

Skive. Skive Ådal

Anlæggelse af sø i Skive Ådal

Geoteknisk undersøgelse

Geo projekt nr. 204141
Rapport 1, 2020-01-10

Sammenfatning

Arealet i Skive Ådal sydvest for Skive afgrænses af Karup Å/Skive Å og Koholm Å. Arealet mellem de to åløb er p.t. tørholdt vha. pumpning, idet der er anlagt diger mod åerne. Det tørholdte areal planlægges omdannet til en sø, hvor de omkransende diger, der nu "holder vandet ude", fremover skal "holde vandet inde" mellem digerne. I den forbindelse skal der endvidere anlægges en kørevej langs broen for Ringvej Syd over ådalen, ligesom der skal ske opfyldning omkring bropillerne.

Geo har udført en orienterende geoteknisk undersøgelse med 7 boringer for projektet. I boringerne, der er udført i de eksisterende diger er der under digefylden truffet postglaciale aflejringer, der fortrinsvist er stærkt sætningsgivende. Med dybden er der truffet meget fedt ler af palæogen oprindelse (plastisk ler).

Det kan formentlig lægges til grund, at digerne er rimeligt velfungerende for den nuværende anvendelse, hvorfor de umiddelbart må forventes også at kunne være fungere ved en "omvendt" situation efter anlæggelse af en sø i ådalen. Det højere vandspejl i digerne og det "omvendte" differensvandspejl vil dog umiddelbart medføre en reduktion af digernes stabilitet, som kan vise sig at medføre erosion og/eller utilstrækkelige, beregningsmæssige stabilitetsforhold. Dette bør eftervises med beregninger på baggrund af opmålte tværsnit og kontrolleres vha. jævnlig besigtigelse under og efter indfyldningen af vand i ådalen, så der kan reageres på konsekvenserne af eventuelle skred, som formentlig vil være progressive. Eventuelle forstærkninger af diget ved opfyldning må påregnes at medføre sætninger pga. den underliggende blødbund.

Anlæggelse af en ny kørevej langs broen for Ringvej Syd og opfyldning omkring bropillerne må forudses at være problematisk pga. et tykt lag af meget bløde og stærkt sætningsgivende aflejringer. Geo anbefaler, at Vejdirektoratet inddrages i valg af løsninger for anlæg af dige og opfyldning ved broens piller.

Geo projekt nr. 204141

Rapport 1, 2020-01-10

Rekvirentens ref.: ---

Udarbejdet for

Envidan A/S

Att.: Kasper Abildtrup Rasmussen

Vejlsøvej 23

8600 Silkeborg

Udarbejdet af

Jan Dannemand Andersen

jda@geo.dk

+45 3174 0387

Kontrolleret af

Glenn Reason

Indhold

1	Indledning	3
2	Undersøgelser	3
3	Resultater	3
4	Vurderinger	4
4.1	Eksisterende diger	4
4.2	Nyt dige langs bro og opfyldning ved bropiller	5
5	Bemærkninger	7

Bilag

1.1	Situationsplan
1.2 - 1.8	Boreprofiler, boring 1 – 7
Geo-Standard	Signaturer og forkortelser

1 Indledning

Arealet i Skive Ådal sydvest for Skive afgrænses af Karup Å (også kaldet Skive Å på den nordligste strækning) i den østlige side og af Koholm Å i den vestlige side. Arealet mellem de to åløb er p.t. tørholdt vha. pumpning, idet der er anlagt diger mod åerne.

Det tørholdte areal planlægges omdannet til en sø, hvor de omkransende diger, der nu "holder vandet ude", fremover skal "holde vandet inde" mellem digerne. Ringvej Syd går gennem området, og henover ådalen er der i 1996 etableret en bro. For at sikre broen skal der formentlig opfyldes omkring bropillerne og laves et dige med en adgangsvej langs broen.

Der er planlagt et vandspejlet i kote ca. +1,6 i den nye sø. Digernes overkant er i kote ca. +2,0 a +2,5 på store dele af de berørte strækninger, og det er muligvis nødvendigt at forstærke digerne på de laveste dele.

For belysning af stabilitetsforholdene af digerne har Envidan ønsket udført 7 boringer, dels i digerne, dels ved broen for omfartsvejen henover ådalen.

2 Undersøgelser

Geo har udført geotekniske boringer i 7 punkter, der er udvalgt af Envidan. Placeringen af boringerne er vist med punkterne 1 – 7 på situationsplanen i bilag 1.1. Boringerne er indmålt og koteret vha. GPS-udstyr i system hhv. UTM32/E89 og DVR90.

Boring 1 og 2 er placeret ved broen for omfartsvejen over Skive Ådal. Boringerne var planlagt udført på det lavtliggende terræn mellem digerne, men boring 2 er efter aftale flyttet til det østlige dige pga. vanskelige tilkørselsforhold for boreriggen. Boring 3 – 7 er udført fra toppen af digerne.

Boringerne er ført til 6 – 8,5 meters dybde. Under borearbejdet er der registreret laggrænser, udtaget jordprøver og udført vingeforsøg i kohæsive aflejringer. I borehullerne er der etableret gruskastede pejlerør, hvori dybden til grundvandsspejlet er indmålt ved borearbejdets afslutning 2019-12-19. Boring 2 er endvidere genpejlet 2020-01-03 i forbindelse med en GPS-indmåling af boringen efter flytning.

Jordprøverne er beskrevet geologisk i laboratoriet, og der er bestemt vandindhold på udvalgte prøver. Jordprøverne opbevares i 14 dage fra rapportdato.

Samtlige resultater er optegnet på boreprofilerne i bilag 1.2 – 1.8. De benyttede signaturer og forkortelser er forklaret på vedlagte Geo-Standard.

3 Resultater

Terrænet ved boringerne er indmålt i kote +0,7 a +3,8. Det bemærkes, at Karup Å – ifølge gamle kort – tidligere har haft et slynget forløb igennem den centrale del af ådalen, og at den nuværende Karup og Koholm Å er gravede kanaler.

I boring 2 – 7, der er placeret på digerne, er der truffet fyld til 1,1 – 2,2 meters dybde. Fylden består af tørvemuld og sand med varierende organisk indhold, samt i de nordligste boringer 6 og 7 desuden af ler og ler-muld. I boring 1, der placeret på det lavtliggende område mellem digerne (ved broen for omfartsvejen), er der ikke truffet fyld, men i stedet 0,6 meter overjord af tørvemuld.

Under fyld og overjord er der generelt truffet postglaciale aflejringer, der øverst er aflejret i et ferskvands-miljø, mens der nedefter formentlig er tale om marine aflejringer i en tidligere fjordarm. Aflejringerne består af tørv, tørvedynd, gytje samt ler, silt og sand med varierende organisk indhold. De kohæsive lag er meget bløde. Boring 5 og 7 er standset i postglaciale sandlag, mens der i boring 2 muligvis er tale om senglacialt smeltevandssilt/-sand.

