

Notat nr.	IAS 2219-1 Sikringstiltak Votlo
Dato:	25. januar 2018 Revidert 31. januar 2018
Prosjekt	Votlo – sikringstiltak
Prosjektnr.	2219
Saksbehandler	Johanna L. Rongved
Kontroll	Arne Instanes
Antall sider	8

Til	Osterøy Kommune v/Roald Hovden
Kopi til	

1. Innledning

I samband med jordskred på Votlo i Osterøy kommune 7. desember 2017 er Instanes AS engasjert for å vurdere risiko for nye skred frå skråninga, samt vurdere aktuelle sikringstiltak for å ivareta sikkerheita for bebuarane i området. Dette notatet oppsummerar observasjonar gjort ved synfaring på staden, vurderingar og berekningar som er utført i samband med stabilitet av lausmassar, samt vurderingar av aktuelle sikringstiltak i skråninga. Det er ikkje utført geotekniske grunnundersøkingar i området, men tjuknaden av det organiske topplaget er undersøkt ved bruk av lommevingebor.

2. Sikkerhetsprinsipp

2.1 Naturfare

I samsvar med Byggteknisk forskrift (TEK17) (ref. /1/) skal det, for bygg i skredfarleg område, fastsetjast sikkerheitsklasse for skred. TEK17 definerer 3 ulike sikkerheitsklassar for skred, S1 – S3. Einebustader hamner typisk i sikkerheitsklasse S2, som medfører at største nominelle årlege fare/risiko for skred ikkje skal overskride 1/1000.

Vegleiar til TEK17 angjev og eksempel på skredtypar der sikkerheitsklassane ikkje er godt egna, og der sikkerheitsnivå heller bør fastsetjast ved bruk av ein sikkerheitsfaktor, F. Iht. TEK17 gjeld dette unntaket



INSTANES AS Rådgivende Ingeniører

Postboks 3811 Nøstet, 5802 Bergen - Besøksadresse: Storetveitveien 96, 5072 Bergen
Telefon: 4800 3443 Epost arne@instanes.no Fax 9477 2007
Organisasjonsnummer 934 485 378MVA Foretaksregisteret Bankkontonummer 9235 38 64388

berre for kvikkleire, då eit kvikkleireskred i praksis vil vere ei eingongshending. Prinsippa for stabilitetsberekning vil likevel vere tilnærma lik for alle lausmasseskråningar, og for geoteknisk stabilitetsberekning av lausmasser er det generelt sikkerheitsfaktoren som vert funne og vurdert. Sikkerheitsfaktoren gjev forholdet mellom stabiliserande og drivande krefter på skråninga. Sikkerheitsfaktor lik 1,0 betyr dermed at skråninga (teoretisk) er i akkurat likevekt. $F < 1,0$ indikerer at skred vil oppstå, medan $F > 1,0$ gjev sikkerheita mot at gliding skal oppstå.

Krav til sikkerheitsfaktor er gitt av blant anna Eurokodane, og krav til minste sikkerheitsfaktor vil typisk ligge i storleiksorden 1,4 (avhengig av blant anna brotmekanisme og konsekvens).

3. Topografi og grunnforhold

Det aktuelle området ligg på Votlo på Osterøy, og strekker seg frå gnr/bnr 60/73 opp til gnr/bnr 60/130 (sjå Figur 1).

