

Varde Kommune

Toften 2
6818 Årre

Att.: Mette Givskov

25. oktober 2024

Sag nr.: 212292

**Sag: Agerbæk, Udsigten – Byggemodning.
Geoteknisk rapport nr. 3.**

Hermed fremsendes resultatet af den orienterende geotekniske undersøgelse på ovennævnte sag. Til undersøgelsen er der udført 14 geotekniske borer førte til 4 meter. Samt plasticitet-forsøg (I_p) af 3 jordprøver.

Rapporten indeholder følgende afsnit:

1. Sammenfatning
2. Projekt og undersøgelse
3. Mark- og Laboratoriearbejde
4. Geologi
5. Jordbund
6. Grundvand
 - 6.1 Kloakledninger
 - 6.2 Dimensionering
 - 6.3 Bygninger
 - 6.4 Fundering på fedt ler
 - 6.5 Grundvandssænkning
 - 6.6 Udførelse og stabilitet
 - 6.7 Frostfølsomhed
 - 6.8 Tilfyldning, materialer og komprimeringskontrol
8. Miljøforhold og jordhåndtering
9. Inspektion

Bilag:

- | | |
|---------|---|
| 1 - 10 | Boreprofiler – boring 1 - 10 |
| 21 – 24 | Boreprofiler – boring 21 - 24 |
| 24a | Situationsskitse med resultatoversigt |
| A | Signaturforklaring |
| B | Geo-standard for direkte fundering af mindre bygninger på udtørningsfarligt ler |

1. Sammenfatning

Overordnet er der ved de indledende geotekniske undersøgelser truffet vanskelige jordbundsforhold. Der er inden for området truffet stærkt varierende jordbundsforhold fra fundering på sand til fundering på meget fedt ler.

Krav for fundering af byggeri på meget fedt ler vil medføre ekstraforanstaltninger i form af øget funderingsdybde til 1,2 m u.t., armeringsprocent af fundamenter øges til 0,4% (0,2% i top og 0,2% i bund), armering af gulvplade, udlægning af dampspærre under det kapillarbrydende lag, omfangsdræn og krav til regulering af den fremtidige beplantning (Se vedlagte Geo-standard for fundering af mindre bygninger på udtøringsfarligt ler, Bilag B).

Der kan påregnes direkte fundering på senglaciale eller ældre sand- og leraflejringer efter udskiftning af muld og fyld. Der er ved borerne 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10 og 23 truffet fedt til meget fedt ler i- eller tæt ved naturligt funderingsniveau.

Afrømningsniveau og overside bæredygtige aflejringer er truffet 0,3 á 0,7 meter under terræn (m u.t.).

Der er ved undersøgelserne observeret et vandspejl truffet 0,8 á 3,0 meter under terræn (m u.t.). Der skal forventes betydelige variation i det lokale vandspejl, og der vil være risiko for at vandspejlet måske i korte perioder kan nå terræn.

Området ligger uden for Varde Kommunes områdeklassificering, hvorfor jorden som udgangspunkt kan behandles som ren jord.

Der er ved nærværende undersøgelse ikke truffet visuelle eller lugtmæssige tegn på miljøfremmede forekomster i de udførte borer.

Hvis der under jordarbejdet konstateres en ukendt forurening, skal dette anmeldes til Varde Kommune (JFL § 71), og jordarbejdet skal stoppes.

2. Projekt og undersøgelse

For Varde Kommune har GeoConsult ApS udført geotekniske undersøgelser for byggemodning af et område ved Debelvej i Agerbæk.

Undersøgelsen har til formål at belyse jordbunds- og grundvandsforholdene, og kan ligge til grund for en projekteringsrapport.

Vi er af rekvirenten efterfølgende rekvireret til at udtage enkeltprøver i boringerne 7, 8 og 9, for at udføre plasticitet-forsøg, til fastlæggelse af ekstraforanstaltninger i forbindelse med fundering på det trufne fede ler.

Boringerne er placeret efter aftale med Varde Kommune. Boringernes placering fremgår af situationsskitsen, bilag 24a.

Samtlige mark- og laboratorieresultater fremgår af boreprofilerne, bilag 1 – 10 og 21 – 24.

Signaturforklaring findes på bilag A.

3. Mark- og Laboratoriearbejde

Der er den 10. januar 2022 udført 10 undersøgelsesboringer ført til 4,0 á 5,0 meter under terræn (m u.t.). Undersøgelserne er den 8. oktober 2024 suppleret med 4 undersøgelsesboringer ført til 4,0 meter under terræn (m u.t.).

I de udførte geotekniske boringer er der monteret pejlerør. Et vandspejl vil fortsat kunne observeres i pejlerørene.

Markarbejdet er udført i overensstemmelse med retningslinjerne i Dansk Geoteknisk Forening Bulletin 14. Resultaterne af forsøgene er optegnet på boreprofilerne med angivelse af placering af prøver, laggrænser og grundvandsstand.

De optagne jordprøver er geologisk bestemt og klassificeret iht. Dansk Geoteknisk Forening Bulletin 1. Der er udført forsøg til bestemmelse af det naturlige vandindhold (w_{nat}) på alle prøver. Resultaterne fremgår af boreprofilerne, bilag 1 – 10 samt 21 – 24. Signaturer og definitioner fremgår af bilag A.

Undersøgelsens hovedresultater er samlet på bilag 24a.

De optagne prøver opbevares 1 måned fra dato, medmindre der forinden træffes anden aftale.

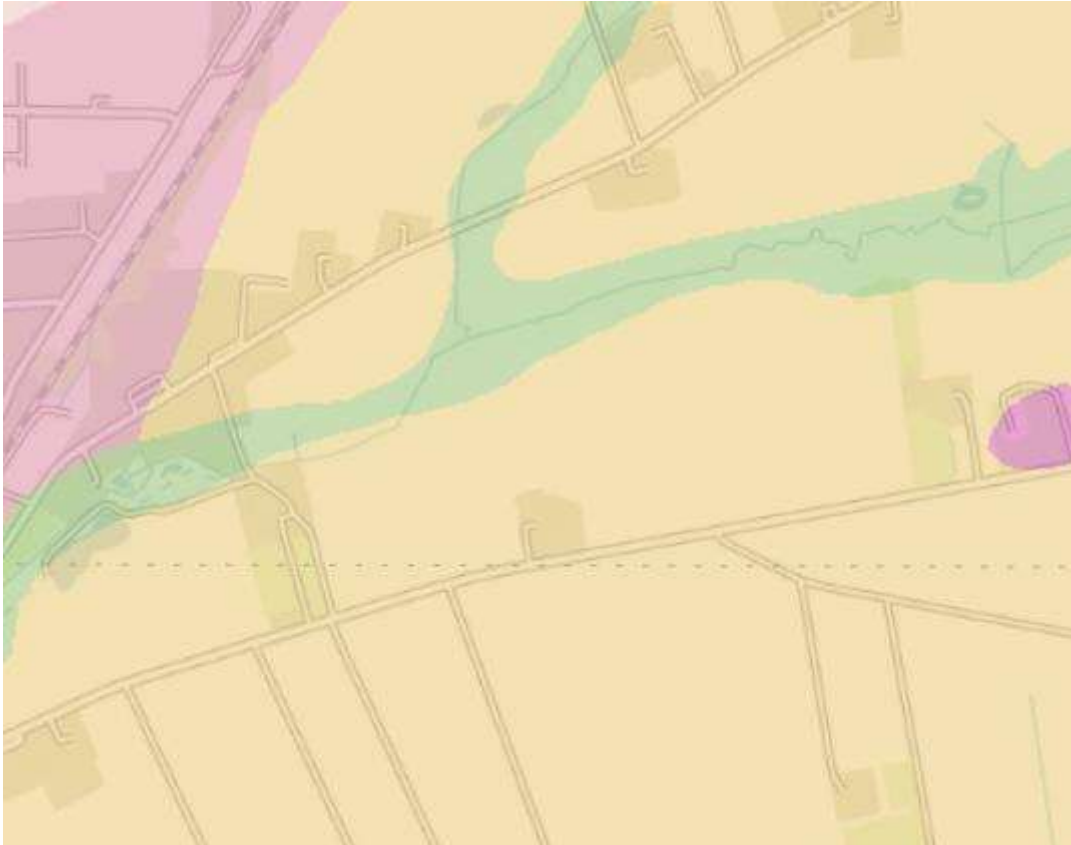
Der er udtaget prøver i boringerne 7, 8 og 9 til udførelse af Cassagrande-, samt Atterberg-grænse forsøg, til fastlæggelse af plasticitetsindeks, jf. DS/CEN ISO/TS 17892-12:2004. De aktuelle forsøg er påført boreprofilerne 7, 8 og 9.

Området ligger uden for Varde Kommunes områdeklassificering, hvorfor jorden som udgangspunkt kan behandles som ren jord.

Hvis der under jordarbejdet konstateres en ukendt forurening, skal dette anmeldes til Varde Kommune (JFL § 71), og jordarbejdet skal stoppes.

4. **Geologi**

Undersøgelsesområdet er beliggende i Agerbæk. Området er et forholdsvis jævnt terræn, der er beliggende delvist på Grindsted Hedeslette. Området består jf. det geologiske jordartskort af smeltevands materialer.



Figur 1.: Det geologiske jordartskort for området.

Der forventes at finde sandjord, jf. figur 1.

4. **Jordbund**

Jordbundsforholdene består i alle borer, under 0,3 á 0,7 meter muld og/eller sandfyld, af senglaciale eller ældre ler, silt og sandaflejringer. De overordnede jordbundsforhold fremgår af resultatoversigten bilag 24a.

Se i øvrigt de detaljerede boreprofiler, bilag 1 – 10 og 21 – 24.

5. Grundvand

Vandspejlet er efterpejlet den 24. januar 2022. Der er i boringerne truffet et vandspejl 0,8 á 2,4 m u.t. Ved de supplerende undersøgelser var pejlerørene fjerne, hvorfor yderligere vandspejlsobservationer ikke længere er muligt.

I de supplerende boringer, boring 21 – 24, er der målt et vandspejl 0,8 á 3,0 m u.t.

Det skal forventes, at vandspejlets beliggenhed er afhængig af årstid og nedbør.

6. Fundering

6.1 Kloakledninger

Med de ved boringerne trufne bundforhold, kan der udføres en direkte fundering af ledninger og brønde i de trufne intakte jordlag.

Det er vores opfattelse, at projektet kan behandles i geoteknisk kategori 2, jf. Eurocode 7, 2007, 1. udgave, afsnit 2.1 og DK-Anneks K, afsnit K3.

6.2 Dimensionering

Ved dimensionering af permanente og midlertidige konstruktioner kan følgende skønnede styrkeparametre anvendes:

Intakt sand:	Karakt. plan friktionsvinkel: $\varphi = 33 \text{ á } 34^\circ$. Effektiv rumvægt: $\gamma/\gamma' = 17/7 \text{ kN/m}^3$. Konsolideringsmodul k: $E = 25 - 30 \text{ MPa}$.
På ler, meget fedt:	Udrænet forskydningsstyrke: $C_{u,k} \sim C_v \text{ } 30 - 70 \text{ kN/m}^2$. Eff. rumvægt: $\gamma/\gamma' = 20/10 \text{ kN/m}^3$. Konsolideringsmodul k: $E = 2 - 10 \text{ MPa}$. Plasticitetsindex: $I_p = 14-20 \text{ \%}$
Intakt silt:	Udrænet forskydningsstyrke: $C_{u,k} \sim C_v \text{ } 20 - 30 \text{ kN/m}^2$. Eff. rumvægt: $\gamma/\gamma' = 20/10 \text{ kN/m}^3$. Konsolideringsmodul k: $E = 1 - 2 \text{ MPa}$.
Muld og fyld:	Effektiv rumvægt: $\gamma/\gamma' = 16/6 \text{ kN/m}^3$.
Indbygget fyldsand:	Karakt. plan friktionsvinkel: $\varphi = 35 \text{ á } 36^\circ$. Effektiv rumvægt: $\gamma/\gamma' = 18/8 \text{ kN/m}^3$. Konsolideringsmodul k: $E = >30 \text{ MPa}$.

