



AFK eiendom FKF

**Vedlegg C.2.02.02**

**PREMISSNOTAT  
GEOTEKNISK FAGRAPPORT**

**KJUL BUSSANLEGG**

**AFK Eiendom**

TOSIFRET NIVÅ IHT BYGNINGSDELSTABELLEN

## Innhold

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Innledning .....                                    | 3  |
| 2     | Styrende dokumenter .....                           | 4  |
| 3     | Klassifisering .....                                | 5  |
| 3.1   | TEK17 §7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger.....       | 5  |
| 3.2   | Geoteknisk kategori .....                           | 5  |
| 3.3   | Konsekvensklasse/ pålitelighetsklasse .....         | 5  |
| 3.4   | Tiltaksklasse .....                                 | 5  |
| 3.5   | Krav til geoteknisk prosjektering og kontroll ..... | 5  |
| 3.7   | Seismisk dimensjonering .....                       | 7  |
| 4     | Grunnforhold .....                                  | 8  |
| 4.1   | Grunnundersøkelser .....                            | 8  |
| 4.2   | Valg av designparametere .....                      | 8  |
| 4.2.1 | Tyngdetetthet .....                                 | 9  |
| 4.2.2 | Drenert skjærfasthet .....                          | 9  |
| 4.2.3 | Udrenert skjærfasthet .....                         | 9  |
| 4.2.4 | Anisotropi og tøyingskompatibilitet .....           | 9  |
| 4.2.5 | Setningsegenskaper .....                            | 10 |
| 5     | Byggegroppsikring .....                             | 11 |
| 6     | Fundamentering av bygg og haller .....              | 12 |
| 6.1   | Bæreevne av fundamenter .....                       | 12 |
| 6.2   | Setninger .....                                     | 12 |
| 7     | Fundamentering av utomhusareal.....                 | 13 |
| 7.1   | Asfaltert grus.....                                 | 13 |
| 7.2   | Belegningsstein .....                               | 13 |
| 7.3   | Frostfri dybde.....                                 | 13 |
| 8     | Støttemurer.....                                    | 14 |
| 9     | Anleggsgjennomføring .....                          | 15 |
| 9.1   | Graving.....  | 15 |
| 9.2   | Bæreevne av anleggsmaskiner .....                   | 15 |
| 10    | Referanser .....                                    | 16 |

## Vedlegg

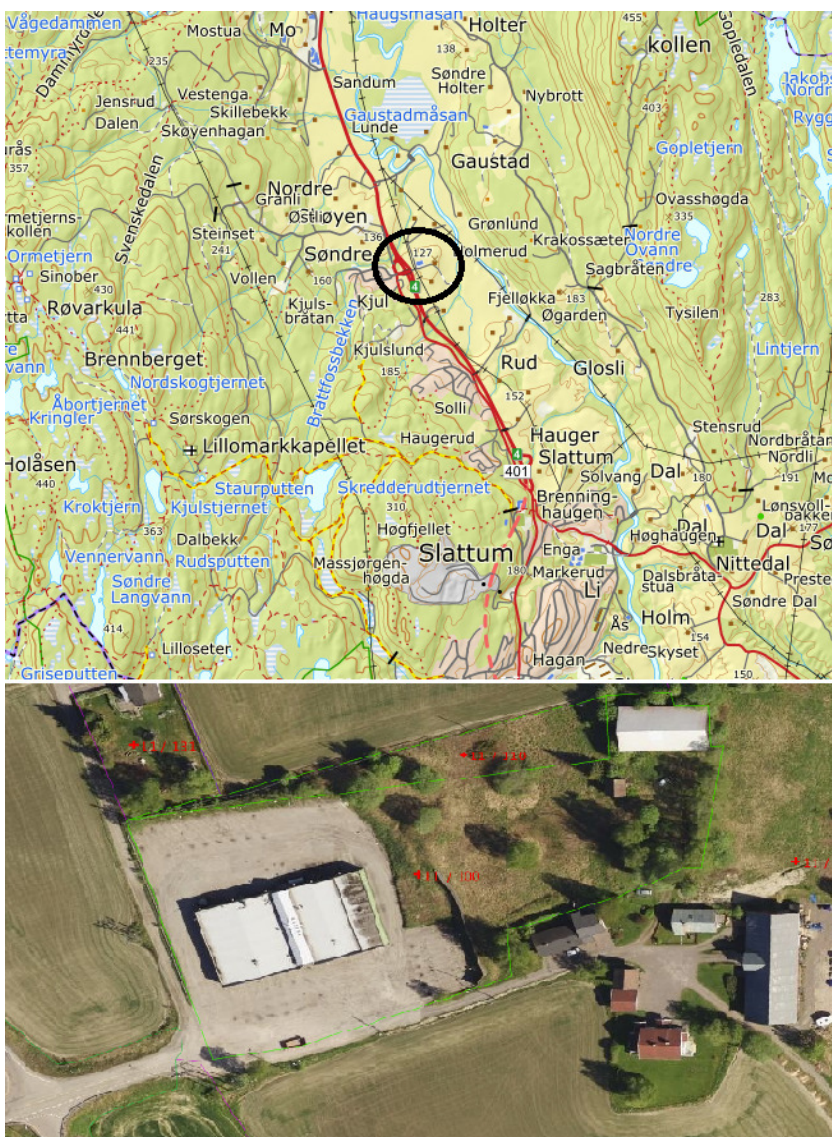
- 1- Setningsberegninger
- 2- Stabilitetsberegninger byggegroppsikring
- 3- Dimensjonering av støttemur
- 4- Stabilitetsberegninger støttemurer
- 5- Stabilitetsberegninger grøftkasser

# 1 Innledning

AFK eiendom FKF planlegger et nytt bussanlegg på Kjul i Nittedal kommune. Prosjektet innebærer bygging av driftsbygg og terminalanlegg for busser. Tomten skal skjermes med støyvægger. Norconsult AS er engasjert blant annet som geoteknisk rådgiver. Dette notatet omhandler geotekniske vurderinger på forprosjektnivå. Miljøgeologiske vurderinger er ikke tatt med i dette notatet.

De geotekniske tiltakene på tomten omfatter fundamentering av driftsbygg, terminalanlegg og støttemurene, samt byggegroppssikring.

Beliggenheten til området er vist i Figur 1.



Figur 1: Oversiktskart og flyfoto, eiendomsgrense vist med grønn strek

## 2 Styrende dokumenter

Følgende styrende dokumenter legges til grunn for vurderingene:

- NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurokode 0) [1]
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 (Eurokode 7, del 1) [2]
- NS-EN 1997-2:2004+A1:2007+NA:2008 (Eurokode 7, del 2) [3]
- Håndbok V220 (Statens vegvesen) [4]
- Håndbok N200 (Statens vegvesen) [5]
- NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014 [6]
- TEK17 [7]
- SAK10 [8]
- NVE veileder 7/2014 [9]
- Norconsults firmaprosedyre FP07: Prosedyre for dokumentproduksjon

## 3 Klassifisering

### 3.1 TEK17 §7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger

Sikkerhet mot naturpåkjenninger er utredet i Rambølls notater nr. 1350019630-G-NOT-001 [10] og 002 [11]. Det er vurdert at tomten ikke står i fare for å bli utsatt for snø-, stein- og jordskred.

### 3.2 Geoteknisk kategori

Eurokode 7 (NS-EN 1997-1: 2004+NA:2016) stiller krav til prosjektering ut fra tre ulike geotekniske kategorier. Valg av geoteknisk kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 «Krav til prosjektering».

Prosjektet plassert i geoteknisk kategori 2.

Geoteknisk kategori 2 omfatter konvensjonelle arbeider uten unormale risikoer eller vanskelige grunn- eller belastningsforhold.

### 3.3 Konsekvensklasse/ pålitelighetsklasse

Eurokode 0 (NS-EN 1990: 2002+A1:2005+NA:2016) tabell NA.A1(901) angir konsekvensklasser. Det planlegges et driftsbygg og et terminalanlegg på en tomt med oversiktlige grunnforhold. Forretningsbygg og industrianlegg plasseres i konsekvensklasse/pålitelighetsklasse 2, CC/RC 2.

### 3.4 Tiltaksklasse

Plan- og Bygningsloven (SAK 10) § 9-4 gir veiledning for oppdeling av tiltaksklasser basert på kompleksitet, vanskelighetsgrad og mulige konsekvenser mangler og feil kan få for helse, miljø og sikkerhet. Iht. SAK 10 § 9-4 tabell 1 velges tiltaksklasse 2 for fundamentering av konstruksjoner som er plassert i pålitelighetsklasse 2.

### 3.5 Krav til geoteknisk prosjektering og kontroll

Eurokode 0 (NS-EN 1990: 2002+A1:2005+NA:2016) stiller krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse. For konstruksjoner i pålitelighetsklasse 2, 3 og 4 er kravet at det skal være et kvalitetssystem tilgjengelig.

Krav til kontroll bestemmes i henhold til NS-EN 1990, tabell NA.A1(902) og tabell NA.A1(903), se *Figur 2* og *Figur 3*.

| Valg av prosjekteringskontrollklasse |                                     | Krav til kontrollform              |   |  |
|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|--|
| Pålitelighetsklasse                  | Minste prosjekteringskontrollklasse | Egenkontroll (DSL 1) <sup>1)</sup> | Intern systematisk kontroll (DSL 2) <sup>1)</sup> | Utvidet kontroll (DSL 3) <sup>1)</sup> |
| 1                                    | PKK1 <sup>2)</sup>                  | kreves                             | kreves ikke                                       | kreves ikke                            |
| 2                                    | PKK2 <sup>2)</sup>                  | kreves                             | kreves  | kreves                                 |
| 3                                    | PKK3                                | kreves                             | kreves  | kreves                                 |
| 4                                    | Skal spesifiseres                   | kreves                             | kreves  | kreves                                 |

<sup>1)</sup> Se punkt B4 (informativt tillegg B) for betegnelsen DSL.  
<sup>2)</sup> Det kan velges høyere prosjekteringskontrollklasse.

Figur 2 Krav til grad av kontroll (kontrollklasse), Tabell NA.A1 (902) [2]

| Valg av utførelseskontrollklasse |  | Krav til kontrollform             |  |                                       |
|----------------------------------|--|-----------------------------------|--|---------------------------------------|
| Pålitelighetsklasse              | Minste utførelseskontrollklasse          | Egenkontroll (IL 1) <sup>1)</sup> | Intern systematisk kontroll (IL 2) <sup>1)</sup> | Utvidet kontroll (IL 3) <sup>1)</sup> |
| 1                                | UKK1 <sup>2)</sup>                       | kreves                            | kreves ikke                                      | kreves ikke                           |
| 2                                | UKK2 <sup>2)</sup>                       | kreves                            | kreves   | kreves                                |
| 3                                | UKK3                                     | kreves                            | kreves   | kreves                                |
| 4                                | UKK3, eventuelt med tilleggsbestemmelser | kreves                            | kreves   | kreves                                |

<sup>1)</sup> Se punkt B5 (informativt tillegg B) for betegnelse IL.  
<sup>2)</sup> Det kan velges høyere utførelseskontrollklasse.

Figur 3 Krav til utførelseskontroll, Tabell NA.A1 (903) [2]

Figurene ovenfor viser at prosjekter/tiltak i pålitelighetsklasse 2 havner i kontrollklasse PKK2 og UKK2.

### 3.6 Partialfaktorer

Krav til partialfaktorer,  $\gamma_M$ , angis i NS-EN 1997-1 [2] tabell NA.A.4, vist i Figur 4. Der er det angitt et krav på 1,4 for udrenert skjærfasthet og 1,25 for friksjonsmasser.

| Jordparameter                | Symbol             | Sett <sup>b,c</sup> |      |
|------------------------------|--------------------|---------------------|------|
|                              |                    | M1                  | M2   |
| Friksjonsvinkel <sup>a</sup> | $\gamma_{\varphi}$ | 1,0                 | 1,25 |
| Effektiv kohesjon            | $\gamma_c$         | 1,0                 | 1,25 |
| Udrenert skjærfasthet        | $\gamma_{cu}$      | 1,0                 | 1,4  |
| Enaksial fasthet             | $\gamma_{qu}$      | 1,0                 | 1,4  |
| Tyngdetetthet                | $\gamma_f$         | 1,0                 | 1,0  |

<sup>a</sup> Denne faktoren gjelder for  $\tan \varphi'$

<sup>b</sup> Hvor det er mer ugunstig skal karakteristisk styrke av jord multipliseres med materialkoeffisienten.

<sup>c</sup> Materialfaktoren økes ut over ovenstående verdier når faren for progressiv bruddutvikling i sprøbruddmaterialer anses å være tilstede og når det kreves for å bringe den i overensstemmelse med anerkjent praksis for den anvendte analysemetoden og den foreliggende problemstillingen.

<sup>d</sup> Ved analyse av områdestabilitet slik forholdene framstår uten prosjekterte tiltak kan det hende at en vil finne en lavere initiell materialfaktor enn ovenstående krav. Slike tilfeller vurderes i forhold til skredfare og områdestabilitet. Det vil normalt forutsettes at det prosjekterte tiltak gjennomføres på en måte som gir uendret eller økt materialfaktor og slik at faktorer som kan utløse brudd eller skred unngås.

Figur 4 Partialfaktorer for jordparametere, Tabell NA.A.4

### 3.7 Seismisk dimensjonering

NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014 [6] (heretter kalt EC8) har vært gjeldende standard for seismisk dimensjonering i Norge siden 2010. EC8 setter i prinsippet krav til at alle konstruksjoner i Norge skal motstå seismisk påvirkning. Tilfeller der det er gitt mulighet å utelate dimensjonering av konstruksjoner for seismisk påvirkning er gitt i pkt. NA.3.2.1(5).

