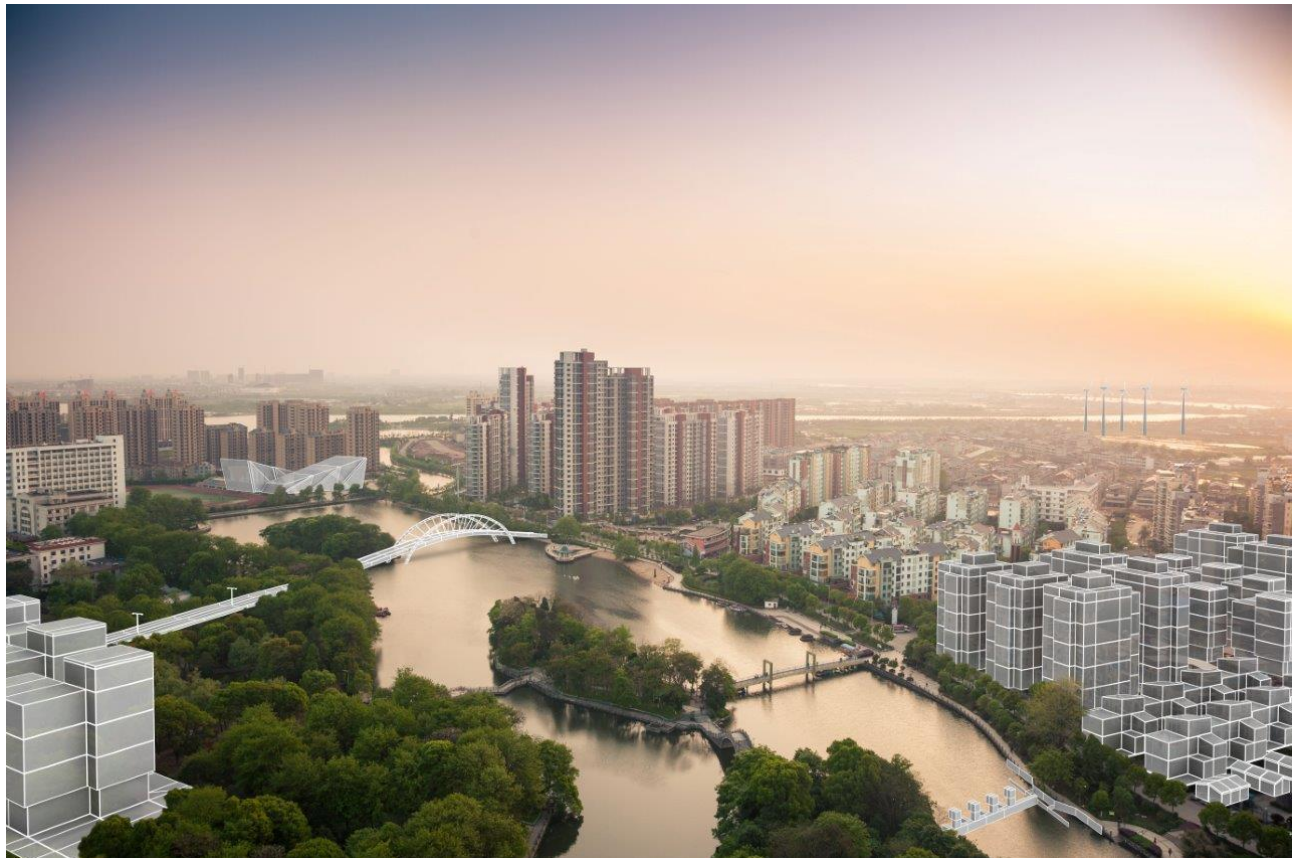


---

RAPPORT

---

Ingeniørgeologisk rapport – Strekning 2 (pel 1390-1775)



Kunde: Bergen kommune

Prosjekt: Løvstien etappe 4, del 2

Prosjektnummer: 26481005

Dokumentnummer: 26481005\_Ing.geo\_R02\_A01 Rev 2: 02.03.2019

### Sammendrag:

Sweco Norge AS er engasjert av Bergen kommune for å etablere etappe 4 del 2 av Løvtien langs Løvtakken i Bergen kommune. Etappe 4 del 2 ligger på østsiden av Løvtakken, og vil kobles på Løvtien etappe 4 del 1 i sør ved Fredlundsvingen og i nord ved Løvtakklien og Grønnlien.

Denne rapporten vil tar for seg ingeniørgeologiske utfordringer for etablering av Løvtien etappe 4 del 2 strekning 2.

Denne strekningen går gjennom stedvis svært bratt terreng og det skal etableres en brokonstruksjon som forankres i og på berget. Det må utføres omfattende sikringstiltak i enkelte bergparti for å sikre fundament for konstruksjon samt hindre nedfall ned mot boliger på nedsiden.

### Rapporteringsstatus:

- Endelig
- Oversendelse for kommentar
- Utkast

<b>Utarbeidet av:</b> Roger Sørstø Andersen	<b>Sign.:</b>  Roger Sørstø Andersen (2. mar. 2020)
<b>Kontrollert av:</b> Brit Vatne	<b>Sign.:</b> 
<b>Prosjektleder:</b> Ib Mikkelsen	<b>Prosjekteier:</b> Arne Nilssen

### Revisjonshistorikk:

Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av
	02.03.2020	Ingeniørgeologisk rapport	NOROAN	NOVATN
	11.12.2019	Ingeniørgeologisk rapport	NOROAN	NOVATN
	16.11.2017	Ingeniørgeologisk rapport	NOROAN	NOVATN