6.3 Bygninger

Med de trufne jordbundsforhold vurderes det, at projektet kan behandles i geoteknisk kategori 2, jf. Eurocode 7 (DS/EN 1997).

Ifølge Eurocode 7 (DS/EN 1997) skal konstruktioner under jorden sikres ved beregninger i både anvendelses- og brudtilstand.

For det aktuelle byggeri og med de konstaterede jordbundsforhold kan alle bygningsdele, både bærende konstruktioner og almindelige ikke sætningsfølsomme terrændæk, kan funderes direkte på intakte senglaciale eller ældre sand- eller leraflejringer.

De bæredygtige lag er i undersøgelsespunkterne truffet 0,3 á 0,7 m u.t.

Overside bæredygtige lag (OSBL) i undersøgelsespunkterne fremgår af resultatoversigten på bilag 10a.

Frost-og svindfri dybde sættes til 0,9 meter under fremtidigt terræn ved fundering på ler (ikke fedt), sand og silt.

Frost-og svindfri dybde sættes til 1,2 meter under fremtidigt terræn ved fundering på meget fedt ler.

6.4 Fundering på fedt ler

Krav for fundering af byggeri på meget fedt ler vil medføre ekstraforanstaltninger i form af øget funderingsdybde til 1,2 m u.t., armeringsprocent af fundamenter øges til 0,4% (0,2% i top og 0,2% i bund), armering af gulvplade, udlægning af dampspærre under det kapillarbrydende lag, omfangsdræn og krav til regulering af den fremtidige beplantning (Se vedlagte Geo-standard for fundering af mindre bygninger på udtørningsfarligt ler, Bilag B).

Funderingen skal i øvrigt udføres efter reglerne som angivet i Nationalt Anneks til Eurocode 7: EN 1997-1 DK NA:2007.

6.5 Grundvandssænkning

Overalt, hvor der skal graves under grundvandsspejlet, bør der ubetinget foretages en midlertidig grundvandssænkning for at hindre erosion af udgravningens sider og bund.

Med de aktuelle bundforhold vil en grundvandssænkning være behæftet med nogen usikkerhed, og rækkevidden for afsænkningen kan få konsekvenser for nærtliggende konstruktioner/bygninger. Ved at foretage en prøvepumpning med tilhørende monitorering af vandspejl i tilhørende pejlerør, kan man få et godt indtryk af afsænkningens udbredelse.

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.

På grund af de trufne siltaflejringer bør grundvandssænkningen påbegyndes i god tid før en eventuel udgravning. Dette skyldes primært at de trufne siltaflejringer herved får mulighed for at stabilisere sig inden udgravningsarbejdet påbegyndes. Silt er et finkornet materiale der kræver længere tid at dræne, da det ikke afgiver store vandmængder, men har en stor kapillar stighøjde.

Da jordbundsforholdene inden for arealet er meget varierende, vil en midlertidig grundvands-sænkning, enklest kunne udføres ved hjælp af nedgravede dræn. Nedgravede dræn udføres med filtersand helt til top, for således at sikre et stort kontaktareal mellem gruskastning og jord hvori der ønskes grundvandssænkning. I tilfælde af at der lokalt er brug for grundvandssænkning og der er truffet sand, kan sænkningen udføres ved sugespidsanlæg.

6.6 Udførelse og stabilitet

For midlertidige frie og ubelastede udgravninger i sand (friktionsjord) kan der udgraves med et anlæg på $a=1,5$, i silt (friktions/kohæsionsjord) kan der graves med anlæg $a=1,2$, i ler (kohæsionsjord) kan der graves med anlæg $a=1$.

Afstivning ved udgravning ned til 3 m vurderes mest hensigtsmæssigt udført i en traditionel gravekasse for at sikre arbejderne, minimere opgravningsbredden og afstøtte udgravningens sider. I områder med større end 3 m udgravning, og hvor der udgraves op imod boliger/bygværker, anbefales det at benytte opspændt gravekasse eller linjær gravekasse af hensyn til risikoen for skred/erosion/sætninger.

Kloakledning

Af hensyn til udgravningsbredde samt trafik- og overfladelaster anbefales det ved udgravning for kloakledninger i dybder fra 3 - 4 m generelt at anvende udspændt gravekasse.

Brønde

For udgravning til dybe brønde, hvor gravedybden er 4 - 5 m, anbefales det pga. af trafik- og overfladelaster at etablere afstivning ved udførelse af spuns eller tilsvarende.

Vi anbefaler, at dette vurderes nærmere, når det endelige projektmateriale forligger.

6.7 Frostfølsomhed

Der er i området truffet meget varierende jordbundsforhold med varierende mængder af finstof (silt og ler). Generelt kan jorden deles op i følgende kategorier.

Frostfarligt: Silt
Fedt ler

Frostfølsomt: Ler
Sand, stærkt leret
Sand, stærkt siltet

Frostsikkert: Sand, uden betydelige bikomponenter

6.8 Tilfyldning, materialer og komprimeringskontrol

Tilbagefyldning i vejarealer

Til-/omkringfyldning

Ønskes de generelle krav til opbygning af veje overholdt, anbefales tilbagefyld over ledninger op til underside af vejkasse komprimeret til følgende tætheder.

Dybde under færdig vej	Komprimeringskrav, %SP/VI, målt med isotopsonde
Større end 2 meter	95% SP / 92% VI
Mindre end 2 meter	98% SP / 95% VI

En sådan komprimering skønnes at kunne opnås ved 5 á 6 overkørsler med tungt vibrationsgrej på max. 0,3 m tykke lag. Komprimeringen skal udføres i takt med at gravekassen/afstivningen fjernes.

Vi skønner at de trufne sandaflejringer uden problemer vil kunne genindbygges til ovenstående komprimeringskrav.

Vejkassen

For selve vejkassen stilles følgende krav til materialer og komprimering.

Materialer

Bundsikringsgrus og stabilgrus, der anvendes til befæstede arealer, skal opfylde Vejdirektoratets krav til Vejmaterialer DS/EN 13285 – ubundne bærelag.

Komprimering

Bundsikringsgrus under vejbelægninger komprimeres til mindst 95 % VI (vibrationsindstampning) bestemt ved isotopsondemetoden, og der må ikke måles værdier under 92 % VI. I stabilgruset under vejbelægninger komprimeres til mindst 95 % VI (vibrationsindstampning) bestemt ved isotopsondemetoden, og ingen værdier under 92 % VI.

Den anførte komprimeringsgrad er at opfatte som et gennemsnit af minimum 5 målinger/forsøg.

Tilbagefyldning udenfor vejarealer

Udenfor vejarealer, i rabatten, anbefaler vi af hensyn til fremtidige sætninger, at der anvendes komprimeringskrav tilsvarende dem for ledningsgraven.

6.9 Genanvendelighed

Der er i området truffet meget varierende jordbundsforhold. Generelt kan jorden deles op i følgende kategorier.

Opgravede, rene sandmaterialer vurderes at kunne genanvendes i belægningsopbygningen.

Muld, silt- og lermaterialer kan ikke genanvendes, hvor der stilles krav til komprimering og sætninger.

Der gøres opmærksom på, at der ved en genanvendelse af lerede og siltede aflejringer gør sig gældende, at nedbørsmængden i anlægsfasen har stor indflydelse på materialernes komprimerbarhed. Selv ved små stigninger i vandindholdet vil det være svært at opnå tilfredsstillende komprimeringsgrader.

Ved opgravning henlægges materialer for genanvendelse i særligt depot så unødigt opblanding undgås. Om nødvendigt holdes depotet afdækket. Frosne materialer må ikke genindbygges.

7. Nabokonstruktioner og ledninger

Ved udgravning/fundering samt grundvandssænkning i nærheden af eksisterende nabo-konstruktioner, skal nabo-konstruktionernes midlertidige og permanente funderingsforhold ubetinget undersøges minimum i geoteknisk kategori 2, jf. Eurocode 7. Undersøgelsen skal i øvrigt afpasses efter disse nabo-konstruktioners art, størrelse og fundering.

8. Miljø og jordhåndtering

Opmærksomheden henledes på, at overskudsmaterialer, der skal bortkøres fra området, skal håndteres i overensstemmelse med Jordforureningsloven, samt tilhørende bekendtgørelser. Som udgangspunkt forventes jord indenfor vejarealer er muligt forurenet.

Området ligger uden for Varde Kommunes områdeklassificering, hvorfor jorden som udgangspunkt kan behandles som ren jord.

Der er ved nærværende undersøgelse ikke truffet visuelle eller lugtmæssige tegn på miljøfremmede forekomster i de udførte borer.

Hvis der under jordarbejdet konstateres en ukendt forurening, skal dette anmeldes til Varde Kommune (JFL § 71), og jordarbejdet skal stoppes.

9. Inspektion

Det anbefales at der udføres et løbende udføres tilsyn med udgravningerne af en geoteknisk sagkyndig.

Ligeledes anbefales projektets krav til kvalitet og udlægning af anvendte fyldmaterialer dokumenteret.

Ovenstående forhold skal udføres i overensstemmelse med Eurocode 7, 2007, 1. udgave, afsnit 4.3 og 5.3.4, samt det tilhørende danske annekst.

Vi er naturligvis fortsat til disposition for drøftelse af såvel projektet, som undersøgelsen og dens resultater.