Forretningsbygg klassifiseres i seismisk klasse III. For seismisk klasse III er  $\gamma_1 = 1,4$  etter tabell NA.4(901)

Ut fra informasjonen fra grunnundersøkelser velges det seismisk grunntype E. Etter tabell NA.3.1 blir Forsterkningsfaktor  $S=1,65$

Grunnens spissverdiakselerasjon ved berg bestemmes etter seismisk sonekart for Norge ut fra figur NA.3(901) i NS-EN 1998-1.

$$a_{g40Hz} = 0,55 \text{ m/s}^2 \text{ for Skedsmo}$$

$$a_{gR} = 0,8 \cdot a_{g40Hz} = 0,42 \text{ m/s}^2$$

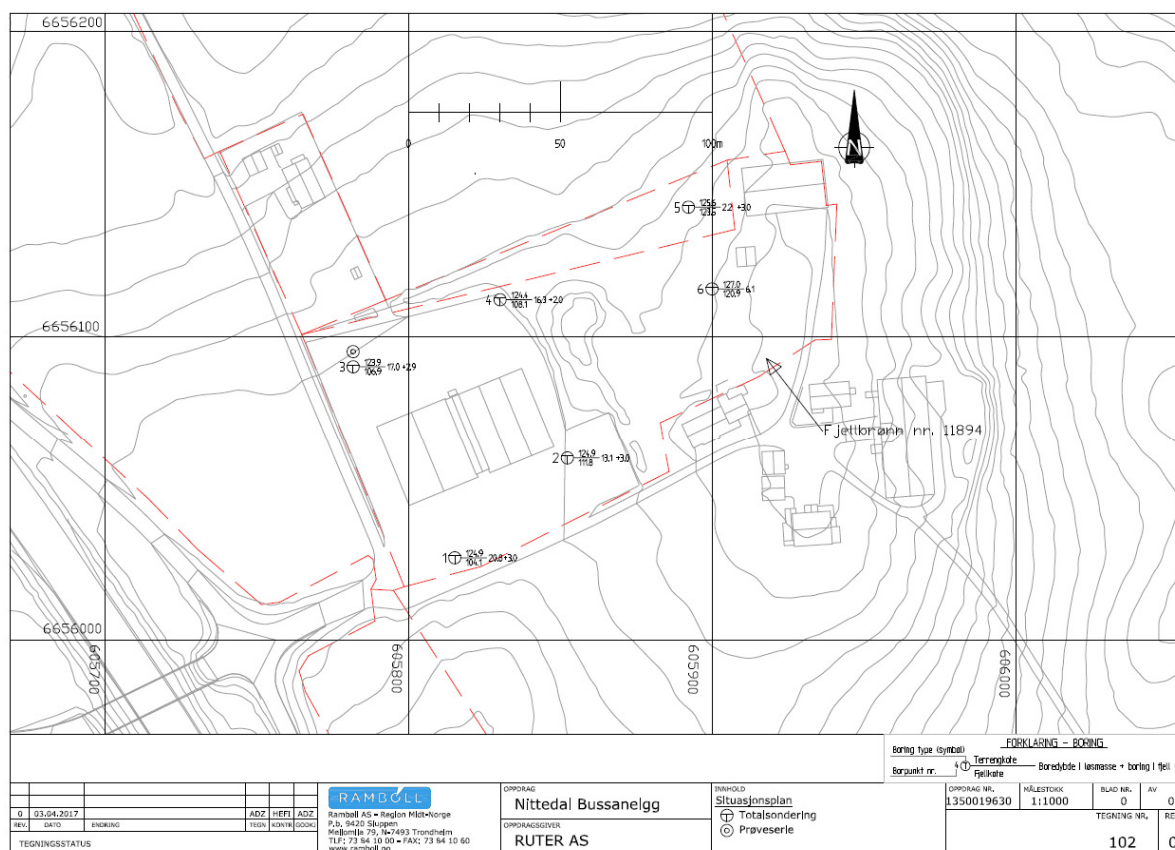
$$a_g \cdot S = a_{gR} \gamma_1 S = 0,42 \times 1,4 \times 1,65 = 0,97 \text{ m/s}^2$$

Det er i henhold til Eurokode 8 krav til dimensjonering for seismisk påvirkning.

## 4 Grunnforhold

### 4.1 Grunnundersøkelser

Det er utført grunnundersøkelser i området, som er rapportert i Rambøll rapport nr. 1350019630-1 [12]. Det er utført 6 totalsonderinger, som er boret inn i berg og det er tatt opp én prøveserie. Situasjonsplan fra rapport nr. 1350019630-1 vises i Figur 5.



Figur 5: Situasjonsplan grunnundersøkelser

Dagens terrengnivå på tomten varierer mellom kote +124 og +125 på vestre delen av tomten, og stiger opp til kote +128 på østgrensen av tomten. Totalsonderingene viser at bergnivå på tomten faller fra kote +123,6 i bopunkt (bp) 6 øst til kote +104,1 i bp 1 i sørvest. Dybde fra terrengnivå til bergnivå varierer fra 2,2 m til 20,8 m i de utførte bopunktene.

Miljøundersøkelser [13] på tomten viser at løsmassene under parkeringsplass på vestsiden av tomten består av asfalt og fyllmasser ned til 0,4 m til 0,7 m under terreng. Under fyllmassene er det påvist stedlig tørrskorpeleire. Ut fra utførte totalsonderinger og prøveserie, tolkes de stedlige massene å bestå av 2 til 4 m tørrskorpeleire over leire over berg. Det registreres noe høyt organisk innhold i den øvre meteren. Det er ikke utført grunnvannsmålinger men grunnundersøkelsene indikerer en grunnvannsdypde på 2-3 m under terrengnivå.

### 4.2 Valg av designparametere

Det er utført laboratorieundersøkelser av Ø54 mm sylindprøver fra prøveserien. Designparametere for stedlige løsmasser er tolket ut fra utførte laboratorieundersøkelser og er valgt i henhold til Statens vegvesens håndbok V220 kapittel 2 [4].



#### 4.2.1 Tyngdetetthet

I de geotekniske vurderingene er det benyttet følgende tyngdetettheter:

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Tørrskorpeleire          | $\gamma=19,0 \text{ kN/m}^3$ , $\gamma'=9,0 \text{ kN/m}^3$  |
| Leire                    | $\gamma=19,0 \text{ kN/m}^3$ , $\gamma'=9,0 \text{ kN/m}^3$  |
| Sprengstein (fyllmasser) | $\gamma=19,0 \text{ kN/m}^3$ , $\gamma'=11,0 \text{ kN/m}^3$ |

#### 4.2.2 Drenert skjærfasthet

Følgende verdier er benyttet for kohesjon og friksjonsvinkel:

|                          |                     |                       |                   |
|--------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|
| tørrskorpeleire          | $\phi = 30,0^\circ$ | $c = 0 \text{ kPa}$   | $a=0 \text{ kPa}$ |
| Leire                    | $\phi = 24,0^\circ$ | $c = 2,2 \text{ kPa}$ | $a=5 \text{ kPa}$ |
| Sprengstein (fyllmasser) | $\phi = 42,0^\circ$ | $c = 0 \text{ kPa}$   | $a=0 \text{ kPa}$ |

#### 4.2.3 Udrenert skjærfasthet

I stabilitetsberegningene er det tolket udrenert skjærfasthet ut fra prøveserier i bp. 3. Konus- og enaksialforsøk viser en direkte udrenert skjærfasthet på 25kPa til 40 kPa i leirlaget.

Ved geoteknisk beregning av bæreevne er det beregnet konservativ med en midlere direkte skjærfasthet på  $s_{uD} = 35 \text{ kPa}$ .

#### 4.2.4 Anisotropi og tøyingskompatibilitet

I beregningene med ADP-analyse tas det hensyn til spenningsanisotropien i leira, dvs. at udrenert skjærfasthet varierer med hovedspenningsretningene (ADP-analyse). Utgangspunktet er udrenert aktiv skjærfasthet  $s_{uA}$  (styrke der glideflaten ligger i aktiv sone).

Direkte og passiv skjærstyrke er valgt i henhold NIFS rapport 14/2014 [14] for en gjennomsnittlig  $I_p = 12\%$ :

$$s_{uD} = 0,64 s_{uA}$$

$$s_{uP} = 0,36 s_{uA}$$

#### 4.2.5 Setningsegenskaper

Det er utført ødometerforsøk på 2 prøver fra prøveserie i bp.3. Ødometerforsøk med løsmasser fra 2,5 m er tatt med tørrskorpemateriale og viser relativ høy modul, M.

Ødometerforsøk utført med løsmasser fra 8,6 m dybde viser overkonsolidert leire. Tørrskorpeleire beregnes også som overkonsolidert leire. Følgende parametre er tolket:

| Parameter                 | Verdi tørrskorpe | Verdi leire |
|---------------------------|------------------|-------------|
| Forbelastningstrykk $p_c$ | -                | 190 kPa     |
| Deformasjonsmodul M       | 10 MPa           | 7 MPa       |
| Modultall m               | -                | 15          |

Tabell 1: Tolkede materialparametre for setningsegenskaper

## 5 Byggegroppsikring

Det er utført stabilitetsberegninger for to kritiske snitt gjennom byggegroppen. Første snitt er tatt for utgraving av smøregrav under driftsbygg. Det er antatt at det graves ned 2,5 m under eksisterende terreng frem til antatt grunnvannstand. Det er tatt med en trafikklast fra anleggstrafikk på 26 kPa i bruddgrensetilstand. Andre snitt er tatt for graving av støttemur på østsiden av tomten. Terrenget foran utgraving er antatt til underkant av forsterkningslag.

Stabilitetsberegningene er utført med programmet GeoSuite Stabilitet versjon 15.2.2.0. GeoSuite. Stabilitet baserer seg på en todimensjonal likevektsbetraktning i bruddgrensetilstand etter metoden «Limit equilibrium method» (LEM). Det er utført beregninger både med effektivspenningsanalyse og med totalspenningsanalyse. Beregninger er utført med forskjellige helningsvinkler for å finne egnet skråningshelning, som tilfredsstillende kravene i NS-EN 1997. Ved helningsvinkel 1:1,5 er det oppnådd tilfredsstillende krav for begge snitt. Utskrift fra stabilitetsberegninger vises i vedlegg 2 og resultater er oppsummert i tabell 2.

| Snitt   | Oppnådd materialkoeffisient | Krav til materialekoeffisient |
|---|-----------------------------|-------------------------------|
| Graving for støttemur, effektivspenningsanalyse | 1,28                        | 1,25                          |
| Graving for støttemur, totalspenningsanalyse    | 2,20                        | 1,4                           |
| Graving for smøregrav effektivspenningsanalyse  | 1,35                        | 1,25                          |
| Graving for smøregrav, totalspenningsanalyse    | 2,14                        | 1,4                           |

Tabell 2: Resultater fra stabilitetsberegninger byggegroppssikring

Noen steder kan det bli dårlig plass til å etablere åpen graveskråning. Dette gjelder der særlig bygging av ledninger langs tomtgrensen. I dette tilfelle kan det brukes grøftkasser til byggegroppssikring. Det er også utført stabilitetsberegninger for graving med grøftkasser, med antatt gravedybde 3 m og bredde av grøftkasser 2 m. Resultater vises i vedlegg 5 og er oppsummert i tabell 3. For å få tilfredsstillende stabilitet skal tunge anleggslaster plasseres med minst 4,5 m avstand fra grøftkasser.

| Snitt                                | Oppnådd materialkoeffisient | Krav til materialekoeffisient |
|--------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Grøftkasse, effektivspenningsanalyse | 1,29                        | 1,25                          |
| Grøftkasse, totalspenningsanalyse    | 2,5                         | 1,4                           |

Tabell 3: Resultater fra stabilitetsberegninger byggegroppssikring

Ved graving under grunnvannstand bør det utføres nye stabilitetsberegninger. Det samme gjelder ved etablering av grøftkasser med mer enn 2 m bredde og mer enn 3 m dybde.

## 6 Fundamentering av bygg og haller

Basert på gjeldene planer for byggene og hallene har RIB oppgitt omtrentlige laster. Det er angitt punktlaster fra søyler for driftsbygningen. Det ble angitt to forskjellige laststørrelser av vertikallaster:

- Søylelast C5 1000 kN (bruksgrensetilstand) 770 kN (bruksgrensetilstand)
- Søyle verksted 500 kN (bruksgrensetilstand) 385 kN (bruksgrensetilstand)

Disse lastene forventes å kunne direktefundamenteres. En fullstendig prosjektering kan ikke utføres før i detaljprosjekteringsfasen, når alle laster inkludert horisontallaster og momenter er kjent. Ut fra nåværende byggeplaner forventes det at fundamentene kan plasseres i 0,5 m til 1,0 m dybde under terreng. På verkstedet planlegges en EU-godkjent smøregrav med to meter dybde. Inn mot smøregraven må fundamentene settes lavere, ca. ved 2,5 m dybde.

### 6.1 Bæreevne av fundamenter

Bæreevne av grunnen er beregnet i henhold til SV Hb V220 [4] kapittel 6 for totalspenningsmateriale.

Bæreevne under fundamentsålen beregnes til:

$$\sigma_v = N_c \cdot \tau_c + p_v = 6 \cdot 25 \text{ kPa} + 19 \text{ kPa} = 169 \text{ kPa}$$

$$N_c = 6,0 \text{ (se figur 6.9 SV Hb V220 for kvadratisk fundament og antatt } r_b=0,1)$$

$$\tau_c = s_{ud} / \gamma = 35 \text{ kPa} / 1,4 = 20 \text{ kPa}$$

$$p_v = z \cdot \gamma = 1 \text{ m} \cdot 19 \text{ kN/m}^3 = 19 \text{ kPa}$$

I tillegg til last fra søylene vil det også komme egenvekt av fundamenter.

Ut fra de angitte bruksgrenselastene får man følgende areal for fundamentene for fundamentdybde opp til 1 m:

- Søylelast 1000 kN Fundamentbredde 2,6m
- Søylelast 500 kN Fundamentbredde 1,9 m

Ved detaljprosjektering må det også tas hensyn til fundamentlastene.

### 6.2 Setninger

Setninger er beregnet i et egenutviklet regneark basert på Janbu's spenningsfordeling (se vedlegg 1). Basert på utførte laboratorieforsøk er det benyttet et modultall  $M=10$  MPa for tørrskorpeleire og  $M=7$  MPa for leire. Trykk under fundamentene overskrider ikke forbelastningstrykket  $p_c$  og setninger ligger dermed i overkonsolidert område. Det er beregnet setninger i størrelsesorden 3 til 5,0 cm under fundamentene som plasseres i 1 m dybde. Den største delen av primærsetningene vil skje de første 5 årene.

Generelt skal såletrykk under fundamentene ikke overstiger 150 kPa, ellers kan trykket bli så stort at det overskrider forbelastningstrykket, noe som vil gi betydelig større setninger.

## 7 Fundamentering av utomhusareal

Utomhusarealet består av adkomstvei og terminalanlegg for busser og privatbiler. Dimensjonering av underbygning gjøres i.h.t håndbok N200 [5]. Det er beregnet nødvendig bærelag for både løsning med belegningsstein og asfaltert grus. Fremtidig terrengnivå vil ligge på eller under dagens terrengnivå. Grunnen får en reell avlastning og det må ikke påregnes setninger av grunnen.

