

Client :



Contractor :



Address :
Tangen 76
4608 Kristiansand

Address :
3 - 7 Place de l'Europe
78140 Vélizy-Villacoublay, France



E18 Langangen - Rugtvedt

Detaljreguleringsplan E18 Preståsen - Kjørholt Geoteknisk rapport parsell 2-2

Owner :



Parcel



CDE file name: NV-38-E18-LRZ2-XXXXX-XXXXXX-XXX_XX-XXXX_XXX-XXXXXX-XXXXXX-GTK-REP-2003_01

Pagination : 214 pages

Rev.	Date	Action	Owner			Approved by EGC
			Prepared	Reviewed	Authorized	
01	2021-10-07	Leveranse til Porsgrunn kommune	BGU	MZA	SHA	GD

NV38E18	LRZ2	XXXXX	XXXXXX	XXX_XX	XXXX_XXX	XXXXXX	XXXXXX	GTK	REP	2003	01	FI
Client / Area / Complex	Zone	Entity	Space	Functional system	Constructive system	Component	Temp. / Sub-components	Discipl./ Profess.	Type	Number	Rev	Ste

PIMS Nye Veier Document Number	NV38E18LR-GTK-RAP-2003											
--------------------------------	------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

REVISJONER

Rev.	Dato	Beskrivelse av revisjoner
01	2021-10-07	Leveranse til Porsgrunn kommune

Innholdsfortegnelse

1. MÅL.....	6
2. BAKGRUNNSDATA	7
2.1. GRUNNUNDERSØKELSER	7
2.2. MODELLER OG PROFILER	7
2.3. KOORDINATER OG HØYDESYSTEM	8
3. PROSJEKTERINGSFORUTSETNINGER	9
3.1. GEOTEKNISK KATEGORI (GC), KONSEKVENS-/PÅLITELIGHETSKLASSE (CC/RC) OG PROSJEKTERINGS-/UTFØRELSESKONTROLL (PKK/UKK)	9
3.2. FYLLINGSMATERIALER	9
3.3. GEOTEKNISK PROSJEKTERING ANLEGGSFASE.....	9
4. TOPOGRAFI OG GRUNNFORHOLD	10
4.1. SKJELSVIKDALEN.....	10
4.2. RØD	11
4.3. KJØRHOLT	13
5. GRUNNFORHOLD.....	16
5.1. SKJELSVIKDALEN.....	16
5.2. RØD	17
5.3. KJØRHOLT	18
6. FORESLÅTTE KONSTRUKSJONER.....	19
6.1. SKJELSVIKDALEN.....	19
6.2. RØD	20
6.3. KJØRHOLT	22
7. OMRÅDESTABILITET.....	24

7.1. GENERELT	24
7.2. PROSEODYRE FOR UTREDNING AV OMRÅDESTABILITET.....	25
7.3. KRAV TIL SIKKERHETSNIVÅ.....	25
7.4. KARTLEGGING AV KVIKKLEIRESONER.....	26
7.5. VURDERING AV SKREDUTLØP	26
7.6. STABILITETSBEREGNINGER	26
7.7. OMRÅDESTABILITET SKJELSVIKDALEN.....	27
7.8. OMRÅDESTABILITET RØD	27
7.9. OMRÅDESTABILITET KJØRHOLT	29
7.10. OPPSUMMERING KVIKKLEIRESONER	39
7.11. KONKLUSJON.....	39
8. ANBEFALING TIL FUNDAMENTERING.....	41
8.1. SKJELSVIKDALEN.....	41
8.2. RØD	41
8.3. KJØRHOLT	41
9. UTGRAVING OG UTFYLLING	42
10. KRITISKE MOMENTER.....	43
11. VIDERE ARBEID.....	44
12. TEGNINGER.....	45
VEDLEGG.....	46

Figurliste

Figur 4-1 Terrengkart fra hoydedata.no.....	10
Figur 4-2 Løsmassekart fra NGU.....	11
Figur 4-3 Terrengkart Rød (norgeskart.no)	12
Figur 4-4 Løsmassekart fra NGU.....	13
Figur 4-5 Terrengkart fra hoydedata.no.....	14
Figur 4-6 Løsmassekart fra NGU.....	15
Figur 5-1 Grunnforhold Skjelsvikdalen.....	16
Figur 5-2 Grunnforhold Rød profil 10800 – 11200	17
Figur 5-3 Grunnforhold Rød profil 11200 - 11450	17
Figur 5-4 Grunnforhold Kjørholt	18
Figur 6-1 Planlagt vei Skjelsvikdalen	19
Figur 6-2 Planlagt vei Skjelsvikdalen - 3D modell	20

Figur 6-3 Planlagt vei Rød	21
Figur 6-4 Planlagt T - kryss Rød - 3D modell	21
Figur 6-5 Planlagt veg Kjørholt	22
Figur 6-6 Planlagt veg Kjørholt - 3D modell.....	23
Figur 7-1 Kvikkleiresoner	25
Figur 7-2 Plan borer Rød	28
Figur 7-3 Tolkning grunnforhold snitt R1-R1	29
Figur 7-4 Tolkning grunnforhold snitt R2-R2	29
Figur 7-5 Områder med mulig forekomst av marin leire.....	30
Figur 7-6 Plan over representative snitt på Kjørholt	31
Figur 7-7 Profil, snitt A-A	31
Figur 7-8 Sonderingsprofiler, snitt A-A.....	31
Figur 7-9 Profil, snitt B-B	32
Figur 7-10 Sonderingsprofiler, snitt B-B	32
Figur 7-11 Profil, snitt C-C	32
Figur 7-12 Sonderingsprofiler, snitt C-C	33
Figur 7-13 Profil, snitt D-D	33
Figur 7-14 Profil, snitt E-E	33
Figur 7-15 Sonderingsprofiler, snitt E-E	34
Figur 7-16 Profiler, snitt F-F	34
Figur 7-17 Sonderingsprofiler, snitt F-F	34
Figur 7-18 Profil, snitt G-G	35
Figur 7-19 Løsne- og utløpsområder ved Kjørholt	36
Figur 7-20 Udrerert skjærstyrke	37

Tabelliste

Tabell 1 Parsellinndeling	6
Tabell 2 Relevante grunnundersøkelser.....	7
Tabell 3 GC, CC/RC, og PKK/UKK for hodekonstruksjoner på parsell 2	9
Tabell 4 Prosedyre NVE veileder 1/2019	25
Tabell 8 Materialeparametere i kalkulasjoner	38
Tabell 9 Spesifikasjon av faktorer	38
Tabell 10 Resultater fra stabilitetskalkulasjoner	39

Forkortelser

Abbreviation	Meaning
EGC	Eiffage Génie Civil
NV	Nye Veier
AFRY	AFRY Norway AS
PBL	Plan- og bygningsloven
NVE	Norges vassdrags- og energidirektorat
NGU	Norges geologiske undersøkelse
SVV	Statens Vegvesen

1. MÅL

Nye Veier har gitt Eiffage Génie Civil en totalentreprisekontrakt som inkluderer bygging og design av en ny E18 motorvei mellom Langangen og Rugtvedt. Byggingen inkluderer omtrent 17 km firefeltsvei, samt flere tunneler og bruer. AFRY Norway assisterer Eiffage med prosjekteringstjenester.

På grunn av forskjellige status på reguleringsplaner har prosjektet blitt oppdelt i tre parseller:

Parsell	Største geotekniske deler på parsell
1: Langangen – Lanner	Blåfjell tunnelene, Langangen bruene
2: Lanner – Kjørholt (delt in i 2.1 Lanner – Preståsen og 2.2 Preståsen – Kjørholt)	Bjønnås og Grenland tunnellene, Skjelsviksdalen, Herregårdsbekken, Kjørholt
3: Kjørholt – Rugtvedt	Kjørholt og Bamble tunnelene, Grenland bru

Tabell 1 Parsellinndeling

Denne rapporten omhandler parsell 2, delen Preståsen – Kjørholt og er derfor kun gyldig for denne del. Rapporten tar for seg de geotekniske forholdene som er interessante for planprosessen for ny E18, og inneholder hovedsakelig:

- Grunnundersøkelser og utredning av grunnundersøkelser
- Innspill til reguleringsplanens grenser
- Innspill til vegfaget i forbindelse med skjæring og fylling, samt geotekniske påvirkninger på grunnen
- Innspill til konstruksjonsfaget i forbindelse med fundamentering, samt geotekniske påvirkninger på grunnen
- Vurdering av områder med spesielt utfordrende geotekniske forhold
- Vurdering av områdestabilitet

2. BAKGRUNNSDATA

2.1. GRUNNUNDERSØKELSER

Tidligere grunnundersøkelser for reguleringsplanen er gjort av Rambøll AS i tidsrommet 2016–2019. I tillegg ble det gjort ytterligere undersøkelser av Multiconsult AS i 2020 under anbudsfasen. Dataene fra disse undersøkelsene er oppsummert i diverse rapporter. Rapportene og all rådata (feltundersøkelser, laboratorieresultater, etc.) er oversendt fra Nye Veier til dette oppdraget. Tolkning av grunnforhold og designparametere er først og fremst basert på resultater i disse rapportene.

I skrivende stund er det bestilt flere tilleggsundersøkelser, det er antatt at resultatene av disse vil være tilgjengelige senere i høst (høsten 2021).

I parsell 2, delen Preståsen – Kjørholt, er det tre hovedområder som de geotekniske vurderingene omhandler; Skjelsvikdalen, Rød og Kjørholt. Denne rapporten vil derfor ha hovedfokus på undersøkelsene og rapportene som er gjort i disse områdene.

De geotekniske undersøkelsene gjort i Skjelsviksdalen og Kjørholt er listet opp i tabellen under:

Grunnundersøkelser	Versjon A	Versjon B
Skjelsvikdalen	Rapport 040	Rapport 056
Rød	Rapport 041	Rapport 057
Kjørholt	Rapport 043	Rapport 062

Tabell 2 Relevante grunnundersøkelser

Rapport 056 grunnundersøkelser Skjelsvikdalen

Det er utført 29 totalsonderinger, med dybde til fjell 3,1 – 31,65 m. Sonderingene er avsluttet med 3 m innboring i fjell. Det er også gjort prøvetaking i området.

Tilleggsundersøkelser utført av Multiconsult i dette området omfatter kun en totalsonderinger i ett borehull (ID 5001).

Rapport 057 grunnundersøkelser Rød

Det er utført 79 total-sonderinger med dybde til berg på 0,5 – 27,5m. Sonderingene har stoppet på bergoverflaten eller borret i berg. To hull med prøveserier har tatts opp i tillegg.

Rapport 062 (6B) grunnundersøkelser Kjørholt

Det er utført 13 totalsonderinger, med dybde til fjell 1,3 – 8,3 m. Sonderingene er avsluttet i bergoverflaten eller etter 3 m innboring i berget. Det er tatt prøver i tillegg.

2.2. MODELLER OG PROFILER

Geometri benyttet i de geotekniske vurderingene er hentet fra:

- Nåværende kartgrunnlag ved 13.06.2021
- Nåværende vegg – geometri inkludert normalprofiler ved 13.06.2021
- Tverrsnitt generert fra ovennevnte grunnlag
- Bergmodell som er basert på tidligere grunnundersøkelser ved 13.06.2021

2.3. KOORDINATER OG HØYDESYSTEM

Koordinatsystemet som er benyttet i prosjektet er NMT SONE 9 og høydesystemet er N200.

3. PROSJEKTERINGSFORUTSETNINGER

De geotekniske prosjekteringsforutsetningene er beskrevne i en separat rapport; *Design basis Report*.

3.1. GEOTEKNISK KATEGORI (GC), KONSEKVENS-/PÅLITELIGHETSKLASSE (CC/RC) OG PROSJEKTERINGS-/UTFØRELSESKONTROLL (PKK/UKK)

For parsell 2 er de følgende nivåene påkrevd for GC, CC/RC og PKK/UKK:

Konstruksjonstyp e	Geoteknis k kategori (GC)	Konsekvens- /pålitelighetsklas se (CC/RC)	Prosjekteringskontr oll (PKK)	Utførelseskontr oll (UKK)
Bruer og tunneler	3	3	3	3
Høyere støttemurer (>5m)	3	3	3	3
Høye fyllinger og skjæringer (>10m) samt fyllinger og skjæringer i kvikkleire	3	3	3	3
Konstruksjoner i områder med kompliserte grunn- og fundamentérings-forhold	3	3	3	3
Kvikkleire	3	3	3	3
Andre konstruksjoner	2	2	2	2

Tabell 3 GC, CC/RC, og PKK/UKK for hodekonstruksjoner på parsell 2

3.2. FYLLINGSMATERIALER

Alle vegfyllinger er antatt å utføres med masser med god kvalitet (sprengstein eller lignende).

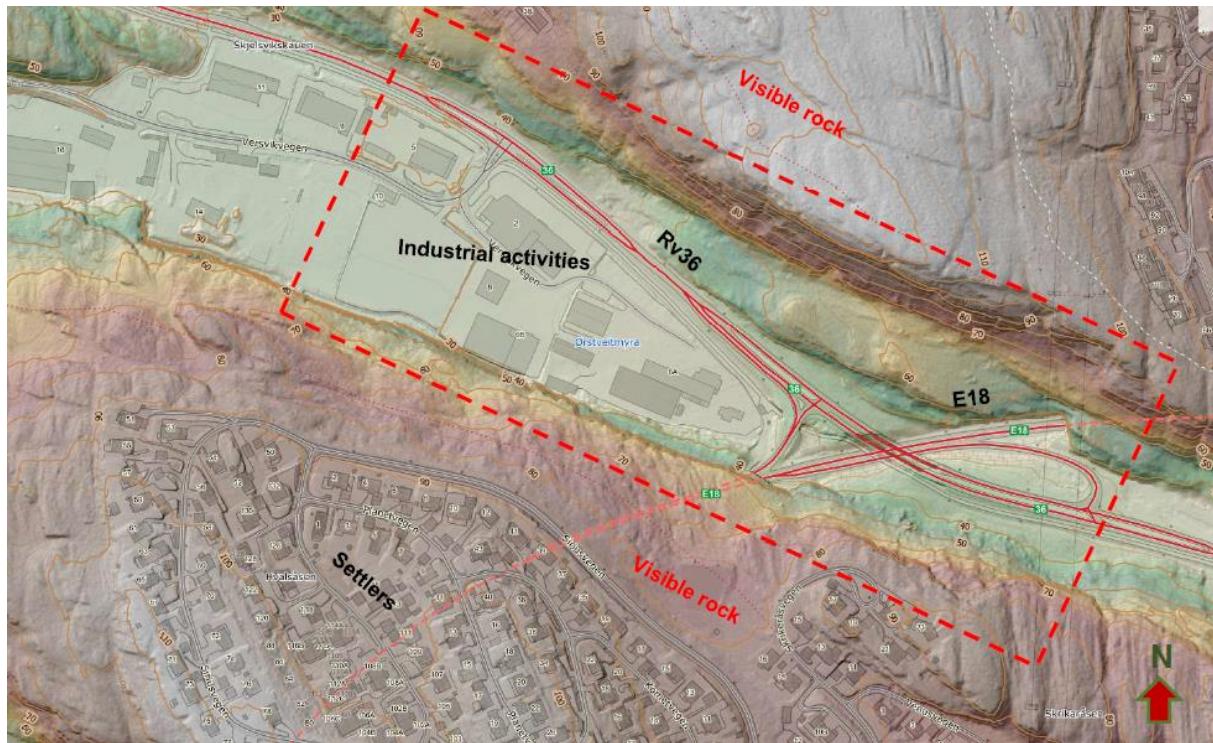
3.3. GEOTEKNISK PROSJEKTERING ANLEGGSFASE

Geoteknisk prosjektering i anleggsfase omhandles i liten grad i denne rapporten.

4. TOPOGRAFI OG GRUNNFORHOLD

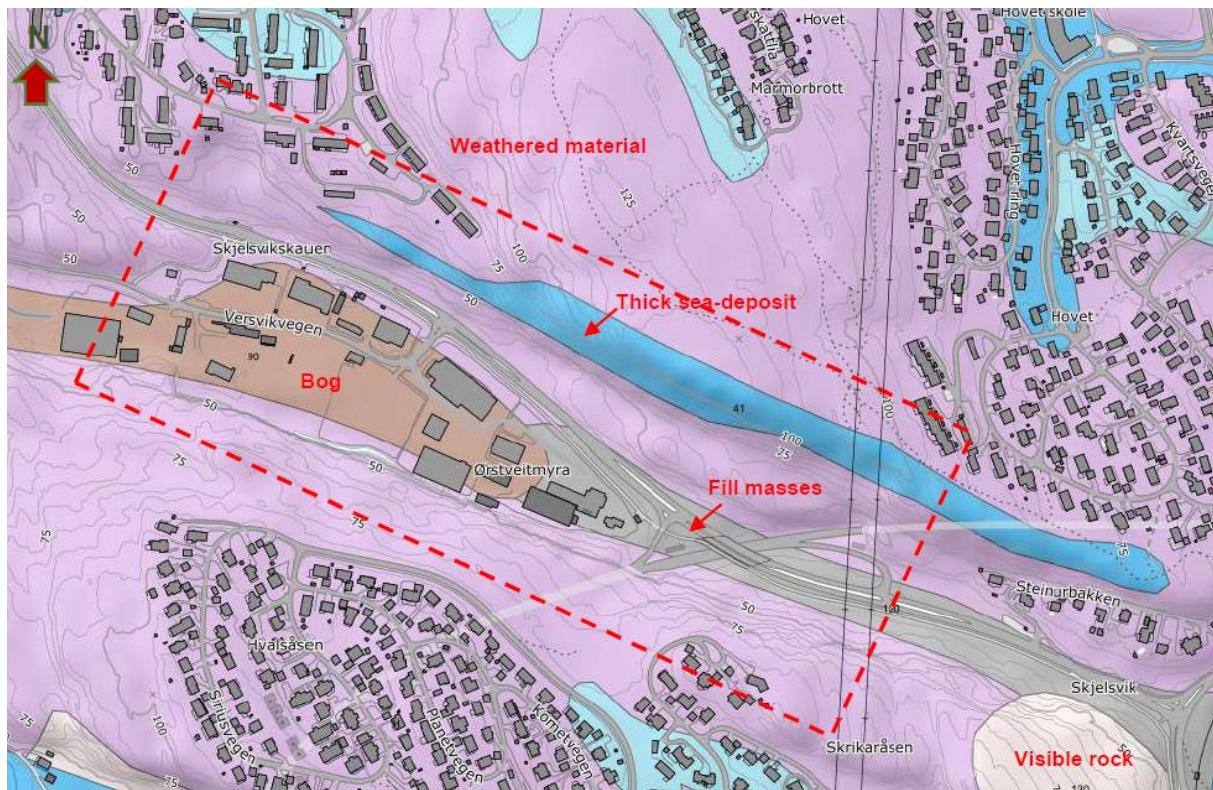
4.1. SKJELSVIKDALEN

Hoved-infrastrukturene i Skjelsvikdalen er E18, Rv.36 og industribygg i dalen. Det er store områder med boliger, men dette ligger utenfor området som vil bli berørt av dette prosjektet. Terrengnivået varierer fra +30 til +40 i dalen mens terrenget ved siden av dalen ligger på +70 til +110. Terrengkart for området fra kartverket er vist i Figur 4-1.



Figur 4-1 Terrengkart fra hoydedata.no

Løsmassekart fra NGU i Figur 4-2 antyder at området består av synlig berg i dagen, forvitringsmateriale, marine avsetninger, torv- og myrvavsetninger og fyllmasser.



Figur 4-2 Løsmassekart fra NGU

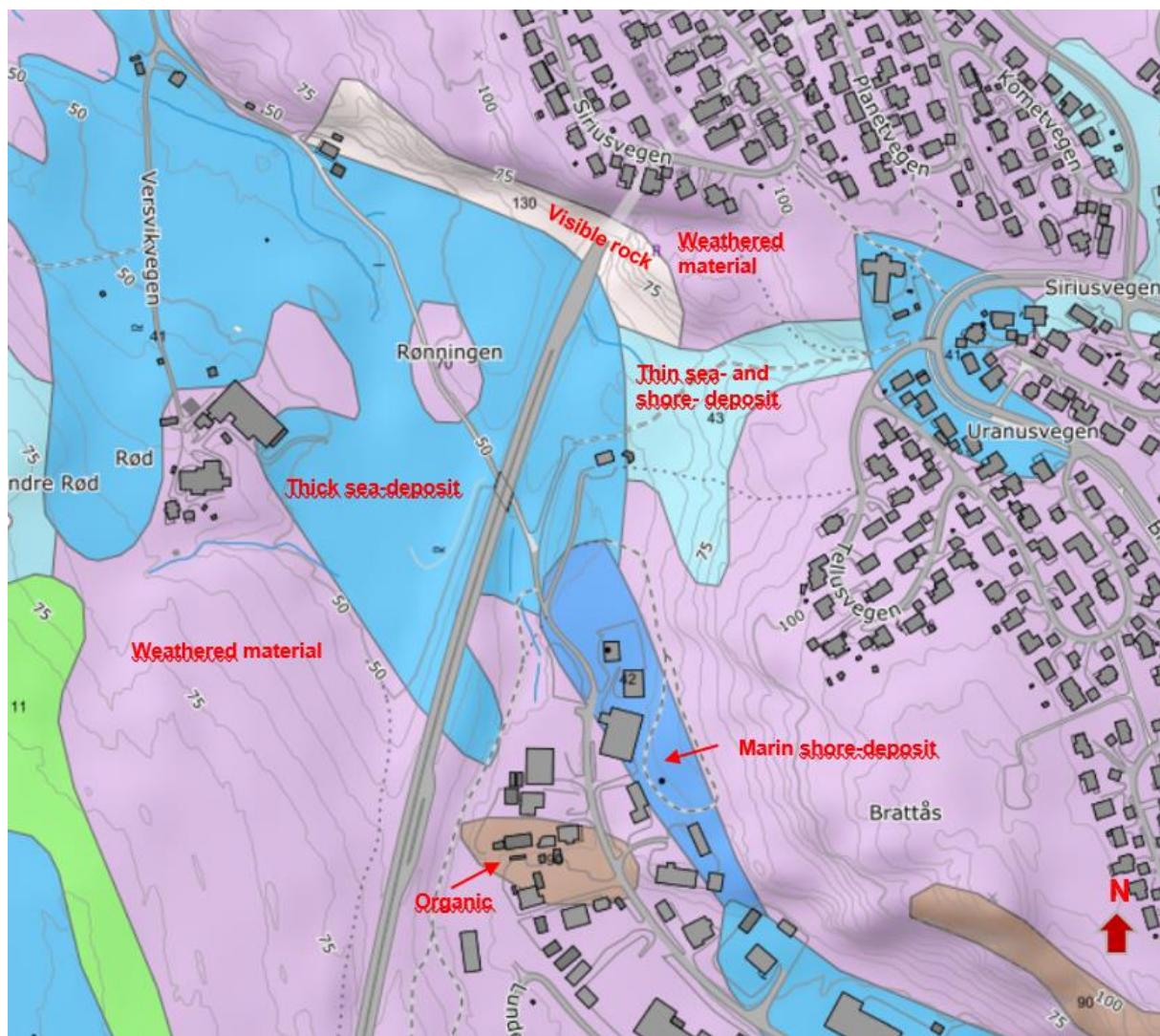
4.2. RØD

De viktigste infrastrukturene i området er E18 samt en liten skogsvei, Industrivegen, som krysser E18 i tunnel. Det er generelt enkelte industriverksamheter øst for E18 og enkelte villatomter vest før E18 i området. Større arealer med tettbebyggelse ligger utenfor området. Terregnkote i de lavlende områdene varierer mellom + 45 og + 55, men øker betydelig i områdene med berg i dagen; + 90 i nordøst og +75 i sørvest.



Figur 4-3 Terrengkart Rød (norgeskart.no)

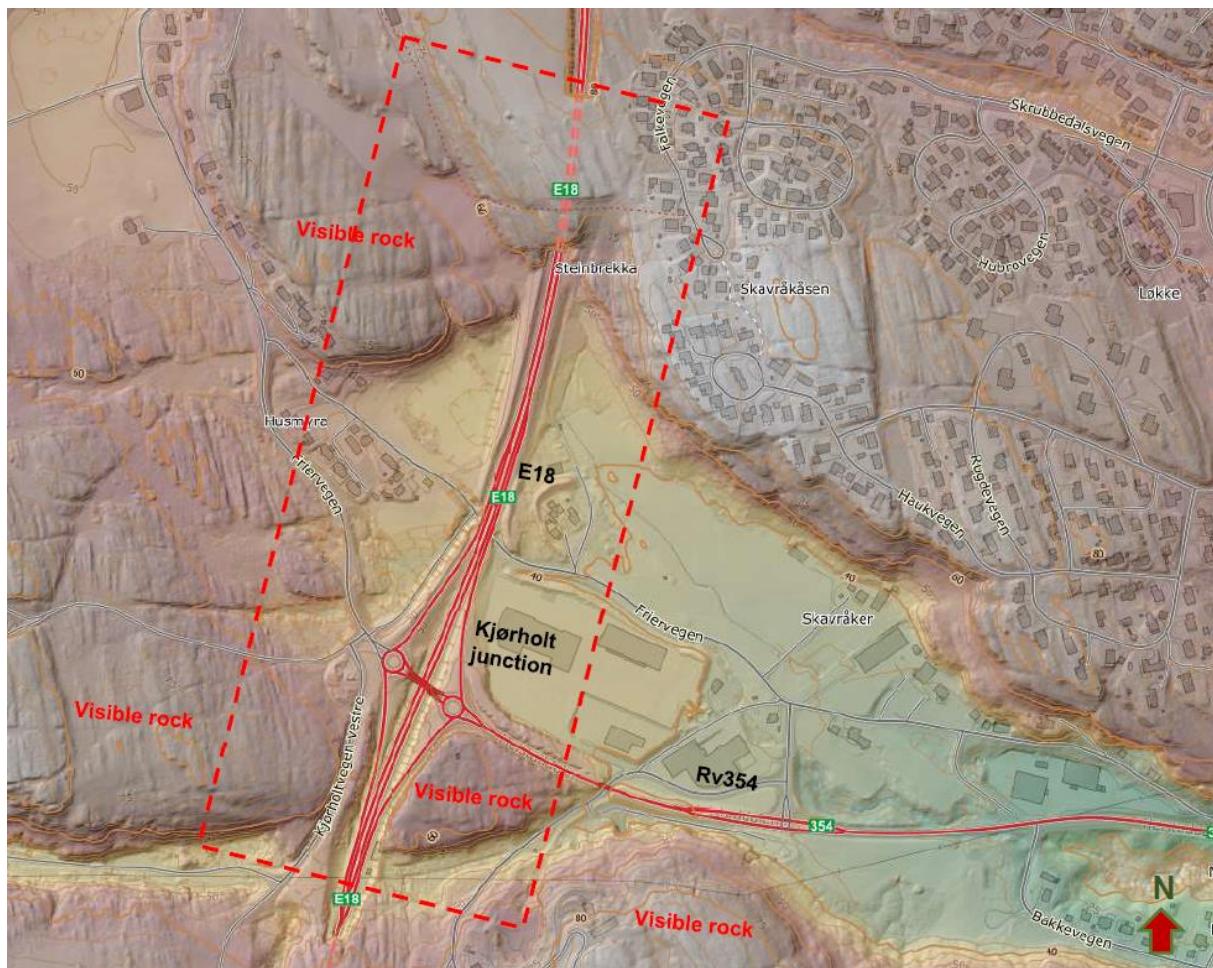
NGU løsmassekart i Figur 4-4 antyder at løsmassene i området er forvitningsmateriale, berg i dagen, tynn havavsetning, tykk havavsetning og marine avsetninger.



Figur 4-4 Løsmassekart fra NGU

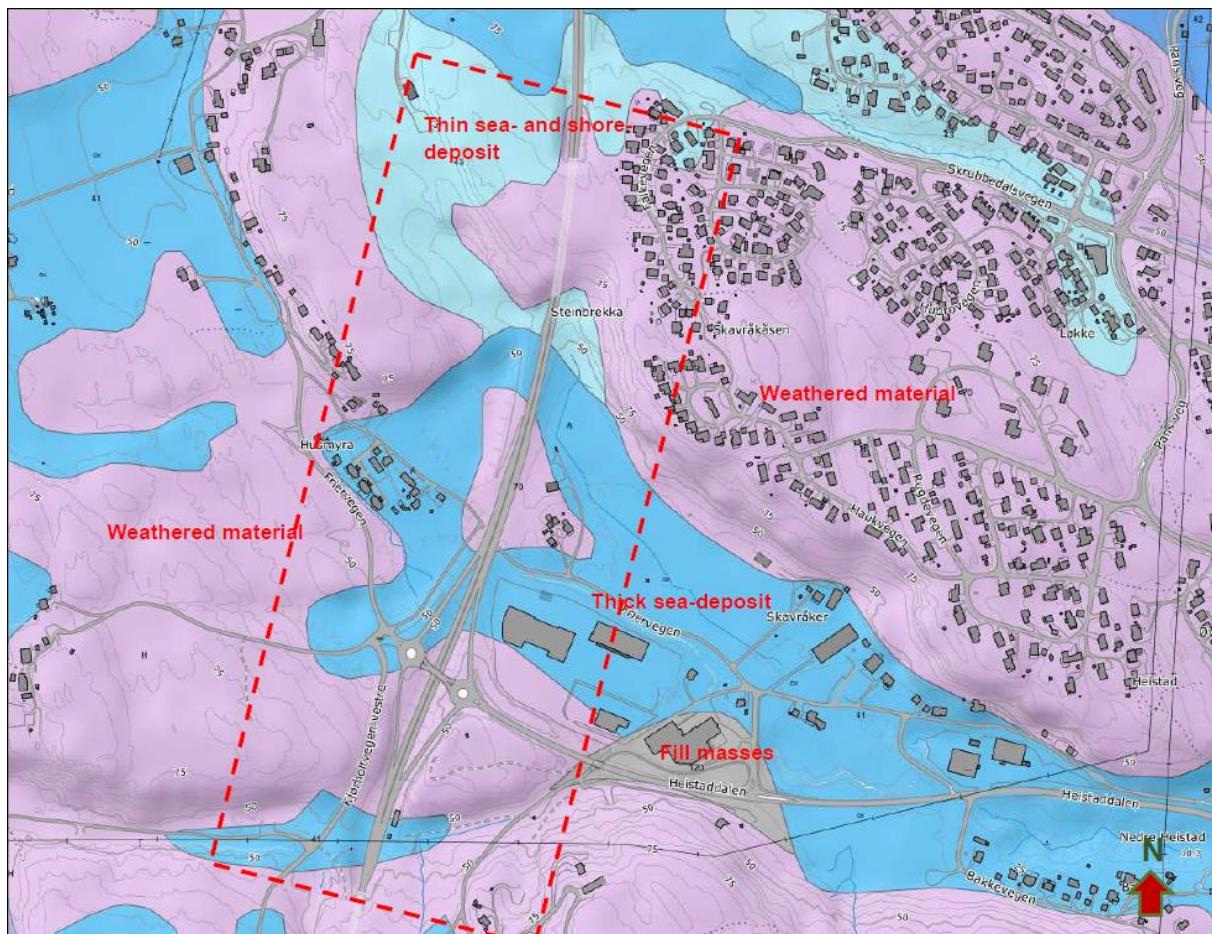
4.3. KJØRHOLT

Hoved-infrastrukturene i Kjørholtområdet er E18, Rv.354, trafikkstasjon Kjørholt, industribygg, lokalveier og boliger. Terrengnivået varierer fra +40 til +50 i lavtliggende områder, til +60/+80 i det høyere områdene. Terrengkart for området fra Kartverket er vist i Figur 4-5.



Figur 4-5 Terrengkart fra hoydedata.no

Løsmassekart fra NGU i Figur 4-6 indikerer at området består av berg i dagen, forvitringsmateriale, marine avsetninger og fyllmasser.



Figur 4-6 Løsmassekart fra NGU

5. GRUNNFORHOLD

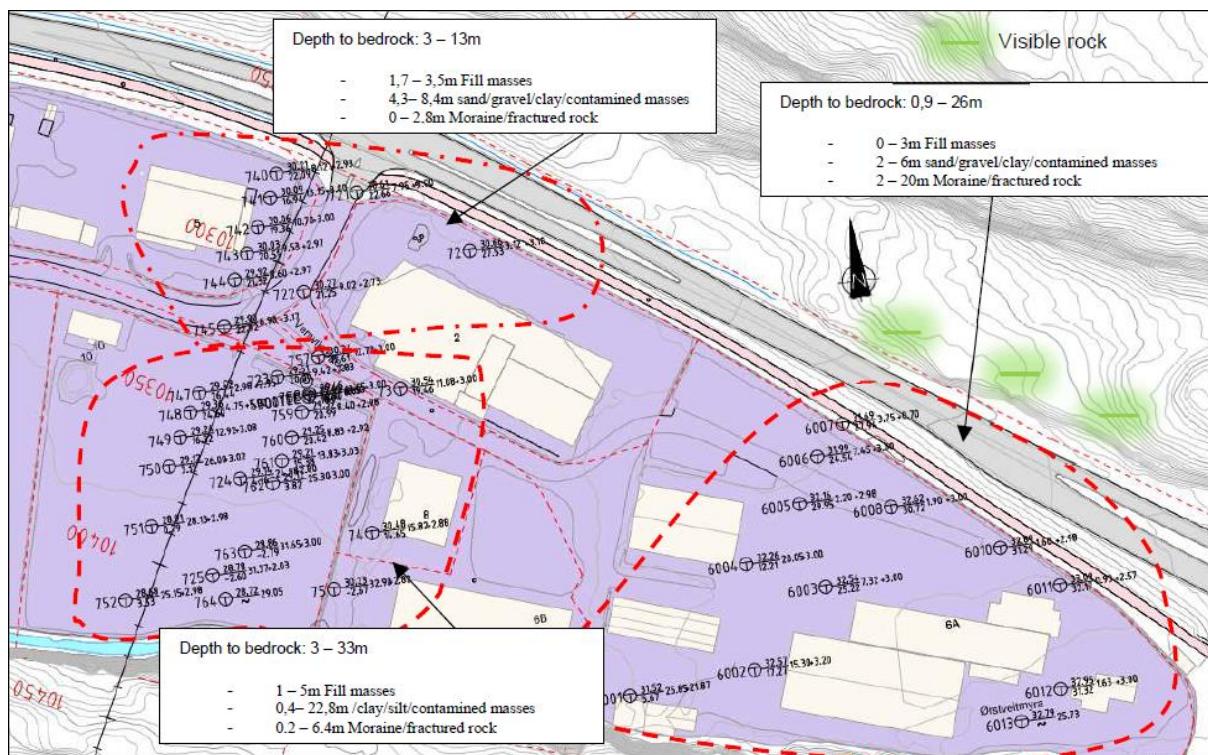
5.1. SKJELSVIKDALEN

Dybden til berg i Skjelsvikdalen varierer fra 1m til litt over 30m dybde. Gjennomførte grunnundersøkelser indikerer at bergoverflatenivået er høyest i midten av dalen og faller mot nord og sør.

For store deler av Skjelsvikdalen og industriområdet som ligger der er grunnforholdene antatt å inneholde deponier av forurensede masser. Forekomsten av disse massene er dog noe usikker, men det ser ut som de ligger fra en dybde på 2 – 3m ned til 10m under terreng. De forurensede massene er dekket med fyllmasser. I tillegg til disse massene ser grunnforholdene ut til å variere i stor grad, og på enkelte steder kan de være veldig bløte.

Det er noe usikkerhet tilknyttet dybde til berg i Skjelsvikdalen. Ifølge grunnundersøkelsene er grunnforholdene tolket som løsmasser, men det kan like godt være forvitret berg. Det er foreslått nye grunnundersøkelser for å kunne gi et bedre bilde av situasjonen.

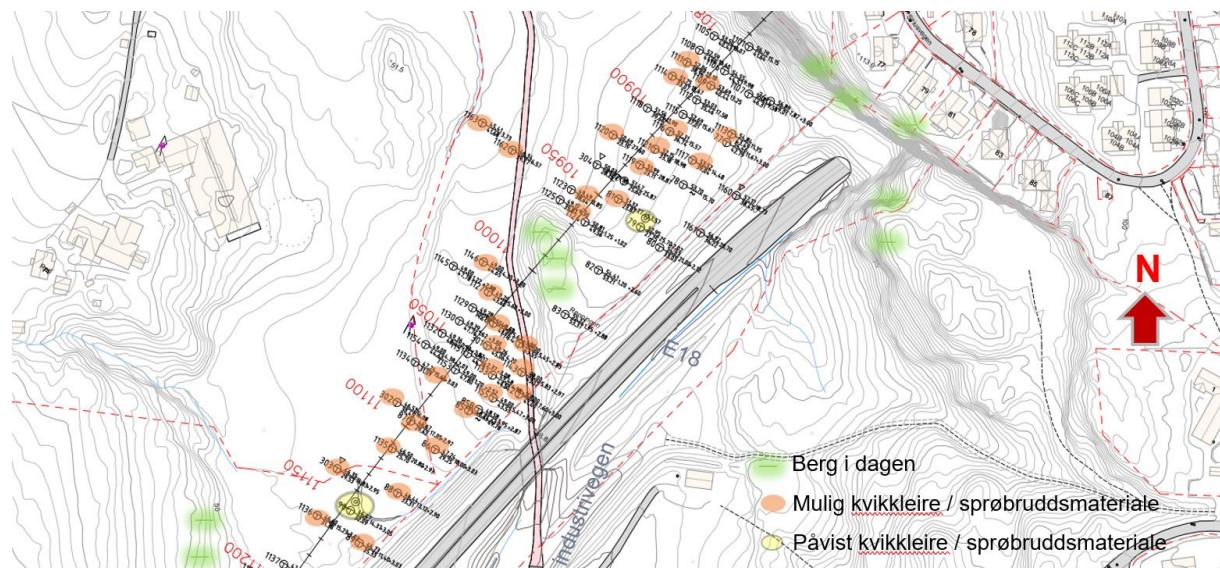
Basert på forhold i Skjelsvikdalen kan vi konkludere med at grunnforholdene er relativt like i store deler av området, men med variasjon i dybde til berg. Som tidligere nevnt kan dybden til berg som fremkommer fra tidligere grunnundersøkelser diskuteres.



Figur 5-1 Grunnforhold Skjelsvikdalen

5.2. RØD

Dybde til berg varierer fra 1m til så mye som 28m. Løsmassene består øverst av tørrskorpeleire liggende på leire med tynne lag av silt og sand, liggende på sand/morene over fjell. Tolkning av totalsonderingene viser at leiren er bløt og mulig sensitiv. Resultatene fra laboratorieanalyser i hull 79 og 90 bekrefter sensitiv leire (kvikk / sprøbruddsmateriale). Nærmest Industrivegen er det berg fremme i dagen, som en liten kolle. På østsiden av E18 er det gjort begrenset med grunnundersøkelser, men disse viser ikke tegn på sensitive løsmasser.



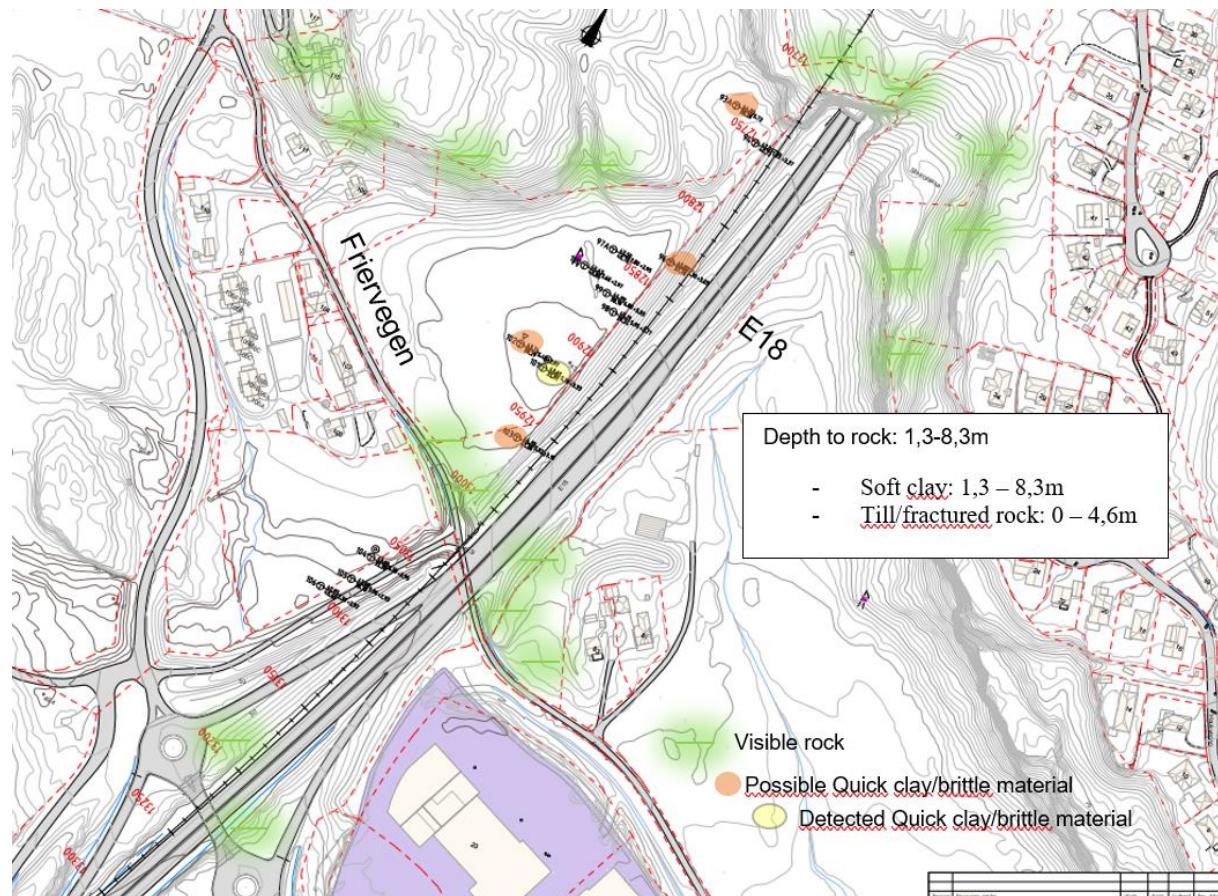
Figur 5-2 Grunnforhold Rød profil 10800 – 11200



Figur 5-3 Grunnforhold Rød profil 11200 - 11450

5.3. KJØRHOLT

Rundt profil 12/680 – 12/950, nord for Friervegen, indikerer borehullene bløt leire, som kan være sensitiv og kvikk, men denne leiren er kun påvist i en begrenset dybde. Etter Friervegen forbedres grunnforholdene gradvis, med mer faste masser og synlig berg mot enden av veglinjen ved profil 13/500.

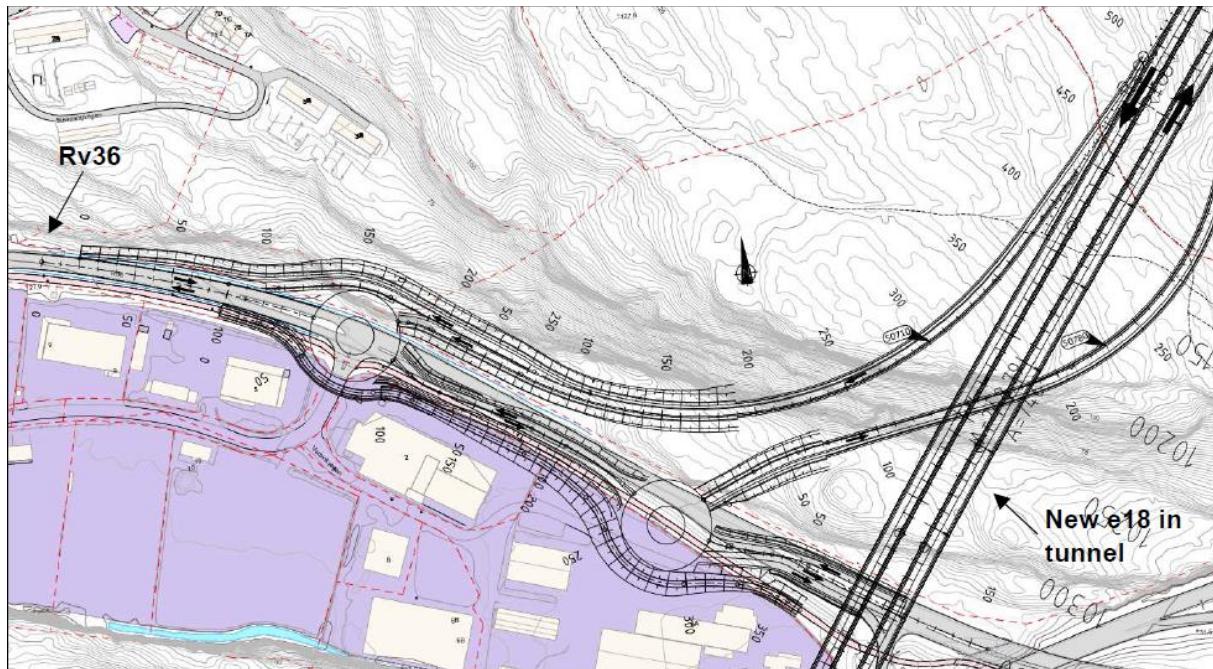


Figur 5-4 Grunnforhold Kjørholt

6. FORESLÅTTE KONSTRUKSJONER

6.1. SKJELSVIKDALEN

E18 går i en tunell som har sitt bunnpunkt på ca. kote -10, med andre ord 40m under terrengnivået. Ved kote -10 skal berget være av god kvalitet. Nye E18 kobles sammen med eksisterende Rv.36 med ramper som går gjennom tunnel og løsmasse-/fjellskjæringer. En rundkjøring vil koble sammen vegen og rampene, denne plasseres på terrengoverflaten.



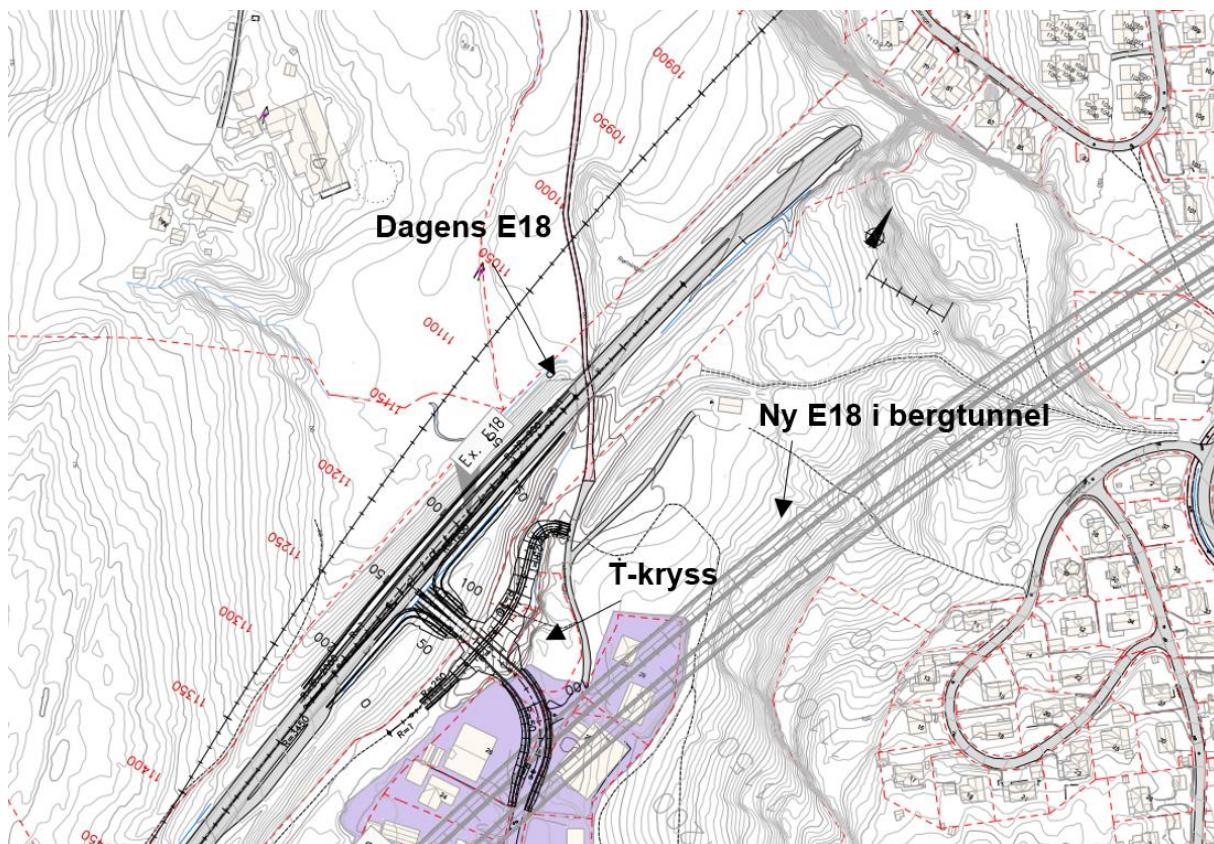
Figur 6-1 Planlagt vei Skjelsvikdalen



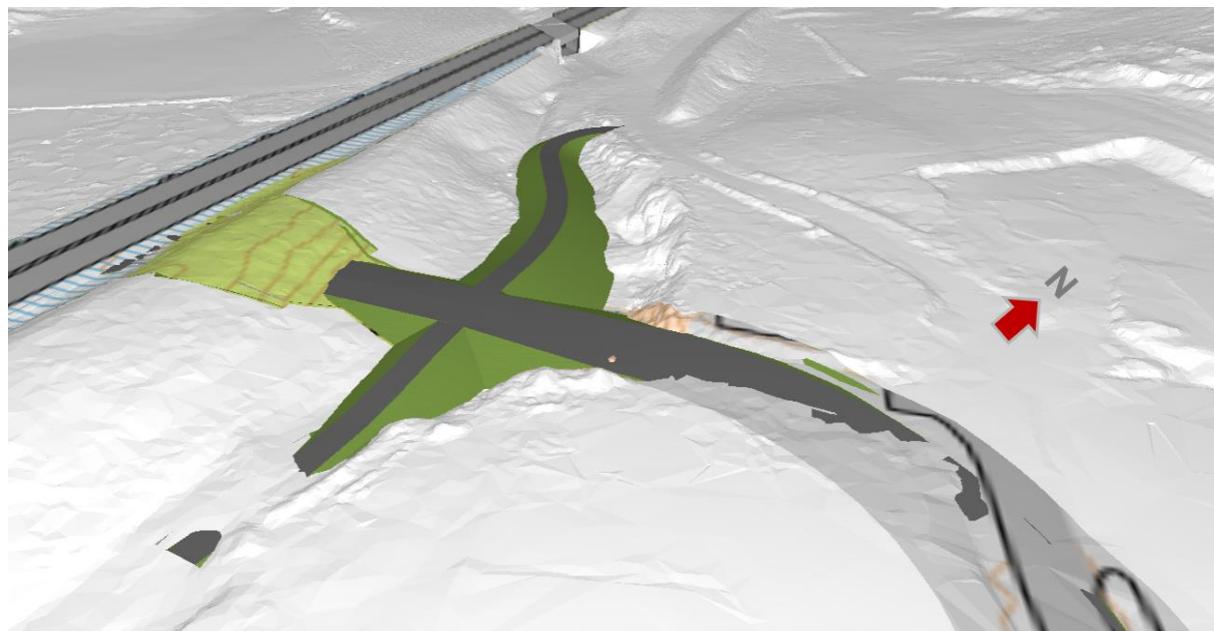
Figur 6-2 Planlagt vei Skjelsvikdalen - 3D modell

6.2. RØD

Ny E18 vil strekke seg i tunnel i berg. Det vil også etableres et nytt T-kryss på fylling på terrenoverflaten som forbinder gamle E18 med Industrivegen.



Figur 6-3 Planlagt vei Rød

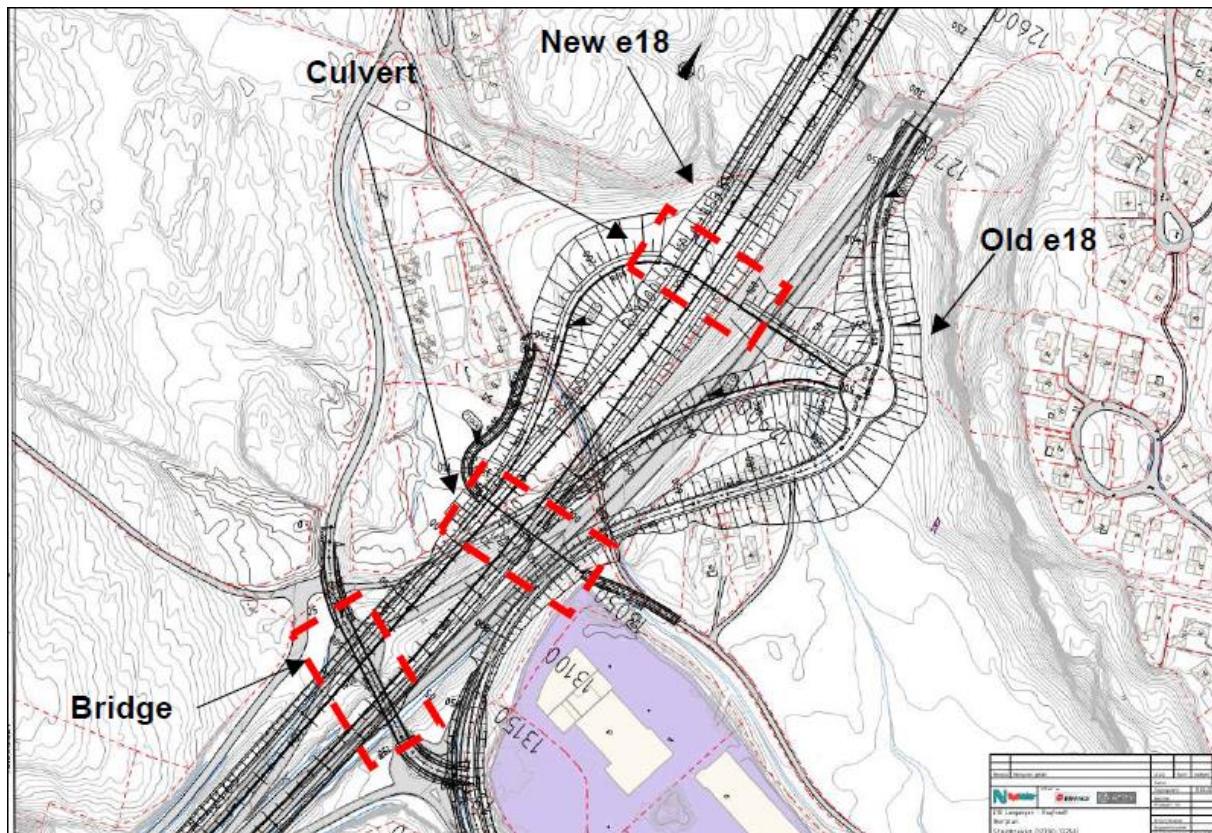


Figur 6-4 Planlagt T - kryss Rød - 3D modell

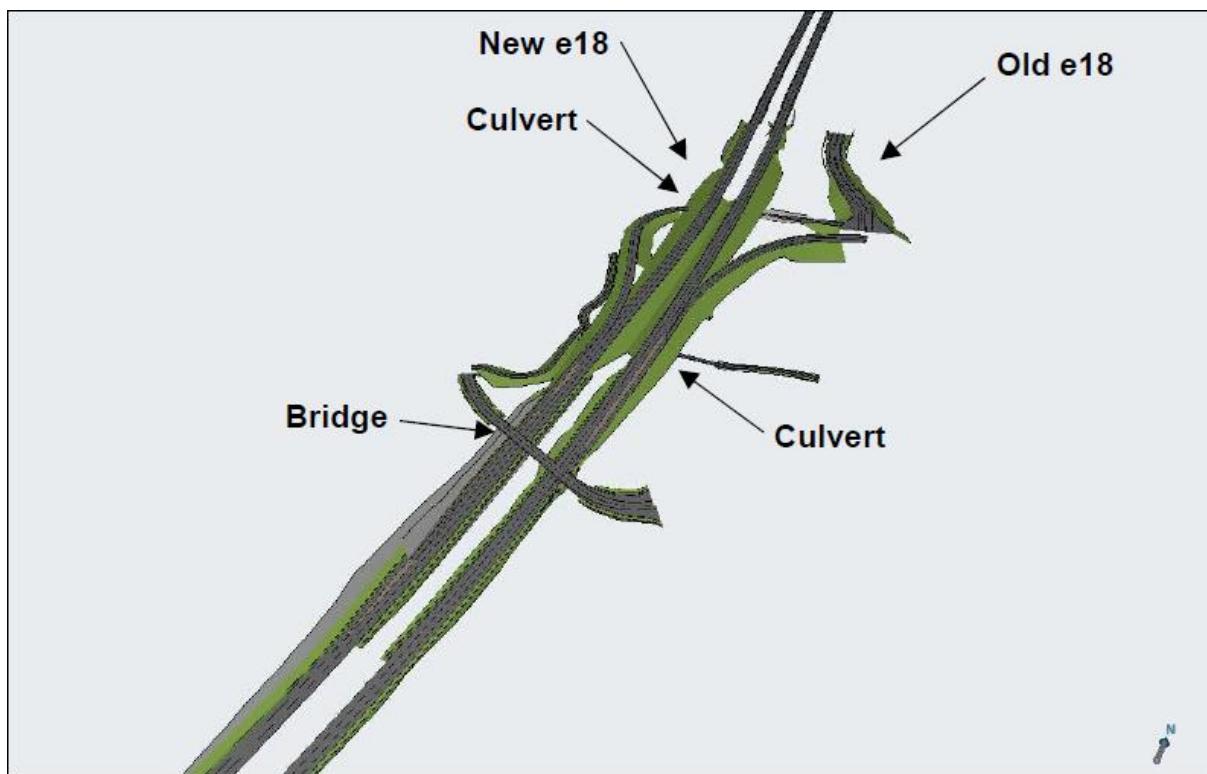
6.3. KJØRHOLT

Veglinjen kommer ut fra Grenlandstunellen ved profil 12/710. Den nye E18 linjen plasseres på fylling med høyde 0 – 1m, mellom profil 12/710 og 13/110. Etter det går den på en skjæring med en høyde på 0 – 2m mellom profil 13/110 og 13/500.

Den gamle E18 vil også flyttes og bygges opp med en ny plassering. Den vil plasseres til høyre, i en kurve på fylling med høye på 10m på det meste. Linjen vil kobles sammen med nye E18 i en kulvert og store fyllinger. Til de omkringliggende områdene vil den kobles sammen med en kulvert og en bru.



Figur 6-5 Planlagt veg Kjørholt



Figur 6-6 Planlagt veg Kjørholt - 3D modell

7. OMRÅDESTABILITET

7.1. GENERELT

Ifølge §28-1 i Plan- og bygningsloven kan «grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold.» Skredfare er en av de temaene som vil bli dekket i risiko- og sårbarhetsanalysene, slik som beskrevet i §4-3 i Plan- og bygningsloven. I TEK17, §7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger, er beskrevet at bygninger skal prosjekteres og oppføres med aksepterbar sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturkatastrofer som flom, stormflo og skred.

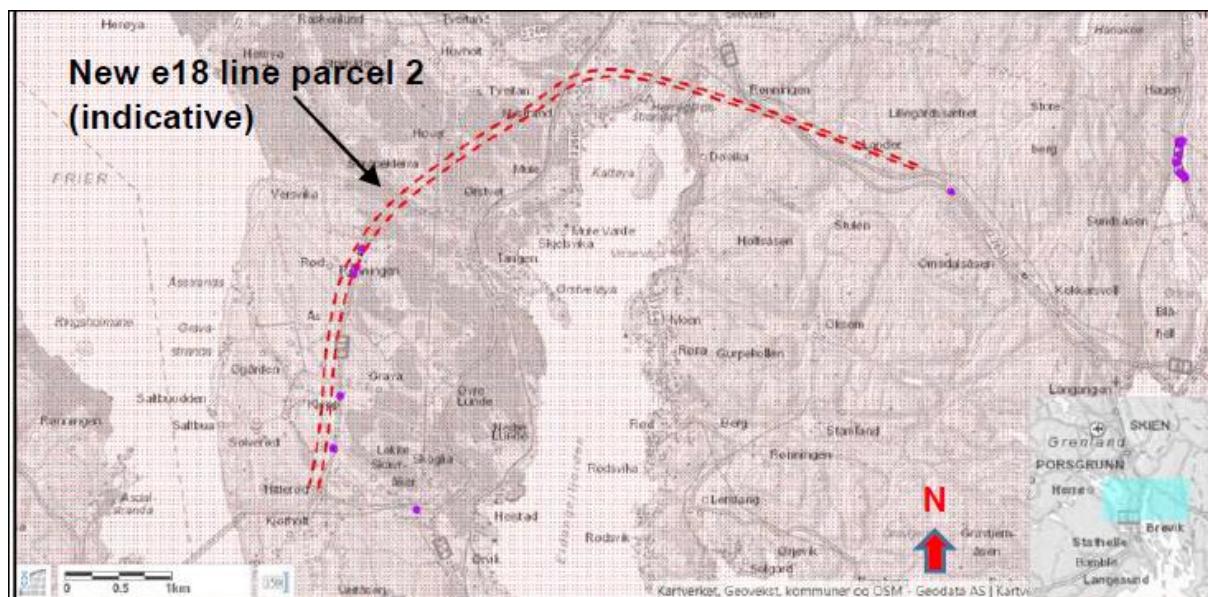
NVE sin veileder 1/2019, Sikkerhet mot kvikkleireskred, beskriver hvordan skredfare kan vurderes. Vurdering og dokumentasjon av risikoen i samsvar med denne veiledningen tilfredsstiller gjeldende lovkrav. Iht. NVE sin veilere har utredning på reguleringsplannivå som mål å avklare reell kvikkleireskredfare hvor det planlegges utbygging. Ved utredning av reell skredfare skal fareområdene avgrenses, beskrives og vurderes i forhold til gitte sikkerhetskrav avhengig av sonens faregrad og tiltakskategori.

Generelt kan man si at tiltak ikke tillates plassert slik at det kan:

- Utløse kvikkleireskred
- Bli involvert i et kvikkleireskred som starter et annet sted
- Bli truffet av skredmasser fra et kvikkleireskred

I følge NVE skredfarekart (NVE Atlas) passerer den planlagte veglinjen ikke gjennom eller i nærheten av tidligere kartlagte kvikkleiresoner (faresoner), se Figur 7-1. Det er imidlertid observert kvikkleire / sensitiv jord i borehull (lilla punkter i figuren - kalt "SVV kvikkleireområder" i NVE Atlas). Dette er informasjon som allerede er blitt tolket fra borehullene som blitt mottatt fra Nye Veier (sannsynligvis det samme grunnlaget som blitt brukt for å oppdage "SVV kvikkleireområder").

Fra tilgjengelige grunnundersøkelser kan det bekreftes at kvikkleire / sensitive masser er påvist på Lanner, Rød og Kjørholt. I denne rapport omhandles kun Rød og Kjørholt.



Figur 7-1 Kvikkleiresoner

7.2. PROSEDYRE FOR UTREDNING AV OMRÅDESTABILITET

Prosedyrene for undersøkelse av områdestabilitet er beskrevet i NVE-veilederen 1/2019. Det er en trinnvis prosedyre som kan sees i Tabell 4. Generelt, hvis det ikke blir oppdaget sensitiv jord, vil det være tilstrekkelig å bare utføre en vurdering fra steg 1 til 3. Hvis den første delen av prosedyren indikerer risiko for områdestabilitet i forbindelse med planlagte tiltak, så må dette undersøkes videre (steg 4 - 10).

Steg	Krav
1	Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området
2	Avgrens områder med marin leire
3	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred
4	Bestem tiltakskategori
5	Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skrånninger og mulig løsneområde
6	Befaring
7	Gjennomfør grunnundersøkelser
8	Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder
9	Klassifiser faresoner
10	Dokumentér tilfredsstillende sikkerhet

Tabell 4 Prosedyre NVE veileder 1/2019

7.3. KRAV TIL SIKKERHETSNIVÅ

Tiltakene med ny E18 i områder med kvikkleire/sprøbruddsmateriale kommer under tiltakskategori K4. Sikkerhetskrav for tiltakskategori K3 og K4 settes ifølge kapittel 3.3.6 i NVE veiledere. F.eks. hvis tiltaket forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 * f_s$ og $F_{cp} \geq 1,25$. For tiltak som ikke forverrer stabiliteten er kravet til sikkerhet $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{cp} \geq 1,25$.

I det fall situasjonen er lokalstabilitet og ikke områdestabilitet, settes det til krav til absolute partialfaktorer gitt i tabell 205.1 og 205.2 i håndbok N200. F.eks. ved vurdering av

konsekvensklasse (CC3) og bruddmekanisme (sprøtt, kontraktant brudd) anbefaler håndbok N200 Vegbygging materialkoeffisient, ym satt til 1,6 for både effektivspennings- og totalspenningsanalyser.

7.4. KARTLEGGING AV KVIKKLEIRESONER

Kartlegging av kvikkleiresoner er utført etter den samme metoden som benyttes for kvikkleirekartlegging, beskrevet i NVE 2019/1. Områder med potensiell fare for skred er identifisert ved en terrenkartanalyse. Denne analysen tar utgangspunkt i topografiske forhold, samt type og mektighet av løsmassene. I analysen er skråninger med høydeforskjeller over 5 m og minimum skråningshelning på 1:20 definert som aktsomhetsområder. Aktsomhetsområder som er faregradsklassifisert kalles faresoner/kvikkleiresoner. Faregradsklassifiseringen er avhengig av topografiske og geotekniske forhold, samt eventuelle terregnendringer.

7.5. VURDERING AV SKREDUTLØP

Utløpsdistanse avhenger av skredmekanisme og størrelsen på løsneområdet, iht. studier av historiske kvikkleireskred. Maksimal lengde for hvor langt skredmasser kan gå i en retning er basert på empiriske relasjoner for skredutløp. Disse er dog befeftet med store usikkerheter. Leiras materialegenskaper, sensitivitet og omrørt skjærfasthet er av stor betydning. Likeså er utløpsområdets helning og graden av kanalisering viktige topografiske faktorer.

7.6. STABILITETSBEREGNINGER

Stabilitetsberegningene er utført med beregningsprogrammet Geosuite Stability. Programmet er basert på grenselikevekt, og anvender en versjon av lamellemetoden som tilfredsstiller både kraft- og momentlikevekt. Programmet kan selv søke etter kritisk sirkulærsvylindrisk glideflate for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også mulig å definere egne glideflater i programmet.

Stabiliteten er kontrollert i både udrenert og drenert analyse. Udrenert analyse tar hensyn til en potensiell situasjon med udrenerte spenningsendringer i grunnen, mens effektivspenningsanalysen er representativ for en langtidssituasjon.

Stabilitetsberegninger er utført for de mest kritiske snittene, og plassert der skråningene er høyest og brattest.

7.7. OMRÅDESTABILITET SKJELSVIKDALEN

1. Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området

Ingen kartlagte faresoner i området.

2. Avgrens områder med marin leire

Området ligger under marin grense og NGU-kartet indikerer mulig forekomst av marin leire. Det er dog ikke oppdaget forekomst av sensitive masser / sprøbruddsmateriale ifølge borer i området. Av den grunn er det ikke fare for kvikkleireskred i området. Områdestabiliteten er ivaretatt.

7.8. OMRÅDESTABILITET RØD

I Rød vil ny E18 ligge i tunnel i berg, slik at områdestabiliteten for ny E18 vil være ivaretatt. Ifølge planene skal det i tillegg gjøres et mindre tiltak i terrenoverflaten i form av etablering av en T – kryss på fylling i arealet sør for Industrivegen og øst for dagens e18. Der T – krysset skal ligge viser boringene (totalsonderinger 4070 til 4074) ingen indikasjon på sensitive løsmasser foruten lokalt i noen hull på noen dybde som kan være svake masser (ca. 0,5 – 1m mektighet). Merparten av massene her utgjøres av fyllmasser, troligvis, overskuddsmasser fra bygging av dagens E18. På andre siden om dagens E18, vest for E18 og sør om Industrivegen, er det sammenhengende lag av kvikkleire med mektighet fra 8 til 14m. Kvikkleire er påvist i prøveserie i hull 90 og sannsynlig kvikkleire i nærliggende borer da disse viser likartede boremotstand som i hull 90. Terrenget i området med kvikkleire er dog relativ flatt, slik at det ikke er skredfare pga. terrengholder (til tross for sensitive løsmasser i grunnen). Det er høydeforskjeller mot sør og sørvest, men disse høydeforskjellene utgjøres av berg i dagen under et tynt jorddekk. Det er en stor høydeforskjell, ca. 10m fra topp på dagens E18 ned til arealet med kvikkleire. Denne situasjonen kategoriseres dog ikke som en områdestabilitet, men som lokalstabilitet (lokale skjærflater som involverer vegbanen.) Der det anses nødvendig å gjøre tiltak skal dette utføres for å forbedre lokalstabiliteten.

Boringene viser forekomst av sprøbruddsmateriale også i den nordre delen av Rød (nord for Industrivegen og vest for dagens E18.) Det er påvist sprøbruddsmateriale og/eller overgang til sprøbruddsmateriale i prøveserie i hull 79, samt likartet boremotstand i de fleste andre nærliggende boringene som i hull 79. Det kan dog nevnes at denne leiren ikke er like sensitiv som for området sør for Industrivegen (rundt borehull 90). Boringene i den nordre delen viser sprøbruddsmateriale på begrensede dybder og/eller overgang til sprøbruddsmateriale på de øvrige dybdene. Noen av boringene viser ikke leire hele tatt, kun sand og silt. Det er altså ikke indikasjon på sammenhengende lag av kvikkleire i den nordre delen som i søndre.

Terrenget i den nordre delen med sprøbruddsmateriale faller svakt mot vest med terrenghelling på ca. 1:16, dvs. brattere enn 1:20. Dermed defineres området som en faresone. Det er ikke planlagt noen tiltak i dette området, slik at tiltak som kan utløse områdeskred i dette området ikke er aktuelt. For det planlagte tiltaket i sør, T – krysset samt eventuelle midlertidige veger i anleggsfase i forbindelse med T-krysset, kan det drøftes om disse tiltak vil kunne bli rammet av et områdeskred som utløses i nord. Det er ansett som høyst usannsynlig at et skred som utløses i nord vil forplante seg sørover. Dagens E18 utgjør en barriere, det samme gjør berget i dagen nærmest Industrivegen en barriere. Disse barrieree vil forhindre et eventuelt utløp fra nord mot sør. Denne faresonen vil snarere ha utløp mot vest

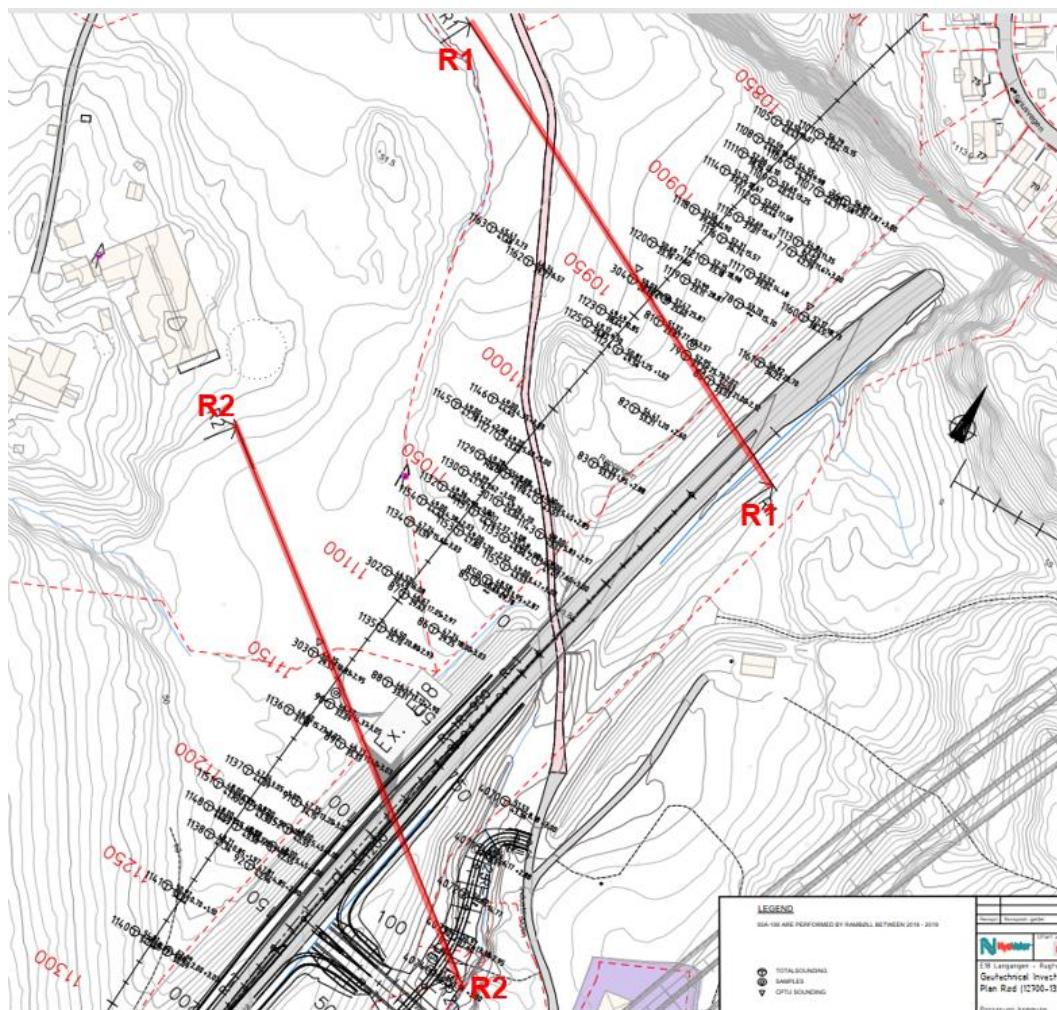
fra E18, der terrenkart viser at terrenget begynner å plane ut seg ca.120m målt fra gamle E18.

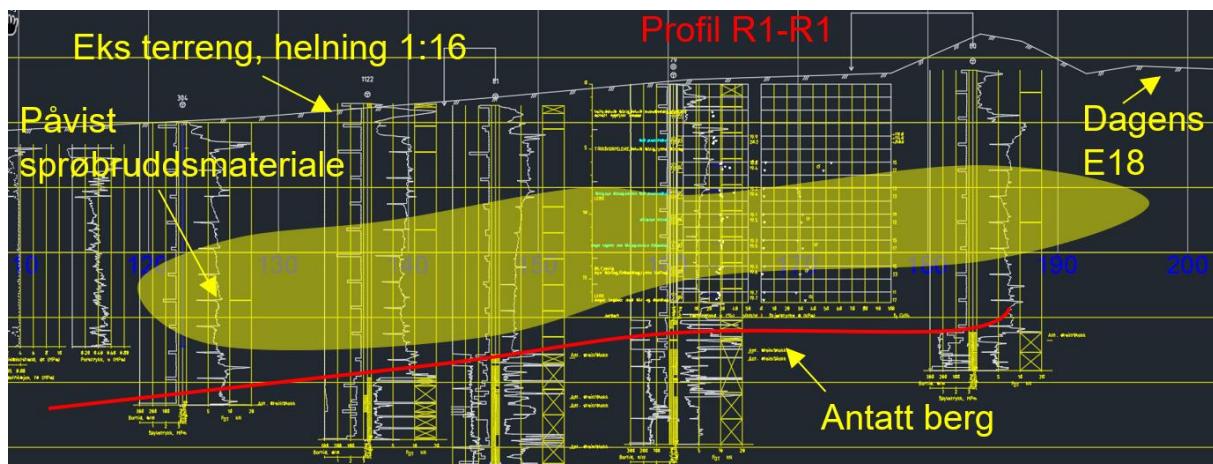
Nord for Industrivegen og øst for dagens E18 er det ikke gjort noen borer. Det er ikke planlagt noen tiltak i løsmassene i dette området. Ifølge NGUs løsmassekart består området av tykk havavsetning, dvs. potensielle for sensitive løsmasser. Ettersom terrenget er relativ flatt er det dog mindre trolig at et kvikkleireskred skulle kunne utløses her.

Ifølge planene vil det i forbindelse med byggefase også etableres midlertidige anleggsveger i forbindelse med T – krysset. Det kan potensielt forverre områdestabiliteten.

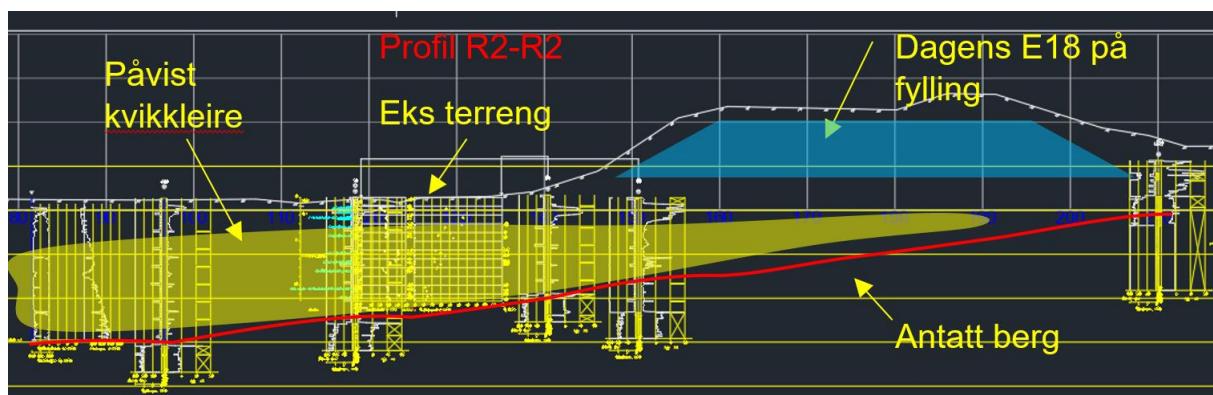
Disse vil ligge ganske nær der lokasjonen for T – krysset. Som over, i dette området er det ikke fare for områdestabilitet pga. terengforholdene, men her er det lokalstabiliteten som må kontrolleres.

Tolkning av løsmasser og terengforhold i henholdsvis den nordre og søndre delen av Rød, med områder med påtruffet kvikkleire/sprøbruddsmateriale, framgår i plan i Figur 7-2 og profiler i Figur 7-3 – Figur 7-4.





Figur 7-3 Tolkning grunnforhold snitt R1-R1



Figur 7-4 Tolkning grunnforhold snitt R2-R2

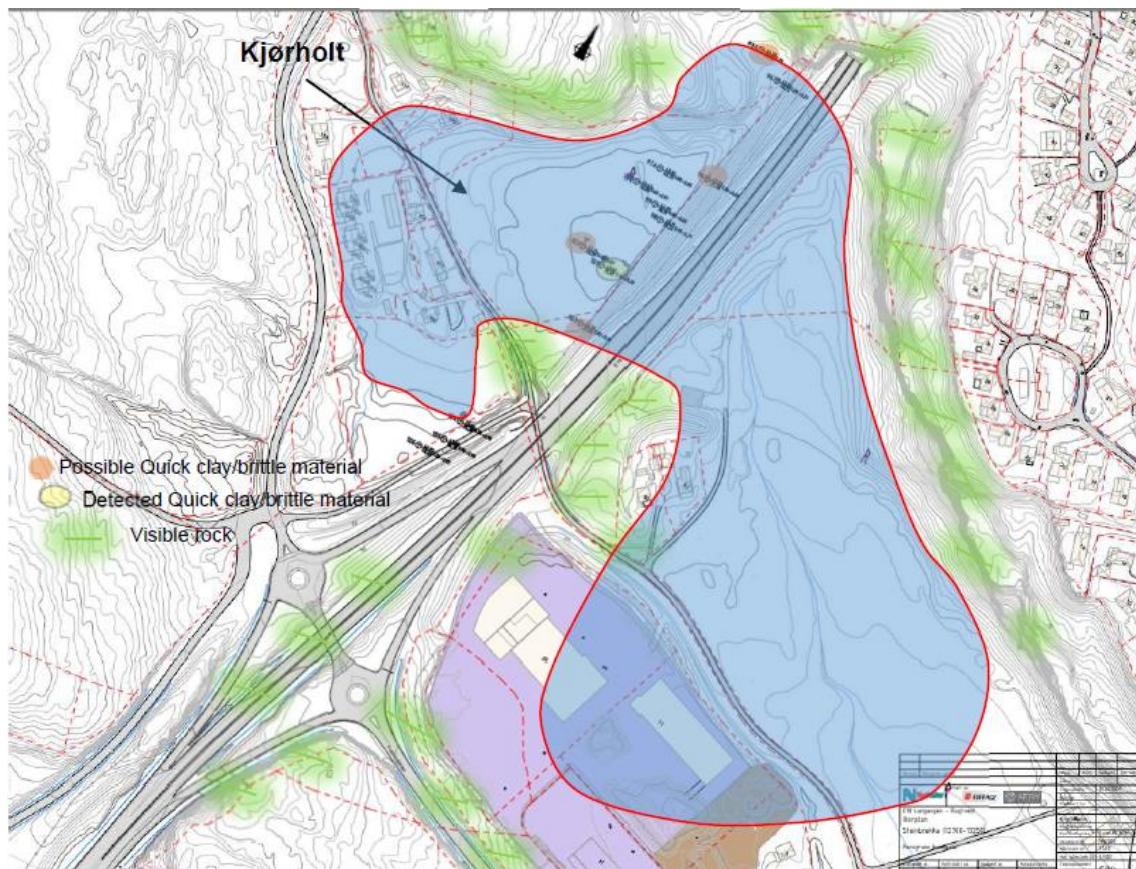
7.9. OMRÅDESTABILITET KJØRHOLT

1. Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkkleireskred i området

Inge tidligere faresoner i området.

2. Avgrens områder med marin leire

Området ligger under marin grense. Marin leire har i tillegg blitt påvist i grunnundersøkelser. Mulig avgrenset område med marin leire er vist i figuren nedenfor.