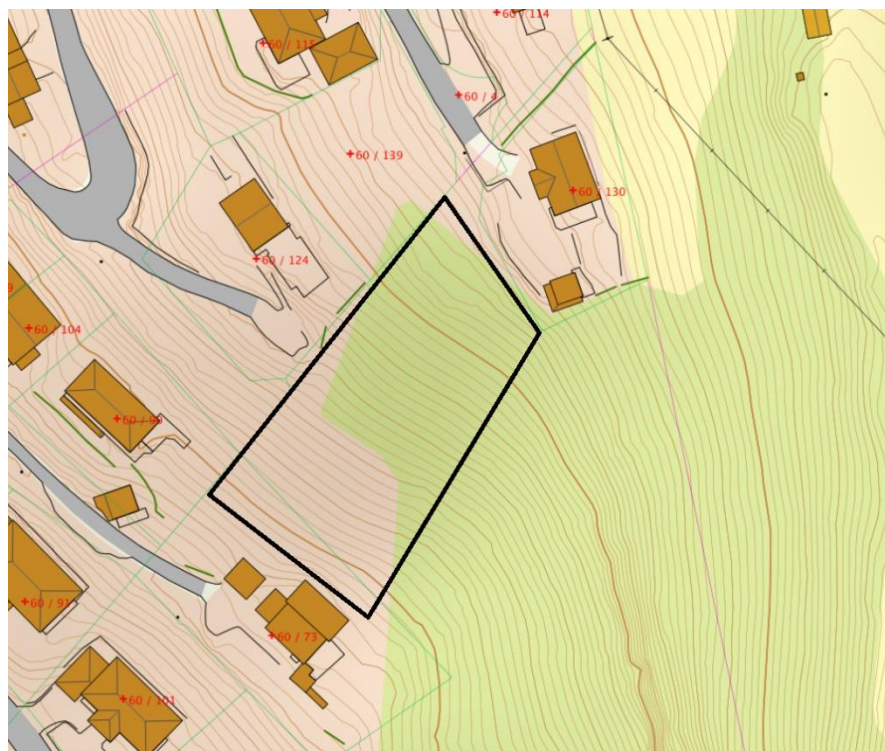
Området ligg i ein skråning som strekk seg ca. frå nivå +70 til ca. +105, og med helning i storleiksorden 30°. Skråninga er graskledd, og det er antatt at den har vore gamal slåttemark.

Lausmassekart frå NGU antyd at området består av bart fjell, eventuelt med tynt lausmassedekke. Under synfaring i området vart det observert antatt berg i dagen like nord for skråninga, og det er forventa ei beskjeden lausmasseoverdekning over berg. Observasjonar i skråninga og i skredgropa tyder på lausmasser beståande av eit organisk topplag over morene og berg, men det er ikkje utført boringar for å stadfeste lagdelinga.

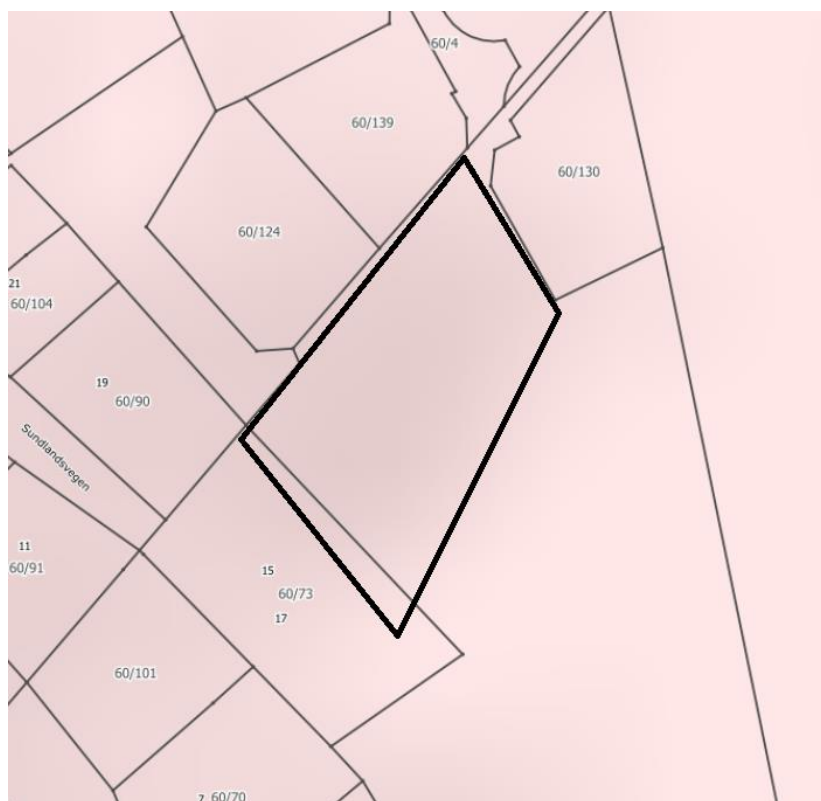
Det er ikkje utført grunnundersøkingar med borerigg i skråninga. Tjuknaden av det organiske topplaget er difor undersøkt ved bruk av handhalde vingebor. Undersøkinga tyder på at topplaget har ein tjuknad generelt mellom ca. 0,4 – 0,8 m, med enkelte lokale variasjonar. Det vart og støtt på antatt blokk i massane fleire stader.

