23-127-RIG-NO-01.B
NOTAT LOKALSTABILITET FOR TRANSFORMATORSTASJON

SKRÅNINGSSTABILITET, GRAN

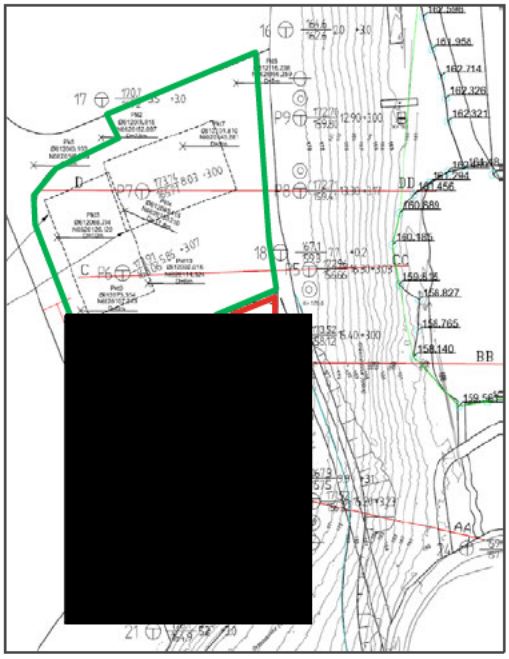
Prosjektnummer	23-127
Oppdragsgiver	Teknaconsult AS
Utført av	Mari Thu Randulff
Kontrollert av	Linda Cathrin Olsen

Dato	27.09.23
Revisjon	B

ORIENTERING

Procon Rådgivende Ingeniører AS er engasjert til å gjøre en stabilitetsvurdering av en lokal skråning på Gran i Enebakk (g.- og b.nr. 91/867). Skråningsstabiliteten vurderes i forbindelse med oppføring av en transformatorstasjon på skråningstopp og en vei i skråningen. Tiltakene er visst på tegning «433» (utkast datert 08.02.23), utarbeidet av Teknaconsult. Tidligere vurdering av stabiliteten er gitt i dokumentet «20-108-RIG-NO-01.A Notat lokalstabilitet» før supplerende grunnundersøkelser ble gjennomført.

Revisjon B av dette notatet inkl. også stabiliteten til skråningen lengre nord hvor det er planlagt oppføring av et administrasjonsbygg og en gang- og sykkelsti på skråningstopp, se Figur 1.



Figur 1: Utklipp av tegning G02-A som viser snitt A-D på tomt for transformatorstasjon (rødt) og administrasjonsbygg (grønt).

REGELVERK

Geotekniske parametere, sikkerhetsfaktorer og dimensjoneringsprinsipper fremkommer av dokumenter gitt i Tabell 1.

Tabell 1: Dokumenter som underlag for prosjekteringen.

Dokument	Emne
Plan og bygningsloven (2008)	Lov om planlegging og byggesaksbehandling
TEK17 (01.03.2022)	Byggeteknisk forskrift
SAK10 (01.01.2022)	Byggsaksforskriften
NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016	Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner
NS-EN-1997-2:2007+NA:2020	Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 1: Allmenne regler
NS-EN-1997-2:2007+NA:2008	Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver
NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021	Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning – Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger
Håndbok N200 (2022)	Vegbygging
Håndbok V220 (2023)	Geoteknikk i vegbygging
Håndbok V221 (2014)	Grunnforsterkninger, fyllinger og skråninger
Rapport nr. 604 (2017)	Jordskjelvdesign i Statens Vegvesen

GRUNNFORHOLD

Det henvises til grunnforhold beskrevet i «Notat vurdering grunnforhold», «20-108-RIG-NO-01.A Notat lokalstabilitet» og «23-127-RIG-RAP-01.A Geoteknisk grunnrapport». Eldre og supplerende borpunkter er gitt i «G02-A». Supplerende grunnundersøkelse ble utført våren 2023.

TERRENG

Det er tegnet opp tre snitt, et snitt sør (A) og nord (B) på tomten for transformator-stasjonen, samt et snitt (C) på tomten for administrasjonsbygget. Skråningen ligger i dag med varierende helning, fra 1:2,2 i snitt A, 1:1,4 i snitt B, 1:2,1 i snitt C og 1:2,3 i snitt D. I det bratteste partiet (snitt B) ligger skråningen med svakt overheng (mage). Snittene er markert på Figur 1 og tegning G02-A. Snitt B anses som det kritiske snittet.

Nedenfor skråningen ligger et fordrøyningsbasseng, delvis etablert i berg og delvis i løsmasser.

SKRÅNINGSSTABILITET

Jordprofil

Under de supplerende grunnundersøkelsene ble det boret for flere profiler. Jordprofilene er satt opp med et lag som representerer varierende kvalitet ettersom undersøkelsene viser at det er stor variasjon i grunnforholdene fra borpunkt til borpunkt og ingen tydelig lagdeling. I snitt A og C er det ett gjennomgående lag av dårlige fyllmasser til berg. I snitt B er det lagt inn et øvre lag av bedre fyllmasser før resterende masser er tolket som dårligere fyllmasser til berg. Jordparametere for de ulike lagene er gitt i Tabell 2. Endelig situasjon i snitt A og B inkl. i tillegg en fylling for vei, samt stabiliserende tiltak, derav utskiftning av masser. Det er forutsatt tilbakeføring av gode kvalitetsmasser, definert som vegfylling i beregningene. Ny veifylling må komprimeres etter NS 3458:20044, normal komprimering.

Tabell 2: Jordparametere for de ulike lagene.

Lag	**γ/γ' (kN/m³)**	**Φ (°)**	**c (kPa)**
Veifylling	19/12	42	9
God fylling	19/12	40	3,4
Fyllmasser	18/8	33	0

Grunnvannsstanden er satt til siste avleste måling i piezometerene i punkt P1 og P2 for snitt A og B. For snitt C og D er det benyttet interpolering mellom målingene fra punkt P1, P2 og P9. Vannstanden er etter en konservativ vurdering av vannivået satt til ca. 1 m under terrengnivå i bunn av skråningen i snitt A og C. I snitt B ligger vannstanden på bergoverflaten i bunn av skråningen. Snitt D har ca. tilsvarende vannivå som nabosnittet C, korrigert for kotehøyden i bunnen av skråningen.