I boring 1, 3, 4 og 6 er der fra 2,7 - 6,2 meters dybde truffet meget fedt ler (plastisk ler), som er en palæo-gen, marin aflejring. I boring 3 synes leret at være i sin oprindelige lejring, men i boring 1, 4 og 6 er der formentlig tale om omlejrede lag pga. skred fra de højereliggende områder omkring ådalen (postglacial skred-jord).

Der må forventes varierende jordbundsforhold mellem de udførte boringer.

Der er målt grundvandsspejl i 0,8 – 3,6 meters dybde, svarende til kote +0,6 a +1,7. I boring 1 er der målt et urealistisk dybt grundvandsspejlet, hvilket skyldes, at pejlerøret står i lavpermeable aflejringer, og at grundvandsspejlet ikke har nået at indstille sig i det naturlige niveau på pejletidspunktet. Grundvandsspejlene varierer sandsynligvis med årstid, nedbør og afhængigt af vandspejlet/vandafledningen i omkransende vandløb og eventuel bortpumpning. Opmærksomheden henledes på, at der ligeledes kan være tale om varierende grundvandsspejl nedefter i lag, der er hydraulisk adskilte af lavpermeable lag.

4 Vurderinger

Projektet er endnu ikke konkretiseret, hvad angår eventuelle nødvendige tiltag for at sikre afgrænsningen af søen, herunder af de eksisterende diger mod Karup Å og Koholm Å. Nedenstående angiver derfor vores umiddelbare, generelle vurderinger og anbefalinger.

4.1 Eksisterende diger

De eksisterende digers stabilitet afhænger dels af digernes generelle opbygning (højde og skråningsanlæg), dels af et eventuelt destabiliserende differensvandsspejl. En vurdering af digernes stabilitet kræver opmåling og fastlæggelse af dimensionsbestemmende tværsnit, herunder af maksimalt differensvandsspejl, hvilket ikke foreligger på nuværende tidspunkt.

Det kan formentlig lægges til grund, at digerne er rimeligt velfungerende for den nuværende anvendelse, hvorfor de umiddelbart må forventes også at kunne fungere ved en "omvendt" situation efter anlæggelse af en sø i ådalen. Det højere vandspejl i digerne vil dog umiddelbart medføre en reduktion af digernes stabilitet i forhold til et differensvandsspejl.

Digerne er udlagt på blødbund i varierende tykkelse og med varierende styrkeegenskaber. Såfremt differensen i vandspejl ikke øges (men alene "vendes om"), forventer vi umiddelbart, at de nuværende diger er stabile for den nye situation. Hvis differensen i vandspejl øges i forhold til de nuværende forhold, kan det være nødvendig at kontrollere stabilitetsforholdene beregningsmæssigt på baggrund af en opmåling af digetværsnit, bl.a. ved de udførte borer, som kan danne grundlag for en sådan beregningsmæssig stabilitetskontrol. Geo angiver gerne nærmere jordparametre for de trufne aflejringer, såfremt dette viser sig nødvendigt.

Digerne er fortrinsvist (boring 2, 3, 5, 6 og 7) opbygget af sand, hvorigennem der må forudses at kunne ske en vis gennemsivning, mens der andre steder (boring 6 og 7) også er anvendt lavpermeable materialer af lerfyld i toppen af diget. Muligvis er sandmaterialerne anvendt i digernes kerne, og leret udlagt som yderbelægning. Digerne er udlagt over et lag af tørv/tørvedynd, hvor gennemstrømningen må forventes at være beskeden. Herunder er der stedvist truffet højpermeable aflejringer af bl.a. groft sand, men vandgennemstrømningen i disse lag er formentlig begrænset af de overliggende (og underliggende) lavpermeable lag. De nuværende åløb er udgravede, og det må forudses, at udgravningen – i hvert fald stedvist – er ført ned i de stærkt vandførende lag.

Ved et eventuel énsidigt udlagt lerlag (mod åløbene) kan der dog være risiko for forøget gennemstrømning og muligvis erosion og stabilitetsproblemer/skred i digerne mod åerne pga. gennemstrømning. Digerne alder taget i betragtning vurderes det næppe muligt at foretage en fuldstændig afklaring af opbygningen af digerne. Som en umiddelbart rimelig foranstaltning foreslås det derfor, at digerne besigtiges jævnligt under indfyldningen af vand i ådalen – samt i en periode på ca. et år herefter – så der kan reageres på konsekvenserne af eventuelle skred, som formentlig vil være progressive og i værste fald medføre erosion og vandgennembrud. Der skal desuden fremadrettet sikres en vedligeholdelse af digerne med kontrol for erosion m.v.

Såfremt det vurderes nødvendigt at forstærke digerne, kan dette formentlig ske ved forhøjelse af diget og/eller opfyldning på ådalssiden af diget. Man må i den forbindelse være opmærksom på, at digerne er udlagt over stærkt sætningsgivende aflejringer, hvorfor opfyldninger – i varierende grad – vil medføre sætninger. Med forhold som truffet i boring 2 og 3 vil sætningerne – for relativt beskedne opfyldninger (< 0,5 meter?) – formentlig næppe blive generende. Med forhold som truffet i boring 4 – 7 er blødbundslaget tykkere og/eller mere sætningsgivende, hvorfor der må påregnes en vis sætningsudvikling, formentlig svarende til omtrent det halve af opfyldningshøjden ved en beskedne opfyldning. I forbindelse med eventuel opfyldning – og afhængigt af omfanget af denne – bør stabilitetsforholdene vurderes nærmere.

4.2 Nyt dige langs bro og opfyldning ved bropiller

Boring 1 er udført omtrent, hvor der påtænkes etableret et nyt dige for en adgangsvej langs sydsiden af den eksisterende bro. Der er i boringen truffet meget bløde og stærkt sætningsgivende aflejringer indtil 6,2 meters dybde (kote -5,5). Boring 2 er udført i den østlige ende af det påtænkte, nye dige, men udført fra et højereliggende terræn på det eksisterende dige. Der er i denne boring truffet dæmningsfyld og skiftende blødbundslag til 4,7 meters dybde (kote -0,9). De angivne koter indikerer en variation i blødbundsmægtigheden på tværs af ådalen, men det kan ikke udelukkes, at der stedvist er større blødbundsmægtighed end truffet i boring 1.

