

# Rapport

Oppdragsgiver: **Block Watne AS**

Oppdrag: **Kvikkleiresone Lundamo  
Varegga III - Nordstu**

Emne: **Supplerende grunnundersøkelser  
Stabilitetsberegninger og tiltaksvurdering**

Dato: **4. september 2008**

Rev. - Dato

Oppdrag- /  
Rapportnr. **411793 - 2**

Oppdragsleder: **Arne Vik**

Sign.: 

Saksbehandler: **Ingrid Havnen**

Sign.: 

Kontaktperson  
hos Oppdragsgiver: **Håkon Westad**

## Sammendrag:

Etter oppdrag fra Block Watne i samarbeid med Melhus kommune, har Multiconsult AS utført supplerende kvikkleirekartlegging av området sørvest for Varegga på Lundamo, ved høydedraget Nordstu. Dette for vurdering av tiltaksløsninger for forbedring av områdestabiliteten og for å avgrense kvikkleiresonen mot sør og vest. Det er utført boringer i 8 punkt.

Nye og tidligere boringer viser at grunnen i vestskråningen ned fra høydedraget Nordstu består av leire over kvikkleire. På toppen av skråningen er det et topplag av sand/grus med ca 8 m mektighet som kiler ut i toppen av skråningen. I skråningen ligger kvikkleira ca 6-8 m under terreng og på toppen av skråningen ca 21 m under terreng. Nye boringer viser at kvikkleira kiler ut i skråningen og at det ikke er registrert kvikkleire i nedre del av skråningen.

Aktuelle sikringstiltak som er vurdert er følgende:

Alt 1: Kun motfylling i bunn av skråningen med nedslaking av skråning i mest kritiske profil mot Varegga.

Alt 2: Avlastning på toppen og nedslaking av skråningen med motfylling i bekkedalen og mot Varegga.

Alt 3: Kombinasjon med avlastning og motfylling.

Uavhengig av valgt alternativ vil det være behov for sikring av ravine sørvest for høydedraget Nordstu (profil O) og dels stabilisering av skråningen ned mot Varegga. Dette må utføres med oppfylling i bekkedalen/ motfylling.

Det er utført grove overslag av masseforlytting for de tre alternativene. Alt 1 med motfylling vil gi en uforholdsmessig stor motfylling og er ikke vurdert som en god løsning ut fra geotekniske hensyn. Alt 2 og 3 krever senking av terrenget på toppen og anses som en bedre løsning geoteknisk. Dette krever midlertidig flytting av et hus (gr/brn 211/53). Det forutsettes også en avlastning på nedsiden av nabohuset (gr/brn 215/146) i skråningen ned mot Varegga. Hvis huset på toppen uansett må flyttes anses alternativ 2 som den beste løsningen og da med opptil 3-4 m avlastning på toppen. Alternativ 2 gir også tilnærmet massebalanse. De økonomiske konsekvensene ved flytting av hus må imidlertid vurderes.

Vi anser alternativ 2 som den beste løsningen. Denne er vist på både plan og snittegninger.

## Innholdsfortegnelse

1.	Innledning .....	4
2.	Utførte undersøkelser .....	4
2.1	Feltundersøkelser .....	4
2.2	Laboratorieundersøkelser .....	5
3.	Terreng- og grunnforhold.....	5
3.1	Terreng.....	5
3.2	Grunnforhold .....	5
3.3	Kvikkleireutbredelse .....	6
3.4	Poretrykksmålinger.....	6
4.	Krav til stabilitetsforbedring .....	8
5.	Stabilitetsberegninger.....	9
5.1	Innledning.....	9
5.2	Utførte beregninger - nordskråningen .....	9
5.3	Utførte beregninger – vestskråningen.....	9
5.4	Styrkeparametre.....	9
5.5	Beregningsresultater .....	10
5.6	Geoteknisk vurdering - masseberegning .....	11
6.	Stabiliserende tiltak - Opparbeidelse av motfylling.....	12
7.	Sluttkommentar - Kritiske momenter.....	13
8.	Referanseliste .....	14

## **Tegninger**

- 4000-1D og -2D: Geoteknisk bilag
- 411793 -0: Oversiktskart
- 3: Borplan – supplerende boringer
  - 4: Plantegning – prinsipp motfylling og avlasting – alternativ 3.
  - 12: Geotekniske data – SK 2-5
  - 40 til -46: Presentasjon og tolkning CPTU 2-1
  - 102: Profil A bratt – motfylling prinsipp
  - 103: Profil A – motfylling prinsipp
  - 104: Profil A/C – motfylling prinsipp
  - 105: Profil C – motfylling prinsipp
  - 106: Profil G2
  - 107: Profil O
  - 300 til 303: Profil G2 – Geosuite stabilitetsberegninger
  - 304 til -306: Profil G – Geosuite stabilitetsberegninger
  - 307 og -308: Profil O – Geosuite stabilitetsberegninger
  - 309 og -310: Profil A-bratt – Geosuite stabilitetsberegninger
- 
- 412688 - 2A: Borplan med antatt kvikkleireutbredelse (revidert utbredelse og nye boringer)
- 103A: Profil G (revidert med nye boringer)
  - 49A: Poretrykksmålinger og tolket poretrykks(u)-profil (revidert med nye poretrykksmålinger)

## **Vedlegg**

- Vedlegg 1: Beregnet  $s_u^A$  styrke mot dybden Profil A, C, G, G2 og O.
- Vedlegg 2: Utskrifter fra stabilitetsberegninger med STABIL
- Vedlegg 3: Masseberegning

## **1. Innledning**

Etter oppdrag fra Block Watne i samarbeid med Melhus kommune har Multiconsult AS utført supplerende kvikkleirekartlegging av området sørvest for Varegga på Lundamo. Se oversiktskart tegning 411793-0. Multiconsult har tidligere utført grunnundersøkelser og geotekniske vurderinger for området rundt Kvernhusbekken inklusive Varegga og Leirtaket for NVE, ref Multiconsult rapport 412688-1 ref /1/ og – 2 ref /2/. Block Watne planlegger nå utbygging på deler av området på Varegga - Varegga III. I denne forbindelse er Multiconsult engasjert som geoteknisk rådgiver.

Multiconsult rapport 412688 – 1 sammenstiller også tidligere grunnundersøkelser før utbygging av området som viser at grunnen består av til dels bløt grunn med kvikkleire i dybden. Kvikkleira går inn under den høye skråningen sør for det planlagte boligområdet (høydedraget er i det følgende kalt Nordstu som ligger på toppen av høydedraget). Området er registrert i en kvikkleiresone med høy faregrad ihht [www.skrednett.no](http://www.skrednett.no). Multiconsult har videre utført en revidert faregradsevaluering på bakgrunn av supplerende grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger for vurdering av kritiske snitt, ref Multiconsult rapport 412688 – 2 ref /2/. Ny vurdering gir sonen totalt sett høy faregrad. Vurderingene er utført på bakgrunn av NVEs retningslinjer for planlegging og utbygging i faresoner langs vassdrag 1/2007 foreløpig utgave ref /3/.

Utførte beregninger og vurderinger konkluderte med at eksisterende skråninger nord og vest for høydedraget Nordstu (sør for planlagt utbyggingsområde, Varegga III) har for lav sikkerhet i henhold til retningslinjene. Ref profil A og G på borplan, tegning 411793- 3. Videre ble det anbefalt at sikkerheten i de mest kritiske profilene bør bedres. Aktuelle tiltak for å utføre dette ble vurdert å enten være avlastning på toppen og/eller motfylling i bunn av skråningene ref /2/.

For å vurdere stabiliseringstiltak og omfang i vestskråningen (langs profil G) var det behov for supplerende grunnundersøkelser som nå er utført og beskrevet i det følgende. Multiconsult har i notat 411793-RIG-02 ref /4/ vurdert tiltak langs skråningen ned mot det planlagte boligfeltet Varegga III (nordskråningen). Resultater fra dette er oppsummert i denne rapporten i tillegg til stabilitetsberegninger og tiltaksvurderinger for vestskråningen.

## **2. Utførte undersøkelser**

### **2.1 Feltundersøkelser**

Feltarbeidet ble utført i uke 28 2008 under ledelse av borleder Olav Bakken/ Raymond Barseth. Boringene er utført med Geotech borerigg etter følgende borplan:

- Dreietrykkssonderinger i 8 borpunkter (2-1 til 2-8) til mellom 13 og 41 m dybde.
- Opptak av en prøveserie i borpunkt 2-5 (SK2-5 ).
- CPTU sondering i borpunkt 2-1.

Borpunktene ble før oppstart satt ut av saksbehandler.

Plassering av borpunktene med høyde fra kart og boret dybde er vist på borplanen, tegning 411793 – 3. Boringene er koordinatbestemt med vår GPS med +/- 0,3 m nøyaktighet. Boring 2-1 til 2-6 ble tatt i hovedsak for å vurdere stabiliseringstiltak i vestskråningen. De øvrige (2-7 og 2-8) for å avgrense kvikkleireforekomsten mot sør.



Dreietrykkssonderingene er vist i profil G, G2 og O, tegning 412688-103A og 411793 -106 og – 107. Alle boringene er avsluttet i faste masser av antatt morene.

CPTU-sonderingen er presentert i tegning -40 til -42.

Boringenes utførelse er beskrevet generelt i geoteknisk bilag, tegning 4000-1D.

## **2.2 Laboratorieundersøkelser**

De opptatte prøvene er undersøkt i vårt geotekniske laboratorium. Samtlige prøver er klassifisert og vanninnholdsbestemt. Resultat fra rutineundersøkelsen (SK2-5) er presentert i geotekniske data, tegning 411793 – 12.

Utførelsen av laboratorieundersøkelsene er beskrevet generelt i geoteknisk bilag, tegning 4000-2D.

## **3. Terreng- og grunnforhold**

### **3.1 Terreng**

Varegga og høydedraget Nordstu ligger i en nordvestvendt terrengskråning ca 1 km sørvest for Lundamo sentrum. I sørøst er det bratte fjellskråninger som stuper ned mot høydedraget Nordstu og Kvernhusdalen/bekken i vest. Det er eksisterende bebyggelse på toppen av høydedraget Nordstu og på nedre og vestlige deler av Varegga.

Terrenget ligger på toppen av høydedraget, Nordstu, på ca kote +98/100 og er tilnærmet flatt sørover. Mot sørvest er det flere raviner ned mot jordene på Horg og E6. Gjennomsnittlig terrenghelning er her ca 1:2 til 1:2,5 ned til ca kote +45 det terrenget flater ut. Dette gir en høydeforskjell på opptil ca 55 m i vestskråningen. Lenger sør og vest er terrenget enda brattere, det kan imidlertid antas at det her er fjell. Det ble ved befaring i området registrert erosjon i ravinen nærmest Varegga, men fjell i dagen på nedre deler av ravinen på motsatt side.

Fra høydedraget Nordstu faller terrenget mot nord ned til planlagt boligområde Varegga III med helning på ca 1:2 (lokalt brattere) ned til ca kote +80. Som gir en høydeforskjell på ca 20 m. I bunn av skråningen, ved planlagt boligområde, flater terrenget ut mot nord med en gjennomsnittlig helning på ca 1:12 ned til ca +50. Fra Varegga faller terrenget i øst ned mot Kverhusbekken med helning mellom 1:2 til 1:2,5. I nordvest ligger eksisterende boligområde på Varegga på en terrengrygg på ca kt +70 med fall både mot nordøst og sørvest på ca 1:2 ned mot kt +50.

### **3.2 Grunnforhold**

Nye og tidligere boringer viser at grunnen i vestskråningen ned fra høydedraget Nordstu består av leire over kvikkleire. På toppen av skråningen er det et topplag av sand, grus med ca 8 m mektighet (til ca kote 91) som kiler ut i toppen av skråningen. Under dette laget og i topplaget i skråningen er det leire som er siltig og sandig over kvikkleire. I skråningen ligger kvikkleira ca 6-8 m under terreng og på toppen av skråningen ca 21 m under terreng. Nye boringer viser at kvikkleira kiler ut i skråningen på ca kote +60 til +65 og at det ikke er registrert kvikkleire i nedre del av skråningen. Se profil G og G2, tegning 412688-103A og 412793-106. Dette er noe gunstigere enn tidligere antatt og kvikkleiremektheten ser ut til å avta mot sør.

Opptatte prøver i nedre del av skråningen, SK2-5, viser at grunnen består av 1 m tørrskorpeleire over leire, som ikke er sensitiv, se tegning 411793-12.

Det kan antas at kvikkleira dels går inn under ravinen sørvest for høydedraget Nordstu, da det er registrert kvikkleire på ca 16 m dybde både i borpunkt 2-6 og 2-7. Det er ikke registrert kvikkleire i borpunkt 2-8 ned mot neste ravine. Kvikkleirelaget kan derfor antas å være avrenset i skråningen og på jordet mellom disse punktene. I nedre deler av ravinen like sør for høydedraget er det registrert fjell i dagen på motsatt side (mot sør). Det er også registrert fjell i dagen i den lille ravinen videre sørover, se borplan 411793-3 hvor områder med registrert fjell i dagen er avmerket.

Det vises for øvrig til MULTICONSULT rapport 412688-1 for mer detaljert beskrivelse av terreng og grunnforholdene i området.

### **3.3 Kvikkleireutbredelse**

Tidligere grunnundersøkelser viser generelt at grunnen i området Varegga/ Leirtaket består av leire over kvikkleire som blir lagdelt i dybden. Overgangen til kvikkleire ligger generelt mellom ca 5 og 15 m under terreng. Det er registrert kvikkleiremektheter på inntil ca 30 m i den nordlige delen av området. Generelt ligger mektigheten på rundt 8-10 m på store deler av området.

Tidligere grunnundersøkelser viser generelt at det ikke er registrert kvikkleire i bunn av Kvernhusdalen. Det kan antas at det er to kvikkleireforekomster/lommer som kiler ut mot Kvernhusbekken. Det er imidlertid registrert kvikkleire på større dybde under dalbunnen mot nord, som kan være en tredje kvikkleireforekomst.

På Varegga kan kvikkleireforekomsten antas å være sammenhengende og gå inn under foten av høydedraget Nordstu. Vi har nå kartlagt kvikkleireutbredelsen mot sør og vest som viser at forekomsten avsluttes i skråningen ned fra Nordstu, men brer seg forbi nærmeste ravine, men ikke ned mot neste.

På revidert tegning 412688-2A er område med antatt kvikkleireutbredelse på bakgrunn av tidligere og supplerende undersøkelser avmerket. Det er også skilt mellom de tre antatte sonene. Det må bemerkes at disse avgrensingene er skjønnsmessige vurdert.

### **3.4 Poretrykksmålinger**

Det er satt ned poretrykksmålinger i 8 punkt på området Varegga/Leirtaket i forbindelse med tidligere grunnundersøkelser, flere av disse er satt i flere nivåer. Det er utført flere målinger av disse, senest 22.08.08. Resultat av poretrykksmålinger er vist i tabell 1.

**Tabell 1:** Poretrykksmålinger (Målt GV i meter under terreng)

Poretrykksmåler/ Borpkt (Bunn/ topp skråning)	Dybde u/terr (m)	GV- måling 4/1-08	GV- måling 29/1-08	GV- måling 10/3-08	GV- måling 22/8-08	Høyeste målt Poretryk k (kPa)
PZ1/M411793-2 (bunn, profil C)	5	2,9	2,9	2,7	2,9	23
	12	*	11,8*	11,4	Tørr	6
	15,8			14,8	15,6	10
	22,9			20,9	Tørr	20
PZ2/2b (topp, profil C)	8	7,1	7,1	7,0	7,7	10
	20			16,6	Tørr	34
	28			23,3	Tørr	47
PZ3/3 (topp, profil D)	9	8,2	8,5*	8,1	8,7	9
	13,8			11,7	13,7	21,1
	23,8			21,1	23,7	27
	33,9			29,9	30,8	40
PZ7/7b (bunn, profil I)	5	1	1			40
	10	5,0	4,9			51
PZ11/11 (bunn, profil G)	5	Frosset *	0,1		0,2	49
PZ17/17 (bunn, profil D)	5	2,1	2,3		2,3	27
	10	*	9,8*		Tørr	2
PZ20/20 (topp, profil M)	7	6,6	6,6*			4
	15	*	15,2			0
PZ28/28 (topp, profil I)	8	5,9	6,0		7,0	21

\* Mulig tom måler/ ingen registrering

Nye poretrykksmålinger i august 2008 viser alle lavere poretrykk enn ved tidligere målinger.

Poretrykksmålerne i bunn av skråningene viser generelt et hengende grunnvannsnivå 0-3 m under terreng, med lave til ingen poretrykk i dybden. På toppen av skråningene indikerer målingene at grunnvannet ligger noe lavere under terreng, med drenering i dybden.

CPTU-sonderingene viser at massene setter opp poretrykk. Det er mulig at det er et hydrostatisk poretrykk i de øvre massene ned mot mer lagdelte masser i dybden, der grunnvannet dreneres ut. Det er sannsynlig at området dreneres av grovere masser i dybden eller mot de lavere områdene, sannsynligvis mot nord.

På toppen av skråningen sør for Varegga (PZ2) kan grunnvannet antas å ligge i underkant av sand/ gruslaget (ca 2 m under terreng ved borpunkt 2b) med et poretrykk i dybden på ca 18 % av hydrostatisk. I bunn av skråningen (PZ1) ligger poretrykket på ca 75 % av hydrostatisk i det øvre laget (hengende grunnvannsspeil) og rundt 10 % av hydrostatisk i dybden (fra 12-23 m).

Poretrykksfordeling i dybden for i PZ1, 2, 3, 17 og 20 (borpunkt 2b, 411793-2, 3, 17 og 20) er vist i tegning 412688– 49 rev A.

Poretrykket vil kunne variere med årstid og nedbørsforhold.

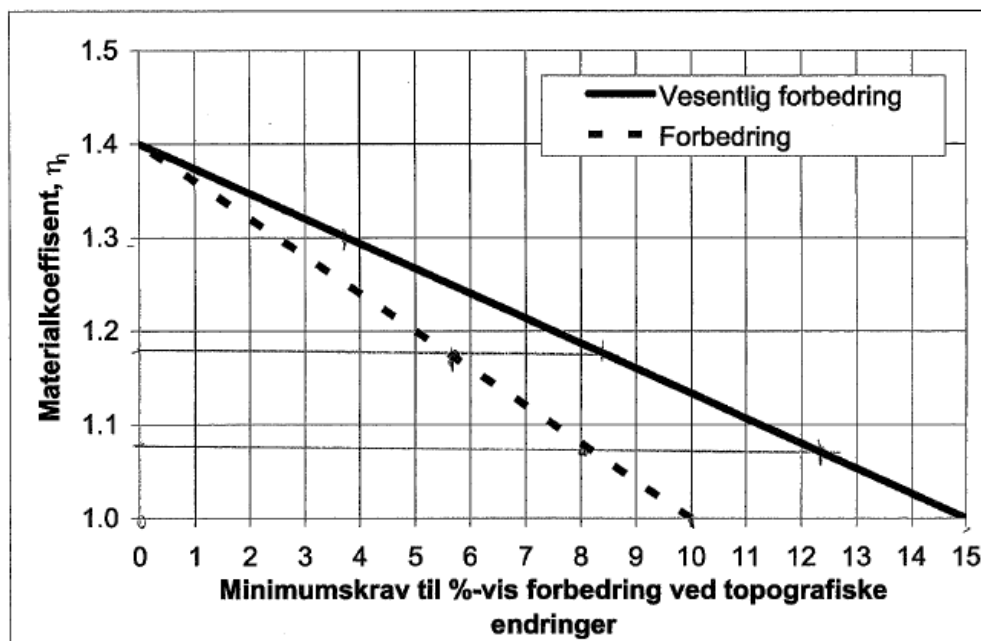
#### 4. Krav til stabilitetsforbedring

I hht til NVEs retningslinjer ref /3/ skal stabiliteten ha en materialfaktor  $\gamma_m \geq 1,4$  eller en vesentlig forbedring eller forbedring avhenging av tiltaksklasse og faregradsklasse.

Som nevnt over har Multiconsult utført en revidert faregradsvurdering på bakgrunn av de supplerende grunnundersøkelsene. Denne viser at sonen hadde "høy" faregrad.

Med boligutbygging og tilflytting av mennesker havner tiltaket i tiltaksklasse K3, i hht til NVEs retningslinjer vedlegg 2, tabell 1 /3/. Med tiltaksklasse K3 og "høy" faregrad gir dette følgende krav til dokumentasjon og nødvendig sikkerhetsnivå mot utglidning representert ved materialkoeffisient  $\gamma_m$ :

- Stabilitetsanalyser som viser dokumentert tilstrekkelig materialfaktor  $\gamma_m \geq 1,4$  eller %-vis "vesentlig forbedring" av stabiliteten iht. NVE-retningslinjenes vedlegg 2, figur 5.5, se under (heltrukket linje).
- Skjerpet kontroll av geoteknisk rådgiving iht. NS3480, inkludert ekstern 3.partskontroll.



Figur 5.5 Minimumskrav til prosentvis forbedring ved topografiske endringer

Ovennevnte krav er lagt til grunn for videre vurdering av nødvendige tiltak i sonen.

## 5. Stabilitetsberegninger

### 5.1 Innledning

Generelt har vi sett på tre alternativer vedrørende stabiliserende tiltak i tillegg til dagens situasjon:

1. Kun motfylling i bunn av skråningen med nedslaking av skråning i mest kritiske profil mot Varegga (A-bratt)
2. Avlasting på toppen og nedslaking av skråningen med motfylling mot Varegga og i bekke drag.
3. Kombinasjon med avlasting og motfylling i bunn.

Stabilitetsberegningene er i hovedsak utført med udrenert avansert totalspenningsanalyse (ADP-analyse) for korttidssituasjonen. Beregningene er utført med beregningsprogrammet GeoSuite for vestskråningen og dels nordskråningen.

Det er tidligere utført beregninger i Multiconsults egenutviklede stabilitetsprogram STABIL v3 i nordskråningen. Dette både på langtidsstabiliteten på effektivspenningsbasis (aø-analyse) og udrenert avansert totalspenningsanalyse (ADP-analyse) for både for dagens og ny situasjon. I tillegg er det tidligere utført enkelte beregninger i analyse programmet PLAXIS, med en midlere udrenert skjærstyrke.

### 5.2 Utførte beregninger - nordskråningen

Disse beregningene er tidligere beskrevet i Multiconsult notat 411793-RIG-02, datert 6.mai 08 ref /4/. Det ble utført beregninger i det mest kritiske profilet, Profil A-bratt i tillegg til Profil A og C ned mot Varegga III for dagens situasjon og for ny situasjon, se tegning 411793-102 til -105.

Det er nå utført supplerende beregninger i GeoSuite (ADP-analyse) for det mest kritiske profilet A-bratt.

### 5.3 Utførte beregninger – vestskråningen

Det er nå utført nye beregninger i profil G i tillegg til beregninger i profil G2 og profil O, se tegning 412688-103A samt 411793-106 og -107. Profil G2 ansees som mest kritisk i vestskråningen med avslutning mot bekken. Profil O viser stabiliteten av skråningen mot bekken mot sørvest.

Beregningene er utført med beregningsprogrammet GeoSuite (ADP-analyse).

### 5.4 Styrkeparametre

Det er benyttet tilsvarende styrkeparametre som i tidligere beregninger i Multiconsult rapport 412688-2 (og Multiconsult notat 411793-RIG-02), i hovedsak tolket fra CPTU-data.

Det er utført en supplerende CPTU-sondering i borpunkt 2-1. Det er som tidligere tatt utgangspunkt i en tolket prekonsolideringsspenning,  $p_c'$ , ut fra en konstant tilleggsspenning

( $\Delta p'$ ). På platået er det lagt til grunn en tilleggsspenning på  $\Delta p' = 300$  kPa tolket fra CPTU i punkt 2b (412688-CPTU 2b). Tilsvarende gir dette en  $\Delta p' = 500$  kPa i punkt 2-1 med ca. 20 m lavere terrengnivå i vestskråningen. Tolket OCR samt designprofil er vist i tegning nr. 411793-43 til -46. Dette stemmer godt med udrenert skjærstyrke fra tolkningen på poretrykksbasis og for prekonsolidering tolket basert på spissmotstand.

På bakgrunn av dette har vi valgt å beholde tidligere modell med OCR videre beregnet nedover skråningene ut fra  $p_c'$  og tolket in situ effektivspenningsprofil. Utskrifter fra disse beregningene er vist i vedlegg 1.

Det vises for øvrig til Multiconsult rapport 412688-2 for vurdering av styrkeparametere og styrkeprofil.

Benyttede parametere er vist i tabell 1 (tilsvarende tabell 4 i Multiconsult rapport 412688-2)/2/.

**Tabell 1:** Sammendrag av valgte styrkeparametre for karakteristiske lag (identifikasjon i henhold til bruk i analyseprogrammet GeoSuite/STABIL).

Materiale	Tyngdetetthet (kN/m <sup>3</sup> )	Friksjon tan $\phi$ (-)	Attraksjon a, (kPa)	Udrenert skjærstyrke $s_u$ (kPa)
Tørreskorpe	20.0	0.65	0	Beregnes drenert (topplag 2 m tykkelse)
Sand, grus	20	0,8	0	Beregnes drenert. Gjelder også for fyllmasse i motfyllinger.
Leire, siltig	20.0	0.55	10	Aktiv udrenert skjærstyrke: $s_{uA} = 0,25 \cdot OCR^{0,75} \cdot p_0'$ Direkte udrenert skjærstyrke, topp og bunn: $s_{uD} = 0,66 \cdot s_{uA}$ Passiv udrenert skjærstyrke, topp og bunn: $s_{uP} = 0,31 \cdot s_{uA}$
Leire, meget sensitiv/ kvikk leire	19.0	0.40	10	Aktiv udrenert skjærstyrke: $s_{uA} = 0,25 \cdot OCR^{0,75} \cdot p_0'$ Direkte udrenert skjærstyrke, topp og bunn: $s_{uD} = 0,64 \cdot s_{uA}$ Passiv udrenert skjærstyrke, topp og bunn: $s_{uP} = 0,21 \cdot s_{uA}$
Sand/silt	19,0	0,6	10	Beregnes drenert (bunnlag)
Morene	19,0	0,8	10	Beregnes drenert (Bunnlag)

## 5.5 Beregningsresultater

Det er utført mange beregninger for å komme fram til nødvendig motfyllingsbehov med en akseptabel form og størrelse for å oppfylle kravet i NVEs retningslinjer fig. 5.5 med ”vesentlig forbedring” av stabiliteten /3/. Resultater fra et utvalg av beregningene for dagens situasjon og ny situasjon er oppsummert i tabell 2 på korttids (totalspenningsbasis, ADP-analyse). Beregningene er vist i tegning 411793-300 til -307.

Beregninger for nordskråningen er tidligere presentert i Multiconsult notat 411793-RIG-02. Et utvalg av disse på korttidstilstanden (totalspenningsbasis, ADP-analyse) er også vist i tabellen. For øvrig vises til ovennevnte notat.

**Tabell 2:** Beregnede sikkerhetsfaktorer for utførte stabilitetsanalyser, ADP-analyse.

Profil	Dagens sit (referanse)	Krav %- vis forbedring $\gamma_m$	Stabiliseringstiltak	Ny sit Ber. $\gamma_m$ (referanse)
Profil A	1,27 (vedlegg 1A)*	5% → Ny sikkerhet $\gamma_m \geq 1,33$	<b>Alt 1, Motfylling:</b> Fylling, h=2m, L=55m, helning ca 1:3 øvre del, 1:6 nedre del. Gjennomsnitt areal ca 85 m <sup>2</sup>	1,35 (vedlegg 2B)*
Profil A-bratt	1,22 (tegning-309)	6,5% → Ny sikkerhet $\gamma_m \geq 1,31$	<b>Alt 2/3, motfylling og avlastning topp;</b> Nedslaking av skråningen fra ca 1:1,8 til ca 1:2,3	1,33 (tegning-310)
Profil C	1,34 (vedlegg 5A)*	2,5% → Ny sikkerhet $\gamma_m \geq 1,37$	<b>Motfylling (Alt 1-3):</b> Fylling, h=1m, L=20m, helning ca 1:5. Gjennomsnitt areal ca 25m <sup>2</sup>	1,39 (vedlegg 5B)*
Profil G2	1,11 (Tegning-300)	11% → Ny sikkerhet $\gamma_m \geq 1,23$	<b>Alt 1, Motfylling.</b> Motfylling fra kt 45 til kt 73, med 5 m høyde i 60 m bredde.	1,24 (tegning-301)
			<b>Alt 2a, Avlastning 3 m</b> og nedslaking av terrenstopp	1,23 (tegning-302a)
			<b>Alt 2b, Avlastning 4 m</b> og nedslaking og flytting av skråningstopp 4,4 m.	1,26 (tegning-302b)
			<b>Alt 3, motfylling og avlastning 2m.</b> Motfylling fra ca kt 47.5 til 62.5, 2m høyde i 29 m lengde.	1,23 (tegning -303)
Profil G	1,14 (tegning- 304)	9,5 % → Ny sikkerhet $\gamma_m \geq 1,25$	<b>Alt 2, Avlastning 3-4 m</b> og av skråningstopp.	1,26 (tegning -305)
			<b>Alt 3, motfylling og avlastning 3 m.</b> Motfylling fra kt 48 til kt 65, h=1,5 m og 30 m lengde.	1,25 (tegning -306)
Profil O	1,33 (tegning -307)	2,5 % → Ny sikkerhet $\gamma_m \geq 1,36$	<b>Motfylling (Alt 1-3):</b> Heving av bekkeløpet 1 m og erosjonssikring.	1,36 (tegning -308)

\* Refererer til vedlegg i Multiconsult notat 411793-RIG-02 ref /2/, se vedlegg 2.

Som det framgår av tabell 2 er sikkerheten for lav i alle de beregnede profilene i dagens situasjon. Det er behov for opptil 11 % forbedring i det mest kritiske profilet, G2.

## 5.6 Geoteknisk vurdering - masseberegning

Utførte beregninger på aktuelle tiltak tilfredsstillende kravet til vesentlig forbedring av sikkerheten i alle beregningene. Alternativ med bare motfylling (alt1) og bare avlastning (alt 2) viser seg å være mulig for profil G og G2. Bare avlastning krever senking av terrenget med opptil 3-4 m og midlertidig flytting av et hus (gr/brn 211/53). Det forutsettes også en avlastning på nedsiden av nabohuset (gr/brn 215/146) i skråningen ned mot Varegga. Kombinasjon motfylling/ avlastning (alt 3) vil kreve mindre avlastning på toppen, men fortsatt midlertidig flytting av ovennevnte hus.



I bekkedalen viser bergninger at det er behov for begrenset tiltak med ca 1 m heving av bekkeløpet i profil O og noe motfylling opp mot skråningen. I bunn av bekkedalen må det forventes opptil 3-4 m fylling i dalbunn. Dette uavhengig av valg av løsning for profil G og G2.

For å vurdere aktuelle alternativ må disse settes opp mot hverandre for vurdering av kost-nytte.

