



Rådgivende Ingeniørfirma

Geoteknik

GEOTEKNISK PLACERINGSUNDERSØGELSE FOR VEJFORLÆGNING

BELIGGENDE: MØRUPVEJ, HERNING

**REKVIRENT: HERNING KOMMUNE
TORVET 1, RÅDHUSET
7400 HERNING**

SAGSNR: 2008-0552

**RÅDGIVER: DMR GEOTEKNIK
HÅNDVÆRKERVEJ 8
7470 KARUP**

DATO: 26. MAJ 2008

☐ Industrivej 10 a	8680 Ry	Tlf. 86 95 06 55	Fax 86 95 06 51	ry@dmr-geo.dk
☐ Panøgade 17	9740 Jerslev	Tlf. 70 22 06 55	Fax 70 22 06 51	jerslev@dmr-geo.dk
☐ Vejlevej 163	6000 Kolding	Tlf. 76 32 65 00	Fax 76 32 65 01	kolding@dmr-geo.dk
☐ Håndværkervej 8	7470 Karup	Tlf. 97 43 06 55	Fax 97 43 06 51	karup@dmr-geo.dk
☐ Karolinevej 17	4200 Slagelse	Tlf. 58 52 24 11	Fax 58 52 24 33	slagelse@dmr-geo.dk
☐ Kongevejen 157	2830 Virum	Tlf. 48 22 24 00	Fax 48 22 24 01	virum@dmr-geo.dk

Geoteknisk placeringsundersøgelse for vejforlægning på Mørupvej, Herning.

Indholdsfortegnelse

1. Projekt	3
2. Mark- og laboratoriearbejde.....	3
3. Jordbunds- og vandspejlsforhold.....	3
4. Funderingsforhold.....	4
4.1 Generelt.....	4
4.2 Direkte udlægning.....	6
4.3 Direkte fundering efter udskiftning	6
5. Vejanlæg.....	6
5.1 Generelt.....	6
5.2 Sandfyld	6
6. Kloakering.....	6
6.1 Udgravning til kloakledninger	6
6.2 Særlige forhold ved eksisterende ledninger	7
6.3 Tilbagefyldning i ledningsgrave	7
6.4 Sandfyld	7
7. Sætninger	8
8. Grundvandssænkning.....	8
9. Afrømningsniveau	8
10. Udførelsesmæssige forhold	9
10.1 Generelt.....	9
10.2 Bæreevne og stabilitet af nabokonstruktioner m.v.	9
11. Kontrol	9
12. Afsluttende bemærkninger.....	10

- Bilag 1.** Boreprofiler.
- Bilag 2.** Situationsskitse.
- Bilag 3.** Principsskitse for indbygning af sandpude.

Sagsbehandler



Thomas Christensen
Geotekniker, civilingeniør

Kvalitetskontrol



Claus Gammelmark Therkildsen
Geotekniker, akademiingeniør

1. Projekt

Det aktuelle projekt omfatter en jordbundsundersøgelse i forbindelse med en vejforlægning af Mørupvej, Herning.

Vejforlægningen omfatter etablering af ca. 300 m asfalteret vej, samt en omlægning af den eksisterende kloakering.

Yderligere foreligger ikke oplyst.

2. Mark- og laboratoriarbejde

Den 19. maj 2008 er der med Ø150 mm sneglebor udført 5 uforede geotekniske borer (1-5), som er afsluttet 4,0 meter under nuværende terræn (m u. t.).

Boringernes antal er bestemt i samarbejde med rekvirenten og fremgår af situationsskitsen i bilag 2.

Terrænkoten ved borepunkterne er bestemt, idet der som højdefikspunkt er anvendt overkant af dæksel ved gasstation. Overkant af dæksel er tildelt relativ kote +10,00.

Under borearbejdet er der registreret laggrænser, optaget omrørte prøver og udført vingeforsøg.

Der er nedsat Ø25 mm pejlerør i borerne til registrering af grundvandsspejlets beliggenhed. Der er pejlet umiddelbart efter borearbejdets afslutning.

Samtlige prøver er geologisk bedømt og klassificeret.

Det naturlige vandindhold er bestemt på udvalgte prøver.

Resultatet af ovenstående fremgår af boreprofilerne i bilag 1.

Signaturer og definitioner fremgår af bilag 1.

3. Jordbunds- og vandspejlsforhold

I boring 1 er der øverst truffet fyld (lermuld) til 0,4 m u. t., hvorefter der er truffet senglacialt/glacialt ler til den borede dybde af 4,0 m u. t.

I boring 2 er der øverst truffet fyld (sandmuld og sand) til 0,7 m u. t., hvorefter der er truffet senglacialt/glacialt sand til 1,8 m u. t. Herunder er der truffet interglacialt gytjeholdigt silt til 2,2 m u. t., hvorefter der er truffet glacialt sand og sand/ler til 3,7 m u. t. Herefter er der truffet glacialt moræneler til den borede dybde af 4,0 m u. t.

I boring 3 er der øverst truffet fyld (sandmuld) til 0,4 m u. t., hvorefter der er truffet senglacialt/glacialt sand til 0,6 m u. t. Herefter er der truffet senglacialt/glacialt ler til den borede dybde af 4,0 m u. t.