Etablering af et nyt dige vil – med bundforhold som truffet i boring 1 – være behæftet med stabilitets- og sætningsgener. Der er målt vingestyrker i gytjen på $c_{iv} = 10 - 20$ kPa, svarende til en udrænet forskydningsstyrke på beskedne $c_u = \mu \cdot c_{iv} = 6 - 12$ kPa, hvor der er anvendt en skønnet værdi $\mu = 0,6$ (for meget fed gytje). Ved udlægning af et dige skal der tages højde for udrænet brud i underlaget svarende til en regningsmæssig bæreevne på $R/A = \text{ca. } 20$ kPa, hvor der er taget skønsmæssigt højde for en lidt fastere øvre zone. Dette svarer til udlægning af maksimalt ca. 1,0 meter dæmningsfyld af f.eks. et sædvanligt sandmateriale med et øvre lag stabilgrus.

Med terrænkote +0,7 (ved boring 1) og overside af diget i f.eks. kote +2,5 (1 m over vandspejlet i den kommende sø) er der behov for en opfyldning på ca. 1,8 meter (efter sætningsudvikling). Som det fremgår af ovenstående vil en sådan opfyldning medføre en last under etableringen på ca. $1,8 \text{ m} \cdot 18 \text{ kN/m}^3 = 32$ kPa, hvilket er større end den regningsmæssige bæreevne på ca. 20 kPa, men dog netop under til den karakteristiske bæreevne (ca. 36 kPa). Udlægning af et dige med kronehøjde i kote +2,5 risikerer således at medføre risiko for bæreevnebrud med nedsynkning af diget og fortrængning af blødbund.

En opfyldning vil dog under alle omstændigheder medføre sætninger. Idet blødbundslagene må forventes at være normalt konsoliderede, kan sætningerne vurderes ud fra en skønnet¹, gennemsnitlig dekadehældning på $Q \approx 30$ %, hvilket for en 1,8 m opfyldning (med en effektiv last på $1,0 \text{ m} \cdot 18 \text{ kN/m}^3 + 0,8 \text{ m} \cdot 10 \text{ kN/m}^3 = 26$ kPa efter vandindfyldning) giver primære konsolideringssætninger på:

$$\delta = d \cdot Q \cdot \log(1 + \Delta\sigma'/\sigma'_0) = 6,2 \text{ m} \cdot 0,30 \cdot \log(1 + (26 \text{ kPa}/20 \text{ kPa})) = 0,67 \text{ m},$$

hvor der er regnet med en effektiv middelspænding i blødbundslaget på 20 kPa svarende til grundvandsspejlet tæt på terræn. De primære konsolideringssætningerne skønnes at ville udvikles over en konsolideringstid på:

$$t_c = (d_c)^2 / c_k = (6,2 \text{ m})^2 / (10^{-7} \text{ m/s}) = 3,8 \cdot 10^8 \text{ s} = 12 \text{ år},$$

hvor der er regnet med énsidig dræning pga. det underliggende fede ler. Hertil kommer sekundær konsolidering (krybninger) på skønsmæssigt 2 %/m pr. tidsdekade, dvs. ca. 0,12 m pr. tidsdekade. For en opfyldning på 1,8 meter må der således - over en levetid på f.eks. 100 år – forventes sætninger på ca. 0,78 meter. Såfremt der ikke efterfyldes på diget, vil en opfyldning til kote +2,5 således på sigt medføre en digekrone i kote ca. +1,7 (dvs. kun ca. 0,2 m over søens påtænkte vandspejl). Efterfyldning vil i sig selv medføre ekstrasætninger og risiko for bæreevnebrud, der på sigt dog i et vist omfang imødegås af en styrkeudvikling i blødbundslaget. En sådan styrkeforøgelse er der således også set indikationer for ved de udførte vingeforsøg i boring 4 – 7 i blødbundslaget under de eksisterende diger.

Ovenstående sætningsberegning er udført med skønnede deformationsparametre og er dermed behæftet med en vis usikkerhed, ligesom bæreevnevurderingen er baseret på relativt få vingeforsøg i én boring.

¹ Jan Dannemand Andersen: "Prediction of compression ratio for clays and organic soils", Nordisk Geotekniker Møde 2012

Bæreevneforholdene kan forbedres ved at anvende kontrabanketter (brede diger med flade skråningsanlæg), ligesom sætningsgenerne kan reduceres ved anvendelse af letfyld (f.eks. letklinker). Begge dele er dog fordyrende for projektet og foreslås i givet fald baseret på nærmere vurderinger.

Broen er anlagt for ca. 24 år siden, og der er uden tvivl udført geotekniske undersøgelser for broen. Det bemærkes, at Geo ikke har deltaget ved disse undersøgelser, men det forventes, at Vejdirektoratet opbevarer de geotekniske rapporter i deres arkiv.

Opmærksomheden henledes desuden på, at der i forbindelse med anlæggelsen af broen over ådalen formentlig er blevet anlagt en arbejdsvej langs med broen, enten som en midlertidig opfyldning eller som en delvist (træ-?)pælefunderet vej. Der er ikke set tegn på en sådan arbejdsvej i boring 1, hvilket formentlig skyldes, at boringen ikke har "ramt" denne arbejdsvej. Arbejdsvejen er muligvis i al væsentlighed blevet fjernet efter anlægsperioden.

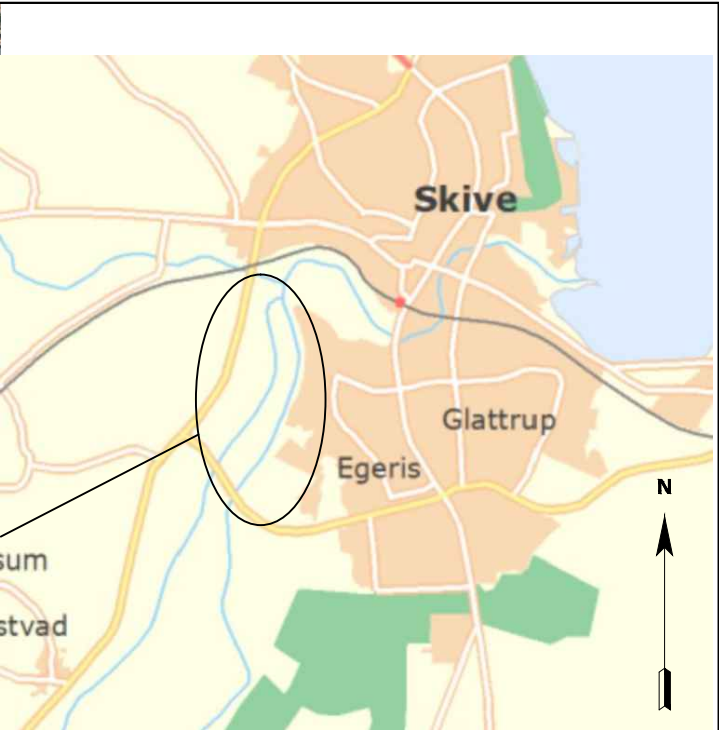
Med de trufne bundforhold er broen utvivlsomt blevet pælefunderet, men det er usikkert, om pælefunderingen er dimensioneret for en opfyldning omkring bropillerne. En opfyldning omkring bropillerne risikerer således at medføre en ekstralast på pælene, dels som øget last over en eventuel fundamentsplade, dels som eventuelt forøget negativ overflademodstand på pælene. Det er sandsynligt, at forholdene ved brofundamentterne er påvirket af jordarbejder i forbindelse med broprojektet (opgravninger og tilfyldninger), hvilket tillige kan medføre afvigende jordbundsforhold ved bropillerne.