Et grovt overslag over masse som må forflyttes for de aktuelle alternativene er forsøkt satt opp i vedlegg 3 og oppsummert i tabell 3 under.

**Tabell 3:** Massebergning, stabiliseringstiltak.

Beskrivelse	Motfylling (m3)	Avlasting (m3)	Massebalanse (m3)*
Alternativ 1 – Motfylling	Ca 62500	Ca 2500	Ca +60000
Alternativ 2 - Avlasting	Ca 13000	Ca 14500	Ca -1600
Alternativ 3 - Kombinasjon	Ca 18000	Ca 11500	Ca +6500

\* Massebalanse = motfylling – avlasteting. Forutsetter at avlastet masse kan benyttes som motfylling.

Alternativ 1 med motfylling vil gi en uforholdsmessig stor fylling som går langt opp i skråningen. Dette er ikke en spesielt god løsning geoteknisk og anses anleggsmessig å være den mest kritiske løsningen.

Alternativ 2 og 3 krever senking av terrenget på toppen og er geoteknisk sett en mye bedre løsning. Dette krever imidlertid midlertidig flytting av et hus (gr/brn 211/53). Det forutsettes også en avlasting på nedsiden av nabohuset (gr/brn 215/146) i skråningen ned mot Varegga. Hvis huset på toppen uansett må flyttes anses alternativ 2 som den beste løsningen og da med opptil 3-4 m avlasting på toppen. Alternativ 2 gir også best massebalanse. De økonomiske konsekvensene med midlertidig flytting av eksisterende hus må imidlertid tas med i betraktningen.

Vi vurderer altså alternativ 2 med avlasting på toppen med begrenset motfylling på Varegga og i bekkedalen som den beste løsningen. Dette på tross av at det medfører midlertidig flytting av bolighus. Det vil da også være aktuelt med avlasting langs nabohuset (gr/brn 215/146) mot skråningen ned mot Varegga. Dette for å redusere motfyllingsomfanget mot hus i bunn av skråningen og problemer med stabiliteten av denne motfyllingen mot vest. Vurdering av stabiliteten av motfylling ned mot vestskråningen må vurderes ved detaljprosjekteringen.

Vårt forslag til tiltak er vist i prinsipp på profil G2; tegning-302b, profil G; tegning-305, profil 0; tegning -307 og profil A-bratt; tegning-310, i tillegg til plantegning 411793-4.

## **6. Stabiliserende tiltak - Opparbeidelse av motfylling**

Ved valg av alternativ 2 – avlasting med en begrenset motfylling i bekkedalen og på Varegga, må avlasting av terrenget på toppen av skråningen utføres først, eller parallelt med oppfylling i bunn. Motfyllingene må bygges opp nedenifra og opp.

Motfyllingene må påregnes utført som kvalitetsfylling med bruk av drenerende masser. Grusmassene på toppen av skråningen kan påregnes benyttet. Plastring i bekkeløpet må imidlertid utføres med strengstein. Under fyllingen må det renskes for matjord og legges separasjonsduk. Ved ønske om å bruke andre masser som leire i motfyllingen må denne legges

ut som sandwichfylling med drenerende lag. Dette krever oppfølging av geotekniker i felt for å sikre at dette blir utført på en akseptabel måte.

Fyllingen må detaljprosjekteres og det må utarbeides en beskrivelse for fyllingsarbeidene av geotekniker. I denne forbindelse kan det bli behov for supplerende stabilitetsberegninger.

På Varegga III må stabiliseringstiltakene med motfylling utføres i god tid før oppstart bygging. Dette spesielt med tanke på setninger da det planlegges bygging i motfyllingen. Denne vil da også fungere som en forbelastning av eksisterende terreng, slik at husene etableres kompensert i motfyllingen. Utgraving for byggene vil da ikke forverre stabiliteten i forhold til dagens situasjon i byggefasen.

## **7. Sluttkommentar - Kritiske momenter**

Kritiske forhold i forbindelse med planlagt tiltak/ utbygging vil være relatert til bygge-/anleggsfasen, spesielt ved etablering av motfyllingen og utbyggingen av boligene nær skråningen. Det er avgjørende at stabiliteten ikke forverres i noen fase av prosjektet. Stabiliserende tiltak må utføres før oppstart av anleggsarbeider som kan påvirke stabiliteten i ugunstig retning.

Det er viktig at tiltak som blir utført ikke fører til poretrykksøkning som følge av evt. tetting av dreinsveier, da dette kan forverre stabiliteten. Det er viktig at eksisterende og nye dreinssystemer fungerer etter hensikten og at overvann føres bort.

Generelt må sikkerheten for de mest utsatte deler av skråningene dokumenteres nærmere i forbindelse med byggeplanen for alle faser i byggeprosjektet.

Dette setter krav til rekkefølge av arbeidene i utførelse av sikringstiltakene og ved etablering av infrastruktur i området. Ved beskrivelse av arbeidene er det viktig at det settes klare restriksjoner for rekkefølge av grave- og fyllingsarbeider, ledningsarbeider og mellomlagring av gravemasser.

For øvrig skal alle tiltak i området kontrolleres og godkjennes av geotekniker for hele reguleringsplanområdet.

Hvis våre råd ikke blir fulgt kan det sette stabiliteten i fare med utglidning som resultat. Dette må unngås, da det er forbundet med risiko for tap av menneskeliv.

Det anbefales at tiltak blir igangsatt uavhengig av om området skal utbygges videre mhp risiko for kvikkleireskred i dagens situasjon.

## **8. Referanseliste**

- /1/ MULTICONSULT rapport 412688-1. *Kvikkleirekartlegging Lundamo. Kvernhusbekken, leirtaket og Varegga. Supplerende grunnundersøkelser. Datarapport – beskrivelse av grunnforhold.* 5.februar 2008 for NVE.
- /2/ MULTICONSULT rapport 412688-2. *Kvikkleirekartlegging Lundamo. Kvernhusbekken, leirtaket og Varegga. Geotekniske vurderinger. Faregradsevaluering, stabilitetsberegninger.* 28. mars 2008 for NVE.
- /3/ NVE. *Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag.* Foreløpig utgave februar 2007.
- /4/ MULTICONSULT notat 411793-RIG-02. *Kvikkleiresone – Lundamo – Varegga III. Stabilitetsberegninger og tiltaksvurderinger.* Datert 6.mai 2008.

**Arkivreferanser:**

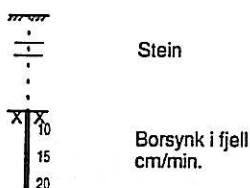
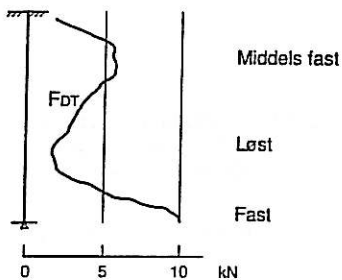
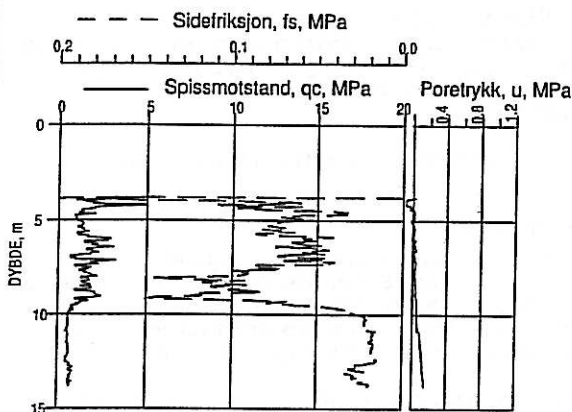
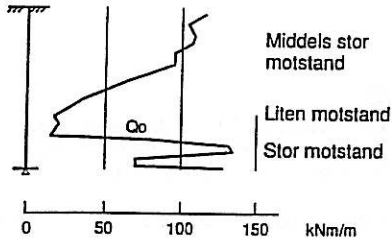
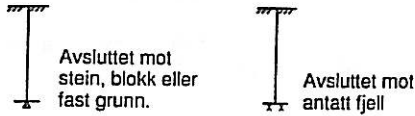
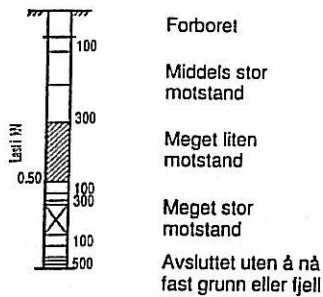
Fagområde:	Geoteknikk		
Stikkord:	kvikkleire, stabilitetsberegninger, tiltak		
Land/Fylke:	Sør-Trøndelag	Kartblad:	1621 III
Kommune:	Melhus	UTM koordinater, Sone:	32V
Sted:	Lundamo	Øst: 5643	Nord: 70021

**Distribusjon:**

- Begrenset (Spesifisert av Oppdragsgiver)  
 Intern  
 Fri

**Dokumentkontroll:**

		Dokument		Revisjon 1		Revisjon 2		Revisjon 3	
		4. september 2008							
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
Forutsetninger	Utarbeidet	4/9-08	J.S.						
	Kontrollert	4/9-08	ARV						
Grunnlagsdata	Utarbeidet	3/9-08	ET						
	Kontrollert	4/9-08	ARV						
Teknisk innhold	Utarbeidet	4/9-08	J.S.						
	Kontrollert	3/9-08	ET						
Format	Utarbeidet	4/9-08	J.S.						
	Kontrollert	3/9-08	ET						
Anmerkninger									
Godkjent for utsendelse (Seksjonsleder/Avdelingsleder)				Dato:		Sign.:			
				8/9-08		Signe G. Hovem			



## DREIESONDERING

Utføres med skjøtbare borstenger (22mm) med 30 mm skruespiss. Boret dreies med hånd- eller motorkraft under 1kN vertikallast. Nedsynkning registreres.

Bormotstanden illustreres med tverstrek i den dybde spissen nådde for hver 100 halve omdreining. Skravur angir synkning uten dreining, påført vertikallast under synk angis på venstre side av borchullet. Kryss angir at boret ble slått ned.

## ENKEL SONDERING

Borstål slås med slegge eller bormaskin eller spyles til fast grunn (eller antatt fjell).

## RAMSONDERING

Utføres med skjøtbare borstenger (32 mm) med 38 mm spiss (6-kantet). Boret rammes med en rammeenergi opptil 0.5 kNm. Antall slag for hver 0.5 m registreres.

Bormotstanden illustreres ved angivelse av rammearbeidet ( $Q_0$ ) pr. m neddriving.

$$Q_0 = (\text{Loddets tyngde} \times \text{fallhøyde}) / (\text{Synk pr. slag}) \text{ [kNm/m]}$$

## TRYKKSONDERING (CPT - CPTU)

Utføres ved at en sylindrisk sonde med kon spiss presses ned i grunnen med konstant hastighet 20 mm/s. Under nedpressingen måles kraften (qc) mot den koniske spissen og sidefriksjonen (fs) mot friksjonshylsen på den sylindriske delen (CPT). I tillegg kan poretrykket (u) måles på en eller flere steder langs sondens overflate (CPTU).

Målingene registreres kontinuerlig vha. en elektronisk datalogger og gir detaljert informasjon om grunnforholdene.

Resultatene kan benyttes til å bedømme lagdelinger, jordart, lagringsbetingelser og jordartens mekaniske egenskaper (styrkeegenskaper og deformasjons- og konsoliderings-egenskaper).

## DREIETRYKKSONDERING

Utføres med skjøtbare borstenger (36 mm) med utvidet sonderpiss. Borstangen presses ned med konstant hastighet 3 m/min. og konstant dreiehastighet 25 omdr./min.

Nedpressingskraften FDT registreres automatisk og angis i kN.

## FJELLKONTROLLBORING

Utføres med skjøtbare stenger (45 mm) og med 57 mm borkrone. Det benyttes hydraulisk slagborhammer med vannspyling. Boring gjennom ulike lag (leire, grus) kan registreres, likeså gjennom større steiner.

For registrering av fjell bores flere meter i fjell. Evt. med registrering av borsynk (cm/min).

# GEOTEKNISK BILAG

## BORMETODER OG OPPTEGNING AV RESULTATER



MULTICONSULT AS

7486 TRONDHEIM  
Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70

Dato 15.12.1999

Oppdragsnr. 4000

Konstr./Tegnet ABe

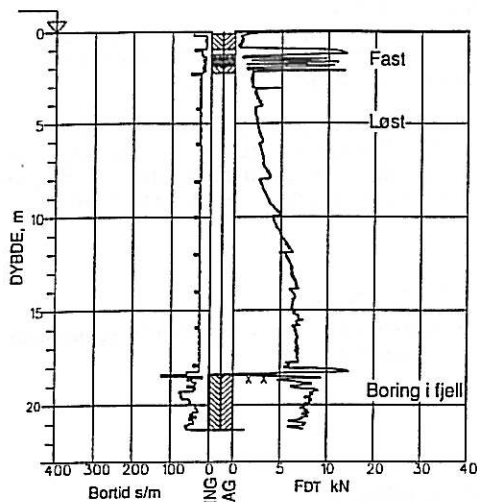
Tegningsnr. 1

Kontrollert JAF

1

Godkjent O. Bør

Rev. D

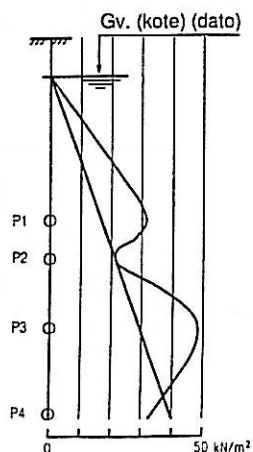
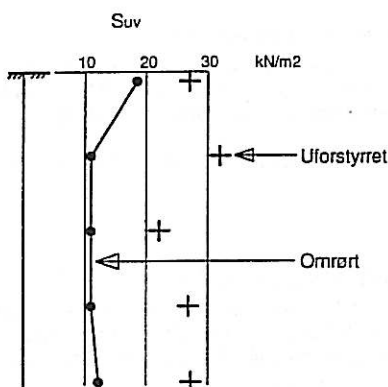


Kjerneboring i fjell



Opptegning i profiler

Resultater av laboratorieundersøkelser vises på egne ark



## Ⓣ TOTALSONDERING

Kombinerer dreietrykksondering og fjellkontrollboring. Det benyttes 45 mm skjøtbare borstenger og 57 mm borkrone.

Under nedboring i bløte lag fungerer utstyret som sonderbor (dreietrykksondering) og borstangen trykkes ned i bakken med konstant hastighet 3 m/min. og konstant dreihastighet 25 omdr./min. Når det påtreffes faste lag, økes først rotasjonshastigheten. Gir ikke dette borsynk går en over til fjellkontrollboring ved at spyling og slag kobles inn. For registrering av fjell kan det bores flere meter i fjell.

Nedpressingskraften registreres kontinuerlig og vises på diagrammets høyre side, mens bortid vises på venstre side.

## ⊕ KJERNEBORING

Utføres med borstenger med et ca. 3 m langt kjernerør med diamantkone nederst. Når kjernerøret er fullt heises borstengen opp og kjernen tas ut for merking og senere klassifisering eller prøving.

Det kan benyttes bor av ulike typer og diametre, og det er mulig å ta kjerner som er orientert i forhold til fjellstrukturen.

## ⊙ MASKINSKOVLING

Utføres med hul borstang påsveiset en spiral (auger). Med borrhjelp kan det skovles til 5 - 20 m avhengig av massenes art og fasthet og av grunnvannstanden. Det kan tas forstyrrede prøver fra forskjellige dyp.

Skovling kan også utføres med enklere utstyr (skovlibor).

## ⊙ PRØVETAKING

Den mest brukte prøvetaker er en tynnvegget stål- eller plast-sylinder (60 - 90 cm lang, 54 mm diameter) med innvendig stempel. I ønsket dybde blir sylindren presset ned uten at stemplet følger med. Jordprøven som dermed skjæres ut heises opp med borstengen til overflaten hvor den forsegles for forsendelse til laboratoriet.

Avhengig av grunnforholdene benyttes andre typer prøvetakere.

## + VINGEBORING

Utføres ved at et vingekors (normalt 65x130 mm) presses ned i jorden (leiren) og dreies rundt samtidig som dreiemomentet blir målt. Udrenert skjærstyrke (Suv kN/m<sup>2</sup>) beregnes ut fra dreiemoment ved brudd.

Målingen gjøres 2 ganger i hver dybde, annen gang etter omrøring.

## ⊕ MÅLING AV GRUNNVANNSTAND OG PORETRYKK

Utføres med et standrør med filterspiss eller med hydraulisk eller elektrisk piezometer. Hvilket utstyr som er egnet avhenger av både grunnforhold og formålet med målingene.

Filteret eller piezometerspissen trykkes ved hjelp av rør til ønsket dybde. Poretrykket registreres som vannets stige høyde i røret, i en tynn plastslange eller ved elektriske signaler.

## MINERALSKE JORDARTER

klassifiseres på grunnlag av korngraderingen. Betegnelsen på de enkelte fraksjoner er:

Fraksjon	Leire	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørrelse mm	< 0.002	0.002-0.06	0.06-2	2-60	60-600	>600

En jordart kan inneholde en eller flere kornfraksjoner og betegnes med substantiv for den fraksjon som har størst betydning for dens egenskaper og med adjektiv for medvirkende fraksjoner (eksempel: siltig og sandig leire).

Morene er en usortert istidsavsetning som kan inneholde alle fraksjoner fra leire til blokk. Den største fraksjonen angis først i beskrivelsen (eksempel: grusig morene, moreneleire).

## ORGANISKE JORDARTER

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

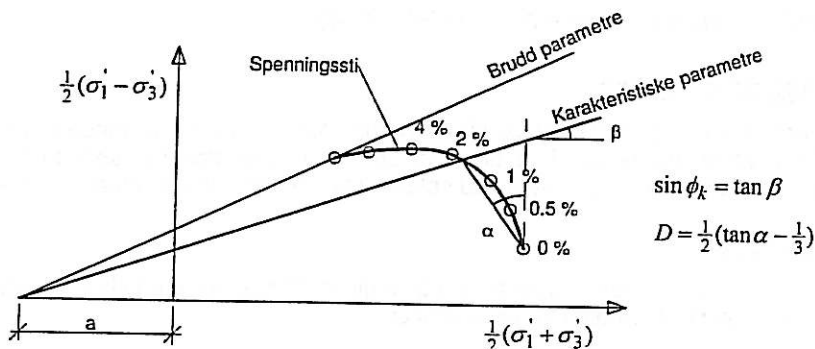
Torv	Myrplanter, mindre eller mere omdannet (fibertorv, mellomtorv, svarttorv).
Gytje, dy	Omdannede, vannavsatte plante- og dyrerester
Mold	Organisk materiale med løs struktur
Matjord	Det øvre, moldholdige jordlag

## SKJÆRSTYRKE

Skjærstyrken på et plan gjennom jord avhenger av effektiv normalspenning på planet (totalspenning ÷ poretrykk) og av jordens skjærstyrkeparametre ( $a$ ,  $\phi$ ,  $D$ , eller  $S_{Ua}$ ,  $S_{Ud}$ ,  $S_{Up}$ )

### Effektivspenningsanalyse: Skjærstyrkeparametre ( $a$ , $\phi$ og $D$ )

Disse bestemmes ved treaksiale trykkforsøk på representative prøver. Forsøksresultatene fremstilles som "spenningstier", dvs. diagrammer som viser utviklingen av hovedspenningene eller av spenningene på et bestemt plan (f.eks. bruddplanet) med prosentvis aksial tøyning avmerket på spenningsstien. På dette og annet grunnlag fastsettes karakteristiske parametre for det aktuelle problem.



### Totalspenningsanalyse: Udrenert skjærstyrke ( $S_u$ [ $kN/m^2$ ])

gjelder ved raske spenningsendringer uten drenering av poretrykk og bestemmes i laboratoriet ved enkle trykkforsøk ( $S_{U1}$ ), konusforsøk ( $S_{Uk}$ ), udrenerte treaksialforsøk ( $S_{Ua}$ ,  $S_{Up}$ ), direkte skjærforsøk ( $S_{Ud}$ ) eller ved in-situ målinger (vingeboringer, trykksonderinger (CPTU))

### SENSITIVITET ( $S$ )

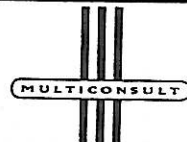
er forholdet mellom en leires udrenerte skjærstyrke i uforstyrret og i omrørt tilstand, bestemt ved konus- eller vingeforsøk. Leire som blir flytende ved omrøring betegnes kvikkleire.

### VANNINNHOLD ( $W$ %)

angir massen av vann i % av massen av fast stoff i prøven og bestemmes ved tørking ved  $110^\circ C$ .

## GEOTEKNISK BILAG

### GEOTEKNISKE DEFINISJONER, LABORATORIEDATA



MULTICONSULT AS

Dato 15.12.1999

Konstr./Tegnet  
ABe

Kontrollert  
JAF

Godkjent  
0.13r

Oppdragsnr.  
4000

Tegningsnr.  
2

Rev.  
D

7486 TRONDHEIM  
Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70



### FLYTEGRENSE ( $W_L$ %)

### PLASTISITETSGRENSE ( $W_p$ %)

### PLASTISITETSINDEKS ( $I_p$ %) ( $I_p = W_L - W_p$ )

(Atterbergs grenser) angir det vanninnhold hvor en omrørt leire går over fra plastisk til flytende konsistens, henholdsvis fra plastisk til smuldrende konsistens.

### PORØSITET ( $n$ %)

er volumet av porene i % av totalvolumet av prøven.

### PORETALL ( $e$ )

er volum av porer delt på volum av fast stoff:  $e = \frac{\text{volum av porer}}{\text{volum av fast stoff}}$ , eller som  $e = \frac{n}{100 - n}$  hvor  $n$  (porøsitet) gis i %

### KORNDENSITET ( $\rho_s$ g/cm<sup>3</sup>)

er massen av fast stoff pr. volumenhet av fast stoff.

### DENSITET ( $\rho$ t/m<sup>3</sup>)

er massen av prøven pr. volumenhet.

### TØRR DENSITET ( $\rho_D$ t/m<sup>3</sup>)

er massen av tørrstoff pr. volumenhet.

### SPESIFIKK TYNGDETETHET ( $\gamma_s$ kN/m<sup>3</sup>)

er tyngden av fast stoff pr. volumenhet av fast stoff ( $\gamma_s = \rho_s \cdot g$  hvor  $g \approx 10 \text{ m/s}^2$ )

### TYNGDETETHET (romvekt) ( $\gamma$ kN/m<sup>3</sup>)

er tyngden av prøven pr. volumenhet ( $\gamma = \rho \cdot g = (1+w/100)(1-n/100) \cdot \gamma_s$ )

### TØRR TYNGDETETHET (tørr romvekt) ( $\gamma_D$ kN/m<sup>3</sup>)

er tyngden av tørrstoff pr. volumenhet. ( $\gamma_D = \rho_D \cdot g = (1-n/100) \cdot \gamma_s$ )

## KOMPRIMERINGSEGENSKAPER

for en jordart undersøkes ved at prøver med forskjellig vanninnhold komprimeres med et bestemt komprimeringsarbeid (Proctor-forsøk). Resultatene fremstilles i et diagram som viser tørr densitet som funksjon av vanninnhold. Den maksimale tørre densitet som oppnås benyttes ved spesifikasjon av krav til utførelsen av komprimeringsarbeider.

### HUMUSINNHOLD (ONa)

bestemmes ved en kolorimetrisk natronlutmetode og angir innholdet av humufiserte organiske bestanddeler i en relativ skala. Glødning og andre metoder kan også brukes.

## KOMPRESSIBILITET

Relasjonen spenning/defomasjon måles ved ødometerforsøk eller ødotreaksialforsøk i laboratoriet. Motstanden mot sammenpressing defineres ved modulen  $M = \text{spenningsendring/defomasjonsendring}$ . Måleresultatene uttrykkes ved en regnemodell med en parameter  $m$  (modultallet). 3 regnemodeller er tilstrekkelig for å representere normalt forekommende jordarter.

For overkonsolidert leire (OC) kan setningsmodulen uttrykkes enten som konstant verdi ( $M$ ), eller som spenningsavhengig med modultall,  $m_{OC}$  ( $M = m_{OC} \cdot \sigma'$ ).

For normalkonsolidert leire (NC) er modulen spenningsavhengig med modultall,  $m_{NC}$  ( $M = m_{NC} \cdot \sigma'$ ).

For friksjonsmasser uttrykkes spenningsmodulen ved hjelp av modultall  $m_s$  ( $M = p_a \cdot m_s \cdot \sqrt{\sigma'/p_a}$ ), hvor  $p_a$  er atmosfærisk trykk ( $p_a = 100 \text{ kN/m}^2$ )

## KORNFORDELINGSANALYSE

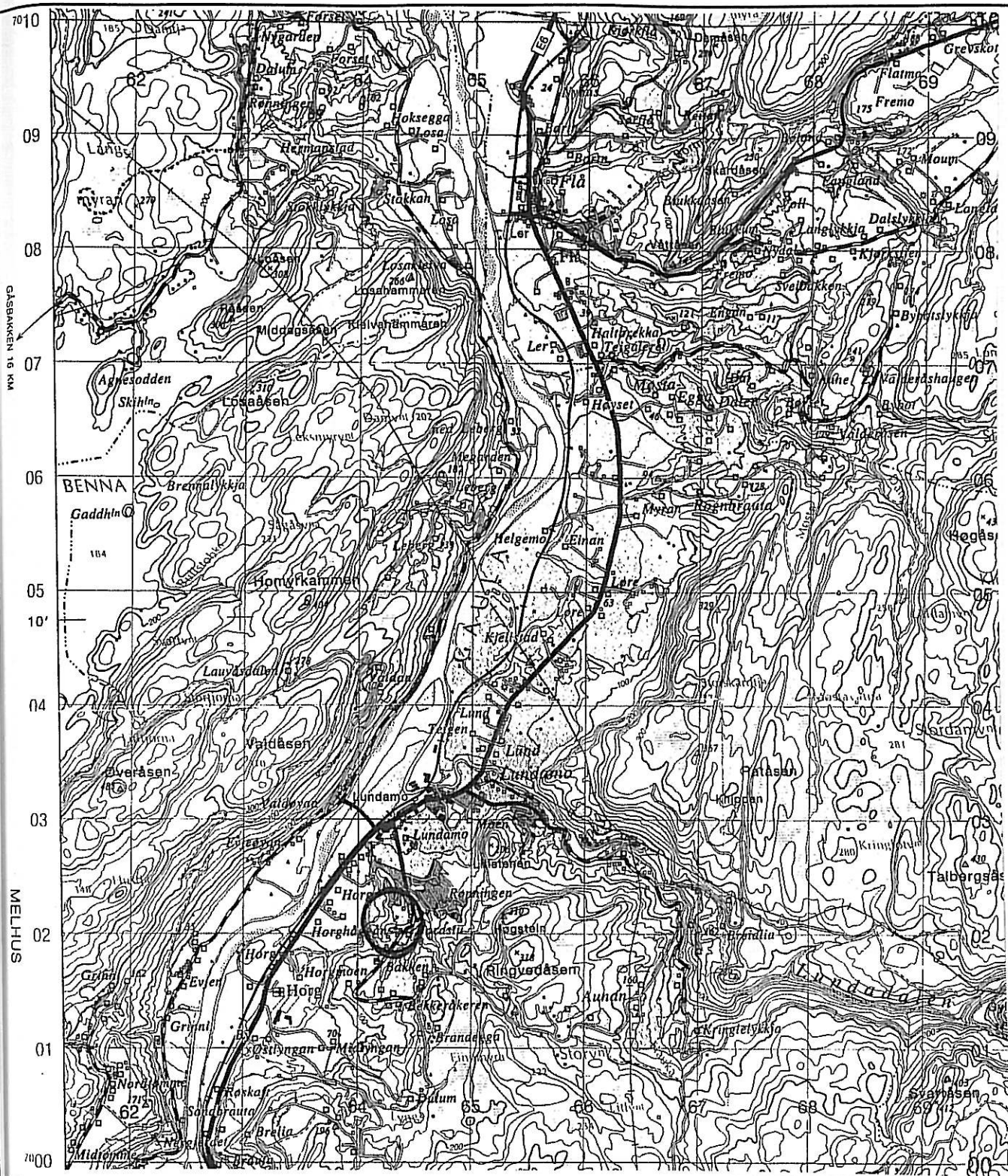
utføres ved sikting av fraksjonene større enn 0.125 mm. For de mindre partikler bestemmes den ekvivalente korn-diameter ved hydrometeranalyse. Materialet slemmes opp i vann, densiteten av suspensjonen måles med bestemte tidsintervaller og kornfordelingen kan dernest beregnes ut fra Stokes lov om partiklenes sedimentasjonshastighet.


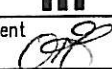
## TELEFARLIGHET

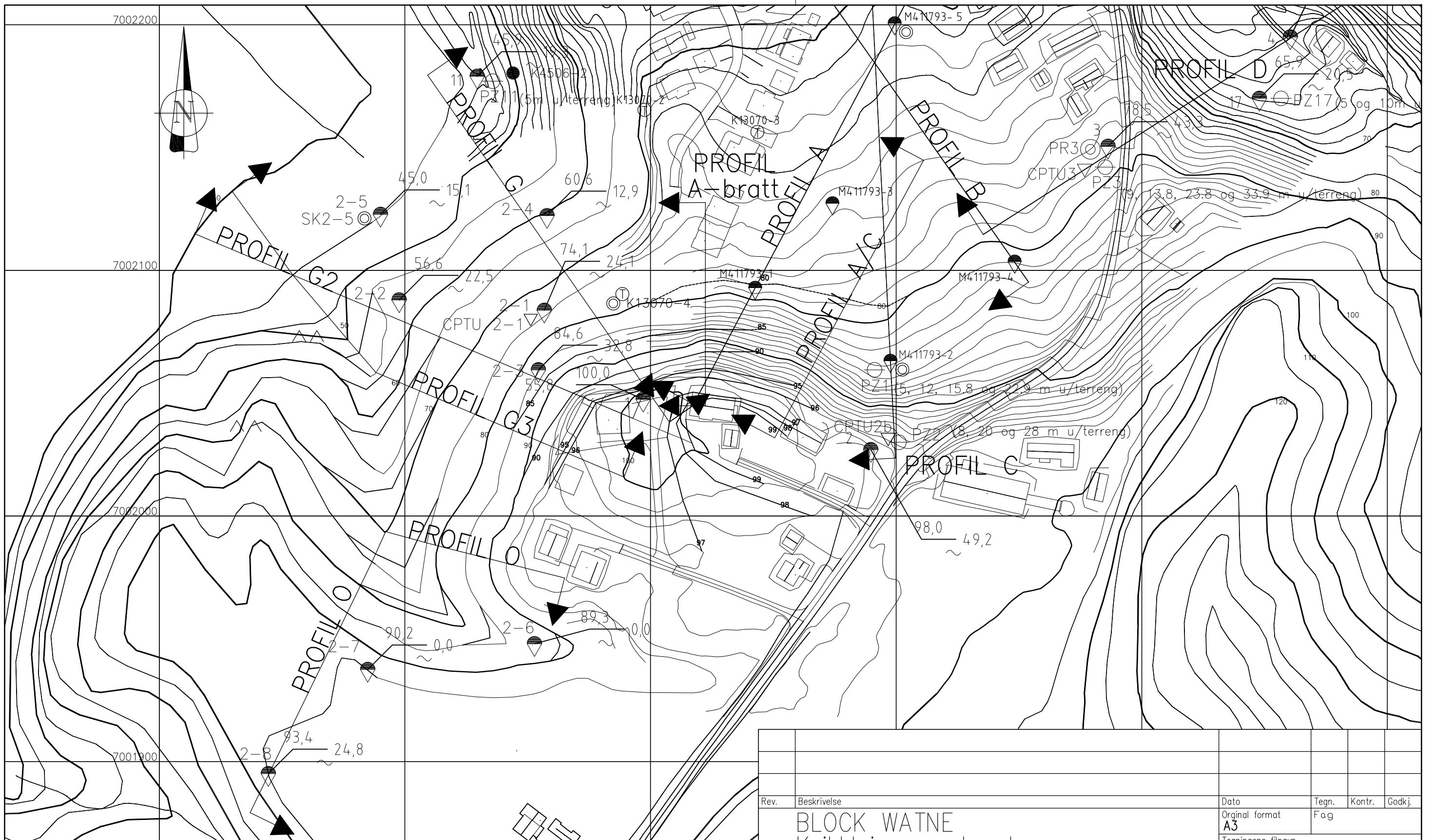
bestemmes ut fra kornfordelingen eller ved å måle den kapillære stighøyde. Telefarligheten graderes i gruppene T1 (ikke telefarlig), T2 (lite telefarlig), T3 (middels telefarlig) og T4 (meget telefarlig).