I boring 4 er der øverst truffet postglacialt tørv til 1,8 m u. t., hvorefter der er truffet postglacialt tørve- og organiskholdigt sand til 3,4 m u. t. Herefter er der truffet senglacialt/glacialt sand til den borede dybde af 4,0 m u. t.

I boring 5 er der øverst truffet fyld (sandmuld og sand) til 0,7 m u. t., hvorefter der er truffet senglacialt/glacialt sand til 1,1 m u. t. Herefter er der truffet senglacialt/glacialt ler til den borede dybde af 4,0 m u. t.

Det kan ikke udelukkes, at der regelløst og i vilkårlig dybde mellem borerne kan træffes sætningsgivende aflejringer af varierende mægtighed.

Der er pejlet i de nedsatte pejerør umiddelbart efter borearbejdets afslutning, hvor grundvandsspejlet (GVS) blev registreret 0,4 á 3,8 m u. t. Grundvandsspejlet har på pejlingstidspunktet ikke haft tid til at stabilisere sig endeligt.

Grundvandsspejlet må påregnes at være afhængig af årstid og nedbør, hvorfor fortsat pejling anbefales.

For en mere detaljeret beskrivelse af jordbunds- og vandspejlsforholdene henvises til boreprofilerne i bilag 1.

4. Funderingsforhold

4.1 Generelt

I nedenstående tabel 4.1 er for det aktuelle projekt angivet det vurderede niveau for henholdsvis underside stærkt sætningsgivende aflejringer, US, samt overside bæredygtige aflejringer, OSBL. Desuden er angivet afrømningsniveau ved direkte udlægning, AFRN:

Boring nr.	Terræn Kote, relativ	US/OSBL		AFRN	
		Dybde, m u. t.	Kote, relativ	Dybde, m u. t.	Kote, relativ
1	+9,7	0,4 OSBL	+9,3	0,4	+9,3
2	+8,5	0,7 US	+7,8	0,7	+7,8
3	+7,5	0,4 OSBL	+7,1	0,4	+7,1
4	+4,6	1,8 US	+2,8	1,8	+2,8
5	+5,7	0,7 OSBL	+5,0	0,7	+5,0

Tabel 4.1: Underside stærkt sætningsgivende aflejringer, US, samt overside bæredygtige aflejringer, OSBL. Desuden er angivet afrømningsniveau ved direkte udlægning, AFRN, for det aktuelle projekt.

For de trufne aflejringer under US/OSBL og indbygget velkomprimeret sand- og grusfyld kan der påregnes følgende målte/skønnede karakteristiske styrkeparametre, deformationsparametre og rumvægte:

Sand (postglacialt)	Karakteristisk, plan friktionsvinkel	$\phi_{k,pl}$	=	32 °
	Bund-elasticitetsmodul	E_m	=	5-15 MPa
	Rumvægt (over/under GVS)	γ/γ'	=	17/10 kN/m ³
Sand (senglacialt)	Karakteristisk, plan friktionsvinkel	$\phi_{k,pl}$	=	35 °
	Bund-elasticitetsmodul	E_m	=	25 MPa
	Rumvægt (over/under GVS)	γ/γ'	=	18/10 kN/m ³
Tørv	Karakteristisk, udrænet forskydningsstyrke	$c_{k,u}$	≥	15-50 kN/m ²
	Rumvægt (over/under GVS)	γ/γ'	=	12/2 kN/m ³
Ler (senglacialt)	Karakteristisk, udrænet forskydningsstyrke	$c_{k,u}$	≥	50 kN/m ²
	Bund-elasticitetsmodul	E_m	=	10-20 MPa
	Rumvægt (over/under GVS)	γ/γ'	=	19/9 kN/m ³
Silt (interglacialt)	Karakteristisk, udrænet forskydningsstyrke	$c_{k,u}$	≥	15 kN/m ²
	Bund-elasticitetsmodul	E_m	=	10-15 MPa
	Karakteristisk, plan friktionsvinkel	$\phi_{k,pl}$	=	30 °
	Rumvægt (over/under GVS)	γ/γ'	=	16/6 kN/m ³
Sandfyld (komprimeret)	Karakteristisk, plan friktionsvinkel	$\phi_{k,pl}$	=	36 °
	Bund-elasticitetsmodul	E_m	≥	50 MPa
	Rumvægt (over/under GVS)	γ/γ'	=	18/10 kN/m ³
Grusfyld (komprimeret)	Karakteristisk, plan friktionsvinkel	$\phi_{k,pl}$	=	38 °
	Bund-elasticitetsmodul	E_m	≥	100 MPa
	Rumvægt (over/under GVS)	γ/γ'	=	18/10 kN/m ³

Det endelig bund-elasticitetsmodul kan fastsættes ved statiske pladebelastningsforsøg i projekteret udgravningsniveau, hvorefter de endelige opbygninger af vej-kassen/sikringslag kan fastlægges.

For det aktuelle projekt og med de konstaterede jordbunds- og vandspejlsforhold henføres projektet til normal funderingsklasse og den naturligste funderingsløsning vurderes at være:

- Direkte udlægning i/under AFRN.
- Direkte udlægning efter udskiftning af samtlige aflejringer over US med velkomprimeret sandfyld.

De 2 funderingsmetoder er nærmere beskrevet i det følgende.

4.2 Direkte udlægning

Der funderes direkte på intakte aflejringer i/under AFRN.

Evt. efterfyldning foretages med sandfyld, som udlægges i tynde lag (maksimum 0,3 meter) under effektiv komprimering.

