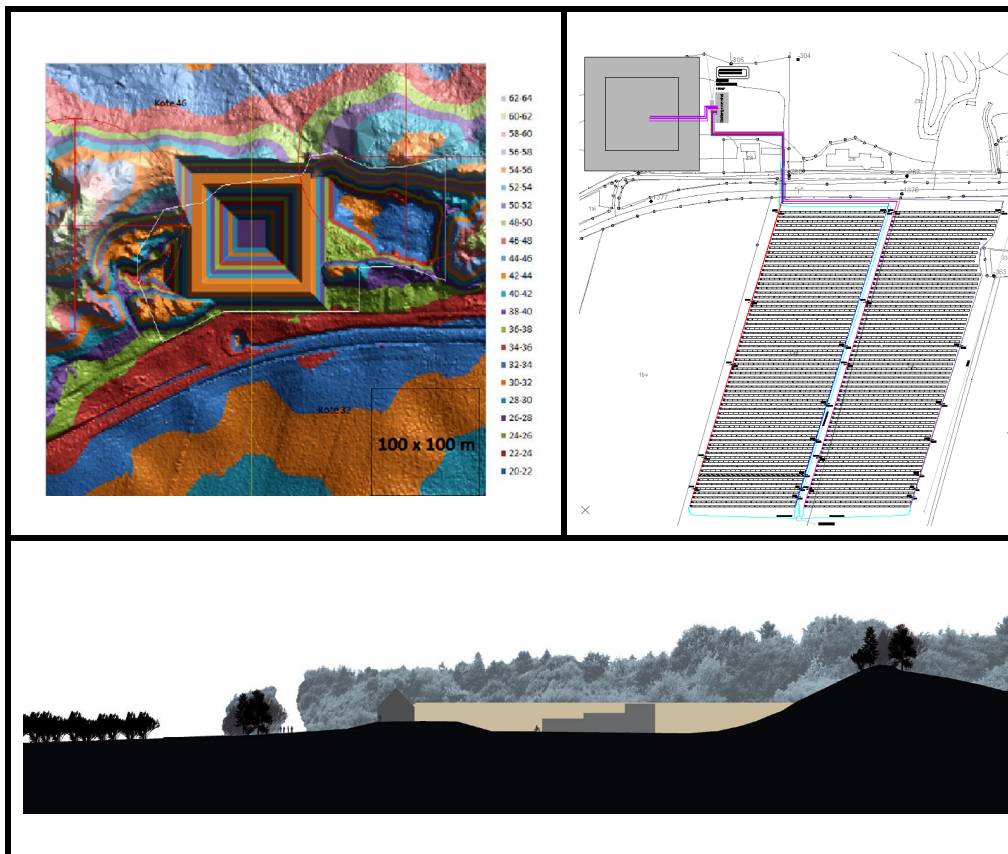


# SUNSTORE 3

## Fase 1

### Projektering og udbud



Slutrapport, fase 1  
Projektet er støttet af Energistyrelsens EUDP-midler

Marts 2011

Projekt nr. 63011-0178

## **Projektdeltagere**

### **PlanEnergi (Projektleder)**

Jyllandsgade 1  
9520 Skørping  
Kontaktperson: Per Alex Sørensen  
[pas@planenergi.dk](mailto:pas@planenergi.dk)

### **Dronninglund Fjernvarme**

Tidsebak Allé 18  
9330 Dronninglund  
Kontaktperson: Carsten Møller Nielsen  
[df@drlund-fjernvarme.dk](mailto:df@drlund-fjernvarme.dk)

### **NIRAS**

Vestre Havnepromenade 9  
9000 Aalborg  
Kontaktperson: Mogens Baunwall  
[bau@niras.dk](mailto:bau@niras.dk)

### **GG-Construction**

Sofiendalsvej 92  
9200 Aalborg SV  
Kontaktperson: Helge Munkholt  
[helge@ggconstruction.dk](mailto:helge@ggconstruction.dk)

### **Teknologisk Institut**

Teknologiparken  
Kongsvang Allé 29  
8000 Århus C  
Kontaktperson: Bjarke Paaske  
[bjpa@teknologisk.dk](mailto:bjpa@teknologisk.dk)

### **SOLITES**

Nobelstr. 15  
70569 Stuttgart  
Kontaktperson: Thomas Schmidt  
[schmidt@solites.de](mailto:schmidt@solites.de)

## Indholdsfortegnelse

1	Indledning og resumé	5
2	Projektforløbet	6
3	Projektering	10
3.1	Damvarmelageret	10
3.2	Det samlede varmeproduktionssystem	17
3.2.1	Styringsstrategi	20
3.3	Integration af varmepumpen	21
4	Udbud	24
4.1	Indledning	24
4.2	Solvarmeudbuddet	24
4.2.1	Omfang	24
4.2.2	Udbud	24
4.2.3	Licitationsresultat	24
4.3	Varmepumpen	25
4.3.1	Projektering	25
4.3.2	Udbud	25
4.3.3	Licitationsresultat	25
4.4	Damvarmelageret	25
4.4.1	Projektering og resultat	25
4.5	Fjernvarmerør	27
4.5.1	Omfang	27
4.5.2	Dimensionering og projektering	27
4.5.3	Udbud	30
4.5.4	Licitationsresultat	30
4.6	Jord- og smedearbejder til fjernvarmerør	30
4.6.1	Omfang	30
4.6.2	Projektering	30
4.6.3	Udbud	30
4.6.4	Licitationsresultat	30
4.7	Solvarmecentralen	31
4.7.1	Omfang	31
4.7.2	Dimensionering og projektering	32
4.7.3	Udbud	33
4.7.4	Licitationsresultat	33
5	Formidling	34
6	Det videre arbejde	35

## **Bilag:**

1. Rapport 2, 2010-01-08, GEO
2. Rapport 3, 2010-01-29, GEO
3. Notat, Alternative placeringer af damvarmelager ved Dronninglund
4. Rapport 4, 2010-03-20, GEO
5. Rapport 1, 2010-07-06, GEO
6. Korrespondance med SOLITES
7. Ventilationsdræn
8. Bindende svar fra SKAT
9. Supplerende svar SKAT
10. Henvendelse til Skatteminister Troels Lund-Poulsen
11. Tidsplan for det videre arbejde
12. Systemdiagram

# 1 Indledning og resumé

Dronninglund Fjernvarme har ønsket at kunne erstatte ca. halvdelen af den nuværende varme-produktion fra det eksisterende naturgasfyrede kraftvarmeværk med varme produceret med vedvarende energikilder.

Biogas er en sådan mulig energikilde, men tidligere forsøg på etablering af biogasanlæg er ikke lykkedes.

Halm eller flis kunne være en anden mulighed, men dels er det ifølge Lov om Varmeforsyning p.t. ikke tilladt at etablere et varmeproducerende værk med biomasse som brændsel sammen med et naturgasfyret kraftvarmeværk dels vil efterspørgslen efter halm og flis og dermed prisen være stigende bl.a. fordi halm og flis også har alternative anvendelsesmuligheder i f.eks. transportsektoren.

Geotermisk varme kunne være en tredje mulighed, men Dronninglunds varmebehov er ikke stort nok til at Dronninglund alene kan forrente investeringen i borerne.

Valget er derfor faldet på solvarme som energikilde, men solvarmen vil med det lager, som normalt er ved et kraftvarmeværk højst kunne dække 20-25% af den årlige varmeproduktion. Derfor er solvarmeanlægget forsynet med et sæsonvarmelager, som kan gemme varmen fra sommer til vinter samt yderligere en varmepumpe, som kan anvende sæsonvarmelageret som varmekilde, når temperaturen ikke længere er høj nok til direkte fjernvarmeanvendelse.

Solvarmeanlæggets størrelse er i et designprojekt støttet af Nordjyllands Vækstforum fastlagt til 35.000 m<sup>2</sup> damvarmelageret til 60.000 m<sup>3</sup> og varmepumpen til 3 MW<sub>varme</sub>.

Dronninglund Fjernvarme ansøgte i efteråret 2008 Energistyrelsens Udviklings- og Demonstrations Program (EUDP) om støtte til realisering af projektet. Støtten blev i første omgang givet til en fase 1, bestående af deltageret projektering af energiproduktionsanlægget og udbud, således at den nøjagtige pris kendes, inden et anlægsprojekt indledes. Nærværens rapport er afslutningen på fase 1.

**Rapportens afsnit 2** beskriver projektforløbet. Især har det været vanskeligt finde en placering af damvarmelageret, da Dronninglund er omgivet af siltholdig undergrund med høj grundvandsstand. Den endelige placering endte derfor med at blive i en nedlagt grusgrav. Ligeledes har myndighedsbehandlingen være kompliceret, da området, hvor solfangerne og varmelageret skal placeres, er omfattet af restriktioner. Ved nærværende rapport afslutning er lokalplanforslaget fortsat under behandling.

**Rapportens afsnit 3** redegør for detailprojekteringen af damvarmelageret og af det samlede energisystem. Damvarmelageret er en videreudvikling af et forsøgslager i Marstal. I forhold til forsøgslageret er følgende forbedret.

- Lågkonstruktionen kan tåle fugt og udluftes
- Luftlommer under låget dannes ikke
- Der dannes ikke vandpytter på topdugen

Især sikring af en udluftning af isoleringsmaterialet (LECA) i låget har krævet detaljerede analyser og forsøg.

Endvidere detailberegnes varmeproduktionen i referencesituation, for et anlæg uden varmepumpe og for et anlæg med varmepumper. Beregningen viser, at med de nuværende afgiftsforhold for el til varmepumpen, er det ikke rentabelt at etablere en eldrevet varmepumpe.

**Rapportens afsnit 4** gennemgår de forskellige entrepriser, som har været udbudt i projektet og resultatet af licitationen. I forhold til de oprindelige prisoverslag er solvarmeanlægget og varmepumpen blevet billigere. Men damvarmelageret og især de tilhørende installationer og den tilhørende bygning er blevet dyrere. Prisforhøjelsen skyldes for en del den valgte placering, som bl.a. forudsætter en noget længere transmissionsledning end oprindeligt antaget og vanskeliggør lageretableringen.

Afslutningsvist omtales kort formidlingsaktiviteter i projektet og det videre arbejde. I foråret 2011 forventes det, at en ekstraordinær generalforsamling i Dronninglund Fjernvarme tager endelig stilling til projektet. Hvis resultatet bliver et ja kan anlægsetableringen indledes i maj 2011.

## 2 Projektforløbet

Kort før årsskiftet 2008-2009 meddelte Energistyrelsens EUDP-sekretariatet, at projektet SUNSTORE 3 havde fået bevilget midler til detailprojektering og udbud af et energianlæg bestående af 60.000 m<sup>3</sup> damvarmelager, 35.000 m<sup>2</sup> solfangere og en varmepumpe på 3 MW<sub>varme</sub>. Arbejdet igangsattes i februar 2009, og det var planen, at udbudsresultatet skulle være klart i december 2009.

Projektet endte imidlertid med at blive et år forsinket, da den oprindelige placering af damvarmelageret viste sig for risikabel at anvende. I det følgende gennemgås forløbet vedrørende placering af damvarmelager og solfangere, detailprojektering og udbud samt myndighedsbehandling.

### Placering af damvarmelager

GEO havde forinden projektstart sammen med PlanEnergi og Dronninglund Fjernvarme undersøgt placeringsmuligheder for damvarmelager og solfangerfelt, og var nået frem til, at en placering nord for Nordre Ringgade var bedst egnet. Derfor indledtes forhandlinger med lodsejerne på denne placering i foråret 2009. I løbet af efteråret 2009 skulle den nøjagtige placering af damvarmelageret på grunden bestemmes. Derfor gennemførtes yderligere en række geotekniske boringer. Resultatet heraf forelå i december 2009 i form af Rapport 2 fra GEO (vedlagt som bilag 1). Til forskel fra den indledende undersøgelse viste rapporten, at genindbygning af den opgravede jord kun vil være muligt for 40% af jorden, og at der ville blive betydelige omkostninger til grundvandssænkning. GEO blev derfor anmodet om at udføre supplerende boringer og undersøgelser med henblik på at hente indbygningsegnet sand i den nordlige ende af det udvalgte område eller at flytte damvarmelageret dertil.

Resultatet forelå i januar 2010 i form af Rapport 3 fra GEO (vedlagt som bilag 2). Resultatet var dog fortsat, at der ville komme til at mangle indbygningsegnet jord, og at projektet ville kræve en dyr grundvandssænkning.

Derfor blev GG-Construction anmodet om at komme med en fast pris for udgravning og grundvandssænkning, således at omkostningerne ved placeringen kunne lægges fast. Resultatet forelå i marts 2010. Alene grundvandssænkningen var vurderet til at skulle koste knap 5 mio. kr. Dertil kom, at grundvandssænkningen var risikabel, da den omgivende jord for en stor del bestod af silt, som ved evt. svigt af pumper ville skride sammen.

Placeringen nord for Nordre Ringgade blev derfor opgivet og en evt. ny placering måtte findes. PlanEnergi udarbejdede et notat med 6 nye placeringsforslag (vedlagt som bilag 3), som blev vurderet af GEO og Brønderslev Kommunes planlægningsafdeling.

Resultatet af GEO's vurdering fremgår af Rapport 4 (vedlagt som bilag 4). Resultatet af Brønderslev Kommunes miljøscreening var, at placering A var bedste mulighed, idet man dog skulle være opmærksom på, at det ville blive nødvendigt at søge dispensation for afstandskrav til fortidsminder, og afstand til skovbyggelinien, samt at området er udpeget som særligt naturområde. Placering A er beliggende i en nedlagt grusgrav.

Dronninglund Fjernvarme besluttede på denne baggrund at arbejde videre med placering A og fik udarbejdet en mere detaljeret geoteknisk rapport fra GEO (bilag 5) som viste, at placeringen ikke ville volde problemer med hensyn til grundvand og indbygningsjord. Til gengæld ville den medføre en lang transmissionsledning til byen samt længere ledninger fra solfangerfeltet til lageret.

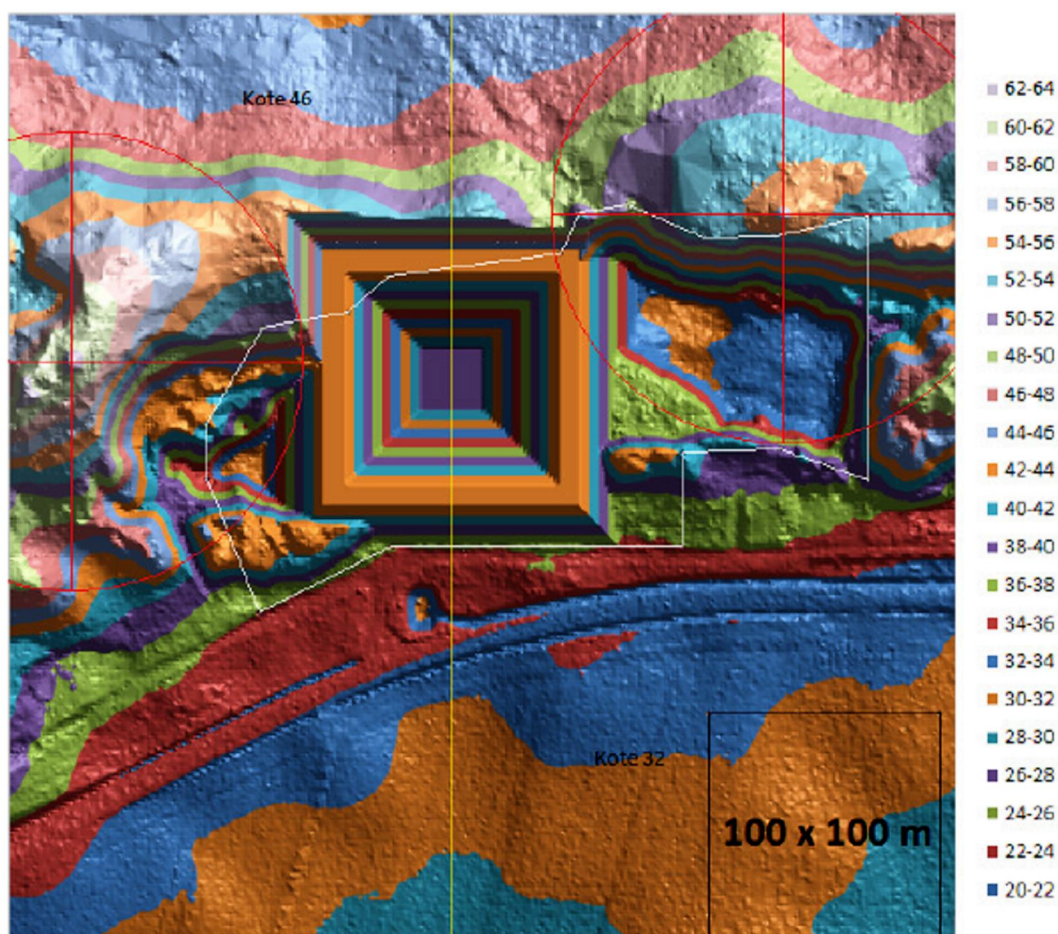


Fig. 2.1. Damvarmelagerets placering i den nedlagte grusgrav.

### Detailprojektering

Detailprojekteringen har været organiseret således, at PlanEnergi har stået for simulering af det samlede energisystem og af fugtberegninger mv. og forsøg i forbindelse med lågdudformningen. Derefter har NIRAS detailprojekteret rør, pumper, varmevekslere, ventiler mv., udarbejdet tegnings- og udbudsmateriale samt stået for udbudsvurdering og kontraktforhandlinger.

Processens første trin var udarbejdelse af et systemdiagram. Derefter opbyggedes en model af det samlede energianlæg i simuleringsprogrammet TRNSYS, hvorefter systemet kunne optimeres, og flow og temperaturforhold mv. angives til brug for dimensioneringen af f.eks. pumper og varmevekslere. Detailprojektering og udarbejdelse af udbudsmateriale udførtes i efteråret 2009, således at udbud på placeringen nord for nordre Ringvej kunne finde sted. Problemer med placering af damvarmelageret og den senere flytning af lageret gjorde imidlertid, at en del af arbejdet måtte udføres på ny i maj og juni 2010.

Udbudsmaterialet sendtes til de bydende i begyndelsen af juli 2010 og tilbuddene modtoges i august 2010. Dog var solfangerfeltet blevet udbudt i efteråret 2008 allerede inden projektet gik i gang.

Kontraktforhandlingerne er afsluttet og kontrakter skrevet i december 2010.

For damvarmelageret har der været et lidt anderledes forløb, idet projekteringsforløbet har været udført som partnering med GG-Construction som entreprenør og NIRAS og PlanEnergi som projekterende.

### **Myndighedsgodkendelse**

Under hele forløbet har der været et tæt samarbejde med Brønderslev Kommune både på det politiske og det forvaltningsmæssige plan, hvilket må anses for nødvendigt, hvis et så kompliceret projekt som SUNSTORE 3 skal gennemføres.