Laster

Laster i bakkant av fyllingen er gitt i Tabell 3 og følger krav 1.1.5.6 iht. Vegnormal N200 (2022). Det er benyttet en partialfaktor for trafikklast på 1,3.

Tabell 3: Laster i bakkant av skråningen.

Terrenglast	5 kPa
Vei	15 kPa
Parkeringsplass	15 kPa
Gang- og sykkelvei	10 kPa
Bygg (pelefundamentert)	11,5 kPa

Beregningene forutsetter at byggene (transformatorstasjon og administrasjonsbygg) pelefundamenteres og at last på terrenget derfor er av begrenset omfang.

Det er gjort beregninger for dagens situasjon i effektivspenningsanalyse (aφ/drenert) for snittene. Udrenert situasjon er utelukket etter de supplerende grunnundersøkelsene hvor det hovedsakelig ble påtruffet friksjonsholdige masser. Noe leir er påtruffet, men det antas å være mindre og lokale lag som ikke opptrer som gjennomgående lag i den dårlige fyllmassen. Drenert situasjon anses derfor som mest representativ.

Seismisk påvirkning og jordskjelvdesign

Byggverket plasseres i seismisk klasse IIIa. Grunnforholdene vurderes å være i seismisk grunntype E på grunn av grunnforhold tilsvarende seismisk grunntype D og dybde til berg mellom 5-20 m. Med berggrunnens akselerasjon for Enebakk på a_{gR} = 0,25 m/s^2 er ikke konstruksjonen innenfor utelatelseskriteriet på a_gS < 0,50 m/s^2. Skråningsstabiliteten må kontrolleres for påvirkning av jordskjelvlaster.

Statisk tilleggslag horisontal- (F_H) og vertikalkomponenter (F_V) inkluderes i stabilitetsberegningen etter pseudo-statisk analyse iht. Statens vegvesen sin rapport nr. 604. Topografisk amplifikasjonsfaktor, S_T utgår med bakgrunn i at terrengkriterier ikke oppfylles for skråningen (NS-EN 1998-5:2004+NA:2014). Det er sett bort fra syklisk skjærfasthet med degenerering ettersom skråningsstabilitet kun er beregnet med effektivspenningsanalyse. Det er benyttet en statisk tilleggslast for horisontal- og vertikal komponent på F_H = 0,03W og F_V = 0,99W, hvor W = vekten av potensiell utglidningsmasse, hhv. $F_{V(+)}$ = 1,01 og $F_{V(-)}$ = 0,99.

Beregningsmetode

Beregninger er utført med GeoSuite Stability versjon 16.0.0.0 utviklet av Novapoint hvor sirkulære og bruddflater er undersøkt. Det er utført effektivspenningsanalyser med beregningsmodellen BEAST.

Krav til sikkerhets- og materialfaktor

Iht. NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 er sikkerhetsnivået i en aφ-analyse $\gamma_{\varphi'}$ = 1,25. På grunn av registrert stor variasjon i grunnforholdene og usikkerhet knyttet til valg av jordparametere er det valgt å øke sikkerhetsfaktoren iht. N200, Tabell 1.4.2-1 for nøytralt brudd med konsekvensklasse CC2. Krav til sikkerhet er satt til $\gamma_{M,\varphi}$ = 1,4.

Konsekvensklasse	Bruddmekanisme		
	Seigt, dilatant brudd	Nøytralt brudd	Sprøtt, kontraktant brudd
CC1 Mindre alvorlig	1,25	1,3	1,4
CC2 Alvorlig	1,3	1,4	1,5
CC3 Meget alvorlig	1,4	1,5	1,6

Figur 2: Tabell 1.4.2-1 i håndbok N200.

Sikkerhetsfaktoren for beregninger som inkl. jordskjelvlast er $\gamma_{\varphi'}$ = 1,2 for fyllmasser iht. NS-EN 1998-5:2004+NA:2014, punkt NA.3.1.

Resultater

Resultatene fra beregningene er oppsummert i Tabell 4 for tomt transformatorstasjon og i Tabell 5 for tomt administrasjonsbygg. Grønn farge indikerer tilstrekkelig sikkerhetsfaktor og rødt indikerer sikkerhetsfaktor < krav.

Tabell 4: Resultater fra stabilitetsberegningene for transformatorstasjonen. Grønn indikerer tilfredsstillende sikkerhetsfaktor og rød indikerer at krav til sikkerhet ikke er oppfylt.

Beregning	Snitt A	Tegning	Snitt B	Tegning
Dagens situasjon	1,59	G60-A	1,29	G62-A
Endelig situasjon	1,17	-	1,17	-
Endelig situasjon m. tiltak	1,40	G61-A	1,43	G63-A
Endelig situasjon m. tiltak, inkl. jordskjelv	1,31 (+) 1,31 (-)	G61-A	1,35 (+) 1,34 (-)	G63-A

Dagens situasjon har tilfredsstillende stabilitet i snitt A, ikke i snitt B. Endelig situasjon har ikke stabilitet iht. sikkerhetskrav og det må derfor gjennomføres stabiliserende tiltak i begge snitt. I snitt A er det masseutskiftet 2 m under veifyllingen med en helning på 1:1,5, samt at vegfylling er lagt med helning 1:2 fra bunn av skråningen til 1:1,5. I snitt B er det behov for en motfylling for å stabilisere massene i skråningen. Det er imidlertid allerede lagt ut masser utover fastsatt skråningsfot, og en motfylling lar seg derfor ikke praktisk gjennomføre. Stabiliserende tiltak er å fjerne «magen» i skråningen, samt å masseutskifte eks. masser under veifylling og helt til bunn av skråningen med en graveskråning på 1:1,6. Midlertidig situasjon vil ikke ha tilfredsstillende sikkerhet i gjennomføringsfasen. Det må settes krav til utførelse, oppfølging og tilsyn.