Med venlig hilsen

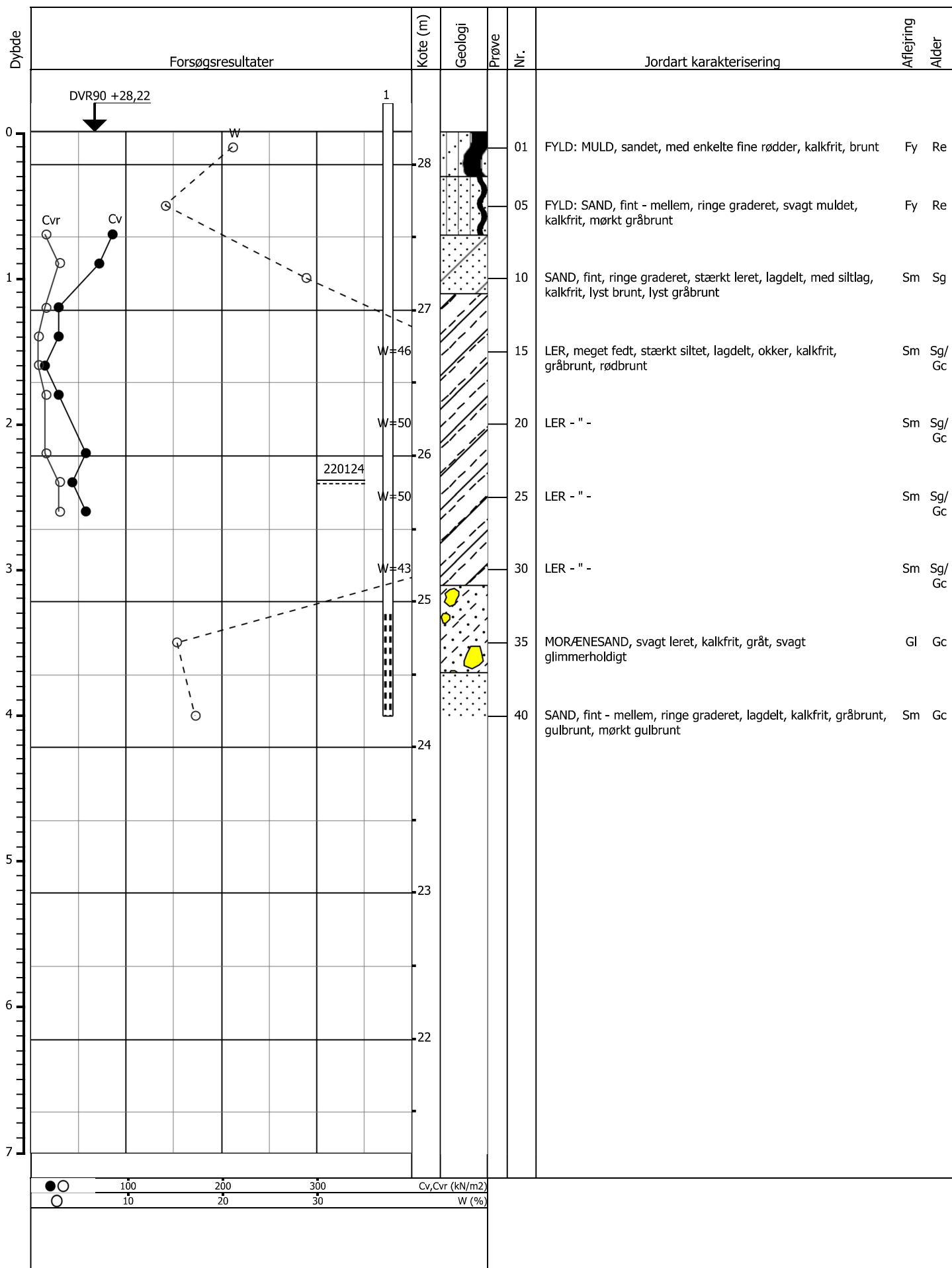
GeoConsult ApS



Jan Pristed
Projektleder – Geoteknik
Tlf.: 20 29 27 77



Keld Soele Christensen
Kvalitetssikring
Tlf.: 22 53 76 77



Sag: 212290

Agerbæk, Debelvej - Ny Udstykning

Boring udført: 10-01-2022

Godkendt: 25-01-2022

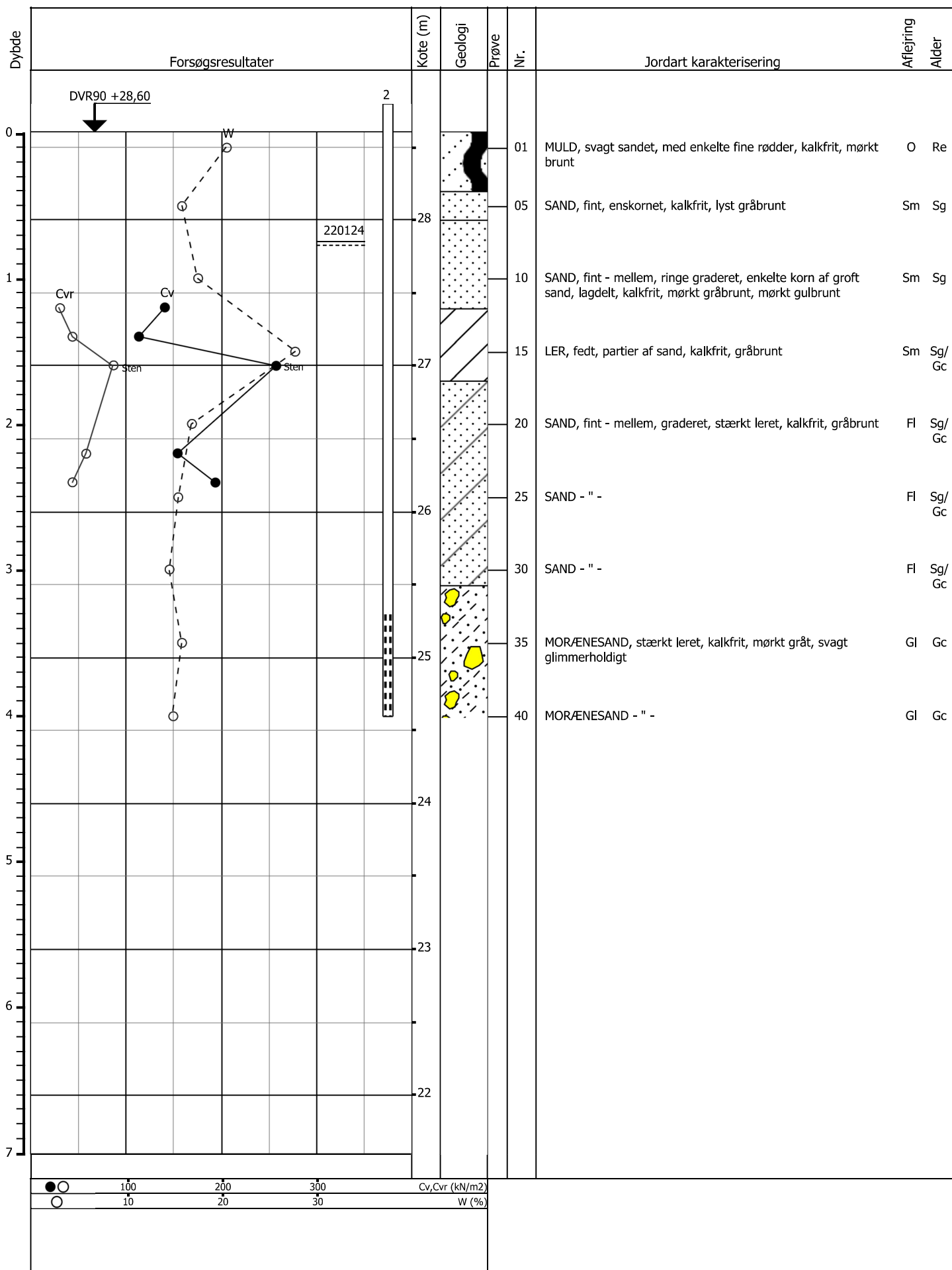
Boring: 1

Bilag: 1

s. 1/1

GeoConsult - Jordbundsundersøgelser

Boreprofil



Sag: 212290

Agerbæk, Debelvej - Ny Udstykning

Boring udført: 10-01-2022

Godkendt: 25-01-2022

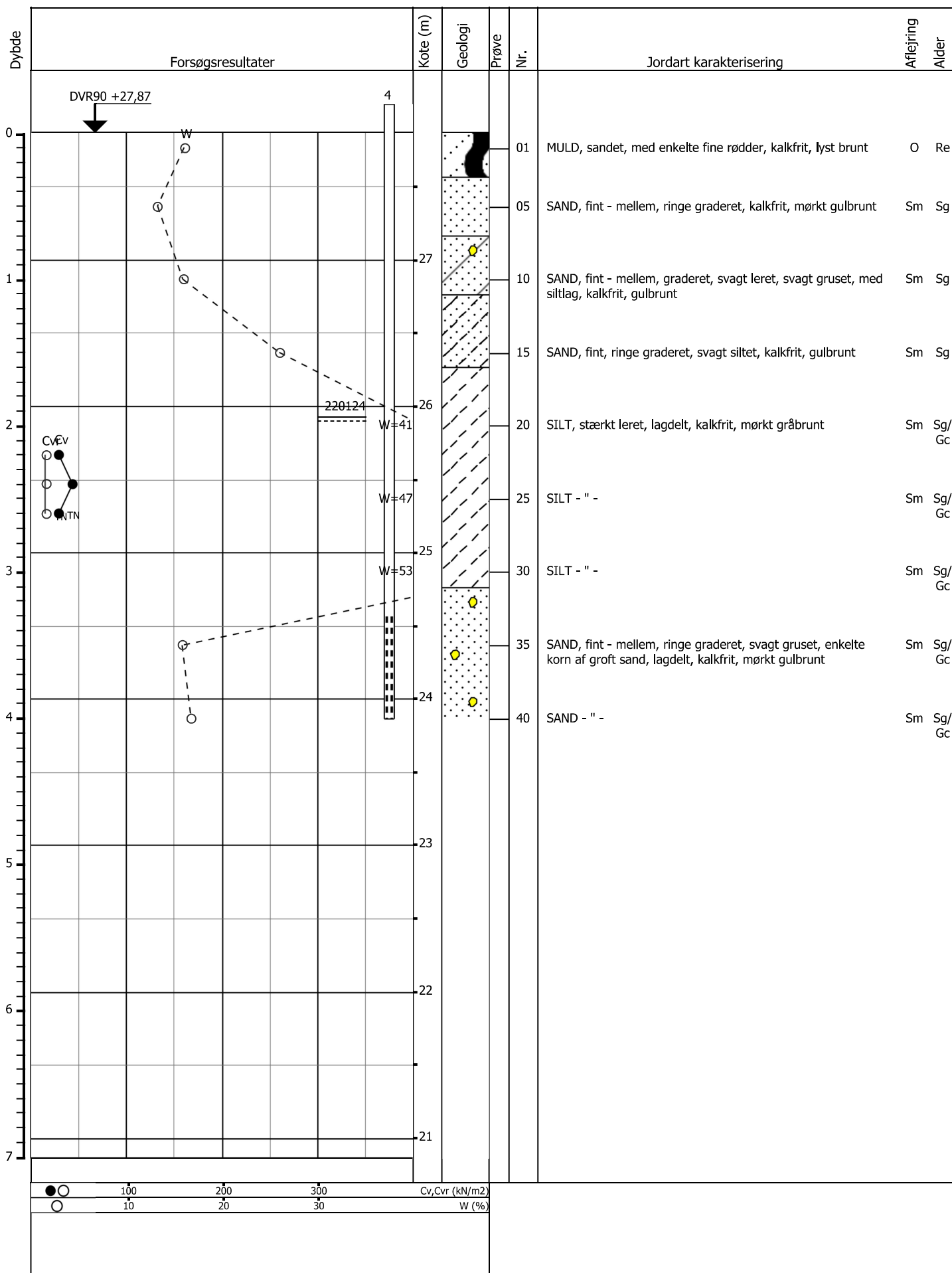
Boring: 2

Bilag: 2

s. 1/1

GeoConsult - Jordbundsundersøgelser

Boreprofil



Sag: 212290

Agerbæk, Debelvej - Ny Udstykning

Boring udført: 10-01-2022

Godkendt: 25-01-2022

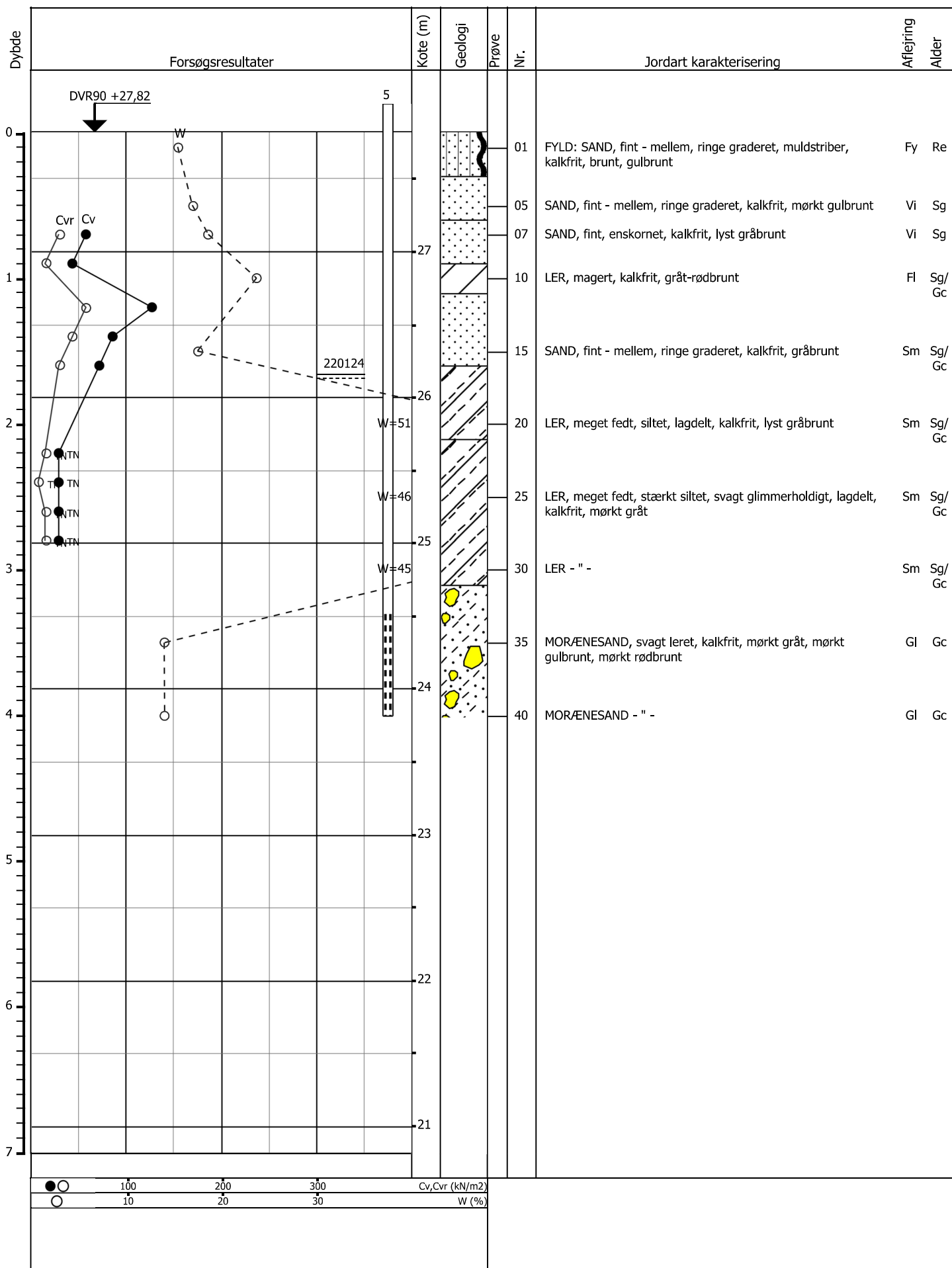
Boring: 4

Bilag: 4

s. 1/1

GeoConsult - Jordbundsundersøgelser

Boreprofil



Sag: 212290

Agerbæk, Debelvej - Ny Udstykning

Boring udført: 10-01-2022

Godkendt: 25-01-2022

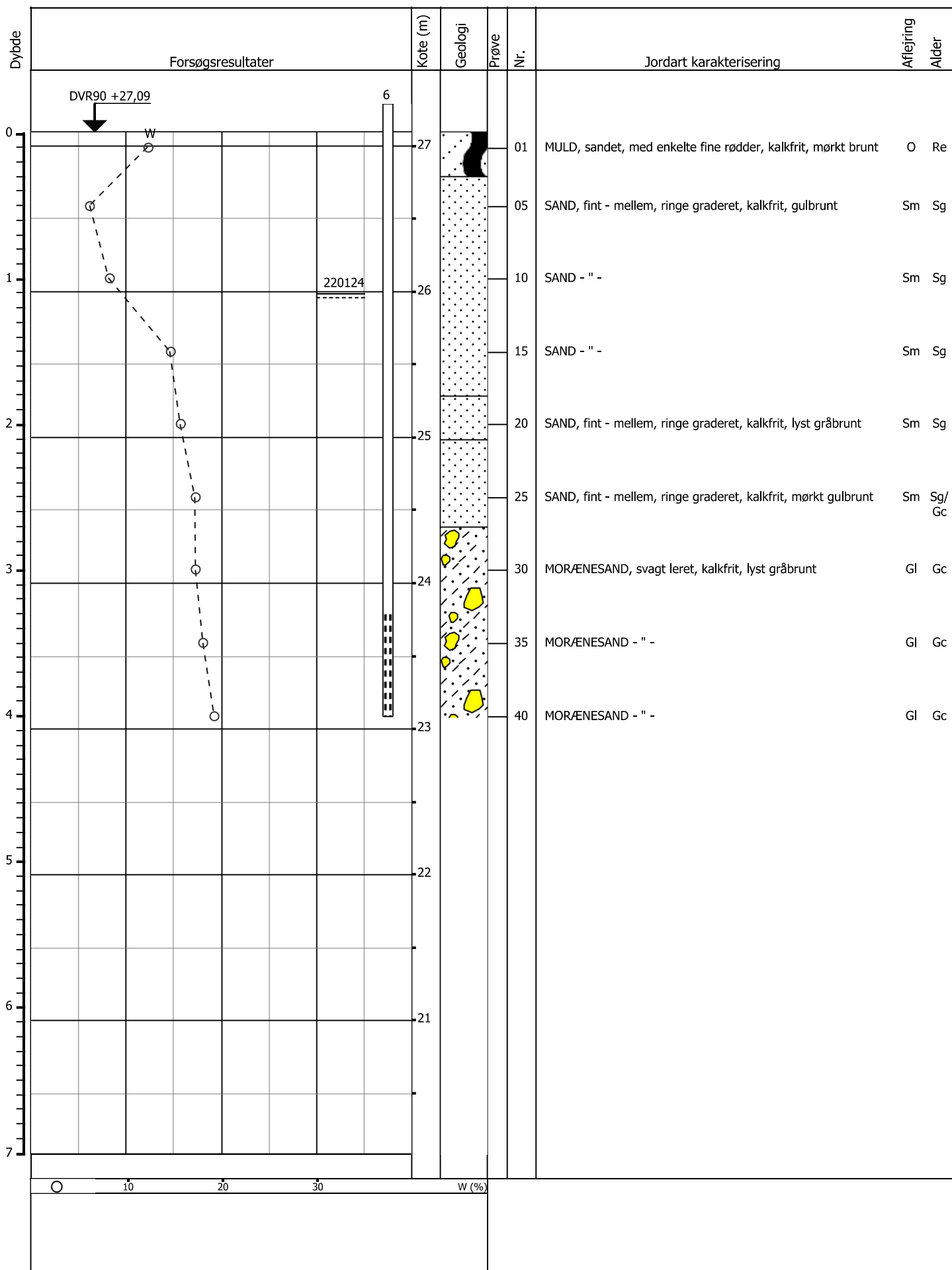
Boring: 5

Bilag: 5

s. 1/1

GeoConsult - Jordbundsundersøgelser

Boreprofil



Sag: 212290

Agerbæk, Debelvej - Ny Udstykning

Boring udført: 10-01-2022

Godkendt: 25-01-2022

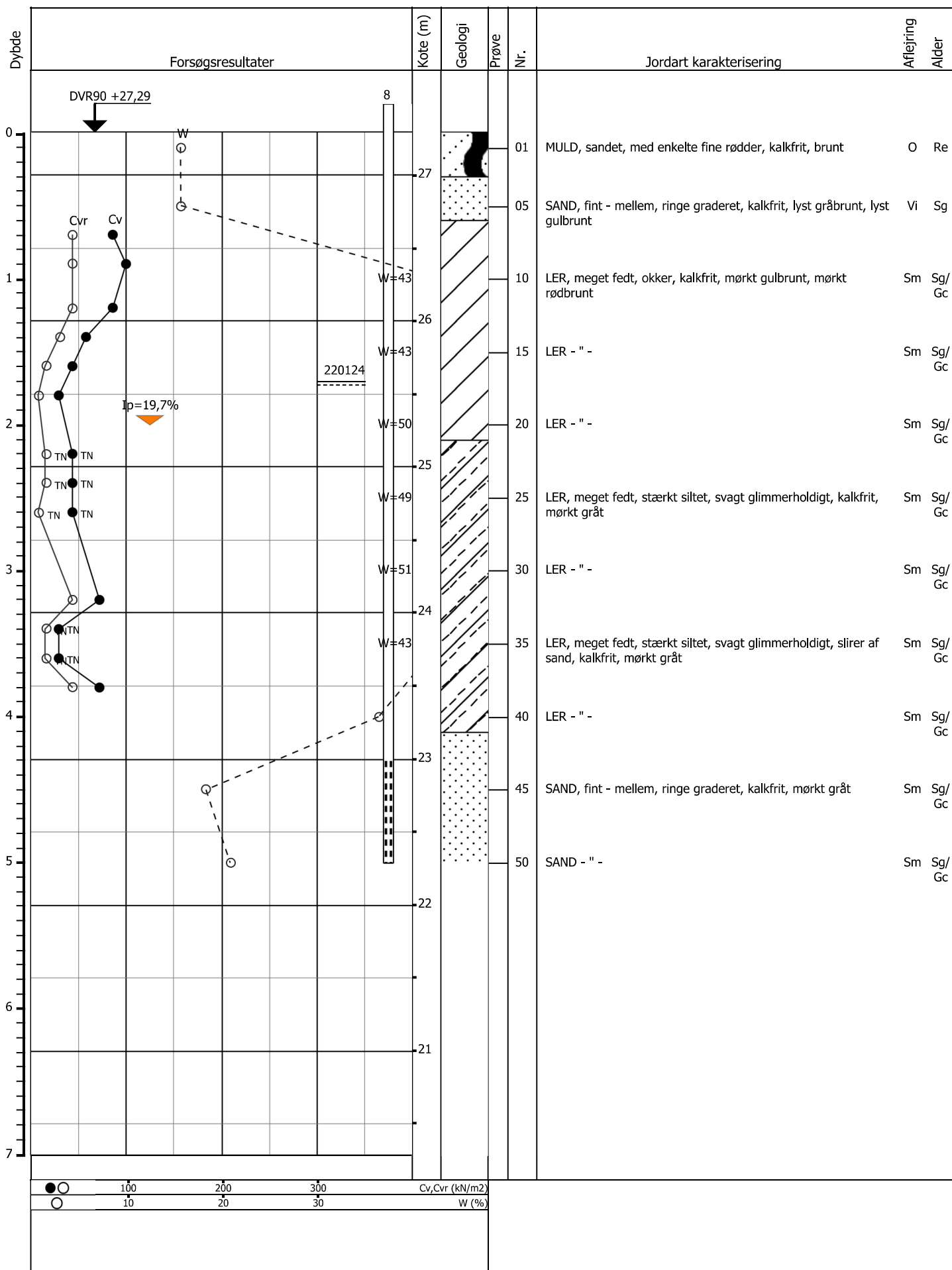
Boring: 6

Bilag: 6

s. 1/1

GeoConsult - Jordbundsundersøgelser

Boreprofil



Sag: 212290

Agerbæk, Debelvej - Ny Udstykning

Boring udført: 10-01-2022

Godkendt: 26-08-2022

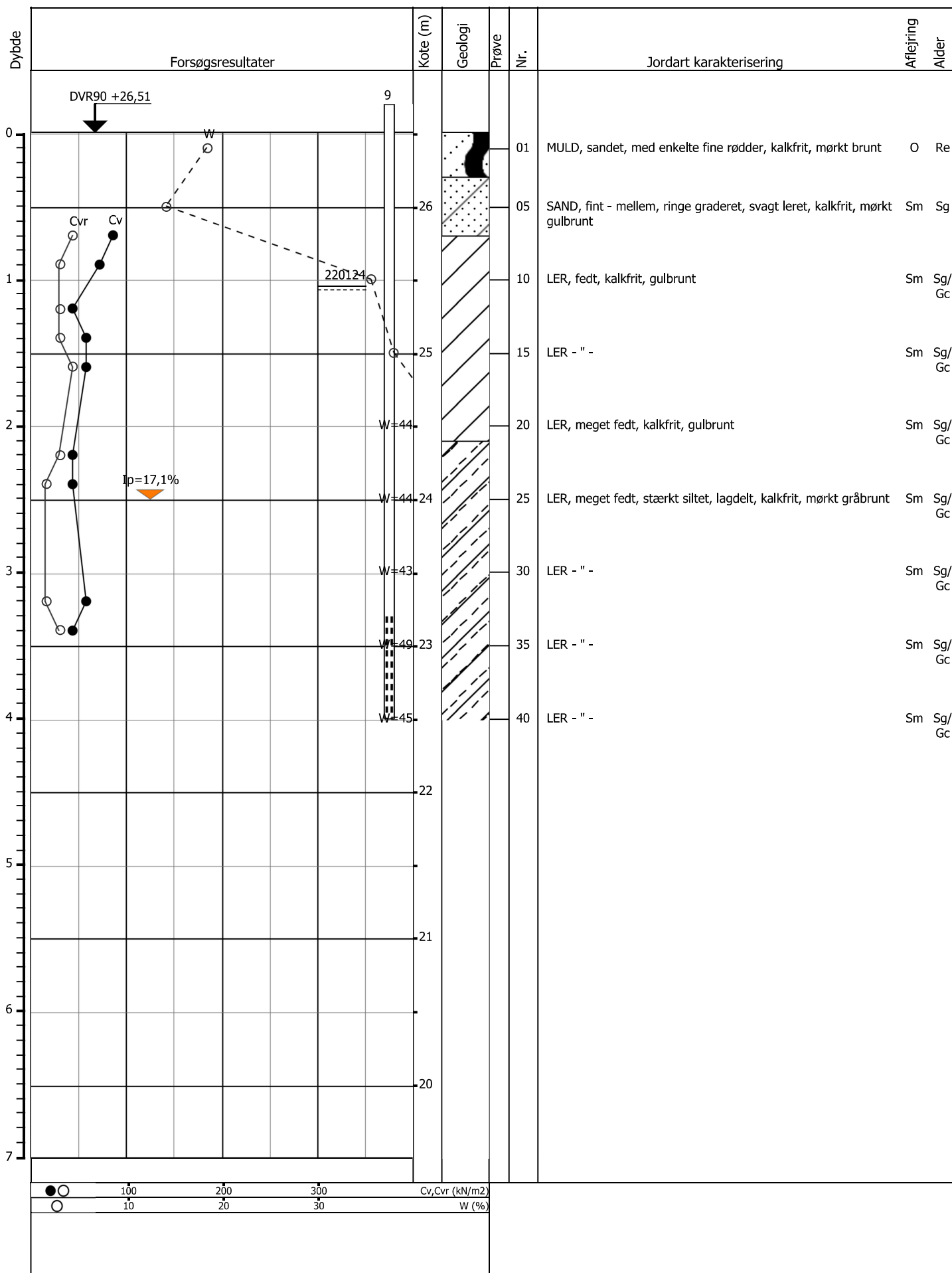
Boring: 8

Bilag: 8

s. 1/1

GeoConsult - Jordbundsundersøgelser

Boreprofil



Sag: 212290

Agerbæk, Debelvej - Ny Udstykning

Boring udført: 10-01-2022

Godkendt: 26-08-2022

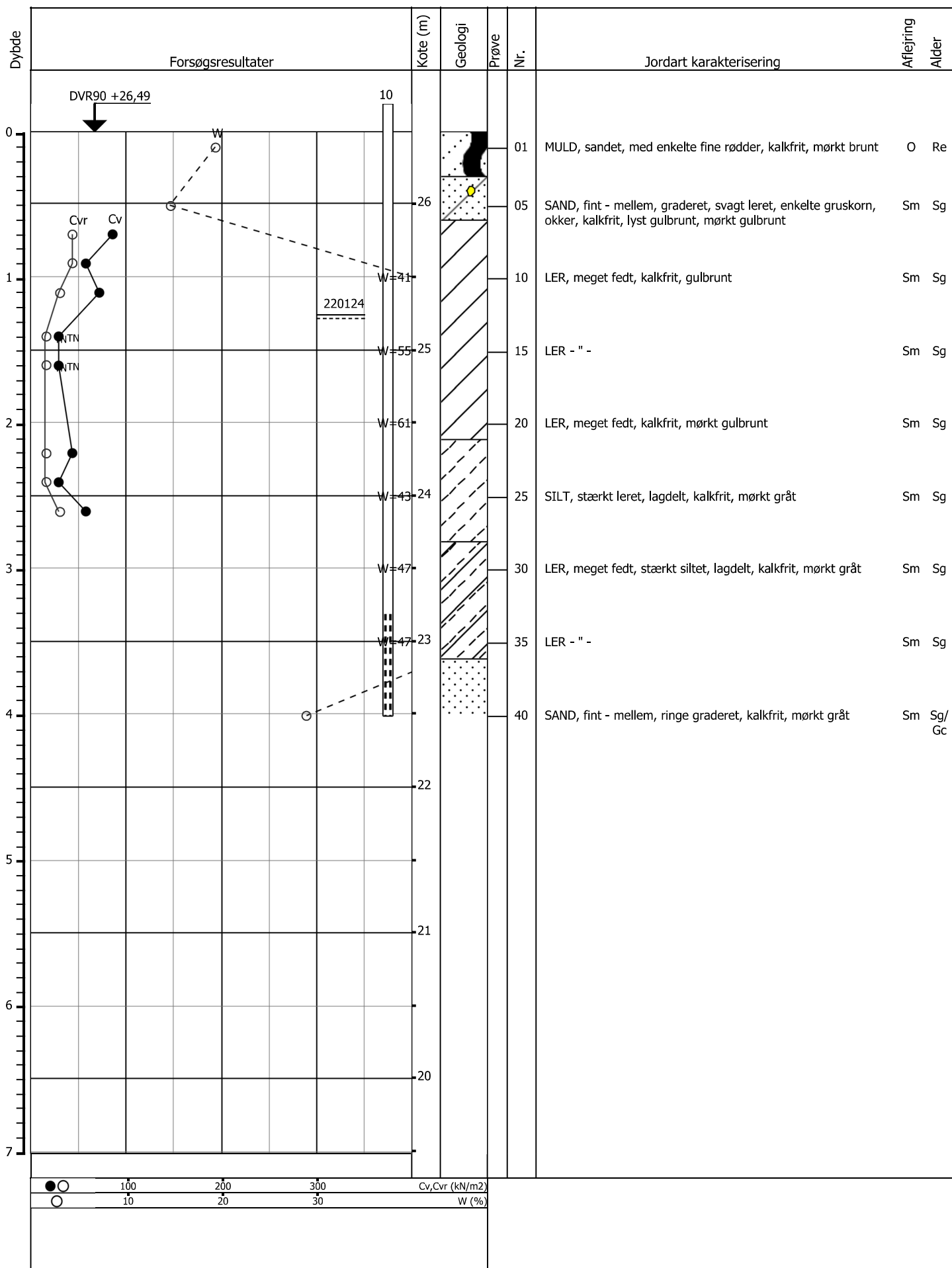
Boring: 9

Bilag: 9

s. 1/1

GeoConsult - Jordbundsundersøgelser

