



TRONDHEIM KOMMUNE

Kommunalteknikk

Rapport fra Geoteknisk avdeling

R.1579-2 Tempe områdestabilitet. Stabilitetsberegninger og - vurderinger

Dato: 25.10.2013



**TRONDHEIM KOMMUNE**Kommunalteknikk
Geoteknisk avdeling

Rapport R1579-2	TEMPE OMRÅDESTABILITET Stabilitetsberegninger og -vurderinger		
Trondheim den:	25.10.2013		
Rev. nr. / dato:			
Oppdragsgiver:	Byplankontoret	Oppdrag ved: Pål Tømnesson	
Repr. punkt:	Euref 89. øst: 569 600	Euref 89 nord: 7 031 400	
Sted:	Tempe	Antall tekstsider:	16
		Antall bilag:	3
Emneord:	Områdestabilitet	Kvikkleire	
Saksbehandler:	Kvalitetssikrer:		
	Konstantinos Kalomoiris		
	Tone Furuberg		

Sammendrag:

Det utarbeides en områdeplan for Tempe, Valøya og Sluppenområdet. Deler av planområdet ligger innenfor Tempe kvikkleiresone som er klassifisert i middels faregradsklasse. Planområdet må derfor dokumenteres å være skredsikkert. Basert på nye grunnundersøkelser og erosjonssikring i deler av kvikkleiresonen er Tempe kvikkleiresone foreslått nedklassifisert til lav faregradsklasse.

I denne rapporten er det angitt hvilke beregningsmetoder som er benyttet og hvilke sikkerhetsprinsipper som legges til grunn for skredsikkerhetsvurderingene. Videre er resultater fra stabilitetsberegninger for dagens tilstand og vurdering av skredsikkerhet for det enkelte delområde i planen presentert. Det er gjort stabilitetsberegninger i 6 profiler, de vurderte delområdene i planen refererer til plankart datert 08.07.2013.

Delområde 01 er skredsikkert, men overflateglidninger i skråningen ovenfor, særlig på nordre del av området kan være et problem. Før utbygging må tiltak for å bedre overflatestabiliteten utføres.

Delområde 02 er bare delvis skredsikkert. På grunn av den bratte skråningen i øst, må områdegrensen trekkes ca 12 meter inn fra skråningskanten, noe som vil gi en relativt stor reduksjon av planområdet. Alternativt må byggegrensen vurderes næyere.

Delområdene 04, 05, 06 og 07 er skredsikre.

Delområdet 08 er ikke skredsikkert. På grunn av eksisterende bebyggelse er det ikke rom for stabiliserende tiltak. Området kan derfor ikke reguleres til kombinert bebyggelse og anleggsformål.

Delområde 09 er ikke skredsikkert, men kan bli skredsikkert forutsatt at det gjennomføres stabiliserende tiltak og byggegrensen trekkes innover fra skråningen. Skredsikkerhet for denne delen av planområdet må vurderes nærmere.

Delområde 10 – 17 ansees å være skredsikre.

På deler av områdene kan fyllmasser og forurenset grunn være en økonomisk og teknisk utfordring.

1. INNLEDNING

1.1 Prosjekt

Byplankontoret utarbeider en områdeplan for Tempe, Valøya og Sluppen området, bilag 1. Det planlegges både boliger og kontorbygg. På østsida av Holtermanns veg er områdene planlagt med tung utbygging (opp til 15 etasjer), mens det på vestsida er planlagt noe lavere utnytting (opp til 4 etasjers bygg).

Planområdet må dokumenteres å være skredsikkert, jfr. PBL §28-1 og 3, og TEK10, kapittel 7, som stiller krav til skredssikkerhet for ny bebyggelse.

NVE retningslinje 2-2011, ref. /1/, med vedleggene "Vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper" og "Kartlegging og vurdering av skredfare i arealplaner" beskriver *hvordan* sikkerhet mot kvikkleireskred kan dokumenteres.

Der det ikke er kvikkleire i skråningene skal skråningsstabilitet / sikkerhet mot utglidning for planområdet dokumenteres ihht til Eurokode 7, ref. /2/. Men dette kravet må også tilfredsstilles for bygg på skråningstoppen der det er kvikkleire i grunnen.

1.2 Oppdrag

Kommunalteknikk ved Geoteknisk avdeling fikk i oppdrag av Pål Tømnesson, Byplankontoret, å gjøre en vurdering av områdestabilitet/skredssikkerhet for planområdet.

I denne rapporten er det angitt hvilke beregningsmetoder som skal benyttes og hvilke sikkerhetsprinsipper som legges til grunn for vurderingene. Videre presenteres resultater av stabilitetsberegninger for dagens tilstand, og vurdering av om sikkerheten mot kvikkleireskred og utglidninger i skråningene mot Nidelva er tilfredsstillende ihht NVE retningslinje 2-2011 og Eurokode 7.

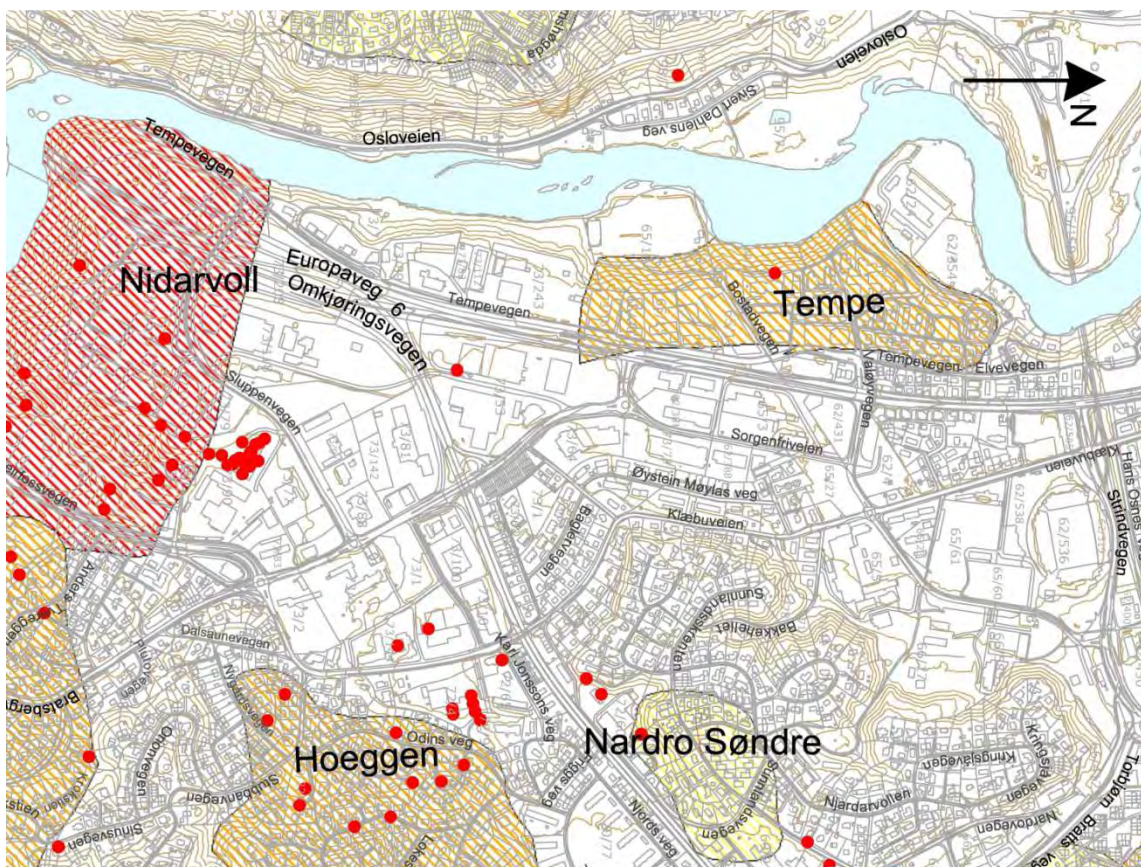
Rapporten inneholder også tolkning av styrkeparametre for leira på grunnlag av utført trykksondering (CPTU) og tidligere utførte treaksialforsøk. Der er også gitt en oversikt over rapporter med grunnundersøkelser som inngår i beregningsgrunnlaget. Det framgår av situasjonskart, tegning nr. 102, hvilke data som er benyttet i denne vurderingsrapporten.

I følge NVE retningslinje 2-2011 er det nødvendig med uavhengig kontroll av det geotekniske beregningsgrunnlaget og stabilitetsutredningen i forbindelse med reguleringsplanen.

1.3 Kvikkleire/sprøbruddmaterialer - skråningsstabilitet

NVEs kvikkleireveileder, vedlegg 1 til NVE retningslinje 2-2011, omhandler bygging i og nedenfor områder med "sprøbruddmaterialer". I praksis er sprøbruddmaterialer leire med sensitivitet ≥ 15 og omrørt skjærfasthet < 2 kPa. Kvikkleire er også et sprøbruddmateriale. For at leira skal være kvikk må den omrørte skjærfastheten være $< 0,5$ kPa.

I forbindelse med regulering, som i dette tilfelle, må den reelle faren for kvikkleireskred utredes. Deler av planområdet ligger innenfor Tempe kvikkleiresone som er klassifisert i middels faregradsklasse, se utdrag av NVEs kvikkleirekart i figur 1 på neste side. Sør for planområdet ligger Nidarvoll kvikkleiresone som er klassifisert i høy faregradsklasse. Øst for planområde ligger Nardro Søndre og Hoeggen kvikkleiresoner som er klassifisert i henholdsvis lav- og middels faregradsklasse. Sikkerhet mot kvikkleireskred er utredet for Nidarvoll og Hoeggen kvikkleiresoner, ref. /3/ og /4/, i forbindelse med andre prosjekter.



Figur 1: Utsnitt av NVE kvikkleirekart 2005. Skravurfarge angir faregradsklasse, rød= høy, oransje = middels, gul = lav. Børpunkt der kvikkleire er påvist i prøve er vist med rødt.

Utgegningene som er gjort etter NVEs kvikkleirekartlegging i 2001-2005, viser at grensen for Nidarvoll kvikkleiresone kan trekkes noe sørøstover, ref. /3/, mens Hoeggen kvikkleiresone som ligger ovenfor planområdet, har tilfredsstillende sikkerhet mot kvikkleireskred etter at foreslåtte terrenginngrep er gjennomført, ref. /4/. Det er også dokumentert at skredmasser fra Nidarvoll kvikkleiresone ikke kan ramme planområdet. Sikkerhet mot kvikkleireskred er ikke utredet for Nardo Søndre kvikkleiresone, men avstanden fra planområdet er over 500 meter.

Grunnundersøkelsene som nå er utført i planområdet, ref. /5/, viste at det er et lokalt lag av sprøbruddleire i skråningen mellom Valøya og Tempe idrettsplass (profil II), ved Tempevegen 35-37 (profil F) og ved Tempevegen 43 (profil G). I tillegg er det et mulig lag sprøbruddleire under foten av skråningen ved Tempe idrettsplass.

Stabilitetsvurderingen er konsentrert om skråningene mot Nidelva, enten det er kvikkleire i grunnen eller ikke, da det er skråningene som vurderes som kritiske for områdets stabilitet.

Faregradsklassifisering for kvikkleiresonen Tempe er revidert på grunnlag av de nye grunnundersøkelsene og erosjonssikringstiltaket som nå gjennomføres mellom Valøya og Tempe. Faresonen kan nedklassifiseres fra middels til lav faregradsklasse, se bilag 2. Dette medfører mindre omfattende krav til stabiliserende tiltak for områder der det i utgangspunktet ikke er tilstrekkelig sikkerhet mot kvikkleireskred (fra vesentlig forbedring til forbedring), jfr. NVEs kvikkleireveileder. Risikoklasse er endret fra 4 til 3.

Reklassifiseringen er gjennomført ihht NGIs veileder for klassifisering av kvikkleiresoner, ref. /6/, og gjelder også skråningene sør på planområdet da forholdene der er tilsvarende som i Tempe kvikkleiresone.

2. BEREGNINGSFORUTSETNINGER

2.1 Generelt

Stabiliteten for skråningene ned mot Nidelva skal beregnes. Stabilitetsberegninger skal utføres både ved totalspenningsanalyse (udrenert korttidstilstand) og effektivspenningsanalyse (drenert langtidssituasjon).

Materialfaktor fra totalspenningsanalysen vurderes som kritisk for terrengendringer eller lastendringer. Effektivspenningsanalysen vurderes som representativ for langtids-situasjonen for skråningene slik de står i dag, eventuelt også for en sakte terrengendring dersom dette ikke medfører udrenerte spenningsendringer.

Stabilitetsanalysene utføres med beregningsprogrammet Geosuite Stabilitet, en del av Geosuite-pakken. Programmet baserer seg på en likevektsbetraktning for potensielle bruddflater. Stabilitetsberegningene skal utføres for en plan spenningstilstand.

2.2 Beregningsprofiler

Det er utført beregninger i 6 terrengprofiler. Beliggenhet av profilene er vist på situasjonskartet, tegning 102. Profiler med antatte laggrenser er vist på tegning 111 – 116. Laggrensene er tegnet på grunnlag av nye og tidligere boringer.

2.3 Geometrieffekter

Alle beregninger er utført for plan spenningstilstand. Det betyr at profilets bredde antas å være uendelig. Dette er en konservativ antagelse, men her er det ikke romvirkning av betydning i noen av profilene, så antagelsen er fornuftig.

2.4 Topografi – grunnforhold

Dagens terreng i planområdet er preget av et relativt flatt platå som ligger på ca kote 25-30, med 25-30 m høye og bratte skråninger ned mot Nidelva. Skråningene står med helning mellom 1:1,8 og 1:2, men kan stedvis være brattere, spesielt i de øvre partiene. Ned mot Nidelva er det dannet to flate områder; Valøya og Tempe idrettsplass, som ligger på ca kote 5-10.

Flere steder er det et topplag av fyllmasser (noen få meter) over øvrige masser. Noen få steder er det fyllmasser til stor dybde, på Renholdsverket er det en 20 meter høy fylling ut mot Nidelva, og Fredlydalen samt et bekkefar sør på området er gjenfylt.

På størstedelen av området er det et lag faste rekonsoliderte rasmasser over opprinnelige avsetninger. Undersøkelsene viser at grunnen under rasmassene i grove trekk består av leire lagdelt med silt og sand til stor dybde. Det er vanskelig å finne et klart system i lagdelingene eller tydelige laggrenser.

I skråningen mellom Valøya og Tempe er det avdekket et lokalt kvikkleirelag inne i skråningen under de rekonsoliderte rasmassene. I foten av skråningen ned mot Tempe idrettsplass kan det være et lag av kvikk- eller sprøbruddleire, men denne ligger under nivå for idrettsbanen.

Det er videre to lokale lommer av sprøbruddleire i grunnen sør på planområdet, i profil F og G. I profil F ligger kvikkleira grunt. Rapport R1579 gir detaljer om grunnforhold, en kort oppsummering er gitt nedenfor.