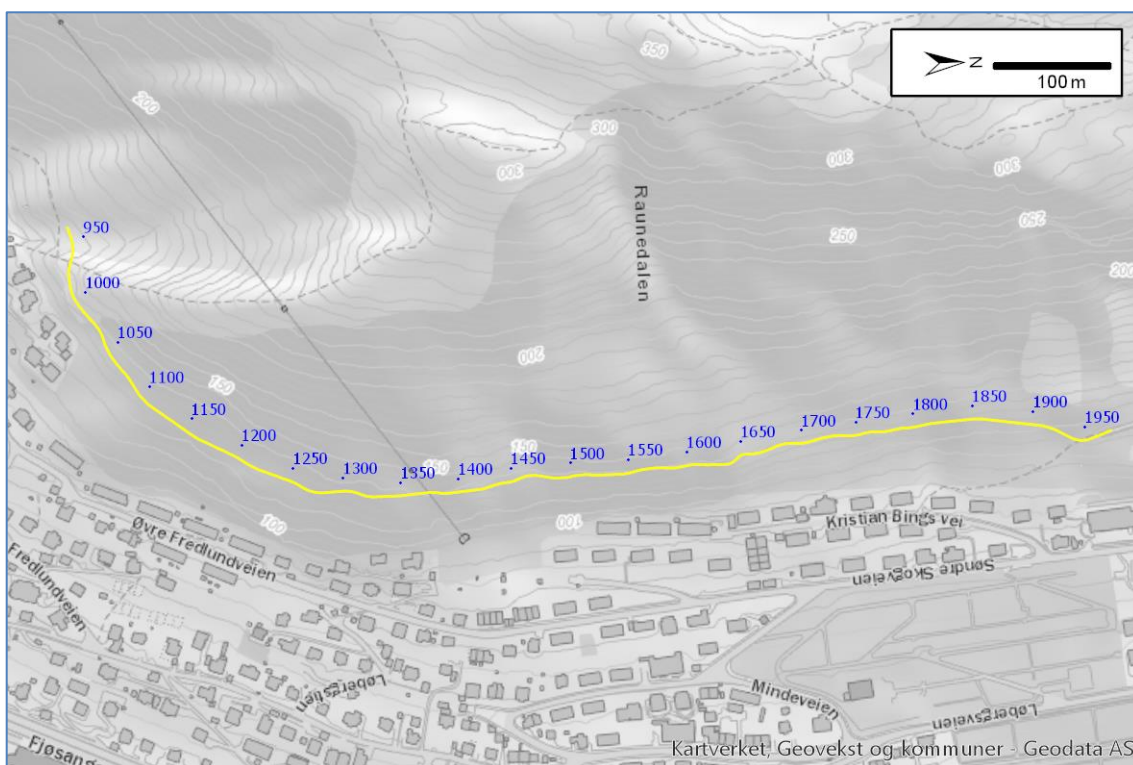
# Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	4
1.1	Grunnlag.....	4
1.2	Regelverk og sikkerhetsklasser .....	5
1.3	Geoteknisk kategori .....	5
1.4	Prosjekteringskontroll.....	5
1.5	Tiltaksklasse.....	6
1.6	Befaring.....	6
2	Områdebeskrivelse.....	6
2.1	Løsmasser.....	7
2.2	Berggrunn og sprekker.....	7
2.3	Skredfare.....	7
2.4	Klima .....	8
3	Generelle prinsipper for hele Løvtien del 2 .....	8
3.1	Støttemurer på oversiden av veggen.....	8
3.2	Sprengning og rystelser .....	8
4	Beskrivelse strekning 2, konstruksjon pel 1400 - 1780 .....	9
4.1.1	Sporadisk boltesikring av konstruksjonens fundament .....	9
4.1.2	Sikring av utsprenge bergskjæringer .....	9
4.1.3	Skredsikringstiltak under anleggsarbeider .....	9
4.1.4	Pel nr. 1560-1570.....	9
4.1.5	Pel nr. 1600 .....	14
4.1.6	Pel nr. 1725 .....	14
4.1.7	Oppsummert sikringsbehov .....	15
5	Referanser .....	15

# 1 Innledning

Turveien Løvstien etappe 4 del 2 strekker seg fra oversiden av øvre bebyggelse i Fredlundsvingen (pel 965) til Grønlien (pel 1970) (Figur 1).

Fjellsiden er østvendt, og stedvis svært bratt. I dette notatet er det fokusert på geologiske problemstillinger knyttet til vegbygging i ulike partier langs linjen.



Figur 1: Oversikt over Løvstien etappe 4 – del 2.

De tre strekningene for Løvstien etappe 4 del 2, er omtalt i tre forskjellige rapporter. Første rapport er for strekningen fra pel nr. 965 - pel nr. 1390 der vegen skal bygges på konvensjonelt vis ved å legge den inn i terrenget. Her vil det etableres skjæringer, murer og fyllinger.

Rapport 2 omhandler midtpartiet som på grunn av svært bratt terreng og store utfordringer for sikkerhet og skredsikring, vil bli bygget som en konstruksjon. Konstruksjonen vil starte med brokar på ca. pel 1390 og avsluttes med brokar ved ca. pel 1775.

Rapport 3 omtaler strekningen nord for konstruksjonen. Vegen vil etableres som første del på konvensjonelt vis ved å legge vegen inn i terrenget. Det etableres skjæringer, murer og fyllinger. Vegen strekker seg her fra ca. pel 1775 til pel nr. 1970.

## 1.1 Grunnlag

Rapporten bygger på følgende grunnlag:

- Plan- og bygningslovens tekniske forskrift TEK 10 §7-3 ([www.lovdato.no](http://www.lovdato.no))
- Veileder til kartlegging av flom- og skredfare i arealplaner fra NVE ([www.nve.no](http://www.nve.no))
- Berggrunns- og løsmassekart fra NGU ([www.ngu.no](http://www.ngu.no))
- Laser-skannede kartdata som grunnlag for terrengmodell, helningskart og skyggekart
- Skredfarekartlegging i Bergen kommune (Eidsvåg 2012)
- Befaringer utført i perioden 2016-2017.

## 1.2 Regelverk og sikkerhetsklasser

Det er ikke definert sikkerhetsklasse for prosjektet i henhold til Plan- og bygningslovens tekniske forskrift, men det vil være naturlig å plassere prosjektet i sikkerhetsklasse S1 der krav om største nominelle årlige sannsynlighet for skred skal være mindre enn 1/100.