Det anbefales at anvende de i afsnit 11.1 anførte komprimeringskrav for sandfyld.

4.3 Direkte fundering efter udskiftning

Samtlige aflejringer over US udskiftes med velkomprimeret sandfyld, hvorefter der funderes direkte.

Det skal sikres, at de intakte aflejringer under den indbyggede sandfyld har den fornødne bæreevne, hvorfor det anbefales at komprimere udgravningsbunden, hvor denne er bestående af sand, inden indbygning af sandfyld.

Det anbefales at anvende de i afsnit 11.1 anførte komprimeringskrav for sandfyld.

5. Vejanlæg

5.1 Generelt

Med hensyn til frostfølsomheden af de trufne aflejringer, vurderes de trufne svagt organiskholdige og organiskholdige sandaflejringer ikke at være frostfølsomme. Tørv- og gytjeholdige sandaflejringer samt tørveaflejringer vurderes at være frostfarlige, og kan ikke benyttes i forbindelse med opbygningen af vej-kassen. Der er i borerne truffet frostfølsomme leraflejringer samt frostfarlige siltaflejringer.

Vejarealer dimensioneres i henhold til Vejregler 1984, Vejdirektoratet.

5.2 Sandfyld

Det i borerne trufne ler- og organiskfrie intakte sand kan genindbygges.

6. Kloakering

6.1 Udgravning til kloakledninger

Hvor der skal etableres en kloakledning under grundvandsspejlet, skal kloakledningen sikres mod opdrift.

Arbejdet skal i øvrigt udføres i overensstemmelse med retningslinierne i henhold til gældende normer.

6.2 Særlige forhold ved eksisterende ledninger

Hvor projekteret kloakledning forløber tæt ved en eksisterende ledning anbefales følgende retningslinier overholdt:

Projekteret kloakledning beliggende højere end den eksisterende:

Flader udgående fra underside af projekteret kloakledning og med anlæg 1,5 skal overalt forløbe i intakte aflejringer svarende til de under AFRN trufne og/eller velkomprimeret sandfyld.

Projekteret kloakledning beliggende lavere end den eksisterende:

Der må ikke graves stejlere end svarende til anlæg 1,5 udgående fra den eksisterende kloaklednings underside.

Hvis grundvandsspejlet er over eller i udgravningsniveau, kan det lokalt blive nødvendigt at foretage udskiftning til 0,3 á 0,5 meter under udjævningslaget for at sikre fast bæredygtig bund under kloakledningen. Hertil anvendes et groft velgraderet materiale med en kornstørrelsesfordeling, som sikres mod opblanding af de omkringliggende aflejringer, evt. suppleret med en drænledning.

Hvor der skal graves under grundvandsspejlet, er en midlertidig grundvandssænkning ubetinget nødvendig for at bevare udgravningssider og -bund intakte, jf. afsnit 9.

6.3 Tilbagefyldning i ledningsgrave

Træffes der større mængder rent og stenfrit sandfyld er dette egnet til udjævningslag, omkringfyldning og grundforstærkning samt som tilfyldning under befæstede arealer. Med rent sandfyld menes sandfyld, der ikke indeholder for store mængder organisk materiale samt større mængder ler og silt. Dette kan bestemmes ved laboratorieforsøg.

Det vurderes, at det i borerne trufne ler-, silt- og organisk frie sandfyld er egnet til tilbagefyld.

Tilbagefyldning af opgravet lerjord i ledningsgravene kan, afhængig af årstiden, give problemer med hensyn til en effektiv komprimering.

Ler og lerholdigt sand skal muligvis tørres, inden det er muligt at genindbygge. Genindbygning af ler og lerholdigt sand stiller desuden store krav til komprimeringsmateriel.

Hvor aflejringerne indeholder muld, tørv, gytje, silt og fedt ler er de uegnede til genindbygning, da komprimeringsegenskaberne er for dårlige.

6.4 Sandfyld

Hvis der bliver underskud af opgravet materiale, der er velegnet til tilbagefyldning og grundforstærkning, bliver det nødvendigt at supplere med sandfyld, som tilkøres udefra.

Sandfyldet bør opfylde de funktionskrav og specifikationer, som er nævnt i Norm for sand-, grus- og stenmaterialer, DS/EN 13285. Dette betyder, at sandfylden skal have et gennemfald på højst 9% på 0,063 mm sigten og en sandækvivalent SE på mindst 30.

7. Sætninger

Ved fundering på intakte aflejringer svarende til de under US/OSBL trufne, eller på indbygget sandfyld og efter ovenstående retningslinier vurderes de fremtidige sætninger/differenssætninger at blive af størrelsesordenen ca. 1,0 cm for det aktuelle projekt, som beskrevet under punkt 1.

Såfremt vejkasse/bundsikringslag udlægges direkte på intakte aflejringer svarende til de under AFRN trufne, vurderes de fremtidige sætninger/differenssætninger at blive af størrelsesordenen ca. 1,0 cm for det aktuelle projekt.

Det anbefales, at der ved kloakeringsbygværker samt kloakledninger foretages egentlige sætningsberegninger, såfremt der funderes over US/OSBL.

8. Grundvandssænkning

Hvor der skal graves under grundvandsspejlet er en midlertidig grundvandssænkning ubetinget nødvendig for at bevare udgravningssider og -bund intakte.