På denne baggrund foreslås Vejdirektoratet inddraget i valg af løsninger for anlæg af dige og opfyldning ved broens piller.

5 Bemærkninger

Geo deltager gerne i det videre arbejde med projektet, herunder bl.a. ved:

- Supplerende undersøgelser
- Stabilitetsberegninger m.v.
- Dataudveksling med Vejdirektoratet



Signatur:

Geoteknisk boring

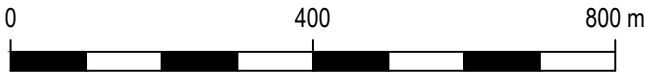
- a: Punkt nr.
b: Terrænkote



(koter er i DVR90)

Koordinatsystem: UTM32/E89

Kotesystem: DVR90



Projekt: 204141 Skive, Skive Ådal

Emne: Situationsplan

Mål 1:10.000

Rapport 1

Side 1 / 1

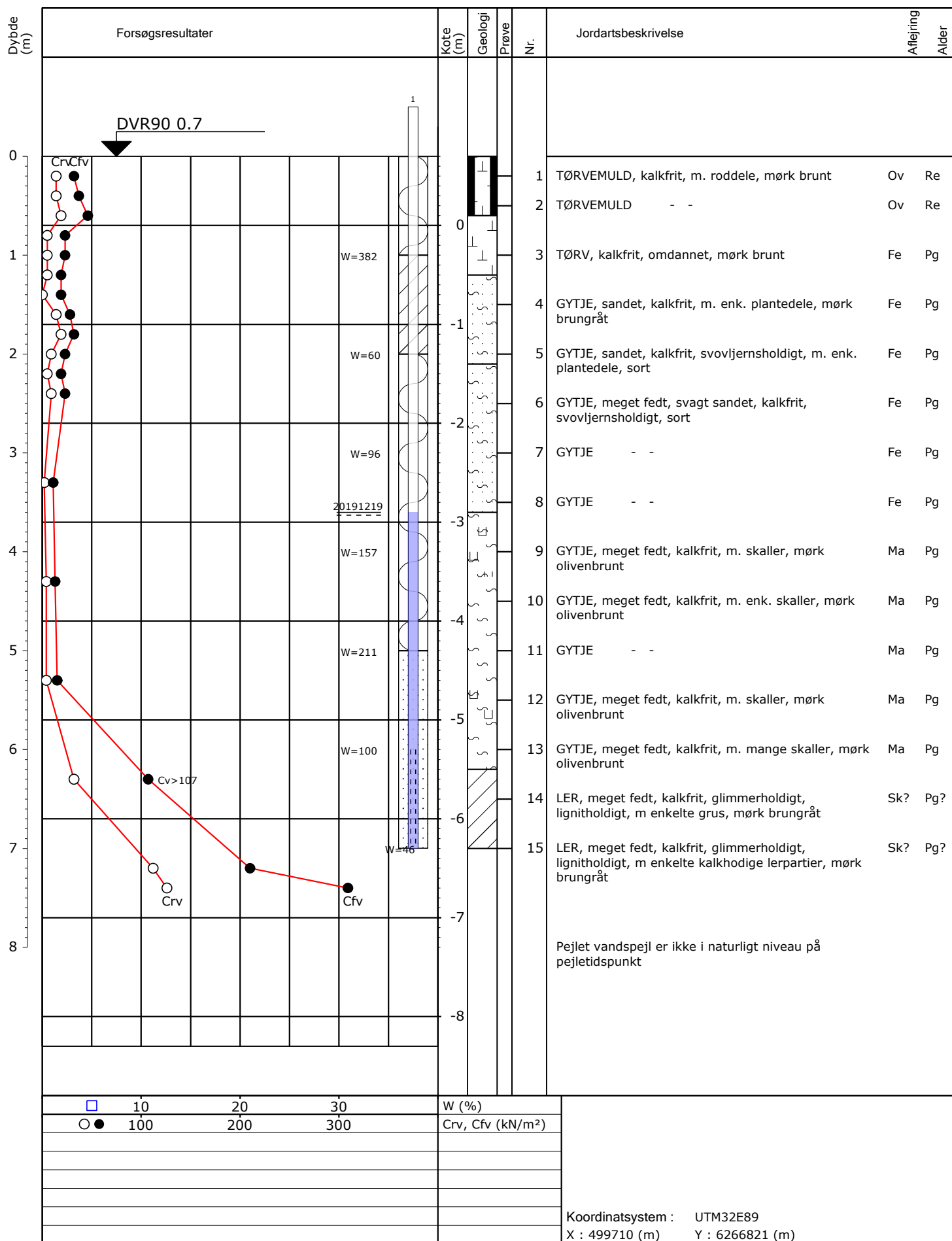
Rev.

