og vurdert under området «Todalen» i NVE (2016), se utsnitt i Figur 61. Området kartlagt i den rapporten omfatter dog bare nedre del av det området vi har i oppdrag å kartlegge, nemlig hundegårdene, men ikke fritidsboligene lenger oppe mot fjellsiden. Fra LL har vi fått oversendt faresoner for en stor del av Todalen (Figur 59), og disse er beskrevet i rapport 713525-RIGberg-RAP-001 (Multiconsult AS, 2017).

Etter vurderinger utført av Multiconsult i 2017, utførte Rambøll Norge i 2021 en vurdering for den ene fritidsboligen i kartleggingsområdet (Rambøll Norge AS, 2021), se Figur 61. Den vurderte fritidsboligen lå i faresonen fra Multiconsult (2017) i faresonen for skred med årlig sannsynlighet 1/1000, men i vurderingen fra Rambøll ligger den utenfor denne faresonen (Figur 62).



Figur 61: Kartleggingsområdene i Todalen og Bolterdalen beskrevet i NVE (2016). Utsnitt fra kart nummer A-5 i NVE (2016). Fritidsboligen vurdert av Rambøll i 2021 er indikert med pil.



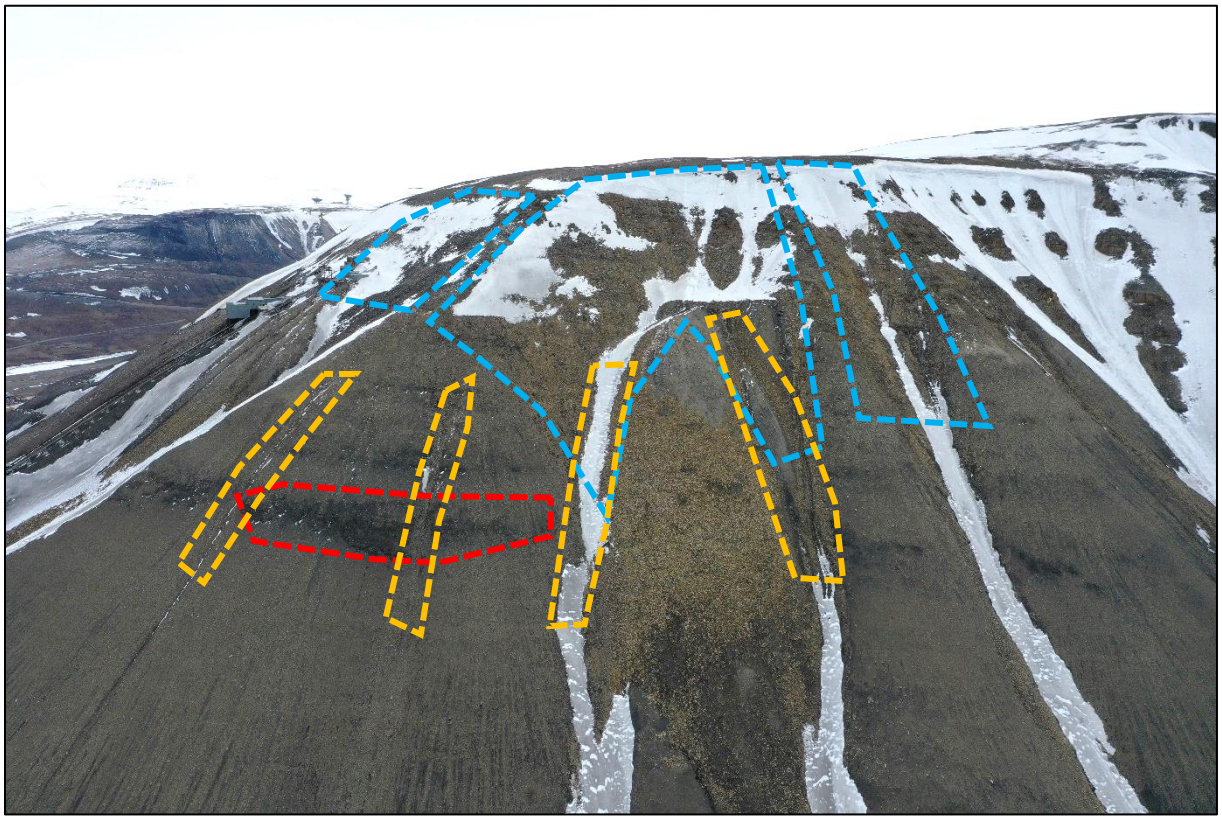
Figur 62: Faresonekart for den ene fritidsboligen i kartleggingsområdet. Etter Rambøll Norge AS (2021).

13.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak

Vi har ikke informasjon om, eller observert skredsikringstiltak i området.

13.2 Vurdering av skredfare

Et oversiktsbilde av fjellsiden med løsne- og kildeområder nevnt nedenfor, er vist i Figur 63.



Figur 63: Øvre del av fjellsiden ovenfor kartleggingsområdet. Løsneområder for steinsprang (rød polygon), flomskred (oransje polygoner) og snøskred (blå polygoner) er indikert. Bilde tatt mot sør.

13.2.1 Steinsprang

I fjellsiden er det et større bånd med bart «fjell» (rød polygon i Figur 63), og to mindre bånd ovenfor dette. Detaljert inspeksjon med drone, viste av fjellet her er svært oppsprukket, med avløste blokker på opptil rundt 0,5 m^3. Terrenghelningen i fjellpartiene er rundt 45°, men betydelig mindre i terrengmodellen, da den er basert på data som er for grov til å fange opp disse klippeparti. Det er altså mulighet for utfall av steinsprangblokker fra disse parti.

Utfall av blokker kan også skje ved remobilisering fra den generelt bratte terrengoverflaten ovenfor de nevnte bånd med fjell, og fra foten av tippen lenger sør. Remobilisering av blokker kan ikke utelukkes, men vi vurderer den årlige sannsynligheten for dette som lav.

I foten av fjellsiden er det registrert enkelte større steinblokker (se registreringskart i Vedlegg 2c). Flere av disse vises tydelig på flyfoto, og de fleste vist i registreringskartet er registrert herfra. Disse kan være steinsprangblokker eller avsatt med jordskred eller snøskred. Alle de registrerte blokkene ligger ovenfor de to øvre fritidsboliger, men innenfor kartleggingsområdet.

Basert på relativt få kildeområder for steinsprang og kun få blokker med usikkert opphav i kartleggingsområdet, mener vi ikke steinsprang er en dimensjonerende skredtype. Vi har derfor ikke utført beregninger for steinsprang.

13.2.2 Steinskred

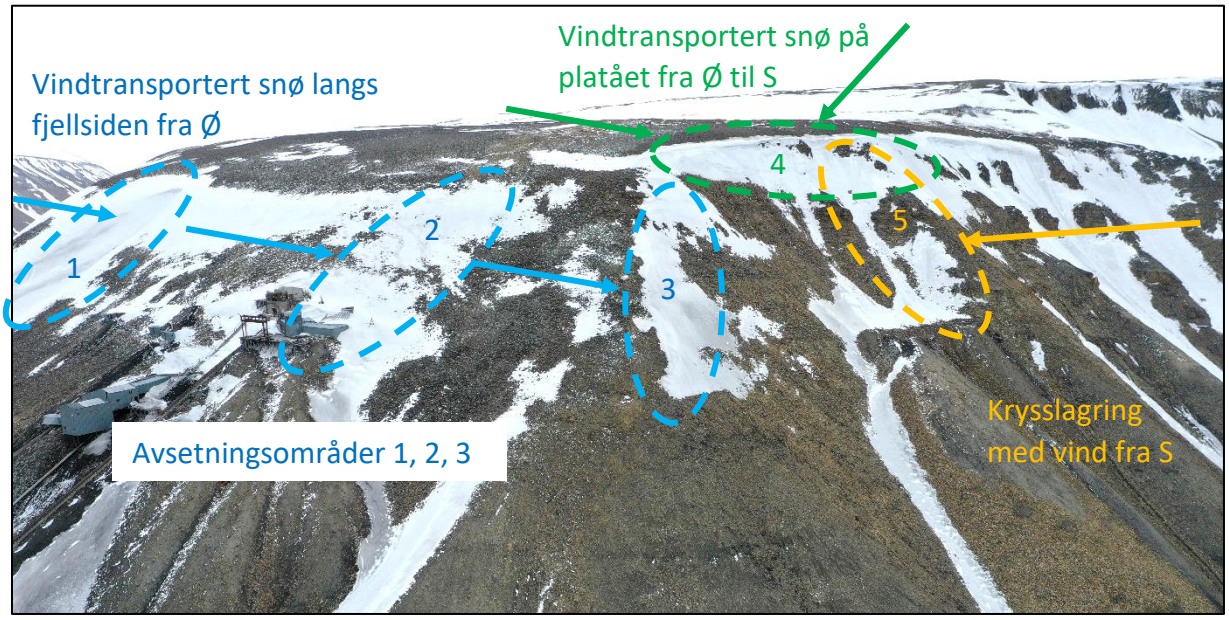
Det er ingen strukturer i fjellsiden som tilsier fare for steinskred. Denne skredtype er derfor ikke vurdert nærmere.

13.2.3 Snøskred

Deler av fjellsiden er brattere enn 30° og konkav, og det er derfor løsneområder for snøskred ovenfor kartleggingsområdet (Figur 63). Vind fra øst ut Adventdalen vil stryke langs den nordvendte fjellside rundt Gruve 6, og avsettes i tre markerte le-parti (krysslagring; avsetningsområde 1, 2 og 3 i Figur 64). Denne retning og typen av avsetning minner om forholdene for skredhendelsen ved Spisshusene i 2015 og nedenfor Sukkertoppen i 2017. Under den typen forhold, vil det meste av snøen avsettes i avsetningsområde 1 og 2, og bare mindre snømengder kan dermed transporteres til og avsettes i område 3. Snøskred som løsner i område 1 og 2 har ikke retning mot kartleggingsområde 2 (vurdert i terrenget og bekreftet av beregninger med RAMMS; L2-1000-4 i Vedlegg 2d). Snøskred fra avsetningsområde 3 har retning mot kartleggingsområdet (se nedenfor). I øvre deler av løsneområdet (4 i Figur 64) kan det avsettes snø transportert av vinden fra øst til sør over platået. I avsetningsområde 5 i Figur 64 kan det avsettes snø når vinden blåser fra sør, ut Todalen. Alle deler av løsneområdet kan derfor få avsatt betydelige mengder vindtransportert snø.

Det er ikke tydelige spor etter snøskredavsetninger inne i kartleggingsområdet, men vi forventer ikke at tørre snøskred avsetter store mengder løsmasser. Enkelte av de store blokkene vist i registreringskartet kan være fraktet av snøskred.

Som hjelp til å vurdere rekkevidde av dimensjonerende snøskred, har vi utført beregninger med snøskredmodulen i RAMMS. Dimensjonerende bruddkanter for de ulike løsneområder for snøskred med årlig sannsynlighet på hhv. 1/100, 1/1000 og 1/5000 følger beskrivelsen gitt i avsnitt 2.8.2 og er vist i Tabell 14. Arealet av løsneområdene er differensiert for de tilsvarende årlige sannsynligheter. Utvalgte beregningsresultater er vist i Vedlegg 2d. Beregningene viser at snøskred med årlig sannsynlighet 1/1000 når frem til en av fritidsboligene. Det er denne fritidsboligen som er vurdert å ligge utenfor faresonen 1/1000 av Rambøll Norge AS (2021).



Figur 64: Løsneområder for snøskred i fjellsiden ovenfor område 2-Gruve 6, med vindtransport av snø fra ulike retninger (piler) og avsetningsområder (ovaler merket 1-5).

Tabell 14: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene.

Løsneområde	d_0 (m)			Friksjon	Kommentar
	1/100	1/1000	1/5000		
L2-100-1	1,1	-	-	S300	
L2-1000-1	-	1,6	-	L300	1, 2 og 3 løsner samtidig.
L2-1000-2	-	1,1	-	L300	1, 2 og 3 løsner samtidig.
L2-1000-3	-	1,6	-	L300	1, 2 og 3 løsner samtidig.
L2-1000-4	-	1,5	-	L300	
L2-5000-1	-	-	2,1	L300	
L2-5000-2	-	-	1,5	L300	
L2-5000-3	-	-	2,1	L300	

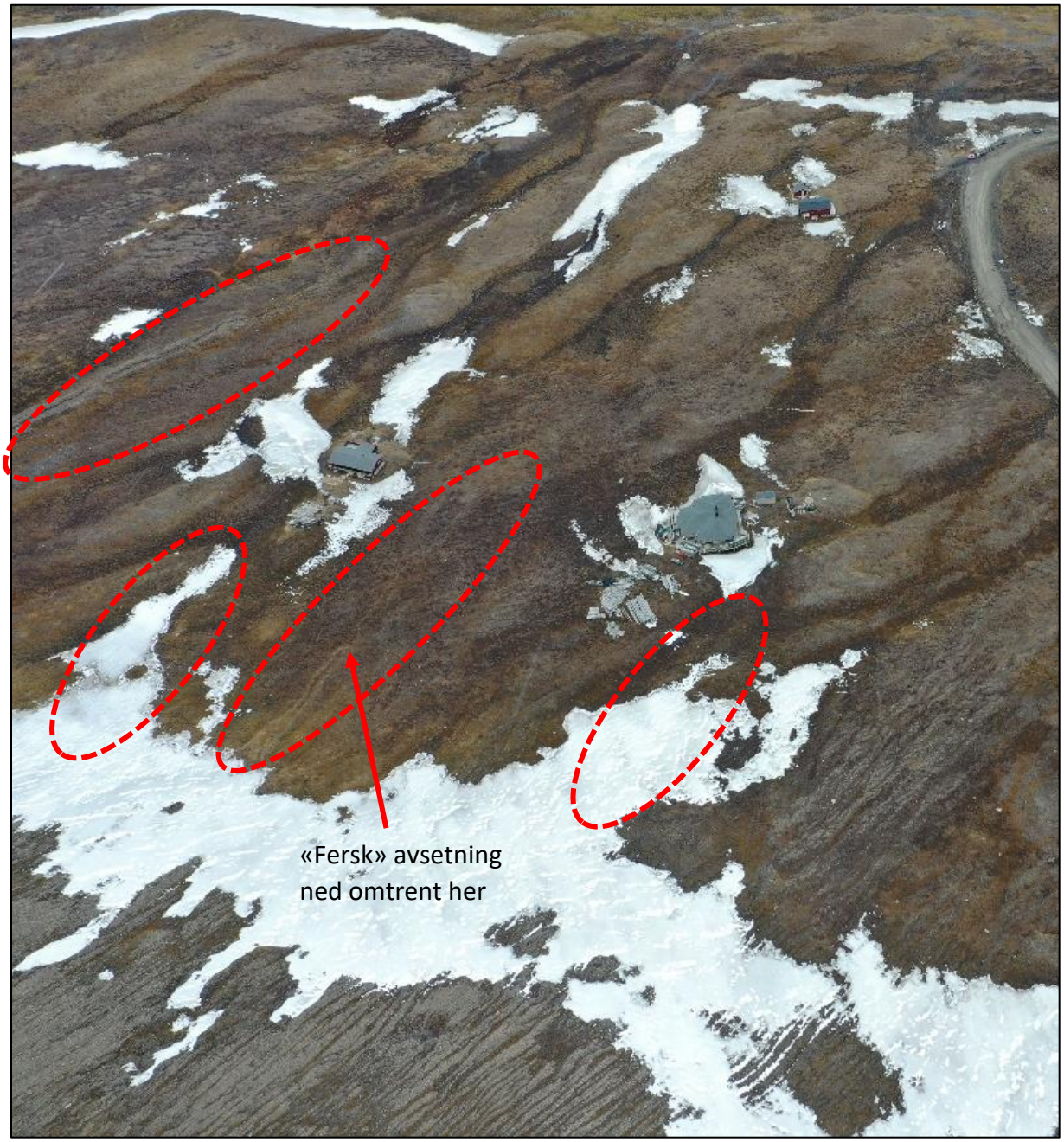
13.2.4 Flomskred

Vest og sør for kartleggingsområdet er det tydelige avsetninger etter flomskred (og muligens jordskred), og enkelte av avsetningene strekker seg inn i området (Figur 65). Løsneområdene er grovt indikert i Figur 63 og i Figur 66. Det er mulig man kunne kalle disse skredene for jordskred, da de trolig er utløst ved spesielle kombinasjoner av frost i bakken, og mye tilgjengelig vann, for eksempel fra snøsmelting og/eller nedbør. Formene i løsneområdene tyder dog på at skredhendelsene er mer assosiert med mye vann i overflaten enn geoteknisk ustabilitet, som typisk ville ha gitt mer tydelige bruddkanter over større bredde. Fra løsneområder lengst til høyre i Figur 66 kan det også løsne sørpeskred, som i dalbunnen kan ha omtrent samme form som flomskred og vannrike jordskred. Disse er nevnt i avsnitt 13.2.6 nedenfor.

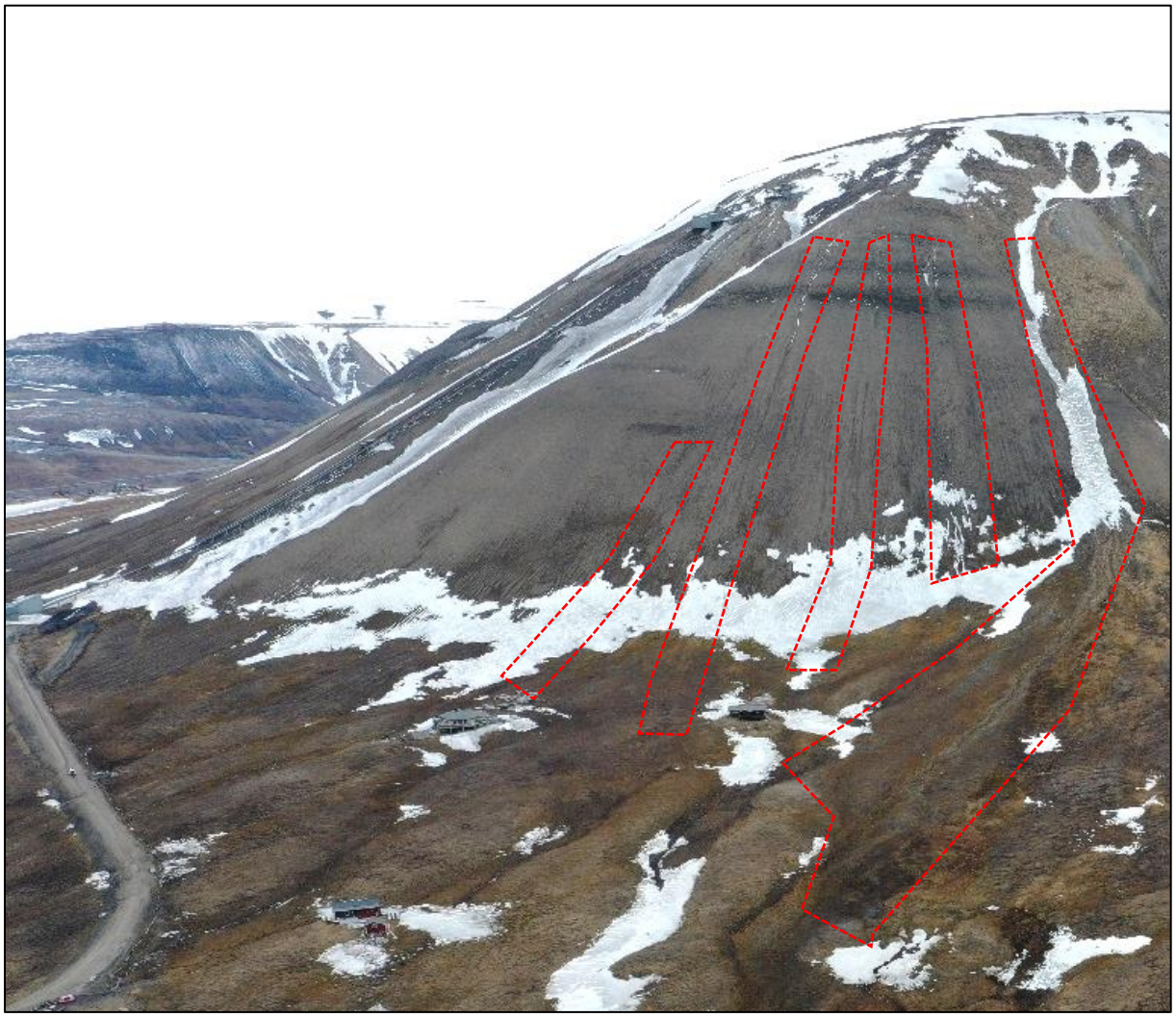
Flere steder har avsetningene tydelige leveer (se registreringskart i Vedlegg 2c). Vi har ingen gamle flyfoto fra området, og det er derfor vanskelig å nøyaktig angi alder på avsetningene. Sørvest for kartleggingsområdet, nedenfor skålformen til høyre i Figur 66, ser avsetningene relativt ferske ut, og vi estimerer at det her forekommer jord-, flom- eller sørpeskred med årlig sannsynlighet rundt 1/20. Ikke alle vil dog nå inn i kartleggingsområdet. Øvre deler av skredavsetningen som når ned omtrent mellom de to fritidsboligene (delen som er utenfor kartleggingsområdet) vurderer vi er rundt 50 år gammel. Mellom de to hyttene er avsetningen betydelig eldre.