Det vart observert teikn til erosjon lokalt over skredgropa. I samtale med bebruar på gnr/bnr 60/73 vart det og opplyst om at vedkomande meinte å tidlegare ha observert erosjon langs kabelgrøft i skredområdet.

Instanes AS kjenner til eitt tidlegare skred i området. Dette vart utløyst av anleggsaktivitet, og er difor ikkje direkte samanliknbart med skredet 7. desember. Instanes AS kjenner ikkje til andre skredhendingar i det aktuelle området, og det er heller ikkje registrert noko i NVE sin skredatabase.



Figur 1: Oversiktskart med markering av aktuelt område

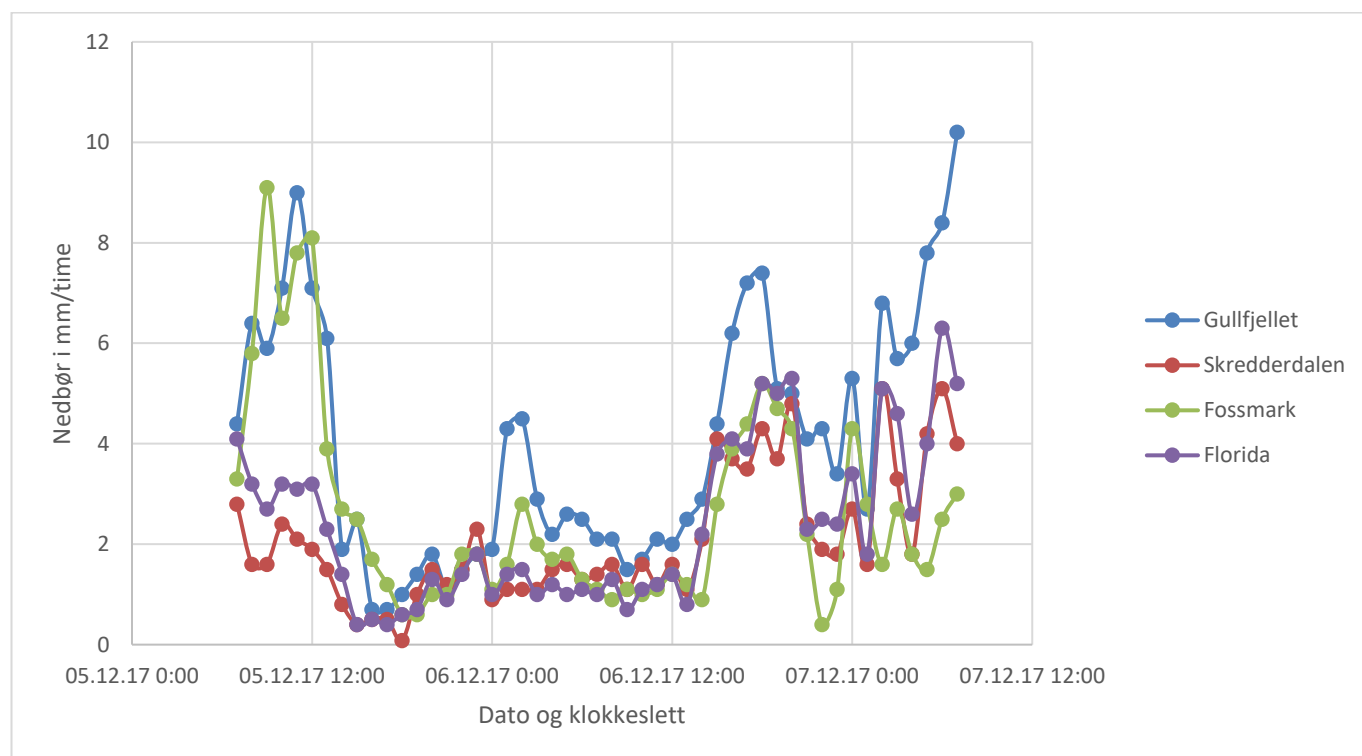


Figur 2: Løsmassekart fra NGU (geo.ngu.no/losmasse)