Kommunen har gjort klart at det skal være fokus på at skredfaren mot nedenforliggende bebyggelse ikke skal økes verken i byggefase eller i tiden etter prosjektet er ferdigstilt. Stedvis vil prosjektet øke sikkerheten mot skred for underliggende bebyggelse i forbindelse med etablering av turvegen.

## 1.3 Geoteknisk kategori

Eurokode 7 angir prinsipper for fastsettelse av geoteknisk kategori for prosjektering. For konstruksjoner på/i berg, herunder bergskjæringer, byggegroper, tunneler og bergrom vurderes disse prinsippene som ikke relevante for alle forhold, da Eurokode 7 er basert på geotekniske fundamenteringsforhold. Som utgangspunkt for fastsettelse av geoteknisk kategori anbefaler Norsk Bergmekanikkgruppe at prosjektets pålitelighetsklasse (CC/RC) (ref. NS-EN 1990) vurderes i tillegg til grunnforholdenes kompleksitet.

Geoteknisk kategori (GK) har betydning for utførelse under planlegging, bygging og drift av prosjektet. Geoteknisk kategori er en funksjon av vanskelighetsgrad og pålitelighetsklasse, og er gitt av *Tabell 1*.

Bergskjæringene i forbindelse med utsprenkning av vegen vil få en høyde på opp mot 6 meter. Prosjektet er valgt som «Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i enkle og oversiktlige forhold» fra tabell NA.A1(901) i Eurokode 0. Bakgrunnen for dette er lave skjæringshøyder. Vanskelighetsgraden er vurdert å være lav- middels av samme grunn. Dette gir ifølge Tabell 1 geoteknisk kategori 2.

*Tabell 1: Definisjon av geoteknisk kategori.*

Pålitelighetsklasse	Vanskelighetsgrad		
	Lav	Middels	Høy
CC/RC 1	1	1	2
CC/RC 2	1	2	2/3
CC/RC 3	2	2/3	3
CC/RC 4*	*	*	*

\* Vurderes særskilt

## 1.4 Prosjekteringskontroll

Kravet til projekteringskontroll knyttes opp mot valgt pålitelighetsklasse. Pålitelighetsklasse 2 medfører egenkontroll, intern systematisk kontroll samt utvidet kontroll (Tabell 2).

Tabell 2: Prosjekteringskontrollklasse og krav til kontrollform ved prosjektering

Valg av prosjekteringskontrollklasse		Krav til Kontrollform		
Pålitelighetsklasse	Minste prosjekteringskontrollklasse	Egenkontroll	Intern systematisk kontroll	Utvidet kontroll
1	PKK1	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	PKK2	kreves	kreves	kreves
3	PKK3	kreves	kreves	kreves
4	Skal spesifiseres	kreves	kreves	kreves

## 1.5 Tiltaksklasse

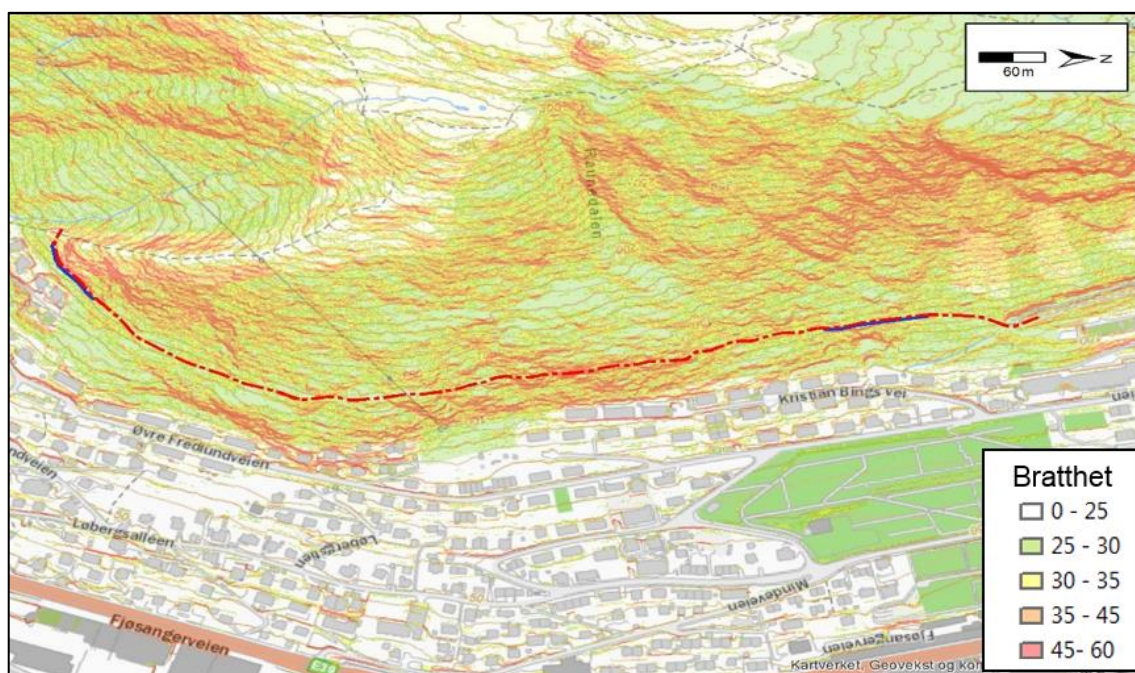
Prosjektet er vurdert å ligge i tiltaksklasse 2 på bakgrunn av middels vanskelighet og konsekvenser. Tiltaksklasse 2 medfører at det skal utføres uavhengig kontroll av prosjekteringen.

## 1.6 Befaring

Det har i 2016 og 2017 blitt utført en rekke befaringer i Løvstien. De geologiske og geotekniske befaringene er utført av Roger S. Andersen, Brit Vatne, Marianne Borge og Krishna Aryal fra Sweco Norge AS.