For å vurdere mulig utbredelse av flomskred, har vi brukt RAMMS, modulen for flomskred, som beskrevet i avsnitt 2.10. Bruddkanten er satt til 0,5 m, og løsneområdet er løst ut som en blokk. Utløst volum varierer fra 600 m^3 til 3000 m^3. Friksjonsparameter μ er variert mellom 0,2 og 0,1; ξ er holdt mellom 200 m/s^2 og 1000 m/s^2. Vi har dermed ikke modellert rene sørpeskred, der ξ må være betydelig høyere. Vi har også gjennomført beregninger med erosjon, som beskrevet i Taurisano (2020). Disse mener vi dog ikke er representative for den skredtypen som er observert her, og resultatene er ikke vektlagt.

Med de brukte verdier kan vi gjenskape rekkevidden av de observerte skredavsetningene, men ikke de nøyaktige skredløpene. Det skyldes dels at flomskred som danner leveer, har en selvstyrende effekt, som ikke nødvendigvis følger fallretningen, og dels at den anvendte terrengmodellen ikke er nøyaktig nok. Resultatene kan dog fint brukes som en generell vurdering av mulig rekkevidde av flomskred. Utvalgte beregningsresultater er vist i Vedlegg 2e. Flomskred kan nå ned rundt de to øvre fritidsboliger med årlig sannsynlighet ≥1/1000.



Figur 65: Spor etter flomskred indikert med røde ovaler. Sporene i to av områdene er best synlig på flyfoto, da de lå under snøen på befaringstidspunktet. Bilde tatt mot nordvest.



Figur 66: Løsneområder og skredbaner for flomskred i fjellsiden ovenfor område 2-Gruve 6. Bilde tatt mot sør.

13.2.5 Jordskred

Jordskred kan ikke utelukkes, da deler av fjellsiden består av løsmasser brattere enn 20°. Spor i fjellsiden tyder på at mindre utglidninger av løsmasser raskt kanaliseres til smalere løp, som flomskred, beskrevet i avsnitt 13.2.4 ovenfor. Årlig sannsynlighet for jordskred i kartleggingsområdet vurderes derfor som betydelig mindre enn flomskred og snøskred. Beregningene for flomskred nevnt ovenfor, er i noen grad dekkende for jordskred, men vi forventer at vannrike flomskred har større rekkevidde enn jordskred, og vi har derfor ikke utført separat modellering for utløp av jordskred.

13.2.6 Sørpeskred

Sørpeskred kan løsne i gammel snø som ligger igjen i rennene merket som de to høyre løsneområder for flomskred i Figur 63. Utløsning kan skje ved rask smelting, gjerne kombinert med nedbør som regn, spesielt på vårparten. Raske sørpeskred fra disse løsneområdene vil gå sørvest for kartleggingsområdet. Ved saktere hendelser, med større

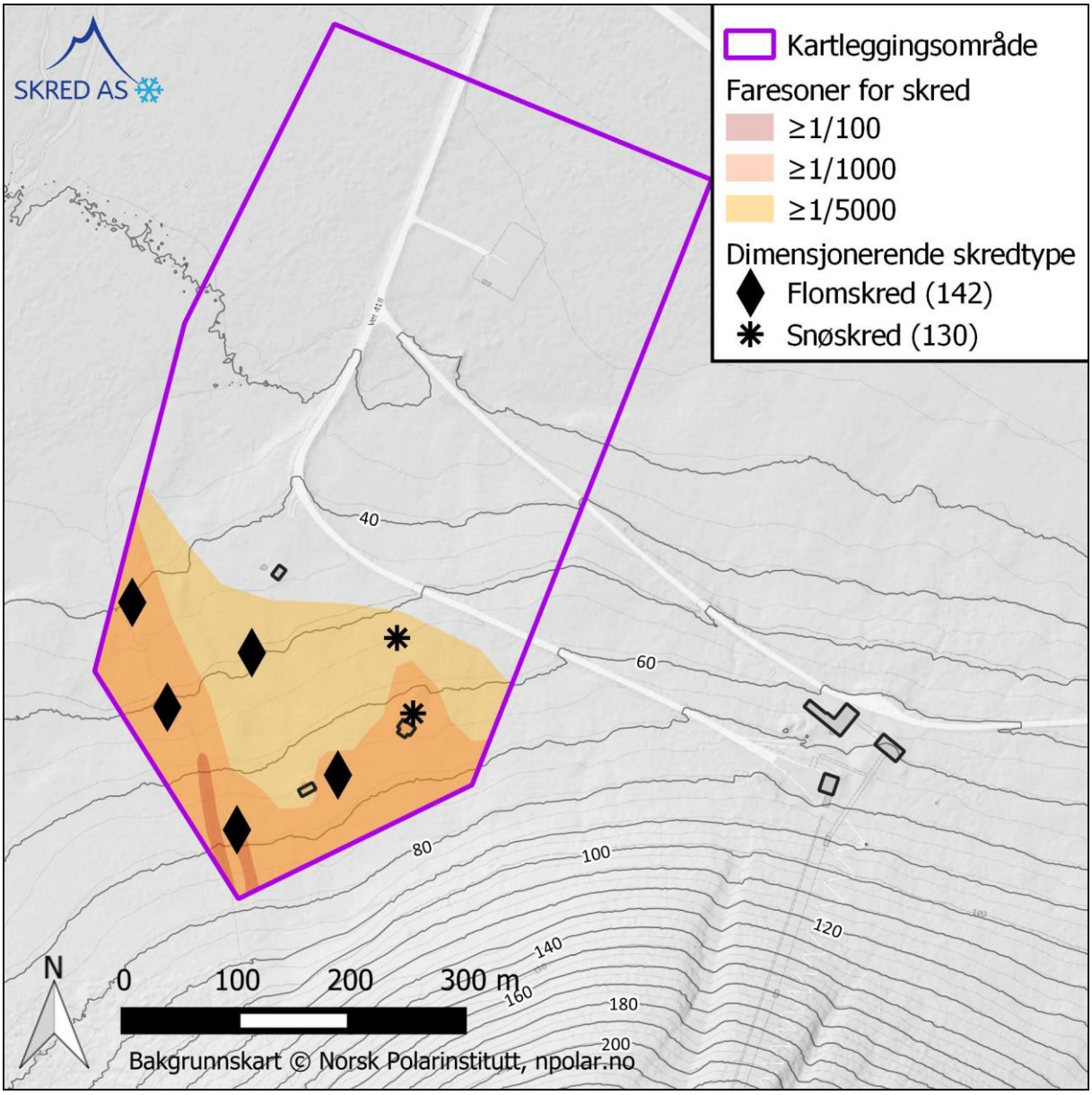
innhold av løsmasser, vil massebevegelsen minne om flomskred, som vurdert i avsnitt 13.2.4 ovenfor. Faresonen for sørpeskred vil derfor være delvis sammenfallende med faresonen for flomskred.

13.2.7 Sekundærprosesser

Ingen.

13.3 Samlede faresoner for skred

Samlede faresoner for skred for område 2-Gruve 6 er vist i Figur 67 og i Vedlegg 2f. Snøskred og flomskred er dimensjonerende for faresonene. Størsteparten av kartleggingsområdet ligger utenfor faresonene, men to fritidsboliger ligger inne i faresonen med årlig sannsynlighet ≥1/1000.



Figur 67: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 2-Gruve 6. Dimensjonerende skredtyper er snøskred og flomskred.

13.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger

Området «Todalen» som ble kartlagt i NVE (2016) har ikke faresoner for skred (Figur 61), men inkluderer ikke den øvre delen av denne rapportens tilsvarende område. Vi har heller ikke tegnet faresoner i den nedre del, og vurderingene våre stemmer dermed overens med vurderingene gjort i kartleggingen av NVE (2016).

Vurderingen for Todalen ble da beskrevet slik (NVE, 2016):

> *Det er ca. 200 m fra kartleggingsområdet til foten av skråningen, der helningen er større enn 10°. Det er ingen tegn på skredaktivitet, som har nådd ut på det nær*

horisontale området. På grunn av at terrenget er nesten flatt, lang avstand til skråningen samt mangel på potensielle løsneområder som vender mot denne delen av dalen, vurderes det ikke sannsynlig at skred vil nå det aktuelle området.

I samlede faresoner oversendt av LL (Longyearbyen Lokalstyre, 2021), er det faresoner som avviker noe fra våre. Grunnen er litt ulik vurdering av løsnesannsynlighet for de ulike skredtypene, og spesielt inngangsverdiene til de utførte beregninger.

Våre faresoner er også annerledes enn de utarbeidet av Rambøll Norge AS (2021). Også her skyldes det litt ulik vurdering av potensialet for og sannsynligheten av skred ovenfor den vurderte fritidsboligen. Vi vurderer sannsynligheten for at det samler seg betydelige snømengder i løsneområdet som større enn Rambøll. Da vi også vurderer sannsynligheten for flomskred ned mot fritidsboligen som større enn Rambøll, blir våre faresoner samlet sett større enn Rambøll sine.

13.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet

Terrengmodellen er ikke nøyaktig, men en bedre terrengmodell vil trolig bare i liten grad redusere usikkerheten i faresonene.

14 Område 3-Bolterdalshaugen

14.1 Områdebeskrivelse

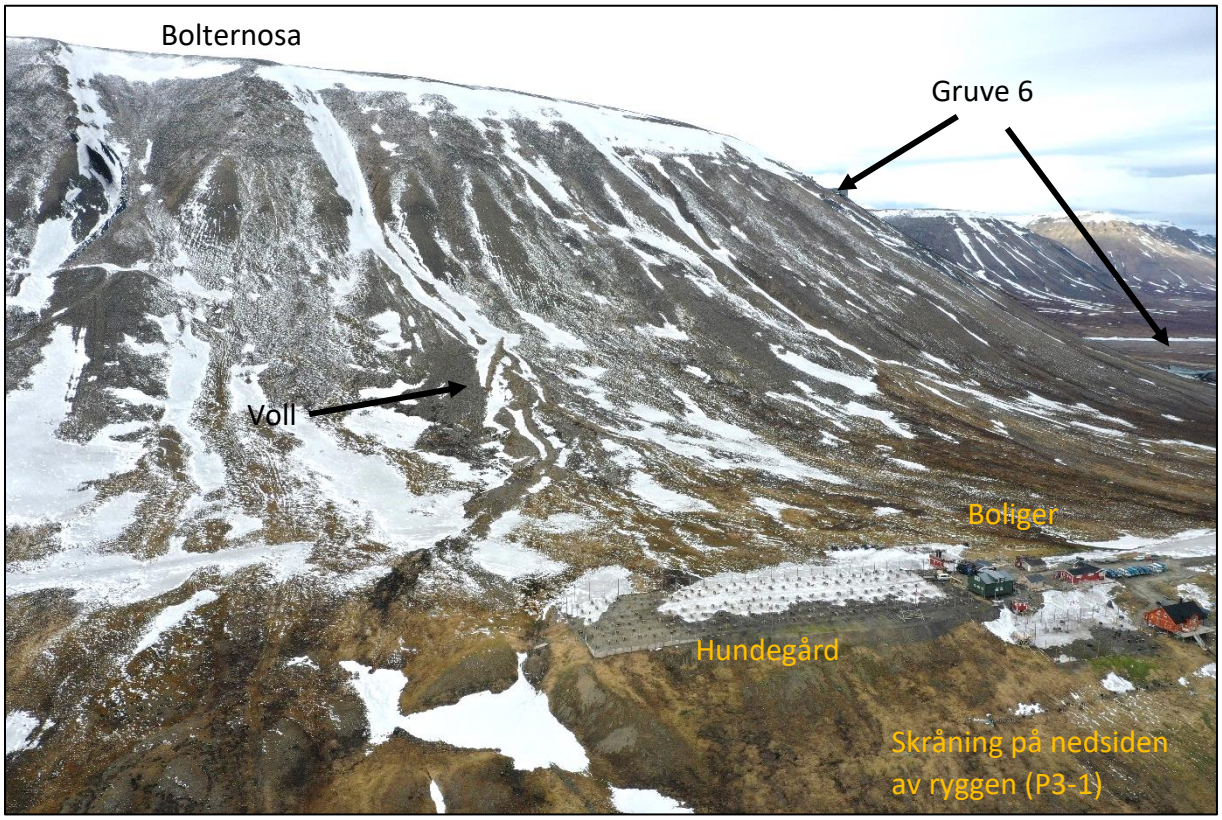
Kartleggingsområdet (Figur 59, Figur 68, Figur 69) ligger i vestsiden av munningen på Bolterdalen, som går omtrent nord-sør, der den går over i Adventdalen. Flere bilder av området og fjellsiden ovenfor er vist i Vedlegg 3a. Den østlige del av området ligger ned til Bolterdalselva rundt 40 moh. Herfra stiger terrenget jevnt mot vest, opp mot Bolterdalshaugen, en rygg som går nord-sør mellom Bolterdalselva og fjellsiden ovenfor. Fjellsiden stiger med økende bratthet opp til platået på Bolternosa rundt 380 moh. Den aktuelle del av fjellsiden er overordnet sett konveks, i sør vendt mot nordvest, og i nord vendt nesten mot nord.

I nedre del av kartleggingsområdet, ut mot veien til Gruve 7, ligger en mindre skrent (Figur 70). Skrenten er omtrent vendt mot nord, og har en vertikal høydeforskjell på opptil 10-15 m. Den vestlige del av skrenten gjennomskjæres av grøfta som er gravet for å lede vann rundt deponiet.

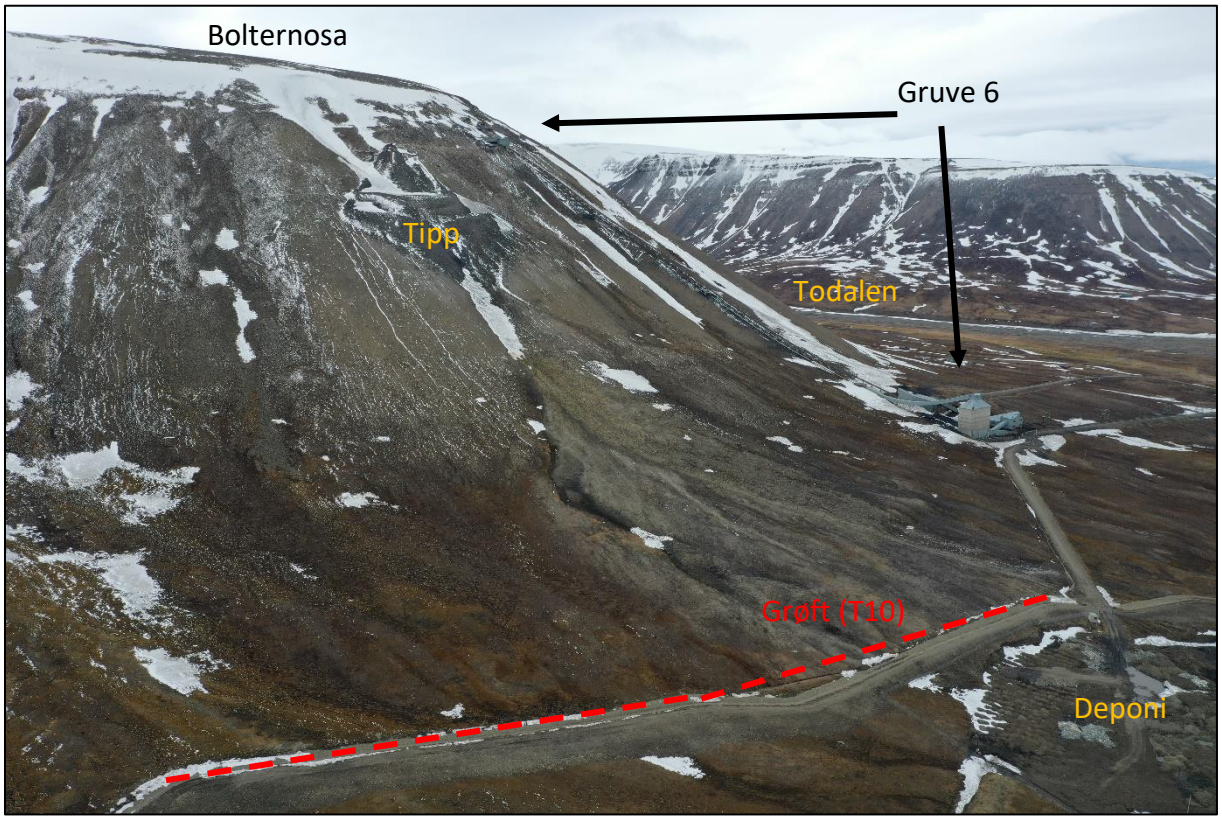
Påvirkningsområdet omfatter en stor del av platået på Bolternosa. Det skyldes at platået drenerer ned mot kartleggingsområdet, og fordi platået kan fungere som oppsamlingsområde for snø som transporteres med vind mot nord, ut i løsneområder for snøskred.

14.1.1 Befaring

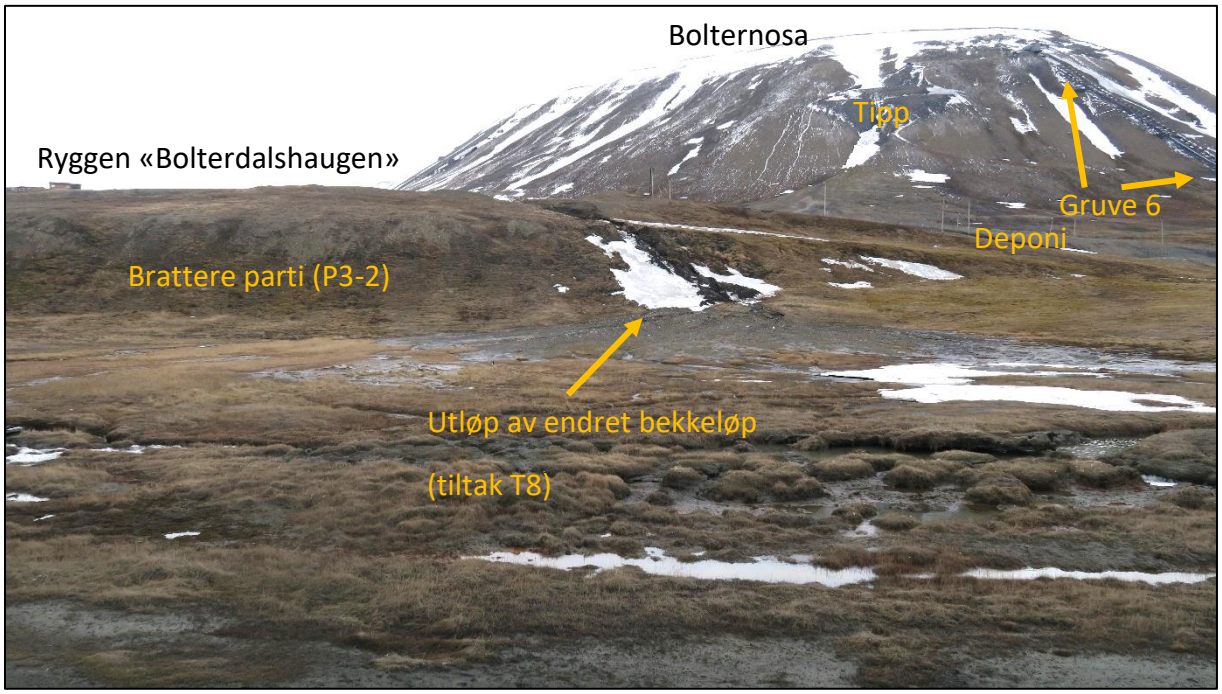
Befaring ble utført av Sondre Lunde og Kalle Kronholm (Skred AS) og Odd-Arne Mikkelsen (NVE), 2021-06-15. Det var grått vær med høyt skydekke og god sikt. I forsenkninger i de øvre deler av fjellsiden var det fortsatt en del snø. Området ble befart til fots og med drone. Sporlogg er vist i registreringskartet i Vedlegg 3c.



Figur 68: Den sørlige delen av kartleggingsområde 3-Bolterdalshaugen og fjellsiden ovenfor. Bilde tatt mot vest.



Figur 69: Den nordlige del av kartleggingsområde 3-Bolterdalshaugen og fjellsiden ovenfor. Bilde tatt mot sørvest.