4. Nedbør

Det var ikkje teikn til noko anleggsverksemd i det aktuelle området ved tidspunkt for skredet, og det er heller ikkje opplyst om annan aktivitet som kan mistenkjast å ha utløyst skred. Det var observert sterk nedbør, både den aktuelle dagen og dagane i forvegen. Nedbør vart difor tidleg vurdert som ein sannsynleg utløysande faktor. Som grunnlag for berekningar og stabilitetsvurderingar er det difor sett nærare på nedbørsmålingar, både for den aktuelle dagen, men og tida før skredet. Det er sett på målingar frå Florida og Skredderdalen i Bergen, frå Fossmark i Vaksdal og frå Gullfjellet. I tillegg er det mottatt nokre data frå ein uoffisiell nedbørsmålar på Votlo, som tilhøyrar privatperson Anders Vatle.

Figur 3 viser ei samanstilling av dei nemnte nedbørsmålingane for tidsrommet kl. 7 om morgonen den 5. desember, til kl. 7 om morgonen den 7. desember. Figuren viser timesmålingar. Målaren for Gullfjellet viser sterk nedbør siste døgeret før skredet, og særleg i den timen skredet gjekk. Det er sterk variasjon mellom dei aktuelle målarane, noko som viser at det kan vere store lokale variasjonar i nedbøren.