Brønderslev Kommune har haft én kontaktperson til projektet i planlægningsafdelingen, som så har koordineret det indbyrdes arbejde med at indhente udtalelser mv. fra kolleger.

Projektgodkendelsen indledtes med en foroffentlighedsfase til lokalplanen i december 2009 for placeringen nord for Nordre Ringvej. Da der opstod tvivl om denne placering i foråret 2010 foretog Brønderslev Kommune en miljøscreening. Restriktionerne for området var:

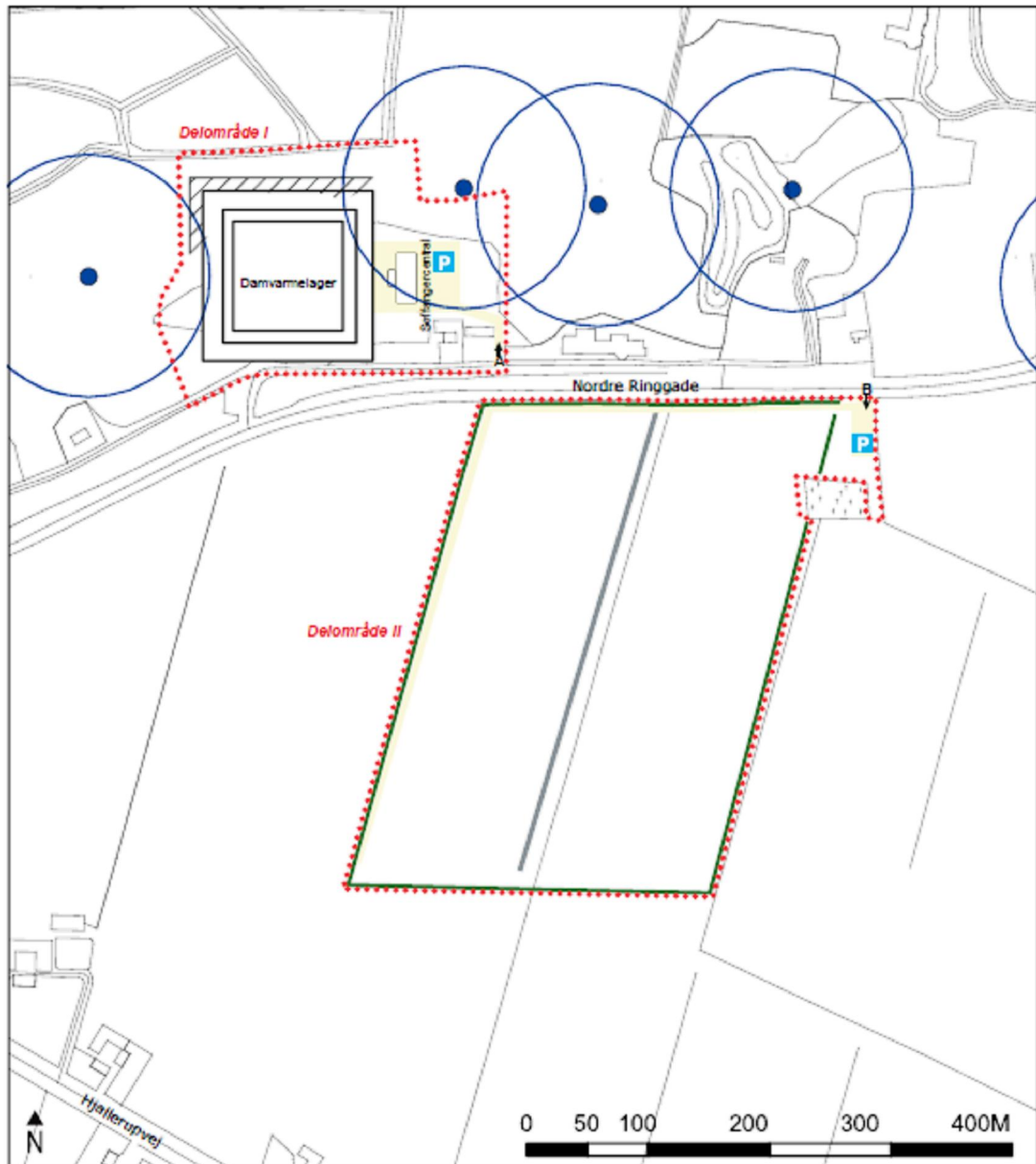
- Måske forurenede jord
- En skovbyggelinie på 300 m
- 100 m afstand fra gravhøje
- Beskyttede diger
- Almindelige drikkevandsinteresser

Endvidere er området udpeget til "værdifuldt kulturmiljø" i den af Nordjyllands Amt udarbejdede regionplan. Ingen af restriktionerne ansås dog for at være bremsende for projektet. Kommunen besluttede samtidigt, at der ikke skulle udarbejdes en VVM-redegørelse. Så snart detailprojekteringen var udført og dispositionsplan og visualiseringer udarbejdet, indledtes derfor en ny offentlighedsfase i lokalplanen i august 2010. Samtidigt indsendte Dronninglund Fjernvarme ansøgning om dispensation for afstand til gravhøje og skovbyggelinie.

Under foroffentlighedsfasen fremkom flere indvendinger fra naboer og lodsejere mod projektet, hvilket medførte en forhandlingsfase inden lokalplanforslaget kunne vedtages af byrådet i december 2010.

Lokalplanforslaget kan findes på Brønderslev Kommunes hjemmeside.





..... Lokalplangrænse  
**Mål:** 1:5.000  
**Kortbilag 2 -  
 Administrationsplan**

- Beskyttede fortidsminder
- Beskyttelseslinie
- Bygning
- Værelager
- Vej og belægning
- Beplantningsbælte - 3m bredt
- Sti - 4 m bred
- ↑ ↓ Vejadgange
- ▨ Sikkerhedszone - 10 m bred

Udgave: 03.01.2011

Fig. 2.2. Administrationsplan (fra lokalplanforslaget).

## 3 Projektering

### 3.1 Damvarmelageret

Det 60.000 m<sup>3</sup> store damvarmelager (i det følgende 'Sunstore 3-lageret') er en videreudvikling af det 10.000 m<sup>3</sup> store damvarmelager, der blev etableret ved Marstal i forbindelse med Sunstore 2-projektet (2002-2004) (i det følgende 'pilotlageret').

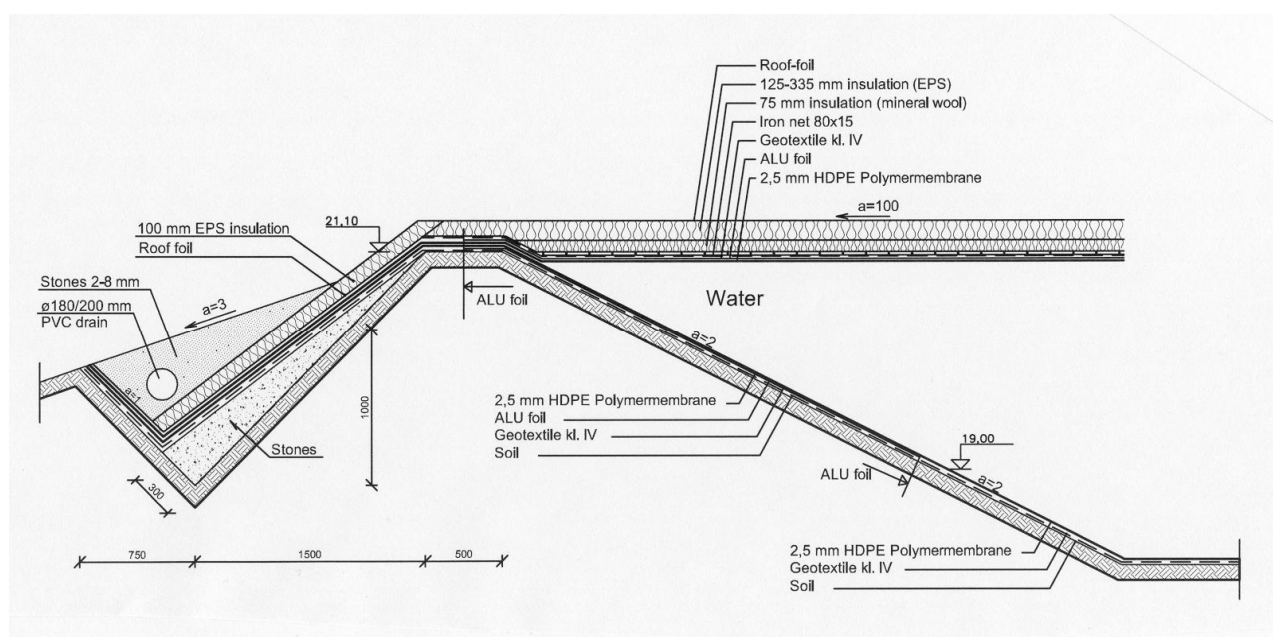


Fig. 3.1.1 Snit i pilotlager (Marstal). Tegning: Rambøll.

Siden etableringen i 2004 er følgende problemer blevet konstateret ved pilotlageret:

1. Dannelse af luftlommer under låget.
2. Dannelse af større vandpytter på topdug nær kanten.
3. Revne i siden af mandehul med deraf følgende opfugtning af isoleringen.
4. Nedbrydning af dampspærre.

Især på grund af opfugtningen af isoleringen og den manglende mulighed for at udtørre denne er det besluttet at renovere det flydende låg på dette lager. Det vil ske efter de samme retningslinier som nedenfor beskrives i forbindelse med design af Sunstore 3-lageret.

I Sunstore 3 benyttes samme HDPE liner (GSE HDPE BAM eller HDPE type 507) som tidligere var testet til at kunne modstå de aktuelle temperatur i lagerets top i 20 år [Reference 1]. Udformningen af det flydende låg ændres dog for at tage højde for de nævnte problemer med det første låg.

#### Dannelse af luftlommer under låget

På trods af brug af automatiske udluftere viser praksis i pilotlageret, at der med tiden dannes luftlommer med op til flere m<sup>3</sup> luft under den flydende dug. Det skyldes at vandet i lageret ikke er

indesluttet i et helt hermetisk lukket system, hvorfor luft bliver frigivet i forbindelse med ladning af lageret ved de relativt høje temperaturer dette foregår ved. Dette er naturligvis u hensigtsmæssigt, da der ikke er mulighed for at fjerne disse luftlommer. Ved Sunstore 3-lageret vil der blive benyttet mere effektive luftudladere (vacuum-udluftere), men der vil for en sikkerheds skyld derudover blive etableret udluftningsslanger 8 steder i dugen. Disse slanger udføres i HDPE materiale med samme temperaturbestandighed som lineren, og gennemføringer sikres med dobbelte svejsninger. De føres til de 8 inspektionsbrønde, hvor fugt i isoleringen kan overvåges og eventuelt udpumpes og udtørres.

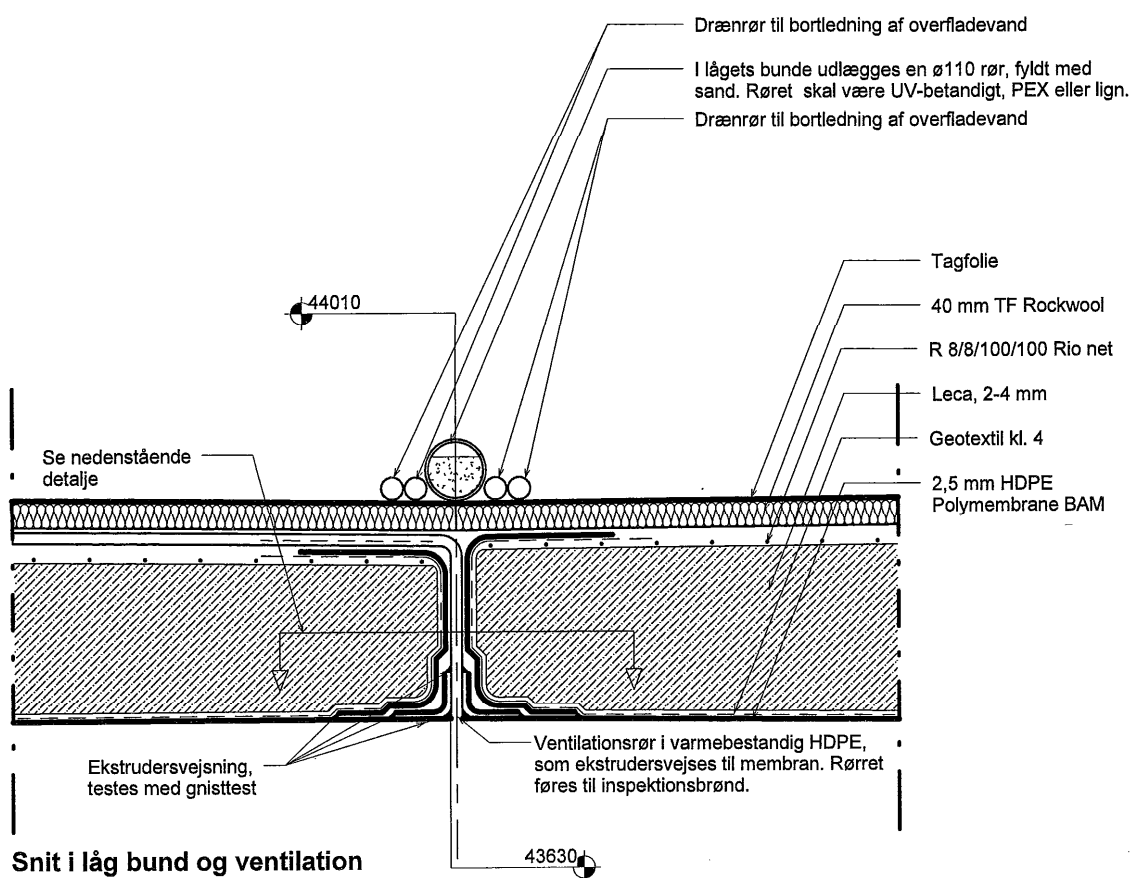


Fig. 3.1.2 Snit i låg, bund og ventilation.

#### Dannelse af vandpytter på topdug nær kanten

På baggrund af erfaringer fra Marstal etableres ekstra sikkerhed mod dannelse af laguner ved lågets kant ved at udføre låget med ekstra fald i randzonen som angivet nedenfor.

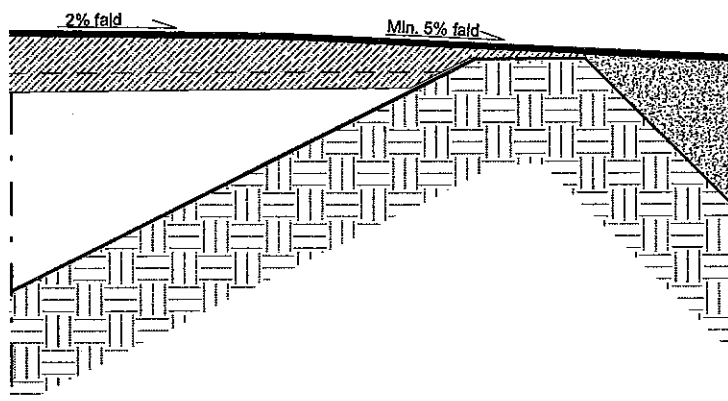


Fig. 3.1.3 Snit nær kant.

#### **Revne i siden af mandehul med deraf følgende opfugtning af isoleringen**

I pilotlageret var det centrale mandehul fremstillet af et kraftigt korrugeret kloakrør i HDPE. Materialet havde dog tilsyneladende ikke de nødvendige egenskaber med hensyn til temperaturbestandighed, hvorfor der efter et par års drift opstod en revne ca. i vandoverfladen. Her løb der store mængder vand ind i låget, som opfugtede det nederste lag Rockwool og delvist også EPS isoleringen.

Hullet kunne rimeligt nemt lukkes ved at løfte mandehullet fri af vandet med en ponton, men isoleringsevnen for låget var væsentligt nedsat, og det var ikke muligt at genetablere den ved udtørring af isoleringen.

Baseret på disse erfaringer er mandehullet i Sunstore 3-lageret forsynet med en foring af det te-stede liner-materiale som vist i fig. 3.1.4.

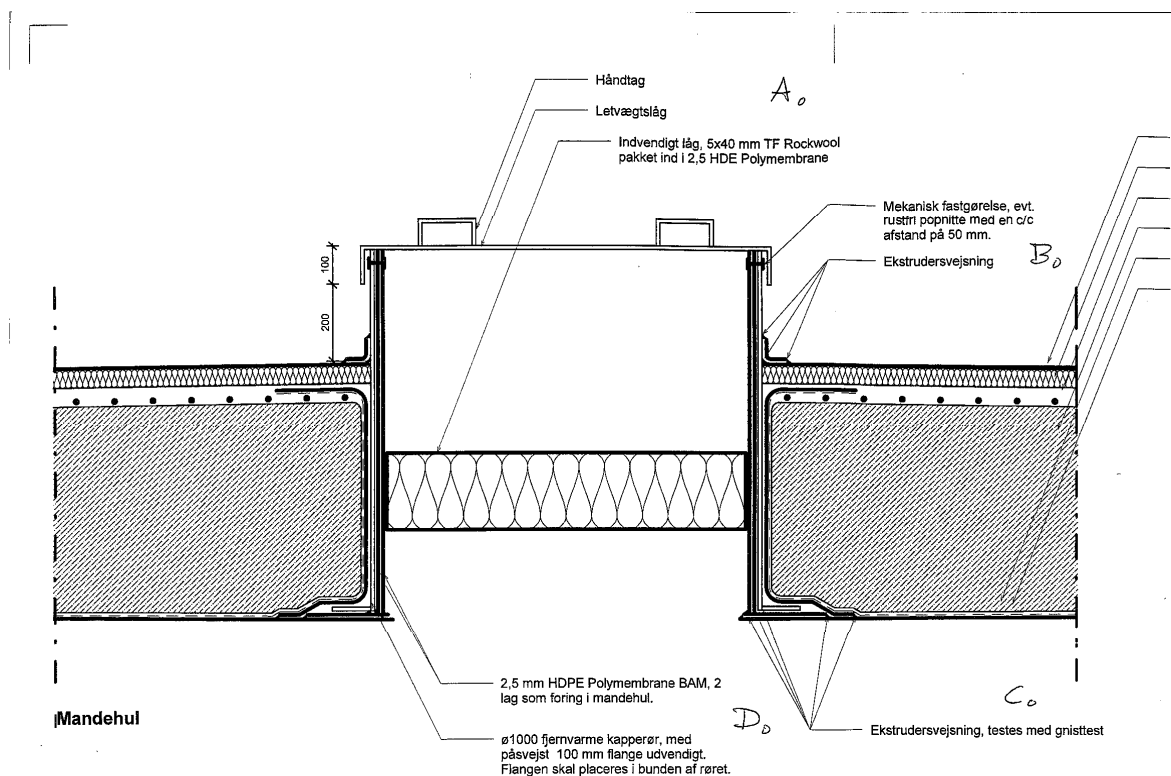


Fig. 3.1.4 Mandehul.

