

| Dybde (m) | Beskrivelse | Prøve | Test | Vanninnhold (%) og konsistensgrenser | | | | | ρ (g/cm ³) | Porsitet (%) | | Organisk innhold (%) | Udrenert skjærfasthet (kPa) | | | | | St (-) |
|-----------|---------------|-------|------|--------------------------------------|----|----|----|------|-----------------------------|--------------|--|----------------------|-----------------------------|----|----|----|----|--------|
| | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | |
| | SAND, fin | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SILT | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | LEIRE, siltig | | | | | | | 2,01 | 43 | 1,2 | | | | | | | 4 | |
| | LEIRE | | T | | | | | 1,81 | 53 | 1,1 | | | | | | | 3 | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Symboler:



Enaksialforsøk (strek angir aksial tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold¹⁰

▼ Omrørt konus

ρ = Densitet

T = Treaksialforsøk

ρ_s : 2,75 g/cm³

┌ Plastisitetssindeks, Ip

▽ Uomrørt konus

S_t = Sensitivitet

Ø = Ødometerforsøk

Grunnvannstand: m

K = Korngradering

Borbok:

Lab-bok: Digital

PRØVESERIE

Borhull:

6

Bane NOR SF

Dato:

2018-04-04

Hommelvikbukta, Malvik

Multiconsult

www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:

vt/mash

Kontrollert:

SIVMH

Godkjent:

HAN

Oppdragsnummer:

415257-02

Tegningsnr.:

RIG-TEG- 204

Rev. nr.:

00

| Dybde (m) | Beskrivelse | Prøve | Test | Vanninnhold (%) og konsistensgrenser | | | | | ρ (g/cm ³) | Porsitet (%) | Organisk innhold (%) | Udrenert skjærfasthet (kPa) | | | | | St (-) |
|-----------|-------------------------|-----------------|------|--------------------------------------|----|----|----|----|-----------------------------|--------------|----------------------|-----------------------------|----|----|----|----|--------|
| | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | |
| 5 | SILT, finsandig, leirig | noe humusrester | K | | | ○ | | | 1,97 | 45 | | | | | | | 6 7 |
| | SILT, leirig | | | | | ○ | | | 1,92 | 46 | | | | | | | |
| | SILT, leirig | | | K | | | ○ | | | 1,97 | 44 | 1,3 | | | | | |
| | | | | | ○ | | | | 1,2 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Symboler:



Enaksialforsøk (strek angir akseil tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold

▼ Omrørt konus

ρ = Densitet

T = Treaksialforsøk

ρ_s : 2,75 g/cm³

┌ Plastisitetesindeks, Ip

▽ Uomrørt konus

S_t = Sensitivitet

Ø = Ødometerforsøk

Grunnvannstand: m

K = Korngradering

Borbok:

Lab-bok: Digital

PRØVESERIE

Borhull: 7

Bane NOR SF

Dato: 2018-04-04

Hommelvikbukta, Malvik

Multiconsult
www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet: vt/mash

Kontrollert: SIVMH

Godkjent: HAN

Oppdragsnummer: 415257-02

Tegningsnr.: RIG-TEG- 205

Rev. nr.: 00

| Dybde (m) | Beskrivelse | Prøve | Test | Vanninnhold (%) og konsistensgrenser | | | | | ρ (g/cm ³) | Porsitet (%) | Organisk innhold (%) | Udrenert skjærfasthet (kPa) | | | | | St (-) | | |
|-----------|---------------|-------------------|------|--------------------------------------|----|----|----|----|-----------------------------|--------------|----------------------|-----------------------------|----|----|----|----|--------|----|---|
| | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | | | |
| 5 | LEIRE, siltig | enk tynne siltlag | K | | | | | | 1,88 | 51 | | | | | | | | 4 | |
| | LEIRE, siltig | | | | | | | | | 1,83 | 51 | | | | | | | | 3 |
| | LEIRE, siltig | | | | | | | | | 1,92 | 48 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | |

Symboler:



Enaksialforsøk (strek angir aksial tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold

▼ Omrørt konus

ρ = Densitet

T = Treaksialforsøk

ρ_s : 2,75 g/cm³

Grunnvannstand: m

┌ Plastisitetesindeks, Ip

▽ Uomrørt konus

S_t = Sensitivitet

Ø = Ødometerforsøk

Borbok:

K = Korngradering

Lab-bok:

Digital

PRØVESERIE

Borhull:

9

Bane NOR SF

Dato:

2018-04-04

Hommelvikbukta, Malvik

Multiconsult

www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:

vt/mash

Kontrollert:

SIVMH

Godkjent:

HAN

Oppdragsnummer:

415257-02

Tegningsnr.:

RIG-TEG- 206

Rev. nr.:

00

| Dybde (m) | Beskrivelse | kt. -33,5 | Prøve | Test | Vanninnhold (%) og konsistensgrenser | | | | | ρ (g/cm ³) | Porsitet (%) | Organisk innhold (%) | Udrenert skjærfasthet (kPa) | | | | | St (-) | |
|-----------|-------------------------|-----------|-------------|------|--------------------------------------|----|----|----|----|-----------------------------|--------------|----------------------|-----------------------------|----|----|----|----|--------|--|
| | | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | | |
| 5 | SILT, finsandig, leirig | | humusrester | | | | | | | 1,69 | 55 | | | | | | | | |
| | SILT, finsandig, leirig | | humusrester | | | | | | | 1,79 | 51 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Symboler:



Enaksialforsøk (strek angir aksiell tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold¹⁰

▼ Omrørt konus

ρ = Densitet

T = Treaksialforsøk

ρ_s : 2,75 g/cm³

Grunnvannstand: m

┌ Plastisitetesindeks, Ip

▽ Uomrørt konus

S_t = Sensitivitet

Ø = Ødometerforsøk

Borbok:

K = Korngradering

Lab-bok:

Digital

PRØVESERIE

Borhull:

10

Bane NOR SF

Dato:

2018-04-04

Hommelvikbukta, Malvik

Multiconsult
www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:

vt/mash

Kontrollert:

SIVMH

Godkjent:

HAN

Oppdragsnummer:

415257-02

Tegningsnr.:

RIG-TEG- 207

Rev. nr.:

00

| Dybde (m) | Beskrivelse | Prøve | Test | Vanninnhold (%) og konsistensgrenser | | | | | ρ (g/cm ³) | Porsitet (%) | Organisk innhold (%) | Udrenert skjærfasthet (kPa) | | | | | St (-) |
|-----------|-------------------------|-------|------|--------------------------------------|----|----|----|------|-----------------------------|--------------|----------------------|-----------------------------|----|----|----|----|--------|
| | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | |
| 5 | SILT, leirig | | | | | | | 1,91 | 47 | | | | | | | | 4 |
| | SILT, finsandig, leirig | | | | | | | 1,98 | 44 | | | | | | | | 3 5 |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Symboler:



Enaksialforsøk (strek angir aksiell tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold¹⁰
 ┃ Plastisitetsindeks, I_p

▼ Omrørt konus
 ▽ Uomrørt konus

ρ = Densitet
 S_t = Sensitivitet

T = Treaksialforsøk
 Ø = Ødometerforsøk
 K = Korngradering

ρ_s : 2,75 g/cm³
 Grunnvannstand: m
 Borbok:
 Lab-bok: Digital

PRØVESERIE

Borhull: 11

Bane NOR SF

Dato: 2018-04-04

Hommelvikbukta, Malvik

Multiconsult
 www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet: vt/mash
 Oppdragsnummer: 415257-02

Kontrollert: SIVMH
 Tegningsnr.: RIG-TEG- 208

Godkjent: HAN
 Rev. nr.: 00

| Dybde (m) | Beskrivelse | Prøve | Test | Vanninnhold (%) og konsistensgrenser | | | | | ρ (g/cm ³) | Porsisitet (%) | Organisk innhold (%) | Udrenert skjærfasthet (kPa) | | | | | St (-) |
|-----------|-------------|-----------------|------|--------------------------------------|----|----|----|------|-----------------------------|----------------|----------------------|-----------------------------|----|----|----|----|-------------|
| | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | |
| 5 | LEIRE | noe humusrester | | | | | | 1,82 | 55 | | ▼1,9 | | ▽ | | | | 13 |
| | LEIRE | | | | | | | 1,99 | 46 | | ▼1,4 | | ▽ | | | | 7 4 2 |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Symboler:



Enaksialforsøk (strek angir aksial tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold

▼ Omrørt konus

ρ = Densitet

T = Treaksialforsøk

ρ_s : 2,75 g/cm³

Grunnvannstand: m

— Plastisitetsindeks, I_p

▽ Uomrørt konus

S_t = Sensitivitet

Ø = Ødometerforsøk

Borbok:

K = Korngradering

Lab-bok:

Digital

PRØVESERIE

Borhull:

12

Bane NOR SF

Dato:

2018-04-04

Hommelvikbukta, Malvik

Multiconsult

www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:

vt/mash

Kontrollert:

SIVMH

Godkjent:

HAN

Oppdragsnummer:

415257-02

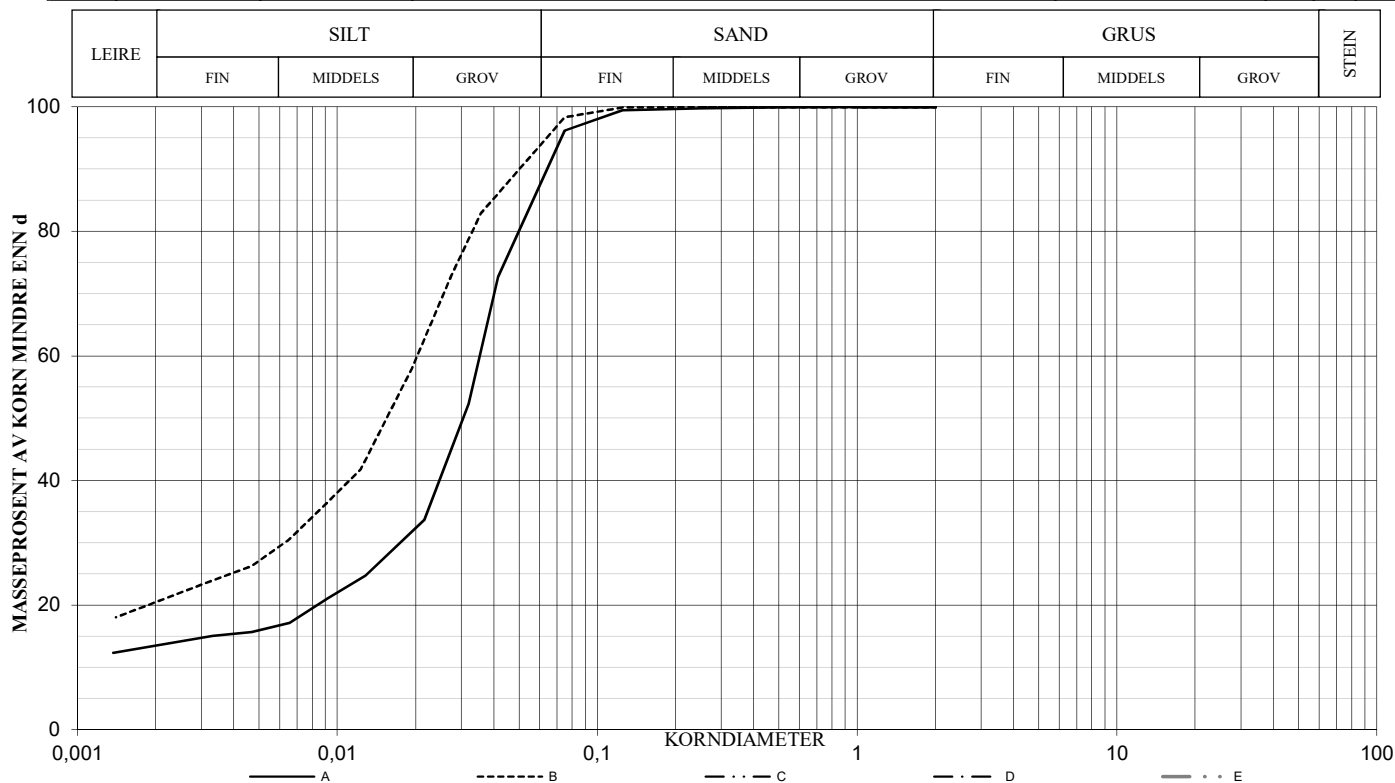
Tegningsnr.:

RIG-TEG- 209

Rev. nr.:

00

| SYMBOL | SERIE NR. | DYBDE (m) | JORDARTS BETEGNELSE | Anmerkninger | METODE | | |
|--------|-----------|-----------|---------------------|--------------|--------|----|-----|
| | | | | | TS | VS | HYD |
| A | 1 | 0,35 | SILT, leirig | | X | | X |
| B | 1 | 1,50 | LEIRE, siltig | | X | | X |
| C | | | | | | | |
| D | | | | | | | |
| E | | | | | | | |



SYMBOL:

Ogl. = Glødetap (%)

Ona. = Humusinnhold (%)

Perm. = Permeabilitet (m/s)

METODE:

TS = Tørr sikt

VS = Våt sikt

HYD = Hydrometer

$$C_c = \frac{D_{20}^2}{(D_{60})(D_{10})}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

| SYM BOL | Tele gruppe | W % | Su kN/m ² | Su r kN/m ² | Plastisitet | | Glødetap Og1 % | < 0,02 mm % | Tot. densitet kN/m ³ | D ₁₀ mm | D ₃₀ mm | D ₅₀ mm | D ₆₀ mm |
|---------|-------------|------|----------------------|------------------------|-------------|----|----------------|-------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | | | | Wf | Wp | | | | | | | |
| A | | 37,3 | | | | | | | | | 0,0180 | 0,0307 | 0,0356 |
| B | | 26,3 | | | | | | | | | 0,0063 | 0,0159 | 0,0205 |
| C | | | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | | | |

KORNGRADERING

Bane NOR SF
Hommelvikbukta, Malvik
Grunnundersøkelser

Konstr./Tegnet
vt/mash

Kontrollert
SIVMH

Godkjent
HAN

Dato
03.04.18

Multiconsult
www.multiconsult.no

OPPDRAK NR.

415257-02

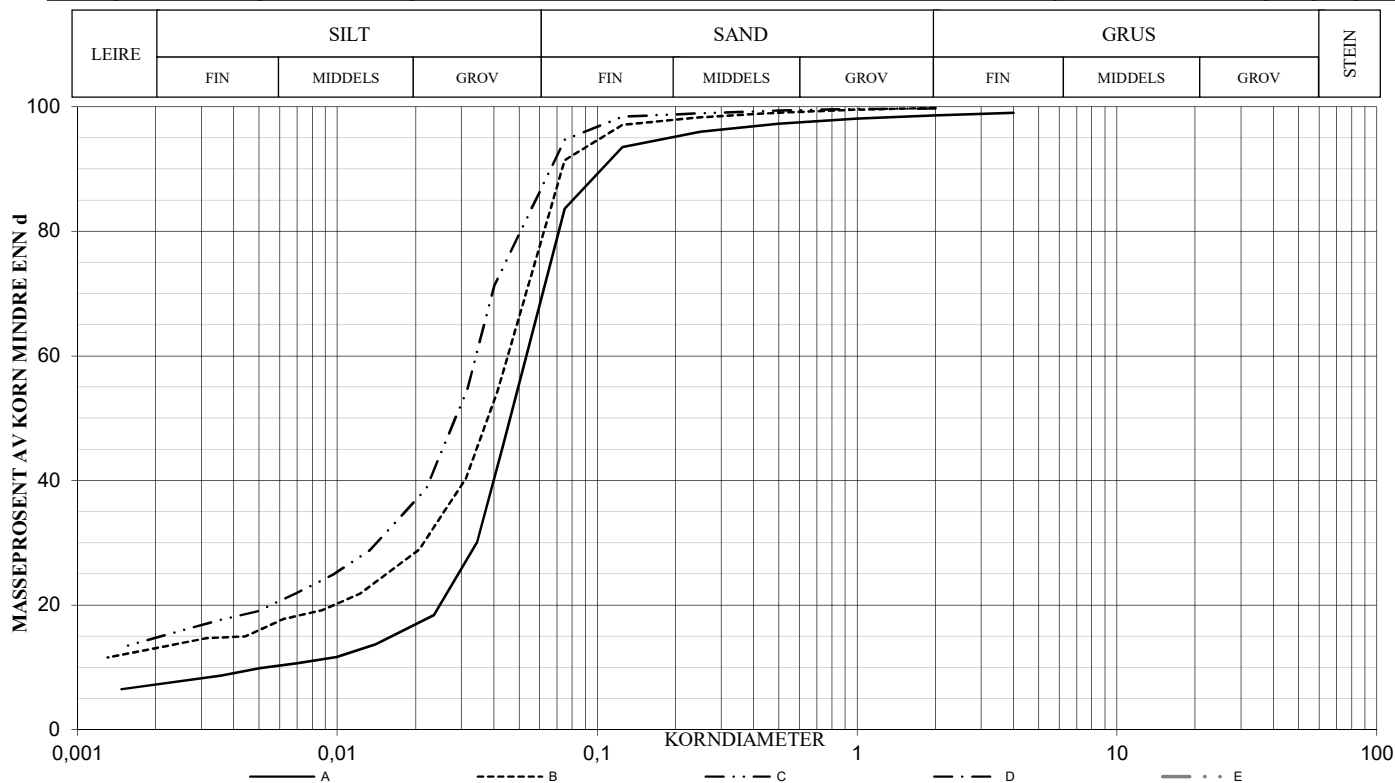
TEGN.NR.

RIG-TEG-300

REV.

00

| SYMBOL | SERIE NR. | DYBDE (m) | JORDARTS BETEGNELSE | Anmerkninger | METODE | | |
|--------|-----------|-----------|-------------------------|--------------|--------|----|-----|
| | | | | | TS | VS | HYD |
| A | 2 | 1,30 | SILT, finsandig, leirig | | X | | X |
| B | 2 | 1,45 | SILT, finsandig, leirig | | X | | X |
| C | 2 | 1,60 | LEIRE, siltig | | X | | X |
| D | | | | | | | |
| E | | | | | | | |



SYMBOL:

Ogl. = Glødetap (%)

Ona. = Humusinnhold (%)

Perm. = Permeabilitet (m/s)

$$C_z = \frac{D_{20}^2}{(D_{60})(D_{10})}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

METODE:

TS = Tørr sikt

VS = Våt sikt

HYD = Hydrometer

| SYM BOL | Tele gruppe | W % | Su kN/m ² | Su r kN/m ² | Plastisitet | | Glødetap Ogl % | < 0,02 mm % | Tot. densitet kN/m ³ | D ₁₀ mm | D ₃₀ mm | D ₅₀ mm | D ₆₀ mm |
|---------|-------------|------|----------------------|------------------------|-------------|----|----------------|-------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | | | | Wf | Wp | | | | | | | |
| A | | 26,3 | | | | | | | | 0,0054 | 0,0344 | 0,0510 | 0,0680 |
| B | | 28,4 | | | | | | | | | 0,0217 | 0,0382 | 0,0523 |
| C | | 27,9 | | | | | | | | | 0,014 | 0,0288 | 0,0344 |
| D | | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | | | |

KORNGRADERING

Bane NOR SF
Hommelvikbukta, Malvik
Grunnundersøkelser

Konstr./Tegnet
vt/mash

Kontrollert
SIVMH

Godkjent
HAN

Dato
03.04.18

Multiconsult
www.multiconsult.no

OPPDRAK NR.

415257-02

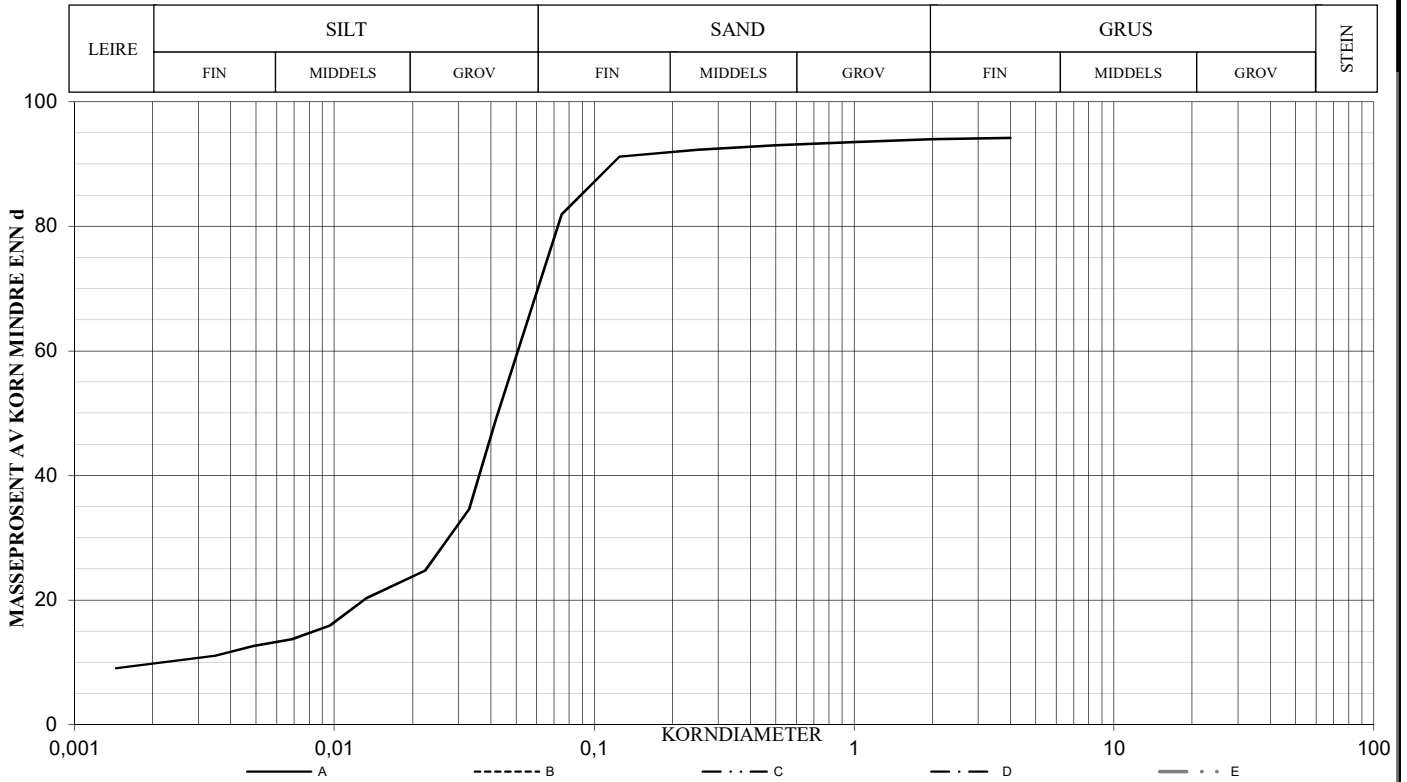
TEGN.NR.

RIG-TEG-301

REV.

00

| SYMBOL | SERIE NR. | DYBDE (m) | JORDARTS BETEGNELSE | Anmerkninger | METODE | | |
|--------|-----------|-----------|-------------------------|--------------|--------|----|-----|
| | | | | | TS | VS | HYD |
| A | 3 | 0,51 | SILT, finsandig, leirig | | X | | X |
| B | | | | | | | |
| C | | | | | | | |
| D | | | | | | | |
| E | | | | | | | |



SYMBOL:

Ogl. = Glødetap (%)

Ona. = Humusinnhold (%)

Perm. = Permeabilitet (m/s)

$$C_c = \frac{D_{20}^2}{(D_{60})(D_{10})}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

METODE:

TS = Tørr sikt

VS = Våt sikt

HYD = Hydrometer

| SYM BOL | Tele gruppe | W % | Su kN/m ² | Su r kN/m ² | Plastisitet | | Glødetap Og1 % | < 0,02 mm % | Tot. densitet kN/m ³ | D ₁₀ mm | D ₃₀ mm | D ₅₀ mm | D ₆₀ mm |
|---------|-------------|------|----------------------|------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | | | | W _f | W _p | | | | | | | |
| A | | 27,4 | | | | | | | | 0,0024 | 0,0281 | 0,0439 | 0,0636 |
| B | | | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | | | |

KORNGRADERING

Bane NOR SF
Hommelvikbukta, Malvik
Grunnundersøkelser

Konstr./Tegnet
mash/vt

Kontrollert
SIVMH

Godkjent
HAN

Dato
03.04.18

Multiconsult
www.multiconsult.no

OPPDRAG NR.

415257-02

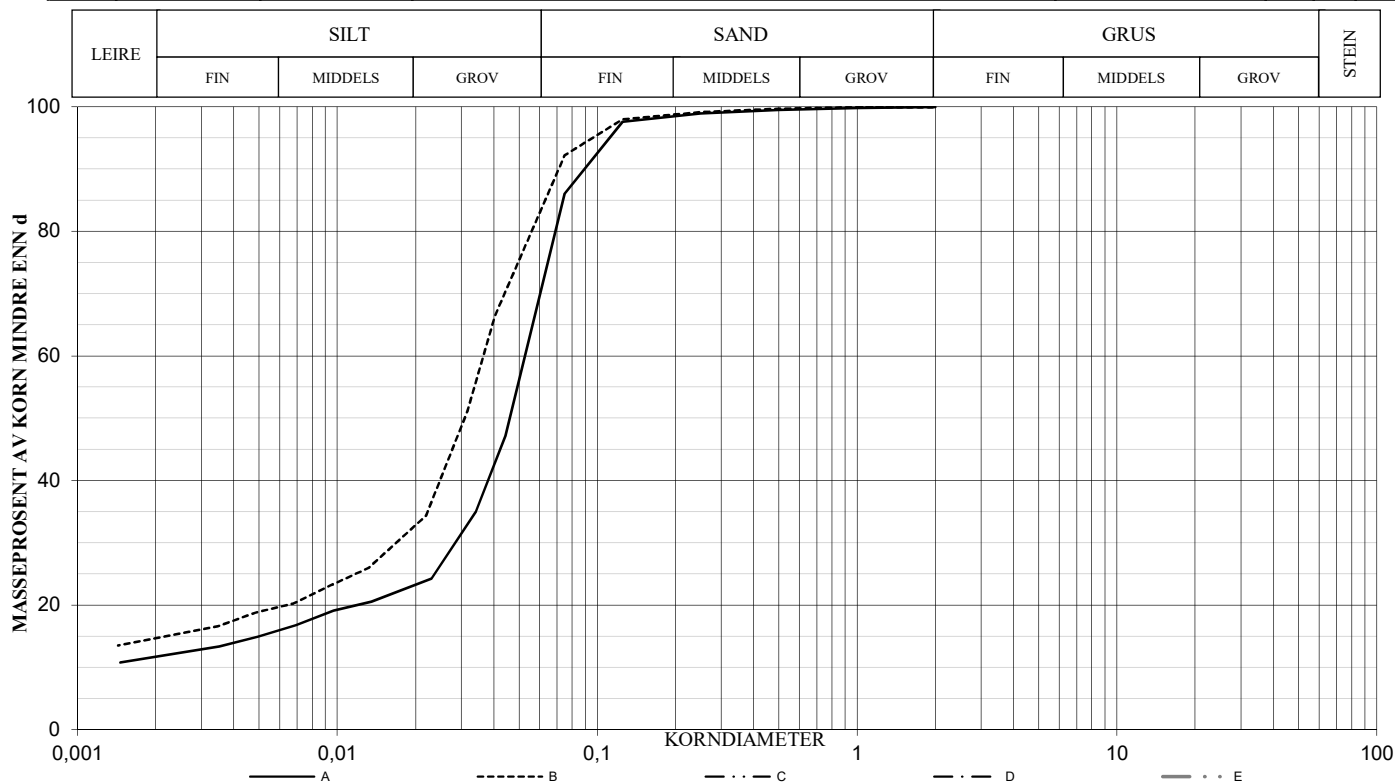
TEGN.NR.

RIG-TEG-302

REV.

00

| SYMBOL | SERIE NR. | DYBDE (m) | JORDARTS BETEGNELSE | Anmerkninger | METODE | | |
|--------|-----------|-----------|-------------------------|--------------|--------|----|-----|
| | | | | | TS | VS | HYD |
| A | 7 | 0,40 | SILT, finsandig, leirig | | X | | X |
| B | 7 | 2,35 | SILT, leirig | | X | | X |
| C | | | | | | | |
| D | | | | | | | |
| E | | | | | | | |



SYMBOL:

Ogl. = Glødetap (%)

Ona. = Humusinnhold (%)

Perm. = Permeabilitet (m/s)

$$C_c = \frac{D_{20}^2}{(D_{60})(D_{10})}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

METODE:

TS = Tørr sikt

VS = Våt sikt

HYD = Hydrometer

| SYM BOL | Tele gruppe | W % | Su kN/m ² | Su r kN/m ² | Plastisitet | | Glødetap Ogl % | < 0,02 mm % | Tot. densitet kN/m ³ | D ₁₀ mm | D ₃₀ mm | D ₅₀ mm | D ₆₀ mm |
|---------|-------------|------|----------------------|------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | | | | W _f | W _p | | | | | | | |
| A | | 31,8 | | | | | | | | | 0,0290 | 0,0489 | 0,0649 |
| B | | 31,4 | | | | | | | | | 0,0174 | 0,0310 | 0,0367 |
| C | | | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | | | |

KORNGRADERING

Bane NOR SF
Hommelvikbukta, Malvik
Grunnundersøkelser

Konstr./Tegnet
vt/mash

Kontrollert
SIVMH

Godkjent
HAN

Dato
03.04.18

Multiconsult
www.multiconsult.no

OPPDRAG NR.

415257-02

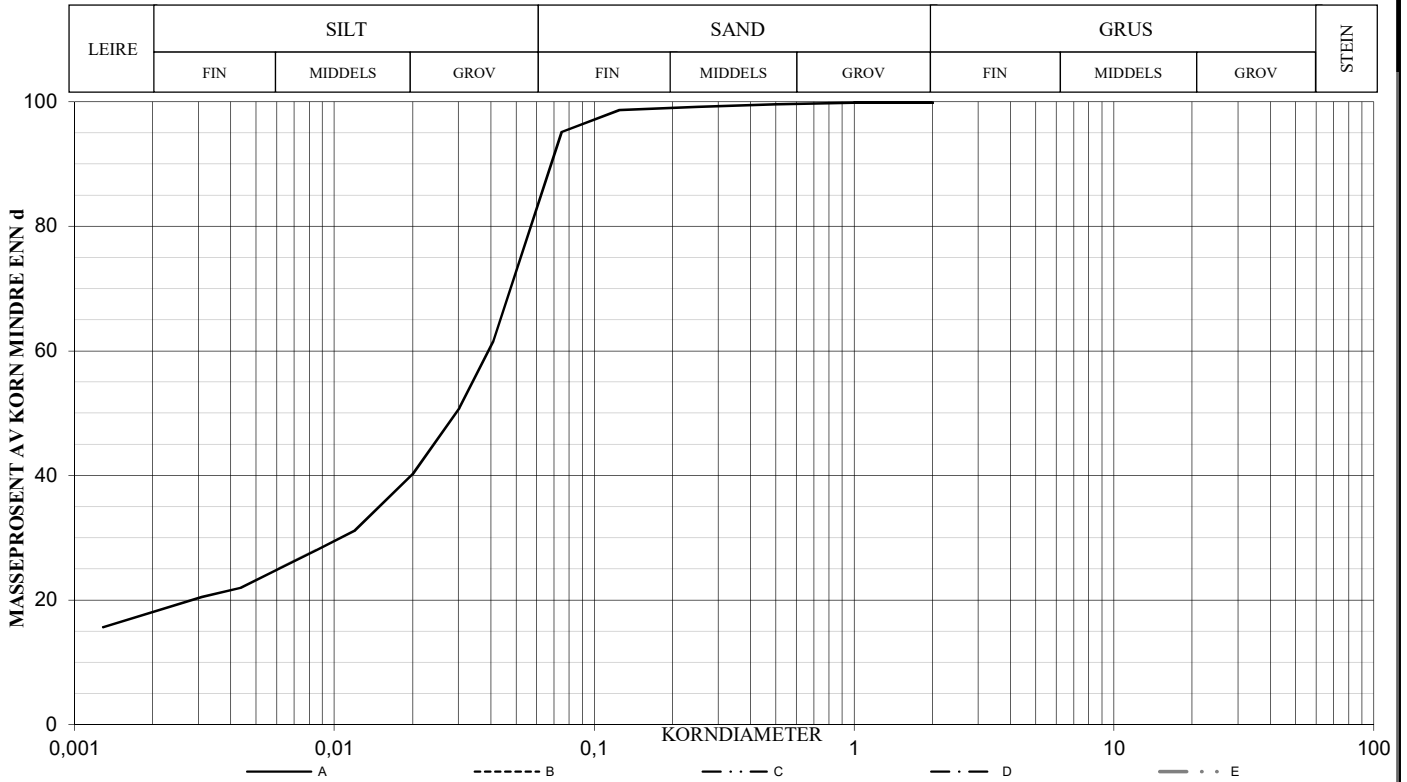
TEGN.NR.