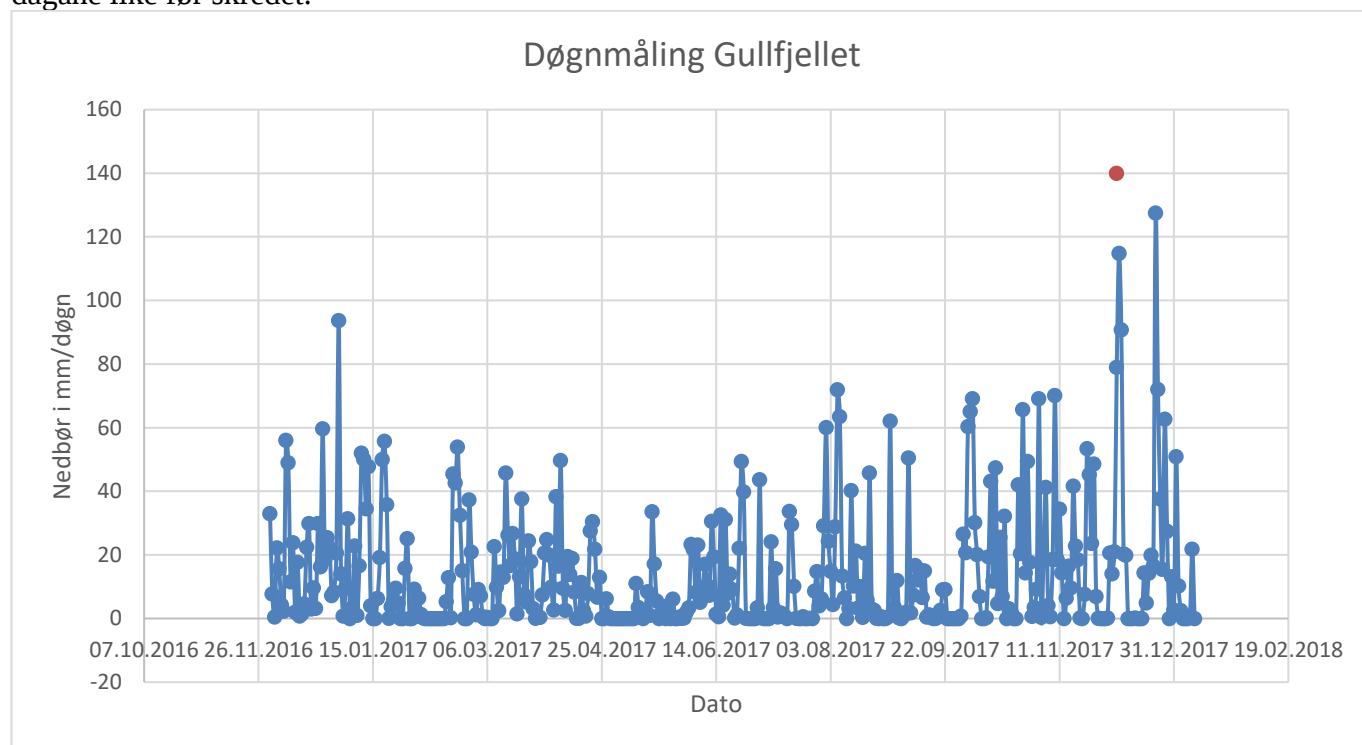
Figur 3: Nedbørsmålingar 5/12 - 7/12

Nedbørsmålingar utført på Votlo av Anders Vatle viser stor nedbør i området siste døgnet før skredet gjekk. Då målaren på Gullfjellet gjev dei høgaste offisielle data for den aktuelle perioden er målingane frå Anders Vatle plotta saman med målingane frå Gullfjellet for samanlikning, sjå Figur 4.

Figur 4 viser døgnmålingar for Gullfjellet for heile 2017. Målingane viser to klare toppar, som begge var i desember 2017. Den nest høgaste døgnnedbøren i 2017 vart målt i perioden 6.-7. desember. Høgaste døgnnedbøren på Gullfjellet det året var målt seinare same månaden (22.-23 desember). Nedbørsmålinga til Anders Vatle på Votlo 6.-7. desember viste ein døgnnedbør på 140 mm, som er høgare enn den

høgaste målte verdien på Gullfjellet i 2017 (127,5 mm den 23. desember). Denne målinga tyder dermed på særskild nedbør lokalt på Votlo, i den aktuelle perioden.

Samanlikna med årsnedbøren målt på Gullfjellet i 2017 utgjer den målte døgnerverdien på Votlo berre i underkant av 3%. Samanlikna med årsnedbøren målt ved Skredderdalen utgjer den aktuelle døgnermålinga på Votlo i storleiksorden 5%. Ein tommelfingerregel seier at døgnernedbør på meir enn 8% av årsnedbøren medfører stor risiko for skred i bratt terreng, og samanlikna med dette synes døgnernedbøren på Votlo å ha lagt under dette «kriteriet». Langvarig nedbør i tida før skredet kan imidlertid ha medført at jordlaget allereie var vassmetta, og at det skulle mindre til for å utløyse skredet. Eventuell erosjon i området kan og ha medverka. Nedbørsmålingane frå Gullfjellet tyder på at det hadde vore relativt kraftig nedbør, og i dagane like før skredet.



Figur 4: Nedbørsmålingar Gullfjellet og Votlo

5. Stabilitetsberekningar

Det finnes ikkje gode berekningsmodellar for å rekne på stabilitet i torv og sterkt humus-haldige massar. Forsking på organiske jordarter tyder på at oppførselen er nærare eit friksjonsmateriale enn eit kohesjonsmateriale, og at laboratorieforsøk på organisk jord kan gje høge friksjonsvinklar (sjå ref. /2/). For massane observert på Votlo er det valt å nytte drenerte parametrar for ei overslagsmessig stabilitetsberekning. Berekninga tar ikkje omsyn til faktorar som for eksempel røter og andre plantefibre, eller stein og blokk i massane. Berekninga er difor ingen fasit, men er utført i hovudsak for å gje ein indikasjon på kva faktorar som i størst grad påverkar stabiliteten i den aktuelle skråninga. Dette vart så brukt som grunnlag i vurderinga av aktuelle sikringstiltak.

Berekninga er utført i likevektsprogrammet Slope/W. Modellen er bygd opp ved å nytte skråningsgeometrien frå Votlo, og leggje inn eit organisk lag over morene og deretter berg. Tjuknad på

det organiske laget er satt til i storleiksorden 1 m. Som eit utgangspunkt vart det lagt inn grunnvasstand i terreng, med antatte styrkeparametre, og berekninga gav då ein sikkerheitsfaktor på ca. 0,8. Parametrane for jordlaget vart deretter justert noko, for å få sikkerheitsfaktoren nærare 1,0.