For ikke at komme i samme situation som ved opfugtningen af låget i pilotlageret benyttes en anden isoleringsløsning ved Sunstore 3-lageret.

Undervejs er andre materialer blevet overvejet. F.eks. muslingeskaller, som på trods af en højere lambdaværdi (ca. 0,12 W/mK) ville kunne billiggøre låget. Disse blev dog fravalgt fordi de ikke er selvbærende i en situation med utæthed i låget. Perlite blev fravalgt på grund af vanskelig håndtering. Det er meget let og umuligt at styre i store arealer ved blot den mindste vind – og er svært at gøre trædefast.

Leca er valgt fordi det er temperaturbestandigt, nemt at udlægge og muligt at udlufte.

Modsat de gulvkonstruktioner, som Leca normalt benyttes i, findes de højeste temperaturer her i bunden. Der er derfor risiko for konvektion.

Spørgsmålet har været diskuteret med vores tyske partnere i SOLITES. Bilag 6 viser kopi af en central mail i denne diskussion. Det fremgår heraf, at det er nødvendigt at vælge en Leca-blanding med relativt små 'kugler'. På basis af Webers egne beregninger, som vist nedenfor i tabel 3.1.1, vælges sorteringen '2-4' da denne vurderes at have en permeabilitet på ca.  $2 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$  og dermed et modificeret Raleigh tal på ca. 21. Normen EN ISO 10456:2007 angiver en grænseværdi for konvektion ved denne type isolering på 30.

Da permeabilitet er meget svær at bestemme ved de meget lave lufthastigheder, der er relevante ved konvektionsstrømninger, er ovennævnte konklusion blevet efterprøvet i et praktisk forsøg i samarbejde mellem Weber og PlanEnergi. I dette forsøg blev en ca. 2 m<sup>2</sup> model af lågisoleringen afprøvet med forskellige sorteringer af Leca med og uden skillelag for at forhindre konvektion. Forsøget bekræftede teorien, idet det pegede på enten brug af sorteringen 2-4 mm uden skillelag,

eller sorteringen 4-10mm med skillelag (den sidstnævnte løsning fravælges da den er mere besværlig at håndtere og dermed dyrere at etablere).

## Varmelagre, beregning af forskellige sorteringer

Leca sortering		2-4	4-10	10-20	
Rumvægt	kg/m <sup>3</sup>	285	265	215	
Densitet	kg/m <sup>3</sup>	530	490	400	
Porøsitet extern	%	46	46	46	
Porøsitet intern	%	80	81	85	
Lambda middel	W/m K	0,082	0,081	0,081	
<b>Lambda-deklareret</b>	W/m K	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>	<b>0,085</b>	
Permeabilitet	m <sup>2</sup>	2,0E-08	4,0E-08	2,0E-07	
Luft 65 % RF:					
vand i luft	kg/m <sup>3</sup>	0,006	0,006	0,006	Diagram 65% RF
vand i Leca korn	%	0,032	0,032	0,03	sorptionsisotemmer densitet 290 og 235 kg/m <sup>3</sup>
vand i Leca korn	kg/m <sup>3</sup>	0,0912	0,0848	0,0645	
vand i isolering	kg/m <sup>3</sup>	0,091	0,085	0,067	
vand isolering	%	0,032	0,032	0,031	
Fm, iso 10456		1,001	1,001	1,001	fugtkorrektion helt ubetydelig.
ΔT over isolering gns.	°C	45	45	45	
Ft, iso 10456 (ΔT = 45°C)		1,150	1,150	1,150	temperaturkorrektion ikke ubetydelig
Ft, Leca (ΔT = 45°C)		1,115	1,115	1,115	Temp. korr. baseret på 3 punkts lambdamålinger
<b>λkorriget varmelager</b>	W/m K	<b>0,104</b>	<b>0,104</b>	<b>0,098</b>	
Konvektion.					
Lufthastighed	m/s	0,0005	0,0005	0,0005	skøn?
Lagtykkelse for isolans på 5 m <sup>2</sup> /K/w	M	0,52	0,52	0,49	
ΔT over isolering	°C	70	70	70	
<b>Rayleigh tal</b>		<b>21</b>	<b>42</b>	<b>210</b>	Konvektionsrisiko for Rayleigh tal > 30

Tabel 3.1.1. Data for Leca-blandinger.

Det fremgår af tabel 3.1.1, at korrektioner af lambda værdi som følge af fugtindhold er ubetydelige mens korrektioner som følge af de relativt høje temperaturer i isoleringen er væsentlige. Der regnes i det følgende med den i tabel 3.1.1 angivne værdi: 0,104 W/mK.

Isoleringens opbygning er vist på fig. 3.1.2. Ovenpå den flydende liner ligger et lag geotextil til at beskytte lineren mekanisk. Herpå følger Leca-laget, som ved det viste snit er ca. 375 mm tykt. I toppen af dette lag ligger et stålnet (Rio net), som har til formål at gøre Leca'en trædefast. Som anlæg for tagdugen benyttes en hård Rockwool plade (20 mm). Leca-lagets tykkelse varieres for at skabe fald til afledning af regnvand. Som vist i fig. 3.1.5 opbygges låget i fire langsgående sektioner således at mandehuller og inspektionsbrønde placeres hvor sektionerne er tykke (ca. 675 mm Leca) og evt. vand i låget vil samle sig, mens udluftningshuller og sektionsgrænser placeres i de tre 'dale' hvor låget er tyndest og evt. luftlommer under låget vil opstå, som vist i fig. 3.1.2.

Det viste sandfyldte rør skal tynde tagdugen ned i dalene i situationer med ringe vind, hvor vacuumventilerne ikke vil kunne sikre dugens korrekte position på dette sted.

Ved denne konstruktion opnås et fald på oversiden til afledning af regnvand på ca. 2%, mens der tilsvarende på undersiden opnås en stigning mod udluftningshullerne på ca. 1%.

Varmetabet ved denne opbygning fremgår af tabel 3.1.2.

<b>Varmetab i låg. Sunstore 3.</b>							
<b>24-08-2010</b>							
a. ved sektionsgrænse.				b. ved sektionsmidte			
	lambda	tykkelse	isolans		lambda	tykkelse	isolans
	W/mK	m	m2K/W		W/mK	m	m2K/W
overflade			0,04	overflade			0,04
dug			0,02	dug			0,02
TF rockwool	0,039	0,02	0,51	TF rockwool	0,039	0,02	0,51
Leca 2-4	0,104	0,375	3,61	Leca 2-4	0,104	0,675	6,49
geotextil			0,10	geotextil			0,10
dug			0,02	dug			0,02
I alt			4,30	I alt			7,18
Varmetab	W/m2K		0,23				0,14
<b>Gennemsnitligt varmetab:</b>			<b>0,19 W/m2K</b>				

Tabel 3.1.2. Varmetabsberegning.

Det resulterende varmetab ligger lidt over den værdi der blev tilstræbt i pilotlageret, men på grund af det forbedrede forhold mellem volumen og overflade i dette større lager giver låget kun anledning til et årligt tab på ca. 700 MWh om året, svarende til ca. en tredjedel af det samlede lagertab på ca. 2.000 MWh/år som udgør ca. 5% af årsproduktionen på 40.000 MWh.

#### Nedbrydning af dampspærre

Der benyttes ikke dampspærre i bunden af det flydende låg. Dels fordi den avancerede dampspærre der blev benyttet i pilotlageret (3 lag alu plus 2 lag polyethylen) tilsyneladende alligevel ikke kan tåle temperaturerne i længden, og dels fordi beregninger har vist at det er muligt at bortventilere de små vandmængder der diffunderer gennem lineren. På baggrund af oplysninger om de benyttede lineres dampdiffusion er en beregning af den mængde vanddamp, der vil diffundere igennem den flydende liner ved belastning med høje temperaturer foretaget. For den samlede overflade beløber det sig til ca. 0,15 g/s (eller ca. 0,5 l/h). Hvis det antages at ventilationsluften stiger 10 gr.C i temperatur fra ind- til udluft vil den kunne optage ca. 0,015 kg/m<sup>3</sup>. Dette medfører et ventilationsbehov på 36 m<sup>3</sup>/h for hele låget. Dette modsvarer et varmetab på ca. 120 W. Dette tal har SOLITES dog sat spørgsmålstegn ved, idet de mener at en temperaturstigning på 30 grader er mere sandsynlig. Dette vil øge tabet til ca. 500 W, men også dette tab er uden betydning, da det i løbet af sommeren kun vil beløbe sig til ca. 2 MWh.

På grund af den ringe luftmængde (den svarer til et luftskifte på 1% i timen) kan ventilationen udføres ved et meget ringe modtryk – i størrelsesordenen 1 Pa.

I praksis forventes ventilationen at kunne sikres ved hjælp af vacuumventilerne hvis placering kan blive som vist i fig 3.1.5. (Antal og placering skal dog verificeres af leverandør). Hvis de ikke i sig selv giver tilstrækkeligt luftskifte kan der introduceres kontrollerede luftindtag ved inspektionsbrøndene. Hvis dette heller ikke er nok må der etableres mekanisk ventilation (sug) i forbindelse med en inspektionsbrønd i hver sektion.

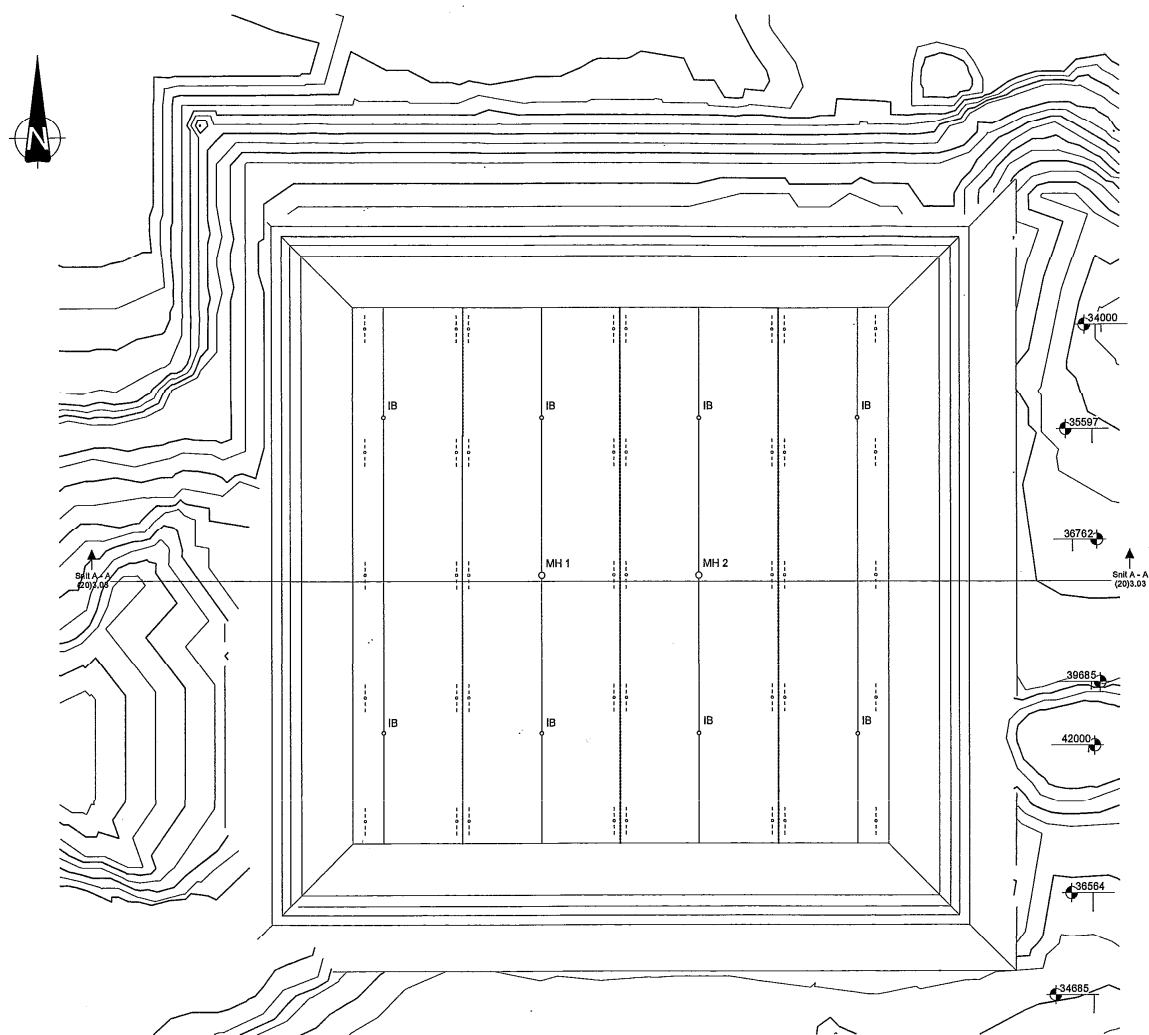


Fig. 3.1.5 Plan. MH=mandehul, IB=inspektionsbrønd, --o-- = vacuumventil m. perforerede rør ned i Leca-lag.



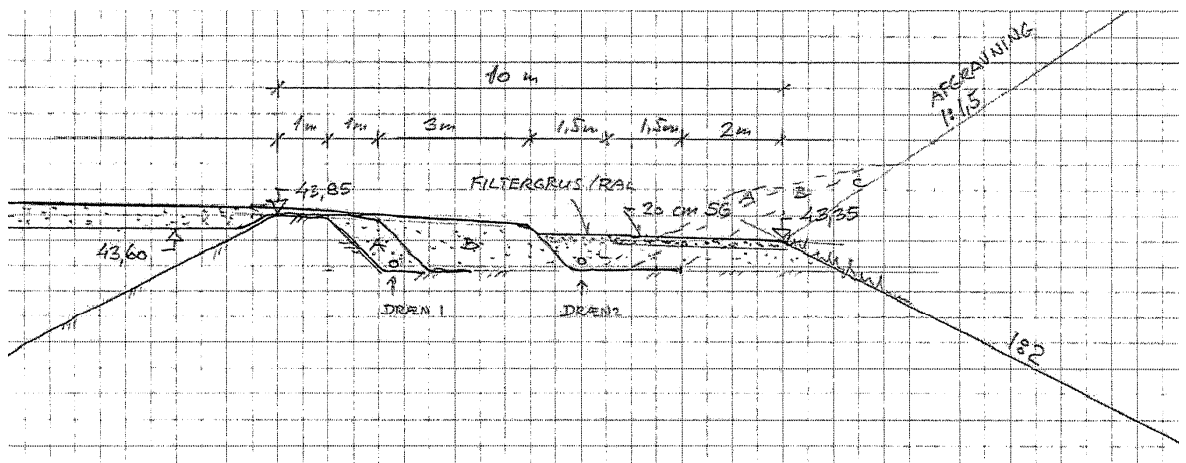


Fig. 3.1.6 Snit i kant med låserender.

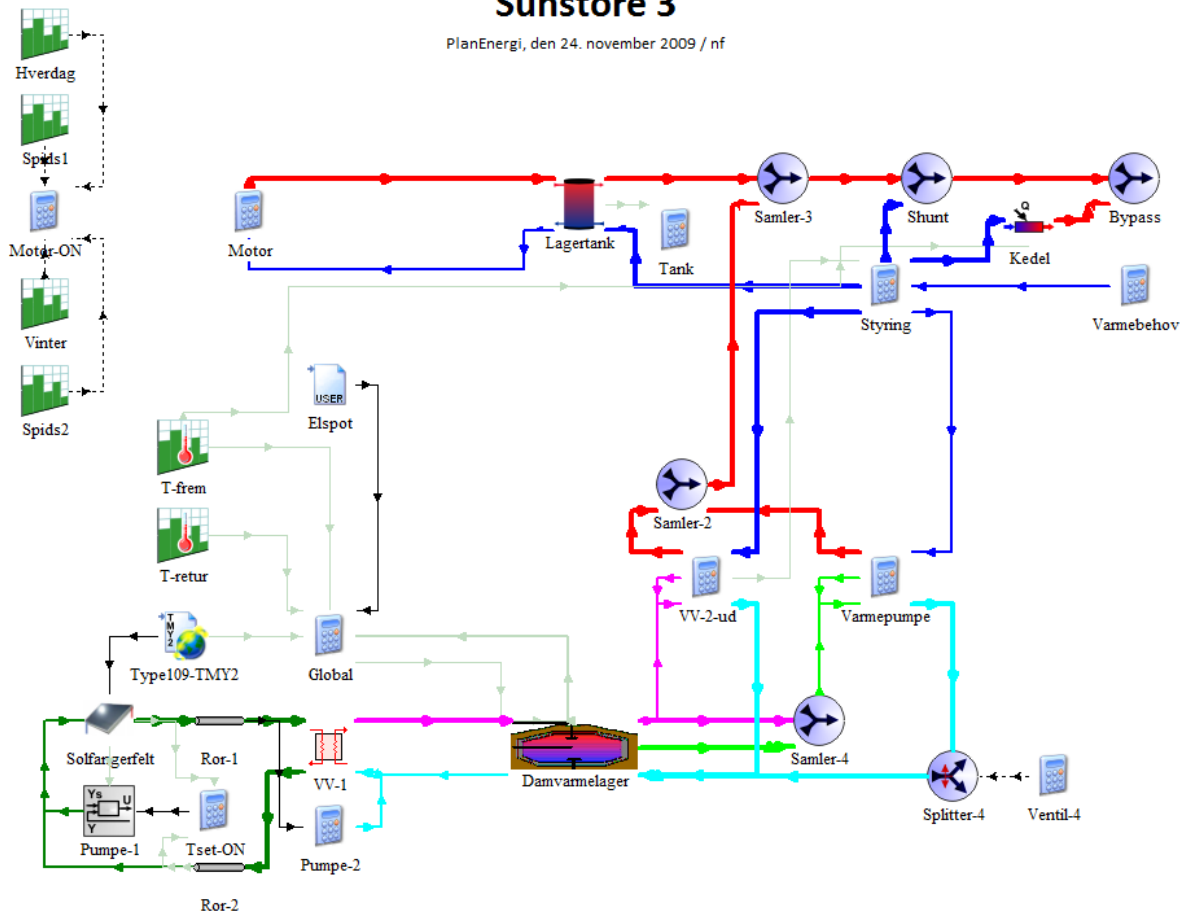
Snittegningen i volden i fig. 3.1.6 viser at låserenden nu har en anden udformning end i pilotlageret. Det er nu muligt at låse alle tre membraner enkeltvist efterhånden som lageret opbygges. Under hele processen og efterfølgende vil det være muligt at køre rundt om lageret på volden. Dette vil f.eks. være nødvendigt i forbindelse med udlægningen af Leca, som vil foregå med lastbiler med påmonteret blæseudstyr. Det er nødvendigt at komme til fra alle sider med disse biler, da de kun kan blæse i en afstand på op til 50 m.