RIG-TEG-303

REV.

00

| SYMBOL | SERIE NR. | DYBDE (m) | JORDARTS BETEGNELSE | Anmerkninger | METODE | | |
|--------|-----------|-----------|---------------------|--------------|--------|----|-----|
| | | | | | TS | VS | HYD |
| A | 9 | 0,35 | LEIRE, siltig | | X | | X |
| B | | | | | | | |
| C | | | | | | | |
| D | | | | | | | |
| E | | | | | | | |



SYMBOL:

Ogl. = Glødetap (%)

Ona. = Humusinnhold (%)

Perm. = Permeabilitet (m/s)

$$C_c = \frac{D_{20}^2}{(D_{60})(D_{10})}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

METODE:

TS = Tørr sikt

VS = Våt sikt

HYD = Hydrometer

| SYM BOL | Tele gruppe | W % | Su kN/m ² | Su r kN/m ² | Plastisitet | | Glødetap Og1 % | < 0,02 mm % | Tot. densitet kN/m ³ | D ₁₀ mm | D ₃₀ mm | D ₅₀ mm | D ₆₀ mm |
|---------|-------------|------|----------------------|------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | | | | W _f | W _p | | | | | | | |
| A | | 33,8 | | | | | | | | | 0,0108 | 0,0295 | 0,0393 |
| B | | | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | | | |

KORNGRADERING

Bane NOR SF
Hommelvikbukta, Malvik
Grunnundersøkelser

Konstr./Tegnet
vt/mash

Kontrollert
SIVMH

Godkjent
HAN

Dato
03.04.18

Multiconsult
www.multiconsult.no

OPPDRAG NR.

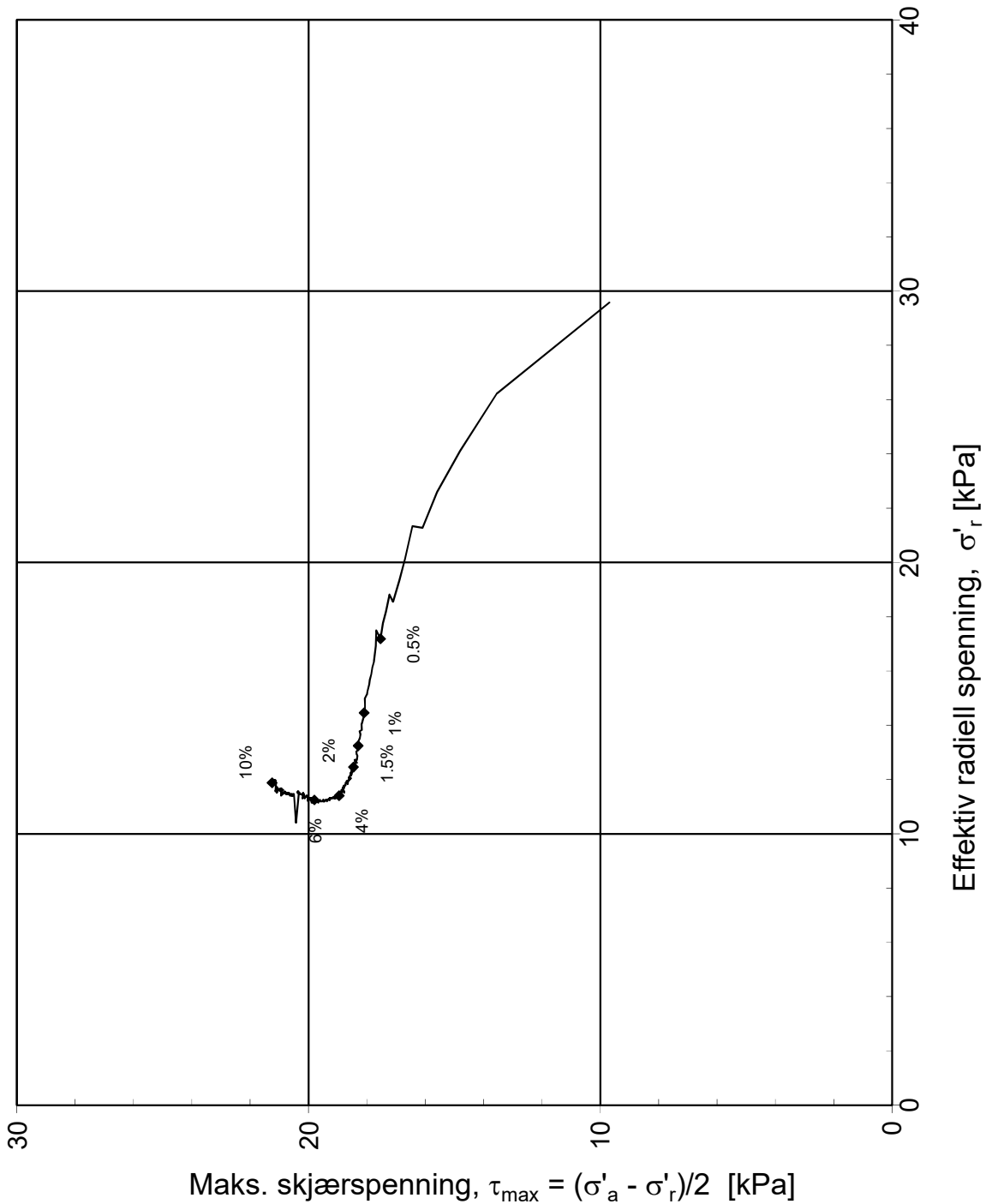
415257-02

TEGN.NR.

RIG-TEG-304

REV.

00



| | | | |
|------------------------------------|---|---|--------------------------|
| Konsolideringsspenning, aksial: | σ'_{ac} (kPa): | 48,97 | |
| Konsolideringsspenning, radial: | σ'_{rc} (kPa): | 29,58 | |
| Volumtøyning i konsolideringsfase: | ϵ_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$: | 1,91 | $\Delta e/e_o$ (-): 0,04 |
| Baktrykk u_b (kPa): | 500 | B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): | 1,09 |
| Vanninnhold w_i (%): | 31,97 | Densitet ρ_i (g/cm ³): | 1,97 |

Bane NOR SF

Hommelvikbukta, Malvik

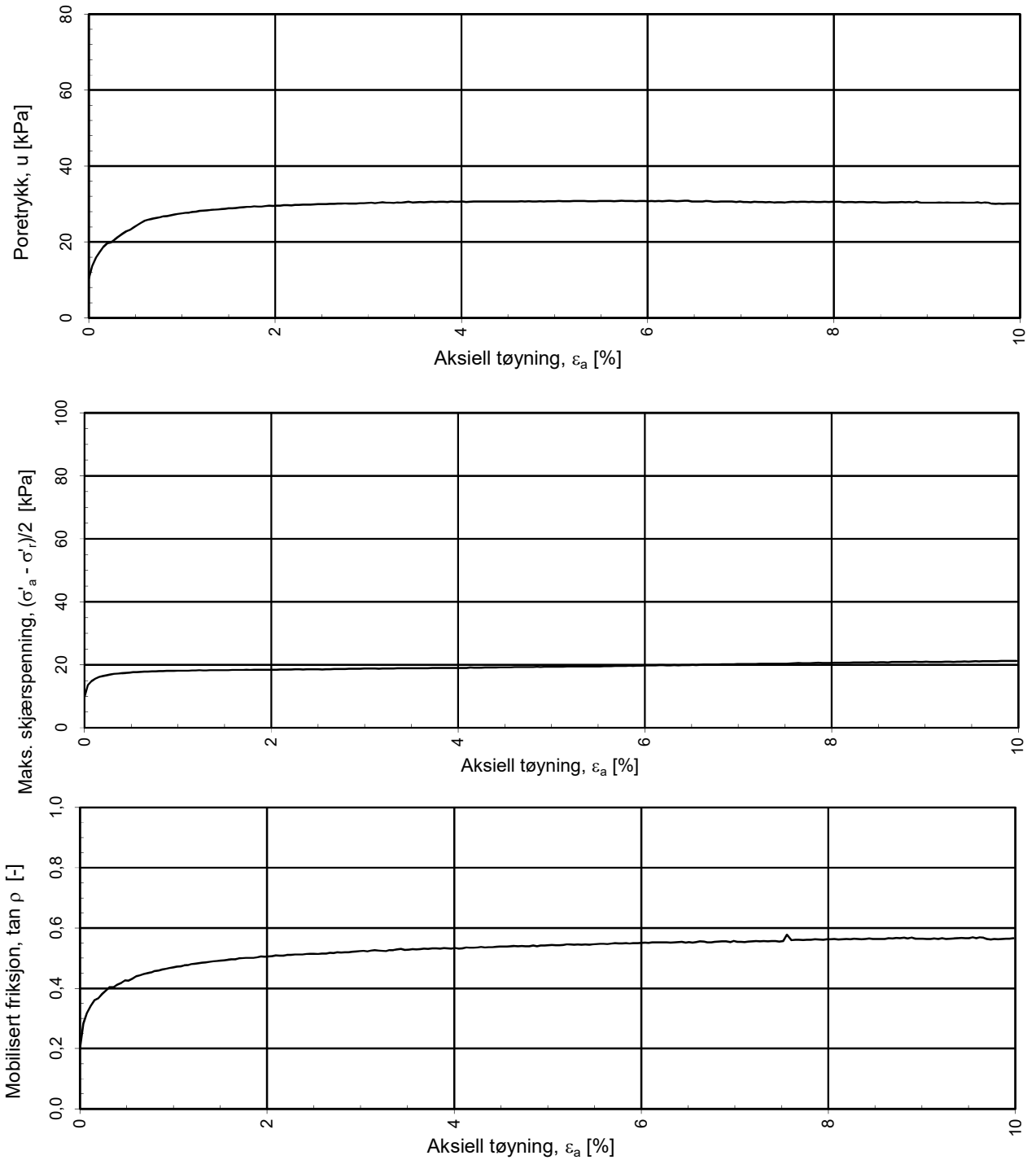
Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.

Tegningens filnavn:

415257-02-RIG-TEG-450_h4, d4,40m



| | | | | |
|--|---------------|-------------------------|------------------|--------------------------|
| MULTICONSULT AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30 | Forsøksdato: | Dybde, z (m): | Borpunkt nr.: | Multi consult |
| | 16.03.2018 | 4,40 | 4 | |
| | Forsøk nr.: | Tegnet/kontrollert lab: | Kontrollert: | |
| 1 | vt/mash | SIVMH | HAN | |
| Oppdrag nr.: | Tegning nr.: | Prosedyre: | Programrevisjon: | |
| 415257-02 | RIG-TEG-450.1 | CAUa | 15.12.2014 | |



$a = 10$ kPa benyttet for tolkning av $\tan \rho$

Bane NOR SF

Hommelvikbukta, Malvik

Treaksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

MULTICONSULT AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

16.03.2018

Dybde, z (m):

4,40

Borpunkt nr.:

4

Forsøk nr.:

1

Tegnet/kontrollert lab:

vt/mash

Kontrollert:

SIVMH

Godkjent:

HAN

Oppdrag nr.:

415257-02

Tegning nr.:

RIG-TEG-450.2

Prosedyre:

CAUa

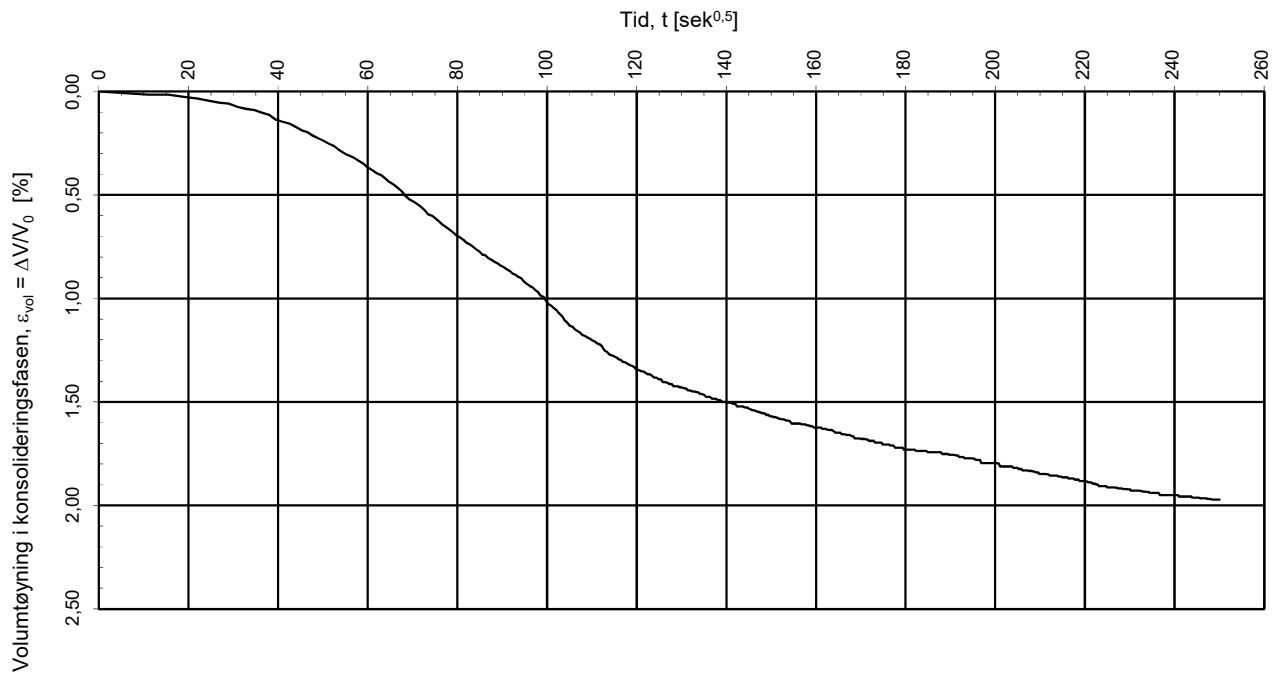
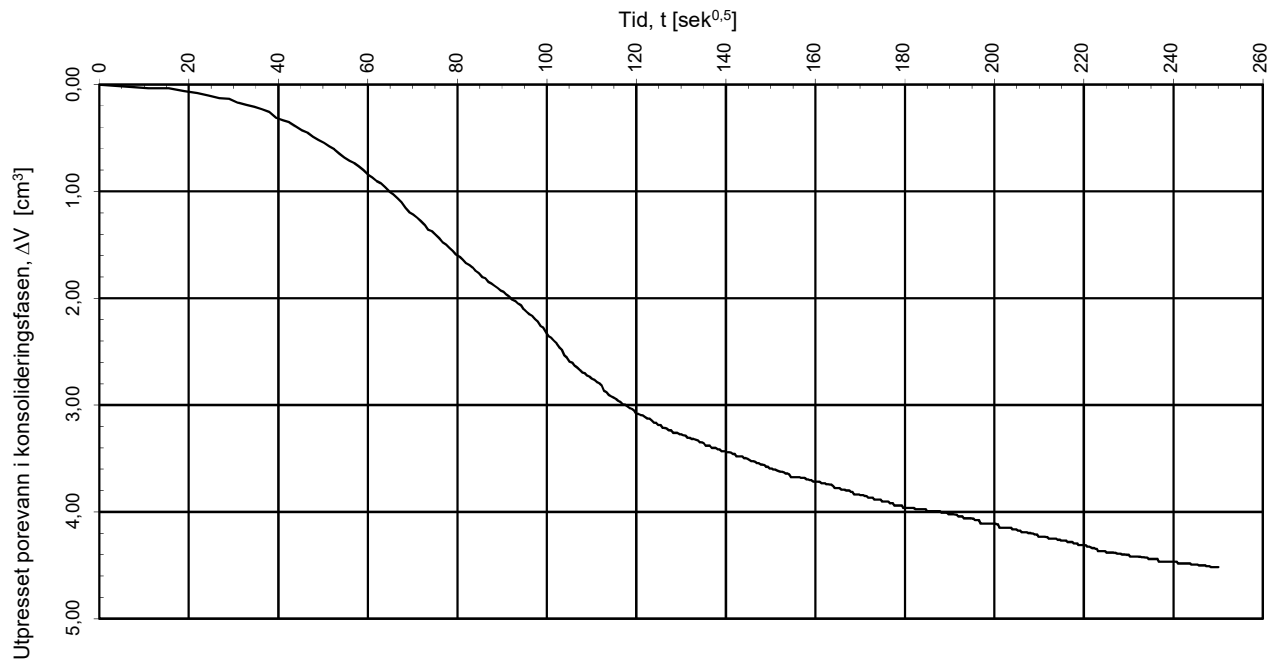
Programrevisjon:

15.12.2014

Tegningens filnavn:

415257-02-RIG-TEG-450_h4, d4,40m

**Multi
consult**



| | | | |
|------------------------------------|---|---|--------------------------|
| Konsolideringsspenning, aksial: | σ'_{ac} (kPa): | 48,97 | |
| Konsolideringsspenning, radial: | σ'_{rc} (kPa): | 29,58 | $\Delta e/e_0$ (-): 0,04 |
| Volumtøyning i konsolideringsfase: | ϵ_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$: | 1,91 | |
| Baktrykk u_b (kPa): | 500 | B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): | 1,09 |
| Vanninnhold w_i (%): | 31,97 | Densitet ρ_i (g/cm ³): | 1,97 |

Bane NOR SF

Hommelvikbukta, Malvik

Treaksialforsøk. Vannutpressing - tid, konsolideringsfase.

MULTICONSULT AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

16.03.2018

Dybde, z (m):

4,40

Borpunkt nr.:

4

Forsøk nr.:

1

Tegnetkontrollert lab:

vt/mash

Kontrollert:

SIVMH

Oppdrag nr.:

415257-02

Tegning nr.:

RIG-TEG-450.3

Prosedyre:

CAUa

Tegningens filnavn:

415257-02-RIG-TEG-450_h4, d4,40m

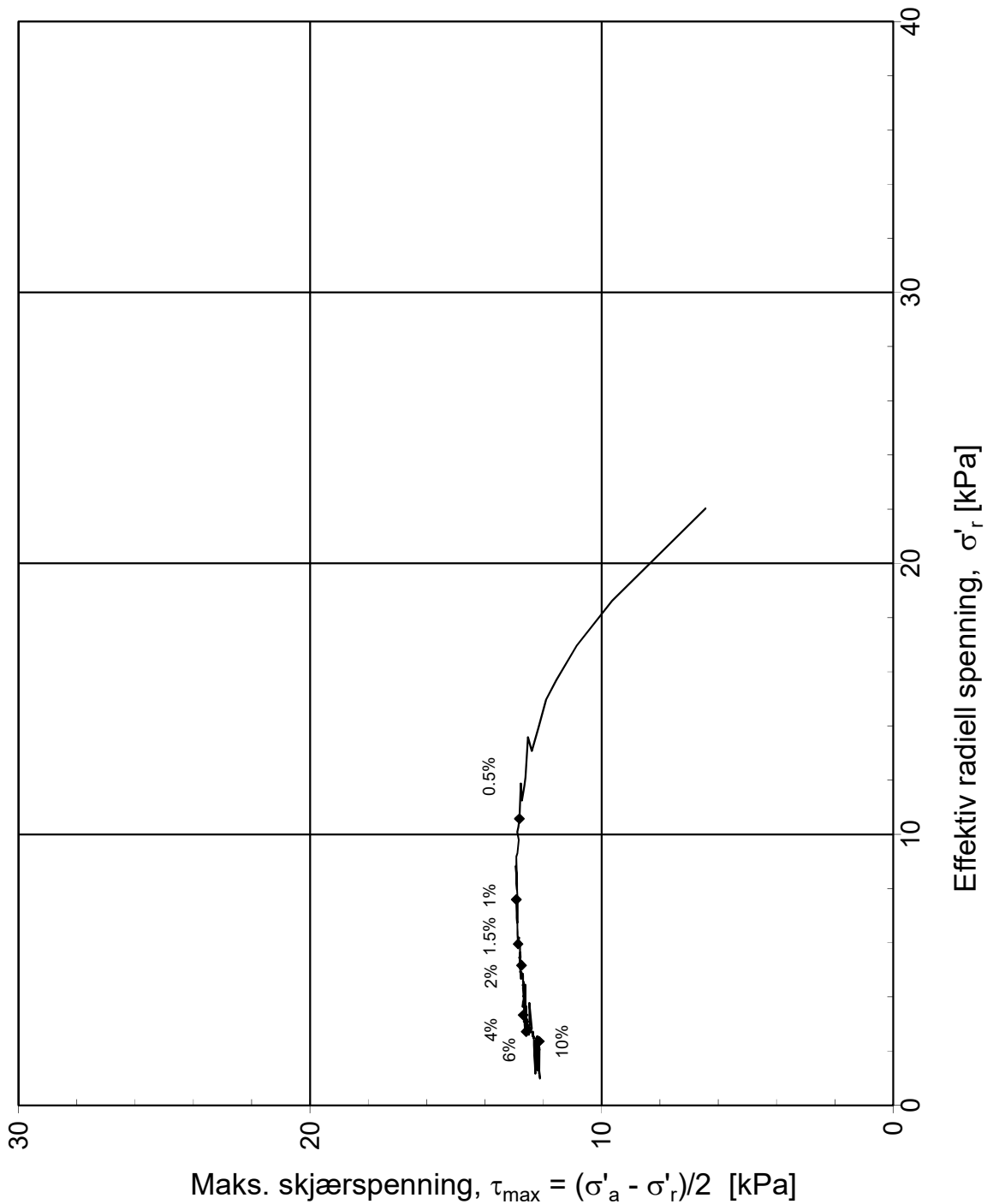
Multi
consult

Godkjent:

HAN

Programrevisjon:

15.12.2014



| | | | |
|------------------------------------|---|---|--------------------------|
| Konsolideringsspenning, aksial: | σ'_{ac} (kPa): | 34,90 | |
| Konsolideringsspenning, radial: | σ'_{rc} (kPa): | 22,03 | |
| Volumtøyning i konsolideringsfase: | ϵ_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$: | 4,67 | $\Delta e/e_o$ (-): 0,09 |
| Baktrykk u_b (kPa): | 500 | B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): | 1,02 |
| Vanninnhold w_i (%): | 44,57 | Densitet ρ_i (g/cm ³): | 1,81 |

Bane NOR SF

Hommelvikbukta, Malvik

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.

MULTICONSULT AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

| | | |
|--------------|-------------------------|---------------|
| Forsøksdato: | Dybde, z (m): | Borpunkt nr.: |
| 16.03.2018 | 3,30 | 6 |
| Forsøk nr.: | Tegnet/kontrollert lab: | Kontrollert: |
| 2 | vt/mash | SIVMH |
| Oppdrag nr.: | Tegning nr.: | Prosedyre: |
| 415257-02 | RIG-TEG-451.1 | CAUa |

Tegningens filnavn:

415257-02-RIG-TEG-451_h6_d3,30m

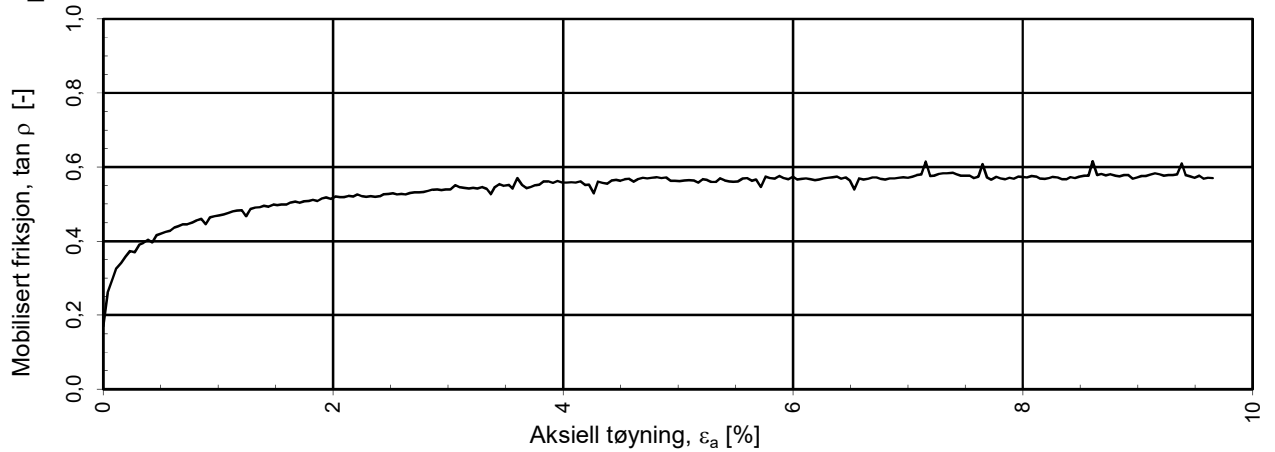
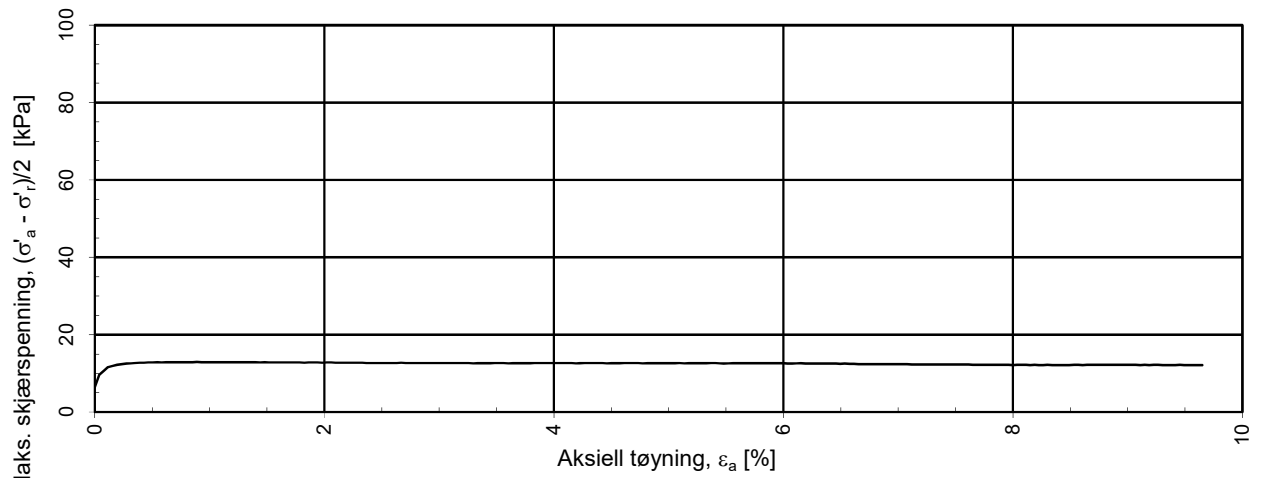
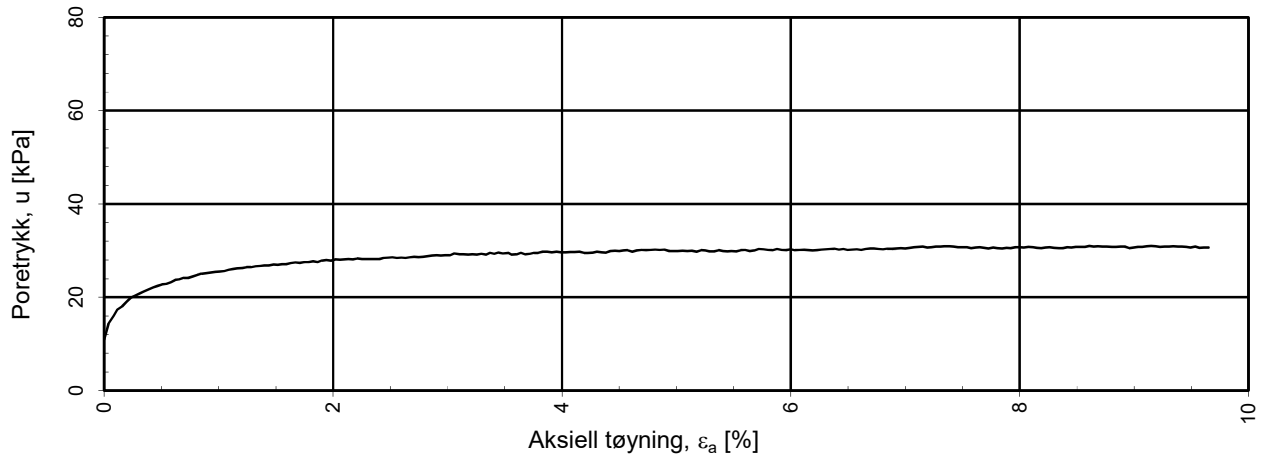
Multi
consult

Godkjent:

HAN

Programrevisjon:

15.12.2014



a = 10 kPa benyttet for tolkning av $\tan \rho$

Bane NOR SF

Hommelvikbukta, Malvik

Treaksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

Tegningens filnavn:

415257-02-RIG-TEG-451_h6, d3,30m

Multi
consult

MULTICONSULT AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

16.03.2018

Dybde, z (m):

3,30

Borpunkt nr.:

6

Forsøk nr.:

2

Tegnet/kontrollert lab:

vt/mash

Kontrollert:

SIVMH

Godkjent:

HAN

Oppdrag nr.:

415257-02

Tegning nr.:

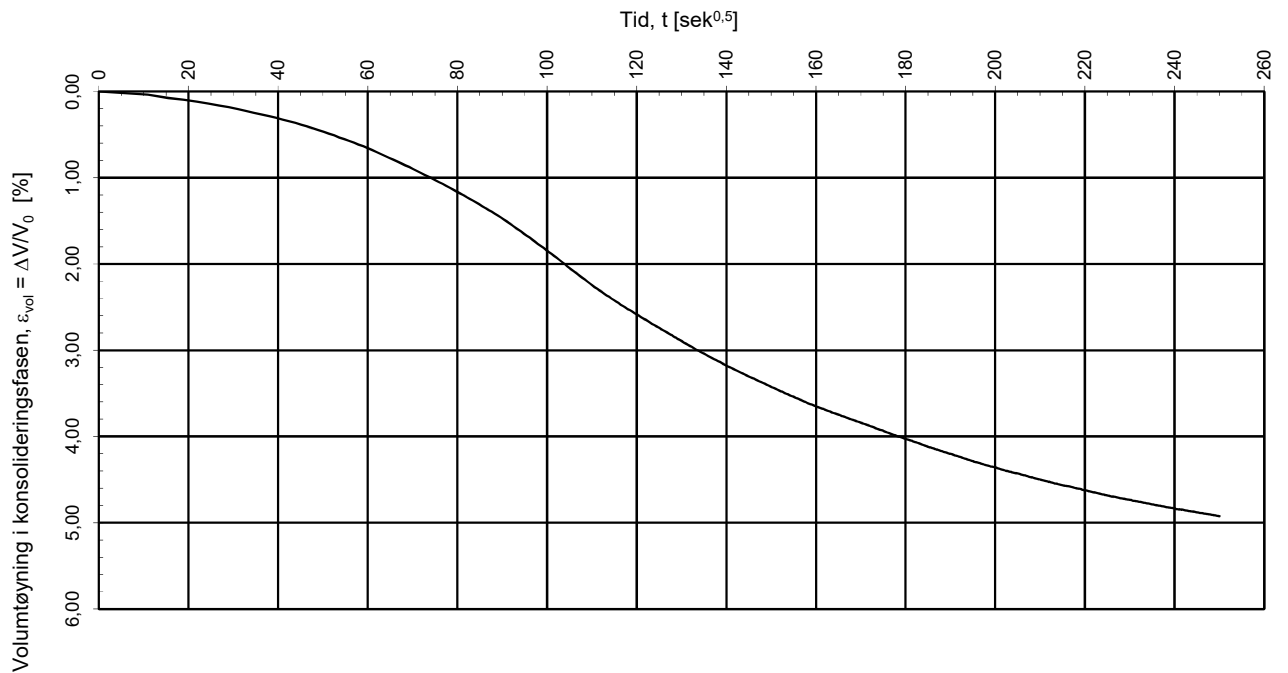
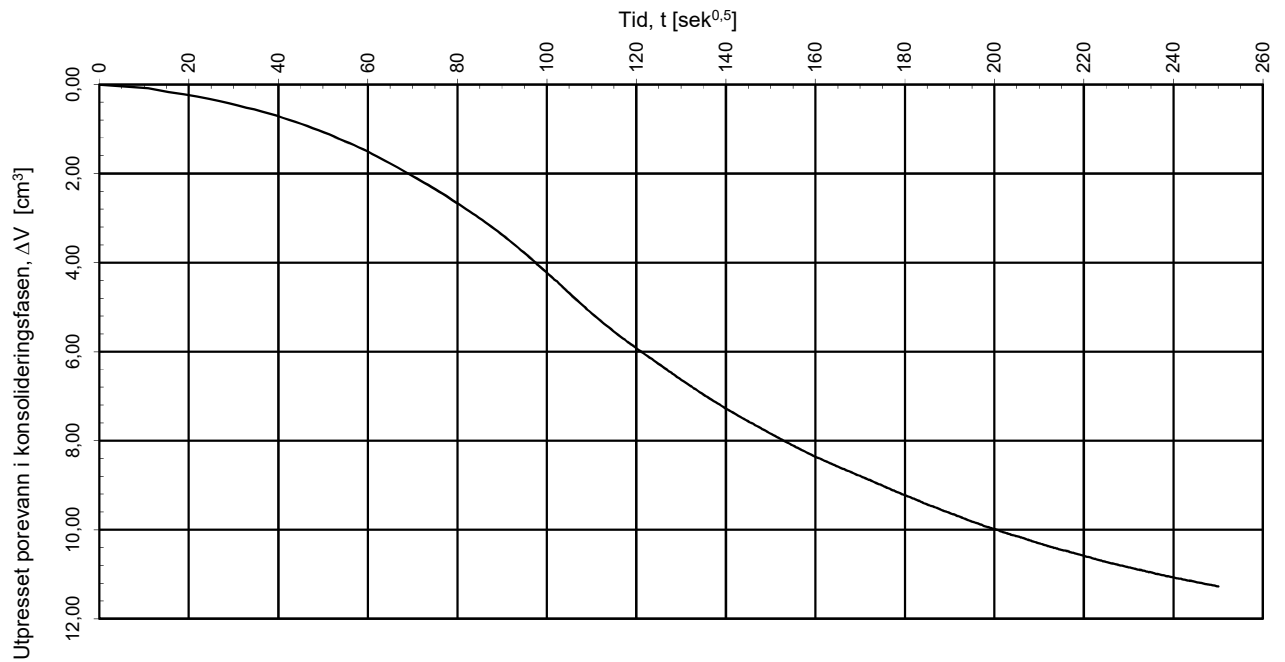
RIG-TEG-451.2

Prosedyre:

CAUa

Programrevisjon:

15.12.2014



| | | | |
|------------------------------------|---|---|--------------------------|
| Konsolideringsspenning, aksial: | σ'_{ac} (kPa): | 34,90 | |
| Konsolideringsspenning, radial: | σ'_{rc} (kPa): | 22,03 | $\Delta e/e_o$ (-): 0,09 |
| Volumtøyning i konsolideringsfase: | ϵ_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$: | 4,67 | |
| Baktrykk u_b (kPa): | 500 | B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): | 1,02 |
| Vanninnhold w_i (%): | 44,57 | Densitet ρ_i (g/cm ³): | 1,81 |

Bane NOR SF

Hommelvikbukta, Malvik

Treksialforsøk. Vannutpressing - tid, konsolideringsfase.

Tegningens filnavn:

415257-02-RIG-TEG-451_h6, d3,30m

Multi
consult

MULTICONSULT AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
16.03.2018

Dybde, z (m):
3,30

Borpunkt nr.:
6

Forsøk nr.:
2

Tegnetkontrollert lab:
vt/mash

Kontrollert:
SIVMH

Godkjent:

HAN

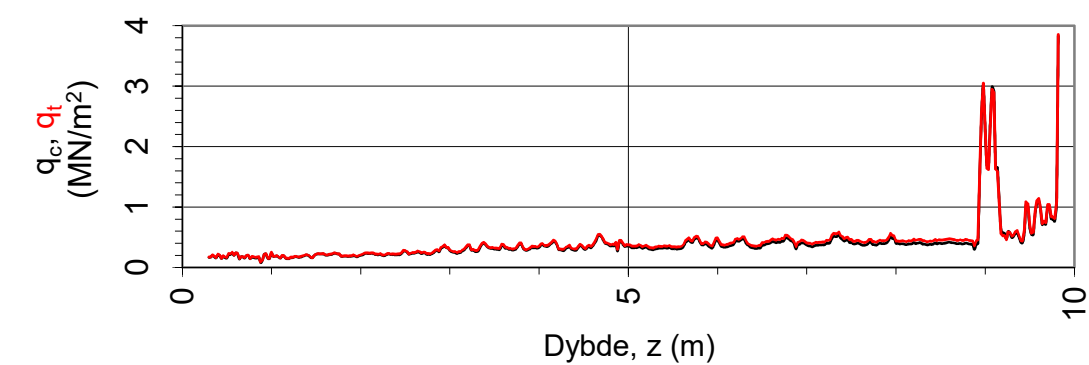
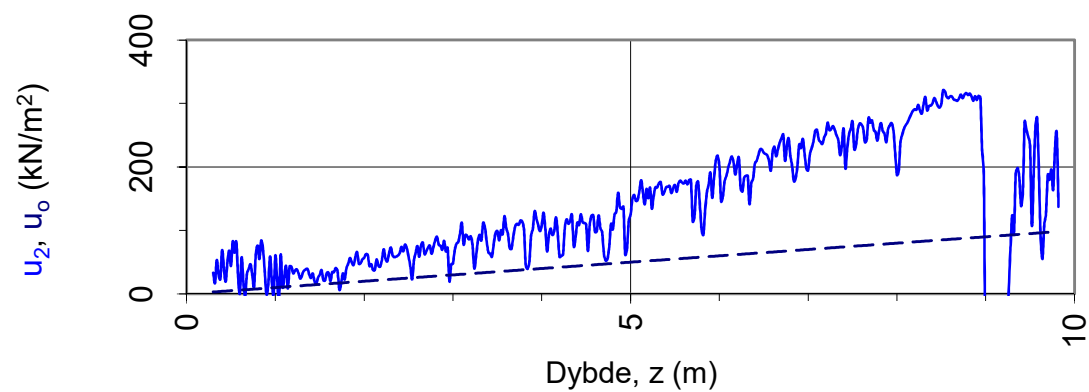
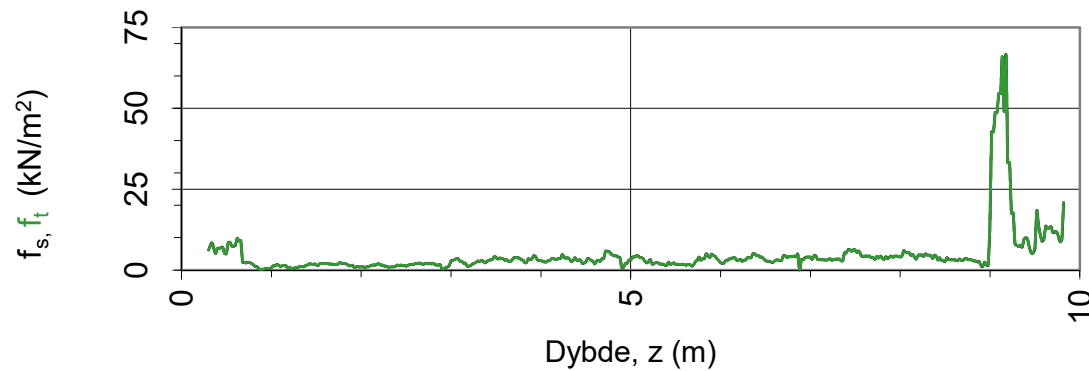
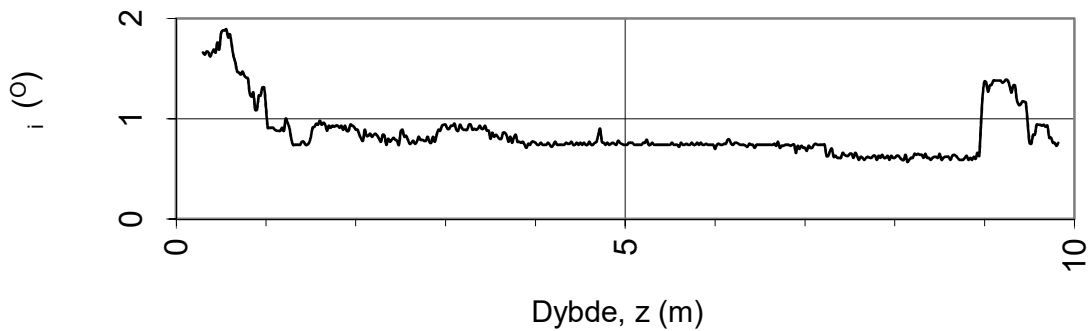
Oppdrag nr.:
415257-02

Tegning nr.:
RIG-TEG-451.3

Prosedyre:
CAUa

Programrevisjon:

15.12.2014



Oppdragsgiver:

Bane NOR SF

Oppdrag:

Hommelvikbukta, Malvik

Tegningens filnavn:

CPTU_EXTRA_v5.0

Spissmotstand $q_{c,t}$, poretrykk u_2 , sidefriksjon $f_{s,t}$ og helning i .

Multiconsult

CPTU id.:

4

Sonde:

4357

MULTICONSULT AS

Dato:

12.04.2018

Tegnet:

SIVMH

Kontrollert:

SSB

Godkjent:

HAN

Oppdrag nr.:

415257-02

Tegning nr.:

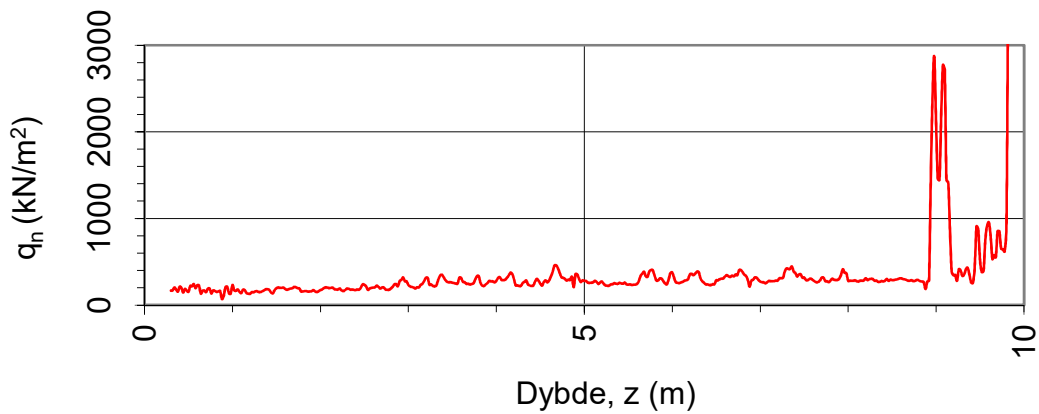
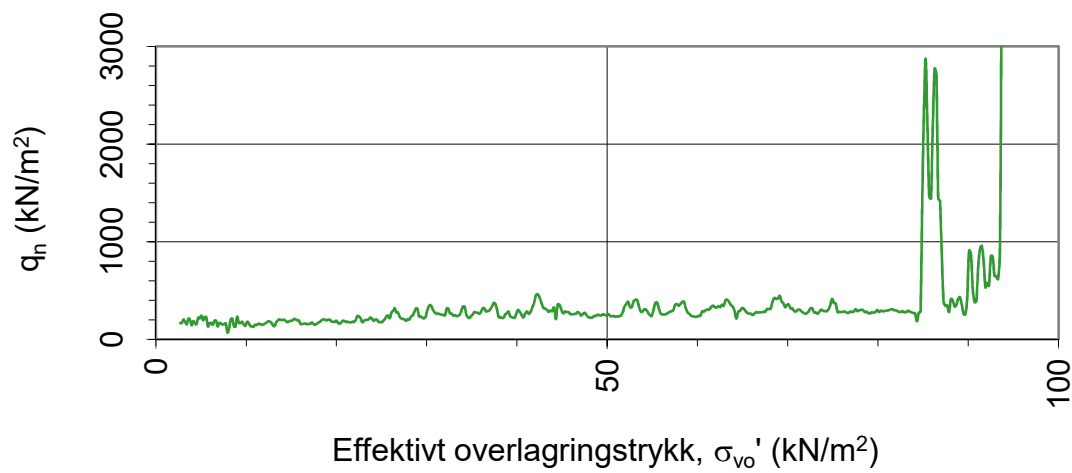
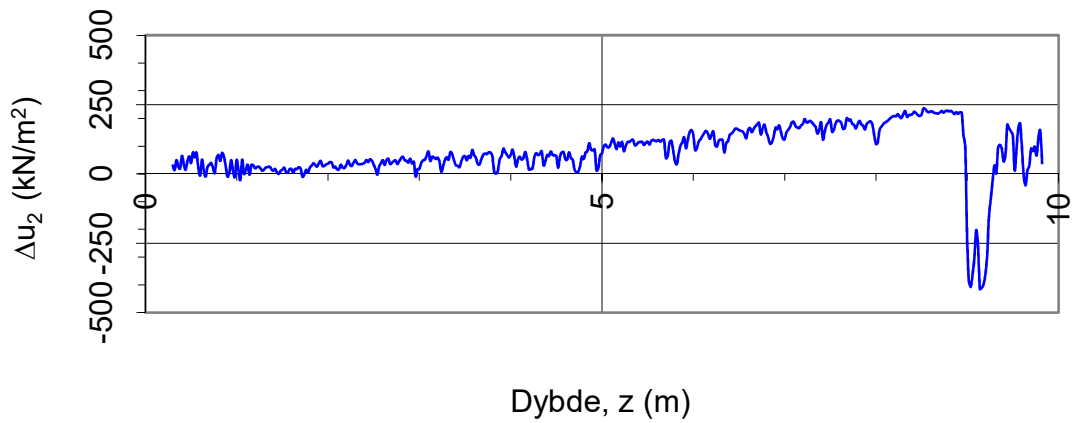
500.1

Versjon:

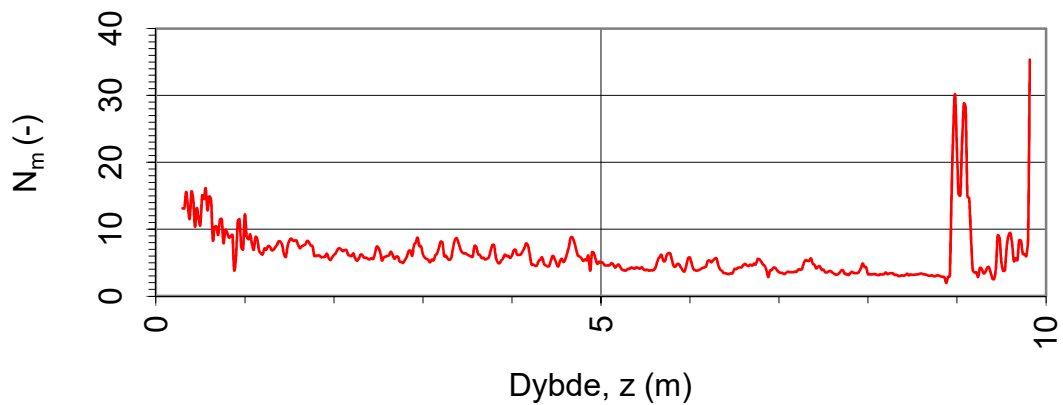
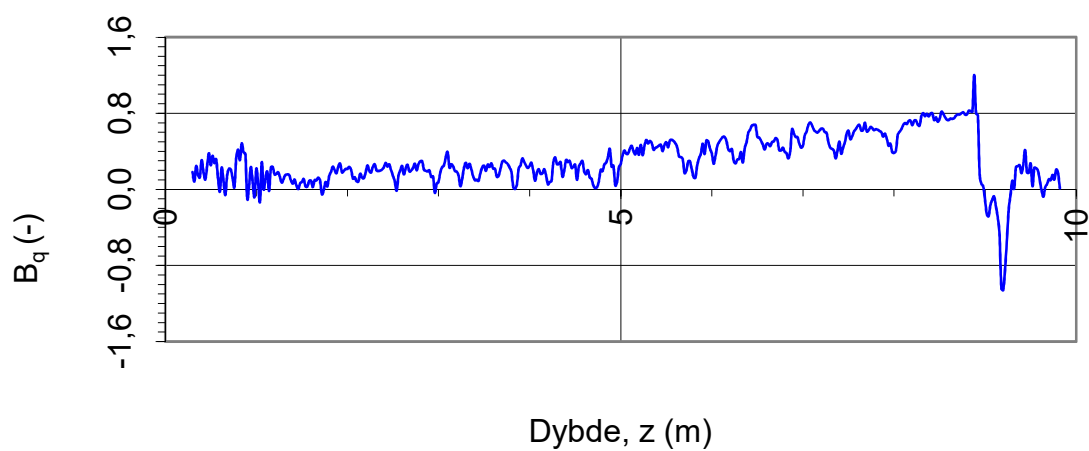
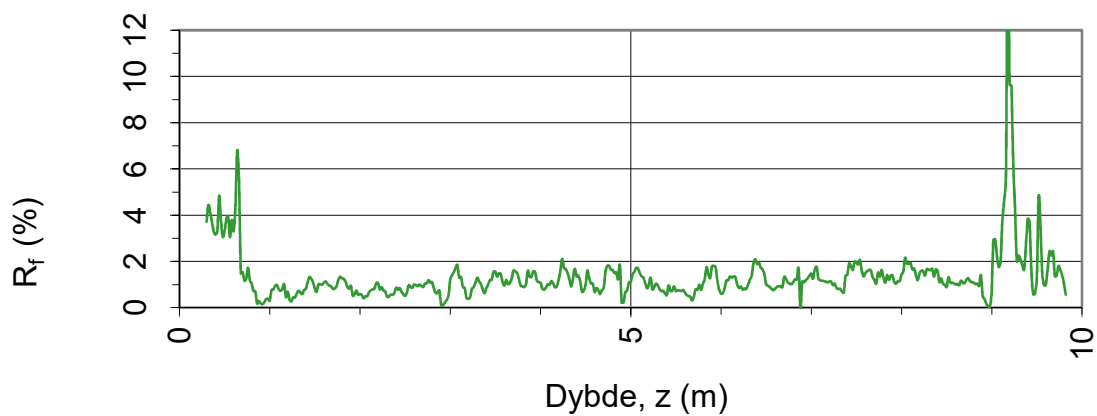
09.03.2016

Revisjon:

00




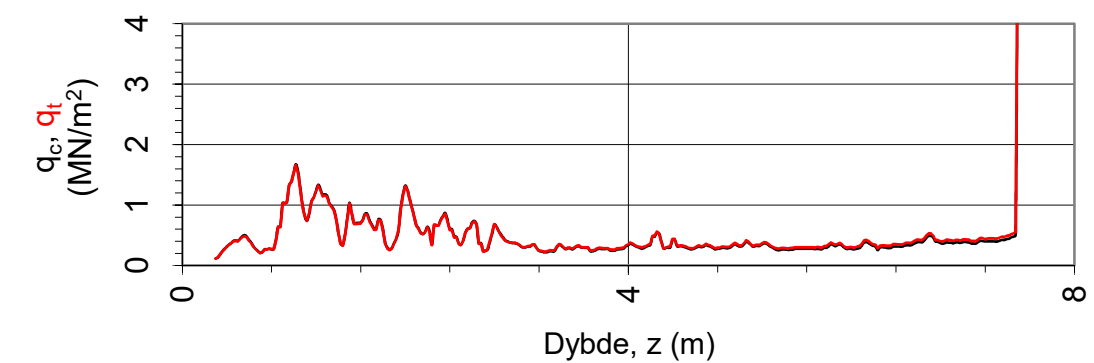
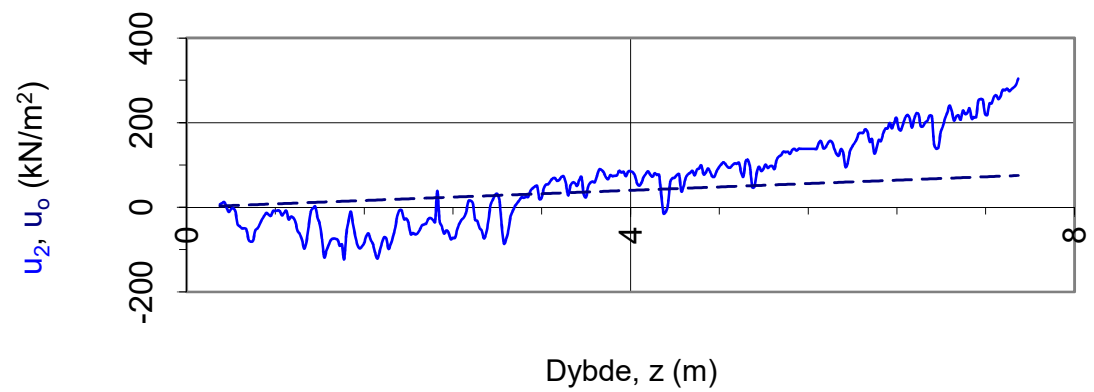
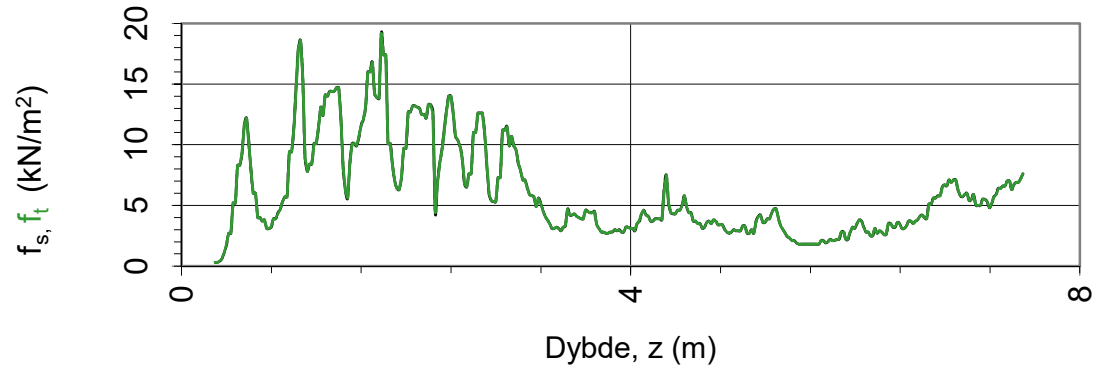
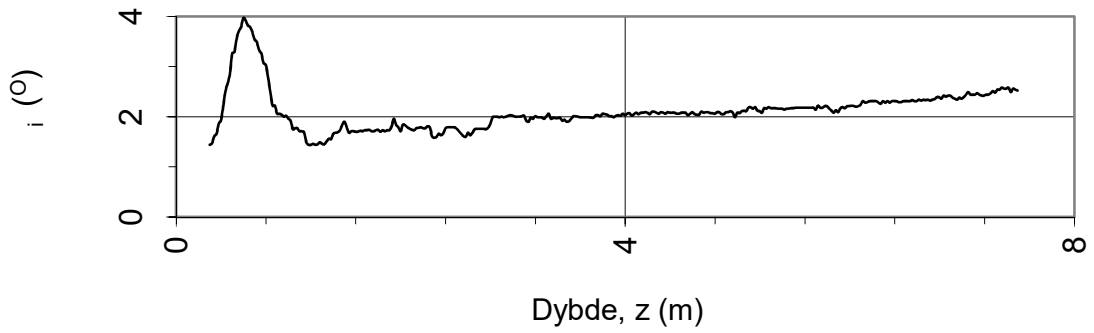
| | | | | | |
|---|---------------------------|---|------------------------|--|--|
| Oppdragsgiver: Bane NOR SF | | Oppdrag: Hommelvikbukta, Malvik | | Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_v5.0 | |
| Netto spissmotstand q_n og poreovertrykk Δu_2 . | | | | | |
| CPTU id.: | 4 | Sonde: | 4357 | Multiconsult | |
| MULTICONSULT AS | Dato: 12.04.2018 | Tegnet: SIVMH | Kontrollert: SSB | | |
| | Oppdrag nr.: 415257-02 | Tegning nr.: 500.2 | Versjon: 09.03.2016 | Revisjon: 00 | |



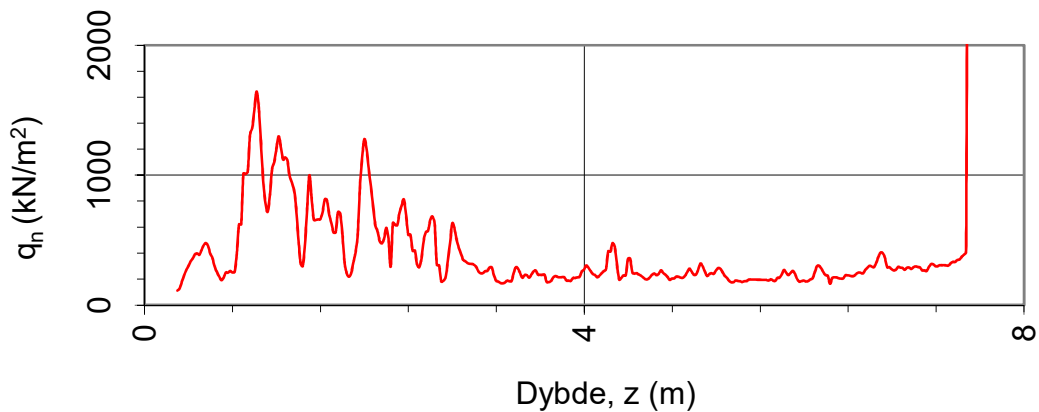
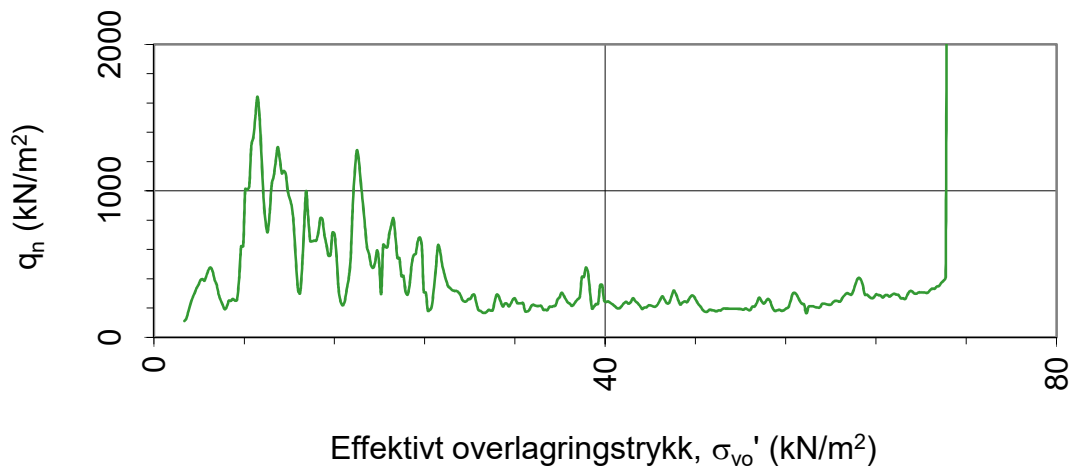
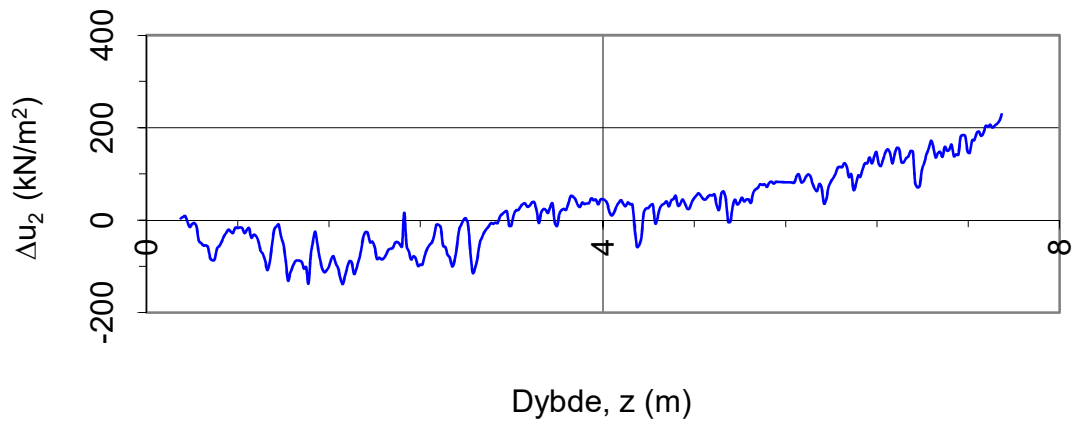
| | | | | | |
|--|---------------------------|---|------------------------|--|--|
| Oppdragsgiver: Bane NOR SF | | Oppdrag: Hommelvikbukta, Malvik | | Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_v5.0 | |
| Spissmotstandstall N_m , poretrykks- B_q og friksjonsforhold R_f . | | | | | |
| CPTU id.: | 4 | Sonde: | 4357 | Multiconsult | |
| MULTICONSULT AS | Dato: 12.04.2018 | Tegnet: SIVMH | Kontrollert: SSB | | |
| | Oppdrag nr.: 415257-02 | Tegning nr.: 500.3 | Versjon: 09.03.2016 | Revisjon: 00 | |

DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

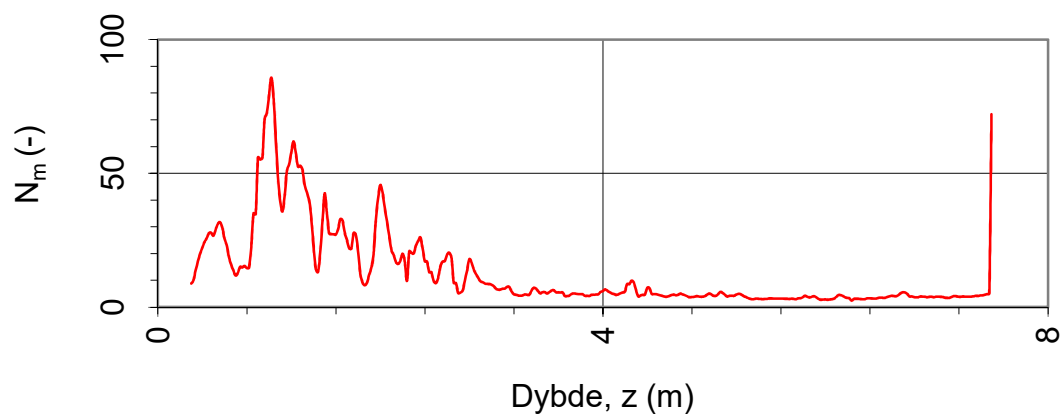
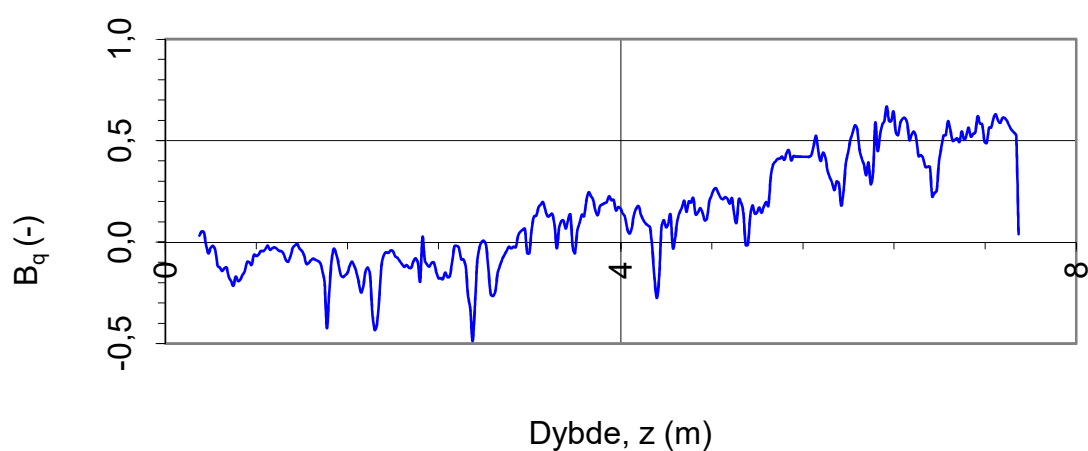
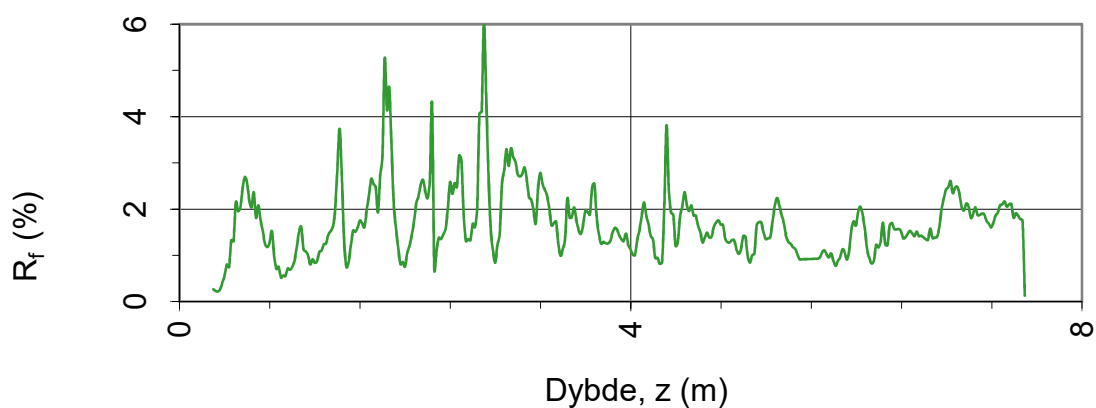
| | | | |
|---|---|-----------------------|---|
| Sonde nr.: | 4357 | Sondetype: | Nova |
| SONDEDATA | | | |
| Arealforhold, a: | 0,814 | Arealforhold, b: | 0,000 |
| Kalibreringsdato: | 25.08.2016 | Utførende: | Geotech AB |
| EGENSKAP (fra kalibreringsark) | SPISSMOTSTAND | SIDEFRIKSJON | PORETRYKK |
| Maksimum spenning (MPa): | 50,0 | 0,5 | 2,0 |
| Måleområde (MPa): | 50,0 | 0,5 | 2,0 |
| Oppløsning, 2 ¹² bit (kPa): | 0 | 0 | 0 |
| Oppløsning, 2 ¹⁸ bit (kPa): | 0,58 | 0,01 | 0,02 |
| Max. temp. effekt, ubelastet (kPa): | 20,34 | 0,48 | 0,22 |
| Temperaturområde (°C): | 0-40 | 0-40 | 0-40 |
| Merknad: | | | |
| UTFØRELSE | | | |
| Borleder: | Geir Andersen | Assistent: | |
| Filtertype: | Porøst | Mettemedium: | Frostvæske/glyserin |
| Mettemetode: | Ferdig mettet filter | Lufttemperatur (°C): | 3,0 |
| Forankring: | | Max. helning (°): | 1,9 |
| Merknad: | | | |
| MÅLEVARIABLE | | | |
| EGENSKAP | SPISSMOTSTAND | SIDEFRIKSJON | PORETRYKK |
| Maksimal temperatureffekt (kPa): | 1,53 | 0,04 | 0,02 |
| NULLPUNKTKONTROLL | | | |
| Faktor | NA (q) | NB (f) | NC (u) |
| Før sondering (DOS): | | | |
| Etter sondering (DOS): | | | |
| Avvik (DOS) (kPa): | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Før sondering (Windows): | 7,580 | 126,200 | 1787,000 |
| Etter sondering (Windows): | -0,004 | 0,100 | 0,200 |
| Avvik (Windows) (kPa): | -4,1 | 0,1 | 0,2 |
| NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE | | | |
| Målestørrelse | Spissmotstand | Friksjon | Poretrykk |
| Samlet nøyaktighet, Δ_{TOT} (kPa) | 6,21 | 0,15 | 0,24 |
| Tillatt nøyaktighet A1, Δ_k (kPa) | 35,0 | 5,0 | 10,0 |
| Tillatt nøyaktighet A2, Δ_k (kPa) | 100,0 | 15,0 | 25,0 |
| Tillatt nøyaktighet A3, Δ_k (kPa) | 200,0 | 25,0 | 50,0 |
| Vurdering profil | | | |
| ANVENDELSESKLASSE | 1 | 1 | 1 |
| Oppdragsgiver: Bane NOR SF Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet. | Oppdrag: Hommelvikbukta, Malvik | |  |
| CPTU id.: | 4 | Sonde: | |
| MULTICONSULT AS | Dato: 12.04.2018 | Tegnet: SIVMH | Kontrollert: SSB |
| | Oppdrag nr.: 415257-02 | Tegning nr.: 500.4 | Versjon: 09.03.2016 |



| | | | | |
|---|---------------------------|---|------------------------|--|
| Oppdragsgiver: Bane NOR SF | | Oppdrag: Hommelvikbukta, Malvik | | Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_v5.0 |
| Spissmotstand $q_{c,t}$, poretrykk u_2 , sidefriksjon $f_{s,t}$ og helning i . | | | | Multiconsult |
| CPTU id.: | 7 | Sonde: | 4357 | |
| MULTICONSULT AS | Dato: 07.04.2018 | Tegnet: SIVMH | Kontrollert: SSB | Godkjent: HAN |
| | Oppdrag nr.: 415257-02 | Tegning nr.: 501.1 | Versjon: 09.03.2016 | Revisjon: 00 |




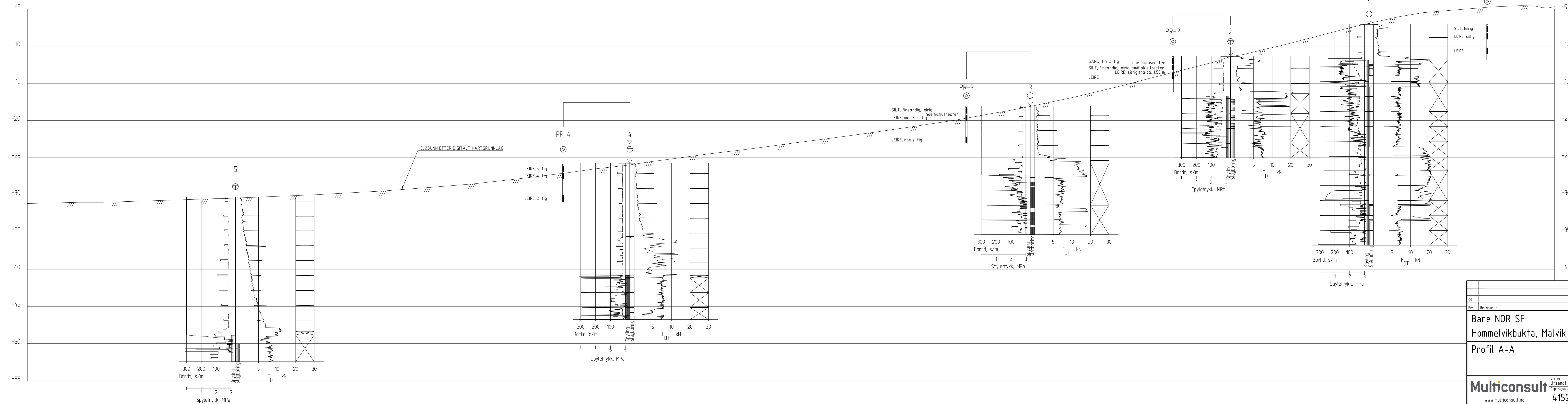
| | | | | | |
|---|---------------------|---|---------------------|--|------------------------|
| Oppdragsgiver: Bane NOR SF | | Oppdrag: Hommelvikbukta, Malvik | | Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_v5.0 | |
| Netto spissmotstand q_n og poreovertrykk Δu_2 . | | | | | |
| CPTU id.: | 7 | Sonde: | 4357 | Multiconsult | |
| MULTICONSULT AS | Dato: 07.04.2018 | Tegnet: SIVMH | Kontrollert: SSB | | |
| | Oppdrag nr.: | 415257-02 | Tegning nr.: | 501.2 | Versjon: 09.03.2016 |



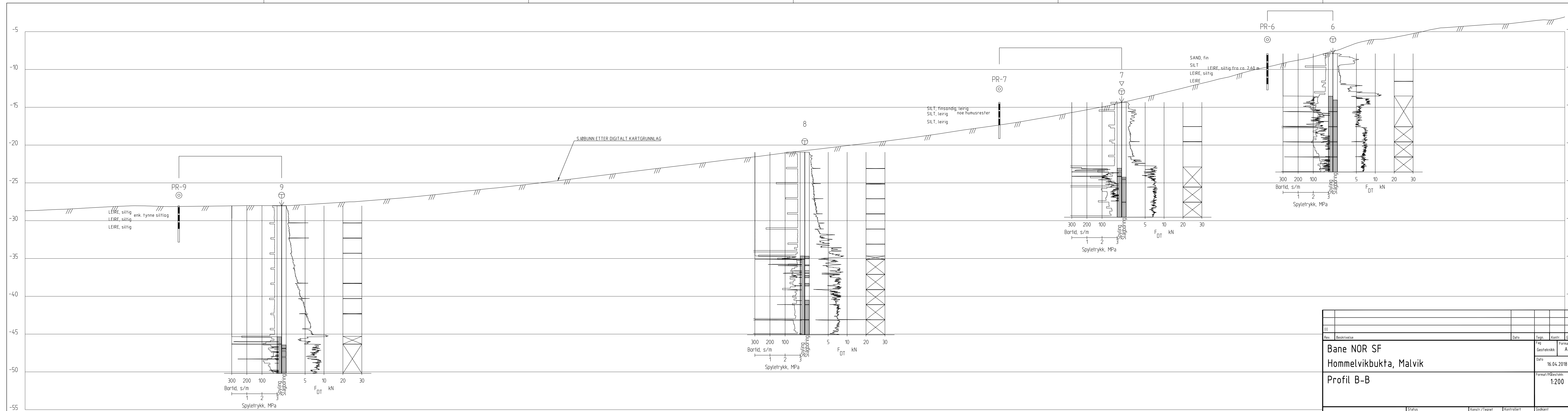
| | | | | | |
|--|---------------------------|---|------------------------|--|--|
| Oppdragsgiver: Bane NOR SF | | Oppdrag: Hommelvikbukta, Malvik | | Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_v5.0 | |
| Spissmotstandstall N_m , poretrykks- B_q og friksjonsforhold R_f . | | | | | |
| CPTU id.: | 7 | Sonde: | 4357 | Multiconsult | |
| MULTICONSULT AS | Dato: 07.04.2018 | Tegnet: SIVMH | Kontrollert: SSB | | |
| | Oppdrag nr.: 415257-02 | Tegning nr.: 501.3 | Versjon: 09.03.2016 | Revisjon: 00 | |

DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

| | | | |
|---|---|-----------------------|---|
| Sonde nr.: | 4357 | Sondetype: | Nova |
| SONDEDATA | | | |
| Arealforhold, a: | 0,814 | Arealforhold, b: | 0,000 |
| Kalibreringsdato: | 25.08.2016 | Utførende: | Geotech AB |
| EGENSKAP (fra kalibreringsark) | SPISSMOTSTAND | SIDEFRIKSJON | PORETRYKK |
| Maksimum spenning (MPa): | 50,0 | 0,5 | 2,0 |
| Måleområde (MPa): | 50,0 | 0,5 | 2,0 |
| Oppløsning, 2 ¹² bit (kPa): | 0 | 0 | 0 |
| Oppløsning, 2 ¹⁸ bit (kPa): | 0,58 | 0,01 | 0,02 |
| Max. temp. effekt, ubelastet (kPa): | 20,34 | 0,48 | 0,22 |
| Temperaturområde (°C): | 0-40 | 0-40 | 0-40 |
| Merknad: | | | |
| UTFØRELSE | | | |
| Borleder: | Geir Andersen | Assistent: | |
| Filtertype: | Porøst | Mettemedium: | Frostvæske/glyserin |
| Mettemetode: | Ferdig mettet filter | Lufttemperatur (°C): | 3,0 |
| Forankring: | | Max. helning (°): | 4,0 |
| Merknad: | | | |
| MÅLEVARIABLE | | | |
| EGENSKAP | SPISSMOTSTAND | SIDEFRIKSJON | PORETRYKK |
| Maksimal temperatureffekt (kPa): | 1,53 | 0,04 | 0,02 |
| NULLPUNKTKONTROLL | | | |
| Faktor | NA (q) | NB (f) | NC (u) |
| Før sondering (DOS): | | | |
| Etter sondering (DOS): | | | |
| Avvik (DOS) (kPa): | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Før sondering (Windows): | 7,504 | 126,400 | 405,500 |
| Etter sondering (Windows): | 0,008 | -0,200 | -0,200 |
| Avvik (Windows) (kPa): | 8,2 | -0,2 | -0,2 |
| NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE | | | |
| Målestørrelse | Spissmotstand | Friksjon | Poretrykk |
| Samlet nøyaktighet, Δ_{TOT} (kPa) | 10,31 | 0,25 | 0,24 |
| Tillatt nøyaktighet A1, Δ_k (kPa) | 35,0 | 5,0 | 10,0 |
| Tillatt nøyaktighet A2, Δ_k (kPa) | 100,0 | 15,0 | 25,0 |
| Tillatt nøyaktighet A3, Δ_k (kPa) | 200,0 | 25,0 | 50,0 |
| Vurdering profil | | | |
| ANVENDELSESKLASSE | 1 | 1 | 1 |
| Oppdragsgiver: Bane NOR SF Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet. | Oppdrag: Hommelvikbukta, Malvik | |  |
| CPTU id.: | 7 | Sonde: | |
| MULTICONSULT AS | Dato: 07.04.2018 | Tegnet: SIVMH | Kontrollert: SSB |
| | Oppdrag nr.: 415257-02 | Tegning nr.: 501.4 | Versjon: 09.03.2016 |



| Rev. | Beskrivelse | Dato | Tegn. | Kontr. | Godkj. |
|--|-------------|---|----------------------------|--------------------|---------------------------|
| 00 | | | | | |
| Bane NOR SF Hommelvikbukta, Malvik | | | | | Fag Geoteknikk |
| Profil A-A | | | | | Format A3L |
| | | | | | Date 16.04.2018 |
| | | | | | Format/Målestokk 1:200 |
| Multiconsult www.multiconsult.no | | Status Utsendt Oppdragsnr. 415257-02 | Konstr./Tegnet SIVMH | Kontrollert SSB | Godkjent HAN |
| | | | Tegningsnr. RIG-TEG-600 | Rev. | 00 |



| | | | | | |
|--|-------------|---|----------------------------|--------------------|---------------------------|
| Rev. | Beskrivelse | Dato | Tegn. | Kontr. | Godkj. |
| 00 | | | | | |
| Bane NOR SF Hommelvikbukta, Malvik | | | | Fag Geoteknikk | Format A3L |
| Profil B-B | | | | Dato 16.04.2018 | Format/Målestokk 1:200 |
| Multiconsult www.multiconsult.no | | Status Utsendt Oppdragsnr. 415257-02 | Konstr./Tegnet SIVMH | Kontrollert SSB | Godkjent HAN |
| | | | Tegningsnr. RIG-TEG-601 | Rev. 00 | |

Vedlegg 1 - Kalibrerings skjema CPTU-sonde

CALIBRATION CERTIFICATE FOR CPT PROBE 4357

Probe No 4357
 Date of Calibration 2016-08-25
 Calibrated by Christoffer Hurtig.....
 Run No 183
 Test Class: ISO 1

Point Resistance**Tip Area 10cm²**

Maximum Load 50 MPa
 Range 50 MPa
 Scaling Factor **1312**
 Resolution 0,5815 kPa
 Area factor (a) 0,814

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 20,341 kPa
 Temperature range 0 -40 deg. Celsius.

Local Friction**Sleeve Area 150cm²**

Maximum Load 0,5 MPa
 Range 0,5 MPa
 Scaling Factor **3672**
 Resolution 0,0104 kPa
 Area factor (b) 0

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 0,477 kPa
 Temperature range 0 -40 deg. Celsius.

Pore Pressure

Maximum Load 2 MPa
 Range 2 MPa
 Scaling Factor **3736**
 Resolution 0,0204 kPa

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 0,224 kPa
 Temperature range 0 -40 deg. Celsius.

Tilt Angle.**Scaling Factor: 0,92**

Range 0 - 40 Deg.

Backup memory**Temperature sensor**

Specialists in
 Geotechnical
 Field Equipment

Cptlog Cone data base information

Göteborg: 2016-08-25

| | | | | | |
|---------------------|-----------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|-------------|
| Cone name | 4357 | Serial number | 4357 | Date of purchase | User. |
| Ranges | | Geometric parameters | | Scaling factors | |
| Point resistance | 50 (Mpa) | Area factor a | 0,814 | Point resistance | 1312 |
| Local friction | 0,5 (Mpa) | Area factor b | 0 | Local friction | 3672 |
| Pore pressure | 2 (Mpa) | Tip area | 10 (cm ²) | Pore pressure | 3736 |
| Tilt sensor | 40 (Deg) | Sleeve area | 150 (cm ²) | Tilt sensor | 0,92 |
| temperature | © | | | temperature | 1 |
| Elect. Conductivity | (mS/m) | | | Elect. Conductivity A | |
| | | | | Elect. Conductivity B | |
| | | | | Type | NOVA cone |
| | | | | Memory option | With memory |



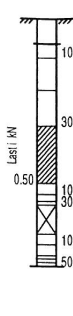

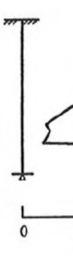

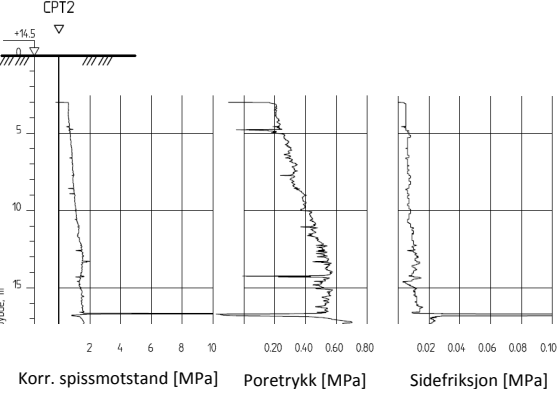
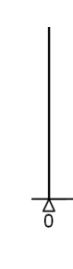
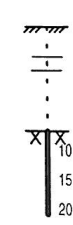
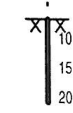


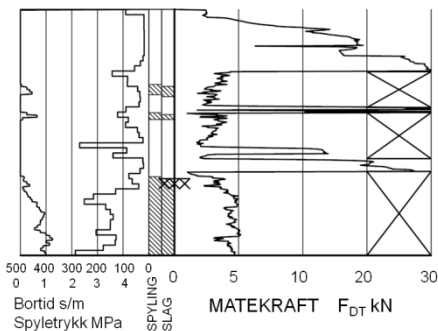
Specialists in
Geotechnical
Field Equipment

BILAG 1

Geotekniske bilag - feltundersøkelser

(2 sider)

| | |
|---|---|
|  <p>Avsluttet mot stein, blokk eller fast grunn</p>  <p>Avsluttet mot antatt berg</p> | <p>Sonderinger utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn. For utførelsesstandarder henvises det til «Geoteknisk bilag – Oversikt over metodestandarder og retningslinjer».</p> |
|  <p>Forboret</p> <p>Middels stor motstand</p> <p>Meget liten motstand</p> <p>Meget stor motstand</p> <p>Avsluttet uten å nå fast grunn eller berg</p>  <p>Forboret</p> <p>Slått med slegge</p> <p>Halve omdreininger pr. m synk</p> | <p>DREIESONDERING</p> <p>Utføres med skjøtbare $\phi 22$ mm borstenger med 200 mm vridd spiss. Boret dreies manuelt eller maskinelt ned i grunnen med inntil 1 kN (100 kg) vertikalbelastning på stengene. Hvis det ikke synker for denne lasten, dreies boret maskinelt eller manuelt. Antall $\frac{1}{2}$-omdreininger pr. 0,2 m synk registreres.</p> <p>Boremotstanden presenteres i diagram med vertikal dybdeskala og tverrstrek for hver 100 $\frac{1}{2}$-omdreininger. Skravur angir synk uten dreining, med påført vertikallast under synk angitt på venstre side. Kryss angir at borstengene er rammet ned i grunnen.</p> |
|  <p>Middels stor motstand</p> <p>Lite motstand</p> <p>Stor motstand</p> <p>0 50 100 150 kNm/m</p>  <p>0 50 Q₀ kNm/m</p> | <p>RAMSONDERING</p> <p>Boringen utføres med skjøtbare $\phi 32$ mm borstenger og spiss med normert geometri. Boret rammes med en rammeenergi på 0,38 kNm. Antall slag pr. 0,2 m synk registreres. Boremotstanden illustreres ved angivelse av rammemotstanden Q_0 pr. m nedramming.</p> <p>$Q_0 = \text{loddets tyngde} \cdot \text{fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)}$</p> |
| <p>CPT2</p>  <p>Korr. spissmotstand [MPa] Poretrykk [MPa] Sidefriksjon [MPa]</p> | <p>TRYKKSONDERING (CPT - CPTU)</p> <p>Utføres ved at en sylindrisk, instrumentert sonde med konisk spiss presses ned i grunnen med konstant penetrasjonshastighet 20 mm/s. Under nedpressingen måles kraften mot konisk spiss og friksjonshylse, slik at spissmotstand q_c og sidefriksjon f_s kan bestemmes (CPT). I tillegg kan poretrykket u måles like bak den koniske spissen (CPTU). Målingene utføres kontinuerlig for hver 0,02 m, og metoden gir derfor detaljert informasjon om grunnforholdene.</p> <p>Resultatene kan benyttes til å bestemme lagdeling, jordart, lagringsbetingelser og mekaniske egenskaper (skjærfasthet, deformasjons- og konsolideringsparametre).</p> |
|  <p>0 5 10 20 30 F_{DT} kN</p> | <p>DREIETRYKKSONDERING</p> <p>Utføres med glatte skjøtbare $\phi 36$ mm borstenger med en normert spiss med hardmetallsveis. Borstengene presses ned i grunnen med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min.</p> <p>Rotasjonshastigheten kan økes hvis nødvendig (markeres med kryss på høyre side). Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres automatisk under disse betingelsene, og gir grunnlag for å bedømme grunnforholdene.</p> <p>Metoden er spesielt hensiktsmessig ved påvisning av kvikkleire i grunnen, men den gir ikke sikker dybde til bergoverflaten.</p> |
|  <p>Stein</p>  <p>Borsynk i berg cm/min.</p> | <p>BERGKONTROLLBORING</p> <p>Utføres med skjøtbare $\phi 45$ mm stenger og hardmetall borkrone med tilbakeslagsventil. Det benyttes tung slagborhammer og vannspyling med høyt trykk. Boring gjennom lag med ulike egenskaper, for eksempel grus og leire, kan registreres, likedan penetrasjon av blokker og større steiner. For verifisering av berginntrengning bores 3 m ned i berget, eventuelt med registrering av borsynk for sikker påvisning.</p> |



TOTALSONDERING

Kombinerer metodene dreietrykksondring og bergkontrollboring. Det benyttes $\phi 45$ mm borstenger og $\phi 57$ mm stiftborkrone med tilbakeslagsventil. Under nedboring i bløte lag presses boret ned i bakken med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min. Når faste lag påtreffes økes først rotasjonshastigheten (markeres som kryss til høyre). Gir ikke dette synk av boret benyttes spyling og slag på borkronen.

Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres kontinuerlig og vises på diagrammets høyre side, mens markering av spyletrykk, slag og bortid vises til venstre.



Prøvemarkering



PRØVETAKING

Utføres for undersøkelse av jordlagenes geotekniske egenskaper i laboratoriet.

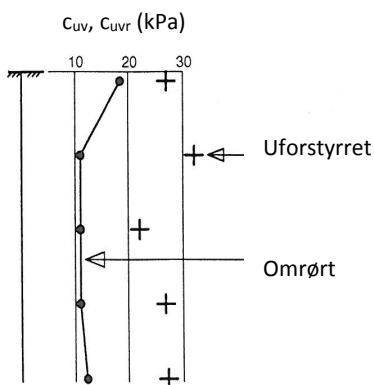
Maskinell naverboring (forstyrrede poseprøver):

Utføres med hul borstang påsveiset en metallspiral med fast stighøyde (auger). Med borrhjelp kan det bores til 5-20 m dybde, avhengig av jordart, lagringsfasthet og beliggenhet av grunnvannstanden. Med denne metoden kan det tas forstyrrede poseprøver ved å samle materialet mellom spiralskivene. Det er også mulig å benytte enklere håndholdt utstyr som for eksempel skovlprøvetaking.

Sylinder/blokkprøvetaking (Uforstyrrede prøver):

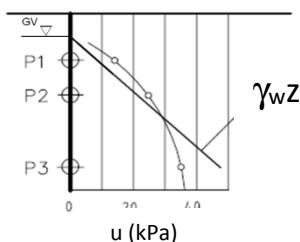
Vanligvis benyttes stempel-prøvetaking med innvendig stempel for opptak av 60-100 cm lange sylinderprøver. Prøvesylinderen kan være av plast eller stål, og det kan benyttes utstyr både med og uten innvendig prøvesylinder. På ønsket dybde skjæres det ut en jordprøve som trekkes opp til overflaten, der den blir forseglet for transport til laboratoriet. Prøvediameteren kan variere mellom $\phi 54$ mm (vanligst) og $\phi 95$ mm. Det er også mulig å benytte andre typer prøvetakere, som for eksempel ramprøvetakere og blokkprøvetakere.

Prøvekvaliteten inndeles i Kvalitetsklasse 1-3, der 1 er høyeste kvalitet.



VINGEBORING

Utføres ved at et vingekorset med dimensjoner $b \times h = 55 \times 110$ mm eller 65×130 mm presses ned i grunnen til ønsket målenivå. Her blir vingekorset påført et økende dreiemoment til jorden rundt vingen når brudd. Det tilhørende dreiemomentet blir registrert. Dette utføres med jorden i uforstyrret ved første gangs brudd og omrørt tilstand etter 25 gjentatte omdreininger av vingekorset. Udrenert skjærfasthet c_{uv} og c_{ur} beregnes ut fra henholdsvis dreiemomentet ved brudd og etter omrøring. Fra dette kan også sensitiviteten $S_t = c_{uv}/c_{ur}$ bestemmes. Tolkede verdier må vanligvis korrigeres empirisk for opptredende effektivt overlageringstrykk i måledybden, samt for jordartens plastisitet.



PORETRYKSMÅLING

Målingene utføres med et standrør med filterspiss eller med hydraulisk (åpent)/elektrisk piezometer (poretrykksmåler). Filteret eller piezometerspissen påmontert piezometerrør presses ned i grunnen til ønsket dybde. Stabilt poretrykk registreres fra vannets stighøyde i røret, eller ved avlesning av en elektrisk trykkmåler i spissen. Valg av utstyr vurderes på bakgrunn av grunnforhold og hensikten med målingene.

Grunnvannstand observeres eller peiles direkte i borhullet.

BILAG 2

Geotekniske bilag - laboratorieforsøk

(4 sider)

Laboratorieundersøkelser utføres for sikker klassifisering og bestemmelse av mekaniske egenskaper. Forsøkene utføres på prøver som er tatt opp i felt. For utførelsesstandarder henvises det til «Geoteknisk bilag 3 – Oversikt over metodestandarder og retningslinjer».

MINERALSKE JORDARTER

Ved prøveåpning klassifiseres og indentifiseres jordarten. Mineralske jordarter klassifiseres vanligvis på grunnlag av korngraderingen. Betegnelse og kornstørrelser for de enkelte fraksjonene er:

| Fraksjon | Leire | Silt | Sand | Grus | Stein | Blokk |
|--------------------|--------|-------------|---------|------|--------|-------|
| Kornstørrelse [mm] | <0,002 | 0,002-0,063 | 0,063-2 | 2-63 | 63-630 | >630 |

En jordart kan inneholde en eller flere av fraksjonene over. Jordarten benevnes i henhold til korngraderingen med substantiv for den fraksjon som har dominerende betydning for jordartens egenskaper og adjektiv for medvirkende fraksjoner (for eksempel siltig sand). Leirinnholdet har størst betydning for benevnelse av jordarten. Morene er en usortert breavsetning som kan inneholde alle fraksjoner fra leir til blokk. Den største fraksjonen angis først i beskrivelsen etter egne benevningsregler, for eksempel grusig morene.