I sand, silt og tørv vurderes grundvandssænkningen mest hensigtsmæssigt udført med nedspulede sugespidses tilsluttet et effektivt vacuumpumpeanlæg.

I ler vurderes grundvandssænkningen mest hensigtsmæssigt udført med drænrender ført til pumpeump, eventuelt suppleret med belastede dræn i udgravningssiderne.

Inden udgravningsarbejdet påbegyndes, skal det sikres, at grundvandsspejlet overalt er afsænket mindst 0,3 á 0,5 meter under udgravningsniveau for at bevare udgravningsbunden intakt og muliggøre en effektiv komprimering af sandfyld, hvor det er aktuelt.

En grundvandssænkning kan give sætningsskader på nærliggende bygninger funderet over sætningsgivende aflejringer.

Det anbefales derfor, specielt i forbindelse med grundvandssænkning, at besigtige nærliggende bygninger for registrering af eventuelle bygnings/sætningsskader inden grundvandssænkningen påbegyndes, samt om muligt at klarlægge bygningernes funderingsforhold, så der om nødvendigt kan tages passende forholdsregler.

9. Afrømningsniveau

De trufne ler- og siltaflejringer kan karakteriseres som udblødningsfarlige og følsomme overfor dynamiske påvirkninger - specielt i forbindelse med nedbør og højtstående grundvand.

I så tilfælde bør al færdsel med entreprenørmateriel på afrømningsniveau undgås for at bevare jorden intakt og fyldsand indbygges i takt med udgravningen.

10. Udførelsesmæssige forhold

10.1 Generelt

Ved fundering, udgravning, ændring af terrænhøjde eller anden terrænændring på en grund samt midlertidige eller permanente sænkninger af grundvandstanden skal der træffes enhver foranstaltning, der er nødvendig for at sikre omliggende grunde, bygninger og ledningsanlæg af enhver art.

Med de trufne jordbunds- og vandspejlsforhold skal det vurderes, om der kan være risiko for skader på naboejendomme og ledningsanlæg ved en grundvandssænkning. Såfremt dette vurderes at være tilfældet, skal ejer af omliggende grunde, bygninger og ledningsanlæg mindst 14 dage forud for påbegyndelse af en grundvandssænkning skriftlig meddelelse om arbejdets art og omfang samt om tidspunktet for arbejdets påbegyndelse, jf. byggelovens §12.

10.2 Bæreevne og stabilitet af nabokonstruktioner m.v.

De eksisterende bygværkers/vejes bæreevne og stabilitet skal sikres i såvel anlægsfasen som i den permanente tilstand.

Derfor må der ikke graves uden afstivning under de opstillede grænseflader i henhold til Norm for fundering, DS 415.

Frie udgravningsskråninger bør af hensyn til arbejdssikkerheden ikke stå med stejlere hældning end 1:1,5 (1 ud og 1,5 ned).

Hvis toppen af skråningen belastes, med f.eks. opgravet jord eller trafiklast, skal ovennævnte hældning reduceres, så farlige skred undgås.

Afstivede udgravninger skal beregnes for jordtryk i overensstemmelse med retningslinierne i Norm for fundering, DS 415.

11. Kontrol

Samtlige udgravninger bør inspiceres til kontrol af, at der overalt funderes på intakte aflejringer, svarende til de under US/AFRN trufne; jf. DS 415, afsnit 8.2.2.

Det skal kontrolleres, at tilbagefyldt jord over kloakledningerne og under belægninger består af sand. Det frarådes at der under belægninger indbygges tørv, ler og silt.

Sandfyldets kvalitet skal kontrolleres, så det sikres, at kravene i Norm for sand-, grus- og stenmaterialer, DS/EN 13285 er overholdt.

Komprimeringen af sandfyld bør ved mægtigheder større end ca. 0,6 meter kontrolleres ved forsøg; jf. DS 415, afsnit 8.2.3.

Det anbefales at opstille de i tabel 11.1 angivne komprimeringskrav til indbygget sandfyld under vejkasse/bundsikringslag, hvor SP angiver Standard Proctor ved isotopsondemetoden:

	Tilkørt rent sandfyld	Genindbygget råjord	
	Uanset dybde	0,0-2,0 m u. t.	>2,0 m u. t.
Middel af alle kontrolforsøg	> 98% SP	> 98% SP	> 96% SP
Ingen kontrolforsøg	< 96% SP	< 96% SP	< 94% SP

Tabel 11.1: Komprimeringskrav.

12. Afsluttende bemærkninger

I det omfang det ønskes, står DMR Geoteknik selvsagt til rådighed for videre drøftelse af geotekniske og funderingsmæssige spørgsmål i sagen.

Det indkomne prøvemateriale opbevares 2 uger fra dato, hvorefter det bortskaffes, medmindre der forinden foreligger anden aftale.