Boreprofil



Sag: 212290

Agerbæk, Debelvej - Ny Udstykning

Boring: 10

Boring udført: 10-01-2022

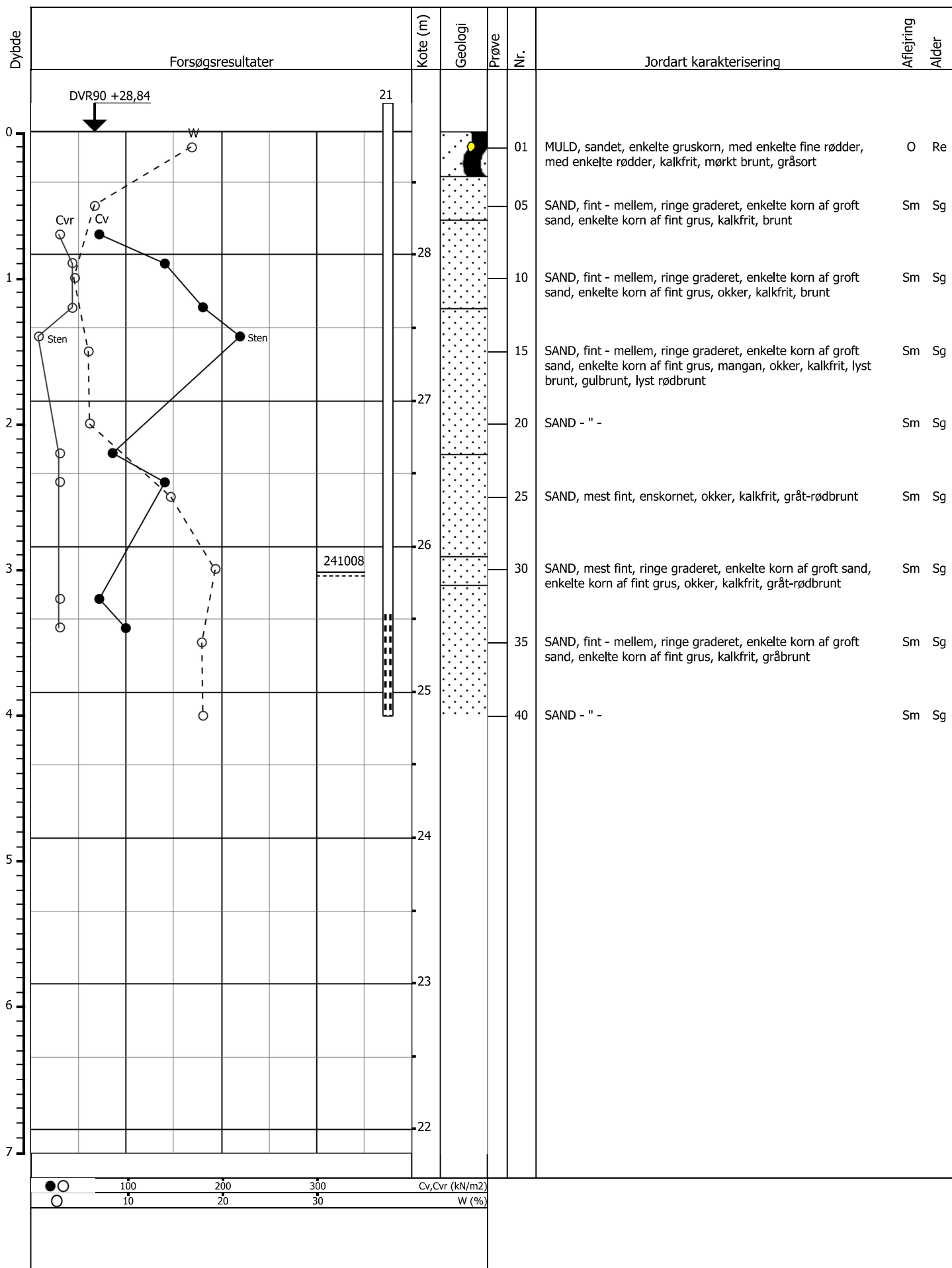
Godkendt: 01-09-2022

Bilag: 10

s. 1/1

GeoConsult - Jordbundsundersøgelser

Boreprofil



Sag: 212292

Agerbæk, Udsigten - Byggemodning

Boring: 21

Boring udført: 08-10-2024

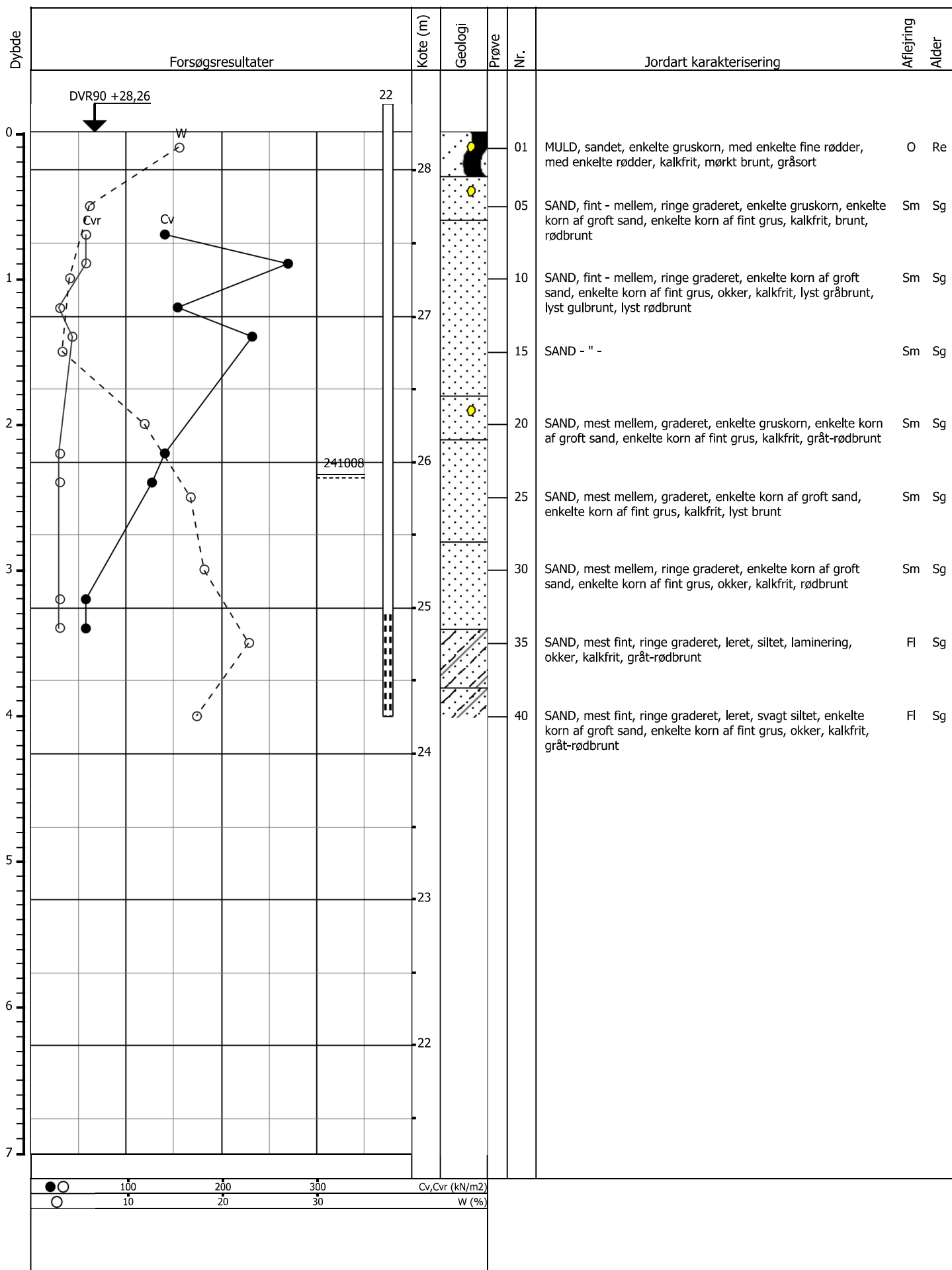
Godkendt: 25-10-2024

Bilag: 21

s. 1/1

GeoConsult - Jordbundsundersøgelser

Boreprofil



Sag: 212292

Agerbæk, Udsigten - Byggemodning

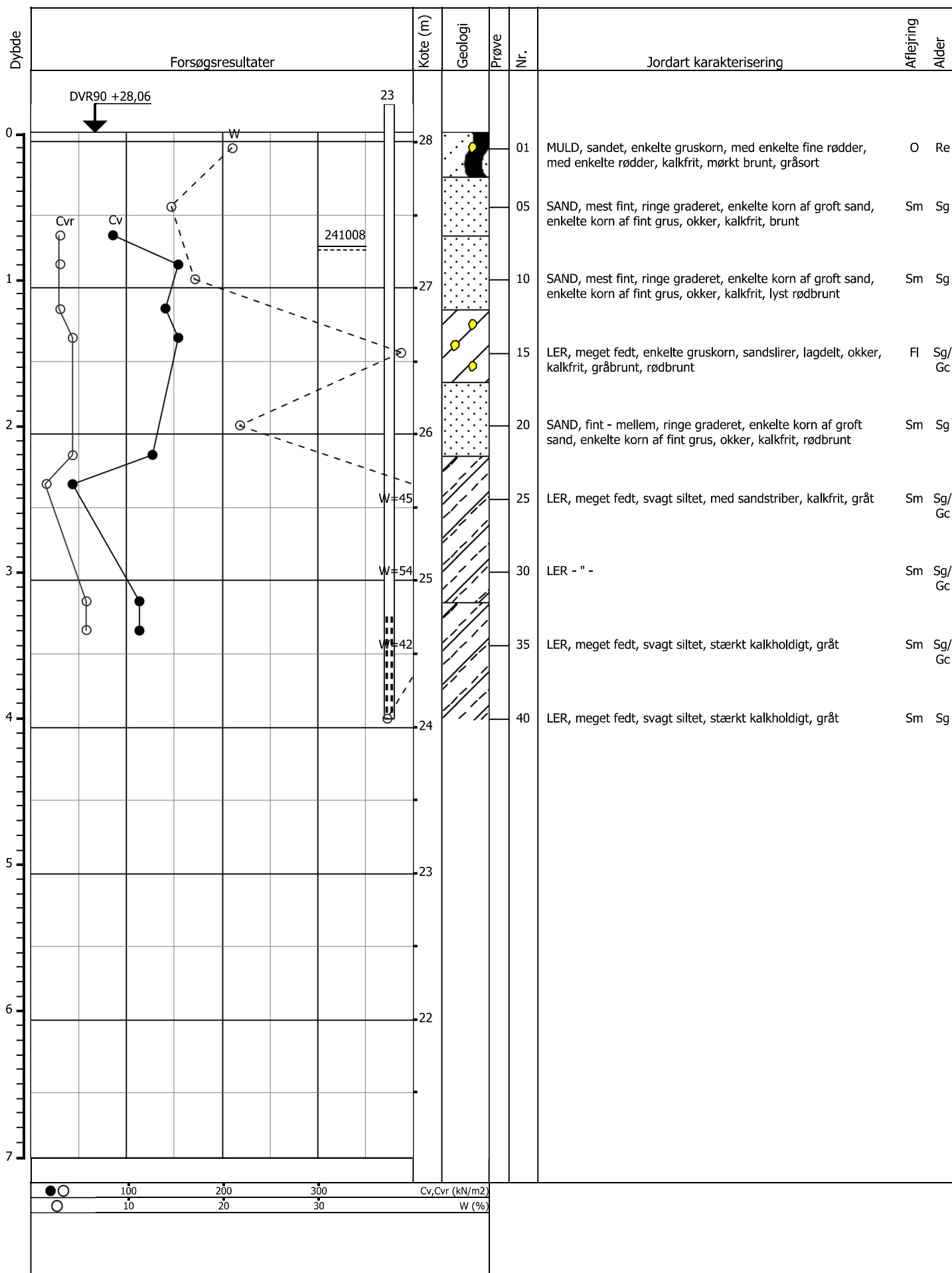
Boring: 22

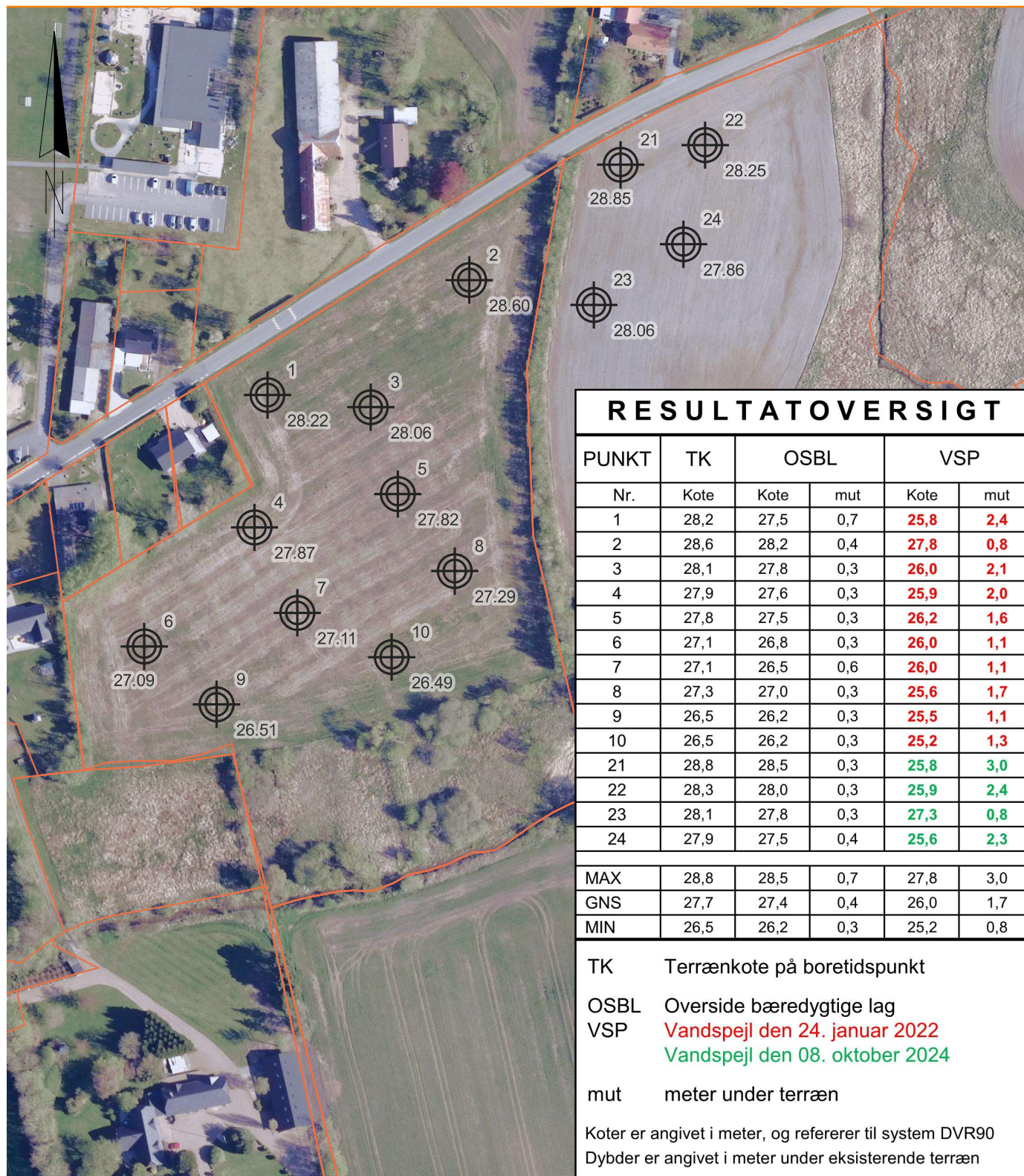
Boring udført: 08-10-2024

Godkendt: 25-10-2024

Bilag: 22

s. 1/1





212292 Agerbæk, Udsigten 8 - 11

25-10-2024

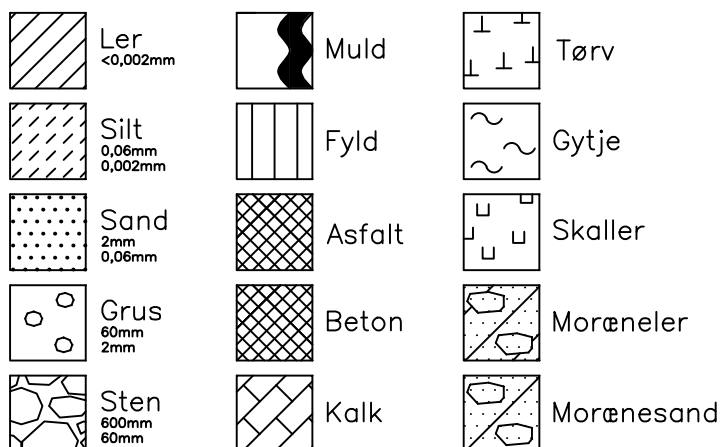
Situationsskitse

Bilag 24a



Signaturforklaring og Definitioner

Jordartssignaturer



Geologiske Forkortelser

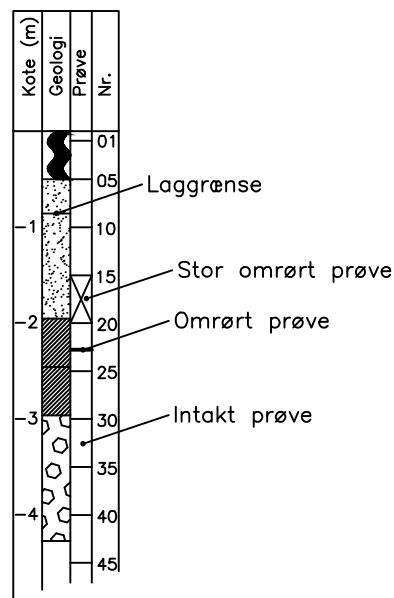
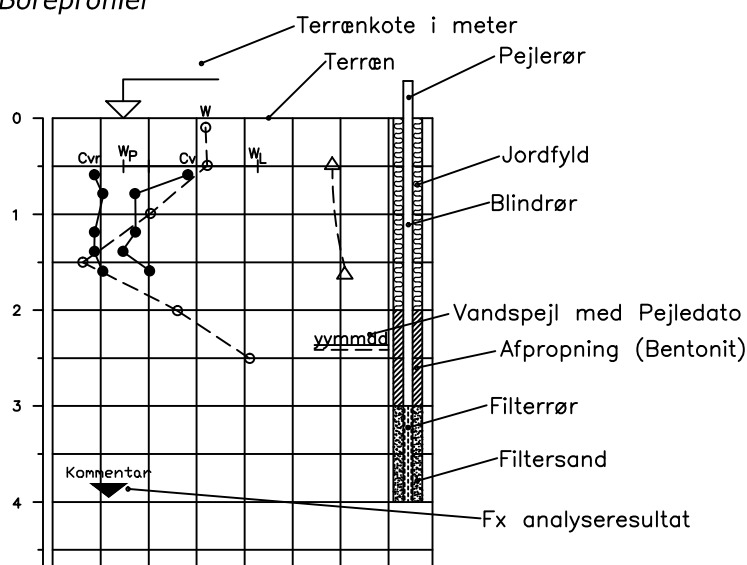
Aflejring:

O	Overjord
Fy	Fyld
Vi	Vindaflejrings
Fe	Ferskvandsaflejrings
Br	Brakvandsaflejrings
Ma	Marinaflejrings
Ne	Nedskyldsaflejrings
Fl	Flydejords
Sk	Skredjords
Sm	Smeltevandsaflejrings
Gl	Gletcheraflejrings

Alder:

Re	Recent
Pg	Postglacial
Sg	Senglacial
Gc	Glacial
Ig	Interglacial
Is	Interstadial
Mi	Miocæn
Ol	Oligocæn
Eo	Eocæn
Sl	Selandien
Da	Danien
Pl	Palæocæn
Te	Tertiær
Kt	Kretasisk

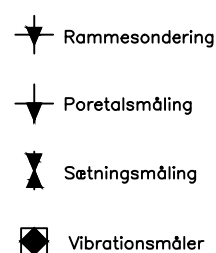
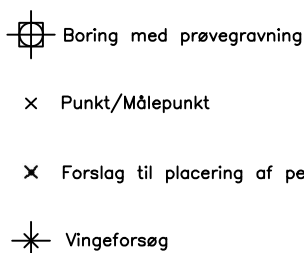
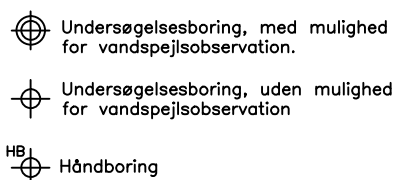
Boreprofiler



Definitioner

Vandindhold %	W	= Vandvægten i procent af tørstof
Vingestykke (kN/m ²)	Cv	= Den udrænedede forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg i intakt jord