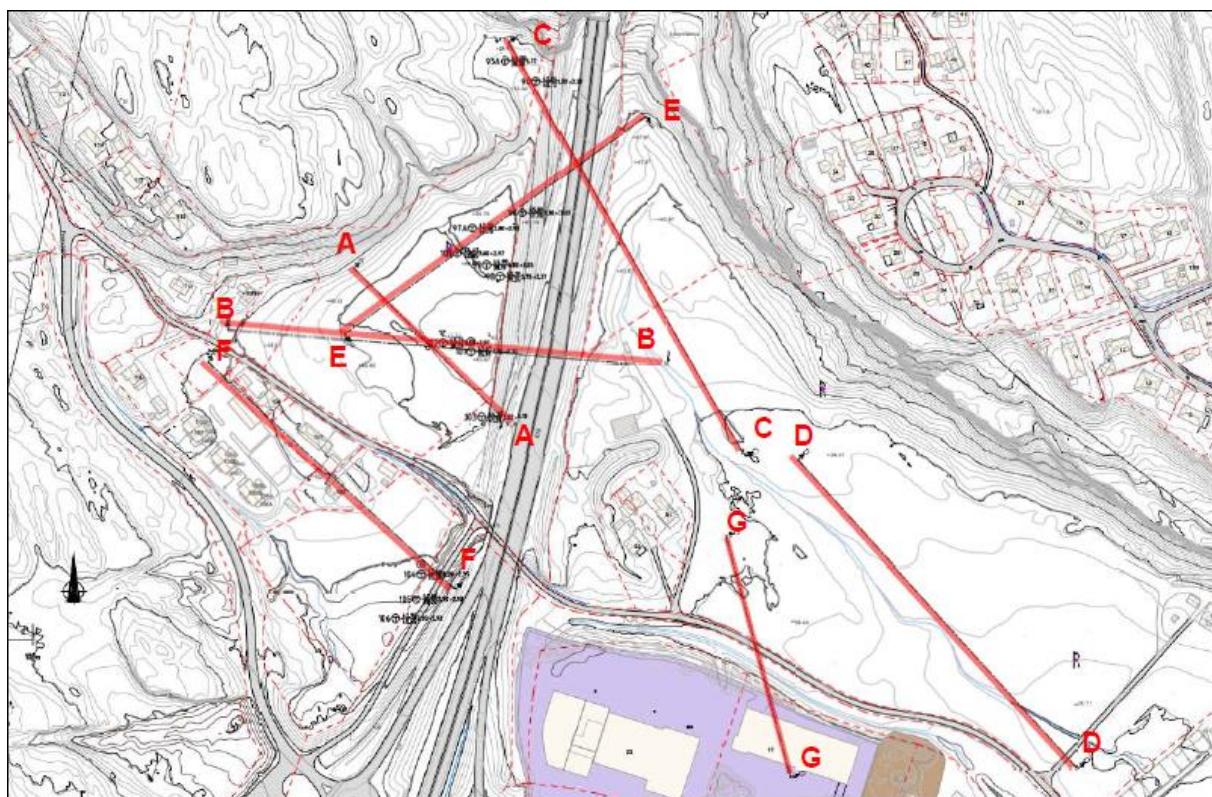
Figur 7-5 Områder med mulig forekomst av marin leire

3. Avgrens områder med terrenget som kan være utsatt for områdeskred

Kriterier til terrenget som indikerer en mulig fare for skred er:

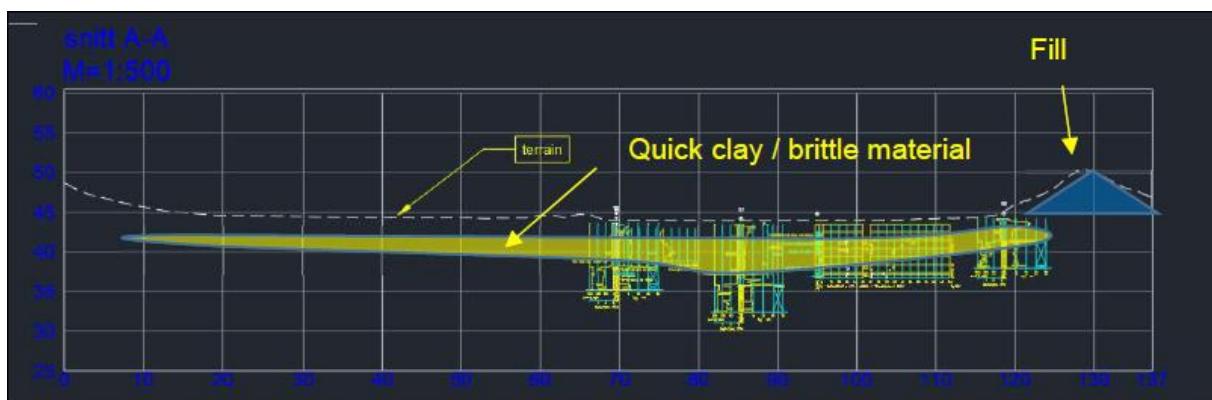
- Total skråningshøyde (i løsmasser) over 5 meter, eller
- Jevnt skrânende terrenget brattere enn 1:20 og høydeforskjell over 5 meter

For å identifisere mulig skredfare grunnet terrenget- og grunnforhold har det blitt generert noen snitt over området. Snitt i plan og profiler sammen med relevante borehull kan sees på Figur 7-6 – Figur 7-18. Det er gitt kommentarer til hvert snitt om fare for skred.

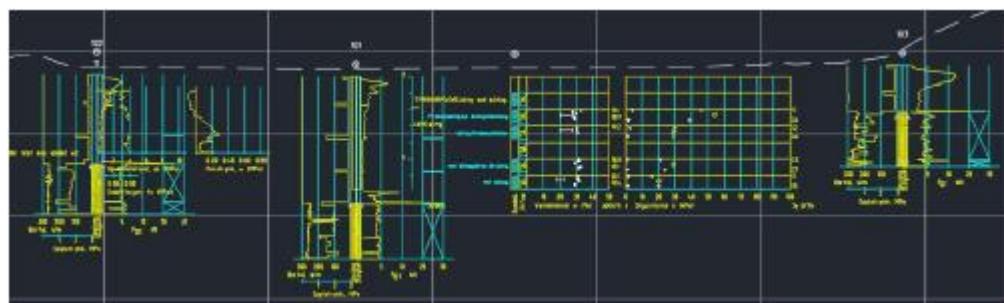


Figur 7-6 Plan over representativ snitt på Kjørholt

Snitt A-A



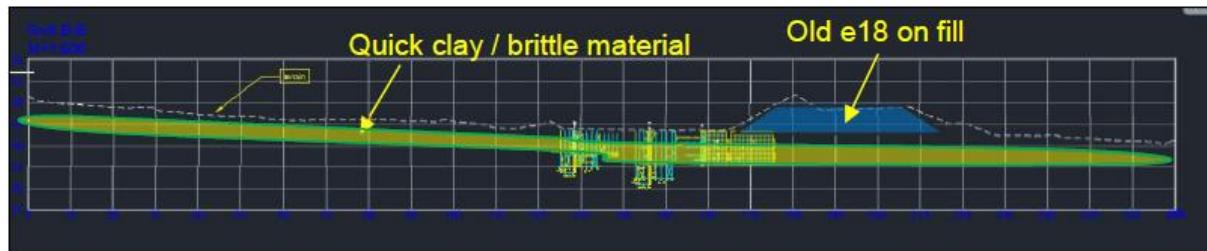
Figur 7-7 Profil, snitt A-A



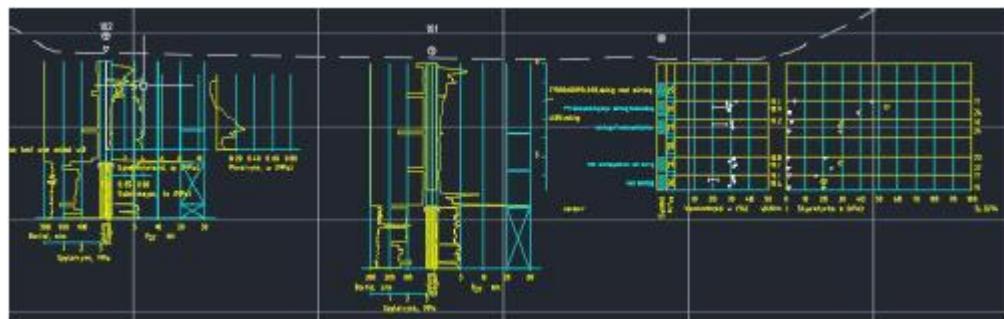
Figur 7-8 Sonderingsprofiler, snitt A-A

Kvikkleire / sprøbruddsmateriale er blitt oppdaget i prøveserie i borehull 101. Det er mulig sprøbruddsmateriale i borehull 102 og 103, da totalsonderingene viser lik boremotstand som i 101. Terrengskråninger er relativt flate, hvilket betyr at der ikke vurderes risiko for skredfare på grunn av terrengforhold.

Snitt B-B



Figur 7-9 Profil, snitt B-B



Figur 7-10 Sonderingsprofiler, snitt B-B

Kvikkleire / sprøbruddsmateriale er blitt oppdaget i prøveserie i borehull 101 og mulig sprøbruddsmateriale i borehull 102. Terrengskråninger er brattere enn 1:20. Dette tverrsnittet vil bli vurdert nærmere.

Snitt C-C



Figur 7-11 Profil, snitt C-C



Figur 7-12 Sonderingsprofiler, snitt C-C

Mulig kvikkleire / sprøbruddsmateriale i borehull 93A tolket fra totalsondering. Borehullet ved siden av, borehull 94, indikerer ikke sensitiv leire. Mest sannsynlig er det sensitive masser lokalt rundt 93A. Terrengoverflaten er slakere enn 1:20, så det er ingen risiko for skred grunnet terrengeforskjell over 5m mellom dagens E18 og terrenget, men situasjonen regnes som lokalstabilitet.

Borehull 93A og 94 har målte terrengnivåer fra +42 til +44, men på samme sted er terrengnivåene fra 3D -modellen fra +53 til +54, det vil si en forskjell på 10 m. Det er ingen informasjon per nå hva denne forskjellen kommer av.

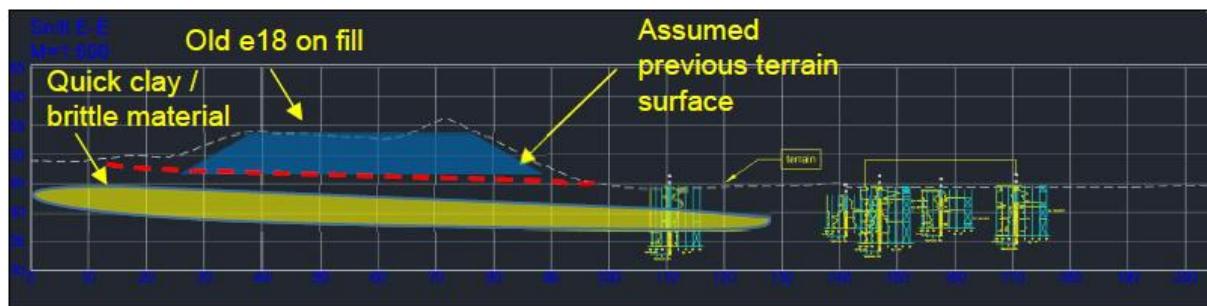
Tverrsnitt D-D



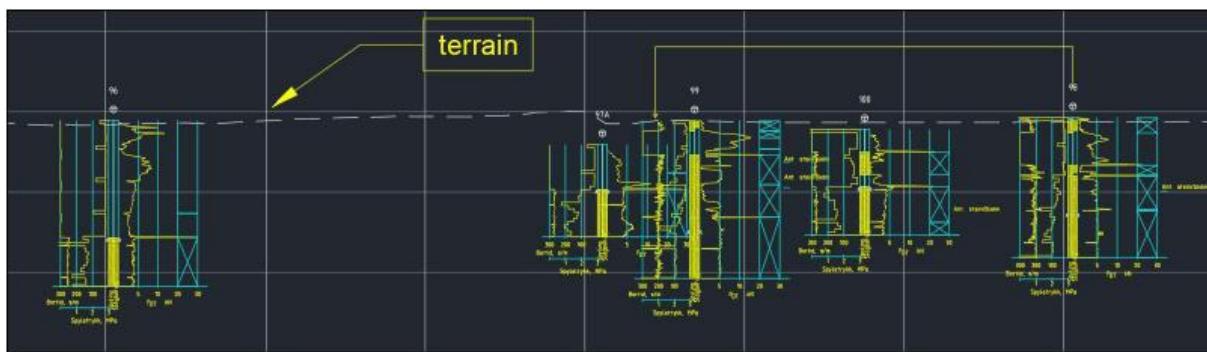
Figur 7-13 Profil, snitt D-D

Terrengrøringer er relativt flate, ingen risiko for skred på grunn av terrengeforskjell.

Tverrsnitt E-E



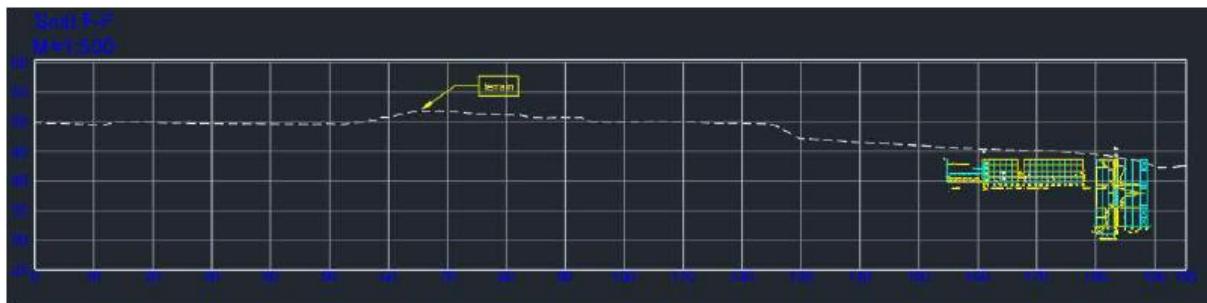
Figur 7-14 Profil, snitt E-E



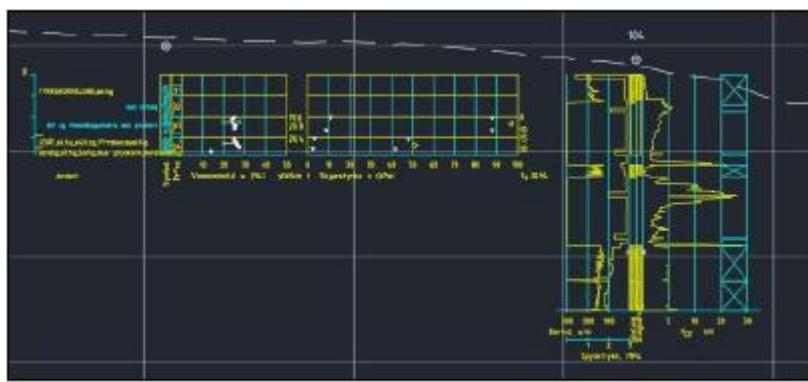
Figur 7-15 Sonderingsprofiler, snitt E-E

Mulig kvikkleire / sprøbruddsmateriale i borehull 96. Høydeforskjell over 5m mellom dagens E18 og overflaten. Terrenget før dagens E18 er noe brattere enn 1:20, men dagens E18 virker som en motfylling og forbedrer stabiliteten. Terrenget etter dagens E18 er slakere enn 1:20. Ingen risiko for skred på grunn av terregngforhold.

Tverrsnitt F-F



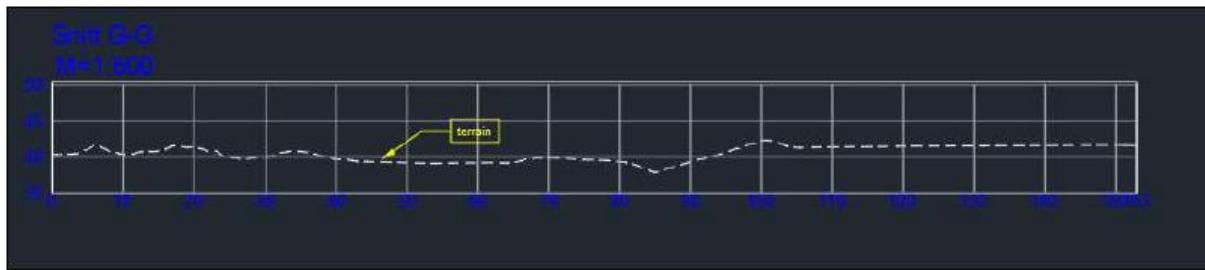
Figur 7-16 Profiler, snitt F-F

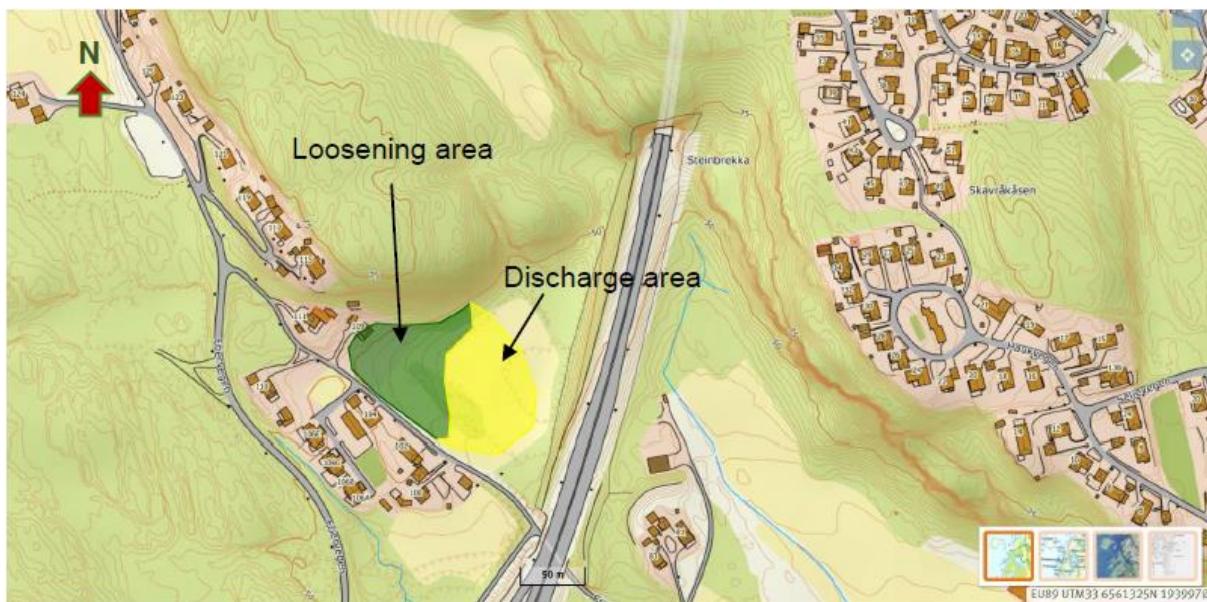


Figur 7-17 Sonderingsprofiler, snitt F-F

Sensitivitet er > 15 og omrørt skjærfasthet >2kPa i borehull 104, hvilket betyr at det ikke er påvist sprøbruddsmateriale. Ingen andre undersøkelser finns i nærheten. Overflaten er imidlertid slakere enn 1:20 vest for borehull 104, hvilket betyr at det ikke er noen risiko for skred på grunn av terregngforhold.

Tverrsnitt G-G





Figur 7-19 Løsne- og utløpsområder ved Kjørholt

9. Klassifiser faresoner

Skadekonsekvensklassen er beregnet til 6 av 45, tilsvarende 13% av maksimal sum. Området er kategorisert «mindre alvorlig» i skadekonsekvensklassen.

For faregrad gir evalueringen av sonen en poengsum på 6 av 51, noe som tilsvarer klassifisering «lav» og en prosentandel på 12% av maksimal sum innenfor kvikkleireklassifisering.

Risiko er lik skadekonsekvens multiplisert med faregrad. Kvikkleiresonen får en sum på $13 \times 12 = 156$ og plasseres dermed i risikoklasse 1.

10. Dokumentér tilfredsstillende sikkerhet

Forutsetninger

$F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$ (tiltaket vil fungere som en motfylling og dermed forverrer det ikke stabiliteten).

Profiler for beregninger

For profil B-B i Figur 7.12 utføres stabilitetsberegninger grunnet risiko for skred.

Materialparameterer

En sammenstilling av udrenert skjærfasthet i området er vist i Figur 7-20.

Materialparametere som er brukt i beregningene er vist i Tabell 5. Beregningsparameterne er vurdert ut ifra grunnundersøkelser og erfaringsverdier.

Materialparametere i sensitiv leire er tolket fra prøveserie i borehull 101 og CPTU i borehull 102.

Der det ikke foreligger grunnundersøkelser, f.eks. i umiddelbar nærhet til beregningssnittene eller på de dypeste nivåene der det ikke tatt opp prøver, er det benyttet udrenert skjærfasthet for leire utledet fra følgende sammenheng:

$$S_{UA} = \alpha \cdot \rho_0 \cdot OCR^m$$

hvor

s_{uA} = aktivt udrenerte skjærfasthet

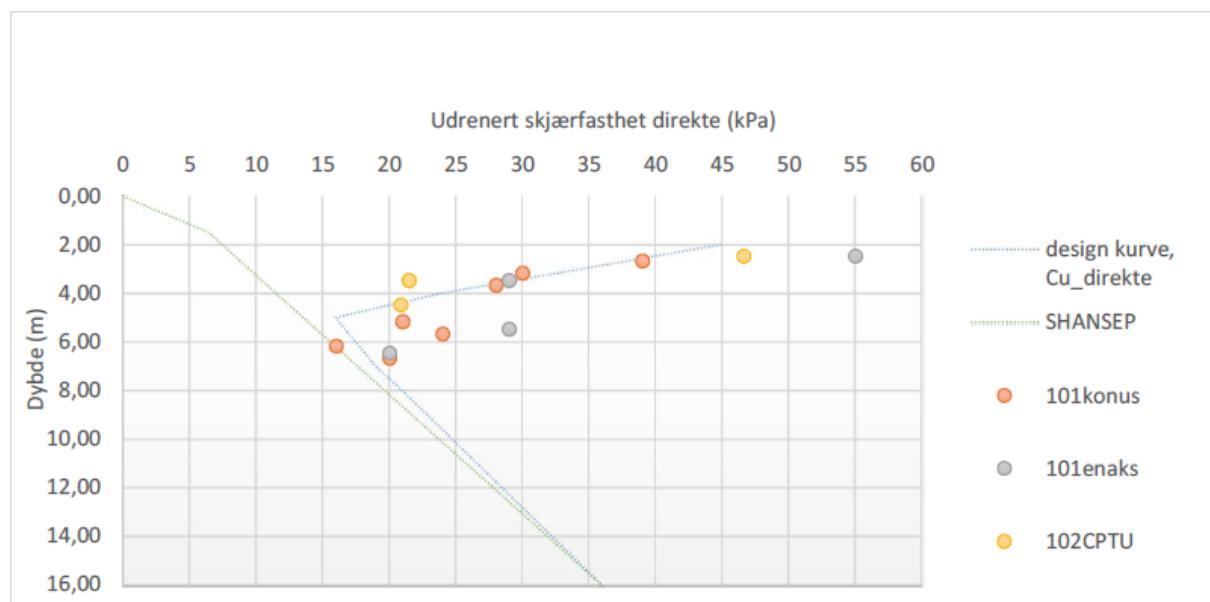
α = konstant, valgt lik 0,3

ρ_0' = effektivt overlagringstrykk

OCR = overkonsolideringsgrad. Velges 1,2 hvilket betyder at det er normalkonsolidert tilstand som er da på konservativ side

m = svellmodul, valgt lik 0,68

Relasjonen vist ovenfor går under betegnelsen SHANSEP styrkemodell (Stress History And Normalized Soil Engineering Properties.)



Figur 7-20 Udrerert skjærstyrke

Material	Strength parameters	Bulk density [kN/m^3]																												
Fill	$\phi'_{\text{k}} = 40^\circ$ $a = 0 \text{ kPa}$	$\gamma_{\text{k}} = 19; \gamma'_{\text{k}} = 11$																												
Sand/silt	$\phi'_{\text{k}} = 34^\circ$ $a = 0 \text{ kPa}$	$\gamma_{\text{k}} = 19; \gamma'_{\text{k}} = 11$																												
Quick clay (most likely not all the clay layer is quick but this is on the safe side!)	<p><i>Drained</i> $a=2 \text{ kPa}$ $\phi'_{\text{k}} = 24^\circ$</p> <p><i>Undrained</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Z (m)</th> <th>C_{uk} (kPa)</th> <th>DIREKTE</th> <th>SKJÆRFASHTET,</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>45</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>24</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>16</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>19</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>21</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>36</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Z (m)	C_{uk} (kPa)	DIREKTE	SKJÆRFASHTET,	2	45			4	24			5	16			7	19			8	21			16	36			$\gamma_{\text{k}} = 19; \gamma'_{\text{k}} = 9$
Z (m)	C_{uk} (kPa)	DIREKTE	SKJÆRFASHTET,																											
2	45																													
4	24																													
5	16																													
7	19																													
8	21																													
16	36																													
Till/Sand/Gravel	$\phi'_{\text{k}} = 36^\circ$ $a = 0 \text{ kPa}$	$\gamma_{\text{k}} = 19; \gamma'_{\text{k}} = 11$																												

Tabell 5 Materialeparametere i kalkulasjoner

Grunnvannsnivået antas å ligge ca. 1,5 m under overflaten.

Valget av anisotropifaktorer er blitt gjort i henhold til rapport nr. 14/2014 «Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer».

Tabellen nedenfor angir hvordan disse faktorene beregnes:

I_p	c_{uD}/c_{uC}	c_{uE}/c_{uC}
$I_p \leq 10 \%$	0,63	0,35
$I_p > 10 \%$	$0,63 + 0,00425 * (I_p - 10)$	$0,35 + 0,00375 * (I_p - 10)$

Tabell 6 Spesifikasjon av faktorer

Følgende anisotropifaktorer brukes til ADP -beregninger:

$$Ad = 0,67 \text{ og } Ap = 0,39$$

Resultat

Resultatene fra beregningene er presentert i vedlegg B1-B2 og oppsummert i Tabell 7. Resultatene viser at sikkerhetsfaktorer for både udrenerte og drenerte masser vel oppfyller kravene. Det kan legges til at drenert analyse er det mest relevante tilfellet her siden det ikke påføres nye laster på terreng (langsiktig situasjon).

Områdestabilitet					
Snitt	Udrenert analyse F_c		Drenert analyse F_{ϕ}		Vedlegg
	Sirkulær Overflate	Plan overflate	Sirkulær overflate	Plan overflate	
B-B	2,26	>5	1,98	>4	B1-B2

Tabell 7 Resultater fra stabilitetskalkulasjoner

7.10. OPPSUMMERING KVIKKEIRESONER

For parsell 2, delen Preståsen – Kjørholt, er det identifisert 1 kvikkleiresone. Det er også identifisert en ytterligere faresone i Rød, men det er ikke planlagt noen tiltak i det området som faresonen er identifisert.

Sonene er avgrenset basert på topografi, løsmassekart, tilgjengelige grunnundersøkelser og vurdering av skredområder. Sonene er delt inn i tre forskjellige klasser; "lav", "middels" og "høy". Alle tre identifiserte sonene har blitt karakterisert i "lav" klasse.

I vedlegg A presenteres grunnene for å vurdere karakteren av hver faresone. Informasjon fra grunnundersøkelser varierer, og det er derfor noe ulik nøyaktighet i faresoneklassifiseringen. Der det er få grunnundersøkelser, gjøres konservative antagelser. F.eks. er det svært lite informasjon om faktorer som OCR, poretrykk, kvikkleire og sensitivitet.

Det er relativt stor usikkerhet knyttet til vurdering av utløpsområde for skred. Materialegenskapene til leire som sensitivitet og omrørt skjærfasthet er av stor betydning. Topografien til utløpsområdet er også sentral. Helningen til utløpsområdet og hvor godt utløpsområdet "kanaliserer" er viktige topografiske faktorer som blitt nevnt tidligere.

7.11. KONKLUSJON

Skjelsvikdalen

Kvikkleire / sprøbruuddmateriale har ikke blitt påvist eller tolket fra borehull ved Skjelsvikdalen.

Rød

Ny E18 vil ligge i tunnel i berg. Det er kun planlagt tiltak i løsmasser i den søndre delen av Rød, i form av et T – kryss på fylling i terrenghoverflaten. Her er det ikke fare for områdestabilitet da terregngforholdene er relativt flate. Lokalstabiliteten må dog vurderes i dette området. Lokalstabilitet for de midlertidige veiene i anleggsfase må også vurderes.

Det er identifisert en faresone i den nordre delen av Rød, men det er ikke planlagt tiltak i løsmasser i dette området. Et eventuelt skred fra denne faresonen vil forplante seg vestover, dvs. det er ikke fare for utløp mot sør, der T-krysset er planlagt.

Kjørholt

Kvikkleire er oppdaget i prøveserier. Mulig kvikkleire / sprøbruddmateriale er tolket fra total- og CPTU-sonderinger. Stabilitetsberegnninger viser sikkerhetsfaktorer over gjeldende krav. Det er ingen behov for stabiliseringstiltak for å håndtere områdestabiliteten. Ny E18 vil ikke forverre stabiliteten, da den vil fungere som en motfylling.

Det vil bli utført supplerende grunnundersøkelser. Områdestabilitet må vurderes igjen når supplerende undersøkelser foreligger.

8. ANBEFALING TIL FUNDAMENTERING

Følgende geotekniske metoder har blitt vurdert og sammenlignet med hverandre med hensyn til aspekter som kostnad, miljø og tid; kalksementstabilisering, forbelastning, vertikale dren og lette masser og utgraving.

8.1. SKJELSVIKDALEN

Tunnelen vil gå i berg. Den kobles til eksisterende rv36 i ramper i tunnel og i jord-/bergskjæringer og rundkjøringer. I området der tiltakene skal ligge i dagen er løsmassene preget av faste masser. Det er derfor ikke behov for geotekniske tiltak mot setninger eller for stabiliteten.

8.2. RØD

T-krysset i Rød vil ligge på fylling. Anbefalte geotekniske tiltak er utgraving, forbelastning og vertikal dren. Hvor dagens E18 er fundamentert er en viktig forutsetning for å ivareta lokalstabilitet ved etablering av T – krysset. Lokalstabiliteten for de midlertidligere vegene i anleggsfase må også ivaretas.

8.3. KJØRHOLT

Det er utført begrenset med grunnundersøkelser ved Kjørholt og likevel det er foreslått mange konstruksjoner; fyllinger med høyde 10m, kulverter og en bru. Enkelte borehull indikerer sensitive masser, andre ikke. Geotekniske tiltak som anbefales for fyllinger (etter at supplerende grunnundersøkelser foreligger) er kalksementstabilisering (sensitive løsmasser), utgraving (hvis dybden til bergoverflaten er begrenset og løsmassene ikke er sensitive) samt forbelastning med vertikal dren (svake masser men ikke sensitiv.)

Konstruksjoner som kulverter og bruer må mest sannsynlig fundamenteres på peler til berg.

9. UTGRAVING OG UTFYLLING

All fyllmateriale under vegkonstruksjonen anbefales å bygges opp med sprengstein. Annet materiale bør unngås grunnet risiko for differansesetninger og utfordrende komprimeringsarbeider. Masser fra terregnavlastning og uttak av vegskjæringer kan brukes i fyllinger utenfor vegkroppen, for eksempel i jord bruk eller som motfylling. Alle fyllinger må bygges og komprimeres i henhold til prosess 25.1 i Håndbok R761. Egensetninger i fyllingene forventes å være i størrelsesorden 0,5-1% av fyllingshøyden. Det vil være fordelaktig hvis fyllinger (spesielt de høye fyllingene) legges ut tidlig i byggeperioden, slik at mest mulig av setningene blir unnagjort før ballasten legges ut. Generelt skal flertallet av setningene i komprimerte sprengsteinsfyllinger være unnagjort i løpet av de første 6 måneder etter at fyllingen er utlagt. Setninger følges tett opp med setningsmålinger i anleggsperioden.

Organiske og humusholdige masser må fjernes og det må etableres en horisontal fyllingsfot i skrånende terregn. Dette kan ellers forårsake dårlig kontakt med underliggende masser og gi dårlig støtte for komprimering ved oppbygging av fyllmasser. Videre må det legges et separasjonsduk mellom naturlig grunn og fylling.

Åpne graveskråninger i anleggsfase skal ikke være brattere enn helninger som blitt beregnet ved geotekniske stabilitetsanalyser. Stabiliteten av graveskråningene vil også avhenge av grunnvannstanden. Generelt er skråningene over grunnvannstanden stabile, mens under grunnvannsnivået kan det oppstå problemer med innrasing i grøftene.

Det går flere små bekker gjennom den planlagte veglinjen. Disse må ledes gjennom rør under vegfyllingene. Vannet bør ikke komme inn i vegfyllingene på grunn av fare for utvasking, som igjen kan medføre utglidninger.

10. KRITISKE MOMENTER

I områder med kvikkleire kan selv mindre utglidninger og initials kred utløse et større skred. Ved utgraving og fyllingsarbeider i anleggsfase i områder med kvikkleire må en derfor være ekstra oppmerksomhet, slik at mindre ras / initials kred unngås. Mellomlagring av masser er også generelt ikke tillatt i disse områdene hvis det ikke er avklart på forhånd av ansvarlig geoteknisk ingenør. Bruk av tungt utstyr må også reduseres til et minimum i disse områdene.

Følgende momenter i anleggsfase samt permanentfase kan initiere skredhendelser og må derfor håndteres korrekt:

- Midlertidige skråninger
- Graving og fylling
- Stabilitet i byggefasonen
- Erosjonssikring
- Oppbygging av poretrykk i forbindelse med kalksementstabilisering
- Differansesetninger

11. VIDERE ARBEID

Videre arbeider som må utføres i byggefase er:

- Supplerende grunnundersøkelser
- Oversyn av områdestabilitet i lys av nye supplerende grunnundersøkelser
- Poretrykksmålinger
- Kartlegging og inspeksjon av nærliggende infrastruktur og bygninger
- Lokalstabilitetsberegninger i byggefase
- Detaljprosjektering av kalksementstabilisering
- Detaljprosjektering av forbelastning og vertikale dren
- Detaljprosjektering av permanente støttemurer
- Detaljprosjektering av fundamentering av bruer på peler
- Utarbeide kontrollplan for anleggsarbeidene
- Stabilitetsberegninger for riggområder.

12. TEGNINGER

Boreplan Skjelvsvikdalen	P2-G03
Boreplan Rød	P2-G04
Boreplan Kjørholt	P2-G05
Profiler borer, felt og lab	P2-G12

VEDLEGG

- | | |
|---------------|--|
| Vedlegg A | Skadekonsekvensklasse og faregradsklasse |
| Vedlegg B5-B6 | Beregninger av områdestabilitet |

Vedlegg A Skadekonsekvens og faregradsklasse Kjørholt

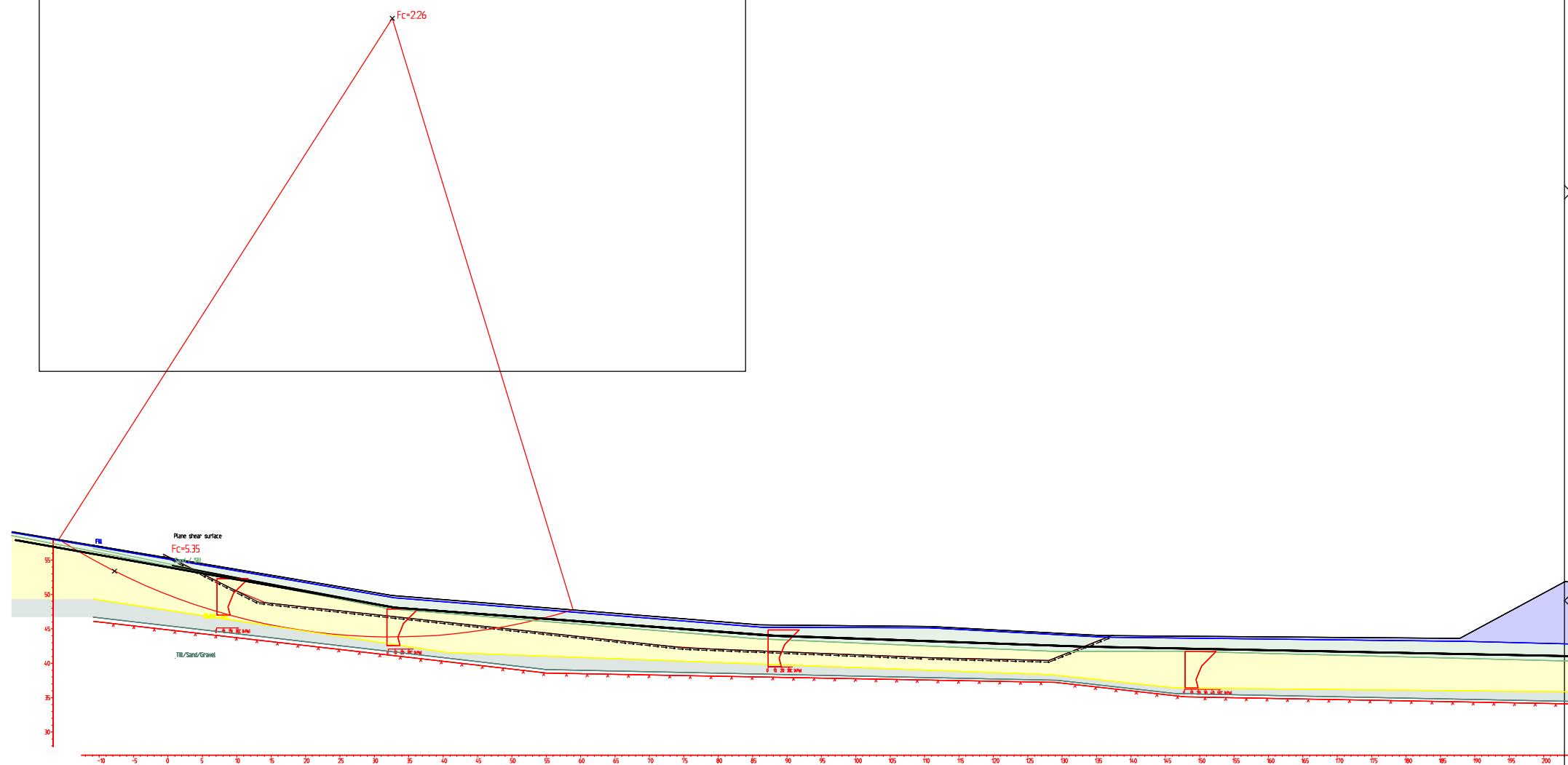
Skadekonsekvensklasse

Faktorer	Vektall	Konsekvens, score				Score	Poe ng	Kommentar
		3	2	1	0			
Boligenheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen	1	4	Spredt
Næringsbygg, personer	3	>50	10 - 50	<10	Ingen	0	0	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	0	0	Begrenset
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100	1	2	Noen lokalvei. E18 på behørig avstand
Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen	0	0	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	0	0	Ingen
Oppdemning/ flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	0	0	Ingen
Sum poeng		45	30	15	0		6	
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %		13 %	
Skadekonsekvensklasse								
Meget alvorlig		Alvorlig		Mindre alvorlig				
23-45 poeng		7-22		0-6				

Faregradsklasse

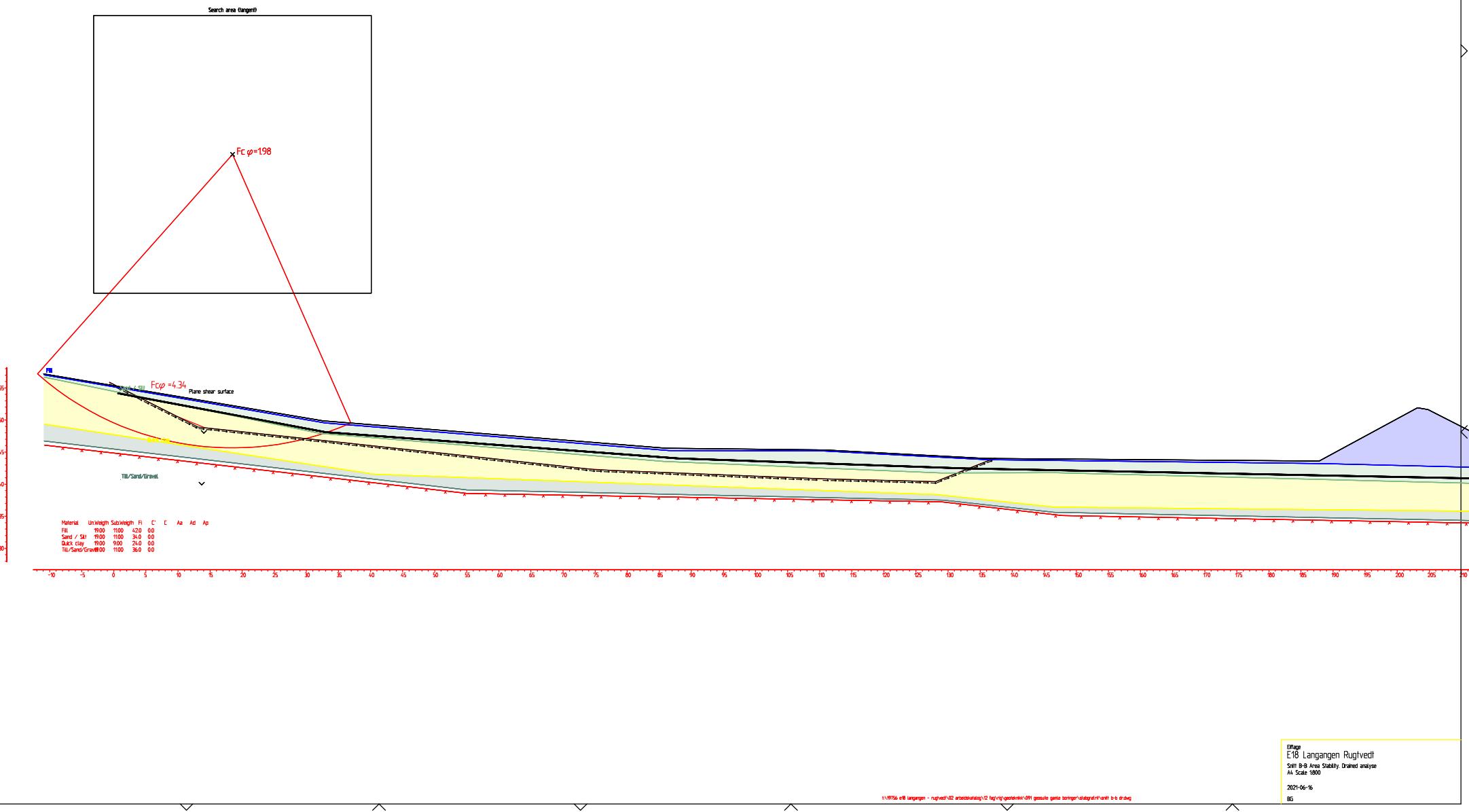
Faktorer	Vekt-tall	Score	Poeng	Kommentar	Faregrad, score			
					3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	0	0	Ikke registrert.	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde	2	0	0	Største skråning <15 m høyde	>30	20-30	15-20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	2	4	Usikker. Antar noen overkonsolidert (~1,2)	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk, overtrykk	3	0	0	Hydrostatisk	> + 30	10-30	0-10	Hydrostatisk
Poretrykk, undertrykk	-3	0	0	Hydrostatisk	>-50	-(20-50)	-(0-20)	Hydrostatisk
Kvikkleiremetighet	2	2	4	Varierende. Velger H/2 – H/4. Mye usikker.	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	1	1	Varierende men mindre enn 30	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	0	0	Ingen bekk	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forverring	3	0	0	Ingen forverring	Stor	Noe	Liten	Ingen
Inngrep, forbedring	-3	1	-3	Tiltaket (ny E18) vil innebære forbedring da det vil fungere som en motfylling. En viss effekt på forbedring av stabiliteten.	Stor	Noe	Liten	Ingen
Poeng			6					
Faregradsklasse				Lav	Faregradsklasse			
					Lav	Middels	Høy	
					0-17	18-25	26-51	

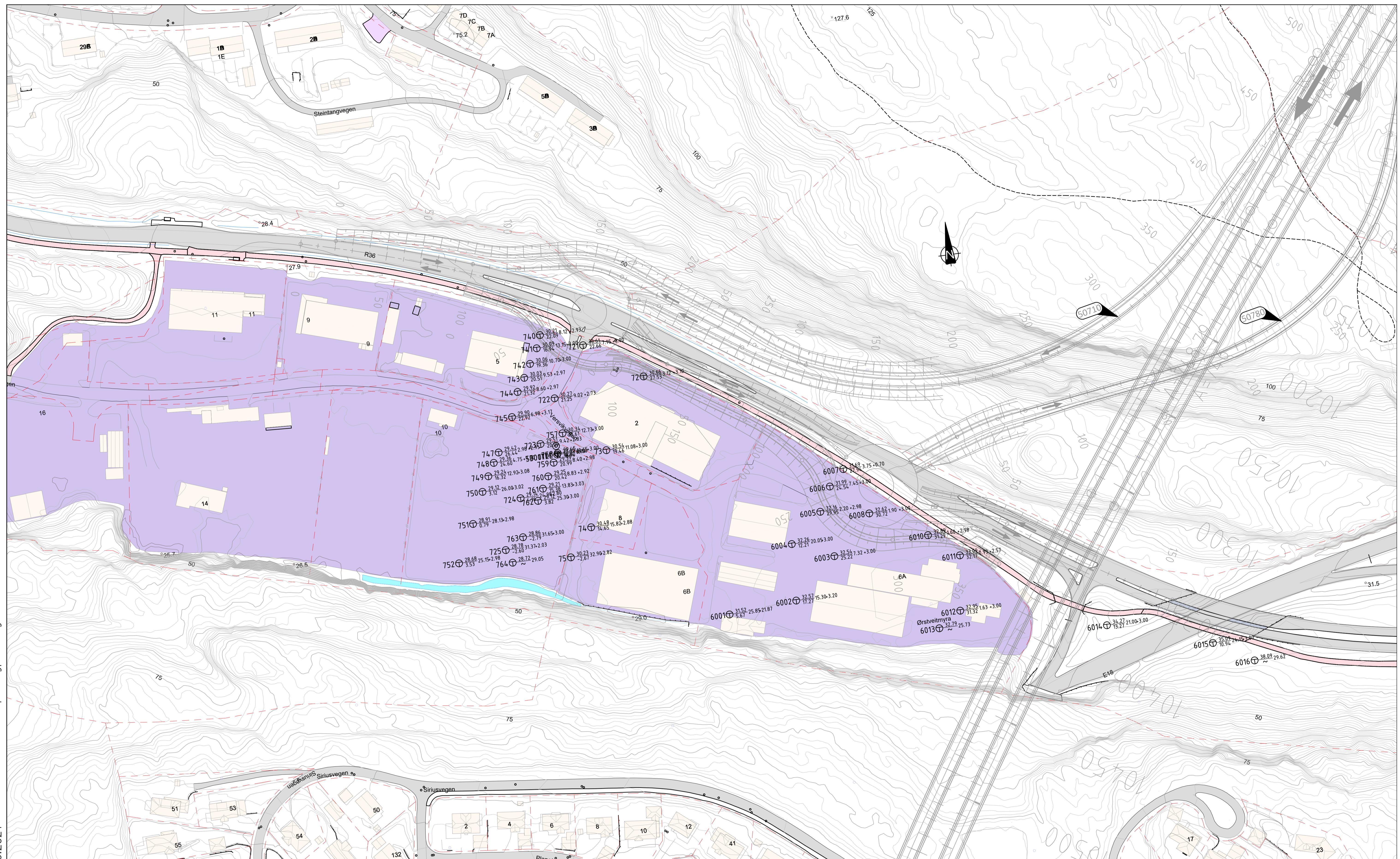
Vedlegg B5 Beregninger områdestabilitet



Material	Uniaxial Compressive Strength	E _u	C _c	C _a	A _c	A _a	A _p
Clay	500	100	42.0	0.0			
Sand / Gravel	900	100	34.0	0.0			
Quick clay	1000	900	34.0	0.0	C _{prod} 149	100	0.58
Till/Sand/Gravel	1100	36.0	0.0				

Vedlegg B6 Beregninger områdestabilitet



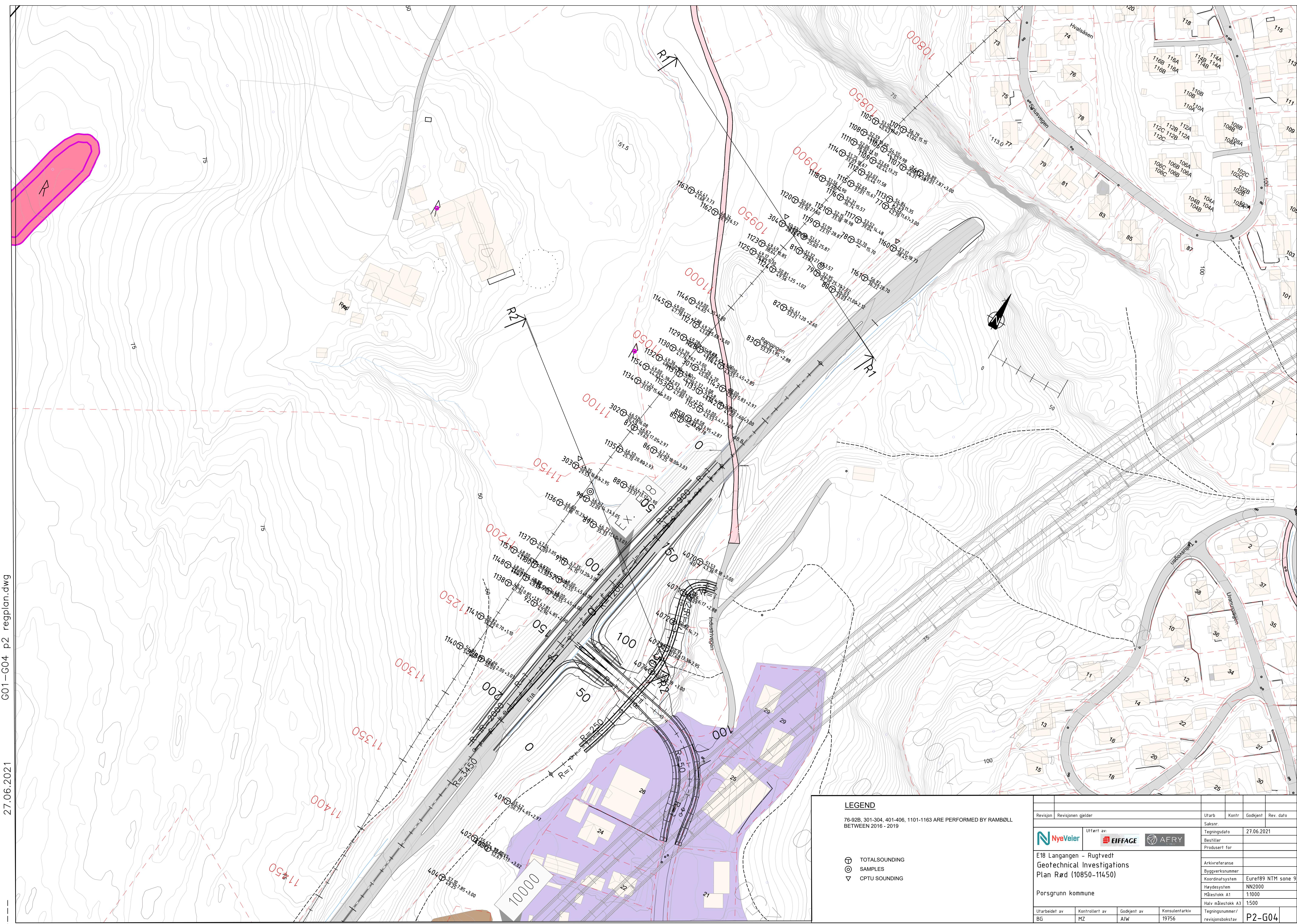
**LEGEND**

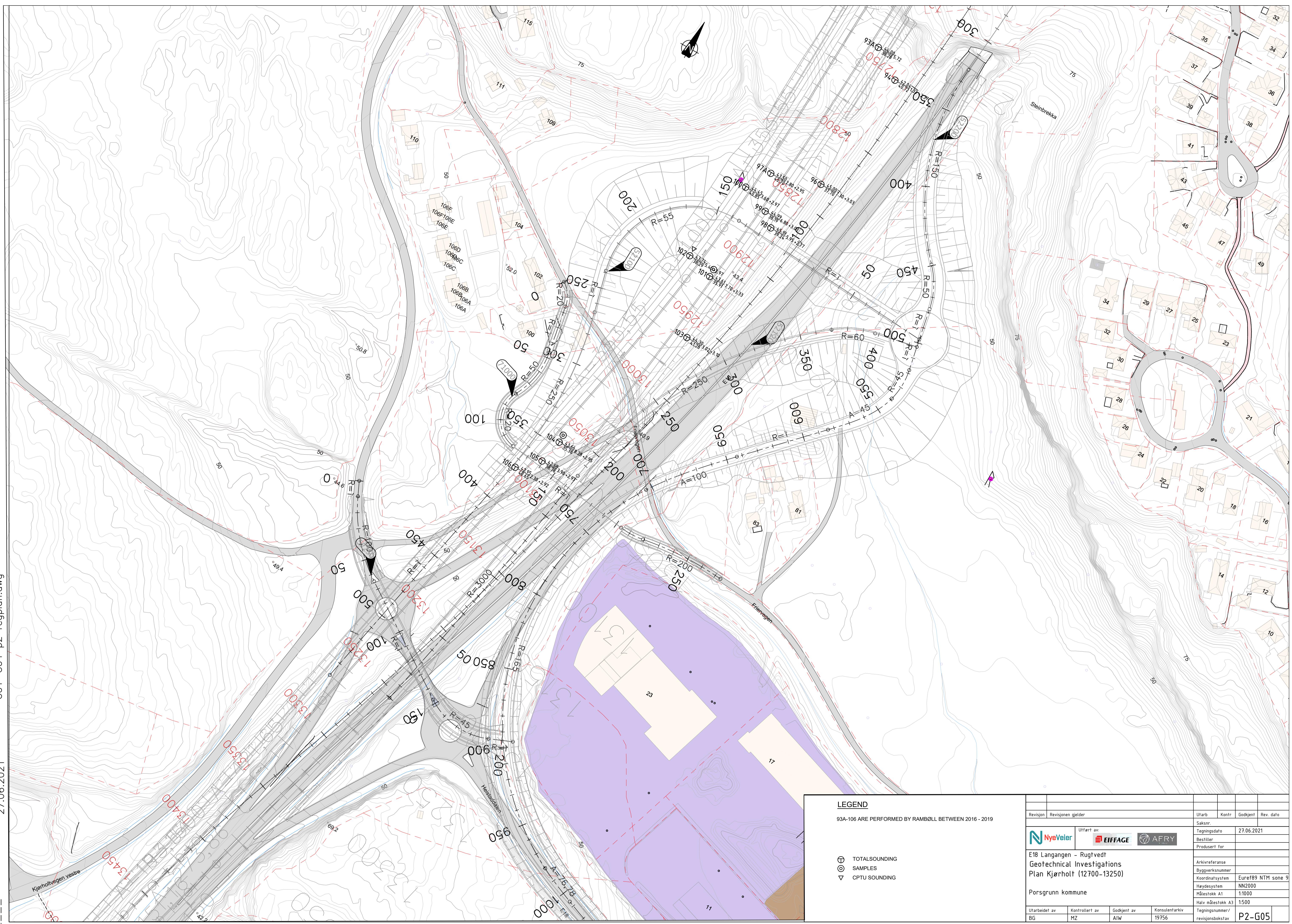
72-75, 740-764 AND 6001-6016 ARE PERFORMED BY RAMBØLL
BETWEEN 2016 - 2019

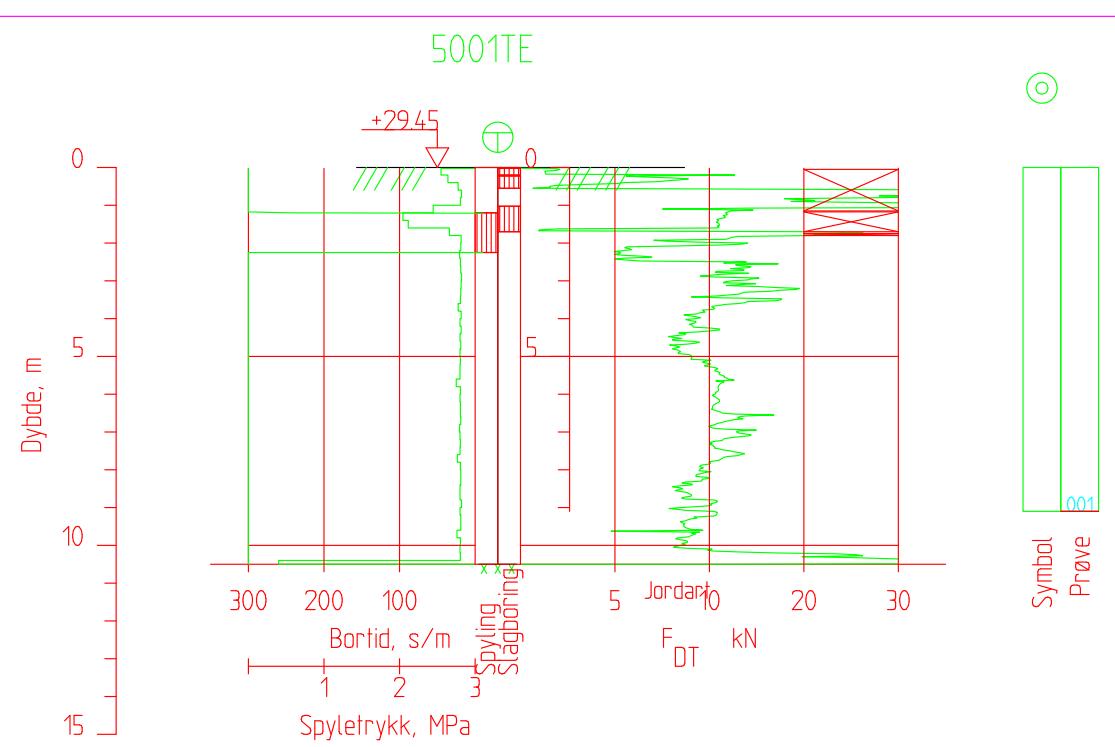
5001TE IS PERFORMED BY MULTICONSULT IN 2020

- ⊕ TOTALSOUNDING
- ◎ SAMPLES
- ▽ CPTU SOUNDING

Revisjon	Revisjonen gelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
		Saksnr.			
		Tegningsdato	27.06.2021		
N NyeVelier	Uført av:	EIFFAGE	AFRY		
	Bestiller				
	Produsert for				
	Arkivreferanse				
	Byggverknummer				
	Koordinatsystem	Euref89 NTM sone 9			
	Høydesystem	NN2000			
	Målestokk A1	1:1000			
	Halv målestokk A3	1:500			
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv		
BG	MZ	AIW	19756		
				Tegningsnummer/ revisjonsbokstav	P2-G03







Posisjon: X 1122686.87 Y 109742.64

Totalsondering Borprofil

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 5001TE

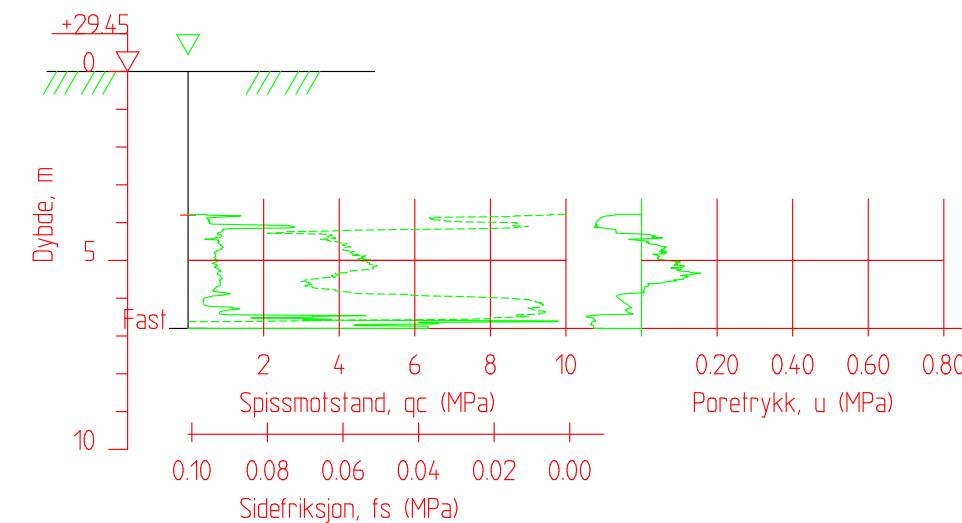
Dato boret :30.06.2020

M = 1 : 200

BG

19756

5001TEC



Posisjon: X 1122686.87 Y 109742.64

CPT-sondering

Borhull 5001TEC

Dato boret :02.07.2020

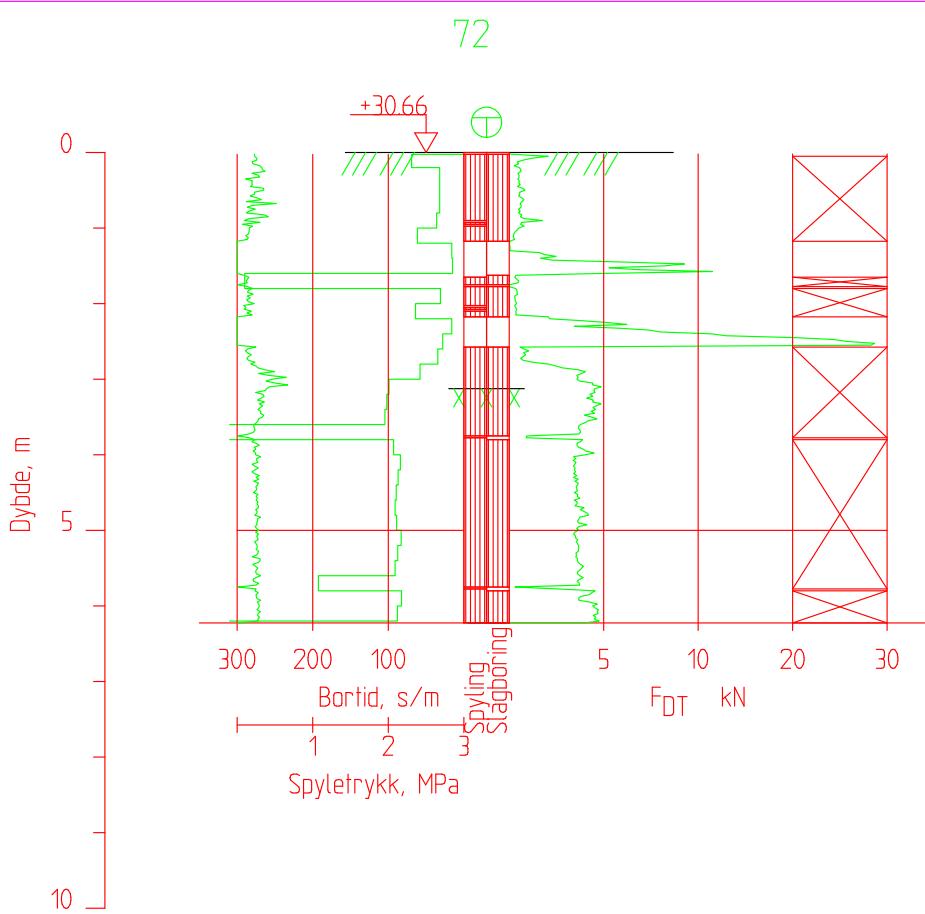
EIFFAGE

M = 1 : 200

E18 Langangen Rugtvedt

BG

19756



Posisjon: X 1122724.57 Y 109798.17

Totalsondering

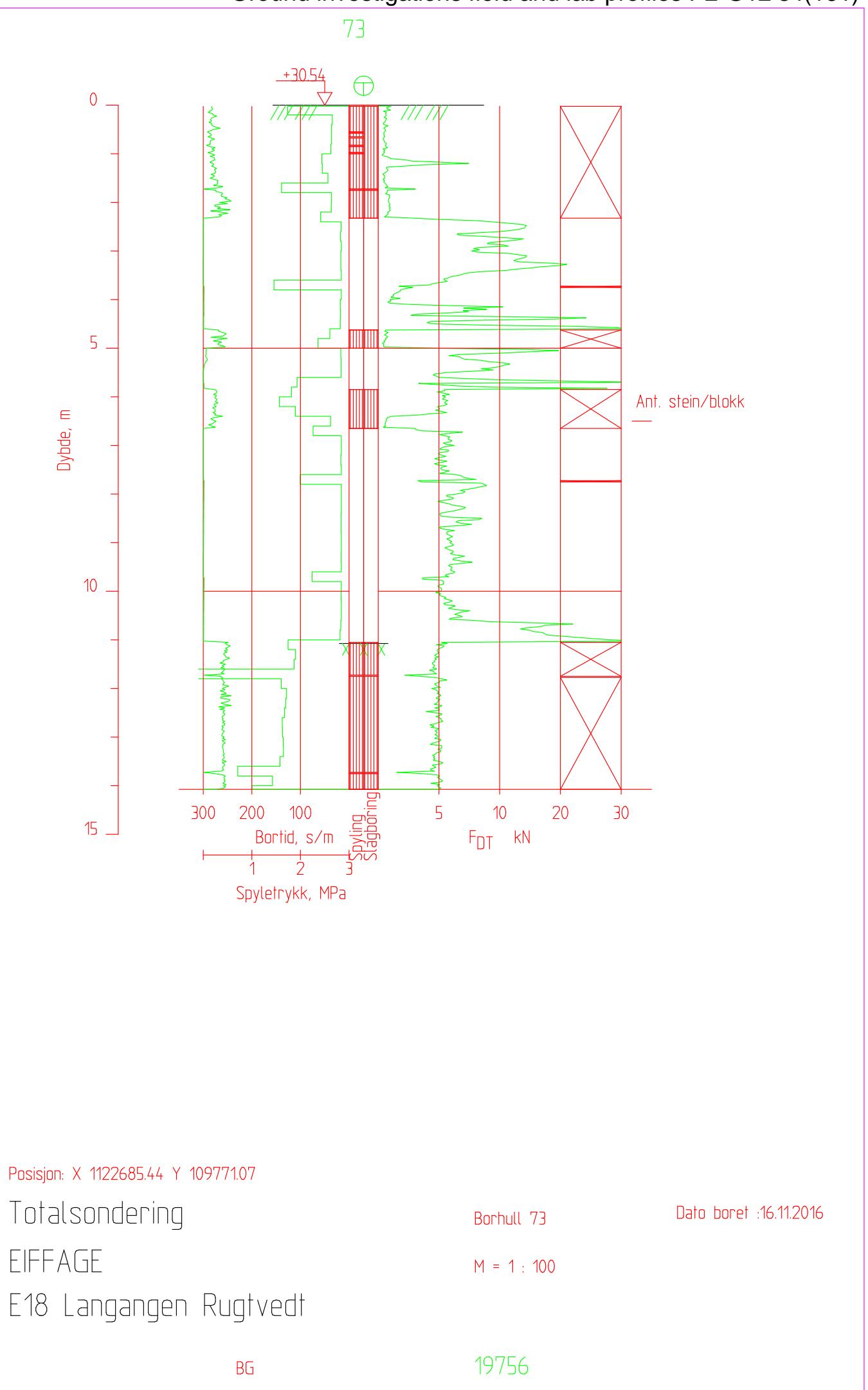
EIFFAGE

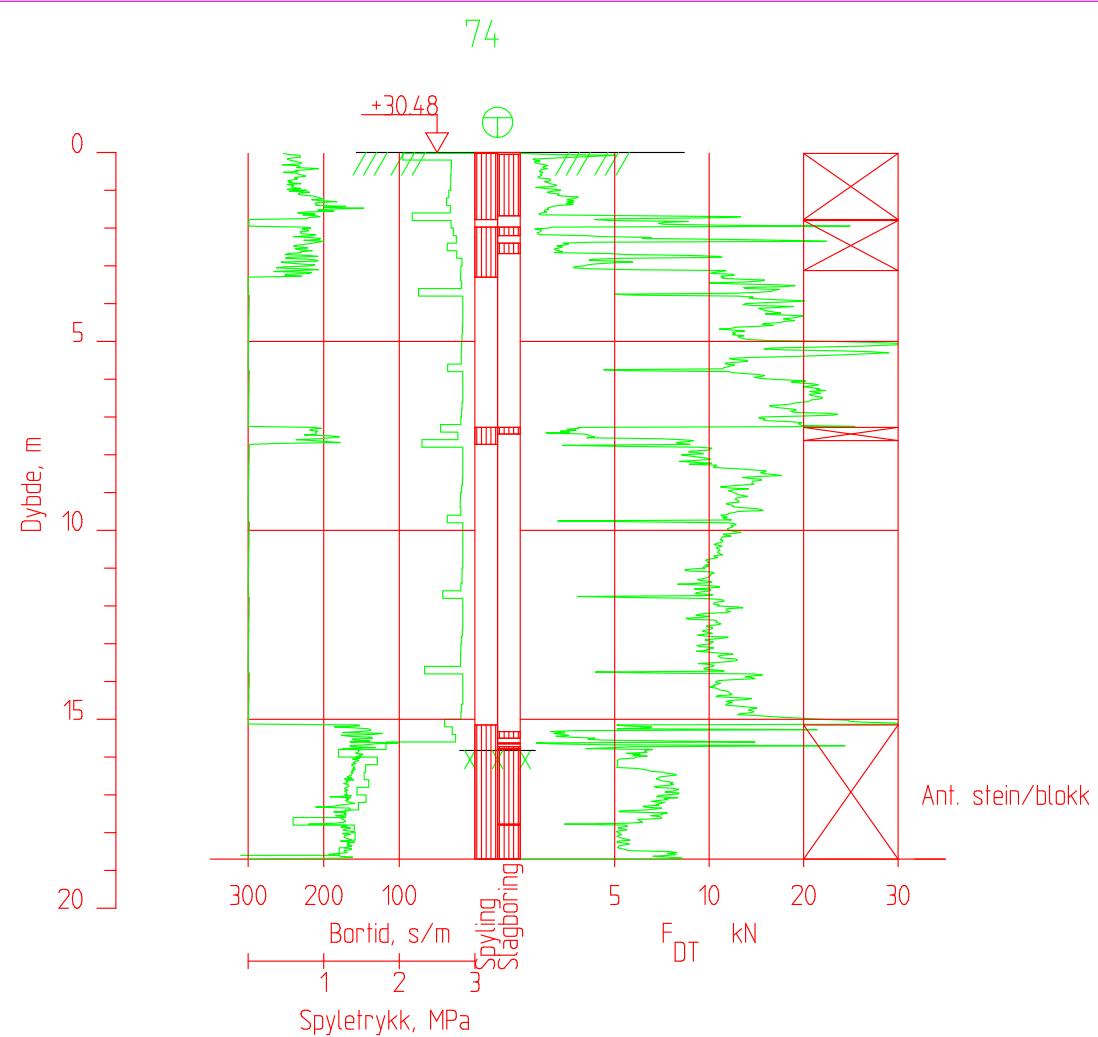
E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 72

Dato boret :16.11.2016

M = 1 : 100





Posisjon: X 112264.265 Y 109756.24

Totalsondering

Borhull 74

Dato boret :16.11.2016

EIFFAGE

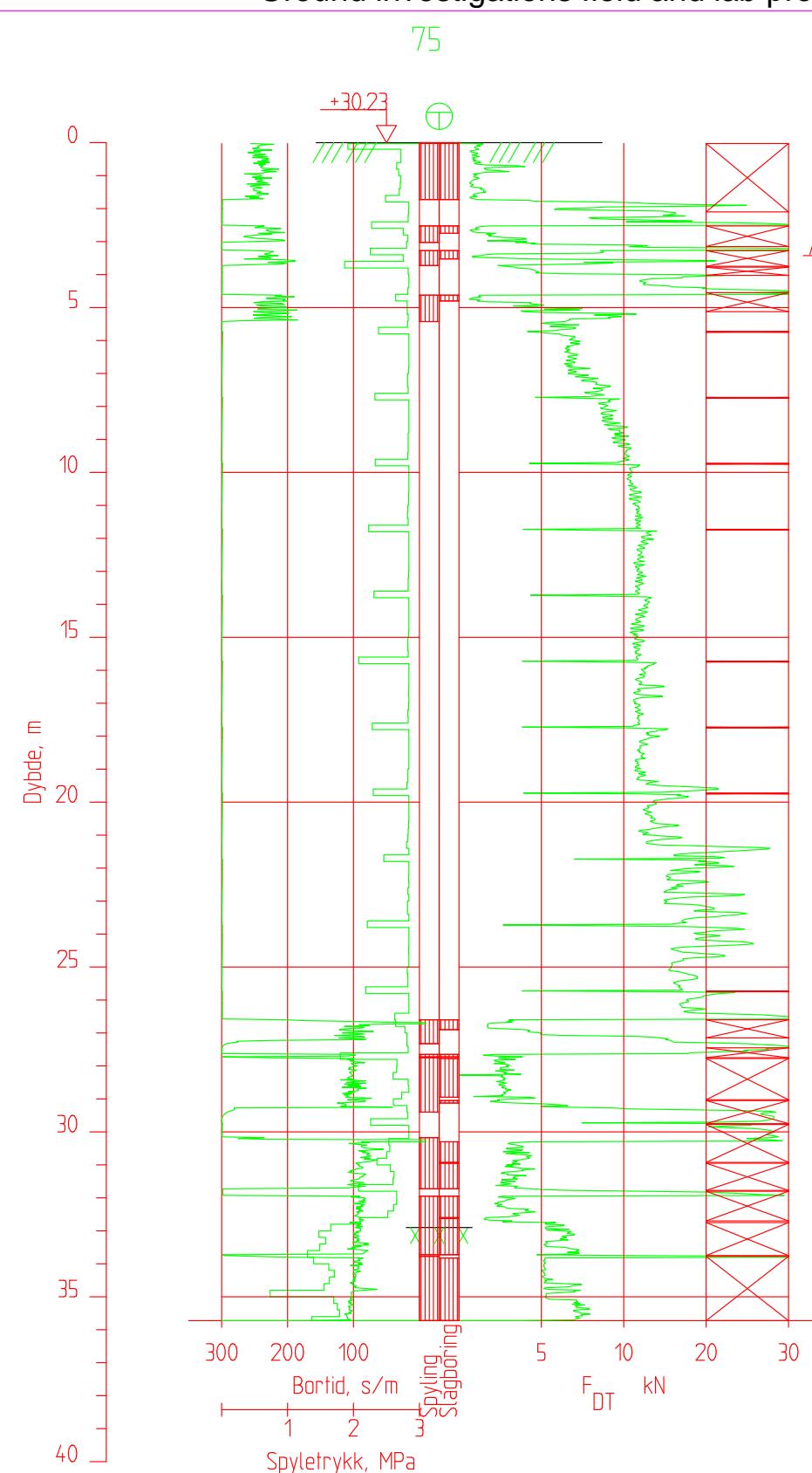
M = 1 : 200

E18 Langangen Rugtvedt

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s6(161)



Posisjon: X 1122627.10 Y 109742.25

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 75

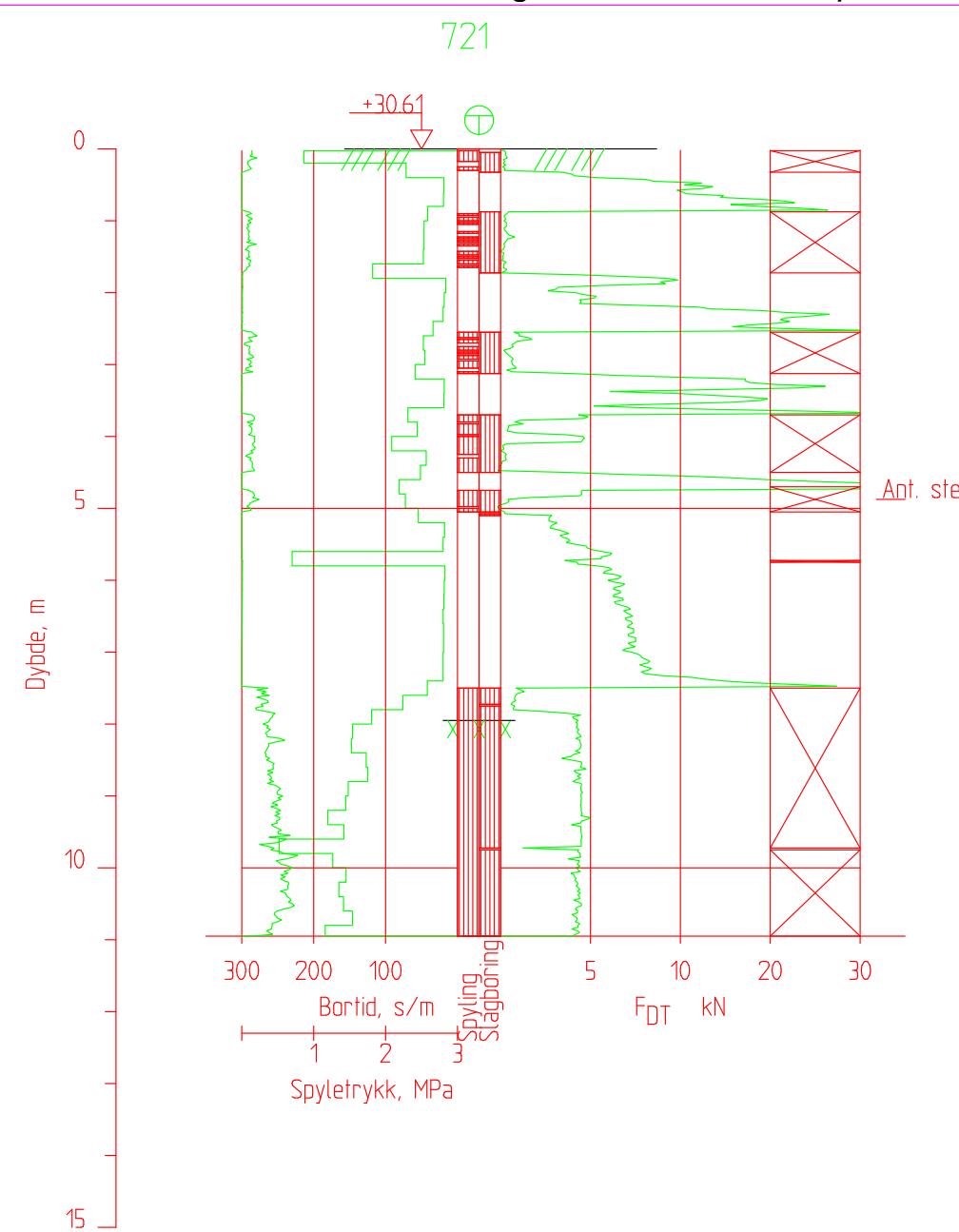
Dato boret :16.11.2016

M = 1 : 200

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s7(161)



Posisjon: X 1122747.19 Y 109766.10

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

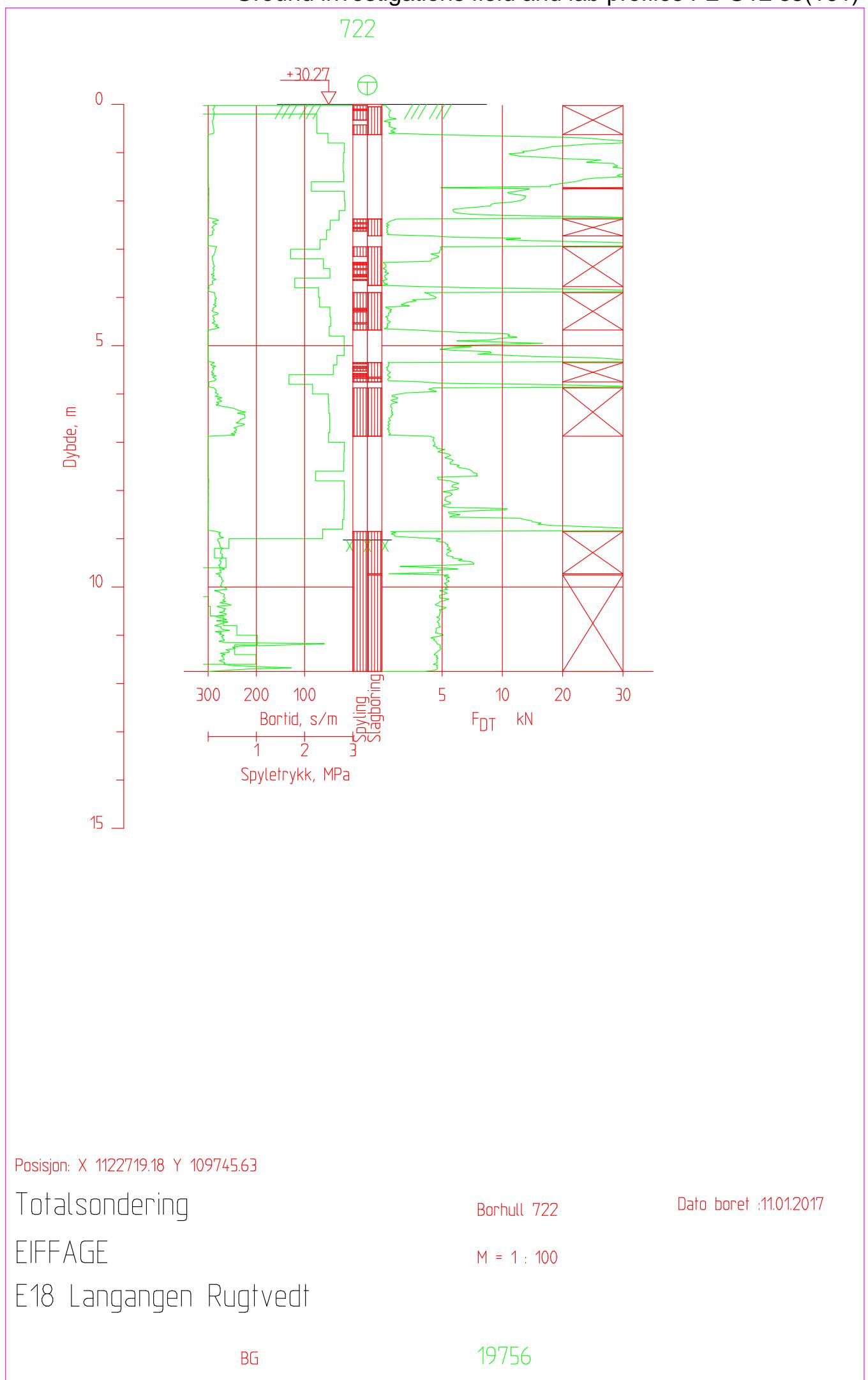
Borhull 721

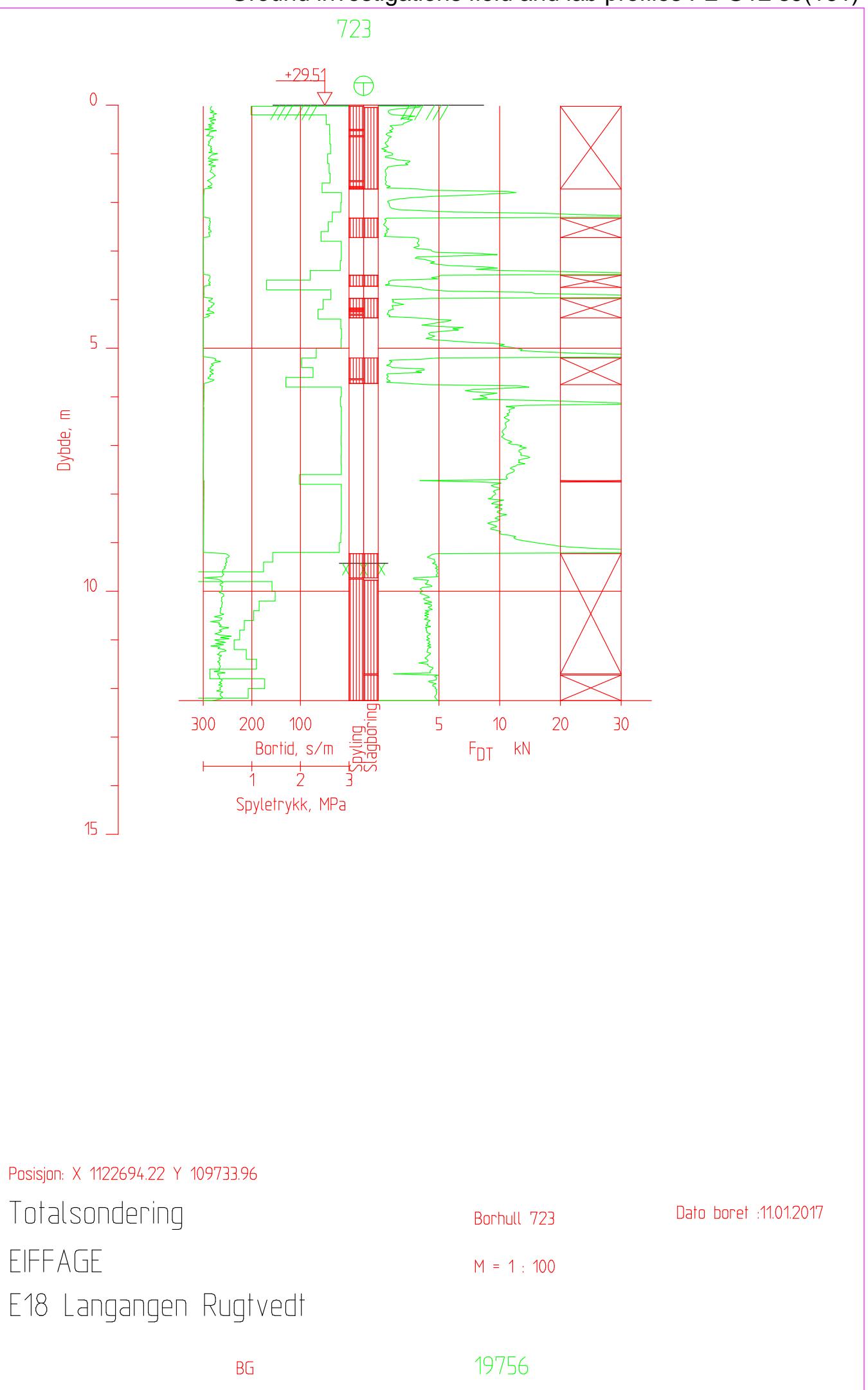
Dato boret :11.01.2017

M = 1 : 100

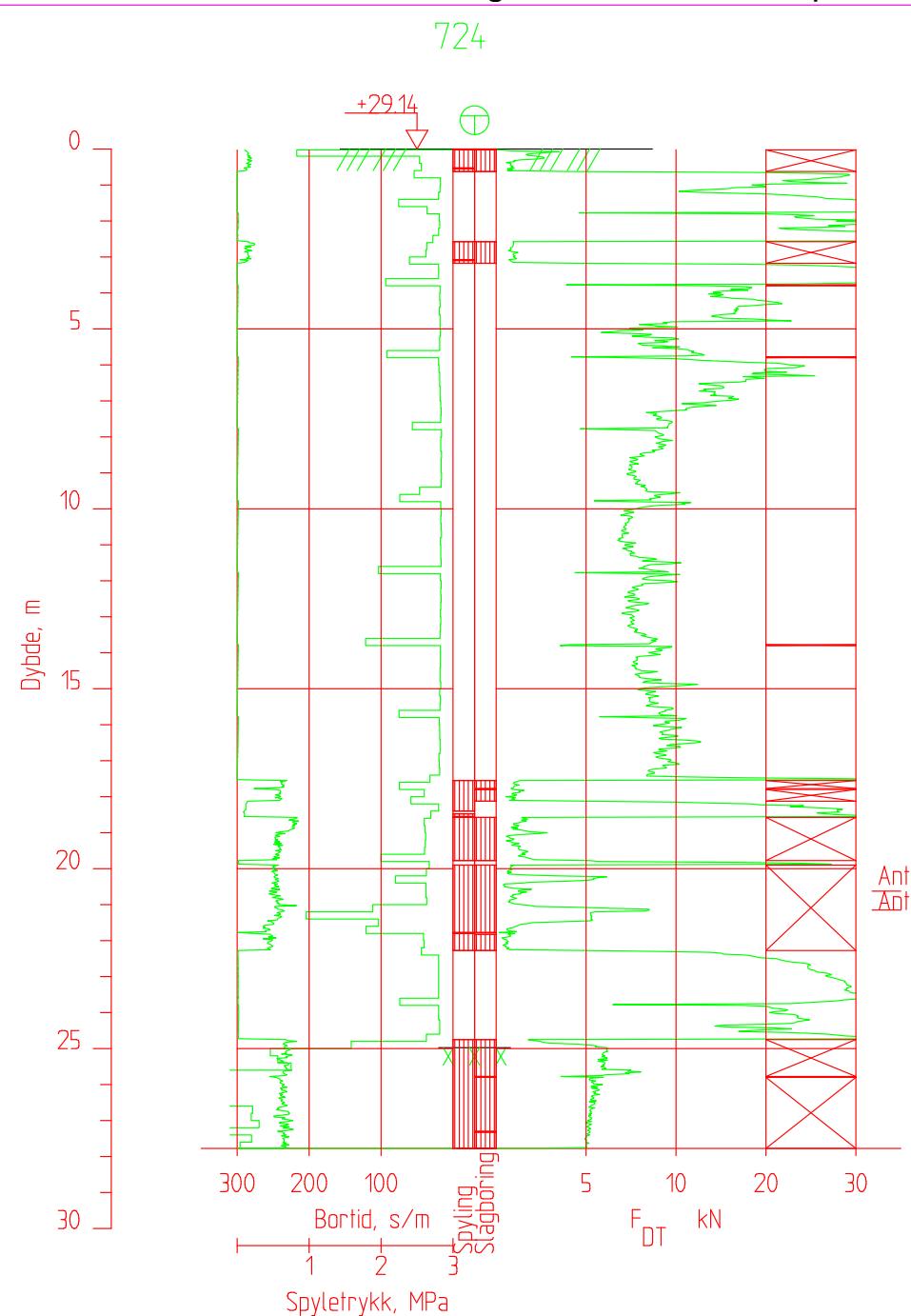
BG

19756





Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s10(161)