### 7.1 Asfaltert grus

For terminalanlegg med aksellast på 10-20 tonn og løsmasser av silt/leire,  $25 \leq c_u \leq 37,5 \text{ kPa}$ , kreves et forsterkningslag på 95 cm (figur 515.1, N200 [5]). For asfaltert grus kreves en tykkelse på 10 cm for bærelaget og 3,5-4,5 cm for vegdekket. Total oppbyggingshøyde blir da 1,10 m. Det må legges fiberduk mellom stedlige masser og forsterkningslag.

### 7.2 Belegningsstein

For terminalanlegg med aksellast på 10-20 tonn og løsmasser av silt/leire,  $25 \leq c_u \leq 37,5 \text{ kPa}$ , kreves et forsterkningslag på 80 cm (figur 514.1, N200 [5]). Total oppbyggingshøyde inkludert dekke og bærelag blir da ca. 1,15 m. Det må legges fiberduk mellom stedlige masser og forsterkningslaget.

### 7.3 Frostfri dybde

Korngradering av stedlige masser viser at de klassifiseres i telefarlighetsklasse T3. Frostfri dybde er beregnet i henhold til håndbok V220 [4]. Det er benyttet 100 års frostmengde  $F_{100}$ .  $F_{100}$  er angitt i Vedlegg 2 fra N200 til å være  $26000 \text{ h}^\circ\text{C}$  for Nittedal kommune. Frostdybdefaktor for ulike materialbetegnelser er vist i Figur 6.

| Materialbetegnelse                               | Frostdybdefaktor - $K_F$ |
|--|--------------------------|
| Stein (pukk, steinfylling, steinig grus)         | 1,4                      |
| Sand og grus.<br>(sandig grus, steinig morene)   | 1,0                      |
| Silt (siltig morene, sandig silt)                | 0,85                     |
| Leire og blandingsjord (leirholdige morenearter) | 0,7                      |
| Torv   | 0,3                      |

Figur 6: Frostdybdefaktor [6]

Beregnet frostfri dybde for knus stein og stedlige masser er:

$$z_{F,stein} = K_F \sqrt{F} = 1,4 * \sqrt{26\ 000} = 2,26 \text{ m}$$

$$z_{F,stedlig} = K_F \sqrt{F} = 0,7 * \sqrt{26\ 000} = 1,13 \text{ m}$$

Frostømfintlige ledninger bør isoleres dersom de ligger lavere enn 2,26 m under terreng.

## 8 Støttemurer

Det skal etableres støttemurer rundt mesteparten av området. På øst og sørsiden av tomten er terrenget på parkeringsplassen lavere enn terrenget utenfor. Maksimal høydeforskjell som skal tas opp av muren er 2,5 m. På nordsiden av tomten er terrenget på parkeringsplassen høyere enn terrenget utenfor. Maksimal høydeforskjell som skal tas opp av muren er 1,5 m

Det er tiltenkt å bruke gabionmurer som støttemur. Forslag fra landskapsarkitekt viser gabionmur. Gabionmur skal føres høyere enn terrenget for å også virke som støyskjerm. Høyde av støyskjerm er beregnet av RiA til være 1,5m på nord av tomten og 2,5 m på sørsiden av tomten. Murene er tenkt å settes opp med helt vertikale fronter. Norconsult anbefaler at det vurderes en svak murhelning på 10:1 mot jorden. Fordelen med å sette muren med svak helning er at murdimensjoner kan reduseres. Videre vil det være gunstig å ha litt helning for å unngå at muren kan tippe ut mot parkeringsplassen.

Støttemurene er dimensjonert iht. håndbok V220. Grunnet telefarlige masser i frostsone må det frostisolerers eller masseutskiftes både under og bak gabionmurene. Ved masseutskifting og tilbakefylling bak mur skal det benyttes drenerende masser (sprengstein), i tillegg skal det legges drenerør i foten bak muren med frostfritt utløp.

Ved støttemurene som får last fra bussene er det brukt en dimensjonerende trafikklast på 26 kPa bak muren. Det er brukt en dimensjonerende vindlast på 1,6 kPa på alle støyskjermer.

Stabiliteten av støttemurene er beregnet i et egenutviklet regneark. Resultatene fra beregningene er vist i vedlegg 3, og oppsummert i Tabell 4. Det forutsettes at stedlige masser 1 m under terreng og 1 m bak støttemuren masseutskiftes med sprengstein.

| Område     | Murhelning | Last bak muren     | Maksimal høyde støttemur [m]+ høyde støyskjerm | Minimum bredde støttemur [m] | Minimum dybde murfot |
|------------|------------|--------------------|--|------------------------------|----------------------|
| Nord       | Vertikal   | Trafikklast 26 kPa | 1,5 + 1,5                                      | 0,8                          | 0,5 m                |
| Øst og sør | Vertikal   | -                  | 2,5 + 2,5                                      | 1,0                          | 0,3 m                |
| Nord       | 10:1       | Trafikklast 26 kPa | 1,5 + 1,5                                      | 0,8                          | 0,2 m                |
| Øst og sør | 10:1       | -                  | 2,5 + 2,5                                      | 0,8                          | 0,1 m                |

Tabell 4: Dimensjoner støttemur

Det er også kontrollert lokal stabilitet under støttemurene med programmet GeoSuite. Det er utført beregninger både med effektivspenningsanalyse og totalspenningsanalyse. Stabiliteten er tilfredsstillende. Utskrift fra stabilitetsberegninger vises i vedlegg 4 og resultater er oppsummert i tabell 5.

| Snitt                                    | Oppnådd materialkoeffisient | Krav til materialekoeffisient |
|--|-----------------------------|-------------------------------|
| Støttemur Nord, effektivspenningsanalyse | 1,73                        | 1,25                          |
| Støttemur Nord, totalspenningsanalyse    | 2,72                        | 1,4                           |
| Støttemur Øst, effektivspenningsanalyse  | 2,41                        | 1,25                          |
| Støttemur Øst, totalspenningsanalyse     | 3,51                        | 1,4                           |

Tabell 5: Resultater fra stabilitetsberegninger byggegrøpsikring

## 9 Anleggsgjennomføring

### 9.1 Graving

Før graving påbegynnes skal posisjon til alle kabler og ledninger være kartlagt.

Gravearbeider opptil 2,5 m dybde ned til grunnvannsnivå, skal utføres med helning 1:1,5 iht. beregninger fra kapittel 4. Ved gravedybde mindre enn 1 m kan det benyttes graveskråning 1:1. Ved gravedybder av byggegrop større enn 2,5 m, eller under grunnvannsnivå skal geotekniker kontaktes for vurdering.

Masser kan i utgangspunktet deponeres på området for midlertidig lagring før bortkjøring. Plassering og høyde av massedeponier skal godkjennes av geotekniker.

### 9.2 Bæreevne av anleggsmaskiner

I henhold til kapittel 6 kan det benyttes en bæreevne av 150 kPa for anleggsmaskiner. Det skal vurderes avlastningsplater ved større grunntrykk. De stedlige leire/siltmassene kan bli veldig bløt etter nedbør, og det anbefales at det legges ut forsterkningslag relativt tidlig. Forsterkningslag skal beskyttes med fiberduk hvis den skal kjøres på med anleggsmaskiner, slik at den ikke tettes. Alternativt kan det vurderes at det legges ut en midlertidig anleggsvei, som fjernes senere.

## 10 Referanser

- [1] Standard Norge, «NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016, Eurokode 0,» 2016.
- [2] Standard Norge, «NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016, Eurokode 7 del 1,» 2016.
- [3] Standard Norge, «NS-EN 1997-2:2007+NA:2008, Eurokode 7 del 1,» 2008.
- [4] Statens Vegvesen, Statens vegvesen håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging., 2010.
- [5] Statens vegvesen, «Håndbok N200 - Vegbygging,» 2014.
- [6] Standard Norge, «NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014,» 2014.
- [7] Direktoratet for byggkvalitet, «Byggteknisk forskrift (TEK17),» 2017.
- [8] Direktoratet for byggkvalitet, «Byggesaksforskriften (SAK10),» 2016.
- [9] NVE, «Veileder 7/2014 Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanelgging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper,» 2014.
- [10] Rambøll, «Notat nr. 1350019630-G-NOT-001, Nittedal bussanlegg, geotekniske vurderinger reguleringsplan,» 20.12.2016.
- [11] Rambøll, «Notat nr. 1350019630-G-NOT-002 Nittedal bussanlegg- geotekniske vurderinger,» 07.04.2017.
- [12] Ramboll, «Rapport nr. 1350019630-1, Datarapport fra grunnundersøkelse.Ruter AS. Nittedal Bussanlegg,» 2017-04-07.
- [13] Sweco, «Rapport nr. 11102001, Ruter AS. Miljøteknisk grunnundersøkelse-Kjulsveien 15, 1480 SLATTUM,» 08.08.2016.
- [14] NIFS, «Rapport 14/2014 En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer,» 2014.



Kjul bussanlegg  
B=2,6m

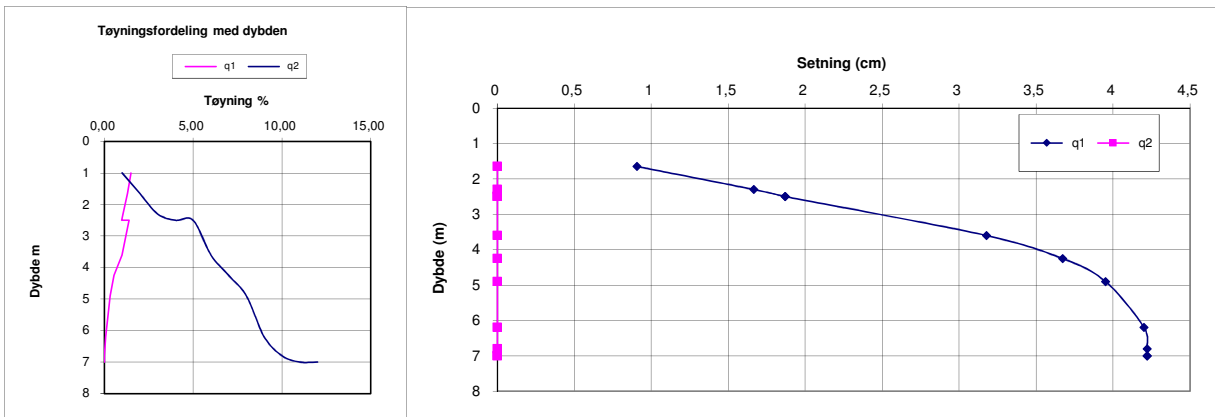
Overflatebelastning:  $q_1 = 150$  kPa  $q_2 =$  kPa Såletrykk fundament 150 kPa antatt 1m un

Grunnvannsdypde: GV = 2,5 m

Setning midt under belastet areal

| Dybde [m]            | Regnemod. EE/EP/PL | Modul M el. m | Romvekt [kN/m <sup>3</sup> ] | $\Delta p/q$ | $p_o'$ [kPa] | $\Delta p_1$ [kPa] | $\Delta p_2$ [kPa] | $\epsilon_1$ [%] | $\epsilon_2$ [%] | $\delta_1$ [cm] | $\delta_2$ [cm] | Dybde [m] |
|----------------------|--------------------|---------------|------------------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------|
| 1                    | ee                 | 10000         | 19,0                         | 1            | 19           | 150                |                    | 1,50             |                  | 0,8             |                 | 1         |
| 1,65                 | ee                 | 10000         | 19,0                         | 0,86         | 31           | 129                |                    | 1,29             |                  | 0,9             |                 | 1,65      |
| 2,3                  | ee                 | 10000         | 19,0                         | 0,7          | 44           | 105                |                    | 1,05             |                  | 0,8             |                 | 2,3       |
| 2,5                  | ee                 | 10000         | 9,0                          | 0,65         | 46           | 98                 |                    | 0,98             |                  | 0,2             |                 | 2,5       |
| 2,5                  | ee                 | 7000          | 9,0                          | 0,65         | 46           | 98                 |                    | 1,39             |                  |                 |                 |           |
| 3,6                  | ee                 | 7000          | 9,0                          | 0,46         | 44           | 69                 |                    | 0,99             |                  | 1,3             |                 | 3,6       |
| 4,25                 | ee                 | 7000          | 9,0                          | 0,25         | 44           | 38                 |                    | 0,54             |                  | 0,5             |                 | 4,25      |
| 4,9                  | ee                 | 7000          | 9,0                          | 0,15         | 43           | 23                 |                    | 0,32             |                  | 0,3             |                 | 4,9       |
| 6,2                  | ee                 | 7000          | 9,0                          | 0,03         | 42           | 5                  |                    | 0,06             |                  | 0,3             |                 | 6,2       |
| 6,8                  | ee                 | 7000          | 9,0                          | 0            | 41           | 0                  |                    | 0,00             |                  | 0,0             |                 | 6,8       |
| 7                    | ee                 | 7000          | 9,0                          | 0            | 41           | 0                  |                    | 0,00             |                  | 0,0             |                 | 7         |
| 7                    | ee                 | 7000          | 9,0                          | 0            | 41           | 0                  |                    | 0,00             |                  | 0,0             |                 | 7         |
| <b>Totalsetning:</b> |                    |               |                              |              |              |                    |                    |                  |                  | <b>5,0</b>      | <b>0,00</b>     |           |

ee : Tørrskorpe, sterkt overkonsolidert leire, komprimert jord.  
ep : Grus, sand, meget grov silt.  
pl : Normalkonsolidert og noe overkonsolidert leire og silt



Kjul bussanlegg  
B=2 m

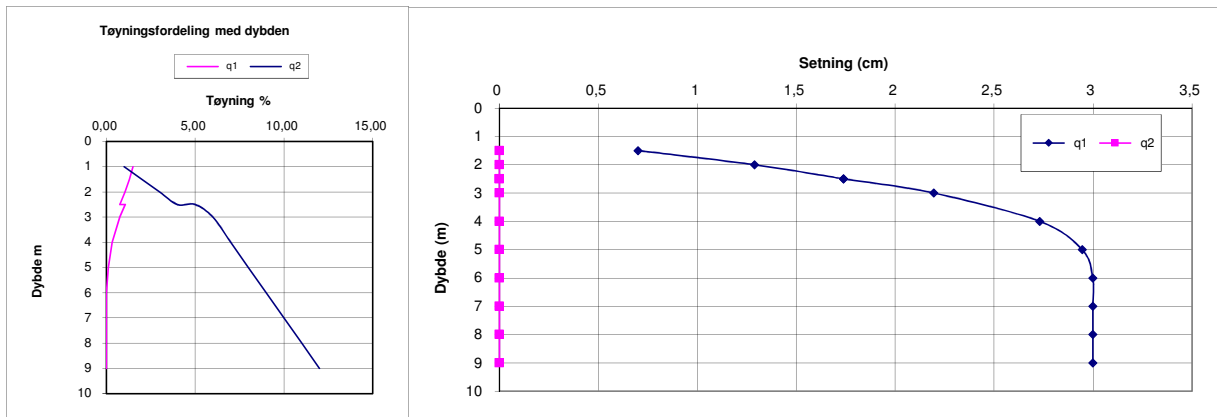
Overflatebelastning:  $q_1 = 150$  kPa  $q_2 =$  kPa Såletrykk fundament 150 kPa antatt 1m un