Tabell 5: Resultater fra stabilitetsberegningene for administrasjonsbygget. Grønn indikerer tilfredsstillende sikkerhetsfaktor og rød indikerer at krav til sikkerhet ikke er oppfylt.

Beregning	Snitt C	Tegning	Snitt D	Tegning
Dagens situasjon	-	-	-	
Endelig situasjon	1,65	G64-A	1,74	G65-A
Endelig situasjon, inkl. jordskjelv	1,51 (+) 1,52 (-)	G64-A	1,62 (+) 1,61 (-)	G65-A

Dagens situasjon er ikke beregnet i snitt C og D ettersom endelig situasjon har høyere laster i skråningstopp og tilfredsstillende sikkerhetsfaktor. Det er derfor heller ikke nødvendig med sikringstiltak i dette strekket.

VEIEN VIDERE

Skråningsstabiliteten ved transformatorstasjonen er ikke ivaretatt uten tiltak ettersom skråningen ligger med ugunstig geometri, det skal gjøres inngrep i skråningen med vei i kombinasjon med økte laster på planlagt vei og skråningstopp. Ved administrasjons-tomten er stabiliteten tilfredsstillende og sikringstiltak ikke nødvendig.

Nødvendig sikringstiltak i form av masseutskiftning i skråningen nedenfor transformatorstasjonen må detaljprosjekteres før utførelse. Stabiliteten i midlertidig tilstand må ivaretas. Følgende tiltak må gjennomføres for å oppnå en stabil skråning:

- Masseutskifte min. 2,0 m under planlagt vei i området ved snitt A og etablere motfylling på 1:2 fra bunn skråningsfot til påtruffet veifylling som har helning 1:1,5.
- Utskiftning av masser under hele veibredden til bunn skråning (til påtruffet berg) i området ved snitt B, tilsv. en veibredde på ca. 5,0 m og vertikal høyde på opptil 15,5 m. Fjerning av masser med min. graveskråning på 1:1,6. Etablere motfylling på 1:2 fra skråningsfot til påtruffet skråning vei (planlagt med helning 1:1,5).

Masseutskiftningen og stabilitet i overgangen mellom tomt transformatorstasjon og tomt administrasjonsbygg må ivaretas både i midlertidig og permanent fase. Overgangen må detaljprosjekteres.

Det påpekes videre at grunnforholdene ikke bare påvirker lokalstabiliteten i skråningen, men også fundamenteringsmetode, setningsomfang, seismisk grunntype, infrastruktur og vei.

Det kan være aktuelt å oppføre veifyllingen som en lett fylling for å øke stabiliteten i snitt A og C og begrense noe av masseutskiftningen.

VEDLEGG

Vedleggsnr.	Vedlegg	Sider
1	Tegning 433 (utkast)	1
2	G02-A	1
3	G60-A	1
4	G61-A	1
5	G62-A	1
6	G63-A	1
7	G64-A	1
8	G65-A	1

Byggeadresse: Gran Syd
Enebakk kommune
GNR. 91 BNR. 882, 867 og 908
Plan ID.: 430
Tiltakshaver: Green Mountain AS

Kart- og datagrunnlag:
Digitalt kart: Enebakk kommune
Kotelinjers ekv. distanse: 1m
Koordinatsystem: UTM sone32/Euref89
Høydesystem: NN2000

Tegningen viser forslag til utforming av Langen transformatorstasjon.

Tegnforklaring

- Veg og parkeringsareal
- Gemour/støttemur
- Stasjonsbygg
- Trafo
- Foreslått ny mast
- Eksisterende spillvannsledning
- Eksisterende vannledning
- Overvannsledning
- Målelinje
- Målelinje transport mellomtrafo
- Høydekurve

As built	
Arbeidstegning	
Massekontroll	
Anbud/tilbud	
Byggemelding	
Forprosjekt	X

UTKAST 08.02.2023

Tegning/innhold er ikke juridisk bindende, og skal kun anses som et arbeidsnotat/skisse.

Rev:	Revisjonen gjelder:	Dato:	Sign:

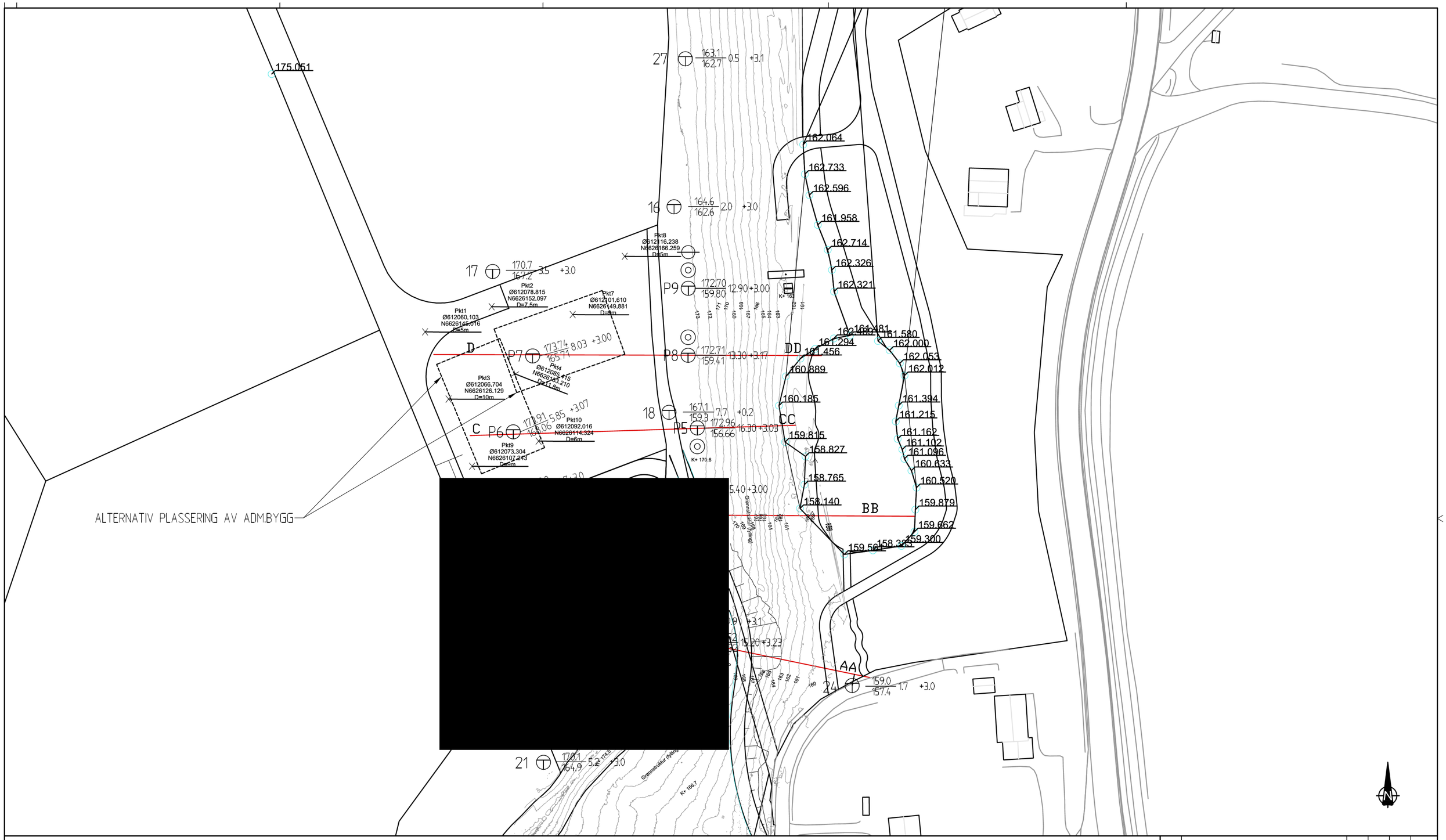
Gran NY4 Syd
Reguleringsendring

Målestokk: 1:300

Mellomtrafo med borehull

TEKNACONSULT AS
Luramyrveien 25
4313 Sandnes
Tlf/fax: 51962550/51962551
www.teknaconsult.no

Sign: AH	Kontr:	Dato sign/endring: 08.02.2023	Arkformat: A1
Målestokk:	1:300	Type:	Tegningsnr.: 433
Oppdragsnr.:	1895		Rev.:
Dato:	22.01.2023		



NR. TERRENGKOTE / ANT. BERGKOTE BORET DYBDE I LØSMASSER + BORET DYBDE I BERG

- ▽ TRYKKSONDERING
- TOTALSONDERING
- ◎ PRØVETAKING
- PIEZOMETER

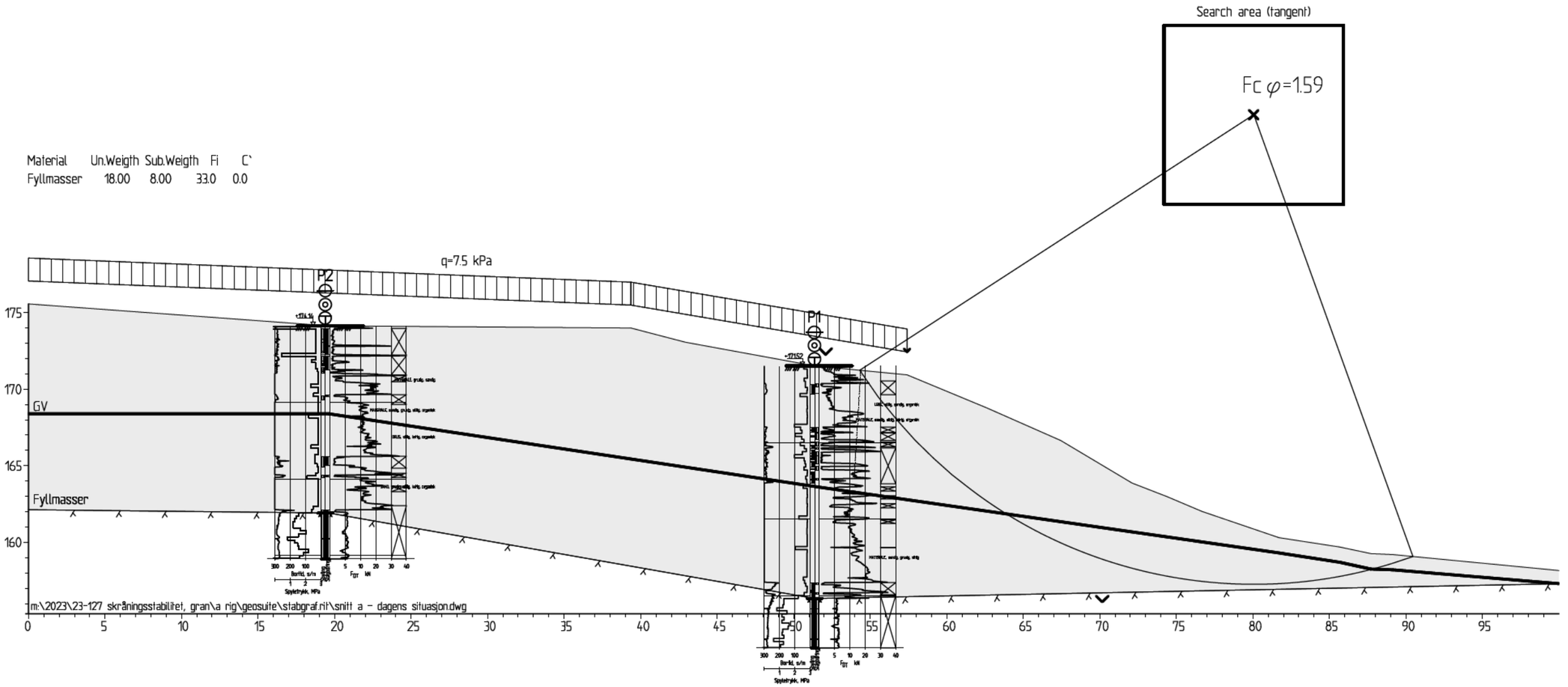
Rev.	Revideringen gjelder	Tegn.	Kontr.	Sign.	Dato.
A		MTR	MI	MTR	27.09.23