Vingestykke (kN/m ²)	Cvr	= Den udrænedede forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg i omrørt jord
Glødetab %	Gl	= Jordens vægttab ved langvarig glødning i procent af tørstofvægten
Rammesondering (LRS5)	L	= Antal slag pr. 20cm nedtrængning
Rumvægt (kN/m ³)		= Forholdet mellem totalvægt og totalvolumen
Sonderingsmodstand	D	= Antal halve omdrejninger pr. 20cm nedtrængning for spidsbor med 100kg belastning
Flydegrænse	W _L	= Vandindhold ved overgang fra flyende til plastisk tilstand
Plasticitetsgrænse	W _p	= Vandindhold ved overgang fra plastisk til halvfast tilstand
Plasticitetindex	I _p	= W _L - W _p

Signaturer på situationsplaner og skitser



Direkte fundering af mindre bygninger på udtørningsfarligt ler

Fundering på udtørningsfarligt ler indebærer risiko for revneskader, med mindre der udføres ekstraforanstaltninger til at imødegå dette. Det gælder ikke mindst, når udtørringen forværres af nærtstående bevoksning.

Risikoen kan imødegås på to måder:

1. Funderingen dimensioneres og udformes, så de kræfter og bevægelser, som udtørringen af leret forårsager, begrænses til et acceptabelt niveau.
2. Det sikres - om nødvendigt ved afgravning - at det udtørningsfarlige ler overalt ligger så dybt, at ekstraforanstaltningerne kan begrænses til et minimum.



Figur 1. Udtørringsskadede gavle på fedt ler. Revnerne er svære at få øje på – men ikke skadevolderen.

I det følgende er opstillet retningslinjer for direkte fundering af mindre bygninger på udtørningsfarligt ler under forudsætning af, at der ikke findes - eller er fældet - træer og større buske inden for de seneste 5-10 år i eller nær byggefeltet. I modsat fald bør Geo kontaktes for videre vejledning.