I skråningen ned mot Valøya er det gjort grunnundersøkelser tidligere, se R.1478 (TK12). Grunnen består av et topplag fyllmasser over leire lagdelt med sand og silt.

På toppen av skråningen mellom Valøya og Tempe idrettsplass, består grunnen av et topplag av fyllmasser, derunder kommer rekonsoliderte rasmasser til 8-9 m dybde over leire lagdelt med sand og silt, rapport R.831 (TK7) og R.831-2(TK8). Grunnundersøkelsene som nå er utført er ført dypere enn tidligere undersøkelser, men viser samme resultat som tidligere undersøkelser for øvre lag av grunnen.

Leira er generelt fast, men det er påvist sprøbruddleire i punkt 2 og det er tidligere påvist et tynt kvikkleirelag i punkt 3, rapport R.831, (punkt TK11-3) fra 12-13 m under terreng. Det antas også et lag av sprøbruddleire fra 10-14 m under terreng i punkt 4. Resultatene fra de nye undersøkelsene viser at dette er et lokalt lag av sprøbruddleire lokalisert ut mot skråningskanten. Mektighet av sprøbruddleirelaget avtar mot øst. Vanninnholdet i leira under de rekonsoliderte rasmassene er høyt, opp mot 40 %. Prøvetakingen i punkt 5 viser at denne leira er middels sensitiv.

Sonderingen i punkt 6, i skråningen øst for idrettsplassen, viser 10-15 m antatte rasmasser over antatt fast leire. Under foten av skråningen kan det være sprøbruddleire fra kote 0 og nedover.

I skråningen 150 m sør for idrettsplassen består grunnen av fyllmasser i stor mektighet over fast leire. Fyllmassene består i følge rapport R.476 (TK3) og R.542 (TK4) av sand, grus, humus, metallgjenstander, tre, og teglrester. Fyllmassen er løst lagret. Sonderingsmotstanden i punkt 7 er høy til stor dybde.

Lenger sør ved Renholdsverket, er det påvist kvikkleire fra 8-9 m dybde, antatt sprøbruddleire fra 7-10 m, tegning 53. Dessuten kan prøven fra 12-13 m dybde tolkes som sprøbruddleire siden prøven var forstyrret og sensitiviteten kan være noe høyere enn den som er bestemt ved konusforsøk. Ellers består grunnen av bløt til middels fast siltig leire øverst før man igjen kommer ned i fastere masser. Vanninnholdet i leira er fra 20 til 25 %. Under et fast lag antas leira å være kvikk / meget sensitiv, før man igjen kommer ned i et noe fastere lag.

Sonderingen i punkt 8 tyder på fastere masser mot skråningskanten, men det kan være et lag sprøbruddleire i dybden fra ca kote 5 til 2. En tidligere undersøkelse ut mot skråningskanten, punkt 8 i rapport R.552, (punkt TK6-8) viser også at grunnen her består av fyllmasser (sand og humus) til 3,5 m dybde, over tørrskorpeleire over fast leire. Massene antas å være rasmasser til prøvetakingsdybden.

Mot sørenden av planområdet, består grunnen av middels fast til fast leire under et topplag fyllmasser. Det er påvist et tynt lag av sprøbruddleire fra 11-12 m dybde og antatt sprøbruddleire til 14 m dybde. Derunder antas leira å være fast og ikke kvikk. Vanninnholdet i leira er fra 20 til 25 %.

2.5 Tidligere undersøkelser

Tidligere grunnundersøkelser, i eller på toppen av skråningene ned mot Nidelva, som er brukt i dette prosjektet er:

Trondheim kommune

- R.361 Fredlybekken pumpestasjon (TK1)
- R.395 Galvanoteknisk av-vanningsstasjon (TK2)
- R.476 Generalplan Renholdsverkets område Sluppen (TK3)
- R.542 Nybygg Renholdsverket Sluppen (TK4)
- R.542-2 Driftsanlegg Sluppen (TK5)
- R.552 Avløpsledning Sluppen (TK6)
- R.831 Tempe Bo- og servicesenter (TK7)
- R.831-2 Tempeprosjektet (TK8)
- R.925 Vei til Tempebanen (TK9)
- R.1001 Fredlybekken avløpssone (TK10)
- R.1123 Tempe Valøyvegen (TK11)
- R.1478 Fossumdalen 2 (TK12)

Rambøll Norge as (også Kummenje og SCC)

- O.187 Tempe (R1)

Statens vegvesen

- Ud685A-4 Ny Nidelv bru, Statens vegvesen (SVV)

Forkortet rapportbetegnelse som er brukt på situasjonskart og profiler er vist i parentes bak rapporttittel i lista over.

2.6 Grunnvannstand - poretrykk

Det er gjort poretrykksmålinger i til sammen tre punkt på nordre del av planområdet. Det er gjort målinger på Valøya, rapport R.1478 (TK12), og på Tempeplatået i to dybdenivå per punkt i forbindelse med dette prosjektet.

I punkt 2 ligger grunnvannstanden 6,36 m under terreng og poretrykket er 23,6 % av hydrostatisk poretrykk. I punkt 5 ligger grunnvannstanden 9,12 m under terreng og poretrykket er 65,5 % av hydrostatisk poretrykk. Resultatene tyder på at poretrykksfordelingen øker noe mer med dybden i leirelaget enn i øvrige masser. Målingene gir tilstrekkelig grunnlag for å anta poretrykksfordelinger som vist i tabell 1 i området der poretrykksmålingene er utført, dvs nord for Bostadvegen.

Tabell 1 Oppsummering av poretrykksmålinger nord for Bostadvegen.

Rapport nr., borehull nr.	GV dybde (m)	GV kote (m)	Poretrykksøkning
R.1478, 1 (TK12-1)	4,30	5,70	Hydrostatisk med dybden
R.1579, 2	6,36	19,64	24 % av hydrostatisk med dybden
R.1579, 5	9,12	17,89	65 % av hydrostatisk med dybden

For profilene i sør, der det ikke er gjort poretrykksmålinger, antas grunnvannstanden å ligge i underkant av tørrskorpeleirelaget, og poretrykket å være 65 % av hydrostatisk poretrykk.

For alle beregningsprofilene antas poretrykket i bunnen av skråningene å øke hydrostatisk med dybden fra underkant tørrskorpelaget eller fra elvenivå.

3. MATERIALPARAMETERE

3.1 Tyngdetetthet

For de stedlige massene er tyngdetetthet bestemt på grunnlag av utførte laboratorieundersøkelser.

3.2 Udrenert skjærfasthet

Valg av udrenert skjærfasthet er prioritert i forhold til følgende:

1. CPTU – tolkning
2. Laboratorieundersøkelser (konus- og enaksiale trykkforsøk) på 54 mm prøver.

Tolket aktiv skjærfasthet fra CPTU er vist i tegning 171. Tolkning av CPTU sonderingene er utført på grunnlag av poretrykksfaktoren $N_{\Delta u}$ og spissmotstandsfaktoren N_{kt} , som gitt i ref. /7/:

Poretrykkbasert	$s_{uA} = (u_2 - u_0) / N_{\Delta u}$
Spissmotstandbasert	$s_{uA} = (q_t - \sigma_{v0}) / N_{kt}$

Det er lagt hovedvekt på følgende verdier ved bestemmelse av aktiv udrenert skjærfasthet:

$S_t < 15$:

$$N_{kt} = 7,8 + 2,5 \cdot \log OCR + 0,082 \cdot I_p \quad N_{\Delta u} = 6,9 - 4,0 \cdot \log OCR + 0,07 \cdot I_p$$

$S_t > 15$:

$$N_{kt} = 8,5 + 2,5 \cdot \log OCR \quad N_{\Delta u} = 9,8 - 4,5 \cdot \log OCR$$

OCR og I_p er henholdsvis overkonsolideringsgrad og plastisitetsindeks. OCR er bestemt på grunnlag av CPTU og antatt tidligere terreng. I_p er bestemt ved laboratorieundersøkelser.

Parametrene som ble brukt i tolkning av CPTU er plastisitetsindeksen, in situ poretrykk, romvekt og sensitivitet. Disse er bestemt ved felt- og laboratorieundersøkelser.

Ved tolking av CPTU er det benyttet romvekt 20 kN/m^3 . In situ poretrykk er bestemt ved poretrykksmålinger i de aktuelle punkter, eller vurdert ut fra måling i nærliggende punkter, se avsnitt 2.6. Sensitiviteten er vurdert på grunnlag av konusforsøkene.

Generelt er $N_{\Delta u}$ benyttet ved B_q – verdi (poretrykksrespons) høyere enn 0,5 og N_{kt} er benyttet ved B_q lavere enn 0,5. For de valgte korrelasjonene for $N_{\Delta u}$ – og N_{kt} – faktorene skilles det mellom leire med sensitivitet (S_t) lavere og høyere enn 15.

Designverdien for aktiv udrenert skjærfasthet er vist med stiplet linje i tokningsdiagrammene for CPTU i tegning 171. Designverdien er sammenlignet med tolket SHANSHEP skjærstyrke og er i alle tilfeller antatt høyere enn skjærfasthet for normalkonsolidert leire, $s_{uNC} = 0,28 p_0$.

SHANSHEP fastheten er beregnet vha følgende formel:

$$s_{uA} = \alpha \cdot p_0 \cdot OCR^m$$

hvor α og m er faktorer, p_0 er in situ effektivspenning og OCR er overkonsolideringsgrad. Her er det valgt $\alpha=0,30$ og $m=0,60$ for tolking av aktiv skjærstyrke, ref. /7/. Det er brukt samme α - og m - faktor i hele området, mens p_0 og OCR varierer for hvert punkt.

I større dybder der det ikke foreligger målinger, er det antatt økende skjærfasthet med dybden. Det er gjort ekstrapolering av overliggende målinger.

I Geosuite legges det inn en fasthetsreduksjon på 15 % av designskjærfasthet når denne er bestemt fra CPTU (fasthetsreduksjonen legges inn i beregningene, ikke ved tolking av skjærfastheten). Vurdering av leiras sensitivitet er basert på utførte laboratorieundersøkelser og vurdering/ tolkning av sonderinger (trykk- og dreietrykksondering).

For den faste leira er det valgt designverdier for udrenert skjærfasthet ut fra en vurdering av tilgjengelige grunnundersøkelser som er relevante for det enkelte profil og SHANSHEP.

3.3 Udrenert skjærfasthet, s_u -profiler

Udrenert skjærfasthet er modellert vha s_u -profiler i Geosuite. Det er valgt å legge inn s_u -profiler i bestemte knekkepunkt i profilene. s_u -verdien er valgt på grunnlag av avsnitt 3.2. Tabell 2 viser hvilke s_u -profiler som er brukt i beregningene.

Tabell 2 Benyttede aktive s_u -profiler

Nærliggende borpunkt	Aktiv s_u	Grunnlag
Profil I		
TK12-1	80-157 kPa, z=4 til -10 m	Laboratorieundersøkelser, SHANSHEP
TK12-1	80-179 kPa, z=8 til -10 m	Laboratorieundersøkelser, SHANSHEP
TK12-3	80-110 kPa, z=22 til 16,69 m 110-209 kPa, z= 8 til -10	Laboratorieundersøkelser, SHANSHEP
Profil II		
	70-225 kPa, z=2,59 til -20 m	SHANSHEP
TK7-3	80-115 kPa, z=23 til 16,75 m 90-123 kPa, z=16,74 til 90 m 150-315 kPa, z=10,69 til -20 m	Laboratorieundersøkelser, SHANSHEP, CPTU i punkt 5, R.1579
Profil D		
TK9-2	80-180 kPa, z=5 til -10 m	SHANSHEP
R.1579, 6	80-295 kPa, z=29 til -10 m	SHANSHEP
Profil E		
	80-160 kPa, z=4 til -10 m	SHANSHEP
	70-235 kPa, z=20 til -10 m	SHANSHEP
R.1579, 7	60-280 kPa, z=30 til -10 m	SHANSHEP
Profil F		
	70-180 kPa, z=3,68 til -15 m	SHANSHEP
R.1579, 8	60-280 kPa, z= 24 til -15 m	SHANSHEP
R.1579, 9	35-50 kPa, z=27,27 til 17,22 m 115-280 kPa, z=17,21 til -15 m	Laboratorieundersøkelser, SHANSHEP
Profil G		
	70-180 kPa, z=5 til -15 m	SHANSHEP
	50-253,5 kPa, z=22 til -15 m	SHANSHEP
R.1579, 10	50-94 kPa, z=22,75 til 14,75 m 40-55 kPa, z=14,74 til 11,75 110-257,5 kPa, z=11,74 til -15 m	Laboratorieundersøkelser, SHANSHEP

3.4 Effektiv skjærfasthet

Effektive skjærfasthetsparametere for leira er bestemt på grunnlag av tidligere utførte treksialforsøk. Tolkning av utførte treksialforsøk er samlet i bilag 3. Benyttede verdier er vist i tabell 3.

Tabell 3 Benyttede verdier for effektiv skjærfasthet.

Materiale	Friksjonsvinkel (°)	Tangent (-)	Attraksjon (kPa)	Kohesjon (kPa)
TSL/FM*	31	0,60	0	0
Leire	27	0,51	10	5
Sprøbruddeleire	27	0,51	5	2,5
Sand	33	0,65	0	0
Silt	31	0,60	0	0

*Tørrskorpeleire og fyllmasser

Det er valgt konservative skjærfasthetsverdier for sand og silt siden det ikke foreligger data fra treksialforsøk.

3.5 Overkonsolidering

Vi har ikke innsyn i eventuelle tidligere ødometerforsøk på prøver fra planområdet. Det er heller ikke utført ødometerforsøk på våre prøver fra de nye undersøkelsene.

Overkonsolideringsgrad er tolket fra CPTU i punkt 5, tegning 172. Leira er noe overkonsolidert, med en OCR=1,8.

3.6 Anisotropi

I beregningene tas det hensyn til spenningsanisotropien i leira. Udrenert skjærfasthet varierer med hovedspenningene (ADP-analyse). Utgangspunktet er udrenert aktiv skjærfasthet s_{uA} som er tolket fra CPTU-sonderingene og laboratorieundersøkelsene. Direkte og passiv skjærfasthet er beregnet ut fra følgende formler:

$$s_{uD}=0,7s_{uA}$$

$$s_{uP}=0,4s_{uA}$$

Det er ikke utført passive treksialforsøk eller direkte skjærforsøk i dette prosjektet. De anvendte anisotropiforholdene er i henhold til generelle erfaringsdata og vurderes å ta hensyn til prinsippet om tøyningskompatibilitet. Det samme gjelder fasthetsreduksjon på 15 % som er foretatt for sprøbruddeleire når designskjærfasthet er bestemt på grunnlag av CPTU, og som skal ivareta både sprøbruddegenskaper og prinsippet om tøyningskompatibilitet.

3.7 Kvalitet av undersøkelser

Grunnundersøkelsene ble utført i henhold til NGF meldinger og håndbøker fra Statens Vegvesen, ref. /8/ til /15/.

CPTU-sonden som er brukt ble sist kalibrert 13.09.2013. Resultatene fra CPTU-sonderingene er av tilfredsstillende kvalitet i henhold til NGF melding nr.5, ref. 9.