Figur 70: Nedre del av kartleggingsområde 3-Bolterdalshaugen. Bilde tatt mot sør.

14.1.2 Flyfoto

På tilgjengelige flyfoto fra Norsk Polarinstitutt sin WMS tjeneste (Norsk Polarinstitutt, 2021a), er det god kontrast og det er mulig å se en del detaljer. Det er ikke informasjon om når flyfoto er tatt, men trolig rundt 2009. Det er ingen tilgjengelige historiske foto på Toposvalbard.

14.1.3 Topografi

Terrenganalysen er basert på DTM s2009 (avsnitt 2.3). Terrenghelning er vist i Vedlegg 3b. Ovenfor kartleggingsområdet er fjellsiden overordnet sett konveks langs kotene, men i mindre skala er det fire større og en mindre skålform (Figur 68, Figur 69). I nedre del av den nordlige skålformen er det en tipp fra Gruve 6 (Figur 69). Hundegården sør i kartleggingsområdet ligger på en liten rygg («Bolterdalshaugen»). Toppen av ryggen ligger 2-4 høydemeter over terrenget i vest. Fallretning på forsenkningen vest for ryggen er mot nord, mot deponiet. Ovenfor denne forsenkningen stiger fjellsiden jevnt mot Bolternosa. Øvre deler av fjellsiden har terrenghelning på opptil 35-40°.

14.1.4 Geologi

Det er ikke tilgjengelig detaljert kvartærgeologisk kart over området. Vår tolkning av de viktigste skredrelaterte former og -avsetninger, er vist i registreringskartet i Vedlegg 3c. De viktigste observasjonene er tydelige flomskredavsetninger fra alle fire store skålformer. Det er tydelige leveer på flere av avsetningene. Flere av skredavsetningene med leveer går inn i kartleggingsområdet, enkelte helt ned til ryggen «Bolterdalshaugen» i sør, og ned til deponiet nord i kartleggingsområdet. På flyfoto ser flere av avsetningene mer ut som sørpeskredavsetninger enn flomskredavsetninger. Sørpeskredavsetningene har typisk større bredde/mer lobeform ytterst, og det er ingen leveer langs sidene på avsetningene.

Berggrunn er beskrevet i avsnitt 2.6.1.

14.1.5 Historiske skredhendelser

I NVE Atlas (NVE, 2021b) er det ikke registrert skred i den aktuelle delen av fjellsiden. Samtale med tidligere og nåværende eier av hundegården lengst sør i kartleggingsområdet avdekket ikke ny informasjon om eventuelle skred.

14.1.6 Tidligere rapporter

Området er beskrevet som «Bolterdalen 1» i NVE (2016):

> *Det ble modellert flomskred i RAMMS fra to aktive skredbaner der skred kan nå kartleggingsområdet fra skråningen sørvest for Bolterdalen 1 (1.0 m løsnetykkelse). Resultatene viser at skred vil følge fordypningen i terrenget, og det er lite sannsynlig at skred vil gå oppover ryggen der bebyggelsen står. Flomskred er vurdert å være dimensjonerende skred her. Flomskred kan i enkelte tilfeller bli blandet med snømasser (ved snøsmelting eller regn). Det kan også initieres snøskred, dersom vind fra sør har avsatt snø i de øverste bratte (35-45°) delene av den nordvendte skråningen, som har nokså konkav profil helt fra toppen og ned (uten brattere bergparti på den høyeste delen slik det er i Longyearbyen). Vinden som blåser langs Adventdalen eroderer ofte*

skråningene som er nordvendt. De registrerte snøskredavsetningene stopper høyere opp enn jord- og flomskredavsetningene i denne delen av skråningen.

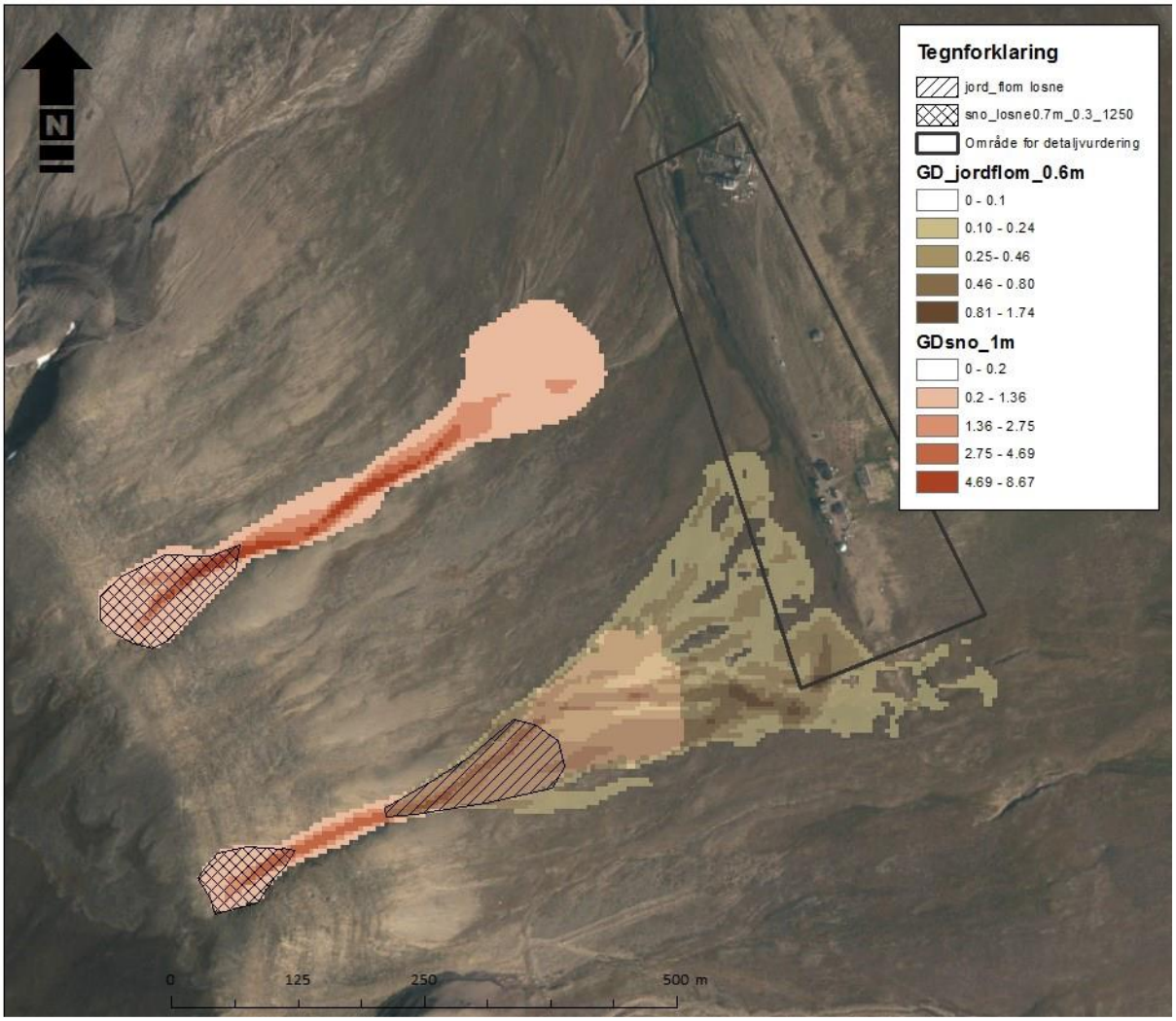
Flomskred/sørpeskredberegningene er utført med μ=0,08; ξ=200 m/s^2. Det virker ikke å være gjort beregninger for utløpslengde for snøskred.

Senere har Multiconsult utført en «*mer detaljert kartlegging av skråningen ovenfor bygningsmassene ved hundegården*», altså fjellsiden ovenfor bebyggelsen på den sørligste del av Bolterdalshaugen (Multiconsult, 2018). Til den vurderingen er det gjort enda en befaring og ytterligere beregninger av utløpslengde for snøskred og jord- og flomskred. Terrengmodellen anvendt som grunnlag for beregningene virker å være den samme som tidligere (NVE, 2016), uten at dette dog er beskrevet direkte. Vurderingene for snøskred er som følger:

Det er ikke reelle større løsneområder for snøskred i skråningen ovenfor det aktuelle området. I enkelte områder i skråningen kan det akkumuleres større mengder snø ved vindtransport, spesielt i øvre deler av de markante søkkene (kote 300-350). Skråningen er nordøstvendt, dominerende vindretning vinterstid er fra øst. Det medfører at store mengder av snø sjelden blir liggende i skråningen, da dominerende vind transporterer snøen vekk. Lokale forteller at det meget sjeldent blir sett snøskavler oppe i skråningen. Det stemmer godt med dominerende vindretninger og snøtransport vinterstid.

Dersom enkelte snøskred løsner i skråningen, vurderes dette å kunne være mindre skavlbrekk som dannes ved sjeldnere vindretninger, eller våte løssnøskred som vil følge de markerte kløftene i skråningen. De større åpne partiene i skråningen har en mer konveks form, der det vurderes at det vil ikke akkumuleres store mengder snø som kan gi store snøskred med veldig lange utløp. Mindre flakskred kan eventuelt forekomme men de vurderes til å stoppe i god avstand før forhøyningen i terrenget der bebyggelsen står. Simuleringer av snøskred støtter også disse vurderingene.

Løsneområder for snøskred til beregninger med RAMMS::Avalanche er vist i kart i rapporten (gjengitt her i Figur 71). I teksten er det beskrevet at det ved modellering er anvendt en bruddkant på 1 m. Basert på tegnforklaringen i en figur, tolker vi det som følgende friksjonsverdier er brukt: μ=0,3; ξ=1250 m/s^2, og at bruddkanten er satt til 0,7 m. Dette er dog ikke beskrevet tydelig i teksten. En figur viser at modellert snøskred stopper i god avstand fra bebyggelsen (Figur 71).



Figur 71: Figur 9 i Multiconsult (2018).

Vurderingen for jord- og flomskred er som følger:

> *Ved ekstremnedbør i form av regn og/eller høy snøsmelting, kan man ikke se bort fra at det finnes potensiale for utløsning av store jord- løsmasseskred i den aktuelle skråningen. Hoveddelen av skredmaterialet vil sannsynligvis bli avsatt der terrenget flater ut og energien avtar. Eventuelle finere masser og vann vil kunne ha utløp til foten av forhøyningen der bebyggelsen står på, der det er observert tydelige dreneringsspor.*

Basert på de mer detaljerte vurderingene, vurderes fortsatt jord- og flomskred som dimensjonerende skredtype, men faresonene for skred med årlig sannsynlighet ≥1/100, ≥1/1000 og ≥1/5000 er justert oppover i terrenget: «*…faresonene i den sørlige delen alle redusert med en utløpslengde på om lag 40 m i den sørlige delen.*» Endringen oppsummeres på følgende måte: «*Endringen skyldes i all hovedsak at forhøyningen bebyggelsen står på er mer nøyaktig målt in og det er utført mer detaljerte observasjoner av størrelse på løsneområdene og type masser i skråningen.*». Vi har ikke de justerte faresoner tilgjengelig digitalt.

14.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak

På befaring og på flybilder ble det registrert en voll ovenfor den øverste hundegård (Figur 72, Vedlegg 3c, tiltak T9). Vertikal høydeforskjell mellom volltopp og forsenkning oppover mot fjellsiden (mot sør), er estimert til omtrent 2-3 m. Vi har ikke informasjon om når vollen ble oppført, eller hvordan den er dimensjonert. Effekt av vollen er kommentert i avsnitt 14.2.4 nedenfor.

Figur 72: Voll i fjellsiden ovenfor den øverste hundegård i kartleggingsområde 3-Bolterdalshaugen. Bilde tatt mot vest.

Ovenfor deponiet er det etablert en grøft, merket som T10 i registreringskartet og vist i Figur 69. Formålet er trolig å lede overflatevann rundt på vestsiden av deponiet. For å unngå at bekken med vann fra innsiden av Bolterdalshaugen ledes ned i deponiet, er det etablert en grøft (T8; Figur 70, Figur 75) som skjærer gjennom nordenden av ryggen Bolterdalshaugen. Begge tiltakene består av voll/grøft med en vertikal høydeforskjell på 1-3 m. Tiltakene vil trolig ha noen effekt på sakte, vannbaserte skred, som diskutert for de ulike nedenfor.

14.2 Vurdering av skredfare

14.2.1 Steinsprang

Det er ingen større parti med bart fjell i fjellsiden. Dermed er det ingen tydelige kildeområder for steinsprang. Utfall av blokker kan skje ved remobilisering fra den generelt bratte terrengoverflaten, og fra foten av tippen ved Gruve 6. Remobilisering av blokker kan ikke utelukkes, men vi vurderer den årlige sannsynligheten for dette som lav.

I foten av fjellsiden er det registrert kun få større steinblokker (se registreringskart i Vedlegg 3c). Flere av disse vises tydelig på flyfoto, og de fleste er registrert herfra. Disse kan være steinsprangblokker eller avsatt med jordskred eller mest sannsynlig snøskred.

På grunn av få reelle kildeområder for steinsprang og få registrerte blokker ned mot kartlagt område, mener vi ikke steinsprang er en dimensjonerende skredtype. Det er derfor ikke gjort nærmere vurderinger for denne skredtypen.

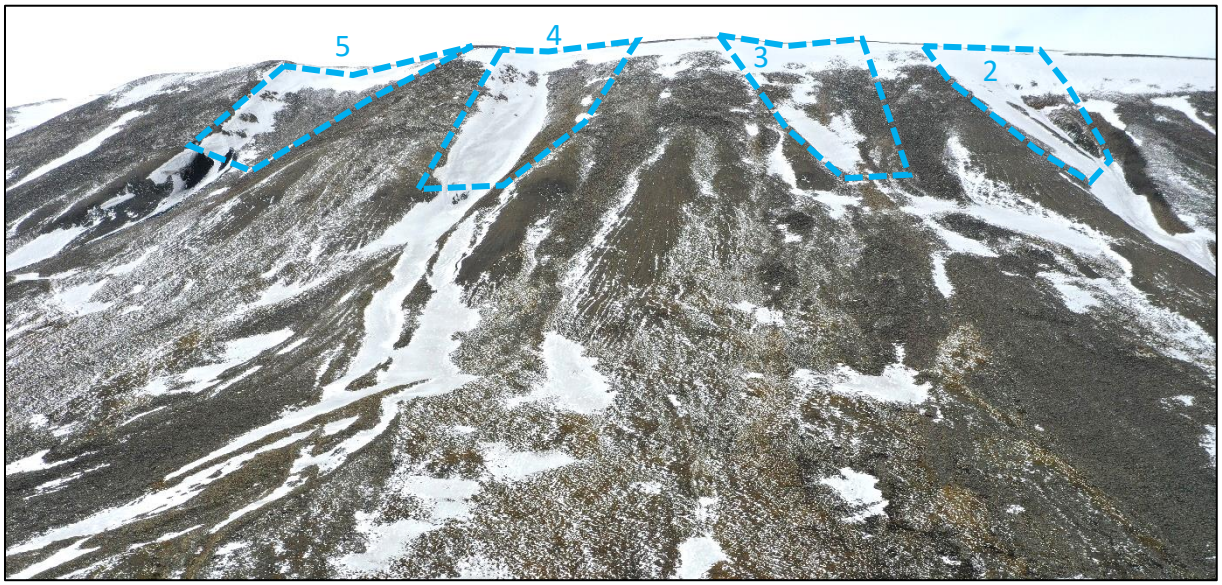
14.2.2 Steinskred

Det er ingen strukturer i fjellsiden som tilsier fare for steinskred. Denne skredtype er derfor ikke vurdert nærmere.

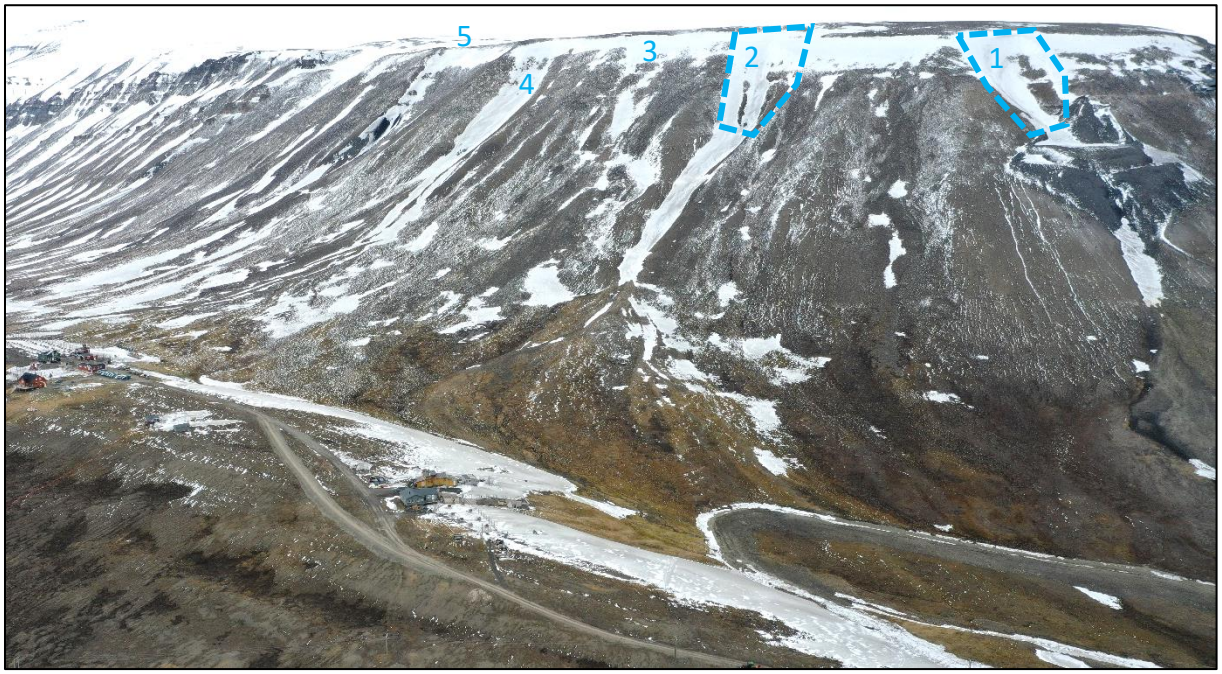
14.2.3 Snøskred

Deler av fjellsiden er brattere enn 30° og konkav, og det er derfor løsneområder for snøskred ovenfor kartleggingsområdet (Figur 73, Figur 74). Vind fra øst ut Adventdalen vil stryke langs den nordvendte fjellside rundt Gruve 6, og snø kan da avsettes ved krysslagring spesielt i løsneområde 1 og 2 i Figur 74. Den vindretning og typen av avsetning minner om forholdene for skredhendelsen ved Spisshusene i 2015 og nedenfor Sukkertoppen i 2017. Løsneområdene 3, 4 og 5 vil i større grad få krysslagring av snø når vinden blåser fra sør ut Bolterdalen, og stryker langs fjellsiden. Under befaringen i juni lå det fortsatt store mengder snø i løsneområdene, spesielt nummer 4, etter krysslagring (Figur 73). I tillegg til krysslagring vil det i overgangen mellom platået og fjellsiden nedenfor, bygge seg opp skavler. Ved vind fra sør til vest vil det kunne fraktes store snømengder ut i løsneområdene ovenfor kartleggingsområdet. Vind fra disse retningene avsetter for eksempel også snø i fjellsiden ovenfor Huset og Sverdrupbyen. Alle deler av den øvre fjellside kan derfor få avsatt betydelige mengder vindtransportert snø, men snøen vil hovedsakelig avsettes i de større forsenkningene vist i Figur 73 og Figur 74.

Det er ikke tydelige spor etter snøskredavsetninger inne i kartleggingsområdet, men vi forventer ikke at tørre snøskred avsetter store mengder løsmasser, og eventuelle tidligere sjeldne skredhendelser vil derfor være vanskelige å oppdage fra geomorfologien.



Figur 73: De mest sannsynlige løsneområder for snøskred i den sørlige del av fjellsiden ovenfor område 3-Bolterdalshaugen. For løsneområde 1, se Figur 74. Bilde tatt mot sørvest.



Figur 74: De mest sannsynlige løsneområder for snøskred i den nordlige del av fjellsiden ovenfor område 3-Bolterdalshaugen. For nærmere detaljert inntegning av løsneområde 3, 4 og 5, se Figur 73. Bilde tatt mot sør.