## 2 Områdebeskrivelse

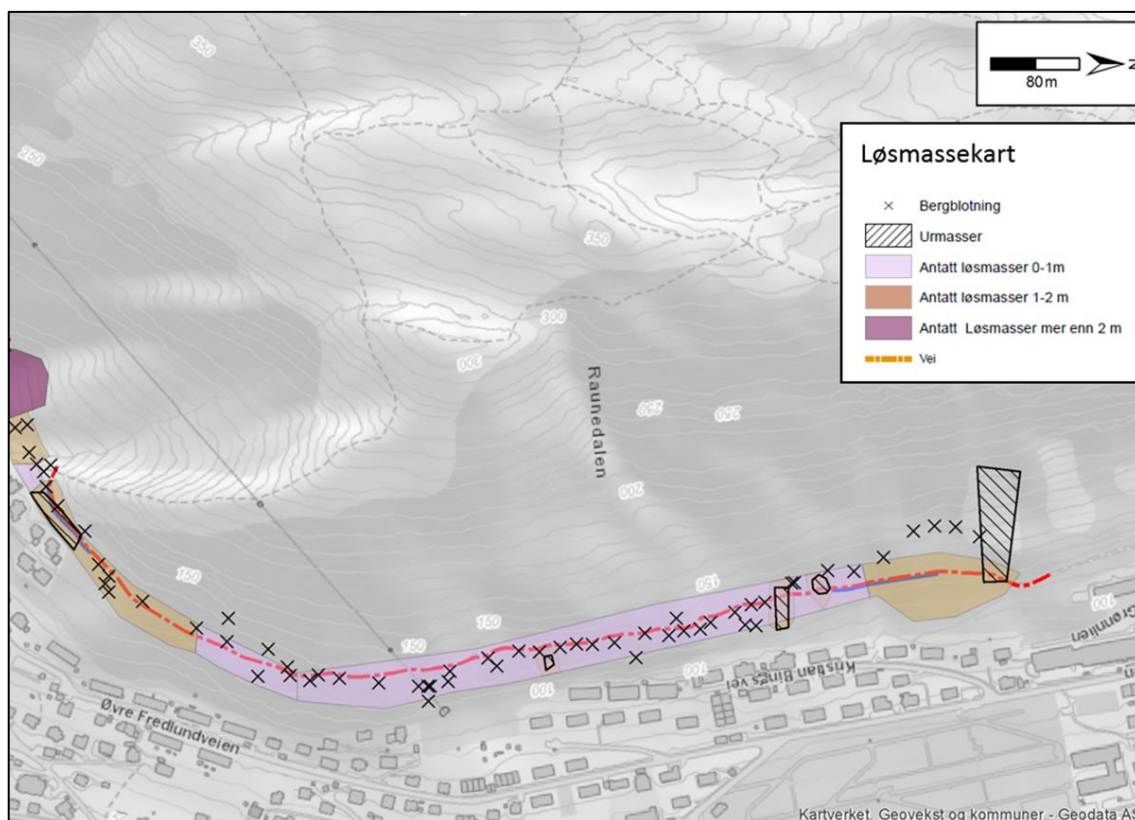
Terrenget er i sentrale deler av området preget av bratte, tilnærmet vertikale skrenter som danner løснеområder for steinsprang. Foruten skrentene varierer terrenghelningen i området over og under disse fra ca. 30-50° (se helningskart i Figur 2). Terrenget er i stor grad bevokst med barskog, stedvis er det klynger med gran.



Figur 2: Helningskart.

## 2.1 Løsmasser

Det ligger en del løsmasser i terrenget med varierende mektighet fra noen få cm til opptil flere meter tykkelse. Terrenget hvor løsmassene ligger er i noen tilfeller bratt nok til at det kan løsne løsmasseskred, særlig dersom en utfører terrenginngrep i området. Det ligger urer flere steder i traseen. Terrenginngrep må planlegges nøye, samt drenering av vann må ivaretas slik at drenering følger de naturlige dreneringsveiene i størst mulig grad. Beskrivelse av inngrep i bratt løsmasseterrang og urer, oppbygging av natursteinsmurer er beskrevet i eget geoteknisk notat (26481002-Geoteknikk-RIG-R01-A01). Løsmassekart er vist i Figur 3.



Figur 3: Løsmassekart med antatt løsmassetykkelse kartlagt på befaringer.

## 2.2 Berggrunn og sprekker

Berggrunnen i området er av NGU kartlagt som øyegneis til flasergneis, for det meste granittisk, rød, biotittrik.

Strøk og fall målinger og observasjoner viser at foliasjonen i berget faller ut mot øst med 30-50°. Et annet sprekkesett har vertikalt fall og stryker ØSØ-VNV. Det finnes også et sprekkesystem som har strøk tilnærmet N-S med tilnærmet vertikalt fall.

Sprekkesystemene viser at det i nyetablerte skjæringer vil det kunne dannes avgrensede blokker med fall ut mot vegen som avgrenses på sidene og i bakkant.

## 2.3 Skredfare

Det er tidligere utført skredfarekartlegging av fjellsiden [1]. Resultatene fra denne kartleggingen viser at store deler av turvegen vil gå i områder der nominell årlig sannsynlighet for skred er større enn 1/1000 og 1/5000. I området ovenfor Kristian Bings veg er skredfaren anslått å være større enn

1/100. Det er hovedsakelig steinsprang som er den dimensjonerende skredtypen. Snøskred ansees som mindre sannsynlig på bakgrunn av klima og at terrenget er av en ru karakter uten typiske løснеområder for snøskred.

Løsmassene i området er hovedsakelig morenemateriale, og stedvis ur. Områder der løsmassene ligger bratt ( $>27^\circ$ ) er potensielle løснеområder. En vanlig løsnemekanisme ved jordskred er høyt vanninnhold i massene, eller undergraving i bunn. Ved inngrep i slike skråninger må det enten etableres stabile graveskråninger, eller det må settes opp mur for å hindre utglidning av masser. Det må også forsøkes i den grad det er mulig å bevare naturlige dreneringskanaler.

## 2.4 Klima

I følge senorge.no ligger årsnedbøren i Bergen på ca. 2400 mm. Størst andel av nedbøren kommer om høsten og tidlig vinter.