3.8 Krav til materialfaktor

Krav til materialfaktor i kvikkleireområder (ved dokumentasjon av områdestabilitet) er gitt i NVE retningslinje 2-2011, i tabell 3.1, i vedlegg 1 til retningslinjen, og avhenger av

tiltakskategori og faregradsklasse. For stabilitet av skråninger der det ikke er kvikkleire gjelder krav til materialfaktor gitt i Eurokode 7.

Nye boliger/kontorbygg klassifiseres i tiltakskategori K3. Tempe kvikkleiresoner er klassifisert i lav faregradsklasse, bilag 2. Det kreves at materialfaktor γ_m er lik eller høyere enn 1,4. Hvis materialfaktor lik 1,4 ikke kan oppnås må man se på hva som er mulige stabiliserende tiltak for å oppnå ”forbedring” av materialfaktoren, dvs. tilfredsstillende sikkerhet mot kvikkleireskred. Et kompliserende forhold i så måte er at det ikke er plass til større topografiske endringer som kan forbedre stabiliteten i planområdet.

Eurokoden åpner ikke for prinsippet med prosentvis forbedring av stabiliteten, men krever at materialfaktor γ_m er lik eller høyere enn 1,4 ved totalspenningsanalyse og lik eller høyere enn 1,25 ved effektivspenningsanalyse.

4. STABILITETSBEREKNINGER OG -VURDERINGER

4.1 Generelt

Det er gjort stabilitetsberegninger i 6 terrengprofiler for skråningen ned mot Nidelva.

Nedenfor er det gitt en oppsummering av stabilitetsberegningene for hver profil, i avsnitt 4.3 er det gitt en vurdering av resultatene og hva de betyr for det enkelte delområde i planeforslaget.

4.2 Resultat fra stabilitetsberegningene

Profil I,

I dette profilet er det ikke sprøbruddmateriale. Udrenert skjærfasthet er bestemt på grunnlag av laboratorieundersøkelser og SHANSHEP metoden. Materialfaktoren er beregnet for plan spenningstilstand. For totalspenningsanalyse oppnås materialfaktor $\gamma_m=1,74$. For effektivspenningsanalyse oppnås materialfaktor $\gamma_m=1,97$. *Materialfaktoren er tilfredsstillende både på totalspenningsbasis og effektivspenningsbasis*

Profil II

Udrenert skjærfasthet er bestemt på grunnlag av tolket CPTU, laboratorieundersøkelser og SHANSHEP metoden. I Geosuite er det lagt inn en fasthetsreduksjon på 15 % i lag med kvikk- eller sprøbruddleire. Videre er materialfaktoren beregnet for plan spenningstilstand. For totalspenningsanalyse oppnås materialfaktor $\gamma_m=1,42$. For effektivspenningsanalyse oppnås materialfaktor $\gamma_m=1,14$ og **1,24**. *Materialfaktoren er ikke tilfredsstillende på effektivspenningsbasis.*

Profil D

Udrenert skjærfasthet er bestemt på grunnlag av laboratorieundersøkelser og SHANSHEP metoden. Materialfaktoren er beregnet for plan spenningstilstand. For totalspenningsanalyse oppnås materialkoeffisient $\gamma_m=1,65$. For effektivspenningsanalyse oppnås materialfaktor $\gamma_m=1,18$ og **1,18**. *Materialfaktoren er ikke tilfredsstillende på effektivspenningsbasis.*

Profil E

I dette profilet er det ikke sprøbruddmateriale. Udrenert skjærfasthet er bestemt på grunnlag av laboratorieundersøkelser og SHANSHEP metoden. Materialfaktoren er beregnet for plan spenningstilstand. For totalspenningsanalyse oppnås materialfaktor

$\gamma_m=1,34$ og 1,48 For effektivspenningsanalyse oppnås materialfaktor $\gamma_m=1,20$ og 1,35. *Materialfaktoren er ikke tilfredsstillende verken på total- eller effektivspenningsbasis.*

Profil F

Udrenert skjærfasthet er bestemt på grunnlag av laboratorieundersøkelser og SHANSHEP metoden. Materialfaktoren er beregnet for plan spenningstilstand. For totalspenningsanalyse oppnås materialfaktor $\gamma_m=1,38$ og 1,40, mens for effektivspenningsanalyse oppnås materialfaktor $\gamma_m=1,02$ og **1,22**. *Materialfaktoren er ikke tilfredsstillende på hverken total- eller effektivspenningsbasis.*

Profil G

Udrenert skjærfasthet er bestemt på grunnlag av laboratorieundersøkelser og SHANSHEP metoden. Materialfaktoren er beregnet for plan spenningstilstand. For totalspenningsanalyse oppnås materialfaktor $\gamma_m=1,43$, mens for effektivspenningsanalyse oppnås materialfaktor $\gamma_m=1,27$ og 1,40. *Materialfaktoren er ikke tilfredsstillende på effektivspenningsbasis.*

4.3 Stabilitetsvurderinger

Det er gjort stabilitetsberegninger i 6 profiler på både total- og effektivspenningsbasis. NVE retningslinje 2-2011 stiller krav til materialfaktor lik eller høyere enn 1,4 (sikkerhet mot kvikkleireskred).

Ved bygging på skråninger der det ikke er kvikkleire stiller Eurokode 7 krav til materialfaktor lik eller høyere enn 1,4 og 1,25 for total- og effektivspenningsbasis henholdsvis.

Beregningene viser at kravene til materialfaktor/sikkerhet ikke er tilfredsstilt for profil E og F på totalspenningsbasis og for profil II, D, E, F, G på effektivspenningsbasis.

Oppsummering av resultatene samt status eller krav ihht NVE retningslinje eller Eurokoden, er sammenstilt i tabell 4 og 5 under. Profilene med sprøbruddleire, profil II, D, F, og G er vurdert ihht NVEs retningslinje mens profil I, og E er vurdert ihht Eurokoden.

Når det gjelder skredsikkerhet av planen må man også vurdere om:

- et eventuelt skred kan ramme de planlagte utbyggingsområdene
- overflateglidninger i skråningen kan gi problemer for utbyggingsområdene

Tabell 4 Totalspenningsanalyse. Resultater fra stabilitetsberegninger og Status/krav til materialfaktor ihht NVE retningslinje 2-2011 og Eurokode 7.

Profil	Sprøbrudd-materiale	Beregnet materialfaktor	Status/krav forbedring (NVE)	Status/Krav Eurokode 7
I	Nei	1,74	-	OK
II	Ja	1,42	OK	OK
D	Ja	1,65	OK	OK
E	Nei	1,34	-	1,4
F	ja	1,38	0,5 %	1,4
G	Ja	1,43	OK	OK

Tabell 5 Effektivspenningsanalyse. Resultater fra stabilitetsberegninger og status for-/krav til materialfaktor ihht NVE retningslinje 2-2011 og Eurokode 7

Profil	Sprøbrudd-materiale	Beregnet materialfaktor	Status/krav forbedring (NVE)	Status/krav Eurokode 7
I	Nei	1,97	-	OK
II	Ja	1,14	6,5%	1,25
D	Ja	1,18	5,2%	1,25
E	Nei	1,20	-	1,25
F	ja	1,02	9,6%	1,25
G	Ja	1,27	3,4%	OK

NVEs krav til forbedring gjelder for områdestabilitet, mens krav til Eurokode 7 gjelder når det skal bygges på skråningstoppene i området. Ved bygging på toppen av kvikkleire-skråningen må begge kravene tilfredsstilles.

Planområdet er delt opp i flere delområder, se bilag 1, som er nærmere vurdert nedenfor.

Delområde 01, bolig/tjenesteyting

Stabiliteten i skråningene sørøst for delområde 01 er tilstrekkelig, og dette delområdet er dermed skredsikkert, men overflateglidninger i skråningen øst for nordre del av området kan være et problem. Ved utbygging må det gjøres tiltak for å bedre overflatestabiliteten.

Delområde 02, bolig/tjenesteyting

Stabiliteten i skråningen kan vurderes på grunnlag av beregningen i profil I, dvs at stabiliteten er tilstrekkelig. Delområdet er dermed skredsikkert, men byggegrensen må trekkes tilbake fra skråningskanten på grunn av bratt terreng og antatt dårlig overflatestabilitet.

I forbindelse med bygging av Tempe omsorgsboliger ble det anbefalt å unngå bebyggelse utenfor en tenkt skråning med helning 1:2.5 fra eksisterende skråningsfot. Vi anbefaler derfor at byggegrensen trekkes ca 12 meter inn fra skråningskanten, dvs. en sterk reduksjon av planområdet. Alternativt må byggegrensen vurderes nøyer.

Delområde 04, bolig

Delområde 05, forretning/kontor/tjenesteyting

Skråningen vest for delområde 04 har dårlig overflatestabilitet. En utglidning i skråningen vil imidlertid ikke påvirke delområde 04 da sprøbruddleirelaget er begrenset i vest og en utglidning i skråningen ikke vil forplante seg til delområde 04. Både delområde 04 og det bakenforliggende delområde 05 er dermed skredsikkert. Erosjonssikringstiltakene som for tiden utføres i Nidelva mellom Valøya og Tempe skal sikre at erosjon ikke utløser utglidninger i skråningen mellom Valøya og Tempe.

Delområde 06, kombinert bebyggelse og anleggsformål

Det er dårlig stabilitet på effektivspenningsbasis i skråningen vest for delområde 06. Området er likevel skredsikkert fordi en eventuell utglidning i skråningen ikke vil berøre sprøbruddmaterialer som ligger i større dybde og fordi delområdet ligger 40 m fra skråningskanten slik at det ikke vil berøres av eventuelle utglidninger i skråningen.

Delområde 07, kombinert bebyggelse og anleggsformål

Det er dårlig stabilitet både på total- og effektivspenningsbasis i skråningen vest for delområde 07. Området er likevel skredsikkert fordi en eventuell utglidning i skråningen ikke vil berøre sprøbruddmaterialer og fordi delområdet ligger 40 m fra skråningskanten.

Delområde 08, kombinert bebyggelse og anleggsformål

Det er dårlig stabilitet på både total- og effektivspenningsbasis i skråningen vest for delområdet og det er sprøbruddleire i grunnen. NVEs retningslinje stiller krav til forbedring av stabiliteten. På grunn av eksisterende bebyggelse er det imidlertid ikke rom for topografiske endringer; hverken motfylling, utslaking av skråningen eller avlasting av skråningstoppen. *Delområdet 08 er dermed ikke skredsikkert og kan ikke reguleres til formålet nevnt ovenfor.*

Delområde 09, forretning/kontor/tjenesteyting

Det er dårlig stabilitet på effektivspenningsbasis i skråningen vest for delområdet og det er sprøbruddleire i grunnen. NVEs retningslinje stiller krav til forbedring av stabiliteten. Her kan det gjøres topografiske endringer som tilsvarer 3,4 % forbedring.

Stabiliserende tiltak er ikke vurdert nærmere i denne omgangen. Kombinasjon av utslakking av skråningen og avlasting av skråningstoppen er mulige stabiliserende tiltak. På grunn av bratt terreng og dårlig overflatestabilitet bør byggegrensen trekkes minst 10 m fra skråningskanten. *Området kan bli skredsikkert forutsatt at det gjennomføres stabiliserende tiltak og byggegrensen trekkes innover fra skråningen. Skredsikkerhet for denne delen av planområdet må vurderes nærmere.*

Delområde 10-17

Delområde 10-17 anses som skredsikre. Skredsikkerhet for Nardo Søndre kvikkleiresone er ikke dokumentert, men ligger minst 500 meter unna planområdet.

4.4 Skredsikkerhet - oppsummering

Alle referanser til delområde gjelder plankart datert 08.07.2013

Delområde 01 er skredsikkert, men overflateglidninger i skråningen, særlig på nordre del av området, kan være et problem. Før utbygging må tiltak for å bedre overflatestabiliteten utføres.

Delområde 02 er bare delvis skredsikkert, på grunn av den bratte skråningen i øst må områdegrensen trekkes ca 12 meter inn fra skråningskanten, noe som vil gi en relativt stor reduksjon av planområdet. Alternativt må byggegrensen vurderes nøyere.

Delområde 04, 05, 06 og 07 er skredsikre

Delområdet 08 er ikke skredsikkert. På grunn av eksisterende bebyggelse er det ikke rom for stabiliserende tiltak. Området kan derfor ikke reguleres til kombinert bebyggelse og anleggsformål.

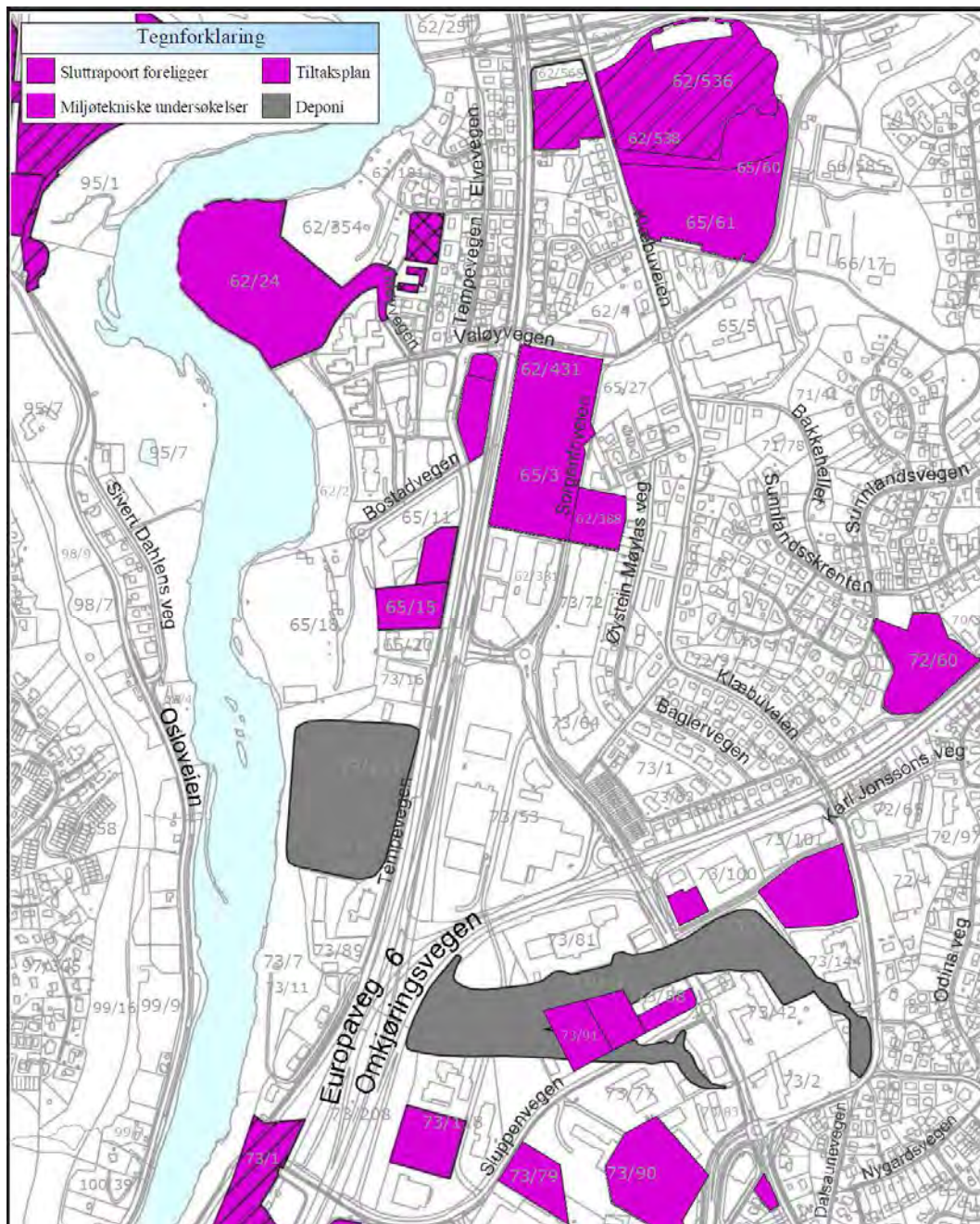
Delområde 09 er ikke skredsikkert, men kan bli skredsikkert forutsatt at det gjennomføres stabiliserende tiltak og byggegrensen trekkes innover fra skråningen. Skredsikkerhet for denne delen av planområdet må vurderes nærmere.