## PERMEABILITETEN ( $k$ cm/s eller m/år)

bestemmer den vannmengde  $q$  som vil strømme gjennom en jordart pr. tidsenhet under gitte betingelser (Betegnelsen "hydraulisk konduktivitet" benyttes også)  $q = k \cdot A \cdot i$  hvor  $A$  = bruttoareal normalt strømrretningen  
 $i$  = gradient i strømrretningen



atmo-							
ev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.		
3 korn-	Block Watne AS Varegga boligfelt Lundamo	Original format	Fag				
stemte		Tegningens filnavn	Borplan.dwg				
it.		Underlagets filnavn	grunnlag.dwg				
ene T1	OVERSIKTSKART	1:50000					
gnelsen	MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Dato	11.09.2006	Konstr./Tegnet	ih	Kontrollert	aru
		Oppdragsnr.	411793	Tegningsnr.	0	Godkjent	
						Rev.	



TEGNFORKLARING:

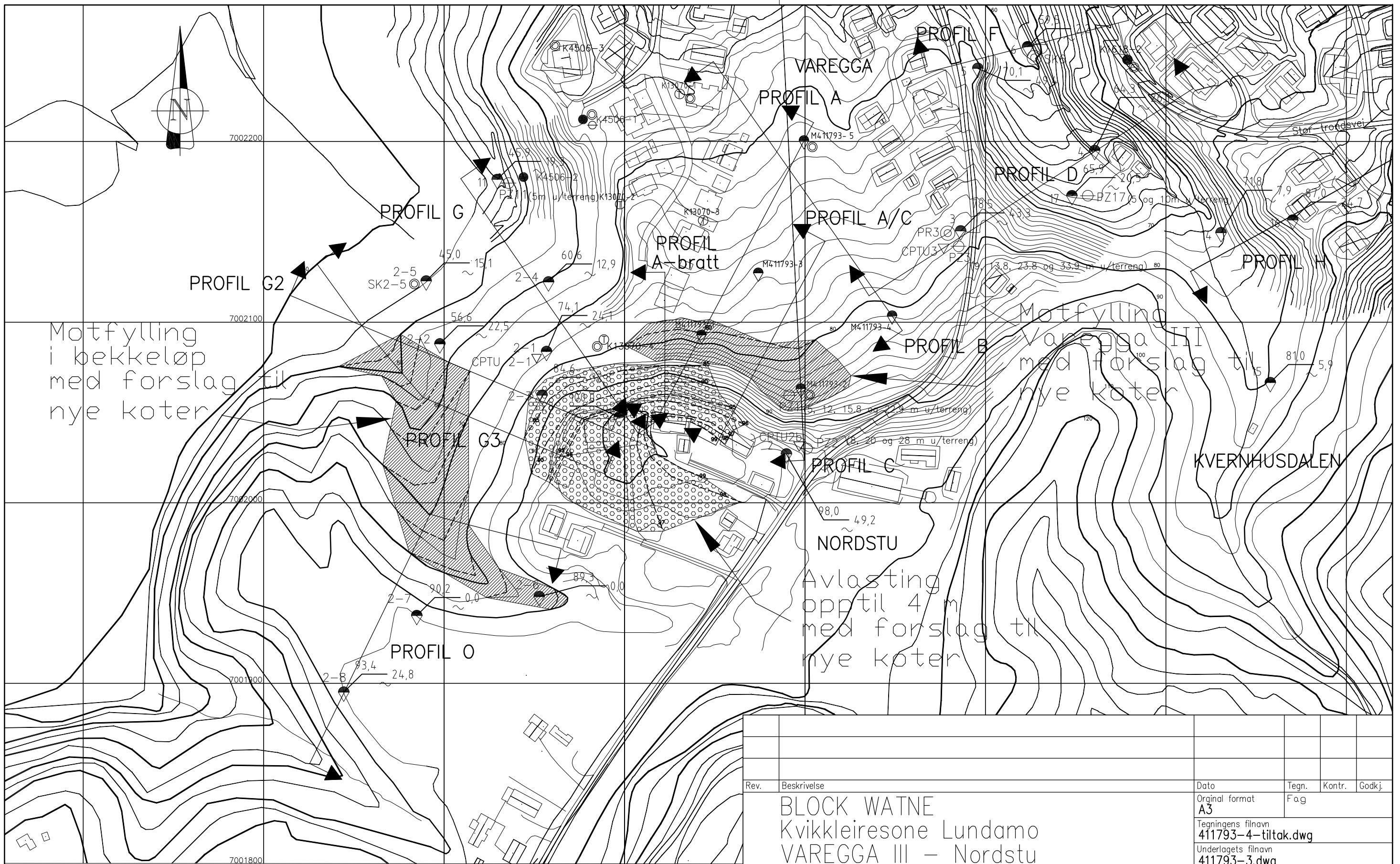
- DREIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- ⊕ TOTALSONDERING
- ☆ FJELLKONTROLLBORING
- ⊕ KJERNEBORING
- ◆ DREIETRYKKSONDERING
- ⊗ SKRUPLATEFORSØK
- ⊙ PRØVESERIE
- PRØVEGRUPP
- ▽ TRYKKSONDERING
- ⋈ FJELL I DAGEN
- ⊕ TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE  
ANTATT FJELLKOTE → BØRET DYBDE ← (BØRET I FJELL)
- + VINGEBORING
- ⊖ PORETRYKKMÅLING

BORBOK NR: 20533  
 LAB.BOK NR: 2034  
 KARTGRUNNLAG: Melhus kommune  
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT:

Nye borerer: Merket 2-1 til 2-9  
 Ref forøvrig tegning 412688-2A

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	BLOCK WATNE Kvikkleiresone Lundamo VAREGGA III – Nordstu	Original format A3	Fag		
		Tegningens filnavn 411793-3.dwg			
		Underlagets filnavn *.dwg			
	Borplan – Supplerende grunnundersøkelser	1:1500			
	<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato 03.09.2008	Konstr./Tegnet ih	Kontrollert ET	Godkjent ARV
	7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70	Oppdragsnr. 411793	Tegningsnr. -3		Rev.

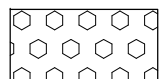




TEGNFORKALRING:



Motfylling i bunn Hmaks= ca 3m



Avlasting på topp, Hmaks=ca 4m

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	BLOCK WATNE Kvikkleiresone Lundamo VAREGGA III – Nordstu	Original format A3	Fag		
	Tiltaksplan – alternativ 2	Tegningens filnavn 411793-4-tiltak.dwg			
		Underlagets filnavn 411793-3.dwg			
		1:2000			
	<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato 04.09.2008	Konstr./Tegnet ih	Kontrollert	Godkjent
	7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70	Oppdragsnr. 411793	Tegningsnr. -4		Rev.



TERRENGKOTE	ca +45	DYBDE PRØVE	VANNINHOLD OG KONSISTENSGRENSER %				n %	D <sub>g</sub> %	γ kN/m <sup>3</sup>	SKJÆRSTYRKE S <sub>u</sub> (kN/m <sup>2</sup> )					S <sub>i</sub>	
			20	30	40	50				10	20	30	40	50		
TØRRSKORPELEIRE, (sprø) sandig, grusig	fast	0-0.5	○													
LEIRE enk. sandkorn	tørrskorpig tynne siltlag	0.5-1.0	○									▼				
		1.0-1.5	○										▼			
		1.5-2.0	○										▼			
		2.0-2.5	○										▼			
		5										▼				
		10														
		15														

PR = PRØVESERIE  
SK = SKOVLEBORING  
PG = PRØVEGRUP  
VB = VINGEBORING  
BORBOK NR.: 20533  
LABBOK NR.: 2034

○ NATURLIG VANNINHOLD  
— W<sub>L</sub> FLYTEGRENSE  
— W<sub>F</sub> — " — KONUSMETODE  
— W<sub>P</sub> PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET  
D<sub>Na</sub> = HUMUSINHOLD  
D<sub>gl</sub> = GLØDETAP  
γ = TYNGDETETHET

▽ KONUSFORSØK  
▼ OMRØRT SKJÆRSTYRKE  
○ TRYKKFORSØK  
15-Ø5 % DEFORMASJON VED BRUDD  
+ VINGEBORING  
S<sub>i</sub> SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSØK

## GEOTEKNISKE DATA

BLOCK WATNE AS  
KVIKKLEIRESONE LUNDAMO  
VAREGGA III - Nordstu

Boring nr.  
SK 2-5

Tegningens filnavn  
HULL 2-5.dwg

Borplan nr.  
3

Boret dato.  
10.06.08



**MULTICONSULT AS**

Dato 03.09.2008

Tegnet KJT

Kontrollert JSD

Godkjent Orv

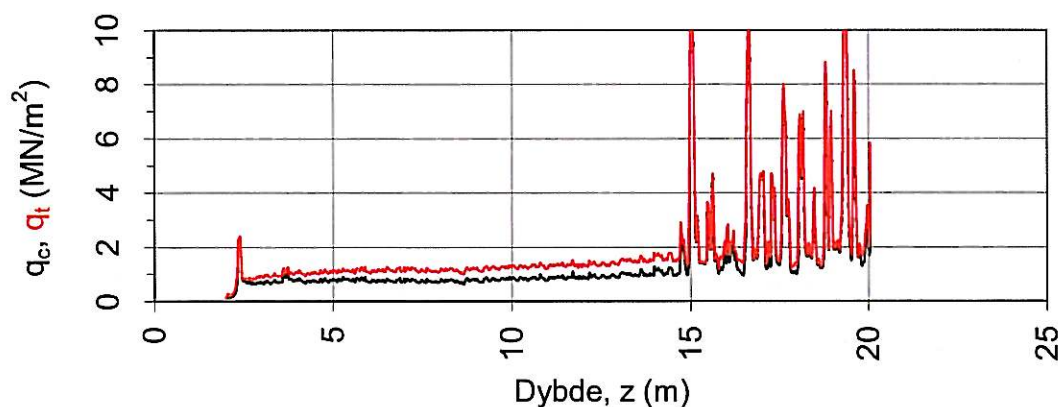
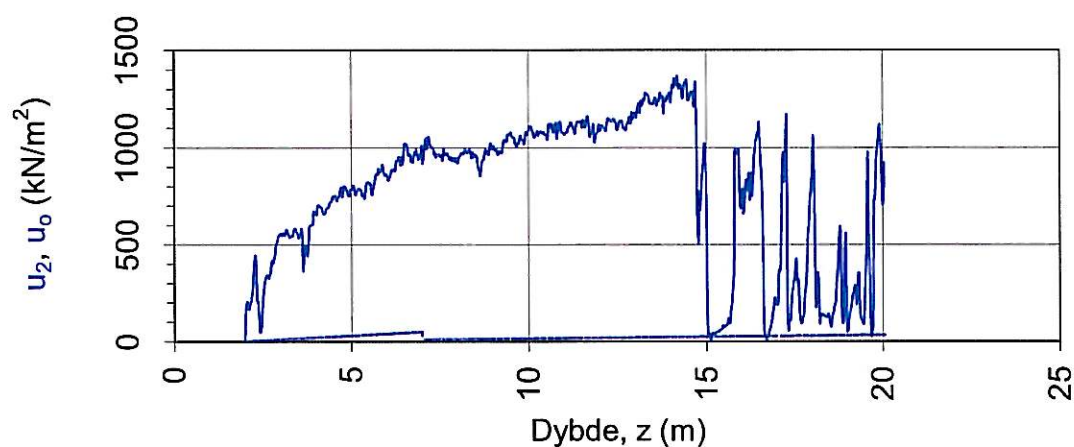
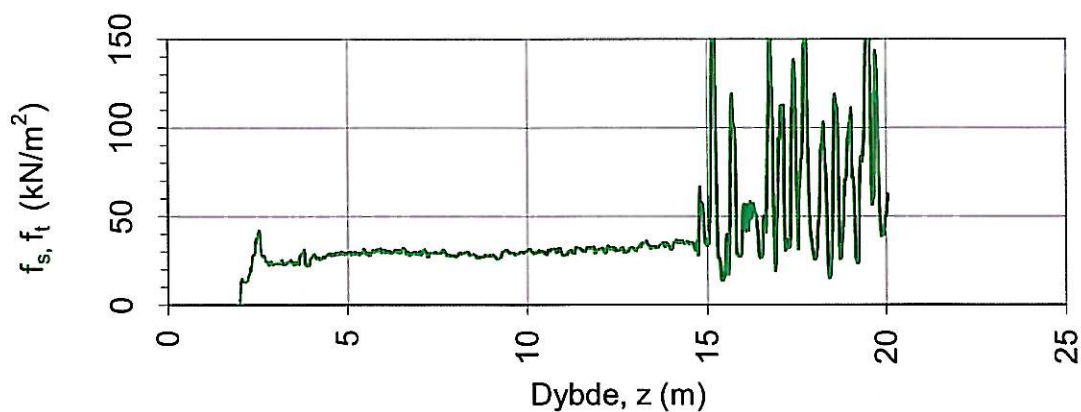
7486 TRONDHEIM  
Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70

Oppdragsnr.  
411793

Tegningsnr.

12

Rev.



## BLOCK WATNE - VAREGGA III

Lundamo

Tegningens filnavn:

Spissmotstand, poretrykk og sidefriksjon.



**CPTU id.:**

CPTU 2-1

**MULTICONSULT AS**

Dato:

03.09.2008

Tegnet:

EriT

Kontrollert:

IH

Godkjent:

ARV

Oppdrag nr.:

411793

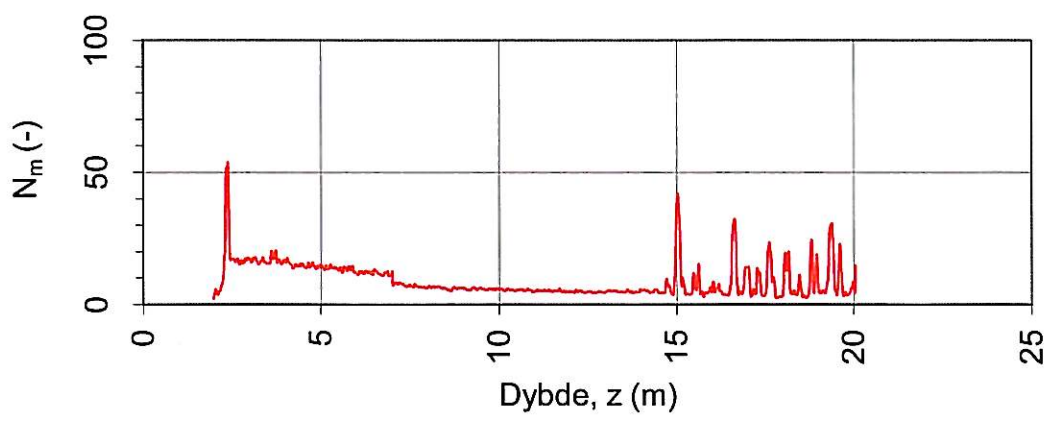
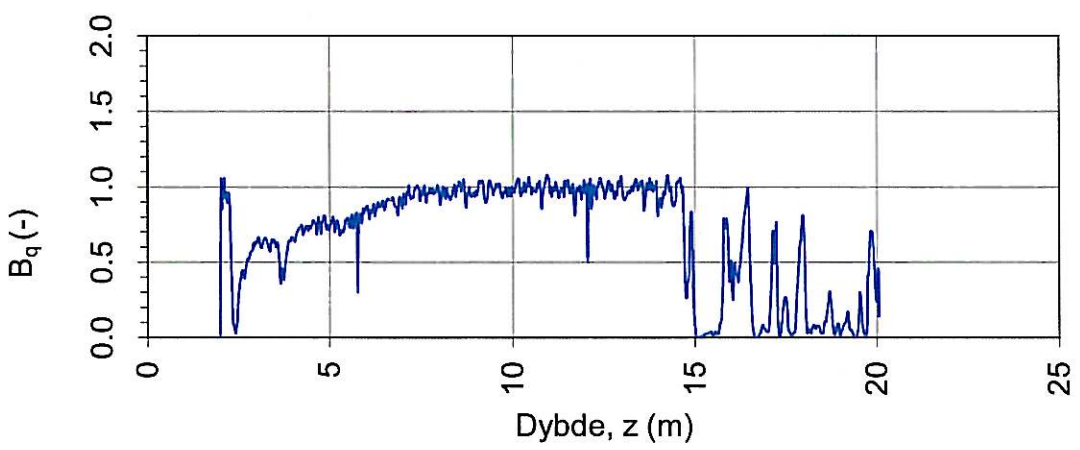
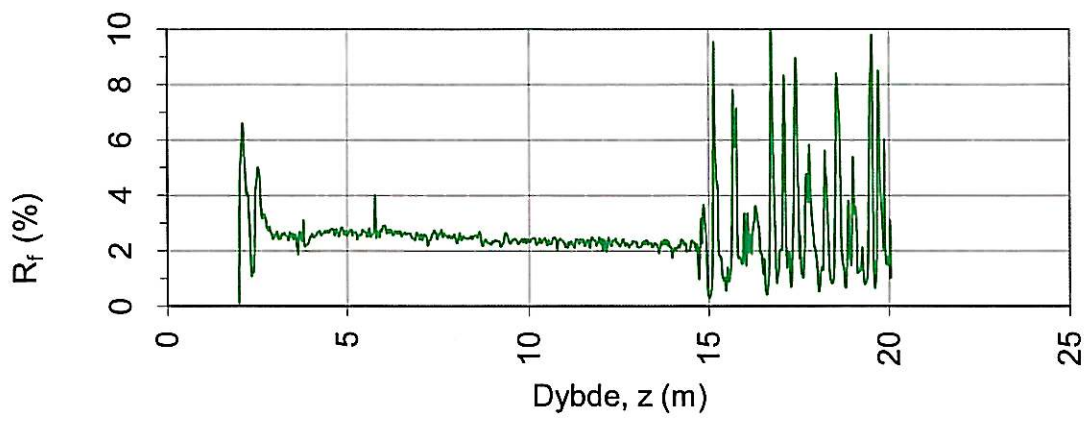
Tegning nr.:


40

Programrevisjon:

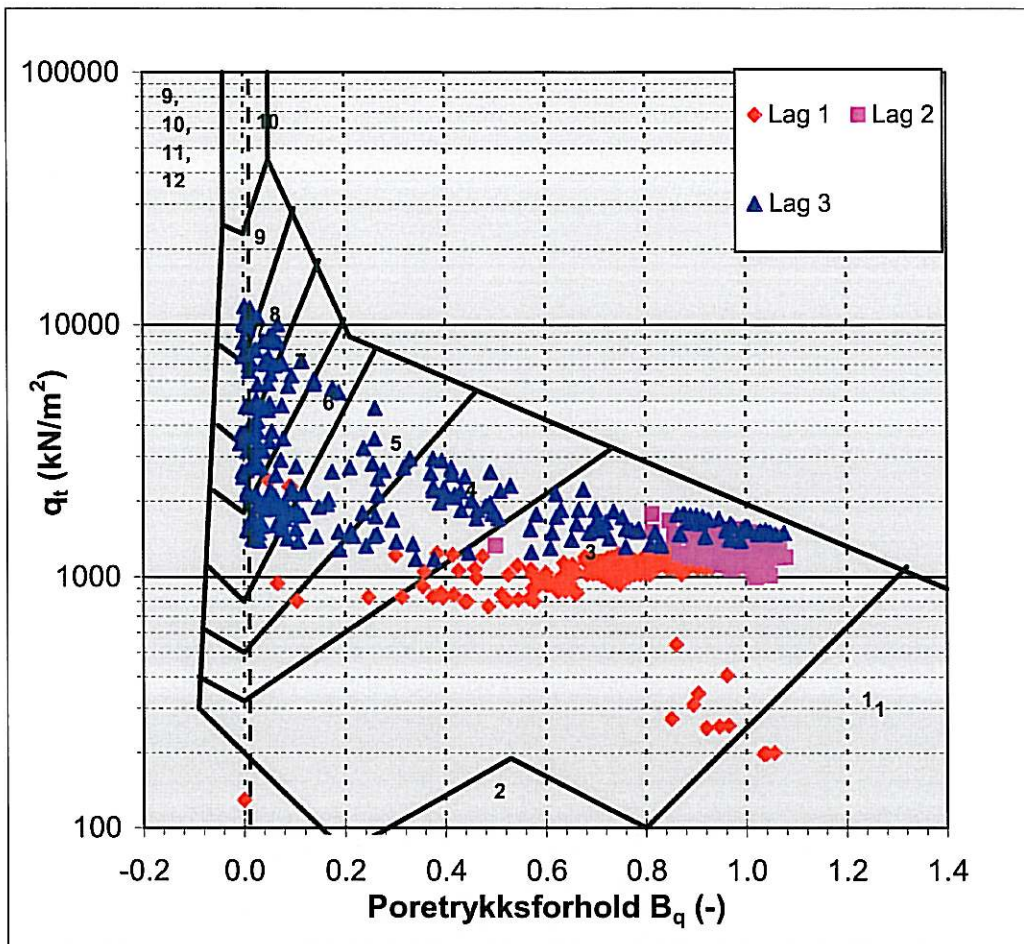
26.06.2007

Revisjon:



<b>BLOCK WATNE - VAREGGA III</b>			<b>Lundamo</b>	Tegningens filnavn:
Spissmotstandstall, poretrykks- og friksjonsforhold.				
<b>CPTU id.:</b>	CPTU 2-1			
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	03.09.2008	EriT	IH <i>[signature]</i>	ARV <i>[signature]</i>
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	411793	41	26.06.2007	





Jordartsid.	Beskrivelse	Laggrenser	Lag		
1	Sensitivt, finkornig materiale	Fra - til (m)	nr.	ld	ld
2	Organisk materiale	0,0 - 8,0 m	1	3	4
3	Leire	8,0-14,0 m	2	3	
4	Leire - siltig leire	14,0 -20,0 m	3	3	8
5	Leirig silt - siltig leire	20,0 - 25,0 m			
6	Sandig silt - leirig silt	0,0 - 0,0 m			
7	Siltig sand - sandig silt	Ved variasjon i jordart-gruppe brukes begge ld - boksene for å beskrive jordarten (eks. 5 - 7).			
8	Sand - siltig sand				
9	Sand				
10	Grusig sand - sand				
11	Meget fast, finkornig materiale				
12	Sand - leirig sand				

## BLOCK WATNE - VAREGGA III

Lundamo

Tegningens filnavn:

Jordartsidentifikasjon fra CPTU data  $q_t$  og  $B_q$ .



CPTU id.:

CPTU 2-1

MULTICONSULT AS

Dato:  
03.09.2008

Tegnet:  
EriT

Kontrollert:  
IH *JSE*

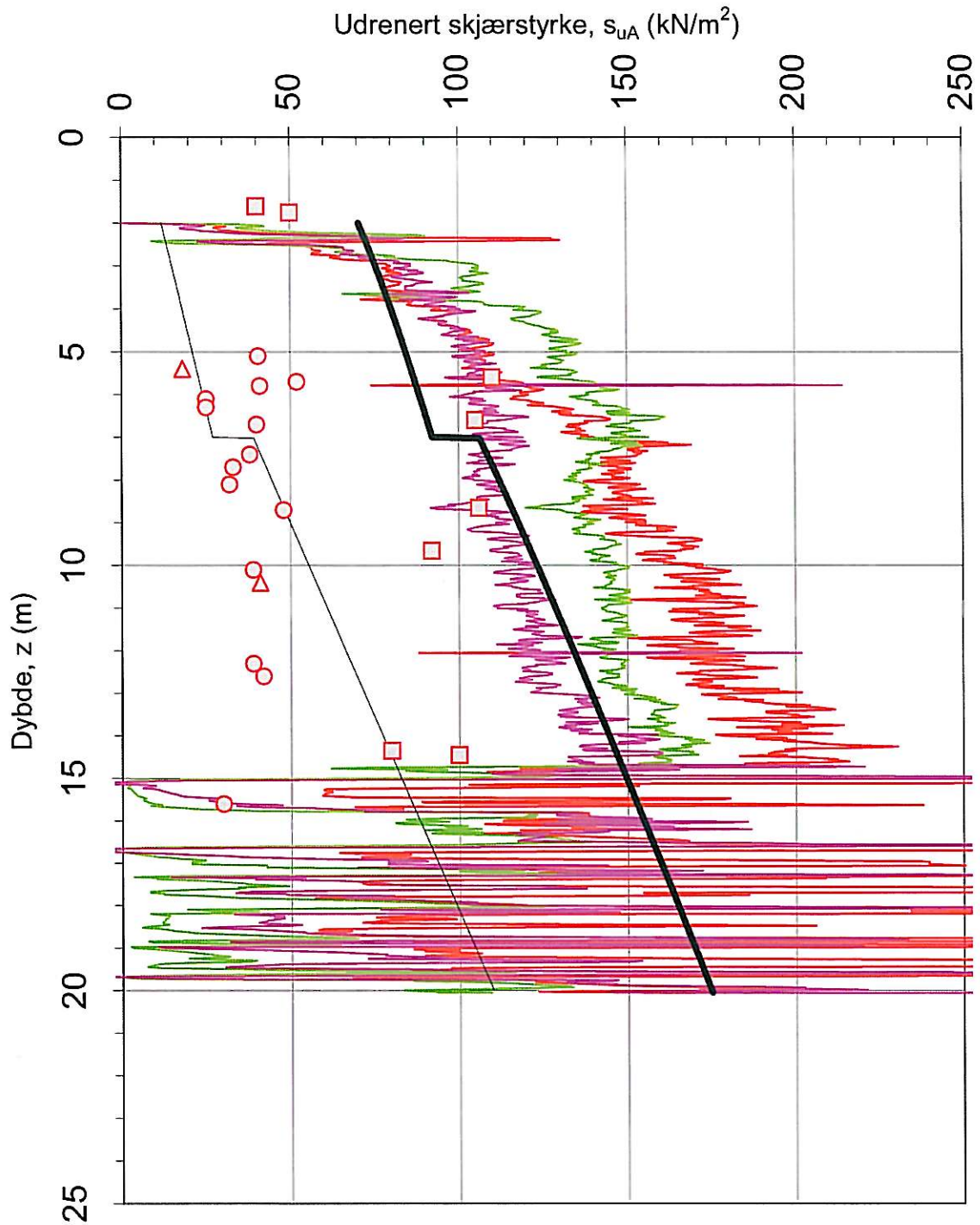
Godkjent:  
ARV *ARV*

Oppdrag nr.:  
411793


Tegning nr.:  
42

Programrevisjon:  
26.06.2007

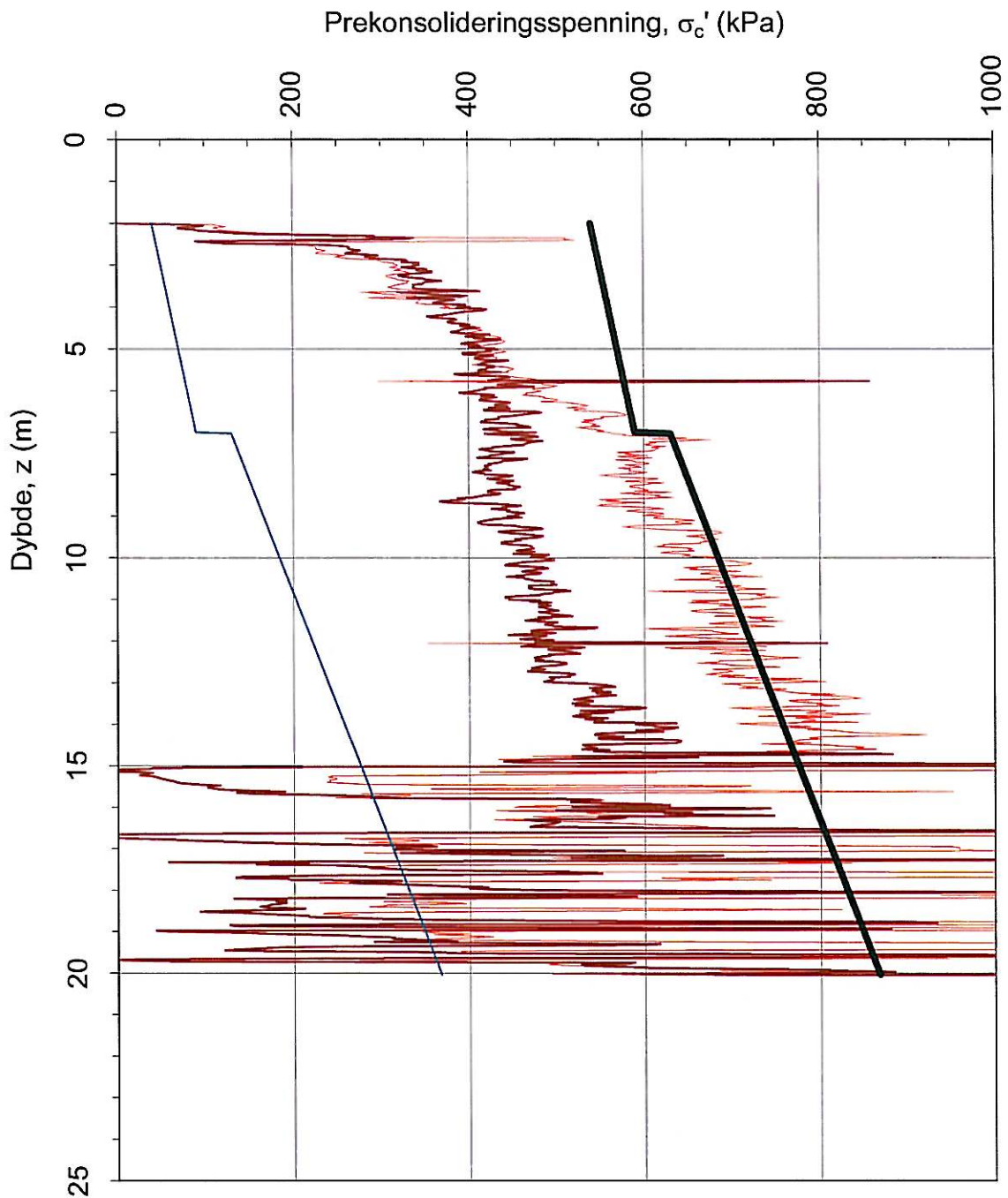
Rev.:



- suA,  $N_{kt}=f(B_q)=18.7-12.5B_q$
- suA,  $N_{Du}=f(B_q) = 1.8 + 7.25 B_q$
- Design: SHANSEP-suA -  $\Delta p' = 500 \text{ kPa}$
- suA, rutine konus (flere borpunkt)
- suA,  $N_{Du}=f(S_t, OCR, I_p)=9.8-4.5 \log OCR$
- suA, NC,  $0,3p_o'$
- suA, aktiv treaks (flere borpunkt)
- △ suA, rutine enaks (flere borpunkt)

<b>BLOCK WATNE - VAREGGA III</b>		<b>Lundamo</b>		Tegningens filnavn:
Aktiv udrenert skjærstyrke $s_{uA}$ , korrelert mot $B_q$ .				
<b>CPTU id.:</b>	CPTU 2-1			
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	03.09.2008	EriT	IH <i>[Signature]</i>	ARV <i>[Signature]</i>
	411793	43	26.06.2007	





- Prekonsolidering,  $pc'$  fra CPTU, spissmotstand
- Prekonsolidering,  $pc'$  fra CPTU, poretrykk
- Eff. overlagingstrykk,  $po'$
- Design,  $\Delta p' = 500$  kPa

**BLOCK WATNE - VAREGGA III**

**Lundamo**

Tegningens filnavn:

Prekonsolideringsspenning  $\sigma_c'$



**CPTU id.:**

CPTU 2-1

**MULTICONSULT AS**

Dato:

03.09.2008

Tegnet:

EriT

Kontrollert:

IH *[Signature]*

Godkjent:

ARV *[Signature]*

Oppdrag nr.:

411793

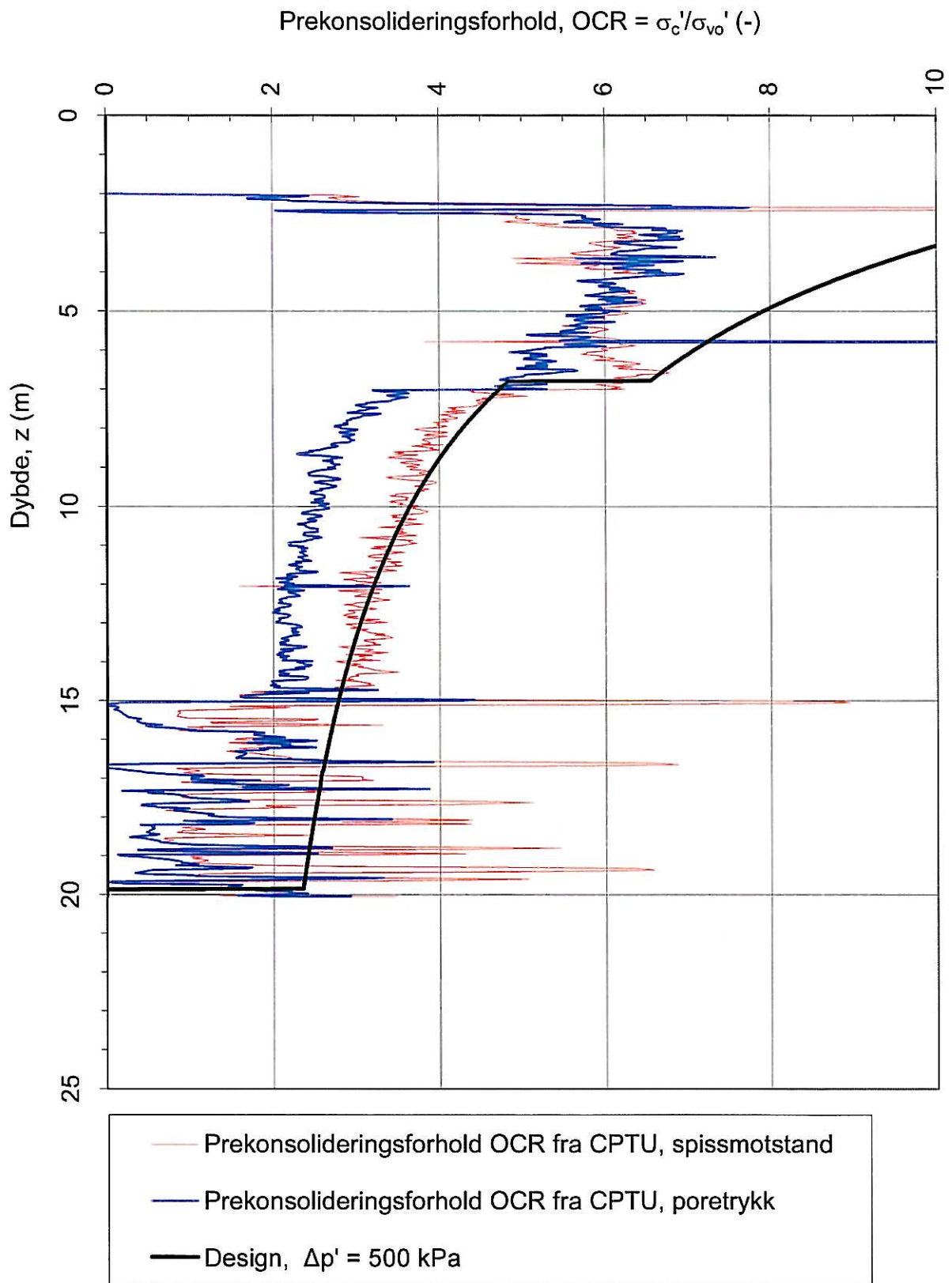
Tegning nr.:

44

Programrevisjon:

26.06.2007

Rev.:



**BLOCK WATNE - VAREGGA III**

**Lundamo**

Tegningens filnavn:

Spenningshistorie,  $OCR = \sigma_c' / \sigma_{vo}'$ .



**CPTU id.:**

CPTU 2-1

**MULTICONSULT AS**

Dato:

03.09.2008

Tegnet:

EriT

Kontrollert:

IH *FD*

Godkjent:

ARV *AK*

Oppdrag nr.:

411793

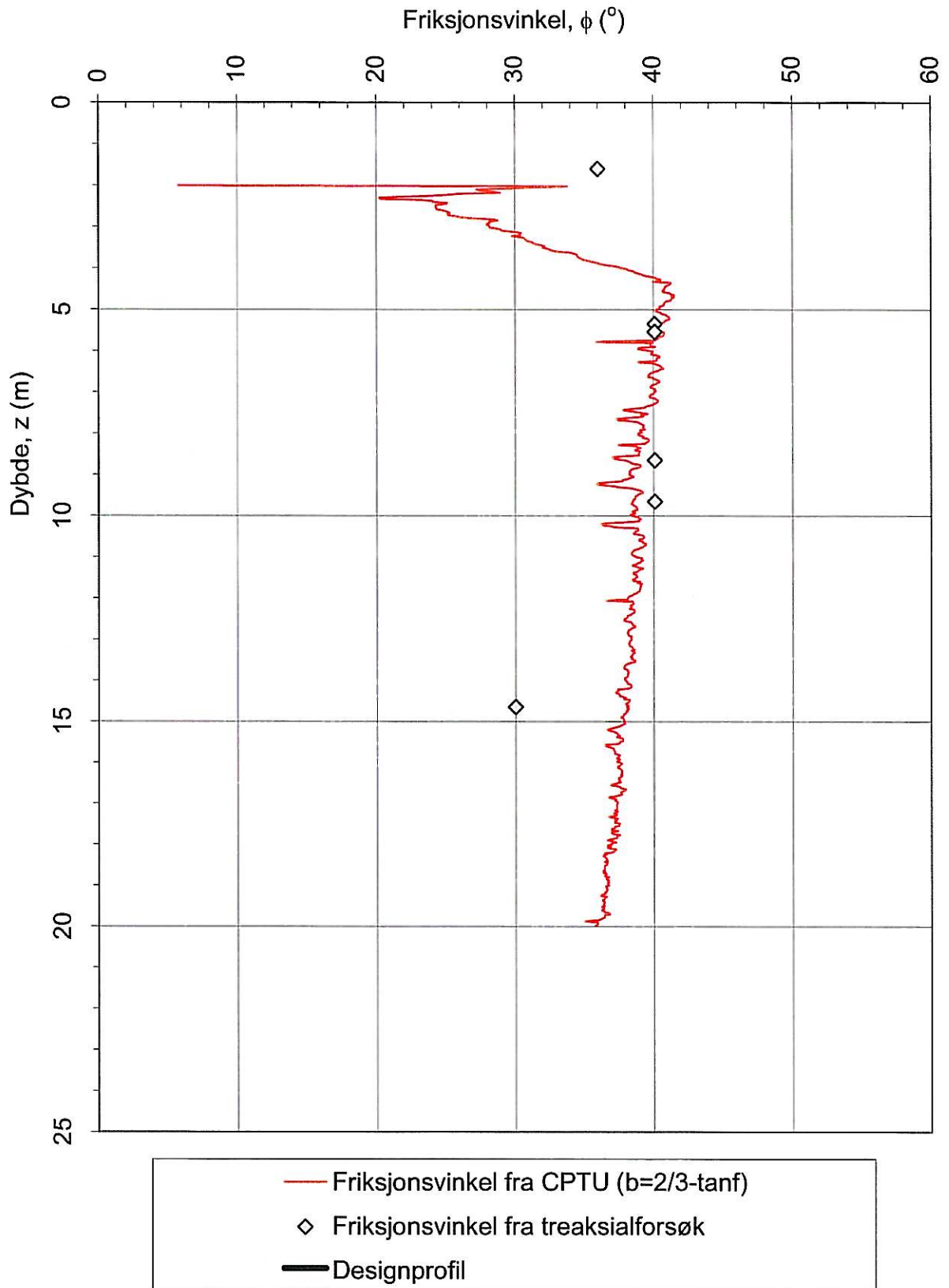
Tegning nr.:

45

Programrevisjon:

26.06.2007

Rev.:



**BLOCK WATNE - VAREGGA III**

**Lundamo**

Tegningens filnavn:

Friksjonsvinkel  $\phi$ .



**CPTU id.:**

CPTU 2-1

**MULTICONSULT AS**

Dato:

03.09.2008

Tegnet:

EriT

Kontrollert:

IH *[Signature]*

Godkjent:

ARV *[Signature]*

Oppdrag nr.:

411793

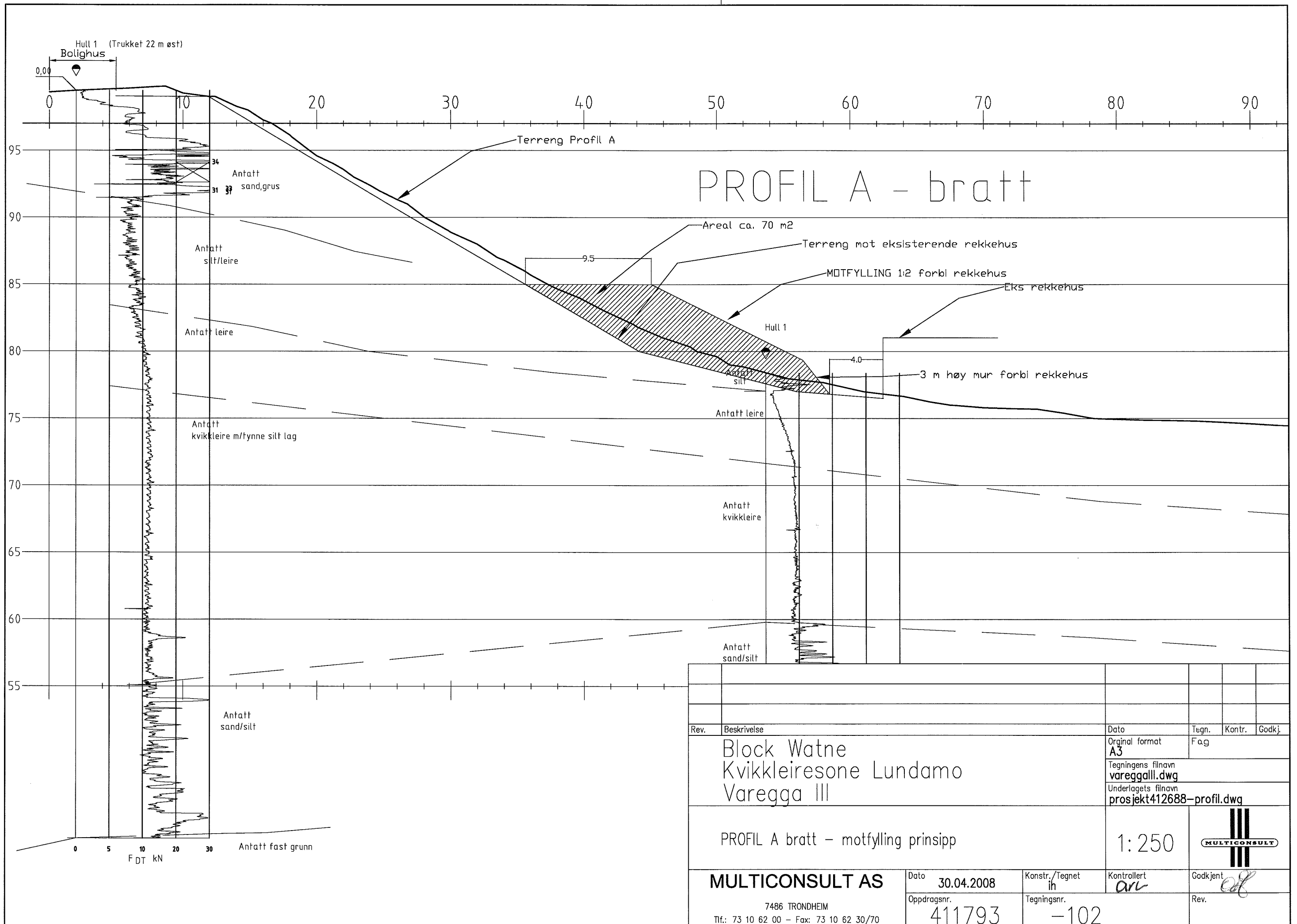
Tegning nr.:


46

Programrevisjon:

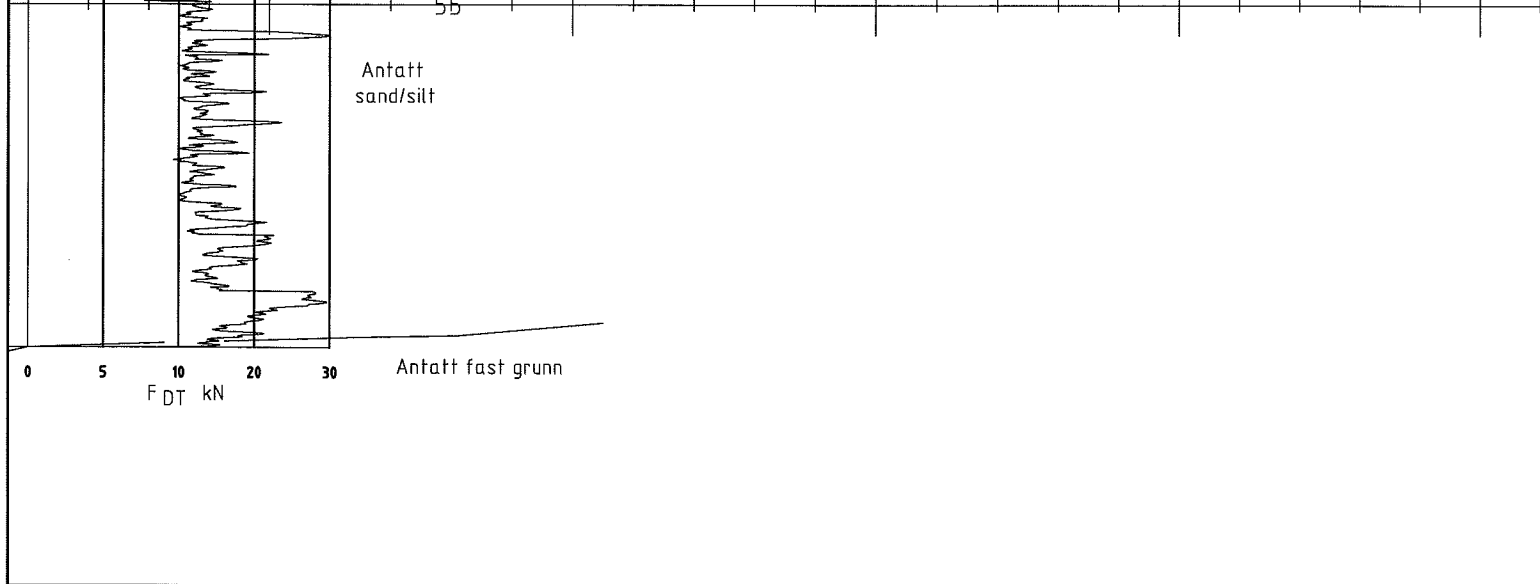
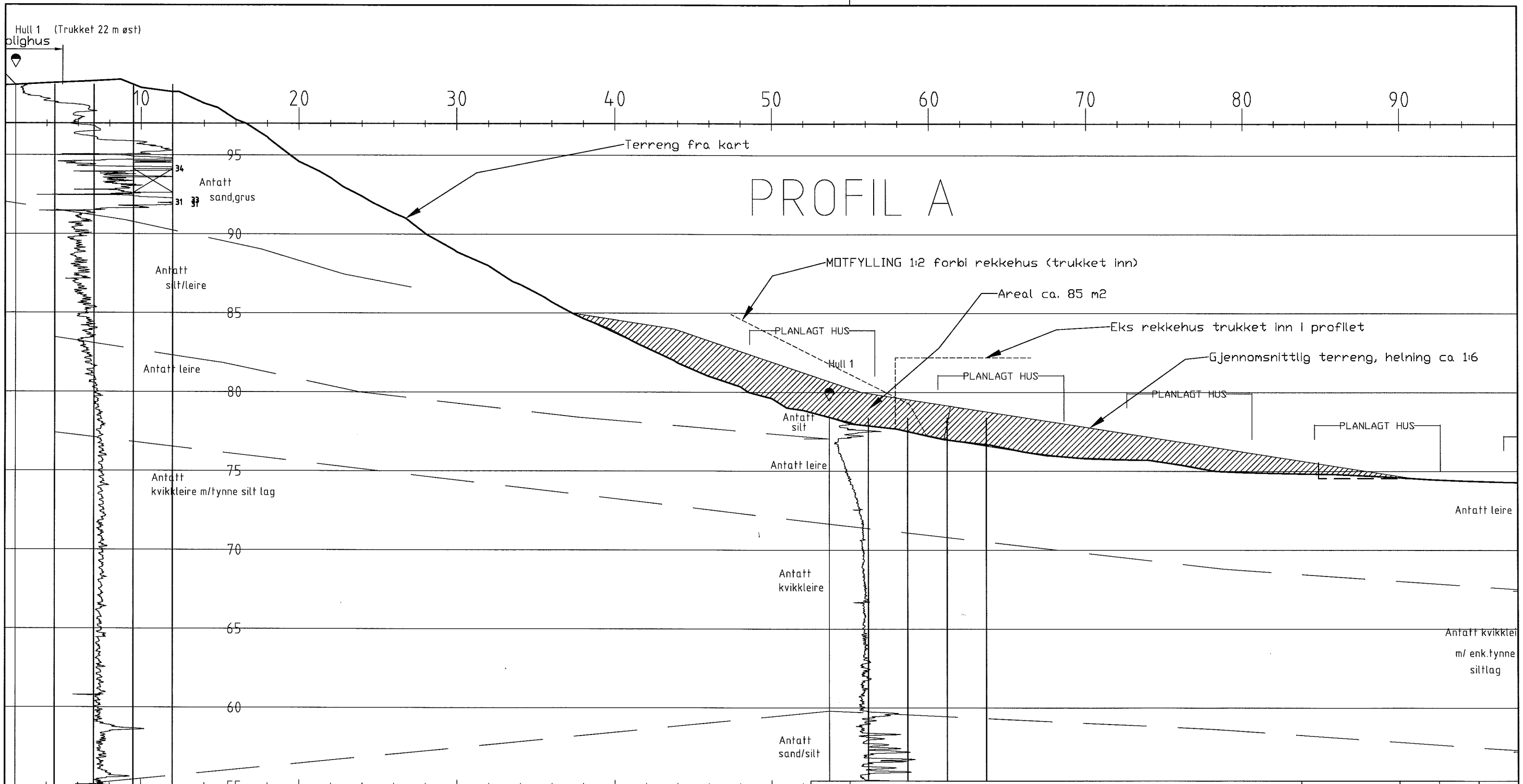
26.06.2007

Rev.:



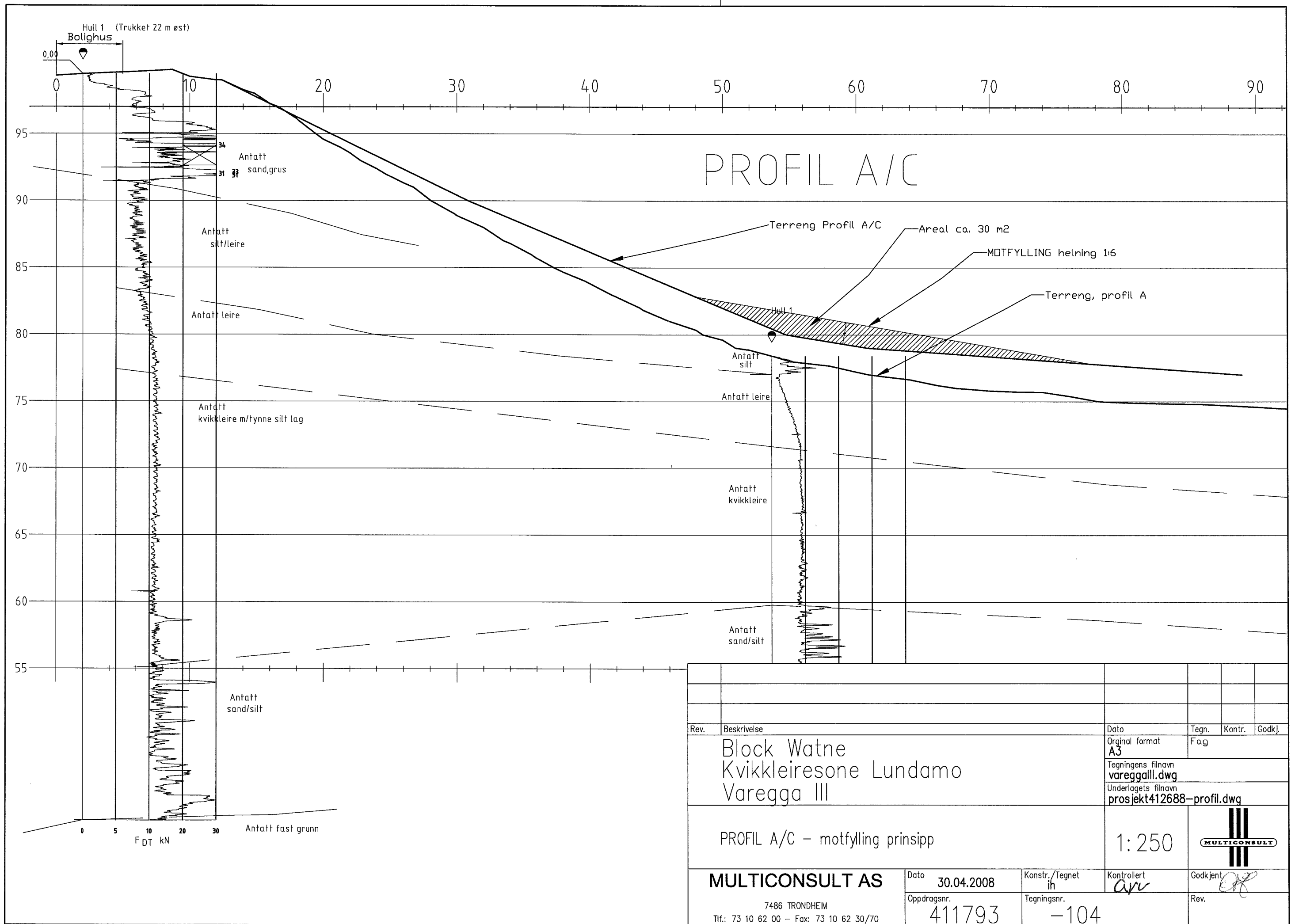
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Block Watne Kvikkleiresone Lundamo Varegga III	Original format A3	Fag		
		Tegningens filnavn vareggall.dwg			
		Underlagets filnavn prosjekt412688-profil.dwg			
	PROFIL A bratt - motfylling prinsipp	1:250			
MULTICONSULT AS		Dato 30.04.2008	Konstr./Tegnet ih	Kontrollert arl	Godkjent arl
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 411793	Tegningsnr. -102	Rev.	


# PROFIL A

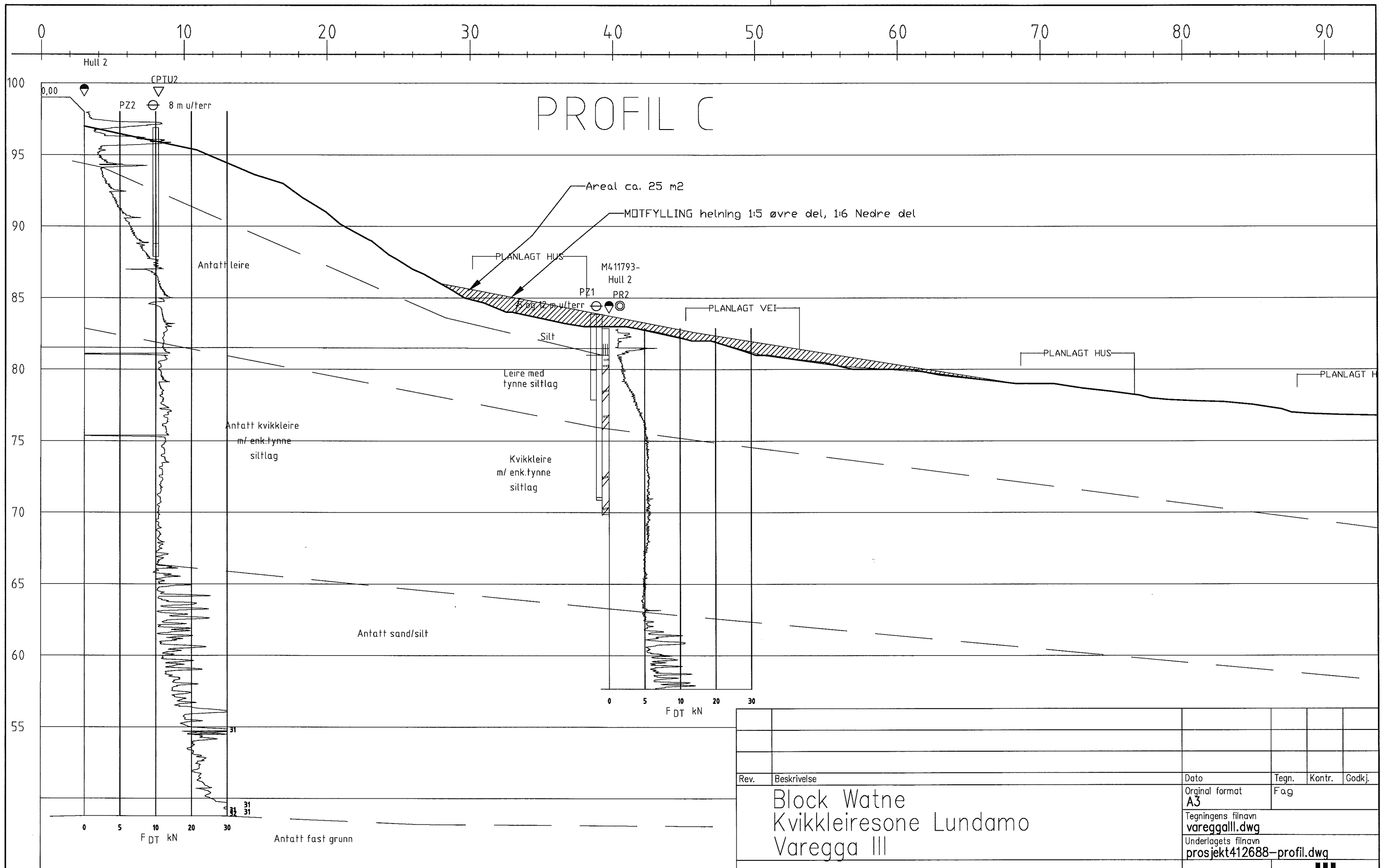


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Block Watne Kvikkleiresone Lundamo Varegga III	Original format A3	Fag		
		Tegningens filnavn vareggall.dwg			
		Underlagets filnavn prosjekt412688-profil.dwg			
PROFIL A - motfylling prinsipp		1:250			
MULTICONSULT AS		Dato 30.04.2008	Konstr./Tegnet ih	Kontrollert arr	Godkjent [Signature]
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 411793	Tegningsnr. -103	Rev.	