SIGNATURER OG DEFINITIONER

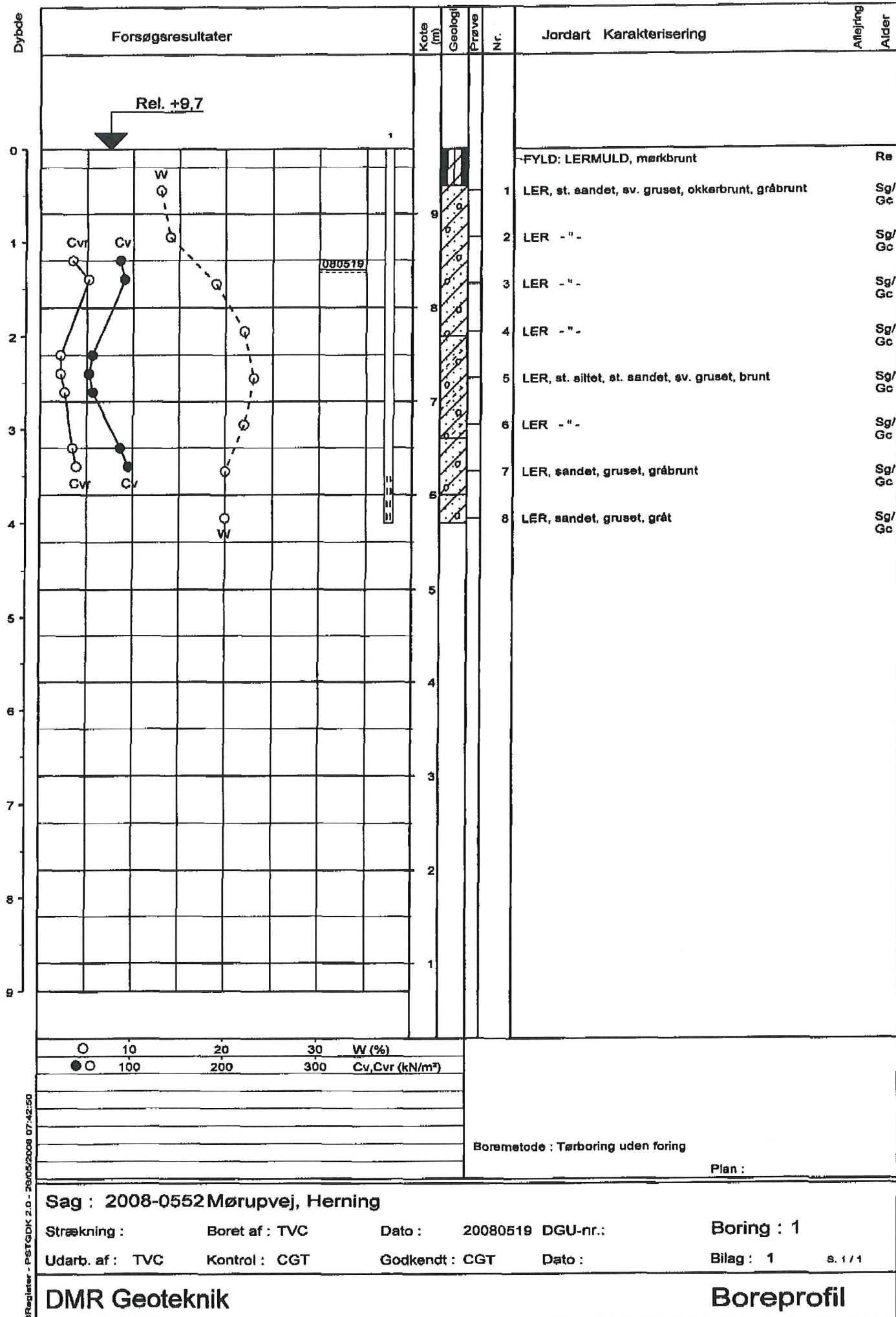
	Fyld		Grus		Klippe
	Muld		Silt		Gytje (dynd)
	Muld, sandet		Ler		Skaller
	Sand, muldet		Morænesand		Terv
	Sand, muldpartier		Morænesilt		Tervedynd
	Sand		Moræneler		Planterester
	Sten		Kalk/kridt		