Delområde 10 – 17 ansees å være skredsikre.

5. Fyllinger og forurenset grunn.

Forurenset grunn har ikke betydning for skredssikkerhet men kan være en teknisk og økonomisk utfordring for utvikling av planområdet og for stabiliserende tiltak. Figur 2 viser utsnitt av aktsomhetskart forurenset grunn. På delområde 07 er det fyllmasser vist som kommunalt deponi. Det samme gjelder delområde 10 og nordenden av delområde 9 og sørenden av delområde 8.

Figur 2 Utsnitt av aktsomhetskart forurenset grunn



I tillegg til fundamenteringsproblemer er det miljørestriksjoner på bruk av arealer på avfallsfyllinger. For små fyllingsdybder kan det være aktuelt med masseutskifting. For større fyllingsdybder (her er det opp til 10-15 m avfallsdybde) må alternativet med pelefundamentering vurderes nærmere. Eventuelt kan arealene brukes til virksomhet som tåler store setninger.

6. REFERANSELISTE

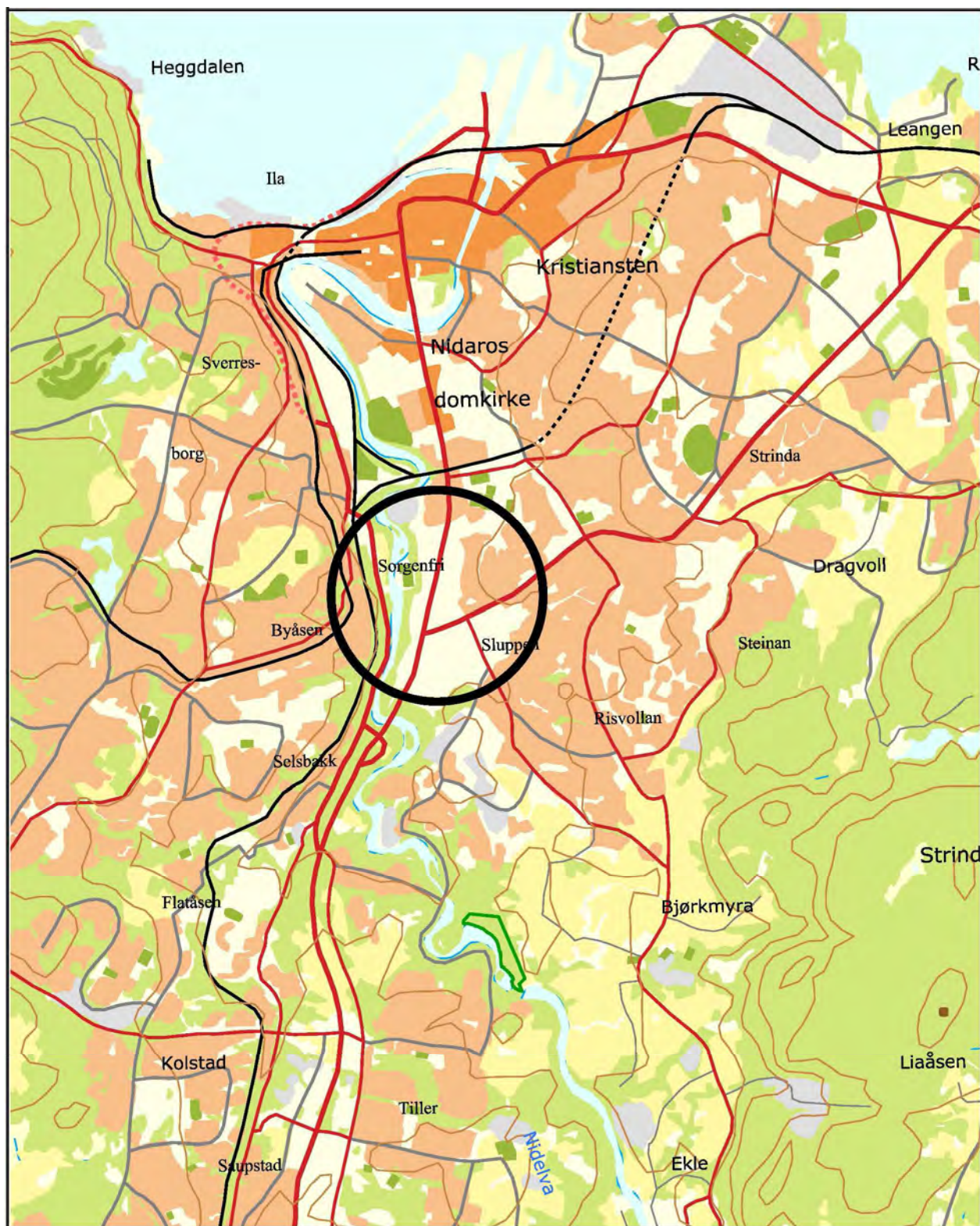
- | | |
|----|---|
| 01 | NVE retningslinje 2-2011 "Flaum- og skredfare i arealplanar" |
| 02 | NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering - Del 1: Allmenne regler |
| 03 | Rapport 6080734-02 rev01 Utredning av kvikkleiresone 228 Nidarvoll ihht. NVE 1/2008, Rambøll Norge AS |
| 04 | 6090893-02 rev02 Kvikkleiresone 194 Hoeggen. Geoteknisk utredning ihht. NVEs retningslinjer 1/2008 |
| 05 | Rapport R.1579 Tempe områdestabilitet. Datarapport. Trondheim kommune |
| 06 | Rapport 20001008-2 rev 3 Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. NGI, 08.10.2008 |
| 07 | Karlsrud, K., Lunne, T. Kort, D.A., Strandvik, S. (2005) "CPTU Correlations for Clays" |
| 08 | NGF melding nr. 3 Dreiesondering |
| 09 | NGF melding nr. 5 Trykksondering |
| 10 | NGF melding nr. 6 Grunnvannstand og poretrykk |
| 11 | NGF melding nr. 7 Dreietrykksondering |
| 12 | NGF melding nr. 9 Totalsondering |
| 13 | Statens vegvesen, håndbok 015, Feltundersøkelser |
| 14 | Statens vegvesen, håndbok 280, Geoteknisk felthåndbok |
| 15 | Statens vegvesen, håndbok 016, Geoteknikk i vegbygging |

7. TEGNINGSLISTE

<i>Tegning</i>	<i>Tema</i>
101	Oversiktskart
102	Situasjonskart, målestokk 1:2000
111	Profil I, målestokk 1:400
112	Profil II, målestokk 1:400
113	Profil D, målestokk 1:400
114	Profil E, målestokk 1:400
115	Profil F, målestokk 1:400
116	Profil G, målestokk 1:400
171	CPTU 5 fra rapport R.1579. Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet
172	CPTU 5 fra rapport R.1579. Tolkning av overkonsolideringsgrad

8. BILAGSLISTE

<i>Bilag</i>	<i>Tema</i>
01	Foreløpig reguleringskart datert 08.07.2013
02	Tempe kvikkleiresone. Revidert faregradsklassifisering
03	Tolking av resultater av tidligere utførte treaksialforsøk

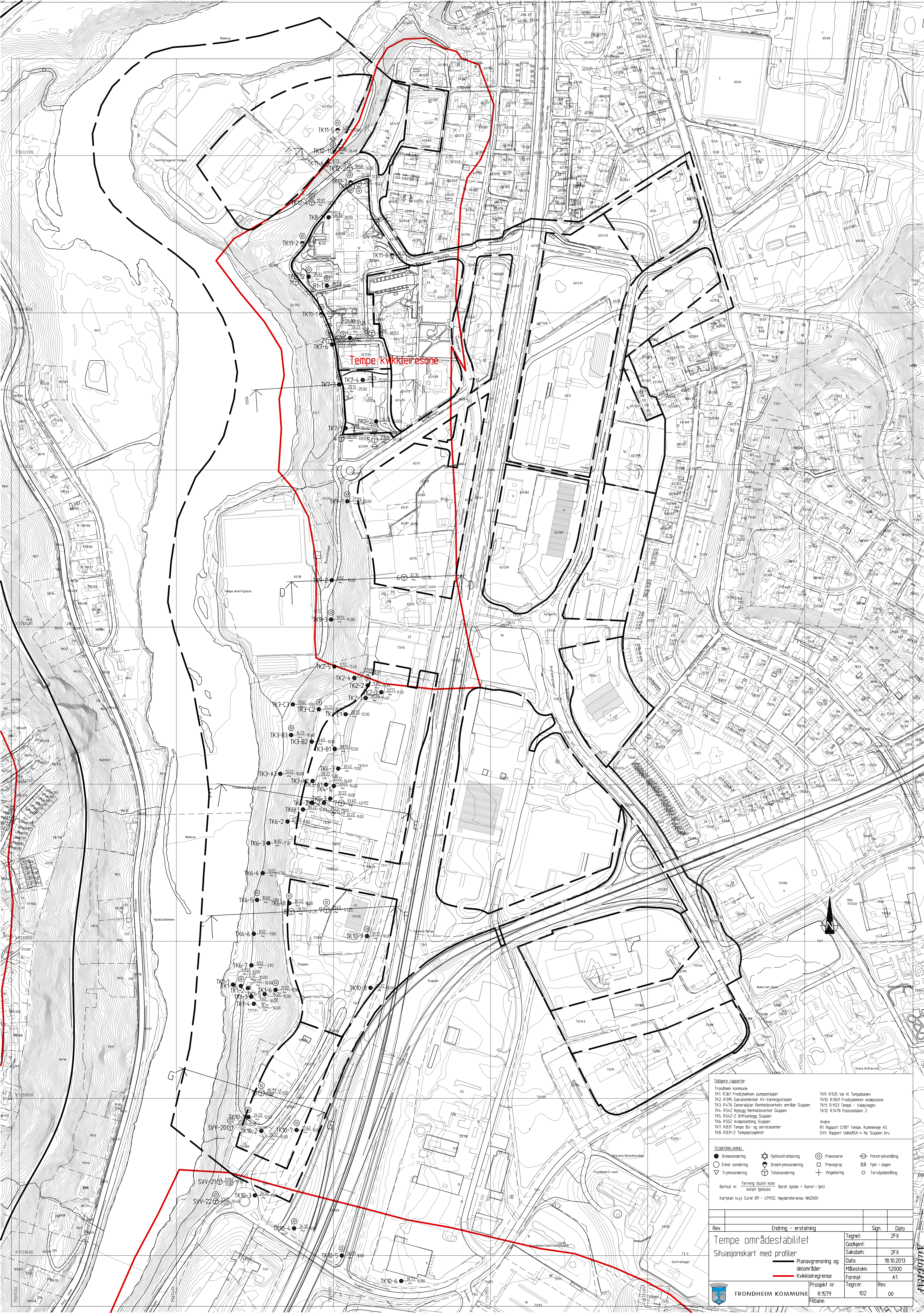


Tempe områdestabilitet
Datarapport
Oversiktskart



TRONDHEIM KOMMUNE

Tegnet:	2FX
Godkjent:	
Saksbeh:	2FX
Dato:	11.10.2013
Målestokk:	
Prosjekt nr. R.1579-2	Tegn.nr. 101



Tempe kvikkleiresone

Tidligere rapporter:

Trondheim kommune

TK1 R.261 Fredrykningen pumpestasjon

TK2 R.395 Galvanoteknisk AV-Vanningsstasjon

TK3 R.476 Generalplan Renholdsverkets område Sluppen

TK4 R.542 Nybygg Renholdsverket Sluppen

TK5 R.542-2 Omframsveg Sluppen

TK6 R.552 Vassleierveg Sluppen

TK7 R.831 Tempe Bo- og servicesenter

TK8 R.831-2 Tempeprosjektet

TK9 R.925 Vel H. Tempebanen

TK10 R.1001 Fredrykningen avløpsone

TK11 R.123 Tempe - Valøyvegen

TK12 R.1478 Fossumdalen 2

Andre:

R1 Rapport 0.187 Tempe, Kunnege AS

SVV: Rapport Ud6685-A Ny Sluppen bru

TEGNEFORKLARING:

● Diresondring

○ Enkel sondring

▽ Trykksondring

☆ Fjellkontrollboring

⬇ Direslykksondring

⬆ Totalsondring

⊙ Prøveserie

□ Prøvegrop

⊕ Vingeboing

⊕ Porelykksondring

⊗ Fjell i dagen

○ Torvdybedning

Terreng (bunn) kote Boret dybde + (boret i fjell)

Borhull nr.: Antall fjellkote

Kartplan (x,y): Euref 89 - UTM32, høyderreferanse: NN2000

Rev.	Endring - erstatning	Tegnet:	Sign.	Dato
Tempe områdestabilitet		Tegnet:	2FX	
Situasjonskart med profiler		Goddjent:		
— Planavgrensning og delområder		Saksbeh:	2FX	
— Kvikkleiregrense		Dato:	18.10.2013	
		Målestokk:	1:2000	
		Format:	A1	
		Tegn.nr:		
		Rev.	00	