### 3.2 Det samlede varmeproduktionssystem

For at kunne beregne energiomsætningen og økonomien i SUNSTORE 3-projektet, er det samlede energisystem i Dronninglund modelleret i det transiente simuleringsprogram TRNSYS 16.1. Figur 3.2.1 viser en grafisk repræsentation af beregningsmodellen.

## Sunstore 3

PlanEnergi, den 24. november 2009 / nf



**Figur 3.2.1:** Komponenter og forbindelser i TRNSYS-modellen. Vand-forbindelser er markeret med fede pile og signal-forbindelser med tynde pile.

Stregtykkelse	Farve	Forklaring
Fed	Mørkegrøn	Glykol-kreds
Fed	Lyseblå + magenta	Vandkredse mellem lager og varmevekslere
Fed	Lysegrøn	Vandkreds mellem lager og varmepumpens kolde side
Fed	Mørkeblå	Fjernvarmekreds, retur
Fed	Rød	Fjernvarmekreds, opvarmet
Tynd	Olivengrøn	Temperatur-signal
Tynd	Sort stiplet	Styre-signal
Tynd	Sort	Øvrige signaler
Tynd	Mørkeblå	Ingen forbindelse!

**Tabel 3.2.1:** Farvenøgle til figur 3.2.1.

De vigtigste elementer i det eksisterende energisystem er:

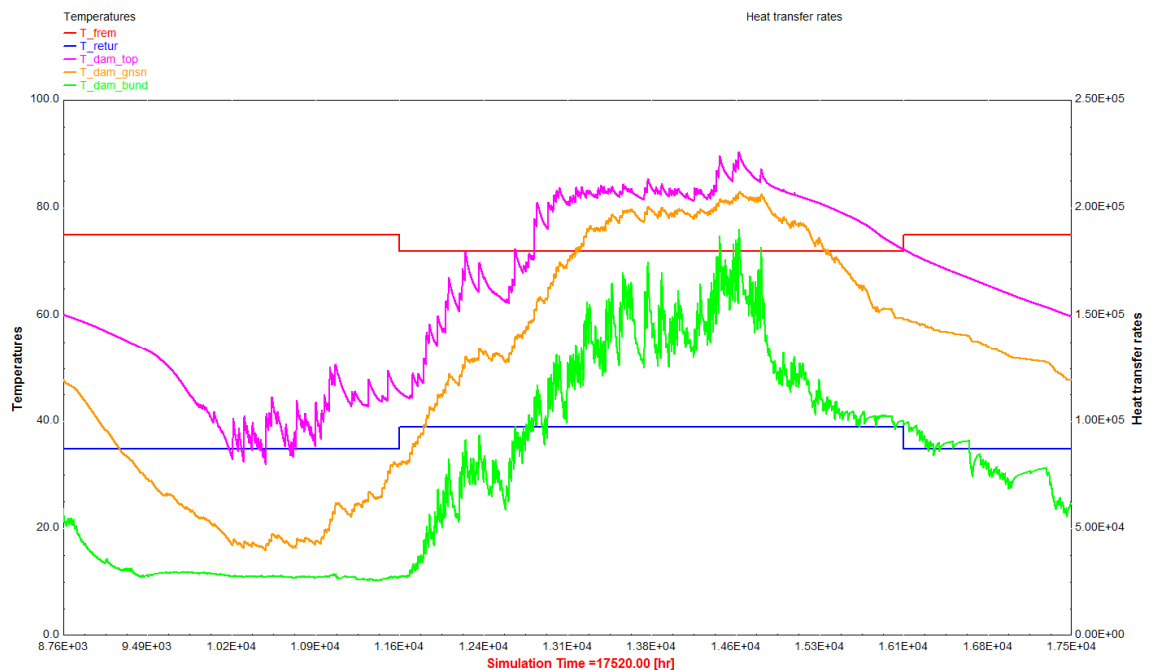
- Naturgasmotorer (4 stk.),  $6 \text{ MW}_{\text{varme}}$
- Akkumuleringstank, volumen =  $865 \text{ m}^3$
- Biooliekedler (2 stk.),  $10 \text{ MW}_{\text{varme}}$

og hovedelementerne i SUNSTORE 3-projektet er:

- Solvarmeanlæg, areal = 35.000 m<sup>2</sup>
- Solvarmeveksler, UA = 5 MW/K
- Damvarmelager, volumen = 60.000 m<sup>3</sup>
- Fjernvarmeveksler,  $\Delta T = 3$  K
- Varmepumpe, 3 MW<sub>varme</sub>

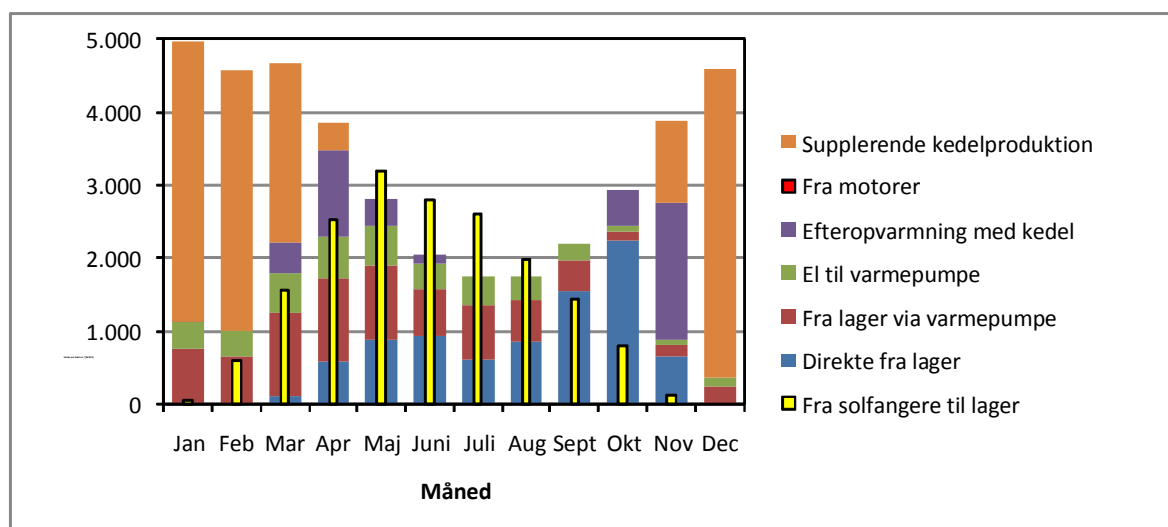
Det dimensionerende varmegrundlag er 40.000 MWh/år med en graddøgnsafhængig andel på 65% (GAF).

Figur 3.2.2 viser fremløbs- og returtemperaturerne samt hvorledes temperaturerne i damvarmelageret udvikler sig over et kalenderår. Det fremgår bl.a., at lageret har det største energiindhold omkring den 1. september, samt at lageret har det mindste energiindhold i marts. Den højeste temperatur i toppen af lageret er omkring 85°C, og den laveste temperatur i bunden er ca. 10°C.



**Figur 3.2.2:** *Temperaturer i damvarmelageret.*

Figur 3.2.3 viser den månedlige energiomsætning i projektet.



**Figur 3.2.3:** Energiomsætning i SUNSTORE 3 (uden motordrift).

### 3.2.1 Styringsstrategi

I dette afsnit beskrives nogle detaljer i den styringsstrategi, som er anvendt i beregningerne.

#### Solfangere

Solfangerfeltet skal yde så stor en energimængde som muligt. Dette gøres ved at styre flowet således at temperaturstigningen over solfangeren er 35 K (dog  $T_{ud\_max} = 95^{\circ}\text{C}$ ).

#### Varmevekslere

Der laves balanceret flow på begge vekslere, således at flowet i loop 1 (mellem VV-1 og lageret) styres af flowet i glykol-kredsen, og flowet i loop 2 (mellem lageret og VV-2) styres af styringen i fjernvarmekredsen.

#### Varmepumpens kolde side

Flowet på varmepumpens kolde side bestemmes af varmepumpen.

Hvis temperaturen i midten af lageret er  $>20^{\circ}\text{C}$  tages vandet fra midten af lageret (loop 3).

Hvis temperaturen i midten af lageret er  $<20^{\circ}\text{C}$  tages vandet fra toppen af lageret (loop 4).

#### Shunt

Bruges til at blande returvand i fremløbet hvis temperaturen er for høj (den er f.eks.  $90^{\circ}\text{C}$  ud af motoren).

#### Styring

Prioriteringen mellem de enkelte produktionsenheder (ståltank (= motorvarme), varmeveksler (= varme fra damvarmelageret) og varmepumpen) varetages af den "lommeregner" på figur 3.2.1, der hedder "Styring".

Den prioriterede rækkefølge er som følger (hvis varmepumpen kører):

1. Varmepumpe med retur-shunt
2. Varmepumpe med varmeveksler-shunt
3. Ståltank med retur-shunt (for at få tørt ståltanken, så der er plads til, at motorerne kører)

4. Varmeveksler med retur-shunt
5. Kedel

### Motorer

Motorerne kører i spidslast-perioderne, hvis der er plads i lagertanken.

### Varmepumpe

Varmepumpen kører når el-prisen er lav nok. Varmepumpens effekt reguleres, således den ikke overstiger kølingen på varmepumpens varme side.

Det opvarmede vand fra varmepumpen sendes til Samler-2-T-stykket.

### Kedel

Kedlen har sidste prioritet på at levere varme til byen.

Bruges til den manglende produktion (med fuld opvarmning fra retur- til fremløbstemperatur).

## 3.3 Integration af varmepumpen

I afsnit 3.2 blev de vigtigste elementer i SUNSTORE-3-energisystemet beskrevet: Solfangerne, damvarmelageret og varmepumpen.

Formålet med den elektriske varmepumpe er bl.a.:

- at øge damvarmelagerets kapacitet ved at køle det under returtemperaturen
- at mindske varmetabet fra damvarmelageret ved at køle sider og bund
- at øge solvarmeproduktionen ved at sænke temperaturen i solfangerne
- at øge integrationen af vindmølle-el i det danske el-system ved at forbruge el når el-spotprisen er lav, hvilket den vil være når vindproduktionen overstiger el-forbruget.

### Økonomi og produktion med og uden varmepumpe

Tabel 3.3.1 viser nogle nøgletal for den årlige energiomsætning og produktionsomkostninger i 4 forskellige situationer. For overskuelighedens skyld er motorproduktion udeladt i disse beregninger.

Tekst	Enhed	Reference	Uden VP	Varme-afgift	El-afgift
Solfangerydelse (til lager)	MWh/år	0	13.207	16.215	16.215
Solfangerydelse (til lager)	kWh/m <sup>2</sup> /år	0	377	463	463
Varmetab fra damvarmelager	MWh/år	0	2.893	2.235	2.235
Varme direkte fra lager*	MWh/år	0	10.315	5.816	5.816
Varmepumpe, kold side	MWh/år	0	0	8.164	8.164
Varmepumpe, el-forbrug	MWh/år	0	0	4.107	4.107
Varmepumpe, varm side*	MWh/år	0	0	12.271	12.271
Varmepumpe, fuldlasttimer	timer/år	-	-	4.323	4.323
Varmepumpe, års-COP-varm	-	-	-	2,99	2,99
System-COP = mervarme / el	-	-	-	1,89	1,89
Motorproduktion*	MWh/år	0	0	0	0
Kedelproduktion*	MWh/år	39.998	29.681	21.912	21.912
Kedelproduktion	-	100%	74%	55%	55%
Varme ab værk i alt (sum af *)	MWh/år	39.998	39.996	40.000	40.000

**Tabel 3.3.1:** Energiomsætning.

”Reference” er situationen uden SUNSTORE 3, hvor al varmen produceres på kedlerne.

”Uden VP” dækker over SUNSTORE 3-systemet, dog uden varmepumpe. Det fremgår bl.a., at solvarmeproduktionen er ca. 13.000 MWh/år og lagertabet ca. 2.900 MWh/år.

De to sidste kolonner (hvor energiomsætningen er ens) dækker over det fulde SUNSTORE 3-system med varmepumpe. Det fremgår bl.a., at solvarmeproduktionen er øget med ca. 23% sammenlignet med ”Uden VP”. Lagertabet er tilsvarende reduceret med ca. 23%.

Varmepumpen anvender ca. 4.100 MWh<sub>el</sub>/år, hvilket reducerer kedelproduktionen med ca. 7.800 MWh/år. Dette svarer til en system-COP på ca. 1,9 (system-COP’en defineres som netto varme-produktion divideret med forbrugt el). Det bemærkes, at system-COP’en er væsentligt lavere end COP’en på selve varmepumpen.

Tabel 3.3.2 viser produktionsomkostningerne i de 4 situationer i tabel 3.3.1.

”Reference” og ”Uden VP” er beskrevet ovenfor. Forskellen på de to sidste kolonner ligger i hvordan afgiften på varmepumpens el-forbrug er beregnet.

”Varme-afgift” dækker over de eksisterende afgiftsregler i ”el-patronloven”, hvor el-afgiften på varmepumpen beregnes ud fra den producerede varmemængde (208 kr/MWh<sub>varme</sub>).

”El-afgift” dækker over en afgiftsmodel, hvor el-afgiften på varmepumpen beregnes ud fra den forbrugte el-mængde (208 kr/MWh<sub>el</sub>).

Tekst	Enhed	Reference	Uden VP	Varme-afgift	El-afgift
Produktionsomkostninger	kr/år	18.798.903	14.067.895	14.614.050	12.924.078
Driftsbesparelse	kr/år	0	4.731.008	4.184.854	5.874.825

**Tabel 3.3.2:** Produktionsomkostninger.

Det fremgår, at driftsbesparelsen med ”Varme-afgift” er mindre end ”Uden VP”. Dette betyder, at der er bedre selskabsøkonomi i at udelade varmepumpen frem for at investere i en varmepumpe med de gældende afgiftsregler. Tabel 3.3.1 viser bl.a., at en konsekvens af dette er at VE-produktionen reduceres med ca. 7.800 MWh/år.

Den sidste kolonne i tabellen viser, at en ændring af afgiften vil kunne øge driftsbesparelsen, således at man kan opnå den høje VE-produktion samtidig med at det bliver muligt at afskrive investeringen i varmepumpen.

### Afgiftsproblematikken

Varme fra varmepumpen pålægges energiafgift. Enten ved, at der betales fuld afgift af den anvendte elektricitet, eller ved at der betales 208 kr/MWh produceret varme (2010 niveau). COP for varmepumpen i Dronninglund er omkring 3. Det vil derfor bedst kunne betale sig at afregne for produceret varme. Det svarer til, at der betales 3 x 208 kr/MWh = 624 kr/MWh i afgift for den leverende strøm.

Varmepumpen har en sådan størrelse, at den ikke behøver at køre mere end et par tusinde timer årligt for at anvende varmen i varmelageret. Placeres disse timer, når der er meget vindmøllestrøm i elsystemet og lave elpriser, vil varmepumpen reducere behovet for udbygning af transmissionsnettet. Varmepumpen bør efter Dronninglund Fjernvarmes mening derfor have en afgiftsnedsættelse, således at afgiften på anvendt el svarer til afgiften på el til elkedler. En sådan afgiftsnedsættelse er afgørende for rentabiliteten i projekter som SUNSTORE 3.

Dronninglund Fjernvarme har derfor gjort følgende for at få afgiftsforholdene ændret.

Anmodet SKAT om bindende svar vedrørende afregning efter samme takst som elkedler. Svar fra SKAT fremgår af bilag 8 og 9.

Haft foretræde for Folketingets Enerkipolitiske udvalg to gange. Senest den 6. maj 2010.

Sammen med andre i samme situation sendt henvendelse til Skatteminister Troels Lund-Poulsen (vedlagt som bilag 10).

Sammen med andre i samme situation haft møde med Skatteminister Troels Lund-Poulsen den 2. december 2010.

Skatteministeren har lovet at "løse problemet", og ministeriet kommer i marts 2011 med en redegørelse og forslag til hvordan.

## 4 Udbud

### 4.1 Indledning

Det samlede projekt er omfattet af forsyningsdirektivet, hvilket betyder at det meste af projektet skal udsendes i EU-licitation.

Projektet er delt op i følgende underentrepriser:

1. Levering og montering af solfangere.
2. Levering af varmepumpe.
3. Opbygning af varmelager.
4. Levering af fjernvarmerør til henholdsvis mellem solfangerne og solvarmecentralen samt mellem solvarmecentralen og det eksisterende fjernvarmeledningsnet (transmissionsledning).
5. Levering af jord- og smedearbejderne for etablering af alle fjernvarmerørsforbindelserne.
6. Levering af solvarmecentral.

Opbygning af damvarmelageret er holdt uden for EU-udbud, da der kun er en enkelt entreprenør på markedet, som tidligere har været med til et noget mindre lignende projekt, hvorfor det har været nødvendigt at udvikle projektet sammen med leverandøren.

De øvrige projekter har været sendt i EU-prækvalifikation, hvor der ud fra de interesserede tilbudsgivere er udvalgt et mindre antal til at give konkrete bud på de aktuelle opgaver.

### 4.2 Solvarmeudbuddet

#### 4.2.1 Omfang

Udbud vedrørende levering og montering af solfangere blev foretaget allerede i august 2008 inden ansøgning om støtte fra Energistyrelsens EUDP-midler blev afsendt. Årsagen var, at solfangerne udgør næsten halvdelen af omkostningerne i projektet, hvorfor det var vigtigt at kende omkostningernes størrelse inden ansøgningen blev sendt.

Udbuddet omfatter 35.000 m<sup>2</sup> solfangere med tilhørende forbindelsesrør, fundamenter og solfangervæske.

#### 4.2.2 Udbud

Der var 2 entreprenører, som viste interesse for levering af solfangerne. De blev begge udvalgt til at give bud.

#### 4.2.3 Licitationsresultat

Begge de udvalgte entreprenører afgav tilbud. De to tilbud lå meget lige, når produktionsresultaterne sammenlignedes. Der blev skrevet kontrakt på et beløb på 41,5 mio. kr. for 35.200 m<sup>2</sup> solfangere på punktfundamenter incl. solfangervæske.



## 4.3 Varmepumpen

### 4.3.1 Projektering

Varmepumpen anvendes i princippet til at hæve temperaturen på det vand i lageret, der er for koldt til at blive sendt direkte ud på fjernvarmenettet.

Ud fra TRNSYS-beregningerne er varmepumpen fastlagt til at skulle have en varmeydelse på 2,8 – 3 MW.

Varmepumpen skal kunne levere 80 °C varmt vand til fjernvarmen, og den skal kunne køle vandet fra lageret ned til 10 °C.

### 4.3.2 Udbud

Der var kun 2 entreprenører, der viste interesse for levering af varmepumpen, hvorfor de begge blev udvalgt til at give bud.

### 4.3.3 Licitationsresultat

Den ene af de 2 tilbudsgivere trak sig imidlertid inden fristen for tilbudsafgivningen, da de ikke kunne levere en varmepumpe, der kan levere 80 °C varmt vand.

Som eneste tilbudsgiver er Advansor, der kom med et bud på 2 varmepumper til opgaven med en samlet budsum på 6,8 mio. kr.