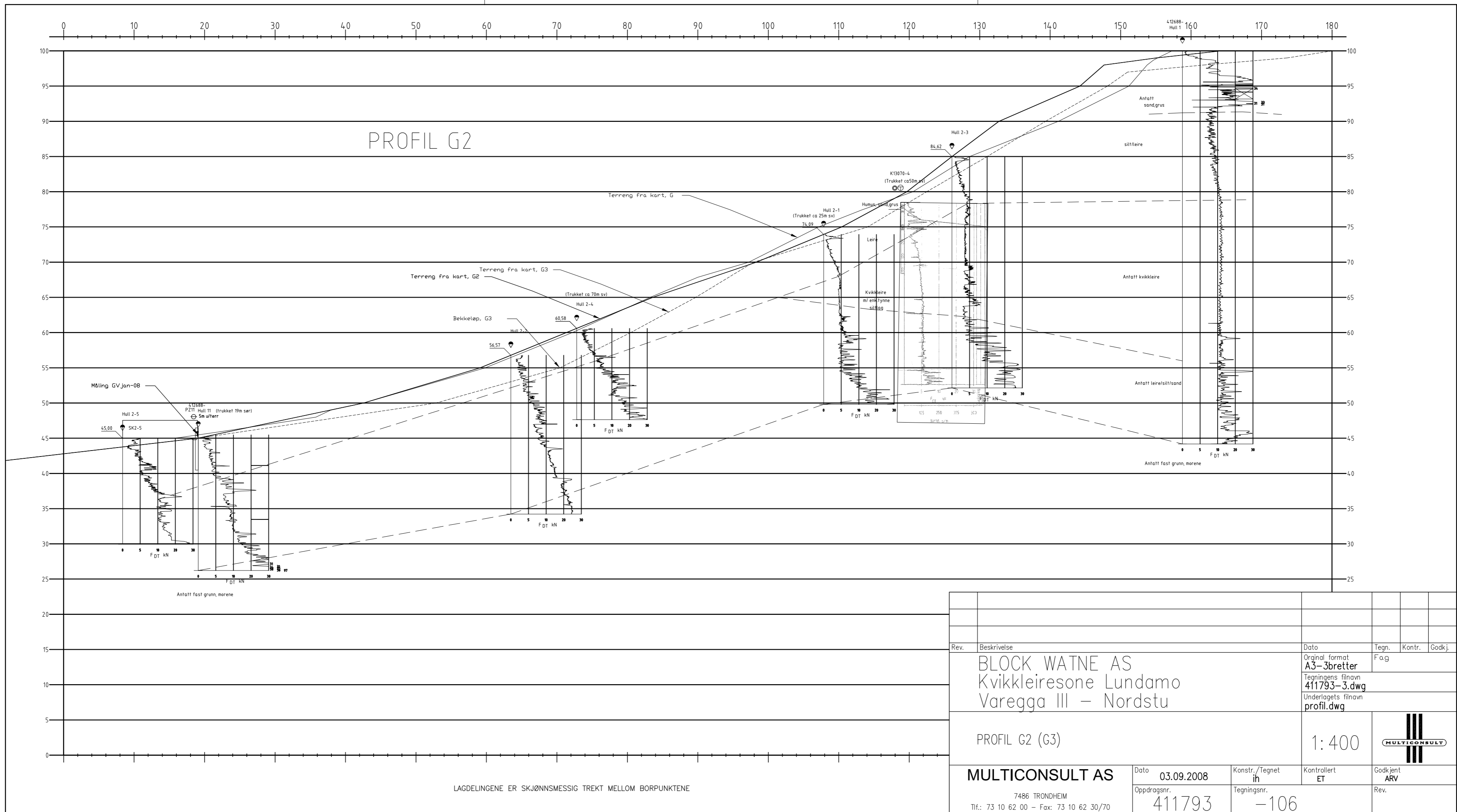




Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Block Watne Kvikkleiresone Lundamo Varegga III		Original format A3	Fag	
			Tegningens filnavn vareggall.dwg		
			Underlagets filnavn prosjekt412688-profil.dwg		
	PROFIL A/C - motfylling prinsipp	1:250			
	<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato 30.04.2008	Konstr./Tegnet in	Kontrollert aru	Godkjent OK
	7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Oppdragsnr. 411793	Tegningsnr. -104	Rev.	

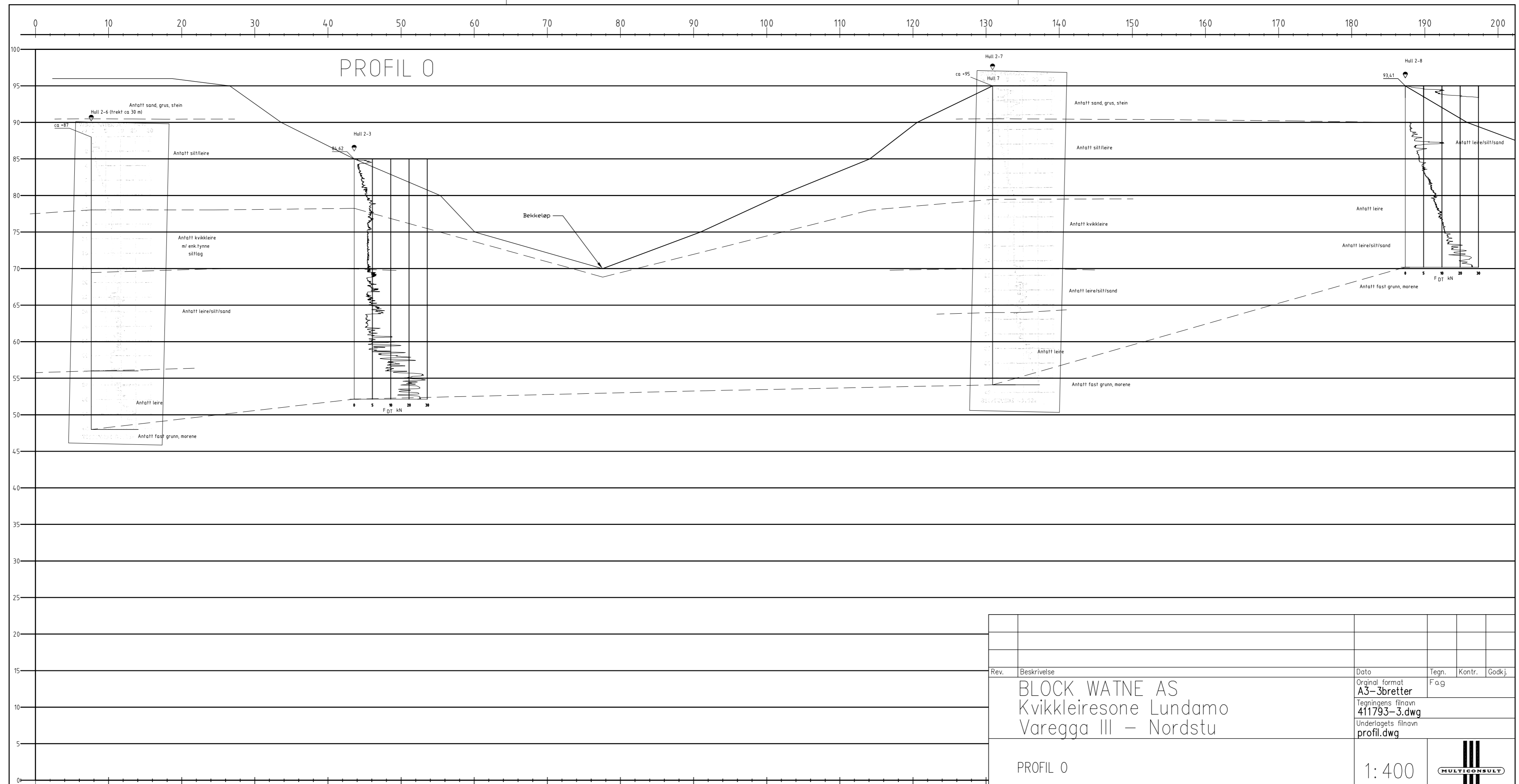


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Block Watne Kvikkleiresone Lundamo Varegga III	Original format A3	Fag		
		Tegningens filnavn vareggall.dwg			
		Underlagets filnavn prosjekt412688-profil.dwg			
	PROFIL C - motfylling prinsipp	1:250			
<b>MULTICONSULT AS</b>		Dato 30.04.2008	Konstr./Tegnet ih	Kontrollert arv	Godkjent 
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 411793	Tegningsnr. -105	Rev.	



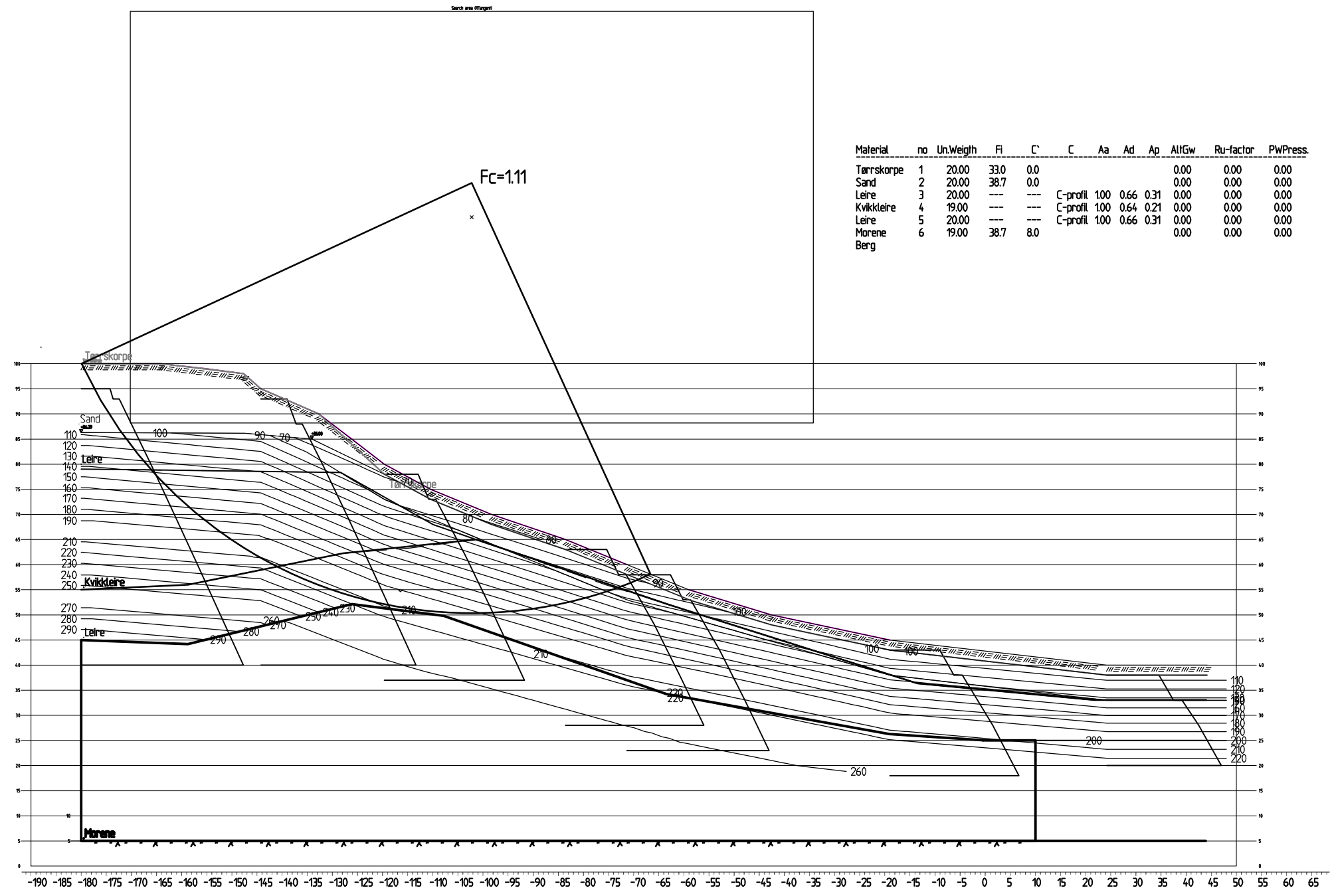
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	BLOCK WATNE AS Kvikkleiresone Lundamo Varegga III - Nordstu	03.09.2008	Fag		
	PROFIL G2 (G3)				
	MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Oppdragsnr. 411793	Konstr./Tegnet ih	Kontrollert ET	Godkjent ARV
			Tegningsnr. -106		




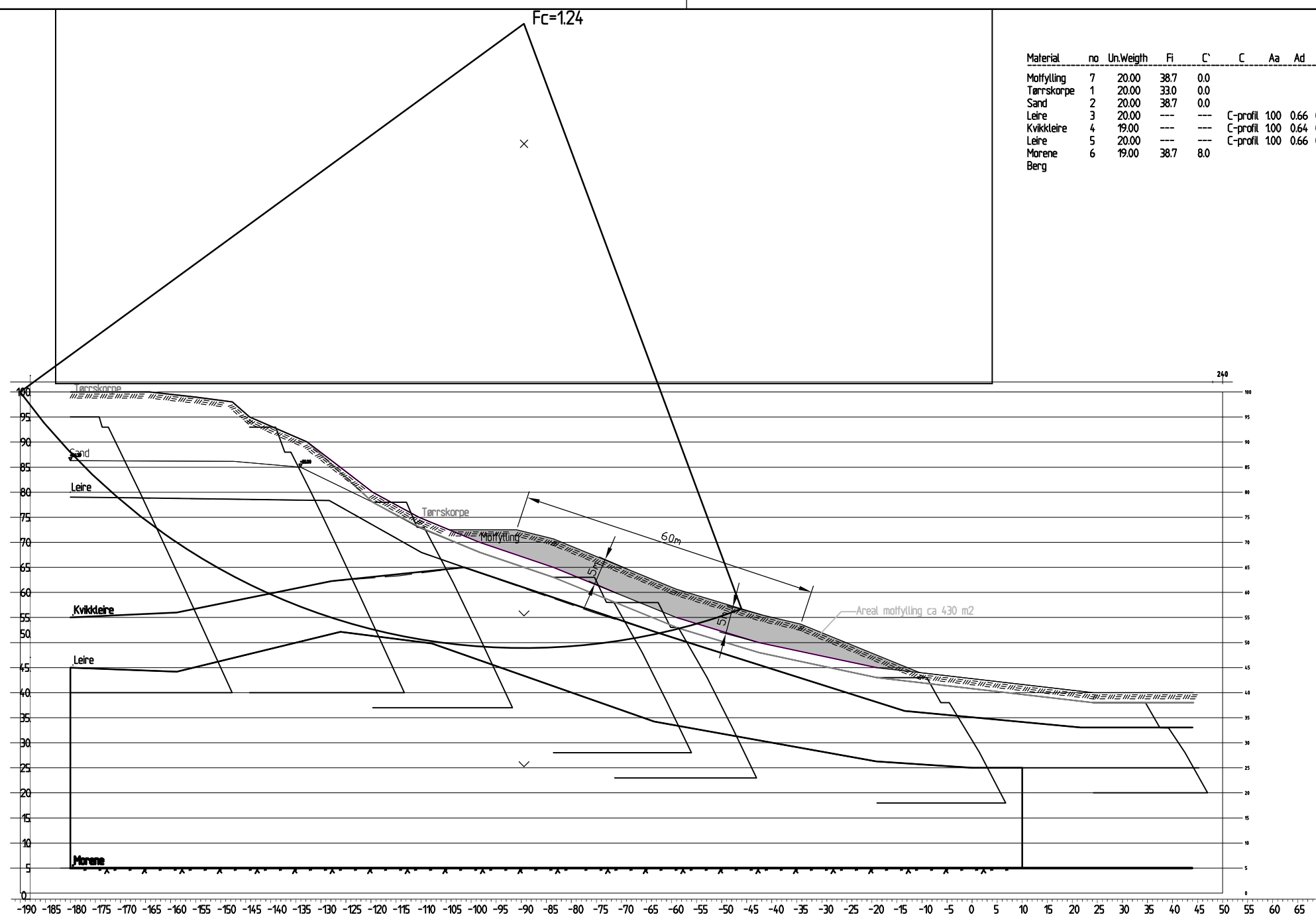


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	BLOCK WATNE AS Kvikkleiresone Lundamo Varegga III - Nordstu	03.09.2008	Fag		
	PROFIL 0				
	MULTICONSULT AS	Oppdragsnr. 411793	Konstr./Tegnet ih	Kontrollert ET	Godkjert ARV
	7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Tegningsnr. -107		

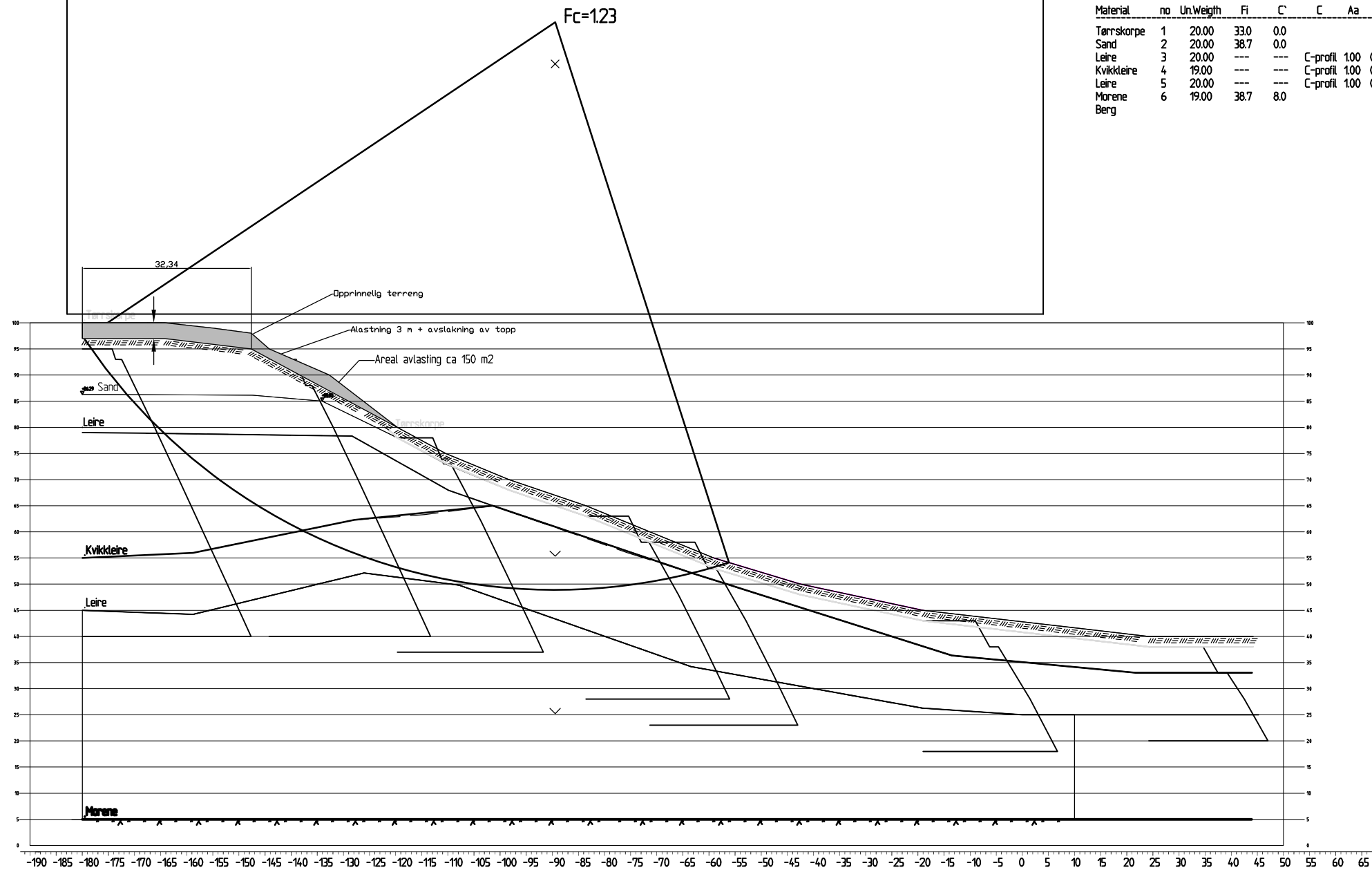




Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Block Watne Lundamo Geotekniske beregninger	Original format A3	Fag		
	PROFIL G2 - GeoSuite stabilitet ADP beregning - før tiltak	Tegningens filnavn G.dwg			
		Underlagets filnavn *.dwg			
		Målestokk 1:1000			
<b>MULTICONSULT AS</b> 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Dato 03.09.2008			
		Oppdragsnr. 411793	Tegningsnr. 300	Rev.	

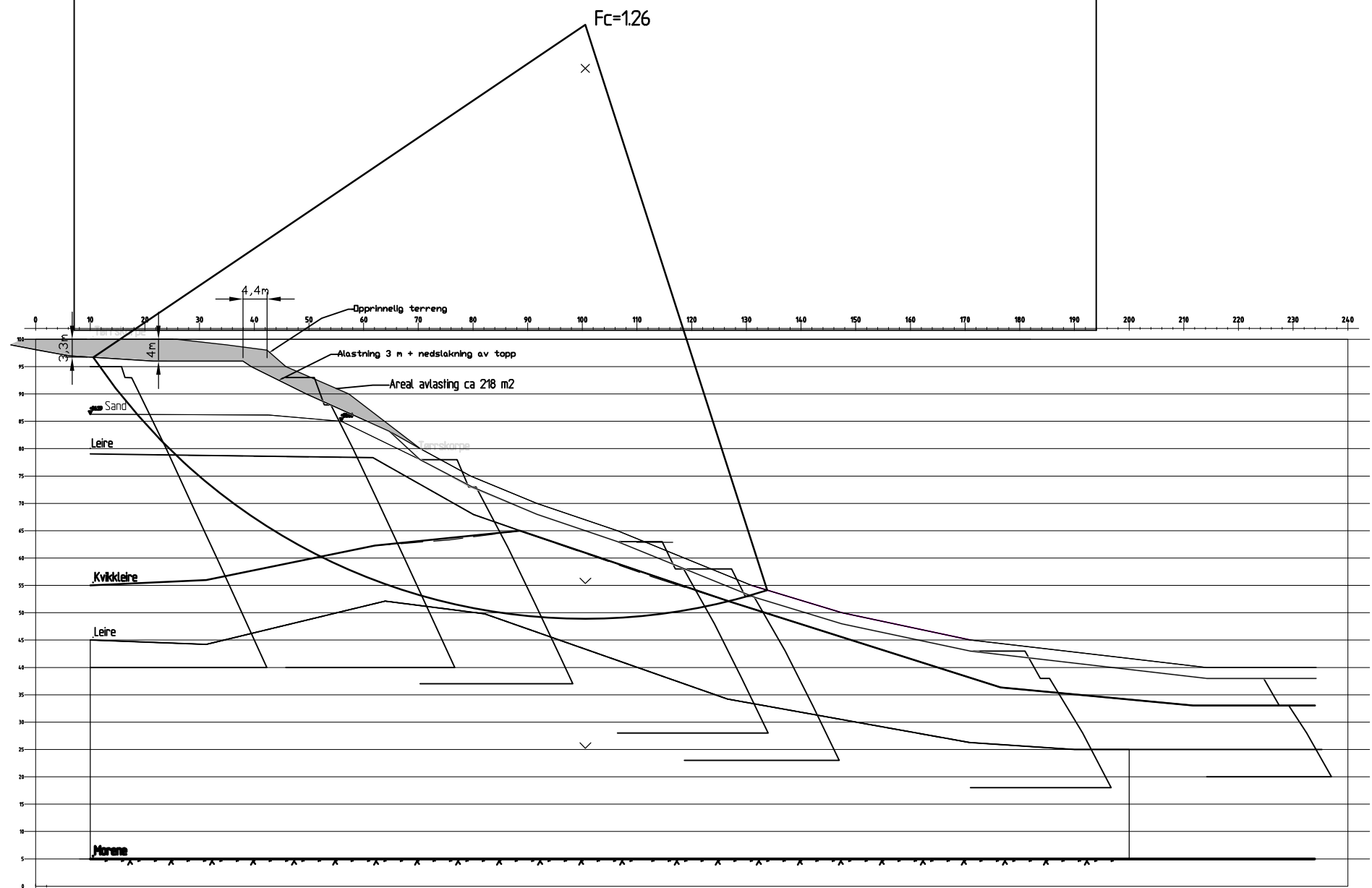


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Block Watne Lundamo Geotekniske beregninger	Original format A3	Fag		
	PROFIL G2 - GeoSuite stabilitet ADP beregning, kun motfylling 5 m over terreng Alternativ 1	Tegningens filnavn G-2 kun motfylling.dwg			
		Underlagets filnavn *.dwg			
		Målestokk 1:1000			
<b>MULTICONSULT AS</b>		Dato 04.09.2008	Konstr./Tegnet Erit	Kontrollert	Godkjent
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 411793	Tegningsnr. 301		Rev.



Material	no	Un.Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap	AllGw	Ru-factor	PWPress.
Tørnskorpe	1	20.00	33.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Sand	2	20.00	38.7	0.0					0.00	0.00	0.00
Leire	3	20.00	---	---	C-profil	1.00	0.66	0.31	0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	4	19.00	---	---	C-profil	1.00	0.64	0.21	0.00	0.00	0.00
Leire	5	20.00	---	---	C-profil	1.00	0.66	0.31	0.00	0.00	0.00
Morene	6	19.00	38.7	8.0					0.00	0.00	0.00
Berg											

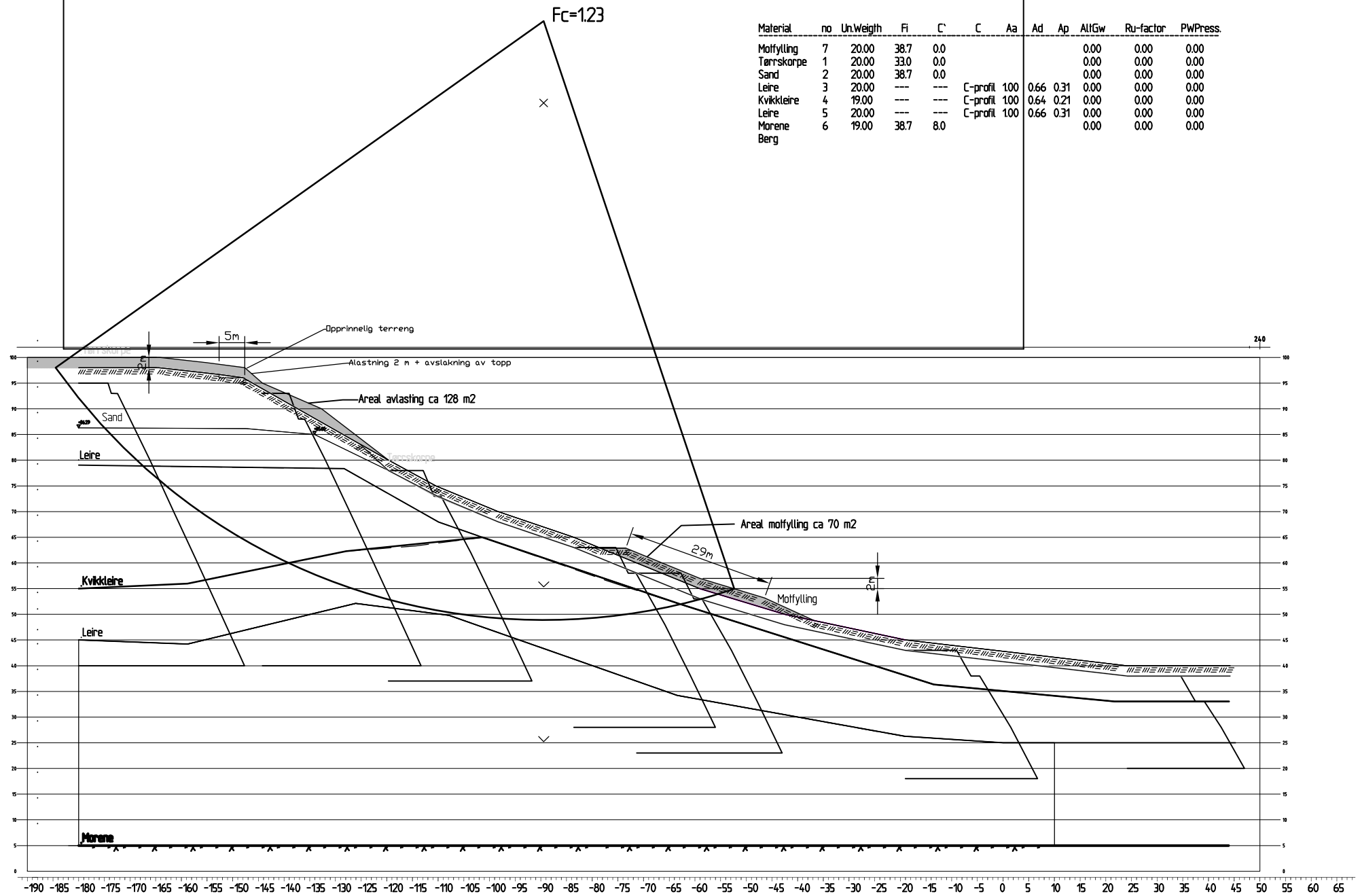
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Block Watne Lundamo Geotekniske beregninger	Original format A3	Fag		
	PROFIL G2 - GeoSuite stabilitet ADP, kun avlastning/utslaking av terrengetopp Alternativ 2	Tegningens filnavn G-2 kun_avlasting.dwg			
		Underlagets filnavn *.dwg			
		Målestokk 1:1000			
<b>MULTICONSULT AS</b>		Dato 04.09.2008	Konstr./Tegnet Erit	Kontrollert	Godkjent
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 411793	Tegningsnr. 302a		Rev.



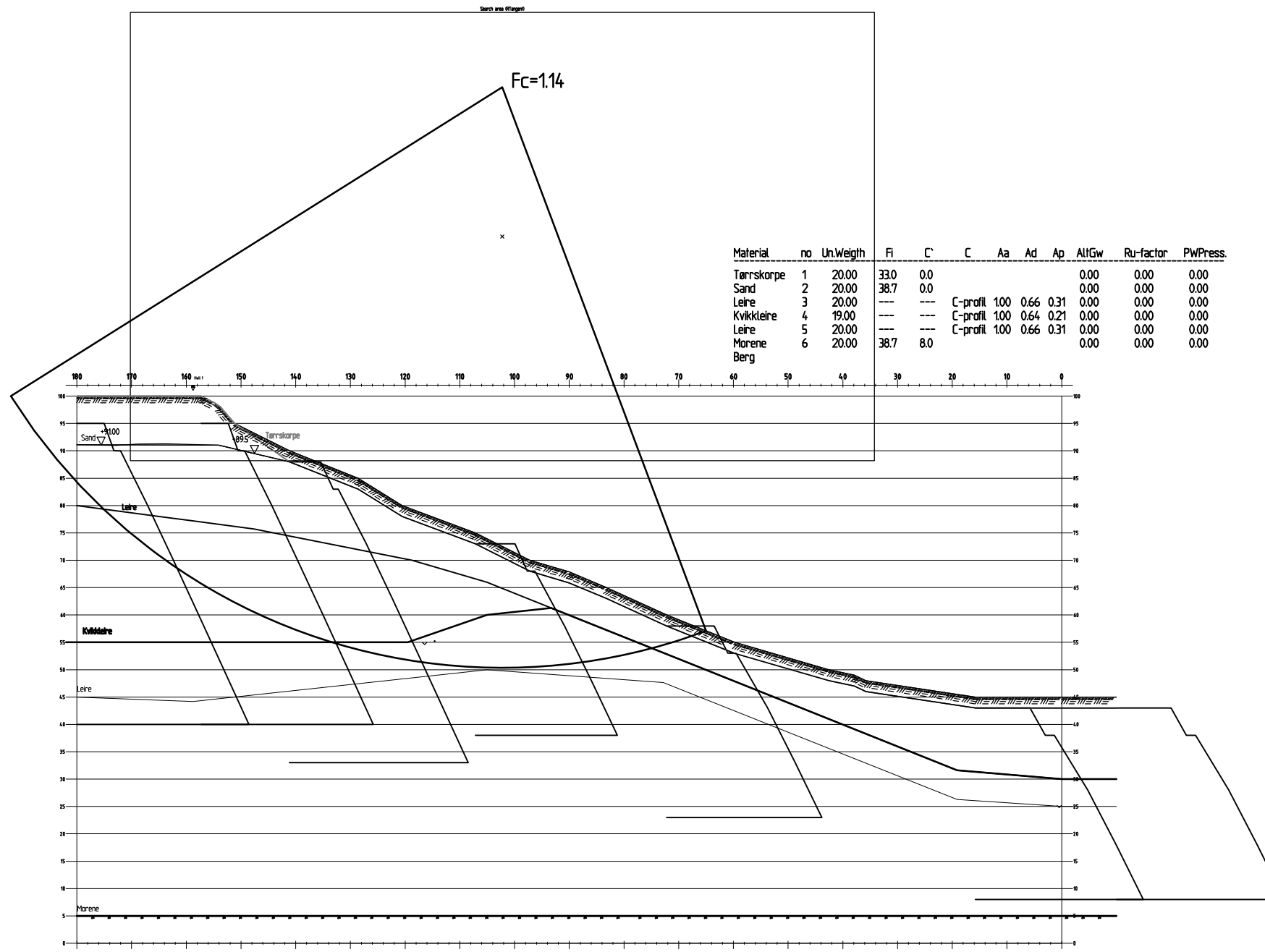
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Block Watne Lundamo Geotekniske beregninger	Original format A3	Fag		
	PROFIL G2 - GeoSuite stabilitet ADP, kun avlastning/utslaking av terrengtopp Alternativ 2	Tegningens filnavn G-2 reel avlasting.dwg			
		Underlagets filnavn *.dwg			
		Målestokk 1:1000			
	<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato 04.09.2008	Konstr./Tegnet Erit	Kontrollert	Godkjent
	7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Oppdragsnr. 411793	Tegningsnr. 302b		Rev.