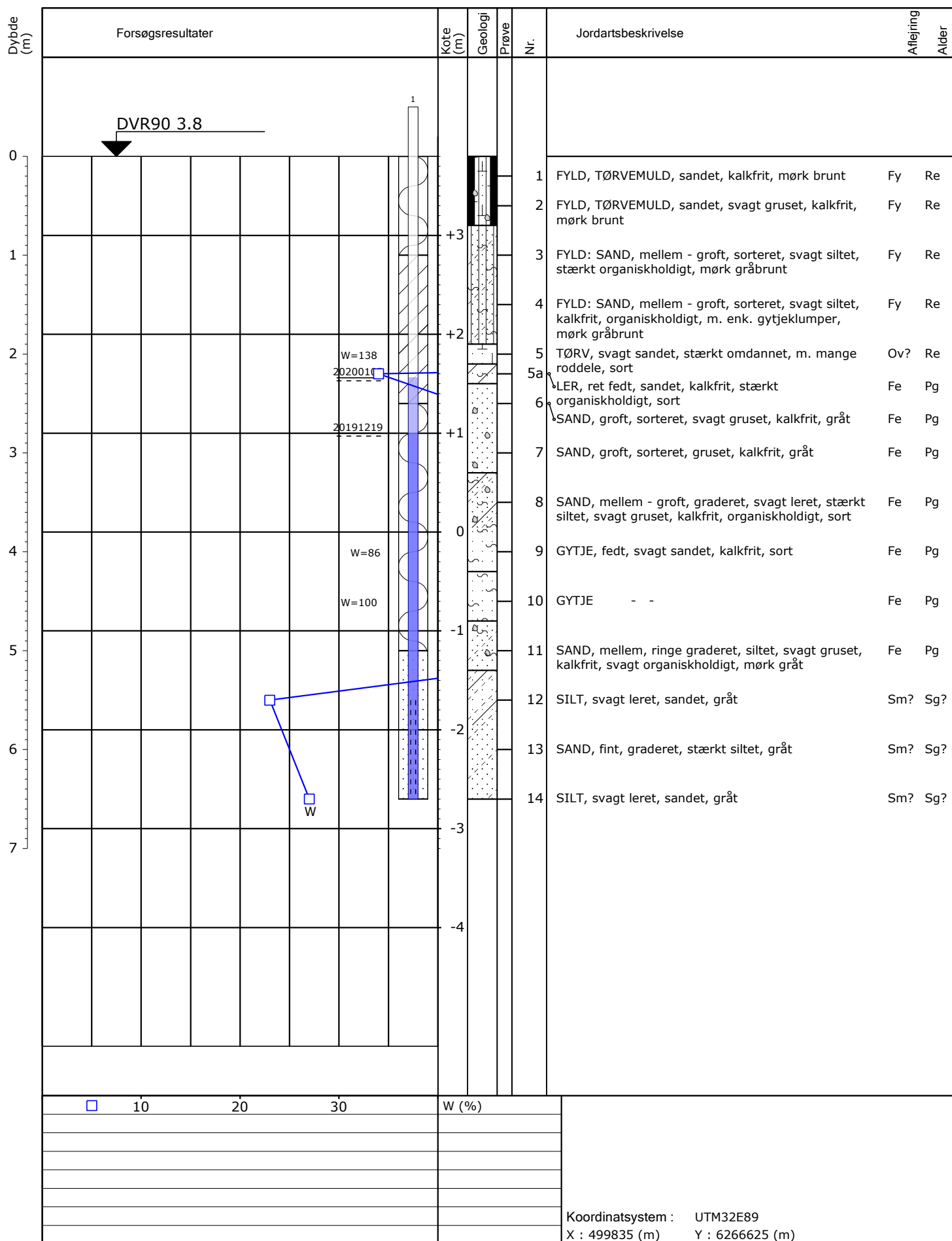
Bilag 1.1

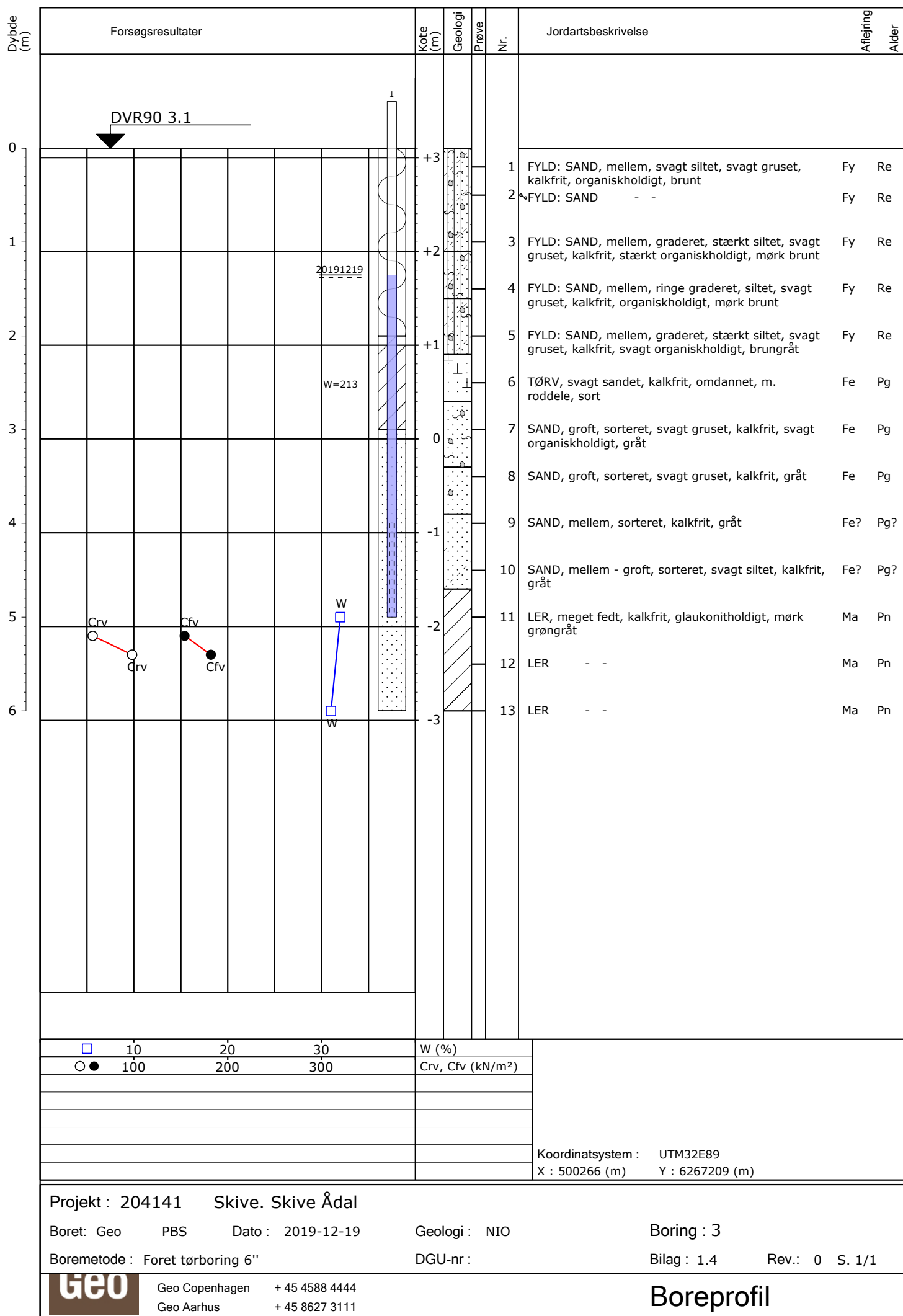


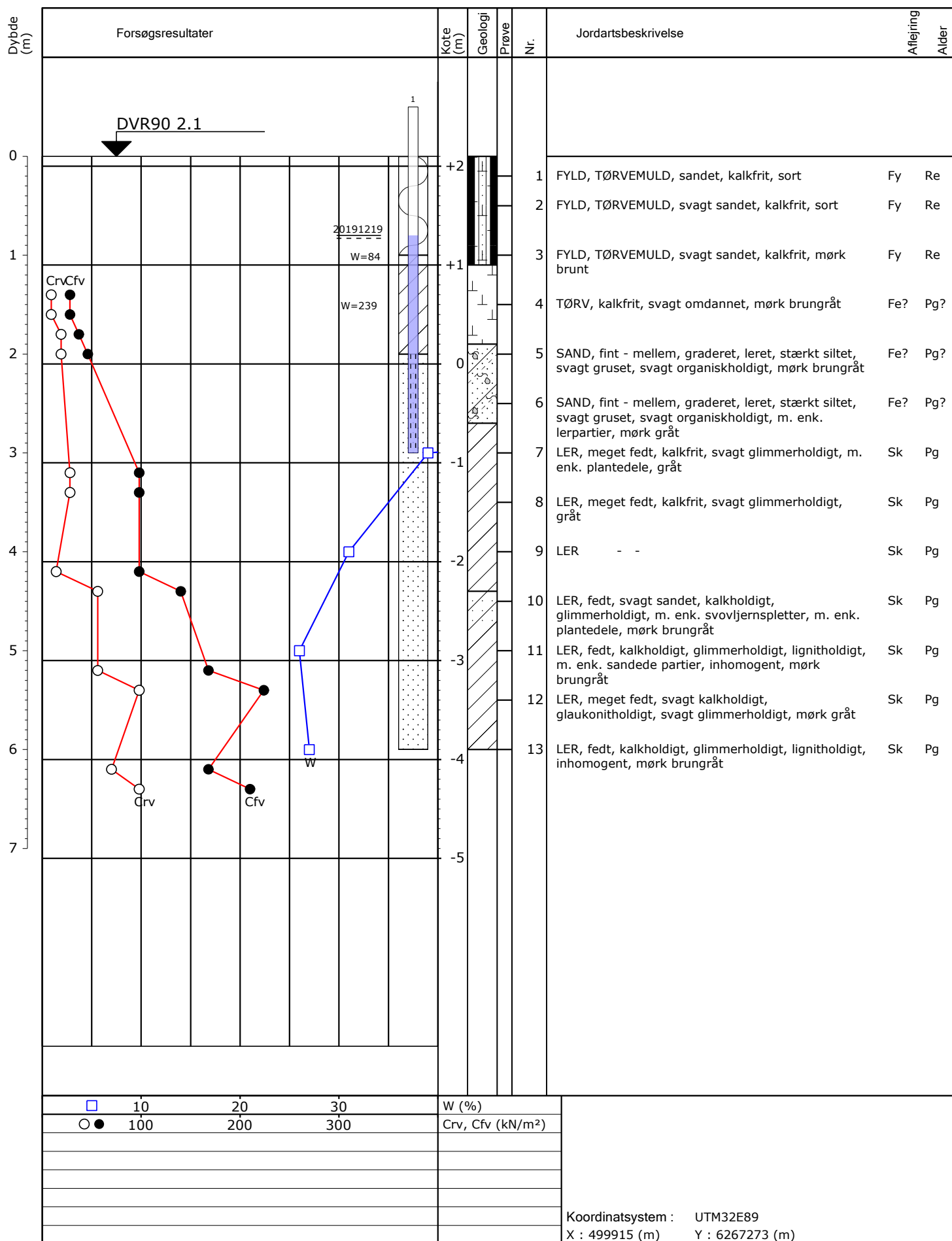
København
Aarhus

+45 4588 4444
+45 8627 3111









Projekt : 204141 Skive. Skive Ådal

Boret: Geo PBS Dato : 2019-12-17

Geologi : NIO