Posisjon: X 1122664.86 Y 109718.22

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 724

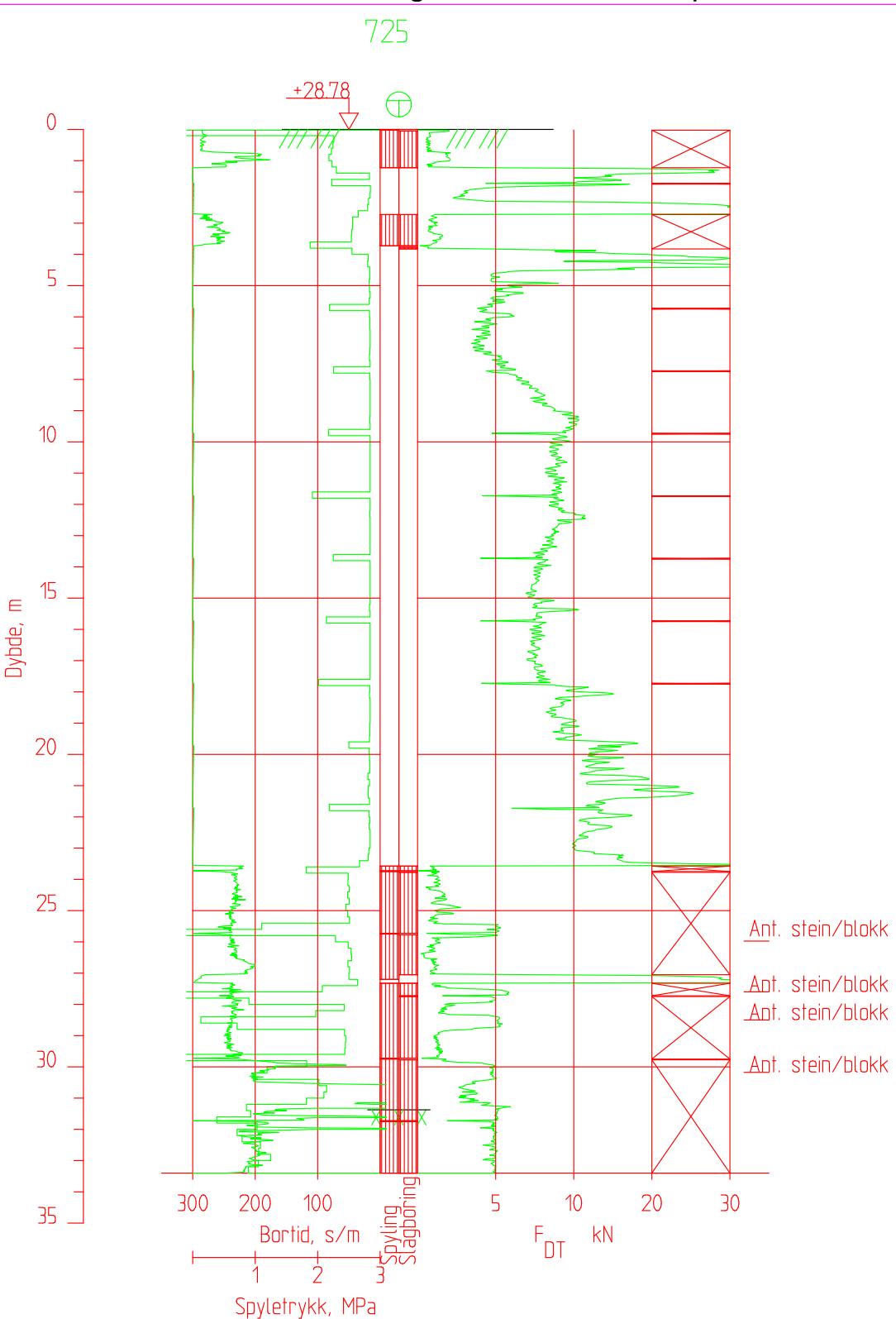
Dato boret :10.01.2017

M = 1 : 200

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s11(161)



Posisjon: X 1122636.46 Y 109705.64

Totalsondering

EIFFAGE

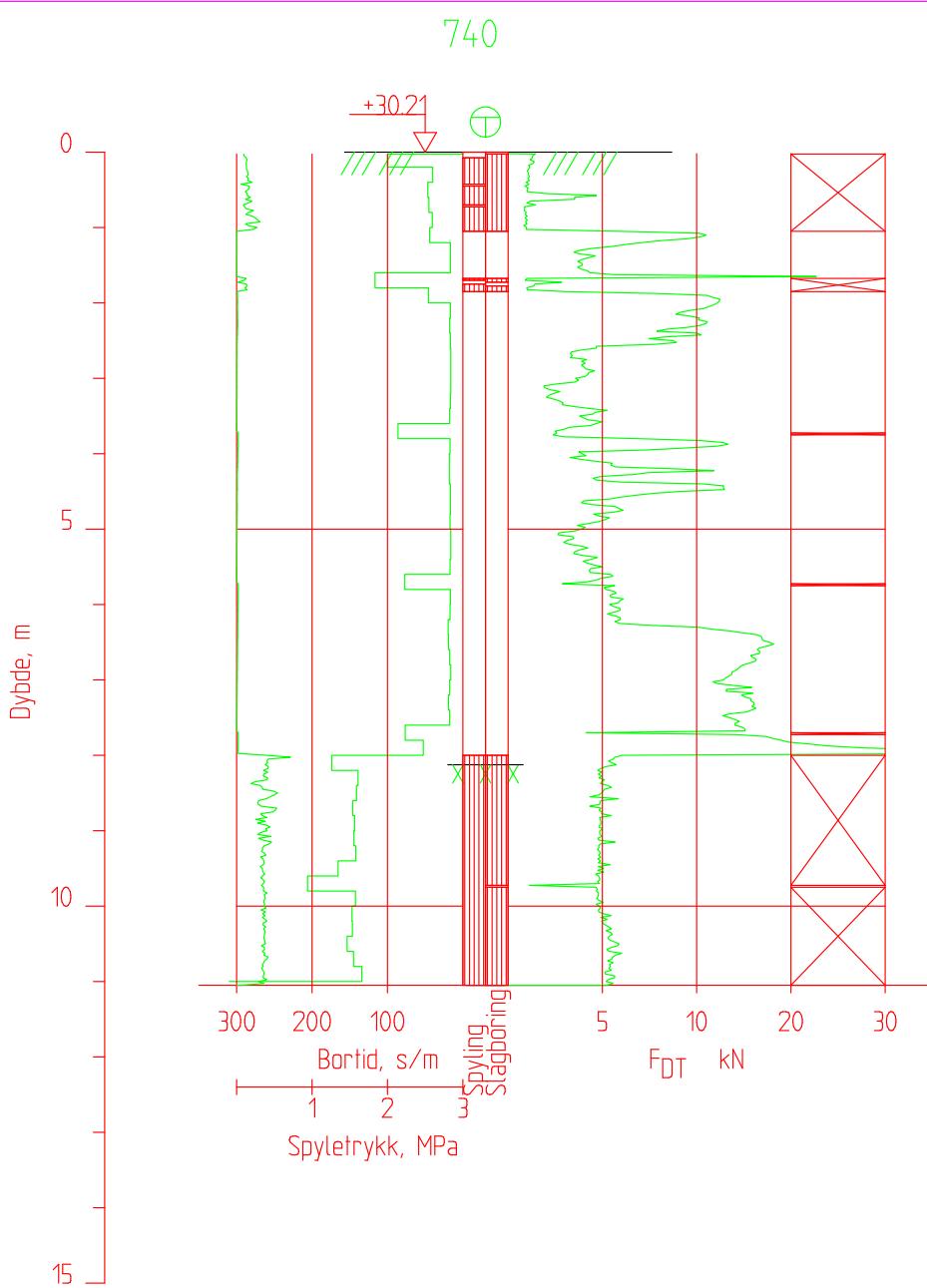
E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 725

Dato boret :10.01.2017

M = 1 : 200

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s12(161)



Posisjon: X 1122756.44 Y 109742.31

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 740

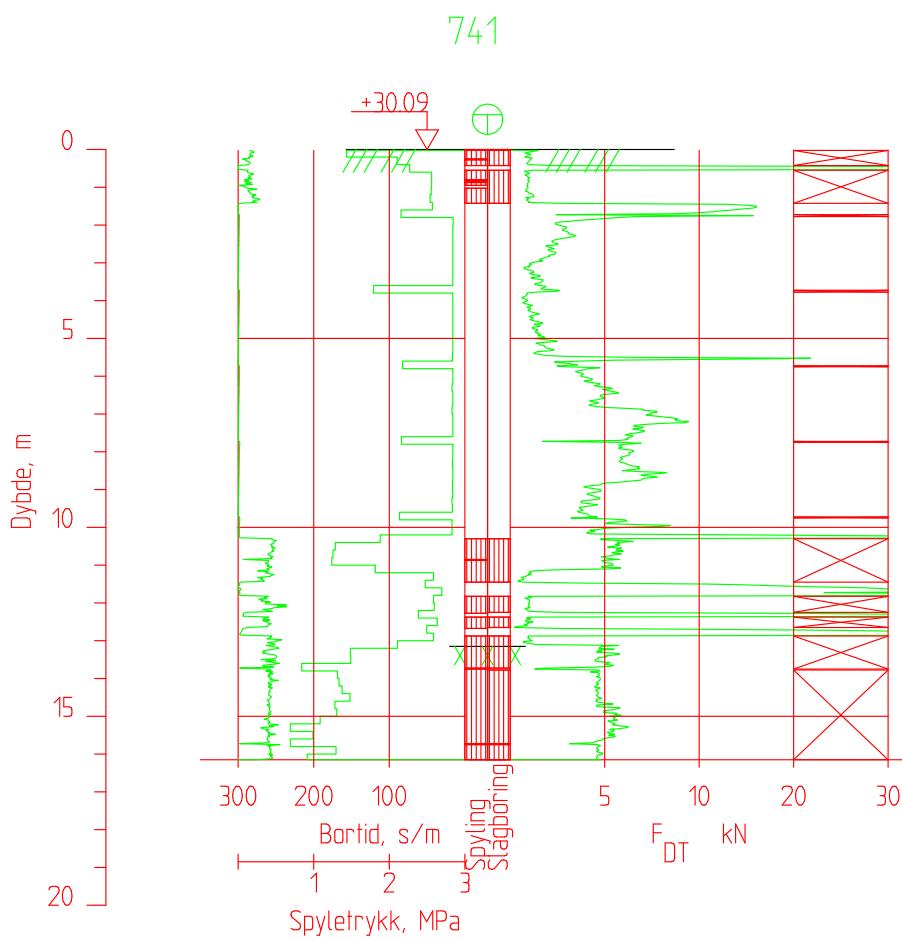
Dato boret :28.03.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s13(161)



Posisjon: X 1122749.16 Y 109739.41

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 741

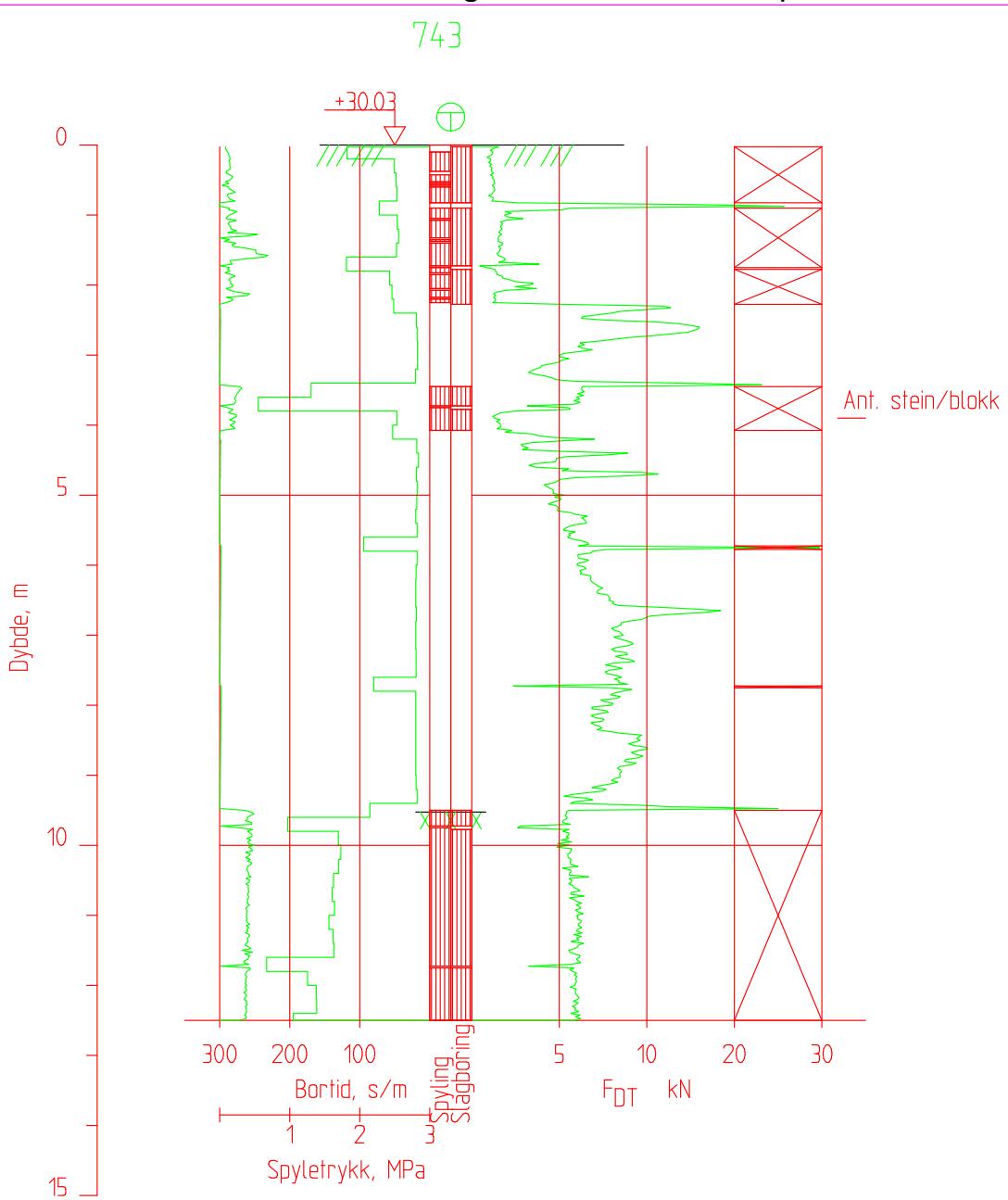
Dato boret :28.03.2017

M = 1 : 200

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s14(161)



Posisjon: X 1122733.29 Y 109729.93

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 743

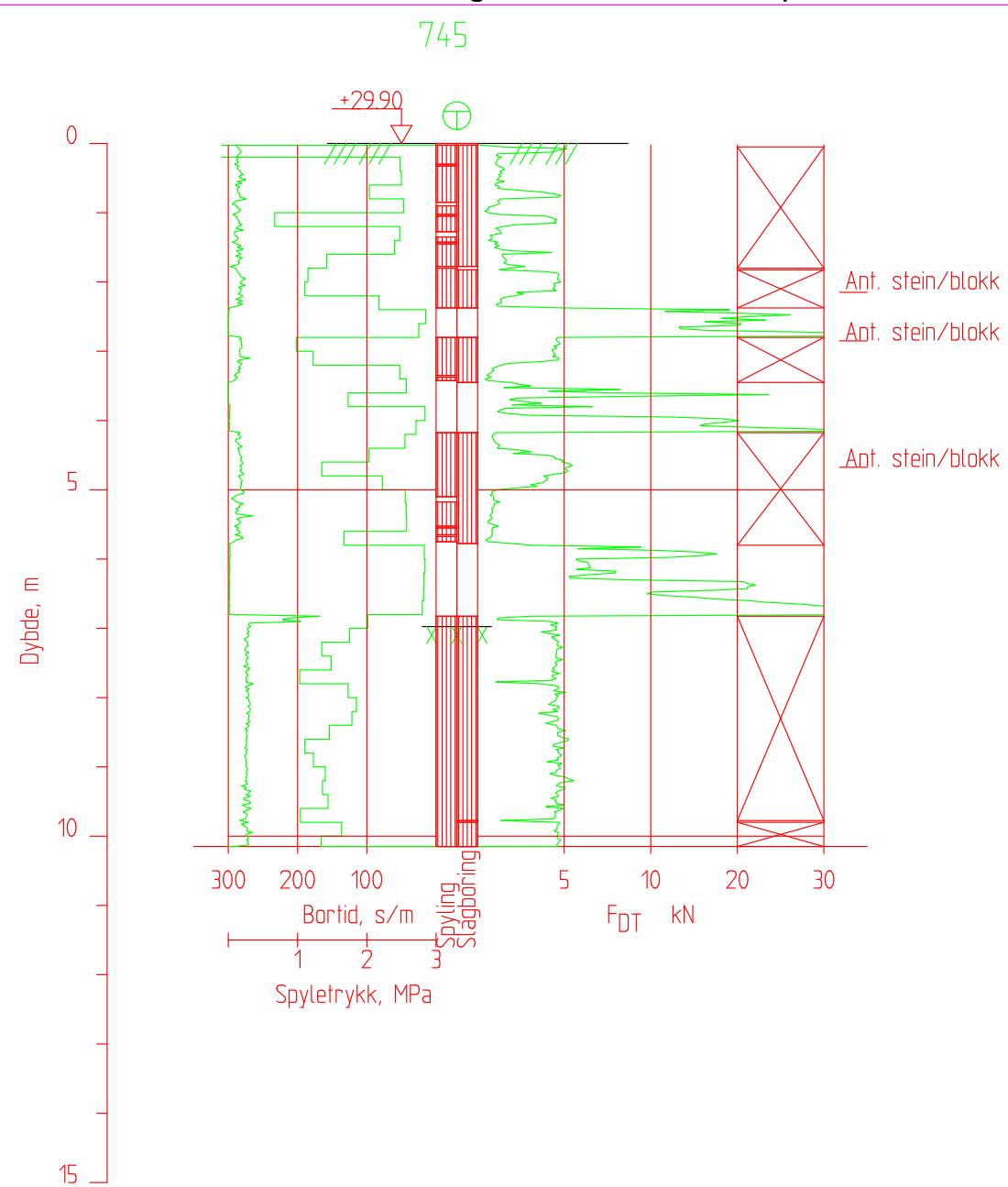
Dato boret :28.03.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s15(161)



Posisjon: X 1122711.86 Y 109719.82

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 745

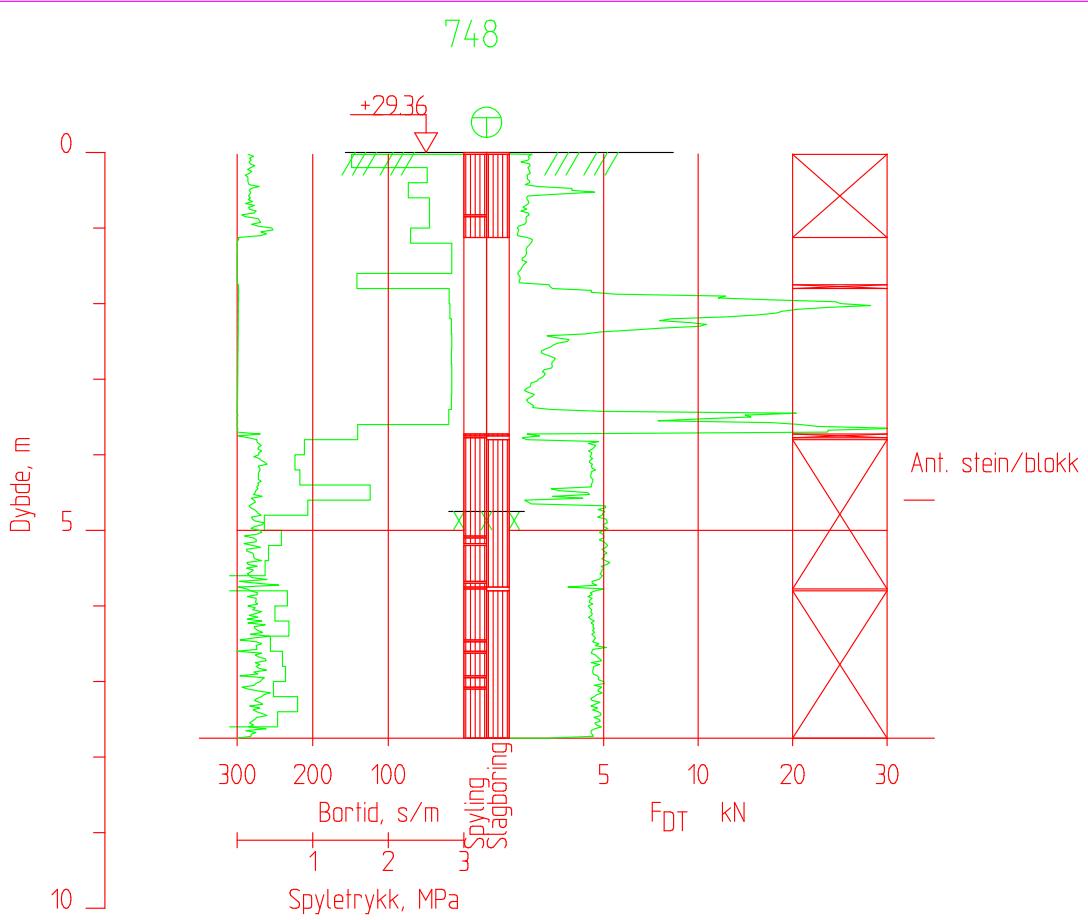
Dato boret :28.03.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s16(161)



Posisjon: X 1122687.18 Y 109705.74

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 748

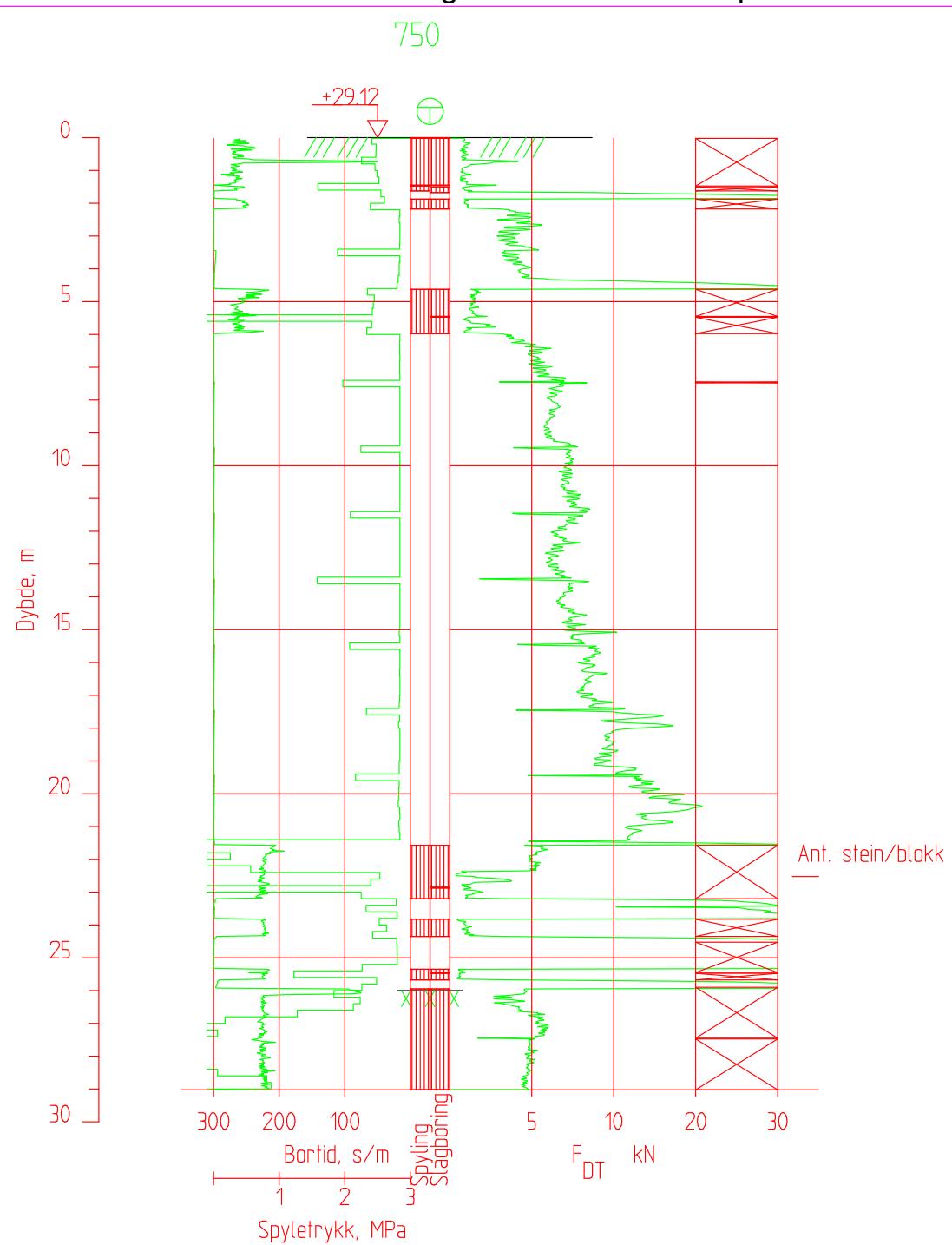
Dato boret :28.03.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s17(161)



Posisjon: X 1122671.54 Y 109697.00

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 750

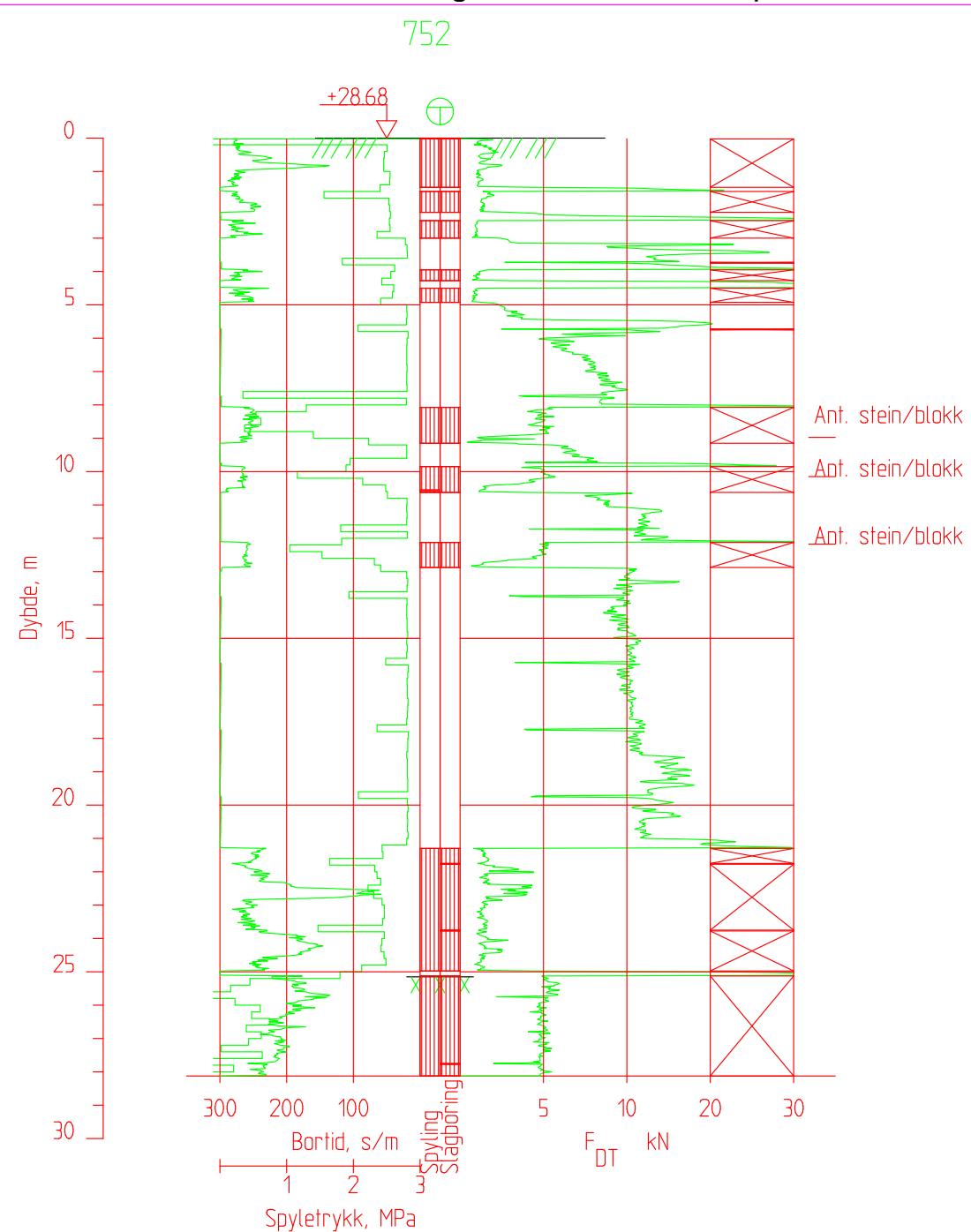
Dato boret :21.03.2017

M = 1 : 200

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s18(161)



Posisjon: X 1122632.62 Y 109677.92

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

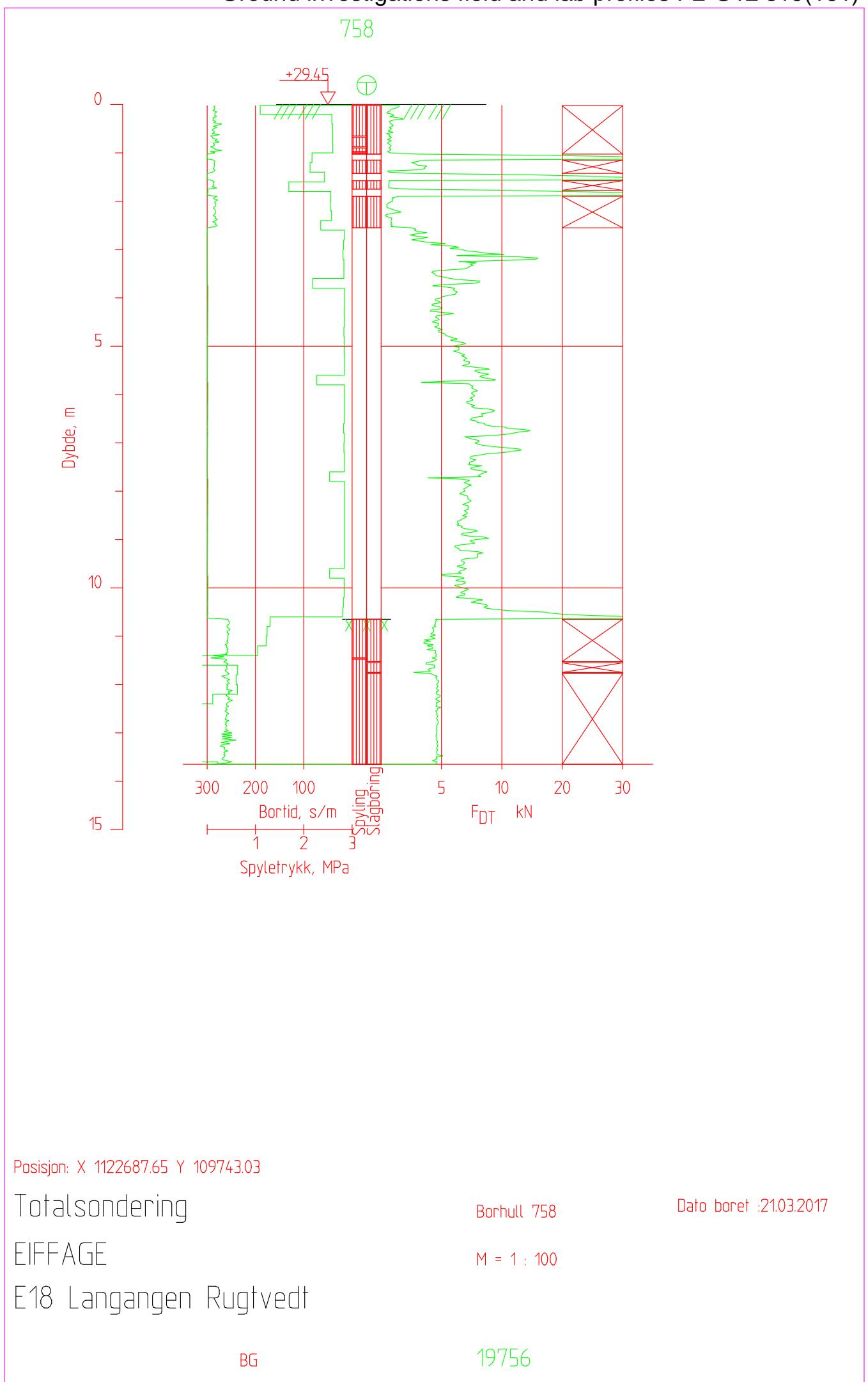
Borhull 752

Dato boret :28.03.2017

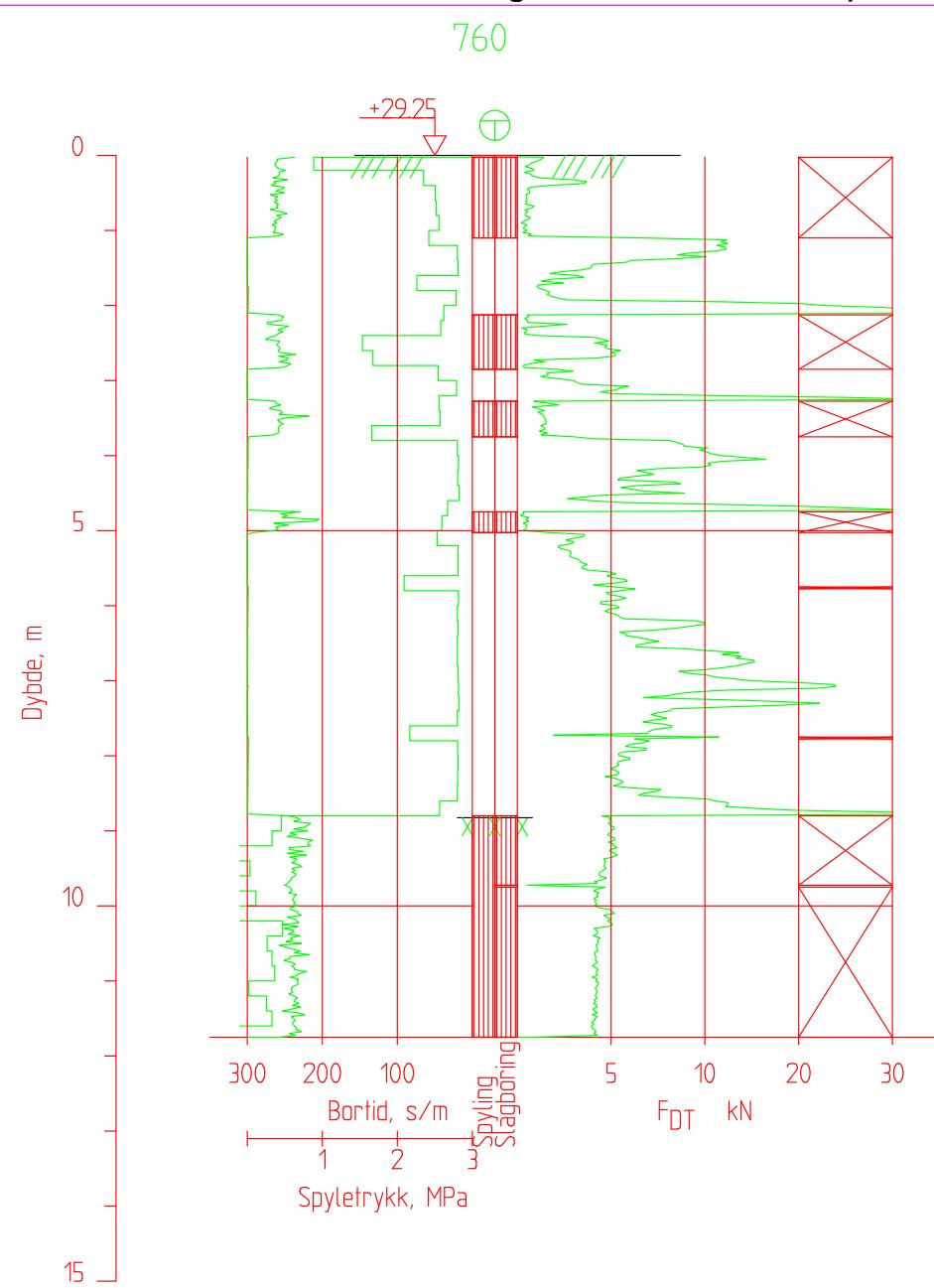
M = 1 : 200

BG

19756



Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s20(161)



Posisjon: X 1122675.11 Y 109735.77

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 760

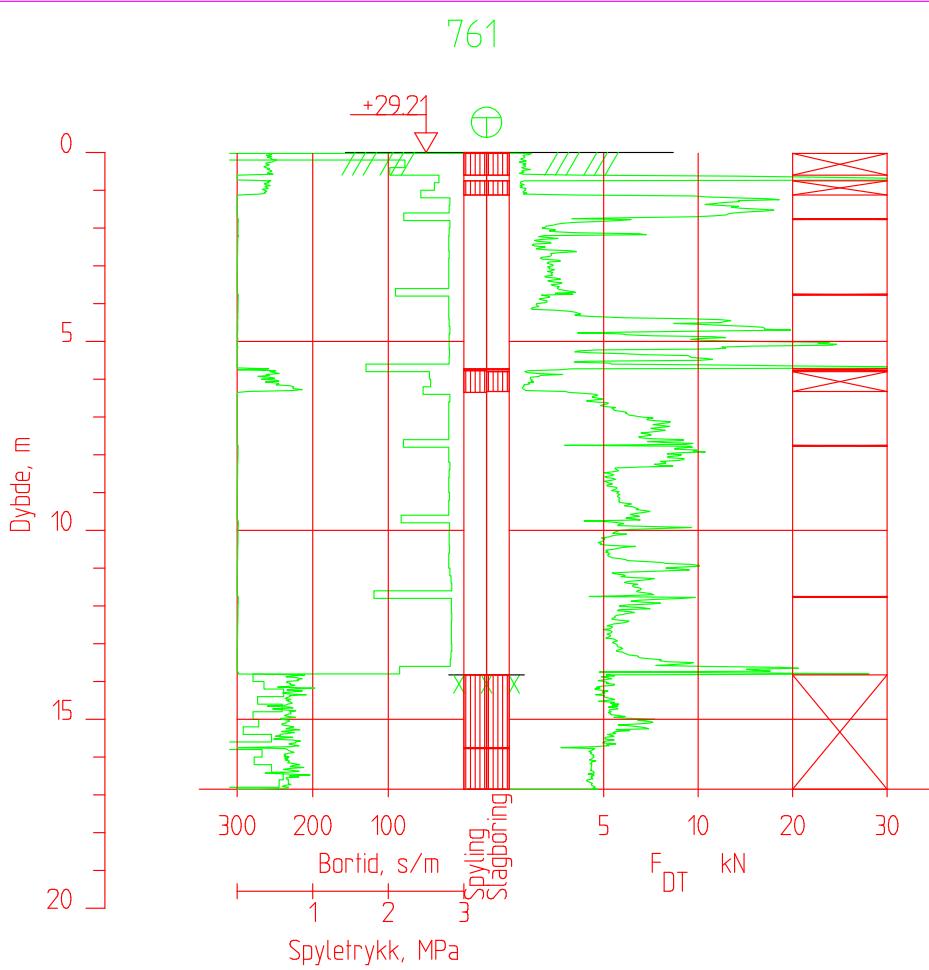
Dato boret :21.03.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s21(161)



Posisjon: X 1122668.54 Y 109731.77

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 761

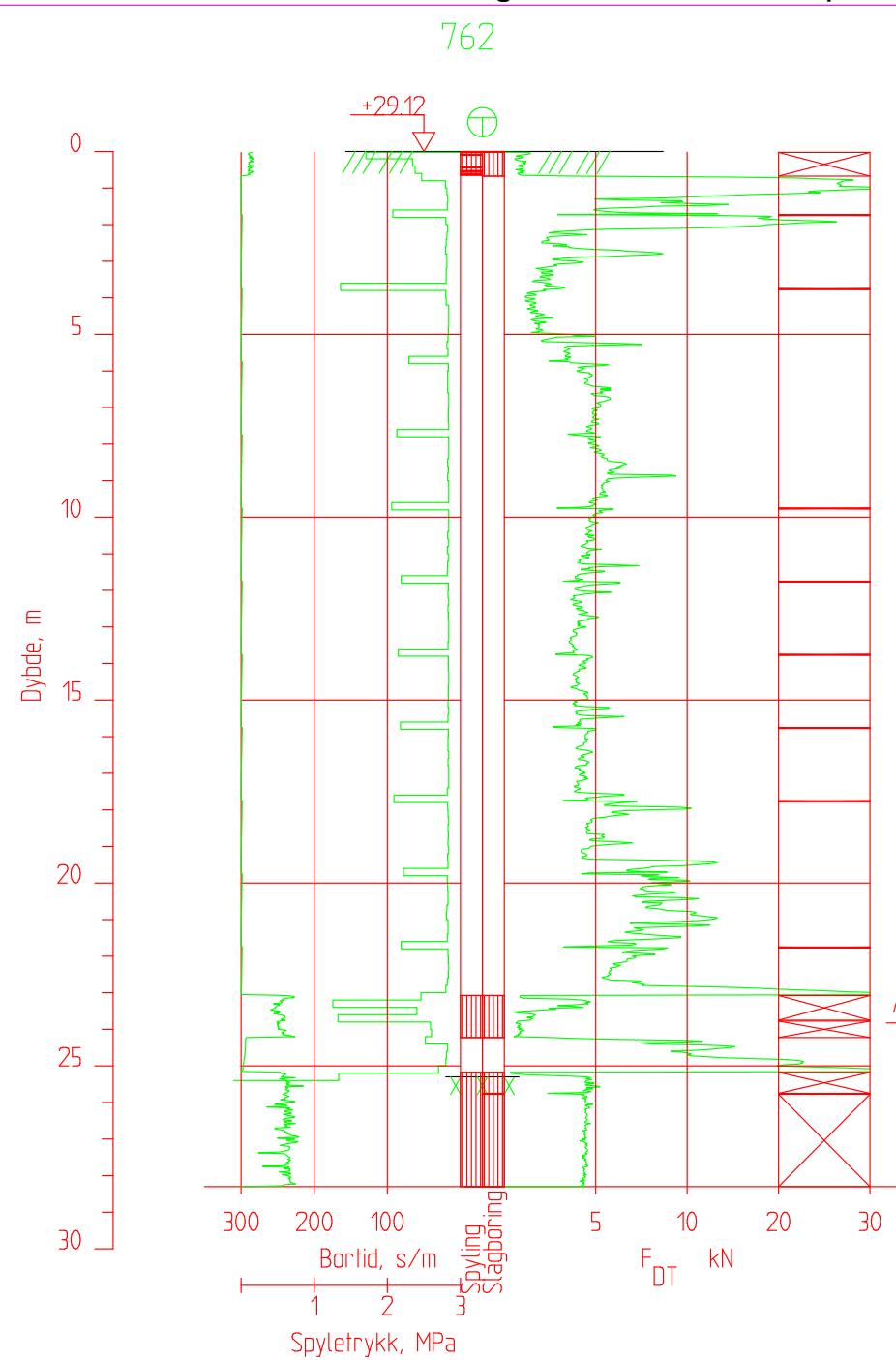
Dato boret :21.03.2017

M = 1 : 200

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s22(161)



Posisjon: X 1122661.96 Y 109727.98

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 762

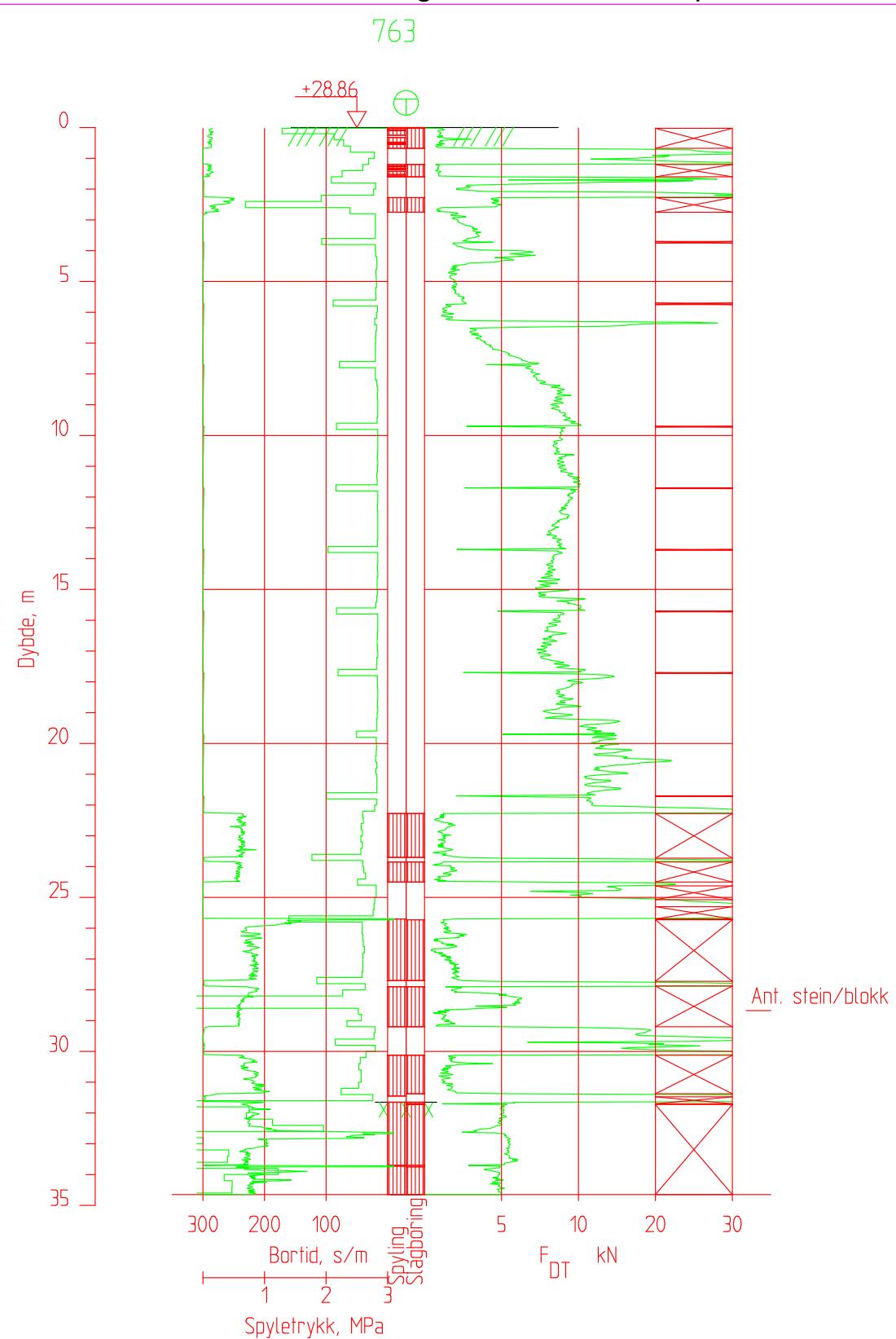
Dato boret :20.03.2017

M = 1 : 200

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s23(161)



Posisjon: X 1122642.40 Y 109716.52

Totalsondering

EIFFAGE

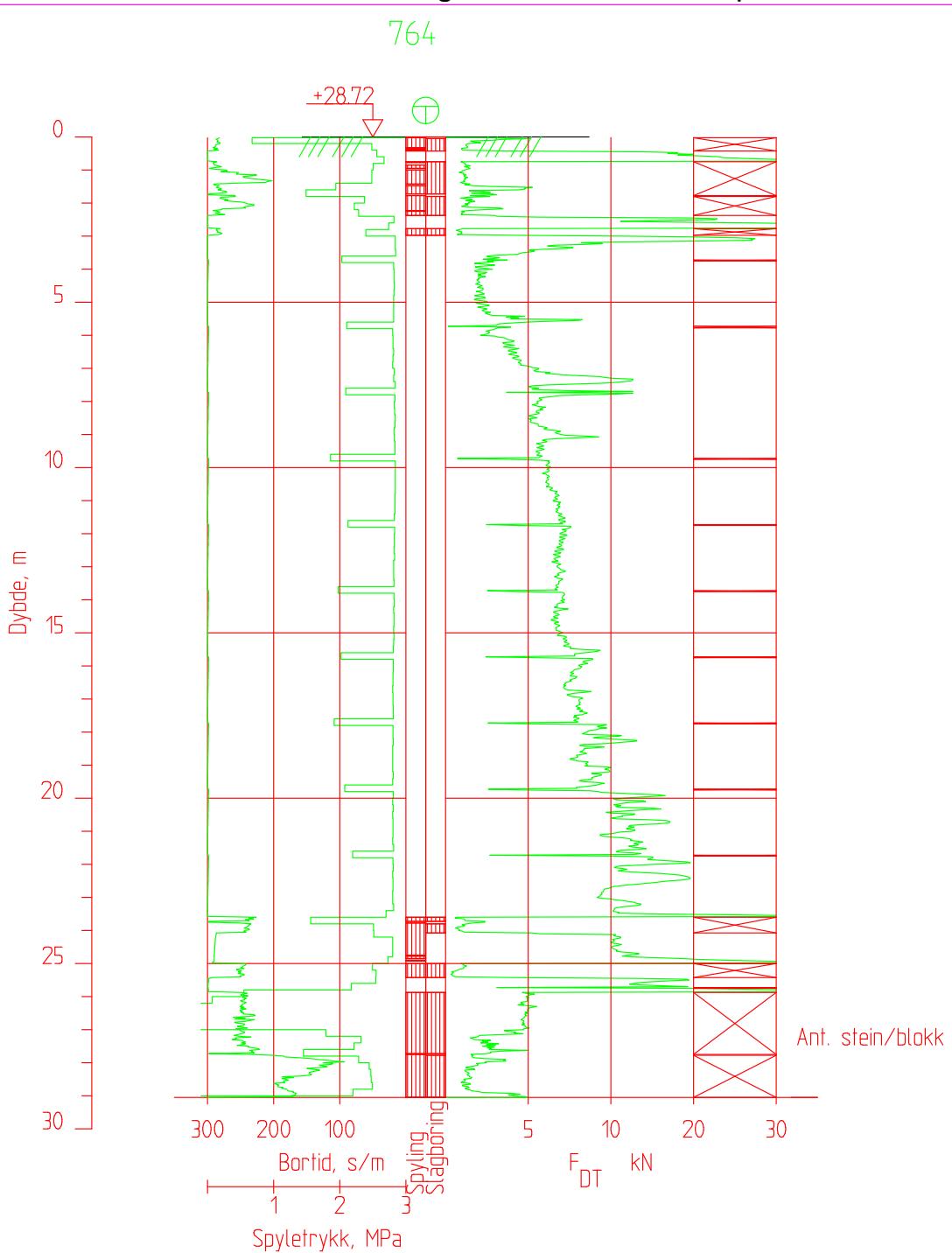
E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 763

Dato boret :20.03.2017

M = 1 : 200

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s24(161)



Posisjon: X 1122628.73 Y 109708.58

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 764

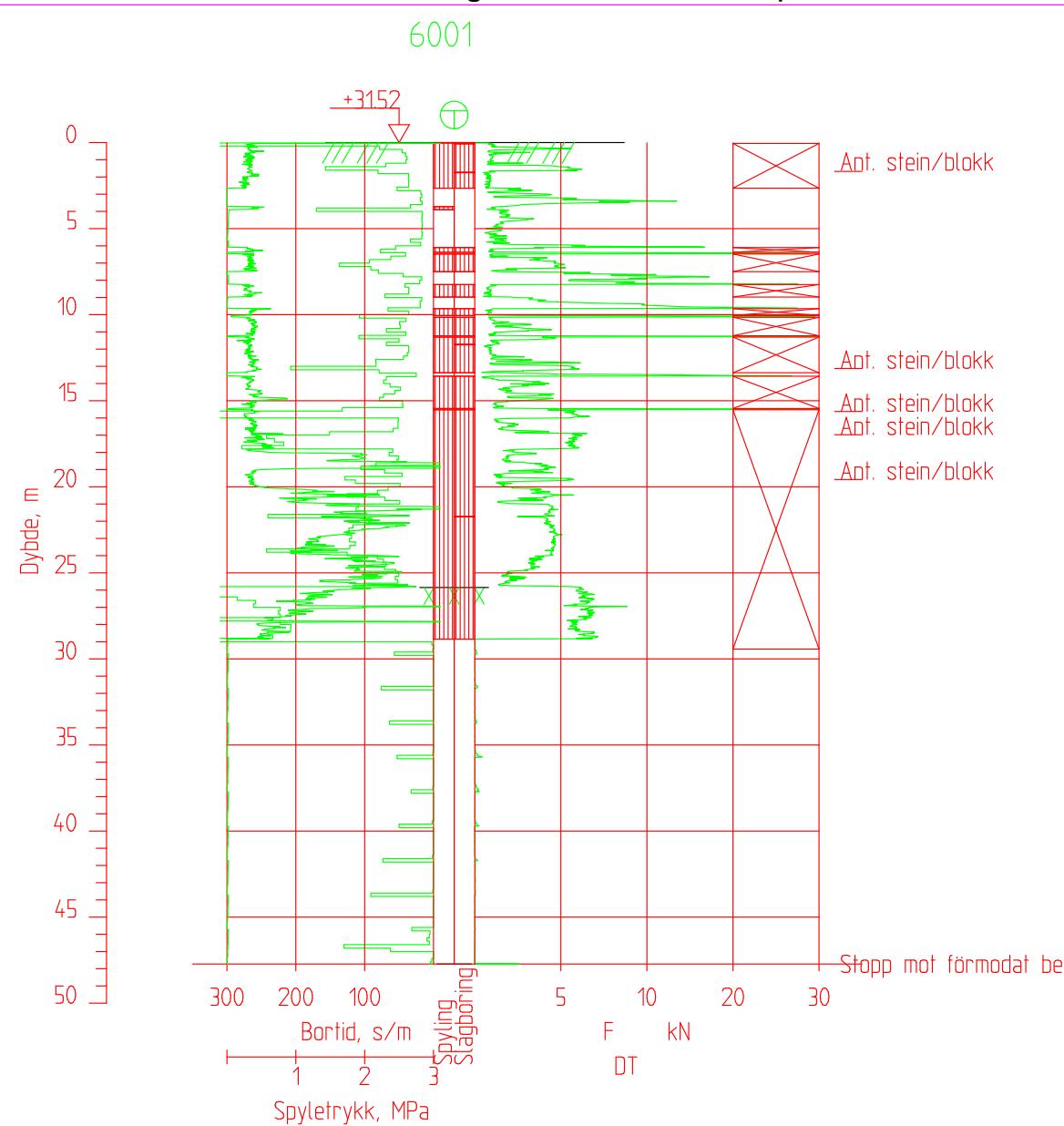
Dato boret :20.03.2017

M = 1 : 200

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s25(161)



Posisjon: X 1122581.86 Y 109828.29

Totalsondering

EIFFAGE

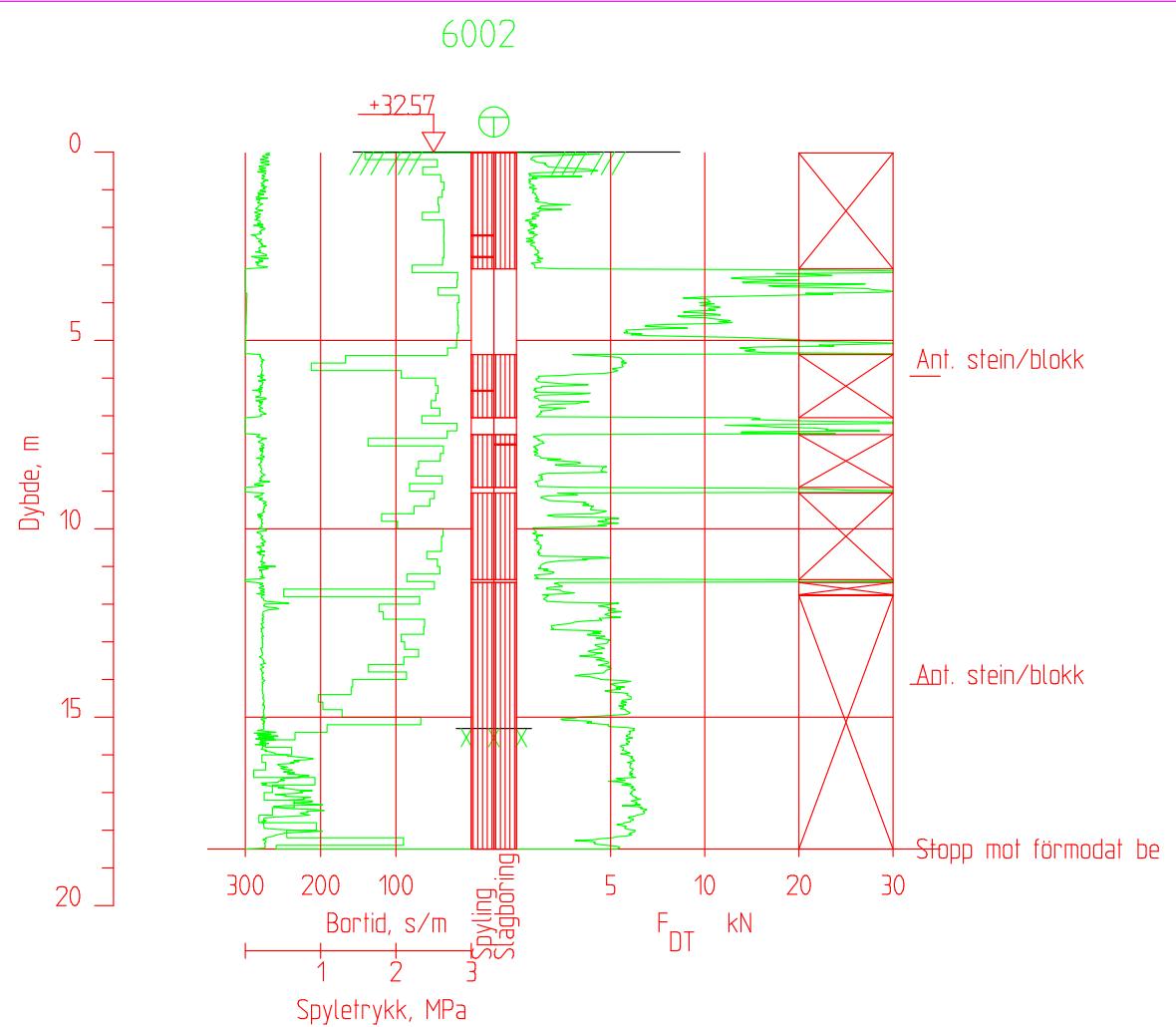
E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 6001

Dato boret :10.04.2019

M = 1 : 400

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s26(161)



Posisjon: X 1122584.47 Y 109867.49

Totalsondering

EIFFAGE

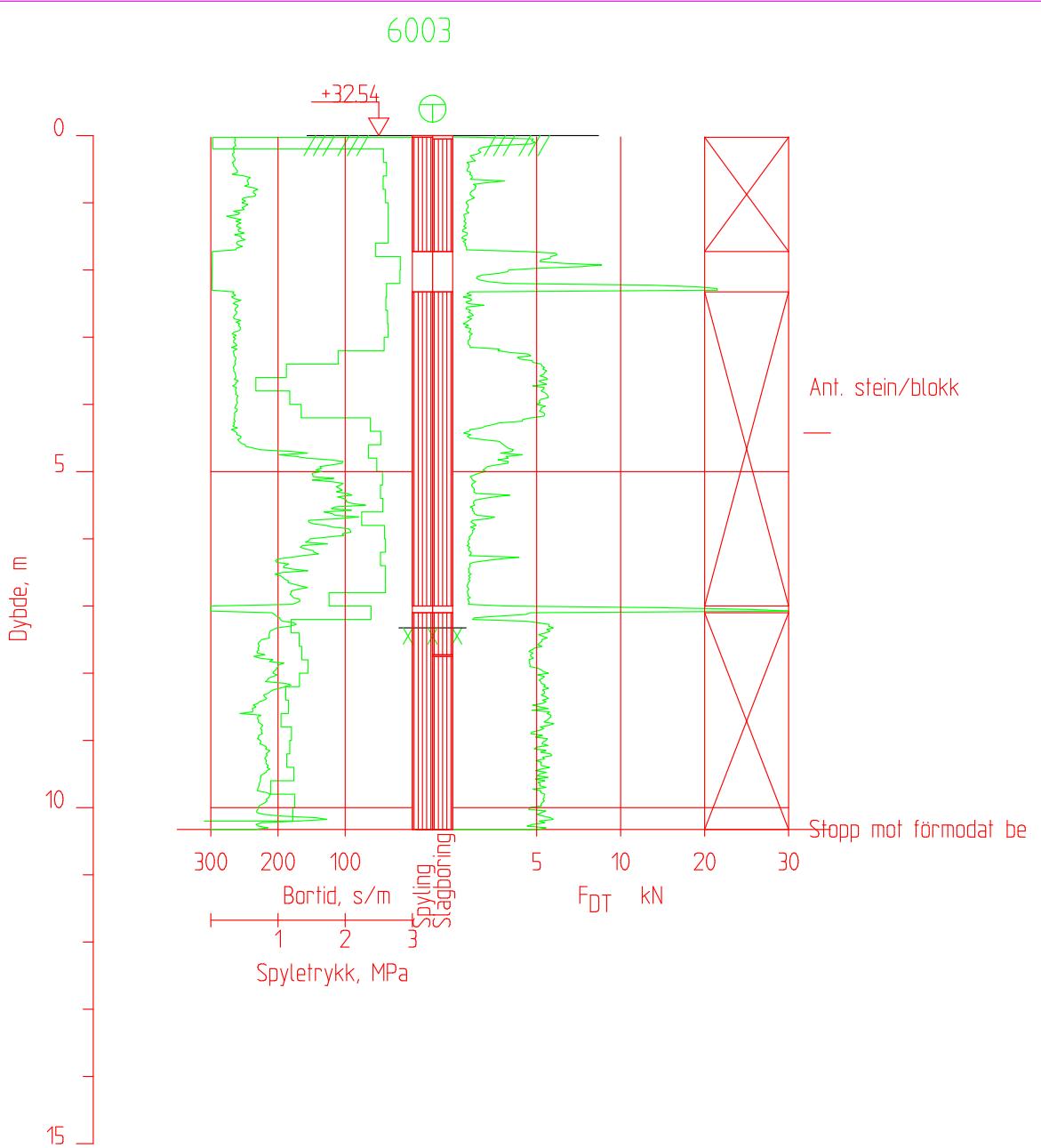
E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 6002

Dato boret :09.04.2019

M = 1 : 200

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s27(161)



Posisjon: X 1122606.74 Y 109892.81

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 6003

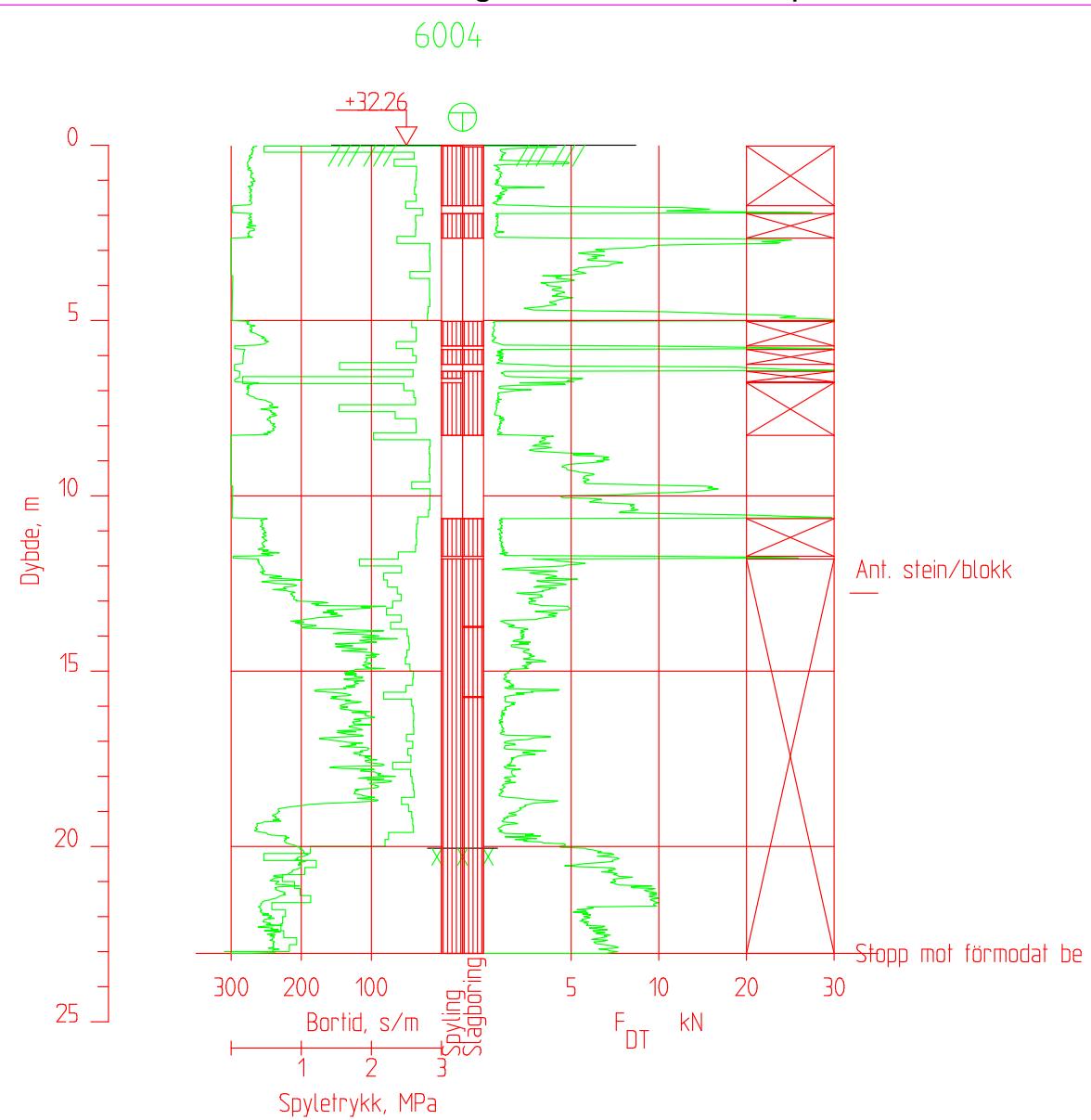
Dato boret :08.04.2019

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s28(161)



Posisjon: X 1122617.06 Y 109869.46

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 6004

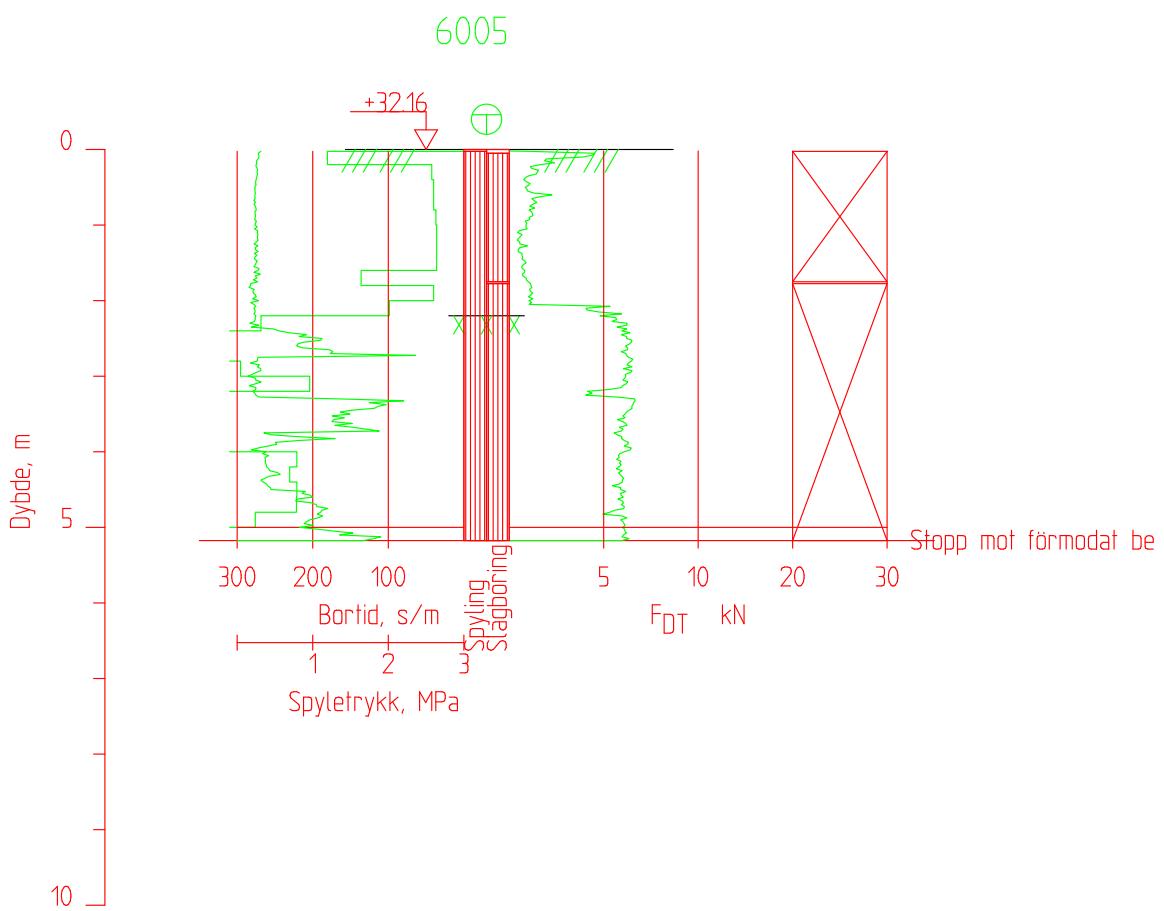
Dato boret :08.04.2019

M = 1 : 200

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s29(161)



Posisjon: X 1122633.21 Y 109888.32

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 6005

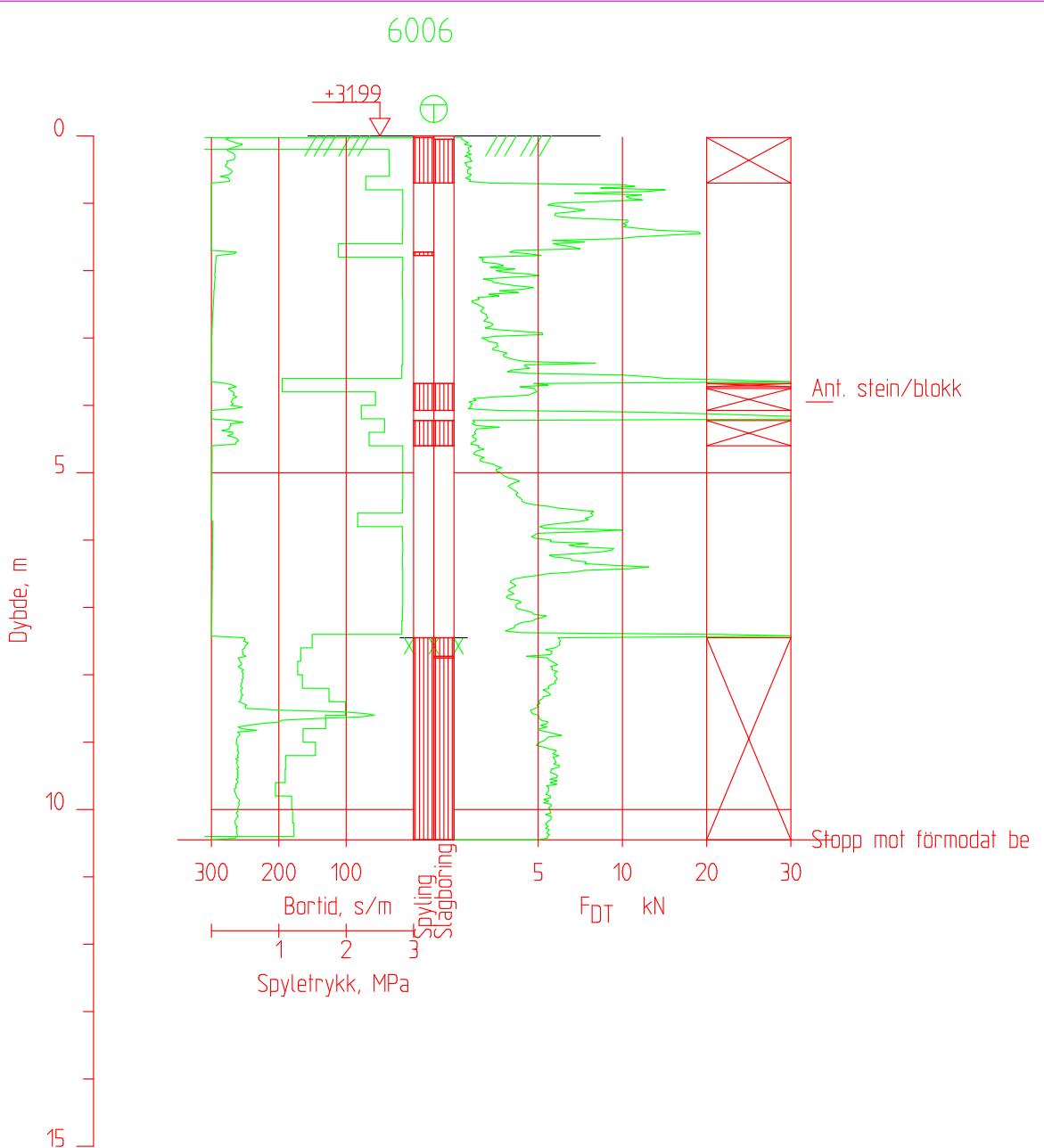
Dato boret :08.04.2019

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s30(161)



Posisjon: X 1122646.86 Y 109895.78

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 6006

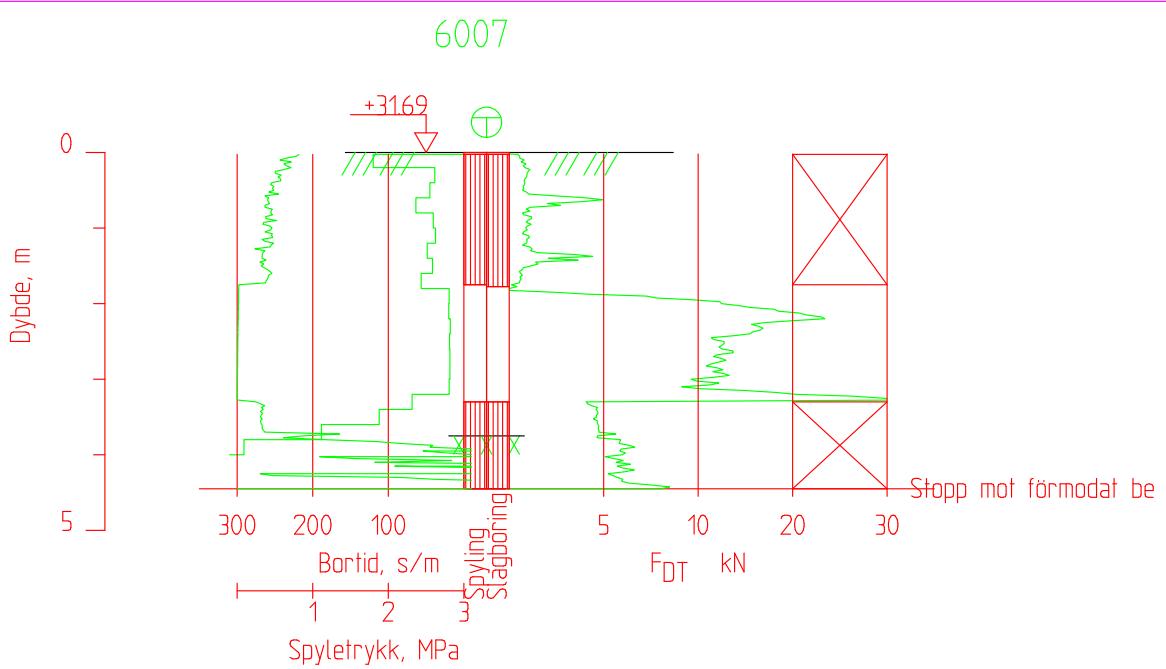
Dato boret :08.04.2019

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s31(161)



Posisjon: X 1122655.73 Y 109904.85

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 6007

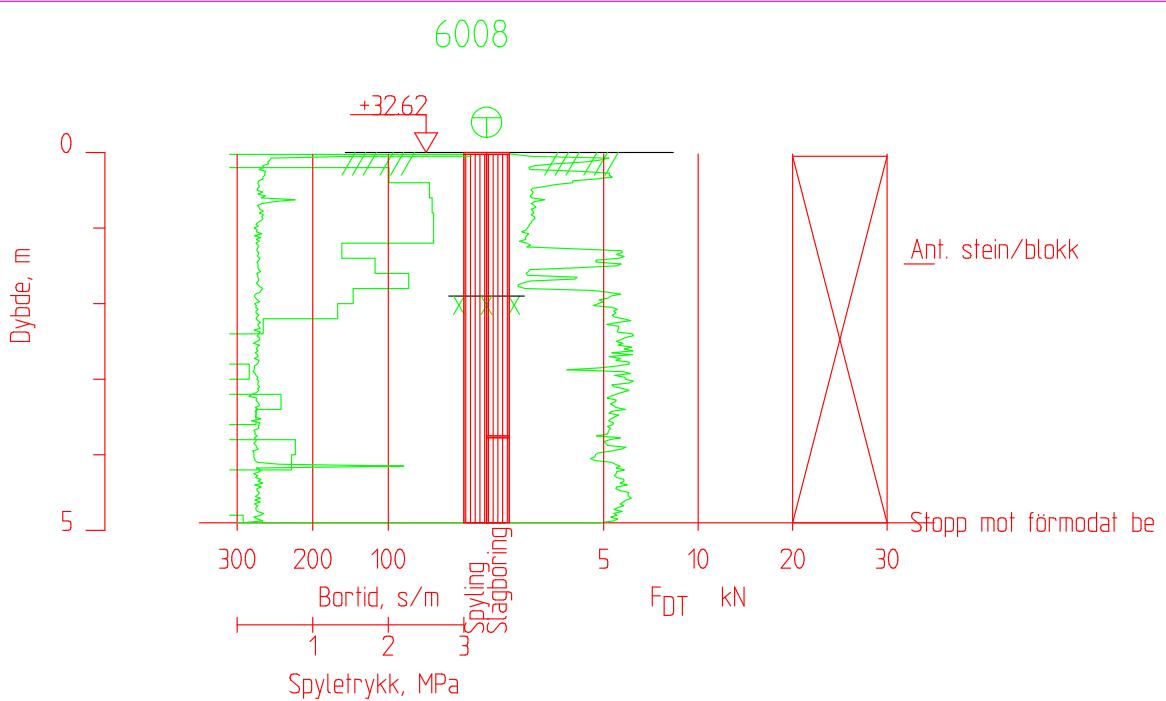
Dato boret :09.04.2019

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s32(161)