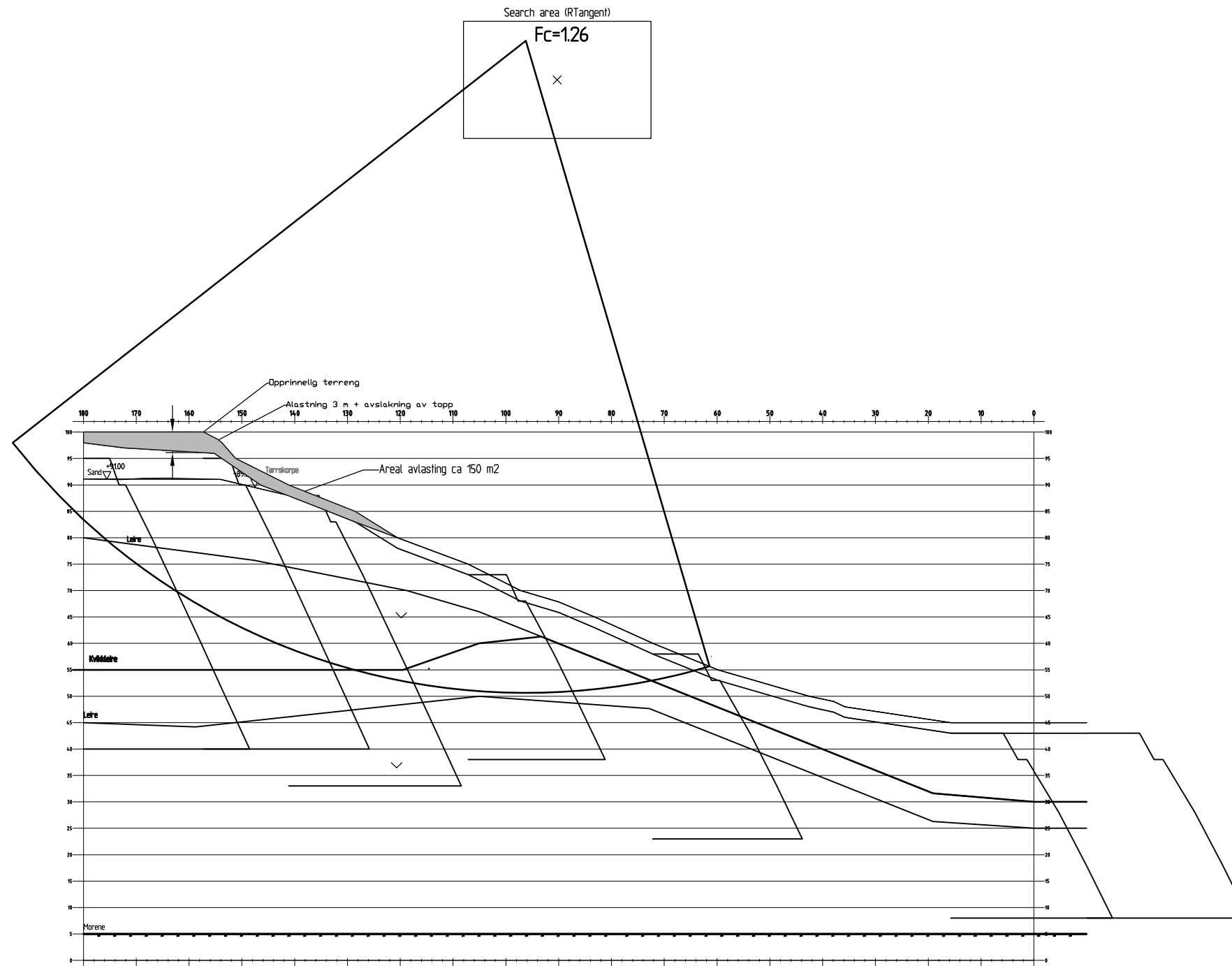
Material	no	Un.Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap	AllGw	Ru-factor	PwPress.
Motfylling	7	20.00	38.7	0.0					0.00	0.00	0.00
Tørrskorpe	1	20.00	33.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Sand	2	20.00	38.7	0.0					0.00	0.00	0.00
Leire	3	20.00	---	---	C-profil	100	0.66	0.31	0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	4	19.00	---	---	C-profil	100	0.64	0.21	0.00	0.00	0.00
Leire	5	20.00	---	---	C-profil	100	0.66	0.31	0.00	0.00	0.00
Morene	6	19.00	38.7	8.0					0.00	0.00	0.00
Berg											



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Block Watne Lundamo Geotekniske beregninger	Original format A3	Fag		
	PROFIL G2 - GeoSuite stabilitet ADP, motfylling og avlastning/utslaking av terrengetopp Alternativ 3	Tegningens filnavn G-2 avlasting+motfylling.dwg			
		Underlagets filnavn *.dwg			
		Målestokk 1:1000			
	<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato 04.09.2008			
	7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Oppdragsnr. 411793	Tegningsnr. 303	Rev.	



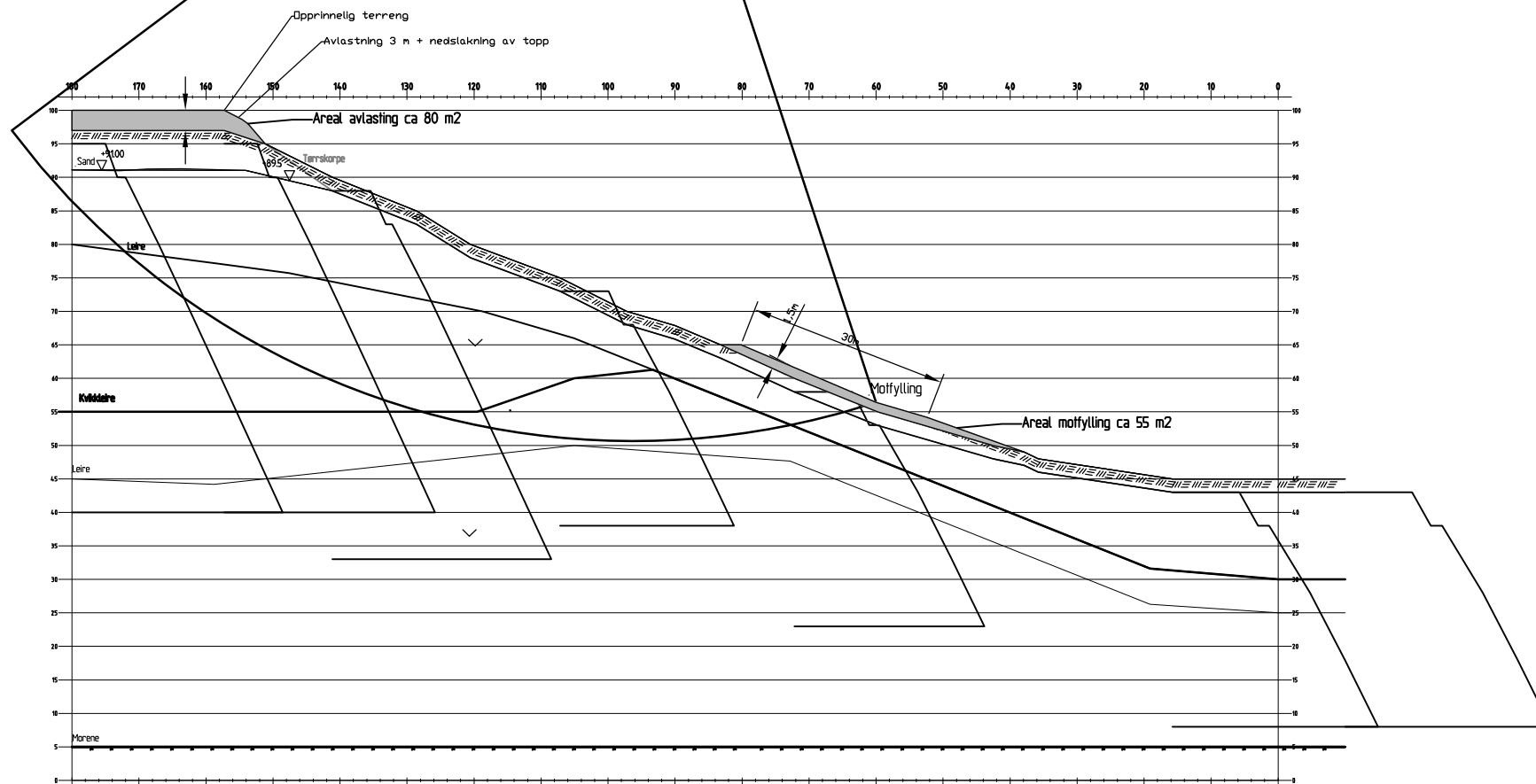
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Block Watne Lundamo Geotekniske beregninger	Original format A3	Fag		
	PROFIL G-G - GeoSuite stabilitet ADP beregning Før tiltak	Tegningens filnavn G.dwg			
		Underlagets filnavn			
		Målestokk 1:1000			
<b>MULTICONSULT AS</b>		Dato 04.09.2008	Konstr./Tegnet Erit	Kontrollert	Godkjent
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 411793	Tegningsnr. 304		Rev.



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Block Watne Lundamo Geotekniske beregninger	Original format A3	Fag		
	PROFIL G-G - GeoSuite stabilitet ADP beregning - 3-4 m avlastning av topp Alternativ 2	Tegningens filnavn G kun avlastning reell.dwg Underlagets filnavn			
		Målestokk 1:1000			
	<b>MULTICONSULT AS</b> 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Dato 04.09.2008	Konstr./Tegnet Erit	Kontrollert	Godkjent
		Oppdragsnr. 411793	Tegningsnr. 305	Rev.	

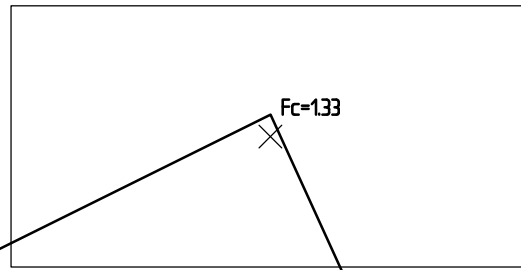
Fc=1.25

Material	no	Un.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AllGw	Ru-factor	PWPress
Motfylling	7	20.00	38.7	0.0					0.00	0.00	0.00
Tørreskorpe	1	20.00	33.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Sand	2	20.00	38.7	0.0					0.00	0.00	0.00
Leire	3	20.00	---	---	C-profil	100	0.66	0.31	0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	4	19.00	---	---	C-profil	100	0.64	0.21	0.00	0.00	0.00
Leire	5	20.00	---	---	C-profil	100	0.66	0.31	0.00	0.00	0.00
Morene	6	20.00	38.7	8.0					0.00	0.00	0.00
Berg											

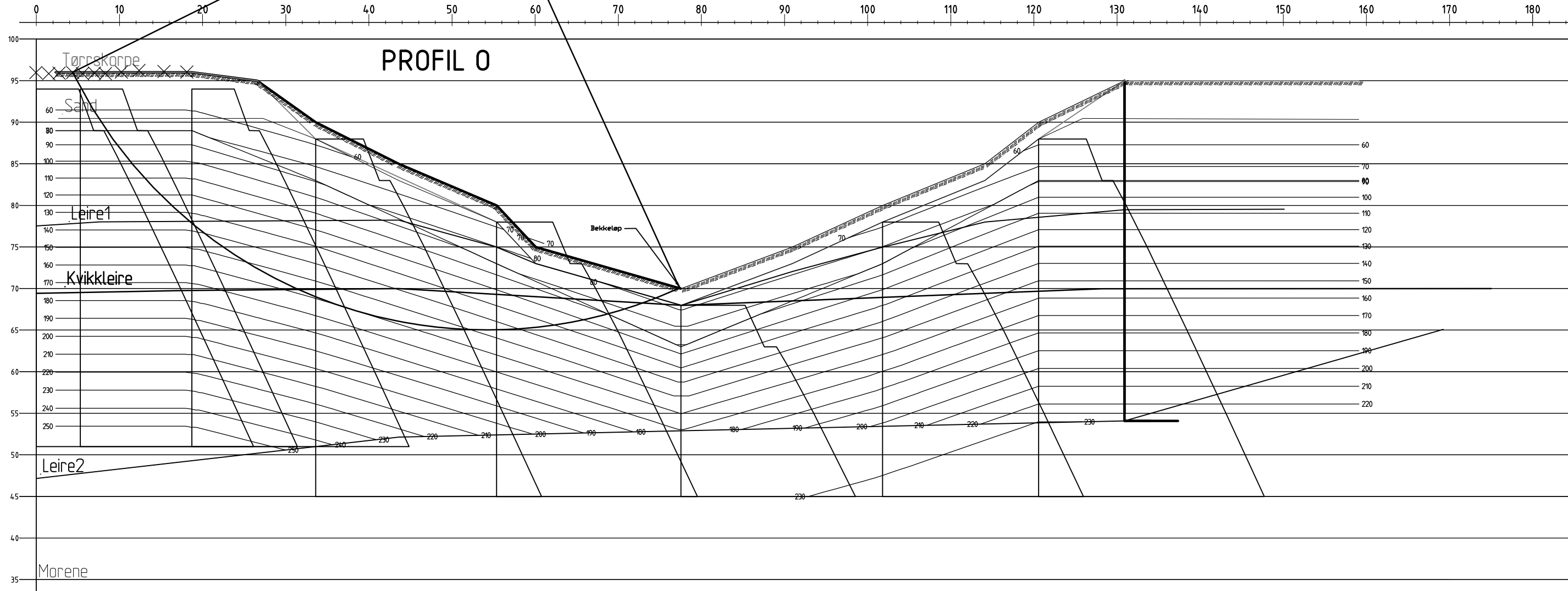


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Block Watne Lundamo Geotekniske beregninger	Original format A3	Fag		
	PROFIL G-G - GeoSuite stabilitet ADP beregning - 3 m avlastning av topp + motfylling Alternativ 3	Tegningens filnavn G kombinert.dwg			
		Underlagets filnavn			
		Målestokk 1:1000			
<b>MULTICONSULT AS</b>		Dato 02.09.2008	Konstr./Tegnet Erit	Kontrollert	Godkjent
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 411793	Tegningsnr. 306	Rev.	

Search area (RPoints)

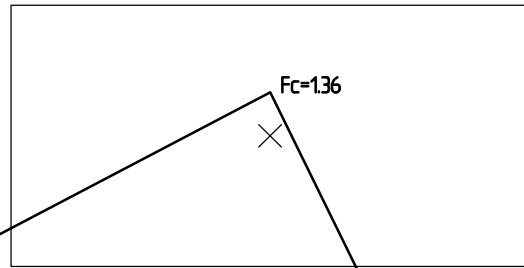


Material	no	UnWeigh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap	AllGw	Ru-factor	PwPress.
Tannskorpe	1	20.00	330	0.0					0.00	0.00	0.00
Sand	2	20.00	387	0.0					0.00	0.00	0.00
Leire1	3	20.00	---	---	C-profil	100	0.66	0.31	0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	4	19.00	---	---	C-profil	100	0.64	0.21	0.00	0.00	0.00
Leire2	5	20.00	---	---	C-profil	100	0.66	0.31	0.00	0.00	0.00
Morene	6	20.00	387	8.0					0.00	0.00	0.00

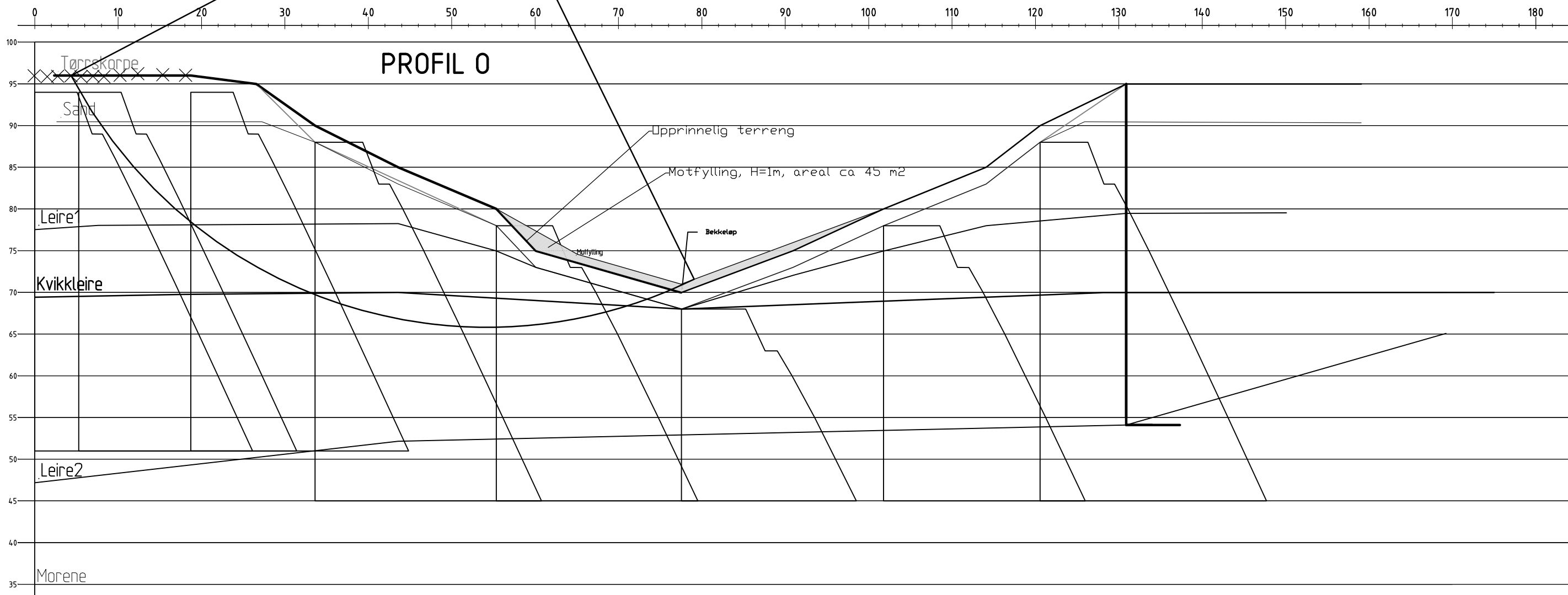


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Block Watne Lundamo Geotekniske beregninger	Original format A3	Fag		
	PROFIL 0 - GeoSuite stabilitet ADP, før tiltak	Tegningens filnavn Profil 0.dwg			
		Underlagets filnavn			
		Målestokk 1:500			
	<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato 03.09.2008	Konstr./Tegnet Erit	Kontrollert	Godkjent
	7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Oppdragsnr. 411793	Tegningsnr. 307	Rev.	

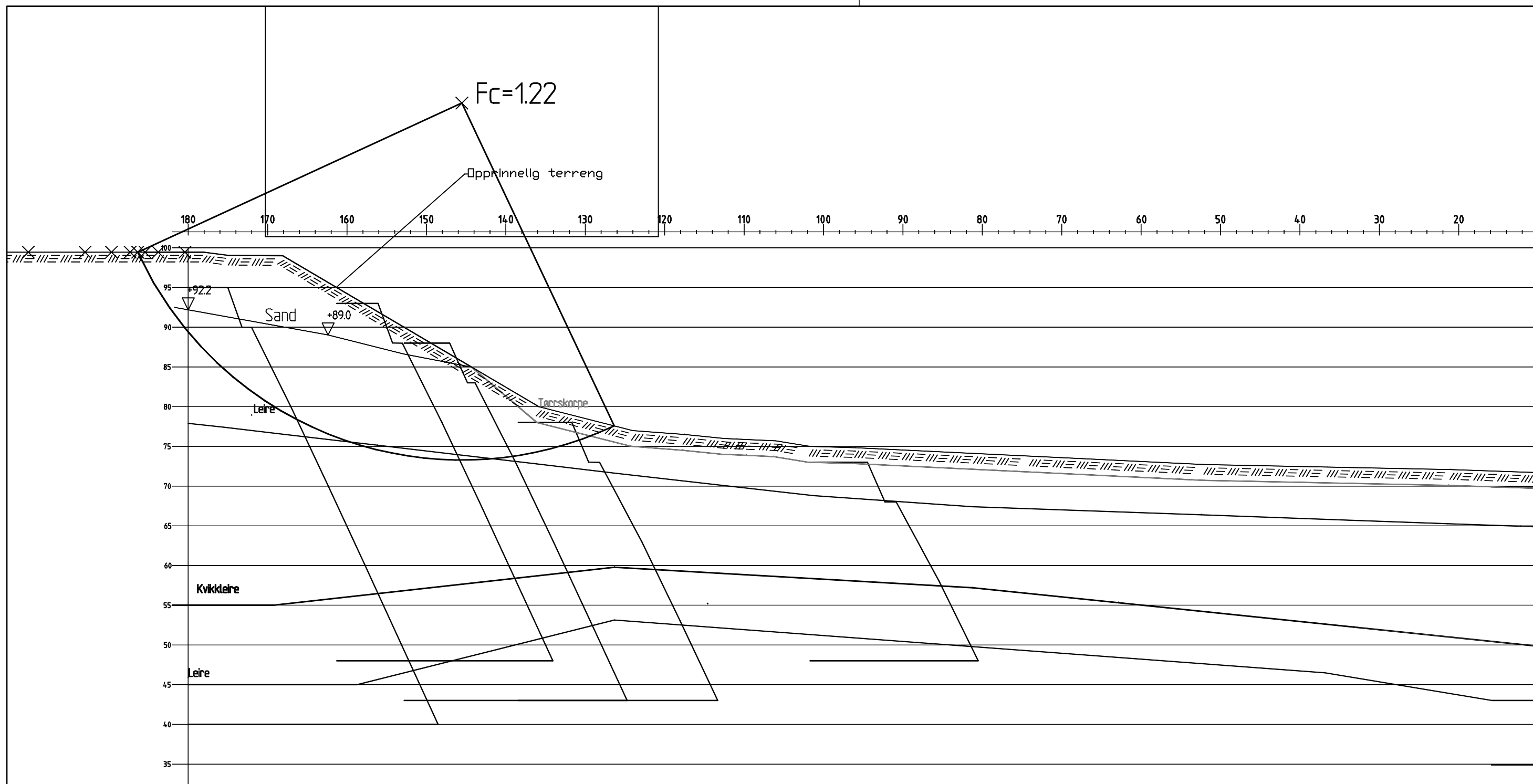
Search area (RPoints)



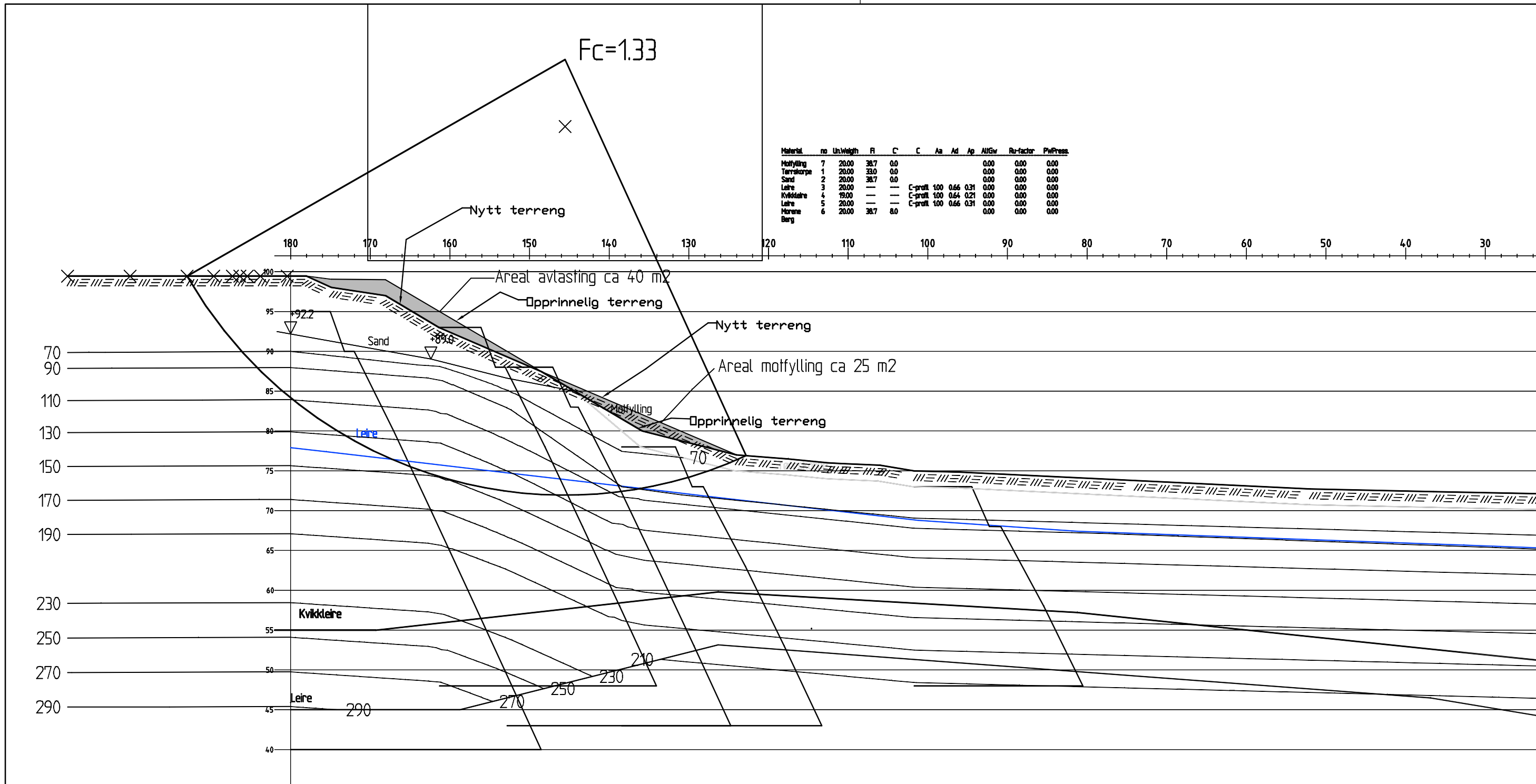
Material	no	UnWeight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap	AllGw	Ru-factor	PwPress
Motfylling	7	20.00	38.7	0.0					0.00	0.00	0.00
Tørreskorpe	1	20.00	33.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Sand	2	20.00	38.7	0.0					0.00	0.00	0.00
Leire1	3	20.00	---	---	C-profil	100	0.66	0.31	0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	4	19.00	---	---	C-profil	100	0.64	0.21	0.00	0.00	0.00
Leire2	5	20.00	---	---	C-profil	100	0.66	0.31	0.00	0.00	0.00
Morene	6	20.00	38.7	8.0					0.00	0.00	0.00




Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Block Watne Lundamo Geotekniske beregninger	Original format A3	Fag		
	PROFIL 0 - GeoSuite stabilitet ADP Heving av bekkebunn 1 m samt motfylling i bekkebunn	Tegningens filnavn Profil 0 med hevet bekkeløp.dwg	Underlagets filnavn		
	Målestokk 1:500				
	<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato 02.09.2008	Konstr./Tegnet Erit	Kontrollert	Godkjent
	7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Oppdragsnr. 411793	Tegningsnr. 308	Rev.	

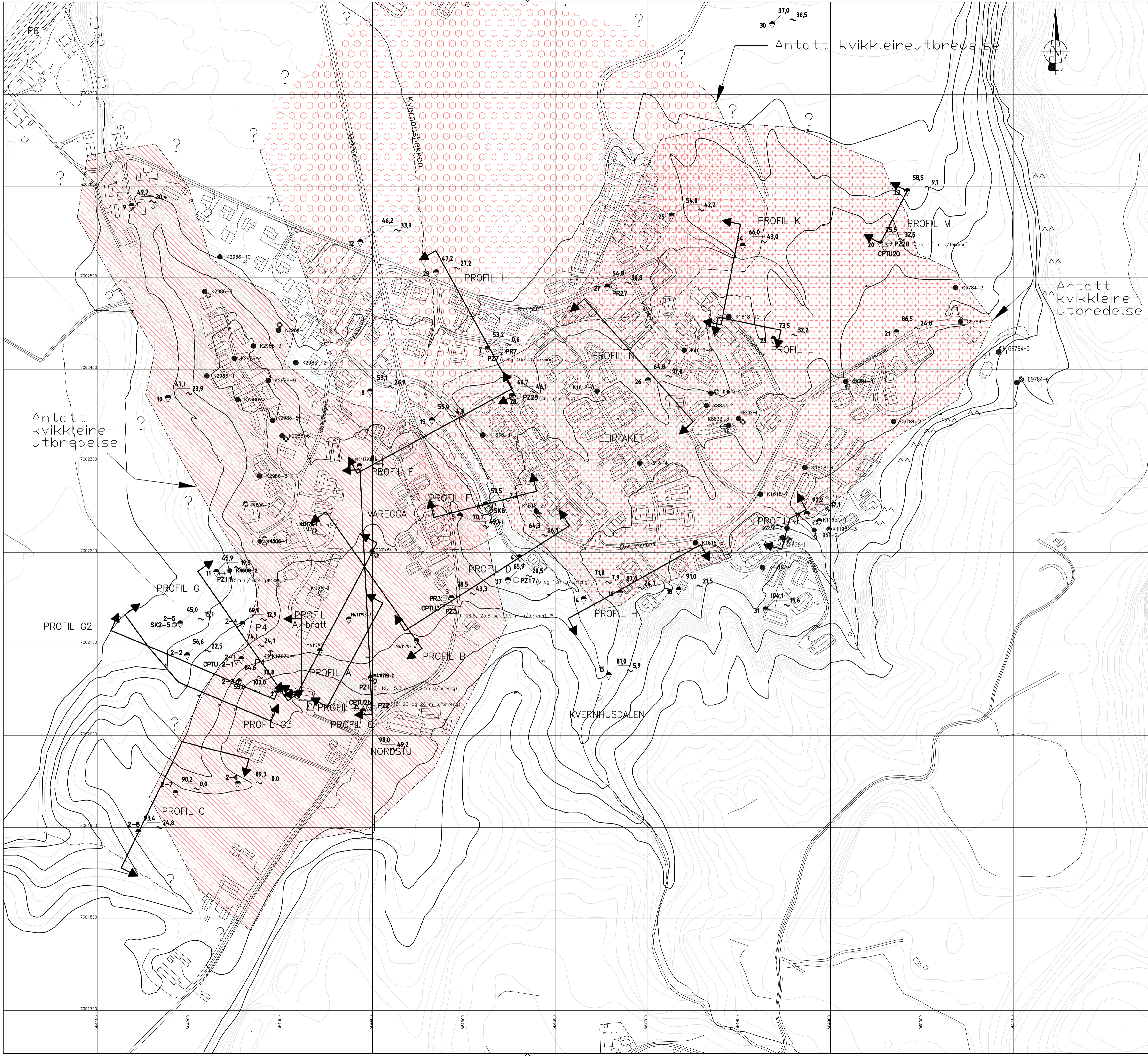


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Block Watne Lundamo Geotekniske beregninger		Original format A3	Fag	
	PROFIL A-A Bratt - GeoSuite stabilitet ADP beregning Før tiltak		Tegningens filnavn A bratt.dwg		
			Målestokk 1:500		
	<b>MULTICONSULT AS</b> 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Dato 03.09.2008	Konstr./Tegnet Erit	Kontrollert	Godkjent
		Oppdragsnr. 411793	Tegningsnr. 309	Rev.	