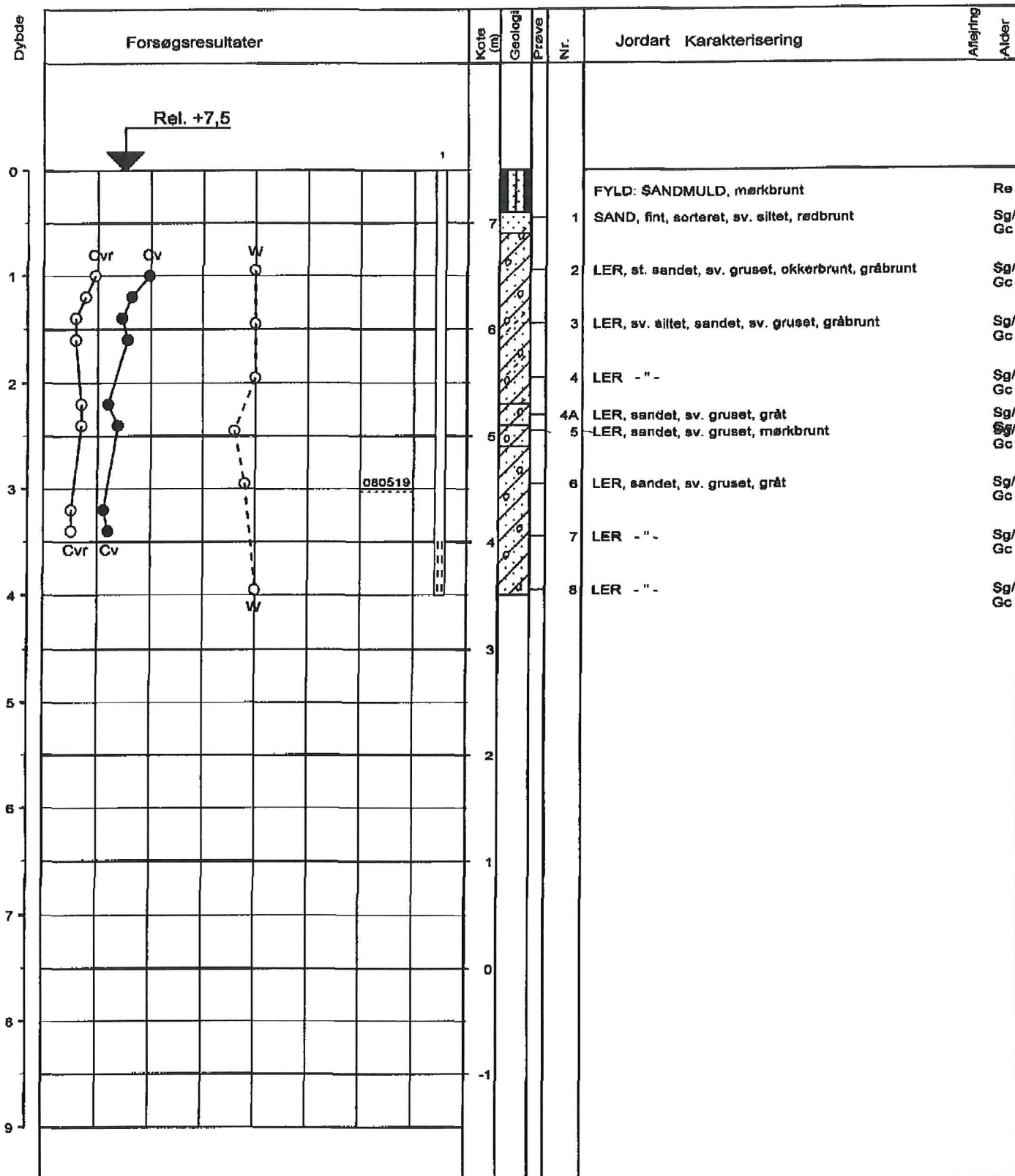
Filtersætning og afpropning	Prøvetype	Dannelsesmiljø	Geologisk alder	Forkortelser
	Poseprøve	Br Brakvand	Kv Kvartær	enk. enkelte
		Fe Ferskvand	Pg Postglacial	sort. sorteret
	Poseprøve, stor	Fl Flydejord	Sg Senglacial	st. stærkt
		Gl Gletscher	Al Allerød	sv. svagt
	Rørprøve, intakt	Ma Marin	Gc Glacial	kfr. kalkfri
		Ne Nedakyl	Ig Interglacial	khl. kalkholdig
	Glasprøve/ SPT-prøve	O Overjord	Is Interstadial	
		Sk Skredjord	Te Tertiær	
		Sm Smeltevand	Pi Pliocæn	
		Vi Vindaflejret	Mi Miocæn	
		Vu Vulkansk	Ol Oligocæn	

Forsøgsresultater

W	(%)	$\circ$	: Vandindhold, forholdet mellem vandvægt og kornvægt
W_L	(%)	$W_L \longrightarrow W_p$	: Vandindhold ved overgang fra flydende til plastisk konsistens
W_p	(%)		: Vandindhold ved overgang fra plastisk til halvfast konsistens
γ	(kN/m ³)	$\triangle$	: Forholdet mellem totalvægt og totalvolumen
C_v, C_{vm}	(kN/m ²)	$\bullet, \circ$	: Udrænet forskydningsstyrke bestemt ved vingeforsøg
N	(slag/30cm)	∇	: Resultat af standard penetration tast
gl_r	(%)	$+$	: Forholdet mellem vægttab ved glødning og kornvægt (reduceret for kalk)
e		∇	: Forholdet mellem porevolumen og kornvolumen