Med henvisning til geotekniknormen¹ skal der være udført en geoteknisk undersøgelse, som har konstateret alle betydende jordlag, herunder udtørningsfølsomme og udtørningsfarlige aflejringer af ret fedt, fedt og meget fedt ler.

Nybyggeri uden kældre på ret fedt ler

Ret fedt ler er erfaringsmæssigt udtørningsfølsomt når plasticitetsindeks ligger mellem 15 og 25 %, men kræver ikke ekstraforanstaltninger ved direkte fundering under normale forhold. Geo har imidlertid erfaring for, at nærtstående beplantningers vandforbrug under ekstreme forhold (varme og nedbørsfattige somre) godt kan forårsage udtørring dybere end normal, frostsikker funderingsdybde.

Plasticitetsindeks

Lers plasticitet eller fedthed måles med plasticitetsindekset. Fx skal meget fedt ler pr. definition have et plasticitetsindeks større end 50 %, og danske plastiske lere har typisk meget højere plasticitetsindeks.

Plasticitetsindekset er forskellen mellem lerets vandindhold i den grænsetilstand – kaldet flydegrænsen – hvor leret passerer fra formbar til flydende tilstand, og lerets vandindhold i den grænsetilstand – kaldet plasticitetsgrænsen – hvor leret passerer fra fast til formbar tilstand.

Plasticitetsindekset siger med andre ord noget om lerets evne til at indeholde vand. Det siger næsten sig selv, at en jordart, der indeholder meget vand, har dårlige bygge-egenskaber, og at et højt plasticitetsindeks derfor er et faresignal i forbindelse med byggeri.

Følgende retningslinjer – som også er skitseret i figur 2 - anbefales som minimum fulgt:

Ydervægsgfundamenter føres mindst til frostsikker dybde 0,9 m under terræn. Fundamentet støbes i rende, og der ilægges gennemgående armering i fundamenter for bærende vægge for at kompensere for betontværsnittets manglende trækstyrke. I standardfundamenter til 0,9 meters dybde er dette krav så rigeligt opfyldt, hvis der ilægges 3 stk. Ø12 mm ribbestål i både top og bund.