Grunnvannsdypde: GV = 2,5 m

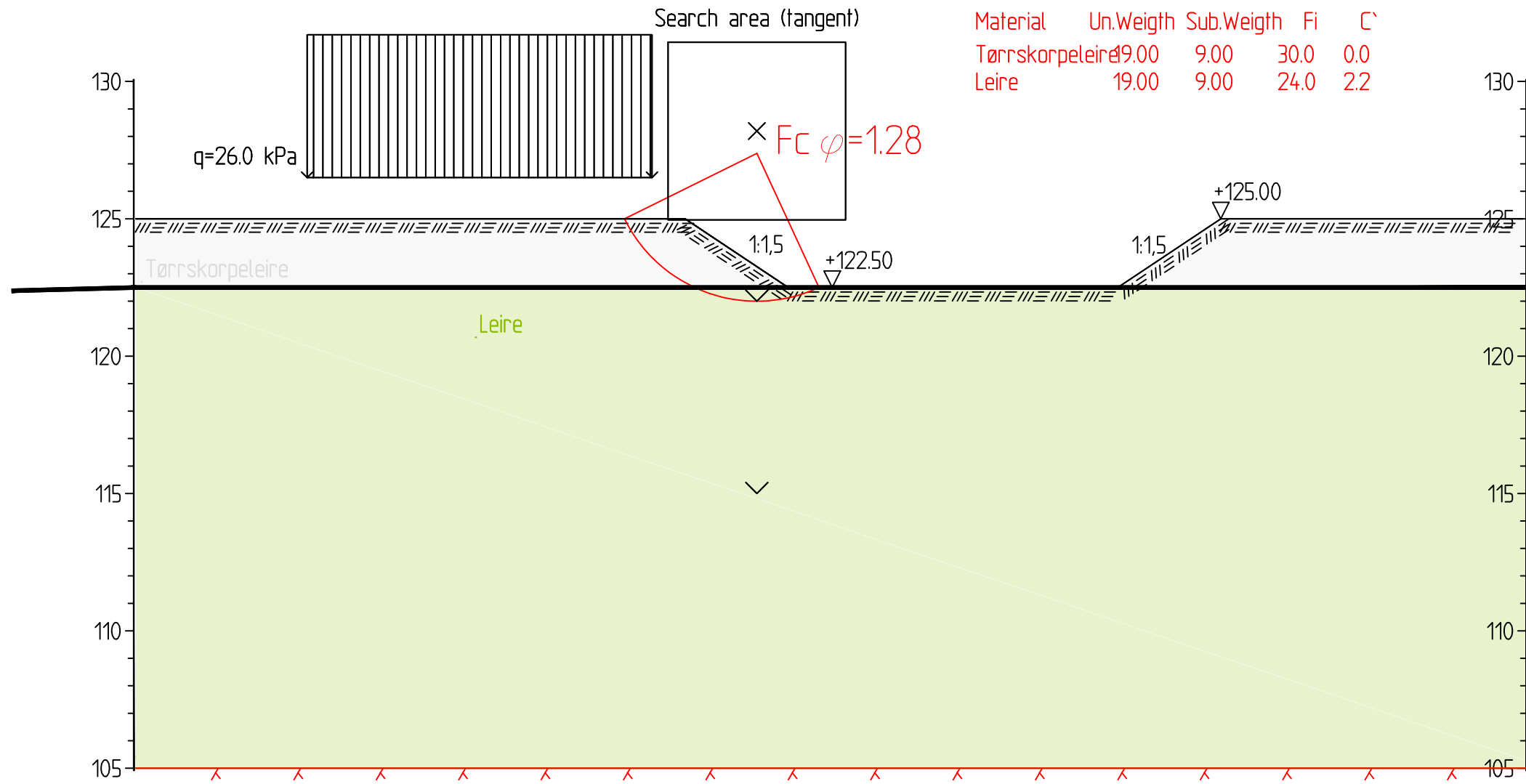
Setning midt under belastet areal

| Dybde [m]            | Regnemod. EE/EP/PL | Modul M el. m | Romvekt [kN/m <sup>3</sup> ] | $\Delta p/q$ | $p_o'$ [kPa] | $\Delta p_1$ [kPa] | $\Delta p_2$ [kPa] | $\epsilon_1$ [%] | $\epsilon_2$ [%] | $\delta_1$ [cm] | $\delta_2$ [cm] | Dybde [m] |
|----------------------|--------------------|---------------|------------------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------|
| 1                    | ee                 | 10000         | 19,0                         | 1            | 19           | 150                |                    | 1,50             |                  | 0,8             |                 | 1         |
| 1,5                  | ee                 | 10000         | 19,0                         | 0,87         | 29           | 131                |                    | 1,31             |                  | 0,7             |                 | 1,5       |
| 2                    | ee                 | 10000         | 19,0                         | 0,7          | 38           | 105                |                    | 1,05             |                  | 0,6             |                 | 2         |
| 2,5                  | ee                 | 10000         | 9,0                          | 0,5          | 43           | 75                 |                    | 0,75             |                  | 0,5             |                 | 2,5       |
| 2,5                  | ee                 | 7000          | 9,0                          | 0,5          | 43           | 75                 |                    | 1,07             |                  |                 |                 |           |
| 3                    | ee                 | 7000          | 9,0                          | 0,35         | 42           | 53                 |                    | 0,75             |                  | 0,5             |                 | 3         |
| 4                    | ee                 | 7000          | 9,0                          | 0,15         | 41           | 23                 |                    | 0,32             |                  | 0,5             |                 | 4         |
| 5                    | ee                 | 7000          | 9,0                          | 0,05         | 40           | 8                  |                    | 0,11             |                  | 0,2             |                 | 5         |
| 6                    | ee                 | 7000          | 9,0                          | 0            | 39           | 0                  |                    | 0,00             |                  | 0,1             |                 | 6         |
| 7                    | ee                 | 7000          | 9,0                          | 0            | 38           | 0                  |                    | 0,00             |                  |                 |                 | 7         |
| 8                    | ee                 | 7000          | 9,0                          | 0            | 37           | 0                  |                    | 0,00             |                  |                 |                 | 8         |
| 9                    | ee                 | 7000          | 9,0                          | 0            | 36           | 0                  |                    | 0,00             |                  |                 |                 | 9         |
| <b>Totalsetning:</b> |                    |               |                              |              |              |                    |                    |                  |                  | <b>3,7</b>      | <b>0,00</b>     |           |

ee : Tørrskorpe, sterkt overkonsolidert leire, komprimert jord.  
ep : Grus, sand, meget grov silt.  
pl : Normalkonsolidert og noe overkonsolidert leire og silt

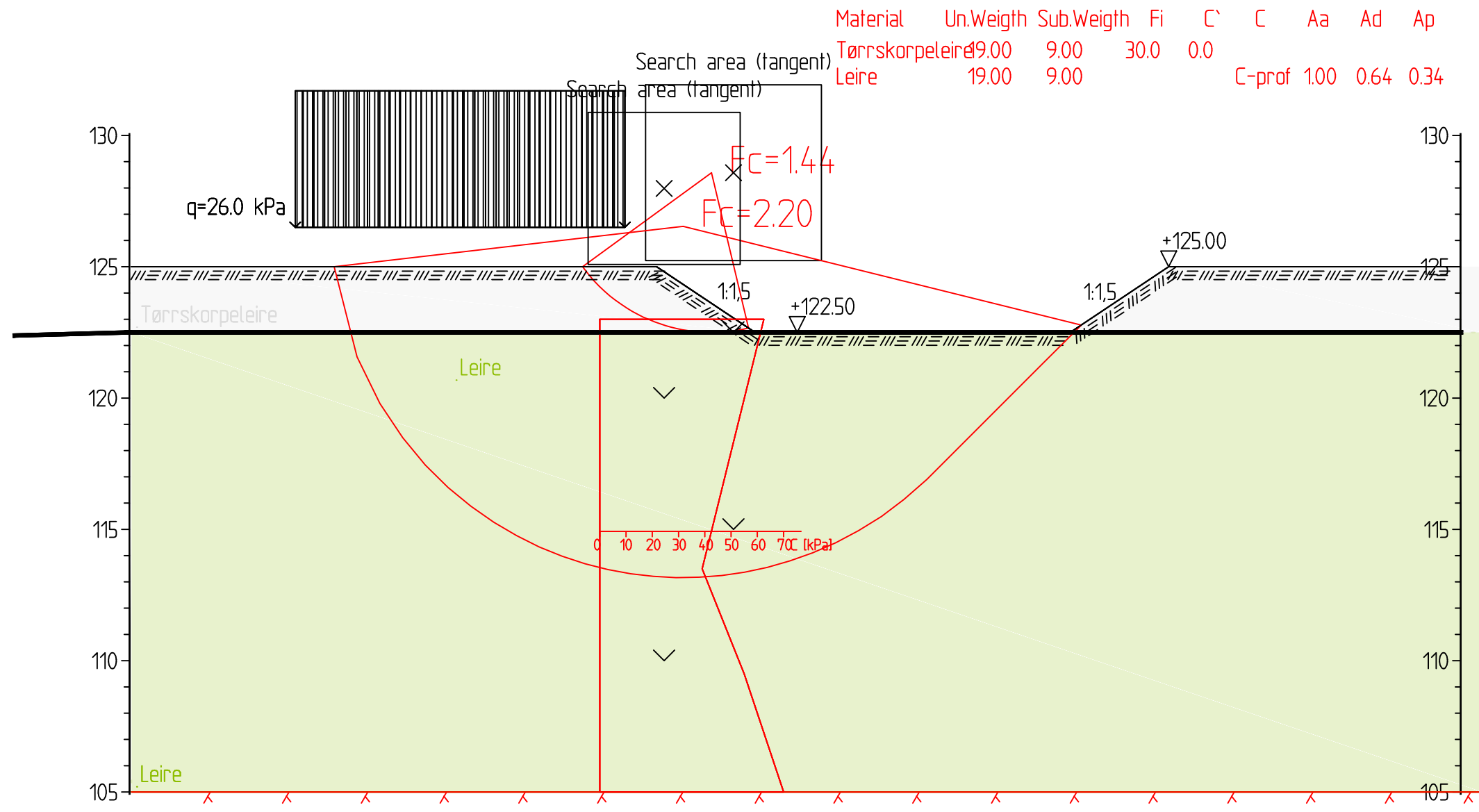


"N:\518161518\602\BIM\Ceol\teknikk\af\in\vedlegg\vedlegg 2.dwg - AlgZee - Plietel - 2018-03-21, 13:22:41 - LAYOUT = \vedlegg 2-1 - XREF = GRAVESKRANING ØST-ADP, graveskraning øst-af, byggesop-adp, byggesop-af"



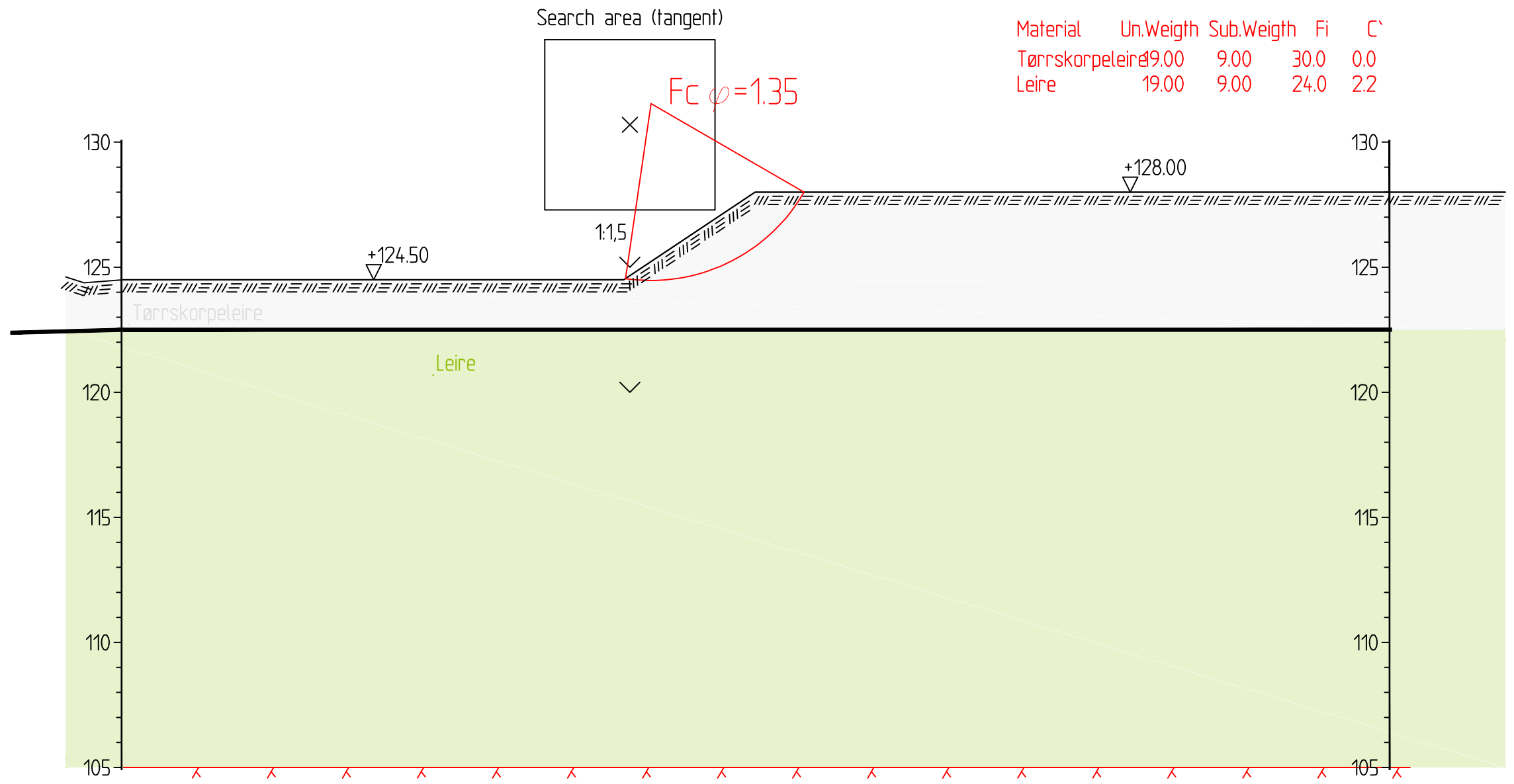
|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| <small>                 Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS.<br/>                 Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsvåren beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.             </small> |                                   |
| AFK Eiendom FKF   | Målestokk (gjelder A3)<br>1 : 200 |
| KJUL BUSSANLEGG   |                                   |
| Stabilitetsberegning<br>Graving for smøregrav<br>Effektivspenningsanalyse   |                                   |
| Norconsult  | Oppdragsnummer<br>5181602         |
|   | Tegningsnummer<br>Vedlegg 2-1     |
|   | Revisjon                          |