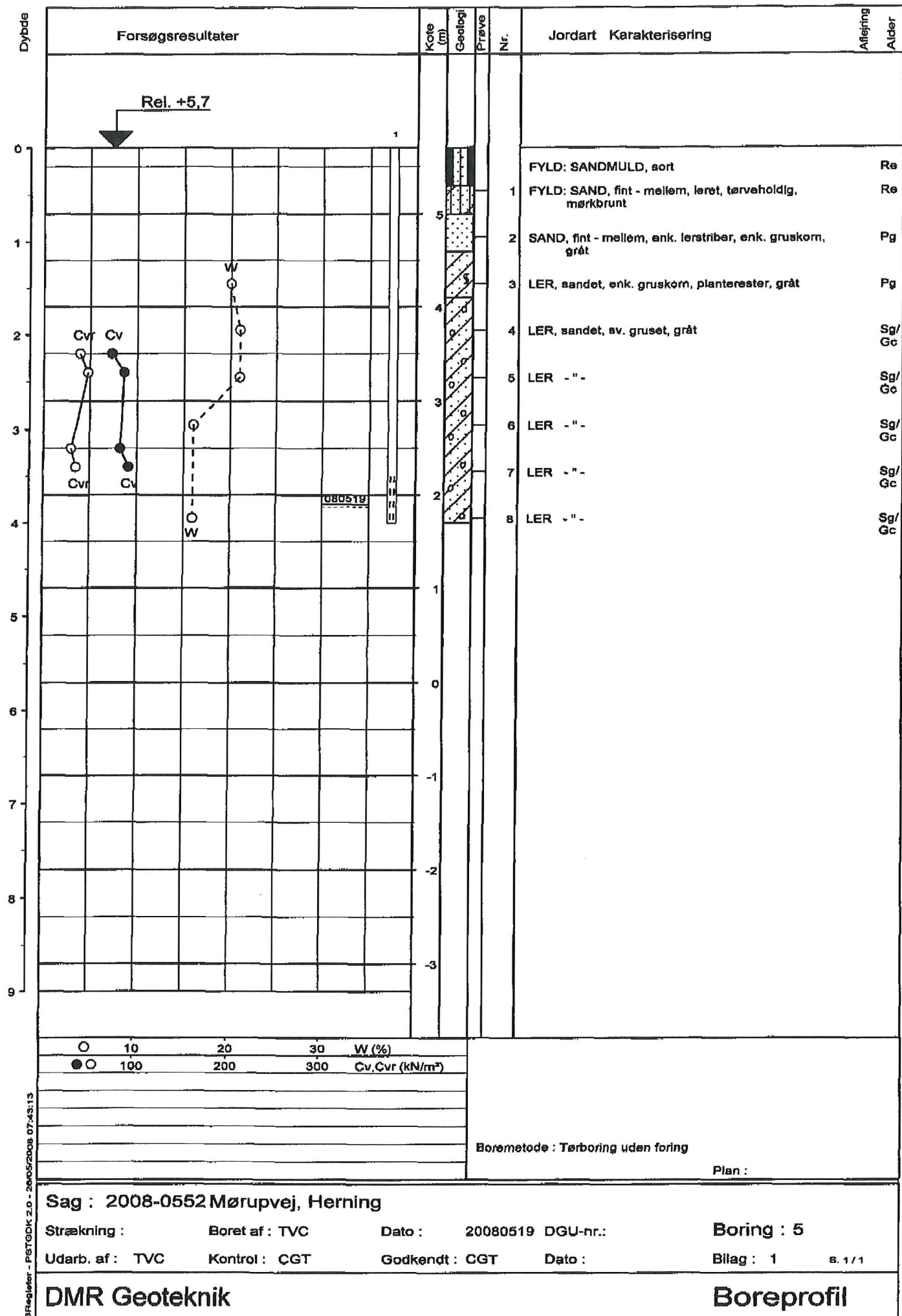
	Boring		Prøveramning
	Boring med prøvetagning		Sætningsmåling
	Gravning / komprimeringskontrol		Poretryksmåling
	Tryksondering / CPT forsøg		Geoelektrisk punktprofil
	Vingeforsøg		Geoelektrisk linieprofil
	Belastningsforsøg		Fixpunkt for nivellement