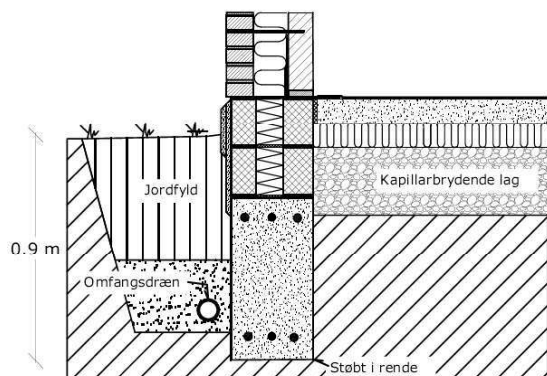
Desuden lægges et omfangsdræn i frostsikker dybde for dræn med forbindelse til det kapillarbrydende lag under gulvene.

Ovennævnte foranstaltninger kan imidlertid ikke forhindre udtørringsskader under alle forhold.

¹ DS/EN 1997-1:2007 Eurocode 7, Geoteknik.

I tilfælde af begyndende revnedannelse - eller hvis man ønsker stor sikkerhed mod udtørnings-skader - anbefales enkeltstående løvtræer og nåletræer fældet inden højden overstiger afstanden henholdsvis den dobbelte afstand til bygningen.

Langt de fleste træer i danske haver gror dog op uden at forårsage bygningsskader - også når bygningerne er funderet på ret fedt ler.



Figur 2. Direkte fundering på ret fedt ler med plasticitetsindeks på 15 – 25 %. Figuren viser ikke alle byggetekniske detaljer.

Nybyggeri uden kældre på fedt ler

Fedt ler med plasticitetsindeks mellem 25 og 50 % er udtørningsfarligt, og det er ikke ualmindeligt at se udtørningsskader i forbindelse med direkte fundering.

Ifølge geotekniknormen skal fundering på fedt ler undersøges og behandles i geoteknisk kategori 3, såfremt leret er af tertiær oprindelse.

Følgende ekstraforanstaltninger anbefales som minimum gennemført ved fundering på fedt ler jf. figur 3 - uanset lerets alder og oprindelse.

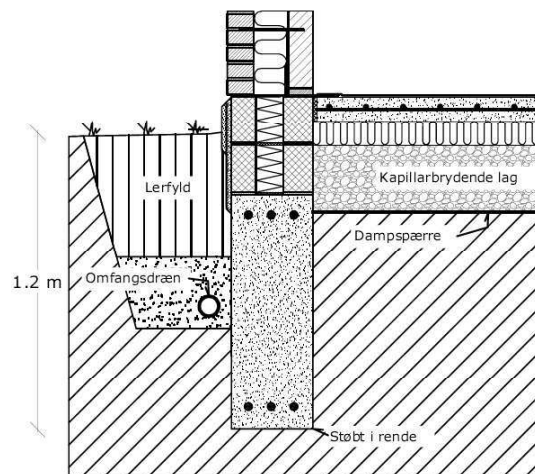
Ydervægsfundamenter føres mindst 1,2 m under terræn. Fundamentet støbes i rende, og der ilægges gennemgående armering i fundamenter for bærende vægge til kompensation for betontværsnittets manglende trækstyrke.