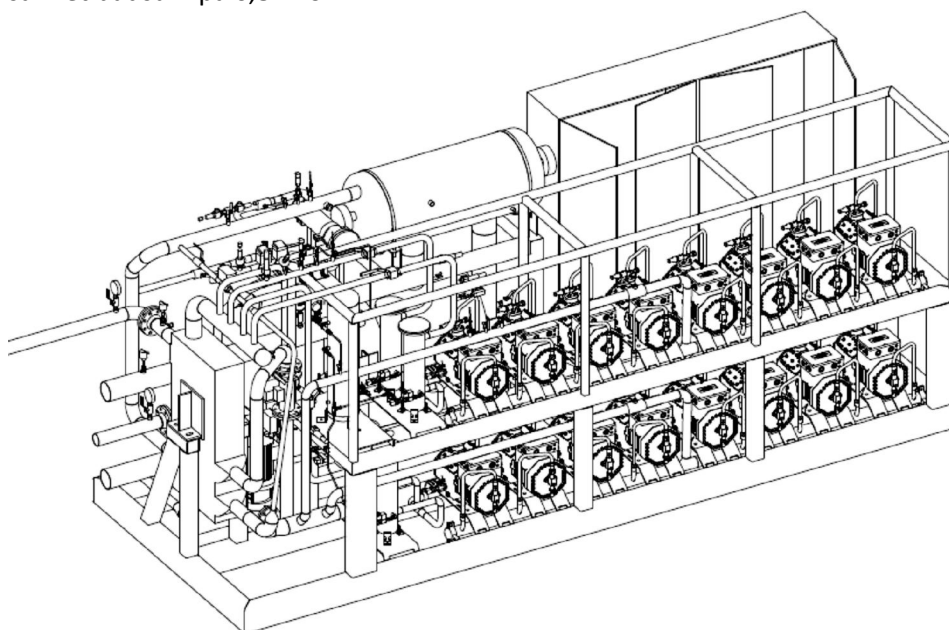


Fig. 4.3.1. Varmepumpe fra Advansor

## 4.4 Damvarmelageret

### 4.4.1 Projektering og resultat

Udgangspunktet for projektering af damvarmelageret i Dronninglund – i det følgende benævnt varmelageret – var det allerede etablerede 10.000 m<sup>3</sup> damvarmelager i Marstal, idet de tekniske løsninger i Marstal i størst mulig omfang skulle genbruges i Dronninglund.

Dog besluttede projektgruppen at isoleringen i den flydende lågkonstruktion skulle ændres, så man undgik den store fugtophobning og de store luftlommer man har erfaret som problematiske i Marstal.

Der blev derfor i samråd med projektgruppen udbudt en løsning med løs Leca udlagt i tagform og med udluftningskanaler og inspektionsbrønde m.v. så både Lecaen og luftlommer under den nederste membran kunne udluftes – med den ønskede isolans:

Varmelageret var i EUDP-ansøgningen budgetteret til 8.750.000 kr:

1. Udgravning	1.440.000
2. Membranarbejder	2.530.000
3. Lågisolering	1.260.000
4. Tagfolie	2.680.000
5. Drænsystem	120.000
6. TF isolering	660.000
7. Mandehuller	60.000

I alt kr ekskl. moms: 8.750.000 (146 kr/m<sup>3</sup>)

Da den første placering af varmelageret lige nord for Dronninglund var problematisk p.g.a. dårlige bund- og grundvandsforhold (som ville medføre en anslået merudgift på næsten 5 mio. kr alene på jordarbejdet), besluttede projektgruppen i samråd med Brønderslev Kommunes planafdeling at flytte varmelageret ud i en gammel grusgrav vest for Dronninglund, hvor der ikke var problemer med grundvand – og hvor såvel solvarmecentral som de store solfangerfelter kunne placeres uden konflikter med planmæssige interesser (bl.a. skovbyggelinier og fortidsminder m.v.).

Dette ville selvfølgelig give en merudgift til en længere fjernvarmetransmissionsledning.

Grusgraven ligger i en skovbeklædt skrænt som går fra vejniveau i ca. kote 34 til en række gravhøje med topkote ca. 55. Af praktiske og naturmæssige årsager blev det valgt at placere varmelageret delvis skjult bag nogle skrænter imellem 2 gravhøje – og med bunden i ca. kote 27 (ca. 2 m over grundvandsspejlet) – og toppen i kote 43 – hvilket er 9-12 m over bunden i grusgraven.

Dette gav dog behov for at etablere nogle op til 12 m høje jordvolde på 3 af de 4 sider i varmelageret, hvilket igen betød et noget større jordarbejde end ved etablering på en flad mark.

En geoteknisk undersøgelse af bunden i grusgraven afdækkede dertil et op til 7 m tykt lag af delvis sætningsgivende fyldjord, hvoraf en del dog kunne forventes at kunne komprimeres til brug i jordvoldene.

Sammen med ekstra udgifter til rydning af træer og gamle bygningsrester m.v. og en ekstra lang vejindkørsel til varmelageret (samt en rampe op til toppen af varmelageret) be-

tød det en fordyrelse af jordarbejdet på næsten 2,5 mio. kr fra 1,44 til 3,92 mio. kr – altså mere end en fordobling i forhold til det oprindelige budget for jordarbejdet.

Dertil kommer at såvel membranarbejderne som isolerings- og tagfoliearbejderne af projektgruppen anslås at blive noget dyrere end oprindeligt budgetteret – dels p.g.a. generelle prisstigninger på materialerne, og dels p.g.a. større krav til komprimerings- og udførelsesmæssige kontroller m.v., så det totale anlægsbudget for det 60.000 m<sup>3</sup> store varmelager nu anslås at ligge på 14.927.347 kr:

1. Udgravning	3.921.200
2. Membranarbejder	3.566.921
3. Lågisolering	3.228.100
4. Tagfolie	2.917.400
5. Drænsystem	(med i pos. 1)
6. TF isolering	582.900
7. Mandehuller	(med i pos. 2)
8. Diverse udgifter (5 %)	710.826

I alt kr. ekskl. moms: 14.927.347 (249 kr/m<sup>3</sup>)

Varmelagerentreprisen udføres som en bygherreleverance og opdeles i en totalentreprise, som omfatter jord- og membranarbejder, og en række fagentrepriser (lågisolering, tagfolie, TF-isolering etc.), som styres af totalentreprenøren, der har den endelige garanti for tæthed m.v.

## 4.5 Fjernvarmerør

### 4.5.1 Omfang

Der skal bruges præisolerede fjernvarmerør til at forbinde solfangerpanelerne med solvarmecentralen, hvor varmevekslere, pumper m.m. er placeret, og der skal bruges en fjernvarmeledning mellem solvarmecentralen og det eksisterende fjernvarmenet (transmissionsledning). Det er fundet mest optimalt at solvarmeanlægget tilsluttes nettet via den eksisterende fjernvarmecentral på Søndervangsvej.

Til at forbinde solfangerfeltet med solvarmecentralen skal der bruges ca. 3 km enkeltrør fra DN 50 til DN 350.

Fra solvarmecentralen til Søndervangsvej skal der anvendes 2.700 meter dobbeltrør DN 200.

### 4.5.2 Dimensionering og projektering

#### Solfangerfeltet

Solfangerfeltet er opdelt i 2 lige store felter med hver sin rørtilslutning til solvarmecentralen.

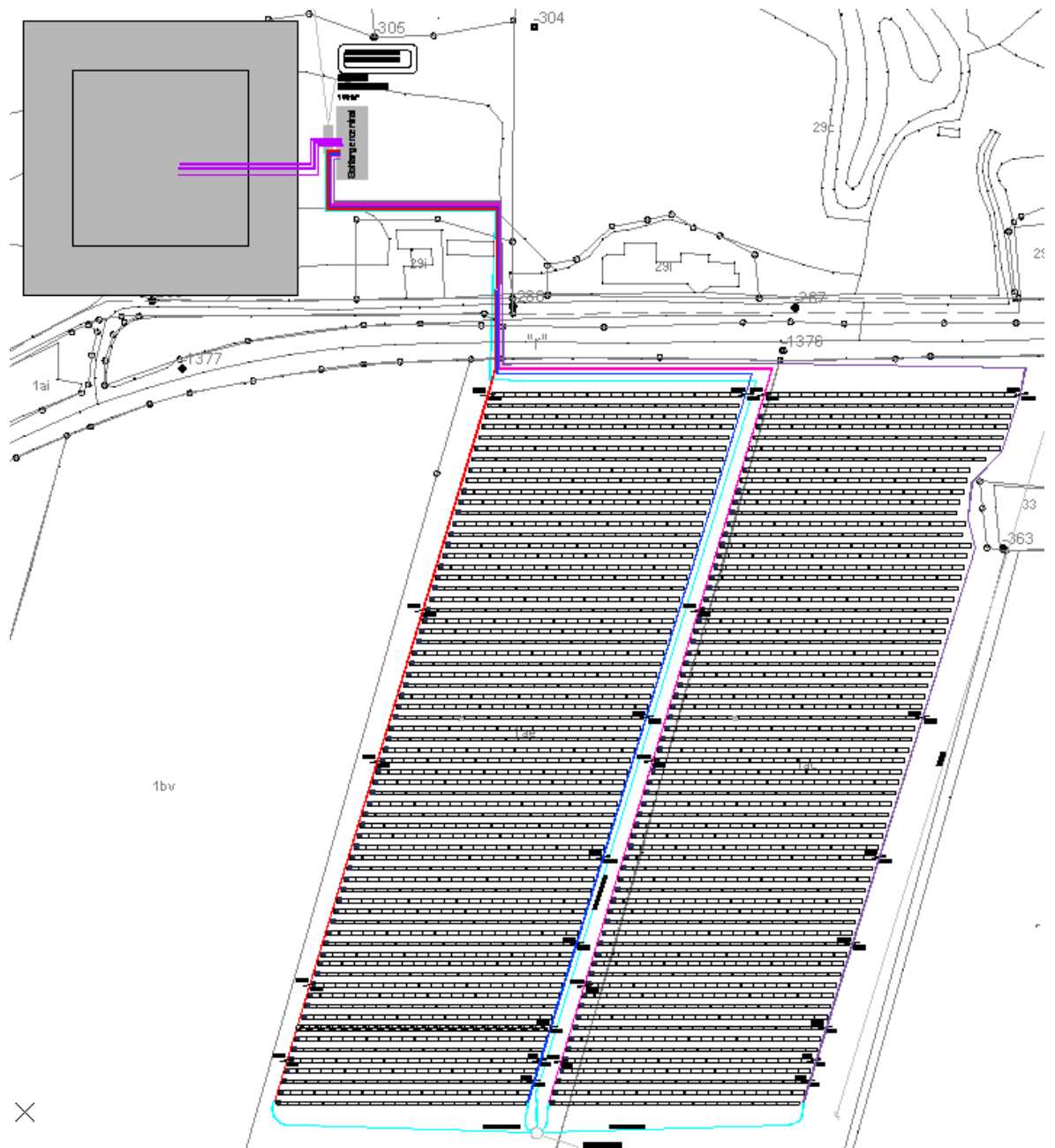


Fig. 4.5.1. Solfangerfelt med rørtilslutning.

Ledningerne til solfangerne er dimensioneret således, at skulle solfangerne komme til at koge, vil al væske og damp kunne ledes via sikkerhedsventiler til en stor opsamlingstank placeret ved solvarmecentralen.

Den samlede maksimale ydelse på solfangerne ligger på ca. 24,5 MW.

Ledningerne til solfangerne er dimensioneret således der maksimalt kan opstå 10 bar i solfangerne i tilfælde af kogning. Under normal drift vil solfangerne kunne holdes på en temperatur på under 100 °C, men fjernvarmeledningerne vil blive designet for en temperatur op til 130 °C. Det er

rørleverandøren, der har ansvaret for at detailprojektere fjernvarmerørene, således rørsystemet kan operere inden for et temperaturspænd på 0 – 130 °C.

#### Transmissionsledningen

Transmissionsledningen er dimensioneret ud fra at kunne overføre op til ca. 8 MW varme. Normalt vil man til dette antagelig vælge en Ø219,1 fjernvarmeledning.

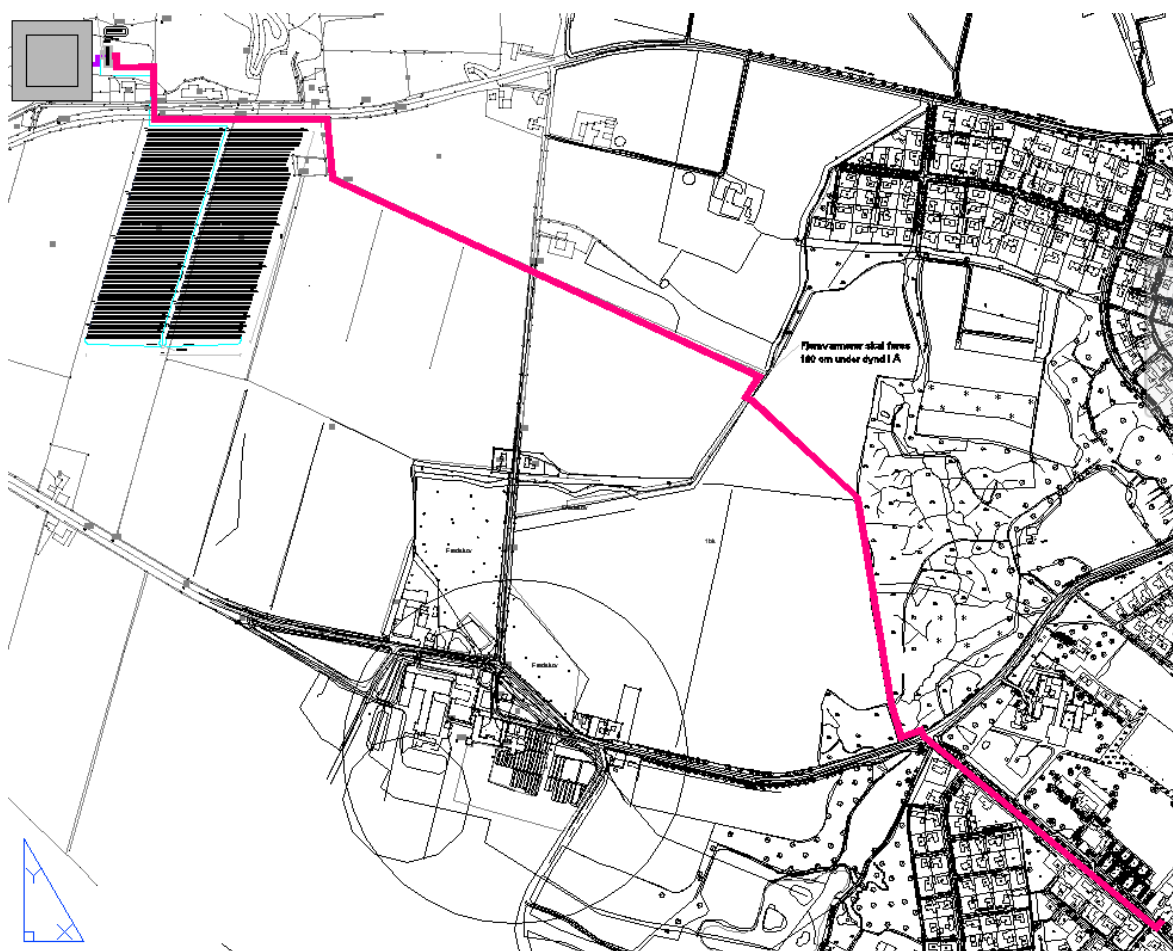


Fig. 4.5.2. Tracé for transmissionsledningen.

Der er imidlertid en højdeforskel på ca. 20 meter mellem solvarmecedralen og fjernvarmecedralen, og der er i store perioder væsentlig mindre belastning end 8 MW, hvorfor vandet selv vil kunne løbe fra solvarmecedralen til fjernvarmecedralen uden hjælp fra pumperne. Derfor er der valgt en Ø168,3 ledning fra solvarmecedralen ned til fjernvarmecedralen, således ledningen giver noget mere tryktab for at minimere, hvor meget der skal reguleres med reguleringsventiler for at opretholde det nødvendige tryk på anlægget.

Det medfører at transmissionsledningen vil blive etableret som en Ø168,3/219,1 dobbeltledning. ¾ af transmissionsledningen føres over marker, mens den sidste ¼ skal være i vej eller fortov. Der er lavet aftale med landmændene, således det er muligt at placere ledningen i markerne.

#### **4.5.3 Udbud**

Ved prækvalifikationen blev udvalgt 3 rørleverandører ud af 5 henvendelser. De 2 henvendelser blev valgt fra, fordi de ingen referencer havde på lignende opgaver.

#### **4.5.4 Licitationsresultat**

Det valgte tilbud på rør ligger med en tilbudssum på 5,7 mio. kr. Tilbudet blev også valgt ud fra den bedste løsning til solfangerfeltet, hvor alle samlinger på kappen er udført med svejsemuffer og alle afgreninger til og fra solfangerne laves med præfremstillede T-afgreninger fra fabrik.

### **4.6 Jord- og smedearbejder til fjernvarmerør**

#### **4.6.1 Omfang**

Jord- og smedeentreprisen går i korthed ud på at grave de nødvendige kanaler for fjernvarmerørene, sammensvejsede rørene, udføre alle muffesamlingerne og endelig dække rørene til igen.

Opgaven er opdelt i 2 selvstændige entrepriser:

1. Fjernvarmeledninger til solfangerfeltet
2. Transmissionsledningen

I entreprisen for ledningerne til solfangerfelterne indgår også rydning af en række træer, hvor solfangerne skal stå, samt etablering af køreveje rundt om solfangerfelterne.

#### **4.6.2 Projektering**

Etableringen af rørledninger følger almindelige standardkrav for lægning af fjernvarmeledninger.

I rørleverandørens tilbud er angivet, at det vil være nødvendigt med nogle lyrer for at optage ekspansionen som følge af temperaturudvidelserne. Disse indbygges af jord- og smedeentreprenøren.

For at anlægget kan tømmes for solfangervæske, skal entreprenøren levere en række rør mellem de yderste punkter på solfangerledningerne og tilbage til centralen, hvor væsken kan samles op i en 160 m<sup>3</sup> beholder.

Der lægges endvidere tomrør ned til trækning af signalkabler til temperaturfølere og solarimetre. Der placeres 3 stk. temperaturfølere og 3 stk. solarimetre for styring af pumperne til hvert af de to solfangerfelter.

#### **4.6.3 Udbud**

Ved prækvalifikationen viste henholdsvis 16 og 18 entreprenører sig interesseret i at give tilbud på opgaven. Ud af de interesserede blev udvalgt 7 til at give pris på de 2 entrepriser.

#### **4.6.4 Licitationsresultat**

Ud af de 7 entreprenører gav de 6 tilbud på opgaven. De 2 entrepriser gik til 2 forskellige entreprenører. Det billigste tilbud på etablering af solfangerledninger blev tilbudt til 2,0 mio. kr, mens det billigste tilbud på transmissionsledningen lød på 2,1 mio. kr.