"N:\518161518\602\BIM\Ceol\kikk\afin\vedlegg\vedlegg 2.dwg - AlgZee - Plottet: 2018-03-21, 13:23:37 - LAYOUT = Vedlegg 2-2 - XREF = GRAVESKRANING ØST-ADP, graveskraning øst-af, byggesop-adp, byggesop-af"



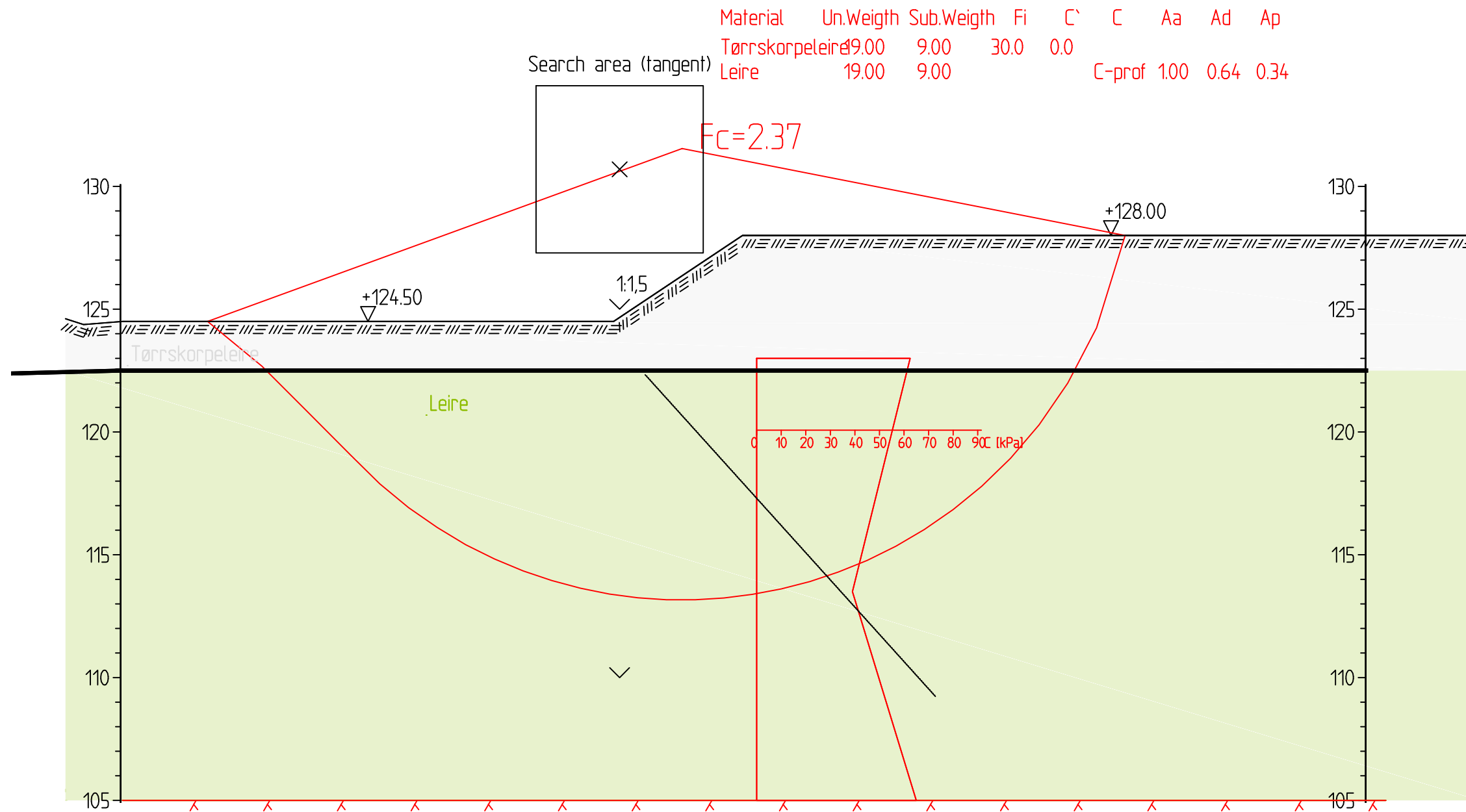
|  |   |
|--|---|
| Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS.<br>Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsvåren beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier. |   |
| AFK Eiendom FKF  | Målestokk (gjelder A3)<br>1 : 200                                   |
| KJUL BUSSANLEGG<br><br>Stabilitetsberegning<br>Graving for smøregrav<br>Totalspenningsanalyse  |   |
| <b>Norconsult</b>  | Oppdragsnummer: 5181602<br>Tegningsnummer: Vedlegg 2-2<br>Revisjon: |

"N:\5181\615181602\BIM\Ceol\kikk\af\in\vedlegg\vedlegg 2.dwg - AlgZae - Plettet - 2018-03-21, 13:29:57 - LAYOUT = Vedlegg 2-3 - XREF = GRAVESKRANING ØST-ADP, graveskraning est-af, byggesop-adp, byggesop-af"



|  |                           |                               |                                   |
|--|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| <small>Detle dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsvåren beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrækning enn formålet tilsier.</small> |                           |                               |                                   |
| AFK Eiendom FKF  |                           |                               | Målestokk (gjelder A3)<br>1 : 200 |
| KJUL BUSSANLEGG  |                           |                               |                                   |
| Stabilitetsberegning<br>Graving for støttemur i øst<br>Effektivspenningsanalyse  |                           |                               |                                   |
| Norconsult   | Oppdragsnummer<br>5181602 | Tegningsnummer<br>Vedlegg 2-3 | Revisjon                          |

"N:\5181\615181602\BIM\Ceol\teknikk\afin\vedlegg\vedlegg 2.dwg - AlgZee - Plottet: 2018-03-21, 13:24:44 - LAYOUT = Vedlegg 2-4 - XREF = GRAVESKRANING ØST-ADP, graveskraning øst-af, byggesop-adp, byggesop-af"



Detle dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsvilkårene beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

|  |                           |                               |
|--|---------------------------|-------------------------------|
| AFK Eiendom FKF  | Målestokk (gjelder A3)    | 1 : 200                       |
| KJUL BUSSANLEGG  |                           |                               |
| Stabilitetsberegning<br>Graving for støttemur i øst<br>Totalspenningsanalyse |                           |                               |
| Norconsult   | Oppdragsnummer<br>5181602 | Tegningsnummer<br>Vedlegg 2-4 |
|  |                           | Revisjon                      |

**TØRRMUR**

Prosjekt: Kjul bussanlegg- Støttemur i nord

Beregning: Høyde 1,5m+ 1,5m over terreng, trafikk. bak. Vindlast

Mur

|                                 |                |   |      |                   |   |
|---------------------------------|----------------|---|------|-------------------|---|
| Murens fronthøyde               | H              | : | 1,5  | m                 |   |
| Murens tykkelse                 | B              | : | 0,8  | m                 |   |
| Murens helning ( $\Delta h:1$ ) | $\Delta h$     | : | 1000 |                   | $\rightarrow \beta_m = -0,1^\circ$ (= jordfrontens helning) |
| Murens romvekt                  | $\gamma_{mur}$ | : | 18   | kN/m <sup>3</sup> |   |

Jord bak mur

|                 |                 |   |      |                   |  |
|-----------------|-----------------|---|------|-------------------|--|
| Terrenghelning  | $\alpha$        | : | 0    | °                 |  |
| Jordens romvekt | $\gamma_{jord}$ | : | 19   | kN/m <sup>3</sup> |  |
| Friksjonsvinkel | $\phi$          | : | 42   | °                 | Coulomb's formel:  |
| Materialfaktor  | $\gamma_m$      | : | 1,25 |                   | Dreining av skrå jordtrykksresultant $\delta = 18,3^\circ$   |
| Ruhet           | $r$             | : | 0,46 |                   | $\rightarrow$ Skrå, aktiv jordtrykks-koeff. $Ka\beta = 0,24$ |

Laster

|                       |            |   |      |                   |
|-----------------------|------------|---|------|-------------------|
| Terrenglast           | $q_\gamma$ | : | 26   | kN/m <sup>2</sup> |
| Ytre vertikal-kraft   | $Q_V$      | : | 21,6 | kN/m              |
| moment-arm            | $a_V$      | : | 0    | m                 |
| Ytre horisontal-kraft | $Q_H$      | : | 2,34 | kN/m              |
| moment-arm            | $a_H$      | : | 2,25 | m                 |

Lastvirkning

|                           |          |   |      |                   |  |
|---------------------------|----------|---|------|-------------------|--|
| Murens vekt               | G        | = | 21,6 | kN/m              |  |
| Aktivt jordtrykk          | $P_{aj}$ | = | 5,1  | kN/m              |  |
| Jordtrykk fra terrenglast | $P_{aq}$ | = | 9,3  | kN/m              |  |
| Res. normalkraft          | N        | = | 47,7 | kN/m              |  |
| Res. skjærkraft           | S        | = | 15,9 | kN/m              |  |
| Res. moment               | $M_x$    | = | 12,5 | kNm/m             |  |
| Eksentrisitet             | e        | = | 0,26 | m                 | $\rightarrow e/B = 0,33$ ( $\rightarrow e > B/6$ ) |
| Effektiv bredde           | $B_o$    | = | 0,28 | m                 | $\rightarrow B_o/B = 35\%$                         |
| Grunntrykk                | q        | = | 172  | kN/m <sup>2</sup> | ...  |

Bæreevne-kontroll

|                           |            |   |          |                   |   |
|---------------------------|------------|---|----------|-------------------|---|
|                           |            |   | <b>F</b> |                   | (velg: Friksjonsmasser / Leire) <b>Foreløpig kun F</b>                  |
| Fundamentdybde            | d          | : | 0,5      | m                 | NB: Kun for bæreevne; passivt jordtrykk neglisjeres.                    |
| Romvekt foran mur (dren.) | $\gamma$   | : | 19       | kN/m <sup>3</sup> |   |
| Skråningshelning          | $\beta_s$  | : | 0        | °                 | $\rightarrow$ Reduksjonsfaktor $F_{\beta_s} = 1,00$                     |
| Romvekt under mur (eff.)  | $\gamma'$  | : | 11       | kN/m <sup>3</sup> |   |
| Attraksjon                | a          | : | 0        | kN/m <sup>2</sup> | Skrå fundamentflate:  |
| Friksjonsvinkel           | $\phi$     | : | 42       | °                 | Fundament-helning (som for mur) $\beta_f = 0,1^\circ$                   |
| Materialfaktor            | $\gamma_m$ | : | 1,25     |                   | $\rightarrow$ Reduksjonsfaktor (= $N_{qb} / N_q$ ) $F_{\beta_f} = 1,00$ |
| Ruhet (for skrå flate)    | $r_f$      | = | 0,46     |                   | $\rightarrow$ Bæreevne-faktorer (flatt) $N_q = 16,6$                    |
| Bæreevne                  | $\sigma$   | = | 179      | kN/m <sup>2</sup> | $N_\gamma = 14,2$   |

## BELIGGENHET AV KRITISK SKJÆRFLATE:

|                           |            |   |      |   |
|---------------------------|------------|---|------|---|
| Avstand fra fundamentkant | A          | = | 0,8  | m |
| Dybde under fundamentnivå | D          | = | 0,3  | m |
| Aktiv utgangsvinkel       | $\alpha_o$ | = | 37,2 | ° |
| Passiv endevinkel         | $\alpha_p$ | = | 27,1 | ° |

**TØRRMUR**

Prosjekt: **Kjul bussanlegg**  
 Beregning: **Murhøyde 2,5m+ 2,5 m over terreng. Vindlast**

**Mur**

|                                 |                |   |      |                   |   |
|---------------------------------|----------------|---|------|-------------------|---|
| Murens fronthøyde               | H              | : | 2,5  | m                 |   |
| Murens tykkelse                 | B              | : | 1    | m                 |   |
| Murens helning ( $\Delta h:1$ ) | $\Delta h$     | : | 1000 |                   | $\rightarrow \beta_m = -0,1^\circ$ (= jordfrontens helning) |
| Murens romvekt                  | $\gamma_{mur}$ | : | 18   | kN/m <sup>3</sup> |   |

**Jord bak mur**

|                 |                 |   |      |                   |  |
|-----------------|-----------------|---|------|-------------------|--|
| Terrenghelning  | $\alpha$        | : | 0    | °                 |  |
| Jordens romvekt | $\gamma_{jord}$ | : | 19   | kN/m <sup>3</sup> |  |
| Friksjonsvinkel | $\phi$          | : | 42   | °                 | <b>Coulomb's formel:</b>   |
| Materialfaktor  | $\gamma_m$      | : | 1,25 |                   | Dreining av skrå jordtrykksresultant $\delta = 11,0^\circ$                     |
| Ruhet           | r               | : | 0,27 |                   | $\rightarrow$ Skrå, aktiv jordtrykks-koeff. <b>Ka<math>\beta</math> = 0,24</b> |

**Laster**

|                       |       |   |      |                   |
|-----------------------|-------|---|------|-------------------|
| Terrenglast           | $q_Y$ | : | 0    | kN/m <sup>2</sup> |
| Ytre vertikal-kraft   | $Q_V$ | : | 45   | kN/m              |
| moment-arm            | $a_V$ | : | 0    | m                 |
| Ytre horisontal-kraft | $Q_H$ | : | 3,9  | kN/m              |
| moment-arm            | $a_H$ | : | 3,75 | m                 |