ORGANISKE JORDARTER

Organiske jordarter klassifiseres på grunnlag av jordartens opprinnelse og omdanningsgrad. De viktigste typer er:

| Benevnelse | Beskrivelse |
|--|---|
| Torv | Myrplanter, mer eller mindre omdannet |
| <ul style="list-style-type: none"> Fibrig torv Delvis fibrig torv, mellomtorv Amorf torv, svarttorv | Fibrig med lett gjenkjennelig plantestruktur. Viser noe styrke Gjenkjennelig plantestruktur, ingen styrke i planterestene Ingen synlig plantestruktur, svampig konsistens |
| Gytje og dy | Nedbrutt struktur av organisk materiale, kan inneholde mineralske bestanddeler |
| Humus | Planterester, levende organismer sammen med ikke-organisk innhold |
| Mold og matjord | Sterkt omdannet organisk materiale med løs struktur, utgjør vanligvis det ovre jordlaget |

KORNFORDELINGSANALYSER

En kornfordelingsanalyse utføres ved våt eller tørr sikting av fraksjonene med diameter $d > 0,063$ mm. For mindre partikler bestemmes den ekvivalente korndiameteren ved slemmeanalyse og bruk av hydrometer. I slemmeanalysen slemmes materialet opp i vann og densiteten av suspensjonen måles ved bestemte tidsintervaller. Kornfordelingen kan da bestemmes fra Stokes lov om sedimentering av kuleformede partikler i vann. Det vil ofte være nødvendig med en kombinasjon av metodene.

VANNINNHold

Vanninnholdet angir masse av vann i % av masse tørt (fast) stoff i massen og bestemmes fra tørking av en jordprøve ved 110°C i 24 timer.

KONSISTENSGRENSER

Konsistensgrensene (Atterbergs grenser) for en jordart angir vanninnholdsområdet der materialet er plastisk (formbart). Flytegrensen angir vanninnholdet der materialet går fra plastisk til flytende tilstand. Plastisitetsgrensen (utrullingsgrensen) angir vanninnholdet der materialet ikke lenger kan formes uten at det sprekker opp. Plastisitetsindeksen $I_p = w_f - w_p$ (%) angir det plastiske området for jordarten og benyttes til klassifisering av plastisiteten. Er det naturlige vanninnholdet høyere enn flytegrensen blir materialet flytende ved omrøring (vanlig for kvikkleire).

HUMUSINNHold

Humusinnholdet kan bestemmes ved kolorimetri og bruk av natronlut (NaOH-forbindelse), glødning av jordprøve i varmeovn eller våt-oksidasjon med hydrogenperoksyd. Metoden angir innholdet av humufiserte organiske bestanddeler i en relativ skala.

DENSITET, TYNGDETETHET, PORETALL OG PORØSITET

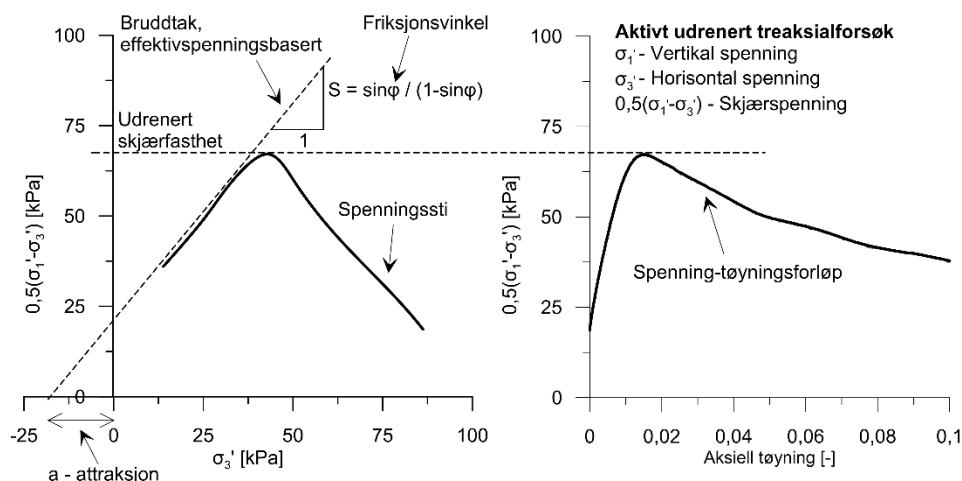
| Navn | Symbol | Enhet | Beskrivelse |
|-------------------------|------------|----------|--|
| Densitet | ρ | g/cm^3 | Masse av prøve per volumenhet. Bestemmes for hel sylinder og utskåret del |
| Korndensitet | ρ_s | g/cm^3 | Masse av fast stoff per volumenhet fast stoff |
| Tørr densitet | ρ_d | g/cm^3 | Masse tørt stoff per volumenhet |
| Tyngdetetthet | γ | kN/m^3 | Tyngde av prøve per volumenhet ($\gamma = \rho g = \gamma_s(1+w/100)(1-n/100)$, der g er tyngdeakselerasjonen) |
| Spesifikk tyngdetetthet | γ_s | kN/m^3 | Tyngde av fast stoff per volumenhet fast stoff ($\gamma_s = \rho_s g$) |
| Tørr tyngdetetthet | γ_d | kN/m^3 | Tyngde av tørt stoff per volumenhet ($\gamma_d = \rho_d g = \gamma_s(1-n/100)$) |
| Poretall | e | - | Volum av porer dividert med volum av fast stoff ($e = n/(1-n)$, n som desimaltall) |
| Porøsitet | n | % | Volum av porer i % av totalt volum av prøven ($n = e/(1+e)$) |

SKJÆRFASTHET

Skjærfastheten beskriver jordens styrke og benyttes bla. til beregning av motstand mot utglidninger og grunnbrudd. Skjærfasthet benyttes i beregninger av skråningsstabilitet og bæreevne. For korttidsbelastninger i finkornige materialer (leire) oppfører jorden seg udrenert og skjærfastheten beskrives ved udrenert skjærfasthet. Over lengre tidsintervaller vil oppførselen karakteriseres som drenert. Det benyttes da effektivspenningsparametere.

Effektive skjærfasthetsparametre a (attraksjon) og $\tan \phi$ (friksjon) bestemmes ved treaksiale belastningsforsøk på uforstyrrede (leire) eller innbyggede prøver (sand). Skjærfastheten er avhengig av effektiv normalspenning (totalspenning – poretrykk) på kritisk plan. Forsøksresultatene fremstilles som spenningsstier som viser spenningsutvikling og tilhørende tøyningutvikling i prøven frem mot brudd. Fra disse, samt fra annen informasjon, bestemmes karakteristiske verdier for skjærfasthetsparametre for det aktuelle problemet.

Udrenert skjærfasthet c_u (kPa) bestemmes som den maksimale skjærspenning et materiale kan påføres før det bryter sammen i en situasjon med raske spenningsendringer uten drenering av poretrykk. I laboratoriet bestemmes denne egenskapen ved enaksiale trykkforsøk (c_{ut}), konusforsøk (uforstyrret c_{ufc} , omrørt c_{urfc}), udrenerte treaksialforsøk (kompresjon/aktiv c_{uA} , avlastning/passiv c_{uP}) og direkte skjærforsøk (c_{uD}). Udrenert skjærfasthet kan også bestemmes i felt ved for eksempel trykksondering med poretrykksmåling (CPTU) ($c_{u\text{CPTU}}$) eller vingebor (uforstyrret c_{uv} , omrørt c_{uvr}).

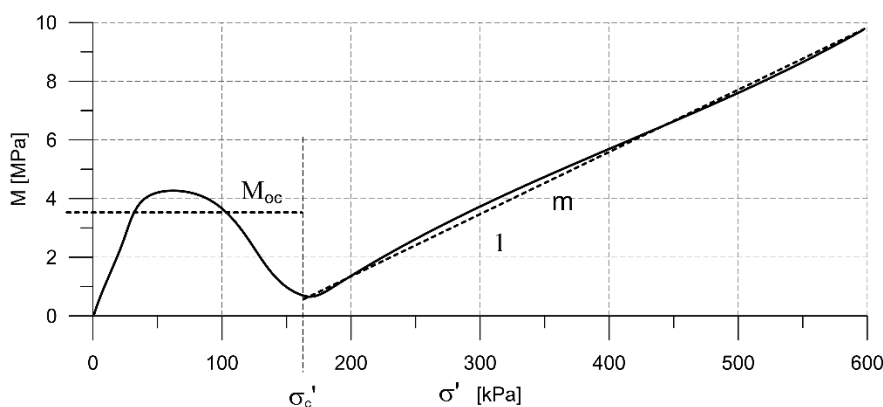


SENSITIVITET

Sensitiviteten $St = c_u/c_r$ uttrykker forholdet mellom en leires udrenerte skjærfasthet i uforstyrret og omrørt tilstand. Denne størrelsen kan bestemmes fra konusforsøk i laboratoriet eller ved vingeborforsøk i felt. Kvikkleire har for eksempel meget lav omrørt skjærfasthet ($c_r < 0,5$ kPa), og viser derfor som regel meget høye sensitivitetsverdier.

DEFORMASJONS- OG KONSOLIDERINGSEGENSKAPER

Jordartens deformasjons- og konsolideringsegenskaper benyttes ved beregning av setninger og deformasjoner. Disse mekaniske egenskapene bestemmes ved hjelp av belastningsforsøk i ødometer. Jordprøven bygges inn i en stiv ring som forhindrer sideveis deformasjon. Belastningen skjer vertikalt med trinnvis eller kontinuerlig økende last/spenning (σ'). Sammenhørende verdier for spenning og deformasjon (tøyning ϵ) registreres, og materialets stivhet (deformasjonsmodul) kan beregnes som $M = \Delta\sigma' / \Delta\epsilon$. Denne presenteres som funksjon av vertikalspenningen. En sentral parameter som tolkes i sammenheng med ødometerforsøk er forkonsolideringsspenningen (σ'_c). Dette er det største lastnivået som jorda har opplevd tidligere (f.eks. tidligere overlaging eller islast). Deformasjonsmodulen viser typisk forskjellig oppførsel under og over forkonsolideringsspenningen. I leire vil stivheten for spenningsnivåer under σ'_c representeres ved en konstant stivhetsmodul M_{oc} . For spenningsnivåer over σ'_c vil stivheten øke med økende spenning. Denne økningen kan beskrives ved modultallet m .



TELEFARLIGHET

En jordarts telefarlighet bestemmes ut i fra kornfordelingskurven eller ved å måle den kapillære stighøyde for materialet. Telefarligheten klassifiseres i gruppene T1 (Ikke telefarlig), T2 (Litt telefarlig), T3 (Middels telefarlig) og T4 (Meget telefarlig) etter SVV Håndbok N200.

KOMPRIMERINGSEGENSKAPER

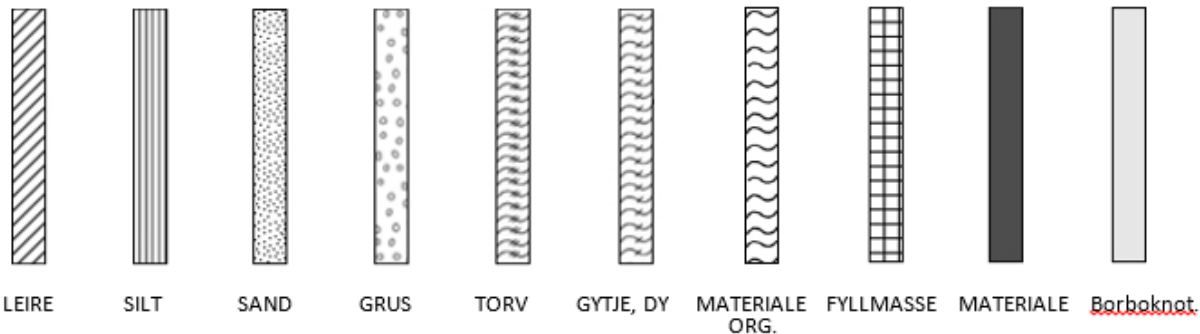
Ved komprimering av en jordart oppnås tettere lagring av mineralkornene. Komprimeringsegenskapene for en jordart bestemmes ved at prøver med forskjellig vanninnhold komprimeres med et bestemt komprimeringsarbeid (Standard eller Modifisert Proctor). Resultatene fremstilles i et diagram som viser tørr densitet ρ_d som funksjon av innbyggingsvanninnhold w_i . Den maksimale tørrdensiteten som oppnås (ρ_{dmax}) benyttes ved spesifikasjon av krav til utførelsen av komprimeringsarbeider. Det tilhørende vanninnhold benevnes optimalt vanninnhold (w_{opt}).

PERMEABILITET

Permeabiliteten defineres som den vannmengden q som under gitte betingelser vil strømme gjennom et jordvolum pr. tidsenhet. Generelt bestemmes permeabiliteten fra følgende sammenheng: $q = kiA$, der A er bruttoareal av tverrsnittet normalt på vannets strømningsretning og i = hydraulisk gradient i strømningsretningen (= potensialforskjell pr. lengdeenhet). Permeabiliteten kan bestemmes ved strømningsforsøk i laboratoriet, ved konstant eller fallende potensial, eventuelt ved pumpe- eller strømningsforsøk i felt samt ødometerforsøk.

OPPTEGNING AV PRØVESERIE - PRØVESKRAVERING

Analyserte prøver skraveres på prøveserietegningen i henhold til hovedbenevnelsen av materialet. Det er i tillegg en egen skravering for eventuelle notater hentet fra borbok til den gjeldende prøveserien. De ulike skraveringene er som følger:



NB: Med mindre en kornfordelingsanalyse er utført, er dette kun en subjektiv og veiledende klassifisering som er basert på laborantens visuelle vurdering av materialet.

LEIRE: Leirinnholdet er større enn 15 %

SILT: Siltinnholdet er større enn 45 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %

SAND: Sandinnholdet er større enn 60 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %

GRUS: Grusinnholdet er større enn 60 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %

MATERIALE: Brukes når materialet har en slik sammensetning at ingen av de ovennevnte betegnelse kan benyttes. Dette fremkommer normalt fra en kornfordelingsanalyse

TORV: Mer eller mindre omvandlede planterester

GYTJE/DY: Består av vannavsatte plante- og dyrerester. De kan virke fete og elastiske

MATERIALE ORG.: Sterkt omdannet organisk materiale med løs struktur

FYLLMASSE: Avsetninger som ikke er naturlige (utlagte masser)

Borboknotat: Merknader fra borleder (hentet fra borbok), f.eks. «tom sylinder», «foringsrør», «forboring» osv.

OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SPESIALFORSØK – Korngradering (K) / Treksialforsøk (T) / Ødometerforsøk (Ø)

Eventuelt utførte spesialforsøk på en prøveserie markeres med K, T eller Ø ved tilhørende prøve. Markeringene indikerer ikke nøyaktig dybde for spesialforsøkene, men er referanse til at det foreligger egne tegninger for forsøket inkludert resultater og ytterlig forsøksinformasjon.

OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SYMBOLFORKLARING - Vanninnhold og konsistensgrenser

Vanninnhold og konsistensgrenser utført ved rutineundersøkelsen fremvises på prøveserietegningen ved plassering av symboler på tilhørende graf. Dersom et vanninnhold overstiger grafens maksimum vil verdien oppgis i siffer ved grafens øvre ytterpunkt.

| | | | |
|-----------------|--|--------------------------|--|
| Vanninnhold w | | Plastisitetsgrense w_p | |
| | | Flytegrense w_f | |

OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SYMBOLFORKLARING - Udrenert skjærfasthet

Resultatene fra utførte konus- og enaksiale trykkforsøk ved rutineundersøkelsen fremvises på prøveserietegningen ved plassering av symboler på tilhørende graf. Dersom en skjærfasthetverdi overstiger grafens maksimum vil verdien oppgis i siffer ved grafens øvre ytterpunkt.

| | | | |
|---|--|--|-----|
| Uomrørt konus c_{urfc} | | Omrørt konus c_{urfc} | |
| Enaksialt trykkforsøk Strek angir aksial tøyning (%) ved brudd | | Omrørt konus $c_{urfc} \leq 2,0 \text{ kPa}$ | 0,9 |

BILAG 3

Oversikt over metodestandarder og retningslinjer

(2 sider)

METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – FELTUNDERSØKELSER

Feltundersøkelsesmetoder beskrevet i geotekniske bilag, samt terminologi og klassifisering benyttet i rapportering, baserer seg på gjeldende versjon av følgende standarder og referansedokumenter:

| Dokument | Tema |
|--|--|
| NGF Melding 1 | SI-enheter |
| NGF Melding 2, NS-EN ISO 14688-1 og -2 | Symboler og terminologi |
| NGF Melding 3 | Dreiesondering |
| NGF Melding 4 | Vingeboring |
| NGF Melding 5, NS-EN ISO 22476-1 | Trykksondering med poretrykksmåling (CPTU) |
| NGF Melding 6 | Grunnvanns- og poretrykksmåling |
| NGF Melding 7 | Dreietrykksondering |
| NGF Melding 8 | Kommentarkoder for feltundersøkelser |
| NGF Melding 9 | Totalsondering |
| NS-EN ISO 22476-2 | Ramsondering |
| NGF Melding 10 | Beskrivelsestekster for grunnundersøkelser |
| NGF Melding 11, NS-EN ISO 22475-1 | Prøvetaking |
| Statens vegvesen Håndbok R211 | Feltundersøkelser |
| NS 8020-1 | Kvalifikasjonskrav til utførende av grunnundersøkelser |

METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – LABORATORIEUNDERSØKELSER

Laboratorieundersøkelser beskrevet i geotekniske bilag, samt terminologi og klassifisering benyttet i rapportering, baserer seg på følgende standarder og referansedokumenter:

| Dokument | Tema |
|---------------------------------|---|
| NS8000 | Konsistensgrenser – terminologi |
| NS8001 | Støtflytegrense |
| NS8002 | Konusflytegrense |
| NS8003 | Plastisitetsgrense (utrullingsgrense) |
| NS8004 | Svinggrense |
| NS8005, NS-EN ISO 17892-4 | Kornfordelingsanalyse |
| NS8010, NS-EN ISO 14688-1 og -2 | Jord – bestanddeler og struktur. Klassifisering og indentifisering. |
| NS8011, NS-EN ISO 17892-2 | Densitet |
| NS8012, NS-EN ISO 17892-3 | Korndensitet |
| NS8013, NS-EN ISO 17892-1 | Vanninnhold |
| NS8014 | Poretall, porøsitet og metningsgrad |
| NS8015 | Skjærfasthet ved konusforsøk |
| NS8016 | Skjærfasthet ved enaksialt trykkforsøk |
| NS8017 | Ødometerforsøk, trinnvis belastning |
| NS8018 | Ødometerforsøk, kontinuerlig belastning |
| NS-EN ISO/TS 17892-8 og -9 | Treaksialforsøk (UU, CD) |
| Statens vegvesen Håndbok R210 | Laboratorieundersøkelser |

RAPPORT

Hommelvikbukta, Malvik

OPPDRAKSGIVER

Bane NOR SF

EMNE

Geoteknisk prosjektering av tildekningstiltak

DATO / REVISJON: 9. mai 2018 / 00

DOKUMENTKODE: 415257-02-RIG-RAP-002



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

| | | | |
|----------------|---|-----------------|-------------------------------|
| OPPDRAG | Hommelvikbukta, Malvik | DOKUMENTKODE | 415257-02-RIG-RAP-002 |
| EMNE | Geoteknisk prosjektering av tildekningstiltak | TILGJENGELIGHET | Åpen |
| OPPDRAGSGIVER | Bane NOR SF | OPPDRAGSLEDER | Erling Ytterås |
| KONTAKTPERSON | Tove Fjorden Ree | UTARBEIDET AV | Sivert Møllersen Hallsteinsen |
| KOORDINATER | SONE: 32 ØST: 589889 NORD: 7033785 | ANSVARLIG ENHET | 10234011 Midt Geoteknikk |
| GNR./BNR./SNR. | / / / Malvik | | |

SAMMENDRAG

Det er avdekket et kreosotholdig område på sjøbunnen i Hommelvikbukta i Malvik kommune. Forurensingen stammer etter all sannsynlighet fra utslipp av kreosotolje fra det tidligere impregneringsverket på Nygården som ble nedlagt i 1980. Det planlegges å tildekke sjøbunnen med grusige masser som saneringstiltak. Skråningsforholdene i sjøen utenfor Nygården er bratte og i forbindelse med planlagt tiltak er det behov for stabilitetsvurderinger. Multiconsult er engasjert av Bane NOR til å utføre stabilitetsvurderinger for tiltaket.

Følgende klassifisering av prosjektet er valgt og grunnlagt i Vedlegg A.

- Geoteknisk kategori 2 (Eurokode)
- Pålitelighetsklasse 2 (CC/RC) (Eurokode)
- Tiltaksklasse 2 (SAK10)
- Kontrollklasse PKK2 for prosjektering og UKK2 for utførelse (Eurokode)
- Sikkerhetsklasse S2 for skred (TEK17)
- Seismisk grunntype E (Eurokode)
- Seismisk klasse II (Eurokode)

Planlagt tiltak vurderes som gjennomførbart under forutsetninger som fremgår i foreliggende rapport.

| | | | | | |
|------|------------|--------------------|------------------------|----------------|----------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | SIVMH | Stian S. Berre | HÅV |
| 00 | 09.05.2018 | Utarbeidet rapport | Sivert M. Hallsteinsen | Stian S. Berre | Håvard Narjord |
| REV. | DATO | BESKRIVELSE | UTARBEIDET AV | KONTROLLERT AV | GODKJENT AV |

INNHOLDSFORTEGNELSE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Innledning | 5 |
| 1.1 | Formål og bakgrunn | 5 |
| 1.2 | Grunnlag | 5 |
| 1.3 | Geotekniske grunnforhold | 6 |
| 2 | Prosjektbeskrivelse | 6 |
| 3 | Myndighetskrav | 8 |
| 3.1 | Sikkerhetsnivå | 8 |
| 3.2 | Prosjektering for seismisk påvirkning | 8 |
| 4 | Stabilitet av tildekningstiltak | 9 |
| 4.1 | Materialparametere | 9 |
| 4.2 | Tolket lagdeling | 9 |
| 4.3 | Beregnete profiler | 9 |
| 4.4 | Valg av c-profil | 9 |
| 4.5 | Valg av laster | 9 |
| 4.6 | Dimensjonerende vannstand og poretrykksfordeling med dybden | 12 |
| 4.7 | Tildekning | 12 |
| 4.8 | Stabilitetsberegninger | 12 |
| 4.8.1 | Dagens tilstand | 12 |
| 4.8.2 | Permanenttilstanden ved minimum tildekning | 12 |
| 4.8.3 | Sensitivitetsanalyse | 12 |
| 4.8.4 | Vurderinger av resultater | 13 |
| 5 | Forutsetninger for gjennomføring | 13 |
| 6 | SHA, kontrollplan og oppfølging | 14 |
| 7 | Referanser | 15 |

TEGNINGER

| | |
|---------------------|--|
| 415257-RIG-TEG -002 | Situasjonsplan |
| -450.4 | Treaksialforsøk, bp.4, d=4,40 m. Tolkning NTNU-plott |
| -450.4 | Treaksialforsøk, bp.6, d=3,30 m. Tolkning NTNU-plott |
| -500.5 | CPTU bp. 4, udrenert skjærfasthet, c_{uA} , korrelert mot B_q |
| -500.6 | CPTU bp. 4, udrenert skjærfasthet, c_{uA} , korrelert mot S_v , OCR og I_p |
| -501.5 | CPTU bp. 7, udrenert skjærfasthet, c_{uA} , korrelert mot B_q |
| -700 | Tolket lagdeling profil A-A forlenget |
| -701 | Tolket lagdeling profil C-C |
| -800.1 | Profil A-A forlenget, stabilitetsberegning, dagens geometri, ADP –og $a\phi$ -analyse |
| -800.2 | Profil A-A forlenget, stabilitetsberegning, tildekket sjøbunn, ADP –og $a\phi$ -analyse |
| -800.3 | Profil A-A forlenget, stabilitetsberegning, sensitivitetsanalyse, ADP –og $a\phi$ -analyse |
| -801.1 | Profil C-C, stabilitetsberegning, dagens geometri, ADP- og $a\phi$ -analyse |
| -801.2 | Profil C-C, stabilitetsberegning, tildekket sjøbunn, ADP- og $a\phi$ -analyse |
| -801.3 | Profil C-C forlenget, stabilitetsberegning, sensitivitetsanalyse, ADP –og $a\phi$ -analyse |

VEDLEGG

- A. Vurdering av sikkerhetsprinsipper

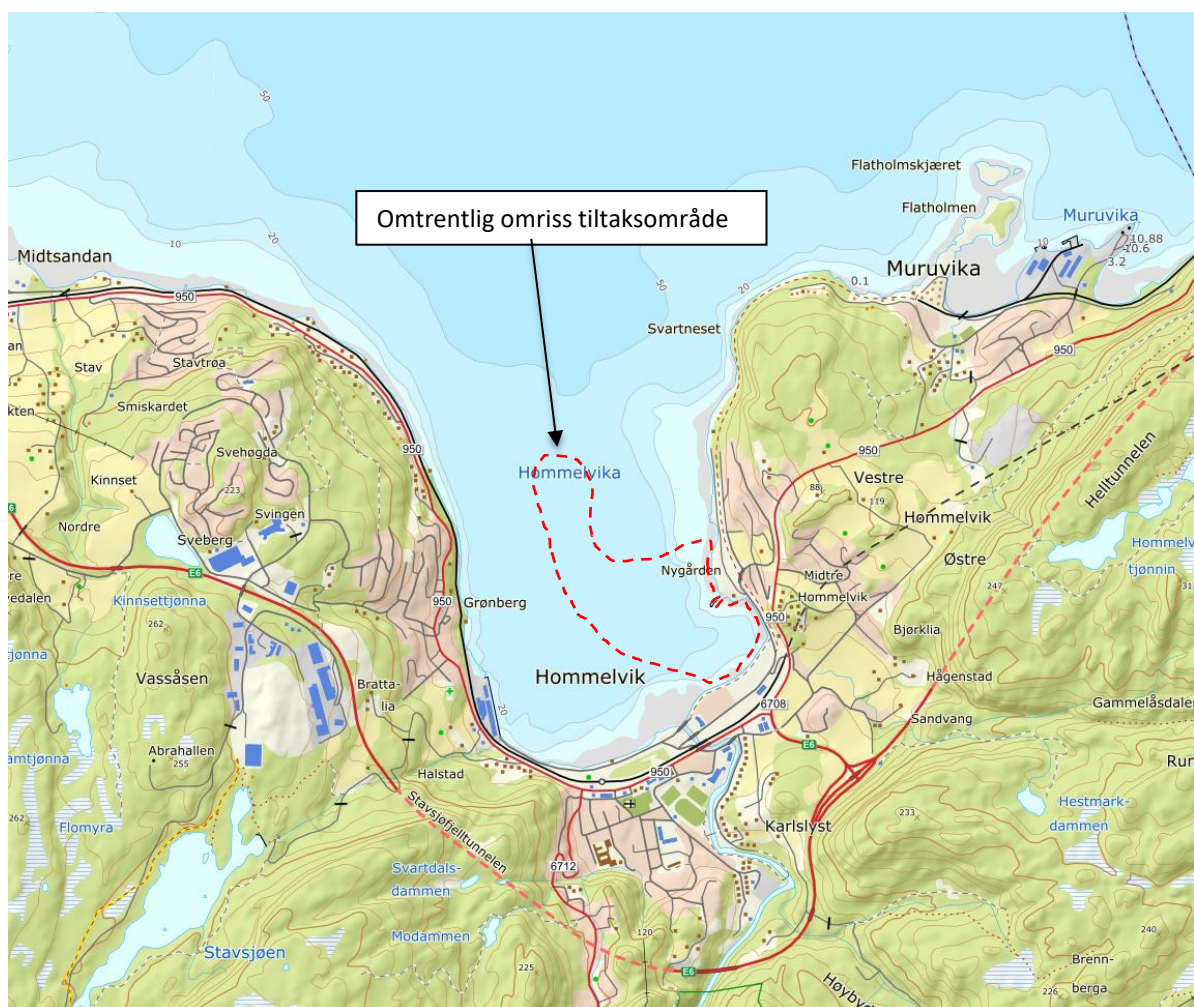
1 Innledning

1.1 Formål og bakgrunn

Det er avdekket et kreosotholdig område på sjøbunnen i Hommelvikbukta i Malvik kommune. Forurensingen stammer etter all sannsynlighet fra utslipp av kreosotolje fra det tidligere impregneringsverket på Nygården som ble nedlagt i 1980. Det planlegges å tildekke sjøbunnen med grusige masser som saneringstiltak.

Skråningsforholdene i sjøen utenfor Nygården er bratte og i forbindelse med planlagt tiltak er det behov for stabilitetsvurderinger.

Multiconsult er engasjert av Bane NOR til å utføre geotekniske grunnundersøkelser og –vurderinger for området i forbindelse med tildekningstiltaket. Denne rapporten omhandler stabilitetsvurderinger for tiltaket.



Figur 1-1 - Oversiktskart over Hommelvikbukta [norgeskart.no]

1.2 Grunnlag

Det er utført geotekniske –og miljøgeologiske undersøkelser for området. Geoteknisk datarapport og miljøgeologisk rapport, 415257-02-RIG-RAP-001 og 415257-02-RIGm-RAP-006_rev03 brukes som grunnlag for i vurderingene i denne rapporten. Se hhv. referansene [1] og [2].

Det benyttes digitalt sjøkart fra SeaScan AS mottatt i 2018. SeaScan mottok kartet fra NGU i 2015.

Grunnlag for geotekniske data er geoteknisk datarapport [1]. Tolkninger av treaksialforsøkene og CPTU presentert i tegninger -450.4, -450.4, -500.5 og -501.5. Der geotekniske data fra grunn –og laboratorieundersøkelser ikke foreligger, benyttes erfaringsverdier fra Statens vegvesen håndbok V220 [3].

Tildeckningsområdet og minste mektighet av tildekningen forutsettes som gitt i den miljøgeologiske rapporten for oppdraget, rapport 415257-02-RIGm-RAP-006_rev03

Alle høyder referer til NN 1954 høydesystem.

1.3 Geotekniske grunnforhold

Det er utført geotekniske grunnundersøkelser i forbindelse med tiltaket. Resultatene fra disse undersøkelsene er presentert i rapport 415257-02-RIG-RAP-001 datert 23. april 2018 [1]. Et sammendrag av resultatene er gitt under:

I det bratteste partiet av marbakken viser grunnundersøkelsene at løsmassene i området består av et topplag av leirig og sandig silt og sand med mektighet på 1-3 meter over leire. Leira kan karakteriseres som siltig, og stedvis homogen eller meget siltig. Totalsonderingene viser at leira ligger over et lag med fastere masser, antatt morenemasser. Mektigheten på leirelaget avtar markant oppover langs marbakken.