## 4.7 Solvarmecentralen

### 4.7.1 Omfang

I opgaven er følgende inkluderet:

- Bygning til solvarmecentral.
- Alle tekniske installationer, der skal sammenkoble solfangerne, varmelageret, varmepumpen og det eksisterende fjernvarmenet.
- Vandbehandlingsanlæg til vand til varmelageret, herunder midlertidigt anlæg til fyldning af lageret.
- Lagertank for opsamling af solfangervæske.
- Tilslutningsrør og dyser til lageret.
- Tilslutning på centralen på Søndervangsvej.
- SRO-anlæg for styring af hele anlægget.

Solvarmecentralen omfatter bygning og alle de tekniske installationer, der skal til for at tilslutte solfangerne med varmelageret og fjernvarmeforsyningen, herunder vandbehandlingsanlæg for vand til lageret. Ligeledes er opgaven med at tilslutte transmissionsledningen på centralen på Søndervangsvej inkluderet.

SRO-anlægget for solvarmecentralen implementeres ved tilslutning af en ny understation til den eksisterende styring på varmeværket.

Forbindelserne til varmeværket etableres ved kabel, som trækkes i tomrør der nedlægges sammen med fjernvarmerørene.

Styringen skal optimere solvarmeproduktionen i solfangerfeltet, og styre at den producerede varme indføres i det korrekte lag i sæsonvarmelageret.

Styringen skal optimere produktionsfordelingen mellem sæsonvarmelageret, varmepumpen og de eksisterende enheder: gasmotorerne og oliekedlen (gaskedlen benyttes kun som reservekedel).

Solfangerfeltet skal yde så stor en energimængde som muligt. Dette gøres ved at styre pumpernes effekt – og dermed flowet – således at temperaturstigningen over solfangerfelterne er ca. 35 gr. C.

Hvert felt er udstyret med tre stk. temperaturfølere på afgangsrørene. Hvis blot én af disse temperaturer overstiger 95 gr. C sættespumpeeffekten op i det pågældende felt.

Da solindfaldet kan skifte hurtigt styres pumperne ved normal drift ikke af de målte temperaturer, men af et beregnet flow, som beregnes på grundlag af de målte solindfald (gennemsnit over tre solarimetre), temperaturen på tilført vand, målt udetemperatur i det pågældende felt samt solfangernes specifikationer.

Varmepumpen er i drift når elprisen er så lav at produktionsprisen bliver lavere end produktionsprisen for oliekedlen. Det skal være muligt at gøre denne max.-pris for operation afhængig af varmeindholdet i sæsonlageret, således at der kræves lavere priser efterhånden som dette nærmer sig fyldning. Herved mindskes risikoen for overfyldning.

#### 4.7.2 Dimensionering og projektering

Princippet for hvordan hele sammenbygningen af rørsystemet mellem solfangerne, varmelageret, varmepumperne og fjernvarmeforsyningen er fastlagt inden udbuddet. Ligeledes er dimensioner på rør og komponenter fastlagt.

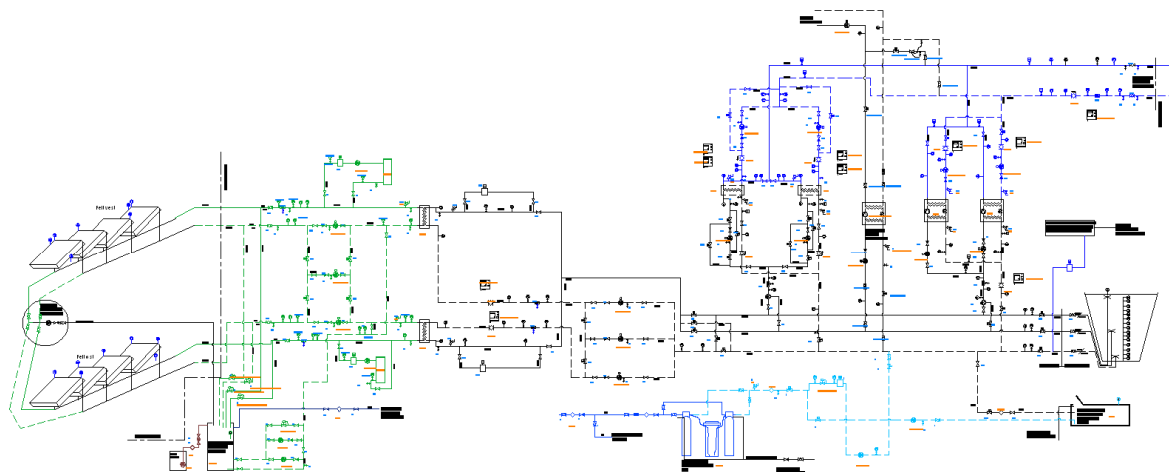


Fig. 4.7.1. Systemdiagram (Er også vedlagt som bilag 12)

Solfangerfeltet på de ca. 35.200 m<sup>2</sup> solfangerer er delt i 2 selvstændige anlæg for at optimere styringen. En af problematikkerne er at feltet er så stort, at en del kan ligge i skygge mens en anden del kan ligge i fuld sol.

Solfangerkredsen er fyldt med vand tilsat glycol for frostsikring. Derfor er der varmevekslere imellem solfangerne og lageret.

Lageret fyldes med vand der er afluftet og afkalket uden tilsætning af kemikalier, hvor det er rent vand, der ikke gør skade ved udslip. Derfor er der yderligere en veksler imellem lageret og fjernvarmesystemet, der anvender forskellige kemikalier til vandbehandling. Fjernvarmeveksleren er delt på 2 vekslere, fordi der er meget stor forskel på minimum og maksimum belastning.

Skulle der komme så høj en varmeproduktion at lageret bliver helt fyldt op kan kredsløbet vendes, således at noget af varmen kan køles af igen i solfangerne om natten.

Varmepumpen bruger lageret som varmekilde og sender varmen ud på transmissionsledningen. Der er 2 varmepumper, da leverandøren har begrænsning for hvor stor en varmepumpe kan være.

Tilslutningen på Søndervangsvej bliver udført således, at hvis vandet ikke er tilstrækkeligt varmt fra lageret, så kan vandet varmes yderligere op, inden det sendes ud på fjernvarmenettet.



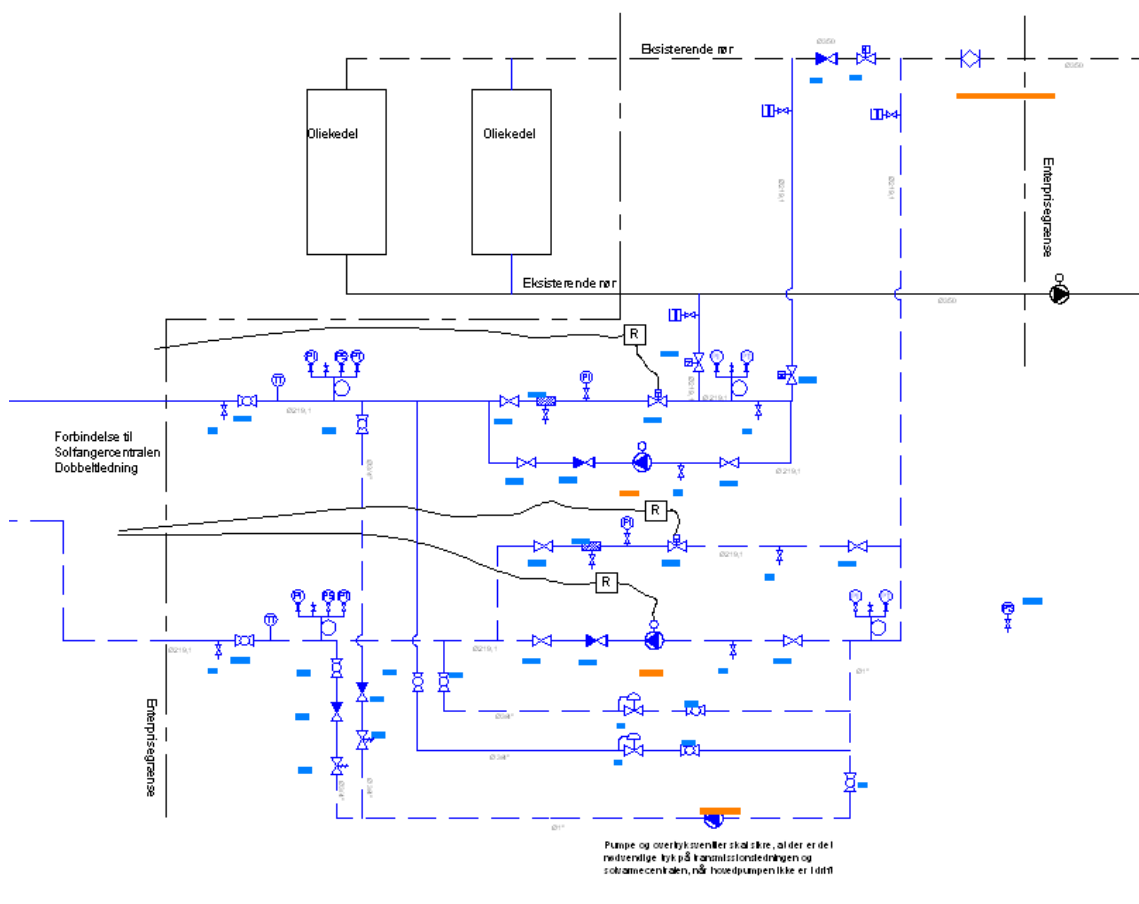


Fig. 4.7.2. Systemdiagram til tilslutning på Søndervangsvej

#### 4.7.3 Udbud

15 entreprenører gav ved prækvalifikationen interesse for at give pris for etablering af solvarmecentralen. Heraf blev udvalgt 7 til at afgive pris.

#### 4.7.4 Licitationsresultat

Undervejs i tilbudsgivningen faldt 3 entreprenører fra og 2 entreprenører slog sig sammen om et tilbud, således der blev givet 3 tilbud på opgaven.

Der var relativt store prisforskelle ved tilbudsgivningen. Således var det dyreste tilbud dobbelt så dyrt som det billigste, og der var også en væsentlig forskel mellem det billigste og det næstbilligste tilbud. Dette var væsentligt for valget af entreprenør. Det billigste tilbud løber op i 16 mio. kr.

## 5 Formidling

Projektet har løbende været omtalt i Nordjyske Stiftstidende, Nordjyllands Radio og TV Nord. Derudover har der været artikler i

- Vedvarende Energi og Miljø
- Børsens energitillæg
- Licitationen
- Fjernvarmen
- Ingeniøren

## 6 Det videre arbejde

Det samlede budget for SUNSTORE 3-projektet ser således ud efter licitation:

	Kr.
Solfangerentreprisen	41.500.000
Levering af varmepumpe	6.782.000
Opbygning af varmelager	14.216.000
Levering af fjernvarmerør	5.715.000
Levering af jord og smedearbejde:	
Fjernvarmeledning til solfangerfelt	1.943.163
Transmissionsledningen	2.083.890
Levering af solfangercentral	15.903.800
Byggegrund incl. beplantning	7.000.000
Eltilslutning	2.185.000
Vand	340.000
All risk forsikring	100.000
<b>I alt</b>	<b>97.768.853</b>
Uforudset, 3%	2.933.066
<b>I alt incl. uforudsete udgifter</b>	<b>100.701.919</b>
Tilskud, EUDP	-16.828.000
<b>Nettoudgift, Dronninglund Fjernvarme</b>	<b>83.873.919</b>

Det videre arbejde består i

- Ansøgning om kommunegaranti (januar 2011)
- Godkendelse af projektforslag (februar 2011)
- Afklaring af afgiftsforhold (marts 2011)
- Lokalplangodkendelse (april 2011)
- Anlægsetablering (maj 2011 – april 2012)

Estimeret hovedtidsplan er vedlagt (bilag 11).

## 7 Referencer

1. Fastlæggelse af levetid for 2 HDPE plastlinere til sæsonvarmelagre. Søren Pedersen, Teknologisk Institut, januar 2004

**Bilag 1**

**Rapport 2, 2010-01-08. GEO**

Dronninglund. Nordre Ringgade  
Damvarmelager  
Jordbundsundersøgelser

GEO projekt nr. 31029  
Rapport 2, 2010-01-08

## Sammenfatning

Dronninglund Fjernvarme skal have etableret et større solfangeranlæg med tilhørende damvarmelager på 60.000 m<sup>3</sup>. Lageret får form som en omvendt pyramidestub, der er 90 m x 90 m i toppen og 26 m x 26 m i bunden. Vanddybden bliver 16 meter, hvoraf ca. 12 meter er under nuværende terræn.

GEO har udført en geoteknisk undersøgelse af bundforholdene. Undersøgelsen viser, at der under et muldlag er senglaciale marine aflejringer til stor dybde. De øverste 2 – 4 meter består af fint sand, hvorunder der er et tykt lag af stærkt vekslende stærkt siltet sand, silt og ler. Herunder er der et 4 – 7 meter tykt, hældende lag af fedt ler, der underlejres af sand. Højeste grundvandsspejl er målt i 1,0 - 3,1 meters dybde, dvs. relativt terrænnært.

Udgravningen for lageret skal føres ca. 10,5 meter under grundvandsspejlet gennem vekslende lag af stærkt siltet finsand, silt og ler.

Bundforholdene medfører, at der skal udføres en meget vanskelig grundvandssænkning, ligesom udgravningsforholdene og genindbygningsmuligheder af det opgravede jord er ugunstige. Der må påregnes ekstra omkostninger hertil.

GEO  
Danalien 1  
9000 Aalborg  
Tlf.: +45 9818 9144  
Fax: +45 4588 1240  
geo@geo.dk  
www.geo.dk  
CVR-nr: 59781812

Udarbejdet for  
Dronninglund Fjernvarme A.m.b.a.  
Att.: Per Sønder  
Tidselbak Allé 18  
9330 Dronninglund

Udarbejdet af Jan Dannemand Andersen,  
9879 9387, jda@geo.dk

Kontrolleret af Lars Bødker

## Indhold

1	Indledning .....	3
1.1	Projekt.....	3
1.2	Tidligere undersøgelser .....	3
1.3	Formål .....	4
2	Undersøgelser .....	4
3	Resultater.....	5
3.1	Jordbund .....	5
3.2	Grundvand .....	6
4	Vurderinger .....	8
4.1	Generelt.....	8
4.2	Bæreevneforhold .....	8
4.3	Varmetabsforhold .....	8
4.4	Udgravningsforhold.....	8
4.5	Genanvendelse af materialer .....	9
4.6	Midlertidig grundvandssænkning .....	10
4.7	Opbygning af randvolden .....	13
4.8	Naboforhold m.v.....	14
4.9	Tilsyn og kontrol.....	15
5	Bemærkninger .....	16

## Bilag:

2.1	Situationsplan
1.1 – 1.4	CPT-profiler, CPT 1 - 4
1.5	Boreprofil, boring 2
2.2 – 2.7	Boreprofiler, boring 5 - 10
2.8 – 2.13	Kornkurver
2.14	Snit A-A
2.15	Prøvepumpning, boring 9 og 10
GEO-Standard	Signaturer og forkortelser

## Appendiks:

2.A	Vandanalyse
-----	-------------

# 1 Indledning

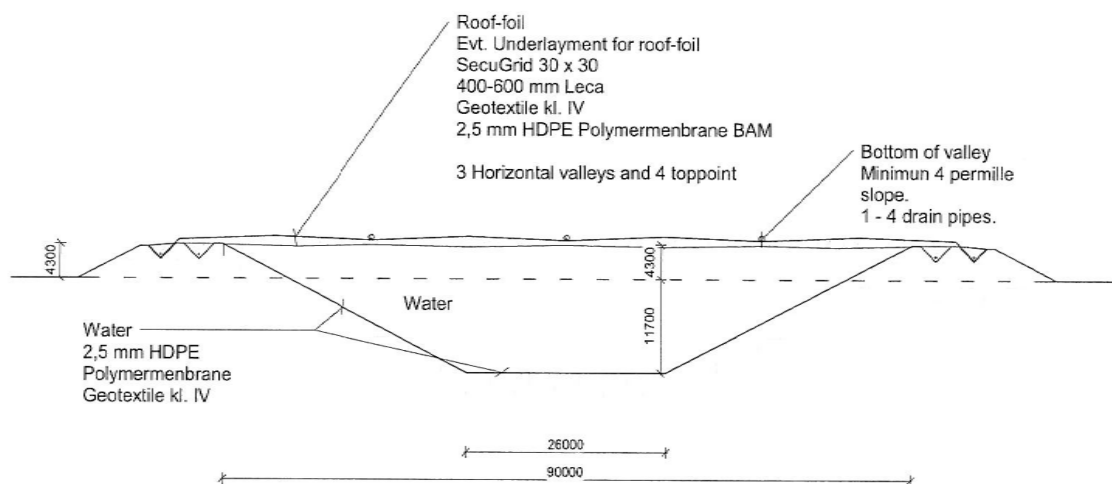
## 1.1 Projekt

Dronninglund Fjernvarme skal have opført et større solfangeranlæg ved Nordre Ringgade i Dronninglund. I forbindelse hermed skal der etableres et sæsonvarmelager i form af et vandfyldt damvarmelager. Placeringen af lageret er vist på vedlagte situationsplan, bilag 2.1.

Lageret bliver på 60.000 m<sup>3</sup> og udføres som en omvendt pyramidestub med et areal på 26 x 26 m<sup>2</sup> i bunden og 90 x 90 m<sup>2</sup> i toppen, idet siderne af lageret påtænkes udført med anlæg 1:2. Vanddybden i lageret bliver 16,0 meter. De opgravede materialer i lagerets centrale del påtænkes genindbygget i en vold i kanten af lageret som skitseret i figur 2.1, så udgravningsdybden minimeres. Toppen af volden påtænkes i kote +28,5, dvs. lagerets bund forventes i kote +12,5, dog afhængig af en optimering af jordbalancen i projektet. I bunden af lageret skal der lokalt graves lidt dybere (0,5 m?) for fundering af røranlæg.

Lagerets tæthed sikres vha. en membran, der skal udlægges tørt. Efter fyldning af bassinet afdækkes vandoverfladen med et isolerende lag. Vandtemperaturen i lageret vil i perioder være på op til ca. 90 °C.

Figur 2.1: Principsnit i damvarmelager



## 1.2 Tidligere undersøgelser

GEO har tidligere udført en orienterende geoteknisk undersøgelse for projektet med 4 CPT-tryksonderinger og én boring til 20 meters dybde, se GEO-projekt 31029, rapport 1. Undersøgelsespunkterne er overvejende placeret i kanten af eller uden for det byggefelt, der nu er valgt for lageret.

## 1.3 Formål

Formålet med nærværende undersøgelse er at belyse jordbunds- og grundvandsforholdene med henblik på en afklaring af udgravningsforhold, grundvandssænkning og genanvendelse af opgravede materialer.