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Block Watne Lundamo Geotekniske beregninger	Original format A3	Fag		
	PROFIL A-A Bratt - GeoSuite stabilitet ADP beregning Med tiltak - avlastning i topp og motfylling i bunn	Tegningens filnavn A bratt med tiltak.dwg			
		Underlagets filnavn			
		Målestokk 1:500			
	<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato 04.09.2008	Konstr./Tegnet Erit	Kontrollert	Godkjent
	7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Oppdragsnr. 411793	Tegningsnr. 310	Rev.	





UTFØRTE SUPPLERENDE GRUNNUNDERSØKELSER, VEST FOR KVERNHUSDALEN – Voregga:  
 DREIETRYKKSØNDERINGER, 1-6, 8-13 OG 17  
 TRYKKSØNDERINGER, I BØRSPUNKT 2 OG 3  
 PRØVESE I BØRSPUNKT 3  
 PIEZOMETRE I BØRSPUNKT 2 (PZ2-3 dybde), 3 (PZ3-4 dybde), 11 (PZ11-1 dybde)  
 OG TIDLIGERE BØRSPUNKT M11793-2, (PZ1-4 dybde)

TIDLIGERE UNDERSØKELSER, BORINGER MERKET:  
 M11793 -1 TIL -5, MULTICONSULT RAPPORT 13070-1, DATERT 15.09.06  
 K13070 -1 TIL -4, KUMMENEJE RAPPORT 13070-1, DATERT 06.10.99  
 K2986 -1 TIL -12, KUMMENEJE RAPPORT 2986-1, DATERT 26.01.79  
 K4506 -1 TIL -3, KUMMENEJE RAPPORT 4506-1, DATERT 1.07.84

SUPPLERENDE GRUNNUNDERSØKELSER, ØST FOR KVERNHUSDALEN – Leirtaket:  
 DREIETRYKKSØNDERINGER, 7, 14-16 OG 18-31  
 TRYKKSØNDERINGER, I BØRSPUNKT 20  
 PRØVESE I BØRSPUNKT 7 OG 27  
 PIEZOMETRE I BØRSPUNKT 7 (PZ7-2 dybde), 20 (PZ20-2 dybde) OG 28 (PZ28-1 dybde)

TIDLIGERE UNDERSØKELSER, BORINGER MERKET:  
 G9784-1 til -6, Geotom rapp. 9784, DATERT 17.01.85  
 K1618-1 til -10, KUMMENEJE rapp o.1618, DATERT 26.04.73  
 K8813 -1 til -4, KUMMENEJE rapp 8833-1, DATERT 21.07.92  
 K6236-1 og -2, KUMMENEJE rapp o.6236-1, DATERT 23.12.86  
 K11951 -1 til -3, KUMMENEJE rapp o.11951-1, DATERT 26.09.97

Nye profiler er merket A til N, tegning 412688-100 til -106  
 Gamle profiler merket med referanse.

Det ble i februar - 09 satt ned supplerende poretrykkmålere i PZ1, 2 og 3 i flere dybder.  
 Supplerende boringer 411793- 2-1 til 2-8 med profil G2, 0, A -brøtt og A/C

- TEGNFORKLARING:
- DREIETRYKKSØNDERING
  - ★ FJELLKONTROLLBORING
  - PRØVESE
  - + VINGEBORING
  - ENKEL SØNDERING
  - ⊗ KJERNEBORING
  - PRØVEGRØP
  - ⊖ PORETRYKSMÅLING
  - ▼ RAMSØNDERING
  - ⊕ DREIETRYKKSØNDERING
  - ▽ TRYKKSØNDERING
  - ⚡ FJELL I DAGEN
  - ⊙ TOTALSØNDERING
  - ⊗ SKRIFTEFØRSØK
  - ⊕ TERNEMARKERING
  - ⊕ BØRET DYBE (BØRET I FJELL)
  - ⊕ ANTATT FJELLEDE

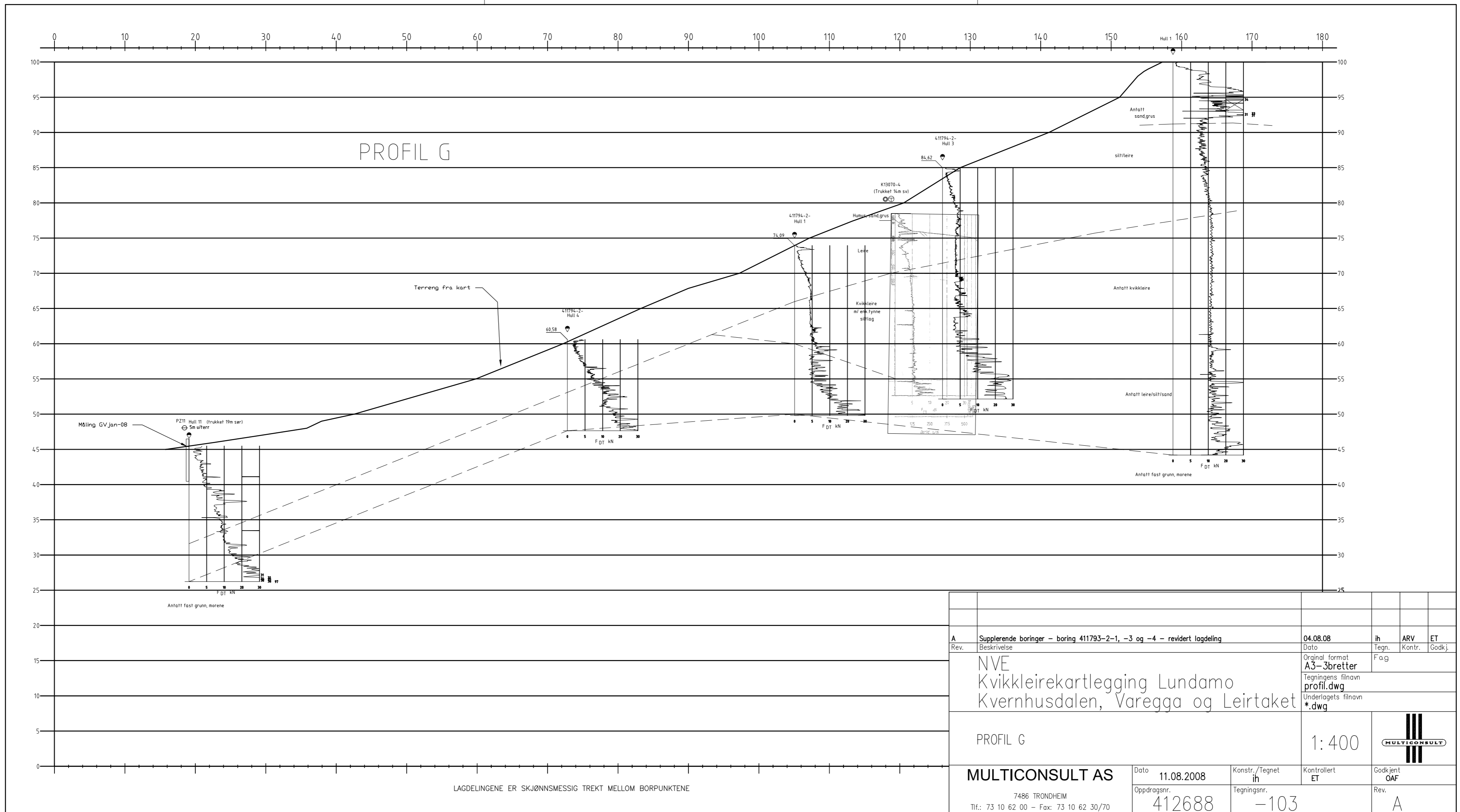
BØRNBOK NR: 18045, 18962, 20543, 20573  
 LAB BOK NR: 2038  
 KARTGRUNNLAG: Melhus kommune  
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT: Ingen, kun digitalt kart

- OMRÅDER MED ANTATT KVIKKLEIRE:
- ? UTBREDELSE AV SONEN USIKKER
  - ▨ ANTATT KVIKKLEIRE SONE VAREGGA
  - ▨ ANTATT KVIKKLEIRE SONE LEIRTAKET
  - ▨ ANTATT KVIKKLEIRE SONE MOT NORD

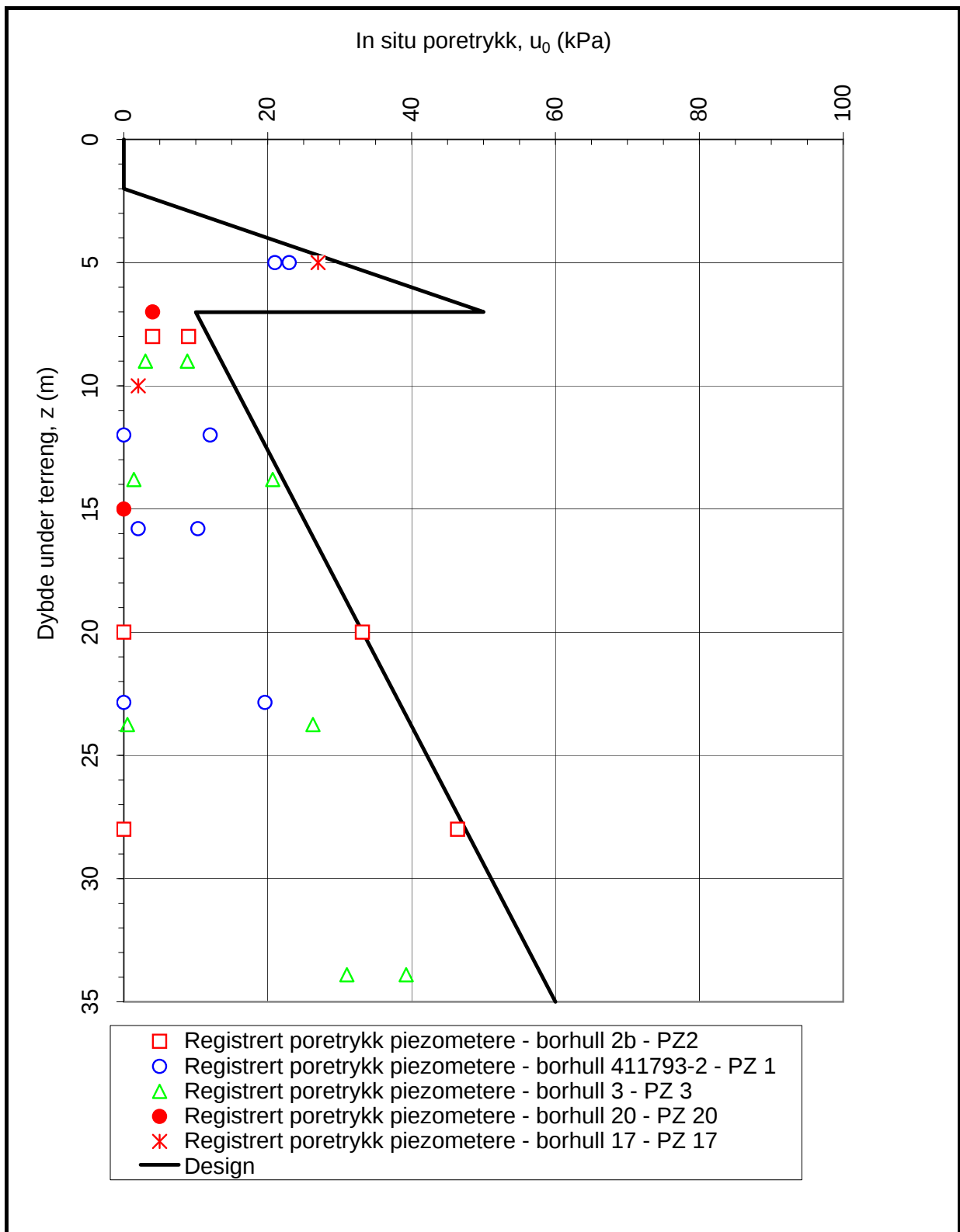
Tegningstittel	Tegningsnr.	Rev.
----------------	-------------	------


A		Endret kvikkleire utbredelse mot sør og sørvest pga suppl boringer 2-1 til 2-8		04.09.08	3.
Rev.		Beskrivelse		Dato	Tegn. Kontr. Godkj.
NVE		Kvikkleirekartlegging, Lundamo		Original format	F-ag
Kvernhusdalen, Varegga og Leirtaket		Tegningens filnavn: 412688-1-tegning2A.dwg		Underlagets filnavn: profil.dwg	
BORPLAN MED ANTATT KVIKKLEIREUTBREDELSE				1:2000	MULTICONSULT
MULTICONSULT AS		Date	28.03.2008	Konstr./Tegnet	llh
7486 TRONDHEIM		Oppdragsnr.	412688	Tegningsnr.	-2
Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Kontrollert		Godkjent	A

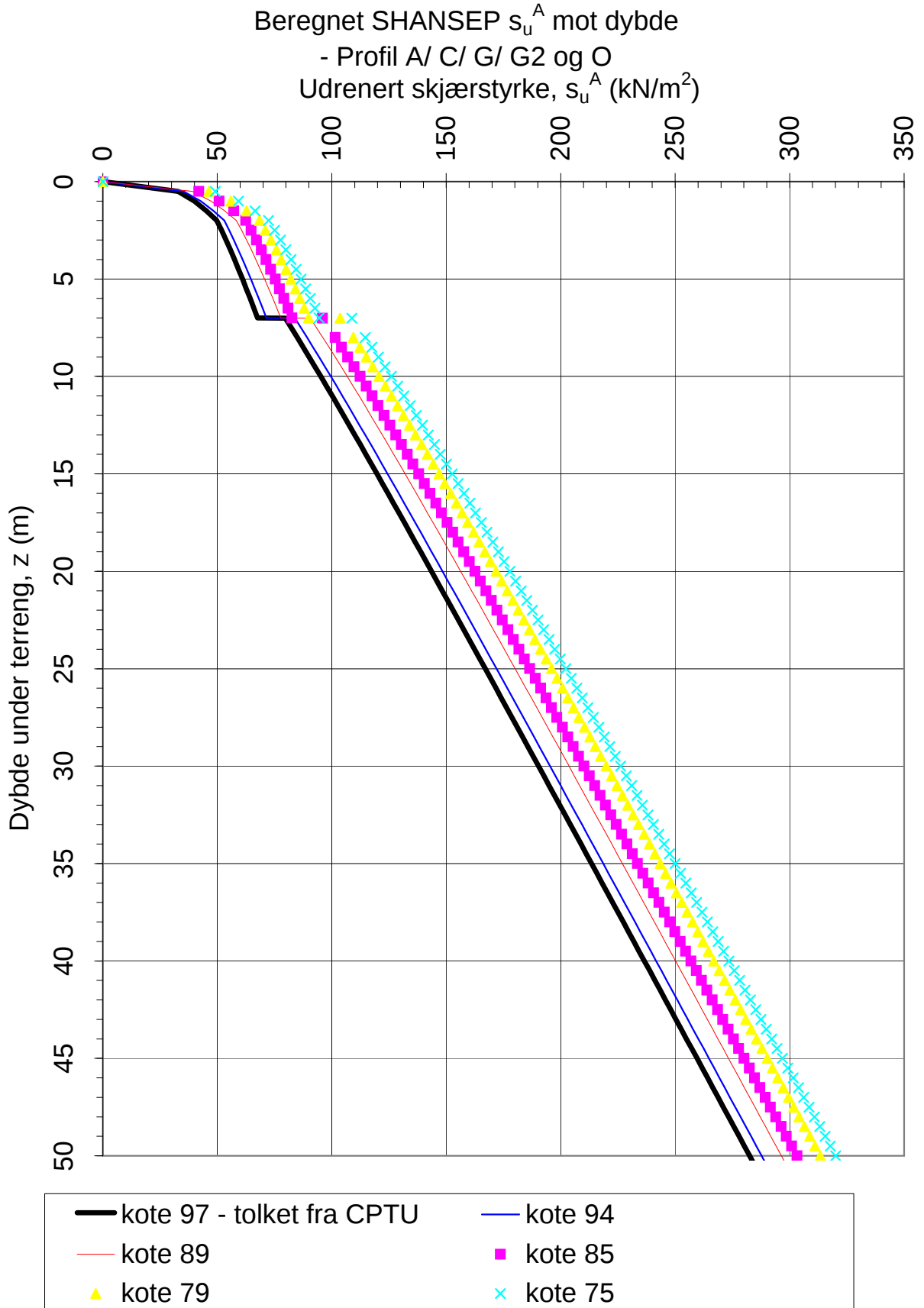




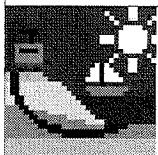
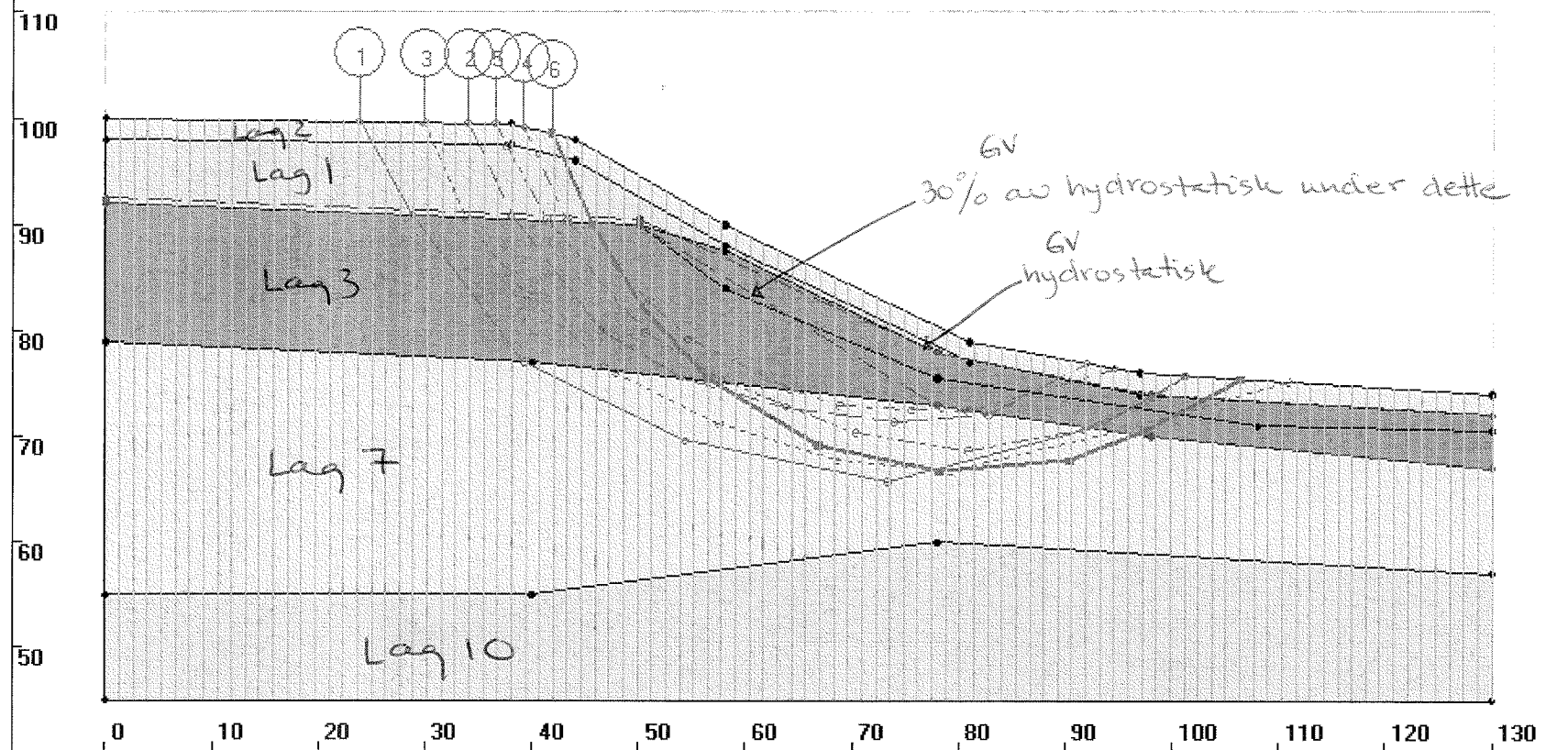
A		Supplerende boringer – boring 411793-2-1, -3 og -4 – revidert lagdeling	04.08.08	ih	ARV	ET
Rev.	Beskrivelse		Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleirekartlegging Lundamo Kvernhusdalen, Varegga og Leirtaket			Original format A3-3bretter	Fag		
			Tegningens filnavn profil.dwg			
			Underlagets filnavn *.dwg			
PROFIL G			1:400			
MULTICONSULT AS		Dato 11.08.2008	Konstr./Tegnet ih	Kontrollert ET	Godkjært OAF	
7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 412688	Tegningsnr. -103	Rev. A		



<b>NVE Kvikkleirekartlegging    Lundamo</b>				Tegningens filnavn:
Poretrykksprofil				
<b>id.:</b>	Poretrykksmålinger og tolket $u$ - profil			
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	13.03.2008	EriT	IH	
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412688	49	26.06.2007	A - Dato: 2.09.08



For lag inndeling  
se vedlegg 2



MULTICONSULT AS  
Avd. NOTEBY

**STABIL**  
Stabilitetsanalyse av skraaninger

Prosjekt Beskrivelse:

412688 NVE- Lundamo  
Profil A - Dagens situasjon aø-analyse

Prosjekt:  
Lundamo

Dato:  
30.04.2008

Inndata Filnavn:

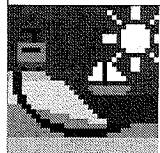
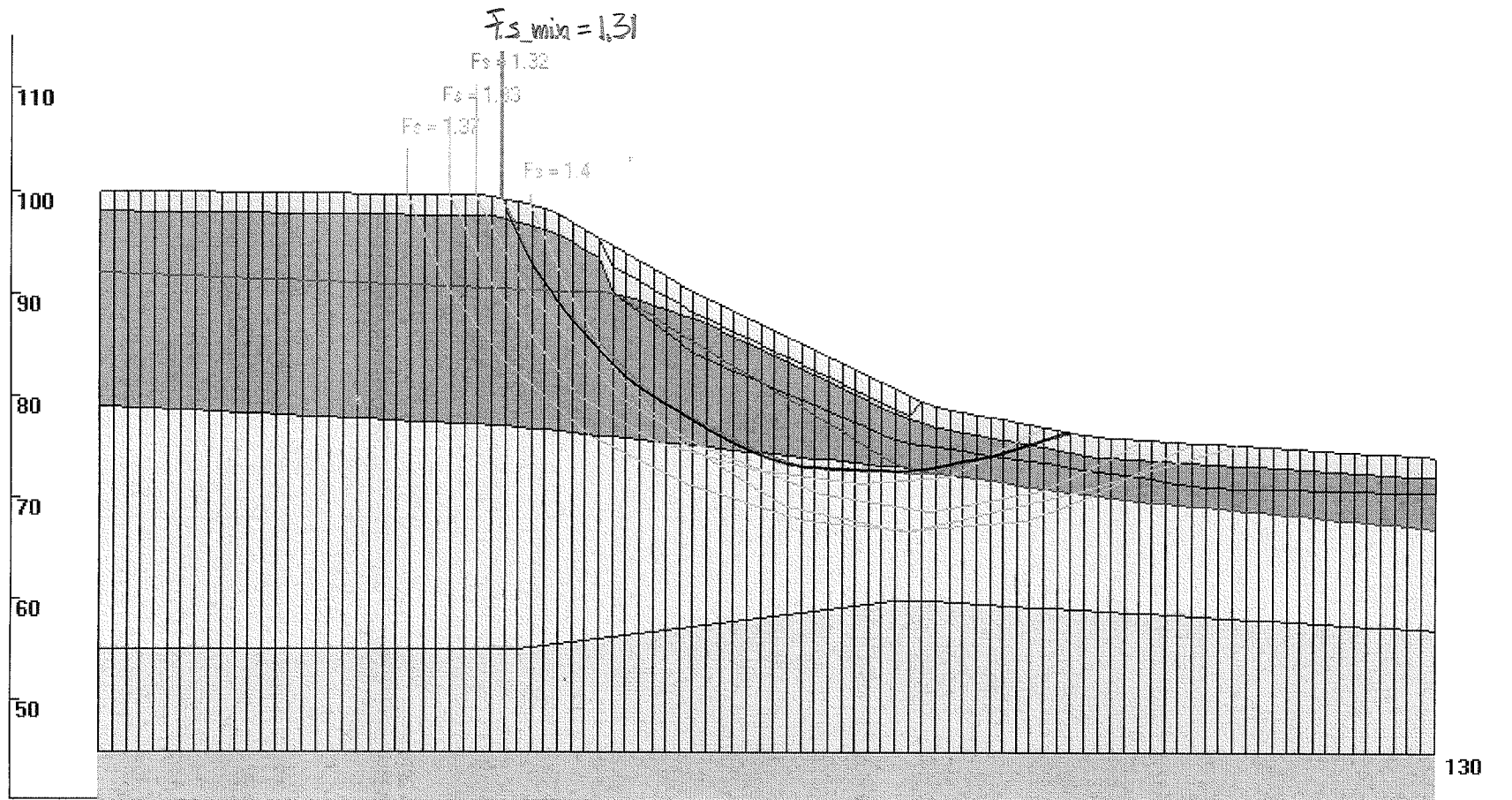
Z:\4117xx\411793\_Lundamo\_Block Watne\09\_Beregninger\stabil\profil A\afi.stb

Versjon: 3.1

Autorisert bruker: MULTICONSULT AS

Bruker Navn: Ingrid Havnen

Vedlegg A-1



MULTICONSULT AS  
Avd. NOTEBY

**STABIL**  
Stabilitetsanalyse av skraaninger

Prosjekt Beskrivelse:

412688 NVE- Lundamo  
Profil A - Dagens situasjon aø-analyse

Prosjekt:  
Lundamo

Dato:  
30.04.2008

Inndata Filnavn:

Z:\4117xx\411793\_Lundamo\_Block Watne\09\_Beregninger\stabil\profil A\aafl.nod

Versjon: 3.1


Autorisert bruker: MULTICONSULT AS

Bruker Navn: Ingrid Havnen

Vedlegg A-2



C2

Prosjekt: Kvikkleiresone Lundamo		P.nr: 411793	Utført av: ih	Dato: 24.04.2008	
Beregninger: Stabilitetsberegninger - Profil A Antatt su-profil			Kontrollert av:	Dato:	

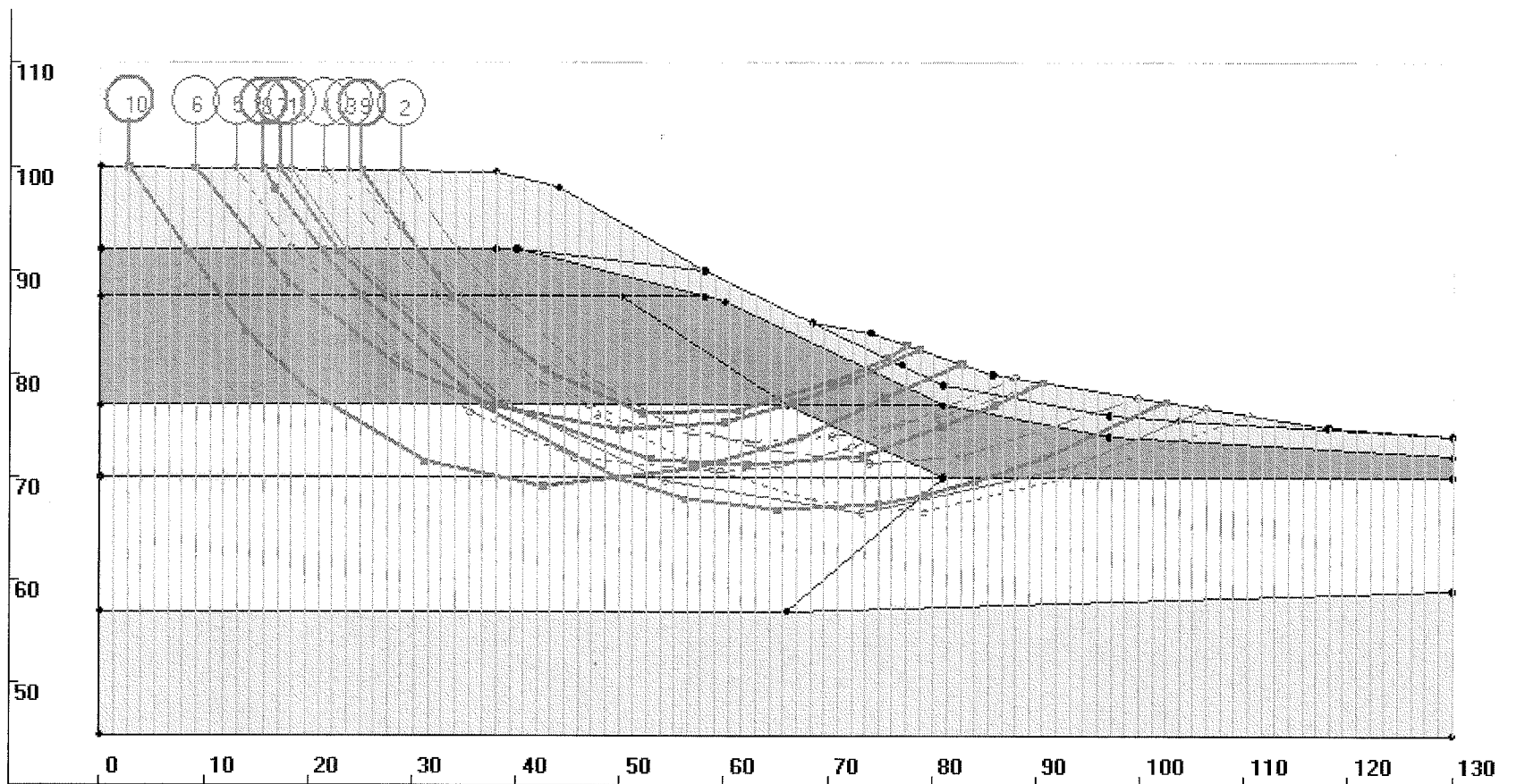
  

$S_{ua} = (s_{ua}/p_0')_{NC} \cdot m \cdot \text{OCR} \cdot p_0'$		$D_p' = 300 \text{ kN/m}^2$	
$(s_u^A/p_0')_{NC}$ m	0.25 0.75	$(s_u^{DSS}/S_{ua}) =$ $(s_u^P/S_{ua}) =$	$l_p = 10$ 0.64 0.21 $l_p = 15$ 0.66 0.31