TRONDHEIM KOMMUNE

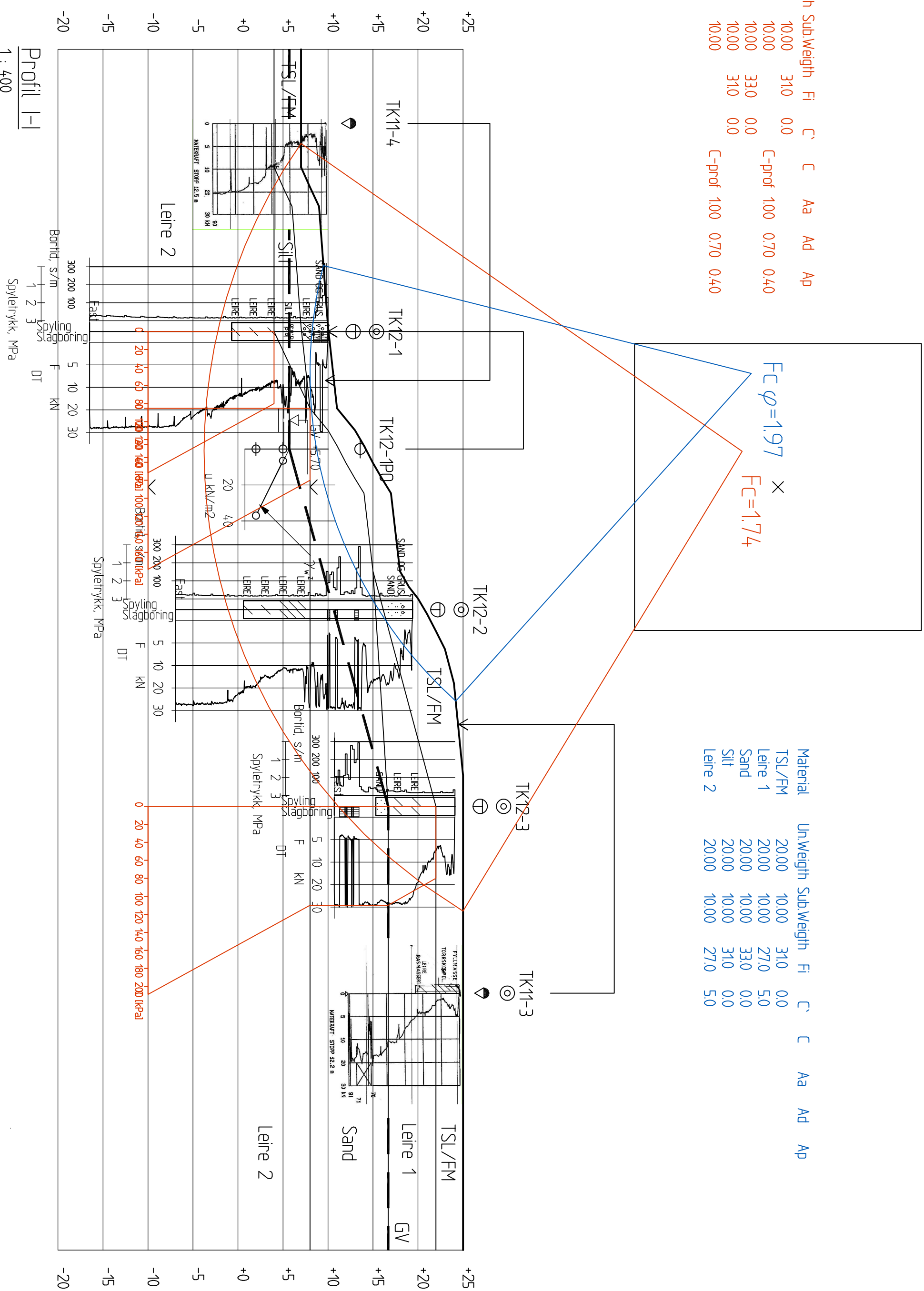
Prosjekt nr.: R.1579

Filbane:

Arv

Material	UnWeight	SubWeight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
TSL/FM	20.00	10.00	31.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand	20.00	10.00	33.0	0.0				
Silt	20.00	10.00	31.0	0.0				
Leire 2	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.70	0.40

Material	Un-Weight	Sub-Weight	Fi	C ⁺	C	Aa	Ad	Ap
TSL/FM	20.00	10.00	31.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00	27.0	5.0				
Sand	20.00	10.00	33.0	0.0				
Silt	20.00	10.00	31.0	0.0				
Leire 2	20.00	10.00	27.0	5.0				

[illegible]

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
TSL/FM	20.00	10.00	31.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand og silt	20.00	10.00	31.0	0.0				
Sprøbruddleire	20.00	10.00			C-prof	0.85	0.60	0.34
Leire 2	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.70	0.40

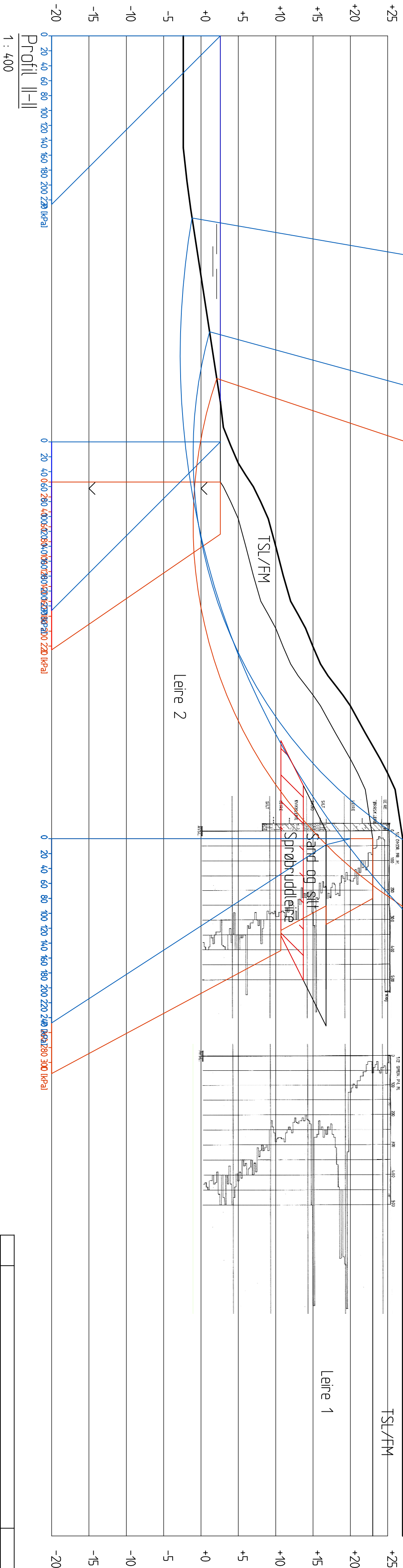
$F_c \varphi = 1.14$
 $F_c C = 1.42$

$F_c \varphi = 1.24$

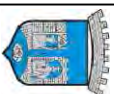
Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
TSL/FM	20.00	10.00	31.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00	27.0	5.0				
Sand og silt	20.00	10.00	31.0	0.0				
Sprøbruddleire	20.00	10.00	27.0	2.5				
Leire 2	20.00	10.00	27.0	5.0				

TK7-3

TK7-4

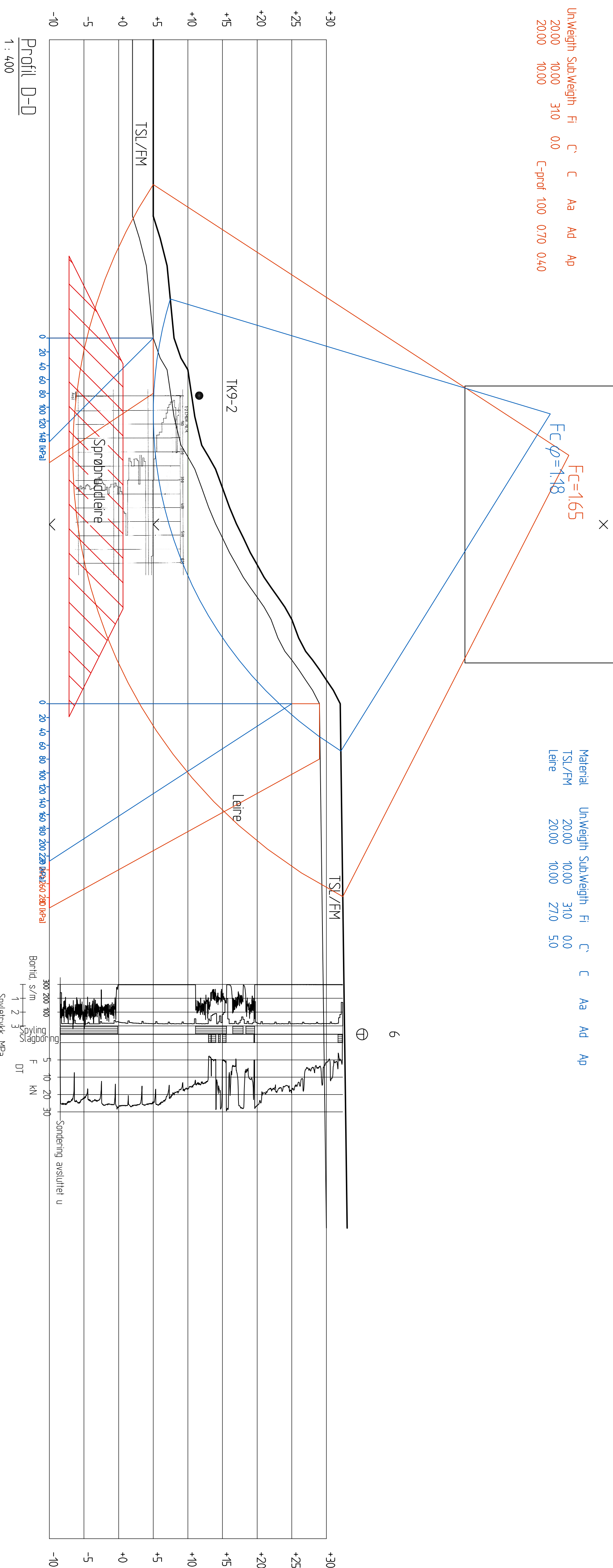


Rev.	Endring - erstating	Sign.	Dato	
Tempe områdestabilitet				
Stabilitetsberegninger og -vurderinger				
Profil II		Tegn:	Godkjent:	2FX
Høydssystem NN2000		Dato:	Saksbeht:	2FX
		Målestokk:		1:400
		Format:		A2
TRONDHEIM KOMMUNE		Prosjekt nr.	Tegn.nr.	Rev.
		R/579	112	00
Filbane:				

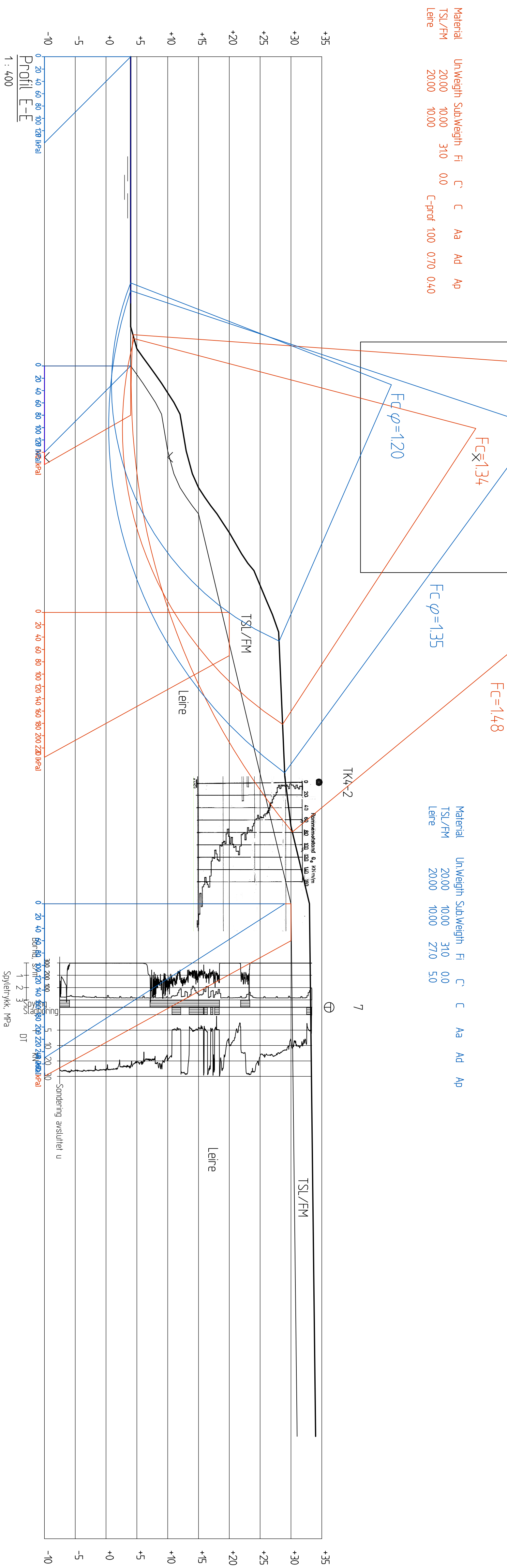


Material	Un.weight	Sub.weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
TSL/FM	20.00	10.00	31.0	0.0				
Leire	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.70	0.40

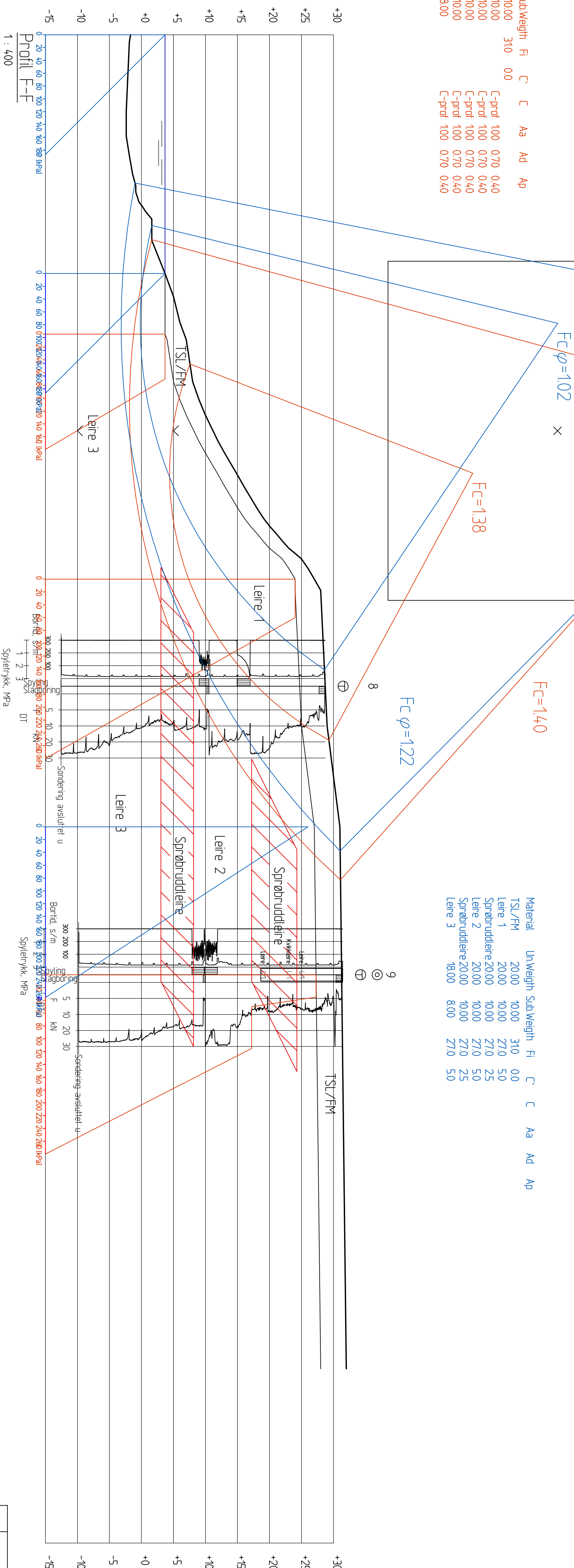
Material	Un.weigh	Sub.weigh	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
TSL/FM	20.00	10.00	310	0.0				
Leire	20.00	10.00	27.0	5.0				