Etter å ha oppnådd ein sikkerheitsfaktor på mellom 0,9 og 1,0 med grunnvasstand i terreng vart det gjort ei berekning med dei same parametrane, men der grunnvasstanden vart senka 0,2 m. Denne berekninga gav ein sikkerheitsfaktor på ca. 1,3, noko som er tilnærma akseptabel sikkerheit. Ytterlegare 0,1 m senking av grunnvasstanden gav berekna sikkerheitsfaktor 1,45.

Konklusjonen frå dei utførte berekningane var at stabiliteten av lausmassane var sterkt avhengig av grunnvasstanden, og at små endringar i grunnvasstand hadde mykje meir påverknad på stabiliteten enn ei lita endring i parametervalet. Berekningane tydar vidare på at det kan nås tilstrekkeleg stabilitet i skråninga ved å sørge for god drenering og låg grunnvasstand.

6. Aktuelle sikringstiltak

Det er gjort ei vurdering av aktuelle tiltak for å sikre skråninga, og desse er nærare beskrive under. For detaljprosjektering av tiltaka bør det vurderast å utføre grunnboringar i skråninga, dette for å dokumentere lagdelinga og gje eit betre grunnlag for prosjektering.

6.1 Drenering og planting i skråninga

Det enklaste tiltaket er vurdert å være drenering av skråninga. Det må etablerast avskjerande grøfter langs topp av skråninga, for å unngå at overvatn frå overliggjande terreng drenerer ned i den aktuelle skråninga. Vidare må det vurderast om det er trong for ytterlegare grøfter lenger ned i skråninga, men dette må i tilfelle planleggjast godt, i samråd mellom VA-ingeniør og geoteknikar, for å unngå å etablere større stabilitetsproblem i anleggsfasen.

Ulempa med drenering er at det må sikrast godt vedlikehald av grøftene for å unngå at desse går tett og ikkje lenger tar hand om sin nødvendige funksjon. Det er og viktig med god informasjon ved eventuelle eigarbyte av tilstøytane eigedomar.

For å på sikt oppnå ytterlegare økt stabilitet bør det vurderast å kombinere dreneringa med planting av vegetasjon i skråninga. Val av planter bør gjerast i samråd med landskapsarkitekt eller andre med kunnskap om planter. Det bør søkjast å finne plantar med eit relativt stort rotsystem, men med lite risiko for store rotvelter.

6.2 Fjerning av organisk topplag

Ved å fjerne det organiske topplaget vil massane med størst potensial for alvorleg utgliding takast vekk fullstendig. Massane må då fjernast i heile skråninga, ned til morene eller berg. Tiltaket bør kombinerast med avskjerande grøft på toppen, samt etablering av ein erosjonsduk for å redusere erosjon i morenelaget. Største ulempa med dette tiltaket er tilgjengelegeheita. Det vil verte naudsynt å etablere ein anleggsveg inn i området, og det må påreknast mykje tungratikk i bustadområdet medan arbeidet går føre seg.

Det må lagast ein plan for korleis massane skal fjernast, for å redusere risikoen for utglidingar i anleggsperioden. Skråninga vil gro til over tid, men på kort sikt vil dette tiltaket gje eit estetisk lite attraktivt uttrykk.

6.3 Jordnagling

Alternativ 3 går ut på å betre stabiliteten i skråninga ved bruk av jordnagling. Dette medfører å bore jordnaglar gjennom lausmassane og inn i berg. Naglane vert spent opp og festa med plate og mutter, som vil vise over terrengoverflata. Det bør spennast opp eit jordarmeringsnett mellom naglane. Eit slikt tiltak må detaljprosjekterast, med det må forventast senteravstand i storleiksorden 2 m mellom naglane, nåde langs og på tvers av skråninga. Det vert anbefalt å utføre geotekniske grunnundersøkingar med borerigg før utføring av eit slikt tiltak. Dette tiltaket bør og kombinerast med drenering.