Posisjon: X 1122628.36 Y 109916.18

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 6008

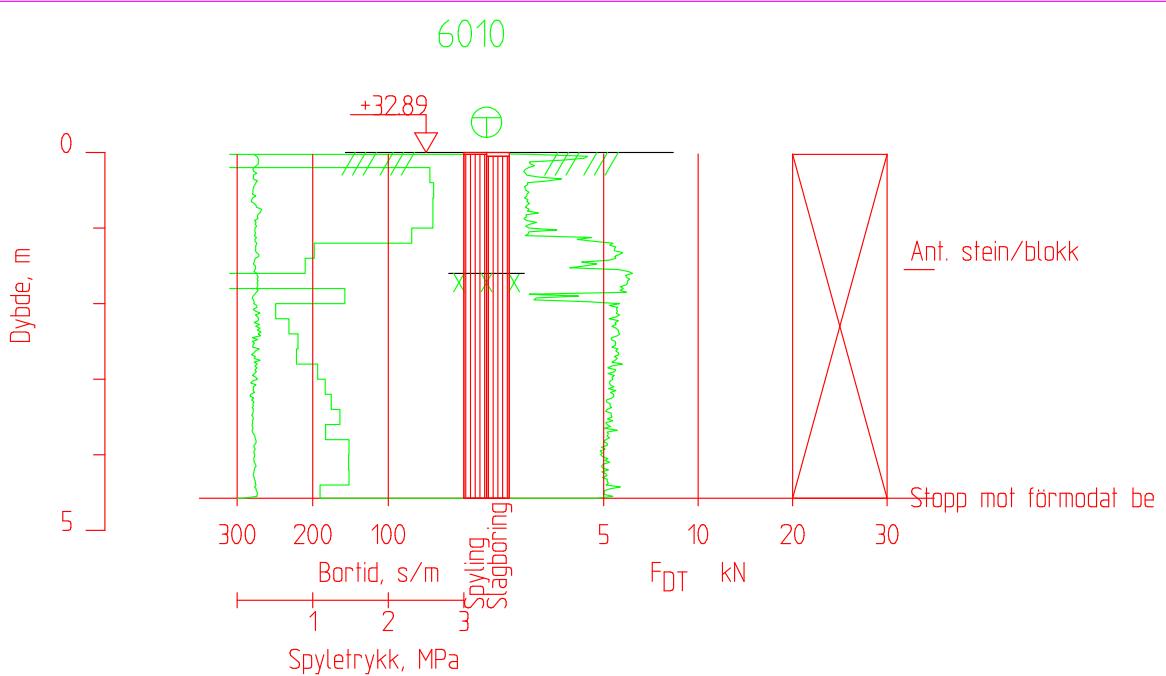
Dato boret :09.04.2019

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s33(161)



Posisjon: X 1122611.23 Y 109947.95

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 6010

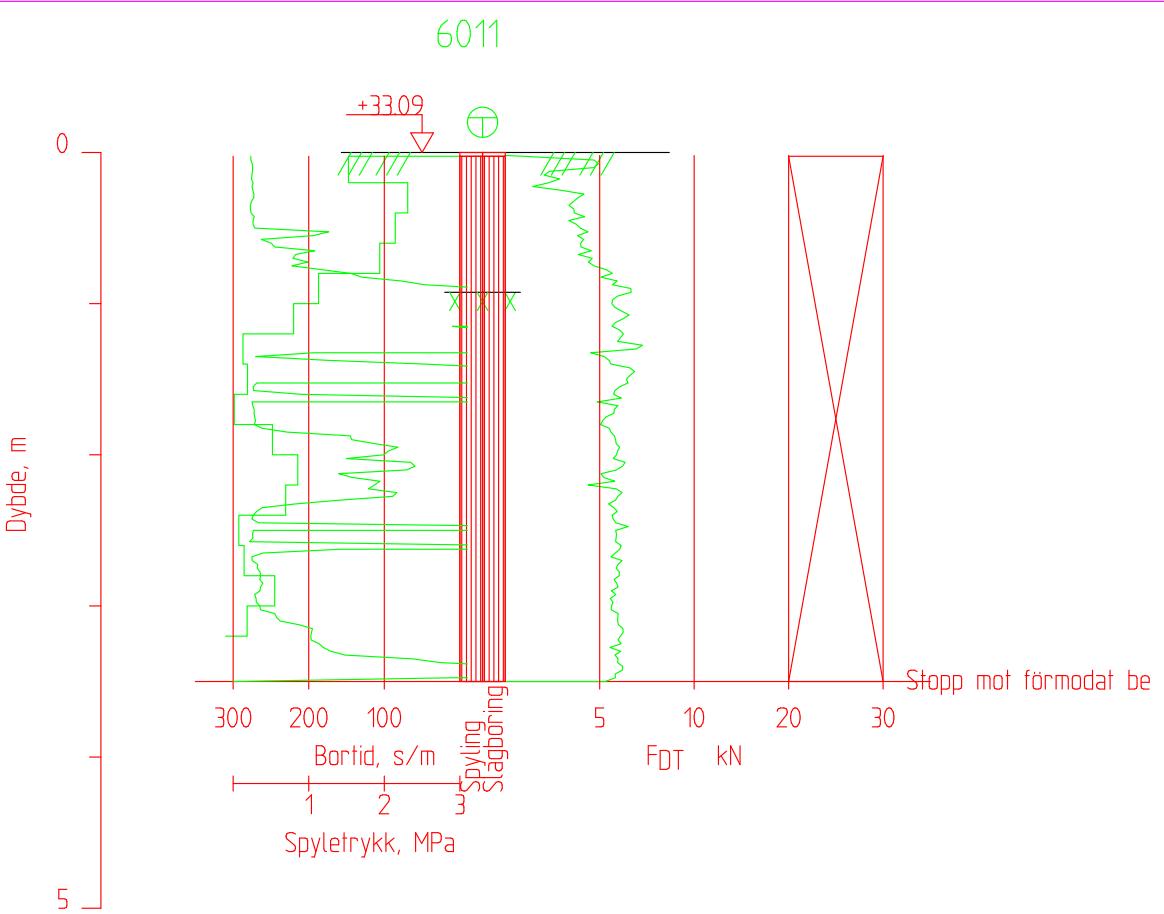
Dato boret :09.04.2019

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s34(161)



Posisjon: X 1122597.18 Y 109964.58

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 6011

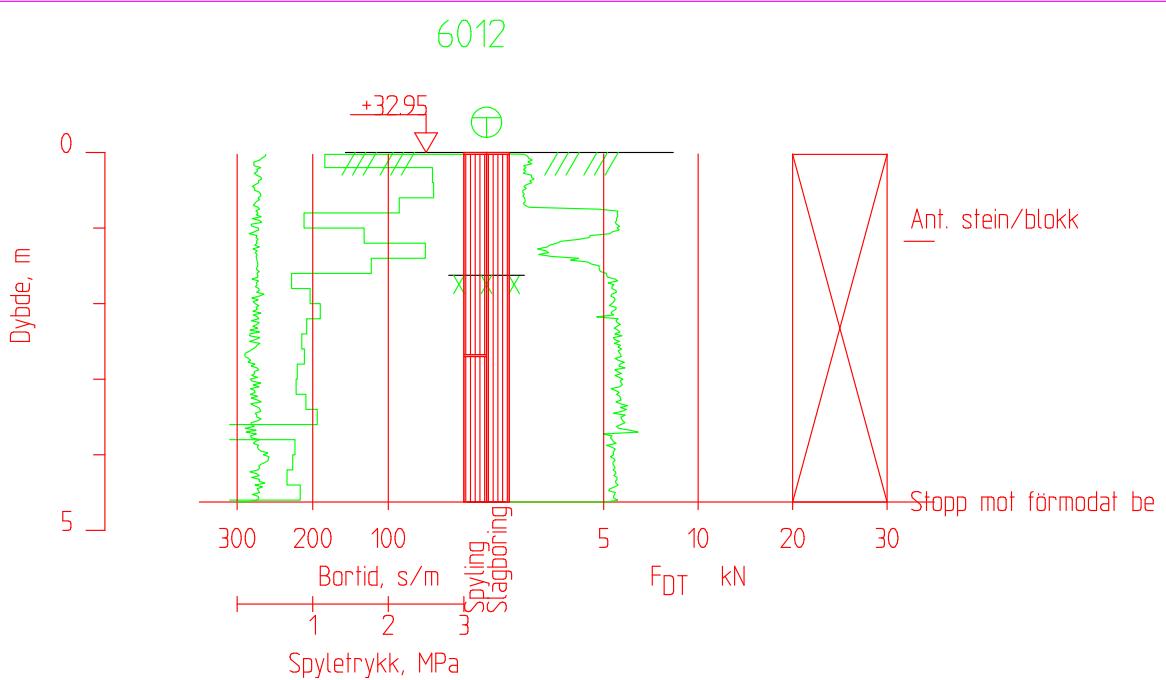
Dato boret :09.04.2019

M = 1 : 50

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s35(161)



Posisjon: X 1122565.60 Y 109960.37

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 6012

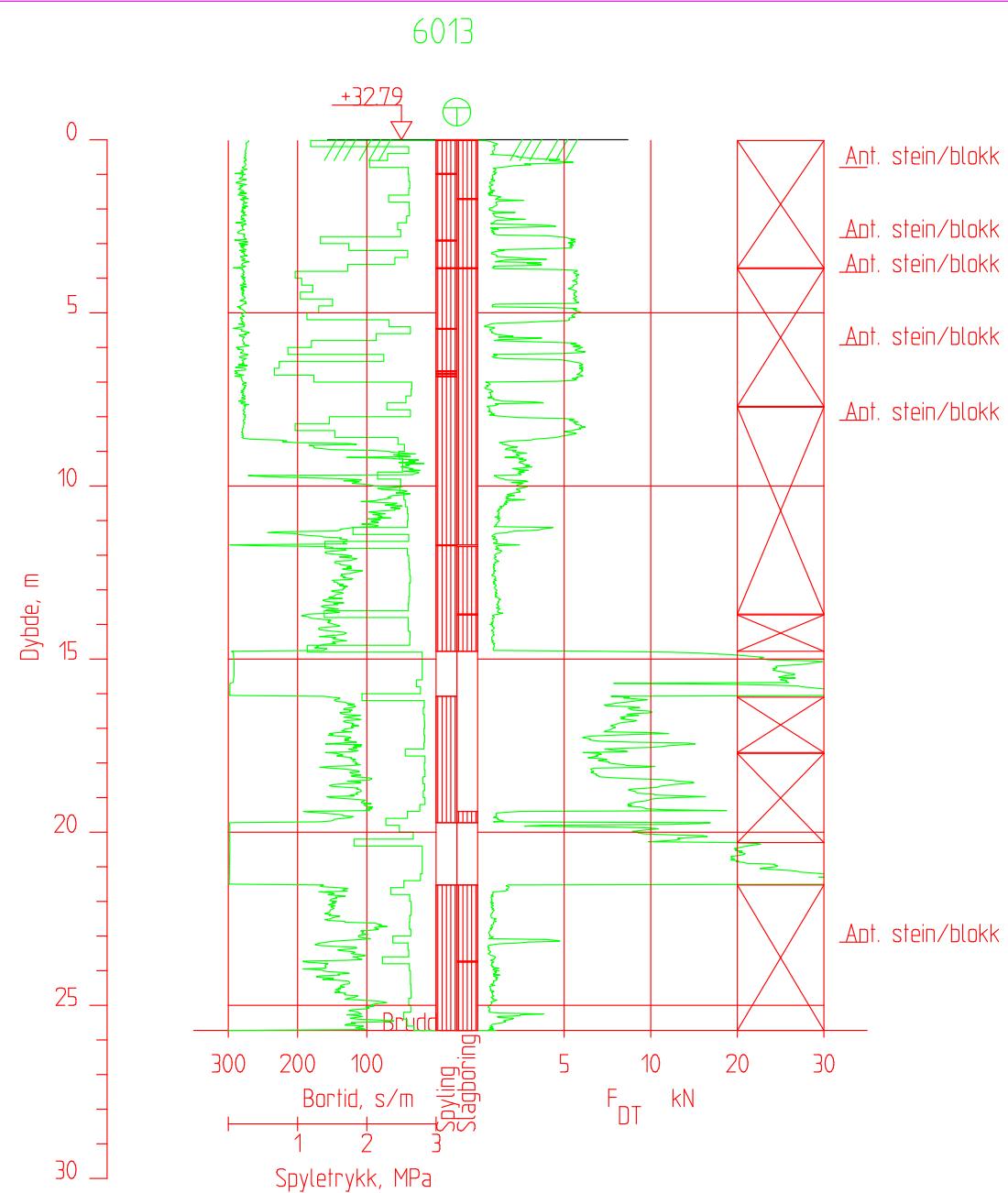
Dato boret :09.04.2019

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s36(161)



Posisjon: X 1122557.22 Y 109947.02

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 6013

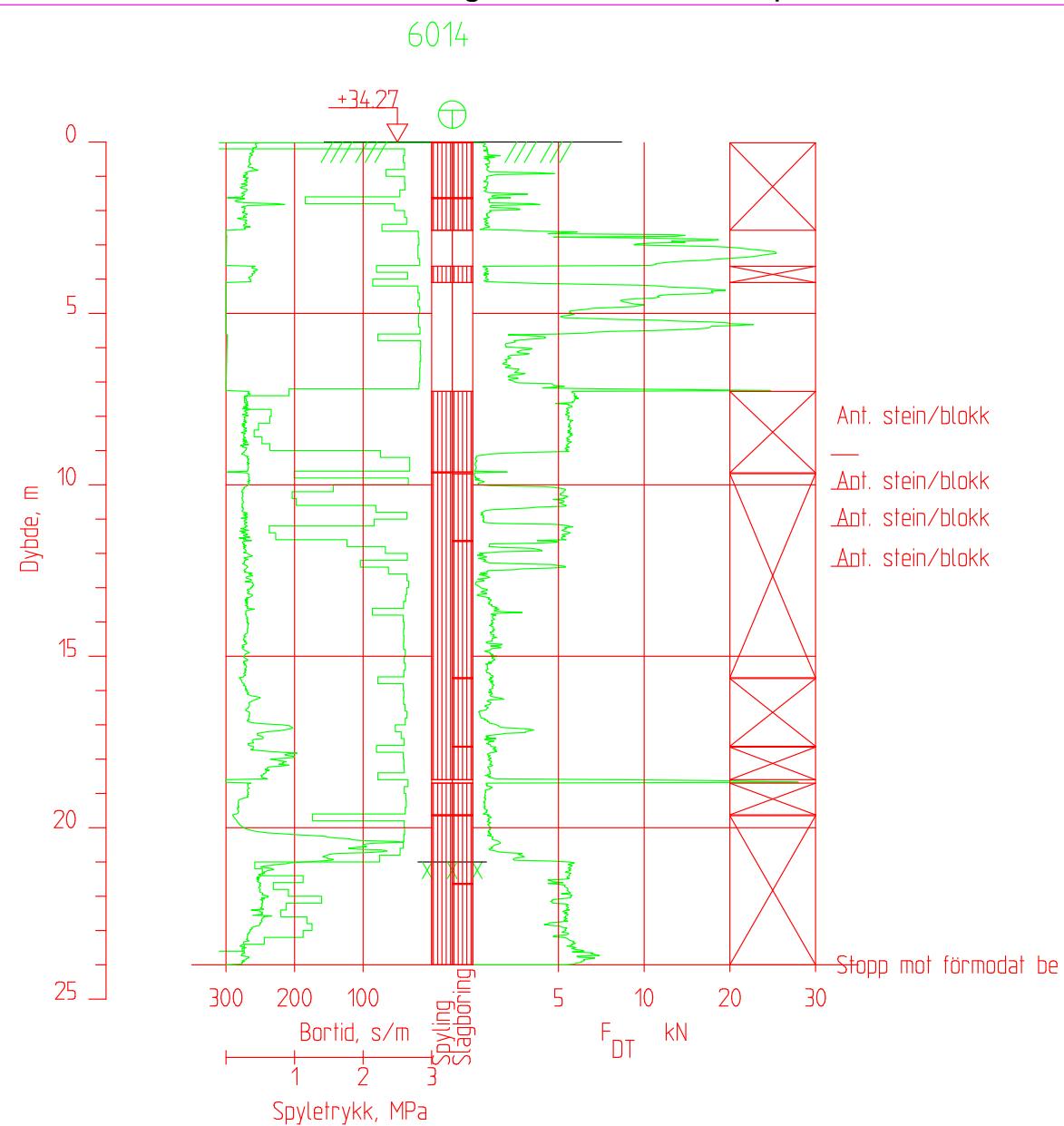
Dato boret :09.04.2019

M = 1 : 200

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s37(161)



Posisjon: X 1122545.55 Y 110042.97

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 6014

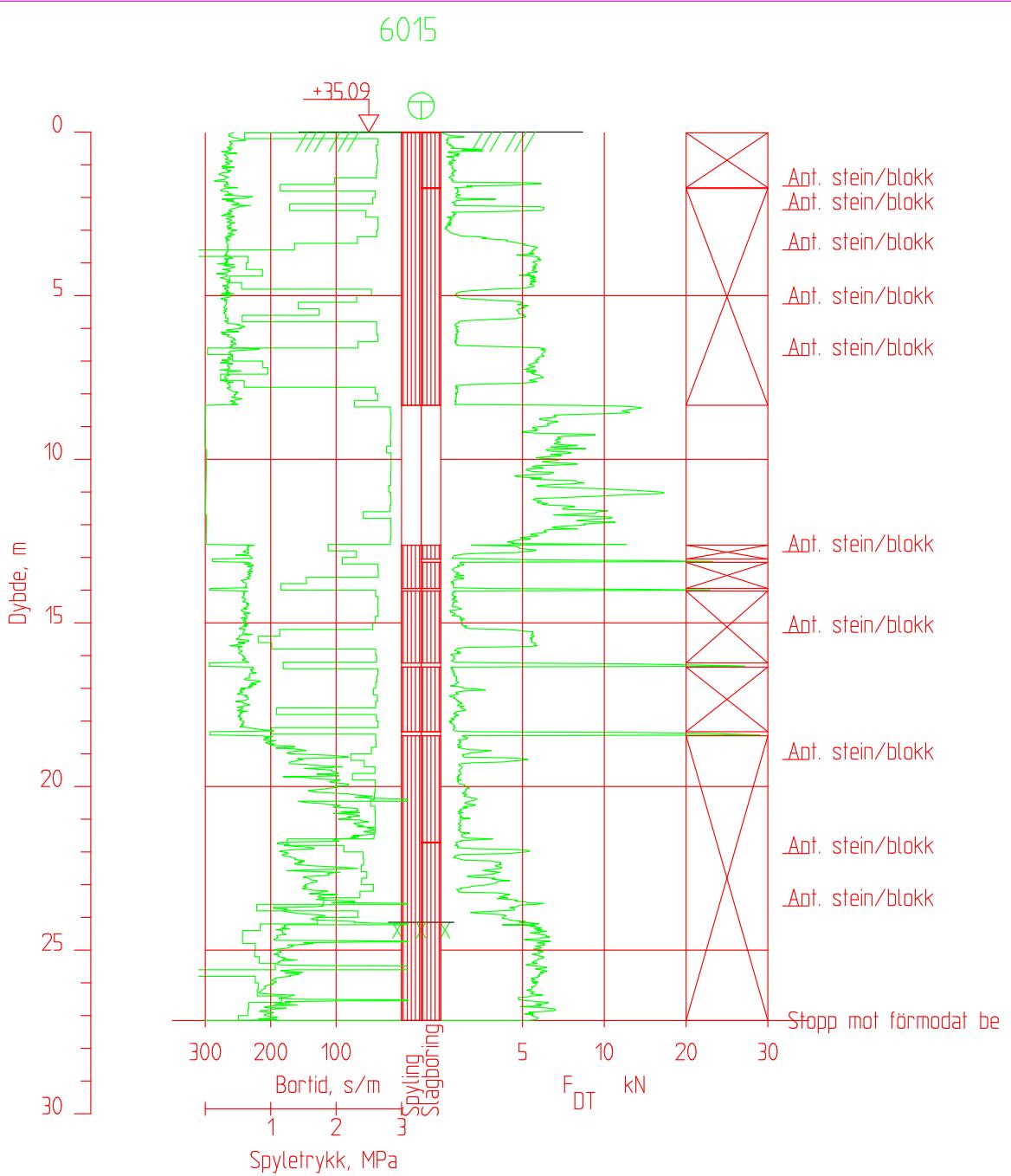
Dato boret :09.04.2019

M = 1 : 200

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s38(161)



Posisjon: X 1122526.99 Y 110102.07

Totalsondering

ÉIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borghult 6015

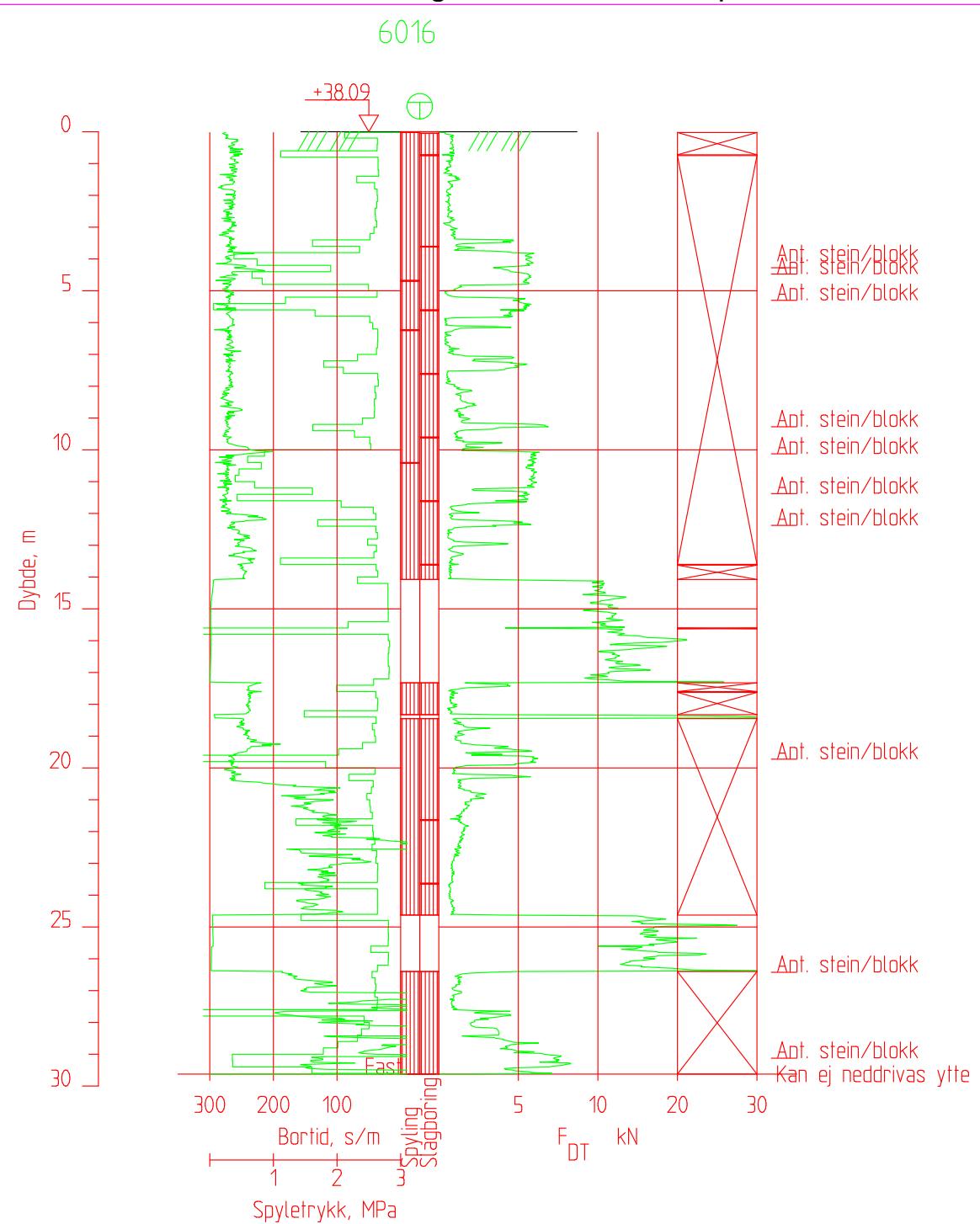
M = 1 : 200

Dato boret :10.04.2019

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s39(161)



Posisjon: X 1122513.70 Y 110124.51

Totalsondering

EIFFAGE

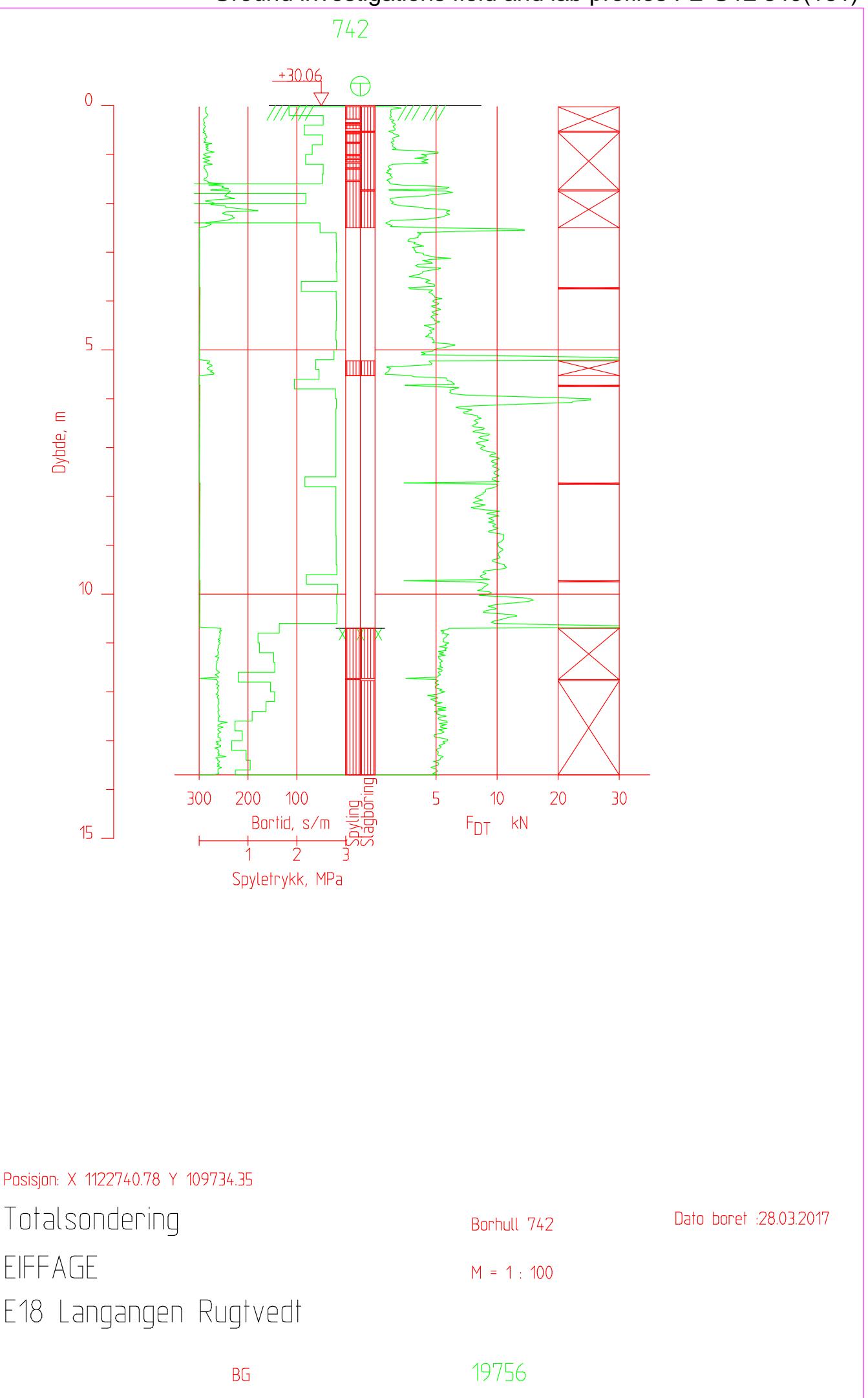
E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 6016

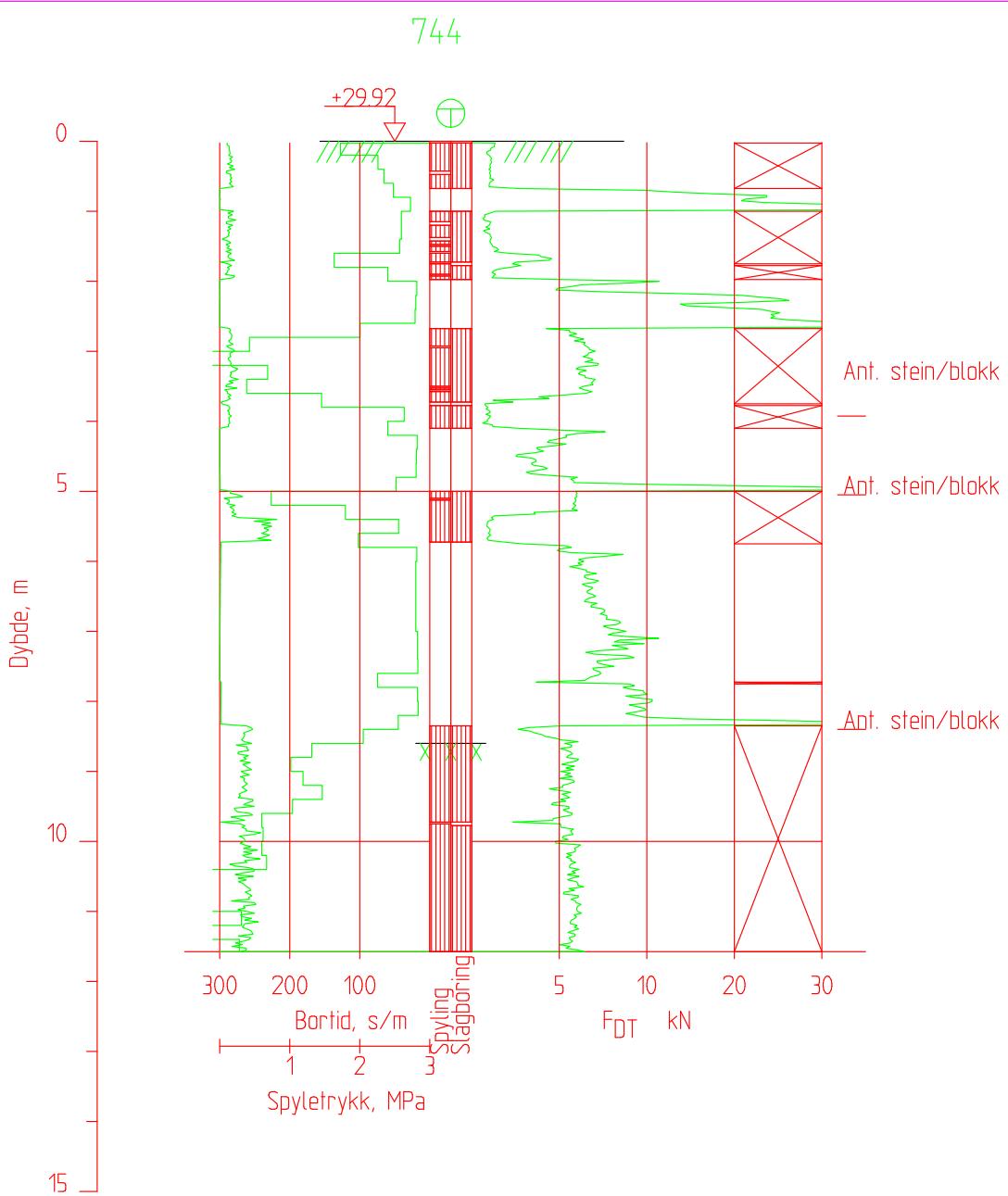
Dato boret :10.04.2019

M = 1 : 200

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s40(161)



Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s41(161)



Posisjon: X 1122725.74 Y 109725.00

Totalsondering

EIFFAGE

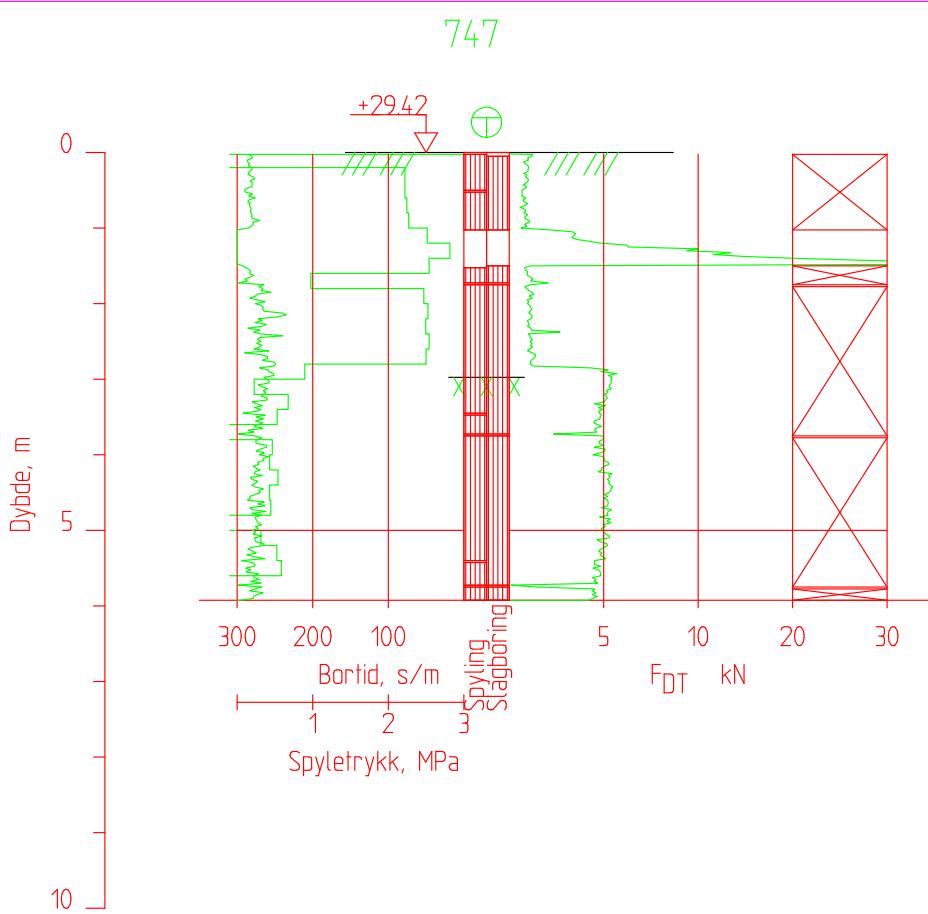
E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 744

Dato boret :28.03.2017

M = 1 : 100

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s42(161)



Posisjon: X 1122692.72 Y 109709.35

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 747

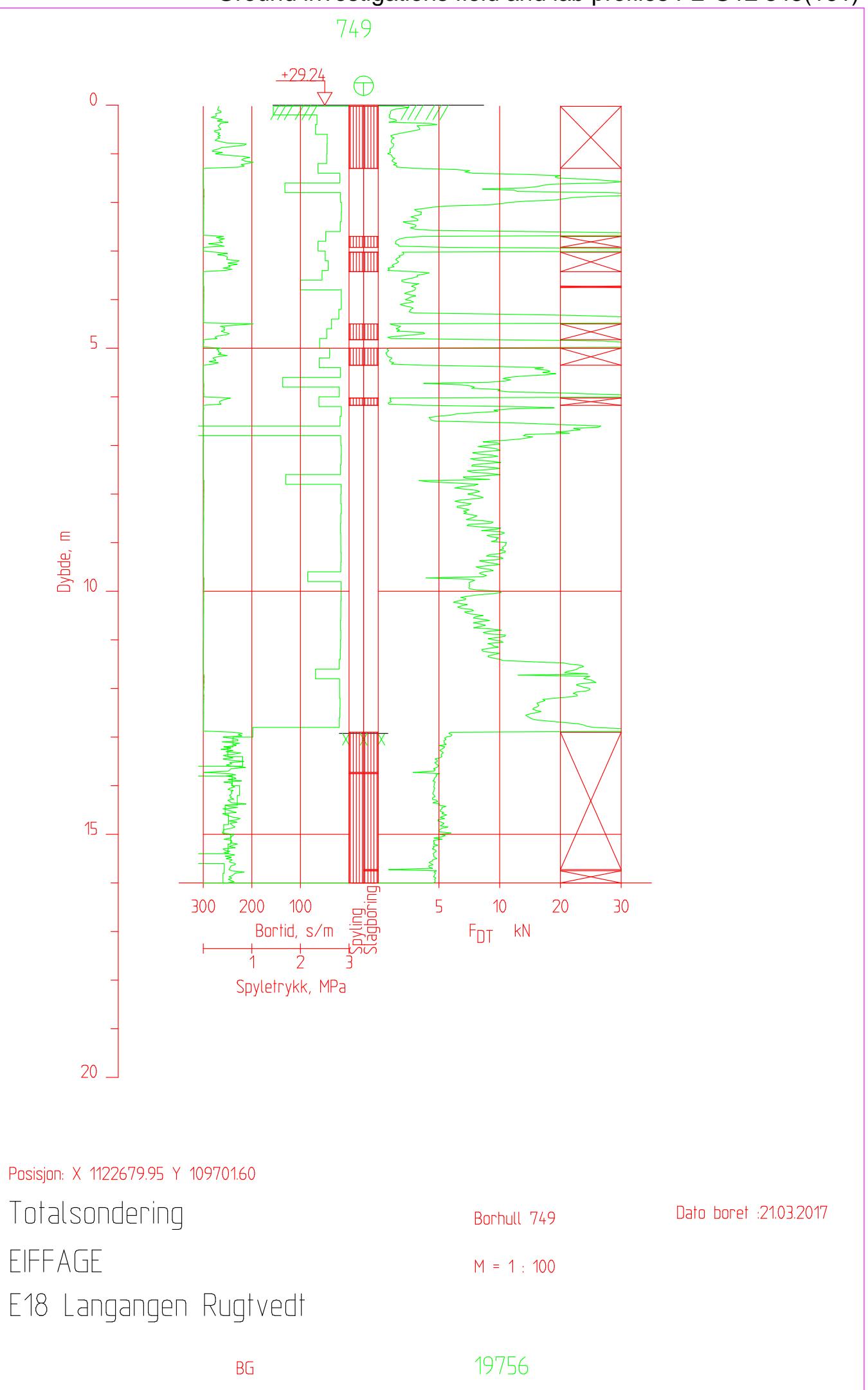
Dato boret :28.03.2017

M = 1 : 100

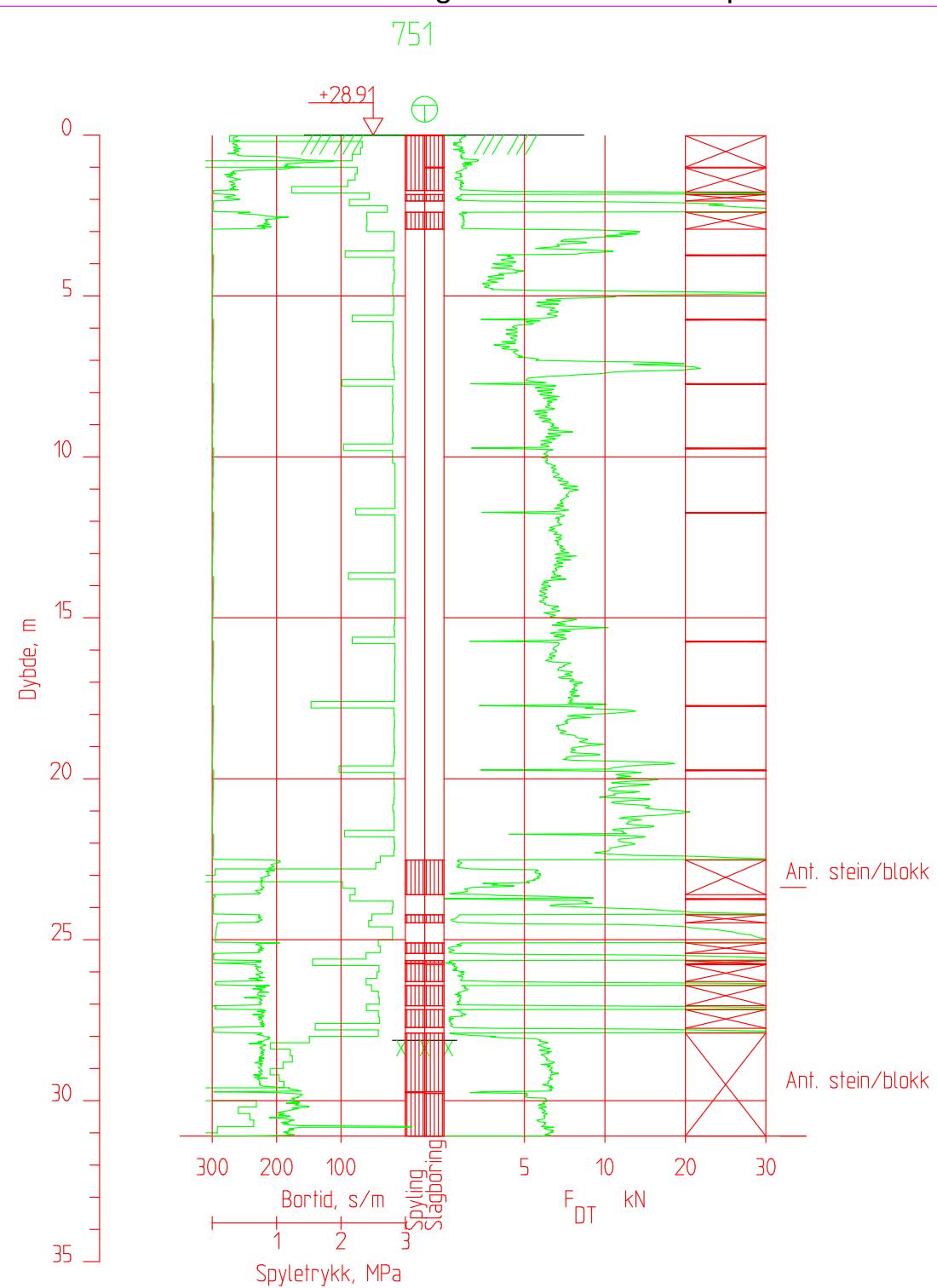
BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s43(161)



Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s44(161)



Posisjon: X 1122653.98 Y 109689.04

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 751

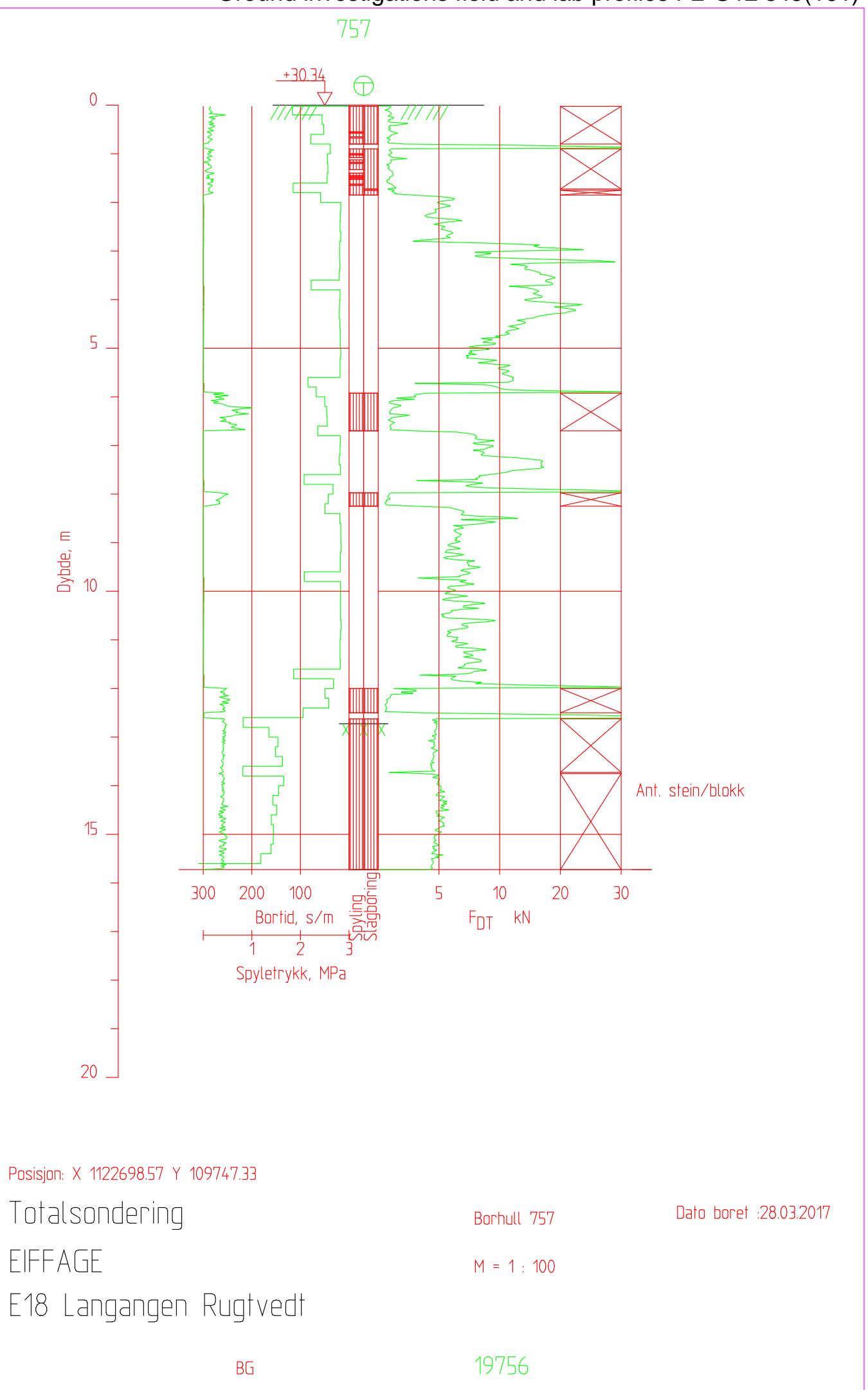
Dato boret :28.03.2017

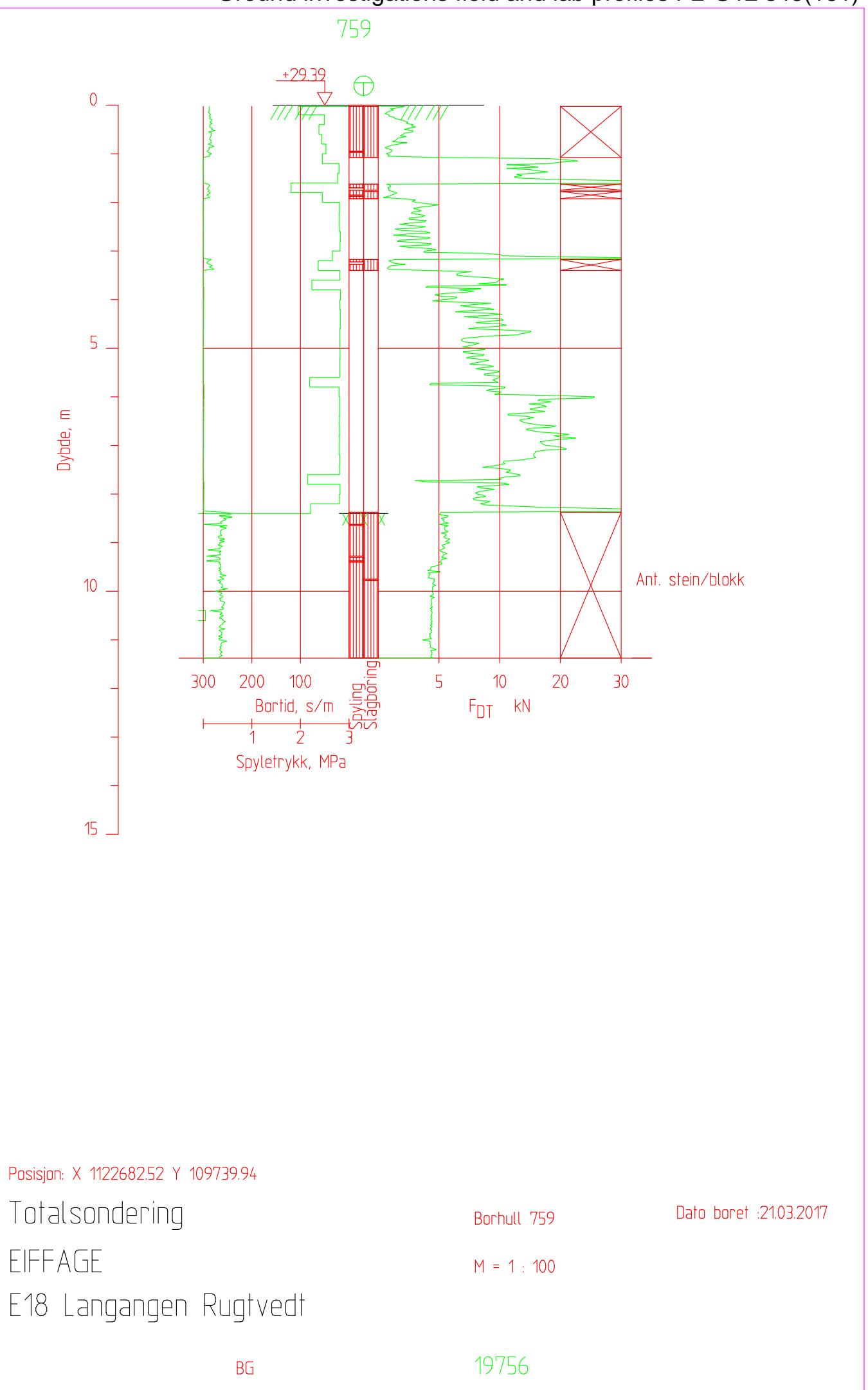
M = 1 : 200

BG

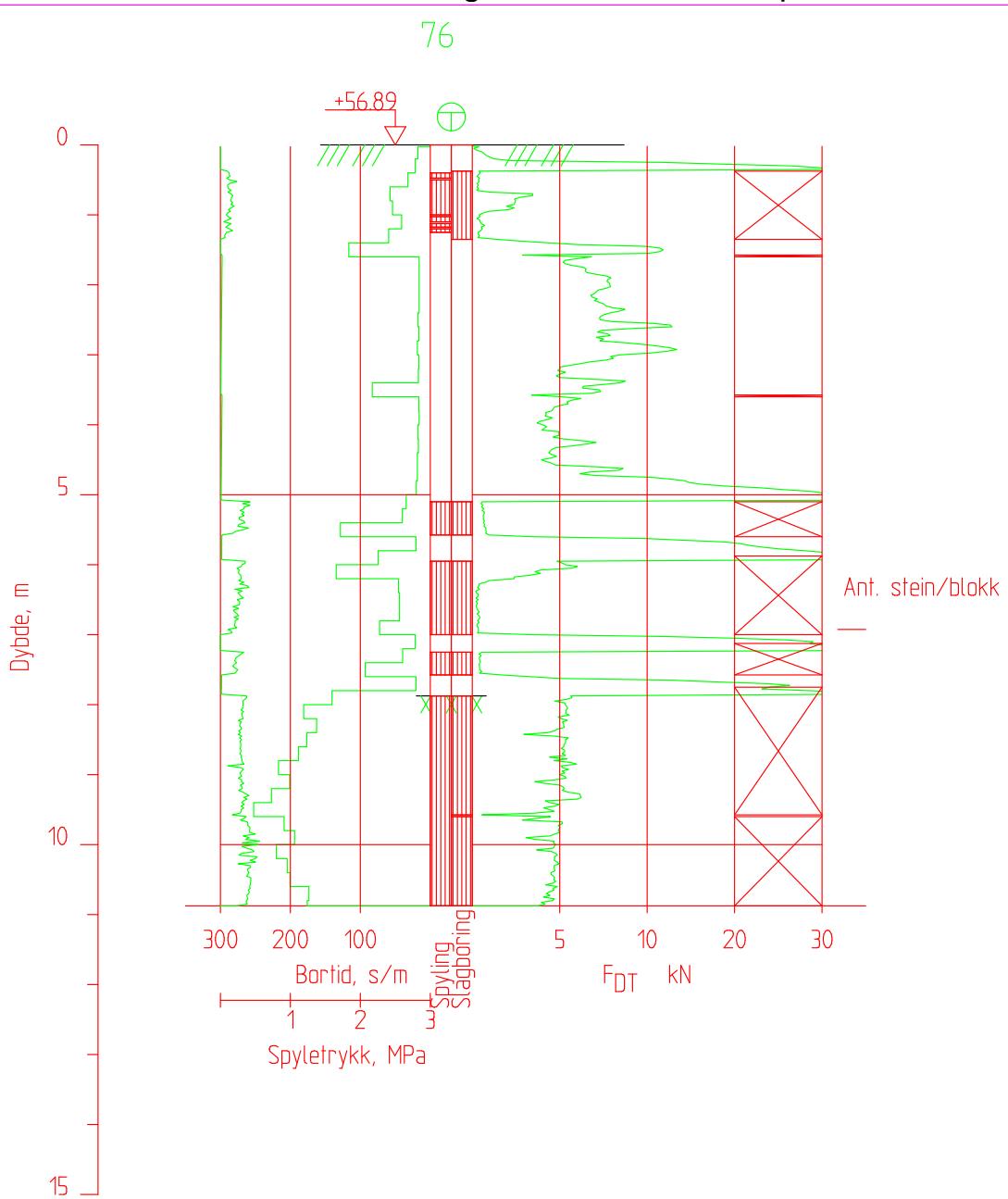
19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s45(161)





Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s47(161)



Posisjon: X 1122209.20 Y 109555.27

Totalsondering

EIFFAGE

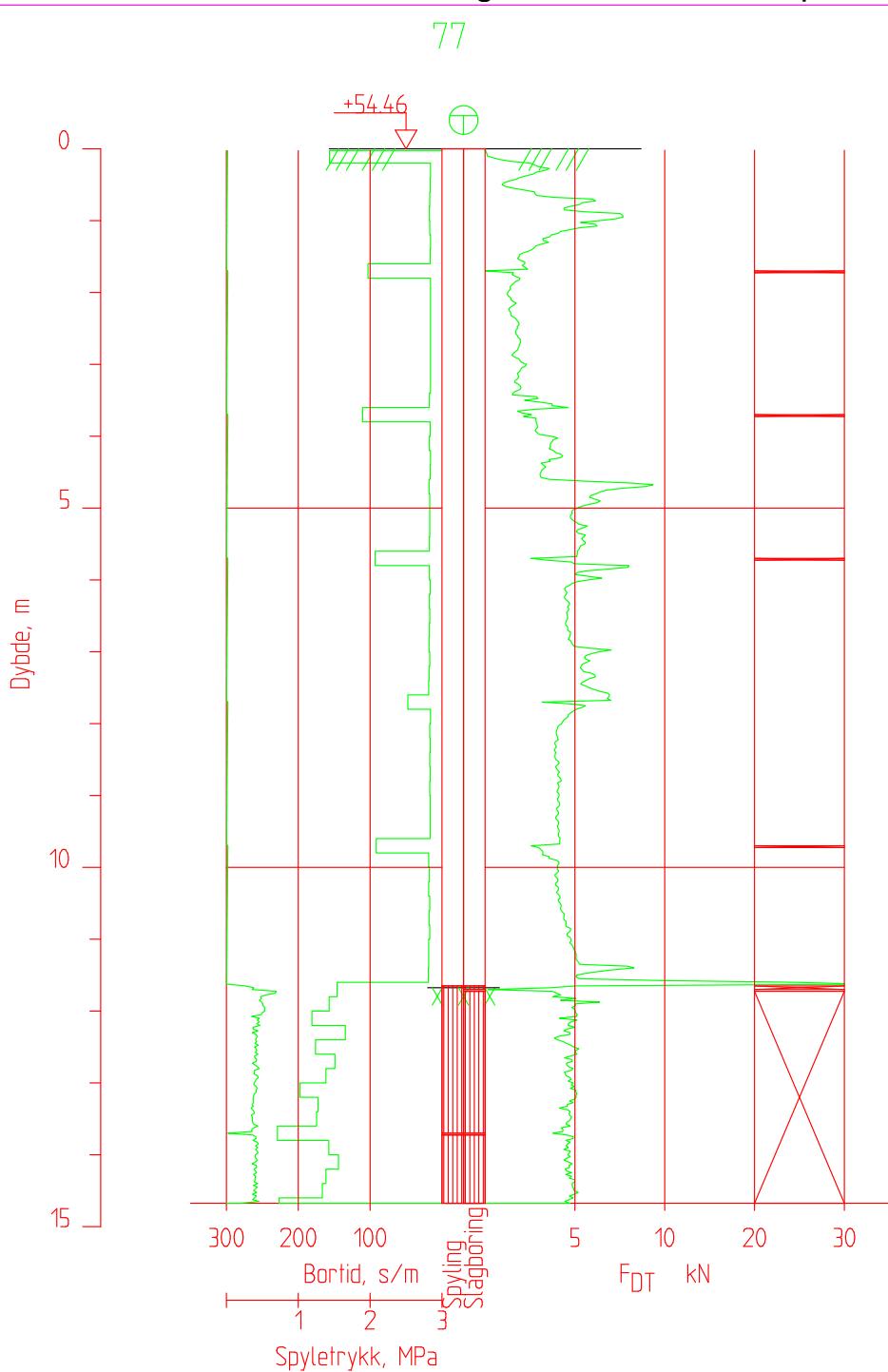
E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 76

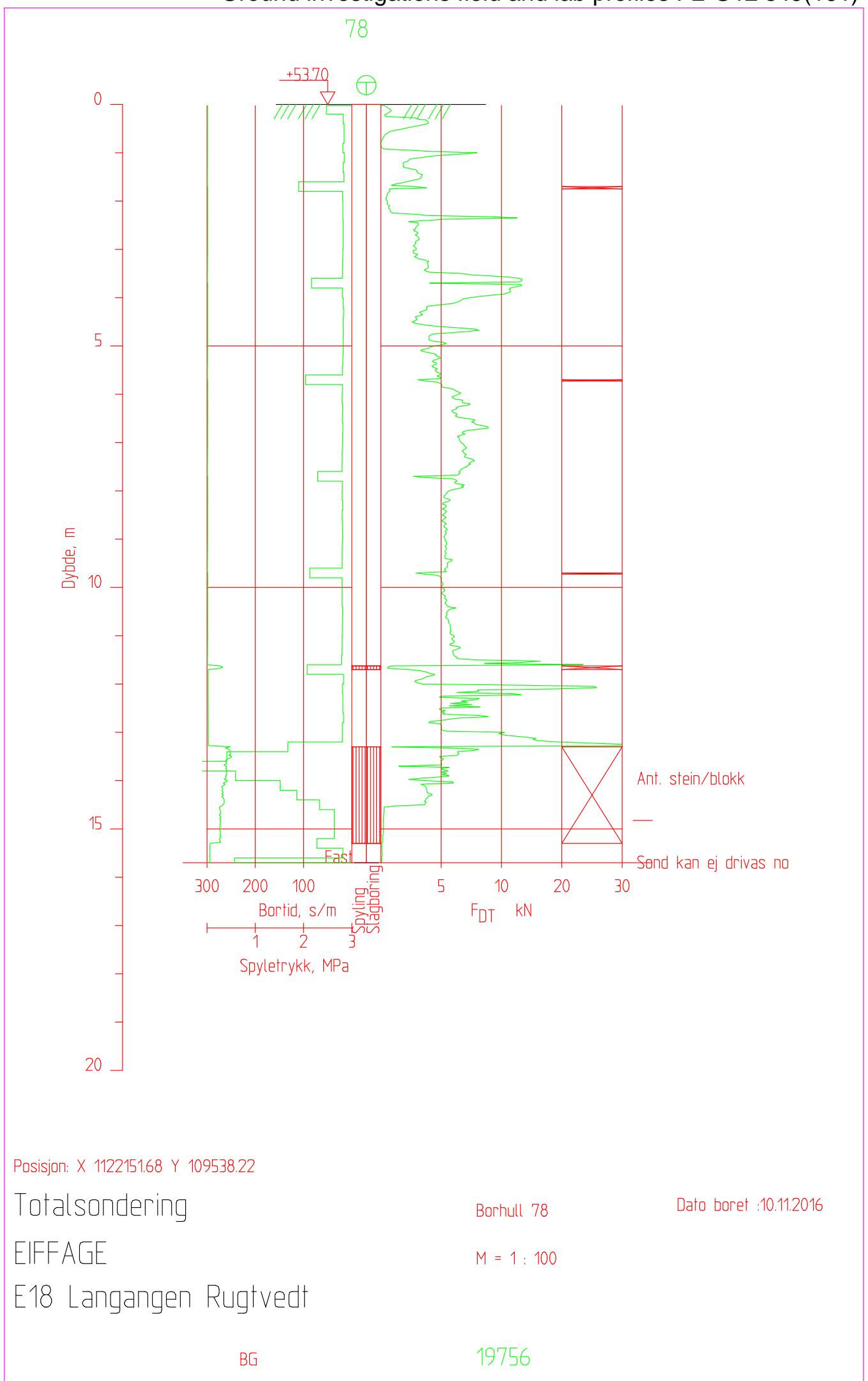
Dato boret :10.11.2016

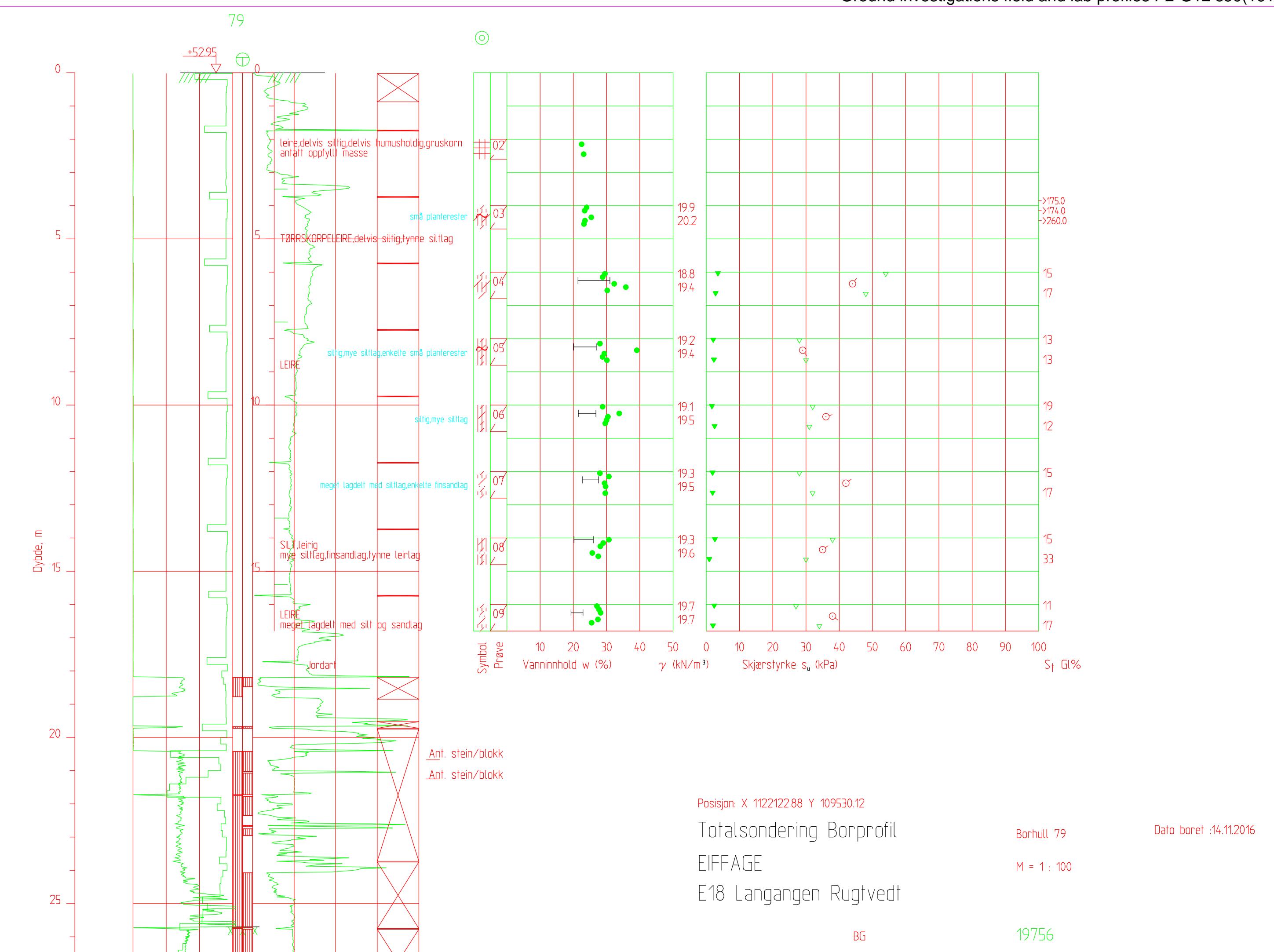
M = 1 : 100

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s48(161)

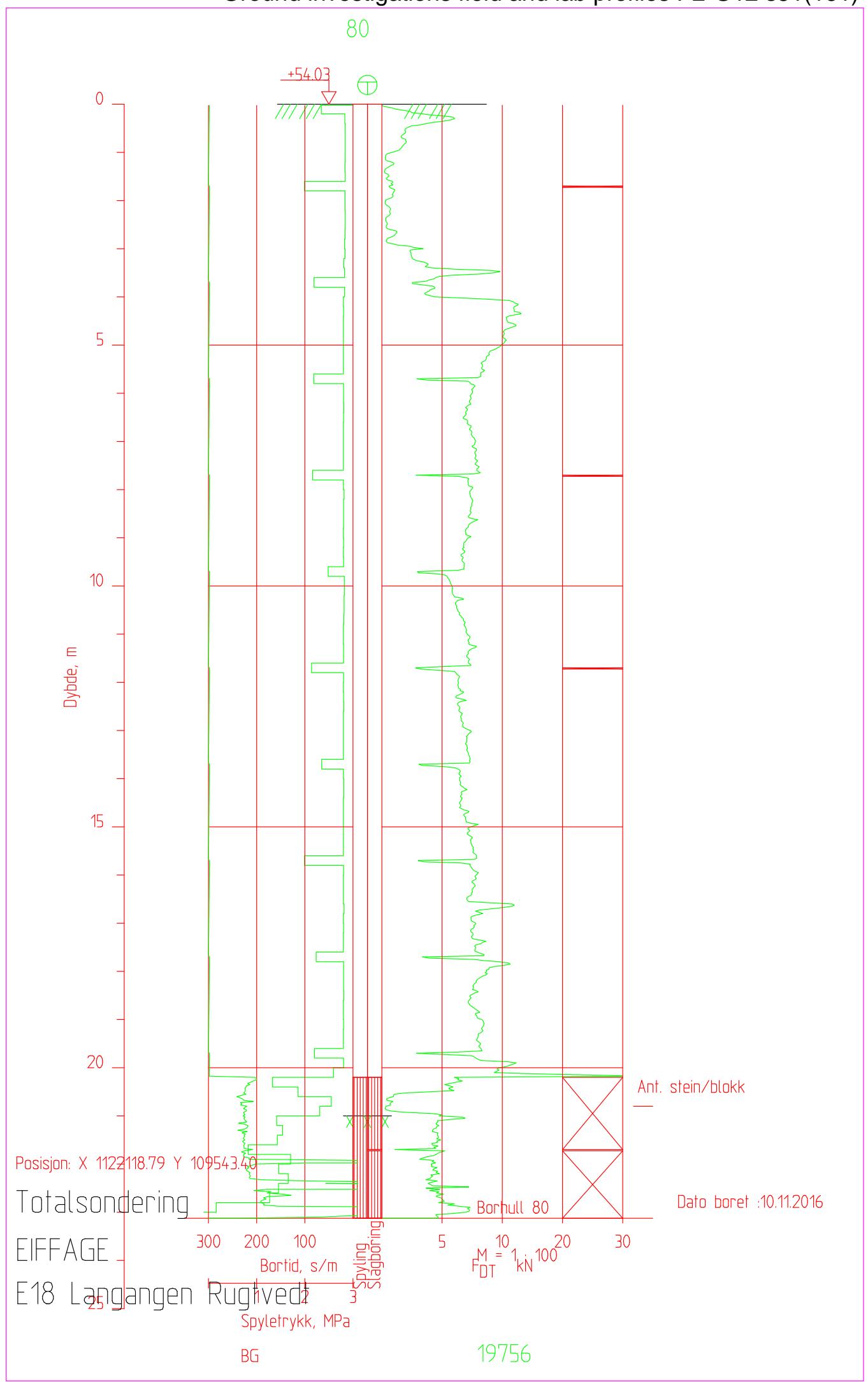


Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s49(161)

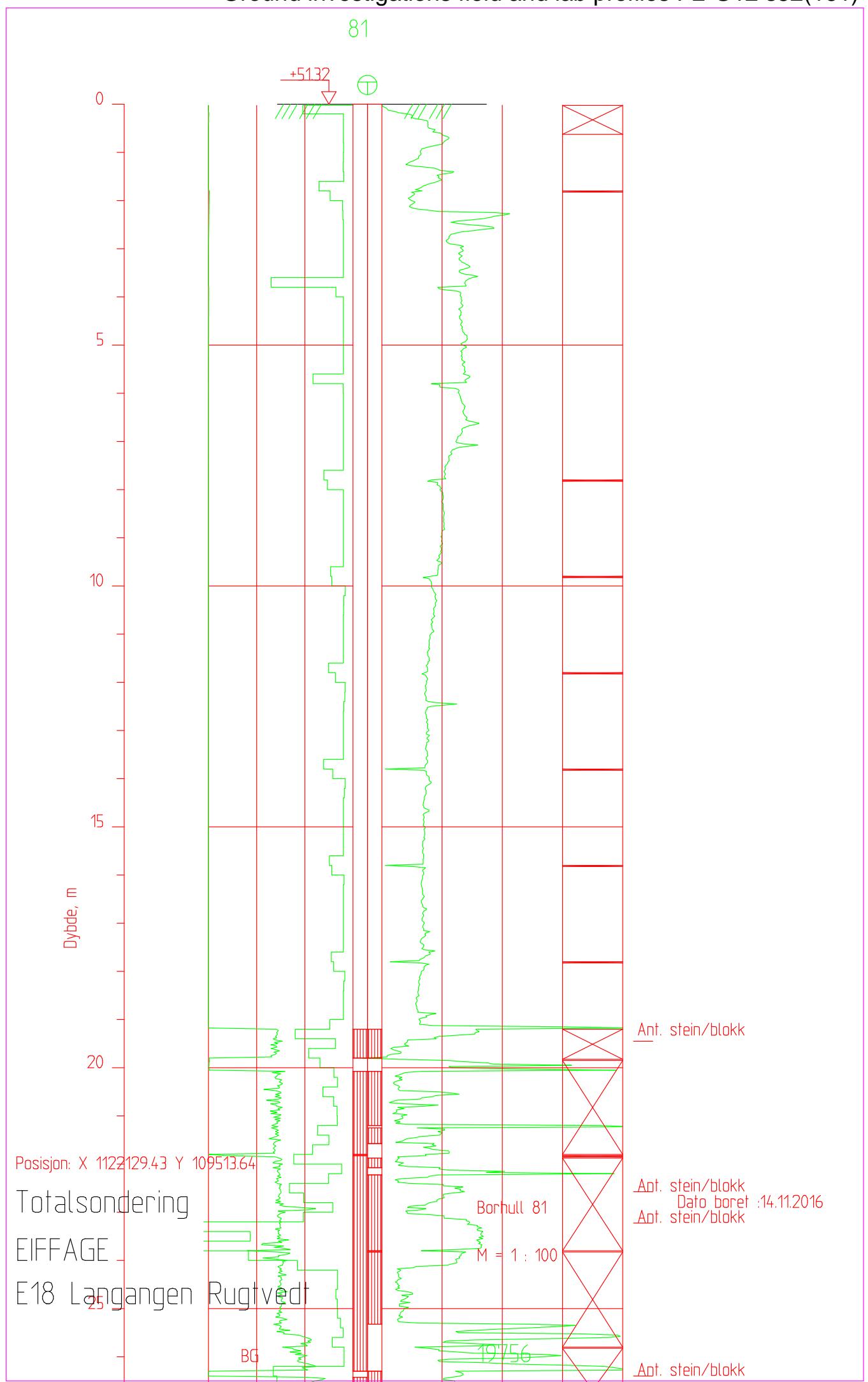


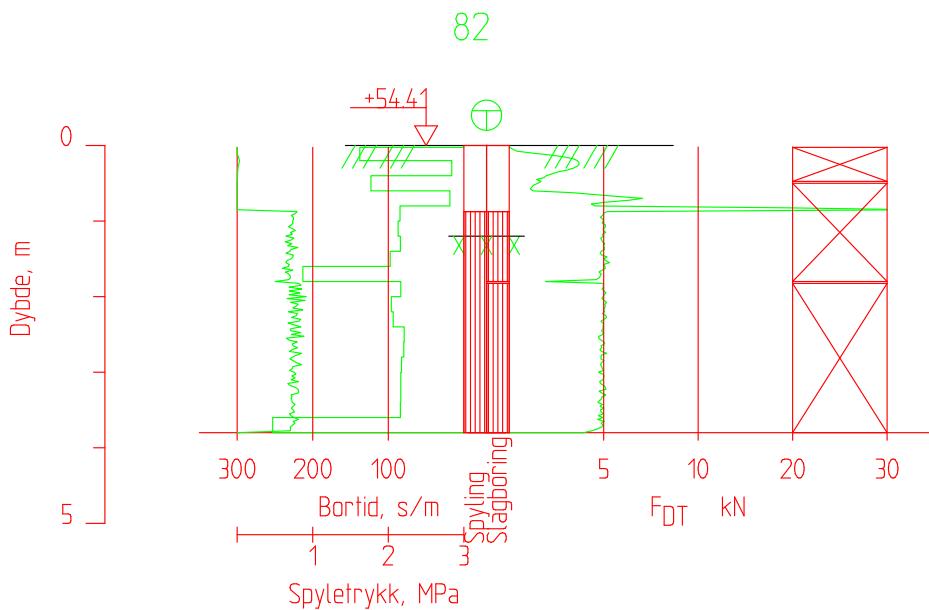


Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s51(161)



Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s52(161)





Posisjon: X 1122093.82 Y 109522.60

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

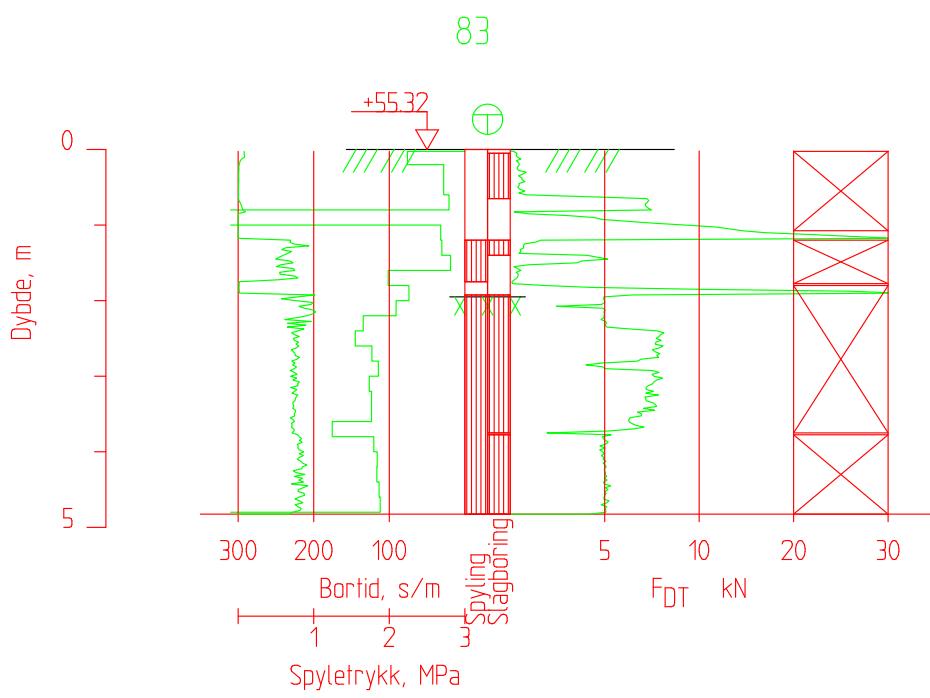
Borhull 82

Dato boret :14.11.2016

M = 1 : 100

BG

19756



Posisjon: X 1122066.46 Y 109519.04

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 83

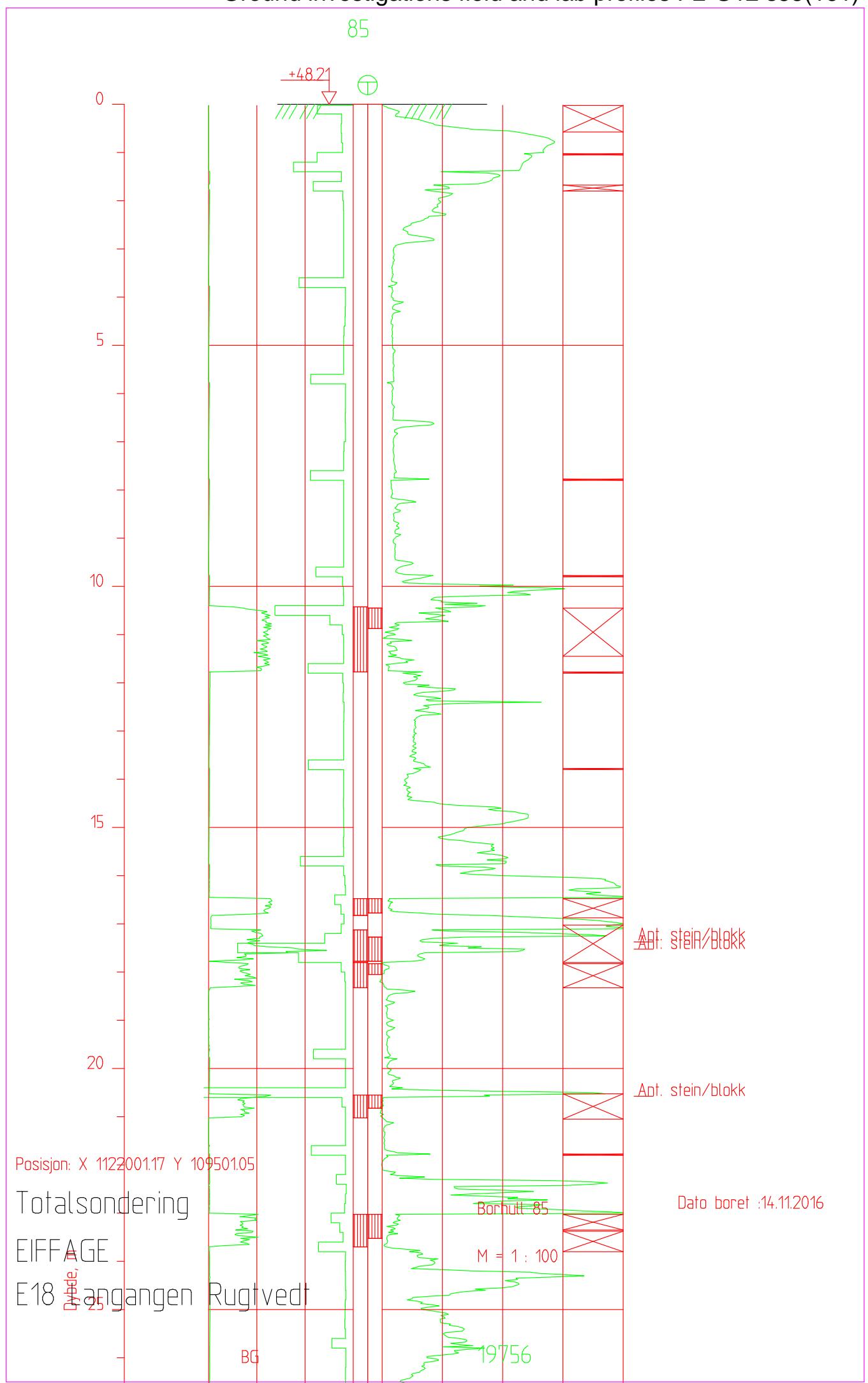
Dato boret :14.11.2016

M = 1 : 100

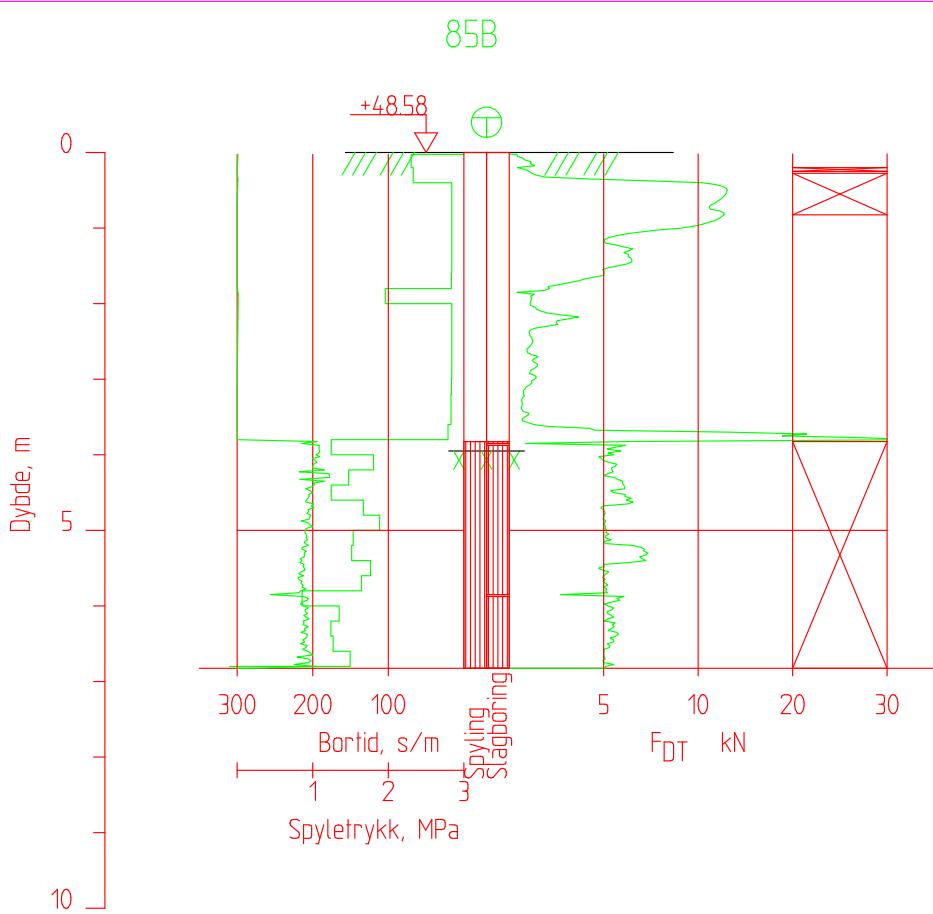
BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s55(161)



Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s56(161)