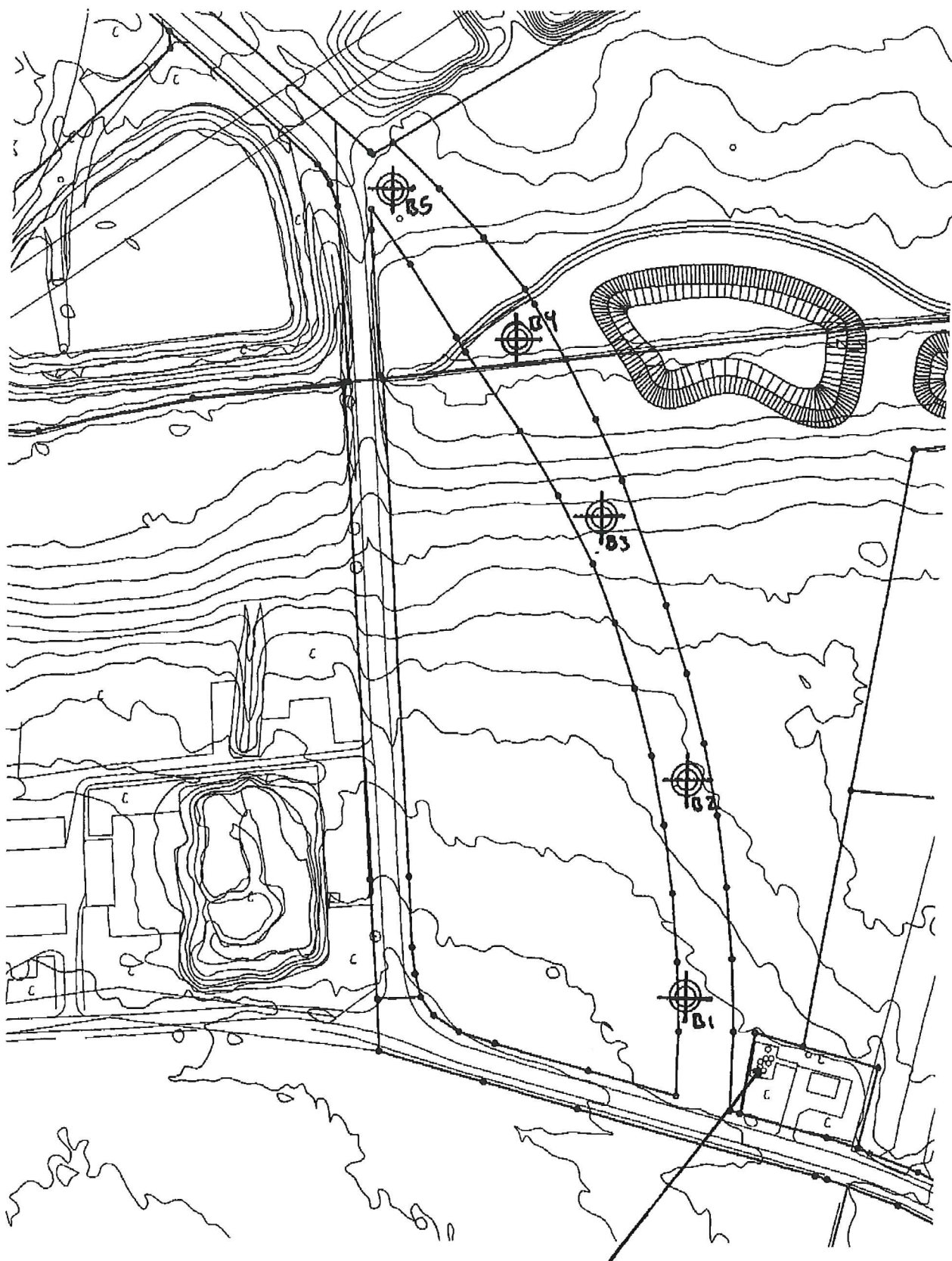


[illegible]

Sag : 2008-0552 Mørupvej, Herning

DMR Geoteknik

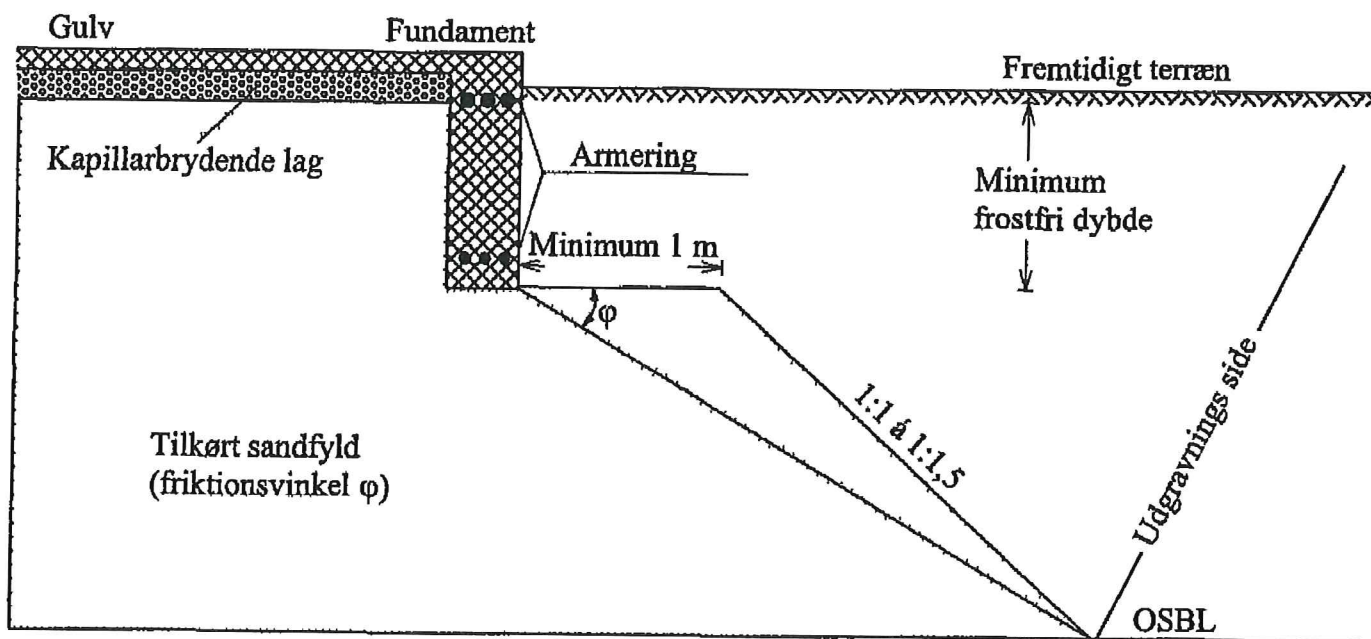




Fix = overkant af dæksel på gasstation
= relativ kote +10,00

Principskitse for indbygning af sandpude

Skematisk snit



Udførelse

Samtlige aflejringer over OSBL fjernes og erstattes med tilkørt sandfyld (friktionsvinkel ϕ), der udlægges i lag af højst 30 cm under effektiv komprimering til mindst 98% Standard Proctor.

Derefter udføres normal, direkte fundering i frostfri dybde med gulve udlagt direkte på kapillarbrydende lag. Fundamenterne forsynes eventuelt med armering, svarende til 0,2% af betontværsnitsarealet i såvel top som bund.

Udskiftningen udføres i fornødent omfang udenfor fundamenterne (jf. ovenstående snit), således at stabilitets- og bæreevnekriterier er overholdt. Ved moderate belastninger kan dette normalt påregnes ved udskiftning under en linie udgående 1 meter udenfor fundamentsyderkant med hældning 1:1 á 1:1,5 nedefter.