**Lastvirkning**

|                           |          |   |      |      |
|---------------------------|----------|---|------|------|
| Murens vekt               | G        | = | 45,0 | kN/m |
| Aktivt jordtrykk          | $P_{aj}$ | = | 14,5 | kN/m |
| Jordtrykk fra terrenglast | $P_{aq}$ | = | 0,0  | kN/m |

|                  |       |   |      |       |  |
|------------------|-------|---|------|-------|--|
| Res. normalkraft | N     | = | 92,8 | kN/m  |  |
| Res. skjærkraft  | S     | = | 18,0 | kN/m  |  |
| Res. moment      | $M_x$ | = | 25,0 | kNm/m |  |
| Eksentrisitet    | e     | = | 0,27 | m     | $\rightarrow e/B = 0,27$ ( $\rightarrow e > B/6$ ) |

|                 |           |   |             |                         |                           |
|-----------------|-----------|---|-------------|-------------------------|---------------------------|
| Effektiv bredde | <b>Bo</b> | = | <b>0,46</b> | <b>m</b>                | $\rightarrow Bo/B = 46\%$ |
| Grunntrykk      | <b>q</b>  | = | <b>201</b>  | <b>kN/m<sup>2</sup></b> | ...                       |

**Bæreevne-kontroll**

|                           |                            |   |             |                         |   |
|---------------------------|----------------------------|---|-------------|-------------------------|---|
|                           |                            |   | <b>F</b>    |                         | ( velg: Friksjonsmasser / Leire ) <b>Foreløpig kun F</b>                                  |
| Fundamentdybde            | d                          | : | 0,3         | m                       | NB: Kun for bæreevne; passivt jordtrykk neglisjeres.                                      |
| Romvekt foran mur (dren.) | $\gamma$                   | : | 19          | kN/m <sup>3</sup>       |   |
| Skråningshelning          | $\beta_s$                  | : | 0           | °                       | $\rightarrow$ Reduksjonsfaktor $F_{\beta_s} = 1,00$                                       |
| Romvekt under mur (eff.)  | $\gamma'$                  | : | 11          | kN/m <sup>3</sup>       |   |
| Attraksjon                | a                          | : | 0           | kN/m <sup>2</sup>       | <b>Skrå fundamentflate:</b>   |
| Friksjonsvinkel           | $\phi$                     | : | 42          | °                       | Fundament-helning (som for mur) $\beta_f = 0,1^\circ$                                     |
| Materialfaktor            | $\gamma_m$                 | : | 1,25        |                         | $\rightarrow$ Reduksjonsfaktor (= $N_{qb} / N_q$ ) <b><math>F_{\beta_f} = 1,00</math></b> |
| Ruhet (for skrå flate)    | <b>r<sub>f</sub></b>       | = | <b>0,27</b> |                         | $\rightarrow$ Bæreevne-faktorer (flatt) $N_q = 23,9$                                      |
| Bæreevne                  | <b><math>\sigma</math></b> | = | <b>210</b>  | <b>kN/m<sup>2</sup></b> | $N_\gamma = 29,2$   |

**BELIGGENHET AV KRITISK SKJÆRFLATE:**

|                           |            |   |      |   |
|---------------------------|------------|---|------|---|
| Avstand fra fundamentkant | A          | = | 1,9  | m |
| Dybde under fundamentnivå | D          | = | 0,6  | m |
| Aktiv utgangsvinkel       | $\alpha_o$ | = | 47,9 | ° |
| Passiv endevinkel         | $\alpha_p$ | = | 27,1 | ° |



**TØRRMUR**

Prosjekt: **Kjul bussanlegg- Støttemur i nord**  
 Beregning: **Høyde 1,5m+ 1,5m over terreng, trafikkl. bak. Vindlast**

Mur

|                                 |                |   |     |                   |   |
|---------------------------------|----------------|---|-----|-------------------|---|
| Murens fronthøyde               | H              | : | 1,5 | m                 |   |
| Murens tykkelse                 | B              | : | 0,8 | m                 |   |
| Murens helning ( $\Delta h:1$ ) | $\Delta h$     | : | 10  |                   | $\rightarrow \beta_m = -5,7^\circ$ (= jordfrontens helning) |
| Murens romvekt                  | $\gamma_{mur}$ | : | 18  | kN/m <sup>3</sup> |   |

Jord bak mur

|                 |                 |   |      |                   |  |
|-----------------|-----------------|---|------|-------------------|--|
| Terrenghelning  | $\alpha$        | : | 0    | °                 |  |
| Jordens romvekt | $\gamma_{jord}$ | : | 19   | kN/m <sup>3</sup> |  |
| Friksjonsvinkel | $\phi$          | : | 42   | °                 | Coulomb's formel:  |
| Materialfaktor  | $\gamma_m$      | : | 1,25 |                   | Dreining av skrå jordtrykksresultant $\delta = 13,4^\circ$   |
| Ruhet           | $r$             | : | 0,33 |                   | $\rightarrow$ Skrå, aktiv jordtrykks-koeff. $Ka\beta = 0,21$ |

Laster

|                       |            |   |        |                   |
|-----------------------|------------|---|--------|-------------------|
| Terrenglast           | $q_\gamma$ | : | 26     | kN/m <sup>2</sup> |
| Ytre vertikal-kraft   | $Q_V$      | : | 21,6   | kN/m              |
| moment-arm            | $a_V$      | : | -0,225 | m                 |
| Ytre horisontal-kraft | $Q_H$      | : | 2,34   | kN/m              |
| moment-arm            | $a_H$      | : | 2,25   | m                 |

Lastvirkning

|                           |          |   |      |                   |  |
|---------------------------|----------|---|------|-------------------|--|
| Murens vekt               | G        | = | 21,7 | kN/m              |  |
| Aktivt jordtrykk          | $P_{aj}$ | = | 4,9  | kN/m              |  |
| Jordtrykk fra terrenglast | $P_{aq}$ | = | 8,4  | kN/m              |  |
| Res. normalkraft          | N        | = | 46,4 | kN/m              |  |
| Res. skjærkraft           | S        | = | 11,0 | kN/m              |  |
| Res. moment               | $M_x$    | = | 6,6  | kNm/m             |  |
| Eksentrisitet             | e        | = | 0,14 | m                 | $\rightarrow e/B = 0,18$ ( $\rightarrow e > B/6$ ) |
| Effektiv bredde           | $B_o$    | = | 0,52 | m                 | $\rightarrow B_o/B = 65\%$                         |
| Grunntrykk                | q        | = | 90   | kN/m <sup>2</sup> | ...  |

Bæreevne-kontroll

|                           |            |   |          |                   |   |
|---------------------------|------------|---|----------|-------------------|---|
|                           |            |   | <b>F</b> |                   | (velg: Friksjonsmasser / Leire) <b>Foreløpig kun F</b>              |
| Fundamentdybde            | d          | : | 0,2      | m                 | NB: Kun for bæreevne; passivt jordtrykk neglisjeres.                |
| Romvekt foran mur (dren.) | $\gamma$   | : | 19       | kN/m <sup>3</sup> |   |
| Skråningshelning          | $\beta_s$  | : | 0        | °                 | $\rightarrow$ Reduksjonsfaktor $F_{\beta_s} = 1,00$                 |
| Romvekt under mur (eff.)  | $\gamma'$  | : | 11       | kN/m <sup>3</sup> |   |
| Attraksjon                | a          | : | 0        | kN/m <sup>2</sup> | Skrå fundamentflate:  |
| Friksjonsvinkel           | $\phi$     | : | 42       | °                 | Fundament-helning (som for mur) $\beta_f = 5,7^\circ$               |
| Materialfaktor            | $\gamma_m$ | : | 1,25     |                   | $\rightarrow$ Reduksjonsfaktor (= $Nqb / Nq$ ) $F_{\beta_f} = 0,87$ |
| Ruhet (for skrå flate)    | $r_f$      | = | 0,33     |                   | $\rightarrow$ Bæreevne-faktorer (flatt) $Nq = 21,5$                 |
| Bæreevne                  | $\sigma$   | = | 130      | kN/m <sup>2</sup> | $N\gamma = 23,9$  |

## BELIGGENHET AV KRITISK SKJÆRFLATE:

|                           |            |   |      |   |
|---------------------------|------------|---|------|---|
| Avstand fra fundamentkant | A          | = | 2,0  | m |
| Dybde under fundamentnivå | D          | = | 0,6  | m |
| Aktiv utgangsvinkel       | $\alpha_o$ | = | 44,7 | ° |
| Passiv endevinkel         | $\alpha_p$ | = | 27,1 | ° |

**TØRRMUR**

Prosjekt: **Kjul bussanlegg**  
 Beregning: **Murhøyde 2,5m+ 2,5 m over terreng. Vindlast**

**Mur**

|                                 |                |   |     |                   |   |
|---------------------------------|----------------|---|-----|-------------------|---|
| Murens fronthøyde               | H              | : | 2,5 | m                 |   |
| Murens tykkelse                 | B              | : | 0,8 | m                 |   |
| Murens helning ( $\Delta h:1$ ) | $\Delta h$     | : | 10  |                   | $\rightarrow \beta_m = -5,7^\circ$ (= jordfrontens helning) |
| Murens romvekt                  | $\gamma_{mur}$ | : | 18  | kN/m <sup>3</sup> |   |

**Jord bak mur**

|                 |                 |   |      |                   |  |
|-----------------|-----------------|---|------|-------------------|--|
| Terrenghelning  | $\alpha$        | : | 0    | °                 |  |
| Jordens romvekt | $\gamma_{jord}$ | : | 19   | kN/m <sup>3</sup> |  |
| Friksjonsvinkel | $\phi$          | : | 42   | °                 | <b>Coulomb's formel:</b>   |
| Materialfaktor  | $\gamma_m$      | : | 1,25 |                   | Dreining av skrå jordtrykksresultant $\delta = 7,8^\circ$                      |
| Ruhet           | r               | : | 0,19 |                   | $\rightarrow$ Skrå, aktiv jordtrykks-koeff. <b>Ka<math>\beta</math> = 0,21</b> |

**Laster**

|                       |            |   |        |                   |
|-----------------------|------------|---|--------|-------------------|
| Terrenglast           | $q_\gamma$ | : | 0      | kN/m <sup>2</sup> |
| Ytre vertikal-kraft   | $Q_V$      | : | 36     | kN/m              |
| moment-arm            | $a_V$      | : | -0,375 | m                 |
| Ytre horisontal-kraft | $Q_H$      | : | 3,9    | kN/m              |
| moment-arm            | $a_H$      | : | 3,75   | m                 |

**Lastvirkning**

|                           |          |   |      |      |
|---------------------------|----------|---|------|------|
| Murens vekt               | G        | = | 36,2 | kN/m |
| Aktivt jordtrykk          | $P_{aj}$ | = | 13,4 | kN/m |
| Jordtrykk fra terrenglast | $P_{aq}$ | = | 0,0  | kN/m |

|                  |       |   |      |       |                          |
|------------------|-------|---|------|-------|--------------------------|
| Res. normalkraft | N     | = | 74,0 | kN/m  |                          |
| Res. skjærkraft  | S     | = | 10,0 | kN/m  |                          |
| Res. moment      | $M_x$ | = | 7,3  | kNm/m |                          |
| Eksentrisitet    | e     | = | 0,10 | m     | $\rightarrow e/B = 0,12$ |

|                 |           |   |             |                         |                           |
|-----------------|-----------|---|-------------|-------------------------|---------------------------|
| Effektiv bredde | <b>Bo</b> | = | <b>0,60</b> | <b>m</b>                | $\rightarrow Bo/B = 75\%$ |
| Grunntrykk      | <b>q</b>  | = | <b>123</b>  | <b>kN/m<sup>2</sup></b> | ...                       |

**Bæreevne-kontroll****F**( velg: Friksjonsmasser / Leire ) **Foreløpig kun F**

|                           |           |   |     |                   |  |
|---------------------------|-----------|---|-----|-------------------|--|
| Fundamentdybde            | d         | : | 0,1 | m                 | NB: Kun for bæreevne; passivt jordtrykk neglisjeres. |
| Romvekt foran mur (dren.) | $\gamma$  | : | 19  | kN/m <sup>3</sup> |  |
| Skråningshelning          | $\beta_s$ | : | 0   | °                 | $\rightarrow$ Reduksjonsfaktor $F_{\beta_s} = 1,00$  |

|                          |            |   |      |                   |   |
|--------------------------|------------|---|------|-------------------|---|
| Romvekt under mur (eff.) | $\gamma'$  | : | 11   | kN/m <sup>3</sup> |   |
| Attraksjon               | a          | : | 0    | kN/m <sup>2</sup> | <b>Skrå fundamentflate:</b>   |
| Friksjonsvinkel          | $\phi$     | : | 42   | °                 | Fundament-helning (som for mur) $\beta_f = 5,7^\circ$                                     |
| Materialfaktor           | $\gamma_m$ | : | 1,25 |                   | $\rightarrow$ Reduksjonsfaktor (= $N_{qb} / N_q$ ) <b><math>F_{\beta_f} = 0,87</math></b> |

|                        |                            |   |             |                         |  |
|------------------------|----------------------------|---|-------------|-------------------------|--|
| Ruhet (for skrå flate) | <b>r<sub>f</sub></b>       | = | <b>0,19</b> |                         | $\rightarrow$ Bæreevne-faktorer (flatt) $N_q = 27,5$ |
| Bæreevne               | <b><math>\sigma</math></b> | = | <b>151</b>  | <b>kN/m<sup>2</sup></b> | $N_\gamma = 37,0$                                    |