## 2 Undersøgelser

Undersøgelsen omfatter 6 boringer, hvoraf 2 er udført som filterboringer med prøvepumpning.

Boringerne er placeret som vist med punkterne 5 – 10 på situationsplanen, hvor også placeringen af de tidligere udførte CPT'er/boring 1 – 4 er vist. Undersøgelsespunkterne er indmålt og koteret vha. GPS-udstyr i system 34J/DVR90.

Boringerne 5 – 8 er ført til 13 – 14 meters dybde, og boringerne 9 og 10 er ført til 25 – 26 meters dybde. Under borearbejdet er der registreret laggrænser og udtaget jordprøver. I alle borehullerne er der sat Ø25 mm pejlerør, mens der i boring 9 og 10 er filtersat med Ø125 mm PVC-filtorrør i de dybereliggende lag. Filtorrør og pejlerør er gruskastet, og der er afproppet med bentonit mellem de enkelte filterstrækninger (i boring 9 og 10) og lidt under terræn. Grundvandsspejlet er pejlet i alle pejlerør/filtorrør ved borearbejdets afslutning (2009-11-06) og ca. en måned herefter (2009-12-01). Pejlerøret i den tidligere udførte boring 2 har ikke kunnet genfindes.

Jordprøverne er beskrevet geologisk<sup>1</sup> i laboratoriet. På udvalgte prøver er der bestemt vandindhold og kornkurve<sup>2</sup> vha. sigtning eller slemning. Jordprøverne opbevares i 14 dage fra rapportdato.

Samtlige resultater og målinger er angivet i bilag 2.2 – 2.13. De benyttede signaturer og forkortelser på boreprofilerne er forklaret på vedlagte GEO-Standard.

Efter indhentning af tilladelse fra Brønderslev Kommune er der udført pumpeforsøg på filterboringerne 9 og 10. Forsøgene er udført med en pumpekapacitet på op til ca. 5 m<sup>3</sup>/t og en varighed på 3 døgn. Under prøvepumpningen af boring 10 var der et udfald på elforsyningen (indlejet, traktordrevet generator), hvor pumpen blev genstartet efter ca. 16 timer. Umiddelbart inden forsøget er grundvandsspejlet pejlet i alle boringer (2009-12-08). Under forsøget er afsænkningen i pumpeboringen målt med automatisk pejlelogger (pumpet ned til pumpens indtag), og vandydelsen er målt umiddelbart før pumpestop vha. målebalje. Efter pumpestop er vandspejlstigningen i pumpeboringen målt (stigningsforsøg, i boring 10 er der tale om to stigningsforsøg). Sideløbende med prøve-

---

<sup>1</sup> Dansk Geoteknisk Forening, Bulletin 1: Vejledning i ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse" (1995).

<sup>2</sup> Udført efter relevante normer under Dansk Standard, British Standard eller Vejdirektoratet.



pumpningerne er grundvandsspejlet målt i de øvrige boringer. Alle resultater fra pumpeforsøgene er optegnet i vedlagte bilag 2.15.

Fra boring 10 er der af Analytech A/S udtaget en vandprøve til orienterende analyse af indhold af bikomponenter. Vandprøven er udtaget ved pumpens udløb i grøften ved Nordre Ringgade. Analyseomfanget er valgt svarende til "udvidet kontrol" i henhold til sædvanlige krav til drikkevandforsyning. Analyserapporten er vedlagt i appendiks 2.A.

## 3 Resultater

### 3.1 Jordbund

Terrænet ved borestederne er målt i kote +23,5 a +25,3. I lagerets kant varierer terrænet mellem kote ca. +22,9 og +25,5.

I boringerne er der øverst truffet 0,3 – 0,4 meter overjord (sandmuld). I boring 9 er der truffet muldpletter i op til 1 meters dybde, hvilket sandsynligvis skyldes omgravning (fyld).

Herunder er der truffet senglaciale, marine aflejringer til bund af boringer.

Øverst består lagene af fint sand, der overvejende har et lille indhold af finstof (silt).

Fra ca. 2 – 5 meters dybde (kote +19,1 a +22,2) er der nedefter et tiltagende indhold af silt og ler, i form af stedvist stærkt vekslende lag og striber af sand, silt og ler (og blandingsjordarter).

I den centrale del af lageret (boring 9 og 10) er der fra 16,1 – 18,2 meters dybde (kote +5,9 a +8,3) truffet et mere ensartet lag af fedt ler med enkelte sandstriber/-lag. Lerlaget er også truffet i punkt 1, 2 og 3, blot i et højere niveau (kote +12,7 a +16,4), dvs. oversiden af leret falder tilsyneladende mod sydøst.

I boring 9 underlejres leret fra kote +0,7 af sand, der nedefter er groft og gruset. Sandlaget er også truffet i punkt 1, 2 og 3, blot i et noget højere niveau (kote +6,1 a +12,0), men ikke i boring 10. Lerlaget synes således at hælde nedad mod sydøst.

I tabel 2.1 er der givet en summarisk oversigt over laggrænser og lagtykkelser.

Tabel 2.1: Oversigt over jordbundsforhold (koter til laggrænser og lagtykkelser)

Punkt nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Terrænkote	+23,5	+24,8	+22,6	+23,2	+24,4	+25,3	+23,5	+24,8	+24,4	+24,1
MULD	0,5m	0,3m	0,7m	0,9m	0,3m	0,3m	0,4m	0,3m	0,3m*	0,3m
Laggrænse	+23,0	+24,5	+21,9	+22,3	+24,1	+25,0	+23,1	+24,5	+24,1	+23,8
SAND	1,6m	5,4m	0,7m	>4,1m	3,0m	2,9m	2,7m	4,5m	1,8m*	3,5m
Laggrænse	+21,4	+19,1	+21,2	?	+21,1	+22,1	+20,4	+20,0	+22,3	+20,3
SAND/SILT/LER	7,1m	6,4m	4,8m	?	>9,7m	>10,8m	>9,9m	>8,2m	14,0m	14,4m
Laggrænse	+14,3	+12,7	+16,4	?	?	?	?	?	+8,3	+5,9
LER	5,1m	6,6m	4,4m	?	?	?	?	?	7,6m	>6,8m
Laggrænse	+9,2	+6,1	+12,0	?	?	?	?	?	+0,7	?
SAND	>1,3m	>1,3m	>5,0m	?	?	?	?	?	>2,3m	?
Boringsbund	+7,9	+4,8	+7,0	+18,2	+11,4	+11,3	+10,5	+11,8	-1,6	-0,9

Note \*: Der er formentlig delvist tale om omgravede lag.

Der henvises til bilagene for en detaljeret beskrivelse af de trufne bundforhold.

I bilag 2.14 er der optegnet et NV-SØ snit gennem de trufne bundforhold, hvoraf især hældningen af lerlaget er tydelig.

### 3.2 Grundvand

Ved pejlingerne er der målt grundvandsspejl som angivet i tabel 2.2.

Tabel 2.2: Oversigt over koter til grundvandsspejl

Boring/pejlerør	Pejledato			
	2008-02-25	2009-11-06	2009-12-01	2009-12-08
2.3 øvre	+22,6	-	-	
2.2 mellem	+23,1			
2.1 nedre	+23,7			
5	-	+21,8	+22,2	+22,2
6	-	+21,8	+22,2	+22,5
7	-	+22,0	+22,5	+22,6
8	-	+22,0	+22,7	+22,9
9.3 øvre	-	+22,0	+22,8	+23,1
9.2 mellem		+22,0	+22,6	+22,8
9.1 nedre		+22,5	+23,1	+23,0
10.2 øvre	-	+22,0	+22,7	+23,0
10.1 nedre		+21,8	+22,3	+22,4

De målte niveauer svarer til – eller er lidt over - potentialet i det primære grundvandsreservoir (typisk dybereliggende sandlag), jf. Nordjyllands Amts potentialekort fra

1980'erne. Potentialekortet viser, at der – overordnet betragtet – er en relativt beskedne strømninggradient i det primære grundvandsreservoir på ca. 0,7 % i sydlig retning.

De udførte målinger af grundvandsspejlet i de øvre sandlag (over det fede ler) indikerer, at grundvandsspejlet er nogenlunde vandret i den sydøstlige del af lageret, og at der mod det lavereliggende terræn mod nordøst og vest (terrænkote ca. +21,5) er en svag gradient på op til ca. 1 %.

Erfaringsmæssigt vil grundvandsspejlet ofte stå højest om foråret og lavest om efteråret pga. årstidsforskelle i nedbør og fordampning. Det bemærkes, at nedbøren i januar/februar 2008 var under "normal", mens nedbøren i oktober og november 2009 var hhv. "normal" og over "normal". Sammenholdes disse nedbørsmålinger med de målte grundvandsspejl, synes nedbørsvariationerne at afspejle sig i niveauet for grundvandsspejl.

På det foreliggende grundlag må det forventes, at grundvandsspejlet i forårsmånederne, hvor lageret skal udføres, kan være lidt højere end allerede målt, dvs. i kote +22,5 a +23,5. Vi anbefaler derfor, at der udføres supplerende pejlinger i de etablerede pejlerør inden udgravningsarbejdet.

De udførte pumpeforsøg viser relativt beskedne tilstrømninger på 1,2 – 1,3 m<sup>3</sup>/t efter 3 døgn ved afsenkning på 15,2 – 15,6 m i filterboringerne. Grundvandsspejlet i pumpeboringerne er dog i al væsentlighed retableret 10 – 20 minutter efter pumpestop, dvs. relativt hurtigt. Rækkevidden af gravitationsafsænkningen omkring pumpeboringerne er således formentlig beskedne. Forsøgene er givetvis påvirket af lagdelinger i jorden.

Den udførte vandanalyse viser et – i forhold til sædvanlige drikkevandskrav – relativt højt indhold af ammonium, jern og mangan (overskridelser af maksimale drikkevandskrav med en faktor 2,3 a 12). Et lille bakteriologisk indhold og et relativt højt kimtal (ved 22 °C) er normalt tegn på nedsivning af terrænnære bakterier/kim, hvilket kunne understøttes af det forhøjede ammoniumindhold, men målingerne kan også være påvirket af de vanskelige prøvetagningsforhold i grøften (formentlig forværret af kraftigt snevejr under prøvetagningen). En let forhøjet turbiditet (uklarhed) vurderes at skyldes et lille indhold af suspenderet materiale fra boringen (ler). De øvrige analyserede parametre overholder sædvanlige drikkevandskrav.

## 4 Vurderinger

### 4.1 Generelt

Med udgravning til kote +12,5 skal der graves op til 12 a 12,5 meter under terræn. Efter afrømning af 0,3 – 0,4 meter muld må der forventes at skulle udgraves gennem

2 – 4 m	finsand (med lille finstofindhold)
8 – 10 m	vekslende lag af stærkt siltet finsand, silt og ler

Udgravningen skal føres op til ca. 10,5 meter under grundvandsspejlet.

Disse bundforhold synes umiddelbart vanskelige for det påtænkte varmelager, pga. bl.a. vanskelige grundvandsforhold og udgravningsforhold samt ugunstige genindbygningsmuligheder af den opgravede jord.

### 4.2 Bæreevneforhold

De trufne senglaciale aflejringer må karakteriseres som bæredygtige og "normalt" sætningsfrie. Varmelageret vurderes således at kunne etableres på de senglaciale lag uden afgørende bæreevne- og sætningsmæssige gener. Overjorden (mulden) anbefales fjernet under anlæggets randopbygning.

### 4.3 Varmetabsforhold

Med en jordtemperatur af størrelsesordenen 8 °C må der påregnes et vist varmetab ud i jorden i store dele af året.

Den aktuelle jordbund forventes at have en varmeledningsevne af størrelsesordenen  $\lambda = 1$  a  $2 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ . Til sammenligning er varmeledningsevnen for f.eks. vand og tørt sand (over grundvandsspejlet) hhv.  $\lambda \approx 0,6 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  og  $\lambda \approx 0,3 - 1,0 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ , mens sædvanligt anvendte isoleringsmaterialer har en varmeledningsevne på omtrent 1/10 heraf.

Med de aktuelle jordlag med moderat til lille permeabilitet vurderes en beskeden grundvandsstrømning i sandlag ikke at være afgørende for lagerets varmeafgivelse til jorden/grundvandet.

### 4.4 Udgravningsforhold

Udgravningens sider skønnes umiddelbart at være regningsmæssigt stabile ved anlæg  $a = 2,0$ , som forudsat i projektet. Ved en eventuel optimering af skråningshældninger foreslås forudsat følgende:

- Sand (finstoffattigt) og tilkøbt fyldsand :  $a \geq 1,5$  (= 33° med vandret)
- Vekslede sand, silt og ler :  $a \geq 2,0$  (= 26° med vandret)

Disse anlæg gælder både under etableringsfasen og i den permanente situation, og forudsat grundvandsspejlet i/omkring byggefeltet er afsænket effektivt inden udgravningsarbejdet og ind til lageret er fyldt med vand til over det naturlige grundvandsspejl.

Afhængig af hvordan grundvandsspejlet afsænkes, kan der forekomme uafsænkede grundvandsspejl i jorden omkring lageret. Vandmættet jord og vandtryk vil kunne påvirke stabilitetsforholdene, hvorfor det kan vise sig nødvendigt at dokumentere stabiliteten af udgravningssiderne vha. beregninger.

Silt og siltrigt sand/ler er følsomt overfor vandtilskud og mekanisk påvirkning, hvilket kan medføre opblødning og betydelige styrketab. Udgravningsarbejdet skal derfor tilrettelægges, så færdsel med maskiner direkte på sådanne lag undgås, og så overfladevand effektivt ledes bort. Kørsel med f.eks. dumpers i udgravningen må forudses at kræve anlæggelse af interimsveje, udlægning af køreplader o.l. Forudsat grundvandsspejlet er afsænket effektivt, kan underbundens bæreevne karakteriseres som normal, jf. bl.a. en tolkning af de tidligere udførte CPT-tryksonderinger.

## 4.5 Genanvendelse af materialer

De opgravede materialer må forventes at bestå af dels finstoffattigt sand (øverste zone) og vekslende silt og siltrigt sand/ler (herunder).

Det vil normalt være muligt at genindbygge det finstoffattige sand under nogenlunde gunstige vejrforhold, dog må sandet ikke være for tørt af hensyn til opnåelse af en rimelig komprimeringsgrad.

Silt og siltrigt ler/sand er derimod vanskeligt at genindbygge, og i givet fald må det kræves, at materialet udtørres væsentligt inden genindbygning. Selv om de øvre sandlag skønnes at kunne håndteres ved blot nogenlunde gunstige vejrforhold, vil de underliggende lag kræve, at opgravning og genindbygning ubetinget sker i en både tør og varm periode, hvilket vanskeligt kan opnås i det danske klima. Det vil derfor formentlig være nødvendigt at deponere materialer, der ikke kan genindbygges, andetsteds, f.eks. i områder uden krav til maksimale sætninger. Selv i sådanne områder kan udlægning og anden håndtering af silten være behæftet med gener, der kræver udtørring og afdækning af anden jord, inden arealet igen er kørefast.

Såfremt der regnes med, at de to lagtyper – dvs. det øvre sand og de nedre siltrige aflejringer – i gennemsnit udgør hhv. 3 og 9 meter, vil de to lag udgøre hhv. ca. 14.000 og 18.000 m<sup>3</sup> (hhv. 43 og 57 %), dvs. under halvdelen af den opgravede jord må forventes at kunne genanvendes. De projekterede koter for lageret forudsætter, at der er nogenlunde jordbalance i projektet, og da under halvdelen af den opgravede jord kan forventes genanvendt i randopbygningen, vil der enten skulle tilføres sandfyld udefra, eller lageret skal sænkes, skønsmæssigt 1 a 1,5 m, så volumenet i randopbygningen mindskes.

## 4.6 Midlertidig grundvandssænkning

Med lagerbund i kote ca. +12,5 skal udgravningen føres op til 10,5 – 11,5 meter under det målte grundvandsspejl. Et ønske om jordbalance kan muligvis forøge udgravningsdybden med 1 a 1,5 m. Desuden skal der formentlig udføres lokale udgravninger til lidt større dybde i bunden af udgravningen.

Udgravningen skal ske tørt af hensyn til udlægningen af membranen i bunden af lageret. Dette kræver derfor en midlertidig grundvandssænkning, hvor det naturlige grundvandsspejl afsænkes til lidt under (laveste) udgravningsbund.

Den midlertidige grundvandssænkning skal udføres efter retningslinjerne i bl.a. geotekniknormen Eurocode 7.

Der skal ske en afsænkning i det terrænnære sandlag og i det underliggende lag af vekslende sand/silt/ler. Desuden vurderes det nødvendigt at afsænke grundvandsspejlet lidt i det dybtliggende sandlag under det fede ler for at undgå grundbrud (løftning af udgravningsbunden).

Risikoen for grundbrud er vurderet ved følgende betragtning af den lodrette ligevægt af jorden over det dybtliggende sandlag, jf. de indmålte laggrænser/grundvandsspejl i boring 9 (forudsat en generel udgravning til kote +12,5). Jordens rumvægt skønnes til  $\gamma = 18$  a  $20 \text{ kN/m}^3$ .

- Porevandstryk i oversiden af det dybtliggende sandlag:

$$u = (23,1 \text{ m} - 0,7 \text{ m}) \cdot 10 \text{ kN/m}^3 = 224 \text{ kN/m}^2$$

- Last af overliggende jord ved afgravning til kote 12,5:

$$\sigma = (12,5 - 0,7) \cdot (18 \text{ a } 20 \text{ kN/m}^3) = 212 \text{ a } 236 \text{ kN/m}^2$$

Det ses, at  $u \approx \sigma$ . Stabile forhold kræver, at porevandstrykket  $u$  ikke overstiger jordlasten  $\sigma$ . Variationer i laggrænser, grundvandsspejl og evt. udgravningsdybder gør det derfor nødvendigt at sikre mod grundbrud ved at sænke grundvandsspejlet i det dybtliggende sandlag, inden der udgraves til fuld dybde.

Ud fra de udførte sigteanalyser skønnes der en permeabilitetskoefficient på  $k \approx 3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$  i det terrænnære sandlag. I de underliggende lag af vekslende sand, silt og ler viser de udførte sigte-/slemmeanalyser formentlig ikke et retvisende billede af kornsammensætningen, fordi lagene utvivlsomt er stærkt lagdelte med tynde striber af forskellige materialer. Blandt andet på baggrund af de udførte stigningsforsøg foreslår vi foreløbigt regnet med en skønnet permeabilitetskoefficient for laget som helhed af størrelsesordenen  $k \approx 10^{-6}$  (a  $10^{-7}$ ) m/s. Det fede ler herunder er i praksis næsten impermeabelt, mens det dybtliggende sandlag i boring 9 (og i den tidligere udførte boring 2) skønnes at have  $k \approx 3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ , måske lidt lavere, jf. stigningsforsøget i boring 9.