6.4 Sognemur

Ordet «Sognemur» er brukt om mindre støttekonstruksjonar, typisk etablert av kamstål bora ned i berg og med plank bak. Det er vurdert om slike stengsel, etablert ned til morene og i fleire rader oppover skråninga, vil kunne halde på massane og hindre ei eventuell utgliding. På grunn av skråningshelninga er det anleggsteknisk vanskeleg å bore dimensjonar større enn Ø40 mm. Overslagsmessige berekningar antyder at med denne begrensninga på dimensjon vil det være behov for så tett med boltar at dette tiltaket ikkje er realistisk å gjennomføre. Det er difor ikkje gjort vidare vurderingar av dette alternativet.

6.5 Kostnader

Det er forventa at både tid, kostnader og forventa vedlikehald vil være faktorar som er interessante ved val av sikringsmetode. Dei tre alternativa som er vurdert å vere gjennomførbare er difor lista opp i tabellform, med fordeler, ulemper og estimert kostnad (sjå Tabell 1). Det vert gjort oppmerksom på at det er knytt stor usikkerheit til dei oppgitte kostnadane, dette gjeld særleg alternativt 2 på grunn av dei anleggstekniske utfordringane.

Alle estimata inkluderer komplett søknadsprosess, med detaljprosjektering og utarbeiding av anbudsgrunnlag. Vidare er følgjande inkludert:

For alternativ 1 er det medtatt kostnad for supplerande grunnboringar. Behovet for vidare undersøkingar må vurderast som del av detaljprosjekteringa, men det må påreknast at dette vil verte naudsynt for tilstrekkeleg dokumentasjon av stabiliteten i ferdig tilstand. Utarbeiding av plan for vedlikehald er inkludert. Det er og medtatt antatt kostnad for planting av vegetasjon i skråninga.

For alternativ 3 er det forutsett at det må utførast grunnboringar, og dette er medtatt i estimatet.

Bandlegging av grunn er ikkje medtatt i kostnadsestimata, heller ikkje kostnad med framtidig vedlikehald.

På alle alternativa er det lagt inn ein kostnad for «uforutsett» på 10% av antatt entreprisekost.

Tabell 1: Oppsummering av aktuelle tiltak

Tiltak	Fordel	Ulempe	Kostnad	Kommentar
Alternativ 1 - Drenering	Relativt enkelt og raskt tiltak. Skråninga vil ha tilnærma uendra estetiske uttrykk.	Krev gode rutiner for framtidig vedlikehald. Vil vere eit lite synleg tiltak for naboar som vart hardest berørt av skredet.	650 000 eks.mva (av dette er 250 000 knytt til utføring av grunnundersøkingar)	Anbefalt tiltak. Drenering må prosjekterast av VA-ingeniør, med bistand frå geotekniker. Trong for grunnundersøkingar for stadfesting av lagdeling må vurderast av ansvarleg prosjekterande.
Alternativ 2 – fjerning av lausmassar	Dei ustabile massane vert fjerna fullstendig. Godt synleg tiltak. Lite vedlikehaldskrevjande.	Estetisk lite attraktivt. Utfordrande anleggsteknisk, med mykje anleggstrafikk inn i eit bustadområde.	650 000 eks.mva	Lausmassane må fjernast iht. plan laga av geotekniker.
Alternativ 3 - jordnagling	Synleg tiltak som vil auke sikkerheita i det svake topplaget.	Krev ytterlegare grunnundersøkingar. Enden av naglane vil vere synlege over terreng	3 750 000 eks.mva	Tiltaket må prosjekterast.

7. Oppsummering

Notatet gjev eit samandrag av dei vurderingar og berekningar som er gjort vedrørande stabilitet av skredutsatt lausmasseskråning på Votlo. Det er skissert 4 vurderte tiltak for sikring av skråninga, der eitt av desse er vurdert å vere urealistisk å gjennomføre. Av dei tre resterande tiltaka er det gjort ei vurdering av fordeler, ulemper og kostnader. Samla sett er alternativ 1 – drenering – vurdert å vere det anbefalte tiltaket. Tiltaket må prosjekterast, og det må etablerast gode rutiner for vedlikehald av grøfter.

Referanser:

- /1/ Direktoratet for byggkvalitet, Byggteknisk forskrift (TEK17)
- /2/ Tuncer B. Edil og Xiaodong Wang, Shear Strength and K₀ of Peats and Organic Soils,