TEKNACONSULT AS

SKRÅNINGSSTABILITET, GRAN
BORPLAN MED KRITISKE SNITT

Kon/Tegn.	MTR
Kontr.	MI
Fil. navn	
Dato	27.09.23
Mål	1:1000
Sak nr.	23-127
Tegn. nr	G02
Rev.	A

PROCON
RÅDGIVENDE INGENIØRER MRIF
SVERDRUPSGT. 23 – 4007 STAVANGER
TEL. 51 56 90 90 – FAX 51 56 90 91



Rev.	Revideringen gjelder	Tegn.	Kontr.	Sign.	Dato.
A	FOR UTSENDELSE	LCO	MTR	MTR	03.07.23

TEKNACONSULT AS

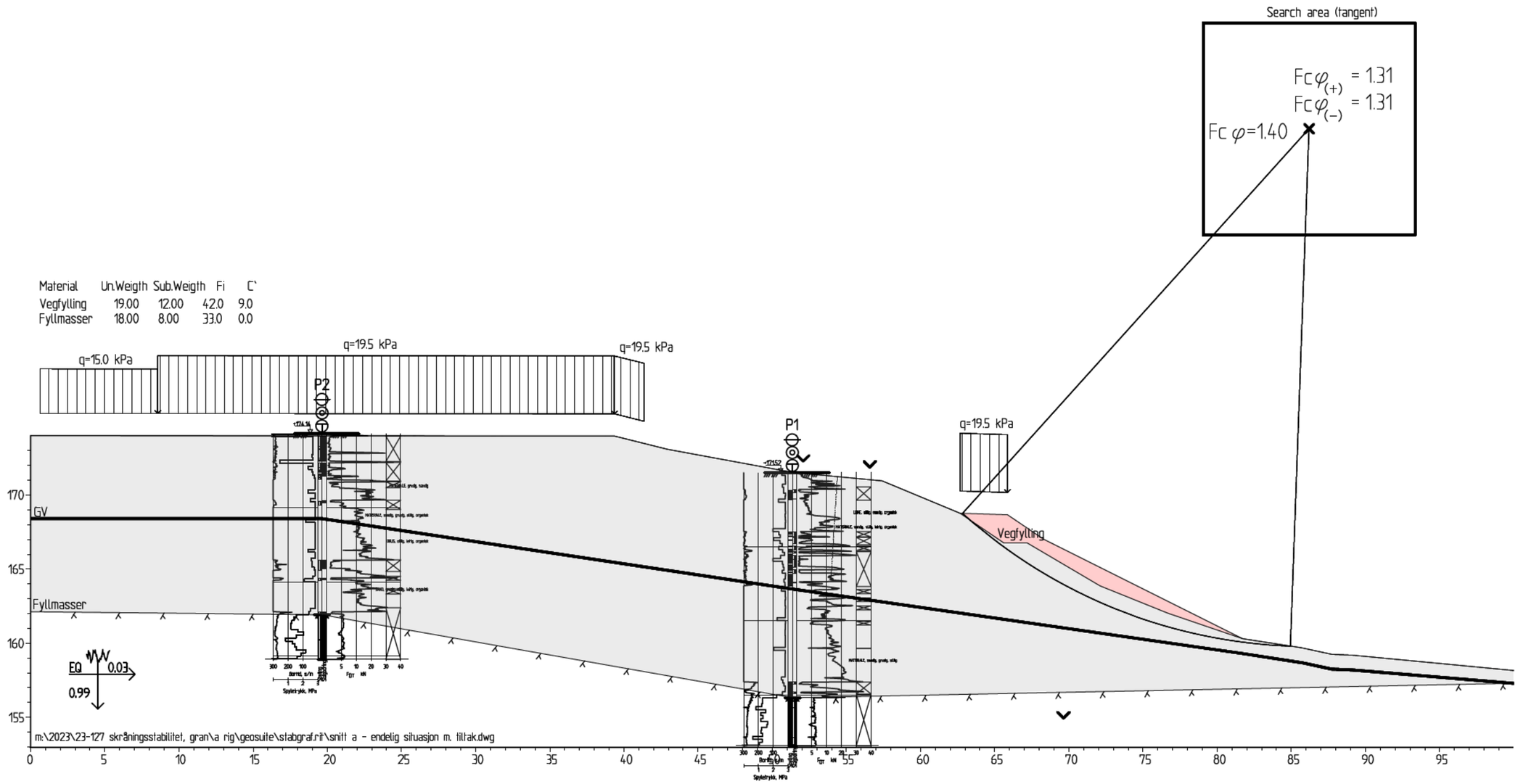
SKRÅNINGSSTABILITET, GRAN
SNITT A
DAGENS SITUASJON
EFFEKTIVSPENNINGSANALYSE

Tegn.	LCO
Kontr.	MTR
Sign.	MTR
Dato	03.07.23
Mål	1:300

Sak nr.
23-127

Tegn. nr: G60
Rev.: A

PROCON
RÅDGIVENDE INGENIØRER MRIF
SVERDRUPSGT. 23 - 4007 STAVANGER
TEL. 51 56 90 90 - FAX 51 56 90 91
RIF



Rev.	Revideringen gjelder	Tegn.	Kontr.	Sign.	Dato.
A	FOR UTSENDELSE	LCO	MTR	MTR	03.07.23