Som hjelp til å vurdere rekkevidde av dimensjonerende snøskred, har vi utført beregninger med snøskredmodulen i RAMMS. Dimensjonerende bruddkanter for de ulike løsneområder for snøskred med årlig sannsynlighet på hhv. 1/100, 1/1000 og 1/5000 følger beskrivelsen gitt i avsnitt 2.8.2 og er vist i Tabell 15. Arealet av løsneområdene er differensiert for de

tilsvarende årlige sannsynligheter. Utvalgte beregningsresultater er vist i Vedlegg 3d. Modellerte snøskred med årlig sannsynlighet ≥1/1000 når ikke frem til boliger og hundegårder på Bolterdalshaugen, men stopper rett vest for bygningene. Modelleringene viser også at snøskred med årlig sannsynlighet på 1/1000 kan nå frem til øvre del av deponiet ved i kartleggingsområdet. I situasjoner med snøskred vil trolig vollen på oversiden av deponiet være fylt med snø, og dens effekt på rekkevidde av snøskred vil derfor være ubetydelig.

Tabell 15: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene.

Løsneområde	d0 (m)			Friksjon	Kommentar
	1/100	1/1000	1/5000		
L2-100-1	1,1	-	-	S300	
L2-100-2	1,1	-	-	S300	
L2-100-3	1,1	-	-	S300	
L2-100-4	1,1	-	-	S300	
L2-100-5	1,1	-	-	S300	
L3-1000-1	-	1,6	-	M300	
L3-1000-2	-	1,6	-	M300	
L3-1000-3	-	1,6	-	M300	
L3-1000-4	-	1,6	-	M300	
L3-1000-5	-	1,6	-	M300	
L2-5000-1	-	-	2,1	L300	
L2-5000-2	-	-	2,1	L300	
L2-5000-3	-	-	2,1	L300	

Nord i kartleggingsområdet (P3-2 i Vedlegg 3c, Figur 70, Figur 75) er det en skrent med vertikal høydeforskjell på opptil 15 m og en helning på opptil 45°. Med vind og snødrift fra sør, ut Bolterdalen, kan det avsettes snø i skråningen. Med svake lag i snødekket, vil det være mulighet for å løse ut mindre snøskred. Årlig sannsynlighet for naturlig utløste snøskred med potensiale for skredskader av betydning vurderes å være <1/100, men >1/1000 i de deler av skrenten der den vertikale høydeforskjellen er >5 m. Da skrenten er forholdvis lav, og med en nesten horisontal terrengoverflate i foten, vil snøavsetninger få god støtte i nederste del. Det er av den grunn lite sannsynlig at dypereliggende svake lag vil føre til skred, men heller ferske, overflatenære svake lag. Bruddkanttykkelse vil derfor være begrenset, kanskje opptil 0,5 m. På så små skred er det ikke samme skreddynamikk som i store skred, og ingen beregningsmodeller er utviklet til å beregne utløpslengde for skred av den størrelsen. Vi har derfor estimert utløpslengden av skredmasser ut fra foten av skrenten, som beskrevet i avsnitt 2.8.3.

14.2.4 Flomskred

Det er skredavsetninger langs foten av hele fjellsiden. De mest tydelige er fra flomskred nedenfor de større skålformene i øvre del av fjellsiden (registreringskart i Vedlegg 3c).

Sikringstiltaket vist i Figur 72 er trolig laget for å lede disse skredene mot sør, vekk fra den sørligste hundegård. Løsneområdene for flomskred er omtrent sammenfallende med løsneområder for snøskred, nevnt over, og vist i Vedlegg 3d. Som i de andre områdene kan jordskred som utløses i fjellsidene bevege seg nedover og etter hvert få form som flomskred. Disse vil dog ha andre løsneområder, og er behandlet i avsnitt 14.2.5 nedenfor. Fra løsneområdene i skålformene kan det også løsne sørpeskred, som i dalbunnen kan ha omtrent samme form som flomskred og vannrike jordskred. Disse er nevnt i avsnitt 14.2.6 nedenfor.

For å vurdere mulig utbredelse av jord-, flom- og sørpeskred, har vi brukt RAMMS, modulen for flomskred, som beskrevet i avsnitt 2.10. Bruddkanten er satt til 0,5 m, og løsneområdet er løst ut som en blokk. Utløst volum varierer fra 1500 m^3 til 6000 m^3. Friksjonsparameter μ er variert mellom 0,2 og 0,1; ξ er holdt mellom 200 m/s^2 og 1000 m/s^2. Vi har dermed ikke modellert rene sørpeskred, der ξ må være betydelig høyere.

Med de brukte verdier kan vi gjenskape rekkevidden av de observerte skredavsetningene, men ikke de nøyaktige skredløpene. De skyldes dels at flomskred som danner leveer, har en selvstyrende effekt, som ikke nødvendigvis følger fallretningen, og dels at den anvendte terrengmodellen ikke er nøyaktig. Resultatene kan dog fint brukes som en generell vurdering av mulig rekkevidde av flomskred. Resultatene fra beregningene viser at ledevollen vist i Figur 72 har svært begrenset effekt mot store flomskred. Dette bekreftes av våre vurderinger i terrenget.

Utvalgte beregningsresultater er vist i Vedlegg 3e. Flomskred kan nå ned i bunnen av forsenkningen vest av ryggen med hundegårdene, men ikke over ryggen. Rekkevidden er omtrent den samme som for snøskred, og de to skredtypene antas å ha omtrent samme hyppighet. Ifølge beregningene og observasjoner, kan flomskred nå ned til deponiet vest i kartleggingsområdet med sannsynlighet >1/1000. Her vil overvannsvollen kunne stoppe eller lede mindre flomskred rundt deponiet. Dette kan føre til sekundæreffekter av skred, som beskrevet i avsnitt 14.2.7 nedenfor.

14.2.5 Jordskred

På flyfoto og i skyggekart er det flere tegn etter jordskred i fjellsiden, med vel definerte skredkanter i øvre del av skredsåret. Flere av disse er vist i registreringskartet i Vedlegg 3c. Nedenfor flere av kantene er det spor som minner om flomskred, med tydelige leveer, mens det nedenfor andre kanter er mer lobeformede avsetninger med større bredde. Avsetningsformen avhenger trolig i stor grad av vannmetning i skredmassene. Skredkantene og dermed løsneområdene for jordskred er ikke i de samme områder av fjellsiden som flomskred, men mer i de åpne deler av fjellsiden.

Utbredelsen av jordskred er også modellert med RAMMS, modulen for flomskred (eksempel i Vedlegg 3d). Siden jordskredmassene i noen tilfeller kan være nesten like mobile som flomskred, har vi modellert utløp med både høyere friksjonsparametre, som typiske jordskred, og med lavere friksjon, mer som flomskred.

Beregnet utløp for jordskred dekker i stor grad området mellom viftene nedenfor skålformene, da løsneområdene ligger mellom skålformene.

Øst for ryggen «Bolterdalshaugen» (P3-1 i Vedlegg 3c) er terrenget bare få steder marginalt brattere enn 20°. Jordskred her kan ikke utelukkes, men årlig sannsynlighet vurderer vi som <1/5000. Det skyldes dels slak helning, men også at overflateavrenningen fra størsteparten av fjellsiden opp mot Bolternosa dreneres mot nord av ryggen. Det er derfor begrenset med overflatevann øst for ryggen, noe som reduserer antall faktorer som kan forårsake jordskred.

Den bratte skrenten nord i kartleggingsområdet (P3-2 i Vedlegg 3c; Figur 70, Figur 75) er potensielt utsatt for jordskred. Det er ingen tydelige tegn etter tidligere skred, og overflatevann avskjæres av veien ovenfor skrenten. Vi vurderer derfor at sannsynligheten for jordskred er liten. Fare for jordskred i skråningen inngår i den totale vurderingen av skredfare i og nedenfor skråningen, men det er snøskred som er dimensjonerende (beskrevet i avsnitt 14.2.3 ovenfor). Tippen ved Gruve 6 kan være ustabil, men da dette er en menneskeskapt skråning, har vi ikke vurdert dette nærmere. Dette kan dog vise seg å være dimensjonerende fare for deponiet.

14.2.6 Sørpeskred

Sørpeskred kan løsne i gammel snø som ligger igjen i rennene med løsneområder for snøskred (Figur 73, Figur 74. Utløsning kan skje ved kraftig smelting, spesielt på vårparten. Enkelte avsetningsformer i fjellsiden kan tyde på tidligere sørpeskred (Vedlegg 3c), men kan også være våtsnøskred eller flomskred uten leveer, som har fått mer lobeformet avsetning.

Mulig utbredelse av sørpeskred er modellert med RAMMS modulen for flomskred. Vi har da tatt utgangspunkt i at det er betydelig lavere intern-friksjon i sørpeskred enn i jord- og flomskred, og har derfor økt friksjonsparameteren ξ betydelig. Et eksempel på beregnet utløp med ξ=2000 m/s^2 er vist i Vedlegg 3e.

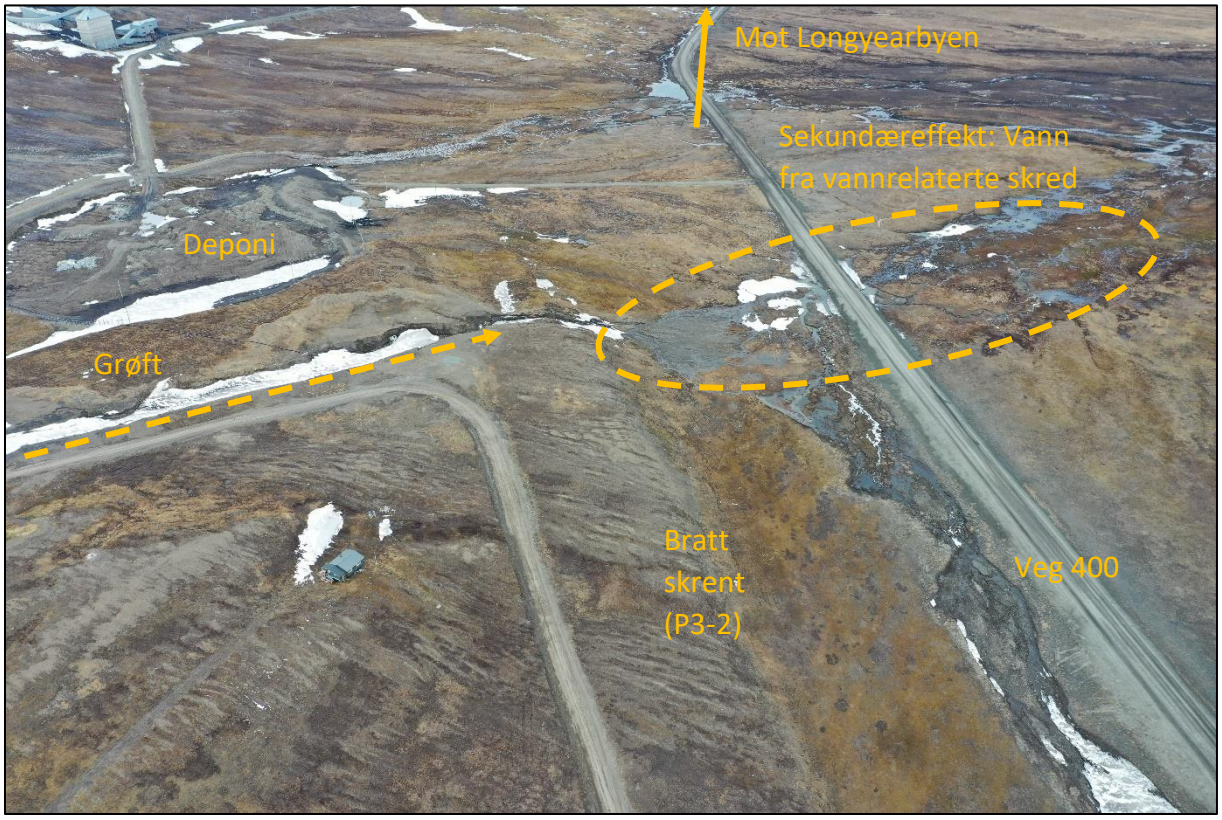
Beregnet skredutbredelse fra sørpeskred er som for flomskred: ned til den naturlige haugen med bebyggelse og hundegårder, men ikke over denne. Sørpeskred kan også nå frem til deponiet vest i kartleggingsområdet. Faresonene for sørpeskred og for flomskred vil derfor være delvis sammenfallende.

14.2.7 Sekundærprosesser

Sørpeskred, flomskred og vannholdige jordskred vil ha en del vann som fortsetter bevegelsen etter at de faste masser (snø, løsmasser) er avsatt. Vann som renner ut fra skred som går ned mot Bolterdalshaugen vil drenere gjennom grøfta som er etablert for å lede vann rundt deponiet (Figur 75; tiltak T8 i Vedlegg 3c). Vannet ledes her gjennom den lille, bratte skråningen nederst i kartleggingsområdet, og videre mot veien til Longyearbyen/Gruve 7 (Veg 400).

I grøfta og på det slake arealet nedenfor, vil flom være en sekundæreffekt av vanndrevne skred ned mot ryggen på Bolterdalshaugen. Faresonene som følger av sekundæreffekten, har vi vurdert skjønnsmessig. Dersom det er gjort hydrologiske og hydrauliske vurderinger

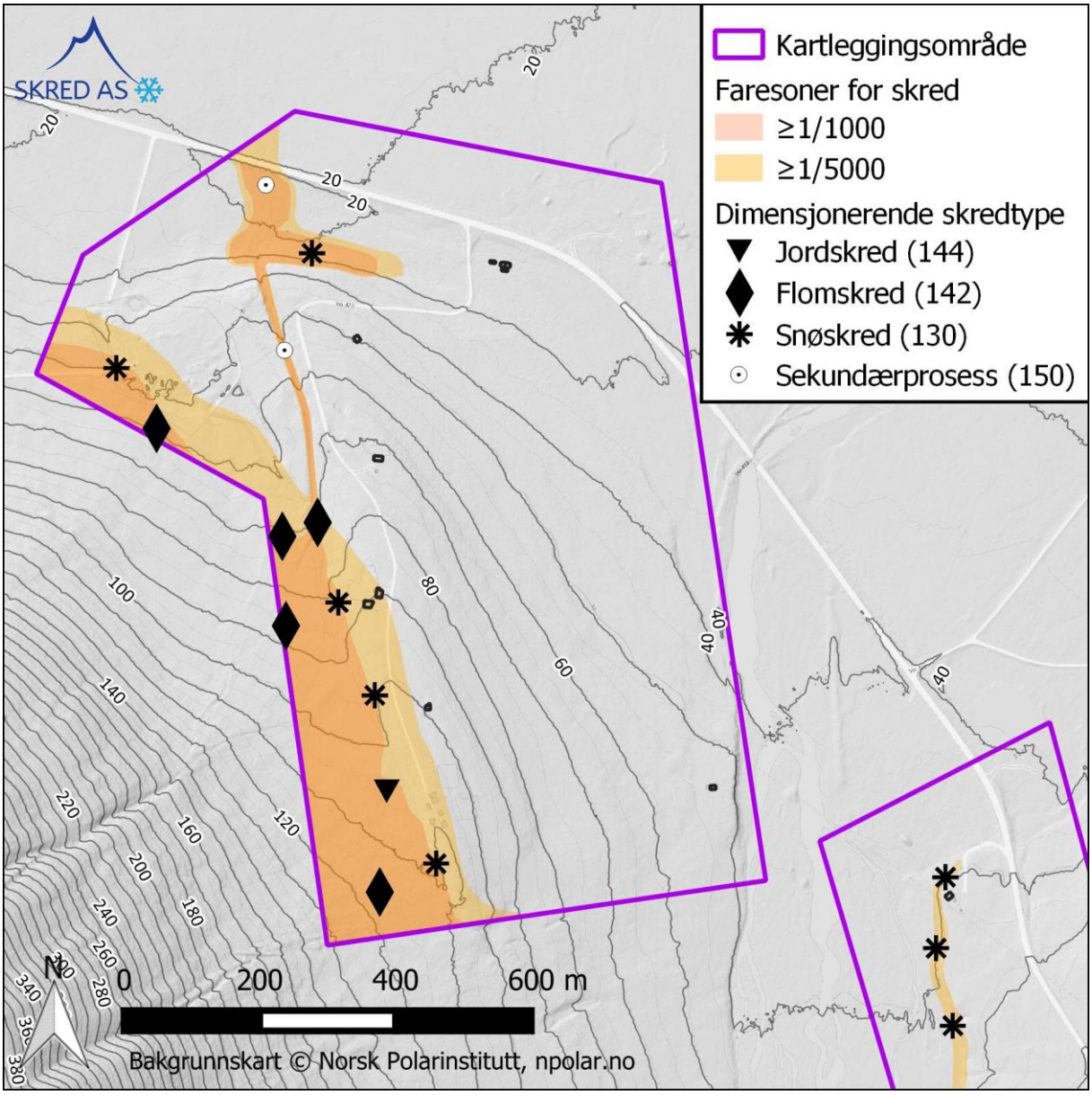
for etablering av grøfta, vil det være mulig å gjøre mer kvantifiserbare vurderinger enn det vi har gjort. Merk at vi ikke har vurdert flomfare i grøfta og nedenfor denne.



Figur 75: Nedre del av grøfta som leder vann forbi deponiet. I grøfta og ved utløpet i det slake terrenget, vil flom være en sekundæreffekt av vannrelaterte skred ned mot Bolterdalshaugen. Bilde tatt mot nordvest.

14.3 Samlede faresoner for skred

Samlede faresoner for skred for område 3-Bolterdalshaugen er vist i Figur 76 og i Vedlegg 3f. Snøskred, flomskred og sørpeskred bidrar til den samlede skredfare, men vektingen varierer langsetter fjellsiden, i forhold til plasseringen nedenfor de fire større skålformer. En faresone for flom som sekundæreffekt fra sørpeskred, flomskred og vannrike jordskred er tegnet ned til Veg 400. Der er ingen bolighus eller hundegårder i faresonen med årlig sannsynlighet ≥1/1000, men et teknisk bygg ved deponiet ligger inne i denne faresonen.



Figur 76: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 3-Bolterdalshaugen. Dimensjonerende skredtyper er snøskred og flomskred.

14.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger

Det er avvik mellom faresonene i denne rapporten og tidligere utarbeidede faresoner (Multiconsult, 2018; NVE, 2016). Ved skrenten i den nordlige delen av kartleggingsområdet er det i NVE 2016 ikke gitt en begrunnelse for faresonene. Vi har derfor ikke grunnlag for å mene noe om hva avviket skyldes.

For området vest for bebyggelsen på ryggen er det bare marginale forskjeller mellom NVE (2016), Multiconsult (2018) og faresoner utarbeidet i denne rapporten. Det er i de ulike rapportene lagt ulik vekt på observasjoner og beregninger, og dratt ulike konklusjoner om

dimensjonerende skredtype. På grunn av den naturlige ryggen i terrenget, der bebyggelsen ligger, er det allikevel ikke store forskjeller i de endelige faresonene.

Rundt deponiet er det faresoner i NVE (2016). Ovenfor deponiet der det ikke er en markert rygg som stopper de fleste skredtyper, er følgelig forskjellene større mellom faresonene i NVE (2016) og våre. For det området er beskrivelsen i NVE (2016) forholdsvis begrenset, og umuliggjør en diskusjon av våre vurderinger i forhold til de vist i rapporten.

14.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet

Terrengmodellen er ikke nøyaktig, men en bedre terrengmodell vil trolig bare i liten grad redusere usikkerheten i faresonene.