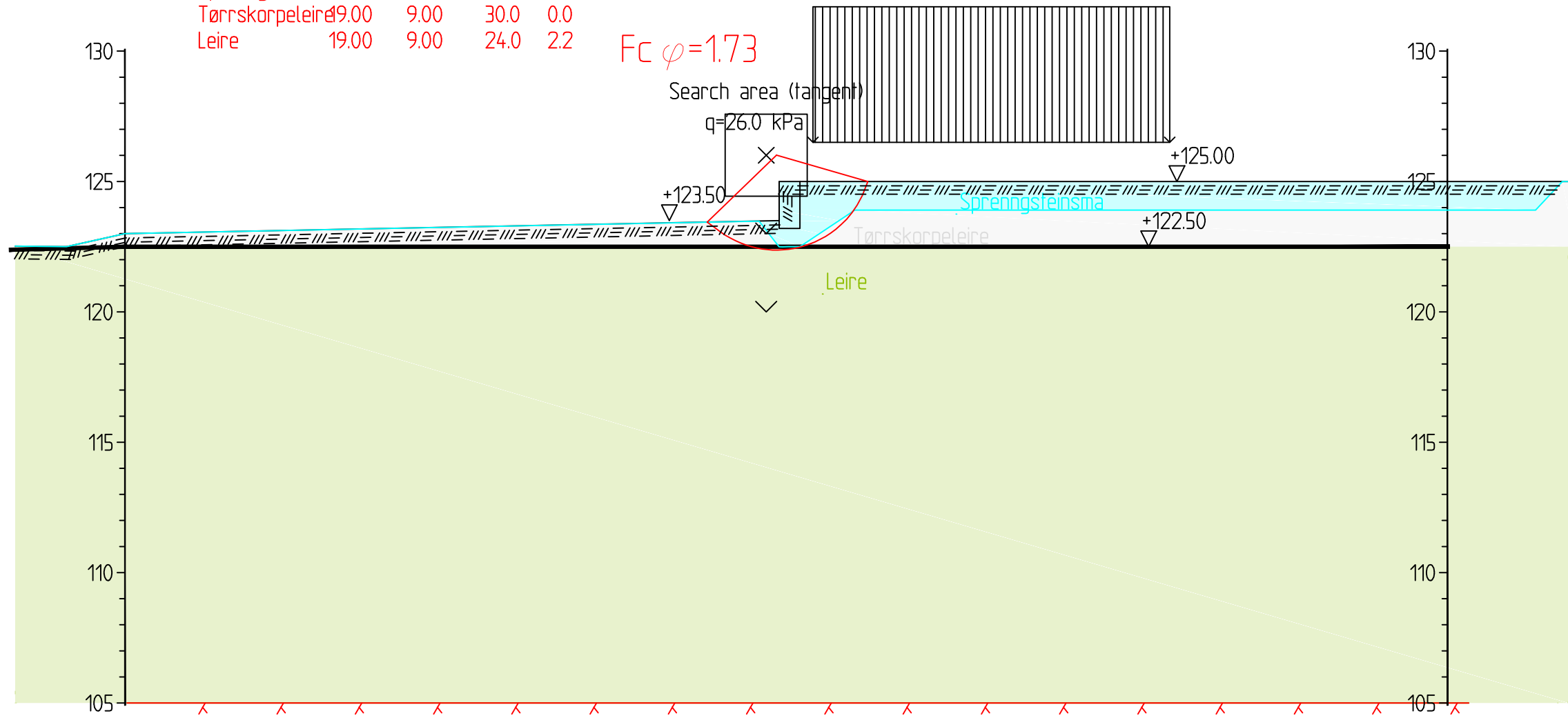
**BELIGGENHET AV KRITISK SKJÆRFLATE:**

|                           |            |   |      |   |
|---------------------------|------------|---|------|---|
| Avstand fra fundamentkant | A          | = | 2,8  | m |
| Dybde under fundamentnivå | D          | = | 0,9  | m |
| Aktiv utgangsvinkel       | $\alpha_o$ | = | 52,4 | ° |
| Passiv endevinkel         | $\alpha_p$ | = | 27,1 | ° |

"N:\5181\615181602\BIM\Ceol\kikk\af\in\vedlegg\vedlegg\_4.dwg - AlgZee - Plottet: 2018-03-21, 13:29 - LAYOUT = Vedlegg 4-1 - XREF = Støttemur ØST-ADP, STØTTEMUR ØST-AFI, STØTTEMUR NORD-ADP, Støttemur Nord-AFI"

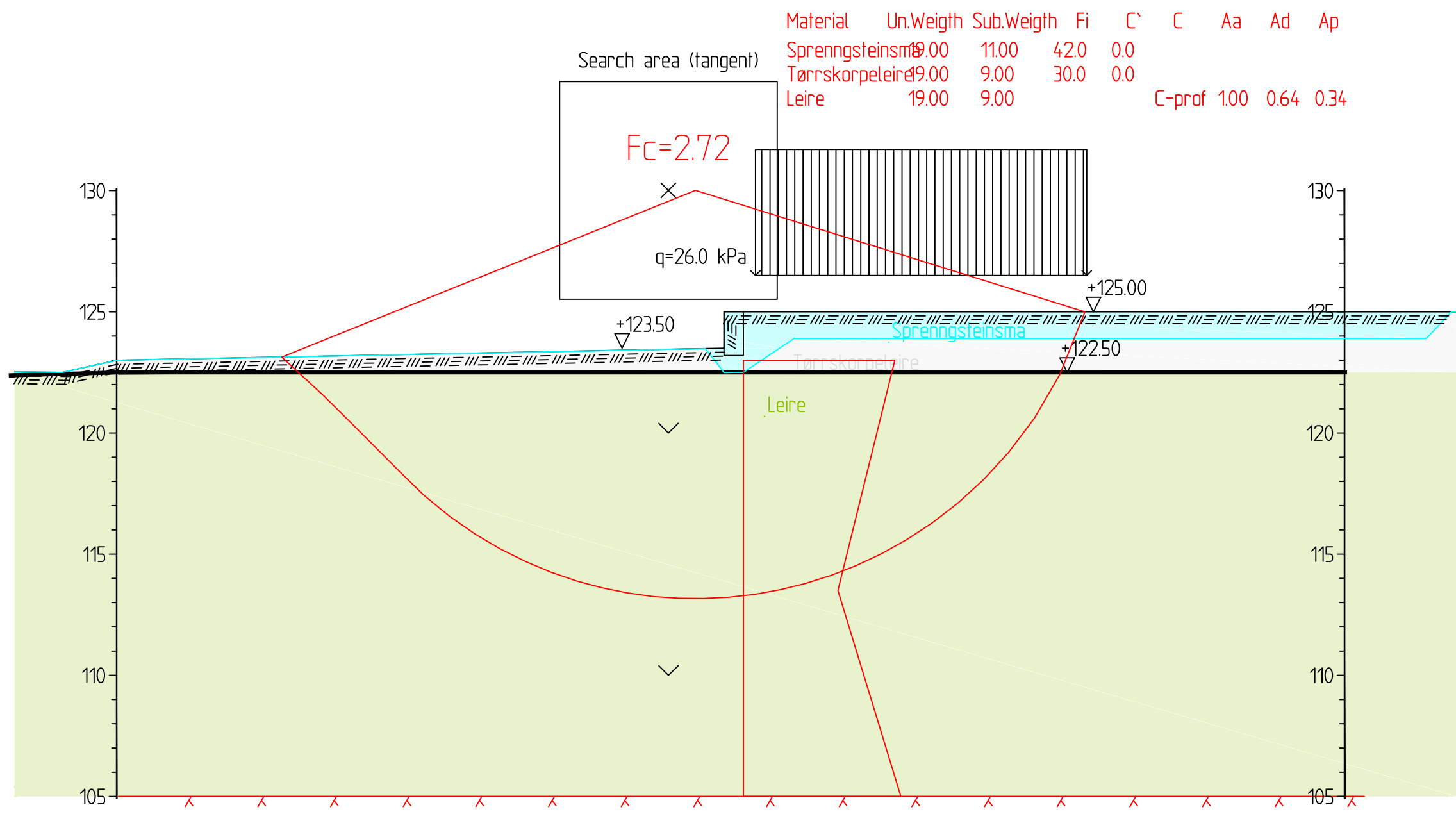
| Material          | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi   | C'  |
|-------------------|-----------|------------|------|-----|
| Sprengsteinsmasse | 9.00      | 11.00      | 42.0 | 0.0 |
| Tørrskorpeleire   | 9.00      | 9.00       | 30.0 | 0.0 |
| Leire             | 19.00     | 9.00       | 24.0 | 2.2 |

$F_c \varphi = 1.73$



|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| <small>                 Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS.<br/>                 Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsvåren beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.             </small> |                                   |
| AFK Eiendom FKF   | Målestokk (gjelder A3)<br>1 : 200 |
| KJUL BUSSANLEGG   |                                   |
| Stabilitetsberegning<br>Støttemur i nord<br>Effektivspenningsanalyse  |                                   |
| Norconsult  | Oppdragsnummer<br>5181602         |
|   | Tegningsnummer<br>Vedlegg 4-1     |
|   | Revisjon                          |

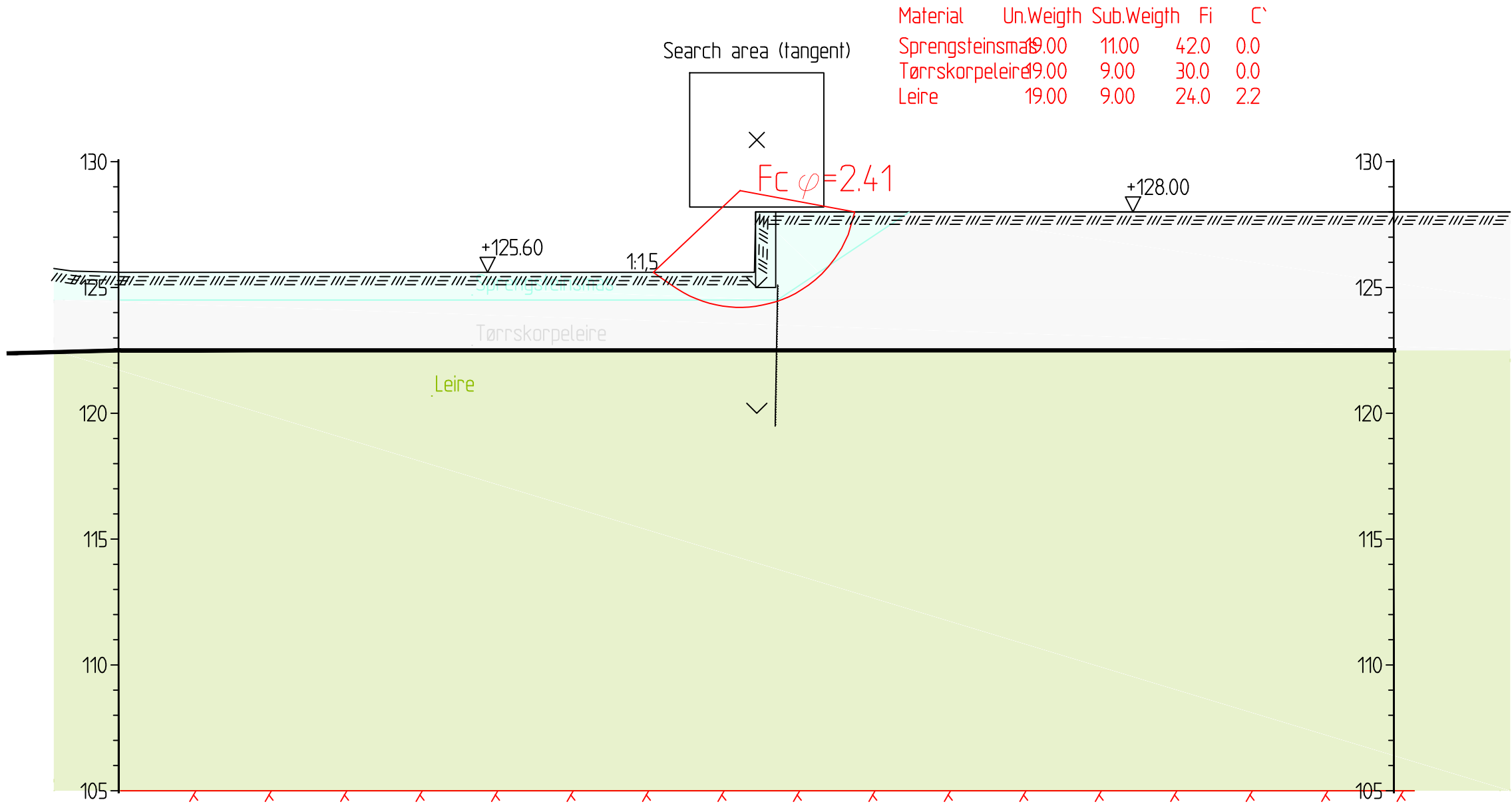
"N:\518161518\602\BIM\Ceol\teknikk\af\in\vedlegg\vedlegg\_4.dwg - AlgZae - Plottet: 2018-03-21, 13:29:16 - LAYOUT = Vedlegg 4-2 - XREF = Støttemur ØST-ADP, Støttemur ØST-AFI, Støttemur NORD-ADP, Støttemur Nord-AFI"



| Material        | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi   | C'  | C      | Aa   | Ad   | Ap   |
|-----------------|-----------|------------|------|-----|--------|------|------|------|
| Sprengsteinsma  | 19.00     | 11.00      | 42.0 | 0.0 |        |      |      |      |
| Tørrskorpeleire | 19.00     | 9.00       | 30.0 | 0.0 |        |      |      |      |
| Leire           | 19.00     | 9.00       |      |     | C-prof | 1.00 | 0.64 | 0.34 |

|   |                           |  |
|---|---------------------------|--|
| <small>                 Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS.<br/>                 Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsvåren beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.             </small> |                           | Målestokk (gjelder A3)<br><b>1 : 200</b> |
| AFK Eiendom FKF   |                           |  |
| KJUL BUSSANLEGG   |                           |  |
| Stabilitetsberegning<br>Støttemur i nord<br>Totalspenningsanalyse   |                           |  |
| Norconsult  | Oppdragsnummer<br>5181602 | Tegningsnummer<br>Vedlegg 4-2            |
|   |                           | Revisjon                                 |

"N:\518161518\602\BIM\Ceol\kikk\af\in\vedlegg\vedlegg\_4.dwg - AlgZee - Plottet: 2018-03-21, 13:29:31 - LAYOUT = Vedlegg 4-3 - XREF = Støttemur ØST-ADP, Støttemur ØST-AFI, Støttemur ØST-ADP, Støttemur Nord-AFI"