TEKNACONSULT

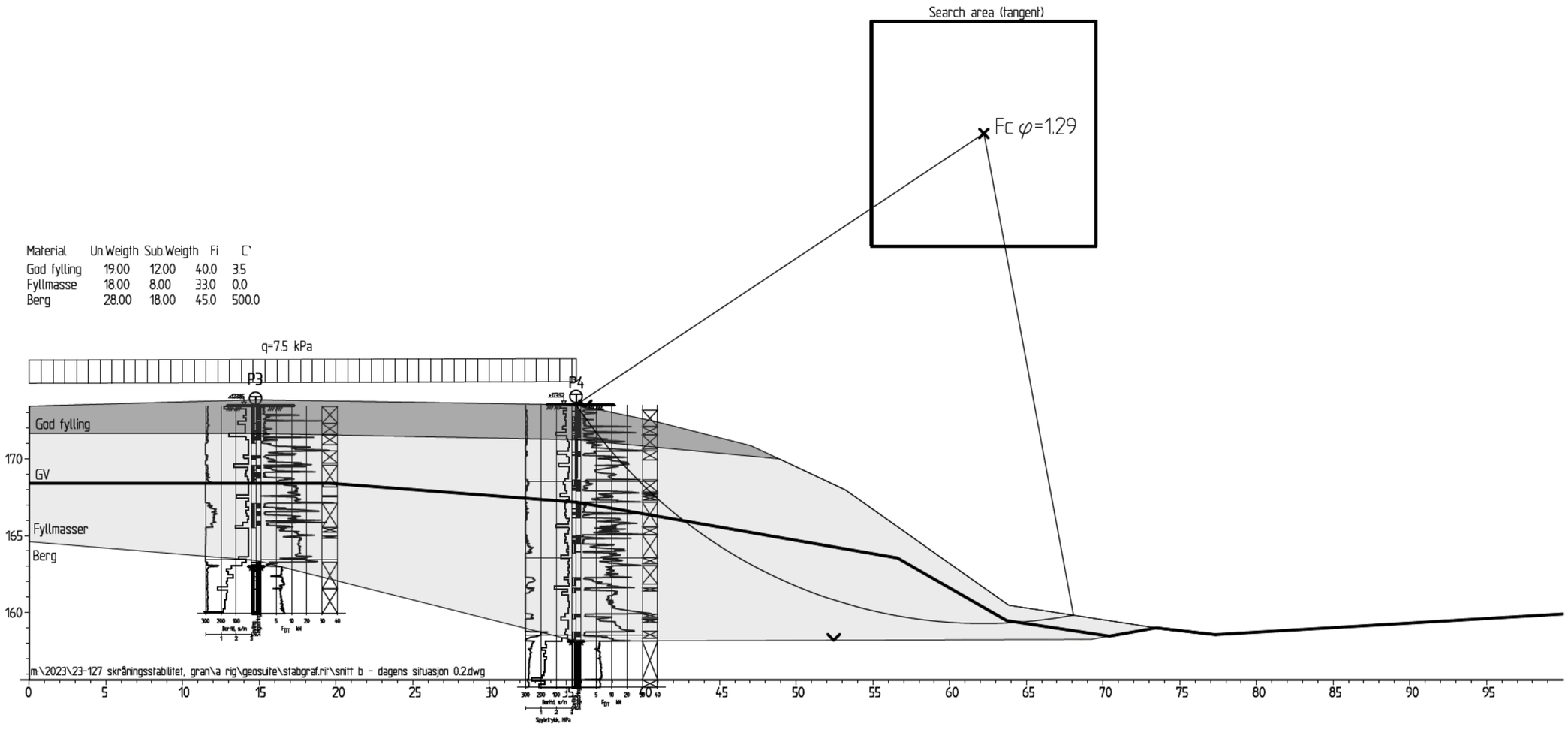
SKRÅNINGSSTABILITET, GRAN
SNITT A
ENDELIG SITUASJON M/ TILTAK
EFFEKTIVSPENNINGSANALYSE

Tegn.	LCO
Kontr.	MTR
Sign.	MTR
Dato	03.07.23
Mål	1:300

Sak nr.
23-127

Tegn. nr G61
Rev. A

PROCON
RÅDGIVENDE INGENIØRER MRIF
SVERDRUPSGT. 23 - 4007 STAVANGER
TEL. 51 56 90 90 - FAX 51 56 90 91
RIF



Rev.	Revideringen gjelder	Tegn.	Kontr.	Sign.	Dato.
A	FOR UTSENDELSE	LCO	MTR	MTR	03.07.23

TEKNACONSULT AS

SKRÅNINGSSTABILITET, GRAN
SNITT B
DAGENS SITUASJON
EFFEKTIVSPENNINGSANALYSE

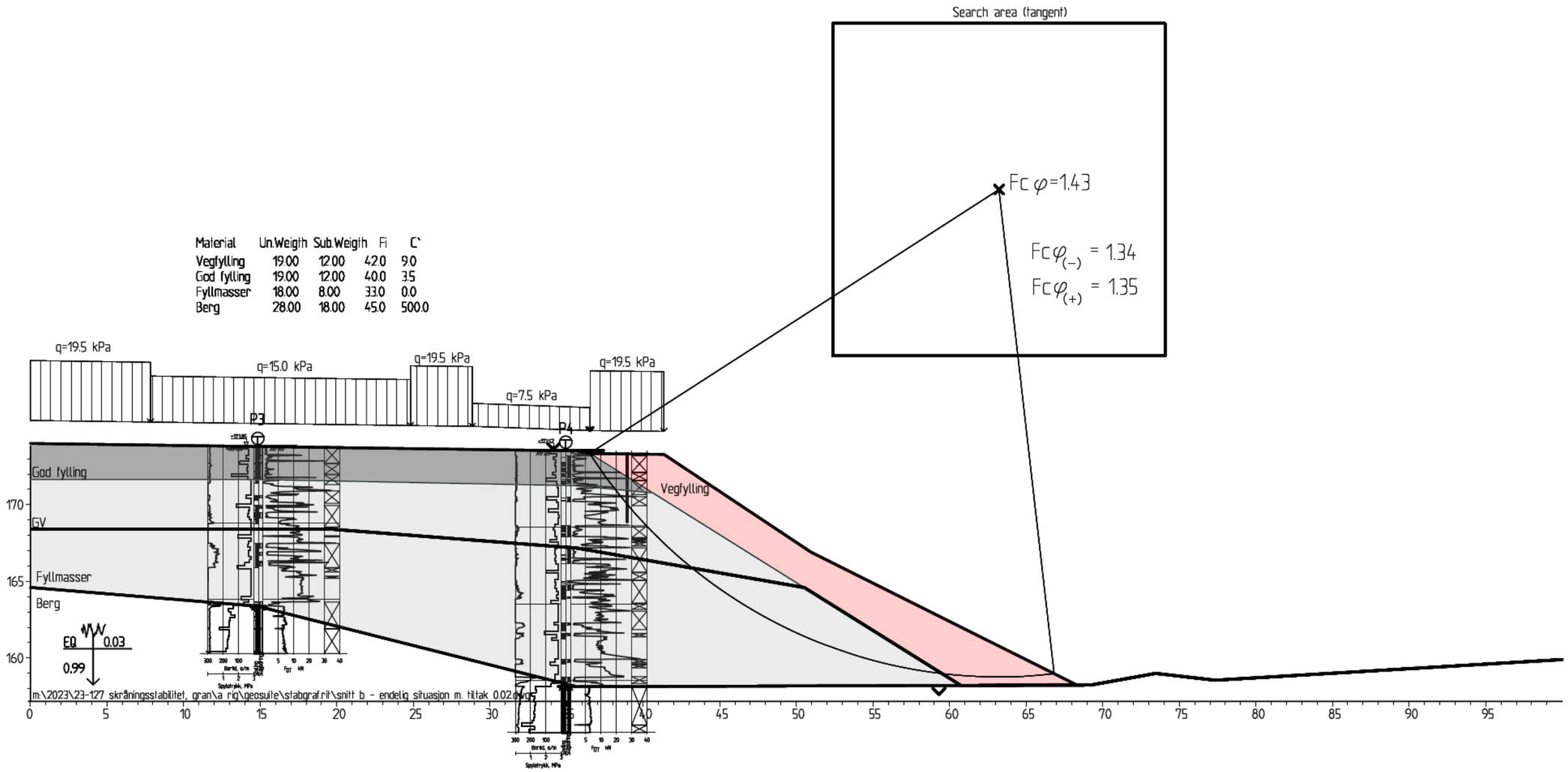
Tegn.	LCO
Kontr.	MTR
Sign.	MTR
Dato	07.03.23
Mål	1:300