15 Område 4-Bolterdalen

15.1 Områdebeskrivelse

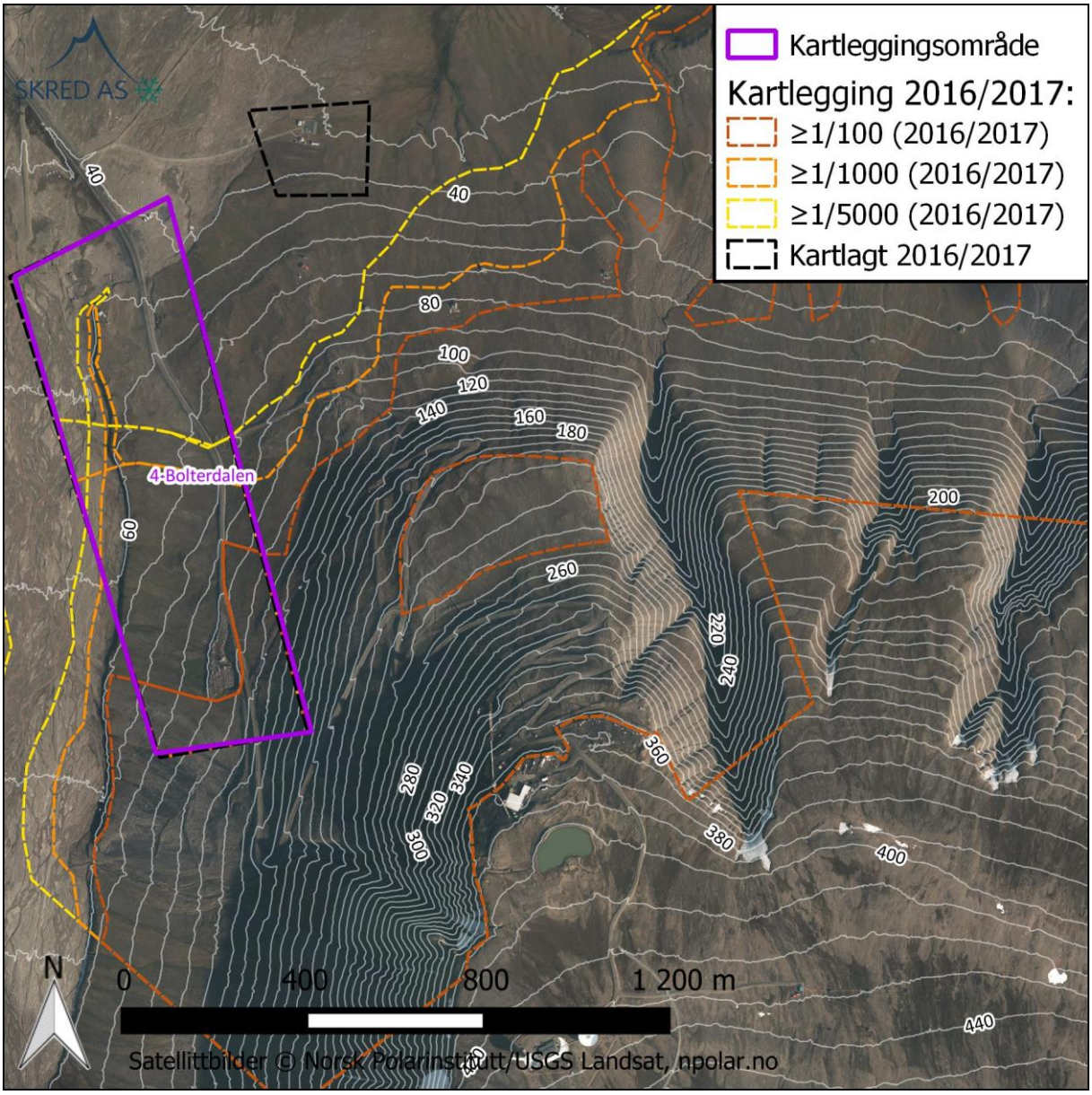
Kartleggingsområdet (Figur 77, Figur 78, Figur 79) ligger i østsiden av munningen på Bolterdalen, som går omtrent nord-sør, der den går over i Adventdalen. Flere bilder av området og fjellsiden ovenfor er vist i Vedlegg 4a. Den nordvestlige del av kartleggingsområdet ligger ned til Bolterdalselva rundt 40 moh. Herfra stiger terrenget jevnt mot sørøst, opp mot Gruve 7, som ligger på kanten av platået rundt 390 moh. Dette platået forsetter mot sør og sørøst til Breinosa. Den sørlige delen av fjellsiden ovenfor kartleggingsområdet er jevn, men i nord blir fjellsiden konveks, som en rygg.

Nederst i kartleggingsområdet, i overgangen til elvesletta med Bolterelva, er det en mindre skrent med vertikal høydeforskjell på 5-10 m (Figur 80).

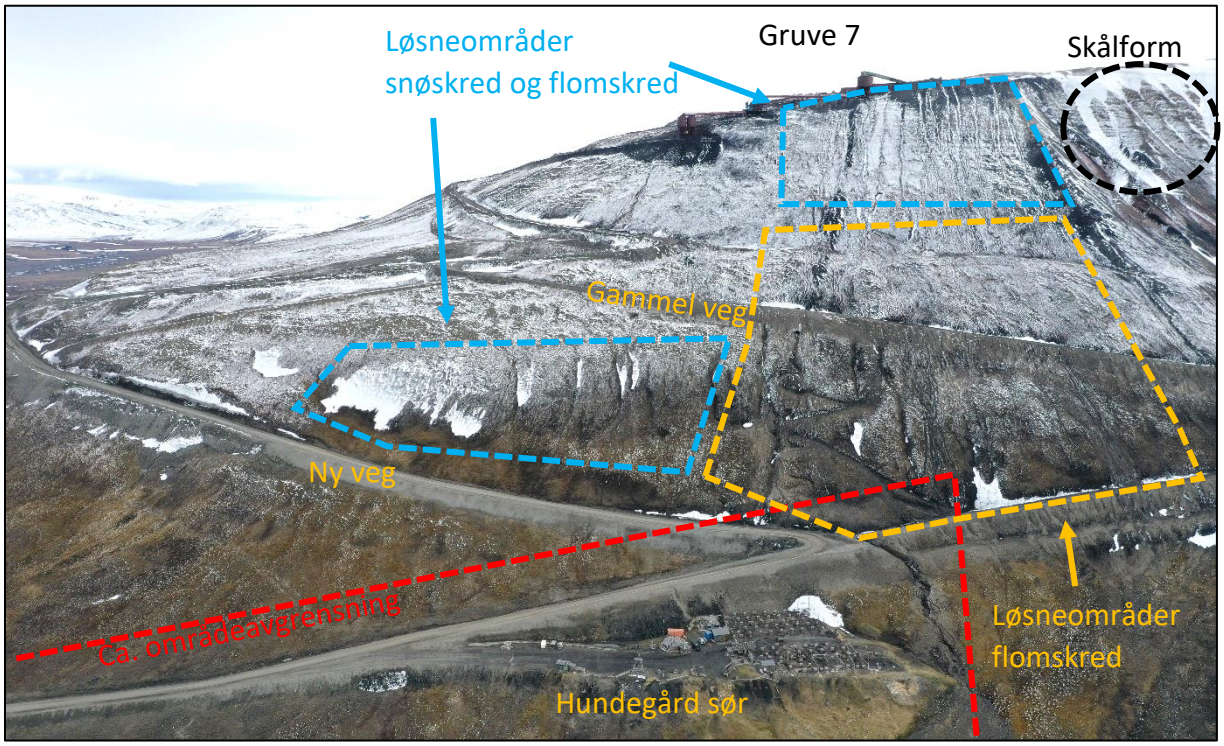
Påvirkningsområdet omfatter fjellsiden ovenfor kartleggingsområdet samt en stor del av platået på Breinosa. Det skyldes primært at platået kan fungere som oppsamlingsområde for snø som transporteres med vind mot nord, ut i løsneområder for snøskred. Det er i liten grad vannavrenning fra platået inn i fjellsiden ovenfor kartleggingsområdet, da overflatevann fanges opp av eksisterende infrastruktur rundt Gruve 7, og ledes mot vest ut over fjellsiden. Her renner det meste vann sør for kartleggingsområdet.

15.1.1 Befaring

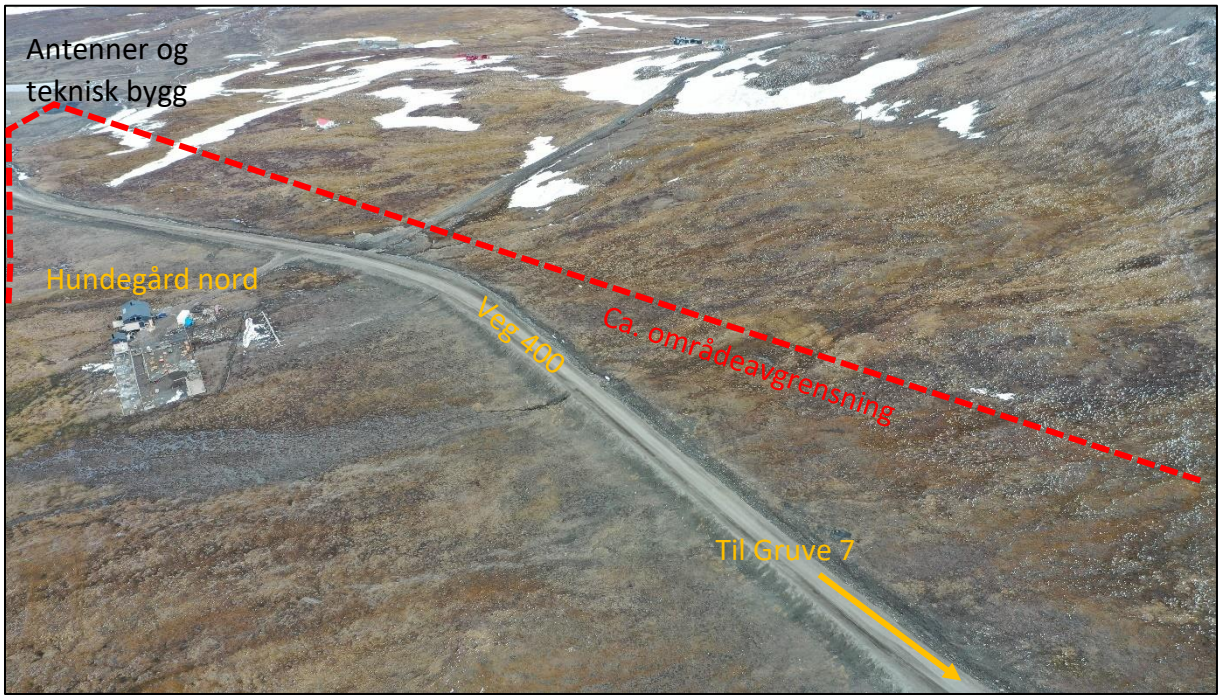
Befaring ble utført av Kristin Lome, Sondre Lunde og Kalle Kronholm (Skred AS), 2021-06-15. Det var grått vær med høyt skydekke og god sikt. I forsenkninger i de øvre deler av fjellsiden var det fortsatt en del snø. Området ble befart til fots og med drone. Sporlogg er vist i registreringskartet i Vedlegg 4c.



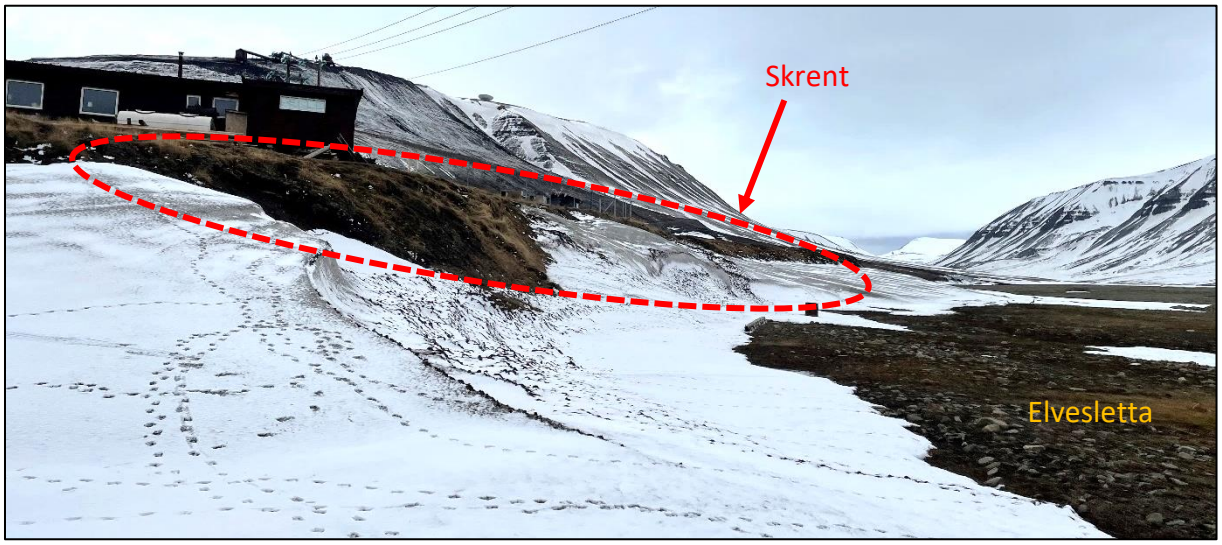
Figur 77: Kartleggingsområde 4-Bolterdalen. Merk at dagens vei til Gruve 7 var under bygging når kartet ble laget, og at terrengmodellen derfor ikke er oppdatert. Flyfoto viser heller ikke dagens situasjon med ny veg til Gruve 7 riktig.



Figur 78: Oversiktsbilde over kartleggingsområde 4-Bolterdalen. Bilde tatt mot øst.



Figur 79: Oversiktsbilde over nedre del av kartleggingsområde 4-Bolterdalen. Bilde tatt mot nord.



Figur 80: Skrenten i nedre del av kartleggingsområde 5-Bolterdalen. Bilde tatt mot sør.

15.1.2 Flyfoto

På tilgjengelige flyfoto fra Norsk Polarinstitutt sin WMS tjeneste (Norsk Polarinstitutt, 2021a), er det god kontrast og det er mulig å se en del detaljer. Det er ikke informasjon om når flyfoto er tatt, men trolig rundt 2009. Det er ingen tilgjengelige historiske foto på Toposvalbard.

15.1.3 Topografi

Terrenganalysen er basert på DTM s2009 (avsnitt 2.3). Terrenghelning er vist i Vedlegg 4b. Merk at dagens vei til Gruve 7 var under bygging når kartet ble laget, og at terrengmodellen derfor ikke er oppdatert til dagens forhold. Alle beregninger av terrenghelning og skygge samt beregninger av skredutløp er gjort på den ikke-oppdaterte terrengmodellen. Ved tolkning av modellberegninger har vi skjønnsmessig tatt høyde for de endrede terrengforhold på forventet skredutløp.

Sør for kartleggingsområdet ligger en større skålform (Figur 78). Videre mot nord i fjellsiden er det flere mindre renner nedenfor Gruve 7 (Figur 78). Fjellsiden er gjennomskåret av større og mindre veger, som alle drenerer ulike deler av terrenget i større eller mindre grad.

15.1.4 Geologi

Som en del av grunnlaget har vi fått tilgang til et kvartærgeologisk kart «ROS Foxdalen» (Vedlegg 4d). Vi er ikke kjent med opphavet til kartet, og det er ikke informasjon i kartet. Vi antar det er utarbeidet av NGU. Bare den nordlige del av den relevante fjellsiden er kartlagt. Ifølge kartet er det morenemateriale i fjellsiden, sammen med dels finkornet og dels steinrik sigejord. Det er kartlagt avsetning fra sørpeskred i den markerte ravinen øst for Gruve 7.

Vår tolkning av de skredrelaterte overflateformene er vist i registreringskartet i Vedlegg 4c. Skjæringer langs vegen til Gruve 7 viser at det er forholdsvis tynt løsmassedekke, og enkelte steder er det fjell i dagen. De øvre deler av fjellet er svært oppsprukket. Det er mange

raviner i fjellsiden, spesielt mange og store vest for øvre del av Gruve 7. Enkelte steder, trolig i små lommer av tykkere løsmassedekke, ble det observert sigesprekker (Figur 81), men ingen tegn etter egentlige jordskred.

Figur 81: Sigesprekk ovenfor vegen til Gruve 7. Bilde tatt mot sørøst.

15.1.5 Historiske skredhendelser

I NVE Atlas (NVE, 2021b) er det registrert flere snøskred på den gamle veien opp til Gruve 7, rett ovenfor kartleggingsområdet. Gjennom tidligere arbeid i området, er vi gjort kjent med betydelig flere snøskredhendelser på vegen enn disse, uten at vi har detaljert informasjon. Vi har derfor ikke registrert hendelsene i databasen. I minst en av hendelsene ble rekkverket langs vegen revet av, noe som også er beskrevet i NVE (2016): «*I desember 2005 forsvant om lag 200 m av vegrekkverket i et større snøskred.*». Hyppige skredhendelser på veien er trolig hovedårsaken til at vegen er lagt om etter 2009, når flybilder og innmålinger til terrengmodell trolig er innsamlet.

Tabell 16: Skredhendelser registrert i kartleggingsområde 4-Bolterdalen.

ID	Skredtype	Kilde	Dato	Beskrivelse	Kommentar
H4-1	Tørt flakskred	NVE Atlas	22. feb. 2017	«Fjernutløst av observatør. skredet består av flere lag med fokksnø som har løsnet fra skarelag etter siste mildvær. løsnet i brattheng og har gått litt ut i gruve7-veien.»	-
H4-2	Tørt flakskred	NVA Atlas	2. nov. 2019	«eiscat / Svalbard.»	-

15.1.6 Tidligere rapporter

Området er beskrevet som «Bolterdalen 2» i NVE (2016):

> *Endret drenering i skråningen ved veien mot Gruve 7 kan delvis påvirke hundegården (Basecamp/Spitsbergen travel) som ligger ved foten på Gruve 7 fjellet/Bolterdalen 2.*

Videre, i forhold til modelleringen som er gjort:

> *Ved Bolterdalen 2 ble det simulert flomskred fra potensielle løsneområder med finkornete bløte masser nedenfor den gamle veien til Gruve 7, som ligger ovenfor hundegården (Basecamp). Simuleringene med 0.5 m løsnedybde viser at skred kan gå over nedre deler av veien og treffe hundegården, men skred vil miste en del god del av energien allerede når det treffer veien. Eventuelle større utløsningsvolumer kan ha større energi. Det er observert mye erosjon og problemer med vannføring i denne delen av skråningen.*

Det ser ikke ut til at det er gjort beregninger av snøskredutløp i området. Beregninger for flomskred er gjort i RAMMS modulen for flomskred med bruddkant på 0,5 m og friksjonsparameter ξ=200 m/s^2 og μ=0,09 og μ=0,1.

NGI har utarbeidet to rapporter for området, NGI Report 904025-5 og NGI Report 20180092-01-R. Vi har ikke tilgang på disse.

15.1.7 Eksisterende skredsikringstiltak

På befaring og på flybilder er det ikke registrert egentlige skredsikringstiltak. På oversiden av både ny og gammel veg til Gruve 7, er det flere overvannsgrøfter og kulverter under vegen. Disse styrer i noen grad overflateavrenningen i fjellsiden, og har derfor noen betydning for flomvann, vannrelaterte skred (flomskred og sørpeskred) og for jordskred.

15.2 Vurdering av skredfare

15.2.1 Steinsprang

Det er ingen større parti med bart fjell i fjellsiden. Dermed er det ingen tydelige kildeområder for steinsprang. I enkelte skjæringer langs vegen er det bart fjell, men disse har lav høyde, og utfall vil stoppe i vegen (Figur 1 i Vedlegg 4a).

Utfall av blokker kan skje ved remobilisering fra den generelt bratte terrengoverflaten, blant annet fra tippen ved Gruve 7. Remobilisering av blokker kan ikke utelukkes, men vi vurderer at årlig sannsynlighet for at større blokker kommer i bevegelse er lav. Små blokker som kommer i bevegelse fra tippen og fyllingene nedenfor vegen vil ha svært begrenset rekkevidde.

Årlig sannsynlighet for steinsprang i det kartlagte områder er <1/5000.

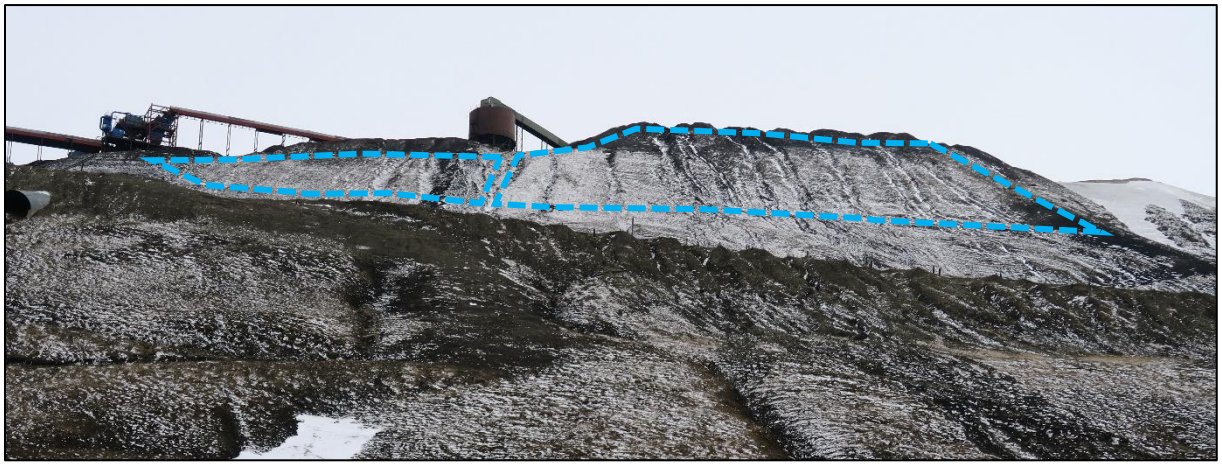
15.2.2 Steinskred

Det er ingen strukturer i fjellsiden som tilsier fare for steinskred. Denne skredtype er derfor ikke vurdert nærmere.