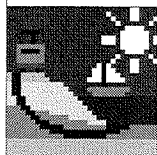
  

Materiale	z	$p_0'$	$p_c'$	OCR	$s_u^A$	$s_u^D$	$s_u^P$	g	$l_p$	$K_0$	tan $\phi$	a	snitt v/kt	
Lag 2	topp							20		0.45	0.65	0		
Tørrskorpe	bunn							20						
Lag 1	topp							20		0.37	0.8	0		
Sand og fylling	bunn							20						
Lag 3	topp	7	130	430	3.3	79.7	52.6	24.7	20	15	0.52	0.55	10	100
Silt/leire	bunn	11	230	530	2.3	107.5	71.0	33.3	20	15	0.52			
Lag 4	topp	2	40	460	11.5	62.4	41.2	19.4	20	15	0.52			85
Silt/leire	bunn	7	90	510	5.7	82.6	54.5	25.6	20	15	0.52			
Lag 5	topp	11	202	503	2.5	100.1	66.1	31.0	20	15	0.52			97
Silt/leire	bunn	20	367	667	1.8	143.6	94.8	44.5	20	15	0.52			
Lag 6	topp	2	40	510	12.8	67.5	44.5	20.9	20	15	0.52			80
Silt/leire	bunn	7	90	560	6.2	88.6	58.5	27.5	20	15	0.52			
Lag 7	topp	13	239	609	2.5	120.5	77.1	25.3	19	10	0.63	0.4	10	90
Kvikkleire	bunn	20	367	736	2.0	154.6	99.0	32.5	19	10	0.63			
Lag 8	topp	20	367	736	2.0	154.6	99.0	32.5	19	10	0.63			90
Kvikkleire	bunn	33	603	974	1.6	216.0	138.2	45.4	19	10	0.63			
Lag 9	topp	7	130	600	4.6	102.3	65.5	21.5	19	10	0.63			80
Kvikkleire	bunn	18	330	800	2.4	160.3	102.6	33.7	19	10	0.63			
Lag 10	topp								19		0.5	0.6	10	10
Sand/silt	bunn								19		0.5			

Vedlegg 2



Vedlegg 2B-1



MULTICONSULT AS  
Avd. NOTEBY

**STABIL**

Stabilitetsanalyse av skraaninger

Prosjekt Beskrivelse:

411793 Kvikkleiresone - Lundamo - Varegga III  
Profil A - Motfylling ca 1:3.5 øverst 1:6 nederst - ADP-analyse

Prosjekt:  
Lundamo

Dato:  
02.05.2008

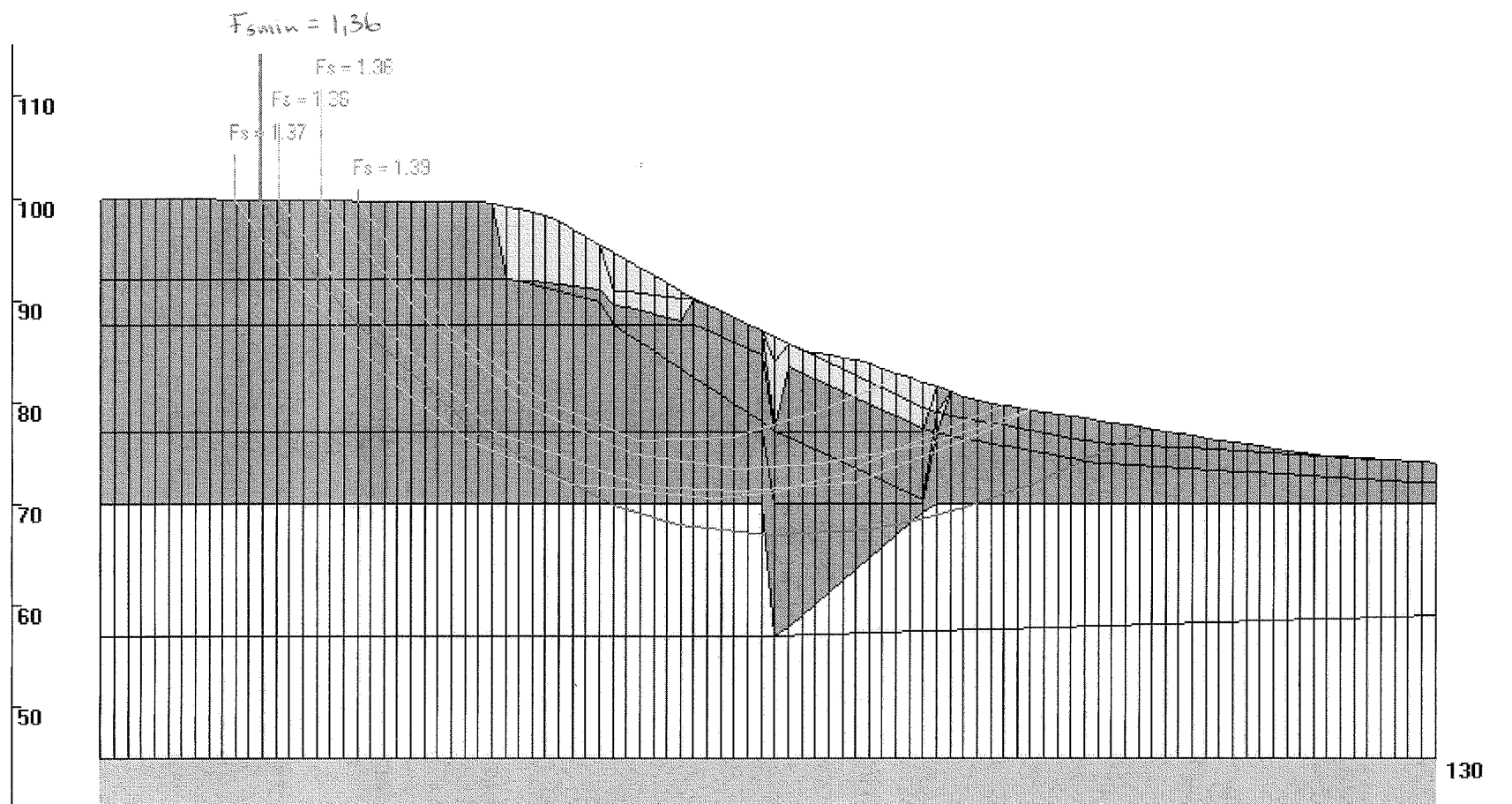
Inndata Filnavn:

Z:\4117xx\411793\_Lundamo\_Block Watne\09\_Beregninger\stabil\profil A\ADP\rev ber 240408\adpm3.s

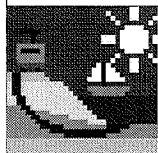
Versjon: 3.1

Autorisert bruker: MULTICONSULT AS

Bruker Navn: Ingrid Havnen



Vedlegg 2B-2



MULTICONSULT AS  
 Avd. NOTEBY  
**STABIL**  
 Stabilitetsanalyse av skraaninger

Prosjekt Beskrivelse: 411793 Kvikkleiresone - Lundamo - Varegga III  
 Profil A - Motfylling ca 1:3.5 øverst 1:6 nederst - ADP-analyse

Prosjekt:  
**Lundamo**

Dato:  
**02.05.2008**

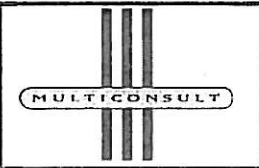
Inndata Filnavn:  
 Z:\4117xx\411793\_Lundamo\_Block Watne\09\_Beregninger\stabil\profil A\ADP\rev ber 240408\adpm3.f

Versjon: 3.1

Autorisert bruker: MULTICONSULT AS

Bruker Navn: Ingrid Havnen

2B

Prosjekt: Kvikkleiresone Lundamo Beregninger: Stabilitetsberegninger - Profil C Antatt su-profil		P.nr: 411793	Utført av: ih	Dato: 24.04.2008	
			Kontrollert av:	Dato:	

$S_{ua} = (s_{ua}/p_0')_{NC} \cdot m \cdot OCR \cdot p_0'$ 
 $D_p' = 300 \text{ kN/m}^2$

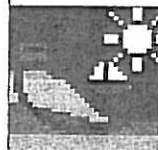
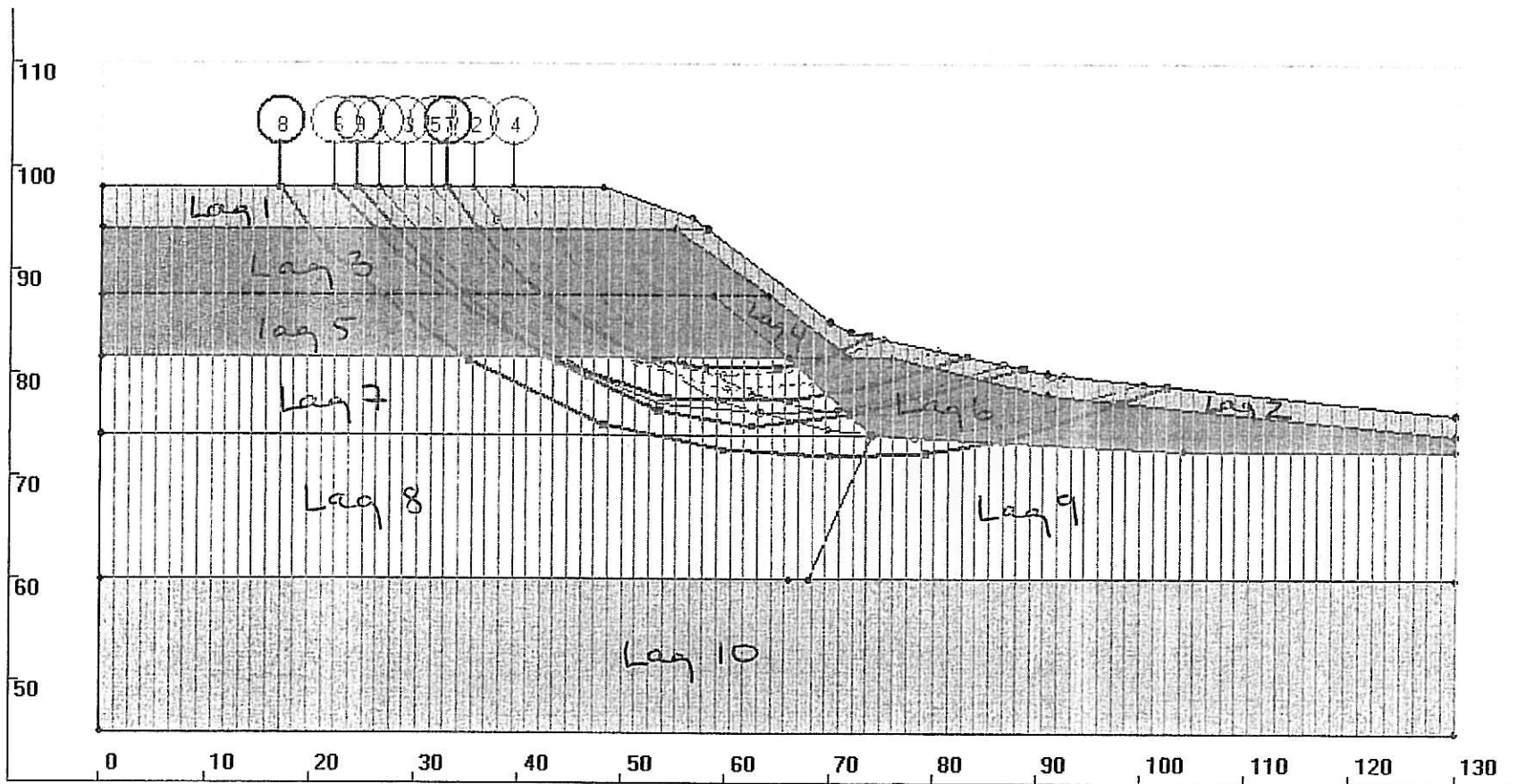
$(s_{ua}/p_0')_{NC} =$	0.25	$(s_u^{DSS}/S_{ua}) =$	0.64	$l_p = 10$	0.66
$m =$	0.75	$(s_u^P/S_{ua}) =$	0.21	$l_p = 15$	0.31

Materiale	z	$p_0'$	$p_c'$	OCR	$s_u^A$	$s_u^D$	$s_u^P$	g	$l_p$	$K_0$	$\tan \phi_i$	a	Snitt v/kt
Lag 2	topp							20		0.45	0.65	0	
Tørrskorpe	bunn							20					
Lag 1	topp							20		0.37	0.8	0	
Sand/fylling	bunn							20					
Lag 3	topp	5.0	70	360	5.1	59.8	39.4	18.5	20	15	0.52	0.55	10
Silt/leire	bunn	11.5	212	502	2.4	101.2	66.8	31.4	20	15	0.52		87
Lag 4	topp	2.0	40	440	11.0	60.4	39.9	18.7	20	15	0.52		
Silt/leire	bunn	5.0	70	470	6.7	73.0	48.2	22.6	20	15	0.52		
Lag 5	topp	9.5	175.5	475.5	2.7	92.7	61.2	28.7	20	15	0.52		97
Silt/leire	bunn	15.5	285	584	2.0	122.0	80.5	37.8	20	15	0.52		
Lag 6	topp	2.0	40	490	12.3	65.5	43.2	20.3	20	15	0.52		82
Silt/leire	bunn	7.0	90	540	6.0	86.3	56.9	26.7	20	15	0.52		
Lag 7	topp	9.0	166.4	536	3.2	100.0	64.0	21.0	19	10	0.63	0.4	10
Kvikkleire	bunn	14.0	258	627	2.4	125.5	80.3	26.4	19	10	0.63		90
Lag 8	topp	12.0	221	621	2.8	119.9	76.7	25.2	19	10	0.63		87
Kvikkleire	bunn	27.0	494	894	1.8	192.7	123.3	40.5	19	10	0.63		
Lag 9	topp	7.0	130	580	4.5	99.8	63.9	21.0	19	10	0.63		82
Kvikkleire	bunn	23.0	421	871	2.1	181.6	116.2	38.1	19	10	0.63		
Lag 10	topp								19		0.5	0.6	10
Sa/silt	bunn								19		0.5		

Vedlegg 5

2A



MULTICONSULT AS  
Avd. NOTEBY

**STABIL**  
Stabilitetsanalyse av skraaninger

Prosjekt Beskrivelse:

411793 Kvikkleiresone - Lundamo - Varegga III  
Profil C - Dagens situasjon ADP-analyse

Prosjekt:  
Lundamo

Dato:  
24.04.2008

Inndata Filnavn:

Z:\4117xx\411793\_Lundamo\_Block Watne\09\_Beregninger\stabil\profil C\adpc.stb

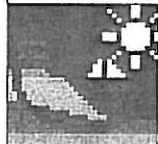
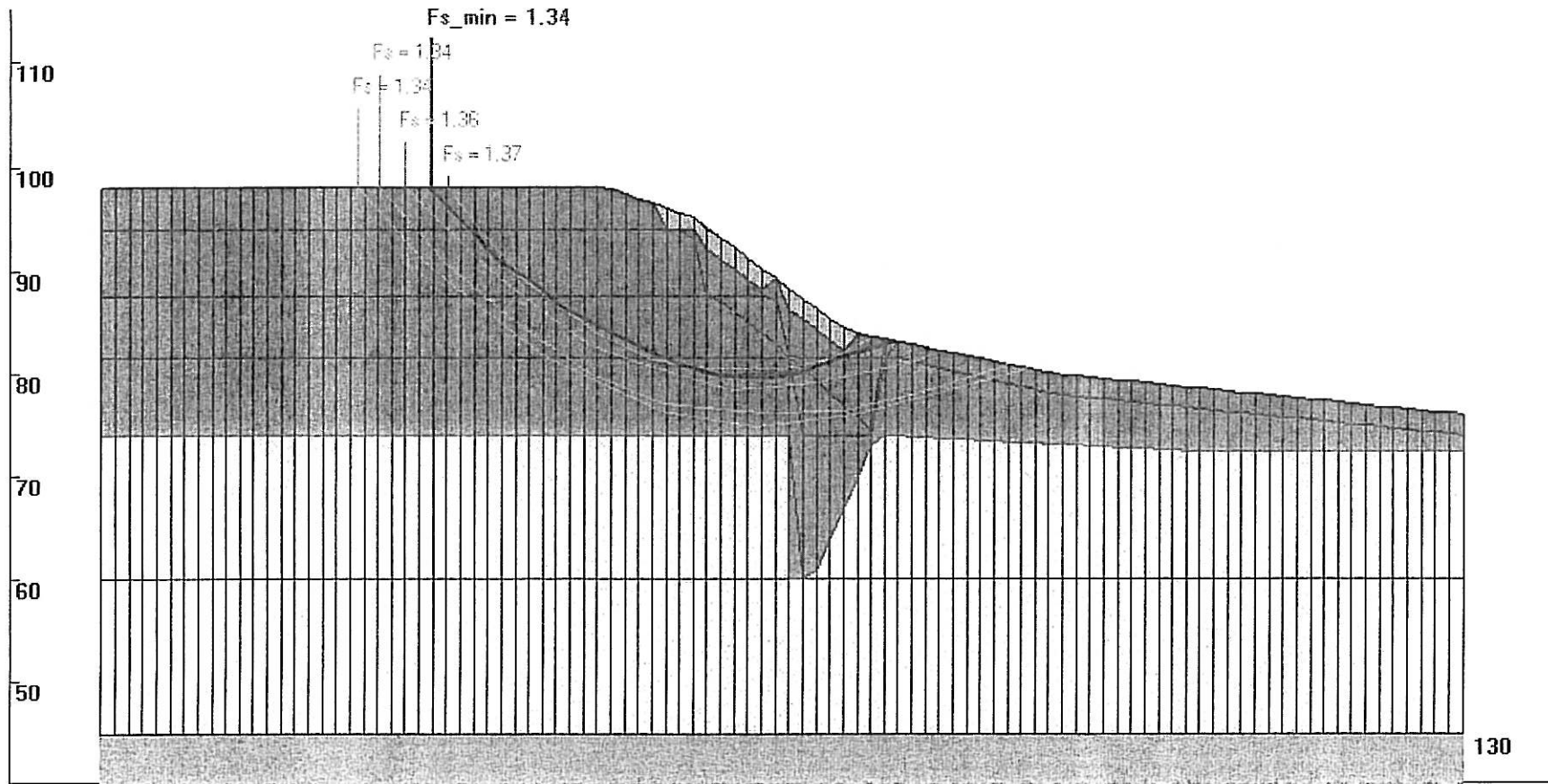
Versjon: 3.1

Autorisert bruker: MULTICONSULT AS

Bruker Navn: Ingrid Havnen

Vedlegg SA-1

26



MULTICONSULT AS  
 Avd. NOTEBY  
**STABIL**  
 Stabilitetsanalyse av skraaninger

Prosjekt Beskrivelse:	411793 Kvikkleiresone - Lundamo - Varegga III . .	
	Profil C - Dagens situasjon ADP-analyse	
Prosjekt: Lundamo	Dato: 24.04.2008	Inndata Filnavn: Z:\4117xx\411793_Lundamo_Block Watne\09_Beregninger\stabil\profil C\adpc2.nod

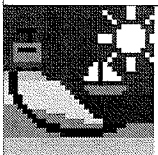
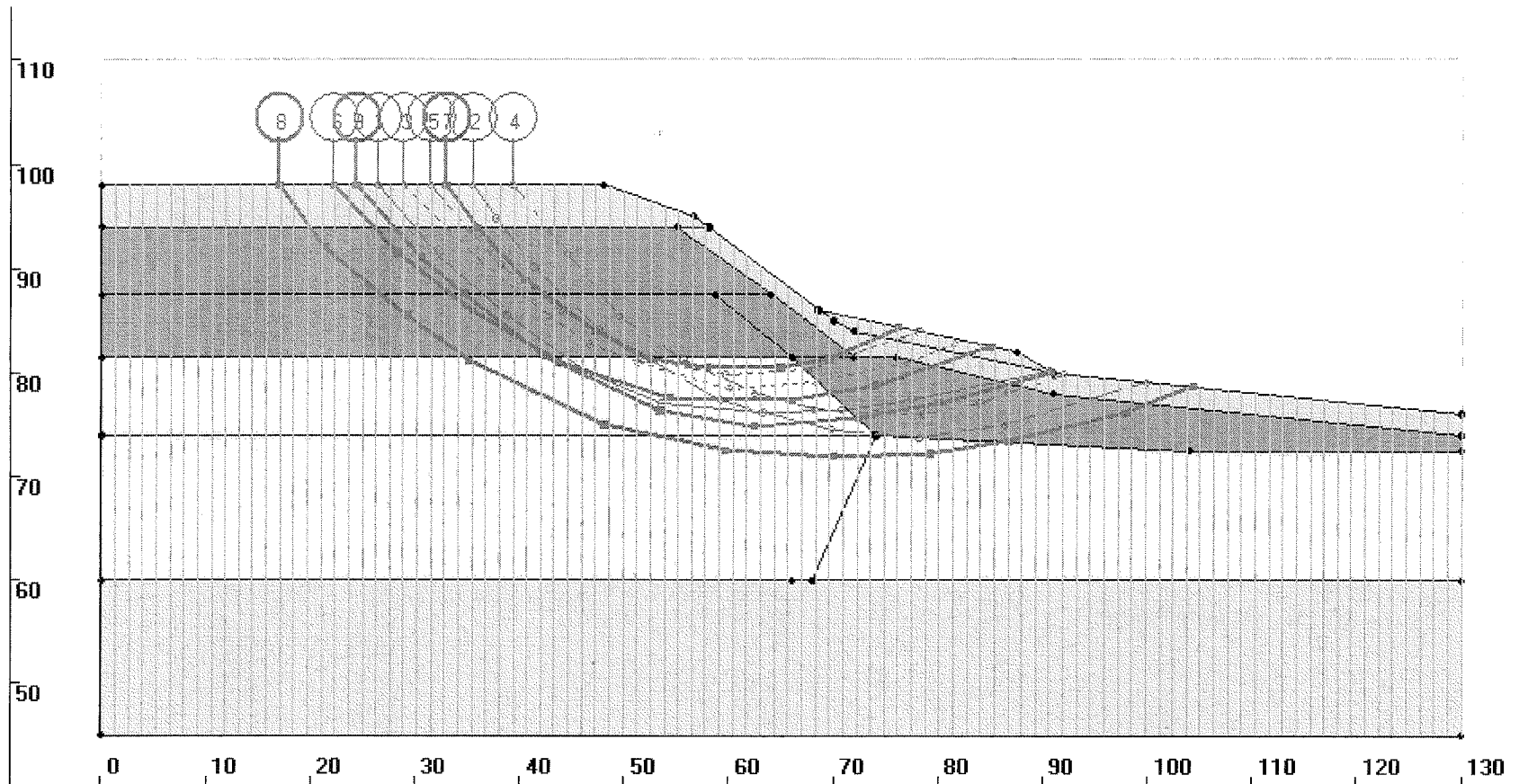
Versjon: 3.1

Autorisert bruker: MULTICONSULT AS

Braker Navn: Ingrid Havnen

Vedlegg SA-2





MULTICONSULT AS  
 Avd. NOTEBY  
**STABIL**  
 Stabilitetsanalyse av skraaninger

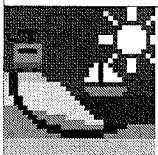
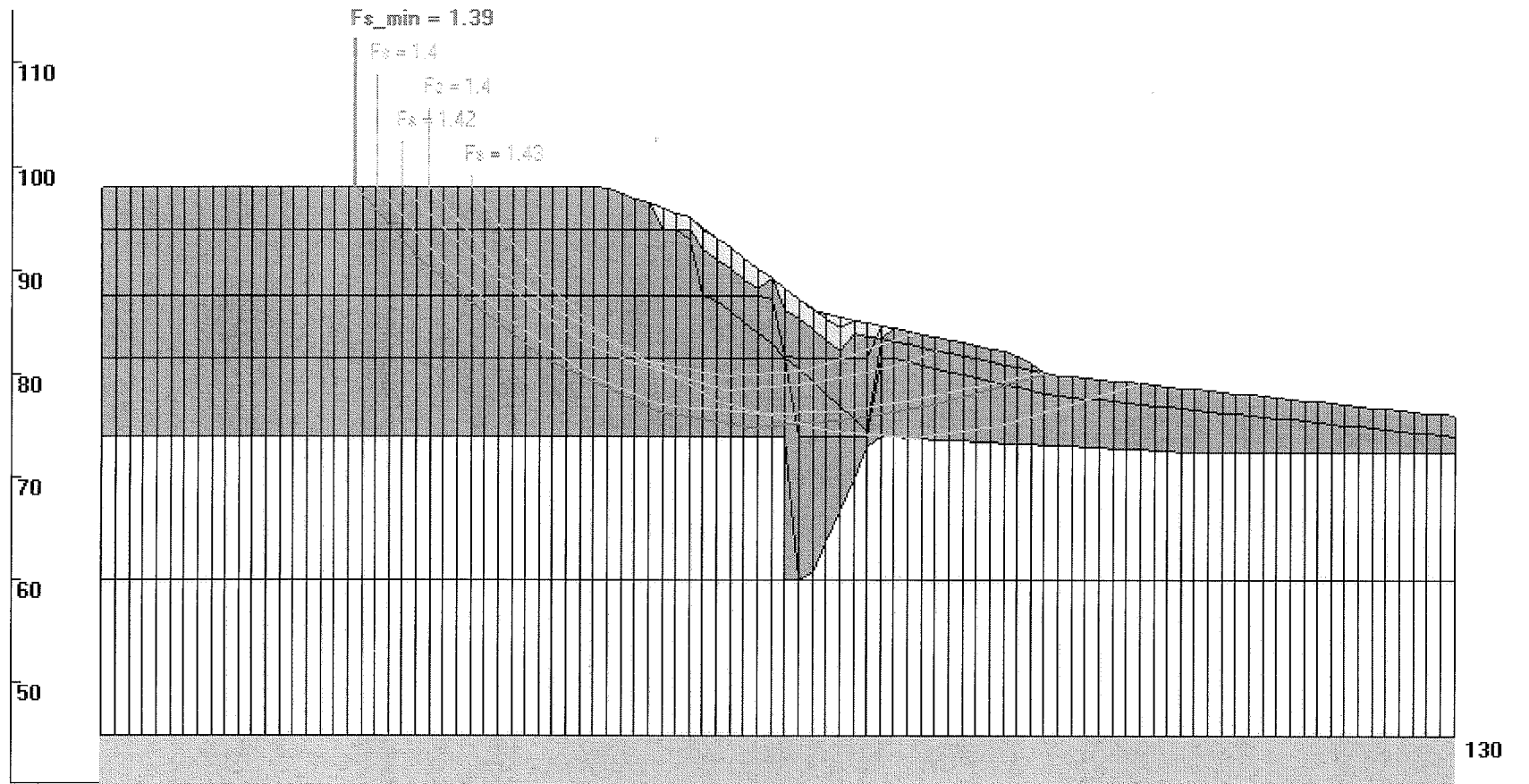
Prosjekt Beskrivelse:		411793 Kvikkleiresone - Lundamo - Varegga III Profil C - Motfylling kt 86 høyde 1 m helning 1 til 5 - ADP-abalyse	
Prosjekt:	Lundamo	Dato:	30.04.2008
Autorisert bruker: MULTICONSULT AS		Inndata Filnavn:	Z:\4117xx\411793_Lundamo_Block Watne\09_Beregninger\stabil\profil C\adpcm4.stb

Versjon: 3.1

Autorisert bruker: MULTICONSULT AS

Bruker Navn: Ingrid Havnen

Vedlegg SB-1



MULTICONSULT AS  
 Avd. NOTEBY  
**STABIL**  
 Stabilitetsanalyse av skraaninger

Prosjekt Beskrivelse: 411793 Kvikkleiresone - Lundamo - Varegga III  
 Profil C - Motfylling kt 86 høyde 1 m helning 1til 5 - ADP-abalyse

Prosjekt: Lundamo	Dato: 30.04.2008	Inndata Filnavn: Z:\4117xx\411793_Lundamo_Block Watne\09_Beregninger\stabil\profil C\adpcm4.nod
----------------------	---------------------	--

Versjon: 3.1

Autorisert bruker: MULTICONSULT AS

Bruker Navn: Ingrid Havnen

Varegga 5B-2

## Massebergning Lundamo

Prosjektnr: 411793

Beskrivelse	Referanse	Tverrsnitt (m2) areal	Bredde (m)	Volum (m3)		Masse- balanse (m3)
				ylling	avlasting	
<b>Alt 1 - motfylling</b>						
Profil G2-avskaling	tegning-301	50	50		2500	
Profil G2-motfylling	tegning-301	430	105	45150		
Profil O-motfylling	tegning-308	45	225	10125		
Varegga - motfylling	RIG-02			7000		
<b>Sum</b>				<b>62275</b>	<b>2500</b>	<b>59775</b>
<b>Alt 2 - Avlasting</b>						
Profil G-G-avlasting	tegning -305	150	25		3750	
Profil G2-avlasting	tegning -302b	220	40		8800	
Profil O - motfylling	tegning-308	45	225	10125		
Profil A-bratt- avlasting	tegning-310	40	52		2080	
Profil A-bratt- motfylling	tegning-310	25	52	1300		
Profil C - motfylling	tegning-105	25	63	1575		
<b>Sum</b>				<b>13000</b>	<b>14630</b>	<b>-1630</b>
<b>Alt 3 - Motfylling/avlasting</b>						
Profil G-G avlasting	tegning-306	80	56		4480	
Profil G-G motfylling	tegning-306	55	25	1375		
Profil G2 avlasting	tegning-303	128	40		5120	
Profil G2 motfylling	tegning-303	70	57	3990		
Profil O - motfylling	tegning-303	45	225	10125		
Profil A-bratt- avlasting	tegning-310	40	52		2080	
Profil A-bratt- motfylling	tegning-310	25	52	1300		
Profil C - motfylling	tegning-105	25	63	1575		
<b>Sum</b>				<b>18365</b>	<b>11680</b>	<b>6685</b>