Posisjon: X 1122004.03 Y 109504.98

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 85B

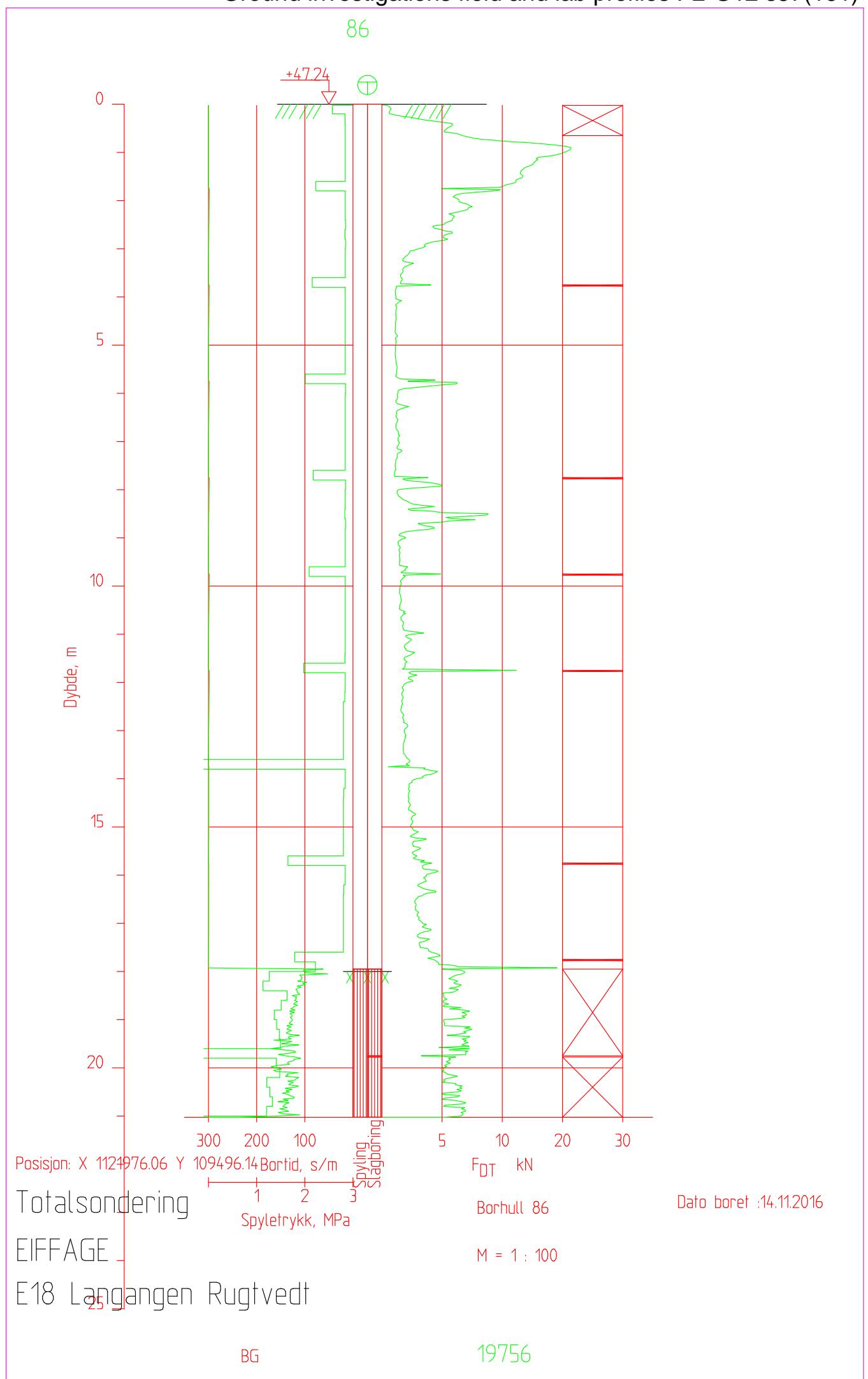
Dato boret :14.11.2016

M = 1 : 100

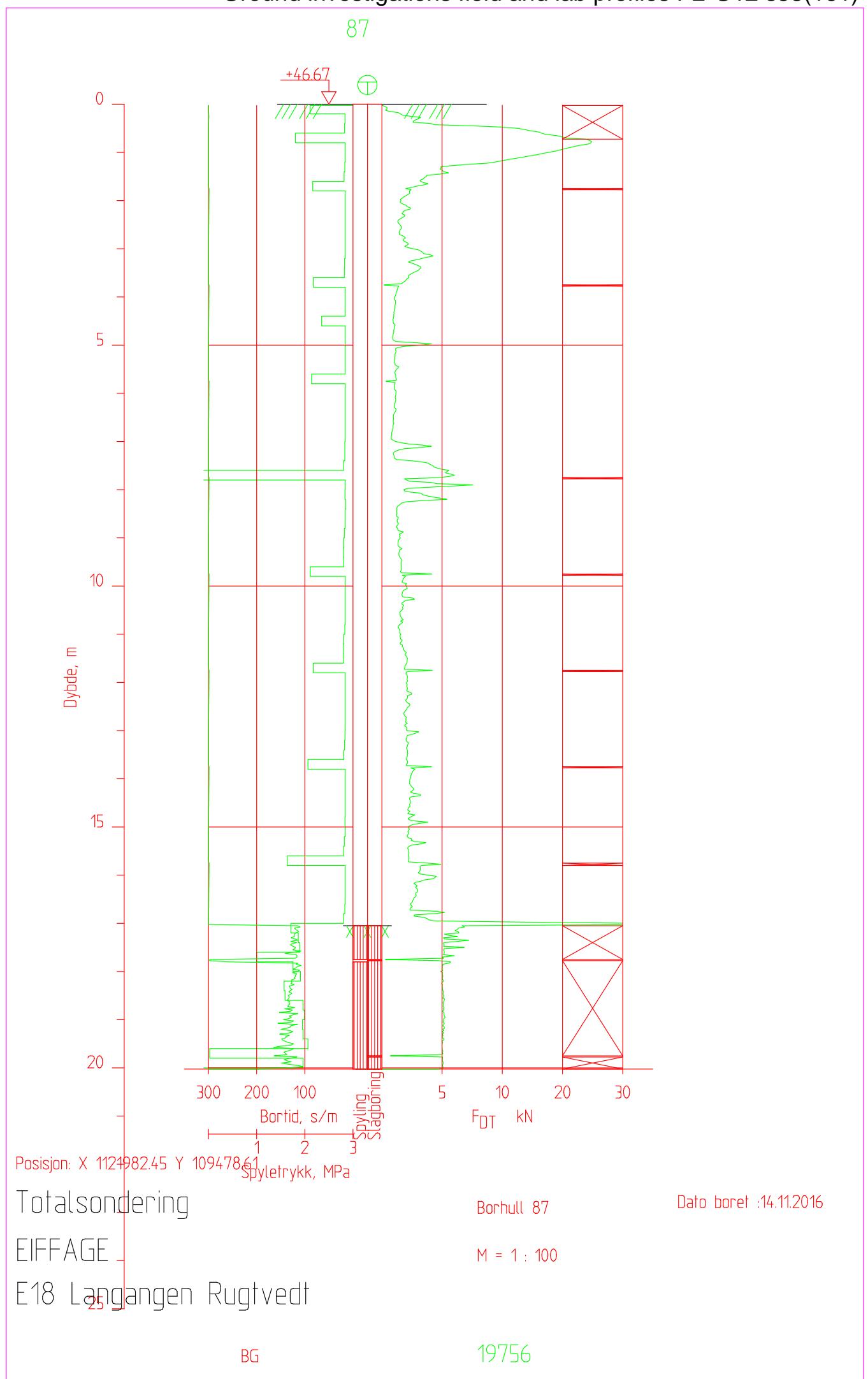
BG

19756

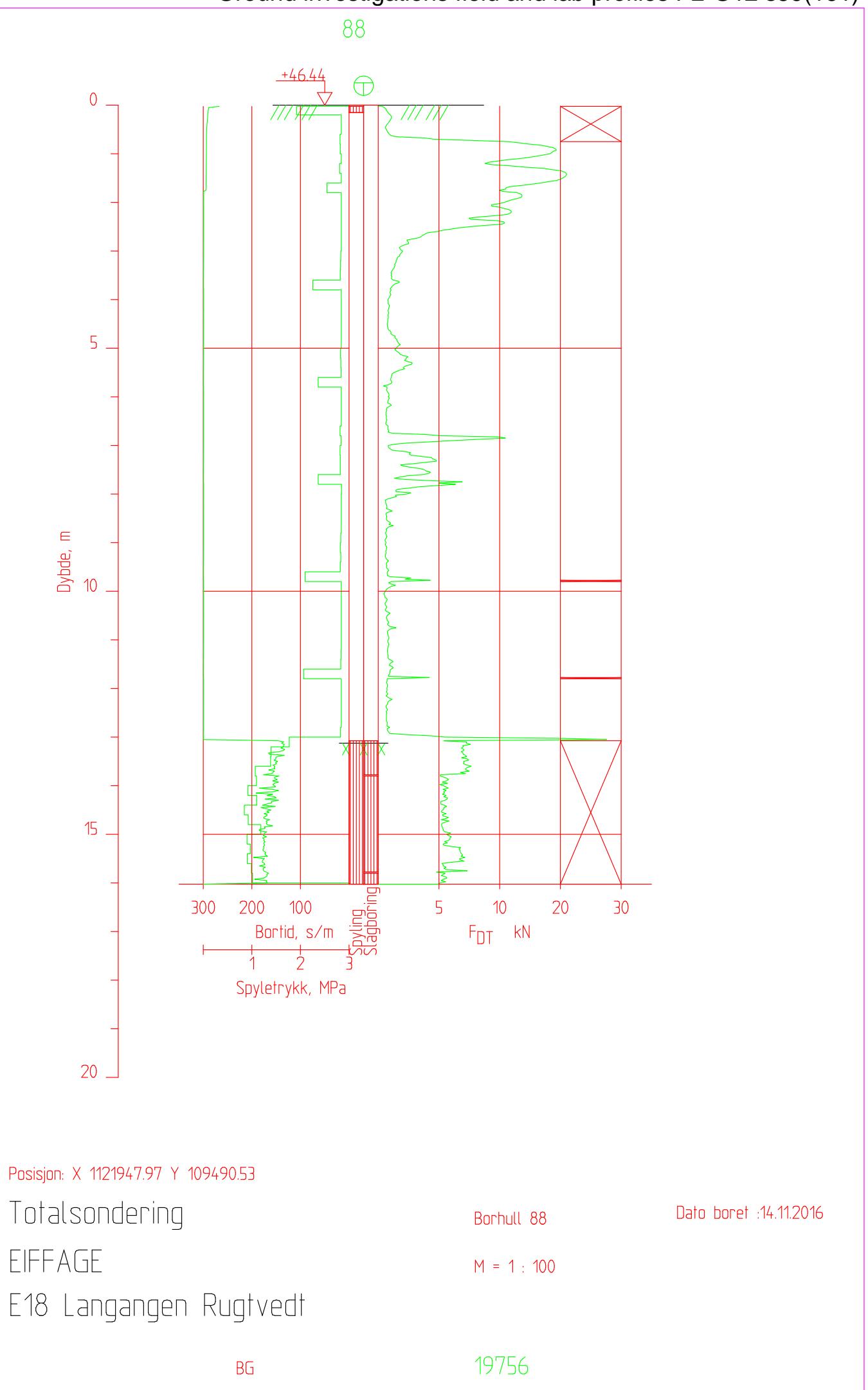
Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s57(161)



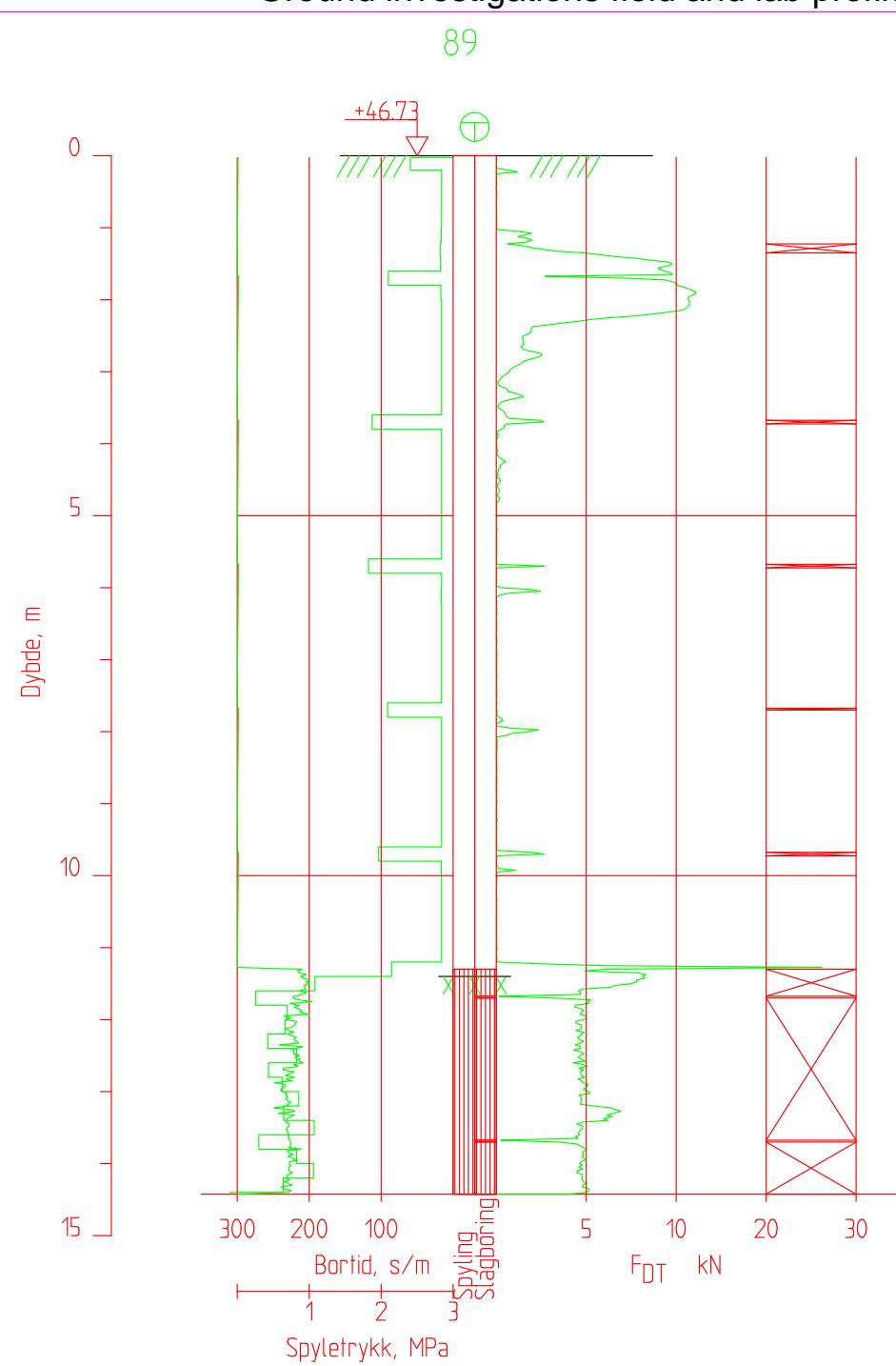
Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s58(161)



Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s59(161)



Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s60(161)



Posisjon: X 1121916.92 Y 109486.36

Totalsondering

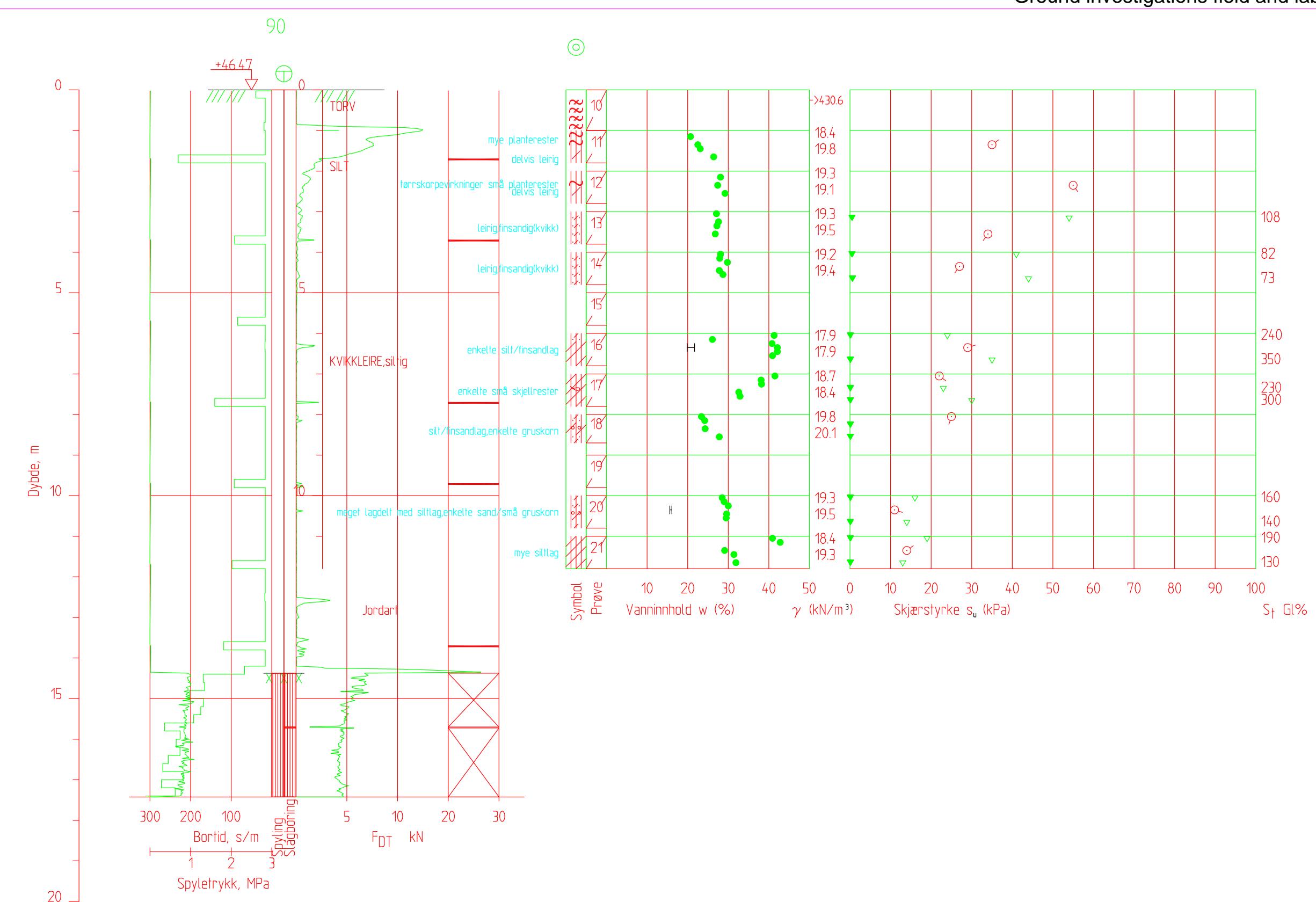
EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 89

M = 1 : 100

Dato boret :15.11.2016



Posisjon: X 1121928.83 Y 109474.55

Totalsondering Borprofil

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhyll 90

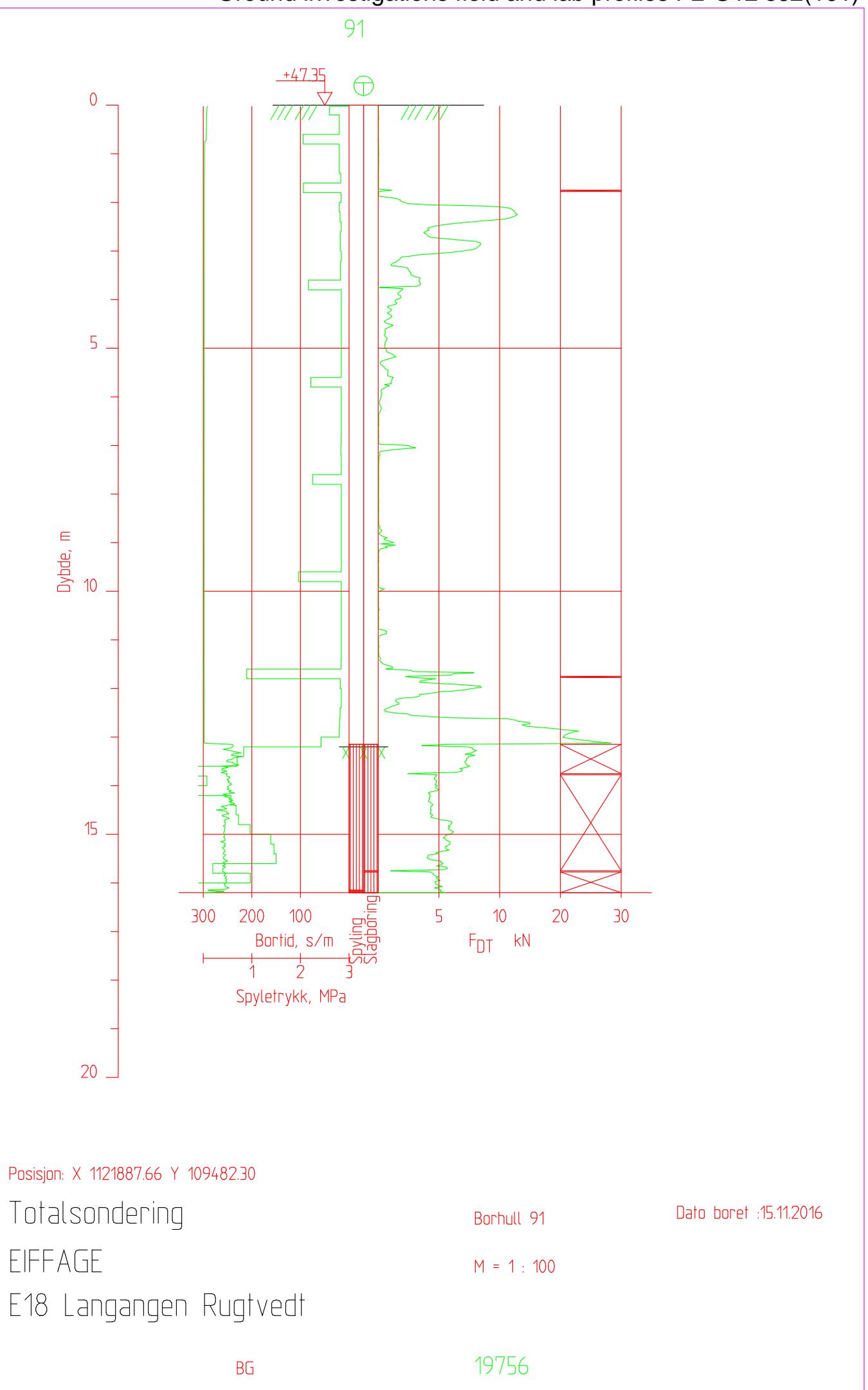
Dato boret :15.11.2016

M = 1 : 100

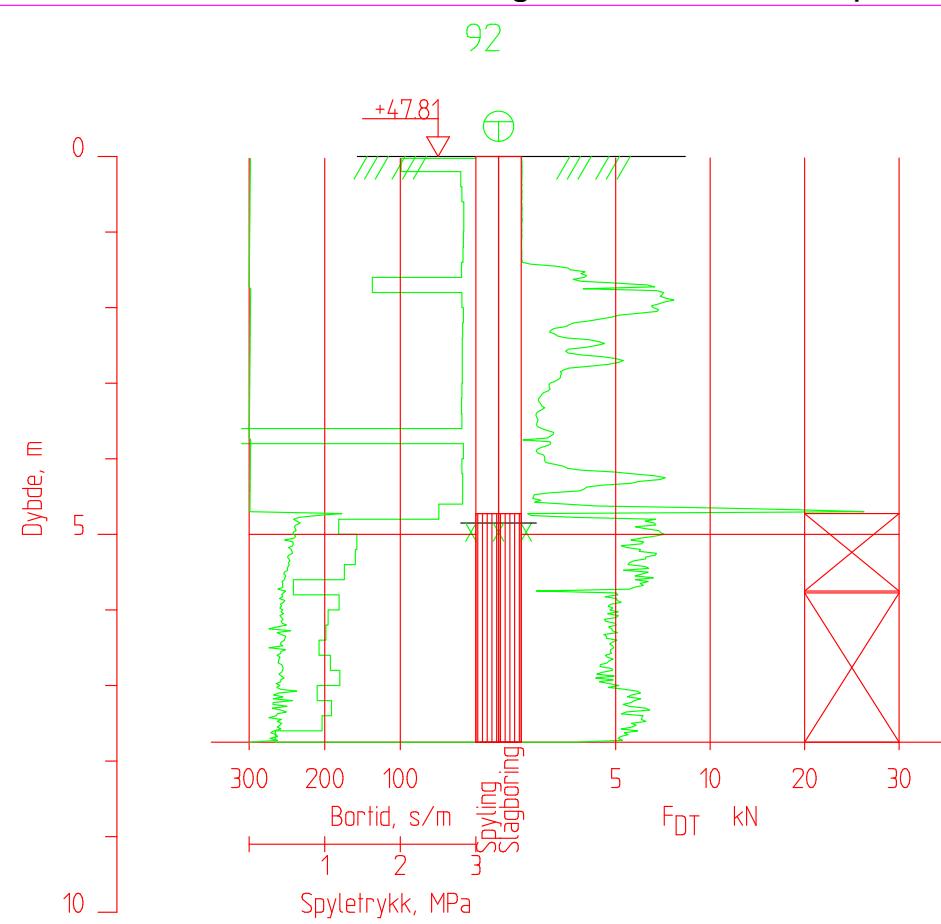
BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s62(161)



Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s63(161)



Posisjon: X 1121855.88 Y 109478.53

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 92

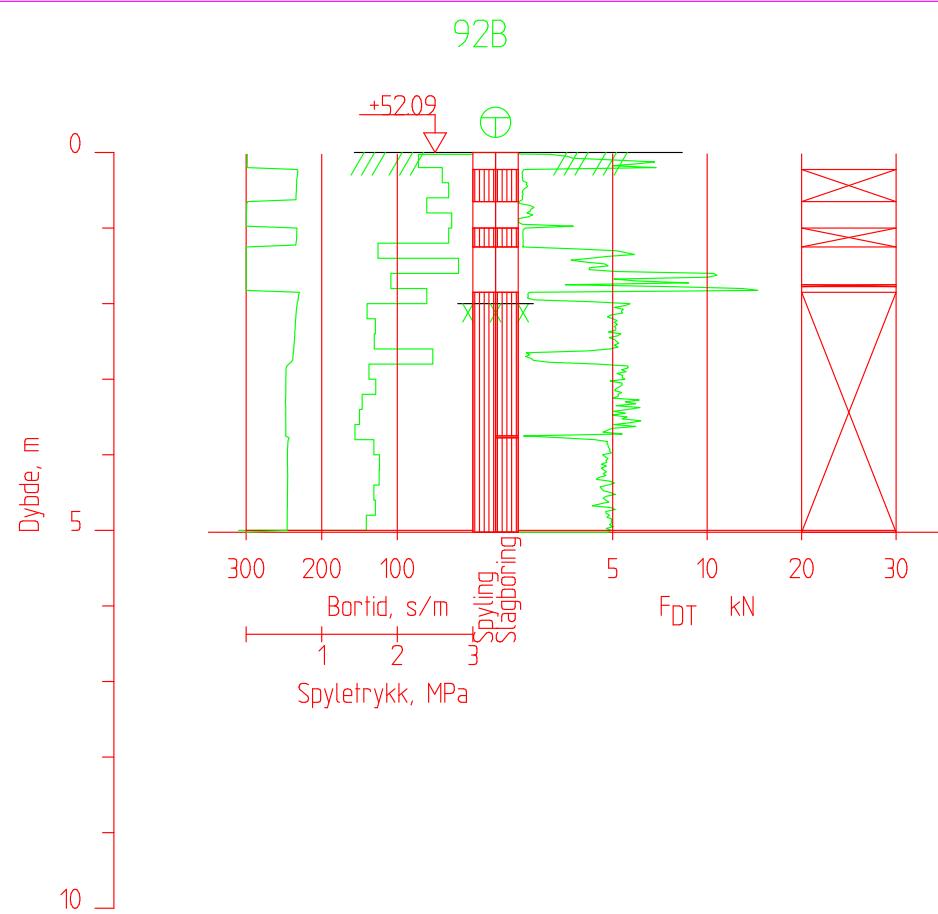
Dato boret :15.11.2016

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s64(161)



Posisjon: X 1121809.26 Y 109467.01

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 92B

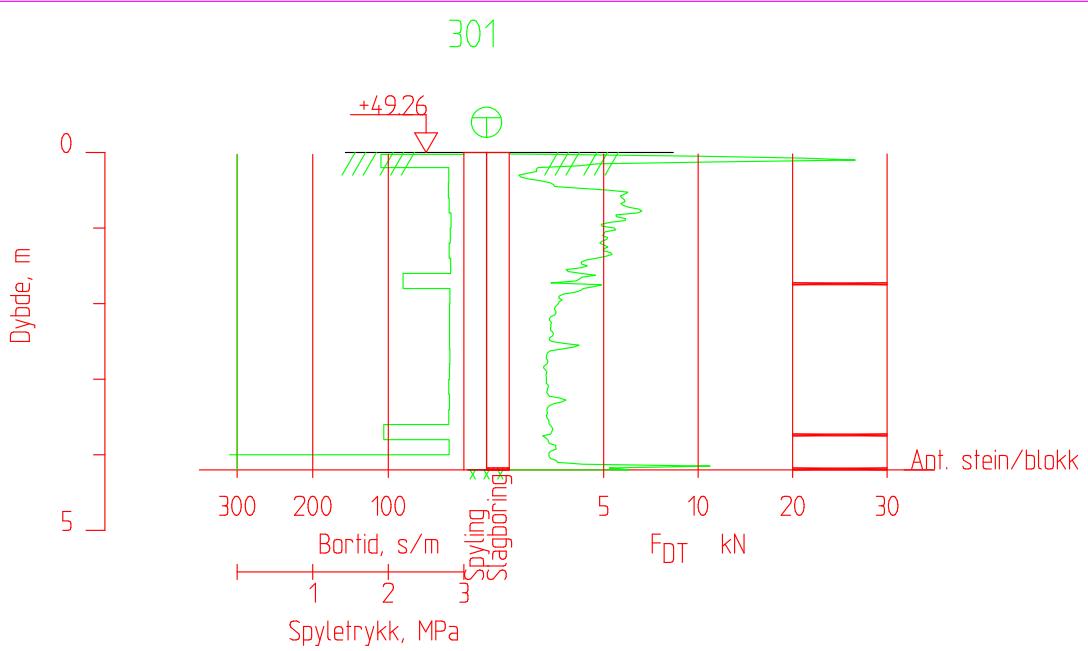
Dato boret :15.11.2016

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s65(161)



Posisjon: X 1122033.79 Y 109493.08

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 301

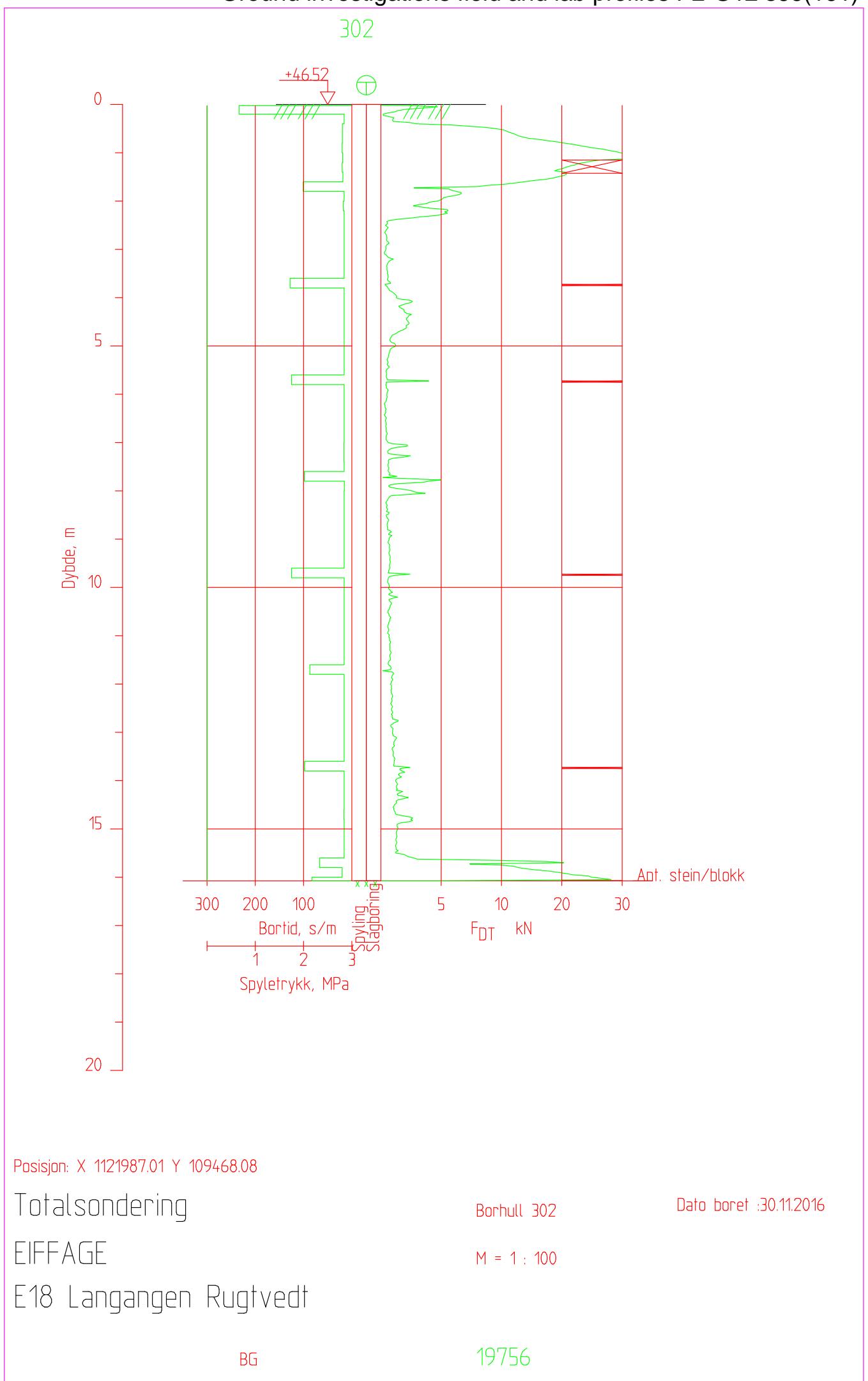
Dato boret :30.11.2016

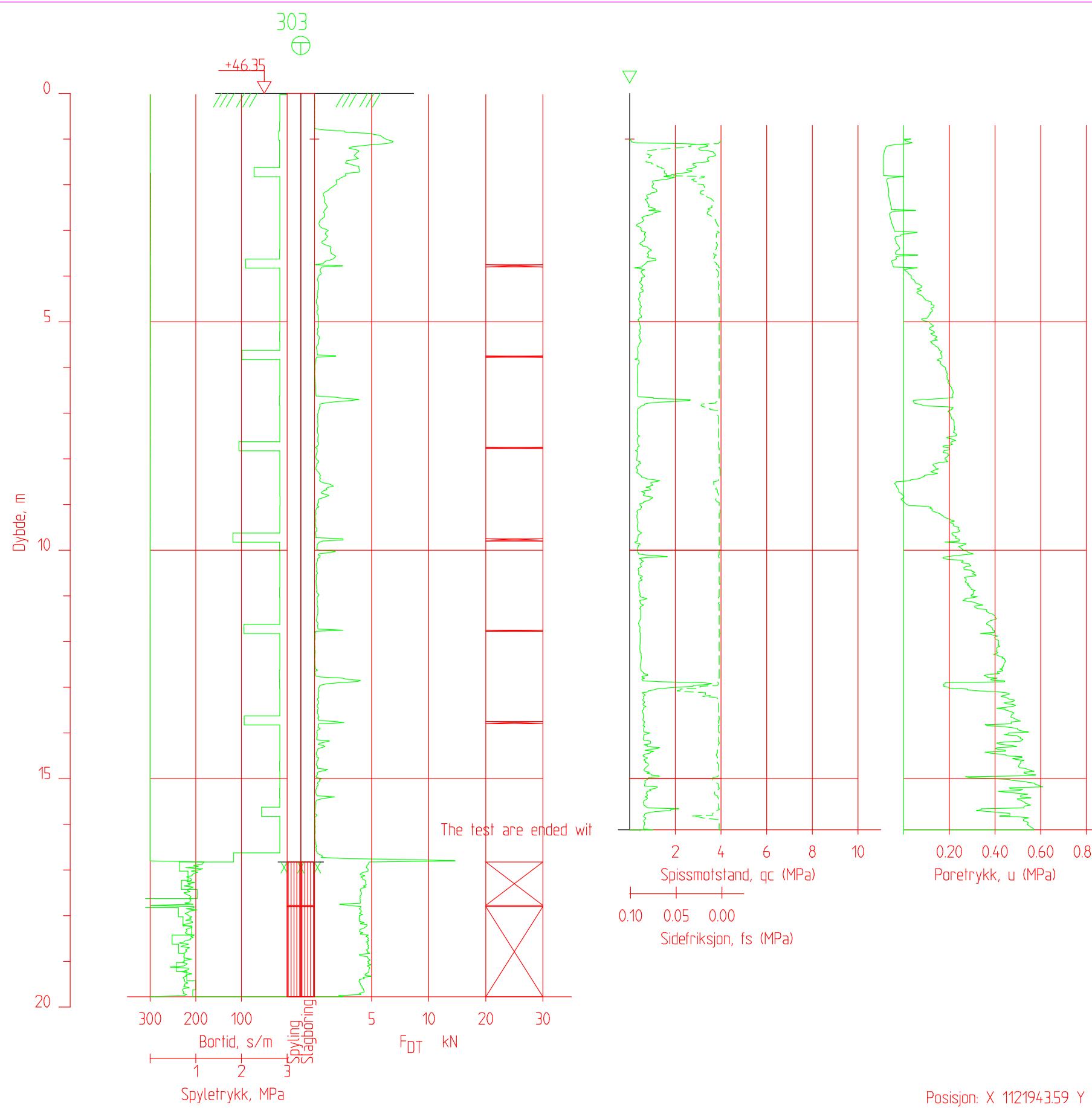
M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s66(161)





Posisjon: X 1121943.59 Y 109458.43

Totalsondering CPT-sondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

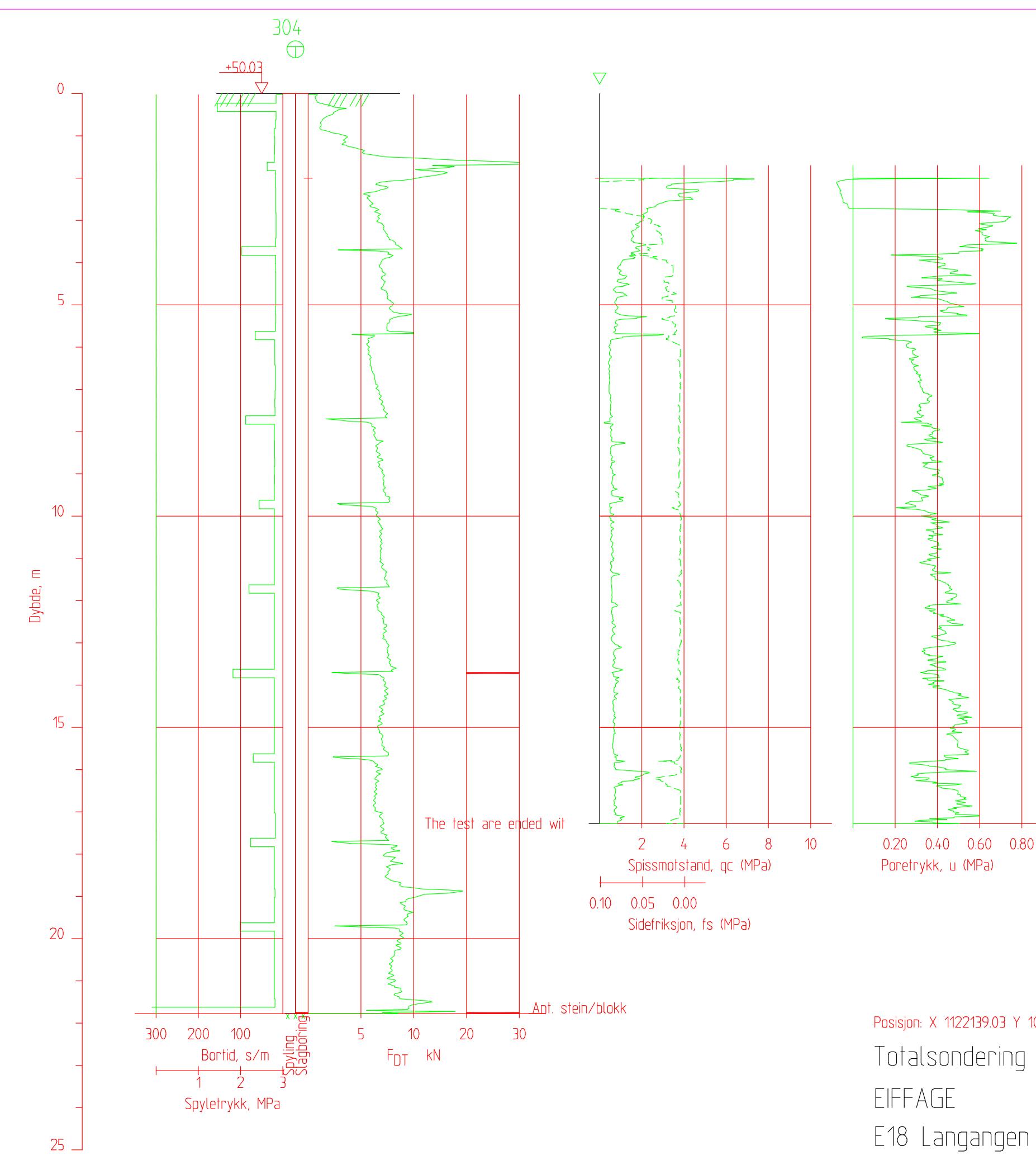
Borhull 303

Dato boret :14.02.2017

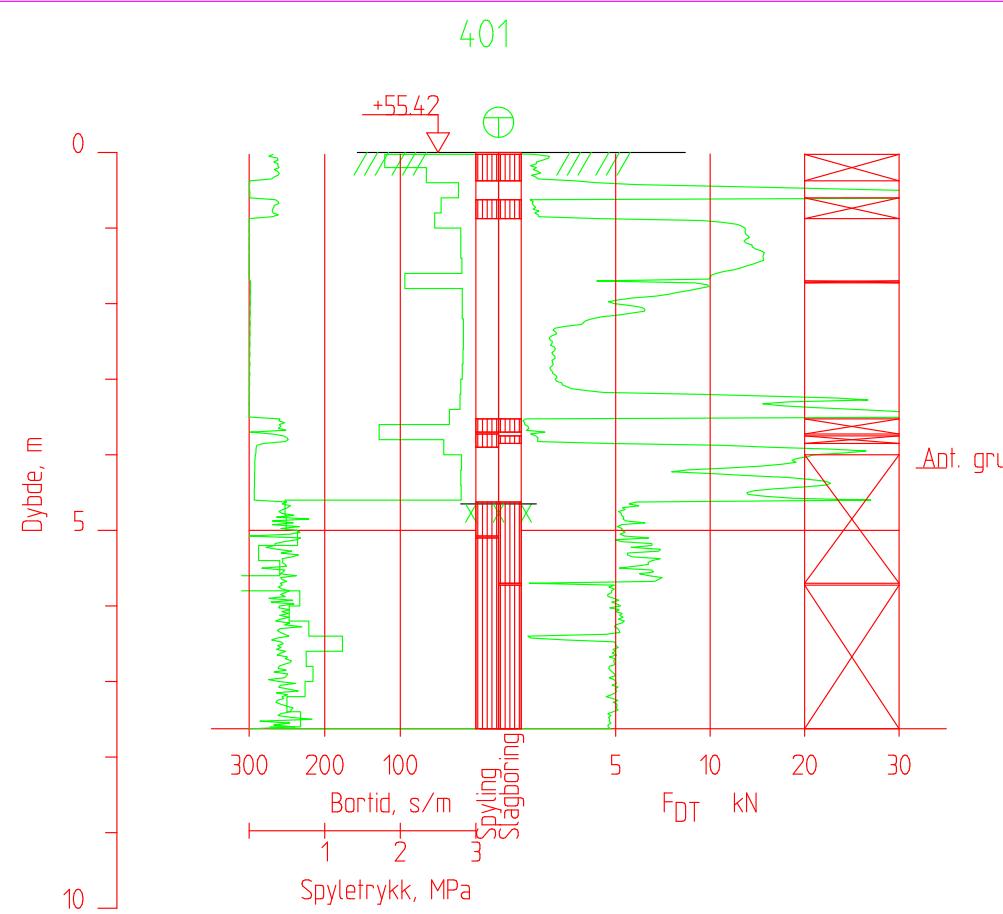
M = 1 : 100

BG

19756



Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s69(161)



Posisjon: X 1121739.87 Y 109525.26

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 401

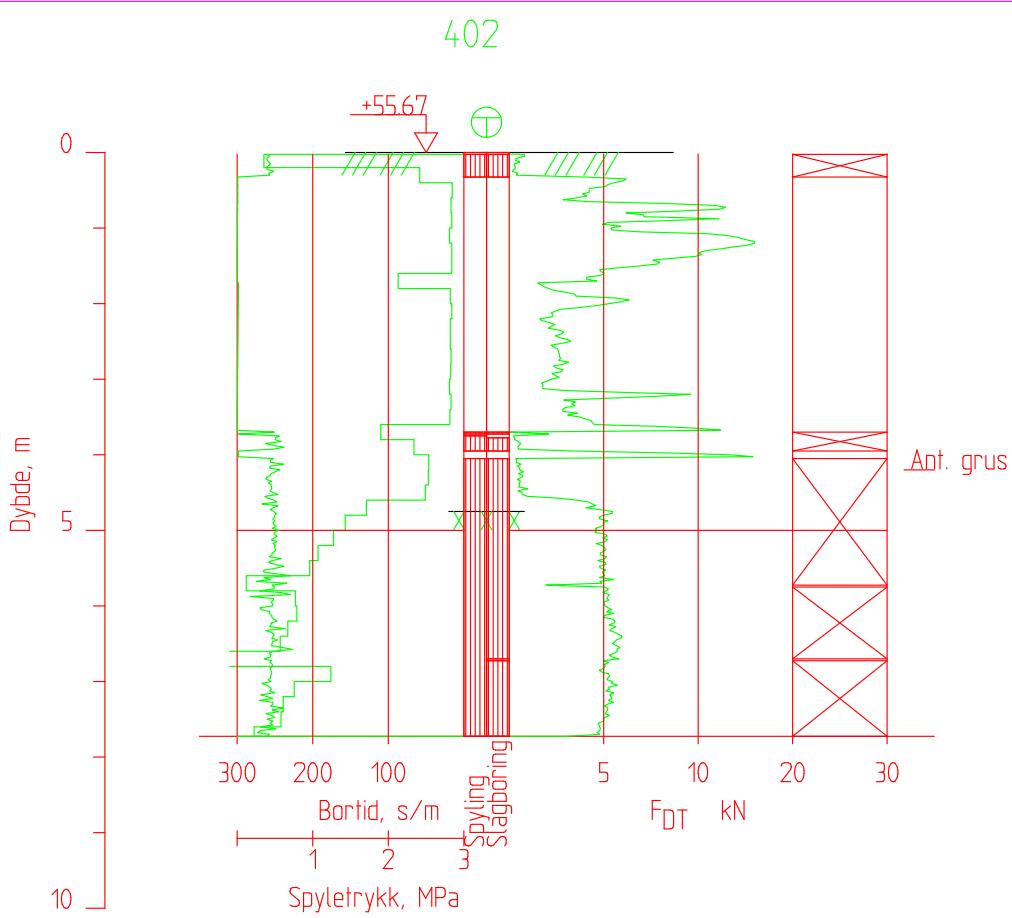
Dato boret :26.01.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s70(161)



Posisjon: X 1121709.51 Y 109519.00

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 402

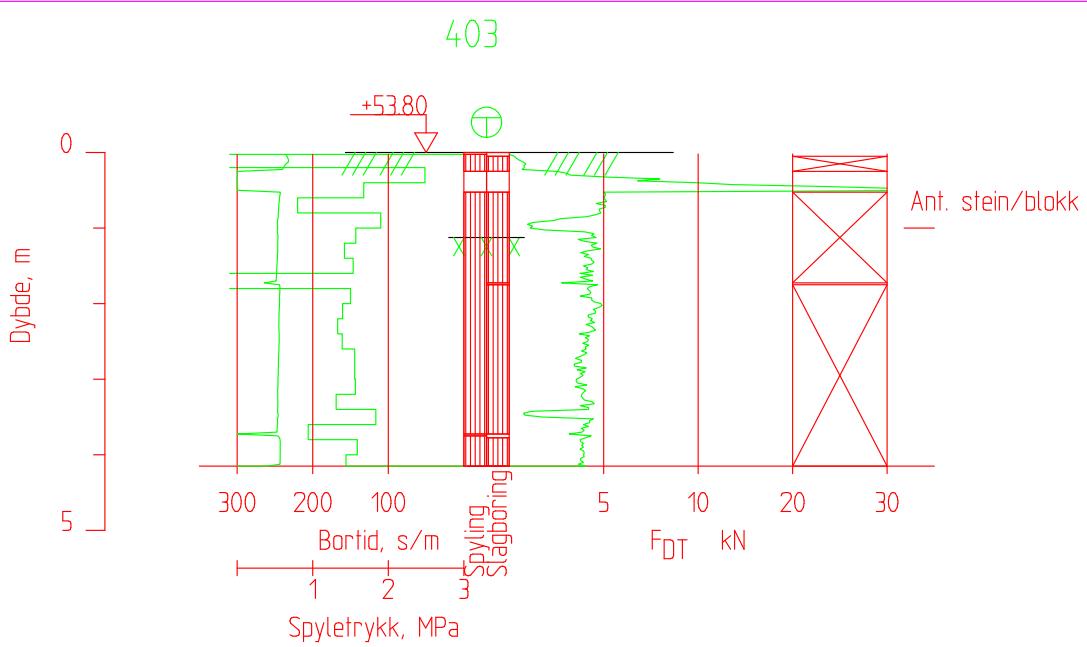
Dato boret :26.01.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s71(161)



Posisjon: X 1121708.30 Y 109529.30

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 403

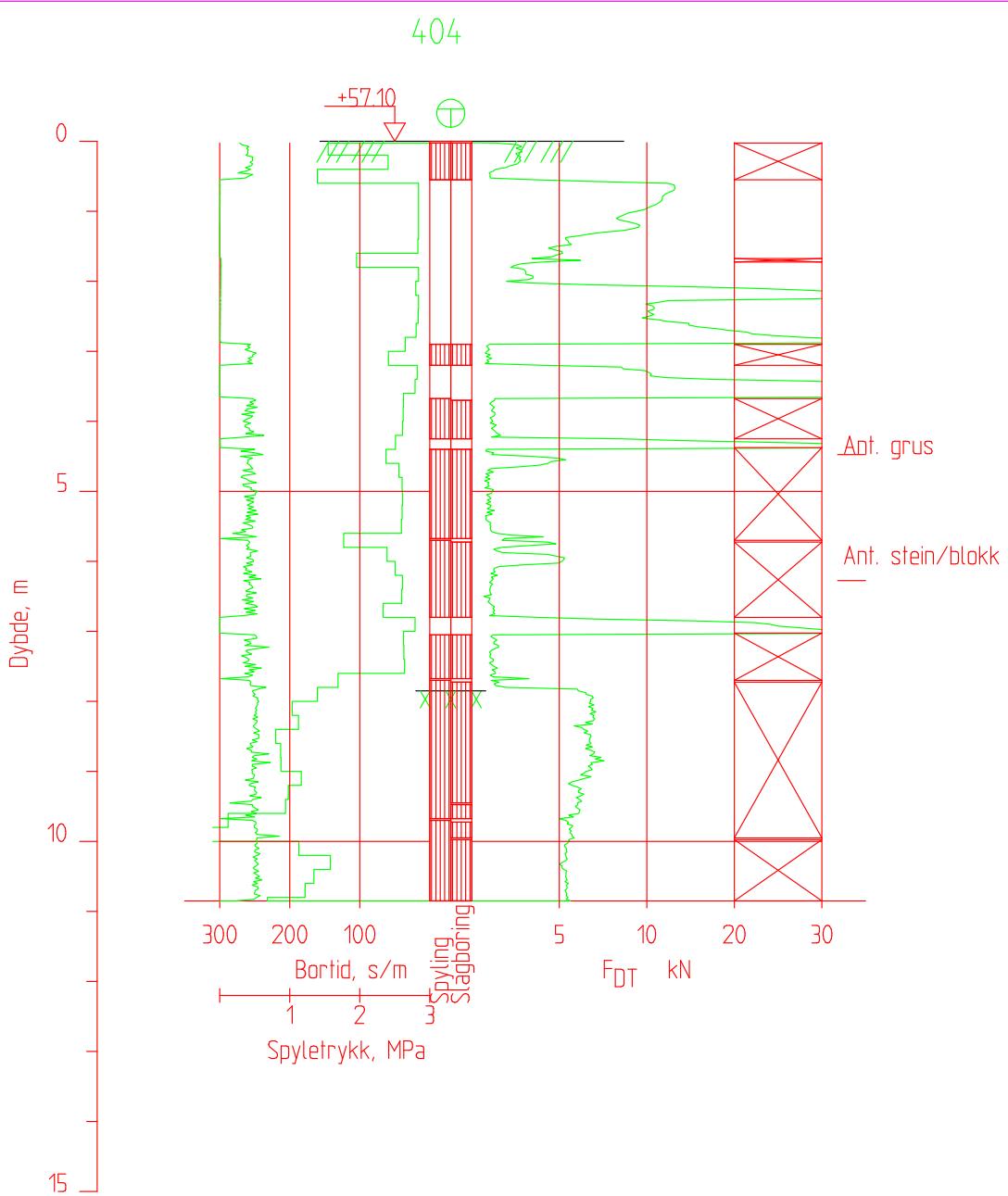
Dato boret :08.02.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s72(161)



Posisjon: X 1121678.27 Y 109513.49

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 404

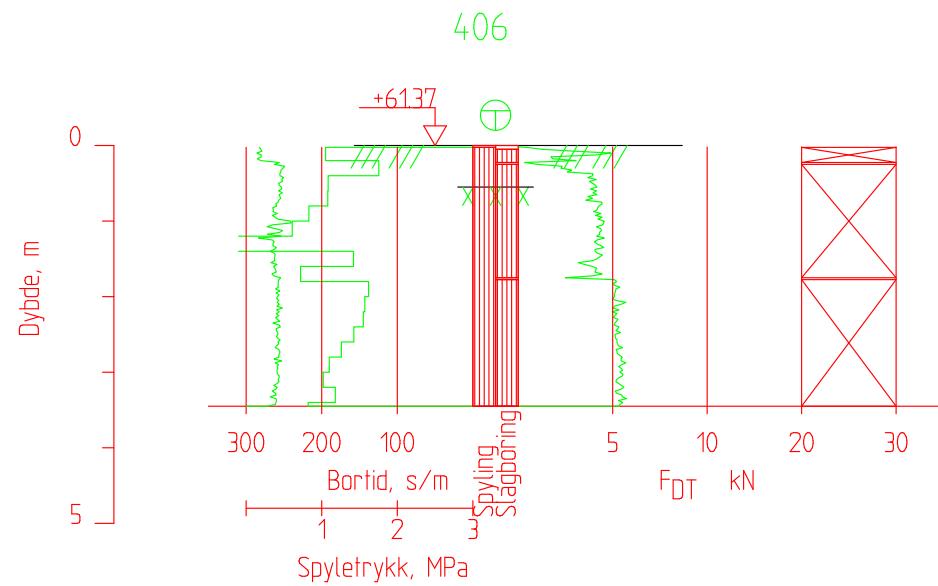
Dato boret :26.01.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s73(161)



Posisjon: X 1121638.03 Y 109510.90

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 406

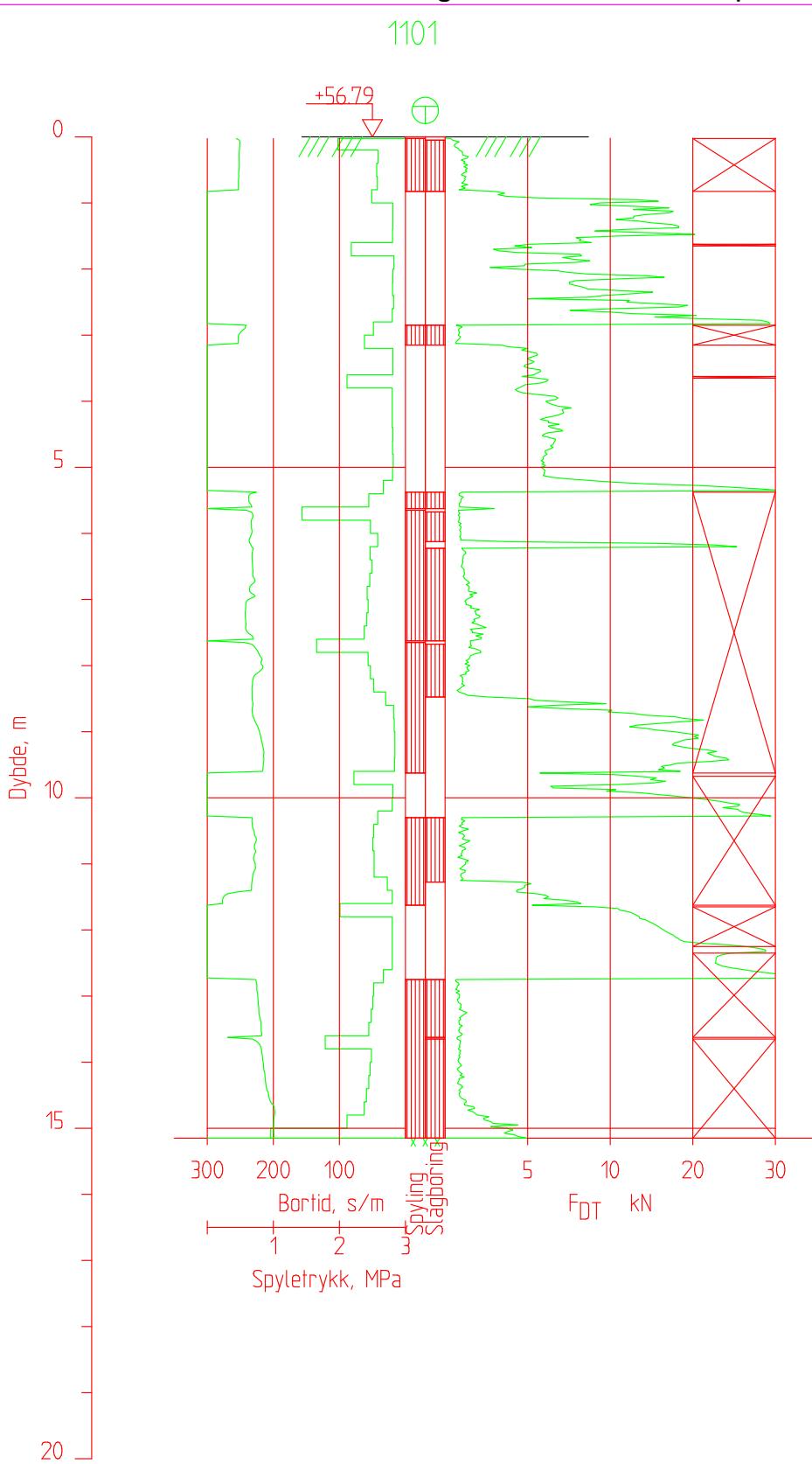
Dato boret :26.01.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s74(161)



Posisjon: X 1122227.55 Y 109532.60

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1101

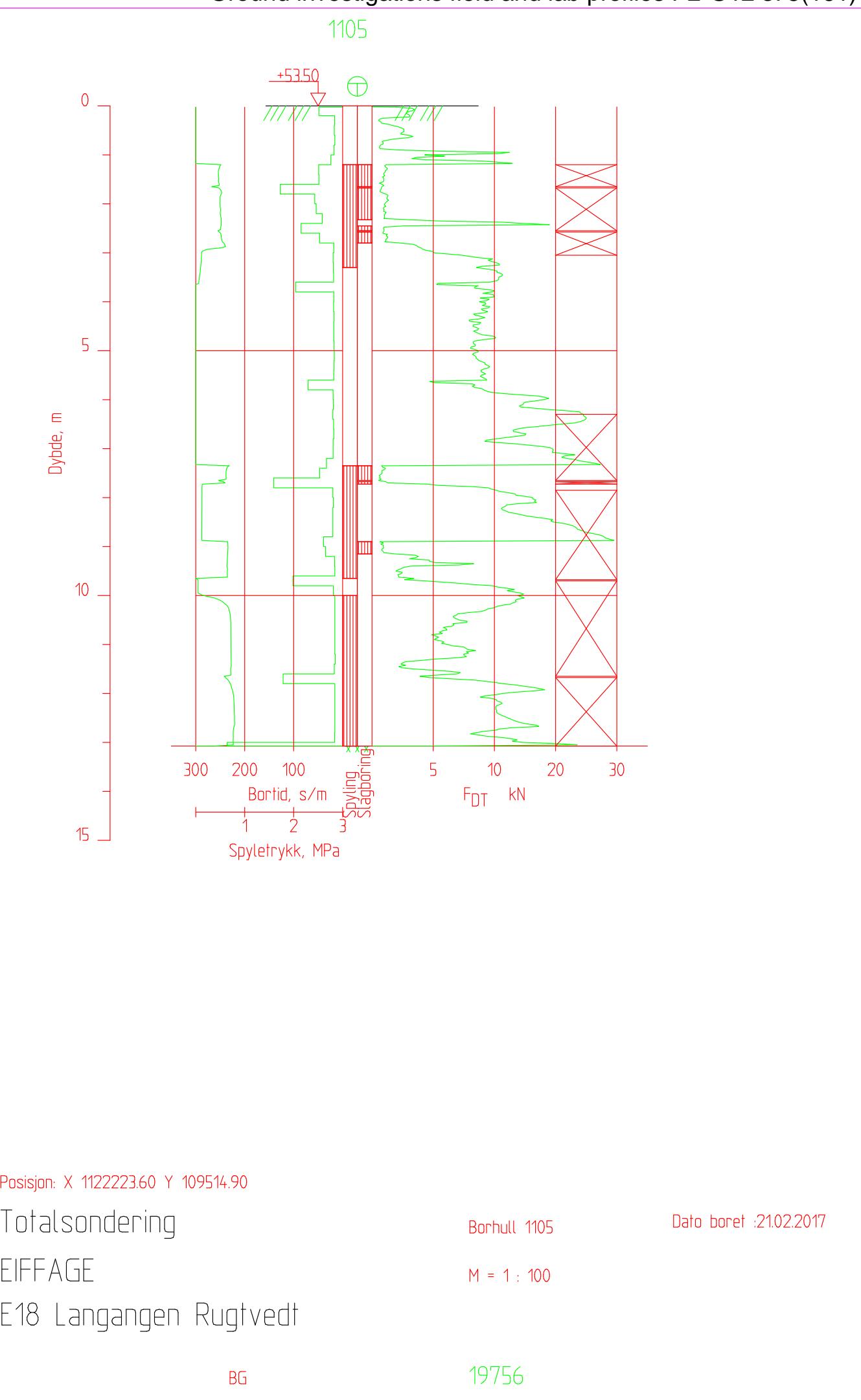
Dato boret :21.02.2017

M = 1 : 100

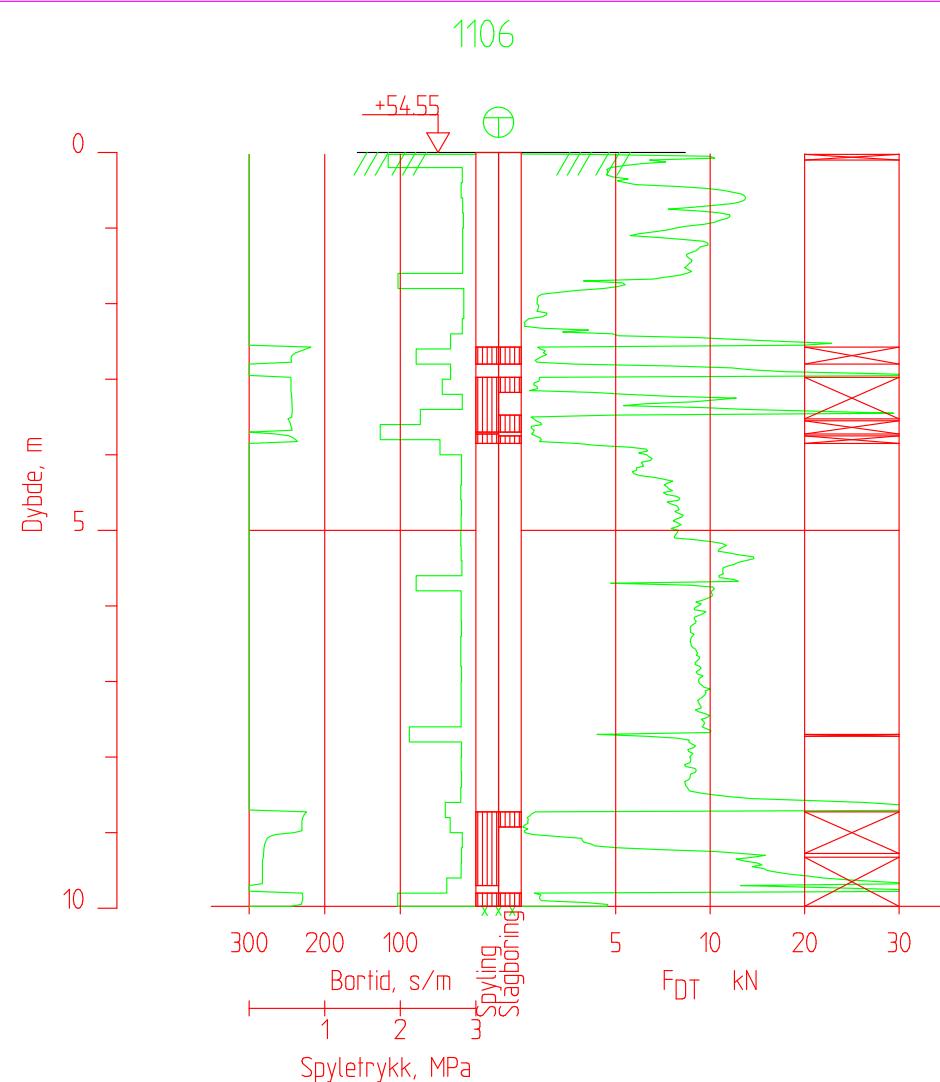
BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s75(161)



Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s76(161)



Posisjon: X 1122211.07 Y 109528.03

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1106

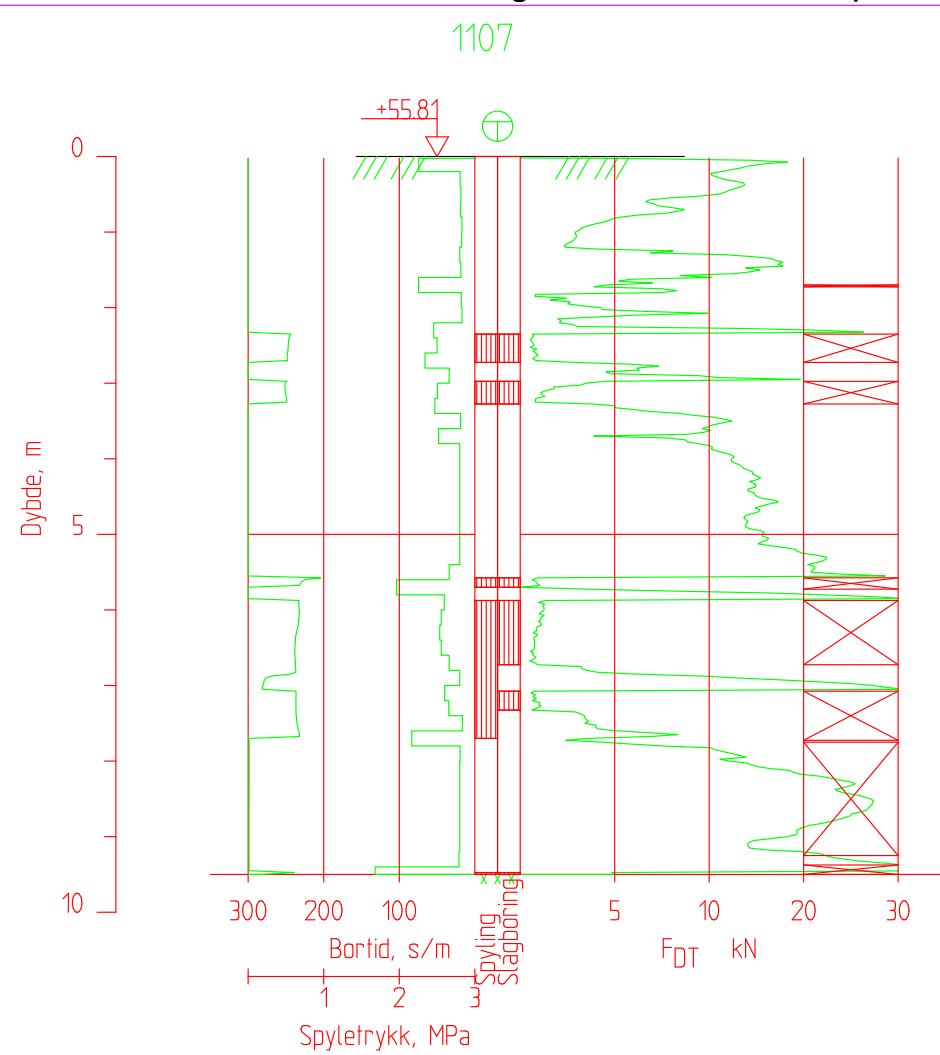
Dato boret :21.02.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s77(161)



Posisjon: X 1122207.06 Y 109544.12

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1107

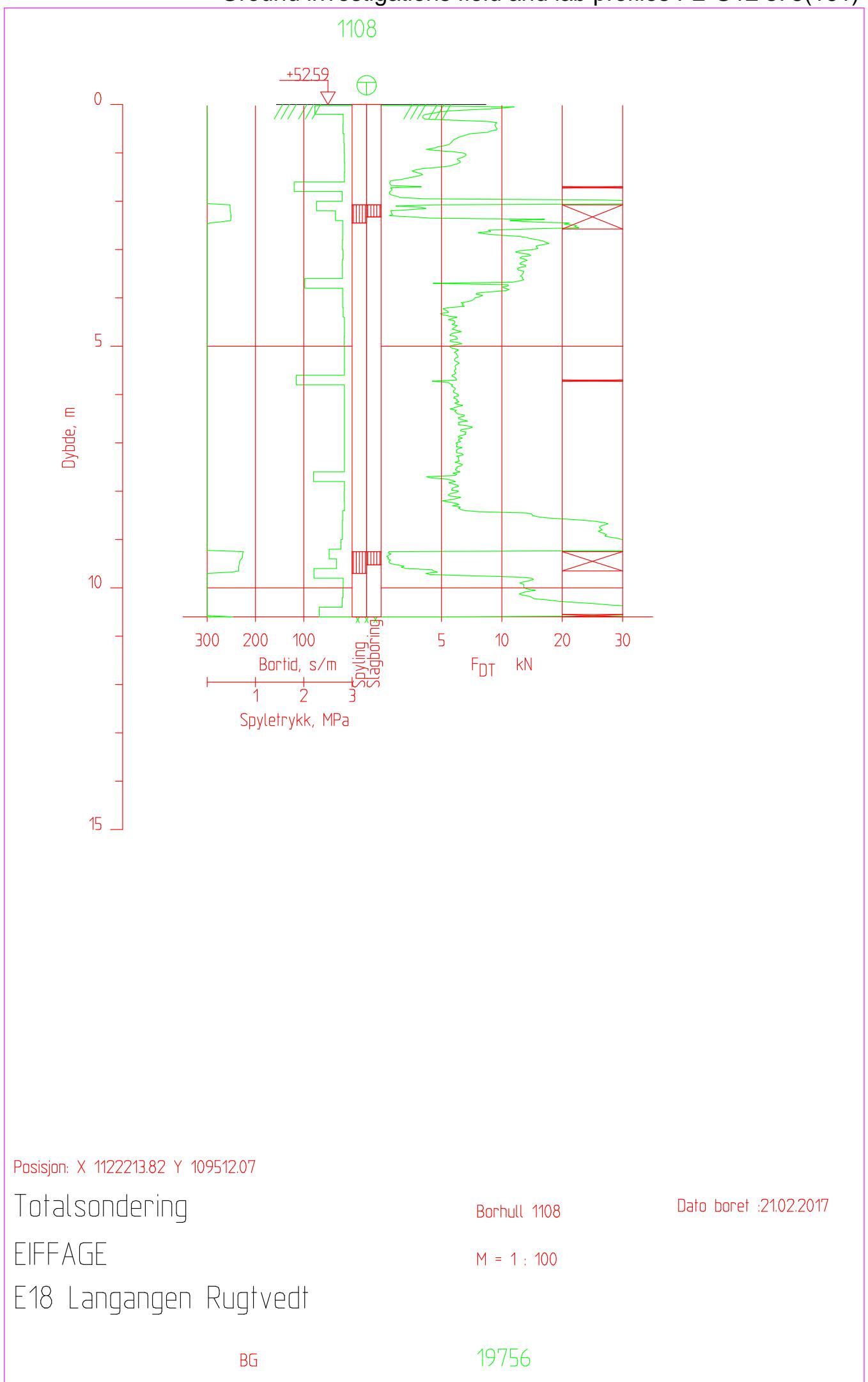
Dato boret :21.02.2017

M = 1 : 100

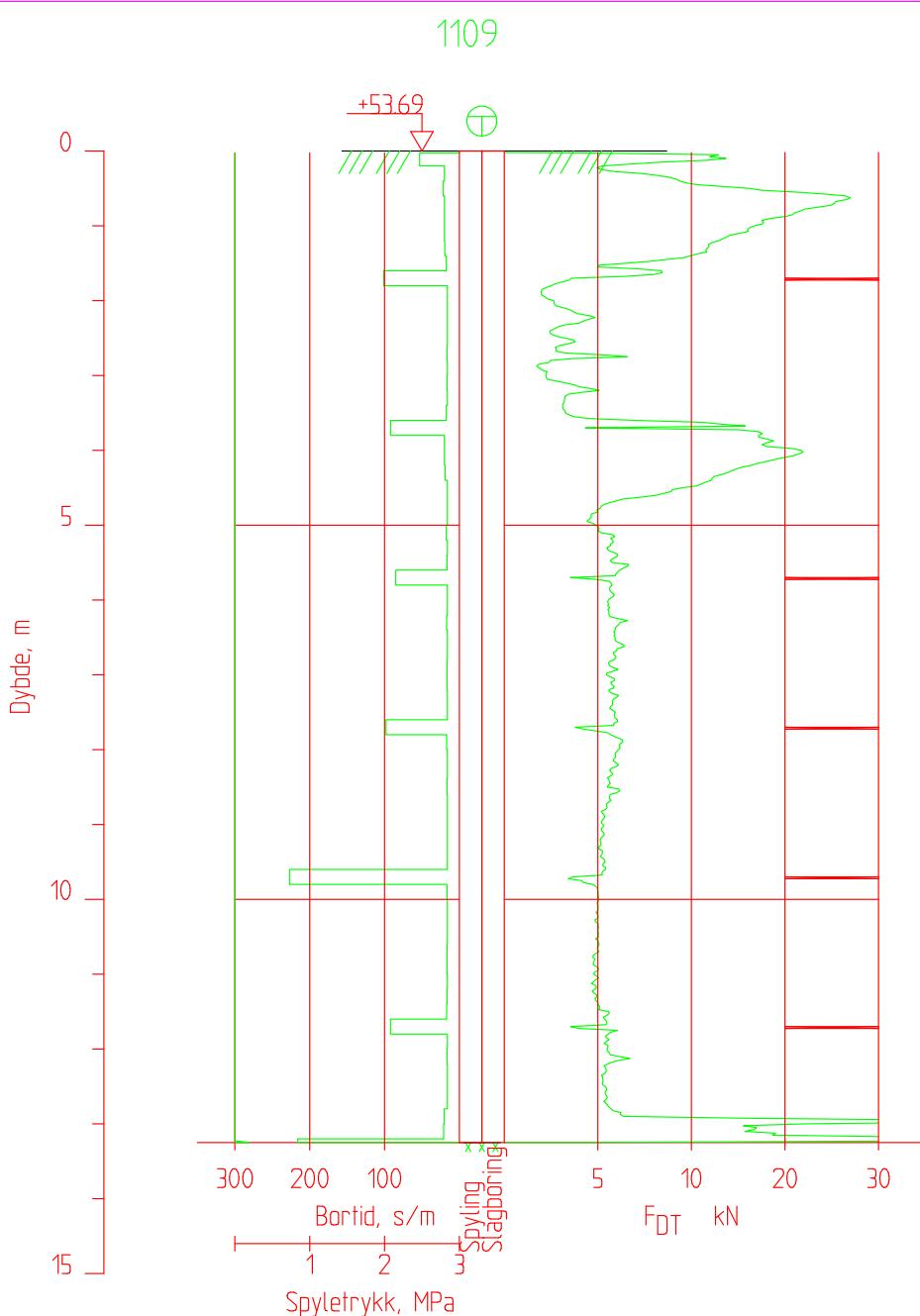
BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s78(161)



Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s79(161)



Posisjon: X 1122201.37 Y 109525.69

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1109

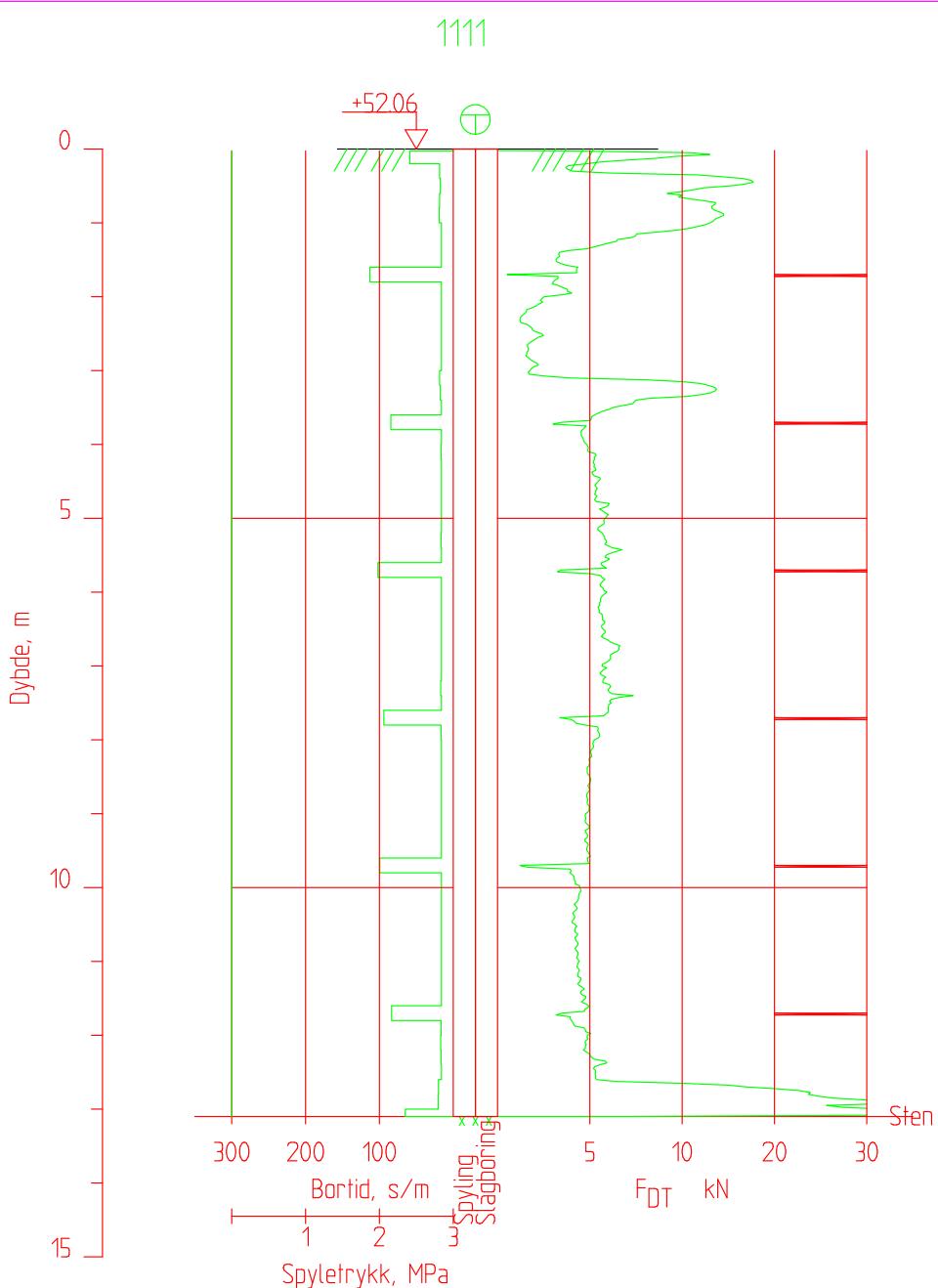
Dato boret :21.02.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s80(161)