15.2.3 Snøskred

Flere steder i fjellsiden ovenfor kartleggingsområdet er terrenget brattere enn 27-30°. Det mest aktuelle løsneområde for snøskred er i øvre del av fjellsiden, nedenfor Gruve 7 (Figur 82). Her er terrenghelningen 30-35°, og lokalt opptil 40°. Det er registrert flere snøskred på veien nedenfor løsneområdene her (avsnitt 14.1.5 ovenfor). Løsneområdene her, spesielt i ravinene, kan krysslagres med snø som blåser langs fjellsiden fra sør, utover Bolterdalen. Avsetning kan også forekomme i situasjoner med vind fra sørøst og delvis sør og øst, som frakter snø fra et stort henteområde på platået opp mot Breinosa. Vind fra sørøst har størst henteområde. Fjellsiden er stort sett jevn, med bare mindre raviner. Dimensjonerende bruddhøyder brukt i beregningene er vist i Tabell 17 og løsneområdene i Vedlegg 4e1. Skålformen sør for Gruve 7 er et stort løsneområde for snøskred, men snøskred herfra har ikke utløp inn i kartleggingsområdet og er derfor ikke modellert.

Midt i fjellsiden, mellom de ulike vegene, er deler av terrenget også brattere enn 30°, og har aktuelle løsneområder (Figur 78). Snøskred som løsner herfra er nok mindre sannsynlig enn de oppe fra toppen av fjellsiden, som beskrevet over, men kan allikevel ikke utelukkes. Dimensjonerende bruddhøyder er lavere enn for de øvre løsneområder, som vist i Tabell 17. Snø kan avsettes her under rolige vindforhold, og når vind blåser nedover fjellsiden, fra sørøst.



Figur 82: Løsneområder for snøskred ovenfor kartleggingsområde 4-Bolterdalen.

Som hjelp til å vurdere rekkevidde av dimensjonerende snøskred, har vi utført beregninger med snøskredmodulen i RAMMS, som beskrevet i avsnitt 2.8.2. Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene for snøskred i område 4-Bolterdalen er vist i Tabell 17. Utvalgte beregningsresultater er vist i Vedlegg 4e.

Beregningsresultatene viser at snøskred med årlig sannsynlighet ≥1/1000 kan nå frem til flere bygninger og de østligste hundegårder helt sør i området (hundegård sør i Figur 78). De andre bygninger i kartleggingsområdet er ikke utsatt for snøskred med årlig sannsynlighet ≥1/1000.

Tabell 17: Dimensjonerende bruddkanter og friksjonsparametre i beregningene for snøskred i område 4-Bolterdalen.

Løsneområde	d_0 (m)			Friksjon	Kommentar
	1/100	1/1000	1/5000		
L4-100-1	1,1	-	-	S300	
L4-100-2	1,1	-	-	S300	
L4-1000-1	-	1,4	-	M300	
L4-1000-2	-	1,4	-	M300	
L4-1000-3	-	1,4	-	M300	
L4-1000-4	-	1,1	-	M300	
L4-5000-1	-	-	1,9	M300	
L4-5000-2	-	-	1,5	M300	
L4-5000-3	-	-	1,5	M300	

Langs østsiden av elvesletta går en mindre skrent (Figur 80). Denne er for bratt til å være et løsneområde for snøskred i seg selv, men i løpet av vinteren danner det seg en snøfonn, som gir en jevn overgang mellom toppen av skrenten og elvesletta. Som for skrenten i nordlige del av område 3-Bolterdalshaugen, mener vi at det her under spesielle forhold kan løsne små snøskred. Med samme argumentasjon som for område 3-Bolterdalshaugen, har vi estimert utløpslengden av skredmasser som beskrevet i avsnitt 2.8.3. Det er ingen bygg i disse faresoner. Den nedre skrenten er utsatt for erosjon fra Bolterelva. Faresonen vil derfor endres som også skrenten flytter seg.

15.2.4 Flomskred

Det er større eller mindre raviner i fjellsiden ovenfor hele den sørlige del av kartleggingsområdet. De største er fra området rett nedenfor Gruve 7, godt synlige i Figur 82, i samme terreng som løsneområdene for snøskred. Ravinene er ikke synlige på flyfoto, da det er skygge, og ikke i terrengmodellen, da den er for grov. Alle ravinene er utløsningsområder for flomskred. Utløsning av flomskred vil primært skje i forbindelse med kraftig snøsmelting på vårparten, og intense byger på høsten, når øvre del av

løsmassedekket er tint. Prosessen som etter hvert fører til større raviner ses tydelig som små erosjonsriller ovenfor vegen flere steder (for eksempel Figur 2, Vedlegg 4a).

Vi har ingen gamle bilder av fjellsiden, men vurderer at flere av ravinene i nedre del av fjellsiden er dannet etter at vegen ble etablert. Grøften på oversiden av vegen og plassering av stikkrenner virker litt tilfeldig, og ikke optimal. Ovenfor «hundegård sør» er det et sett med raviner som kan ha blitt etablert på grunn av overvannshåndteringen langs vegen.

For å vurdere mulig utbredelse av jord-, flom- og sørpeskred, har vi brukt RAMMS, modulen for flomskred, som beskrevet i avsnitt 2.10. Bruddkanten er satt til 0,5 m, og løsneområdet er løst ut som en blokk. Utløst volum varierer fra 1500 m^3 til 6000 m^3. Friksjonsparameter μ er variert mellom 0,2 og 0,08; ξ er holdt mellom 200 m/s^2 og 1000 m/s^2. Vi har dermed ikke modellert rene sørpeskred, der ξ må være betydelig høyere.

Beregningsresultatene gir en pekepinn på hvor langt eventuelle flomskred kan nå, men resultatene må tolkes. Dels fordi terrengmodellen ikke representerer dagens forhold (den «gamle» vegen var i bruk da terrengmodellen ble laget), og dels fordi terrengmodellen virker ganske unøyaktig.

Utvalgte beregningsresultater er vist i Vedlegg 4d. Resultatene fra beregningene viser at flomskred kan nå inn i den østlige del av «hundegård sør», og bekrefter dermed våre vurderinger fra felt. Ved «hundegård nord» er det også potensiale for at svært mobile flomskred kan nå frem til hundegårdene. Vi vurderer dog at skadepotensialet i massene som kommer frem til hundegården er begrenset for 1000-års hendelsen.

Overvannshåndtering ved vegene i fjellsiden er viktig for å sikre at overvann ledes ut på steder der terrenget kan håndtere det. En full vurdering av overvannshåndteringen ligger imidlertid utenfor dette oppdraget.

15.2.5 Jordskred

I felt observerte vi enkelte sigesprekker i fjellsiden (Figur 81), men i flyfoto, i skyggekart og i felt er det ikke observert egentlige jordskred. Vi kan ikke utelukke at jordskred kan forekomme, men mener sannsynligheten er forholdsvis liten, da terrenghelning er lav, og det bare er et tynt løsmassedekke over berg. Dette kan endre seg med endringer i permafrosten. Sannsynligheten for flomskred vurderer vi som større, også steder der det i dag ikke er tydelige løp hvor flomskred kan starte.

I skrenten ned mot elvesletta fra Bolterdalselva (Figur 80) kan det forekomme jordskred. Dette kan forekomme som en sekundærprosess der en flom graver i skråningsfoten, eller ved endring i avrenningsmønstret i terrenget ovenfor. Uten denne typen ytre påvirkninger, mener vi at den årlige sannsynligheten for jordskred er <1/1000, men ≥1/5000. Faresonen for jordskred er sammenfallende med faresonen for snøskred, nevnt ovenfor. Faresonen for jordskred strekker seg dog litt bakover fra øvre kant av skrenten, mens snøskredfare bare er fra kanten og nedover.

15.2.6 Sørpeskred

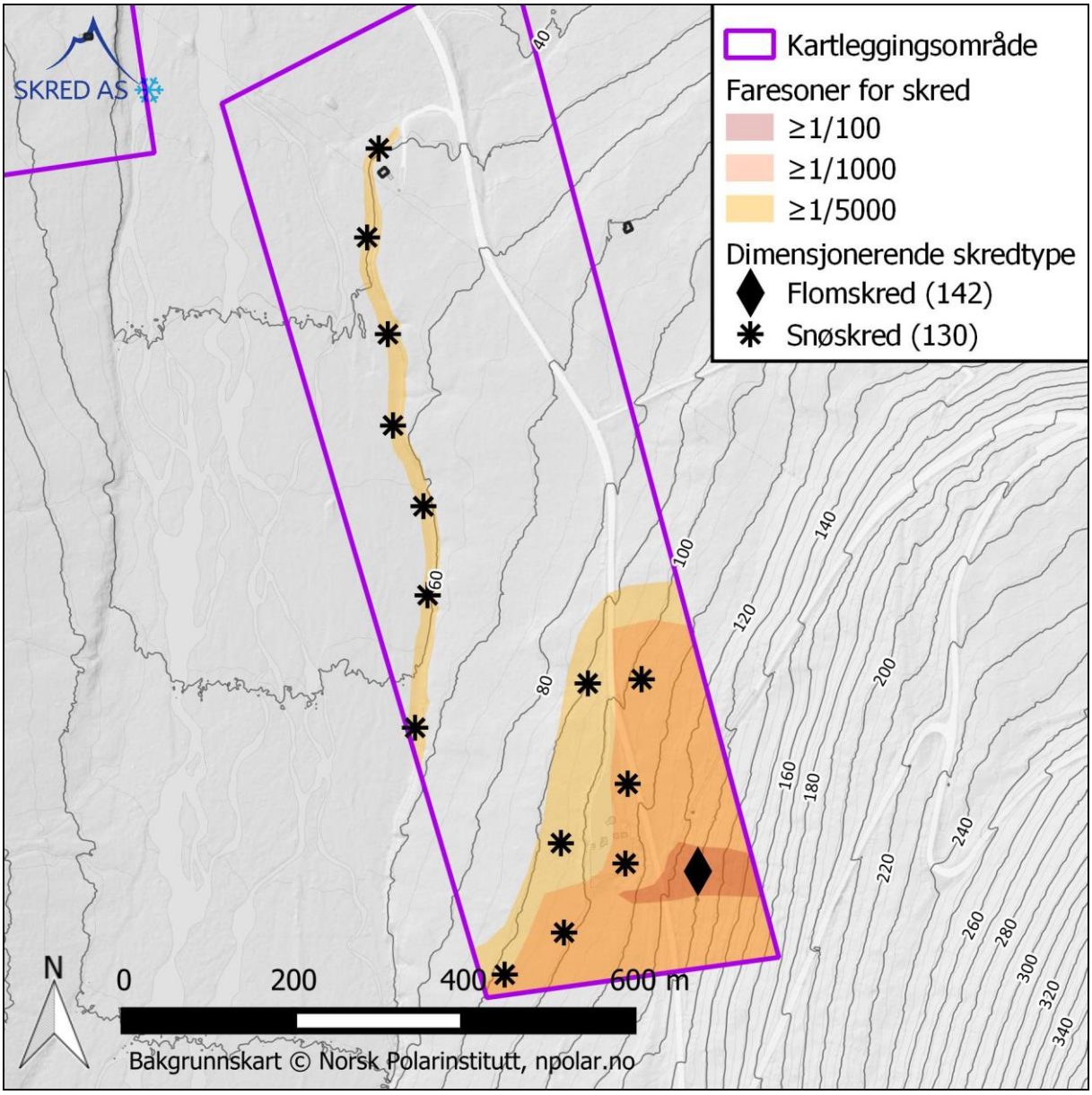
Sørpeskred kan løsne i gammel snø som ligger igjen i rennene med løsneområder for snøskred (Figur 82). Da rennene er forholdsvis små, vil volum av snø som utløses i rennene være begrenset. Skredbevegelsen vil derfor trolig raskt være som flomskred. Vurderingene for flomskred nevnt ovenfor er derfor dekkende.

15.2.7 Sekundærprosesser

Ingen.

15.3 Samlede faresoner for skred

Samlede faresoner for skred for område 4-Bolterdalen er vist i Figur 83 og i Vedlegg 4f. Snøskred og flomskred bidrar til den samlede skredfare, men vektingen varierer langsetter fjellsiden, som beskrevet ved hver av disse skredtypene ovenfor. Deler av den sørligste hundegård ligger i faresonen for skred med årlig sannsynlighet ≥1/1000. Faresonen for snøskred og jordskred langs skrenten ned mot elvesletta berører ingen bygg. Ved stor erosjon i skråningsfoten av flom i Bolterdalselva, vil bygningen ligge utsatt. Jordskred vil da være en sekundæreffekt av en flom, og dette scenarioet er ikke inkludert i faresonen.



Figur 83: Samlede faresoner for skred for kartleggingsområde 4-Bolterdalen. Dimensjonerende skredtyper er snøskred og flomskred.

15.3.1 Avvik fra tidligere skredfareutredninger

Det er avvik mellom faresonene i denne rapporten og tidligere utarbeidede faresoner (NVE, 2016). Beskrivelsen av faresonene i NVE 2016 er begrenset (se avsnitt 15.1.6), og vi har derfor ikke grunnlag for å mene noe om hva avviket skyldes. Det virker som vi har lagt litt ulik vekt i de enkelte skredtyper enn det som er gjort i (NVE, 2016).

15.3.2 Stedsspesifikk usikkerhet

Terrengmodellen er ikke nøyaktig, men en bedre terrengmodell vil trolig bare i liten grad redusere usikkerheten i faresonene.

16 Referanseliste

Barlindhaug Consult AS, NGI, 2007. Potensiale for utbygging i området Longyearbyen - Grunnlagsrapport.

Christen, M., Kowalski, J., Bartelt, P., 2010. RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. Cold Reg. Sci. Technol. 63, 1–14. https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2010.04.005

Christiansen, H.H., Farnsworth, R.W., Gilbert, L.G., Hancock, H., Humlum, O., O'Neill, B., Prokop, A., Strand, M.S., 2016. Report on the 14-15 October 2016 mass movement event in the Longyearbyen area. UNIS Rep. 18.

DiBK, 2021. Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK10) [WWW Document]. Hjemmeside. URL http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/

Dobler, A., Førland, E.J., Isaksen, K., 2019. Present and future heavy rainfall statistics for Svalbard. Background-report for Climate in Svalbard 2100, NCCS report.

Håland, G., Orset, K.I., Frekhaug, M.H., Norem, H., 2015. Sammenligning av modelleringsverktøy for norske snøskred, NIFS rapport.

Hancock, H., Hendrikx, J., Christiansen, H.H., 2016. The SvalSat road - Snow and avalanche project.

Isaksen, K., Førland, E.J., Dobler, A., Benestad, R., Haugen, J.E., Mezghani, A., 2017. Klimascenarioer for Longyearbyen-området, Svalbard. Delrapport 1, Statsbygg oppdrag: «Bygging og forvaltning på Svalbard i et langsiktig klimaperspektiv», in: Isaksen, Ketil Førland, Eirik J Dobler, Andreas Benestad, Rasmus Haugen, Jan Erik Mezghani, A. (Ed.), . Statsbygg, p. 55.

Jaedicke, C., Hestnes, E., Bakkehøi, S., Mørk, T., Brattlien, K., 2016. Forecasting the fatal Longyearbyen avalanche. Possibilities and challenges, in: Proceedings, International Snow Science Workshop, Breckenridge, Colorado, 2016. pp. 379–382.

Lackinger, B., Mook, R., 2013. Skredfaglig ekspertuttalelse - Selskapslokale på Sverdrupbyen, Spitsbergen, Notat.

Longyearbyen Lokalstyre, 2021. Faresoner for skred (SHP filer).

Miljøverndepartementet, 2013. Klimatilpasning i Norge, Stortingsmelding.

Multiconsult, 2018. Green Dog, Bolterdalen - Skredfarevurdering, Multiconsult notat.

Multiconsult AS, 2017. Skredfarekartlegging Svalbard Kartlegging av skredfare i hytteområder på Svalbard, 713525-RIGberg-RAP-001.

NGI, 2018a. Longyearbyen – Sukkertoppen. Evaluation and simulation of avalanche runout, NGI Rapport.

NGI, 2018b. Risikovurderinger for drift av vei og deponi i Longyearbyen. Del 2:Askedeponi ved Gruve 7, NGI Rapport 20180092-02-R.

NGI, 2018c. Detaljprosjektering av sikringstiltak – Lia mellom veg 230 og 228. Prosjekteringsrapport for støtteforbygninger, NGI Rapport.

NGI, 2018d. Detaljprosjektering av sikringstiltak-Lia mellom veg 230 og 228 Prosjekteringsrapport for snøsamleskjerm og avskjærende grøft/voll, NGI Rapport.

NGI, 2017. Brev til NVE fra NGI i 2017, Brev.

NGI, 2015. Longyearbyen, Svalbard. Tidligere skredvurderinger og skredgrenser ved NGI, NGI Teknisk notat 20150715-01-TN. Oslo, Norge.

NGI, 2013. Vurdering av skredfare for ubyggingsområdet Gruvedalen øst, Brev.

NGI, 2008. Burmavegen - Vurdering av skredfare, NGI Rapport 20081311-1.

NGI, 2003. Nybyen, Longyearbyen. Skredfarevurdering, NGI Rapport 20031134-1.

NGI, 1996. Barnehage, Longyearbyen - Vurdering av skredfaren mot aktuelle tomter for ny barnehage ved kirka, NGI Rapport 954103-1.

NGI, 1995. Alpinbakke, Longyearbyen. Vurdering av plassering av skitau ovafor skolen, NGI Rapport 95052-1.

NGI, 1993. Haugen - Nybyen, Longyearbyen. Skredfarevurdering av mulig byggeområde, NGI Rapport 934063-1.

NGI, 1992a. Longyearbyen - Gruvedalen. Skredfarevurdering av planlagt utbyggingsområde, NGI Rapport 924004-1.

NGI, 1992b. Gamle Longyearbyen - Taubanesentralen, NGI Rapport 914030-1.

NGI, 1986. Geomorfologisk kartlegging av overflatestrukturer i Longyearbyen, Svalbard, NGI Report 52703-1.

Norsk Klimaservicesenter, 2019. Climate in Svalbard 2100 – a knowledge base for climate adaptation (No. M-1242/2018), NCCS report no.1/2019.

Norsk Polarinstitutt, 2021a. Norwegian Polar Institute Map Data and Services - Basemap Services [WWW Document]. URL https://geodata.npolar.no/

Norsk Polarinstitutt, 2021b. Svalbardkartet [WWW Document]. Svalbardkartet. URL https://geokart.npolar.no/

NVE, 2021a. NVE AlfaBeta [WWW Document]. https://nve.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=e510e316b4654982a64a5e5c2fcff474. URL https://nve.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=e510e316b4654982a64a5e5c2fcff474

NVE, 2021b. Skredatlas [WWW Document]. URL http://skredatlas.nve.no

NVE, 2021c. RegObs [WWW Document]. www.regobs.no. URL www.regobs.no

NVE, 2020. Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng - versjon 2022-03-22

[WWW Document]. URL https://veileder-skredfareutredning-bratt-terreng.nve.no/ (accessed 5.31.22).

NVE, 2018. Skredrapport Sukkertoppen. Dimensjonerende skred fra Sukkertoppen og faresoner for Lia under Sukkertoppen.

NVE, 2016. Skredfarekartlegging i utvalgte områder på Svalbard, NVE Rapport.

NVE, 2011. Plan for skredfarekartlegging, NVE Rapport. Oslo, Norway.

Rambøll Norge AS, 2021. Skredfarevurdering Hyttetomt Todalen, Svalbard, Rambøll rapport 1350005853-001.

Rambøll Norge AS, 2018. Detaljprosjektering, Rambøll Notat.

Rambøll Norge AS, 2017. Skredsikringstiltak Longyearbyen energiverk. Eksisterende anlegg, Rambøll rapport 1350022403-001-G-rap-001.

Rambøll Norge AS, 2015. Skredvurdering Longyearbyen havn del II, Rambøll rapport.

Rambøll Norge AS, 2013. Skredvurdering bykaia, Rambøll rapport.

Rubensdotter, L., Romundset, A., Farnsworth, W.R., Christiansen, H.H., n.d. Landskapsformer og løsmasser, Bjørndalen-Vestpynten, Svalbard. Kvartærgeologisk kart, 1:10 000.

Salm, B., Burkard, A., Gubler, H.U., 1990. Berechnung von fliesslawinen. Eine Anleitung fuer praktiker mit beispielen, Mitteilungen des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung.

Skred AS/HNIT Consulting, 2018. Svalbard, Longyearbyen - Prosjektering av sikringstiltak, Sukkertoppen og Vannledningsdalen. Forprosjektering av sikringstiltak – Fase B2, Skred AS Rapport.

Skred AS, 2021. Bruk av RAMMS::DEBRISFLOW på kjente sørpeskredhendelser, NVE Ekstern rapport.

Skred AS, 2019a. Skredfarevurdering for sjølageret til Sysselmannen, Skred AS Rapport 19224-01-3.

Skred AS, 2019b. Oppsummering ang. sørpeskredsikring av sjølageret til Sysselmannen, Skred AS Rapport 19224-02-1.

Skred AS, 2019c. Skredfarevurdering for plassering av reservekraftverk, Skred AS Rapport 19221-01-1.