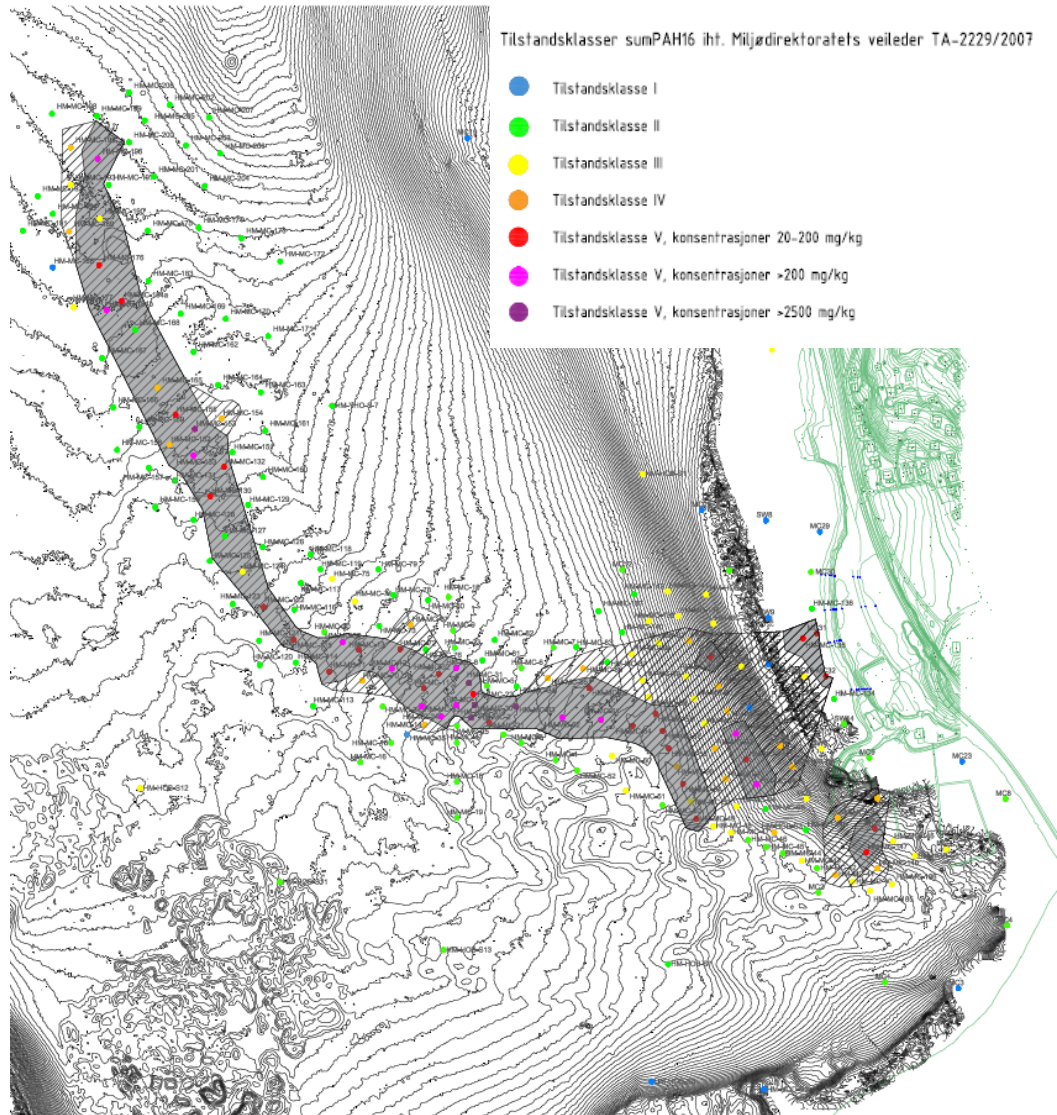
Videre nedover i marbakken er topplaget av silt og sand fraværende til fordel for leire.

Totalsonderingene ved foten av marbakken antyder at leirelaget her strekker seg ned til om lag 17 til 20 meters dybde under sjøbunnen, over antatt morenemasser. Laboratorieundersøkelser på prøver fra det flatere partiet lenger ut i bukta viser leire, og leirig, finsandig silt. Prøvene er tatt ned til 2 meters dybde under sjøbunnen.

Leira kan betegnes som lite til middels plastisk og meget bløt til middels fast. Ett laboratorieforsøk viser en omrørt skjærfasthet på 0,6 kPa, slik at den her grenser til å være kvikk.

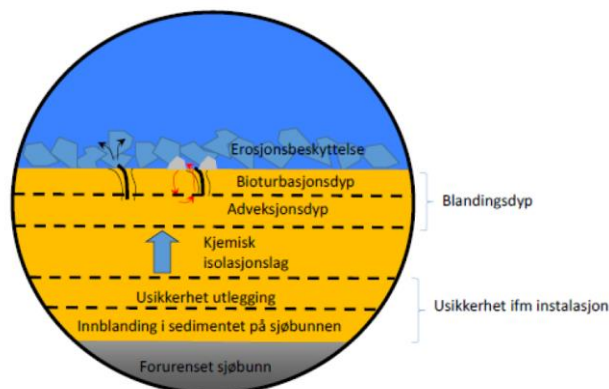
2 Prosjektbeskrivelse

Det er i flere omganger utført miljøgeologiske undersøkelser på sjøbunnen i området. Rapport 415257-02-RIGm-RAP-006_rev03 [2] sammenstiller resultatene, og anbefaler tildeckningsområder og mektigheter på tildekningen.



Figur 2-1 - Vurdert tiltaksområde (835 000 m²) og saneringsområde (skrå skravur, 152 000 m²). Utsnitt fra tegning 415257-02-RIGm-TEG-013 i miljøgeologisk rapport [2].

Tildekningen består av bioturbasjonslag, isolasjonslag, evt. blandingslag og erosjonslag, og legges ut fra leker.



Figur 2-2 - Eksempel på prinsipp for oppbygging av tildekningslag (hentet fra NGI-rapport 20130339-01-R Renere havn - Prosjektering av tiltak)

Erosjonslaget legges ut i strandsonen der det er grunnere enn -2m LAT med naturlig kulstein med diameter tilsvarende det som befinner seg i strandsonen i dag (ca. 0-300mm) [2].

3 Myndighetskrav

Tiltaket er underlagt Plan- og bygningsloven (PBL) med byggteknisk forskrift (TEK17) og byggesaksforskriften (SAK10).

Forskriftenes krav til prosjekteringen er oppfylt om metoder og utførelse etter Norsk Standard benyttes. Eurokodesystemet har status som standard i Norge, og er benyttet for å tilfredsstille regelverket.

Følgende klassifisering av prosjektet er valgt og grunnlagt i Vedlegg A.

- Geoteknisk kategori 2 (Eurokode)
- Pålitelighetsklasse 2 (CC/RC) (Eurokode)
- Tiltaksklasse 2 (SAK10)
- Kontrollklasse PKK2 for prosjektering og UKK2 for utførelse (Eurokode)
- Sikkerhetsklasse S2 for skred (TEK17)
- Seismisk grunntype E (Eurokode)
- Seismisk klasse II (Eurokode)

For prosjekteringskontroll iht. standarden gjelder grunnleggende kontroll og kollegakontroll, samt utvidet kontroll. For utførelseskontroll gjelder basis kontroll og intern systematisk kontroll og utvidet kontroll av utførelsen. For PKK2 er den utvidede kontrollen begrenset til en kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det prosjekterende foretaket. For UKK2 skal utvidet kontroll bestå i å få bekreftet at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av utførende foretak.

Tiltaksklasse 2 medfører krav om uavhengig systemkontroll av geoteknisk prosjektering og utførelse. Denne kontrollen vil også tilfredsstille krav til utvidet kontroll i PKK2. Dette dokumentet inngår som underlag i kontroll av geoteknisk prosjektering.

Oppdraget er kvalitetssikret i henhold til Multiconsults styringssystem. Systemet omfatter prosedyrer og beskrivelser som er dekkende for kvalitetsstandard NS-EN ISO 9001:2015 [4].

3.1 Sikkerhetsnivå

Nødvendig sikkerhetsnivå etter NS-EN 1997 [5] benyttes:

$F = \gamma_{\phi} = 1,25$ for analyse av drenert tilstand, og

$F = \gamma_{cu} = 1,4$ for analyse av udrenert tilstand.

3.2 Prosjektering for seismisk påvirkning

Etter NS-EN 1998 del 1 [6] vurderes tiltaket som et tilfelle med svært lav seismisitet ($a_g S < 0,49m^2/s$), og det er ikke nødvendig å overholde bestemmelsene i standarden. Det prosjekteres dermed ikke for seismisk påvirkning.

4 Stabilitet av tildekningstiltak

4.1 Materialparametere

Følgende tabell presenterer materialparametere brukt i stabilitetsberegningene

| Material | Tyngdetetthet, γ [kN/m ³] | Tyngdetetthet dykket, γ' [kN/m ³] | Friksjonsvinkel, ϕ_k | Attraksjon, a [kPa] | Kohesjon, c [kPa] |
|---|--|--|---------------------------|---------------------|-------------------|
| Silt (parametere fra håndbok V220) | 20 | 10 | 31° | 0 | 0 |
| Leire (parametere fra tolket treaksforsøk bp.4) | 20 | 10 | 28,8° | 5 | 2,7 |
| Morene (parametere fra håndbok V220) | 20 | 10 | 35,0° | 0 | 0 |

4.2 Tolket lagdeling

Lagdelingen er tolket ut fra resultater av de geotekniske grunnundersøkelsene presentert i geoteknisk datarapport [1]. Tolket lagdeling er presentert på tegning -700 og -701.

4.3 Beregnede profiler

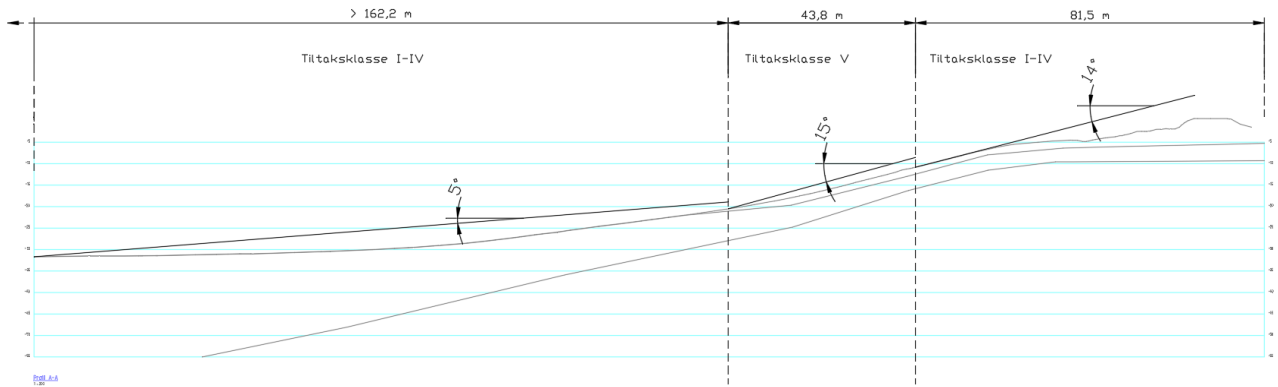
Det er beregnet stabilitet i to profiler som vurderes kritiske, profil A-A forlenget og profil C-C. Se situasjonsplanen - tegning -002.

4.4 Valg av c-profil

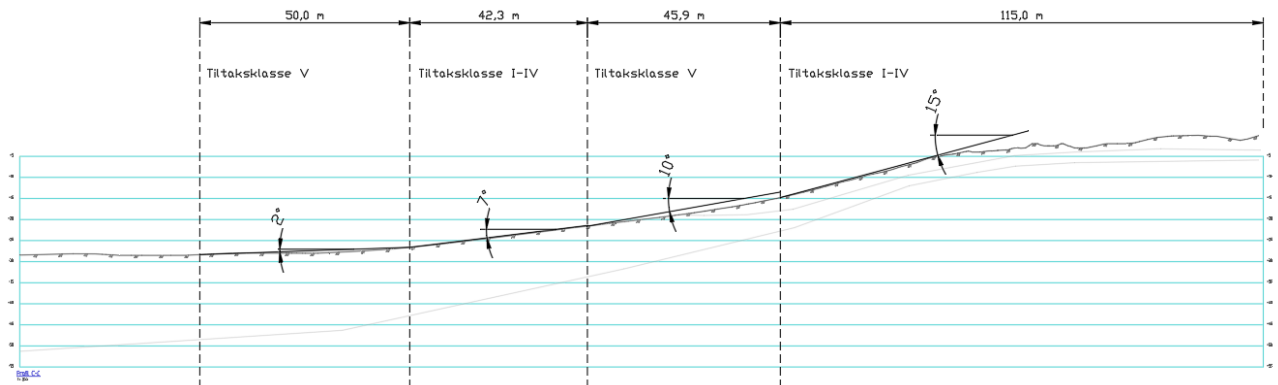
For udrenert analyse er det benyttet et c-profil som representativ styrke for leirlaget. C-profilet tolket fra CPTU-sonderingen i bp. 4, se tegning -500.5, er benyttet for begge profilene, da dette er mest konservativt.

4.5 Valg av laster

Beregning av vertikallastene brukt i beregningene er gjort ved omregning av minimum mektighet normalt på skråningsplanet til minimum vertikal mektighet. Dette er gjort med skråningshelningene slik de er definert på Figur 4-1 og Figur 4-2.



Figur 4-1 - Skråningshelninger til grunn for beregning av vertikallaster langs profil A-A forlenget



Figur 4-2 - Skråningshelninger til grunn for beregning av vertikallaster langs profil C-C

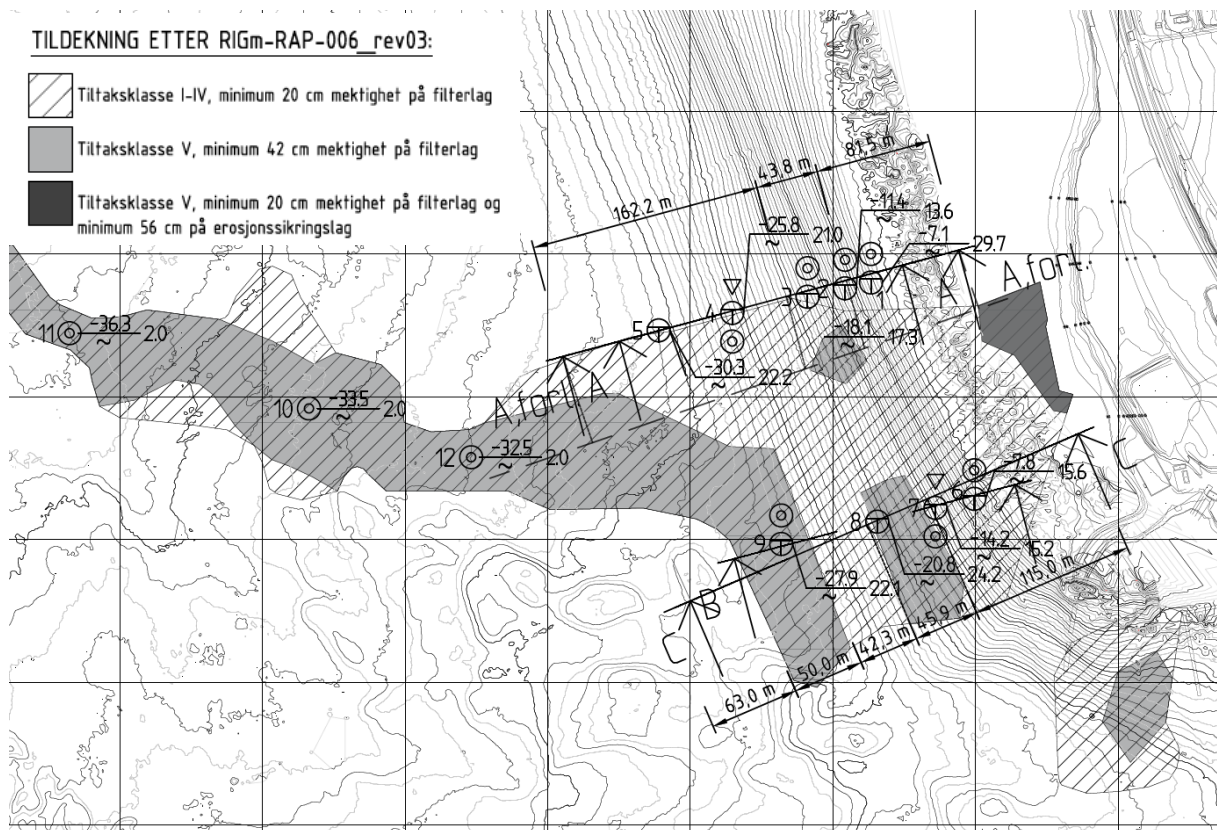
Tildeckningsmassene forutsettes å ha en tyngdetetthet $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$, og en dykket tyngdetetthet $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$. Mektigheten av tildeckningslaget normalt på skråningen er for analysene i permanenttilstanden satt lik minimum mektigheter gitt i tabell 10-1 i 415257-2-RIGm-RAP-006_rev03:

Dimensjonering og design på konvensjonelt tildeckingslag tilpasset forurensningsgrad over og under tilstandsklasse V, tabell 10-1 i miljøgeologisk rapport 415257-02-RIGm-RAP-006_rev03 [2].

| Tildeckingslag | Anbefalt mektighet | Kommentar |
|------------------|--|---|
| Erosjonslag | <u>Dypere enn -2 m (LAT): 0</u> <u>Grunnere enn -2 m (LAT): 30 cm</u> | Eget erosjonslag vurderes ikke som nødvendig under -2 m (LAT) forutsatt at maksimumskornstørrelse tilpasses strømforholdene. I strandsonen (grunnere enn -2 m(LAT)) anbefales det erosjonssikring (30 cm) bestående av velgraderte masser med tilsvarende diameter som massene dagens strandsoner består av (ca. 0-30 cm). |
| Bioturbasjonslag | 10 cm | |
| Adveksjonslag | (10 - 10) = 0 | Funksjon ivaretatt av bioturbasjonslag. |
| Isolasjonslag | <u>Tilstandsklasse I-IV:</u> 3 cm <u>Tilstandsklasse V:</u> 21 cm | Beregninger viste behov for følgende isolasjonslag: Kl. I-IV: fenantren: ≈ 0 cm, pyren: ≈ 0 cm, benzo(a)pyren: 3 cm. Kl. V: fenantren: 5 cm, pyren: 21 cm, benzo(a)pyren: 2 cm. |
| Blandingslag | 4 cm | Ca. 2-3x maks kornstørrelse. |

| | | |
|--------------------------------|---|--|
| <p>Totalt mektighet</p> | <p><u>Tilstandsklasse I-IV (17 cm + 20 % =)</u></p> <p>20 cm</p> <p><u>Tilstandsklasse V:</u></p> <p>(35 cm + 20 % =)</p> <p>42 cm</p> <p><u>Tilstandsklasse V i områder grunnere enn -2 m (LAT):</u></p> <p>Filterlag:</p> <p>(17 cm + 20 % =)</p> <p>20 cm</p> <p>Erosjonslag:</p> <p>(30 cm + 20 % =)</p> <p>56 cm</p> | <p>Total mektighet på filterlag under og over -2 m (LAT), inkludert usikkerhet ved utlegging, med mektighet tilpasset forurensningsgrad.</p> |
|--------------------------------|---|--|

Error! Reference source not found. viser et utsnitt fra situasjonsplanen – tegning -002. De to profilene dekker i utgangspunktet ikke alle lasttilfeller for marbakken i tildekningsområdet. Tildekningsområdene profilene ikke dekker er derfor beregningsmessig trukket inn for å inkluderes i profilene som laster. Den beregningsmessige utstrekningen sees av målsettingen på Figur 4-3.



Figur 4-3 - Utsnitt av situasjonsplan - tegning -002

Vertikal linjelast er beregnet som:

$$q_v = \gamma' \frac{d_{min}}{\cos(\beta)} \text{ [kN/m/m]}$$

Der

γ' er dykket tyngdetetthet for tildekningslaget

d_{min} er minimum mektighet av tildekningslaget iht. tabell 10-1 i RIG-RAP-006_rev03, og

β er skråningshelningen som legges til grunn etter Figur 4-1 og Figur 4-2.

4.6 Dimensjonerende vannstand og poretrykksfordeling med dybden

Vannstanden settes til nivå tilsvarende lavvann med 20 års gjentaksintervall etter Kartverket [7]. Poretrykksfordelingen vurderes som hydrostatisk fordelt fra vannstanden og nedover i dybden.

4.7 Tildekning

Det forutsettes at tildekningen skjer fra lekter, slik at sjøbunnen ikke belastes av tyngden fra evt. utstyr.

4.8 Stabilitetsberegninger

Det er utført stabilitetsberegninger for dagens tilstand, i permanenttilstanden ved minimum tildekning, og for en sensitivitetsanalyse.

4.8.1 Dagens tilstand

Resultater av analysene:

| Profil | Sikkerhetsfaktor F | |
|---------------|--------------------|-------------------|
| | Drenert tilstand | Udrenert tilstand |
| A-A forlenget | 2,39 | 1,63 |
| C-C | 2,36 | 1,54 |

Se tegning -800.1 og -801.1 for detaljer.

4.8.2 Permanenttilstanden ved minimum tildekning

Resultater av analysene:

| Profil | Sikkerhetsfaktor F | |
|---------------|--------------------|-------------------|
| | Drenert tilstand | Udrenert tilstand |
| A-A forlenget | 2,65 | 1,54 |
| C-C | 2,43 | 1,50 |

Se tegning -800.2 og -801.2 for detaljer.

4.8.3 Sensitivitetsanalyse

Det er utført sensitivitetsanalyser for følgende tilfeller:

- Mektigheten av tildekningslaget i det bratteste partiet av marbakken er økt til sikkerheten ikke lenger er tilfredsstillende i analysen av udrenert tilstand.

- Friksjonsvinkel i leirlaget redusert til 20° og attraksjon redusert til 0 kPa med laster som brukt i punktet over for analyse av drenert tilstand.

Se tegning -800.3 og -801.3 for detaljer.

| Profil | Sikkerhetsfaktor F | |
|---------------|--------------------|-------------------|
| | Drenert tilstand | Udrenert tilstand |
| A-A forlenget | 1,61 | 1,43 |
| C-C | 1,68 | 1,40 |

4.8.4 Vurderinger av resultater

Analysene viser at det er god sikkerhet i dagens tilstand, og at sikkerheten er tilfredsstillende i permanenttilstanden ved minimum tildekning, med en sikkerhetsfaktor $F=1,50$ i udrenert tilstand og $F=2,43$ i drenert tilstand. Den udrenerte tilstanden er gjennomgående den kritiske, også når det tas høyde for et svakere leirelag i den drenerte analysen.

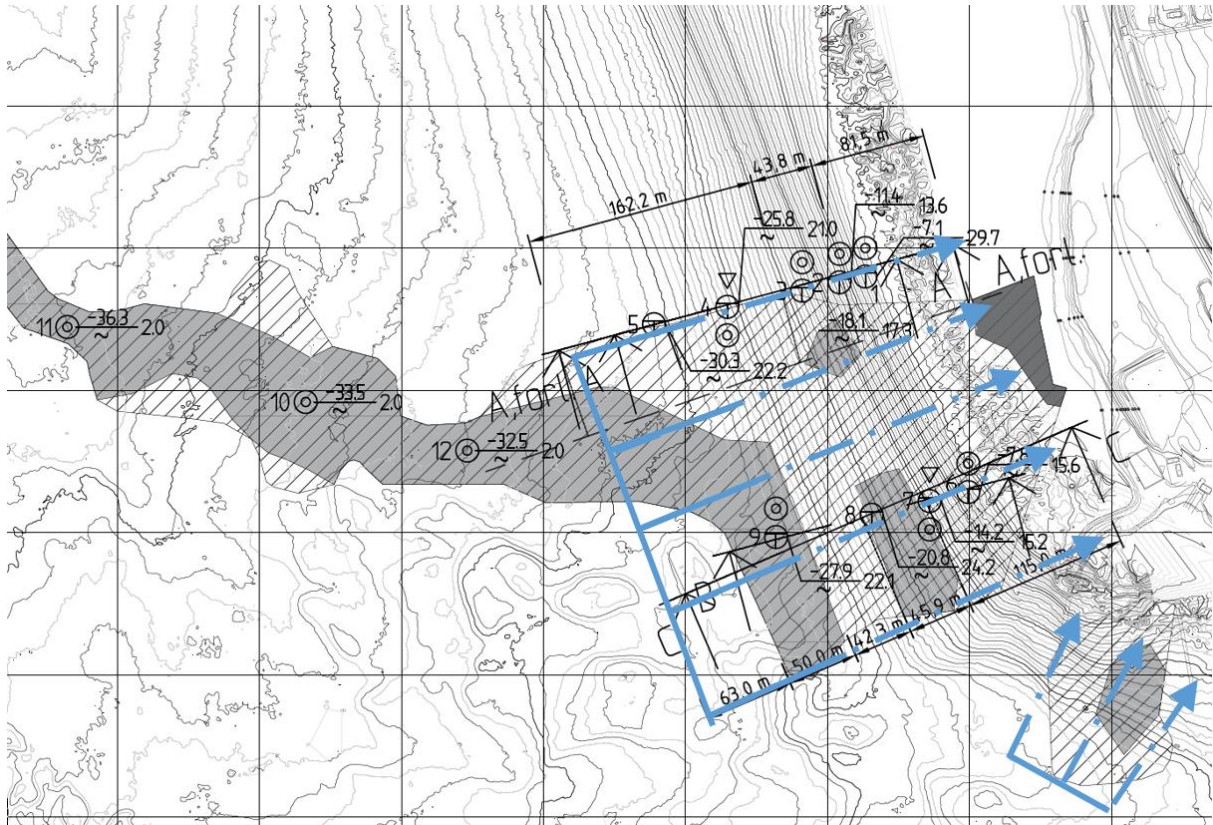
5 Forutsetninger for gjennomføring

Tiltaket vurderes som gjennomførbart. Sensitivitetsanalysen viser at mektigheten av tildekningslaget i det bratte partiet av marbakken maksimalt kan være 58 cm normalt på marbakken. Dette er 15 cm utover minimumskravet. Det aksepteres dermed en toleranse på +35 % på mektigheten av tildekningslaget.

Tildekningen må legges ut ca. 50 meter fra foten av marbakken før den legges ut videre oppover marbakken. En tildekning ved skråningsfoten virker stabiliserende på skråningen. Prinsippet vises på Figur 5-1.

Utførende skal holde kontroll på utlagt tildekningsmektighet. Som tiltak for bedre kontroll på utlagt tildekningsmektighet skal tildekningen legges ut i minst to omganger, og det skal foretas en sjøbunntkartlegging etter halvparten av nødvendig mektighet er lagt ut slik. Resten av utleggingen skal justeres ut fra beregnet utlagt tildekning iht. kartleggingen.

Dersom det uforutsette hendelser inntreffer, slik at tildekningsmektigheten blir større enn forutsatt, eller dersom det er mistanke om skred i forbindelse med utleggingen, skal arbeidene stanses og geotekniker kontaktes.



Figur 5-1 - Prinsipp for utlegging av tildekning

6 SHA, kontrollplan og oppfølging

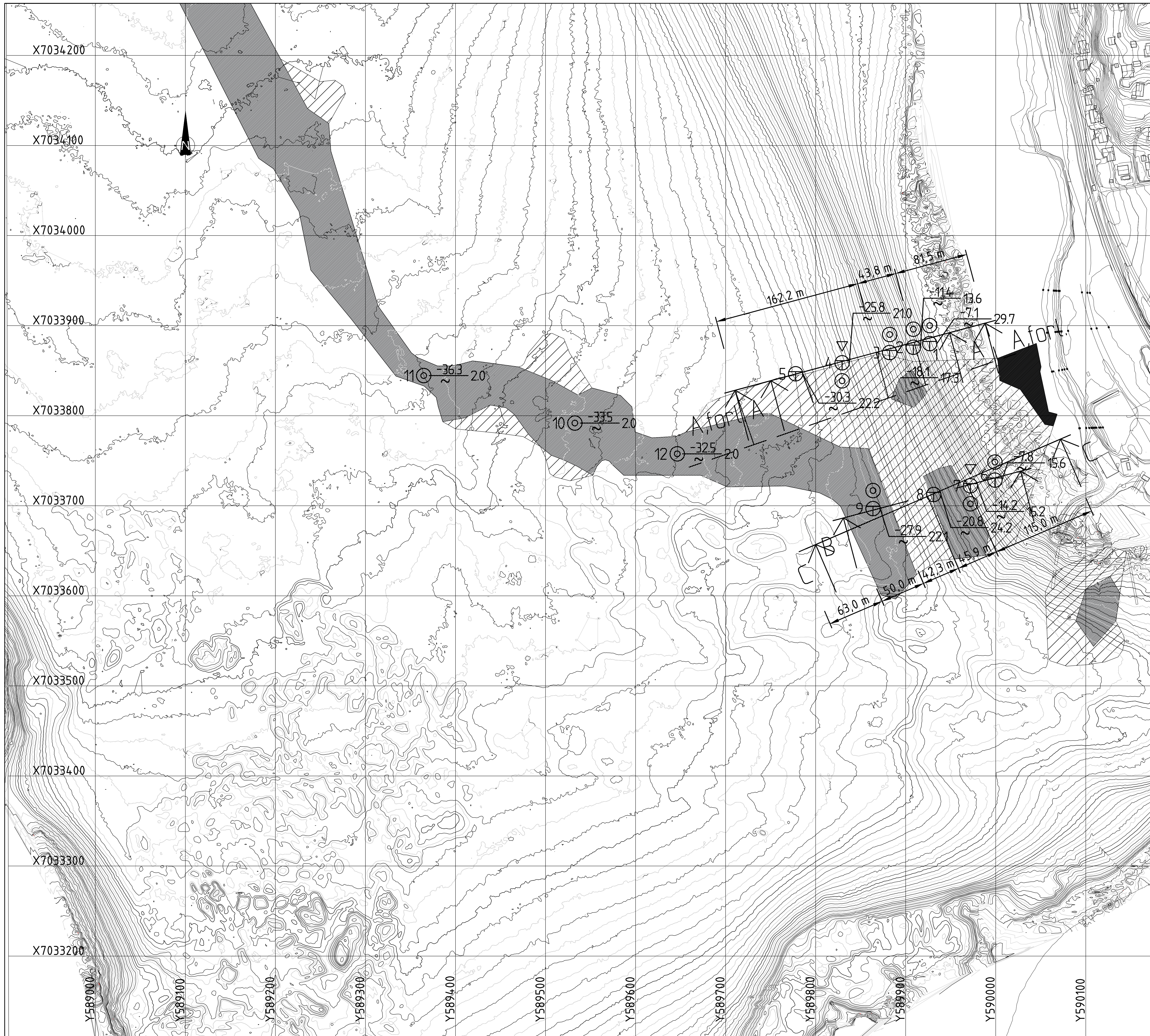
Spesielle forhold vedrørende SHA i dette tiltaket vurderes å være forurensning av sjøbunnen som følge av undersjøiske skred. Risikoreduserende tiltak er beskrevet i kapittel 5.

Plan for kontroll skal være iht. kapittel 5, samt kapittel 11, «Kontroll og overvåking», i den miljøgeologiske rapporten [2].

Før arbeidet igangsettes skal geoteknisk prosjekterende kontrollere og godkjenne endelige fyllingsplaner.

7 Referanser

- [1] Multiconsult ASA, «415257-02-RIG-RAP-001, datarapport geotekniske grunnundersøkelser,» 2018.
- [2] Multiconsult ASA, «415257-02-RIGm-RAP-006_rev03 Sedimentundersøkelser 2016-2018, Risiko- og tiltaksvurdering,» 2018.
- [3] Statens vegvesen, «Håndbok V220: Geoteknikk i vegbygging,» Vegdirektoratet, 2014.
- [4] Standard Norge, «Systemer for kvalitetssikring - Krav. Norsk standard NS-EN ISO 9001:2015),.» 2015.
- [5] Standard Norge, «Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering, Del 1 - Allmenne regler,» NS-EN 1997:2004+NA:2008.
- [6] Standard Norge, «Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger,» NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014.
- [7] Kartverket, «Se havnivå,» [Internett]. Available: <https://www.kartverket.no/sehavniva/>. [Funnet 3 mai 2018].