# 3 Generelle prinsipp for hele Løvstien del 2

## 3.1 Støttemurer på oversiden av vegen

I områder hvor det skal etableres bergskjæringer med løsmasser på toppen, kan det være fare for utrasing eller nedfall av steiner og løsmasser. I slike tilfeller anbefales det å etablere sognemur. Det må foretas fortløpende vurderinger av hvor det er nødvendig å etablere mur. Det anbefales å kontakte en geotekniker eller geolog for vurdering av plassering av sognemur. Sognemur etableres ved å bore og gyse fast varmforsinket kamstålbolter  $\varnothing 32$  mm ca. 1,5- 2 m inn i fast berg, og med senteravstand 0,5 m. Deretter stables det liggende plank 98mm\*48mm mellom boltene. Sognemurer er vurdert å være ca 0,5-1 meter høy. Antall meter med sognemur langs hele strekningen er estimert å være ca 250 meter. Det er viktig at vann kan drenere gjennom sognemuren. Eksempel på sognemur er vist i Figur 4.



Figur 4: Eksempel på sognemur.

## 3.2 Sprengning og rystelser

All sprengning i området skal utføres forsiktig. Endelig skjæring skal sprenges med kontur  $c/c = 0,5$  m. Rystelser skal ikke overstige 25 mm/s. Det skal utføres rystelsesmåling på bygninger



fundamentert på berg innenfor en radius på 100 meter og bygninger fundamentert på løsmasser innenfor en radius på 50 m iht. NS 8141. Omfang av rystelsesmålinger kan tilpasses av geolog i byggefasen.

## 4 Beskrivelse strekning 2, konstruksjon pel 1400 - 1780

Det vises til kapittel 4.3 Fundamenter i egen bergenkinsrapport (26481005\_Beregningsrapport) for beskrivelse av konstruksjonen og festeanordninger i berget.

Langs strekning 2 er terrenget stedvis svært bratt. Det er stort sett berg i dagen med mindre lommer av løsmasser mellom. Det finnes enkelte urer. Berget er i stor grad av god kvalitet med lav til moderat oppsprekkingsgrad. Det dominerende sprekkesettet har en ugunstig orientering med fall ut mot dalen. Terrenget er bevokst med løvtrær og noe spredt fure. Det vokser også en del eier i terrenget.

### 4.1.1 Sporadisk boltesikring av konstruksjonens fundament

Det må påregnes at det kan være områder ved forankringspunktene som må forsterkes med enkelte fjellbolter. Det estimeres at det blir behov for 30 bolter til dette formålet. Type bolt, L=3m, fullt innstøpte Ø20. Sikres minimum 1 meter inn i fast fjell.

### 4.1.2 Sikring av utsprengte bergskjæringer

Det er ikke planlagt sprengning som resulterer i bergskjæringer langs denne strekningen.

### 4.1.3 Skredsikringstiltak under anleggsarbeider

Det må fortløpende vurderes på kritiske punkter om det er behov for bruk av midlertidig fanggjerde for å ivareta sikkerheten til bolighusene under. Dette for å unngå at stein som løsner fra terrenget under arbeider når bebyggelsen.

Høyde på gjerdet skal være 3.0 m. Gjerdet må tåle minimum 1000 kJ. Gjerdet fjernes etter at arbeidets utførelse på stedet er avsluttet. Det kan evt. gjenbrukes på anlegget dersom det ikke er skadet.

### 4.1.4 Pel nr. 1560-1570

Mellom pel 1560 og 1570 er det et kritisk avgrenset bergparti (Figur 5). Dette er over boliger i Kristian Bings vei 25-75. Konstruksjonen er planlagt forankret i deler av dette partiet.

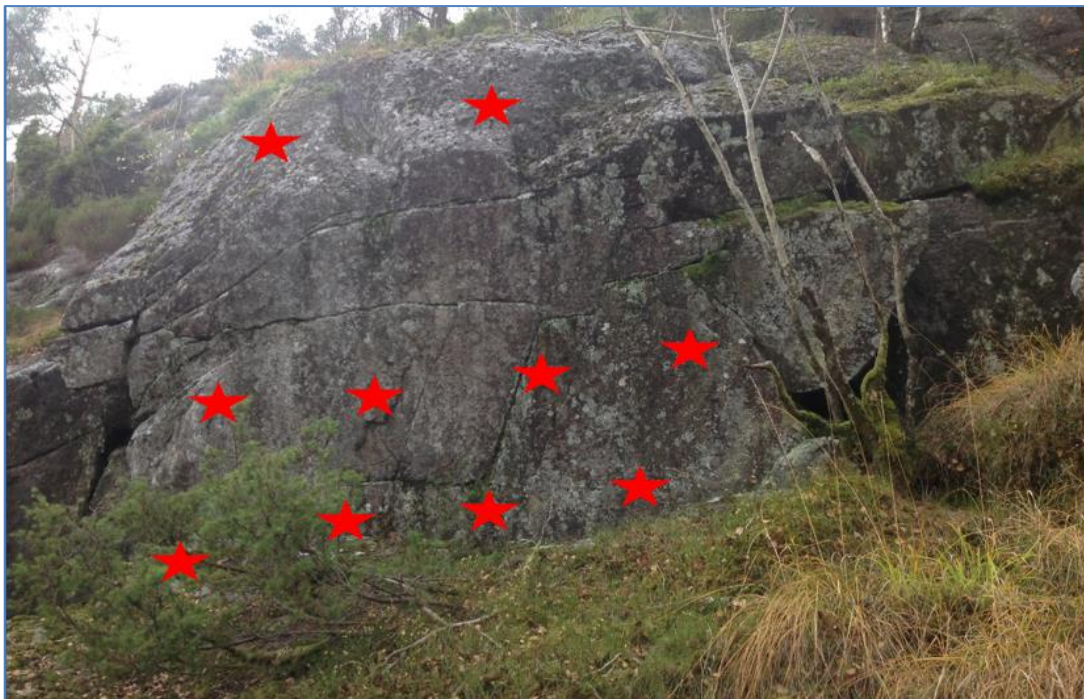
Forslaget til boltesikring skissert under tar utgangspunkt i at konstruksjonen skal etableres i og på dette avgrensede bergpartiet. Sikringsanslaget er derfor noe høyere enn det ville vært ved kun normal bergsikring for å hindre nedfall. Endelige detaljer må vurderes i felt av geolog når det er bestemt nøyaktig hvor forankringspunktene vil bli.