Posisjon: X 1122205.55 Y 109509.61

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1111

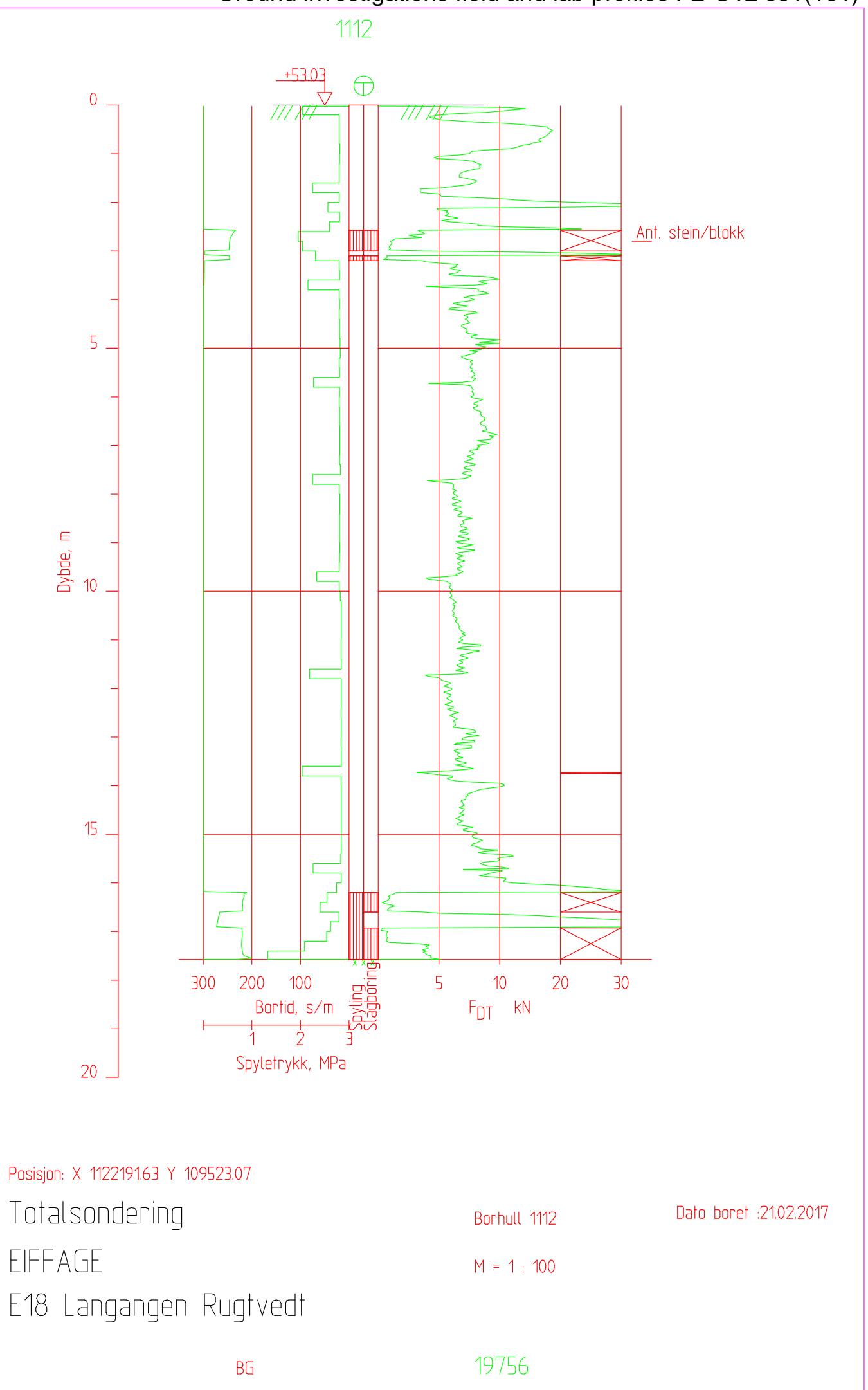
Dato boret :21.02.2017

M = 1 : 100

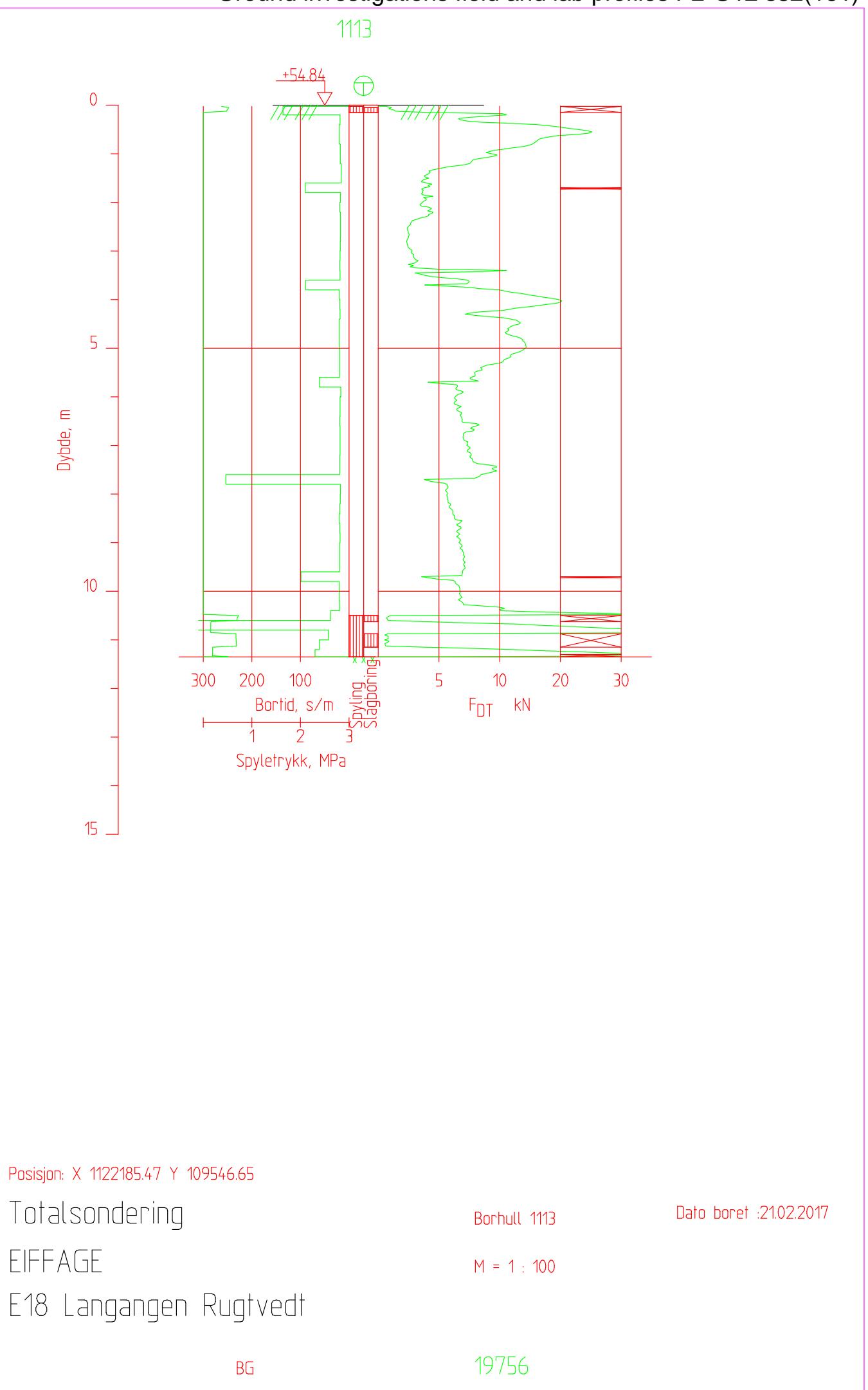
BG

19756

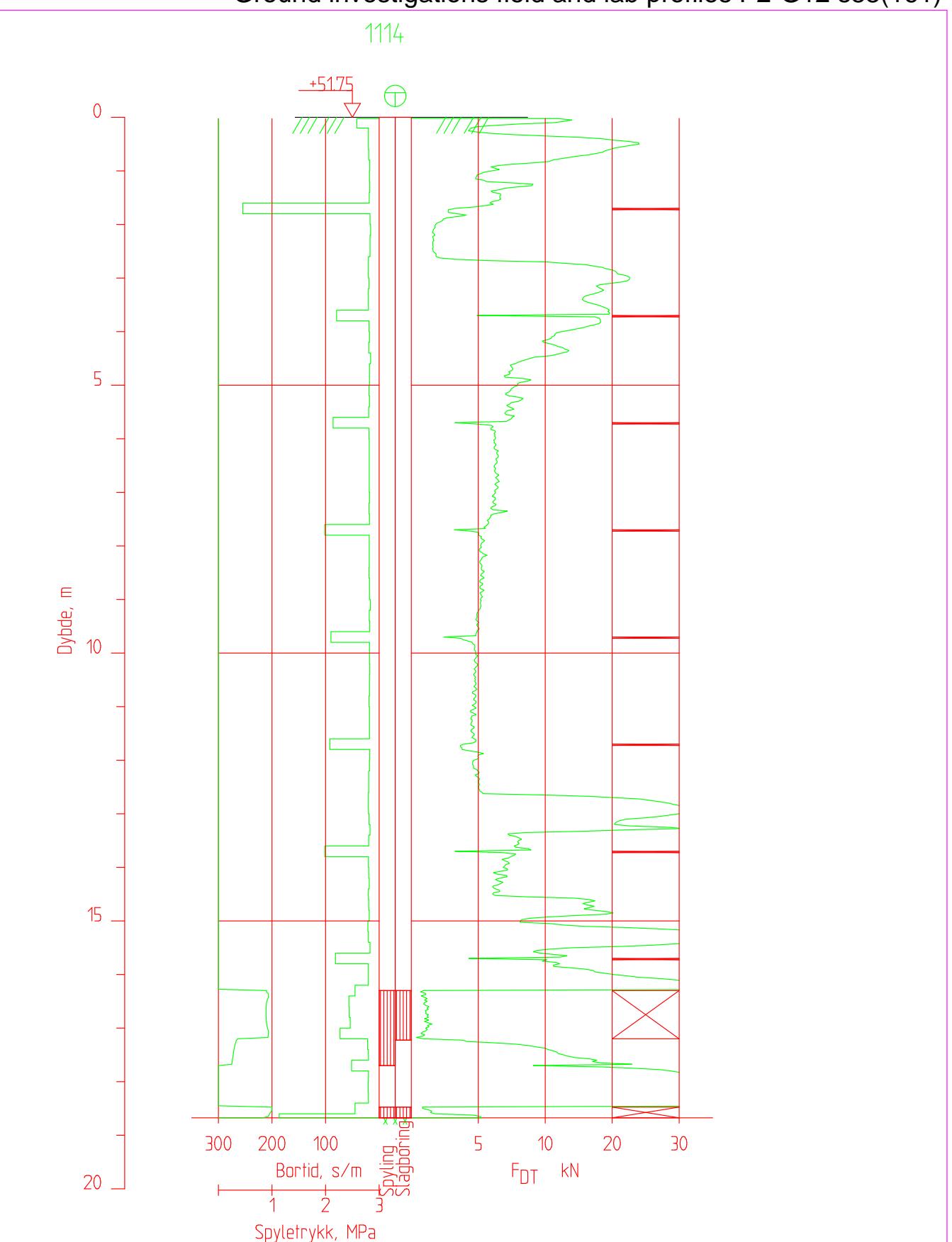
Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s81(161)



Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s82(161)



Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s83(161)



Posisjon: X 1122195.97 Y 109506.73

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1114

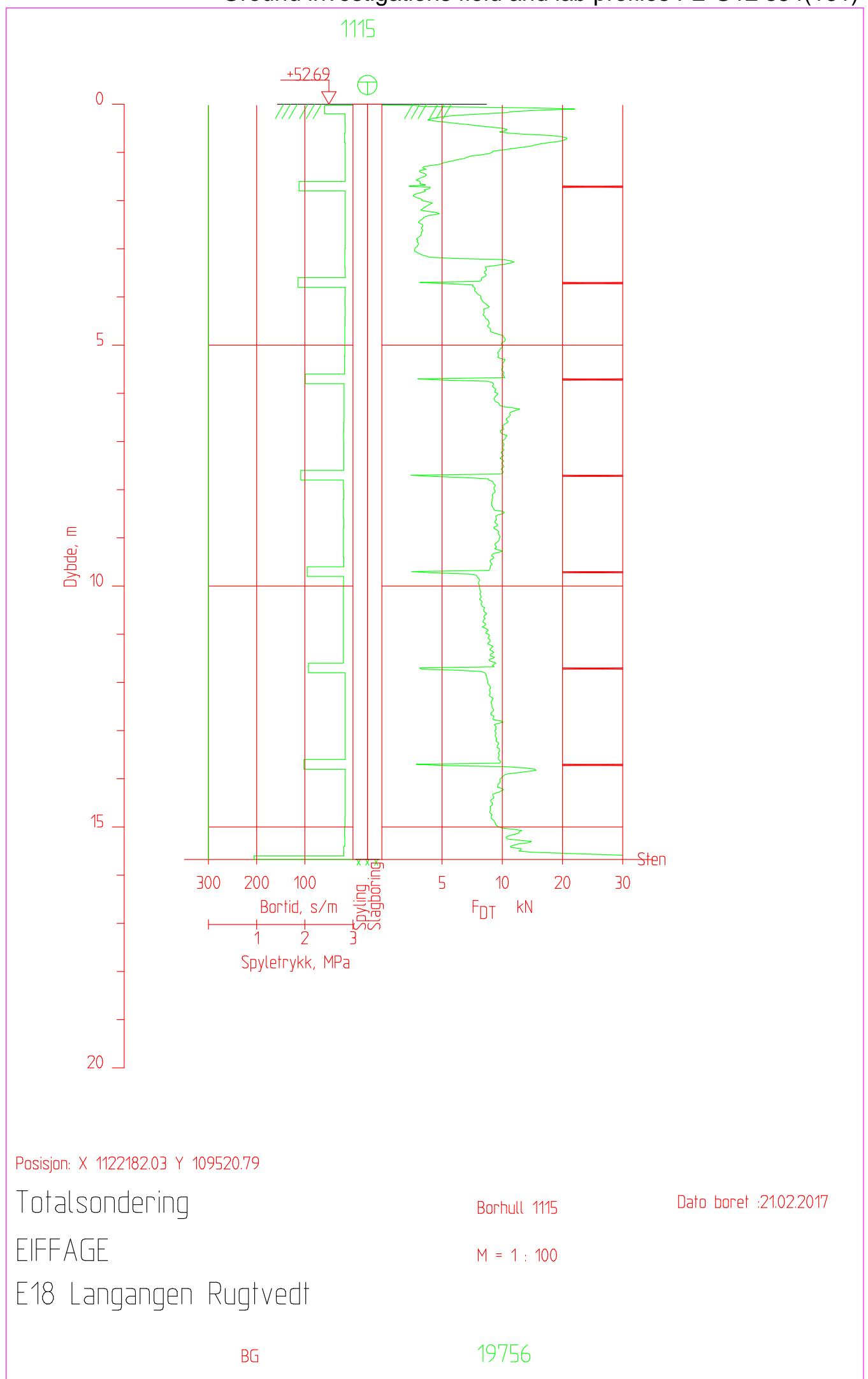
Dato boret :21.02.2017

M = 1 : 100

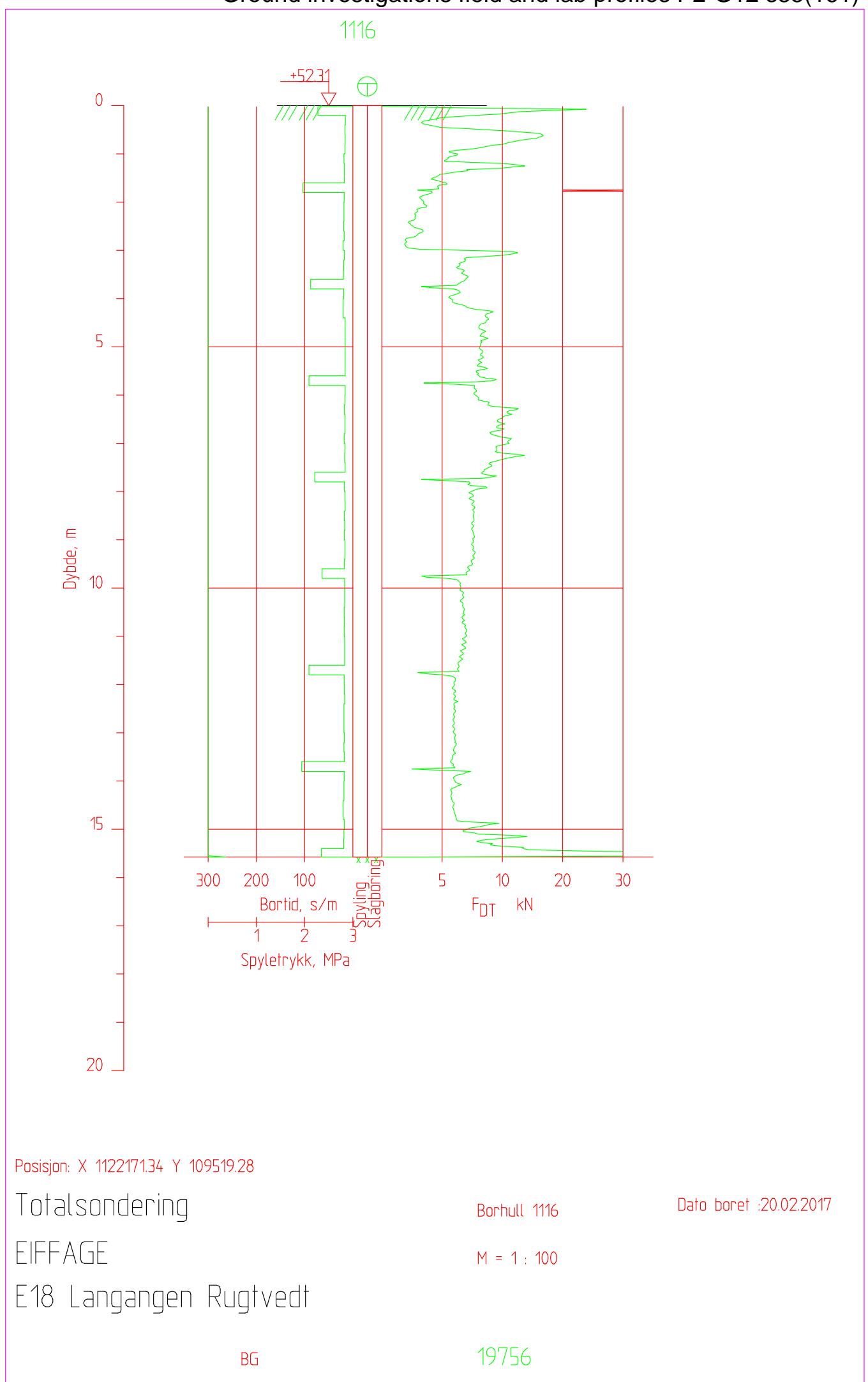
BG

19756

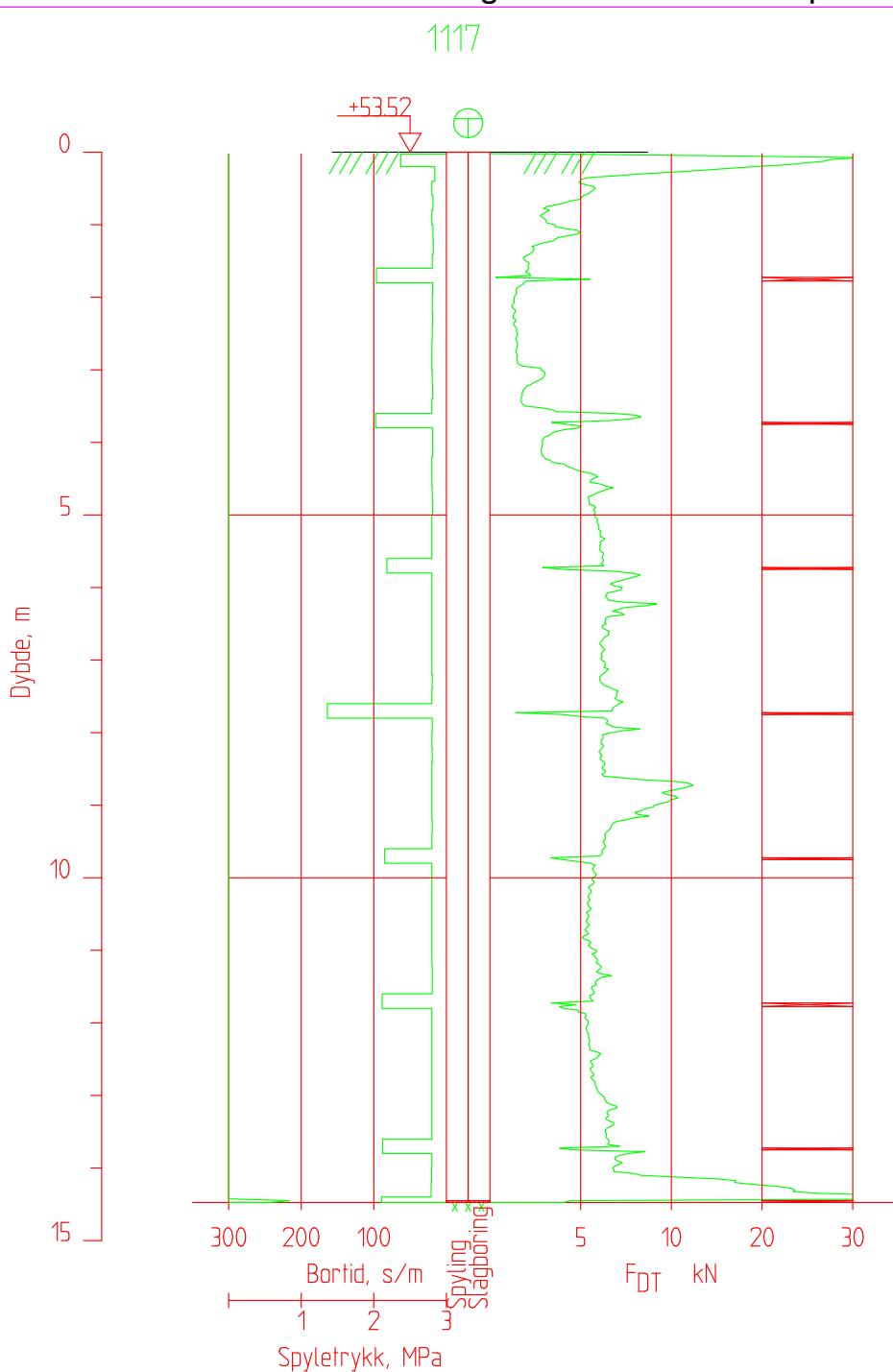
Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s84(161)



Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s85(161)



Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s86(161)



Posisjon: X 1122164.55 Y 109536.11

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1117

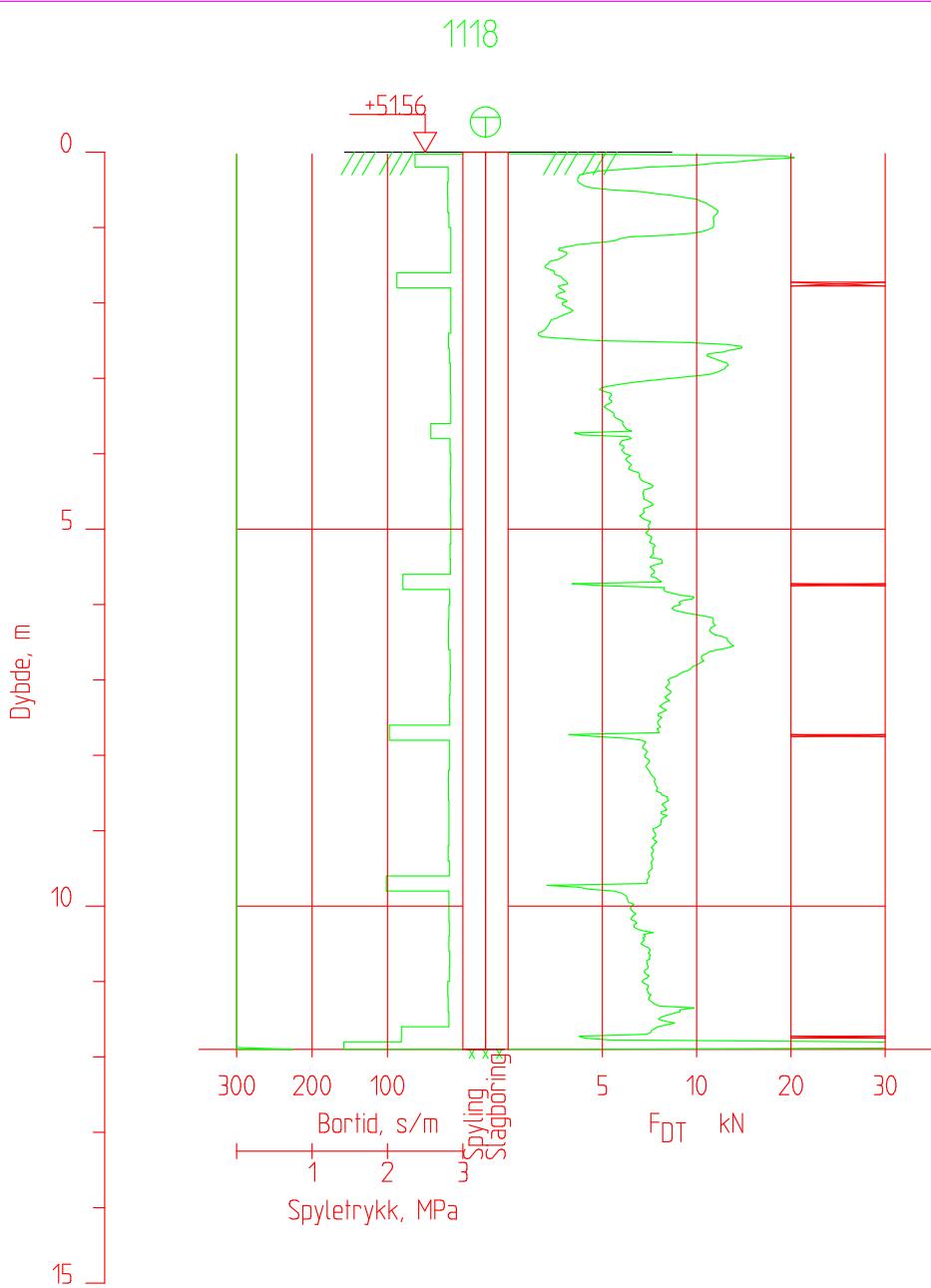
Dato boret :20.02.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s87(161)



Posisjon: X 1122175.97 Y 109503.80

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1118

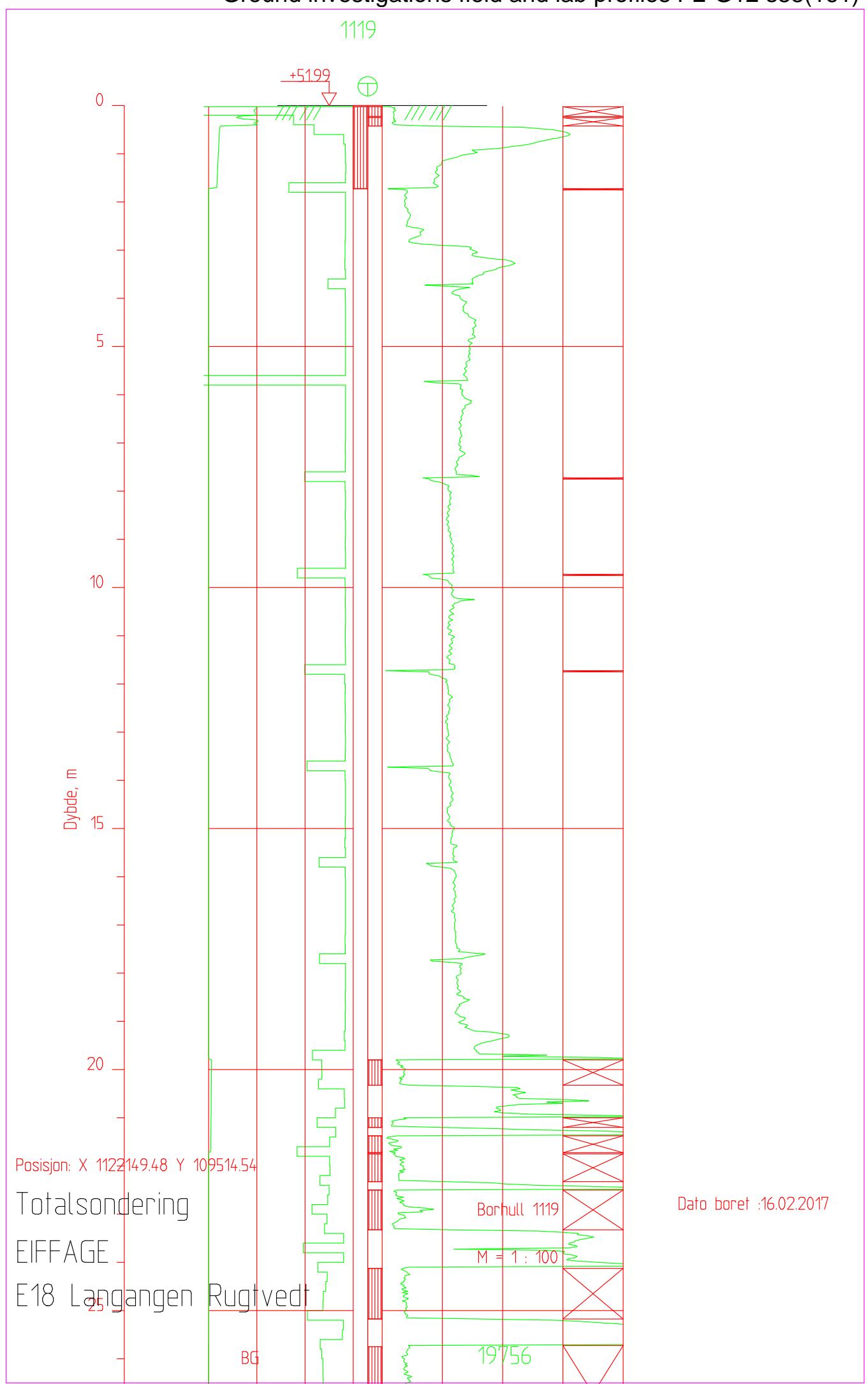
Dato boret :20.02.2017

M = 1 : 100

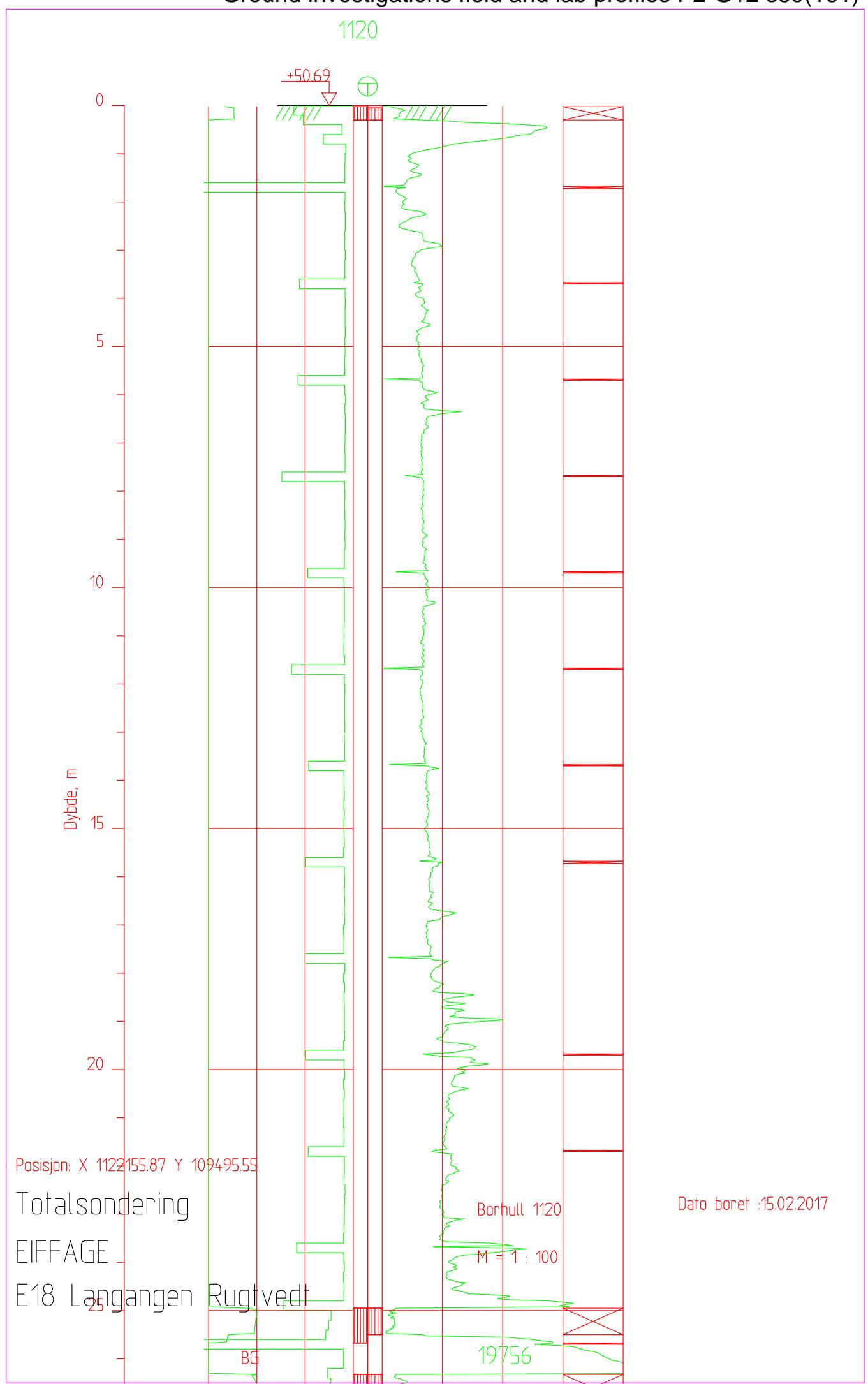
BG

19756

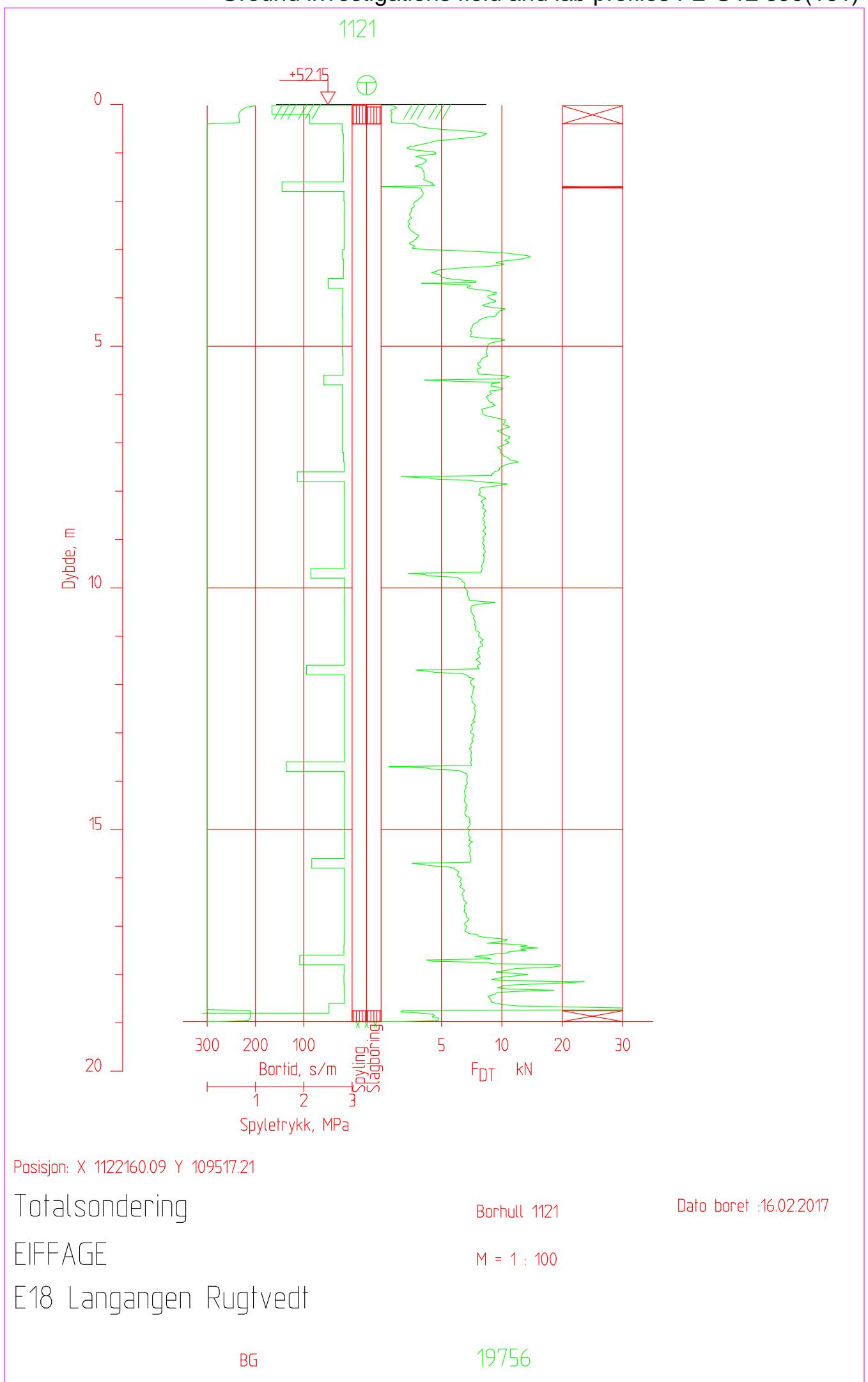
Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s88(161)



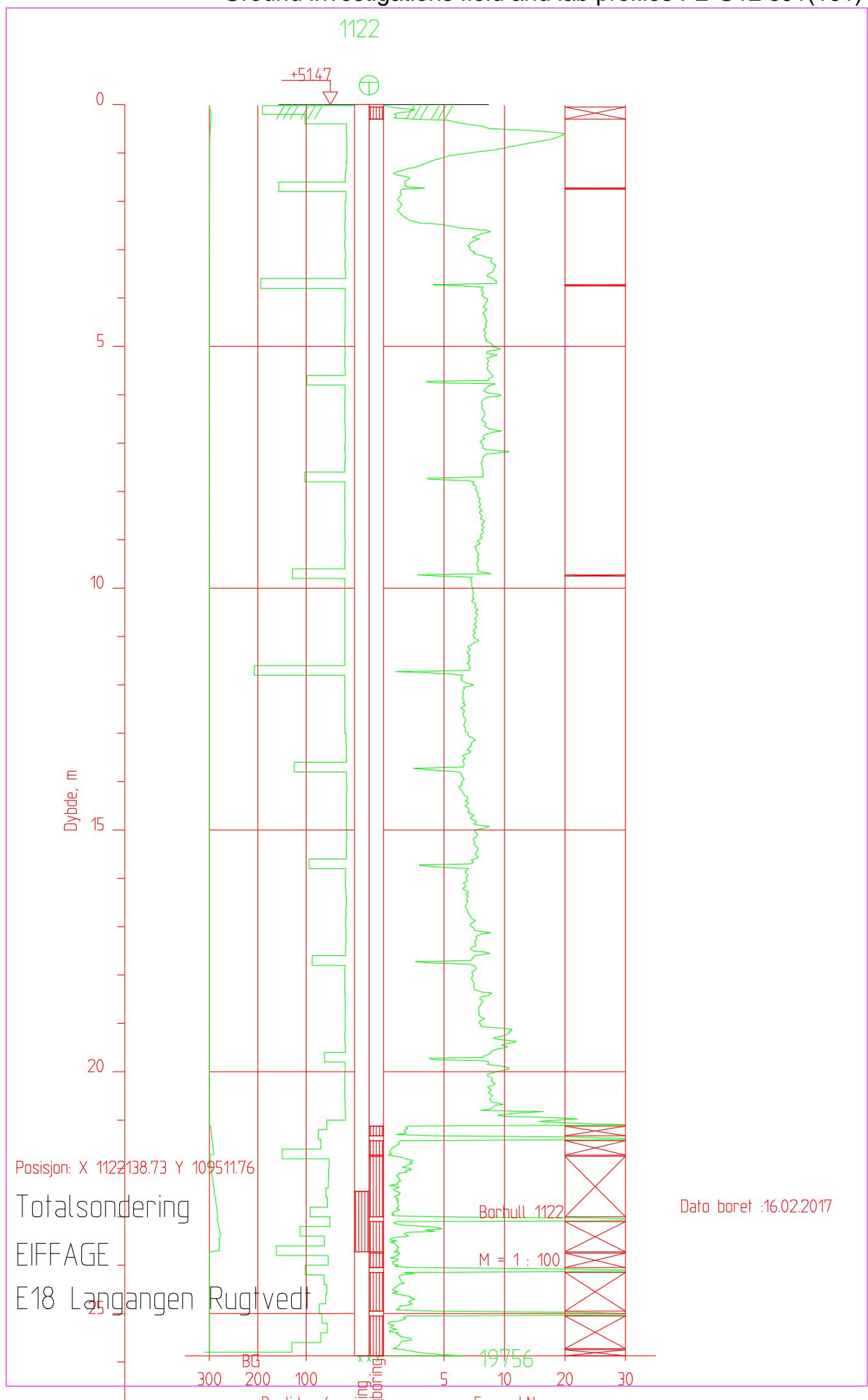
Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s89(161)



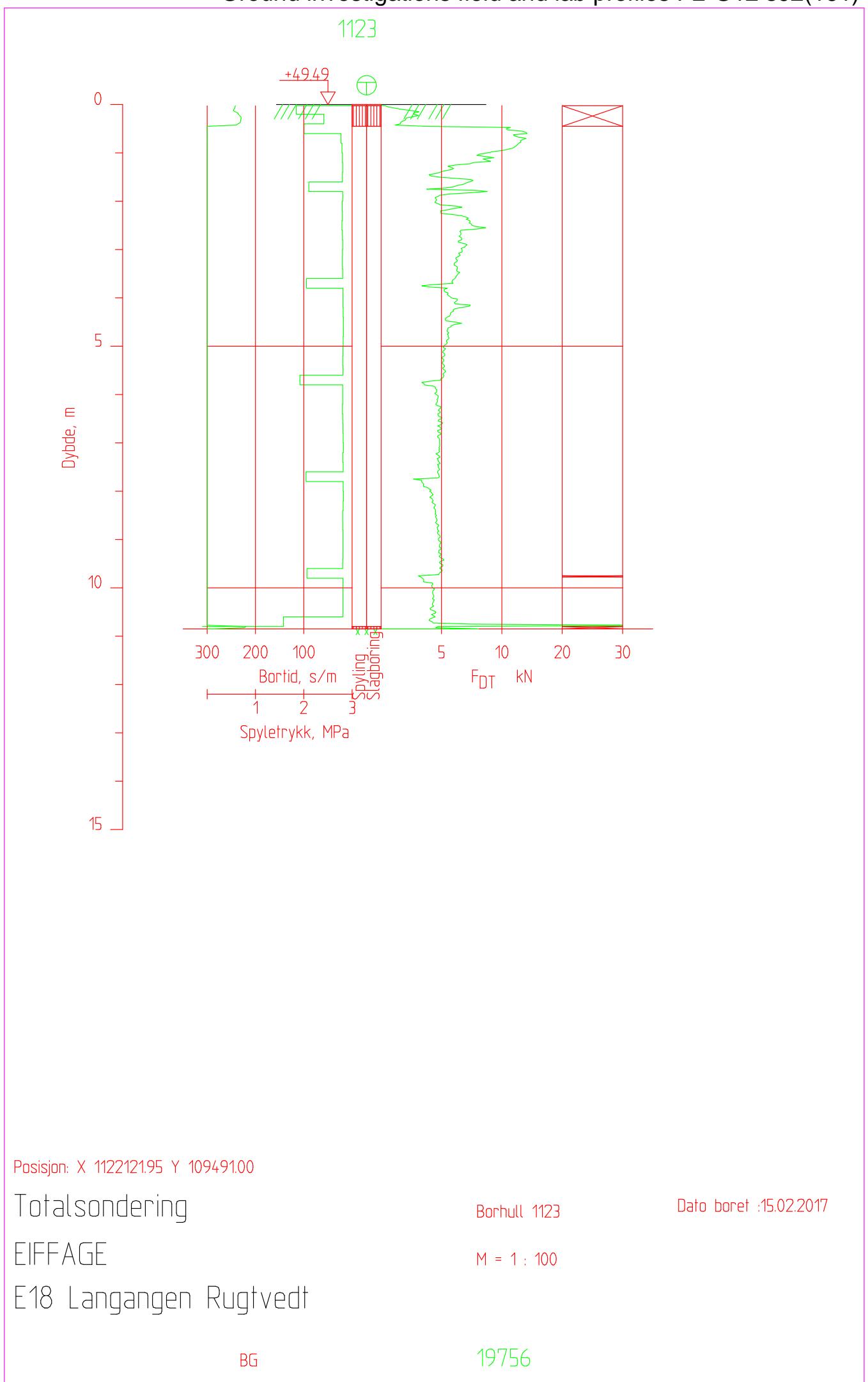
Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s90(161)

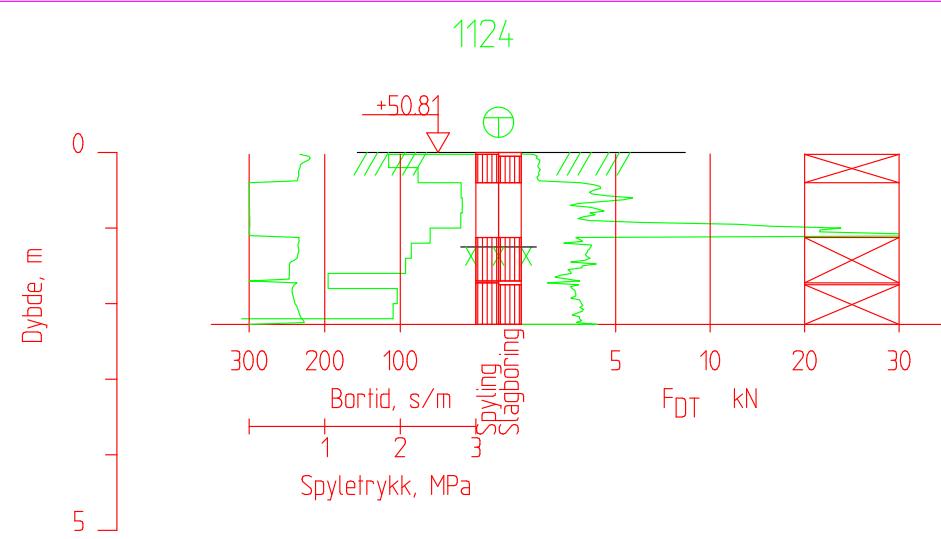


Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s91(161)



Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s92(161)





Posisjon: X 1122111.32 Y 109504.91

Totalsondering

EIFFAGE

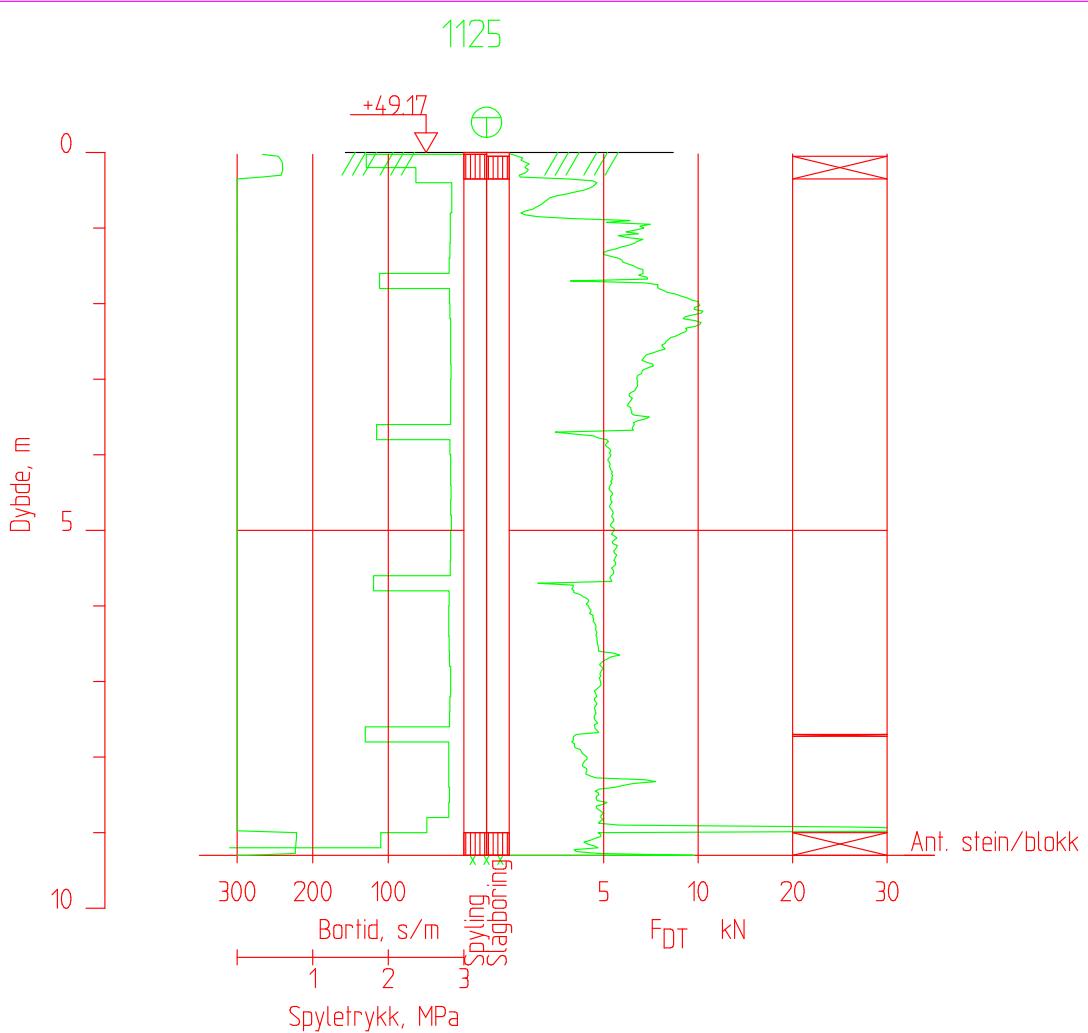
E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1124

Dato boret :15.02.2017

M = 1 : 100

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s94(161)



Posisjon: X 1122114.77 Y 109488.61

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1125

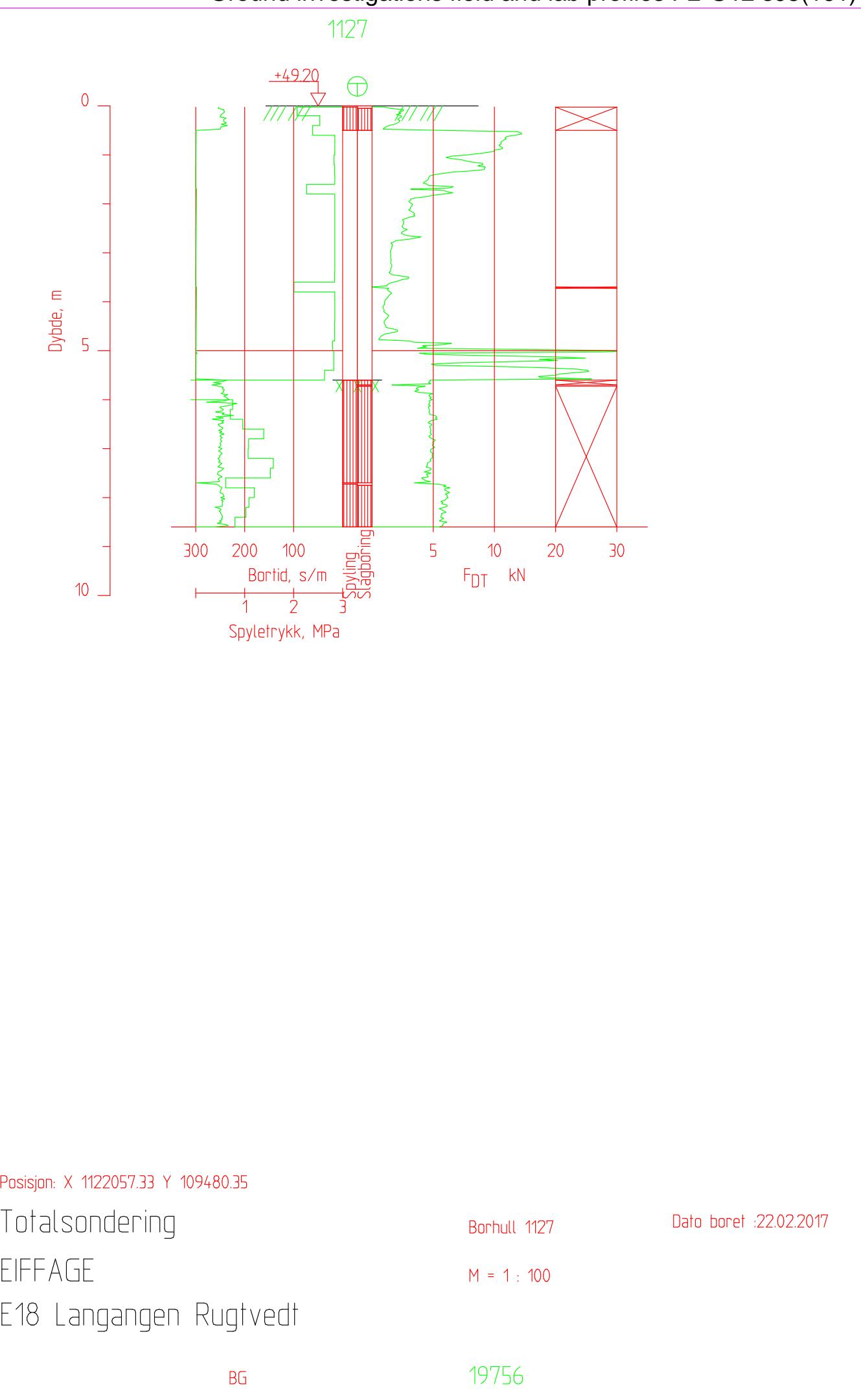
Dato boret :15.02.2017

M = 1 : 100

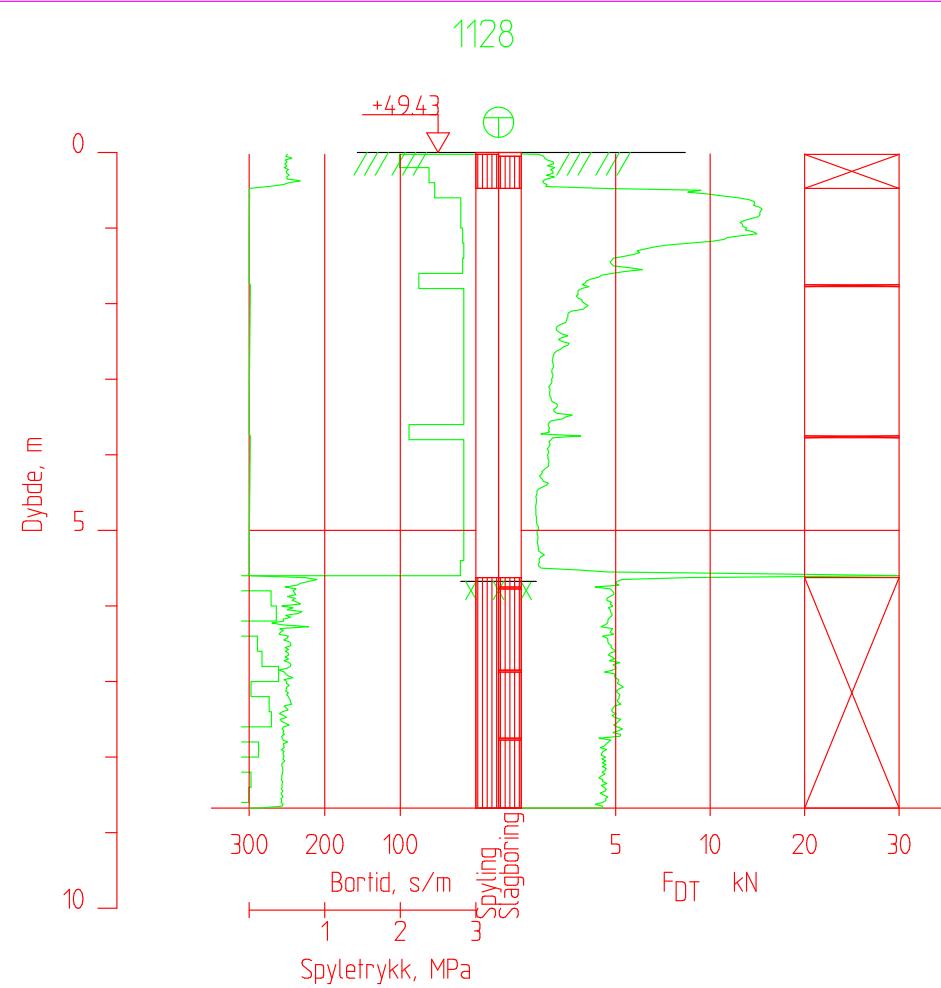
BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s95(161)



Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s96(161)



Posisjon: X 1122045.06 Y 109490.27

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1128

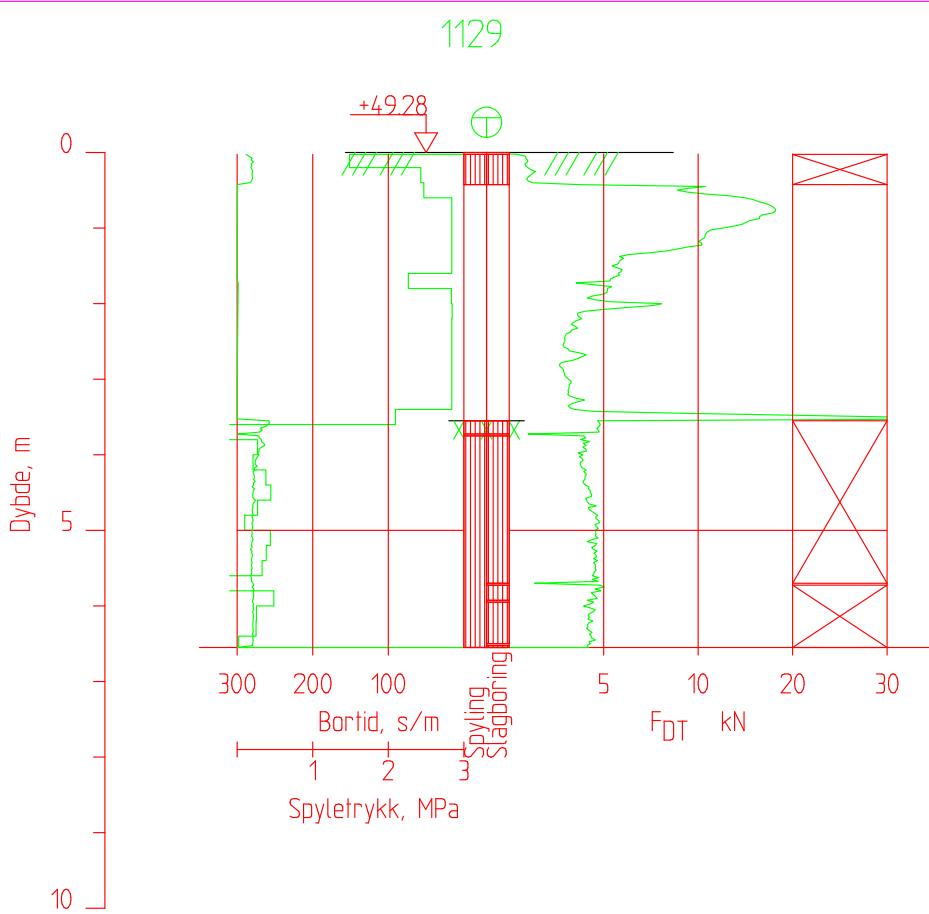
Dato boret :22.02.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s97(161)



Posisjon: X 1122046.57 Y 109477.47

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1129

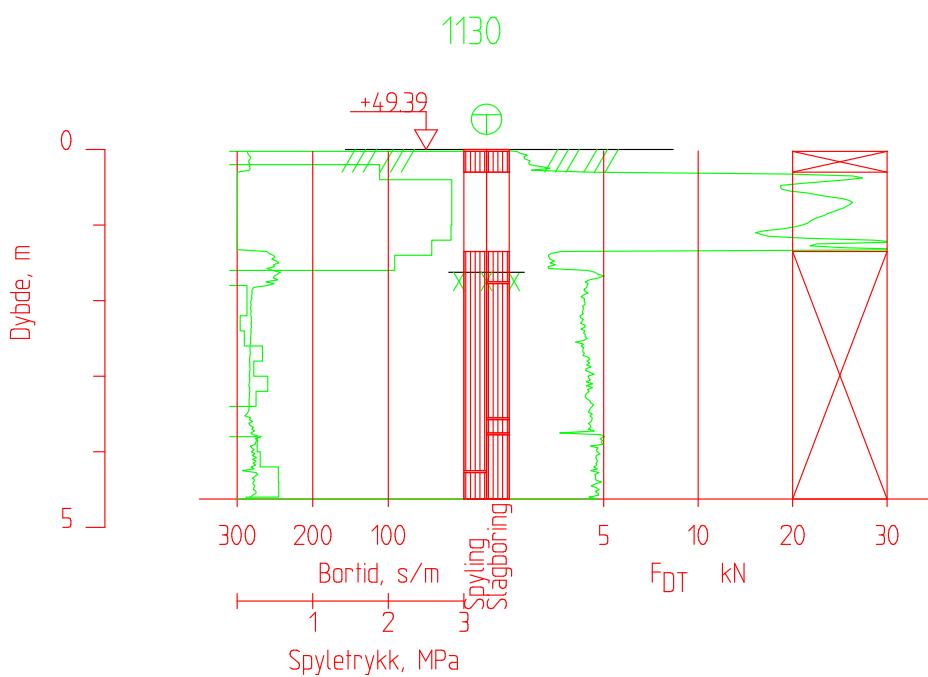
Dato boret :22.02.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s98(161)



Posisjon: X 1122037.63 Y 109474.96

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1130

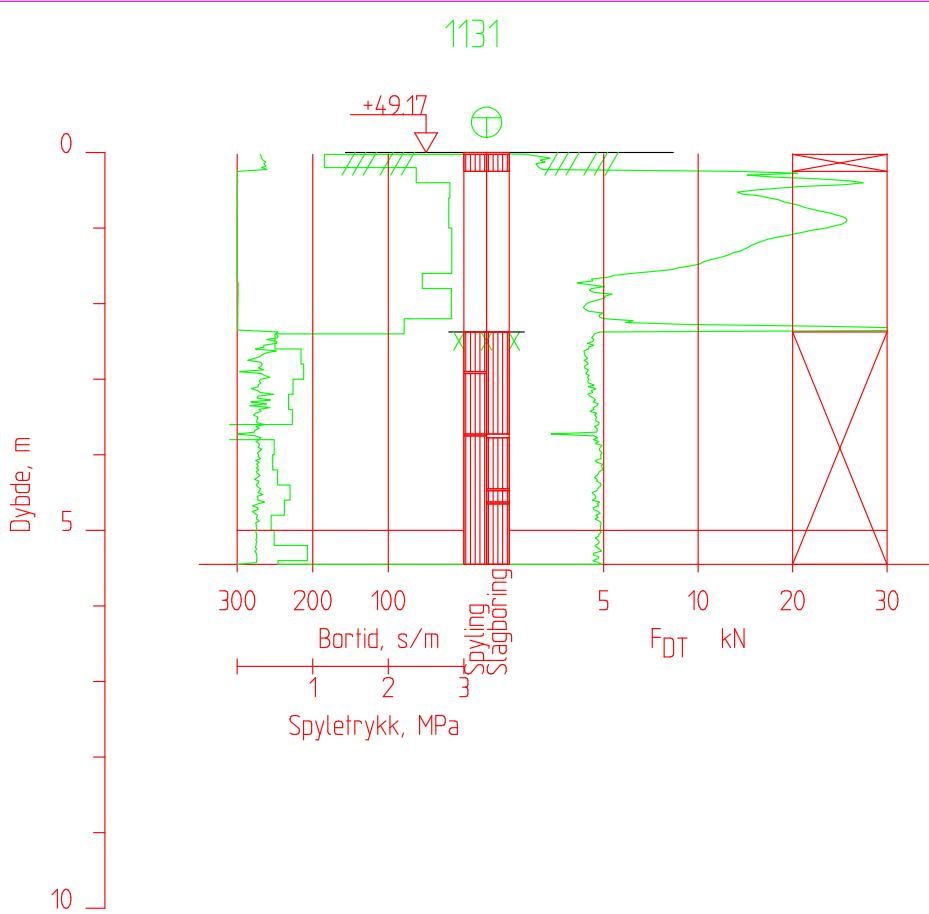
Dato boret :22.02.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s99(161)



Posisjon: X 1122025.62 Y 109486.63

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

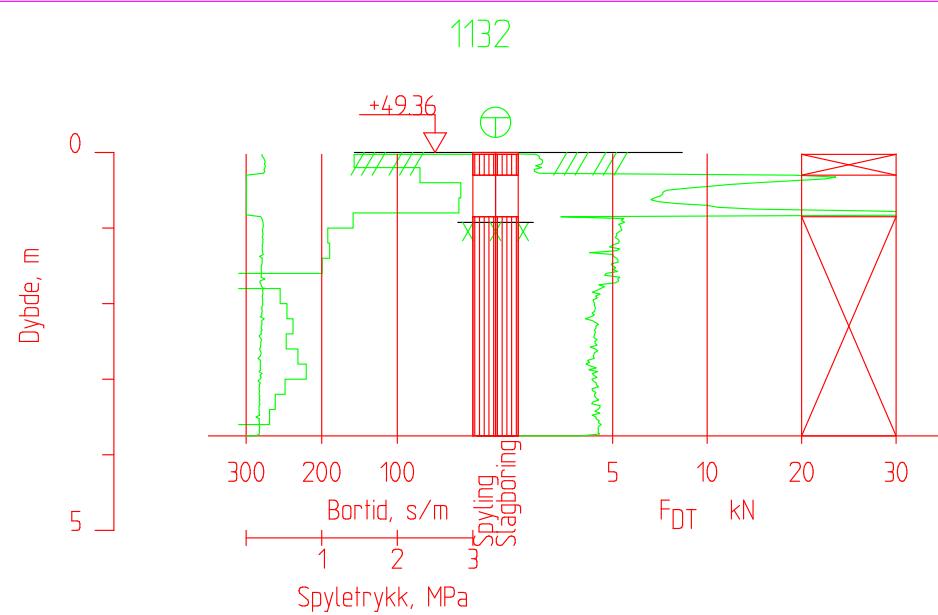
Borhull 1131

Dato boret :22.02.2017

M = 1 : 100

BG

19756



Posisjon: X 1122028.02 Y 109470.55

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

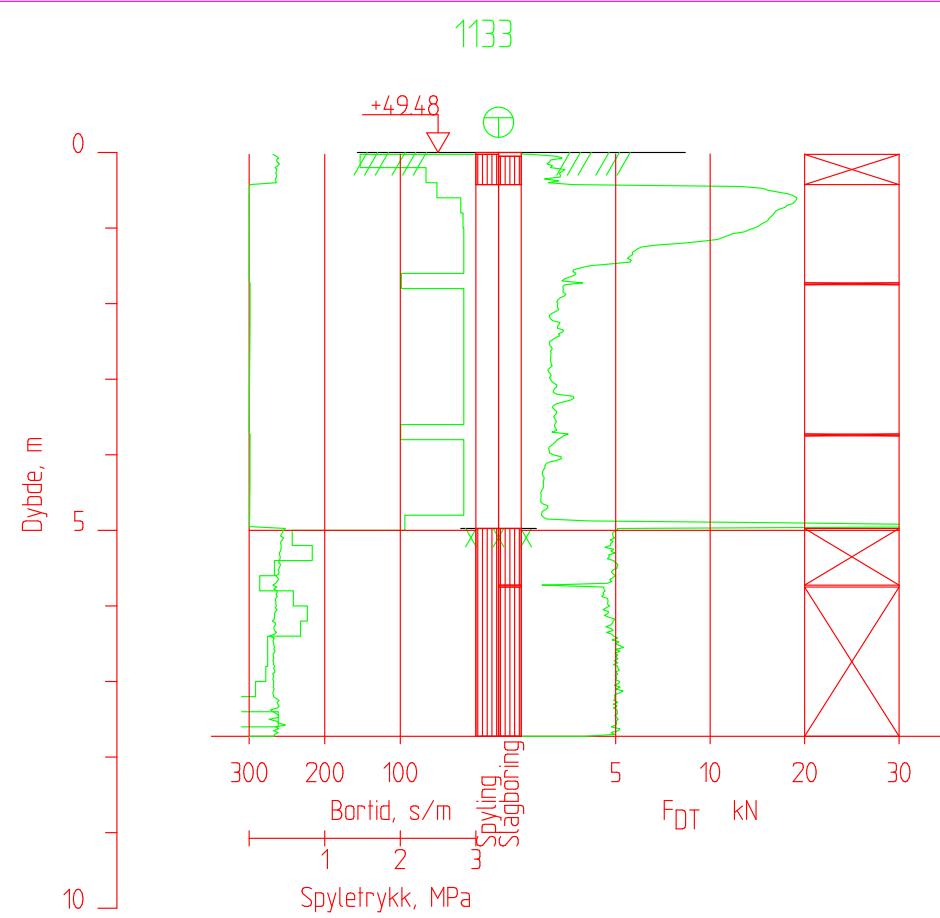
Borhull 1132

Dato boret :22.02.2017

M = 1 : 100

BG

19756



Posisjon: X 1122022.35 Y 109502.58

Totalsondering

EIFFAGE

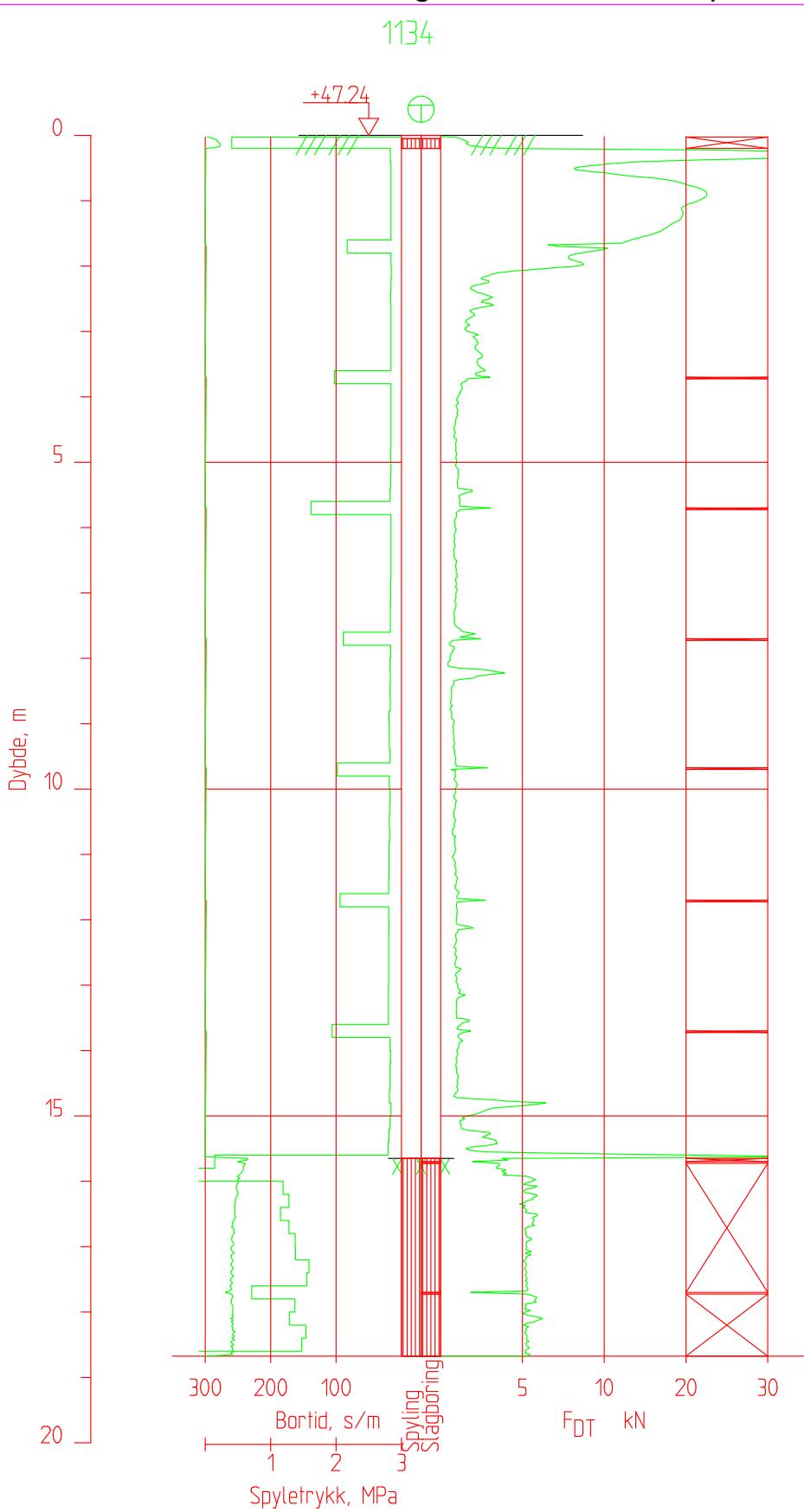
E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1133

Dato boret :22.02.2017

M = 1 : 100

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s102(161)



Posisjon: X 1122008.90 Y 109465.99

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1134

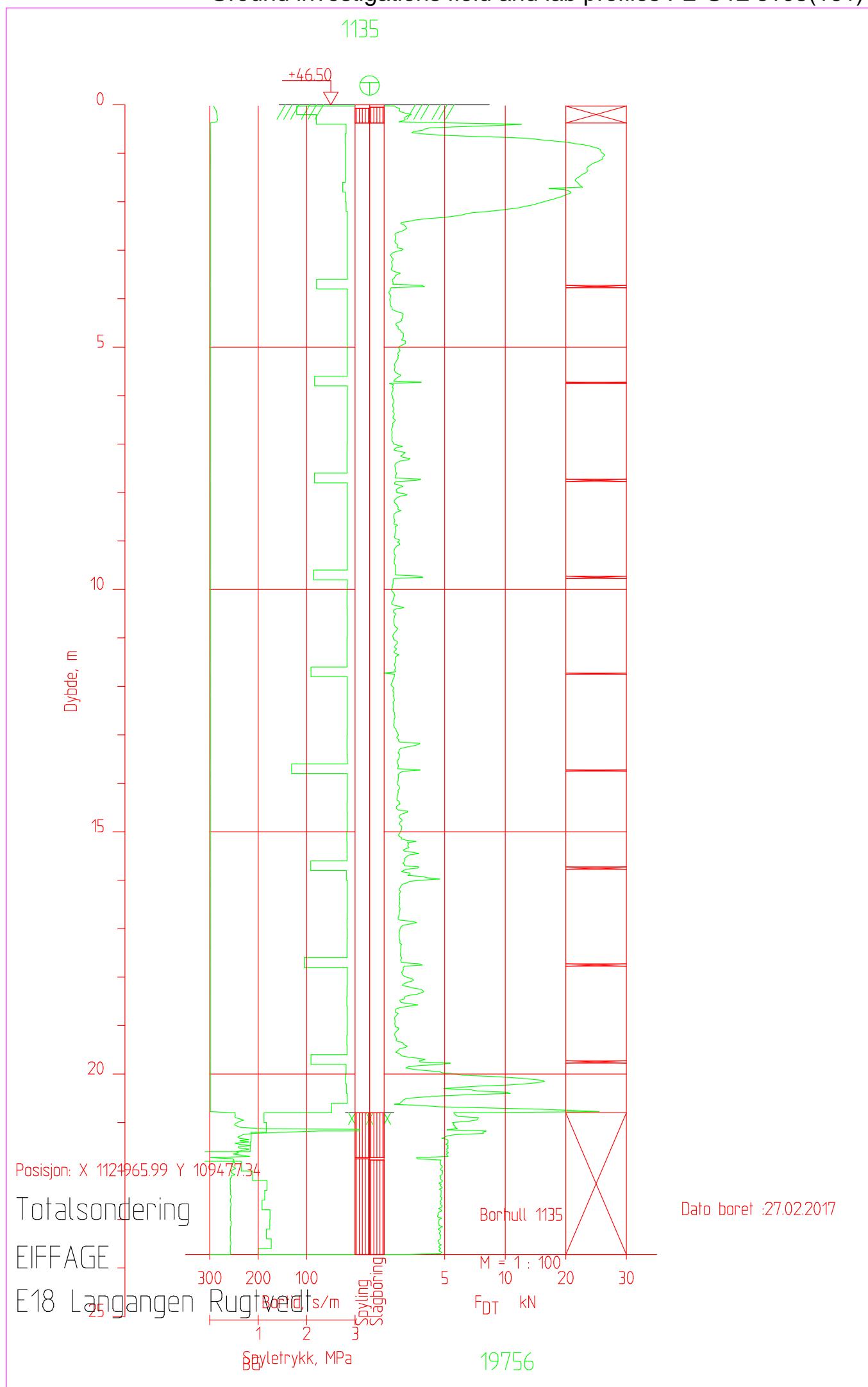
Dato boret :27.02.2017

M = 1 : 100

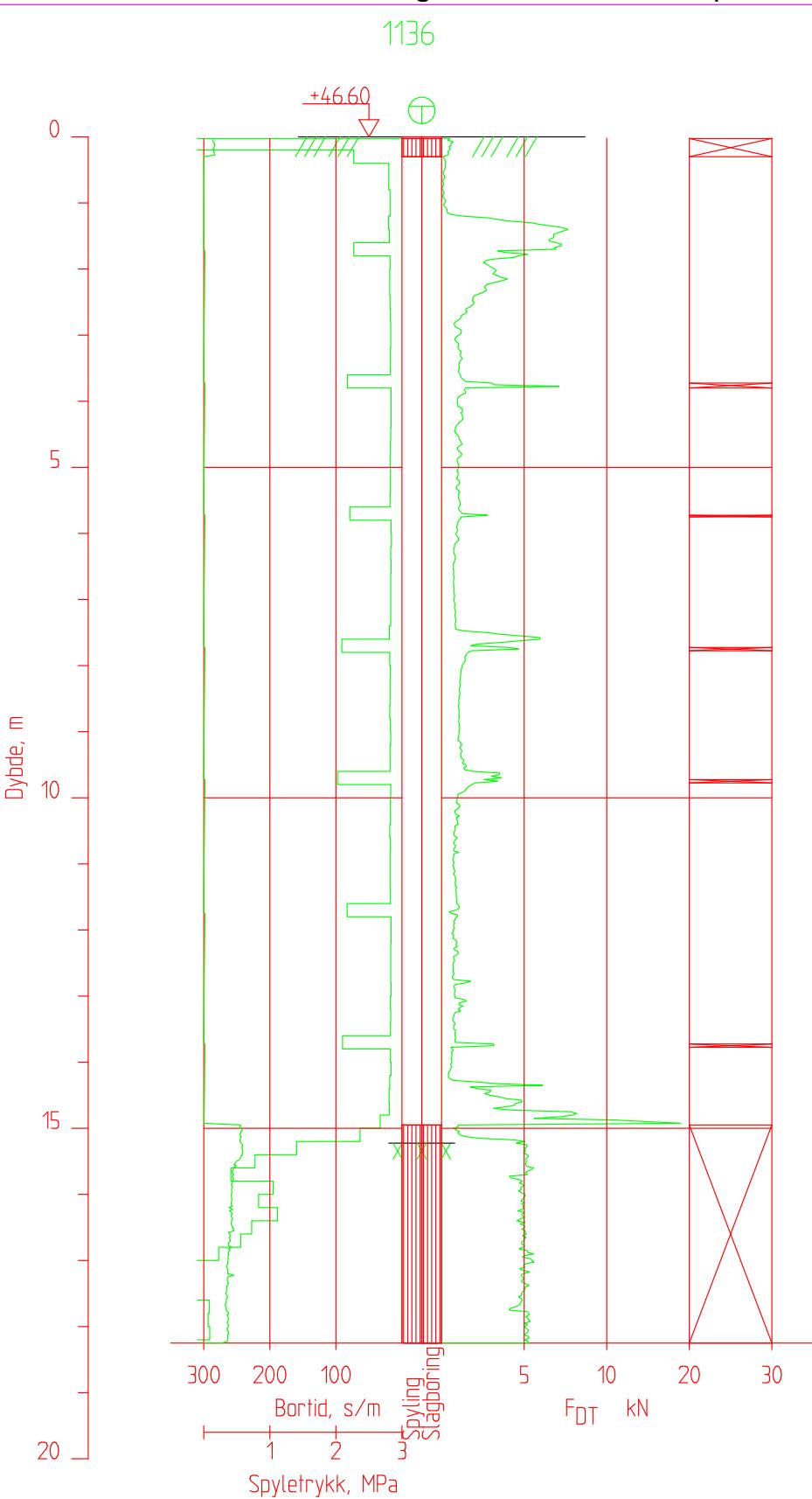
BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s103(161)



Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s104(161)



Posisjon: X 1121918.52 Y 109461.31

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1136

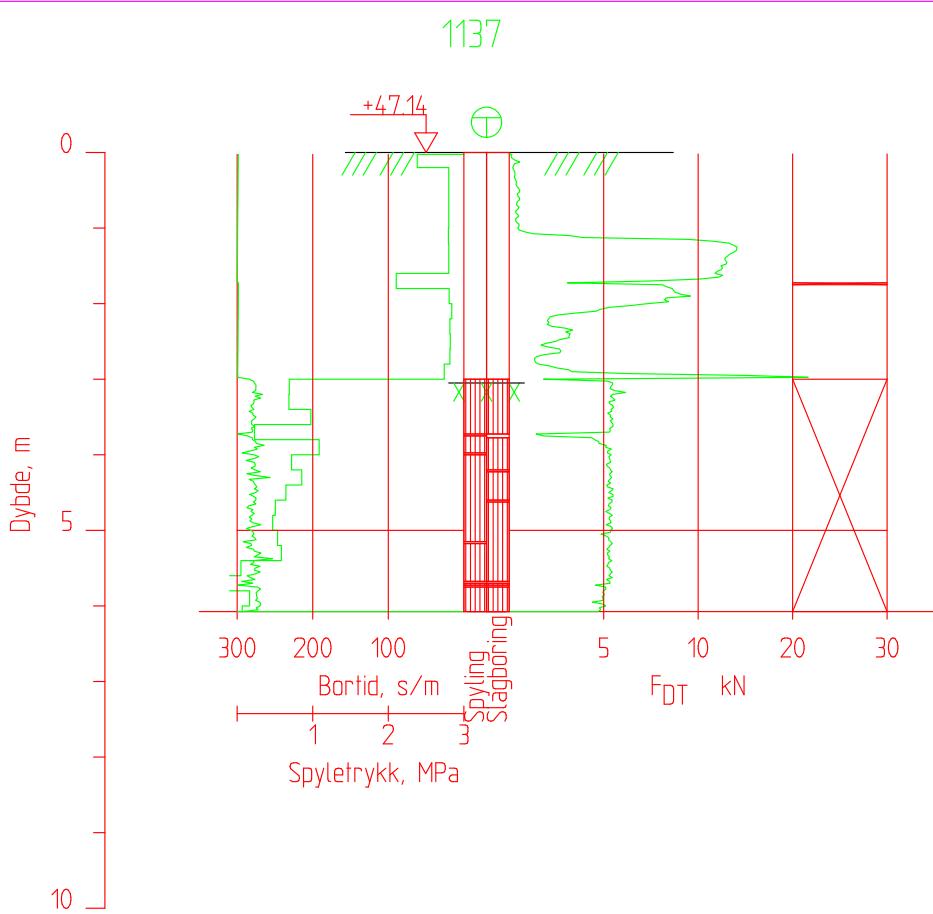
Dato boret :27.02.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s105(161)



Posisjon: X 1121889.11 Y 109458.95

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

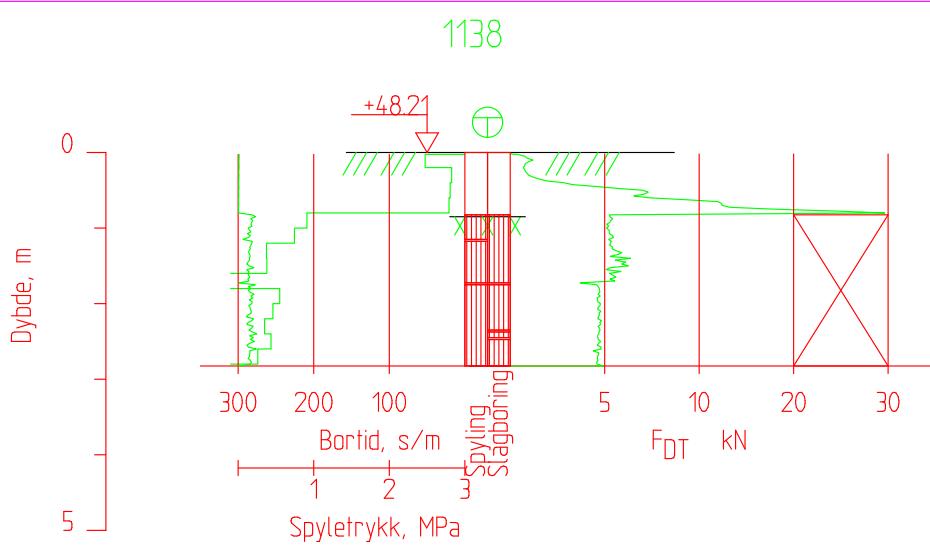
Borhull 1137

Dato boret :27.02.2017

M = 1 : 100

BG

19756



Posisjon: X 1121858.89 Y 109458.25

Totalsondering

EIFFAGE

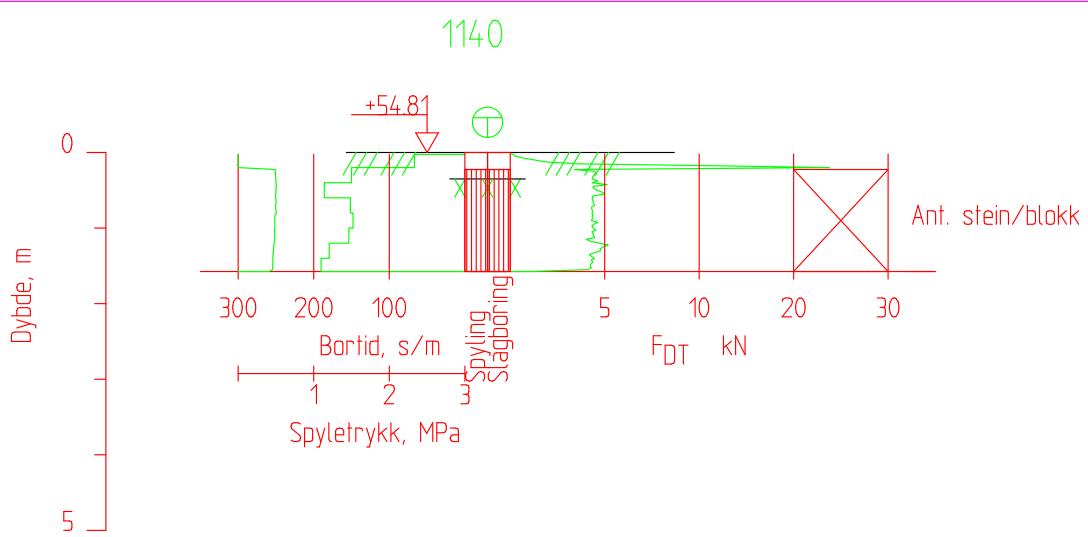
E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1138