FORKLARING:

TEGNFORKLARING:

- DRIESONDERING
- ⊙ PRØVESERIE
- ⊕ PORETRYKTMÅLING
- ENKEL SONDERING
- PRØVEGROP
- ⊗ KJERNEBORING
- ▼ RAMSONDERING
- ⬇ DREITRYKKSONDERING
- ★ FJELLKONTROLLBORING
- ▽ TRYKKSONDERING
- ⊠ SKRUPLATEFORSØK
- ⚡ BERG I DAGEN
- ⊕ TOTALSONDERING
- + VINGEBORING

KARTGRUNNLAG:
 KOORDINATSYSTEM: Digitalt kart
 HØYDREFERANSE: UTM Sone 32V
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT: NN 1956
 BORBOK NR: GPS GLONAS CPDS
 LAB/BOK NR: Digitalt

TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE
 EKSEMPEL: BP 1 $\begin{matrix} 4.30 \\ 28.2 \end{matrix}$ - 14.8 +2.4 - BORET DYBDE + BORET I BERG
 ANTATT BERGKOTE

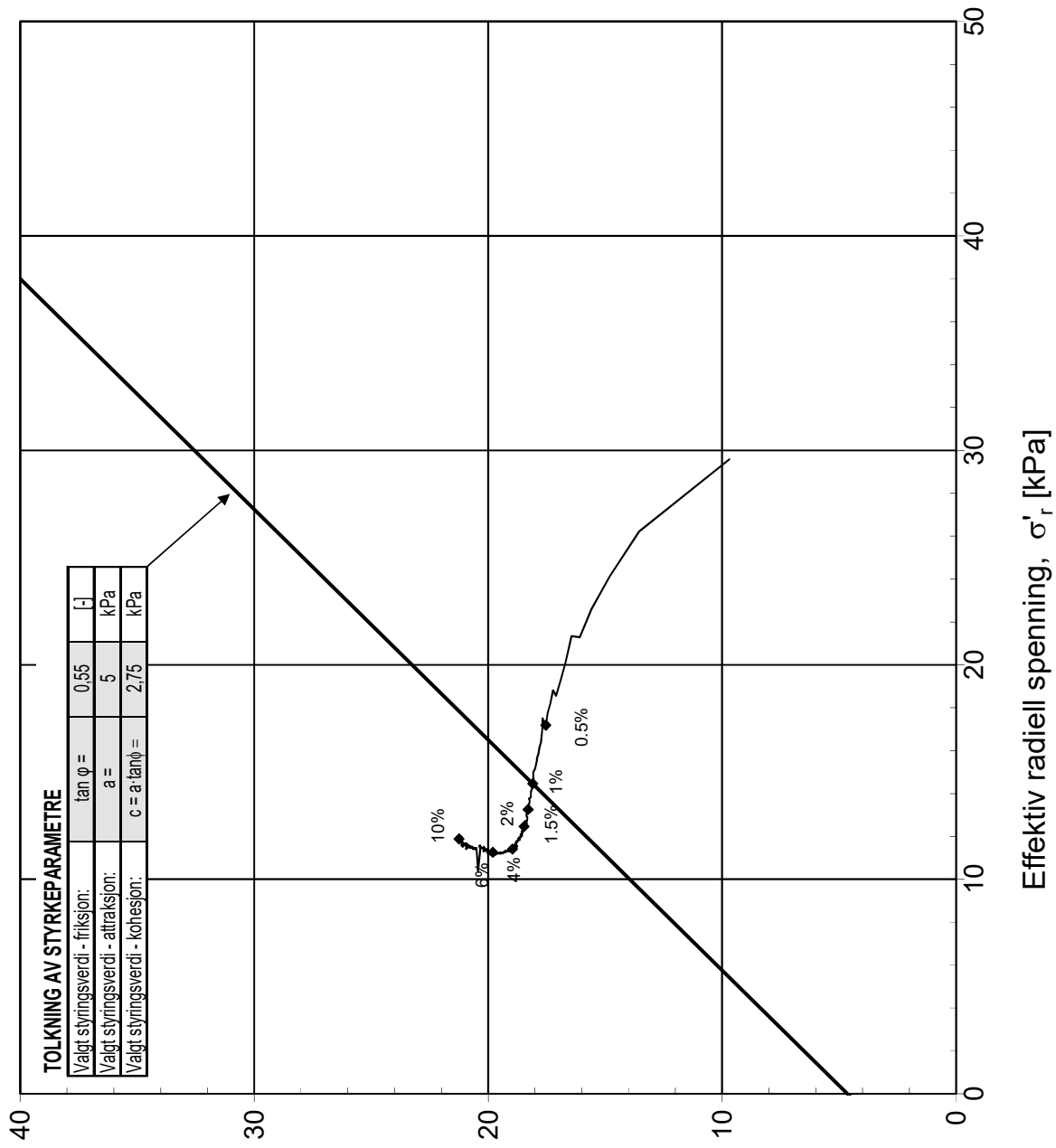
KLASSIFISERING AV BØRPUNKT:

- PÅVIST KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE
- MULIG KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE

TILDEKNING ETTER RIGm-RAP-006_rev03:

- Tiltaksklasse I-IV, minimum 20 cm mektighet på filterlag
- Tiltaksklasse V, minimum 42 cm mektighet på filterlag
- Tiltaksklasse V, minimum 20 cm mektighet på filterlag og minimum 56 cm på erosjonssikringslag

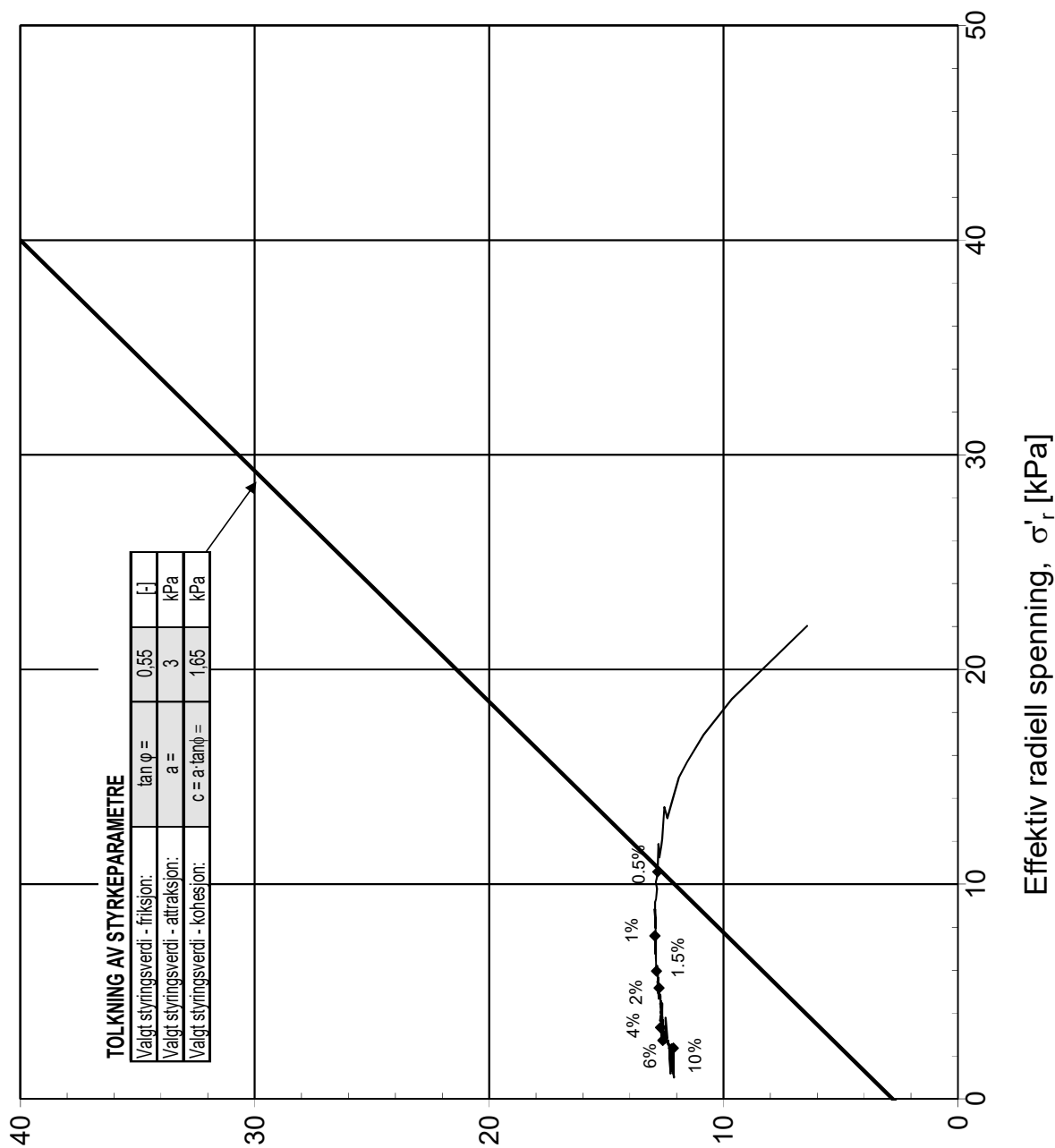
| Rev. | Beskrivelse | Dato | Tegn. | Kontr. | Godkj. |
|---------------------------------------|--------------------------|------------------|---------------|-------------|---------------------------------------|
| 01 | | | | | |
| Bane NOR SF Hommelvikbukta, Malvik | | | | | Fag: Geoteknikk Format: A1 |
| Situasjonsplan | | | | | Dato: 02.05.2018 |
| Multiconsult | | | | | Format/Besøtk: A1/1:2000 A3/1:4000 |
| Status: Utgående | Konstr./Tegnet: SIVMH | Kontrollert: SSB | Godkjent: HAN | | |
| Oppdragsnr.: 415257-02 | Tegningsnr.: RIG-TEG-002 | Rev.: | | | |
| www.multiconsult.no | | 415257-02 | | RIG-TEG-002 | |



Maks. skjærspenning, $\tau_{max} = (\sigma'_a - \sigma'_r)/2$ [kPa]

| | | | |
|------------------------------------|---|---|--------------------------|
| Konsolideringsspenning, aksial: | σ'_{ac} (kPa): | 48,97 | |
| Konsolideringsspenning, radial: | σ'_{rc} (kPa): | 29,58 | |
| Volumtøyning i konsolideringsfase: | ϵ_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$: | 1,91 | $\Delta e/e_o$ (-): 0,04 |
| Baktrykk u_b (kPa): | 500 | B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): | 1,09 |
| Vanninnhold w_i (%): | 31,97 | Densitet ρ_i (g/cm ³): | 1,97 |

| | | | |
|--|------------------------------------|--|---|
| Bane NOR SF | | Prøvekvalitet | Tegningens filnavn: 415257-02-RIG-TEG-450_h4, d4,40m |
| Hommelvikbukta, Malvik | | Etter volumtøyning: God til brukbar | Multi consult |
| Treaksialforsøk. Tolkning av parametre. NTNU-plott. | | Etter poreallsending: God | |
| MULTICONSULT AS Sluppenvegen, 15 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30 | | Borpunkt nr.: 4 | |
| Forsøksdato: 16.03.218 | Dybde, z (m): 4,40 | Kontrollert: SIVMH | Godkjent: HAN |
| Forsøk nr.: 1 | Tegnet/kontrollert lab: vt/mash | Prosedyre: CAUa | Programrevisjon: 15.12.2014 |
| Oppdrag nr.: 415257-02 | Tegning nr.: RIG-TEG-450.4 | | |



Maks. skjærspenning, $\tau_{\max} = (\sigma'_a - \sigma'_r)/2$ [kPa]

| | | | |
|------------------------------------|--|---|--------------------------|
| Konsolideringsspenning, aksial: | σ'_{ac} (kPa): | 34,90 | |
| Konsolideringsspenning, radial: | σ'_{rc} (kPa): | 22,03 | |
| Volumtøyning i konsolideringsfase: | ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$: | 4,67 | $\Delta e/e_o$ (-): 0,09 |
| Baktrykk u_b (kPa): | 500 | B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): | 1,02 |
| Vanninnhold w_i (%): | 44,57 | Densitet ρ_i (g/cm ³): | 1,81 |

Bane NOR SF

Hommelvikbukta, Malvik

Treaksialforsøk. Tolkning av parametre. NTNU-plott.

MULTICONSULT AS

Sluppenvegen, 15
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
16.03.2018

Dybde, z (m):
3,30

Forsøk nr.:
2

Tegnet/kontrollert lab:
vt/mash

Oppdrag nr.:
415257-02

Tegning nr.:
RIG-TEG-451.4

Prøvekvalitet

Etter volumtøyning:

Dårlig

Etter poretallsending:

Dårlig

Tegningens filnavn:

415257-02-RIG-TEG-451_h6, d3,30m



Borpunkt nr.:
6

Kontrollert:
SIVMH

Godkjent:

HAN

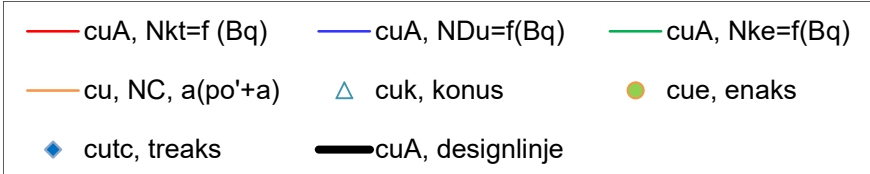
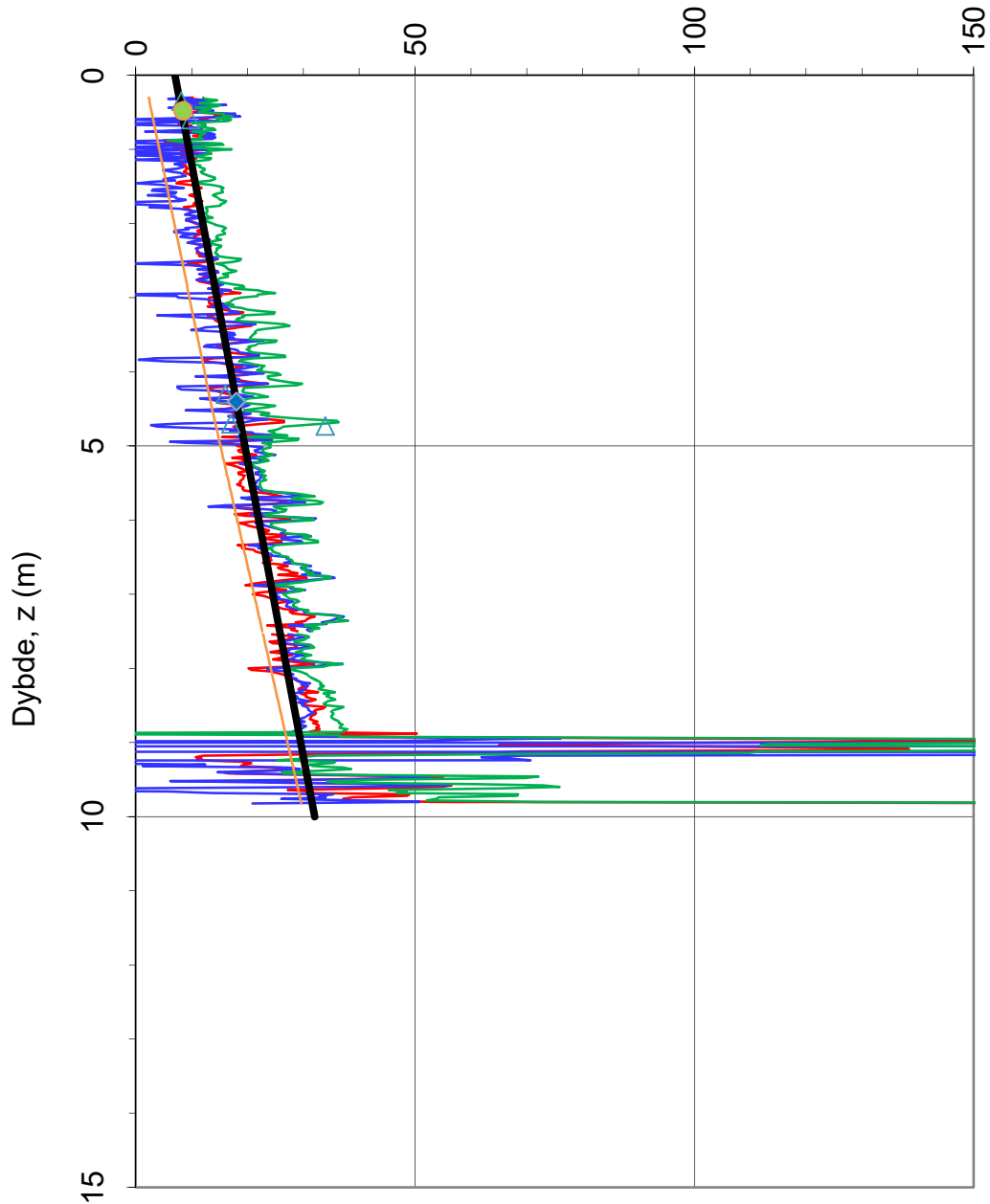
Prosedyre:

CAUa

Programrevisjon:

15.12.2014

Udrenert skjærfasthet, c_{uA} (kN/m²)



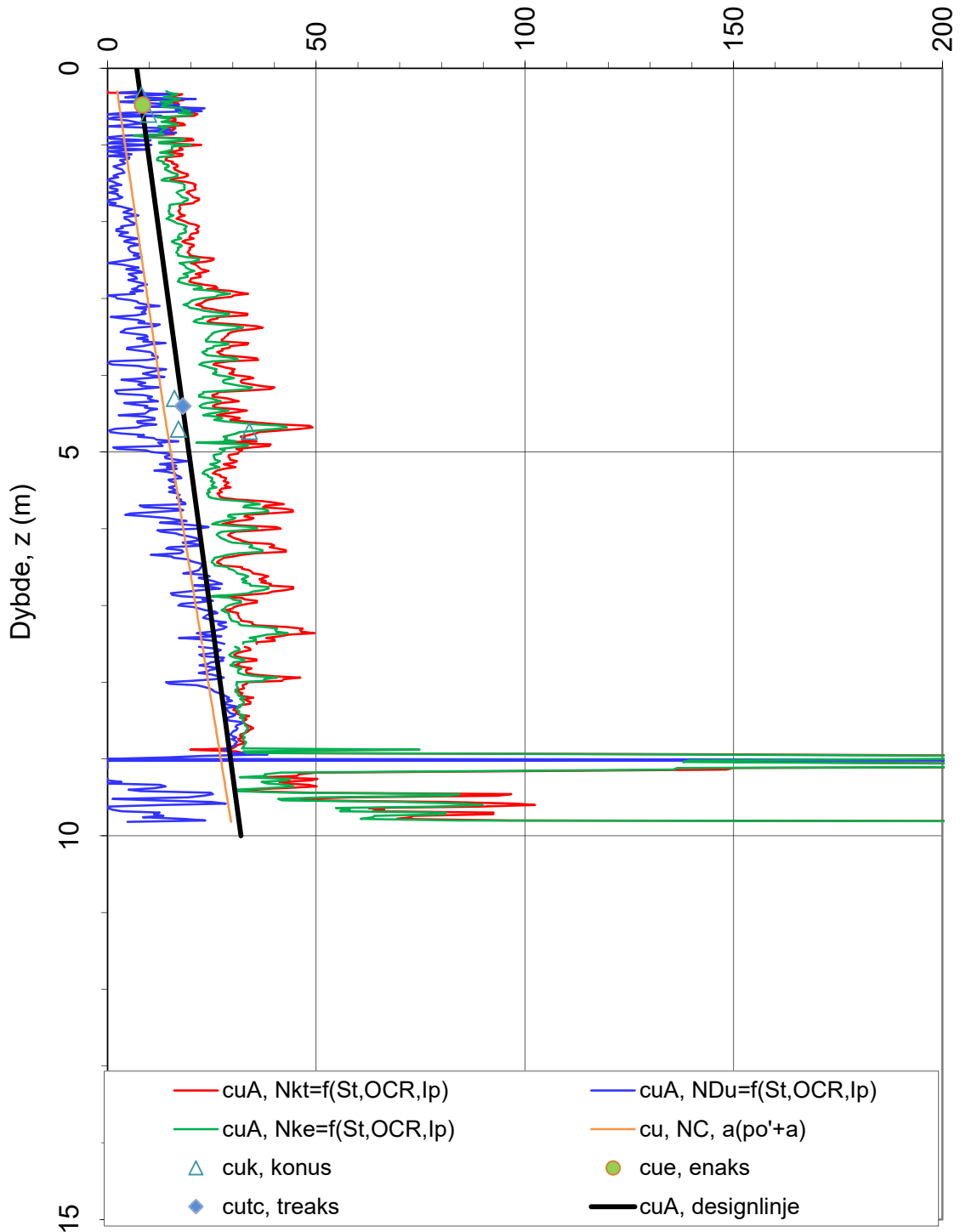
$N_{kt} = (18,7 - 12,5 \cdot B_q)$
 $N_{Du} = (1,8 + 7,25 \cdot B_q)$
 $N_{ke} = (13,8 - 12,5 \cdot B_q)$

α_c valgt: **0,3**

Referansem metode: Karlsrud et al (1996)

| | | | | |
|--|---------------------------|---|------------------------|--|
| Oppdragsgiver: Bane NOR SF | | Oppdrag: Hommelvikbukta, Malvik | | Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_v5.0 |
| Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uA} , korrelert mot B_q . | | | | Multiconsult |
| CPTU id.: | 4 | Sonde: | 4357 | |
| MULTICONSULT AS | Dato: 06.05.2018 | Tegnet: SIVMH | Kontrollert: SSB | Godkjent: HAN |
| | Oppdrag nr.: 415257-02 | Tegning nr.: 500.5 | Versjon: 09.03.2016 | Revisjon: 00 |

Udrenert skjærfasthet, c_{uA} (kN/m²)



Sensitivitetsvalg:

St < 15

α_c valgt:

0,3

$$N_{kt} = (7,8 + 2,5 \log OCR + 0,082 I_p)$$

$$N_{Du} = (6,9 - 4 \log OCR + 0,07 I_p)$$

$$N_{ke} = (11,5 - 9,05 B_q)$$

Referansemetode: Karlsrud et al (2005)

Oppdragsgiver:

Bane NOR SF

Oppdrag:

Hommelvikbukta, Malvik

Tegningens filnavn:

CPTU_EXTRA_v5.0

Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p .

Multiconsult

CPTU id.:

4

Sonde:

4357

MULTICONSULT AS

Dato:

06.05.2018

Tegnet:

SIVMH

Kontrollert:

SSB

Godkjent:

HAN

Oppdrag nr.:

415257-02

Tegning nr.:

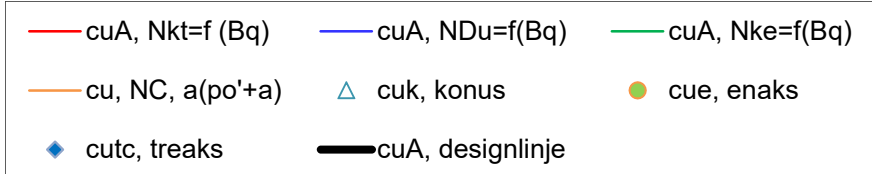
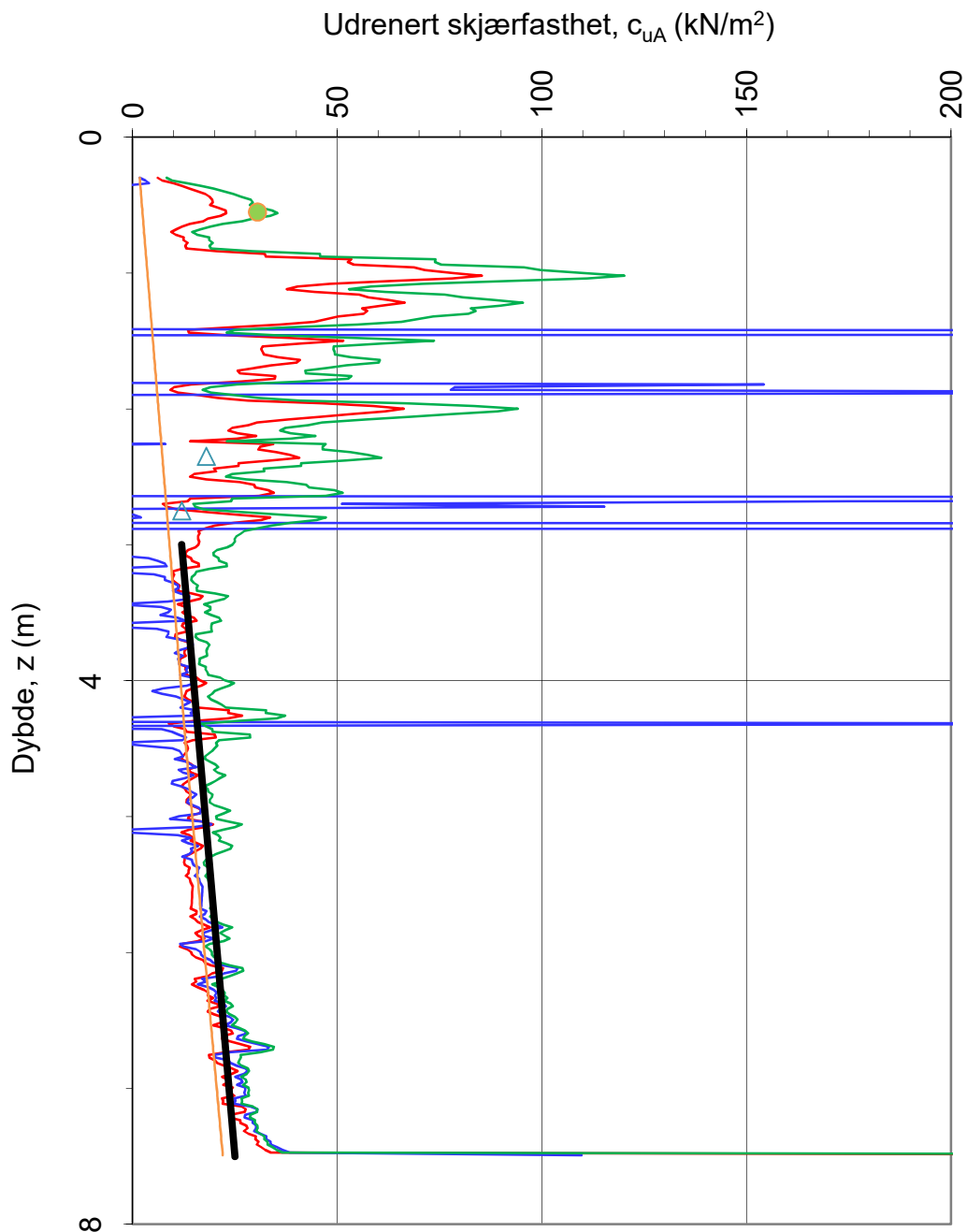
500.6

Versjon:

09.03.2016

Revisjon:

00

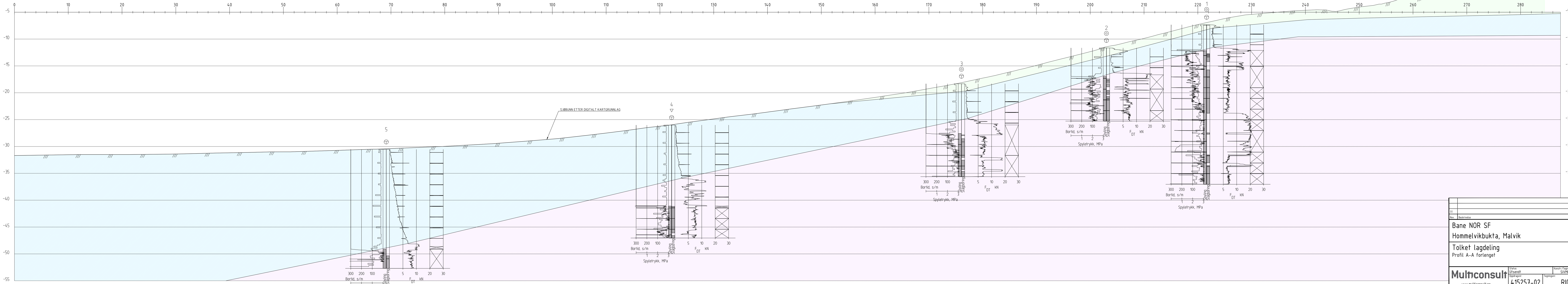


$N_{kt} = (18,7-12,5 \cdot B_q)$
 $N_{Du} = (1,8+7,25 \cdot B_q)$
 $N_{ke} = (13,8-12,5 \cdot B_q)$

α_c valgt: **0,3**

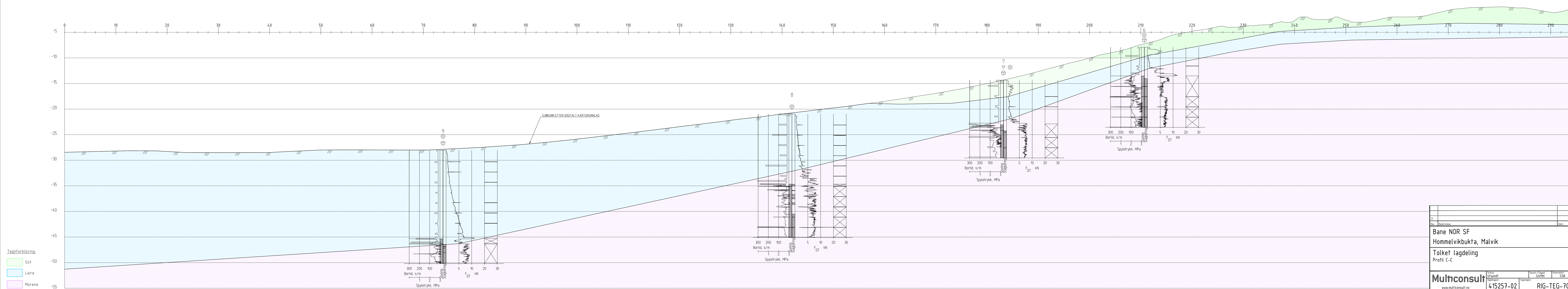
Referansemetode: Karlsrud et al (1996)

| | | | | |
|--|---------------------------|---|------------------------|--|
| Oppdragsgiver: Bane NOR SF | | Oppdrag: Hommelvikbukta, Malvik | | Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_v5.0 |
| Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uA} , korrelert mot B_q . | | | | Multiconsult |
| CPTU id.: | 7 | Sonde: | 4357 | |
| MULTICONSULT AS | Dato: 30.04.2018 | Tegnet: SIVMH | Kontrollert: SSB | Godkjent: HAN |
| | Oppdrag nr.: 415257-02 | Tegning nr.: 501.5 | Versjon: 09.03.2016 | Revisjon: 00 |



- Tegnforklaring:**
- Silt
 - Leire
 - Morene

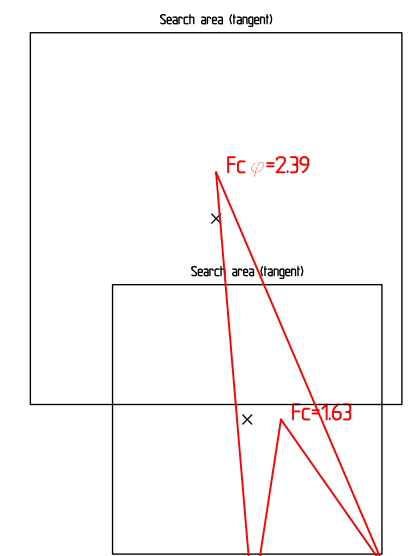
| | | | | | |
|--|---|----------------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------|
| 00 | | | | | |
| Rev. | Beskrivelse | Dato | Tegn. | Kontr. | Code |
| | Bane NOR SF Hommelvikbukta, Malvik | | Geoteknikk | ASL | |
| | Tolket lagdeling Profil A-A forlengt | 02.05.2018 | | | |
| | | | Format/Beskr. | | |
| | | | 1:200 | | |
| Multiconsult www.multiconsult.no | | Status Utsendt Oppdragsnr. | Konstr./Tegnet SIVMH | Kontrollert SSB | Endkjent HAN |
| 415257-02 | | Tegningsnr. RIG-TEG-700 | | Rev. 00 | |