For å hindre uønskede skredhendelser må dette partiet spesielt sikres. Formålet med sikringen er for det første å forhindre at blokken løsner og raser ned mot bebyggelsen under. Sikringen skal også sørge for at berget blir en solid forankring for konstruksjonen som etter all sannsynlighet må forankres her. Arbeidene med konstruksjonen blir uansett så tett opptil dette punktet at det må sikres.

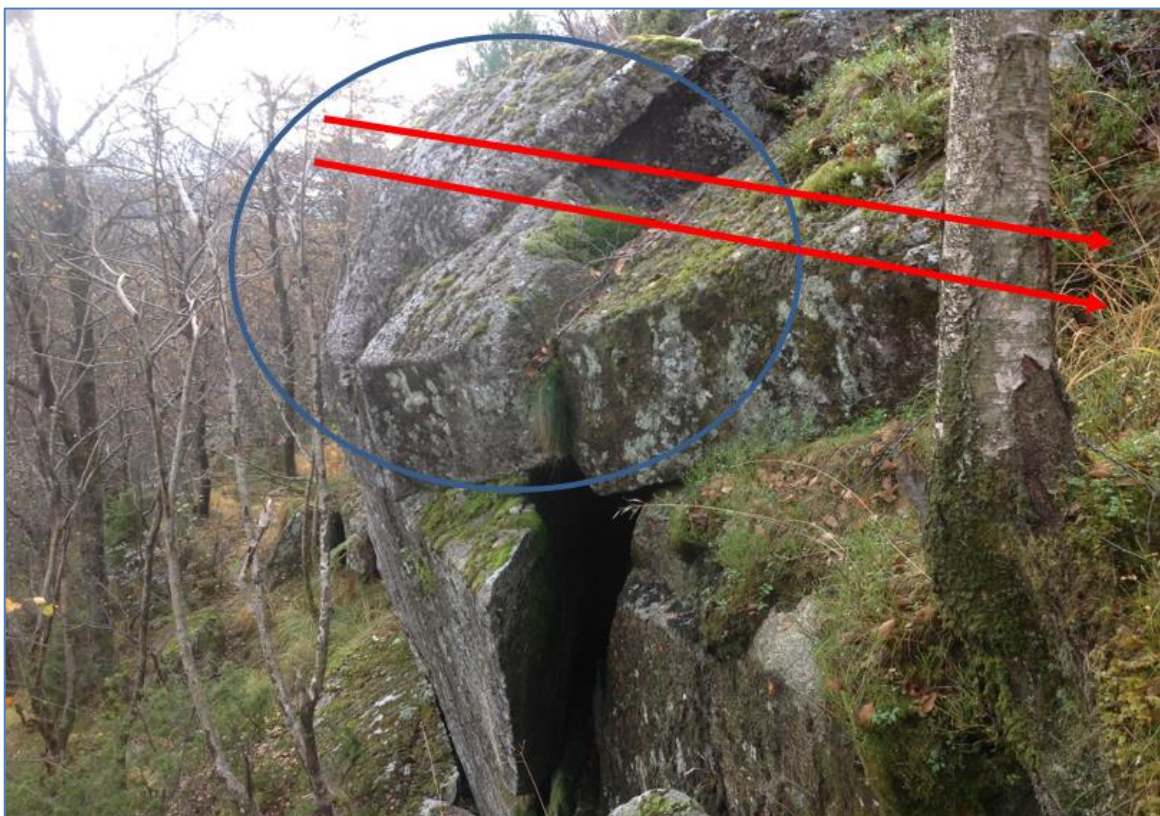
Frontblokken er anslått å være ca. 24 m<sup>3</sup> (1,5 m x 4 m x 4 m). Først må blokken sikres med bergbånd for å ivareta sikkerheten til arbeiderene. Deretter skal den sikres med 10 stk endeforankrede kamstålbolter Ø25 mm, lengde 4 meter. Boltene skal forankres minimum 1 meter inn i fast berg. Plassering av boltene er vist i Figur 6 og Figur 7.



Figur 5: Avgrenset parti ved pel nr. 1560-1570.



Figur 6: Frontblokken sett forfra, røde stjerner antyder plassering for sikringsbolter.



Figur 7: Topp på frontblokk sett fra nord mot sør. De røde linjene indikerer retningen på de to øverste boltene i Figur 6.

På toppen av frontblokken ligger det en mindre blokk på ca. 4 m<sup>3</sup>. Denne er ringet inn med blå sirkel i Figur 7. Denne blokken skal sikres med 4 stk endeforankrede bolter med diameter Ø25 mm. Lengde bestemmes av geolog på stedet etter rensk, men antas å være 3 eller 4 meter.