Rev	Endring - erstating	Sign.	Dato	
Tempe områdestabilitet Stabilitetsbegrepinger og –vurderinger Profil D Høydesystem NN2000				
		Tegnel:	ZFX	
		Godekjent:		
		Saksbeh:	ZFX	
		Data:	17.10.2013	
		Målestokk:	1:400	
		Format:	A1	
	Prosjekt nr. R/579	Tegn.nr.	Rev.	
		113	00	
Filbane: 	TRONDHEIM KOMMUNE			

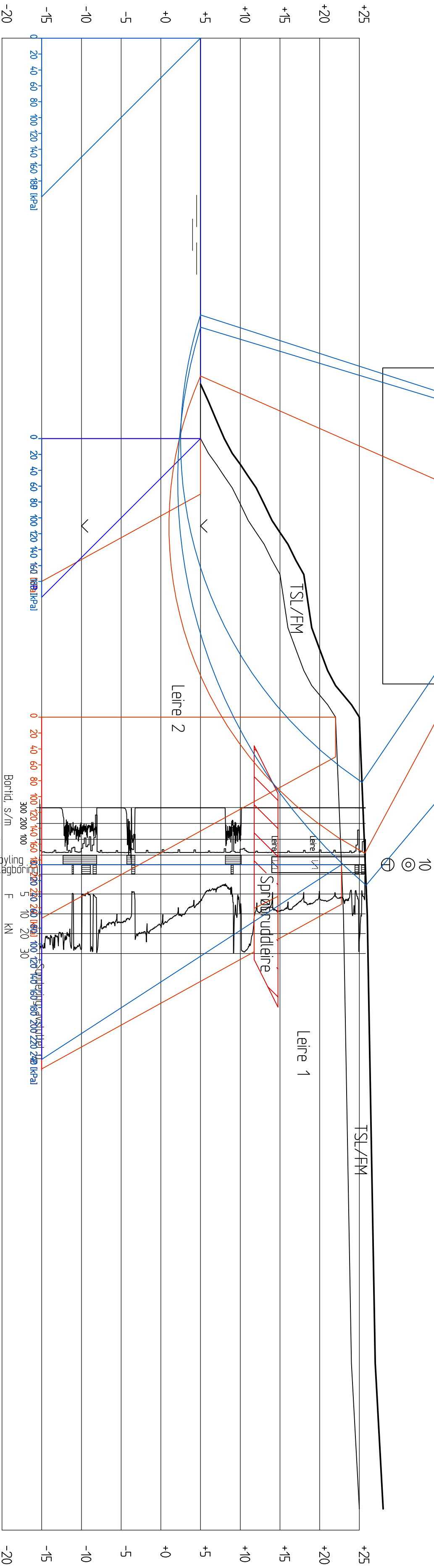
[illegible]

Material	Un-Weight	Sub-Weight	F _i	C _i	C	A _a	A _d	A _p
TSL/FM	20,00	10,00	310	0,0				
Lerne 1	20,00	10,00	270	5,0				
Sprøhruddlere	20,00	10,00	270	2,5				
Lerne 2	20,00	10,00	270	5,0				
Sprøhruddlere	20,00	10,00	270	2,5				
Lerne 3	18,00	8,00	270	5,0				

[illegible]

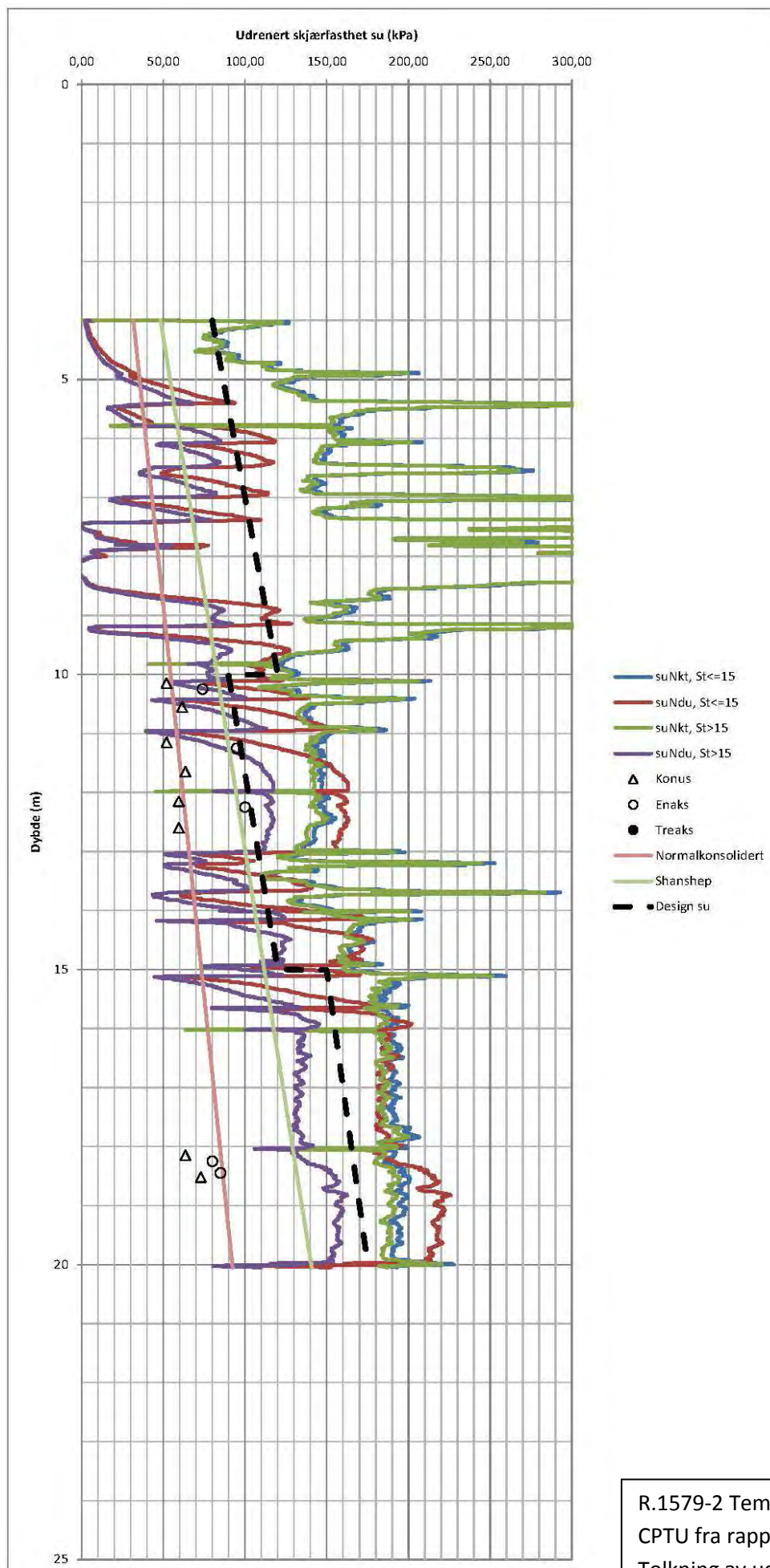
Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
TSL/FM	20.00	10.00	31.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sprøbruddleire	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Leire 2	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.70	0.40

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
TSL/FM	20.00	10.00	31.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00	27.0	5.0				
Sprøbruddleire	20.00	10.00	27.0	5.0				
Leire 2	20.00	10.00	27.0	5.0				



Profil G-G
1 : 400

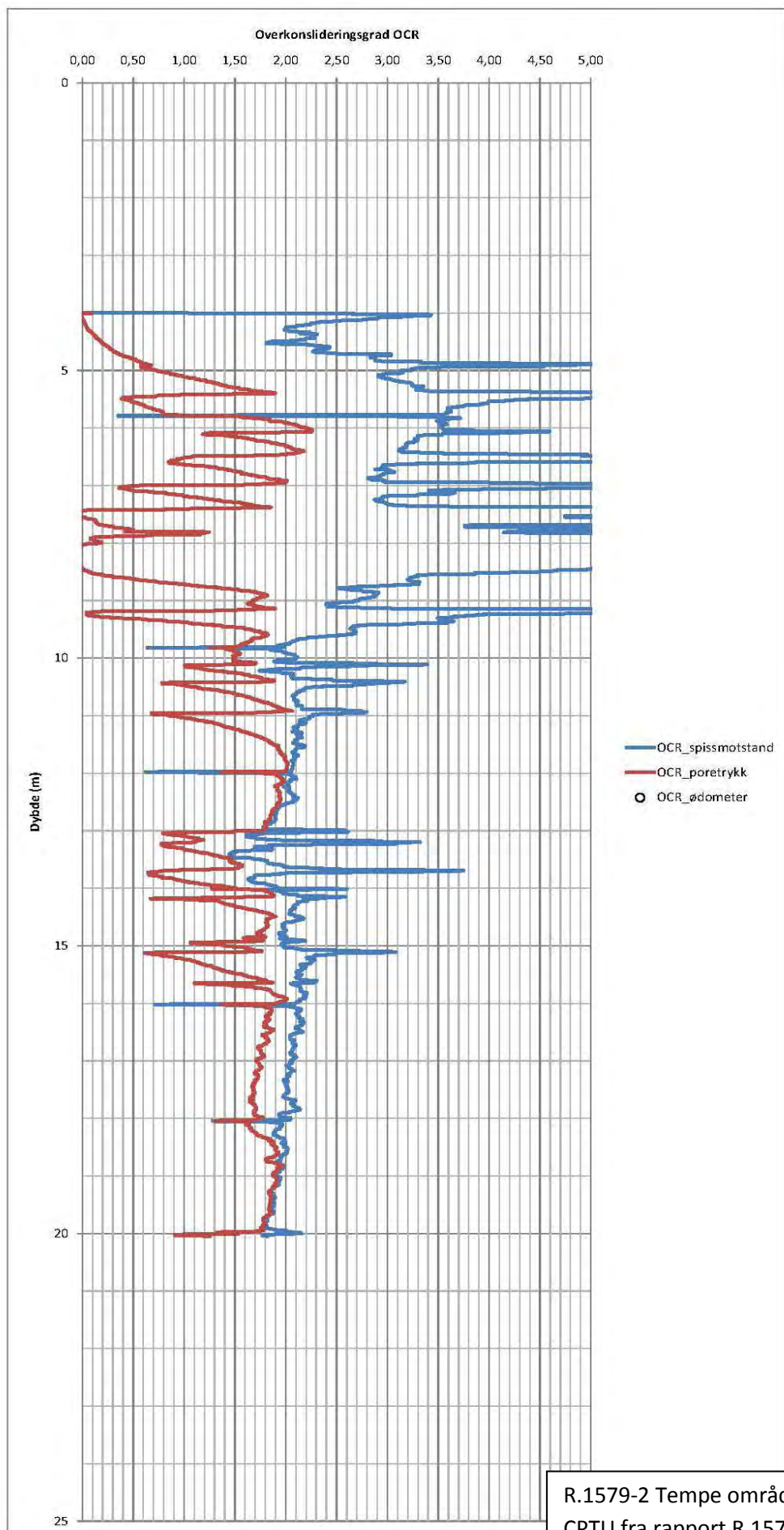
Rev.	Endring - erstating	Sign.	Dato	
Tempe områdestabilitet				
Stabilitetsberegninger og -vurderinger				
Profil G				
Høydssystem NN2000				
Prosjekt nr.		Tegn.nr.	Rev.	
R/579		116	00	
Filbane:				
TRONDHEIM KOMMUNE				
Filtbane:				
Tegn.: 2FX				
Godkjent:				
Saksbeh: 2FX				
Dato: 17.10.2013				
Målestokk: 1:400				
Format: A2				



R.1579-2 Tempe områdestabilitet
CPTU fra rapport R.1579.

Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet

Tegning 171



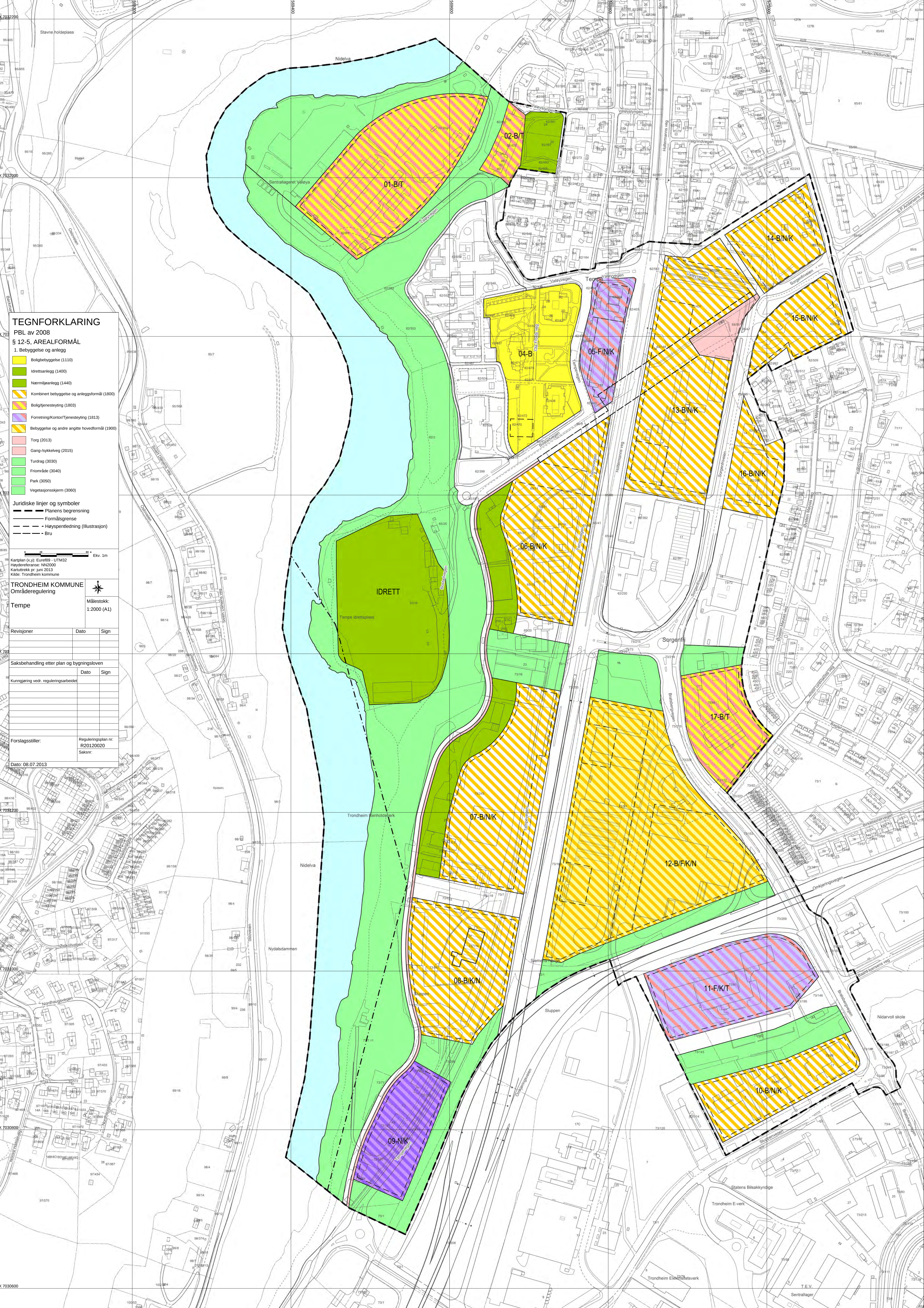
R.1579-2 Tempe områdestabilitet
CPTU fra rapport R.1579.
Tolkning av overkonsolideringsgrad
Tegning 172