Dato boret :27.02.2017

M = 1 : 100

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s107(161)



Posisjon: X 1121809.60 Y 109451.43

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

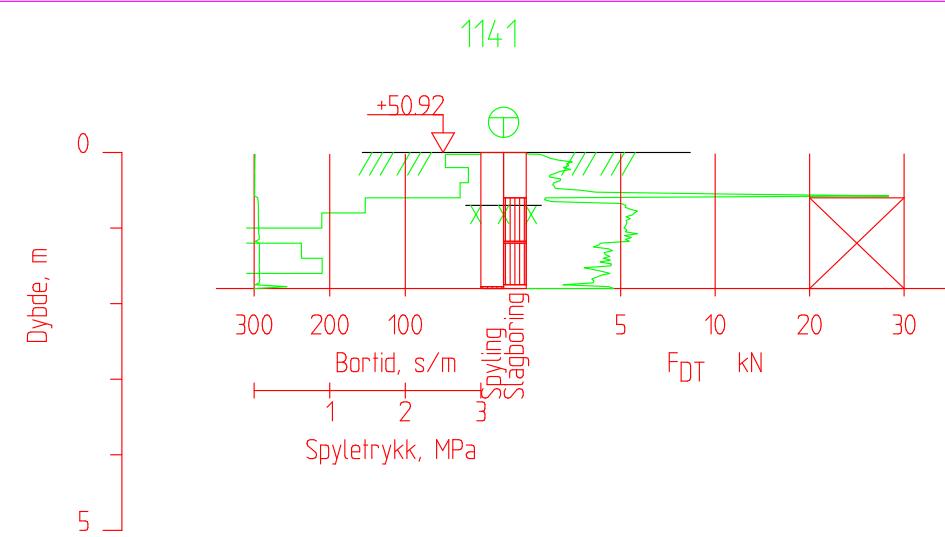
Borhull 1140

Dato boret :27.02.2017

M = 1 : 100

BG

19756



Posisjon: X 1121832.25 Y 109453.60

Totalsondering

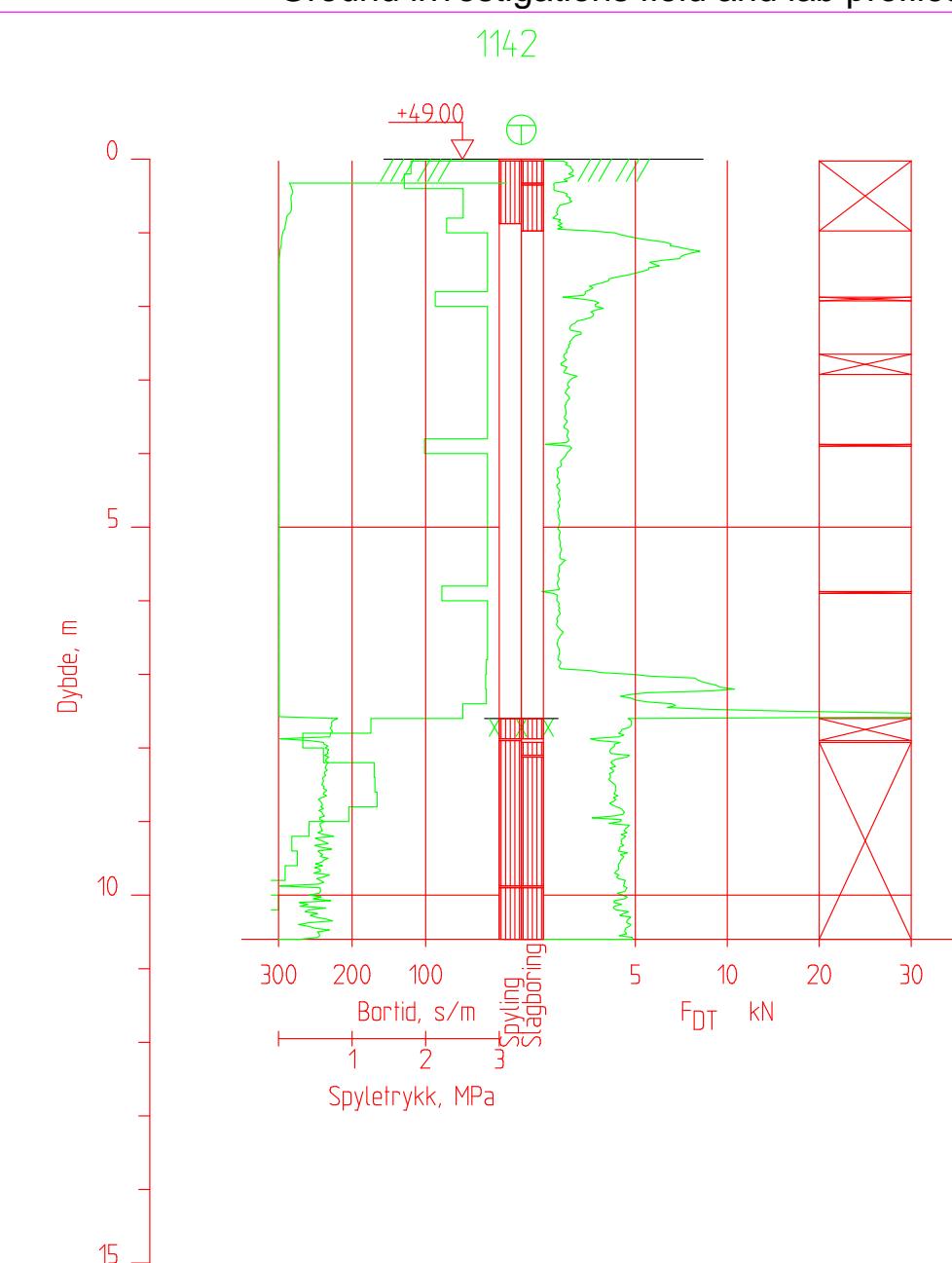
EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1141

Dato boret :27.02.2017

M = 1 : 100



Posisjon: X 1122020.78 Y 109518.78

Totalsondering

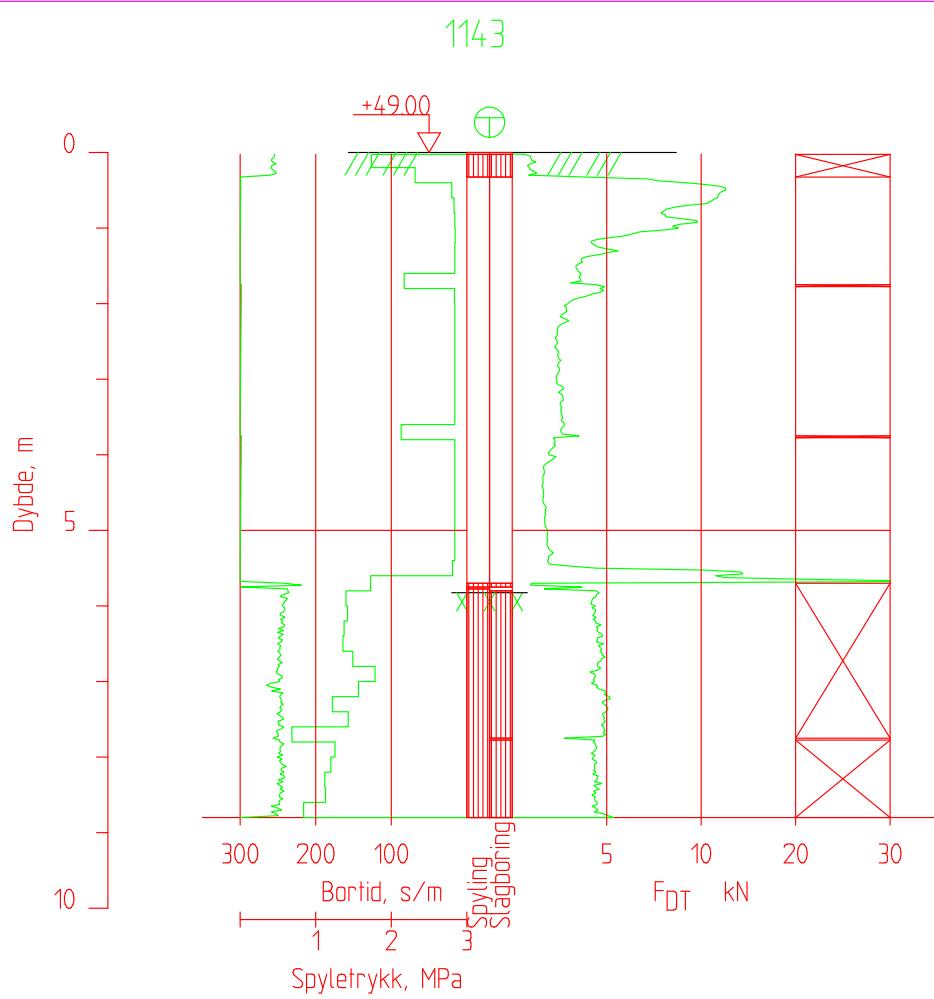
EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1142

Dato boret :14.03.2017

M = 1 : 100



Posisjon: X 1122030.83 Y 109514.55

Totalsondering

EIFFAGE

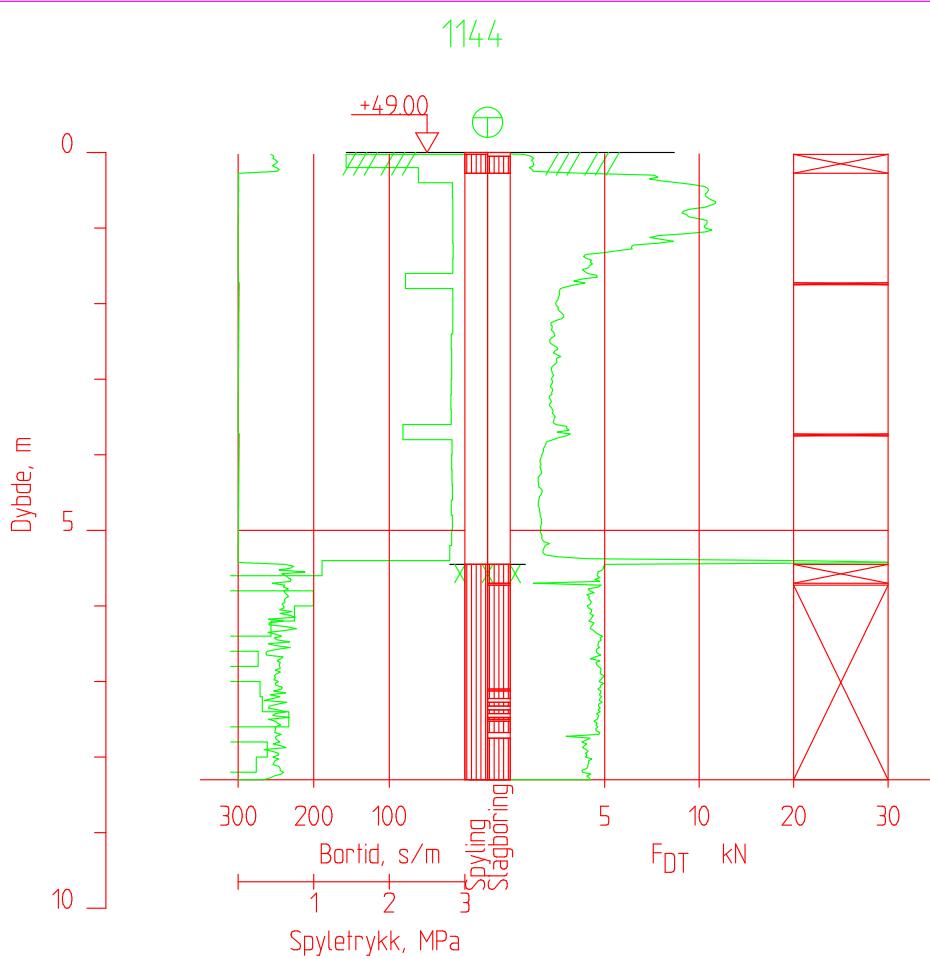
E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1143

Dato boret :14.03.2017

M = 1 : 100

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s111(161)



Posisjon: X 1122042.71 Y 109506.55

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

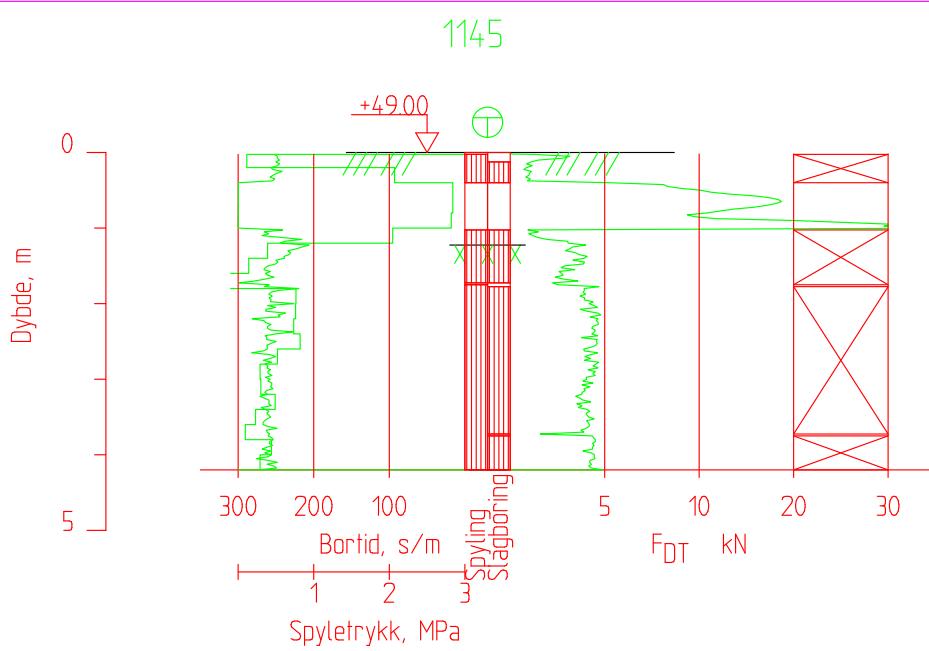
Borhull 1144

Dato boret :14.03.2017

M = 1 : 100

BG

19756



Posisjon: X 1122059.82 Y 109458.85

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1145

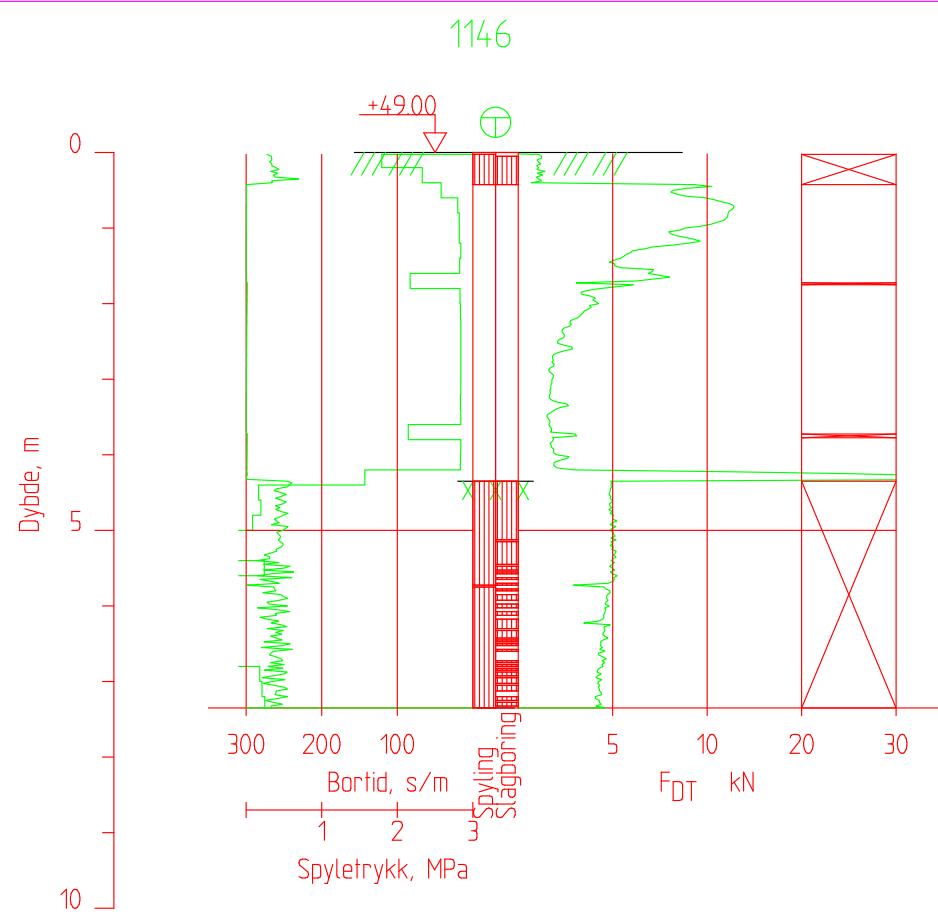
Dato boret :15.03.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s113(161)



Posisjon: X 1122069.03 Y 109470.79

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

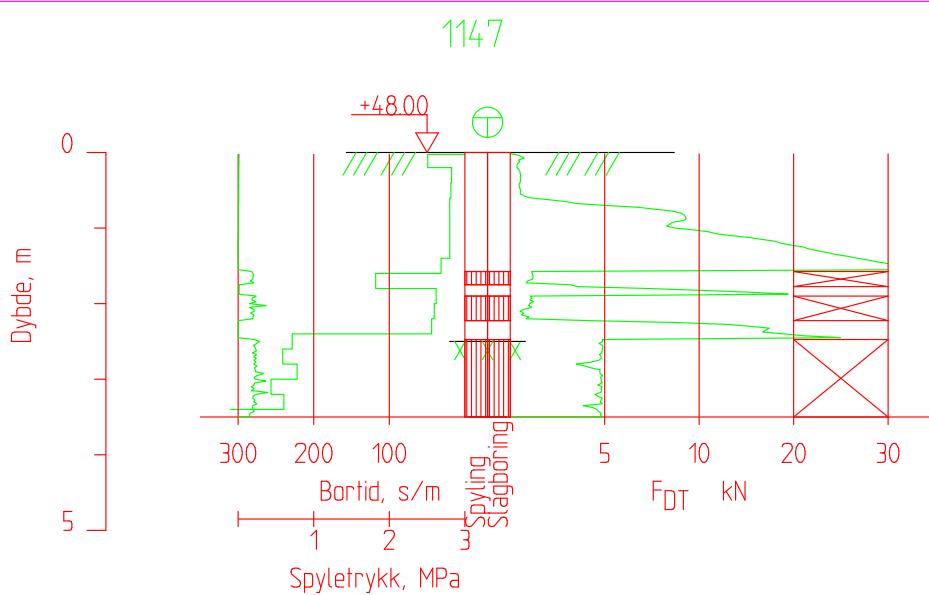
Borhull 1146

Dato boret :15.03.2017

M = 1 : 100

BG

19756



Posisjon: X 1121867.24 Y 109466.24

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

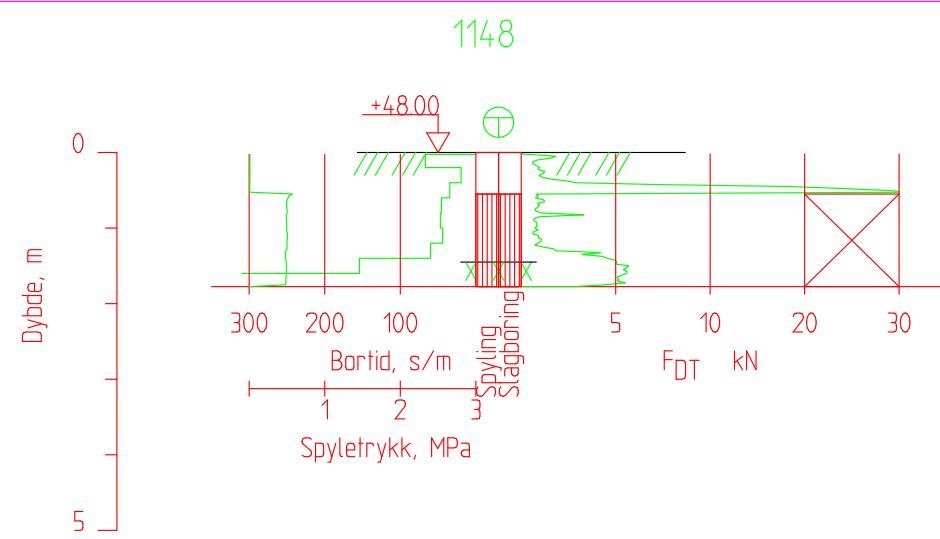
Borhull 1147

Dato boret :15.03.2017

M = 1 : 100

BG

19756



Posisjon: X 1121868.51 Y 109452.38

Totalsondering

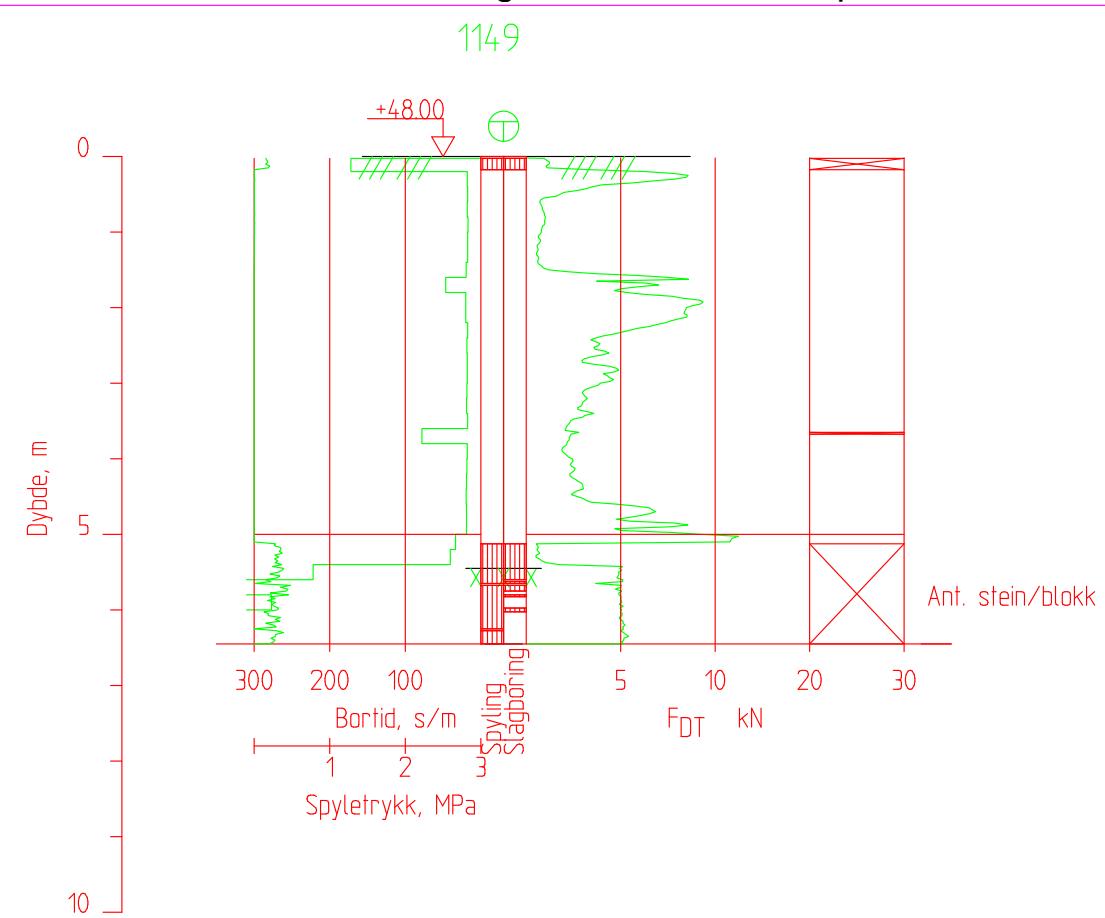
EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1148

Dato boret :15.03.2017

M = 1 : 100



Posisjon: X 1121866.99 Y 109482.76

Totalsondering

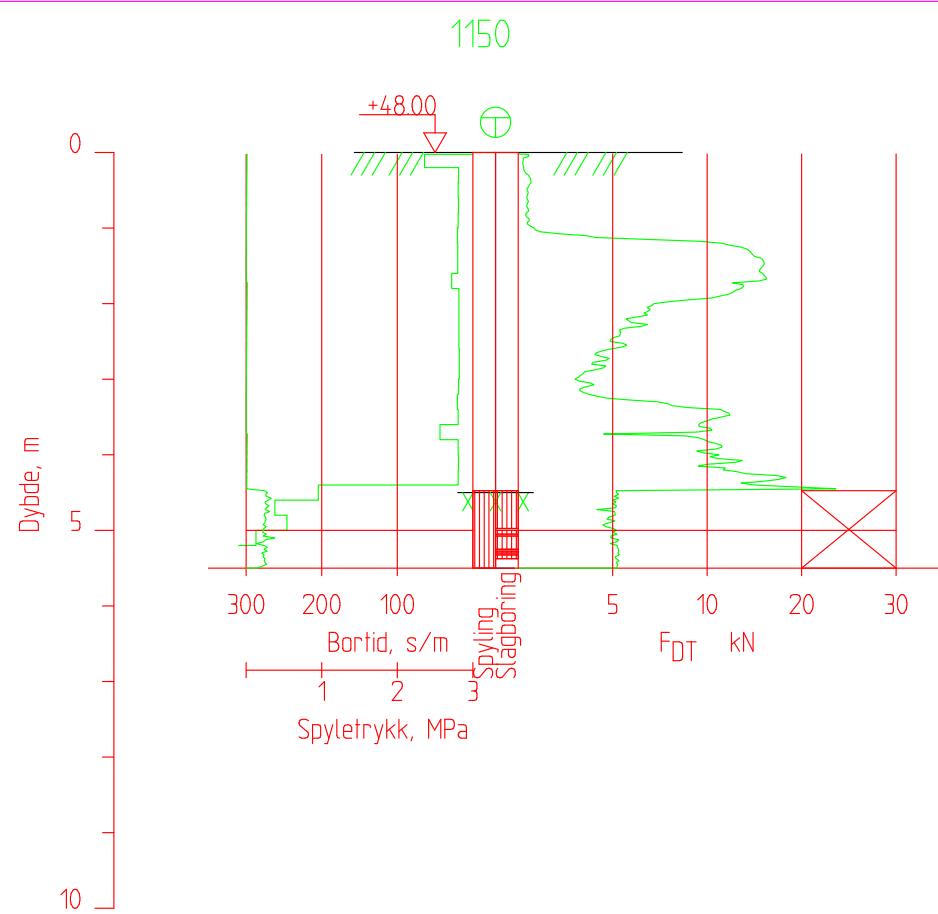
EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1149

Dato boret :15.03.2017

M = 1 : 100



Posisjon: X 1121876.92 Y 109466.72

Totalsondering

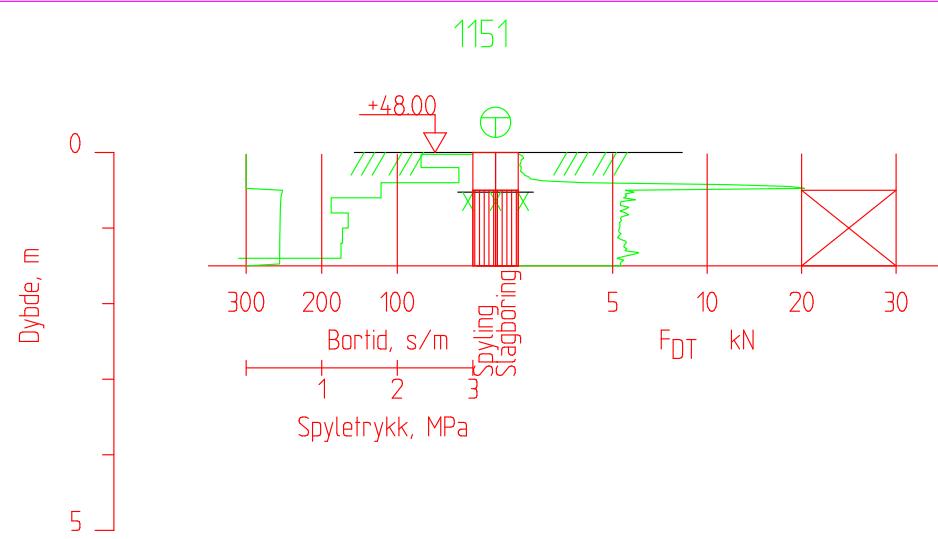
EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1150

Dato boret :15.03.2017

M = 1 : 100



Posisjon: X 1121878.49 Y 109451.15

Totalsondering

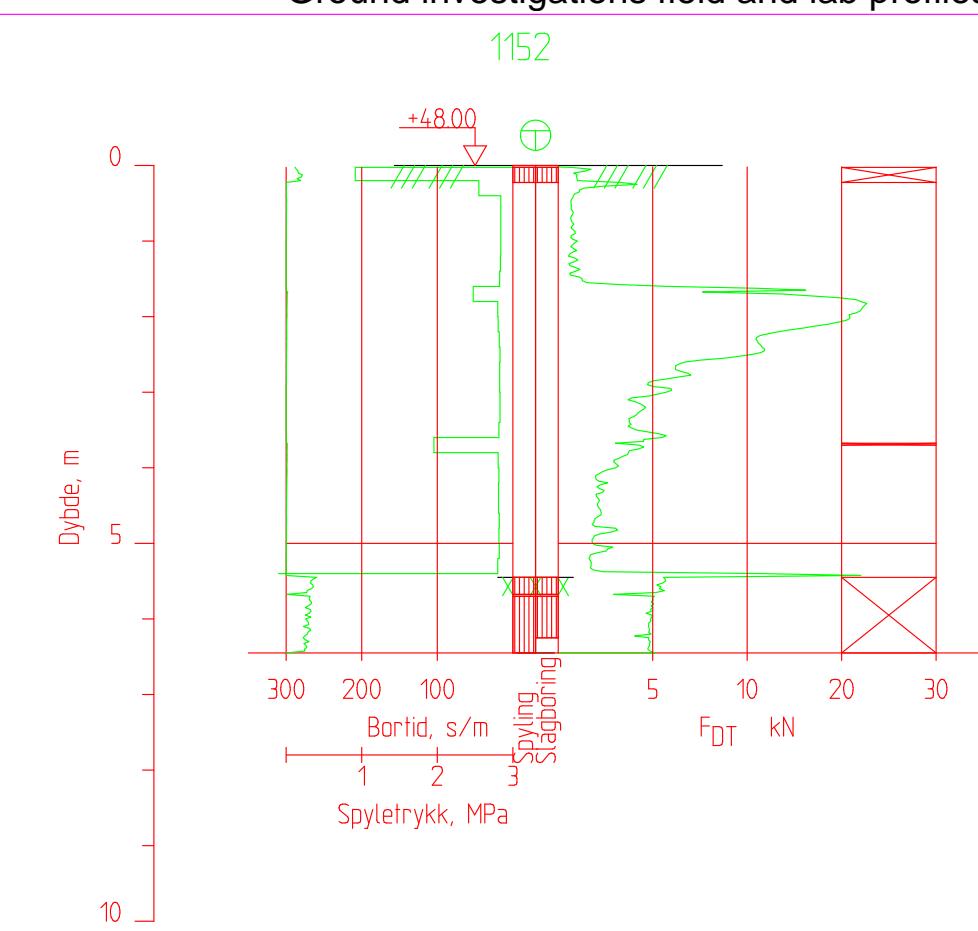
EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1151

Dato boret :15.03.2017

M = 1 : 100



Posisjon: X 1121876.35 Y 109484.87

Totalsondering

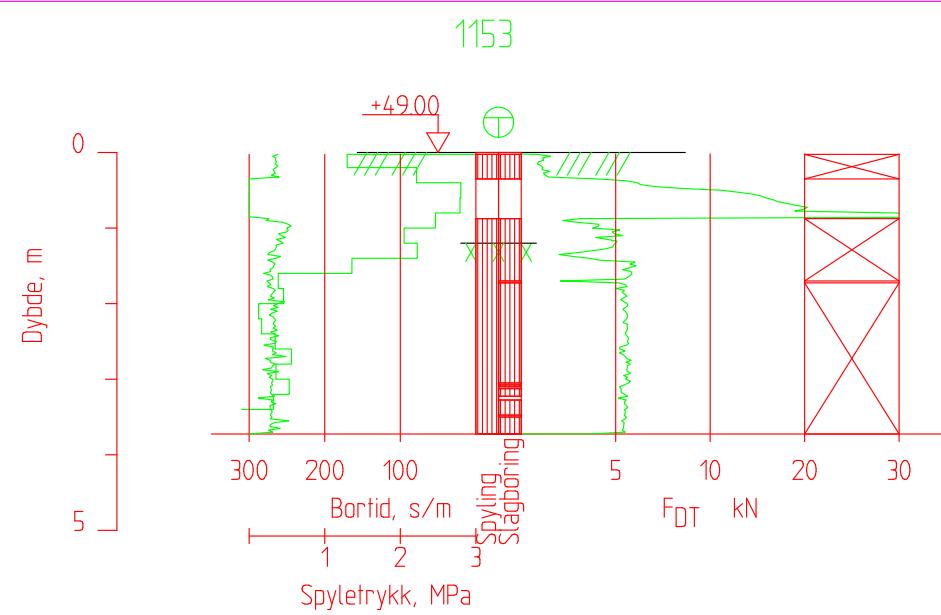
EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1152

Dato boret :15.03.2017

M = 1 : 100



Posisjon: X 1122015.54 Y 109485.29

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1153

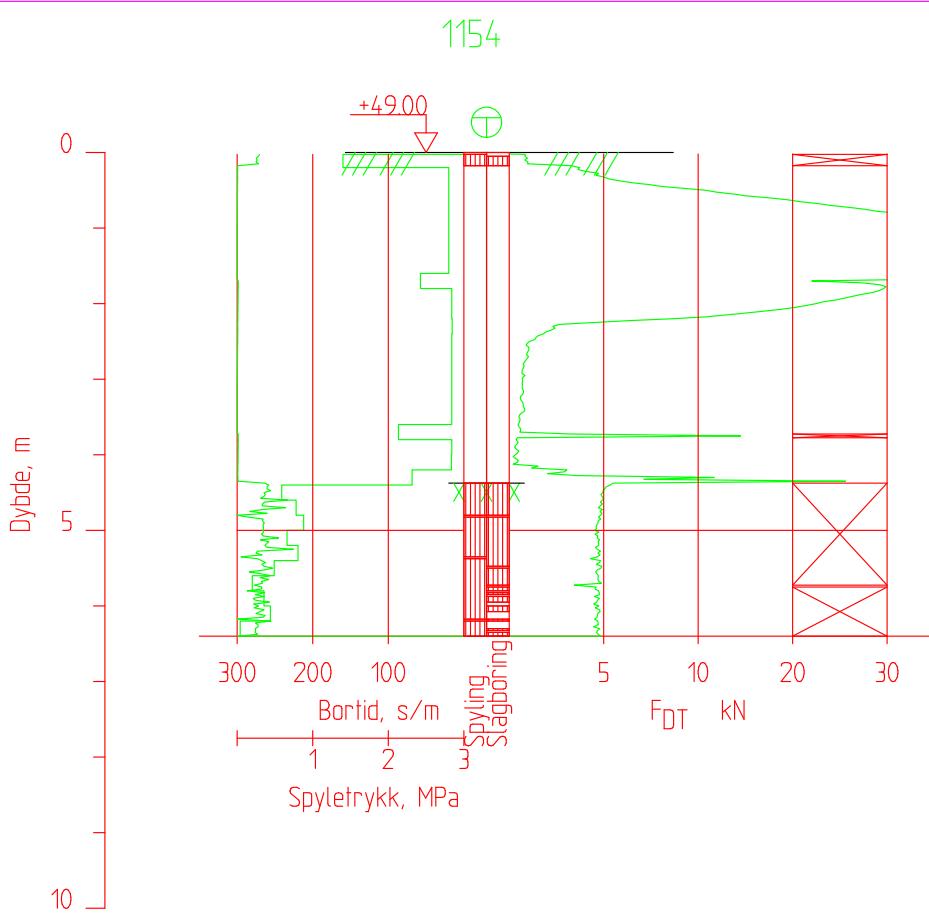
Dato boret :15.03.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s121(161)



Posisjon: X 1122019.04 Y 109466.15

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

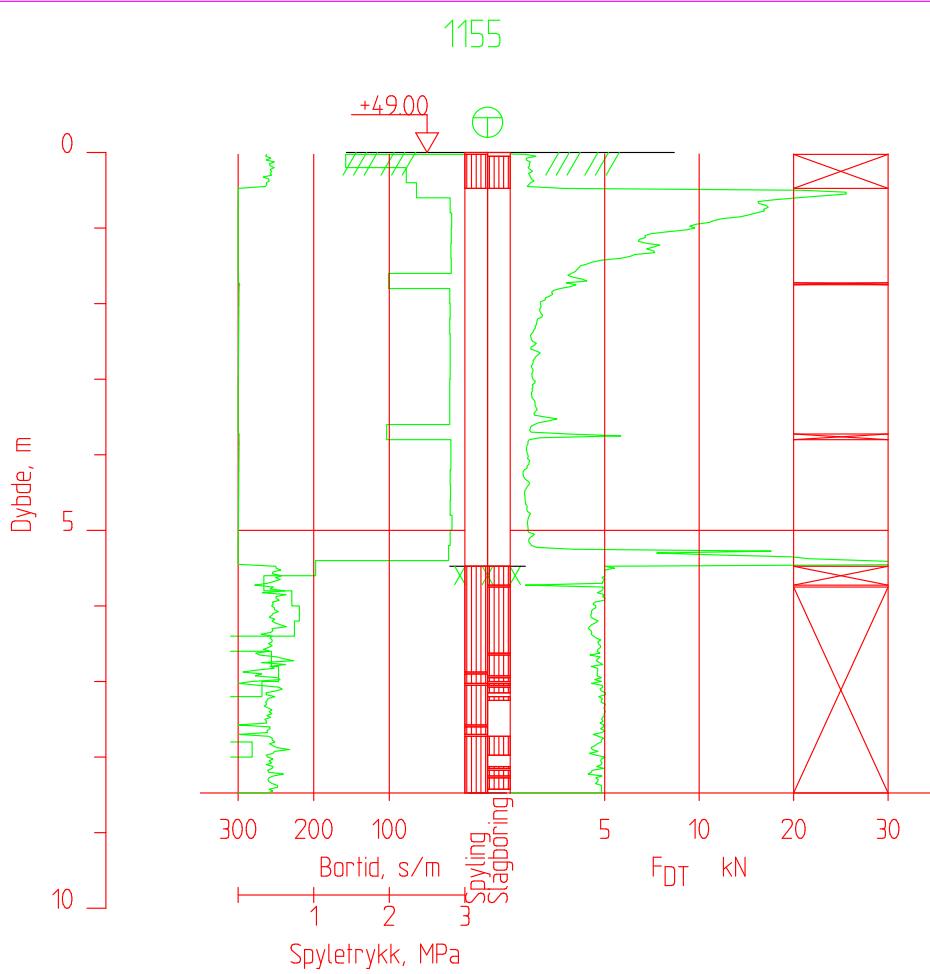
Borhull 1154

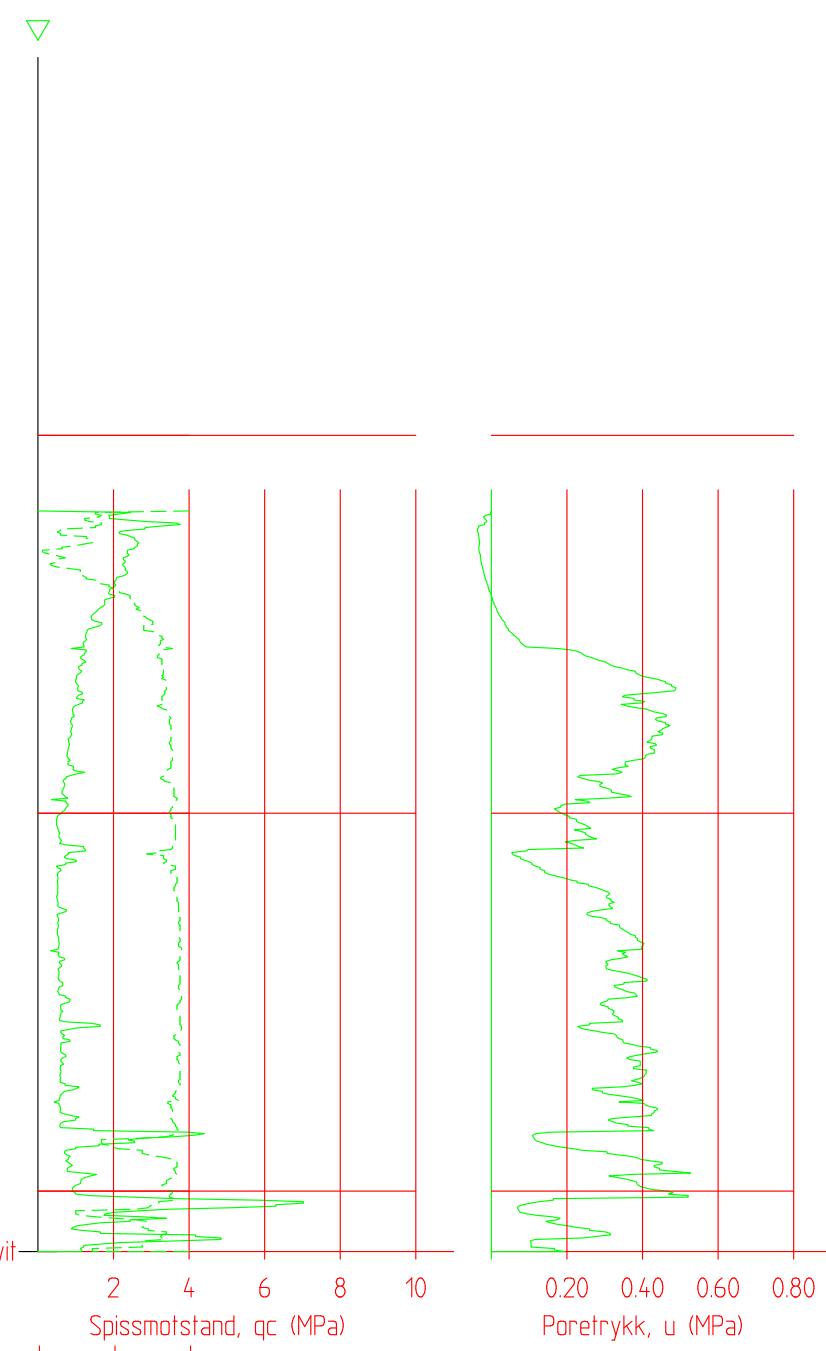
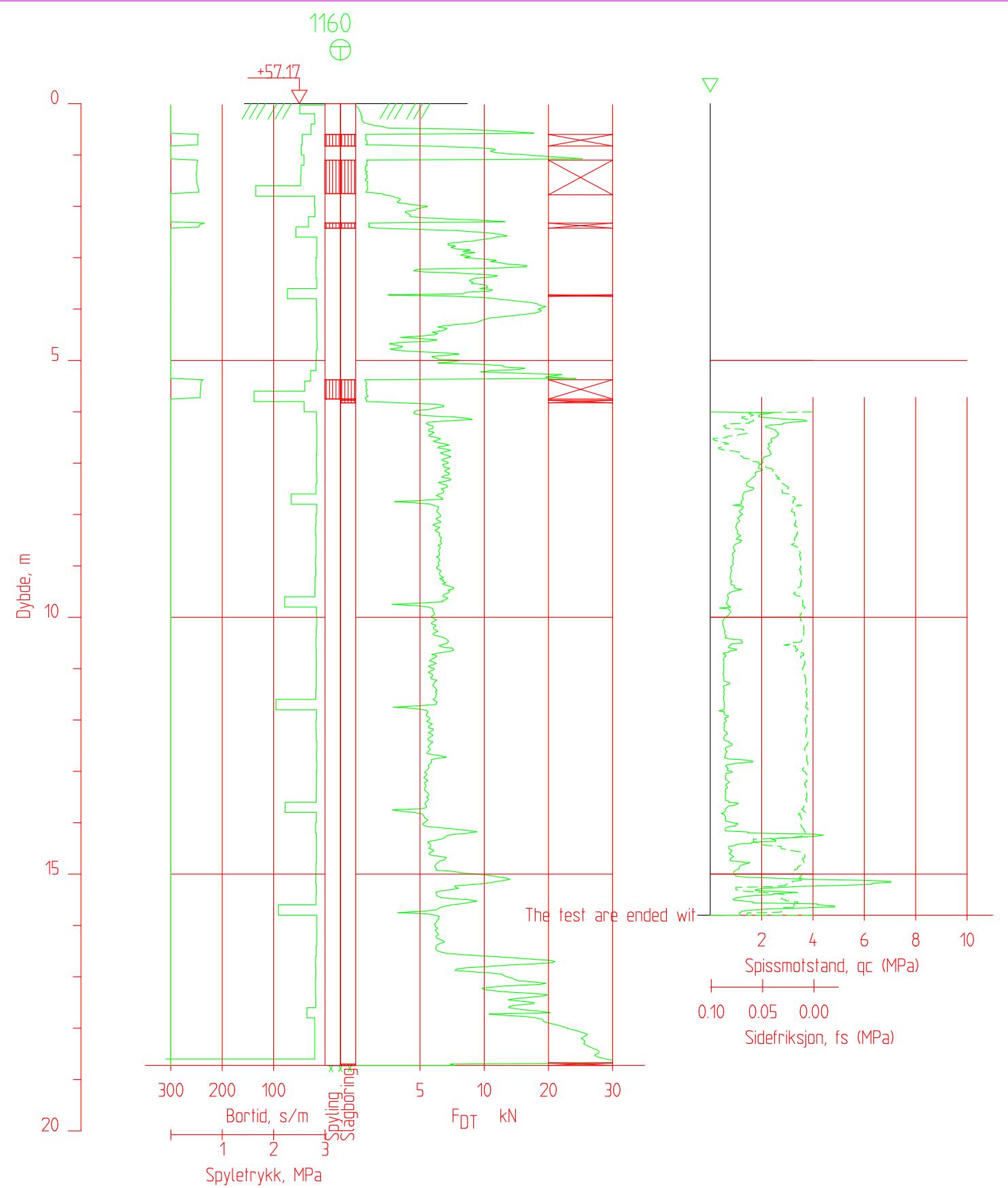
Dato boret :15.03.2017

M = 1 : 100

BG

19756





Posisjon: X 1122160.04 Y 109563.82

Totalsondering CPT-sondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1160

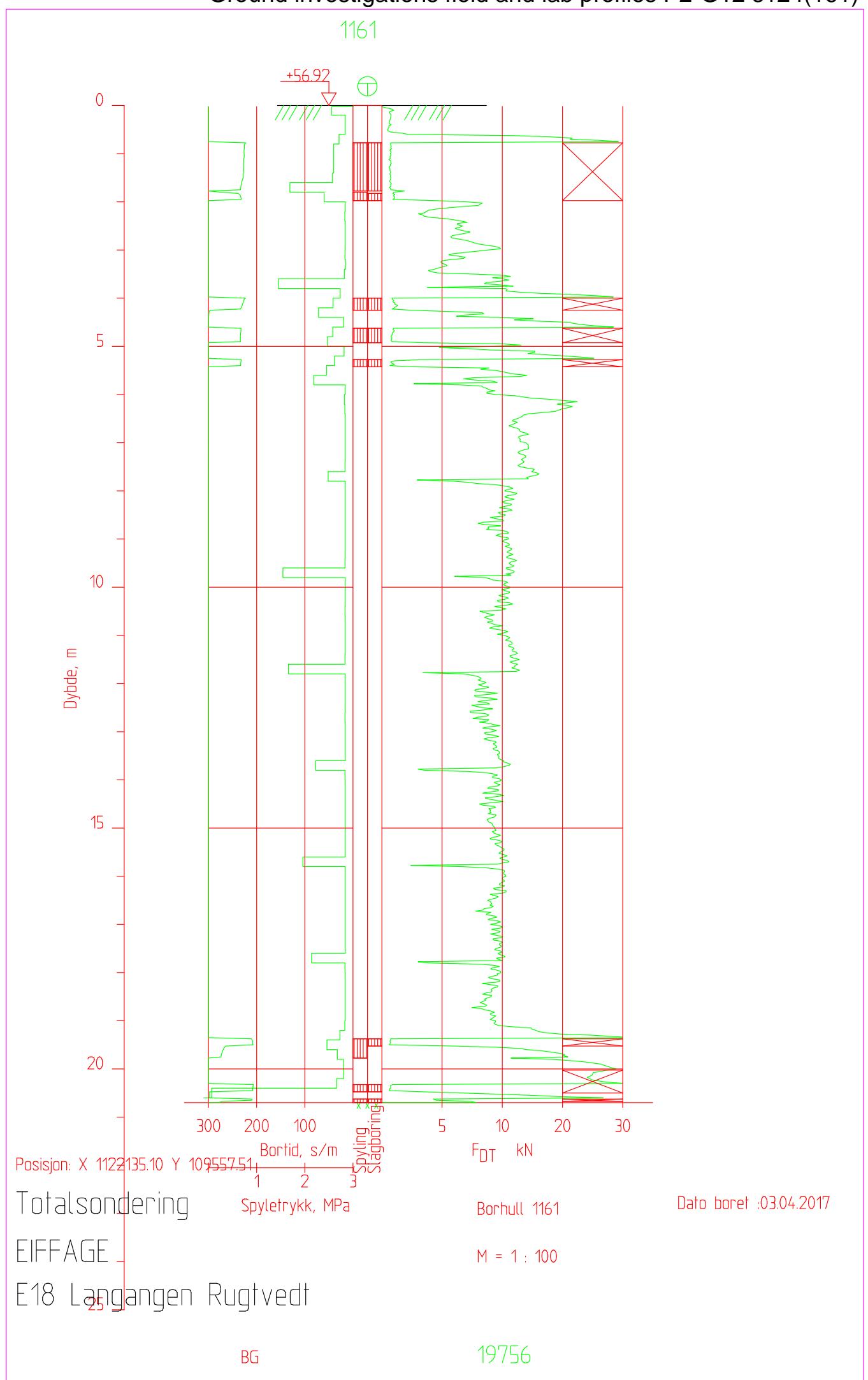
Dato boret :18.04.2017

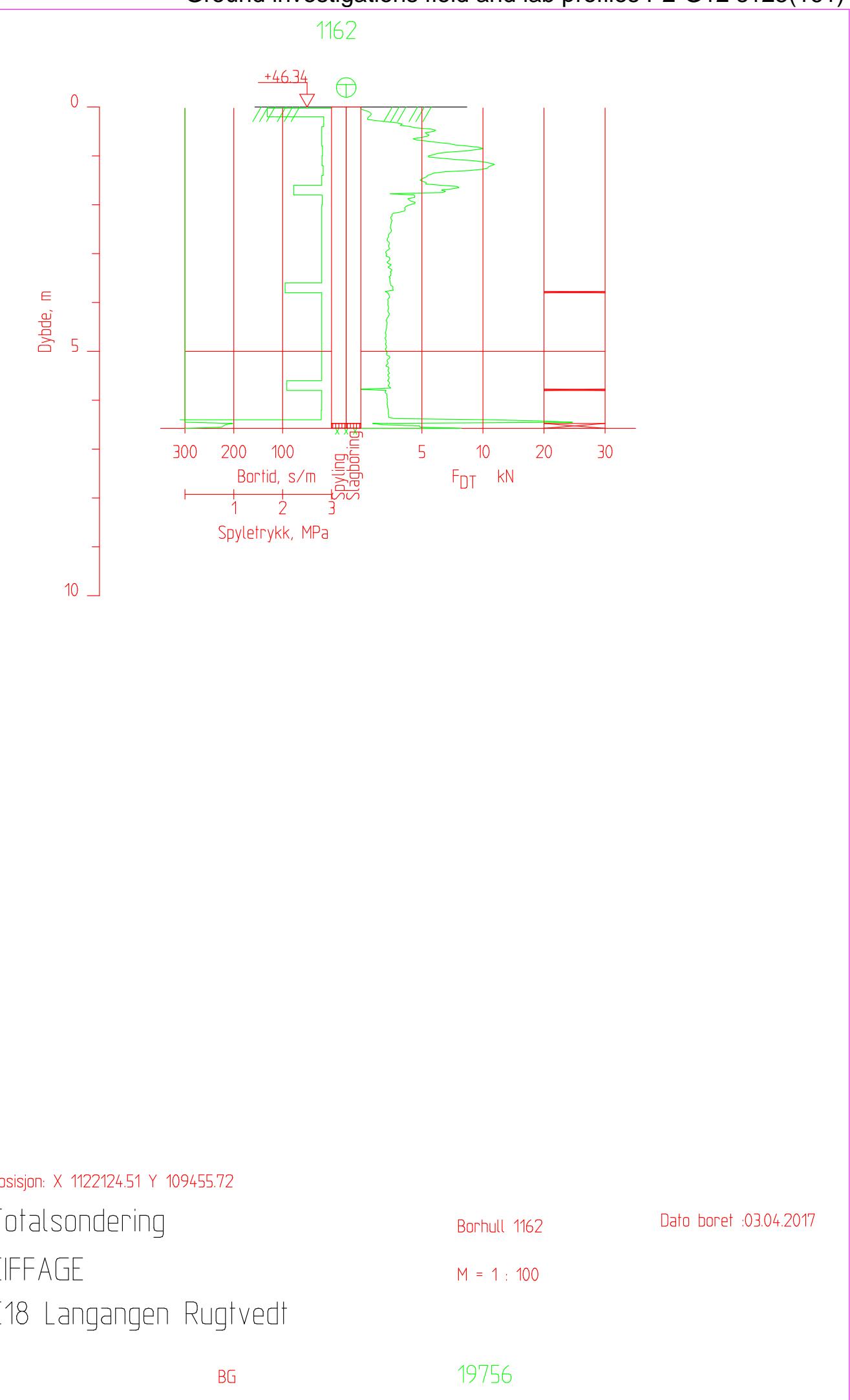
M = 1 : 100

BG

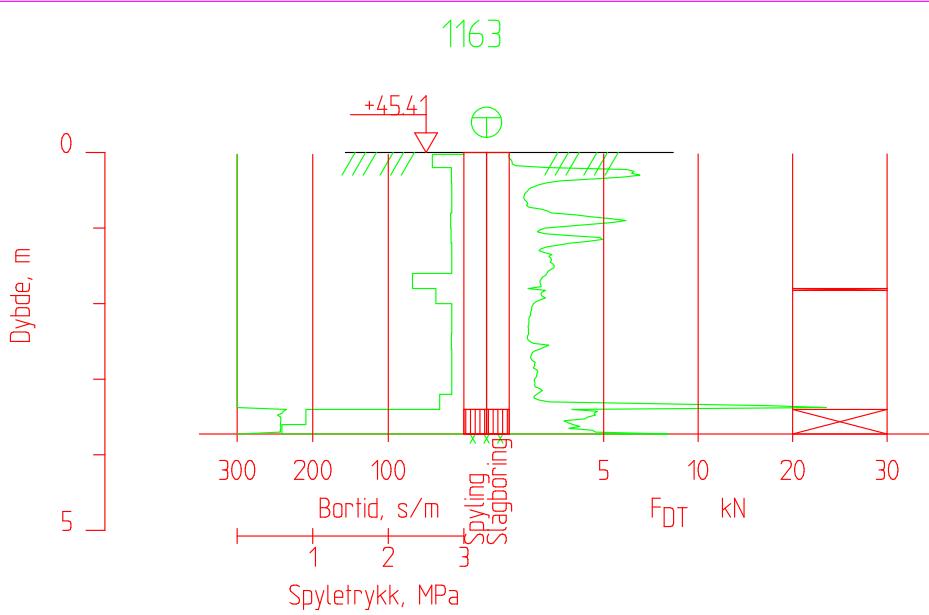
19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s124(161)





Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s126(161)



Posisjon: X 1122128.95 Y 109436.09

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 1163

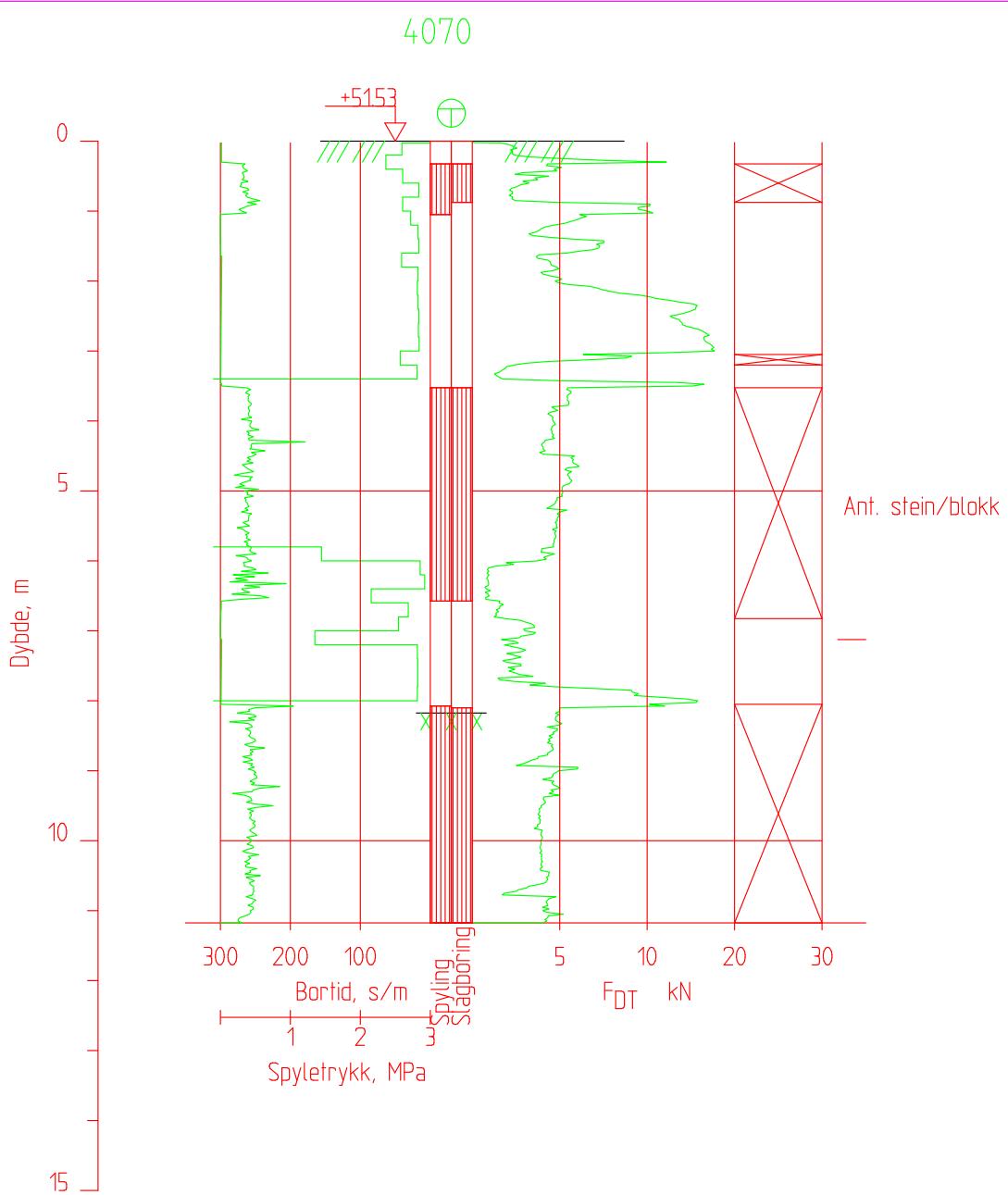
Dato boret :03.04.2017

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s127(161)



Posisjon: X 1121929.65 Y 109555.78

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 4070

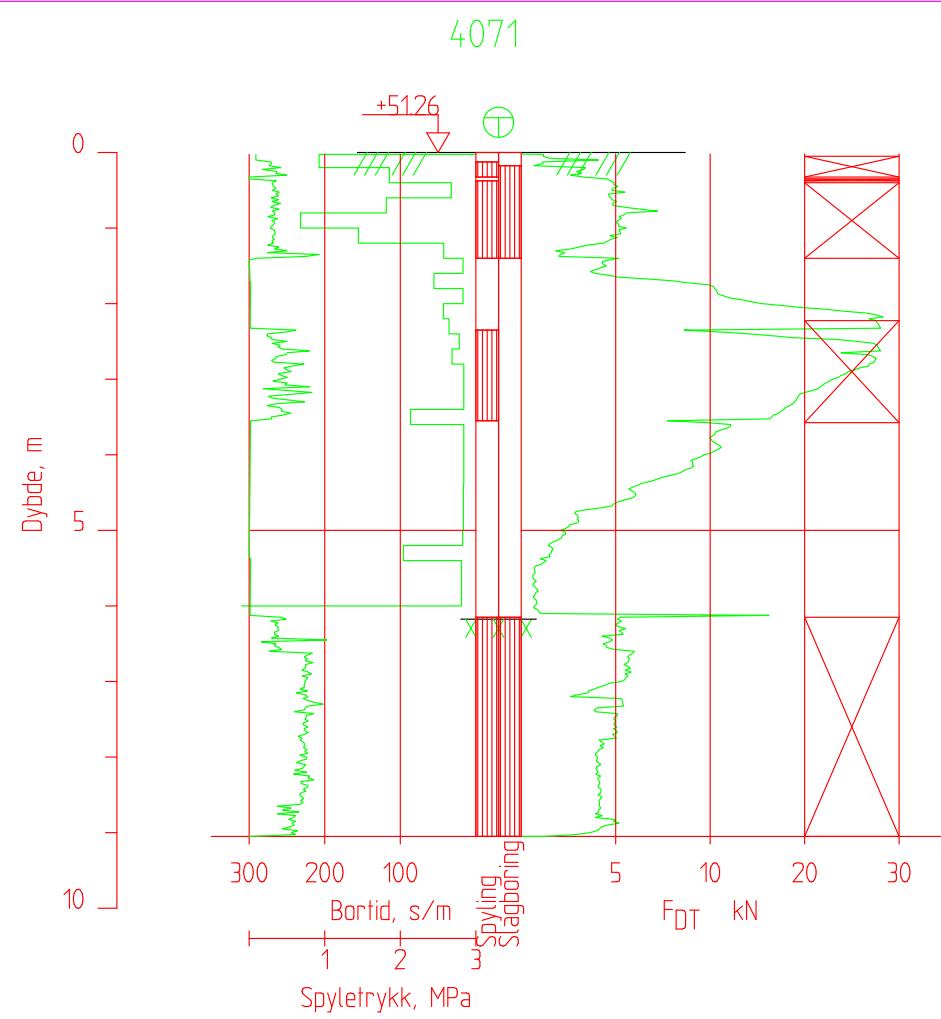
Dato boret :05.11.2018

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s128(161)



Posisjon: X 1121907.77 Y 109556.29

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

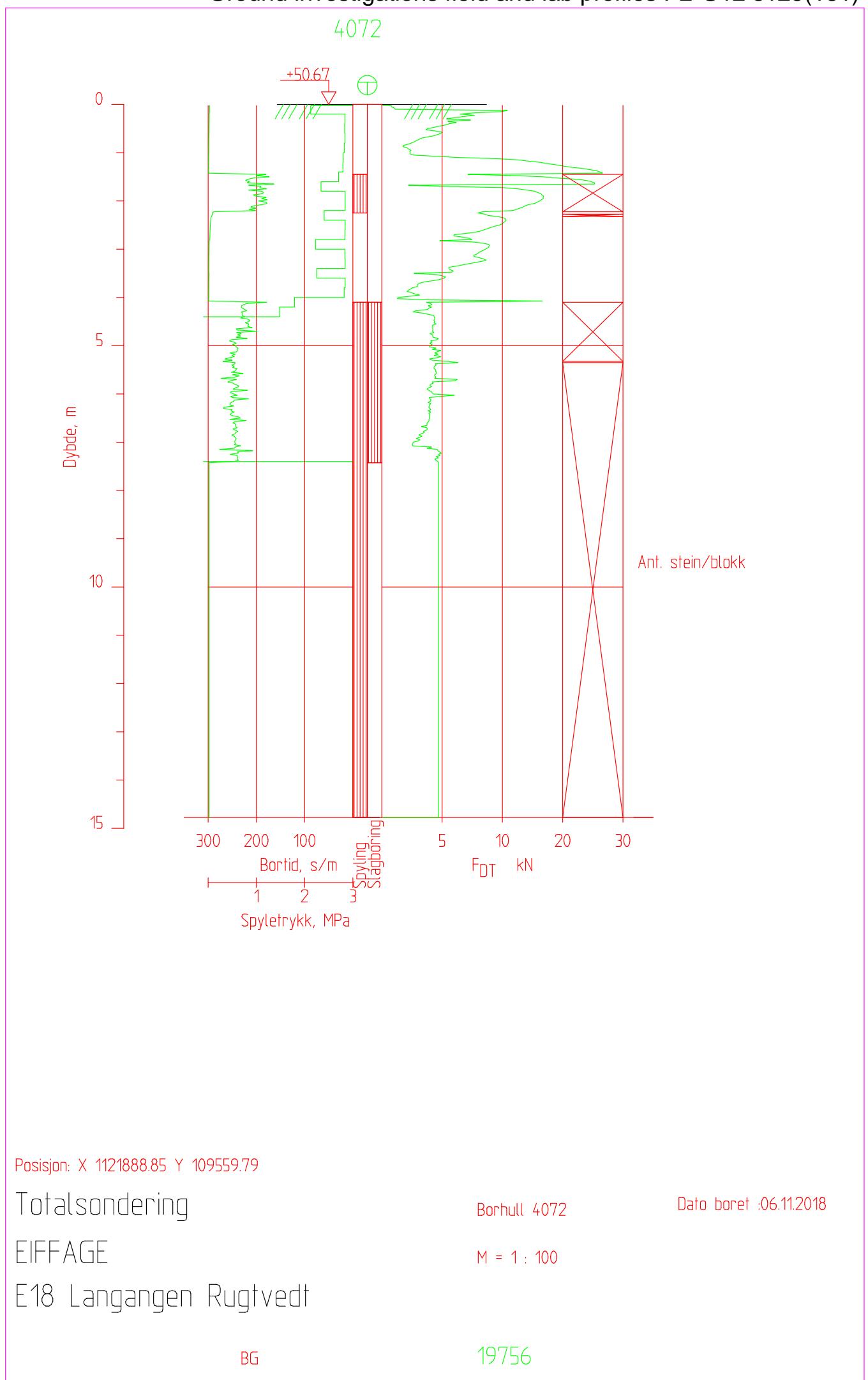
Borhull 4071

Dato boret :05.11.2018

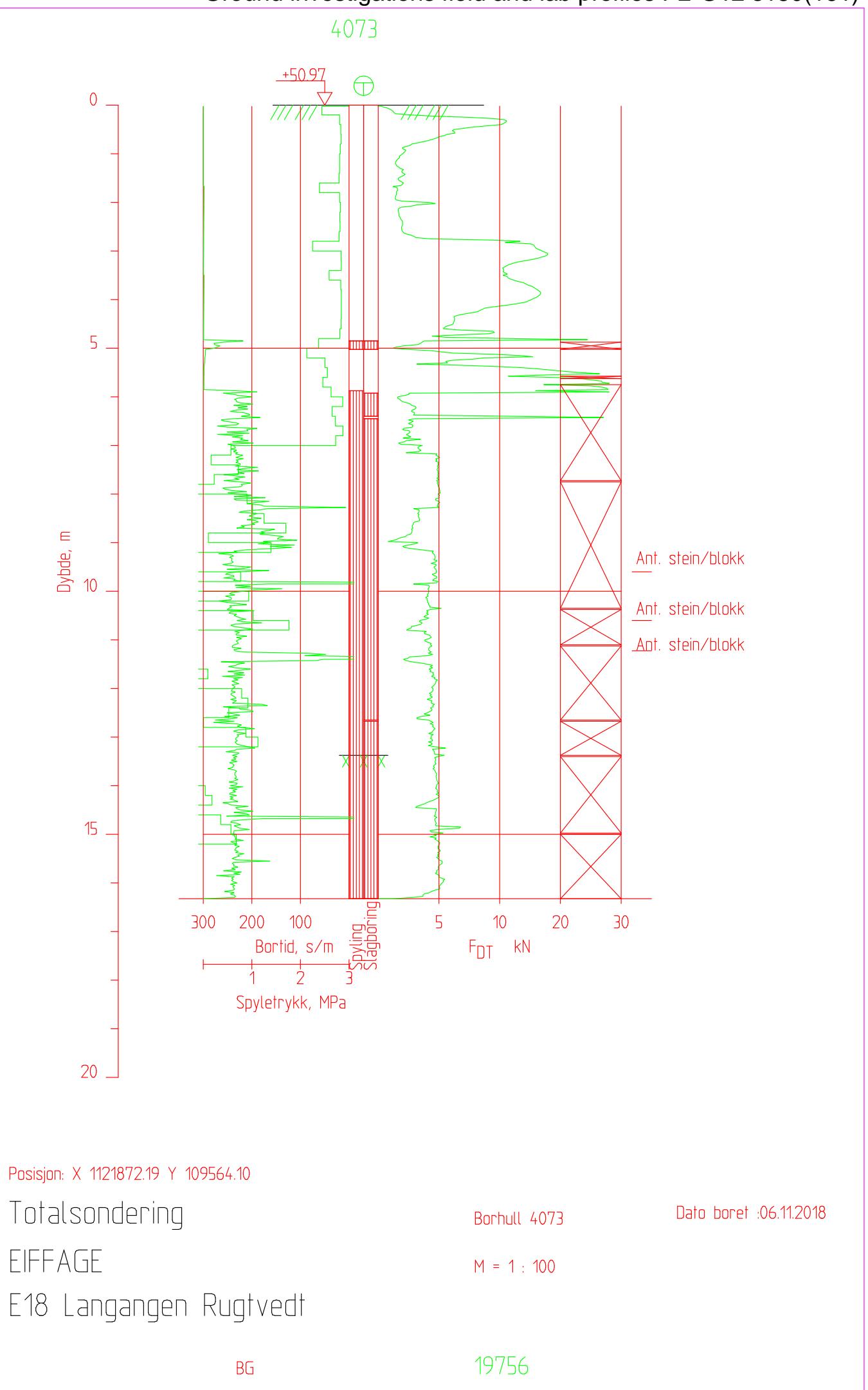
M = 1 : 100

BG

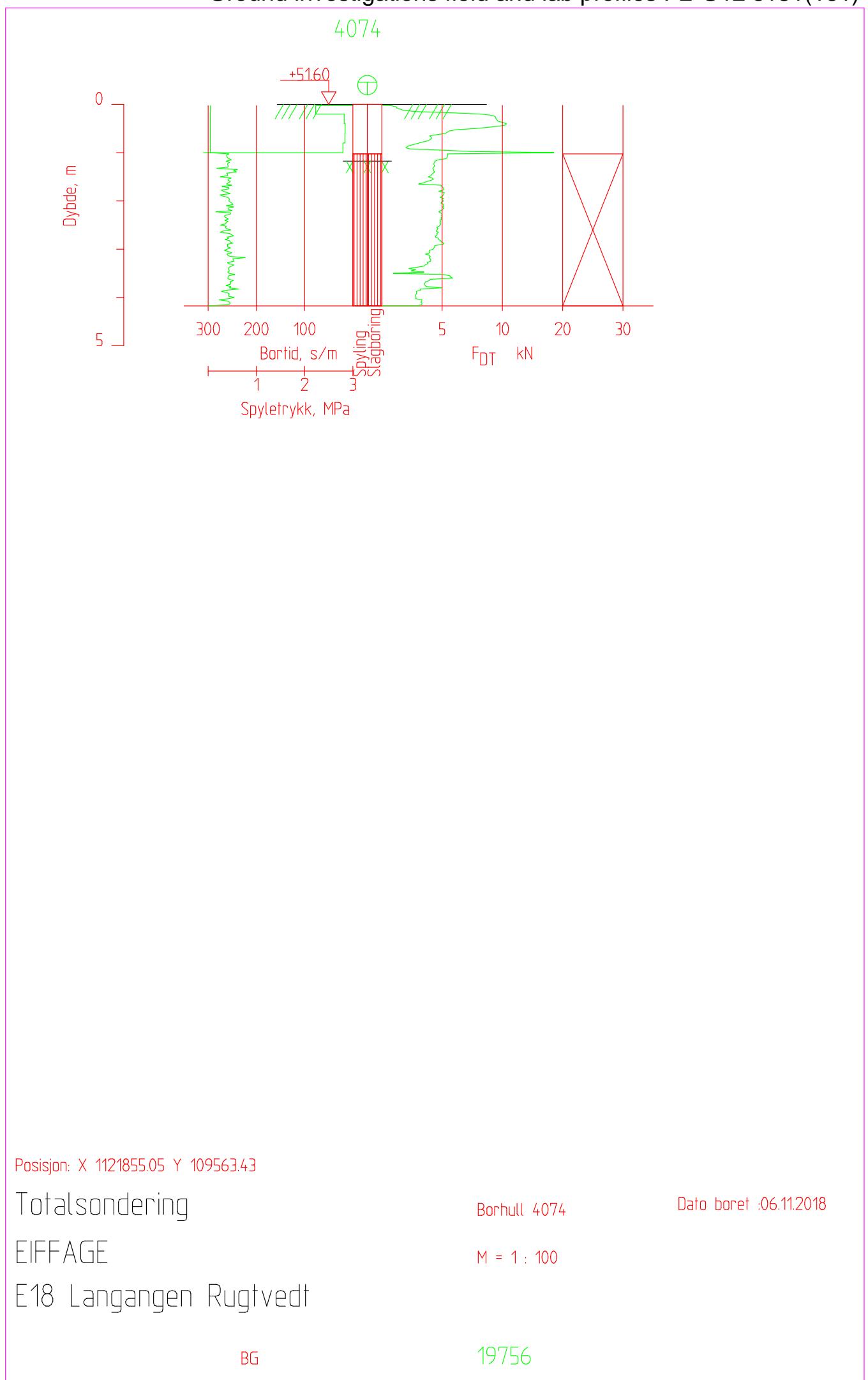
19756

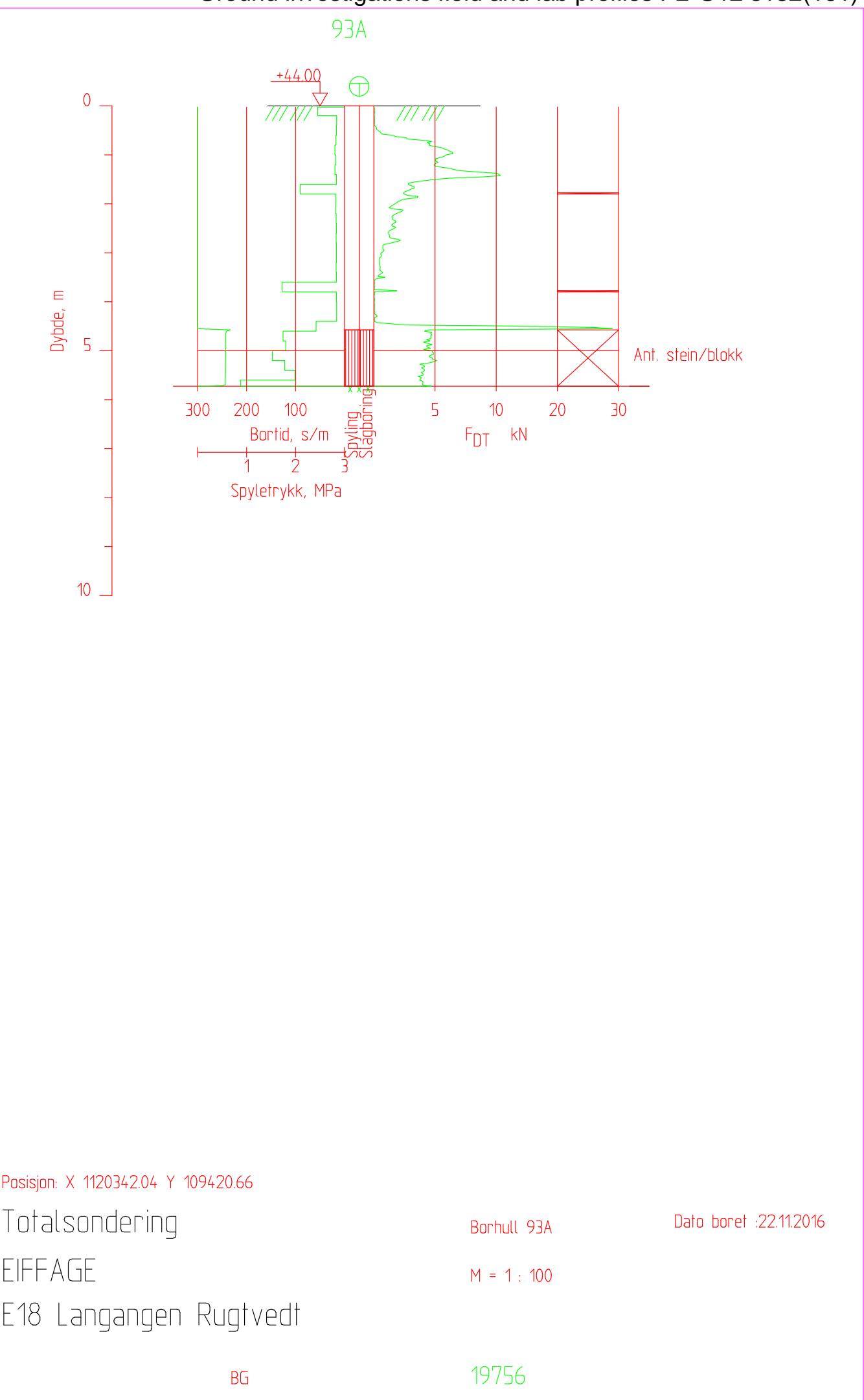


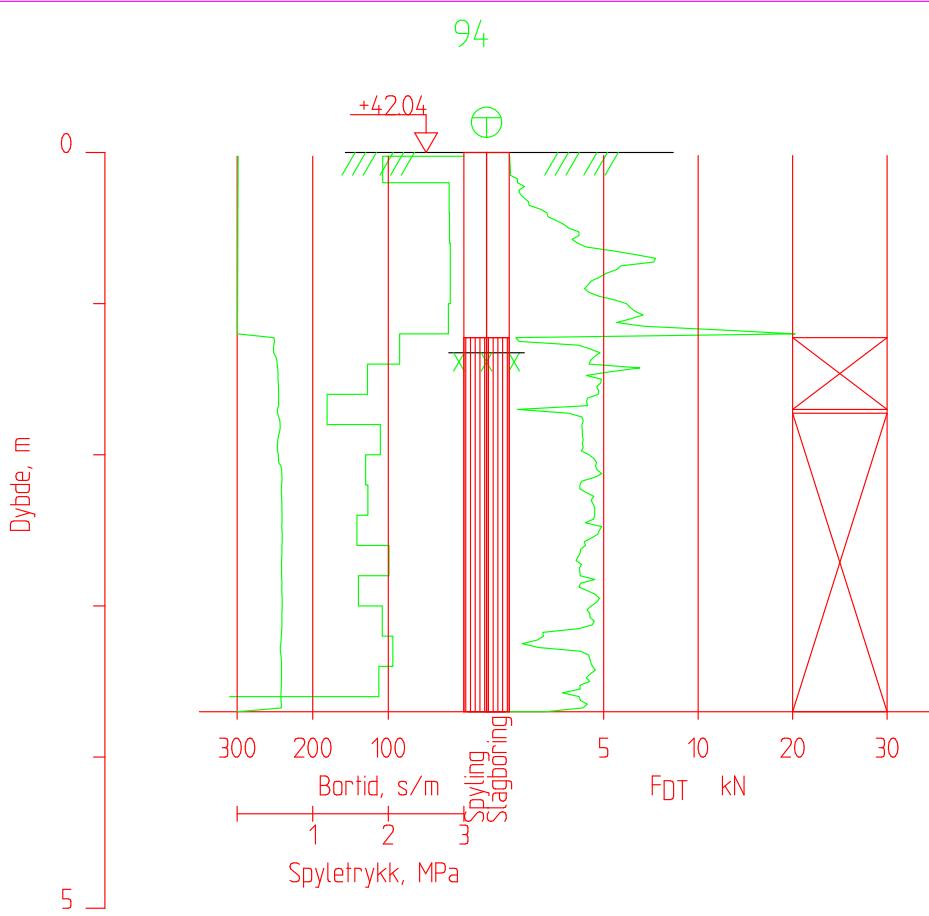
Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s130(161)



Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s131(161)