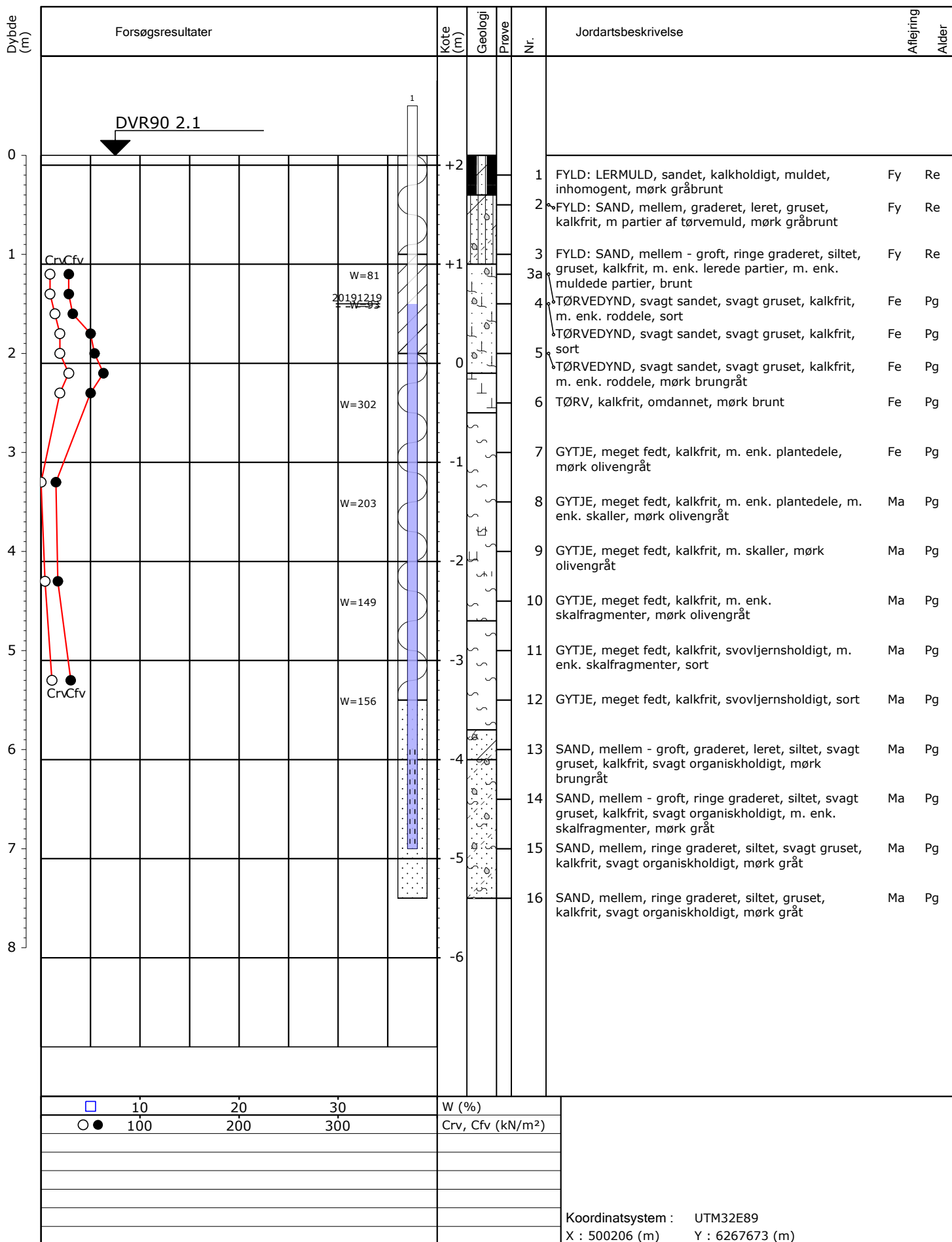
Boring : 4

Boremethode : Foret tørboring 6"

DGU-nr :

Bilag : 1.5

Rev.: 0 S. 1/1



Projekt : 204141 Skive. Skive Ådal

Boret: Geo PBS Dato: 2019-12-18

Geologi : NIO

Boring : 5

Boremetode : Foret tørboring 6"

DGU-nr :