R 1579-2 Tempe områdestabilitet

21.10.2013

Bilag 1

Foreløpig reguleringskart datert 08.07.2013



TEGNFORKLARING

PBL av 2008

§ 12-5, AREALFORMÅL

1. Bebyggelse og anlegg

Boligbebyggelse (1110)

Idrettsanlegg (1400)

Nærmiljøanlegg (1440)

Kombinert bebyggelse og anleggsformål (1800)

Bolighjernetstøtting (1803)

Forretning/Kontor/Tjenestestøtting (1813)

Bebyggelse og andre angitte hovedformål (1900)

Torg (2013)

Gang-fyskelveg (2015)

Turdrag (3030)

Friområde (3040)

Park (3050)

Vegetasjonsskjerm (3060)

Juridiske linjer og symboler

Planens begrensning

Formålsgrense

Høyspentledning (illustrasjon)

Bru

0 20 40

Ekv. 1m

Kartplan (x/y): EUREF89 - UTM32

Høyderferanse: NN2000

Kartuttrekk pr. juni 2013

Kilde: Trondheim kommune

TRONDHEIM KOMMUNE

Områderegulering

Tempe

Målestokk: 1:2000 (A1)

Revisjoner

Dato

Sign

Saksbehandling etter plan og bygningsloven

Dato

Sign

Kunngjøring vedr. reguleringsarbeidet

Forslagsstiller:

Reguleringsplan nr: R20120020

Saksnr:

Dato: 08.07.2013

R 1579-2 Tempe områdestabilitet

21.10.2013

Bilag 2

Revidert faregradsklassifisering av Tempe kvikkleiresone

Rapportnr	R.1579-2	Saksbehandler	2fx
Rapportnavn	Tempe områdestabilitet	Dato	21.10.2013

Revidert faregradsklassifisering av Tempe kvikkleiresone
ref: NGIs rapport 20001008-2 datert 31 august 2001. Revisjon 3 datert 8 oktober 2008 "Program for økt sikkerhet mot leirskred, Metode for kartlegging og klassifisering av faresone, kvikkleire"

Faregradsklasse				
Vurdering				
Faktor	Vekttall	Analyse 2003	Korrigert analyse 2013	Kommentar
Tidligere skredaktivitet	1	2	2	
Skråningshøyde, m	2	2	2	
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1	1	Tolking av trykkforsøk
Poretrykk, overtrykk, kPa	3	0	0	
Poretrykk, undertrykk, kPa	-3	0	2	
Kvikkleiremektighet	2	1	1	
Sensitivitet	1	3	3	
Erosjon	3	2	0	Erosjonssikring i Nidelva
Inngrep, forverring	3	0	0	
Inngrep, forbedring	-3	0	0	
Poeng (score x vekttall):		19	7	

Beregnet faregradsklasse		Middels	Lav
Faregrad		0,37	0,14

Skadekonsekvens				
Vurdering				
Faktor	Vekttall	Analyse 2003	Korrigert analyse 2013	Kommentar
Boligenheter, antall	4	3	3	
Næringsbygg, personer	3	2	2	
Annen bebyggelse, verdi	1	0	0	
Vei, ÅDT	2	3	3	
Toglinje, baneprioritet	2	0	0	
Kraftnett	1	1	1	
Oppdemning/flom	2	2	2	
Poeng (score x vekttall):		29	29	

Beregnet skadekonsekvensklasse		Alvorlig	Alvorlig
Skadekonsekvens		0,64	0,64

Risiko (skadekonsekvens x faregrad)		2401	885
Risikoklasse:		4	3

Faregradsklasser	1	Lav
	2	Middels
	3	Høy

Skadekonsekvensklasser	1	Mindre Alvorlig
	2	Alvorlig
	3	Meget Alvorlig

Risikoklasse	1	0-170
	2	171-630
	3	631-1900
	4	1901-3200
	5	3201-10000

Evaluering av faregrad					
		Faregrad, score			
Faktor	Vekttall	3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, m	2	>30	20-30	15-20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk, overtrykk, kPa	3	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk
Poretrykk, undertrykk, kPa	-3	>-50	-(20-50)	-(0-20)	Hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	Aktiv/Glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forverring	3	Stor	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forbedring	-3	Stor	Noe	Lite	Ingen
Sum		51	34	16	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	31 %	0 %

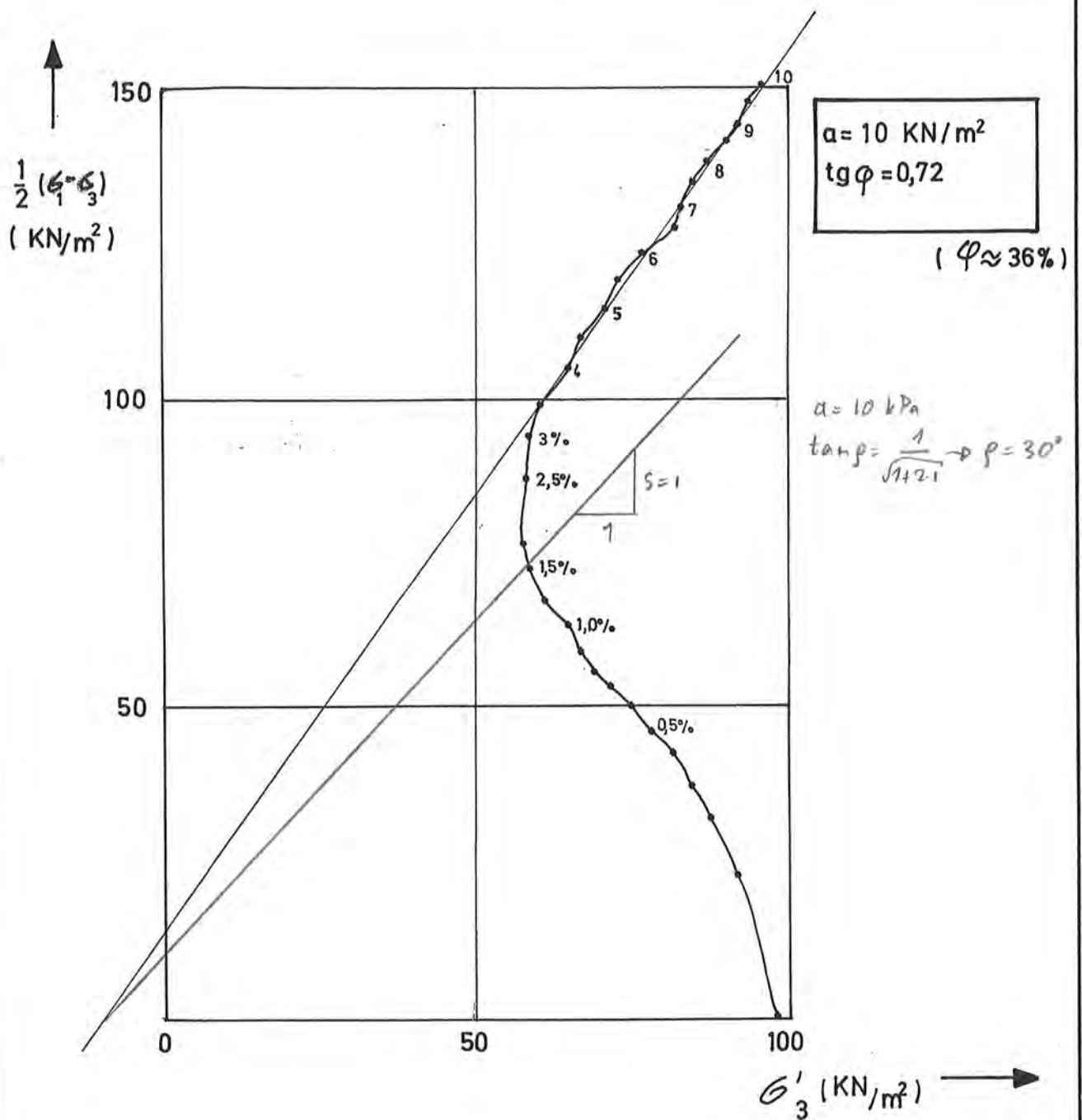
Evaluering av skadekonsekvens					
		Konsekvens, score			
Faktor	Vekttall	3	2	1	0
Boligenheter, antall	4	Tett>5	Spredt>5	Spredt<5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning/flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum		45	30	15	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

R 1579-2 Tempe områdestabilitet

21.10.2013

Bilag 3

Tolking av tidligere utførte treaksialforsøk



TRONDHEIM KOMMUNE
GEOTEKNISK SEKSJON

AVLØPSLEDNING SLUPPEN

TRIAKSIALFORSØK
BORING 3B
DYBDE 4,5-5,0m

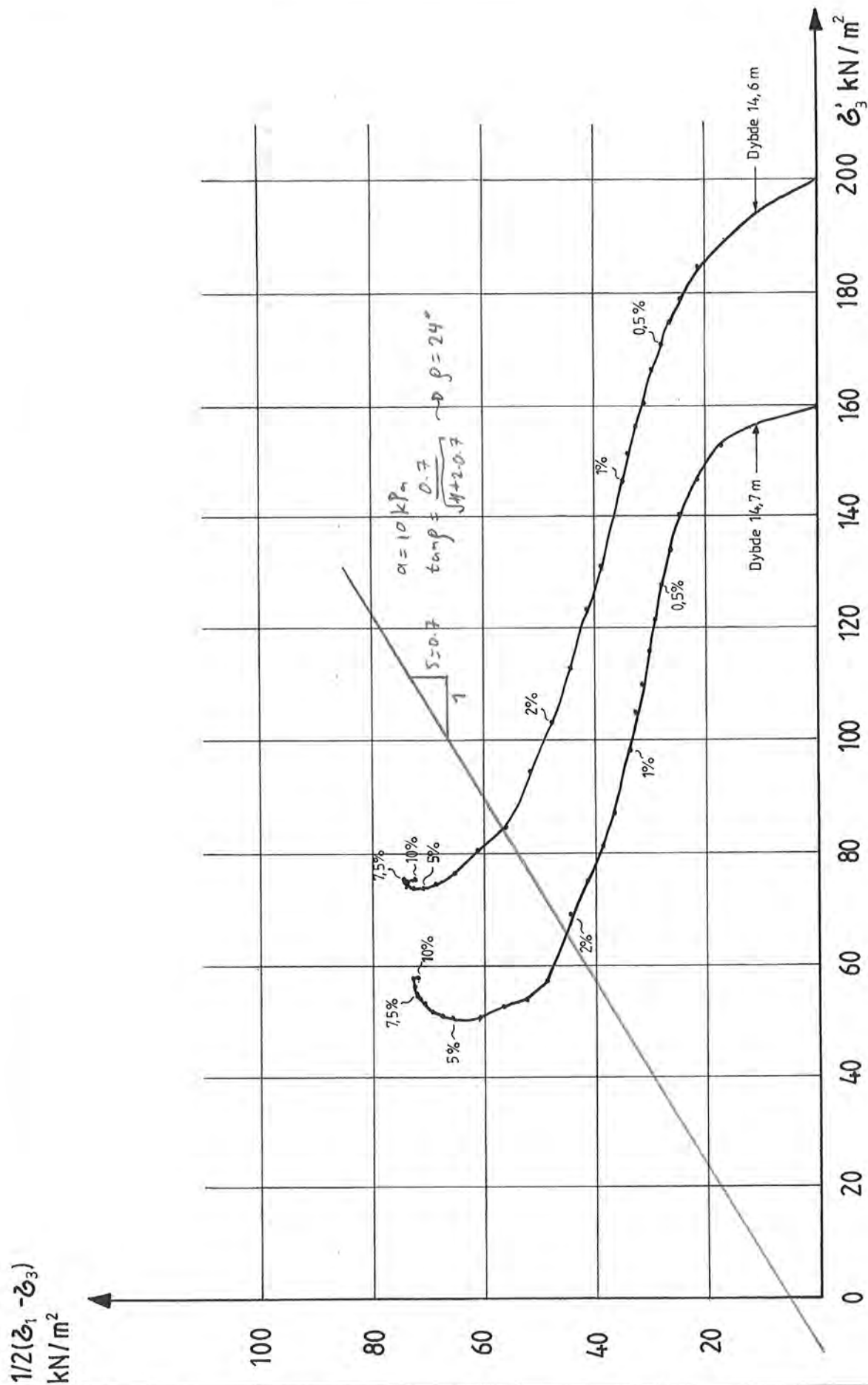
MÅLESTOKK

TEGNET AV
K.T.