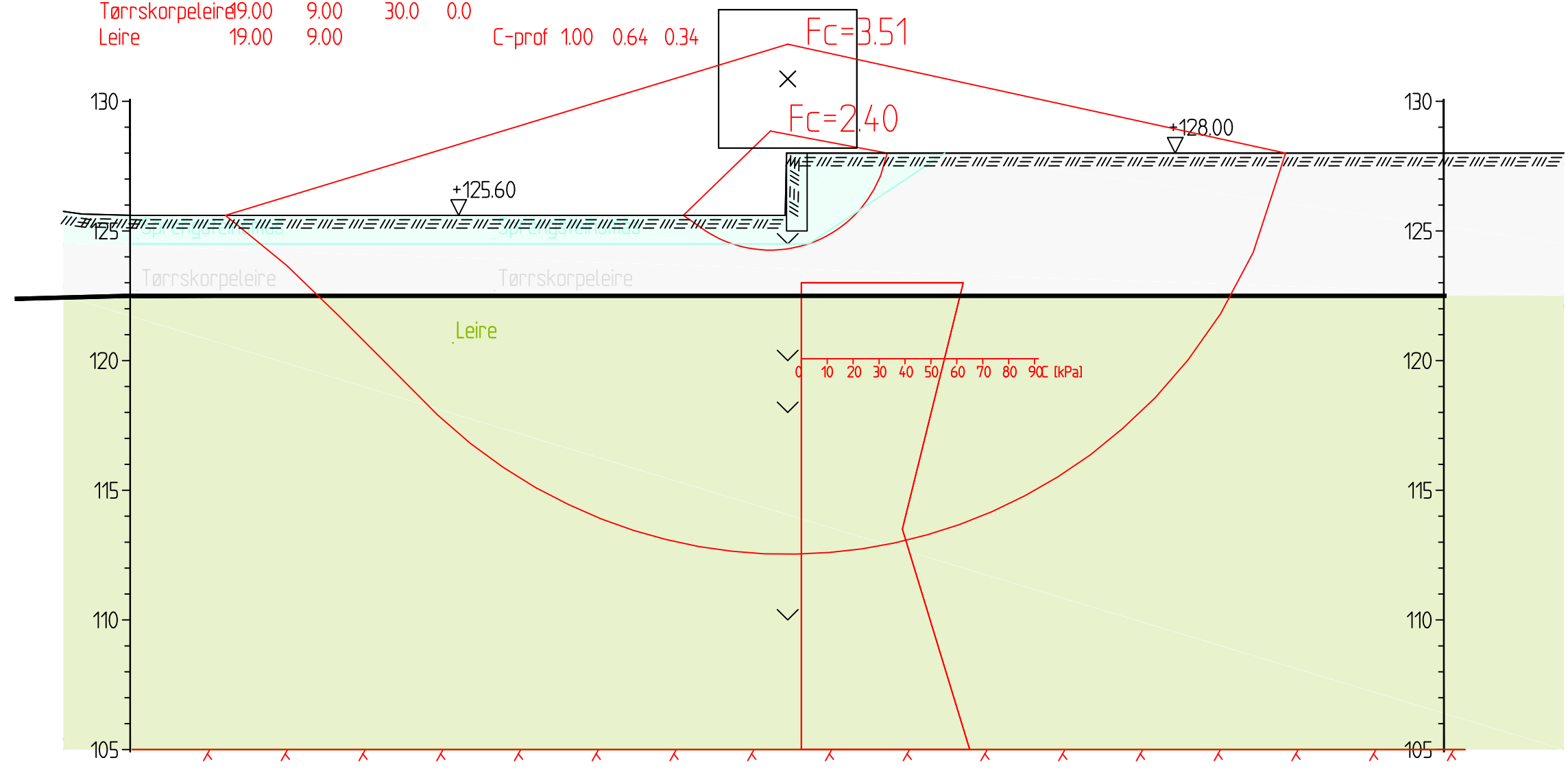


|   |                           |  |
|---|---------------------------|--|
| <small>                 Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS.<br/>                 Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsvåren beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrækning enn formålet tilsier.             </small> |                           | Målestokk (gjelder A3)<br><b>1 : 200</b> |
| AFK Eiendom FKF   |                           |  |
| KJUL BUSSANLEGG   |                           |  |
| Stabilitetsberegning<br>Støttemur i øst<br>Effektivspenningsanalyse   |                           |  |
| Norconsult   | Oppdragsnummer<br>5181602 | Tegningsnummer<br>Vedlegg 4-3            |
|   |                           | Revisjon                                 |

"N:\5181\615181602\BIM\Ceatek\kikk\af\in\vedlegg\vedlegg\_4.dwg - AlgZee - Plottet: 2018-03-21, 13:29:46 - LAYOUT = \vedlegg\_4-4 - XREF = Støttemur ØST-AFI, STØTTEMUR ØST-ADP, STØTTEMUR ØST-ADP, Støttemur Nord-AFI"

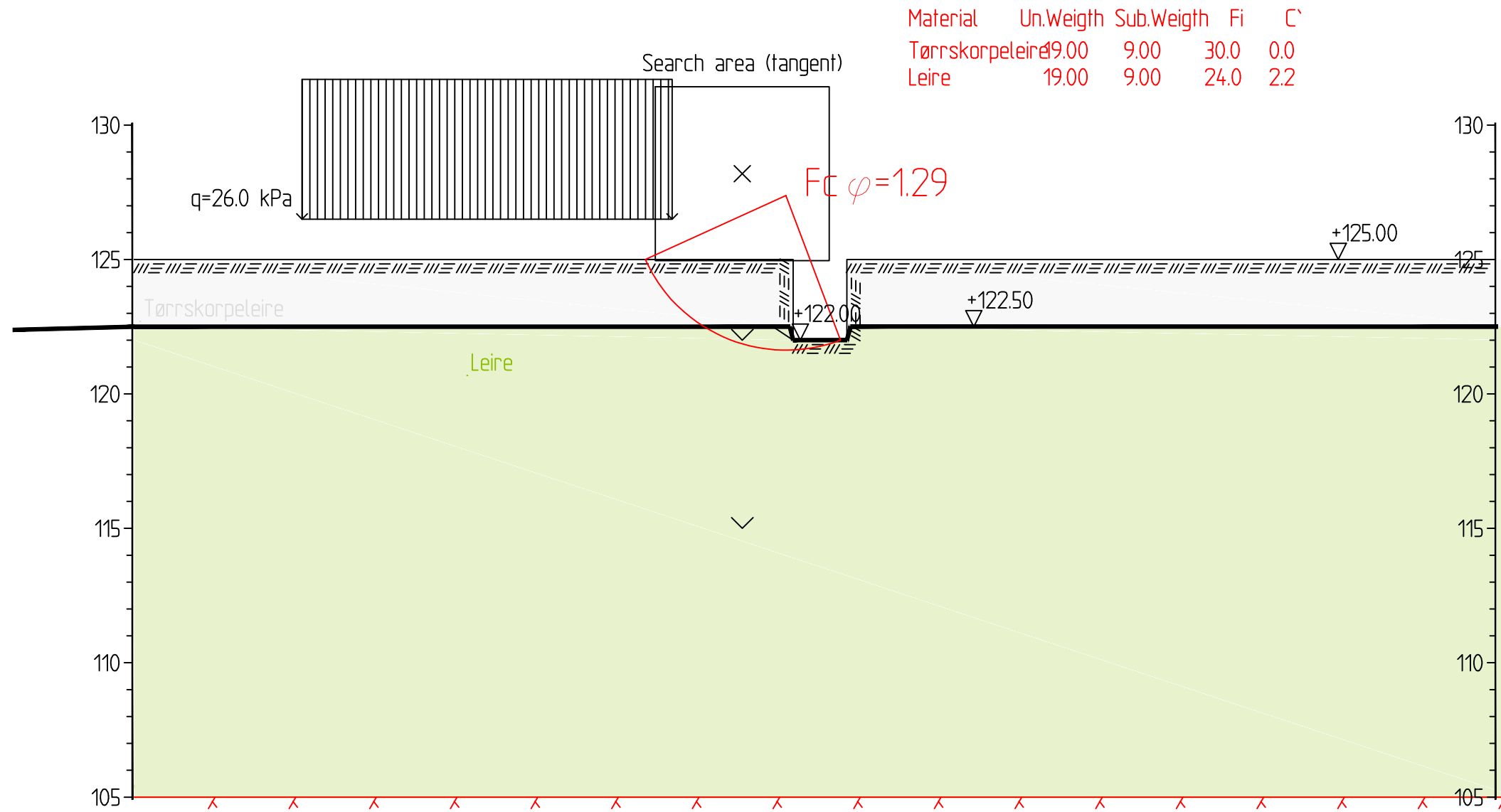
| Material          | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi   | C'  | C           | Aa   | Ad   | Ap |
|-------------------|-----------|------------|------|-----|-------------|------|------|----|
| Sprengsteinsmasse | 19.00     | 11.00      | 42.0 | 0.0 |             |      |      |    |
| Tørrskorpeleire   | 19.00     | 9.00       | 30.0 | 0.0 |             |      |      |    |
| Leire             | 19.00     | 9.00       |      |     | C-prof 1.00 | 0.64 | 0.34 |    |

Search area (tangent)



|   |                           |                               |
|---|---------------------------|-------------------------------|
| <small>                 Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS.<br/>                 Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsvåren beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.             </small> |                           | Målestokk (gjelder A3)        |
| AFK Eiendom FKF   |                           | 1 : 200                       |
| KJUL BUSSANLEGG   |                           |                               |
| Stabilitetsberegning  |                           |                               |
| Støttemur i øst   |                           |                               |
| Totalspenningsanalyse   |                           |                               |
| Norconsult  | Oppdragsnummer<br>5181602 | Tegningsnummer<br>Vedlegg 4-4 |
|   |                           | Revisjon                      |

Tung anleggstrafikk må plasseres med sikkerhetsavstand av minst 4,5 m fra grøftekasse  
 Hvis grøftekasser skal være mer enn 2 m bred og 3 m dypt, må det utføres nye stabilitetsvurderinger.



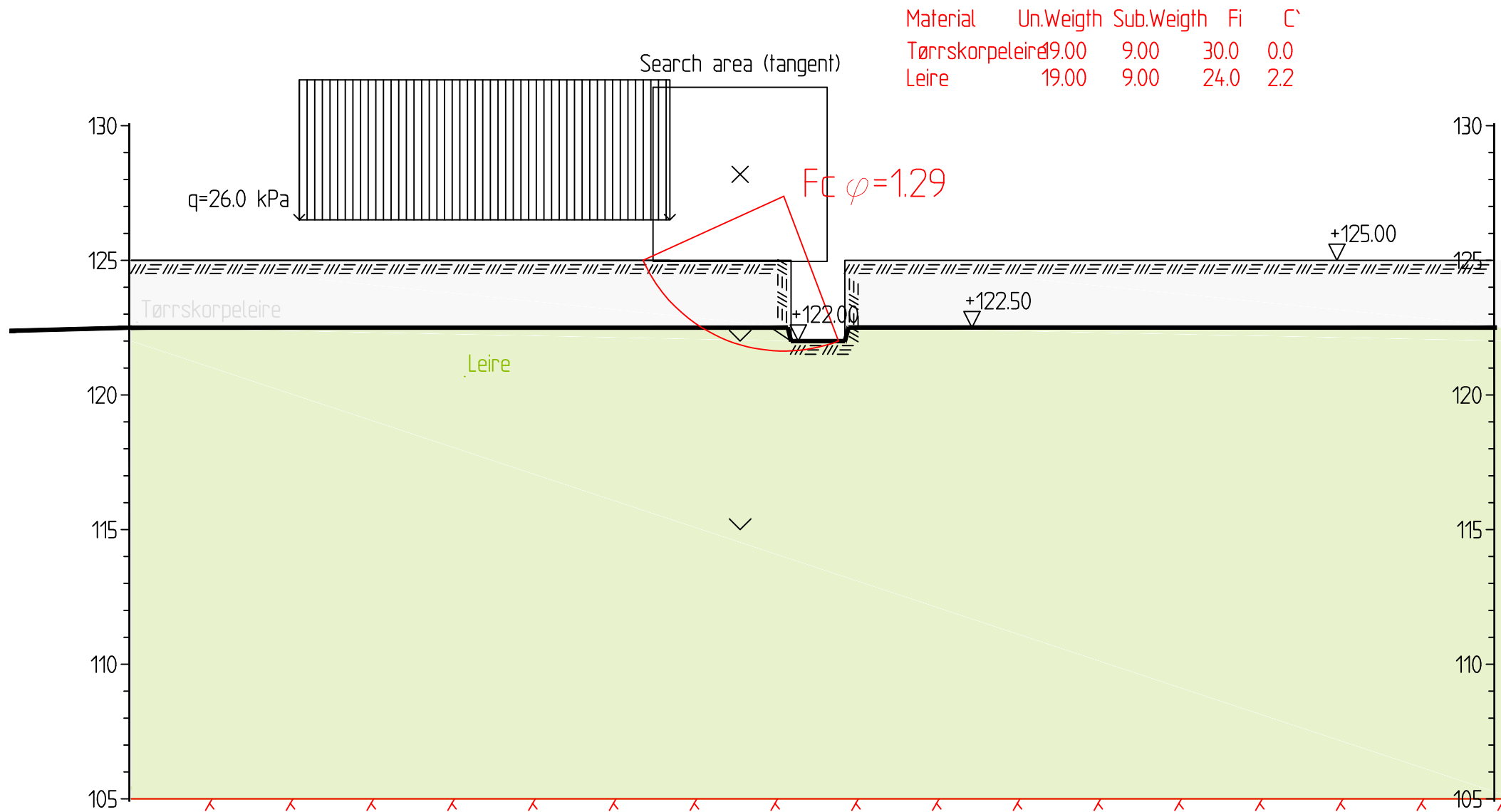
| Material         | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi   | C'  |
|------------------|-----------|------------|------|-----|
| Tørreskorpeleire | 9.00      | 9.00       | 30.0 | 0.0 |
| Leire            | 19.00     | 9.00       | 24.0 | 2.2 |

"N:\5181\615181602\BIM\Ceolteknikk\Ar\In\vedlegg\vedlegg 5.dwg - AlgZee - Plottet: 2018-03-22, 15:03:11 - LAYOUT = Vedlegg 5-1 - XREF = GRØFTEKASSE-AFI"

|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| <small>Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsvåren beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.</small> |                                   |
| AFK Eiendom FKF  | Målestokk (gjelder A3)<br>1 : 200 |
| KJUL BUSSANLEGG  |                                   |
| Stabilitetsberegning<br>Grøftekasse<br>Effektivspenningsanalyse  |                                   |
| Norconsult   | Oppdragsnummer<br>5181602         |
|  | Tegningsnummer<br>Vedlegg 5-1     |
|  | Revisjon                          |

Tunge anleggslaster skal plasseres med minst 4,5 m sikkerhetsavstand fra grøftkasser.

Hvis grøftkasser må være mer enn 2 m bred og mer enn 3 m dyb, må det utføres nye geotekniske stabilitetsvurderinger



"N:\S181\615181602\BIM\Ceoteknikk\Afik\i\vedlegg\vedlegg 5.dwg - AlgZee - Pliettet - 2018-03-22, 15:03:56 - LAYOUT = Vedlegg 5-2 - XREF = GRØFTKASSE-AFI"

|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| <small>Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsvåren beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.</small> |                                   |
| AFK Eiendom FKF  | Målestokk (gjelder A3)<br>1 : 200 |
| KJUL BUSSANLEGG  |                                   |
| Stabilitetsberegning   |                                   |
| Grøftkasse   |                                   |
| Totalspenningsanalyse  |                                   |
| Norconsult   | Oppdragsnummer<br>5181602         |
|  | Tegningsnummer<br>Vedlegg 5-2     |
|  | Revisjon                          |