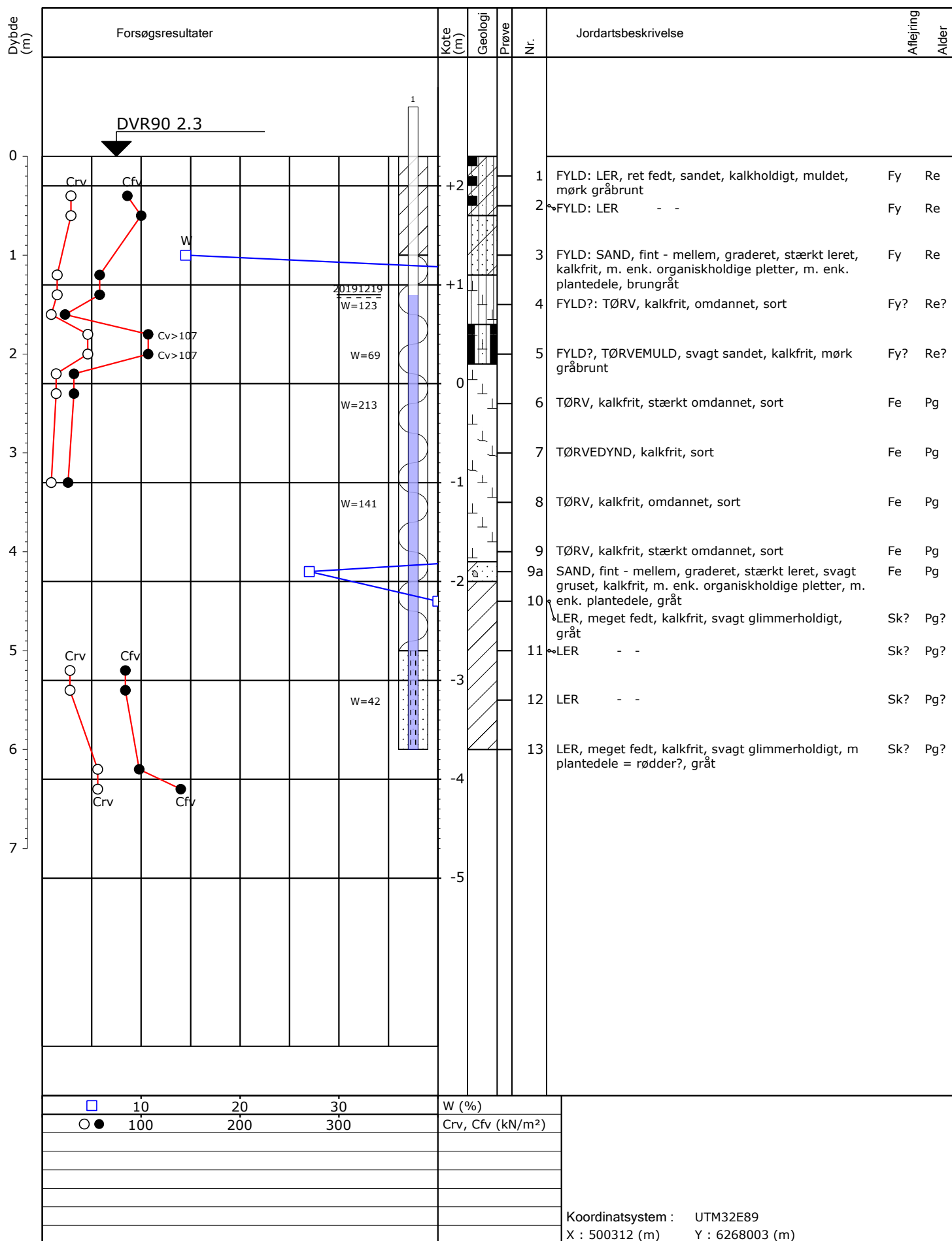
Bilag : 1.6

Rev.: 0 S. 1/1



Geo Copenhagen + 45 4588 4444
Geo Aarhus + 45 8627 3111

Boreprofil



Projekt : 204141 Skive. Skive Ådal

Boret: Geo PBS Dato : 2019-12-18

Geologi : NIO

Boring : 6

Boremethode : Foret tørboring 6"

DGU-nr :