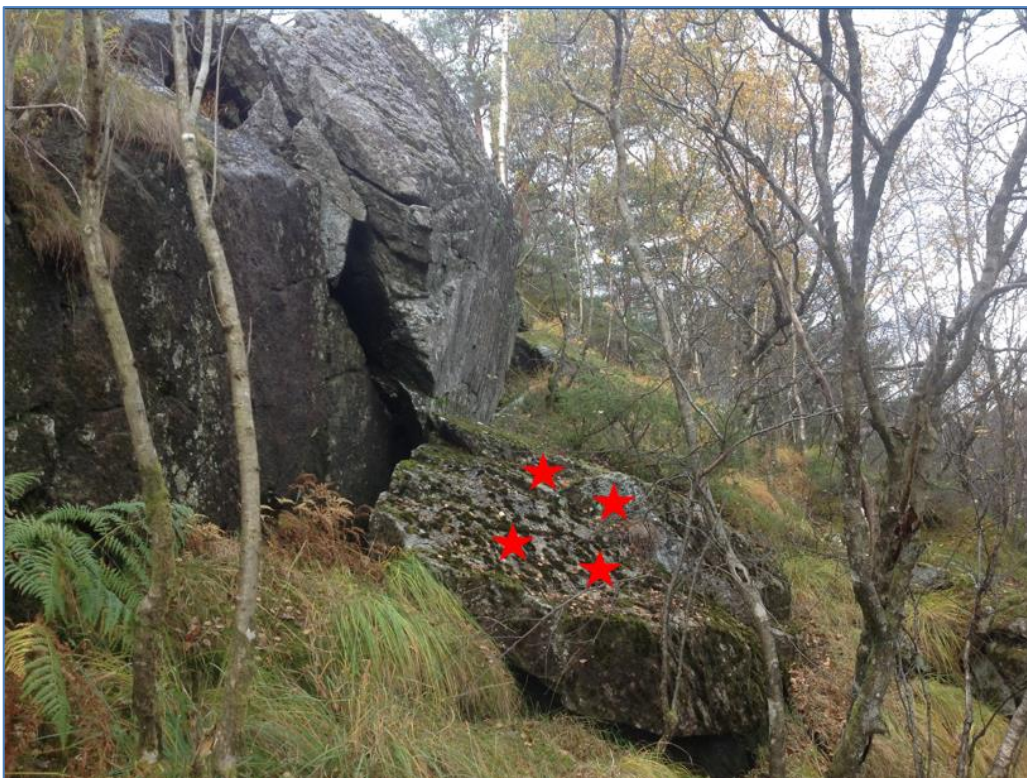
Like bak denne mindre blokken er det en til blokk som ligger opp mot antatt fast berg. Størrelse på blokken er estimert til å være ca. 4 m<sup>3</sup>. Denne blokken skal sikres med 6 stk endeforankrede bolter med diameter Ø25 mm. Lengde bestemmes av geolog på stedet etter rensk, men antas å være 3 eller 4 meter. Bolt sikring i de to mindre blokkene er vist i Figur 8.

Alle bolter skal forankres minimum 1 meter inn i fast fjell.

Ved foten av frontblokken ligger det en blokk som skal sikres med 4 stk endeforankret bolter Ø25 mm med lengde 3-4 m (Figur 9). Boltene forankres minimum 1 meter inn i fast fjell.



Figur 8: Avgrensede blokker bak frontblokk. Den nedre sikres med 4 bolter, den øvre med 6 bolter.



Figur 9: Blokk ved foten av frontblokk sikres med 4 bolter, de røde stjernene antyder plassering for boltene.

Sør for det omtalte partier er det en blokk på ca. 8 m<sup>3</sup> (Figur 10). Den er noe mindre avgrenset, men har et tydelig glideplan. Det anslås ca. 5 stk endeforankrede Ø20 mm bolter med lengde 3-4 m. Boltene forankres minimum 1 meter inn i fast fjell.



Figur 10: Blokk sør for frontblokk. Bolter er antydnet med røde stjerner.

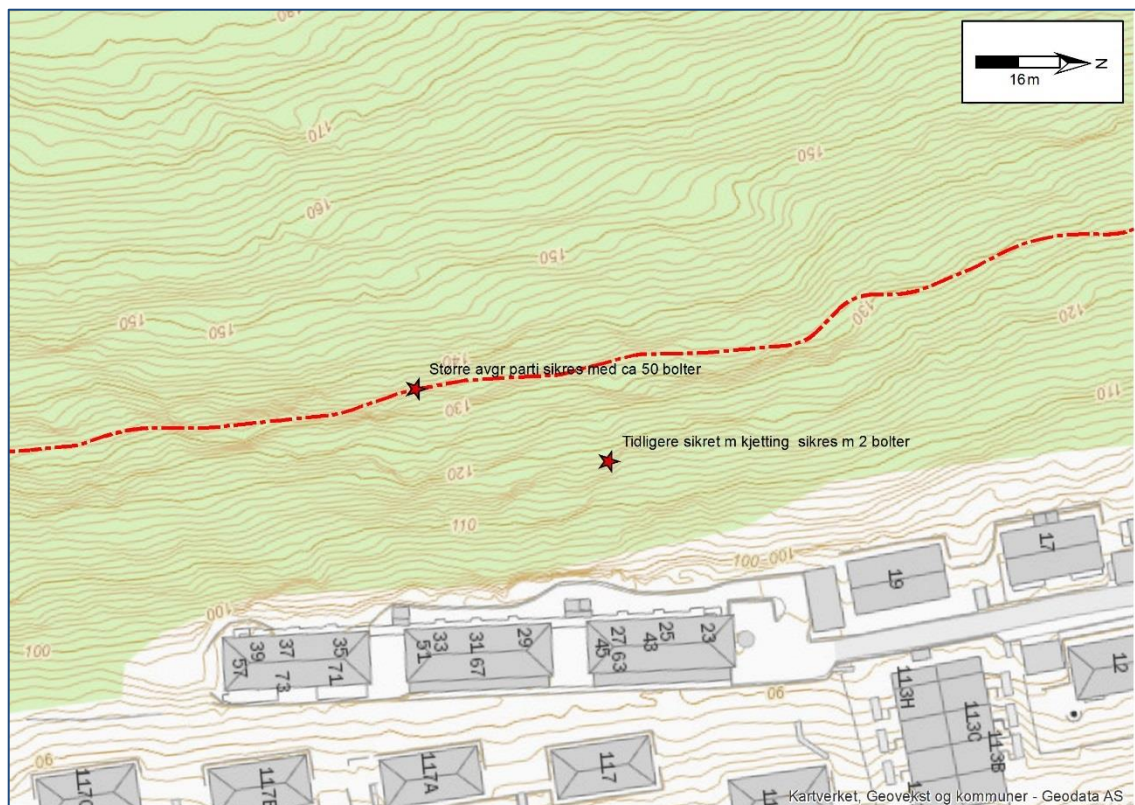
#### **Sikringsbehov:**

Det er i tillegg behov for sporadisk boltesikring i området rundt pel nr. 1560-1570. Det er estimert ett behov på 20 bolter til dette. Totalt boltebehov for dette partiet er estimert til å være ca. 50 bolter.