DATO
27. 8..80

RAPP NR.
552

BILAG
6



TRONDHEIM KOMMUNE
GEOTEKNISK SEKSJON

TEMPE BO- OG SERVICESENTER

Treaksialforsøk
Boring 3, dybde 14,6 m og
14,7 m

MALESTOKK

TEGNET AV
KT SLS

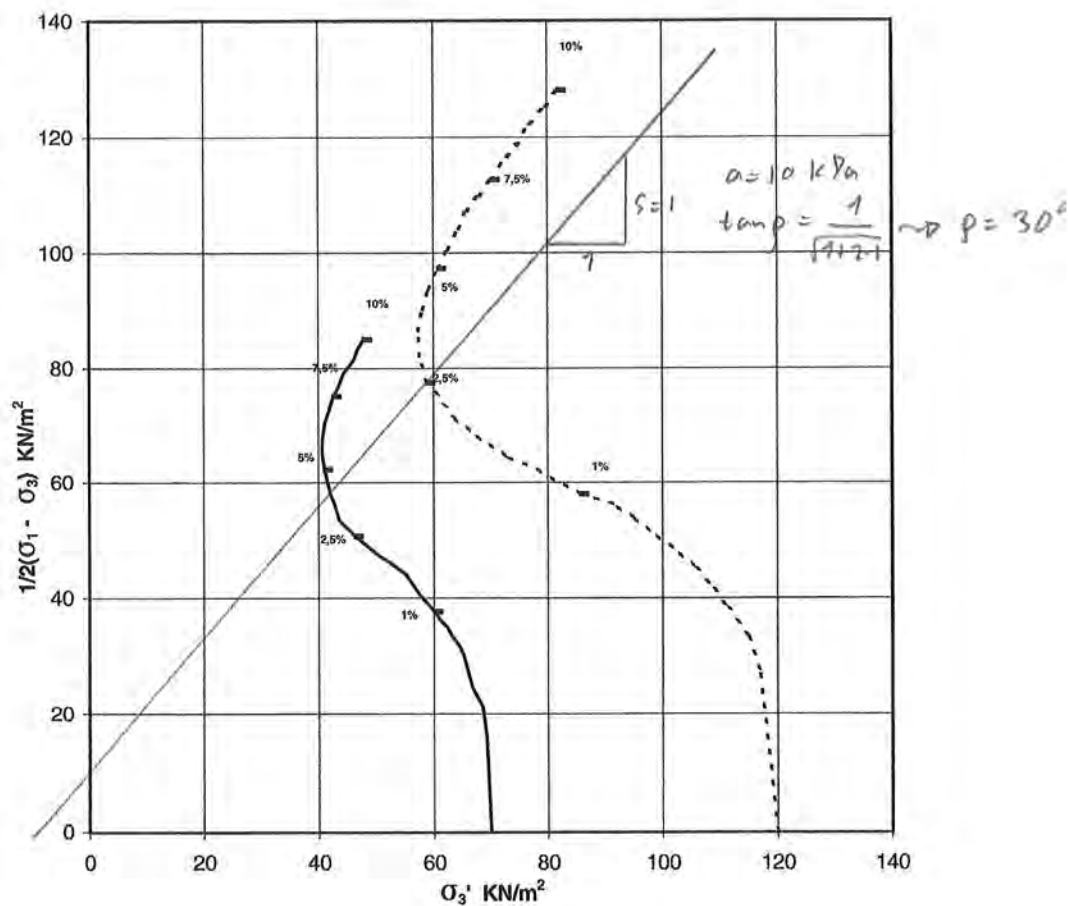
DATO
28.05.91

RAPP NR.
R.831

BILAG
7

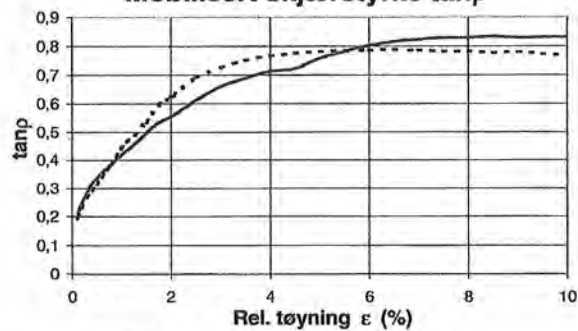


TREKSIALFORSØK



— Kjøring 1 - - - - Kjøring 2

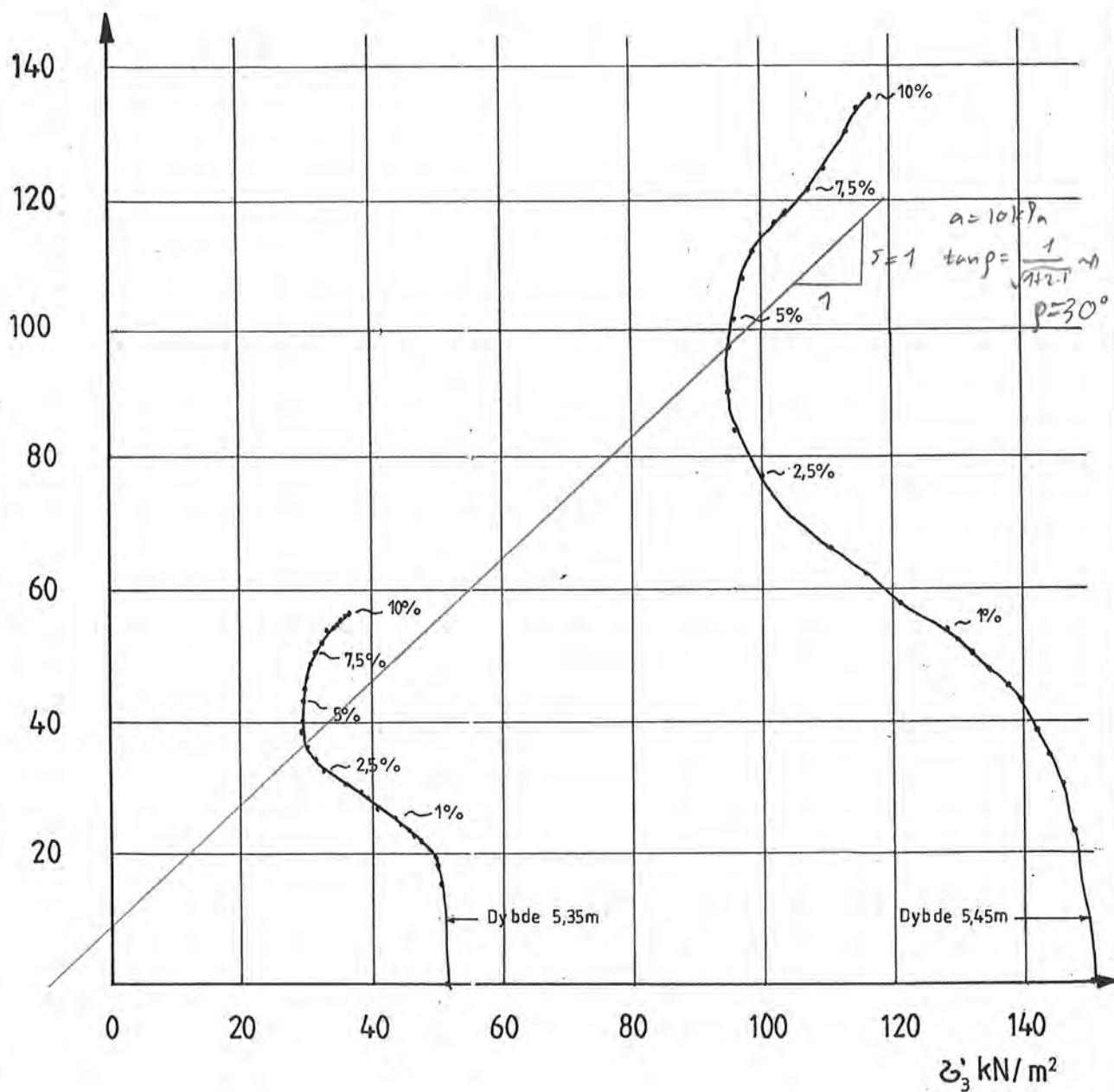
Mobilisert skjærstyrke $\tan \phi$



$a = 0 \text{ kPa}$

Kjøring	Lab. Nr.	Dybde (m)	Beskrivelse
1	5	5,35	LEIRE,siltig
2	5	3,55	LEIRE,siltig

$\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$
kN/m²



TRONDHEIM KOMMUNE
TEKNISK SEKSJON

VEI TIL TEMPEBANEN

Treaksialforsøk
Boring 1, dybde 5,35m
og 5,45m

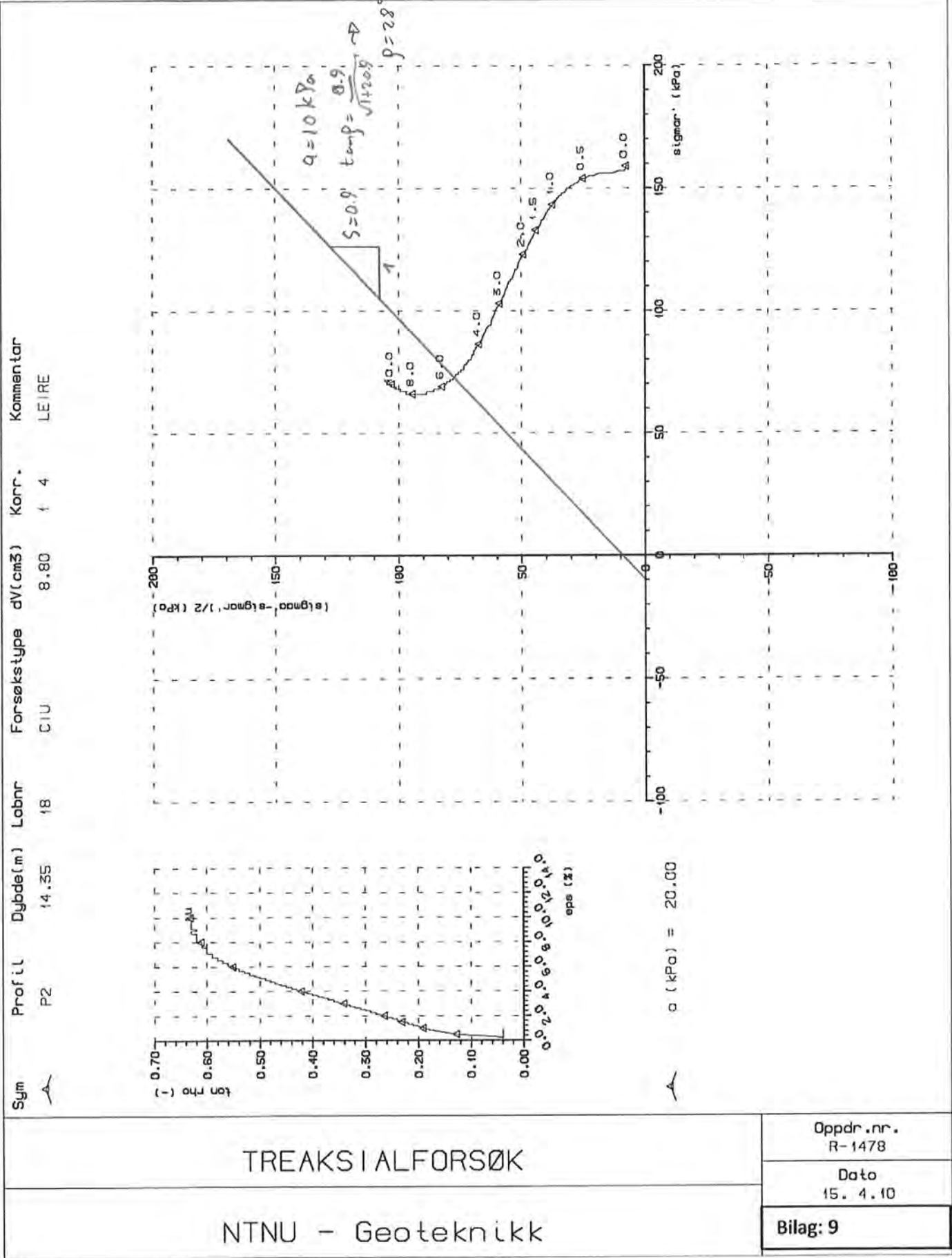
MALESTOKK

TEGNET AV
KT, SLS

DATO
23.06.94

RAPP NR.
R. 925

BILAG
5



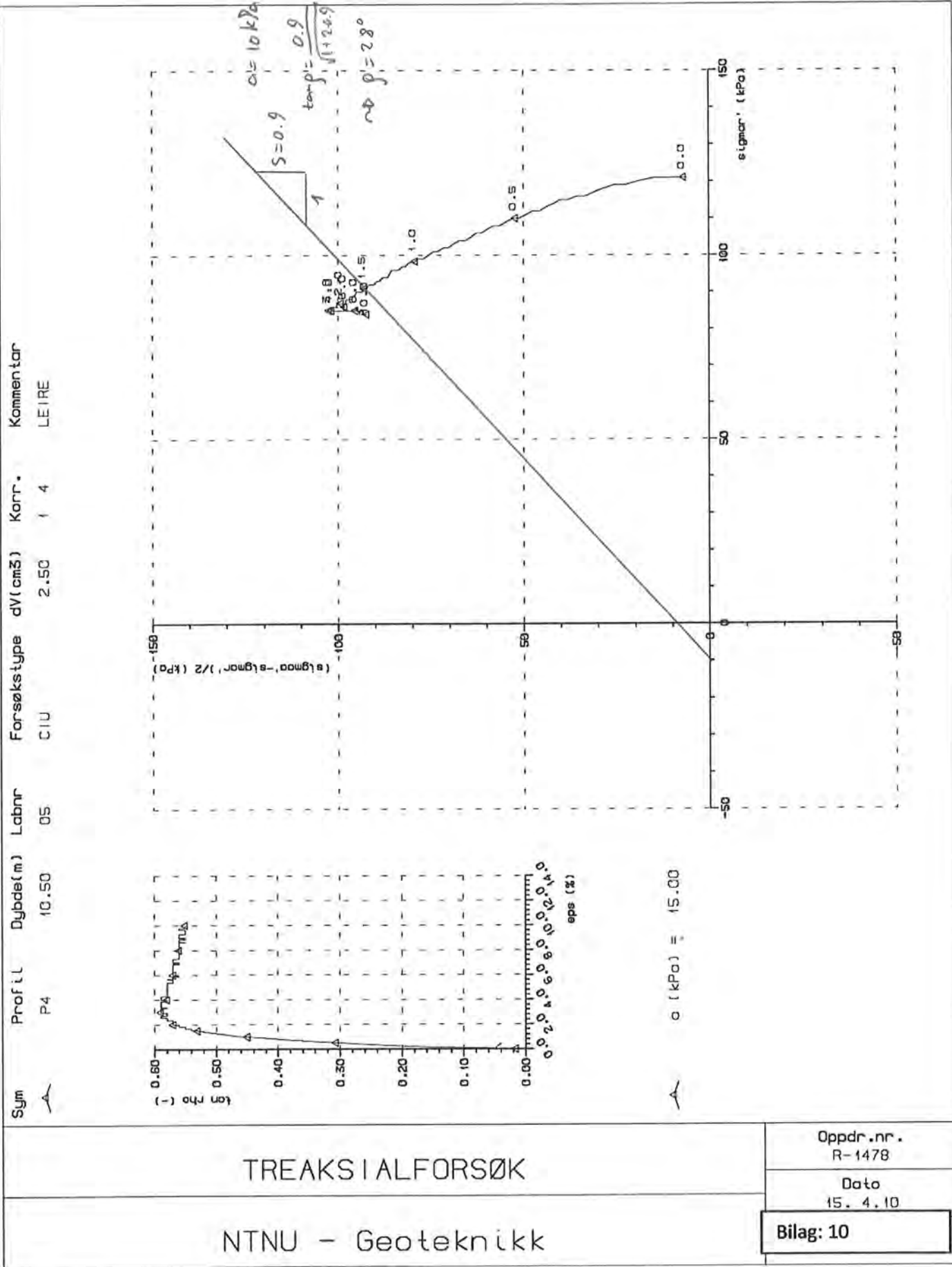
TREKSI ALFORSØK

NTNU - Geoteknikk

Oppdr.nr.
R-1478

Dato
15. 4. 10

Bilag: 9



TREKSI ALFORSØK

NTNU – Geoteknikk

Oppdr.nr. R-1478
Dato 15. 4. 10
Bilag: 10