Skred AS, 2019d. Skredfarevurdering og vurdering av sikringsmuligheter for tidligere barnehage, Skjæringa, Skred AS Rapport.

Skred AS, 2018. Svalbard, Longyearbyen – Skredfarevurderinger i Lia. Vurderinger for dimensjonerende skred, Skred AS Notat.

Taurisano, A., 2020. FOU 80607 - RAMMS::Debris Flow for beregning av jordskred - Casestudier og anbefalinger for bruk, NVE Ekstern rapport.

Zimmermann, F., McArdell, B.W., Rickli, C., Scheidl, C., 2020. 2D runout modelling of hillslope debris flows, based on well-documented events in Switzerland. Geosci. 10, 1–17. https://doi.org/10.3390/geosciences10020070

Til: Bestillere av skredfarekartlegging

Deres referanse: -
Vår referanse: -

Ål, 2022-09-08

Egenerklæringsskjema for kompetanse

Skred AS erklærer seg skikket til å utføre utredning av skredfare i bratt terreng og at utførende fagpersoner innehar nødvendig kompetanse i henhold til NVE veilederen «Sikkerhet mot skred i bratt terreng – Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak» (https://www.nve.no/veileder-skredfareutredning-bratt-terreng/).

Egenerklæring om utførende foretaks kompetanse	JA	NEI	Kommentar
Ansvarlig for å utføre skredfaglige utredninger er godt kjent med gjeldende forskrifter[1], veiledere[2], retningslinjer[3] og fagnormer som gjelder for å utføre skredfareutredninger.	X		Se liste med gjeldende krav og lover nedenfor.
Minst to kvalifiserte fagpersoner blir benyttet i oppdraget, en som utførende og en som sidemannskontrollør. De to påkrevde fagpersonene må ha minst 5 og 3 års netto erfaring med tilsvarende oppdrag, samt relevant utdannelse som definert i veilederen. Personell med mindre enn 3 års erfaring kan benyttes i oppdraget i tillegg til de to med påkrevd erfaring.	X		Se tabell med fastansatt faglig personell nedenfor. CV kan tilsendes ved behov.
Foretaket har kunnskap om og tilgang på dynamiske skredmodeller der slike er kommersielt tilgjengelig.	X		
Foretaket har ansvarsforsikring som minst tilsvarer krav i NS 8401/8402 (prosjekterings- og rådgivningsoppdrag).	X		

[1] Byggteknisk forskrift (TEK17) og Plan- og bygningsloven (med veileder).
[2] NVE veileder: Sikkerhet mot skred i bratt terreng - Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak.
[3] NVE retningslinjer: Flaum- og skredfare i arealplanar – Revidert 22.mai 2014.

Skred AS har stor kompetanse og troverdighet i bransjen. Vi har medvirket til utforming av flere NVE-veiledere og håndbøker, og har utført flere større skredfarekartlegginger for NVE.

Personer som tilbys i oppdraget er nevnt i tilbudet. Kompetansen til våre medarbeidere ses i tabellen under.

Person	Utdanning	Erfaring med tilsvarende oppdrag fra-til	Erfaring med tilsvarende oppdrag år
	Geofag		
Kalle Kronholm	Naturgeograf; Dr. sc. nat., Universitetet i Zürich / SLF-WSL i Davos, Sveits.	2005-2022	17
Hedda Breien	Geolog; Ph.d. Naturkatastrofer. Institutt for Geofag, Universitetet i Oslo	2008-2022	14
Espen Eidsvåg	Geolog; M. Sc. Kvartærgeologi og paleoklima, Universitetet i Bergen	2012-2022	10
Nils Arne Kavli Walberg	Geolog; M. Sc. Miljøgeologi og Geofarer. Institutt for Geofag, Universitetet i Oslo.	2013-2022	9
Hallvard Nordbrøden	Geolog; M. Sc. Tekniske Geofag, NTNU Trondheim.	2014-2022	8
Hans Georg Grue	Geolog; M. Sc. Kvartærgeologi og paleoklima, Universitetet i Bergen.	2016-2022	6
Sondre Lunde	Geolog; M. Sc. Tekniske geofag, NTNU Trondheim.	2017-2022	5
Pål Lohne	Geolog; B. Sc. Geologi og geofare, Høgskulen i Sogn og Fjordane, Sogndal.	2020-2022	2
Kristin Brandtsegg Lome	Geolog; M. Sc. Kvartærgeologi og sedimentologi, Universitetet i Tromsø.	2020-2022	2
	Vassdrag		
Petter Reinemo	Vassdragsteknikk; M. Sc. Bygg- og Miljøteknikk, Institutt for Vann- og miljøteknikk, NTNU Trondheim.	2012-2022	10
Lars Staver Eid	Vassdragsteknikk; M. Sc. Bygg- og Miljøteknikk, Vannkraft og vassdragsteknikk, NTNU Trondheim.	2012-2022	10
Ingrid Alne	Vassdragsteknikk; M. Sc. Bygg- og Miljøteknikk, Institutt for Vann- og miljøteknikk, NTNU Trondheim.	2016-2022	6
Ragnhild Hammeren	Vassdragsteknikk; M. Sc. Bygg- og Miljøteknikk, Institutt for Vann- og miljøteknikk, NTNU Trondheim.	2016-2022	6
Mikkel Kristiansen	M. Sc. Naturgeografi. Institutt for Geofag, Universitetet i Oslo.	2016-2022	6
Ingvild Brekke	Vassdragsteknikk; M. Sc. Bygg- og Miljøteknikk, Institutt for Vann- og miljøteknikk, NTNU Trondheim.	2020-2022	2

Med vennlig hilsen,

Kalle Kronholm, Daglig leder, Skred AS

Notat

Oppdragsgiver	Navn Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Kontaktperson Odd-Arne Mikkelsen
Oppdrag	Nummer og navn 21273 Svalbard – Kartlegging av faresoner for skred	Oppdragsleder Kalle Kronholm
Dokument	Nummer 21273-02-1 Utført av Kalle Kronholm	Dato 2022-09-29 Kontrollert av Hans Georg Grue

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
1	2022-09-20	KK	HG	Original

Kommentarer til uavhengig kvalitetssikring

1 Bakgrunn

Vi har mottatt uavhengig kontroll av vår rapport 21273-01 som beskriver kartlegging av faresoner for skred for utvalgte områder på Svalbard. Oppdraget er utført for NVE. Det er NGI som har utført uavhengig kvalitetssikring (UK), beskrevet i deres rapport «20200348-01-R».

I kontrollen fra NGI er det beskrevet flere punkt, som er inndelt i følgende grupper med kontrollstatus og kommentar:

- OK: Kontrollert og godkjent med ev. kommentar.
    - TS: Teknisk spørsmål
    - R: Råd
- ANM: Kontrollert med anmerkning, godkjent med forbehold.
    - TA: Teknisk anmerkning
    - F: Forbehold
- IG: Ikke godkjent, manglende samsvar/behov for avklaring.
    - A: Avklares
    - MS: Manglende svar
- IR: Ikke relevant.

Vi har primært håndtert kommentarer som gjelder gruppene IG og ANM, men også forsøkt å avklare punkt med kontrollstatus OK, der disse er konkrete. Generelle kommentarer i kapittel 2 i NGI sin rapport (avsnitt 2.1-2.8) har vi ikke kunnet tolke i forhold til gruppene med standard kontrollstatus. Disse har derfor ikke ført til endringer i rapporten med mindre vi er enige og ser at kommentaren kan føre til betydelige forbedringer i vår leveranse.

2 Tilsvar

For alle punkt i tabellene nedenfor, har vi brukt «Id» til å identifisere kommentar, der det finnes «Id».

2.1 Kapittel 2 Generelle kommentarer

De generelle kommentarer fra NGI er forholdsvis fyldige. Vi har derfor ikke tatt med deres tekst her, men viser til deres notat. Våre svar er vist i tabellen nedenfor.

Avsnitt	Kommentar fra UK	Svar
2.1	Tidligere kartlegginger	Vi har ikke vært kjent med brevet fra NGI til NVE etter kartleggingen i 2016. Der dette bringer ny informasjon til kartleggingen, har vi tatt det med i tekst og vurderinger.
2.2	Befaringer	I flere områder er befaring primært utført fra vei. I områder der dette er tilfellet, har vi vurdert at vi fra veien har hatt god oversikt til terrenget rundt, eller at vi fra drone og flyfoto har fått nødvendig informasjon.
2.3	Historiske kilder	Med unntak av Erik Hestnes kjenner vi ikke til personene som er nevnt, og vi har ikke fått disse navn fra vår oppdragsgiver. Observasjoner fra Erik Hestnes (og Steinar Bakkehøi) har vi antatt var lagt inn i de NGI-rapportene vi har fått tilgang til gjennom NVE, og de gamle NGI-rapportene kan vel derfor ses på som «historiske kilder». Vi vil absolutt anbefale at man snarest får samlet sammen informasjon fra de nevnte personene, slik at skred-historikken på Svalbard snarest blir oppdatert til fastlands-standard.
2.4	Historisk klima Det burde anmerkes at det har vært en kraftig MÅLT endring i nedbør og temperatur de siste 20 årene, slik at perioden brukt i analysene ikke gir en "normal", men inkluderer en kraftig trend	Gjort.

Avsnitt	Kommentar fra UK	Svar
	Sublimasjon er ikke nevnt i det hele tatt, men spiller en avgjørende rolle i situasjoner med kald og tørr vind spesielt fra øst	Det er korrekt at det er en viktig prosess, men den er vanskelig å knytte direkte til utarbeidelse av faresoner. Vi har lagt til noen setninger om det i kapittel 2.
	De store nedbørhendelsene i tabell 3 begrenser utvalg av ekstremer til måneder. Siden det kan regne når som helst på Svalbard, vet vi ikke om disse ekstremene ikke kom som regn så lenge vi ikke har lufttemperaturen.	Det er sant, men er ikke unikt for Svalbard. Allikevel gir det en viss ide om nedbørforholdene.
	Nedbørgradientene i Adventdalen er ekstreme med nesten ingen snø på bakken ved flyplassen (der nedbørstasjonen står) til en meter og mer på flatmark i Bolterdalen. Det bør diskuteres for valg av bruddkanthøyder.	Vi er ikke kjent med data som viser dette.
	Det er ikke tatt hensyn til fremherskende vindretning i valg av bruddkanthøyder for Sverdrupbyen versus Nybyen.	Det er riktig. Vi mener ikke det er grunnlag for å differensiere dimensjonerende bruddkanthøyder ut fra tilgjengelige klimadata. Mulig man kunne ha vurdert det for 1/100, men ikke for 1/1000 og 1/5000.
2.5	Klimaendringer	Vi er ikke uenige i NGI sine kommentarer om klimaendringer, men mener fortsatt det er utenfor oppdraget å tegne faresoner for skred for et «forventet klima».
2.6	Andre kommentarer	LL: Er nå skrevet ut første gangen det er nevnt. Symbolstørrelsen er definert av NVE. Gjennomsiktighet er nå justert på helningene. Se også første punkt i tabellen i avsnitt 2.2. Interne referanser i dokumentet er nå sjekket. «Løsneområder» vs. «Utløsningsområder»: denne diskusjonen er tatt før, og det er fortsatt mange meninger. Vi har valgt å bruke «løsneområder» i denne rapporten, og ser

Avsnitt	Kommentar fra UK	Svar
		ikke behov for å endre det.
2.7	Faresoner	NGI kommenterer at vi har vurdert at bygninger gir nok sikring til at faresonen ligger på oversiden. Vi har vurdert skredfare «under dagens forhold», og har vurdert at enkelte bygninger er sterke nok til å tåle trykket fra skred. I Nybyen har vi revidert faresonen rundt bygningene. Det er riktig at bygninger av ulike grunner kan fjernes/forsvinne, men det er da andre forhold enn nå. Samme problemstilling gjelder for eksempel skog på fastlandet. Vi mener dette er en riktig måte å gripe problemstillingen an på, men er klar over at det kan diskuteres.
2.8	Sekundæreffekter	Vi ser at det kunne vært vurdert litt mer ens, og har justert det noe. Samtidig er det viktig å ikke blande flom som enkeltstående prosess, med flom som sekundærprosess fra skred. Vi skal ikke vurdere flomfare, som i mange av bekkene/forsenkningene ved for eksempel flyplassen ville gitt en faresone 1/100. Hvis sannsynligheten for vannrelaterte skred i disse forsenkningene har en årlig sannsynlighet som ikke overskrider 1/100, kan man ikke tegne en faresone for skred eller sekundæreffekter 1/100 i bunnen av forsenkningene. Men vi er enige i at man burde gjøre en flomfarevurdering for å få det totale farebildet i disse forsenkningene.
2.9	Vedlegg	Se avsnitt 2.2 om vedlegg nedenfor.

2.2 Avsnitt 2.9 Vedlegg

Id, Vedlegg	Kommentar fra UK	Svar
Generelt, helningskart	Helningskart: Helningene er veldig gjennomsiktig og vanskelig å se. Bruk mindre transparens	Helningskartene er laget på nytt, med mer tydelig farge og litt tydeligere bakgrunnskart.
1b – Helning, 1A-Gruve 3	Litt utydelig kotegrunnlag på helningskartene, eller alt ok.	Enig. Nytt kart. Gjelder alle helningskart, som kommentert over.
1c -	Synfaring vesentlig fra vei.	Der er riktig. Mangel på skog

Id, Vedlegg	Kommentar fra UK	Svar
Registrering, 1A-Gruve 3		kombinert med gode utsiktspunkt gjør at befaring utenfor dette ikke ble vurdert som nødvendig.
1c - Registrering, 1B-Frølageret	1A. Bilder. Kun foto vinterstid. Hvor kommer begrunnelsen for jord- og flomskredavsetningen fra. Heller ikke mulig å avklare om det ligger steinsprang med snø på bakken. Kanskje det fins sommerfoto fra felt som ikke er vist i fotovedlegget.	Bildene fra område 1c vist i vedlegget er fra sommerbefaring, men det er korrekt at de viser primært områder med snø. Vi har flere bilder som viser terrenget uten snø. Ett av disse er vist i Figur 17 i rapporten. På dette bildet er det også vist området vi har kartlagt som jord- og flomskredavsetninger. Skredavsetningen er også synlig på flyfoto. Hadde område vært fullstendig dekt med snø, hadde vi ikke kunnet se steinsprangavsetninger, det er riktig. Da steinsprang ikke hovedproblemet her, mener vi at graden av snødekning på bakken er akseptabel i forhold til tidspunkt for befaring.
1c - Registrering, 1C-Flyplassen	To raviner kunne vært ført til sjøen. Lite steinsprangregistreringer i snøleier. Ingen konsekvens for område 1C. Fant ikke tabell til infopunkt til registreringskartene.	Det er riktig at 2-3 raviner kunne vært ført helt til sjøen. Vi har dog ikke tolket den ytre del av vannløpene som «raviner», og de er derfor ikke merket som sådanne. Usikker på hva som menes med kommentaren om steinsprangregistreringer. Den er derfor ikke håndtert. Tabell 6 viser alle GPS-punkt der vi har notert ned noe. WPT435 i kartet står blant annet i den tabellen.
1c - Registrering, 1D-Blomsterdalen og 1E-Flyplassvegen og Burmavegen	Nord for utgangen av Blomsterdalen dreier ravinert/erodert dal skarpt i øslig retning. Skyldes dette flomskred? Ingen markering på kart	Litt usikker på hva som menes med kommentaren, og hvordan svare den ut. Vi mener ikke den krappe svingen i utløpet av Blomsterdalen skyldes flomskred. Prosessen som danner formene ved utløpet av Blomsterdalen er nok primært flom, med stor masseføring. Den krappe svingen skyldes trolig at Vei 700 og fyllingen under den, leder vannet

Id, Vedlegg	Kommentar fra UK	Svar
		mot øst. Før etablering av Vei 700 har det trolig vært en vifteform som fulgte det naturlige terrenget, mer mot nord til nordøst.
1e - Modellering, 1A-Gruve 3 - RAMMS snøskred	Kun største snøskred som definerer utløpene best er tatt med. OK.	-

2.3 Innledende kapitler

Id	Kommentar fra UK	Svar
2.5.1	Historisk klima. Se våre kommentarer i 2.4	Se våre kommentarer i tabellen i avsnitt 2.1.
2.5.2	Forventet klima og innvirkning på skredfare. Se våre kommentarer i 2.5	Se våre kommentarer i tabellen i avsnitt 2.1.
2.8.1	Bruk av alfa-beta-modellen. Profilene fra 2016 er rake linjer som ikke tar hensyn til fallinjen i terrenget. Etter vår vurdering er de ganske verdiløse og bør ikke gjen-brukes. Generelt ville bruk av alfa-beta modellen gi en indikasjon om parametervalg for RAMMS er i riktig størrelsesorden. Hvis NVEs alfa-beta verktøy ikke fungerer på Svalbard er det fortsatt fult ut mulig å utføre slike beregninger med manuelt beregnede profiler.	Standard parametre for alfa-beta modellen er beregnet fra hendelser på Vestlandet. Flere artikler viser at det ikke gir mening å overføre parameterne direkte til områder med betydelig annerledes topografi og klima. Basert på det mener vi det er så store usikkerheter rundt bruk av alfa-beta, at det ikke gir betydelig mer informasjon å gjøre manuelle beregninger. Vi har derfor uansett vektlagt resultater fra RAMMS i mye større grad enn resultater fra alfa-beta-modellen.
2.8.2	Bruk av RAMMS::Avalanche.	Tekst endret til «bruddkanthøyde».
		Høydenivå 180/320 moh.: Lagt inn mer tekst i punkt 2b for beskrivelse.
		Metodikk for medrivning: Som skrevet i teksten har vi fulgt RAMMS-manualen og inkludert mer masse i løsneområdene. Vi er klar over at det ikke er riktig i forhold til den fysiske prosessen. Inntil det kommer andre anbefalinger og andre tilgjengelige modeller, der medrivning er inkludert,

Id	Kommentar fra UK	Svar
		velger vi å følge produsentens generelle anbefaling. Vi har valgt å skalere størrelsen av bidraget med gjentaksintervallet: Jo mer «ekstremt» skredet er, desto mer medrivning. Man kan stille spørsmål ved dette valget, og ved valgte %'er, men vi mener valgene er så gode som alle andre vi har sett. Derfor har vi ikke endret noe.
2.8.3	Vurdering av små skred	Ikke så enkel problemstilling, for hva er «skade av betydning»? Vi har justert teksten for å klargjøre så godt vi kan.
2.10	Referanse	Referanse endret til Zimmermann mfl., (2020).
2.11	Referanse	Referanse endret til Zimmermann mfl., (2020).
2.12	GPS punkt	En del av GPS punktene i kartene er ikke med tekst, da de typisk er «feilregistreringer». Bare de punktene som har relevans for vurderingene er i tabell 6. Som nevnt i teksten, er det notert mye i kart underveis, uten at disse kommentarene er relatert til en nøyaktig plassering.

2.4 Delområde 1A-Gruve 3

Id	Kommentar fra UK	Svar
3.1	"så vi er usikre på hvorfor den delen a området skal kartlegges." kan strykes	Vi har fjernet kommentaren, men skjønner fortsatt ikke hvorfor området skal kartlegges i denne typen prosjekt når det ikke er utsatt bebyggelse.
3.1.1	Befaring stort sett bare på vei.	Se punkt 2.2 i tabellen i avsnitt 2.1 ovenfor.
	Registreringskartet er vanskelig å lese. Droneflyvingen er nesten umulig å se.	Med GIS malene gitt av oppdragsgiver mener vi det ofte blir slik.
	Ravine mellom skytebane og gruven kunne vært tegnet inn	Det er mange forsenkninger i terrenget som ikke er tegnet, men nå er denne lagt til.
3.1.2	TopoSvalbard har historiske flybilder som skråbilder og delvis rett ned bilder. De er av fantastisk oppløsning og kan gi	Riktig. Vi har endret teksten for å vise at det er skråbilder som viser deler av området.