Posisjon: X 1120329.33 Y 109439.87

Totalsondering

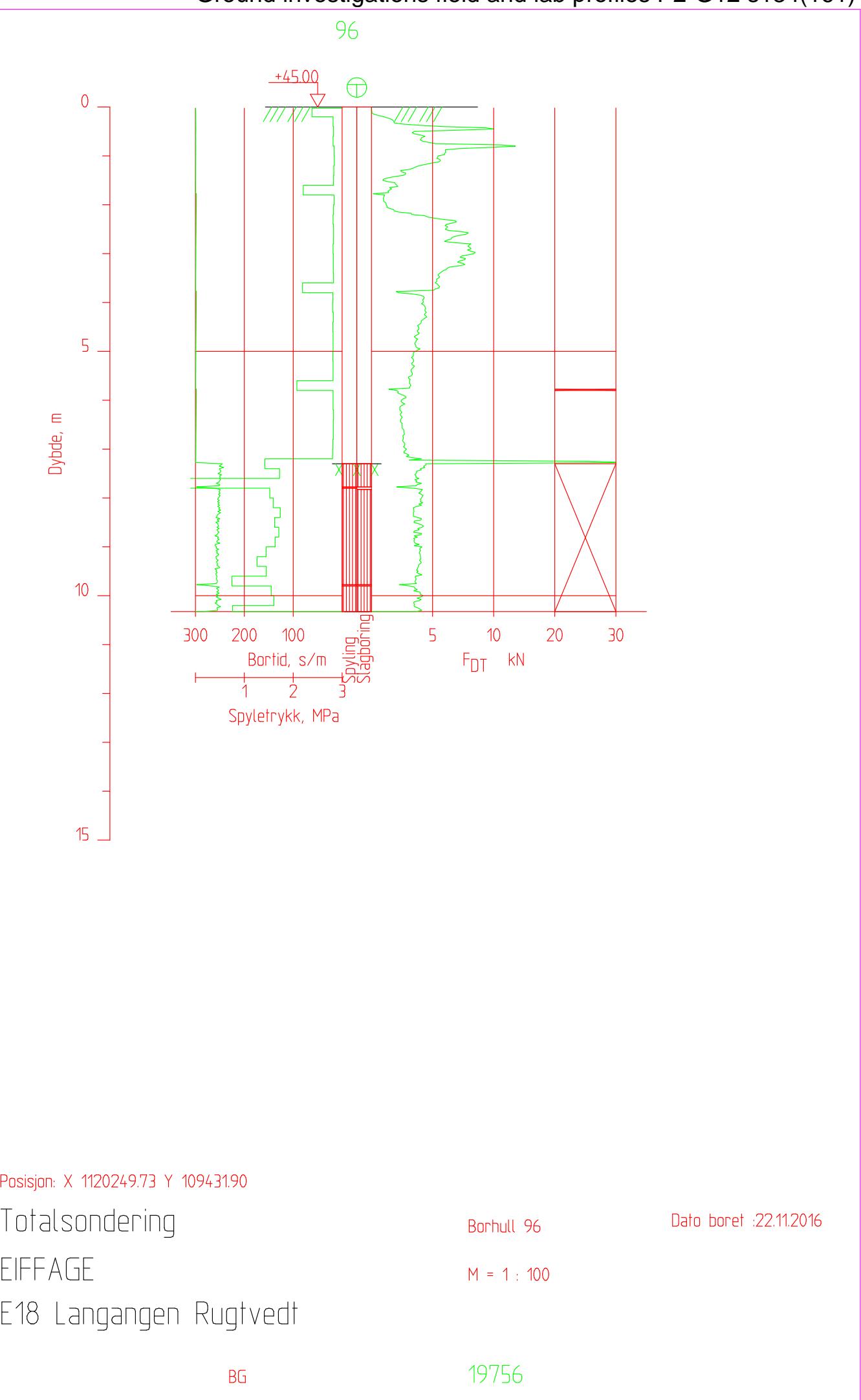
EIFFAGE

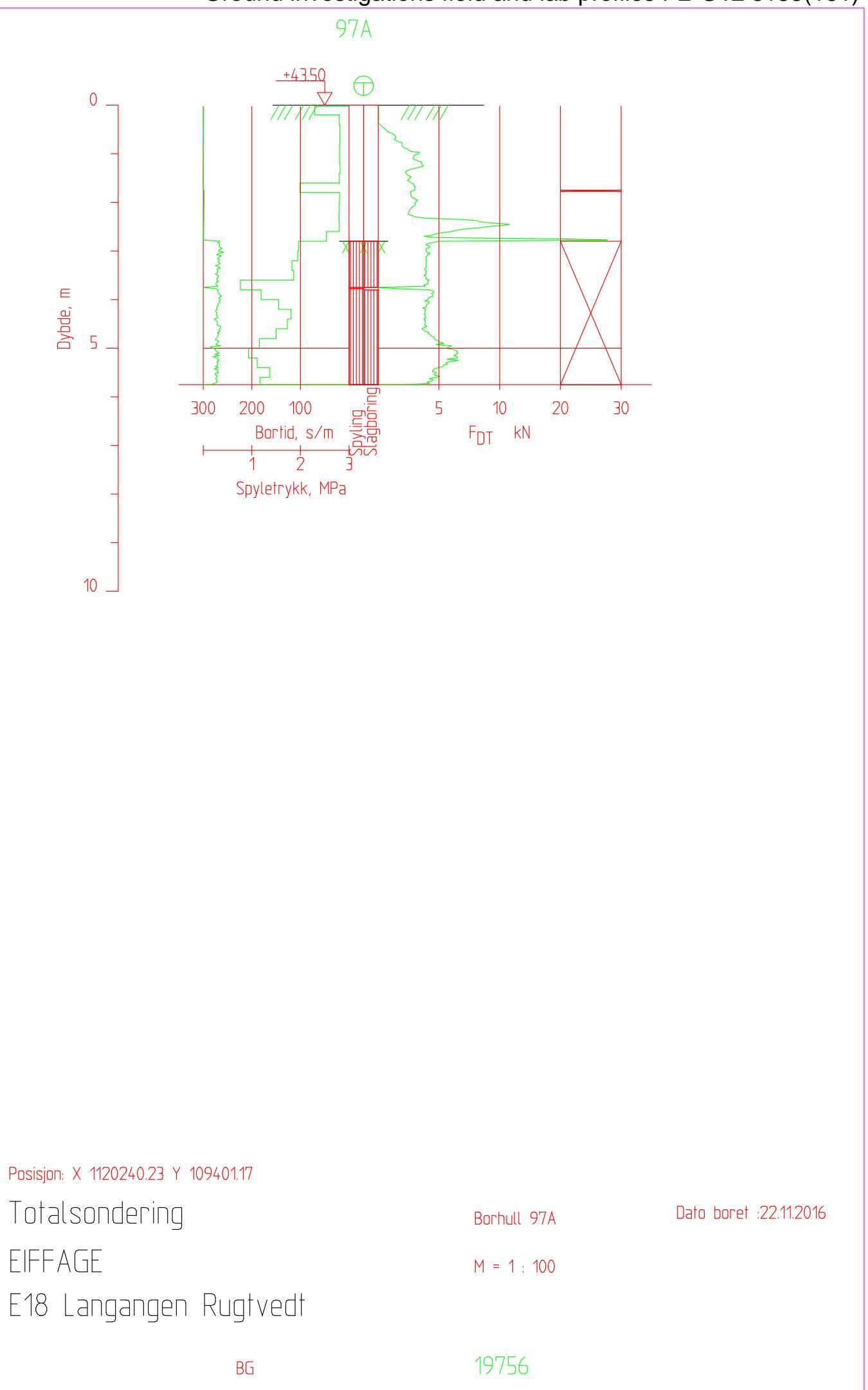
E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 94

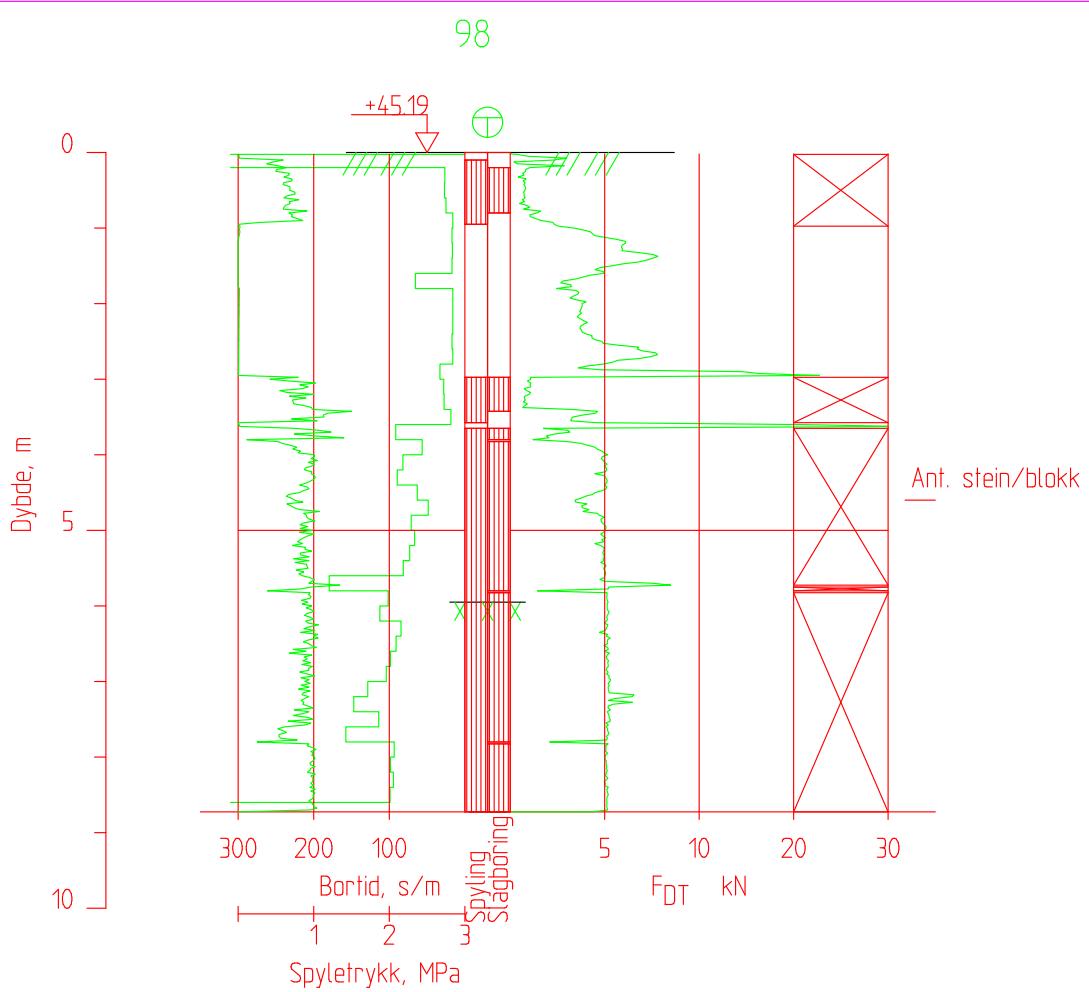
Dato boret :22.11.2016

M = 1 : 50





Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s136(161)



Posisjon: X 1120210.51 Y 109418.12

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 98

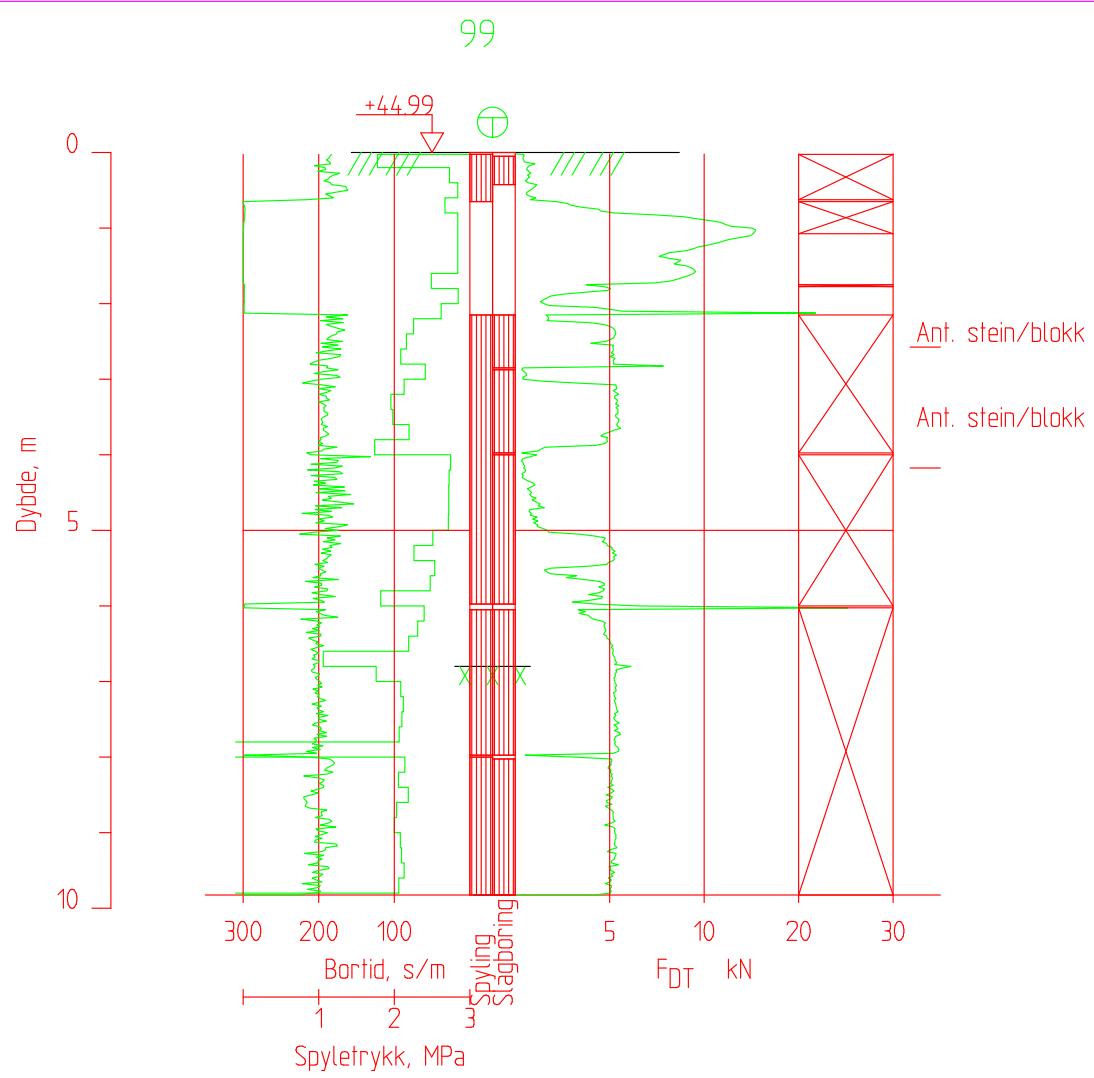
Dato boret :16.11.2016

M = 1 : 100

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s137(161)



Posisjon: X 1120217.80 Y 109409.91

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

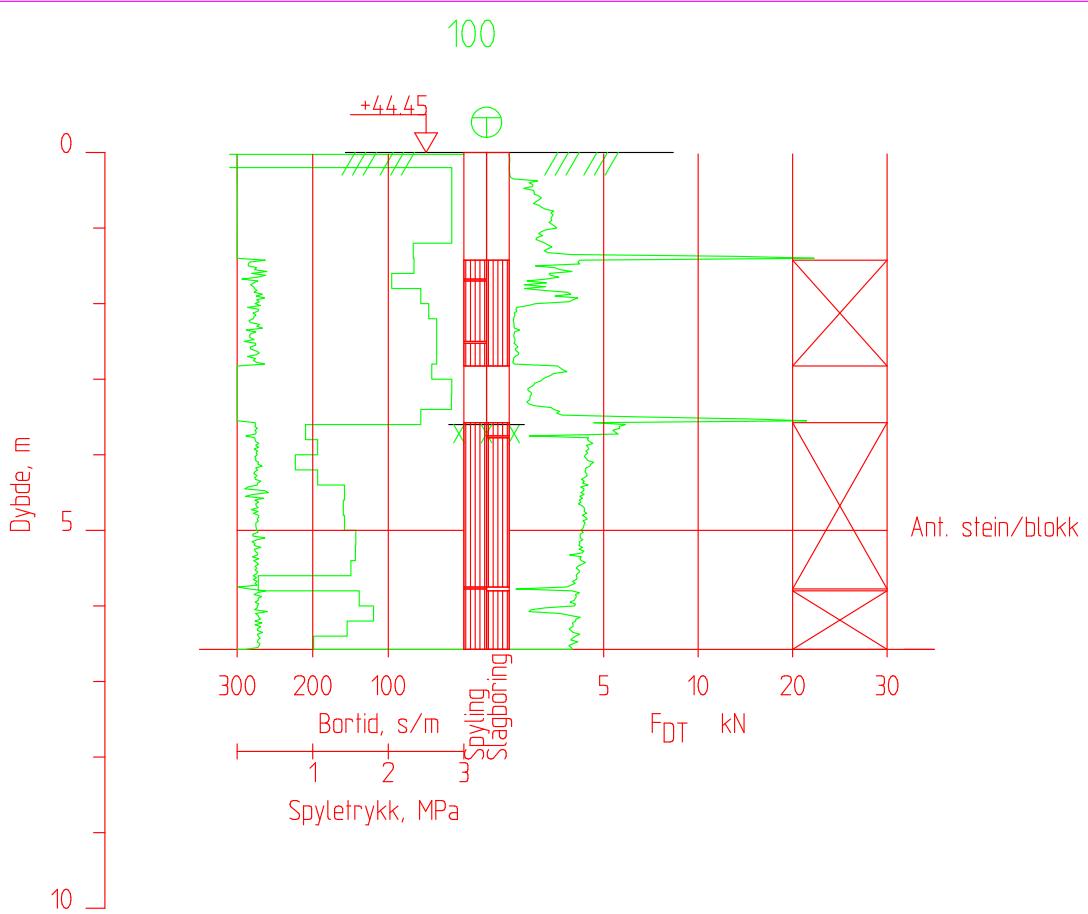
Borhull 99

Dato boret :16.11.2016

M = 1 : 100

BG

19756



Posisjon: X 1120224.93 Y 109391.83

Totalsondering

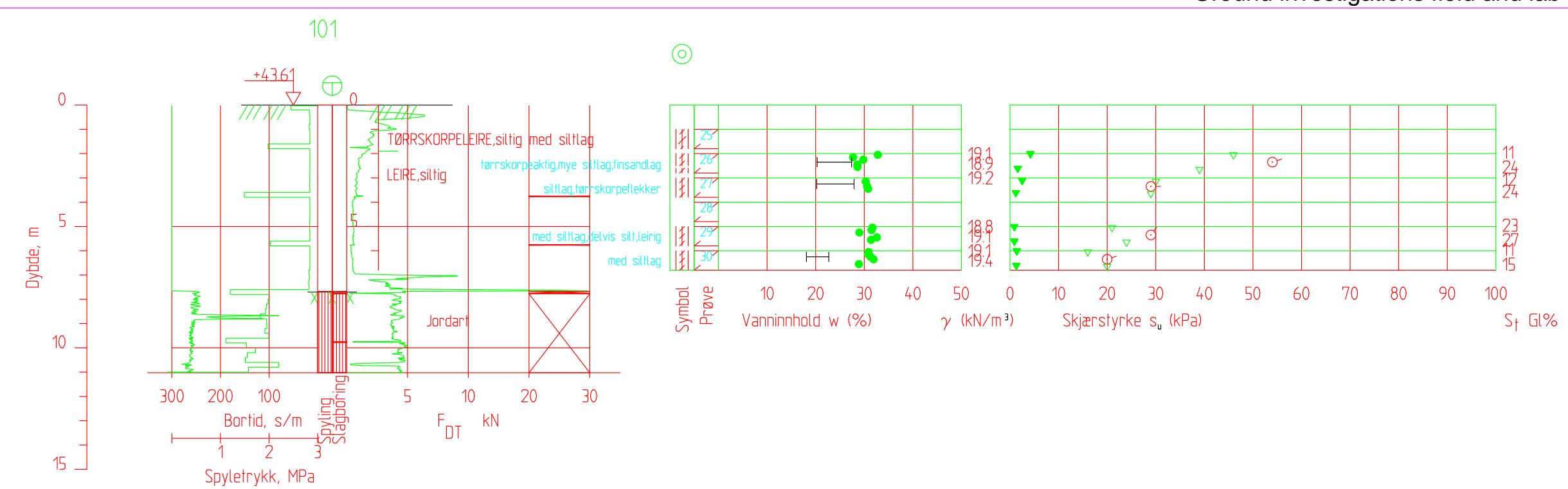
EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

Borhull 100

Dato boret :17.11.2016

M = 1 : 100



Posisjon: X 1120165.09 Y 109399.88

Totalsondering Borprofil

Borhull 101

Dato boret :17.11.2016

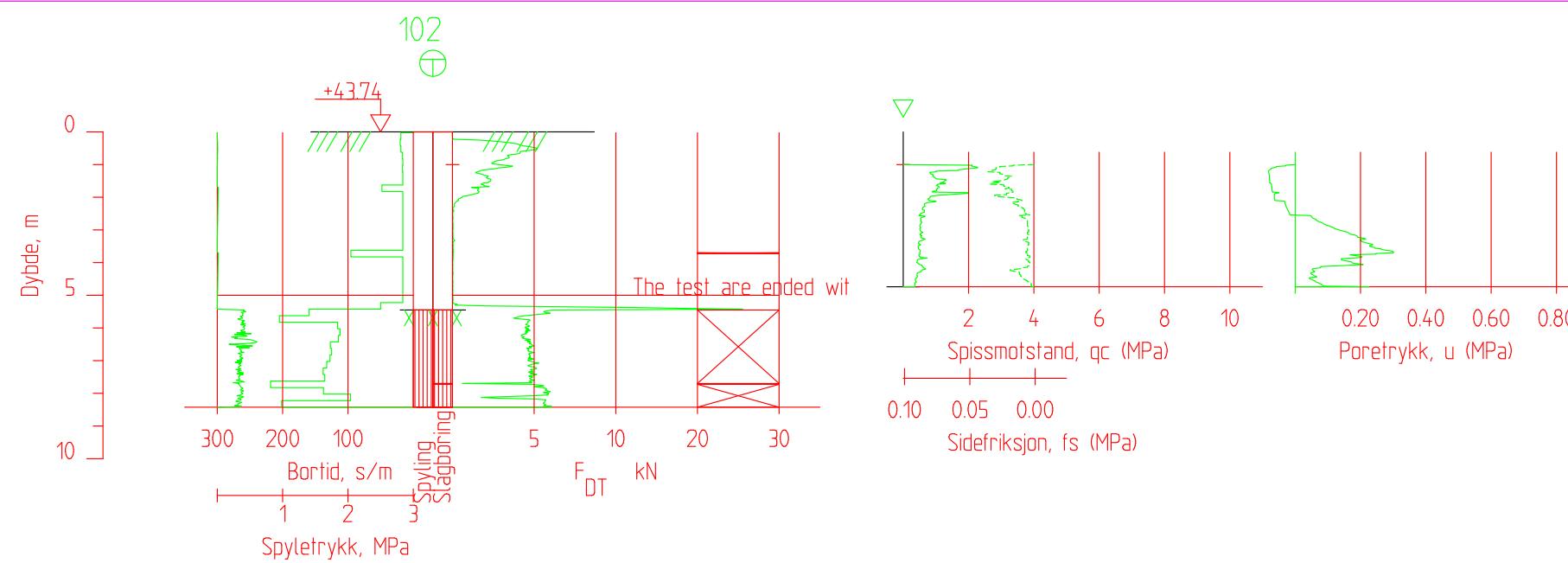
EIFFAGE

M = 1 : 200

E18 Langangen Rugtvedt

BG

19756



Posisjon: X 1120170.25 Y 109382.64

Totalsondering CPT-sondering

Borhull 102

Dato boret :14.02.2017

EIFFAGE

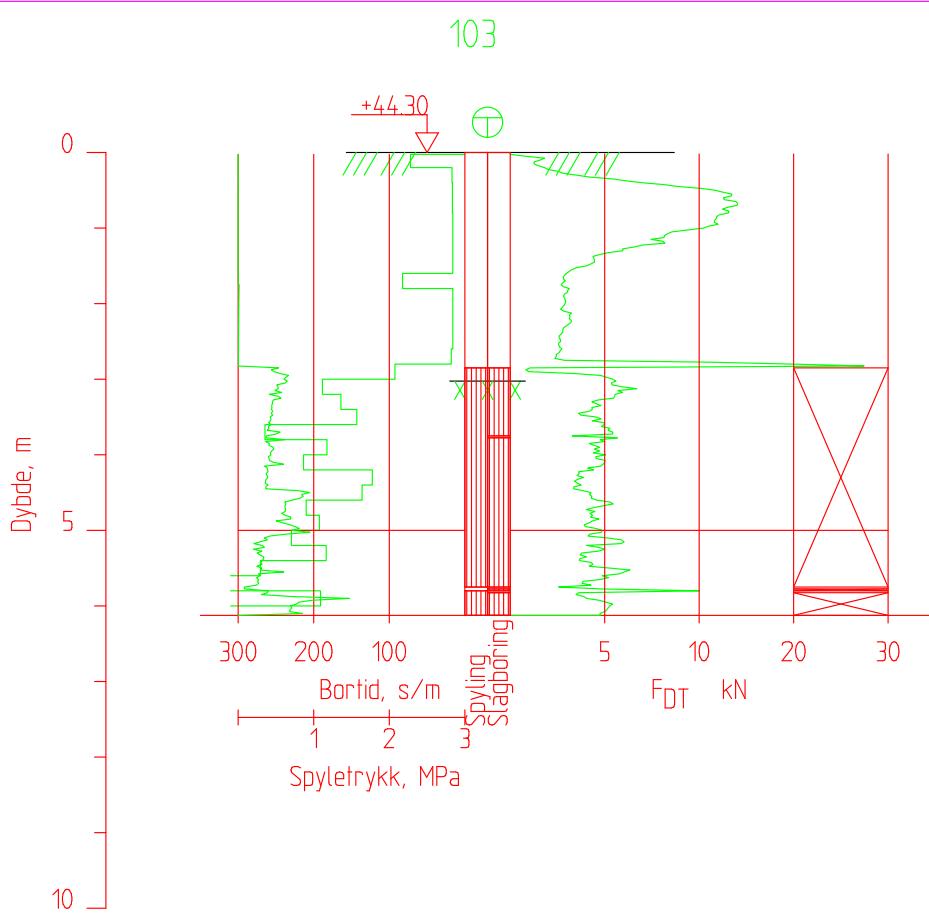
M = 1 : 200

E18 Langangen Rugtvedt

BG

19756

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s141(161)



Posisjon: X 1120124.86 Y 109406.39

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

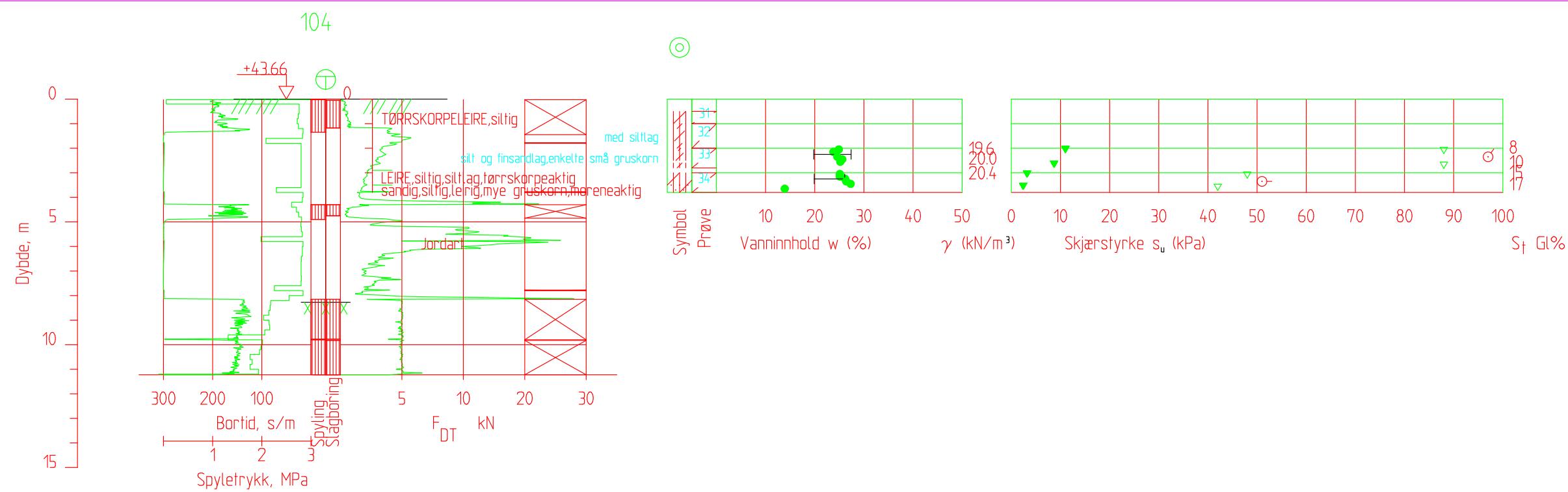
Borhull 103

Dato boret :17.11.2016

M = 1 : 100

BG

19756



Posisjon: X 1120028.33 Y 109369.38

Totalsondering Borprofil

Borhull 104

Dato boret :16.11.2016

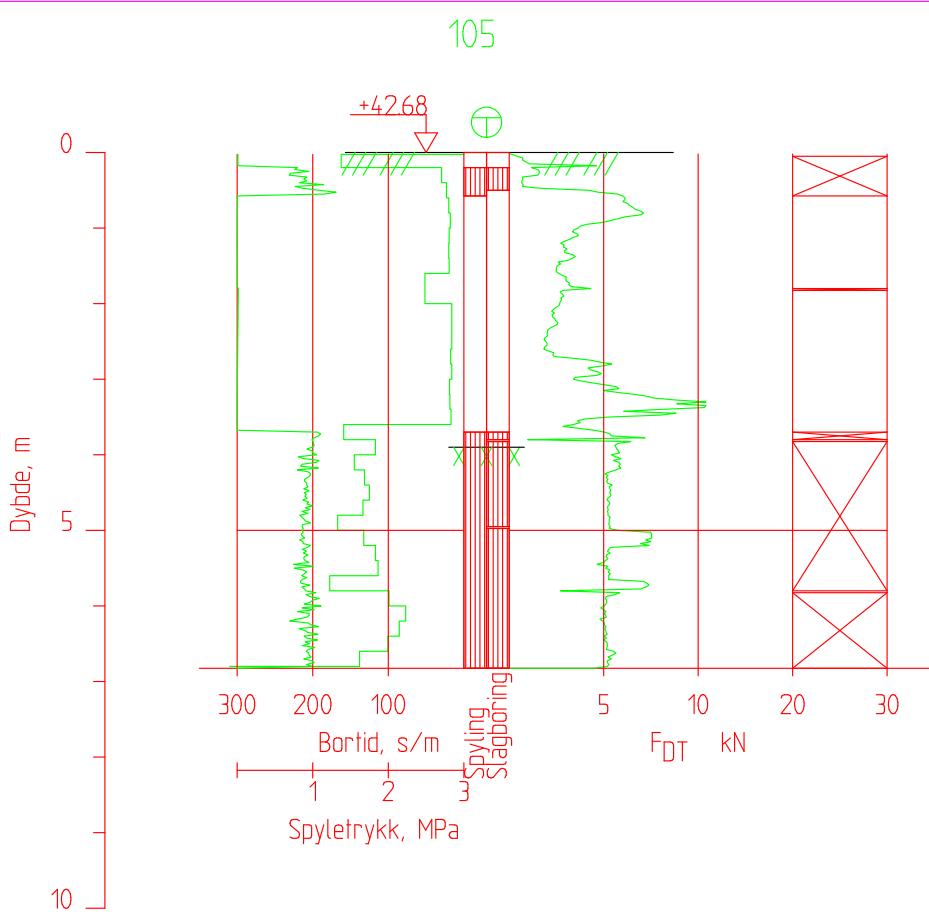
EIFFAGE

M = 1 : 200

E18 Langangen Rugtvedt

BG

19756



Posisjon: X 1120012.81 Y 109365.87

Totalsondering

EIFFAGE

E18 Langangen Rugtvedt

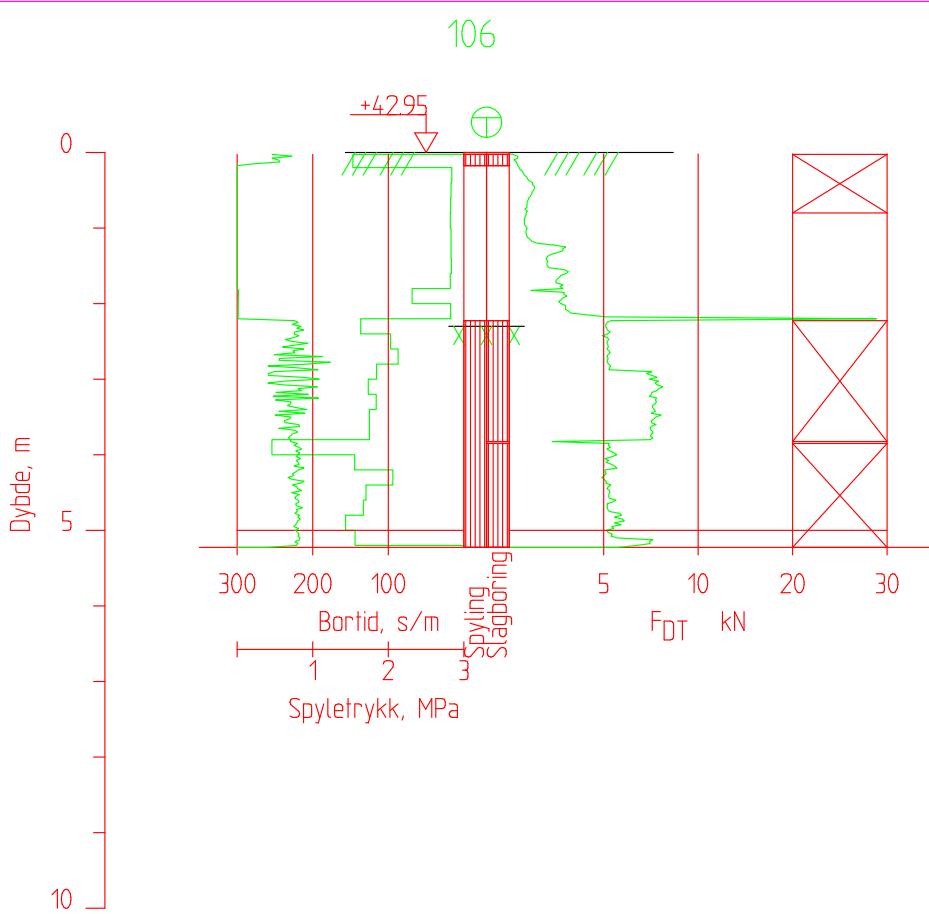
Borhull 105

Dato boret :16.11.2016

M = 1 : 100

BG

19756



Posisjon: X 1120001.03 Y 109353.12

Totalsondering

Borhull 106

Dato boret :16.11.2016

EIFFAGE

M = 1 : 100

E18 Langangen Rugtvedt

BG

19756

Depth (m)	Description	el.	Sample	Test	Water content (%) and consistency limit					ρ (g/cm ³)	ρ_s (g/cm ³)	Organic content (%)	Undrained shear strength (kPa)					Sensitivity
					10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
5	PEAT	H5-H6, mixed with lumps of sand								20,7								
	PEAT	H5-H6, mixed with lumps of sand							200									
	PEAT	mixed with sand and silt, a few gravel grains		OG														
	Sandy, silty, organic MATERIAL	a few gravel grains, a few shell fragments					O											
	Sandy, organic SILT	a few gravel grains		G														
	Sandy, organic SILT	a few gravel grains						O										
10										4,7								
15																		
20																		

Symbols:

Unconfined compression test (line specifies strain (%) at failure)

ISO 17892-6: 2017
▼ Disturbed fall cone
▼ Undisturbed fall cone ρ = Density ρ_s = Grain densityT = Triaxial test
O = Oedometer test

G = Grain size distribution

Ground water level: m
Bore book: Digital**Soil Sampling**

Borehole: 5001

Nye Veier

Date: 2020-07-09

E18 Langangen-Rugtvedt, supplementary ground investigations

Multiconsult

www.multiconsult.no

Drawn by:

GEO

Reviewed by:

ANNM

Approved by:

STEG

Project number:

10217934-02

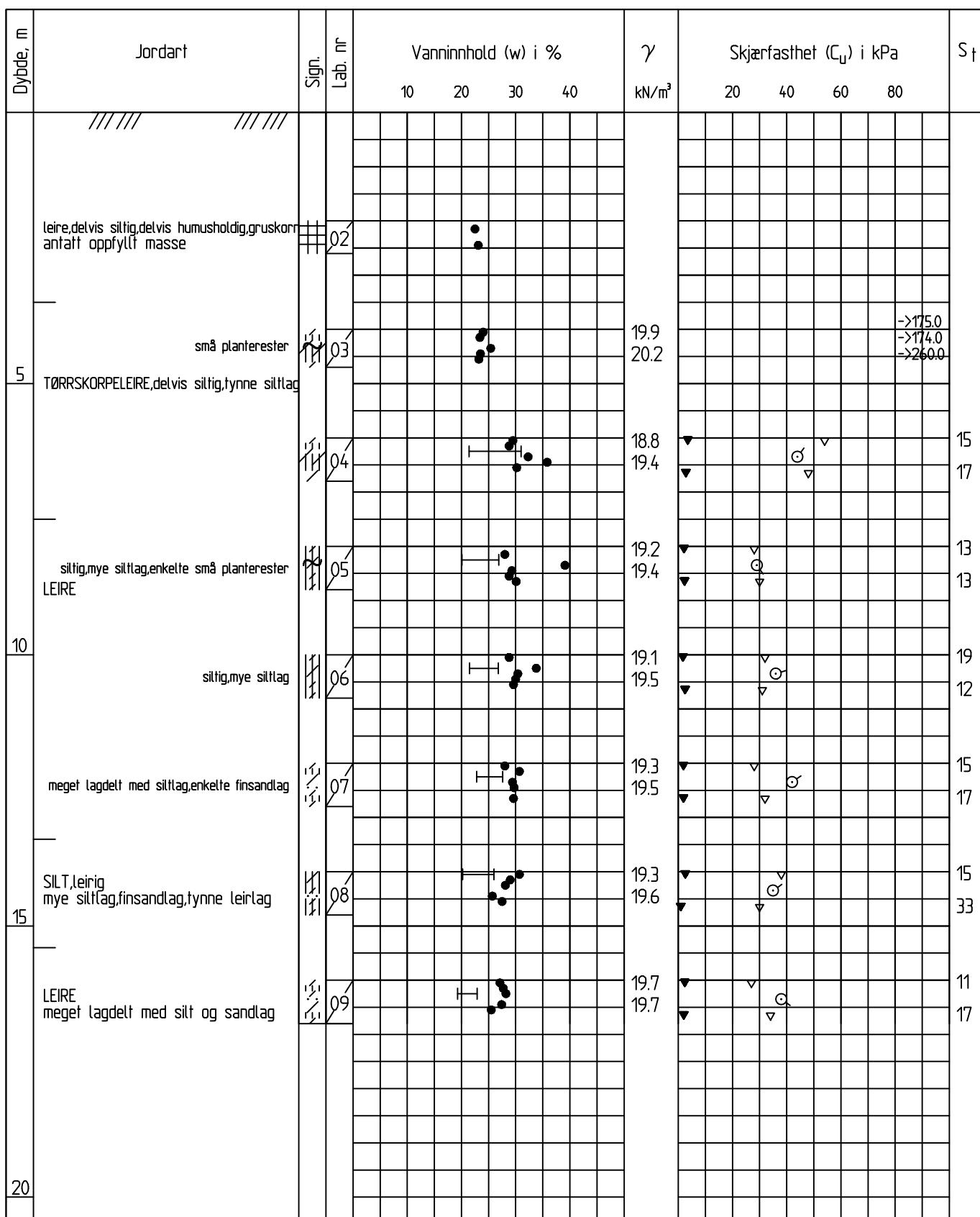
Drawing number:

RIG-TEG-203

Revision number:

00

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s146(161)



Enkelt trykkforsøk :  (strek angir def.% v/brudd)

Konusforsøk - Omrørt/uforstyrret: ▼ / ▽

Penetrometerforsøk □ Konsistensgrense Wp | — | WL Andre forsøk:

T= Treaksialforsøk

Ø= Ødometerforsøk

K= Kornfordeling

Oppdrag nr. 1350017807 Målestokk: 1:100 Status:

E18 Langangen-Rugtvedt
Nye Veier

BORPROFIL HULL NR.: 79
TERRENGHØYDE: +53 PRØVETYPE: Ø54

RAMBOLL

Ramboll AS - Region Midt-Norge
P.b. 9420 Sluppen
Mellomila 79, N-7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
www.ramboll.no

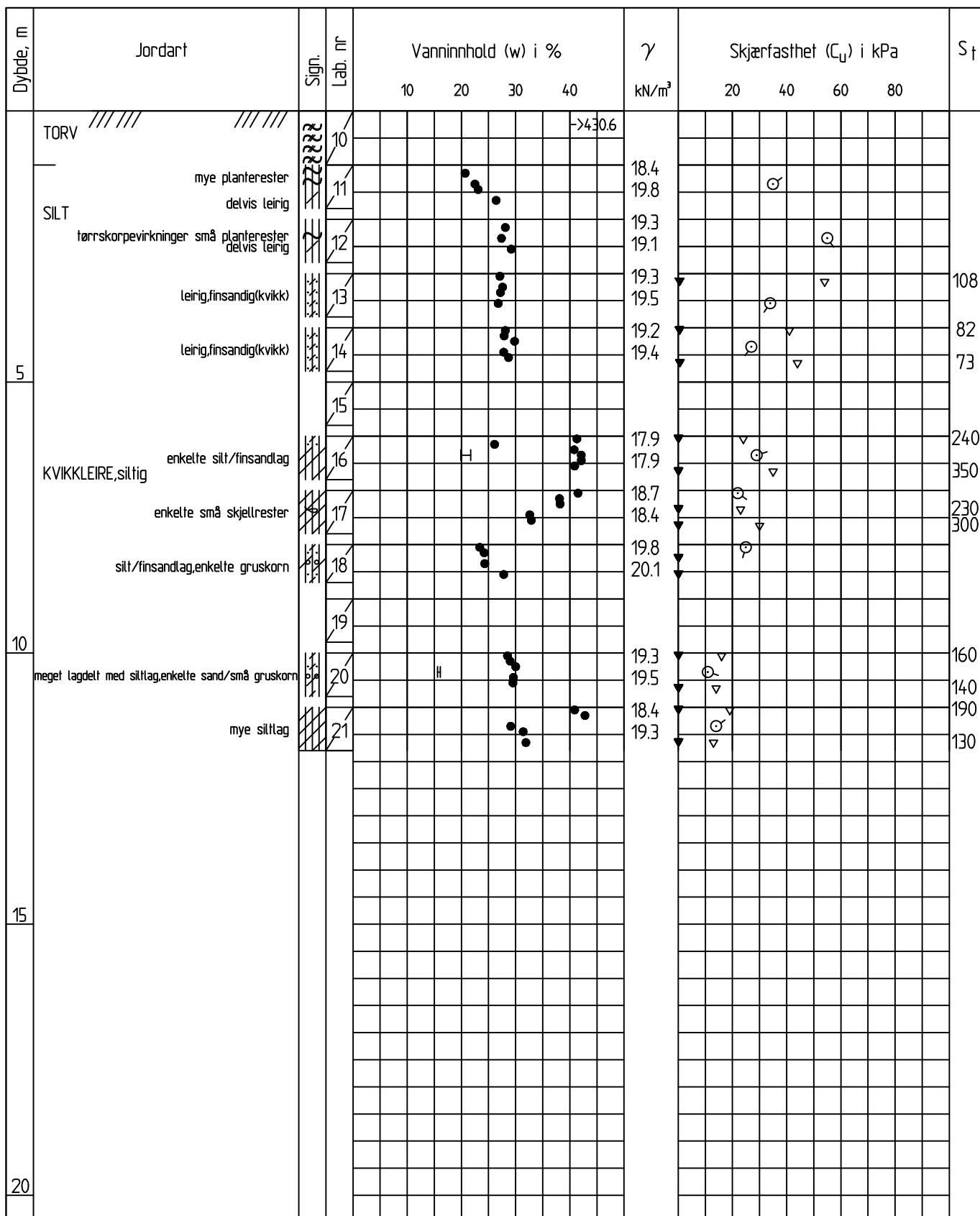
Tegning nr.

Rev.

01.11.2017 EMLA MTV CED Rev. Dato Tekst Utarb Kontr Godkj

143

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s147(161)



Enkelt trykkforsøk :  (strek angir def.% v/brudd)

Konusforsøk - Omrørt/uforstyrret: ▼ / ▽

Penetrometerforsøk □ Konsistensgrense W_P |————| W_L Andre forsøk:

T= Treaksialforsøk

Ø= Ødometerforsøk

K= Kornfordeling

Oppdrag nr. 1350017807 Målestokk: 1:100 Status:

RAMBOLL

Ramboll AS - Region Midt-Norge
P.b. 9420 Sluppen
Mellomila 79, N-7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
www.ramboll.no

Tegning nr.

Rev.

E18 Langangen-Rugtvedt

Nye Veier

BORPROFIL HULL NR.: 90

TERRENGHØYDE: +46.5 PRØVETYPE: Ø54

144

Rev.	Dato	Tekst	EMLA	MTV	CED

Godkj

Sonde og utførelse

Sonenummer	4704	Boreleder	Sigmund
Type sonde	Nova	Temperaturendring (°C)	9,2
Kalibreringsdato	24-01-2020	Maks helning (°)	4,2
Dato sondering	20-06-30	Maks avstand målinger (m)	0,02
Filtertype			

Kalibreringsdata

	Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk
Maksimal last (MPa)	50	0,5	2
Måleområde (MPa)	50	0,5	2
Skaleringsfaktor	1289	3702	3559
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-	-	-
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0,5919	0,0103	0,0214
Arealforhold	0,8480	0,0020	
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	18,929	0,453	0,857
Temperaturområde (°C)	40		

Nullpunktsskontroll

	NA	NA	NA
Registrert før sondering (kPa)	7177,8	129,7	257,9
Registrert etter sondering (kPa)	-0,6	-2,1	-14,7
Avvik under sondering(kPa)	0,6	2,1	14,7
Maksimal temperatureffekt (kPa)	4,4	0,1	0,2
Maksverdi under sondering (kPa)	9792,4	215,0	258,4

Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012

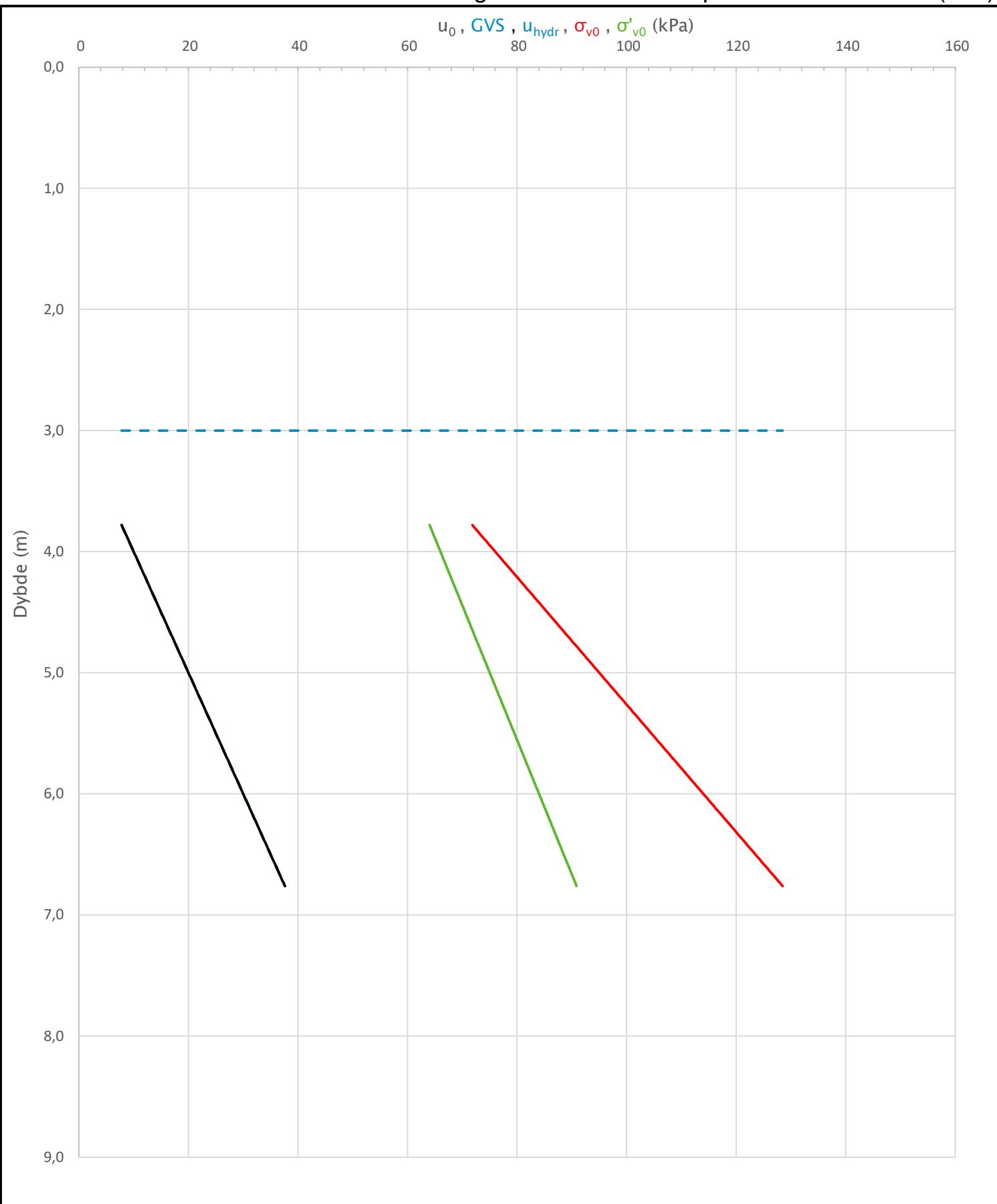
	Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	5,5	0,1	2,2	1,0
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20
Anvendelsesklasse	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1			
Anvendelsesklasse	2			

Måleverdier under kapasitet/krav

Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	Helning	Temperatur
OK	OK	OK	OK	OK

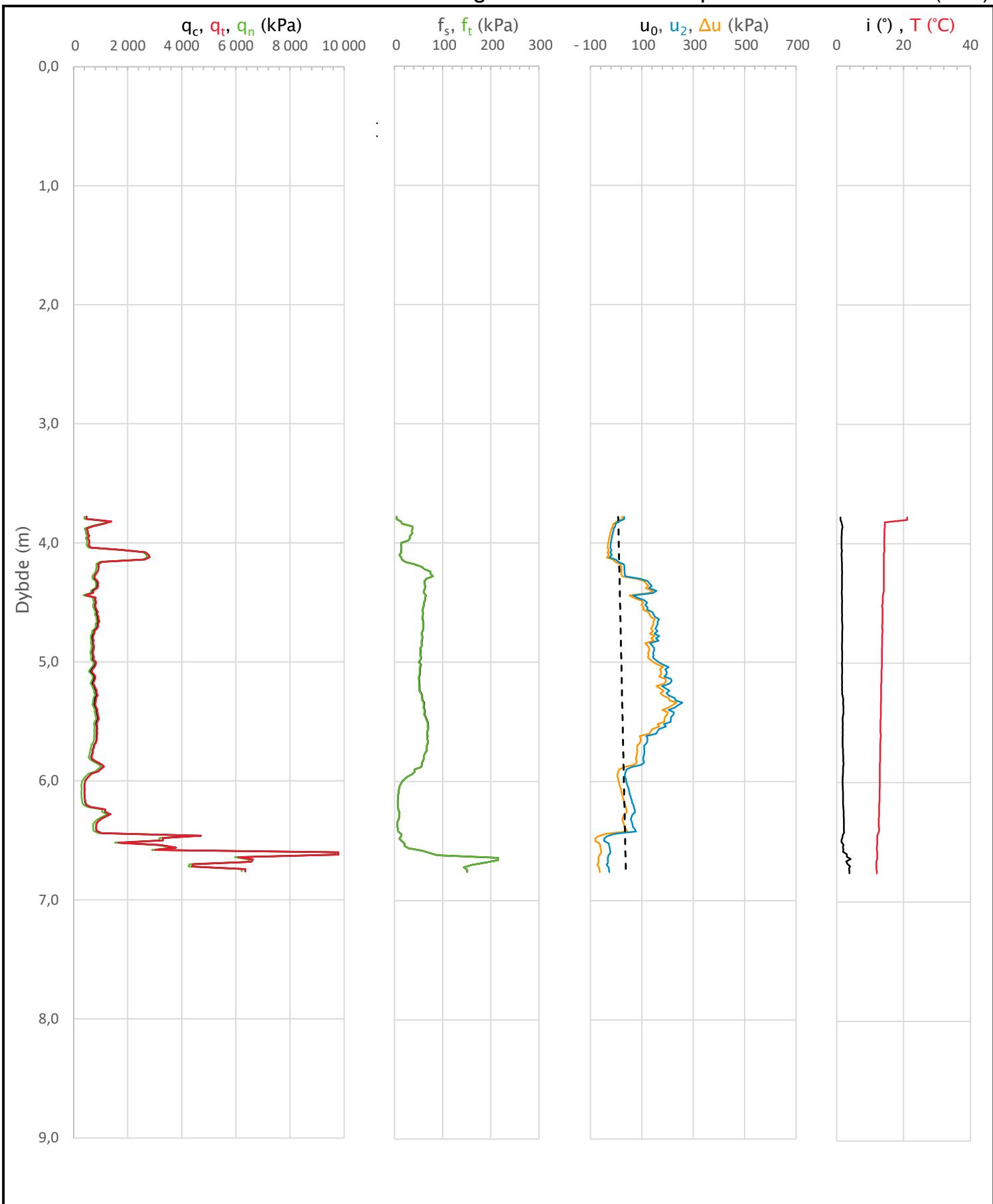
Kommentarer:

Prosjekt E18 Langangen–Rugtvedt	Prosjektnummer: 10217934 Rapportnummer: -1	Borhull 5001
Innhold Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet		Sondenummer 4704
Multiconsult	Tegnet HalE Kontrollert MRL Godkjent SteG	Anvend.klasse 2
	Utførende Multiconsult	Rev. dato 20.07.2020



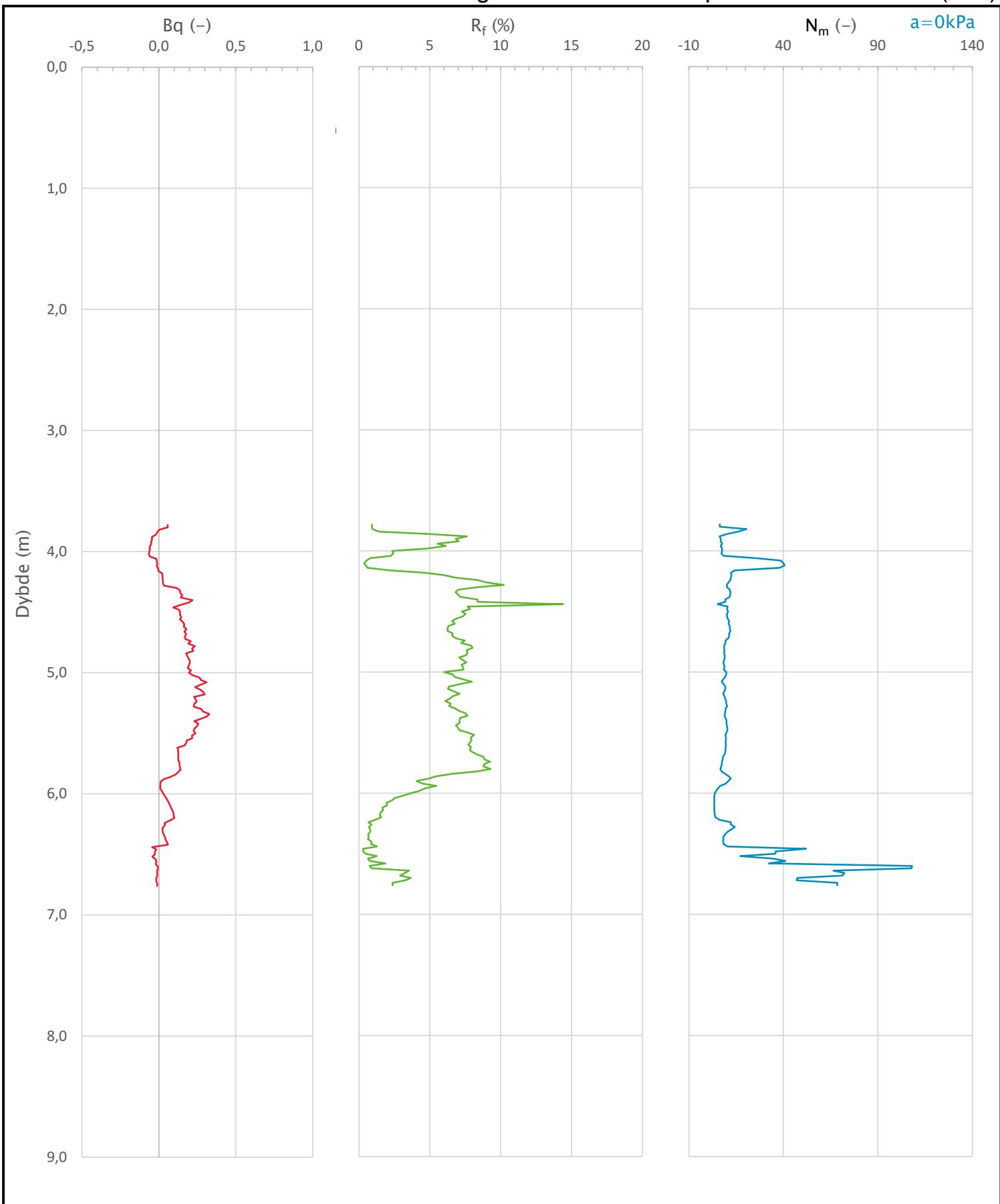
Prosjekt E18 Langangen-Rugtvedt	Prosjektnummer: 10217934 Rapportnummer: -1	Borhull 5001
Innhold In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger		Sondenummer 4704
Multiconsult	Tegnet HalE	Kontrollert MRL
	Utførende Multiconsult	Godkjent SteG
	Datei sondering 20-06-30	Anvend.klasse 2
	Revisjon 0	RIG-TEG 502.2
	Rev. dato 20.07.2020	

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s150(161)



Prosjekt E18 Langangen–Rugtvedt	Prosjektnummer: 10217934 Rapportnummer: -1	Borhull 5001
Innhold Måledata og korrigerte måleverdier		Sondenummer 4704
Multiconsult	Tegnet HalE	Kontrollert MRL
	Utførende Multiconsult	Godkjent SteG
	Datei sondering 20-06-30	Anvend.klasse 2
		Revisjon 0
		Rev. dato 20.07.2020
		RIG-TEG 502.3

Ground investigations field and lab profiles P2-G12 s151(161)



Prosjekt E18 Langangen–Rugtvedt	Prosjektnummer: 10217934 Rapportnummer: -1	Borhull 5001
Innhold Avleddede dimensjonsløse forhold		Sondenummer 4704
Multiconsult	Tegnet HalE	Kontrollert MRL
	Utførende Multiconsult	Godkjent SteG
	Datei sondering 20-06-30	Anvend.klasse 2
	Revisjon 0	RIG-TEG 502.4
	Rev. dato 20.07.2020	

CALIBRATION CERTIFICATE FOR CPT PROBE 4704

Probe No 4704
 Date of Calibration 2020-01-24
 Calibrated by Mikael Engdahl.....
 Run No 1276
 Test Class: ISO 1



Point Resistance	Tip Area 10cm ²	
Maximum Load	50	MPa
Range	50	MPa
Scaling Factor	1289	
Resolution	0,5919	kPa
Area factor (a)	0,848	

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 18,929 kPa
 Temperature range 5 –40 deg. Celsius.

Local Friction	Sleeve Area 150cm ²	
Maximum Load	0,5	MPa
Range	0,5	MPa
Scaling Factor	3702	
Resolution	0,0103	kPa
Area factor (b)	0,002	

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 0,453 kPa
 Temperature range 5 –40 deg. Celsius.

Pore Pressure		
Maximum Load	2	MPa
Range	2	MPa
Scaling Factor	3559	
Resolution	0,0214	kPa

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 0,857 kPa
 Temperature range 5 –40 deg. Celsius.

Tilt Angle.	Scaling Factor: 0,92	
Range	0 - 40	Deg.

Backup memory
Temperature sensor



Specialists in
 Geotechnical
 Field Equipment

Cptlog Cone data base information

Göteborg: 2020-01-24

Cone name	<input type="text" value="4704"/>	Serial number	<input type="text" value="4704"/>	Date of purchase	<input type="text" value="User."/>
Geometric parameters					
Point resistance	<input type="text" value="50"/>	(Mpa)	<input type="text" value="0,848"/>	Area factor a	<input type="text" value="1289"/>
Local friction	<input type="text" value="0,5"/>	(Mpa)	<input type="text" value="0,002"/>	Area factor b	<input type="text" value="3702"/>
Pore pressure	<input type="text" value="2"/>	(Mpa)	<input type="text" value="10"/>	(cm ²)	<input type="text" value="3559"/>
Tilt sensor	<input type="text" value="40"/>	(Deg)	<input type="text" value="150"/>	(cm ²)	<input type="text" value="0,92"/>
temperature	<input type="text" value="1"/>	©	<input type="text" value="1"/>		
Elect. Conductivity	<input type="text" value=""/>	(mS/m)	<input type="text" value="1"/>	Type	<input type="text" value="NOVA cone"/>
			<input type="text" value=""/>	Memory option	<input type="text" value="With memory"/>
Elect. Conductivity A	<input type="text" value=""/>		<input type="text" value=""/>	Elect. Conductivity B	<input type="text" value=""/>
Elect. Conductivity B	<input type="text" value=""/>		<input type="text" value=""/>		



Specialists in
Geotechnical
Field Equipment

Ingenjörsfirma Geotech AB +46 (0)31-28 99 20 www.geotech.se
Datavägen 53 +46 (0)31-68 16 39 VAT No.
Datavägen 53



Geotechnical enclosures

Field investigations

		Soundings are carried out to obtain an indication of the relative stiffness of the penetrated soils. From that, the stratification and depth to the bedrock surface or firm layers may be estimated. Reference is made to «Geotechnical enclosure – test standards and guidelines».
		ROTAry WEIGHT SOUNding Performed with jointed $\varnothing 22$ mm drillrods with a 200 mm twisted point. The drillrods are rotated manually or by a drilling machine into the soil with maximum 1 kN (100 kg) vertical load on the rods. If the rod assembly does not sink from this weight, the rods are rotated manually or by machine operation. The number of half-turns per 0.2 m penetration is recorded. The drilling resistance is presented in a diagram with vertical depth-scale and a cross-line for every 100 half-turns. Hatching represents sinking without rotation, with the vertical load during sinking added to the left. A cross indicates that the drillrods are hammered into the ground.
		RAM OR HAMMER SOUNding The drilling is carried out with jointed $\varnothing 32$ mm drillrods and a tip with standardized geometry. The drillrods are struck with an energy of 0.38 kNm. The number of blows per 0.2 m penetration is recorded. The drilling resistance is recorded as Q_o per m sink, where $Q_o = \text{deadweight} * \text{falling height/sink per blow (kNm/m)}$
		CONE PENETRATION TEST (CPTU) A cylindrical, instrumented probe with a conical tip is pushed into the ground at a constant penetration rate of 20 mm/sec. During penetration, the forces against the tip and the friction sleeve are recorded, so that the cone resistance q_c and the sleeve friction f_s can be deduced (CPT). In addition, the penetration pore pressure u is measured just behind the conical tip (CPTU). The recordings are taken continuously every 0.02 m, and the method therefore gives very detailed information of the ground conditions. The results can also be used to determine soil stratification, soil type and mechanical properties of the soils (shear strength, deformation and consolidation parameters).
		ROTAry PRESSURE SOUNding The test is carried out with smooth, jointed $\varnothing 36$ mm drillrods with a standardized tip equipped with a welded hard alloy edge. The drillrods are pushed into the ground with a constant penetration rate of 3 m/min and a constant rotation rate of 25 rpm. The thrust F_{DT} (kN) is recorded automatically under these conditions, and may be used to evaluate the ground conditions. The method is particularly well suited for indication of quick clay. On the other hand it does not verify the depth to bedrock.
		Rock control drilling Rock control drilling is carried out using jointed $\varnothing 45$ mm drillrods and a hard alloy drillbit with a return valve. A heavy percussion hammer and water flushing at high pressures is used during drilling. Drilling through layers with different properties, for example gravel and clay, can be interpreted, also penetration of blocks and large stones. For verification of the rock surface, an intrusion of 3 m is required, including recording of the sink during drilling.

Geotechnical enclosures

Field investigations

<p>Drilltime, s/m Flushing pressure, MPa</p>	<p>TOTAL SOUNDING</p> <p>This method combines rotary pressure sounding and rock control drilling. $\phi 45$ mm jointed rods and a $\phi 57$ mm drillbit with impregnated hard metal or diamond fragments are used. During drilling in soft layers, the rotary pressure mode is used, with drillrods given constant penetration and rotation rates. When a dense layer is encountered, the rotation rate is increased. If this is not sufficient to advance the drillrods, water or air flushing and strokes on the drillstring are used. The thrust F_{DT} (kN) is recorded continuously and is shown to the right on the diagram, whereas flushing pressure, number of strokes and drilling time is shown to the left.</p>
<p>Sample marking</p>	<p>SAMPLING</p> <p>Carried out to obtain samples for determination of the geotechnical properties of the soils in the laboratory.</p> <p><u>Machine operated auger drilling (disturbed bag samples):</u></p> <p>This method is carried out using hollow drillrods, with a metal spiraled plate welded to the drillrod. If a drillerig is used, it may be drilled in the range of 5-20 m depth, depending on the soil, density and the level of the groundwater table. With this method, disturbed bag samples may be taken by collecting the materials gathered between the spirals.</p> <p><u>Core/block sampling (undisturbed samples):</u></p> <p>Carried out to obtain samples for determination of the mechanical properties of soils in the laboratory. Usually, piston sampling is used to extract 60-100 cm long core samples. Cylinders made of PVC, steel or similar, and both equipment with or without an inner liner may be used. At the sampling depth, the sample cylinder is pushed down into the soil, while the inner rod with the piston is fixed. By this procedure, a soil sample is sheared and later extracted to the surface. The sample cylinder is then sealed and transported to the laboratory. The diameter of the sample may vary between $\phi 54$ mm (most common) and $\phi 95$ mm. It is also possible to use other samplers, such as hammer samplers or block samplers.</p> <p>The sample quality is classified in Quality classes 1-3, where 1 is the best. Piston sampling usually provides samples in Quality classes 1-2 for clays.</p>
<p>C_{uv}, C_{uvr} (kPa) kN/m</p> <p>Undisturbed</p> <p>Remolded</p>	<p>+ Vane testing</p> <p>A vane with dimensions $b \times h = 55 \times 110$ mm or 65×130 mm is pushed into the ground to the required test level. A gradually increasing torque is applied to the vane until it reaches failure. The corresponding torque is recorded. The procedure is carried out for both undisturbed and remoulded conditions, where the latter torque value is recorded after 25 repeated rotations of the vane assembly. The undrained shear strengths c_{uv} and c_{ur} are calculated from the torque at first failure and after remoulding, respectively. From this, the sensitivity $S_t = c_{uv}/c_{ur}$ can be determined. The interpreted values must usually be empirically corrected for the effective overburden stress at the test level, and for the plasticity of the soil.</p>
<p>GV P1 P2 P3 u kPa $\gamma_w z$</p>	<p>PORE PRESSURE MEASUREMENTS</p> <p>The measurements are carried out utilizing a standpipe with a filter tip, or by a hydraulic (open)/electric piezometer. The filter or piezometer tip, extended with open piezometer tubes, is pushed into the ground to the required depth. A stable pore pressure is recorded from the elevated height of the water in the tube, or by readings from an electric pressure transducer in the tip. Choice of equipment is made based on the ground conditions and the purpose of the tests. The ground water table is observed or measured in the hole.</p>

Geotechnical enclosure

Laboratory testing



Laboratory testing give precise classifications of soil and determines mechanical parameters. The tests are performed on samples retrieved from the field. Relevant standards and guidelines are given in Geotechnical enclosure – Test standards and guidelines.

MINERAL SOILS

The soil is classified and identified after sample extrusion. Mineral soils are usually classified according to their grain size distribution. Identification and grain size for the various fractions are:

Fraction	Clay	Silt	Sand	Gravel	Stone	Block
Grain size (mm)	< 0,002	0,002-0,063	0,063-2	2-63	63-630	> 630

A soil may contain one or more of the fractions above. The soil is identified in accordance with the grading curve, with the principal fraction having the dominating influence on the soil properties. This is identified by a noun, with secondary contributing fractions as adjectives (for example silty sand). The clay content has the largest influence on the identification of the soil. Moraine is a poorly sorted glacial deposit that can contain all fractions from clay to block. The major fraction is given first in the description according to specific identification rules, for example gravelly moraine.

ORGANIC SOILS

Organic soils are classified according to their origin and degree of transition of the soils. The most important types are:

Identification	Description
Peat	Marsh plants, more or less transformed.
• <i>Fibrous peat</i>	Fibrous with easily recognizable plant structure. Shows some strength.
• <i>Pseudo-fibrous peat, medium peat</i>	Recognizable plant structure, no strength in the plant debris.
• <i>Amorphous peat, black peat</i>	No visible plant structure, spongy consistency.
Gyttja and dy	Transformed structure of organic material, may contain mineral constituents.
Humus	Plant debris, biological organisms with non-organic content.
Mold and topsoil	Strongly transformed organic materials with loose structure, usually comprises the top soil layer.

GRAIN SIZE DISTRIBUTION ANALYSIS

A grain size distribution is carried out by wet or dry sieving of the fractions with diameter $d > 0,063$ mm. For fractions of particles with smaller diameter, the grain size distribution is determined by a suspension analysis and use of a hydrometer. In the suspension analysis, the material is suspended in water and the density of the suspension is measured by the hydrometer at certain time intervals. The grain size distribution can then be determined from Stokes law on sedimentation of spherically shaped particles in water. It will often be necessary to combine ordinary sieving with a suspension analysis.

WATER CONTENT (w %)

Water content is defined as the ratio of the mass of water to the mass of dry matter in a sample, expressed as a percentage. It is determined by drying a soil sample at 110°C for 24 hours.

ATTERBERG CONSISTENCY LIMITS – LIQUID LIMIT (w_l %) AND PLASTICITY LIMIT (w_p %)

The consistency limits (Atterberg's limits) for a soil express the range of water contents where the material is plastic and possible to form. The liquid limit expresses the water content where the material goes from a plastic to a liquid state. The plastic limit expresses the water content where the material no longer can be formed, but is cracking up during mechanical treatment. The plasticity index $I_p = w_l - w_p$ (%) expresses the plastic range in water content for the soil, and is used to classify the plasticity properties. If the natural water content is higher than the liquid limit, the material liquifies when remoulded (common for quick clays).

HUMUS CONTENT

The humus content is determined by colorimetry and use of NaOH for chemical reaction with the organic contents. The method gives the content of humified organic content in a relative scale. Other methods, such as loss on ignition (LOI) of a soil sample in a muffle furnace or wet-oxidation by hydrogen peroxide, may also be used.

Geotechnical enclosure

Laboratory testing

Multiconsult**DENSITY, UNIT WEIGHT, VOID RATIO AND POROSITY**

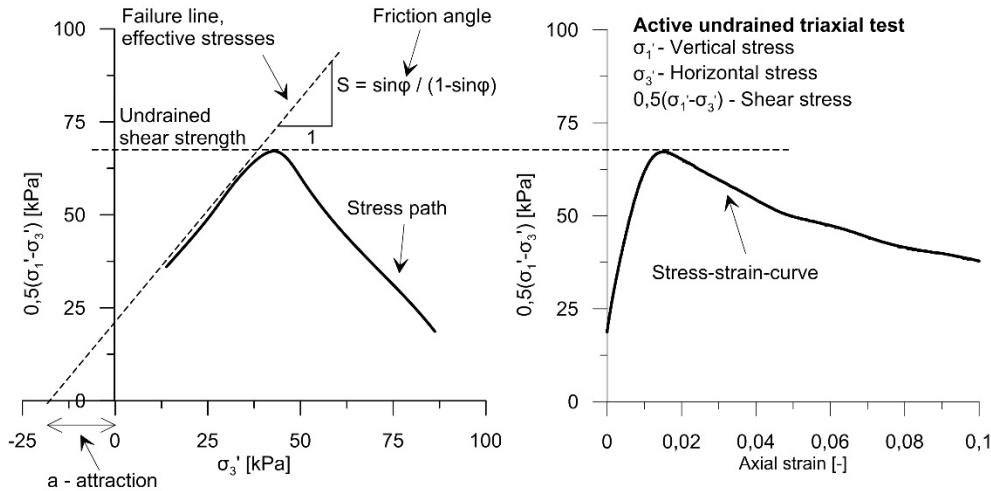
Property	Symbol	Unit	Description
Bulk density	ρ	g/cm ³	Mass of specimen per volume unit. Determined for the whole cylinder and a small sample
Grain density	ρ_s	g/cm ³	Mass of solid matter per volume unit of solid material
Dry density	ρ_d	g/cm ³	Mass of dry matter per volume unit
Unit weight of soil	γ	kN/m ³	Weight of specimen per volume unit ($\gamma = \rho g = \rho_s(1+w/100)(1-n/100)$, where $g = 10 \text{ m/s}^2$)
Unit weight of soils	γ_s	kN/m ³	Weight of solid matter per volume unit ($\gamma_s = \rho_s g$)
Dry unit weight of soil	γ_d	kN/m ³	Weight of dry material per volume unit ($\gamma_d = \rho_d g = \rho_s(1-n/100)$)
Void ratio	e	-	Volume of pores divided by volume of solid particles ($e = n/(100-n)$ where n is porosity (%))
Porosity	n	%	Volume of pores as a percentage of total volume of the sample

SHEAR STRENGTH

The shear strength of the soil is used for e.g. slope stability calculations and bearing capacity problems. For short term loading conditions in fine grained materials (clays), the undrained shear strength is used. For longer time spans the material has a drained behaviour and effective stress parameters are used.

The effective stress based parameters a (attraction), $\tan\phi$ (friction) and alternatively $c = \tan\phi$ (cohesion) are determined by triaxial loading tests on undisturbed (clay) or re-constituted specimens (sand). The shear strength depends on the effective normal stress (total stress less pore pressure) on the critical plane. The test results are presented as stress paths, showing development of stresses and corresponding strains in the sample towards failure. From this and other information, the characteristic values for the shear strength parameters for the actual problem are determined.

The undrained shear strength is defined as the maximum shear stress the soil can experience before failing. This shear strength represents a situation with rapid stress changes, without drainage of pore water or dissipation of pore pressures. In the laboratory, the undrained shear strength is determined by unconfined compression tests (c_{u0}), falling cone tests (undisturbed c_{uk} , remoulded c_{ukr}), undrained triaxial tests (compression/active c_{uA} , extension/passive c_{uP}) and direct shear tests (c_{uD}). The undrained shear strength can also be determined in the field by for example cone penetration tests with pore pressure measurement (CPTU) (c_{ucptu}) or field vane tests (undisturbed c_{uv} , remolded c_{ur}).

**SENSITIVITY**

The sensitivity $S_t = c_u/c_r$ expresses the ratio between the undisturbed and remoulded undrained shear strengths. This property can be determined from a falling cone test in the laboratory (NS 8015) or by a field vane test in the field. Quick clay for instance has a very low remoulded shear strength c_r ($c_r < 0.5 \text{ kPa}$ NS8015, $c_r < 0.33 \text{ kPa}$ ISO 17892-6), and therefore normally exhibits very high sensitivity.

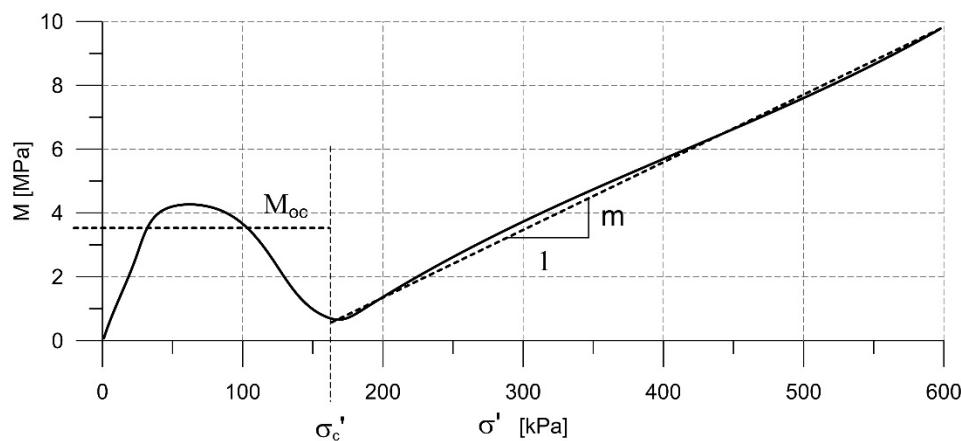
Geotechnical enclosure

Laboratory testing

Multiconsult**DEFORMATION AND CONSOLIDATION PROPERTIES**

The deformation and consolidation properties of a soil are used for calculating settlements and are determined by loading tests in an oedometer. The soil sample is enclosed in a rigid ring that prevents lateral deformation, and is loaded vertically with an incrementally or continuously increasing load. Corresponding values of load and deformation (strain ϵ) are recorded, and the deformation modulus (stiffness) of the soil can be deduced by $M = \Delta\sigma' \Delta\epsilon$ (Janbu theory). The modulus is presented as a function of the vertical stress σ' . A key parameter interpreted from oedometer tests in clay is the preconsolidation stress (σ'_c). This parameter indicates the previous loading history of the soil (i.e. previous overburden).

The deformation modulus differs in the stress range below and over the preconsolidation stress. In clay, the stiffness in the overconsolidated stress range (under σ'_c) can be represented by a constant stiffness modulus (M_{oc}). For stress levels above σ'_c , the stiffness increases with increasing stress. The slope of this curve is described by the modulus number.

**FROST SUSCEPTIBILITY**

The frost susceptibility of a soil is determined from the grain size distribution curve or by measuring the capillary rise of the material. The frost susceptibility is classified in the groups T1 (No susceptibility), T2 (Low susceptibility), T3 (Medium susceptibility) and T4 (High susceptibility).

COMPACTION PROPERTIES

By compaction of a soil, a denser and more compact layering of the mineral grains is obtained. The compaction properties of a soil are determined on samples with varying water content that are compacted with a certain compaction energy (usually Standard or Modified Proctor). The results are presented in a diagram showing the dry density ρ_r as a function of the water content w_i . The maximum dry density obtained in the test (ρ_{dmax}) is used in specifications of compaction works. The corresponding water content is denoted the optimum water content (w_{opt}).

PERMEABILITY (k cm/sec or m/year)

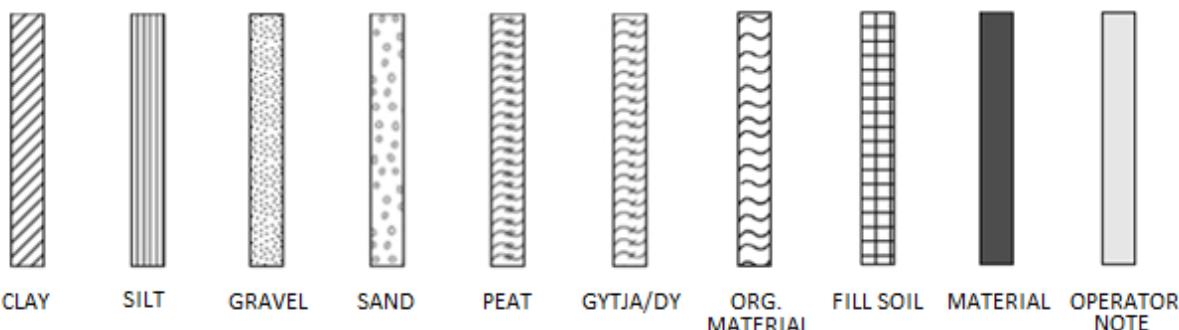
The permeability is defined as the amount of water q which under given conditions will flow through a soil volume per unit of time. In general, the permeability is determined from the following relationship: $q = kiA$, where A is the gross area of the cross-section normal to the direction of flow and i = hydraulic gradient in the direction of flow (= difference in potential per unit length). The permeability can be determined by controlled flow tests in the laboratory using constant or falling head, by pumping or by a flow test in the field.

Geotechnical enclosure

Laboratory testing

Multiconsult**BORHOLE PROFILE - HATCHING**

In the borehole profile each sample is presented with a hatching corresponding to the principle fraction of the material. There is also a separate hatching for notes from the drilling operator. The different hatchings are shown below.



Note: This is a subjective evaluation based on the visual appearance of the material unless a grain size analysis is performed.

CLAY: Clay content greater than 15 %

SILT: Silt content greater than 45 % and clay content less than 15 %

SAND: Sand content greater than 60 % and clay content less than 15 %

GRAVEL: Gravel content greater than 60 % and clay content less than 15 %

MATERIAL: Used when none of the above are appropriate. Usually based on a grain size analysis

PEAT: Marsh plants, more or less transformed

GYTJA/DY: Transformed structure of organic material, may contain mineral constituents

ORG. MATERIAL: Highly transformed organic material with open structure

FILL SOIL: Non-natural deposits

Drilling operator note: Notes from the drill rig operator (e.g. empty cylinder, predrilling etc.)

GRAIN SIZE ANALYSIS (K) / TRIAXIAL TESTS (T) / OEDOMETER TESTS (\emptyset)

For samples where a grain size analysis, triaxial test and/or oedometer test has been performed, the borehole profile is labeled with G, T or O respectively at the relevant depth. The depth is not exact, so the label is only a reference to separate drawings where the specific test is reported.

SYMBOLS – Water content and Atterberg limits

Measurements of water content and Atterberg limits are given on the borehole profile by the following symbols on their respective graphs. If the water content exceeds the limit of the graph axis, the numerical value is given.

Water content w		Plastic limit w_p	
		Liquid limit w_f	

SYMBOLS – Undrained shear strength

Measurements for fall cone and unconfined compression tests are given on the borehole profile by the following symbols on their respective graphs. If the measured value exceeds the limit of the graph axis, the numerical value is given.

Fall cone, undisturbed c_{ufc}		Fall cone, remoulded c_{urfc}	
Unconfined compression test The line indicates the axial strain (%) at failure		Fall cone remoulded $c_{urfc} \leq 2,0 \text{ kPa}$	0,9

Geotechnical enclosures

Guidelines and standards – ground investigations

**GUIDELINES AND STANDARDS – FIELD INVESTIGATIONS**

Field investigations described in geotechnical enclosures, along with terminology and classification used in reporting, are based on the following guidelines and standards:

Document	Topic
NGF Melding 1	SI-units
NGF Melding 2, NS-EN ISO 14688-1 og -2	Symbols and terminology
NGF Melding 3	Rotary weight sounding
NGF Melding 4	Vane test
NGF Melding 5, NS-EN ISO 22476-1	Cone penetration test (CPTU)
NGF Melding 6	Pore pressure and ground water measurements
NGF Melding 7	Rotary pressure sounding
NGF Melding 8	Commentary codes for field investigations
NGF Melding 9	Total sounding
NS-EN ISO 22476-2	Ramsounding
NGF Melding 10	Descriptive texts for ground investigations
NGF Melding 11, NS-EN ISO 22475-1	Soil sampling
Statens vegvesen Håndbok R211	Field investigations
NS 8020-1	Qualification criteria for enterprises performing ground investigations - Part 1: Geotechnical field investigations

Geotechnical enclosures

Guidelines and standards – ground investigations

**GUIDELINES AND STANDARDS – LABORATORY TESTS**

The laboratory tests described in geotechnical enclosures, along with terminology and classification used in reporting, are based on the following guidelines and standards:

Document	Topic
NS8000	Atterberg limits – terminology
NS8001	Percussion liquid limit
NS8002	Fall cone liquid limit
NS8003	Plastic limit
NS8004	Shrinkage limit
NS8005, NS-EN ISO 17892-4	Grain size distribution
NS8010, NS-EN ISO 14688-1 og -2	Soil – constituents and structure. Classification and identification of soils
NS8011, NS-EN ISO 17892-2	Density
NS8012, NS-EN ISO 17892-3	Grain density
NS8013, NS-EN ISO 17892-1	Water content
NS8014	Void ratio, porosity and degree of saturation
ISO 17892-6:2017	Shear strength by fall cone tests
NS8016	Shear strength by unconfined compression test
ISO 17892-5:2017	Oedometer test, incremental loading
NS8018	Oedometer test, continuous loading
NS-EN ISO/TS 17892-8 og -9	Triaxial tests (UU, CU)
The National Public Roads Adm. Statens vegvesen Handbook R210	Laboratory testing