Tegnforklaring

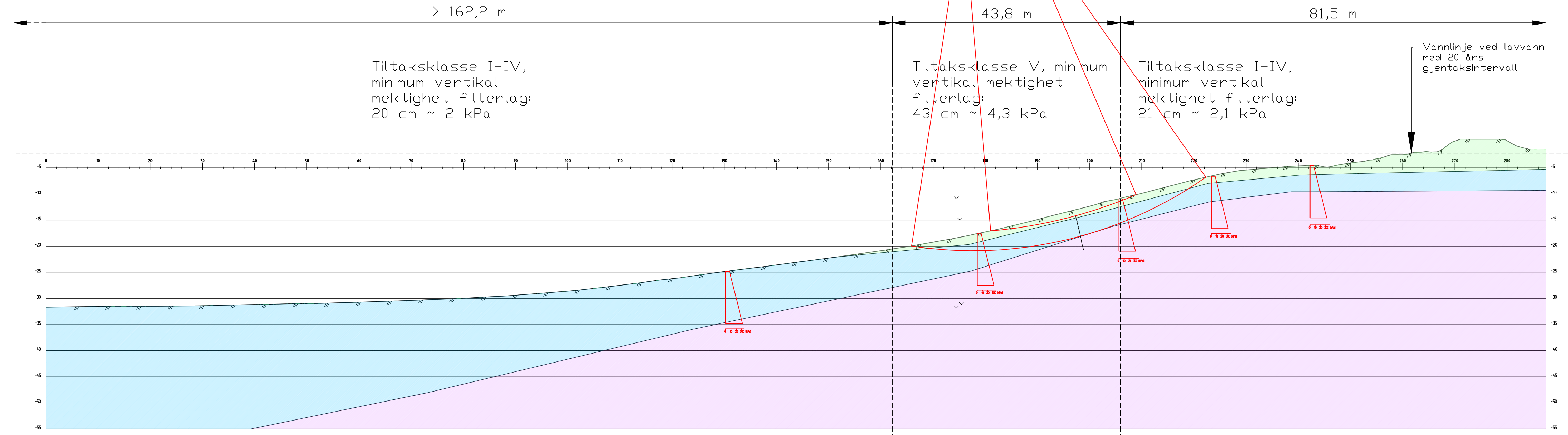
- Silt
- Leire
- Morene

| | | | | | |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------|
| 00 | | | | | |
| Rev. | Beskrivelse | Dato | Tegn. | Kontr. | Eodk. |
| | Bane NOR SF Hommelvikbukta, Malvik | | Fag Geoteknikk | Formal A3L | |
| | Tolket lagdeling Profil C-C | Dato 02.05.2018 | Format/Beskriv. 1:200 | | |
| Multiconsult | | Status Utsendt | Konstr./Tegnet SIVMH | Kontrollert SSB | Endkjent HAN |
| www.multiconsult.no | | Oppdragsnr. 415257-02 | Tegningsnr. RIG-TEG-701 | Rev. 00 | |

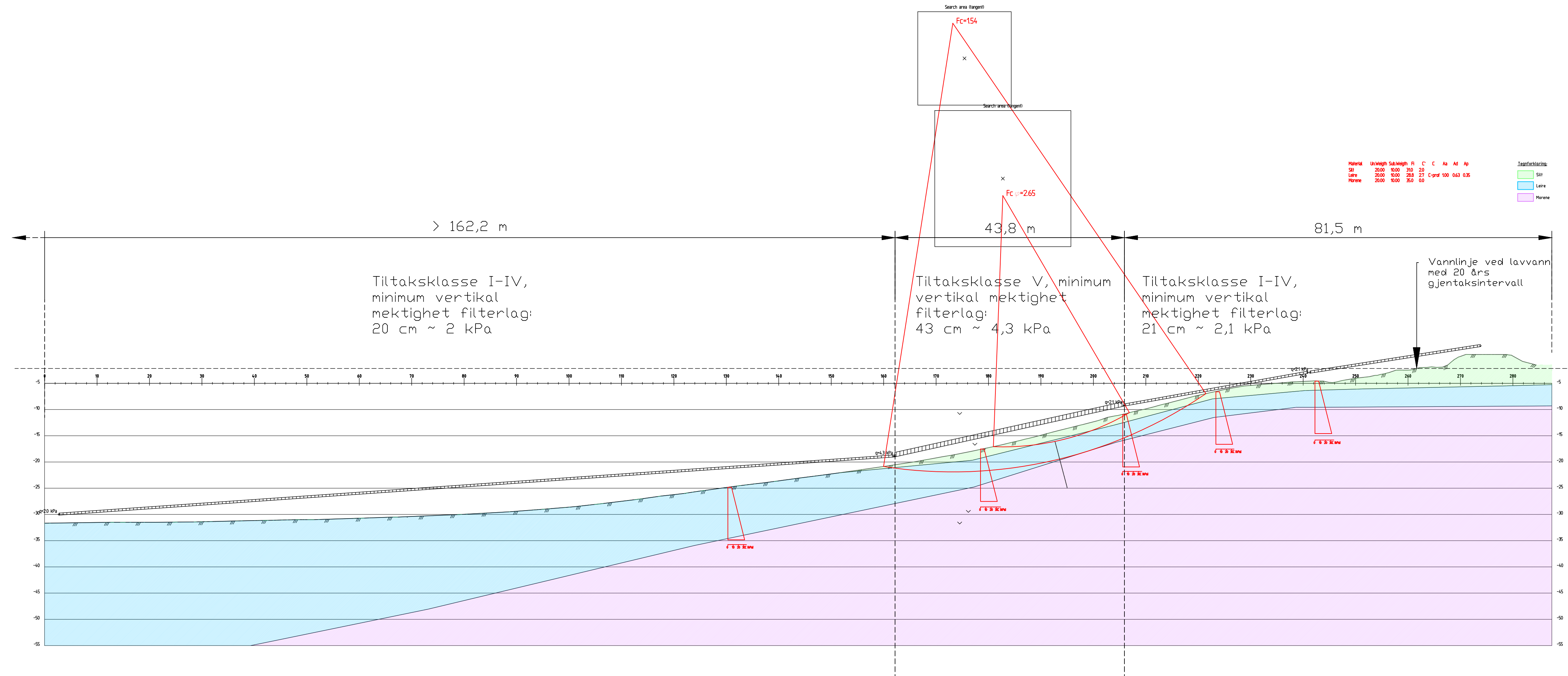


| Material | Unvegh | Subvegh | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|----------|--------|---------|------|-----|--------|-----|------|------|
| Sl | 2000 | 10,00 | 210 | 20 | | | | |
| Leire | 2000 | 10,00 | 80,0 | 27 | C-grad | 100 | 0,63 | 0,35 |
| Morene | 2000 | 10,00 | 35,0 | 0,0 | | | | |

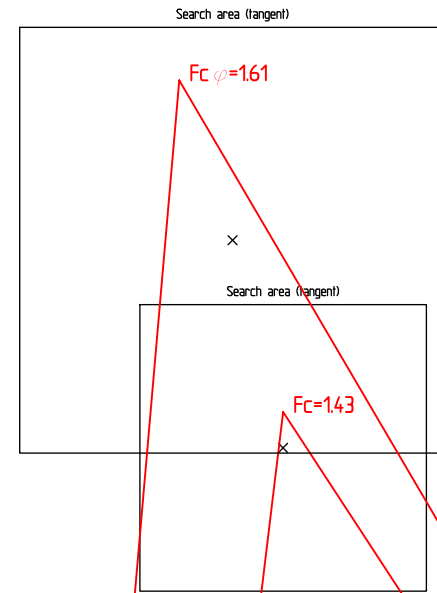
| Tegnforklaring |
|--|
| Silt |
| Leire |
| Morene |



| | | | | | |
|--|---|---|-------------------------|---------------------------|-----------------|
| 00 | | | | | |
| Rev. | Beskrivelse | Dato | Tegn. | Kontr. | Godkj. |
| | Bane NOR SF Hommelvikbukta, Malvik | | Fag Geoteknikk | Kontr. A3L | Godkj. A3L |
| | Stabilitetsvurderinger av tildekningstiltak Profil A-A forlenget - Dagens geometri, stabilitetsberegning ADP -og aφ-analyse | | Dato 04.05.2018 | Format/Målestokk 1:500 | |
| Multiconsult www.multiconsult.no | | Status Utsendt Oppdragsnr. 415257-02 | Konstr./Tegnet SIVMH | Kontrollert SSB | Godkjent HAN |
| | | Tegningsnr. RIG-TEG-800.1 | | | Rev. 00 |

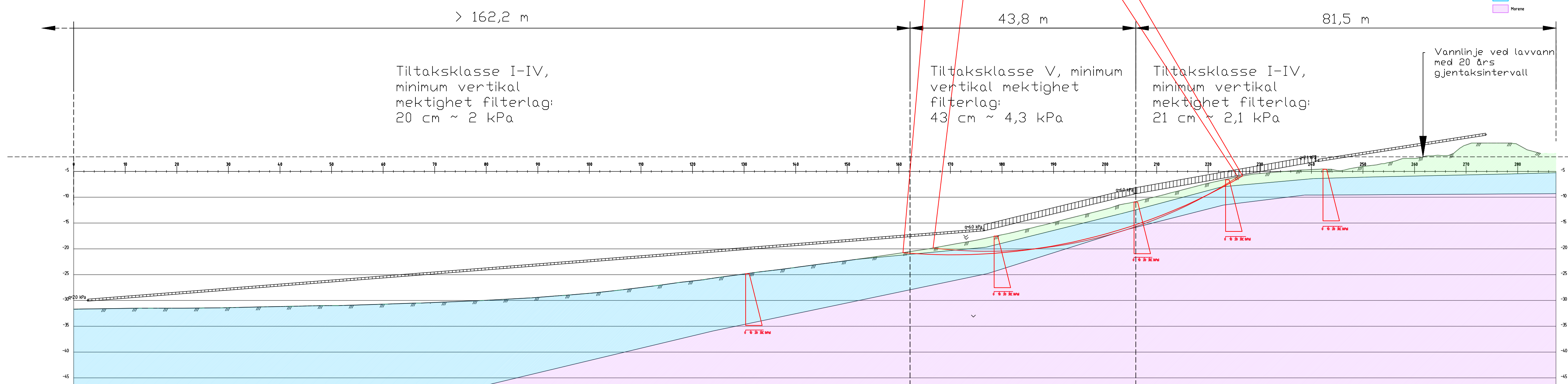


| | | | | | |
|---------------------|--|---------------|------------------|-------------|----------|
| 00 | | | | | |
| Rev. | Beskrivelse | Dato | Tegn. | Kontr. | Godkj. |
| | Bane NOR SF | | Fag | | Format |
| | Hommelvikbukta, Malvik | | Geoteknikk | | A3L |
| | Stabilitetsvurderinger av tildekningstiltak | | Dato | | |
| | Profil A-A forlenget - Tildekket sjøbunn, stabilitetsberegning | | 04.05.2018 | | |
| | ADP -og aφ-analyse | | Format/Målestokk | | |
| | | | 1:500 | | |
| Multiconsult | | Status | Konstr./Tegnet | Kontrollert | Godkjent |
| www.multiconsult.no | | Utført | SIVMH | SSB | HAN |
| Oppdragsnr. | | Tegningsnr. | | | Rev. |
| 415257-02 | | RIG-TEG-800.2 | | | 00 |

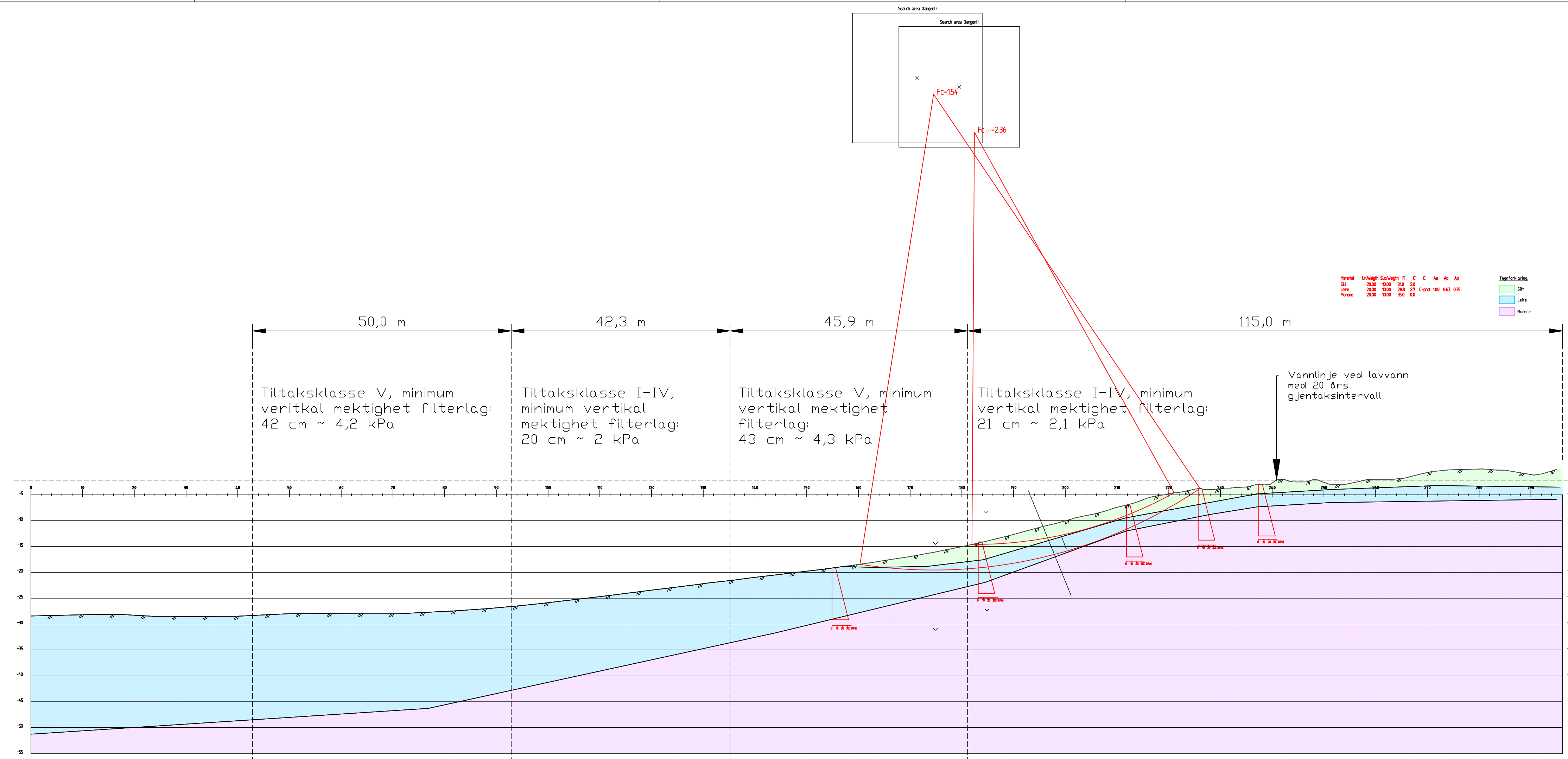


| Material | Unveigh | Subveigh | Fi | C | C | Aa | As | Ap |
|----------|---------|----------|-----|-----|--------|-----|------|------|
| Silt | 20,00 | 10,00 | 210 | 0,0 | | | | |
| Leire | 20,00 | 10,00 | 200 | 0,0 | C-praf | 100 | 0,63 | 0,35 |
| Morene | 20,00 | 10,00 | 350 | 0,0 | | | | |

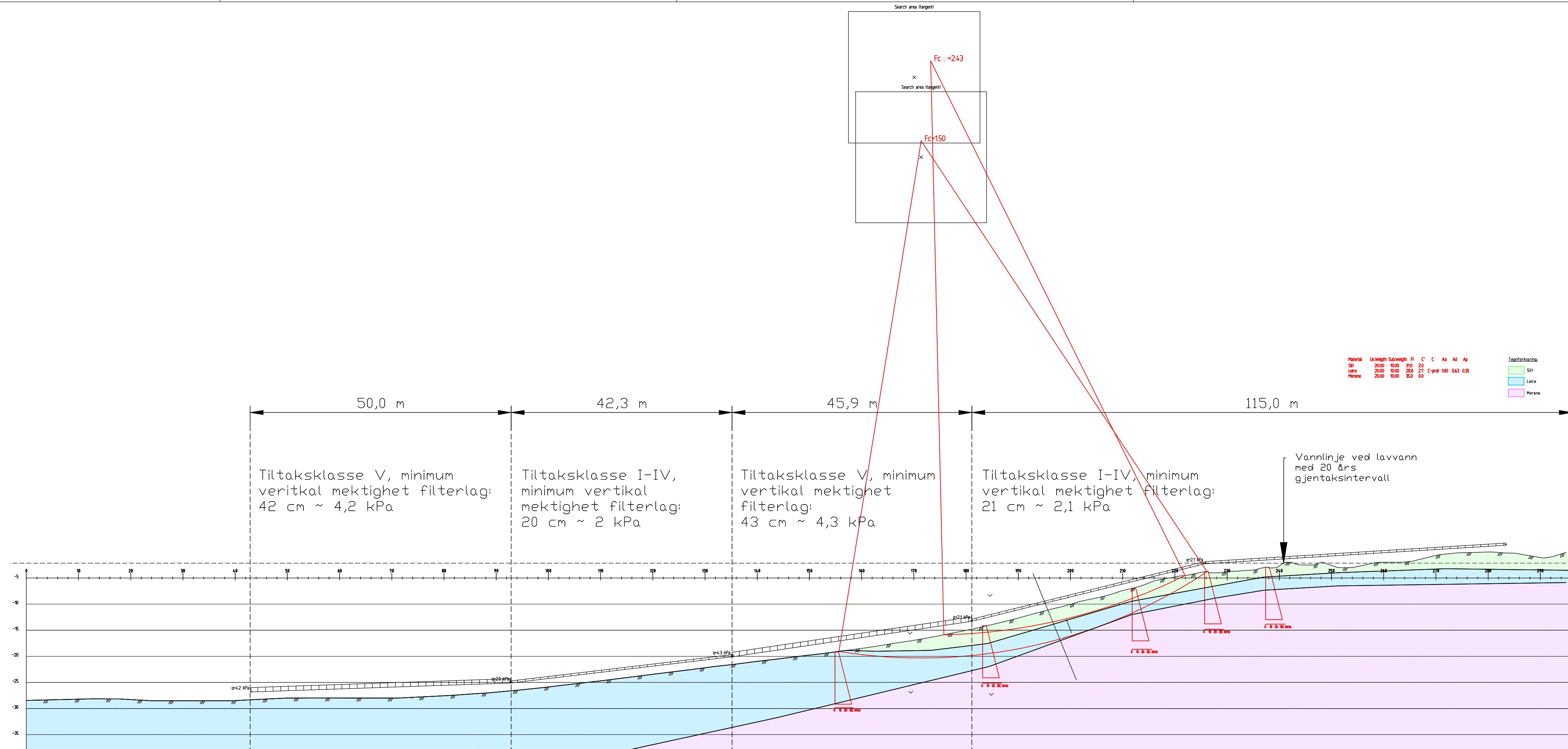
| Tegnforklaring: |
|---|
| ■ Silt |
| ■ Leire |
| ■ Morene |



| | | | | | |
|------|--|-------------|------------------|----------------|-------------|
| 00 | | | | | |
| Rev. | Beskrivelse | Dato | Tegn. | Kontr. | Godkj. |
| | Bane NOR SF | | Fag | | Format |
| | Hommelvikbukta, Malvik | | Geoteknikk | | A3L |
| | Stabilitetsvurderinger av tildekningstiltak | | Dato | | 04.05.2018 |
| | Profil A-A forlengt - Sensitivitetsanalyse, stabilitetsberegning | | Format/Målestokk | | 1:500 |
| | ADP -og aφ-analyse | | Status | Konstr./Tegnet | Kontrollert |
| | Utsendt | Oppdragsnr. | 415257-02 | SIVMH | SSB |
| | www.multiconsult.no | Tegningsnr. | RIG-TEG-800.3 | Godkjent | HAN |
| | | | | Rev. | 00 |

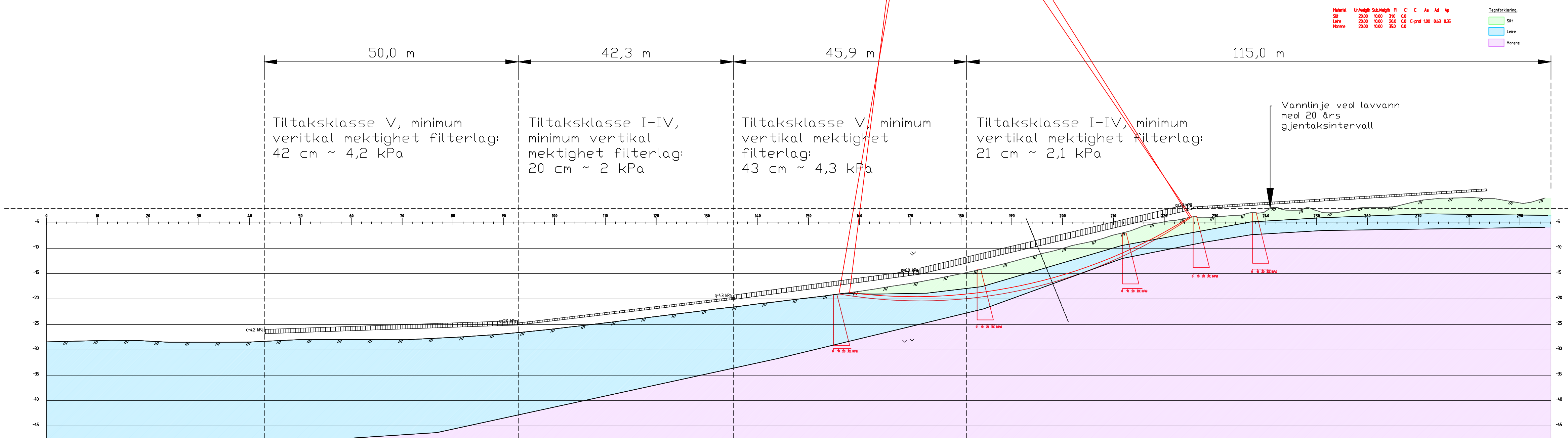
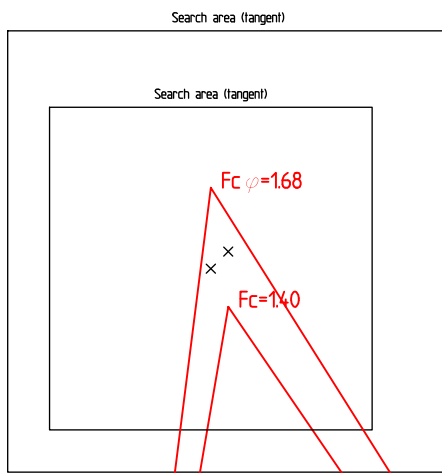


| | | | | | |
|--|-------------|---------------|----------------|-------------|------------------|
| Rev. | Beskrivelse | Dato | Tegn. | Kontr. | Godkj. |
| 00 | | | | | |
| Bane NOR SF | | | | | Fag |
| Hommelvikbukta, Malvik | | | | | Geoteknikk |
| | | | | | Format |
| | | | | | A3L |
| | | | | | Dato |
| | | | | | 04.05.2018 |
| Stabilitetsvurderinger av tildekningstiltak | | | | | Format/Målestokk |
| Profil C-C - Dagens geometri, stabilitetsberegning | | | | | 1:500 |
| ADP -og aφ-analyse | | | | | |
| Multiconsult | | Status | Konstr./Tegnet | Kontrollert | Godkjent |
| www.multiconsult.no | | Utsendt | SIVMH | SSB | HAN |
| Oppdragsnr. | | Tegningsnr. | | | Rev. |
| 415257-02 | | RIG-TEG-801.1 | | | 00 |



| | | | | | |
|------|--|------|------------------|----------------|-------------|
| 00 | | | | | |
| Rev. | Beskrivelse | Dato | Tegn. | Kontr. | Godkj. |
| | Bane NOR SF | | Fag | | Format |
| | Hommelvikbukta, Malvik | | Geoteknikk | | A3L |
| | Stabilitetsvurderinger av tildekningstiltak | | Dato | | 04.05.2018 |
| | Profil C-C - Tildekket sjøbunn, stabilitetsberegning | | Format/Målestokk | | 1:500 |
| | ADP -og aφ-analyse | | Status | Konstr./Tegnet | Kontrollert |
| | | | Utført | SIVMH | SSB |
| | | | Oppdragsnr. | Tegningsnr. | Godkjent |
| | | | 415257-02 | RIG-TEG-801.2 | HAN |
| | | | | | Rev. |
| | | | | | 00 |

Multiconsult
www.multiconsult.no



| | | | | | |
|---------------------|---|---------------|------------------|-------------|------------|
| 00 | | | | | |
| Rev. | Beskrivelse | Dato | Tegn. | Kontr. | Godkj. |
| | Bane NOR SF | | Geoteknikk | | Format A3L |
| | Hommelvikbukta, Malvik | | Dato | | 04.05.2018 |
| | Stabilitetsvurderinger av tildekningstiltak | | Format/Målestokk | | 1:500 |
| | Profil C-C - Sensitivitetsanalyse, stabilitetsberegning | | | | |
| | ADP -og aφ-analyse | | | | |
| Multiconsult | | Status | Konstr./Tegnet | Kontrollert | Godkjent |
| www.multiconsult.no | | Utsendt | SIVMH | SSB | HAN |
| Oppdragsnr. | | Tegningsnr. | | | Rev. |
| 415257-02 | | RIG-TEG-801.3 | | | 00 |

Vedlegg A

Vurdering av sikkerhetsprinsipper

(2 sider)

Vedlegg A: Vurdering av sikkerhetsprinsipper (myndighetskrav)

Gjeldende regelverk legges til grunn for prosjekteringen, og for geoteknisk prosjektering gjelder følgende:

- Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)
- TEK 17 § 7 (sikkerhet mot naturpåkjenninger)
- SAK 10 §14-2 (obligatoriske krav om uavhengig kontroll)
- NS-EN 1990:2002+A1: 2005+NA:2016 (Eurokode 0)
- NS-EN 1997-1:2004 + A1:2013 NA:2008 (Eurokode 7, del 1)
- NS-EN 1998-1:2004 + A1:2013+NA:2014 (Eurokode 8, del 1)
- Statens vegvesen håndbok V220. Geoteknikk i vegbygging. Juni 2010.

A.1 TEK 17 § 7 - Sikkerhet mot naturpåkjenninger

I henhold til TEK 17 § 7-1 skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, stormflo og skred).

Fyllinger i sjø påvirkes av flo og fjære. Dette er hensyntatt ved å bruke lavvann med 20 års gjentaksintervall som vannstand i beregningene.

I henhold til NVEs skredatabase er det ingen registrerte skred i området for tiltaket med utspring fra land [1], og området ligger ikke i et aktsomhetsområde for skred i henhold til NVEs kart over aktsomhetsområder for skred [2]. Tiltaket er imidlertid i en bukt hvor det tidligere har gått flere undersjøiske skred, se datarapport for tiltaket, ref. [3]. Om tildekningen medfører et undersjøisk skred, vil de forurensede massene virvles opp og det vil medføre en akutt forurensning av vannet i bukta. Dette vurderes som «middels økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser,» og tiltaket plasseres i sikkerhetsklasse S2 for skred. Største nominelle årlige sannsynlighet for skred er dermed 1/1000. I praksis kontrolleres sikkerheten ut fra en sikkerhetsfaktor som fremkommer av stabilitetsberegninger der partialfaktorer iht. eurokodene er benyttet.

A.2 Geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse (CC/CR)

Eurokode 7 [4] stiller krav til prosjektering ut fra tre ulike geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 «krav til prosjektering».

Tiltaket som vurderes er en tildekning av sjøbunnen med et grusig materiale. Tiltaket vil medføre «fyllinger og jordarbeider» og plasseres i **geoteknisk kategori 2**. Dette innebærer at prosjekteringen bør omfatte kvantitative geotekniske data og analyser for å sikre at de grunnleggende kravene blir oppfylt.

Tabell NA.A1 (901) i nasjonalt tillegg av Eurokode 0 [5] gir veiledende eksempler på plassering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler i pålitelighetsklasser (CC/CR) 1-4.

Utbyggingen vurderes å falle mellom «grunn- og fundamenteringsarbeider ved enkle og oversiktlige forhold,» og «grunn- og fundamenteringsarbeider i kompliserte tilfeller», pga. arbeid på sjøbunnen der løsmassenes beskaffenhet er tilstrekkelig kjent, og tiltaket plasseres i **pålitelighetsklasse 2**.

A.3 Konsekvensklasse og utførelseskontroll iht. Eurokode.

Eurokode 0 [5] gir videre føringer til krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse. I henhold til tabell NA-A1 (902) og NA.A1 (903) settes prosjekteringskontrollklasse til **PKK2** og utførelseskontroll av geotekniske arbeider til utførelseskontrollklasse **UKK2**.

For prosjektering gjelder dermed at det utføres grunnleggende kontroll (egenkontroll), intern systematisk kontroll (kollegakontroll) og utvidet kontroll fra et annet foretak som er uavhengig av foretaket som utførte prosjekteringen.

For utførelse innebærer utførelseskontrollklasse UKK2 at det skal utføres egenkontroll, intern systematisk kontroll og utvidet kontroll fra et annet foretak som er uavhengig av utførende foretak.

A.4 Tiltaksklasse iht. PBL og krav til uavhengig kontroll.

I henhold til Tabell 2 «Kriterier for tiltaksplassering for prosjektering» i veiledning om byggesak (SAK 10 §9-4), under «Veg- og grunnarbeider», vurderes utbyggingen som «Grunnarbeider i områder med vanskelige grunnforhold som omfatter oppfylling av løsmasser inntil 5 m avvik fra opprinnelig nivå.» Utbyggingen plasseres i **tiltaksklasse 2**. Dette medfører krav om uavhengig systemkontroll av geoteknisk prosjektering og utførelse. Denne kontrollen vil også tilfredsstille krav til utvidet kontroll i PKK2.

A.5 Seismisk grunnstype og seismisk klasse

Eurokode 8 NS-EN 1998-1:2004 + A1:2013 + NA:2014 [6], «Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning», gir føringer for prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Etter grunnforholdene i området vurderes tiltaket å ligge i seismisk grunnstype **E**. Tiltaket vurderes som «bygninger av mindre betydning for offentlig sikkerhet», og plasseres i utgangspunktet i seismisk klasse I, men pga. fare for akutt forurensing av sjøen ved skred plasseres imidlertid tiltaket i seismisk klasse II.

Referanser

- [1] NVE, «www.skrednett.no,» [Internett]. Available: <https://temakart.nve.no/link/?link=SkredHendelser>. [Funnet 20 03 2018].
- [2] NVE, «NVE Aktsomhetsområder,» [Internett]. Available: <https://temakart.nve.no/link/?link=aktsomhet>. [Funnet 19 03 2018].
- [3] Multiconsult ASA, «415257-02-RIG-RAP-001, datarapport geotekniske grunnunderøkelser,» 2018.
- [4] Standard Norge, «Eurocode 7: Geoteknisk prosjektering, Del 1 - Allmenne regler,» NS-EN 1997:2004+NA:2008.
- [5] Standard Norge, «Eurocode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner,» NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016.
- [6] Standard Norge, «Eurocode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger,» NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014.
- [7] Direktoratet for byggkvalitet (DIBK), «Byggteknisk forskrift (TEK17),» 2017.