Det er i tillegg behov for ca 40 meter bergbånd.

#### 4.1.5 Pel nr. 1600

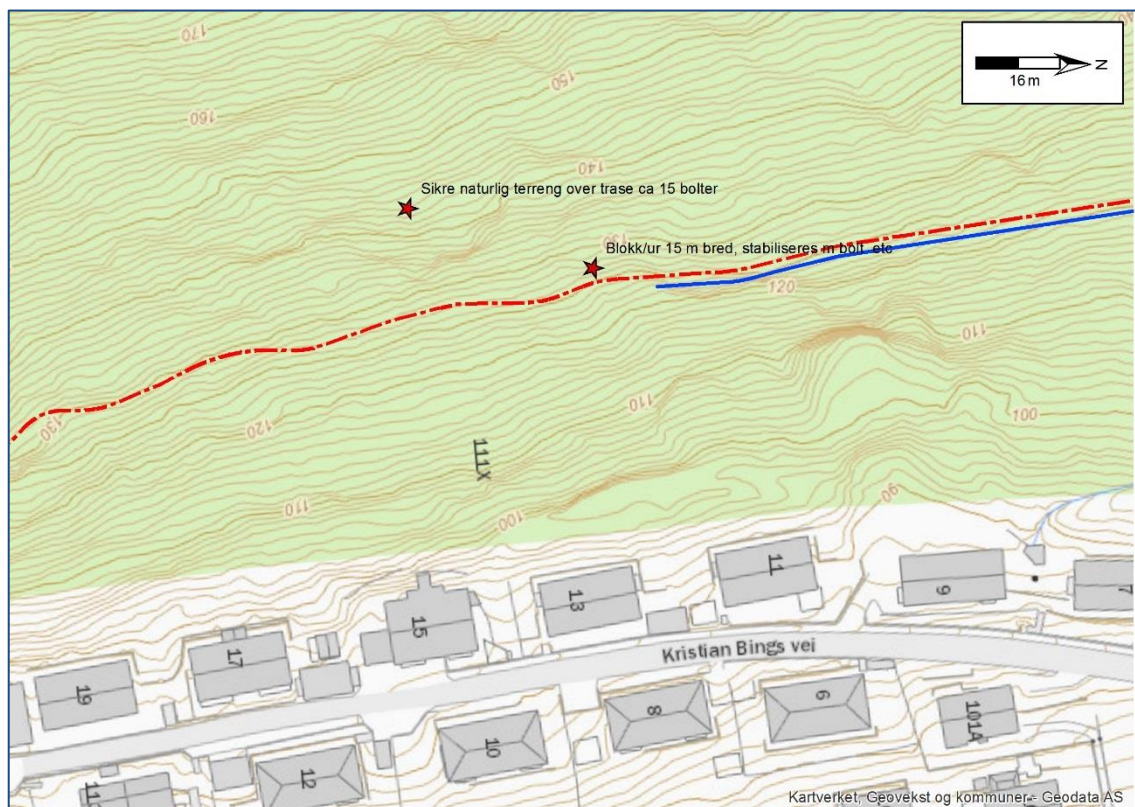
Omtrent 20 meter på nedsiden av traseen ved pel nr. 1600 er det en blokk på glideplan i terrenget som er tidligere sikret med kjetting (Figur 11). Sikringen vurderes som ikke tilfredsstillende og det anbefales å installere 2 stk. endeforankrede Ø20 mm bolter med lengde på 3 meter. Boltene skal forankres minimum 1 meter inn i fast fjell.



Figur 11: Tidligere sikret blokk som må sikres ytterligere.

#### 4.1.6 Pel nr. 1725

Ved pel nr. 1725 er det et avgrenset parti like over traseen som skal sikres (Figur 12). Det anslås at det er tilstrekkelig med 15 bolter (endeforankret Ø20 mm, lengde 3 meter). Forankres minimum 1 meter inn i fast fjell.



Figur 12: Avgrenset naturlig bergparti som skal sikres ved pel nr. 1725.

#### 4.1.7 Oppsummert sikringsbehov

Fjellbolter til sikring i denne delen:	100 stk
Bergbånd:	ca 40 meter.

## 5 Referanser

[1] E. Eidsvåg, Skredfarekartlegging i Bergen kommune, Bergen: Universitetet i Bergen, 2012.

# 26481005\_Ing.geo\_R02\_A01

Endelig revisjonsrapport

2020-03-03

Opprettet:	2020-03-02
Av:	Roger Sørstø Andersen (roger.andersen@sweco.no)
Status:	Signert
Transaksjons-ID:	CBJCHBCAABAAK6k1FV8dq2y2c_gfFcT_TPYrNWFLSVeE

## "26481005\_Ing.geo\_R02\_A01"-historikk

-  Dokument opprettet av Roger Sørstø Andersen (roger.andersen@sweco.no)  
2020-03-02 - 16:47:48 GMT - IP-adresse: 85.19.65.84
-  Dokument sendt via e-post til Brit Vatne (Brit.Vatne@sweco.no) for signering  
2020-03-02 - 16:48:33 GMT
-  Dokument sendt via e-post til Roger Sørstø Andersen (roger.andersen@sweco.no) for signering  
2020-03-02 - 16:48:33 GMT
-  Dokument e-signert av Roger Sørstø Andersen (roger.andersen@sweco.no)  
Signaturdato: 2020-03-02 - 16:48:40 GMT - Tidskilde: server- IP-adresse: 85.19.65.84
-  E-postmelding vist av Brit Vatne (Brit.Vatne@sweco.no)  
2020-03-03 - 07:21:32 GMT - IP-adresse: 85.19.65.84
-  Dokument e-signert av Brit Vatne (Brit.Vatne@sweco.no)  
Signaturdato: 2020-03-03 - 07:21:39 GMT - Tidskilde: server- IP-adresse: 85.19.65.84
-  Signert dokument sendt via e-post til Roger Sørstø Andersen (roger.andersen@sweco.no) og Brit Vatne (Brit.Vatne@sweco.no)  
2020-03-03 - 07:21:39 GMT