Id	Kommentar fra UK	Svar
	en peke-pinn for overflatestrukturer og endringer siden 1936.	
3.1.3	Siden deponiet og ikke minst vollen bak deponiet kan endre utfall for i alle fall S1- grensen bør det tas hensyn til dagens terrengform.	Tekst er justert.
3.1.4	De geologiske kartene viser ikke type avsetninger. Hvis jeg tolker det riktig skal man bruke vedlegg som er NGU original-kartene til å tolke Skred AS sine egne kart?	De geologiske kartene viser type avsetninger, se forklaring i «1d - NGU geologi, med forklaring, 1A, 1C». Vi har tenkt det slik at kombinasjonen av våre egne tolkninger og NGU sine gir nødvendig informasjon om tolkninger av kvartærgeologi relatert til skredfarevurderingene. Vi har lagt inn litt tekst om det i avsnitt 2.6.2.
3.1.6	Stryk: «…». Det ble utført en risikoanalyse for arbeid på deponiet og denne rapporten er tilgjengelig hos LL.	Tekst strøket, og vi har fått tak i rapporten.
3.1.7	Vollen bak deponiet er lagt opp til å samle smeltevann og mindre steinsprang før de når deponiet. Dette tiltaket må registreres.	Tiltaket er tegnet og vist i registreringskart.
3.2.1	Blokkstørrelse er avgjørende her på Svalbard. Hva er størrelsen på "større blokker"?	Irrelevant for konklusjonen på skredfarevurdering.
3.2.3	Men den oppstykkingen i terrenget er det lite trolig at hele botner løsner med 1,9 m snøhøyde. Det finnes ikke nok snø på Svalbard og ryggene vil dele opp et slikt skred.	Vi står inne for vår vurdering av anvendte bruddkanthøyder i modelleringen (Tabell 7).
3.2.6	Utstrekningen av sørpeskredet på flata sør for Svalsatvegen virker for lite.	Det er mulig, og kan skyldes at det er et stort «hull» der i terrengmodellen.
3.3	Svarte markeringer: Her er faresonene ikke helt overlappende eller det mangler noe mellom de.	I ravine i øst: enig, den skulle ha vært sammenhengende. Det er ordnet. I toppen av skråning i vest: Vi har bevisst tegnet øvre del av faresone 1/100 med avstand til øvre del av faresone 1/1000. Ingen endringer gjort.

Id	Kommentar fra UK	Svar
	Grønne piler: Revurder om 1/100 ikke skal trekkes helt i disse ravinene. Her vil det alltid være massetransport ved større vannføring. Om man kaller det flom eller flomskred er ikke lett å si.	Vi er ikke uenige i at det er lite lurt å bygge noe i bunnen av en ravine, men vi mener ikke at vi kan argumentere med at det er skredfare med årlig sannsynlighet ≥1/100 der.

2.5 Delområde 1B - Frøhvelvet

Id	Kommentar fra UK	Svar
4.1.1	Befaring	Se tidligere svar.
4.1.2	Flyfoto	Se tidligere svar.
4.1.4	Geologi	Se tidligere svar.

2.6 Delområde 1C - Flyplassen

Id	Kommentar fra UK	Svar
5.1	"i den delen av området" mangler en "n" her	Tekst endret.
5.1.7	Det er tegnet inn to avskjæringsgrøfter i registreringskartet som bør nevnes her	Gjort.
5.2.3	Skulle tatt med utløsningsområdet under Svalsatveien for 1/1000	Beskrevet i tekst.
	De enkelte utløsningsområdene helt vest L1C-1, L1C-2 osv. ser ut til å være kjørt i samme RAMMS kjøring, noe som fører til at massene strømmer sammen og fører til lengre utløp. Men det er marginalt for utstrekning av faresonene.	Enig.
5.2.4	Er enig med 1/1000 for ravinene og i den vestlige delen. Men bunnen av de store ravinene burde også bli 1/100 pga. masse-førende flommer sørpeskred osv. med årlig sannsynlighet større enn 1/100. Dette gjelder også ravinene under frølagret.	Vi er enige i at man ikke skal bygge i bunnen av en ravine. Men vi er ikke enige i at masseførende flommer skal kartlegges som faresoner for skred i en skredfarekartlegging. Årlig sannsynlighet for sørpeskred og flomskred i de ravinene mener vi er <1/100, og derfor har vi ikke tegnet faresoner ≥1/100.
5.2.5	Jordskred	Samme kommentar som over.
5.2.6	Sørpeskred	Samme kommentar som over.
5.2.7	Sekundærprosesser. En del av 1/1000 eller 1/5000 soner?	Usikker på hva kommentar betyr.
5.3	1/1000 på sørsiden av flyplassen kunne vært trukket mer presis med bakke-befaring her. Trolig vil sørpe og flomskred komme frem helt til rullebanen.	Ja, rester av 1/1000 sørpe- og flomskred ville trolig komme helt frem til rullebanen, men vi har vurdert at skadepotensialet der er begrenset. Dermed er faresonen ikke trukket helt frem til rullebanen.
	Man kan lure på om mulige jordskred vil ha så lang utløp som 1/5000 sonen viser, men de kan oppstå overalt, det er vi enige i.	Ja, det kan man lure på, men dette er vårt forslag.

2.7 Delområde 1D-Blomsterdalen

Id	Kommentar fra UK	Svar
6.1.5	Nasjonal skreddatabase hjelper ikke videre her. Hvilke andre kilder er brukt? Intervju med hvilke personer?	Holt Hancock, lagt inn i tekst.
6.1.6	NGI 20081311-1 datert 22.07.2008 blir nevnt i neste avsnitt 7.1.6	Lagt inn henvisning til NGI rapporten også her.
6.1.7	Fylling vurderes som sikring med betydelig effekt. Her mangler minst et bilde som kan bekrefte dette.	Presisert i teksten at sannsynligheten for sørpeskred er lav, og at effekten av vegen derfor ikke er det som er viktigst.
6.2.1	Lengre opp i Blomsterdalen er det en del bratte partier som kan gi opphav til stein-sprang. Disse vil ikke nå ned til kartleg-gingsområdet, men kan i sin tur utløse sørpeskred. Bør legges inn i sekundær-effekter også for snøskred.	Lagt inn en setning.
6.2.3	Finner ikke (P1D-1) i noen kart.	Den skal være i registreringskartene nå.
6.2.4	1/100 sonen bør nok følge bekkeløpene lengre ut, også i Blomsterdalen. Slik fare-sonene er tegnet nå skal det være lov å sette opp et lager eller en garasje rett i utløpet av Blomsterdalen og det er trolig ikke helt er riktig.	Vi mener ikke at årlig sannsynlighet for skred overskrider 1/100 i utløpet av Blomsterdalen. At det ikke bør bygges en garasje der, er vi enige om, men der er ikke på grunn av skredfare.
6.2.6	Mener bestemt at 1/1000 kan gå over veien og videre nedover bekkeløpet. Veien fungerer nok ikke som voll om vinteren.	Ikke enig.
6.3.2	Hopper sørpeskredene over veien eller ikke? Det er avgjørende usikkerhet her. Skulle gjerne sett en simulering der området mellom Blomsterdalen og veien er fylt med ut slik som det kan se ut med mye snø eller etter at et flomskred har deponert masser her.	Bunnen av Blomsterdalen er så slak at sørpeskred ikke når ut til munningen.

2.8 Delområde 1E-Burmavegen og Flyplassvegen

Id	Kommentar fra UK	Svar
7.1	Er det et krav at kartlegging skal plassere bygninger i sikkerhetsklasser? Hvis ikke, dropp setningene om det i hver område-beskrivelse	Ja, det er vel en form for krav, og derfor er det med.
7.1.2	Flyfoto	Endret tekst.
7.1.5	Skrivefeil i "20134-06-05," trolig 2013	Endret i tekst.
7.1.6	Mangler rapporten for reservekraftstasjon og Sysselmesterens lager Skred AS 19221-01-1 + 19224-01-2 + 19224-02-1	Lagt til.
7.2.3	Det virker fra vedlegg 1e at det kun er områdene som er over 37 grader som tatt med som utløsningsområder for skred 1/1000. Hva med de store arealene lengre nede som er mellom 27 og 37 grader? Jeg tipper at skredene herfra vil gå ned til fly-plassveien?	Ja, det er riktig at bare den øvre, brattere del av dalsiden er tegnet inn som løsneområde for RAMMS beregningene. De store flatene er bare marginalt brattere enn 30°. Vi har lagt inn litt ekstra tekst for å beskrive hvorfor disse ikke er med som løsneområder i modelleringene.
7.3	Skrivefeil "sær for" burde være "sør for" Dimensjonerende faretype er så stort tegnet inn i kart figur 36 at det er vanskelig å se faresonene.	Endret
	Legger merke til at 1/1000 friskmelder nedsiden av flyplassveien enkelte steder. Det virker litt for optimistisk i forhold til usikkerheten i vurderingene. Det er bare en 5 m bred stripe med land og den bør nok bli med i faresonen.	Jo, det kunne man kanskje velge, basert på en politisk/administrativ vurdering. Men hvis det ikke er skredfare der, er det ikke riktig å ha de områdene med i faresonen.

2.9 Delområde 1F-Sjøområdet

Id	Kommentar fra UK	Svar
8.1.2	Flyfoto. Se tidligere kommentarer	Lagt inn referanse til et skråfoto.
8.1.3	Nevne at det ligger områder utenfor kartleggingsområdet som kan gi opphav til snøskred og jordskred. Ellers er det vanskelig å følge resonnementet for faresonene som ligger øverst i området	Gjort.
8.1.5	Det er kjent om mindre utglidninger i skrenten under bautaen. Men ingen dato eller bilder.	Lagt inn den info i teksten.
8.2.1	"Dersom" erstattes av "hvis". Skulle skrive hele setningen slik: "Hvis bygningen er solid fungerer den som sikring mot hendelser med nominell årlig sann-synlighet 1/1000 og 1/5000 slik at fare-sonen går i veggen på bygget.	Gjort.
8.2.6	Vurderingen er grei, men setningen er vanskelig å forstå. Skriv om. "Sørpeskred går i ravinen vest for energiverket, men det ingen forsenkninger ned mot området, der sørpeskred er en aktuell skredtype."	Gjort
8.3	Det ligger en liten vei, fylling over veien til taubanesentralen. Faresonen stopper ved denne veien/fyllingen. Er denne fyllingen vurdert med en liten sikringseffekt? Da bør det nevnes.	Nei, den er egentlig ikke det.
8.3.2	Usikkerhet om bygningene tåler lastene og slik at de fungerer som sikringer.	Lagt inn i teksten.

2.10 Delområde 1G- Sverdrupbyen-Skjeringa

Id	Kommentar fra UK	Svar
9.1.2	Flyfoto. Se tidligere kommentarer	Lagt inn kommentar om flyfoto i tekst.
9.2.1	Enkelte vintre med meget hardt snødekke eller is på bakken, kan stein skli ned til veien.	Kommentert i tekst.
	Utbredelse av steinsprang begrenses av urmassene, der nye utfall stopper ganske raskt.	Kommentert i tekst.
9.2.2	Endring i permafrost kan gi betydelig endring av denne faren. Da kan 1/5000 bli dominert at slike hendelser?	Kommentert i tekst.
9.2.3	Mange kommentarer.	Endringer gjort i teksten.
9.3	Under messa i Sverdrupsbyen går 1/1000 faresonen lengre ut enn 1/5000. Andre steder lengre nord forsvinner også 1/5000 under 1/1000	Ja, her var det krøll med faresonene. Rettet opp.

2.11 Delområde 1H-Gruvedalen

Id	Kommentar fra UK	Svar
10.1	Som sagt tidligere, dropp informasjonen om bygningene. Det er ikke relevant for farevurderingene	Har tatt vekk teksten.
10.1.2	Flyfoto. Se tidligere kommentarer	Lagt inn kommentar i teksten.
10.1.3	Skriv at fyllinger og annen menneske-skapt terreng i bebyggelsen ikke er vurdert for skredfare	Lagt inn i tekst.
10.1.5	Skrivefeil	Rettet
10.1.7	Skrivefeil	Rettet
10.2.3	Hvorfor er utløsningssannsynligheten for snøskred i de mindre skråningene i bebyggelsen så lav som 1/5000?	Lagt inn tekst med litt mer beskrivelse an grunnen.
	Utløsningsområdet for 1/1000 er liten.	Det er mulig, men det er slik vi har vurdert det. Nedenfor løsneområdet har vi antatt en del medrivning, hvilket representeres av en relativt stor bruddkanthøyde.
10.2.4	Modelleringen går kun til grøften, men faresonen 1/1000 går ned til veien og nesten ned til øverste husrekke. Her trenger vi en forklaring.	Stemmer. Her var det lagt inn feil dimensjonerende skredtype. Riktig skredtype er jordskred, og det er lagt inn tekst om hvordan rekkevidden er vurdert.
10.3	Øverste husrekka er brukt som stopper for 1/5000. Det kan diskuteres.	Vurderingen er nå beskrevet mer i tekst.

2.12 Delområde 1J-Sentrum

Ingen kommentarer å håndtere.

2.13 Delområde 1K-Nybyen

Id	Kommentar fra UK	Svar
12.1	Som nevnt tidligere, dropp antall boliger og andre bygninger	OK, tekst tatt ut.
12.1.2	Flyfoto. Se tidligere kommentarer.	Det er ingen flybilder. Ingen endringer i teksten.
12.1.5	Hvis man først nevner noen rykter, så finnes muntlig informasjon om at skred gikk til trappen av den gamle svalbard-butikken (nå galleriet) på 80 tallet.	Vi har lagt inn den informasjonen i tekst.
12.1.6	Følgende rapporter bør nevnes: 52703-1 Geomorfologisk kartlegging i 1985/86 som så vidt gjelder hele dalen 20041388 – sikring for skolen 954052-2 – alpinbakke	52703-1: denne er nå referert, både her og flere andre delområder. 20041388: Denne kjenner vi ikke. 954052-2: Denne kjenner vi ikke, bare 954052-1.
12.2.2	Tining av permafrost kan endre dette veldig og denne muligheten må i alle fall nevnes	Lagt inn en setning.
12.2.3	Her brukes tabell 5 i avsnitt 2.8.2 nokså slavisk. Det fører til samme bruddkant-høyder over Sverdrupbyen som over Nybyen (1,3 m for 1/1000). Over Nybyen er drivsnø en avgjørende faktor og det gjenspeiles ikke ved å bruke tabell 5. Metoden presentert i 2.8.2 tar ikke hensyn til fremherskende vindretning.	Fra snøskredvarslingen de siste årene ser vi at det er svært store variasjoner i «fremherskende vindretning» fra år til år, og at bare små endringer i vindretning har stor betydning for hvor snøen avsettes. Vi har liten tro på at skredhendelser med årlig sannsynlighet på 1/1000 og 1/5000 er spesielt mye større i den ene eller den annen side av dalen.
12.2.6	Ordstilling "Egentlig er sørpeskred er ikke aktuelle…."	Tekst endret.
12.3.1	Det spørs hvordan modellene settes opp. Alfa-beta kjøringer ville gi et generelt inntrykk som er uavhengig av valg av bruddkanthøyder og friksjonsparametre.	Usikker på sammenhengen.
12.3.2	Helt enig og derfor bør bygningene ikke brukes som sikringstiltak og for utforming av faresonene.	Faresonene er nå justert slik at de ikke tar høyde for bygningene, og det er beskrevet med en setning.

2.14 Område 2-Gruve 6

Id	Kommentar fra UK	Svar
13.1.2	Flyfoto. Se tidligere kommentarer	Vi finner ingen flyfoto fra området.
13.1.5	Ikke nevnt: I februar 1981 gikk et stort snøskred under gruve 6 etter at heisen stoppet og nattskiftet måtte gå ned fjellsiden. Tre ble tatt av skredet. Ingen alvorlig skadet. Svalbardposten 24/1980-1981	Lagt inn i teksten, men klarer ikke finne mer informasjon.
13.1.6	Rapporten som etterlyses er Multiconsult 713525-RIGberg-RAP-001 fra 2017. Den er tilgjengelig fra…	Takk, lagt inn i teksten.
	I løpet av sommeren kom også denne: …	Takk, lagt inn i teksten og diskutert flere steder der.
13.2.1	Ser ikke helt hvorfor det skal være betydelige høyere bruddkanthøyder her enn i Nybyen. Samme vindretning, og mindre tilfangsområde.	Løsneområdene i Nybyen ligger lavere i fjellsiden enn her.
13.2.4	Denne teksten er ikke helt ferdig. Trenger en revisjon med riktige referanser osv.	Rettet opp.
	Det beskrives at flomskred mellom de to hyttene er ca. 50 år gammel. Men det tegnes ingen 1/100 sone her? Det burde det gjøre uansett hva modellen viser.	Alder på de ulike deler av avsetningen kom feil frem i teksten. Det er nå rettet opp.
13.3	Faresonene mangler dimensjonerende skredtype.	Lagt til.
	1/100 bør gå inn mellom hyttene hvis masse som ligger der er omtrent 50 år gammel.	Se punkt 2 på 13.2.4
13.3.1	Avvik fra tidligere vurderinger.	Her har vi nå lagt til en tekst om Rambøll sin rapport fra 2021.

2.15 Område 3-Bolterdalshaugen

Id	Kommentar fra UK	Svar
14.1.2	Flyfoto. Se tidligere kommentarer	Vi finner ingen tilgjengelige flyfoto.
14.1.4	Enkelte "skredbane" linjer ved gruve seks følger ikke forsenkningene i terrenget. Det kan med fordel justeres	Ikke alle følger søkk, men går på vifteformer.
14.1.7	Mangler beskrivelse av sikringen for deponiet som også kan ha effekt på flom-skred. Sikringene er vist som T8 og T10 i registreringskartet.	Lagt inn tekst, både i avsnitt om tiltak og i vurderingene.
14.2.1	Som sagt tidligere er det lite trolig at blokkene er avsatt av jordskred. Heller flyttet med snøskred	Endret tekst.
14.2.3	For de små skrentene en ganger fallhøyde er offensiv for 1/1000. Sier ikke tommel-fingerregelen tre ganger høyden?	Jo, for større skråninger.
14.2.4	Ta vekk gulfargen fra teksten	Gjort
14.2.5	Tippen fra gruve 6 kan være ustabil og gi ganske stort jordskred. Se	Nevnt i tekst.
14.2.6	Beregningene ikke vist i vedlegg	Laget nytt vedlegg.
14.2.7	Her har vi en hel annen vurdering av "flom" etter vannrelaterte skred enn ved området Flyplass, Blomsterdalen og Gruve 3. Er helt enig med at vann og masseføring etter vannrelaterte skred bør inngå i faresonene. Men da må 1/100 være med i ravinene i de førstnevnte del-områdene rundt flyplassen.	Ikke enig. Flom, som en egen prosess/faretype skal vi ikke vurderer i dette oppdraget. Dersom det er flom som kommer av en skredprosess (sørpeskred eller flomskred), inngår det i vår vurdering her. Men sekundærprosessen kan ikke få høyere årlig sannsynlighet enn den primærprosessen den kommer fra.
14.3	Kollaps av tippen bør vurderes som dimensjonerende for deponiet.	Det er nå nevnt i teksten, men da det er en menneskeskapt tipp, inngår det ikke direkte i oppdraget.

2.16 Område 4-Bolterdalen

Id	Kommentar fra UK	Svar
15.1	Igjen dropp beskrivelsen av bygninger dersom dette ikke er påkrevet.	Fjernet
15.1.2	Flyfoto. Se tidligere kommentarer	Ingen flyfoto.
15.1.3	Veien ble lagt om akkurat når flybildene ble tatt (trolig 2009) den er tydelig synlig i 2,5 m DEM for Adventdalen. Kanskje i sin fulle utforming, men det bør ikke påvirke modellene altfor mye	Vi er litt usikre på hvorfor denne er IG. Vi mener vi har beskrevet akkurat dette i teksten.
15.1.5	Mye hear say for denne veien, med lite konkret dokumentasjon. Det er skred fra den mindre skrenten mellom veien som dere har som L4 som førte til skredet H4-1 som er plassert feil i kartet. Den bør være på stedet WPT411.	Våre plasseringer er tatt fra NVE Atlas. Da har de i så fall feil plassering der. Vi lar plasseringen stå slik den er, og spiller ballen videre til de som har lagt inn registreringen.
15.1.6	NGI Report 904025-5 NGI Report 20180092-01-R	Vi er ikke kjent med disse rapportene og har ikke tilgang til dem.
15.1.7	Selve omleggingen av veien kan nevnes som sikring	Omlegging av vei er et risikoreduserende tiltak for trafikanter langs veien. Det er lite relevant for faresoner.
15.2.3	Når det gjelder denne "mindre skrenten" ned til elvedalen. Det er to skrenter her, den som er et resultat av fyllingen til veien og den naturlige nede ved elven. Det er kun den øvre (blå) tatt med. Bør den nedre (rød) også få en 1/5000?	Ja, det bør den, det er også beskrevet i teksten, men faresonen kom ikke med før nå. Gjort.
15.2.5	Tining av permafrost er også her en viktig sak.	Lagt inn kommentar, men har ikke vurdert det nærmere.
15.2.7	Eventuelt blokkerte dreneringsveier ved veien kan endre de lokale forholdene nokså radikalt og føre til nye erosjons-områder og flomskred.	Absolutt. Men det ligger ikke inne i vurderingen å utføre flomvurderinger og analyser av alle stikkrenner. Vi har lagt inn kommentar i teksten under beskrivelsen for flomskred.
15.3	Sjekke dette med nedre skrent ned mot elven	Nedre skrent har nå en faresone 1/5000.

3 Konklusjon

Med justeringene gjort i revidert rapport, mener vi å ha håndtert samtlige kommentarer merket ANM og IG i vurderingene fra UK.

NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

MIDDELTHUNS GATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no