Sak nr.
23-127

Tegn. nr: G62
Rev.: A

PROCON
RÅDGIVENDE INGENIØRER MRIF
SVERDRUPSGT. 23 - 4007 STAVANGER
TEL. 51 56 90 90 - FAX 51 56 90 91
RIF

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`
Vegfylling	19.00	12.00	42.0	9.0
God fylling	19.00	12.00	40.0	3.5
Fyllmasser	18.00	8.00	33.0	0.0
Berg	28.00	18.00	45.0	500.0



Rev.	Revideringen gjelder	Tegn.	Kontr.	Sign.	Dato.
A	FOR UTSENDELSE	LCO	MTR	MTR	03.07.23

TEKNACONSULT AS

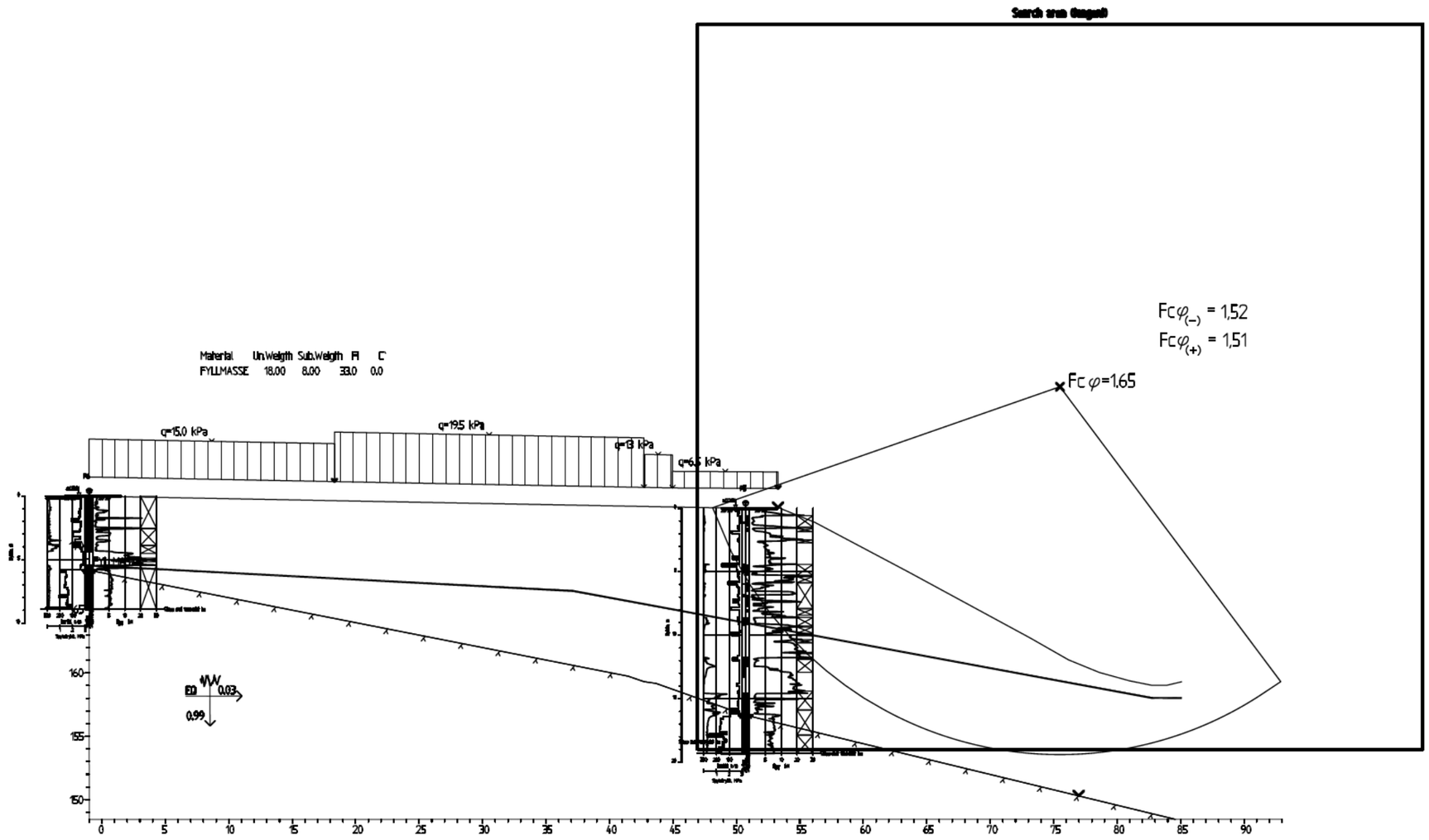
SKRÅNINGSSTABILITET, GRAN
SNITT B
ENDELIG SITUASJON M/TILTAK
EFFEKTIVSPENNINGSANALYSE