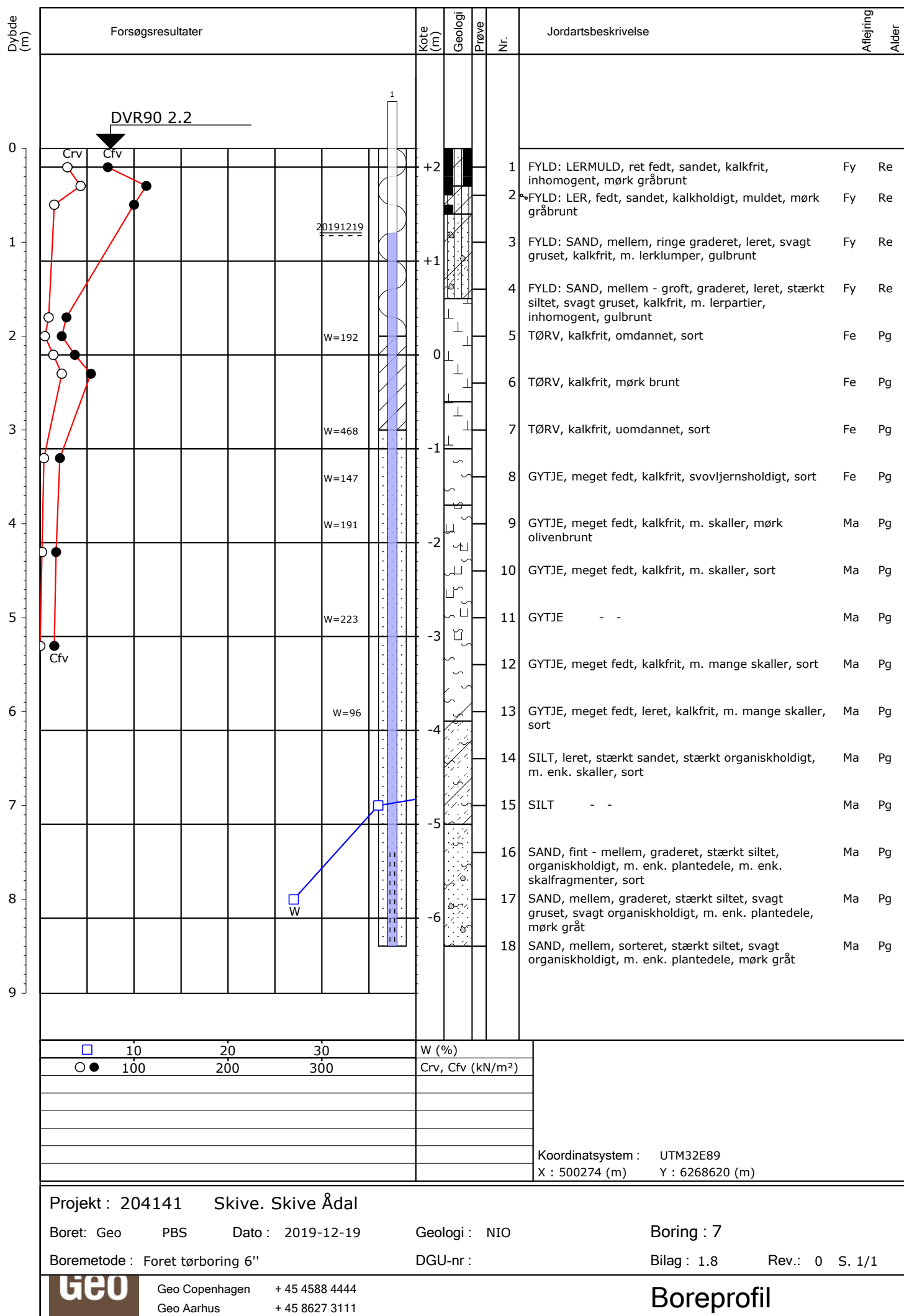
Bilag : 1.7

Rev.: 0 S. 1/1

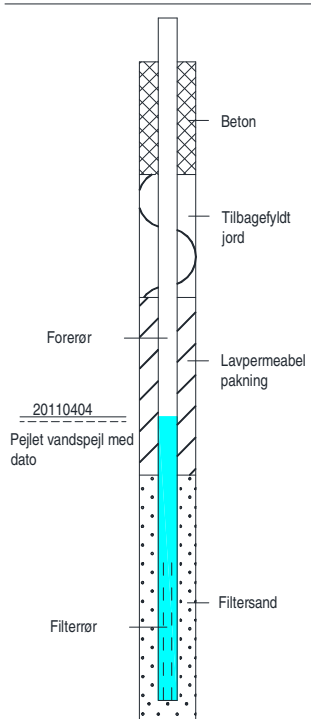
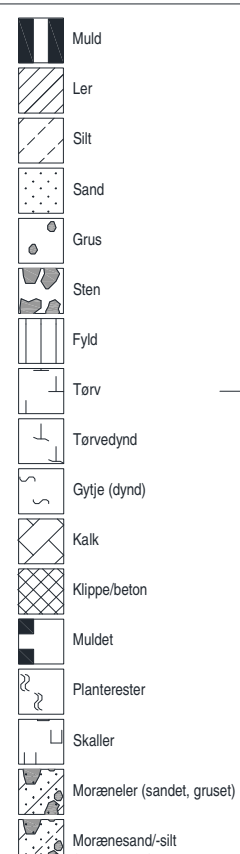
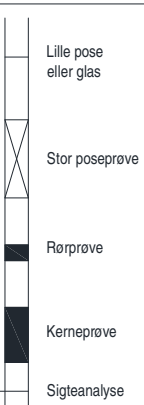


Geo Copenhagen	+ 45 4588 4444
Geo Aarhus	+ 45 8627 3111

Boreprofil



Geo-Standard 01: Signaturer og forkortelser Geotekniske og miljøtekniske boreprofiler

Filtersætning	Geologi	Prøver	Aflejring
			Br Brakvand Fe Ferskvand Fl Flydejord Fy Fyld Gl Gletsjer Gr Grundfjeld Ma Marin Ne Nedskyl Ov Overjord Sk Skredjord Sm Smeltevand Vi Vind Vu Vulkansk
			Alder Re Recent Pg Postglacial Sg Senglaciel Gc Glacial Ig Interglacial Is Interstadial Nn Neogen (tidl. tertiær) Pn Palæogen (tidl. tertiær) Mi Miocæn Ol Oligocæn Eo Eocæn Pl Palæocæn Se Selandien Da Danien Kr Kridt Ju Jura Pk Prækambrium

Forsøg

w	Vandindhold
w _L	Flydegrænse
w _p	Plasticitetsgrænse
I _p	Plasticitetsindeks
I _k	Kvældindeks
e	Poretal
e _{max}	Poretal i løseste standardlejring
e _{min}	Poretal i fasteste standardlejring
Y	Rumvægt
ρ	Densitet
gl	Glødetab
ka	Kalkindhold
PID	Photoionisationsdetektormåling
C _{iv}	Forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg
C _{iv}	Forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg (omrørt)
N	Standard penetrationsmodstand (SPT)
q _c	Spidsmodstand (CPT)
f _s	Kappemodstand (CPT)
R _f	Friktionsforhold (=f _s /q _c)
u	Poretryk (CPT)

Henvisninger/noter

DS/EN 1997 Eurocode 7:
-Geoteknik

Dansk Geoteknisk Forening:
-"Vejledning i ingeniørgeologisk
prøvebeskrivelse"

-"Felthåndbogen"

-"Laboratoriehåndbogen"

-Referenceblad for vingeforsøg

-Referenceblad for SPT-forsøg

I moræne-jordarter må der forventes et varierende indhold af grus, sten og blokke.

Vingeforsøg er udført og tolket i henhold til Dansk Geoteknisk Forening, "Referenceblad for vingeforsøg", revision 3, august 1999.