I standardfundamenter til 1,2 meters dybde er dette krav så rigeligt opfyldt, hvis der ilægges 3 stk. ø12 mm ribbestål i både top og bund.

Afrømningsfladen under gulvet afdækkes med en dampspærre, og der skal lægges et omfangsdræn i frostsikker dybde for dræn med forbindelse til det kapillarbrydende lag under gulvene.

I midten af gulvpladen ilægges også armering til kompensation for betontværsnittets manglende trækstyrke. For en 8-10 cm tyk betonplade svarer hertil fx et ø6/125 mm armeringsnet af ribbestål.

Det er vigtigt at tilrettelægge funderingsarbejderne, så opblødning og udtørring af leret undgås.



Figur 3. Direkte fundering på fedt ler med plasticitetsindeks mellem 25 og 50%. Figuren viser ikke alle byggetekniske detaljer.

Solitære løvtræer og nåletræer fældes inden højden overstiger afstanden henholdsvis den dobbelte afstand til bygningen. For levende hegn, hække og bevoksningsgrupper anbefales kravet skærpet til 2/3 af afstanden henholdsvis afstanden til bygningen.

Ovenstående ekstraforanstaltninger kan normalt begrænses til de i tabel 1 angivne ved at sikre, at det fede ler ligger tilstrækkeligt dybt under terræn.

Tabel 1. Ekstraforanstaltninger på fedt ler.

Dybde (m) under terræn til overside fedt ler				Nødvendige ekstraforanstaltninger
0-2	2-3	3-4	> 4	
1,2	0,9	0,9	0,9	Funderingsdybde (m)
Ja	Ja	Ja	Nej	Armering af fundamenter
Ja	Nej	Nej	Nej	Armering af gulvplade
Ja**	Nej	Nej	Nej	Udlægning af dampspærre
Ja	Ja*	Nej	Nej	Regulering af bevoksning

* Afstandskravet kan generelt lempes, så træerne først skal fældes, når deres højde overstiger 2 gange afstanden.

**kan dog udelades såfremt det fede ler ligger dybere end 1,0 m under færdigt gulv.

Dette kan fx ske ved at udskifte udtørningsfarligt ler med velkomprimeret sandfyld under bygningen og uden for denne til en flade med anlæg 0,5 fra fundamentsunderkant. En sådan udskiftningsløsning kan dog kræve en vurdering af de midlertidige stabilitetsforhold af hensyn til sikkerheden af

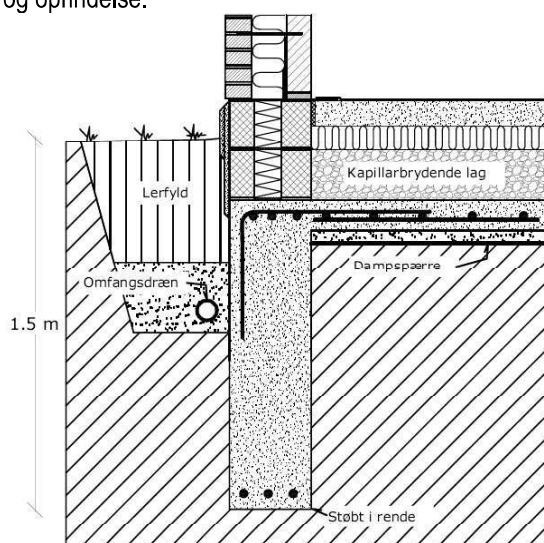
nabobygninger, -konstruktioner og –anlæg, hvilket Geo gerne er behjælpelig med.

Nybyggeri uden kældre på meget fedt ler

Meget fedt ler har plasticitetsindeks større end 50 % og er meget udtøringsfarligt, hvorfor der ofte opstår skader i forbindelse med normal direkte fundering.

Ifølge geotekniknormen skal fundering på fedt (og meget fedt) ler undersøges og behandles i geoteknisk kategori 3, såfremt leret er af tertiær oprindelse.

Følgende ekstraforanstaltninger anbefales som minimum gennemført jf. figur 3 – uanset lerets alder og oprindelse.



Figur 4. Direkte fundering på meget fedt ler med plasticitetsindeks større end 50%. Figuren viser ikke alle byggetekniske detaljer.

Ydervægsfundamentene føres mindst 1,5 m under terræn. Fundamentene støbes i rende, og der ilægges gennemgående armering i fundamenter for bærende vægge til kompensation for betontværsnittets manglende trækstyrke. I standardfundamenter til 1,5 meters dybde er dette krav opfyldt, hvis der ilægges 3 stk. $\varnothing 12$ mm ribbestål i både top og bund. Fundamentene armeres sammen med en betongulvplade, som ligeledes armeres til kompensation for betontværsnittets manglende trækstyrke. For en 8-10 cm tyk betonplade svarer hertil fx et $\varnothing 6/125$ mm armeringsnet af ribbestål, der ilægges i midten af pladen.

Afrømningsfladen afdækkes med en dampspærre, og der lægges omfangsdræn i frostsikker dybde for dræn med forbindelse til det kapillarbrydende lag under gulvene.

Solitære løvtræer og nåltræer fældes inden højden overstiger afstanden henholdsvis den dobbelte afstand til bygningen. For levende hegn, hække og bevoksningsgrupper anbefales kravet skærpet til 2/3 af afstanden henholdsvis afstanden til bygningen.

Funderingsarbejderne skal tilrettelægges, så opblødning og udtørring af leret forhindres.

Ovenstående ekstraforanstaltninger kan normalt begrænses til de i tabel 2 angivne ved at sikre, at det meget fede ler ligger tilstrækkeligt dybt under terræn.

Tabel 2. Ekstraforanstaltninger på meget fedt ler.

Dybde (m) under terræn til overside meget fedt ler				Nødvendige ekstraforanstaltninger
0-2	2-3	3-5	> 5	
1,5	0,9	0,9	0,9	Funderingsdybde (m)
Ja	Ja	Ja	Nej	Armering af fundamenter
Ja	Ja	Ja	Nej	Armering af gulve
Ja	Nej	Nej	Nej	Gulve og fundamenter armeres sammen
Ja	Nej	Nej	Nej	Udlægning af dampspærre
Ja	Ja	Ja*	Nej	Regulering af bevoksning

* Afstandskravet kan generelt lempes, så træerne først skal fældes, når deres højde overstiger 2 gange afstanden.

Dette kan fx ske ved at udskifte udtøringsfarligt ler med velkomprimeret sandfyld under bygningen og uden for denne til en flade med anlæg 0,5 fra fundamentsunderkant. En sådan udskiftningsløsning kræver dog en vurdering af de midlertidige stabilitetsforhold af hensyn til nabobygninger, -konstruktioner og –anlæg, hvilket Geo gerne er behjælpelig med.

Skærpende omstændigheder

Følgende skærpende omstændigheder betyder, at retningslinjerne i de foregående afsnit kan være utilstrækkelige:

- Når terrænet falder væk fra bygningen mod den skadevoldende bevoksning øges influensdybden.
- I tilfælde af utidssvarende fundering i form af lille funderingsdybde og ringe sammenhængskraft øger influensafstanden.
- I tilfælde af forudgående træfældning øges influensdybden med henvisning til Geo-standard for Svindfri funderingsdybde.

Byggeri med forudgående træfældning

Træfældning forud for byggeri medfører, at de svelletryk, som bevoksningen kan have opbygget i leret, vil blive udløst i takt med, at leret opsuger vand.

Samtidig hermed sveller leret med generende hævn timer og vandrette flytninger til følge. Geo har mange års erfaringer med at udforme og dimensionere funderingsløsninger, der enten sikrer, at svellekræfterne kan optages i fundamentskonstruktionen, eller at leret frit kan svelle, uden at kræfterne overføres hertil.

En simpel - men effektiv - måde at imødegå skader i nybyggeri fra svelning efter træfældning er at udskyde byggeriet, indtil svelningen er overstået. Svelningen sker imidlertid ofte meget langsomt, og der kan gå flere år, inden resthævningerne er så små, at grunden kan bebygges efter retningslinjerne i de foregående afsnit. Måling af svelletrykkene i Geos laboratorium kan hjælpe med at afgøre, hvornår det er sikkert at bebygge grunden.

Er svelningen særligt langvarig, kan en udskiftning af leret i svellezonen eller en speciel pælefundering komme på tale.

Byggeri med kælder

Byggeri med kælder kræver ofte særlige løsninger ved fundering på fedt og meget fedt ler - blandt andet fordi aflastningen for udgravningen kan resultere i generende hævn timer.

Hvis der sker træfældning forud for byggeri med kælder, er funderingsforholdene særligt vanskelige, fordi fældningen udløser hævn timer samtidig med at jordtrykkene på kældervæggene forøges med risiko for gener. Projektering og dimensionering af en sådan fundering er af samme grund vanskelig, og bør overlades til Geo.

Fundamentsforstærkning

Funderingen af udtørringsskadede bygninger kan bringes i orden med sektionsvist udførte kontinuerte understøbninger af ydervægsgfundamenterne til svindfri funderingsdybde i henhold til Geo-standarden herfor.

Bevares den skadevoldende bevoksning, skal understøbningen - afhængigt af lertype og bevoksning - føres så dybt (op til ca. 4-5 m), at det alternativt er mere hensigtsmæssigt at minimere understøbningens dybden ved at etablere en effektiv rodspærre.

I praksis vælger man i stedet ofte at fælde den skadevoldende bevoksning og kun føre fundamenterne til svindfri funderingsdybde uden nærtstående bevoksning (0,9 - 1,5 m under terræn) i henhold til retningslinjerne i Geo-standarden for svindfri funderingsdybde).

Både rodafskæring og træfældning vil normalt medføre hævn timer af de i forvejen beskadigede bygninger med nye gener til følge. Det tilrådes derfor at overlade det til Geo at finde den mest skånsomme forstærkningsmetode.

Punktfundering

Pælefunderinger og funderinger på borede fundamenter skal udformes og dimensioneres, så de kan optage de kræfter funderingen påføres, når leret i bevoksningens rodzone undergår sæsonmæssige sætninger og hævn timer samt ikke mindst vandrette bevægelser. Alternativt skal bevoksningen reguleres.

Projektering af sådanne funderinger med nærtstående bevoksning er af samme grund vanskelig og bør overlades til Geo.

Referencer

- Biddle, P.G. (1998) Tree Root Damages to Buildings, Willowmead, Wantage, Vol 1 + 2.
- BYG-ERFA erfaringsblad 94 09 13.
- Cheney, J.E. (1988). 25 years' heave of a building constructed on clay after tree removal, Ground Engineering, 21(5), 13-27.
- Crilly, M.S. and Driscoll, R.M.C. (2000) The behaviour of lightly loaded piles in swelling ground and implications for their design. Proc. Instn. Civ. Engrs. Geotech. Engng. 143. pp 3-16.
- NHBC Standards (2006), part 4.2, Building near trees, London.
- Okkels, N. Shrinkage-free depth for foundation on clay soils, dgf-bulletin 11, 1995.
- Okkels, N. og Bødker, K. (2008) Beregning af hævn timer under antagelse af retlinjet dræning. Proc. NGM 2008.
- Okkels, N. (2012) Three cases of heave of buildings constructed on clay in Denmark, Proc. NGM 2012.
- SBI-anvisning 231. (2011) Fundering af mindre bygninger, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, 2011.
- DS/EN 1992-1-1 + AC:2008. Eurocode 2: Betonkonstruktioner – Del 1-1: Generelle regler samt regler for bygningskonstruktioner