Tegn.	LCO
Kontr.	MTR
Sign.	MTR
Dato	03.07.23
Mål	1:300

Sak nr.
23-127

Tegn. nr G63
Rev. A

PROCON
RÅDGIVENDE INGENIØRER MRIF
SVERDRUPSGT. 23 - 4007 STAVANGER
TEL. 51 56 90 90 - FAX 51 56 90 91
RIF



A	FOR UTSENDELSE	MI	MTR	MTR	27.09.23
Rev.	Revideringen gjelder	Tegn.	Kontr.	Sign.	Dato.

TEKNACONSULT

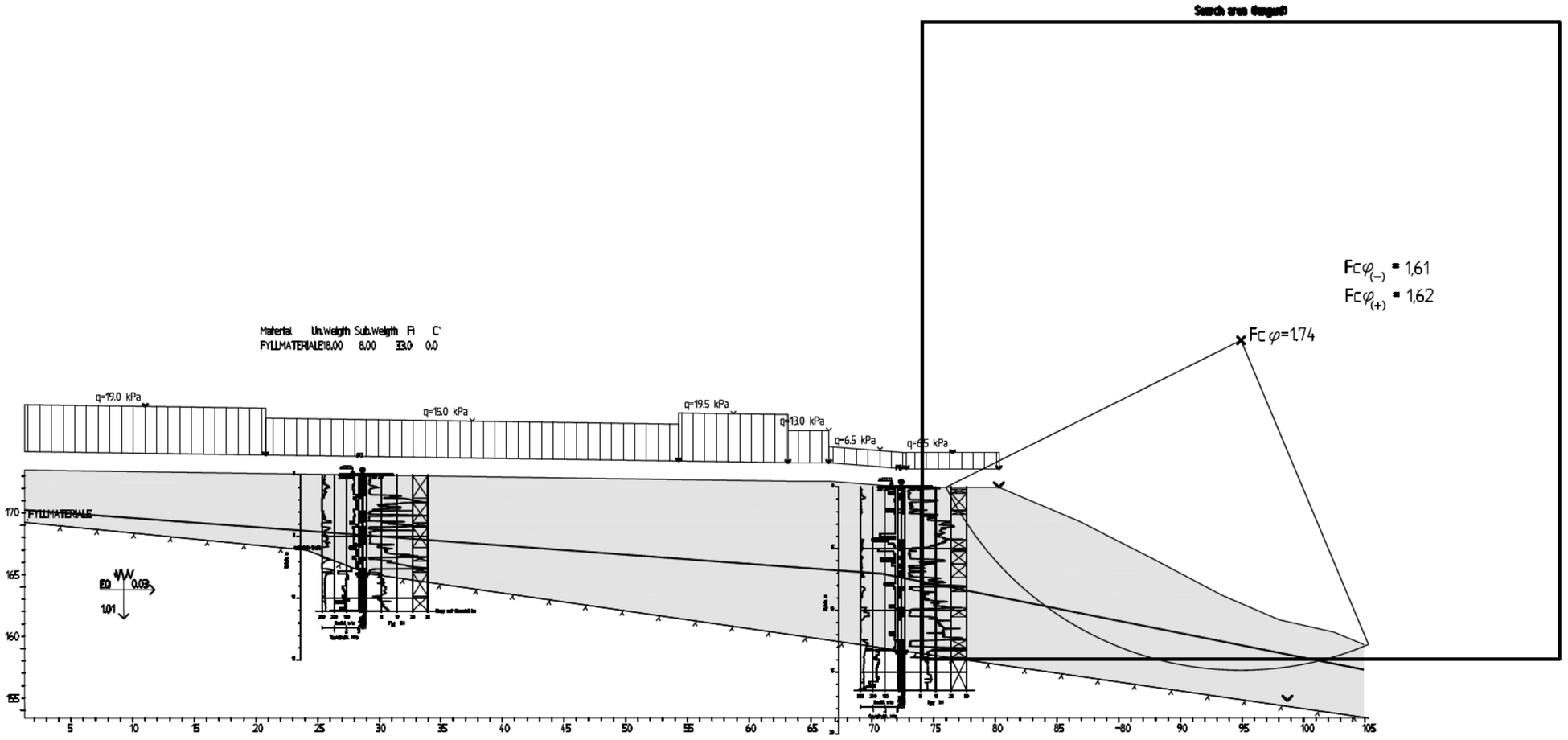
SKRÅNINGSSTABILITET, GRÅN
SNITT C
ENDELIG SITIASJON

Tegn.	MI
Kontr.	MTR
Sign.	MTR
Dato	27.09.23
Mål	1:400

Sak nr.
23-127

Tegn. nr G64
Rev. A

PROCON
RÅDGIVENDE INGENIØRER MRIF
SVERDRUPSGT. 23 – 4007 STAVANGER
TEL. 51 56 90 90 - FAX 51 56 90 91
RIF



Rev.	Revideringen gjelder	Tegn.	Kontr.	Sign.	Dato.
A	FOR UTSENDELSE	MI	MTR	MTR	27.09.23

TEKNACONSULT

SKRÅNINGSSTABILITET, GRÅN
SNITT D
ENDELIG SITIASJON

Tegn.	MI
Kontr.	MTR
Sign.	MTR
Dato	27.09.23
Mål	1:400

Sak nr.
23-127

Tegn. nr: G65
Rev.: A

PROCON
RÅDGIVENDE INGENIØRER MRIF
SVERDRUPSGT. 23 - 4007 STAVANGER
TEL. 51 56 90 90 - FAX 51 56 90 91
RIF