En grov overslagsberegning med  $k = 10^{-5}$  m/s for lagene over det fede ler som helhed giver, at en afsenkning til kote +12 vil medføre en tilstrømning af størrelsesordenen 10 – 15 m<sup>3</sup>/t. Hertil kommer bidrag fra en aflastning af vandtrykket i de dybereliggende sandlag, formentlig af størrelsesordenen 1 - 5 m<sup>3</sup>/t. Tilstrømninger er denne størrelsesorden er umiddelbart relativt små i forhold til afsenkningens størrelse. Vi gør dog opmærksom på, at den relativt beskedne tilstrømningsmængde ikke skal tages som udtryk for, at grundvandssænkningen ikke er væsentlig for stabilitetsforholdene.

Vi foreslår, at grundvandssænkningen udføres med en kombination af vakuumbelastede filterboringer og aflastningsboringer, suppleret med drænanlæg og evt. sugespidsanlæg. I det følgende er der redegjort nærmere herfor:

#### Terrænnært dræn

En afsenkning af grundvandsspejlet i det øvre finstoffattige sandlag vil formentlig kunne udføres vha. gravitationssænkning. Vi foreslår, at der – langs hele varmelagerets periferi – etableres et afskærende dræn, i kote ca. +20 eller lidt herunder. Drænet foreslås lagt i en sand-/grusfyldt rende, så tilstrømmende vand fra siderne opfanges effektivt i renden/drænet.

En traditionel nedgravning af drænet vil sandsynligvis være generet af sammen-skridninger af udgravningen, hvorfor dybden af drænet kan vise sig at blive begrænset, eller eventuelt nødvendiggøre anvendelse af sugespidsanlæg under nedgravningen. Drænet kan overvejes nedpløjet, men med denne metode er korrekt filterkastning vanskelig. Drænet føres til pumpebrønde, hvorfra tilstrømmende vand kan fjernes, og hvorfra det er muligt at udføre en eventuel rensning af drænet.

#### Vakuumbelastede filterboringer

Ved udgravning i det underliggende lag af vekslende sand, silt og ler vurderes en afsenkning til under kote ca. +12 ved gravitation alene at være meget langvarig og vil formentlig tage flere måneder. I aflejringer som de aktuelle vil man derfor normalt vælge at udføre en grundvandssænkning vha. vakuumbelastning (sugespids eller filterboringer med vakuum). Sugespidsanlæg kan normalt afsænke til maksimalt 7 – 8 meter under pumpe-niveau, dvs. udgravning til ca. 12 meters dybde kræver således, at der etableres sugespids og pumpeanlæg i flere niveauer, altså inde i udgravningen, hvor der skal udlægges membran. Dette er vanskeligt i praksis, hvorfor vi anbefaler anvendt filterboringer med dykpumper og vakuumbelastning.

Filterboringerne placeres ved udgravningens/varmelagerets periferi. Indledningsvist foreslås en afstand mellem boringerne på maksimalt ca. 20 meter, men der kan vise sig behov for at supplere disse boringer afhængig af den registrerede effekt af boringerne. Boringerne foreslås umiddelbart ført ned til oversiden af det fede ler. Boringerne skal udføres og filtersættes på en måde, så de får effektiv hy-

draulisk kontakt med grundvandet. Der anbefales en borediameter på mindst 250 mm (10"), idet der filtersættes med f.eks. Ø125 mm filterrør, der gruskastes med egnet filtersand. Der skal afproppes med ekspanderende bentonit i et nærmere valgt niveau, så luftlækage til terræn undgås/minimeres. I filterboringerne monteres dykpumper med vakuomtæt hætte, hvorigennem der påtrykkes vakuum fra sugespidspumpe e.l.

Vi anbefaler at rense boringernes filtersætninger for lerpartikler ved tilsætning af hexameterfosfat (løsner lerpartikler fra filterkastningen) i forbindelse med renpumpningen umiddelbart efter filtersætningen.

#### Aflastningsboringer

I den centrale del af udgravningen skal der være aflastningsboringer, der er ført ned til den kritiske dybde, jf. ovennævnte beregning. De udførte boringer 9 og 10 er placeret i to af hjørnerne i udgravningsbunden, og de er udført, så de kan anvendes som aflastningsboringer. Vi anbefaler suppleret med aflastningsboringer i de to andre hjørner i udgravningsbunden. Aflastningsboringerne foreslås udført som min. Ø250 mm (10") boringer filtersat med Ø125 mm rør, så der er mulighed for eventuel pumpning fra boringerne. Filterrørene anbefales renpumpet for suspenderet materiale i filtersætningen. Filterrøret skal successivt afkortes til udgravningsniveau, idet opstrømmende grundvand fjernes sammen med en normal lænsning af regnvand m.v. fra udgravningen.

#### Sugespidsanlæg

Det kan vise sig nødvendigt at supplere med sugespidsanlæg f.eks. ved lokale, dybere udgravninger i bunden af udgravningen.

#### Dybtliggende drænanlæg

For at sikre tørre arbejdsforhold og for at undgå en risiko for utidig vandansamling under membranen (løft) anbefaler vi, at ovennævnte suppleres med et drænanlæg i bunden af udgravningen, f.eks. tæppedræn af groft sand med drænstreng langs kanterne i udgravningsbunden (evt. som belastede skråningsdræn). Drænanlægget skal have effektiv forbindelse til aflastningsboringerne, så afløbet fra disse sikres. Afledningen fra drænanlægget må ske gennem (skrå) rør til terræn, hvorigennem en dykpumpe (helst to pga. backup i tilfælde af pumpe svigt) kan føres til lidt under bunden af lageret.

Alle dræn skal lægges i et egnet sandmateriale, der er afpasset de aktuelle bundforhold efter gældende regler<sup>3</sup>. Der frarådes anvendt dræn omviklet med filterdug e.l., der vil kunne tilstoppe med finstof. Boringer skal ligeledes gruskastes efter sædvanlige filterkriterier.

---

<sup>3</sup> Dansk Standards Norm for dræning af bygværker mv., DS 436



Det må forventes, at opnåelse af den nødvendige afsenkning i graveområdet vil tage nogen tid pga. de finkornede lag. Både dræn og filterboringer skal derfor etableres i god tid inden udgravningsarbejdet.

Grundvandssænkningens funktion skal kontrolleres ved pejling i pejleboringer, og oprettholdelsen af afsenkningen skal sikres vha. alarm- og nødstrømsanlæg, indtil bassinet er fyldt med vand mindst til lidt over det naturlige grundvandsspejl.

Den udførte vandanalyse viser relativt højt indhold af jern og mangan, som ved iltning kan udfældes i grundvandssækningsanlægget. Det kan vise sig nødvendigt at regenerere (udsyre) eller at supplere filterboringerne m.v. pga. tilstopning med bl.a. okker.

Det oppumpede grundvand skal ledes til en egnet recipient i nærheden. Ved valg af recipient skal der tages hensyn til bl.a. det forhøjede indhold af jern og mangan, der også her kan medføre udfældninger.

I anlægsfasens sidste afsluttende del kan det oppumpede grundvand formentlig anvendes i varmelageret.

Opmærksomheden henledes på, at en eventuel senere tømning af lageret for vand til et niveau under det naturlige grundvandsspejl vil kræve en tilsvarende grundvandssænkning for at sikre bassinets stabilitet. De anvendte dræn og filterboringer anbefales derfor bevaret.

## 4.7 Opbygning af randvolden

Inden lagerets randvold etableres, anbefales mulden afrømmet.

Med opbygning af anlæggets rand med opgravet finstoffattigt sand skønnes skråninger at kunne opbygges med anlæg  $a > 1,5$  (=  $33^\circ$  med vandret), men et fladere anlæg vil være at foretrække af hensyn til muligheden for effektiv komprimering, f.eks. det planlagte  $a = 2,0$ .

Opbygning af opgravet silt, stærkt siltet sand og fedt ler vurderes at kræve et noget fladere anlæg, f.eks.  $a > 2,5$  a  $3,0$  (=  $18$  a  $22^\circ$  med vandret), dvs. noget fladere anlæg end for udgravninger i intakte aflejringer.

Skråningshældninger af såvel intakte som genindbyggede materialer kan eventuelt optimeres vha. supplerende forsøg, men udførelsesmæssige hensyn til formentlig være bestemmende for det maksimale anlæg.

Vi må forudse, at der kan vise sig et - ikke uvæsentligt - behov for at supplere med tilkørte sandmaterialer til opbygningen af volden langs udgravningens periferi. Som alternativ hertil kan det overvejes at sænke lageret, så randvolden minimeres, eller at etable-

re en flere meter høj lodret kant af f.eks. rammede spunsjern (formentlig relativt dyr løsning).

Som kvalitetskrav til tilført sandfyld kan anvendes Vejdirektoratets krav til bundsikrings-sand/-grus kvalitet II<sup>4</sup>. Heri er der følgende krav til gradering (kategori 0/63, G<sub>N</sub>, OC<sub>85</sub> og UF<sub>9</sub>):

- Ingen korn større end 90 mm
- Højst 15 % større end 63 mm
- Højst 9 % mindre end 0,063 mm
- Sandækvivalent mindst 30

Desuden anbefales valgt et materiale med et uensformighedstal  $C_u > 3$ . Materialer, der ikke overholder ovennævnte krav må vurderes nærmere.

Vi foreslår, at sandfylden komprimeres til tætheder som angivet i tabel 2.3, idet densiteter forudsættes målt med isotopsonde. Referenceværdier bestemmes ved standardiserede forsøg i laboratoriet, hvor valget af referenceforsøg afhænger af materialet.

Tabel 2.3: Komprimeringskrav under bygninger e.l. med tilsvarende sætningskrav.

Materiale	Finstofindhold < 0,06 mm	Referenceforsøg	Middel- værdi	Mindste værdi
Sand	< 3 – 5 %	Relativ lejringsstæthed, $I_D$	0,65	0,55
Sand	> 5 – 10 %	Standard Proctor, % SP	96	94
Sand, gruset	< 12 %	Vibrationsindstampning, %-vibration	94	92

Vi gør opmærksom på, at stabiliteten af volden langs bassinets periferi skal dokumenteres vha. beregninger under hensyntagen til vandtrykket i bassinet. Det anbefales sikret, at der ikke – f.eks. ved større lækager fra varmelageret – sker en forringelse af stabilitetsforholdene pga. vandstrømning gennem randvolden.

## 4.8 Naboforhold m.v.

Grundvandssænkningen for varmelageret vurderes skønsmæssigt at have en sænkingsradius på 300 - 400 m.

Den relativt store grundvandssænkning indebærer risiko for påvirkning af f.eks. de såkaldte §3-områder, der ligger nord og nordvest for varmelageret. Hvis der opstår udtøringsgener i §3-områder, kan der overvejes en kontrolleret udledning af en del af det oppumpede grundvand – f.eks. i grøfter – i disse områder (delvis "recirkulation" af grundvand).

<sup>4</sup> I henhold til Dansk Standard DS/EN 13285 Vejmaterialer – ubundne blandinger.

Der kan ligeledes være nærliggende vandindvindinger, der skal tilgodeses, men dette ventes umiddelbart næppe at være afgørende.

Grundvandsænkning og kraftig komprimering indebærer en vis risiko for beskadigelse af bygninger og anlæg i nærheden, særligt hvis disse er mangelfuldt funderede. Mindst 14 dage før arbejdets opstart skal ejere af naboejendomme derfor varskos i henhold til byggelovens §12.

For velfunderede beboelsesbygninger o.l. vil der normalt ikke ske skader, når vibrationshastigheden målt på soklen holdes under 5 mm/s (højere ved frekvenser over 10 Hz)<sup>5</sup>. For eventuelt etagebyggeri skal vibrationshastigheden på det øverste gulv desuden holdes under 15 mm/s. For bygninger, der allerede har revner eller sætningsskader, findes ingen tilsvarende grænseværdi. I sådanne tilfælde anbefaler vi, at vibrationshastighederne målt på soklen holdes under 3 mm/s - og under 8 mm/s på øverste gulv i etagebyggeri. Vibrationerne kan dog være medvirkende til at udløse skader, der alligevel ville være kommet på et senere tidspunkt.

Vi anbefaler, at nabobygninger gennemgås med fotoregistrering af eventuelle eksisterende revner, samt at vibrationer på nærliggende bygværker holdes under observation vha. vibrationsmålinger. Der kan desuden overvejes en forsikringsdækning af ansvaret for eventuelle skader.

## 4.9 Tilsyn og kontrol

I forbindelse med udgravningsarbejdet skal det kontrolleres, at bundforholdene overalt er som forventet. Dette omfatter en inspektion af udgravningens sider og bund, evt. suppleret med korte håndboringer, vingeforsøg o.l.

Komprimeringen i randopbygningen skal desuden kontrolleres. Vi anbefaler udført isotopsondemålinger på stedet, f.eks. for hver 0,6 meters opfyldning i et net med indbyrdes afstand på 10 – 20 meter, idet resultaterne sammenholdes med resultatet af standardiserede indstampningsforsøg i laboratoriet.

I forbindelse med grundvandssænkning skal det kontrolleres, at den forudsatte afsænkning er opnået inden udgravning under det naturlige grundvandsspejl. Dette kan ske vha. pejlinger i nedborede pejlerør, herunder de allerede etablerede pejlerør.

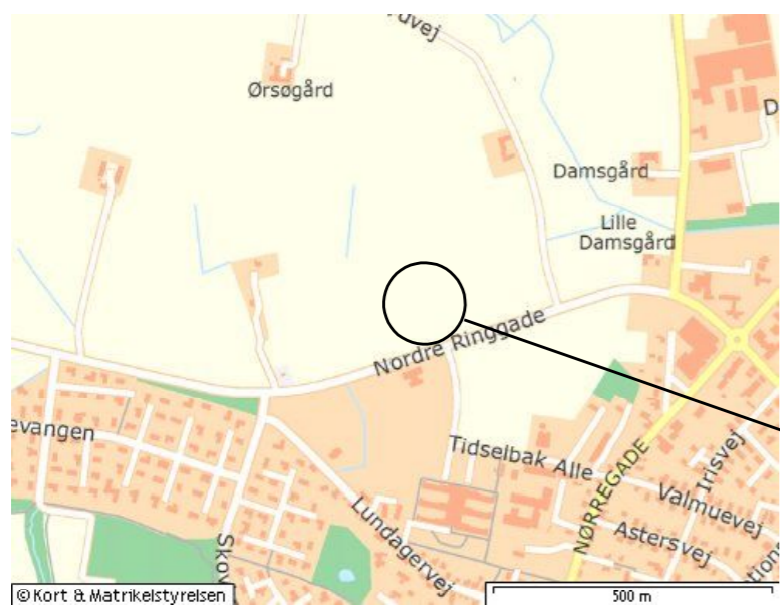
---

<sup>5</sup> Deutsche Norm: DIN 4150-3, Structural vibration

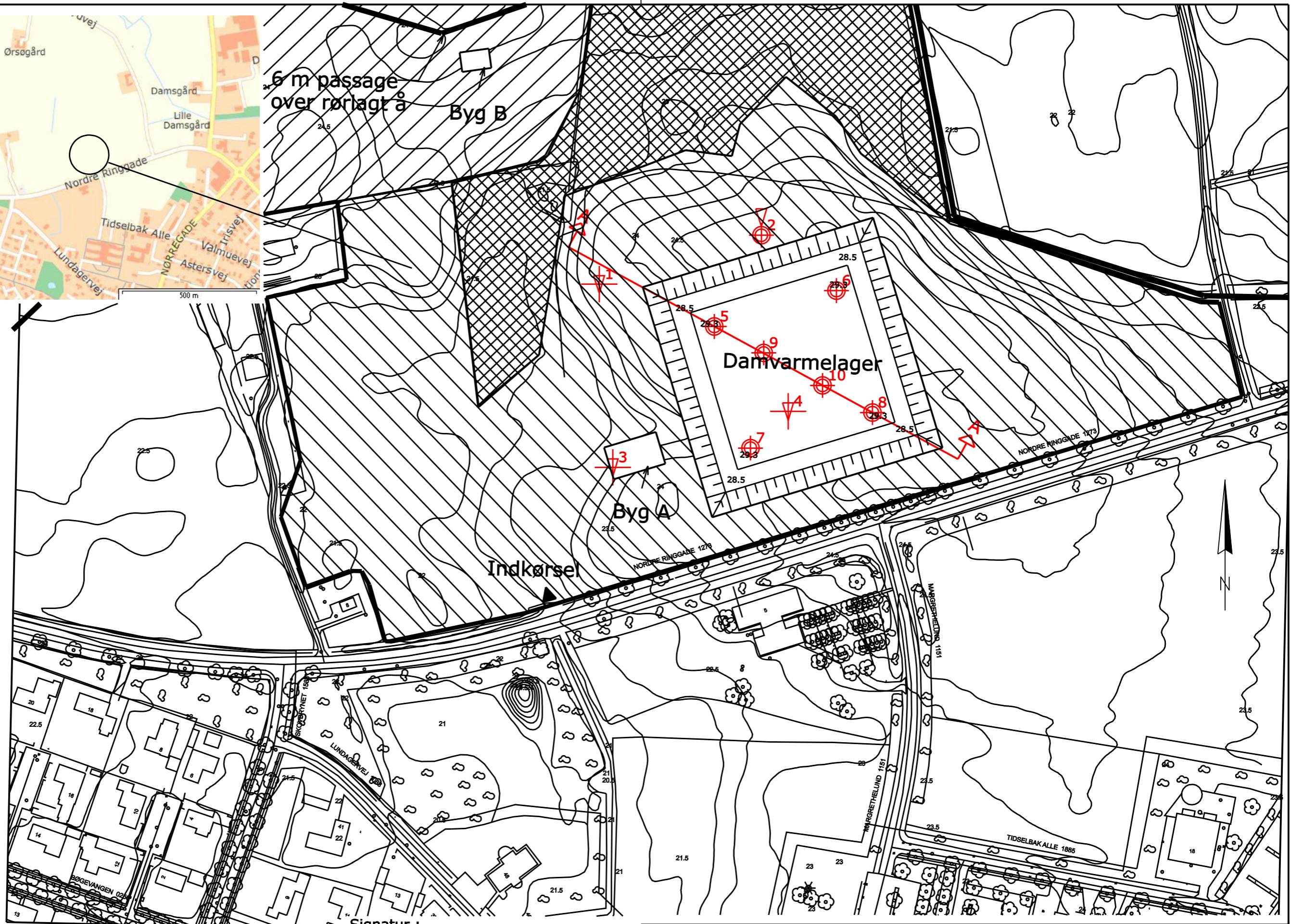
## 5 Bemærkninger

Vi gør opmærksom på, at GEO naturligvis gerne deltager ved det videre arbejde med projektet, herunder:

- Projektering og udførelse af grundvandssænkning
- Stabilitetsberegninger af varmelagerets sider under/over nuværende terræn
- Vurderinger af grundvandskvalitet og miljøforhold
- Udgravnings- og komprimeringskontrol samt øvrigt tilsyn/målinger
- Vurderinger vedr. bortskaffelse af eventuel overskudsjord
- Geotekniske undersøgelser m.v. for de øvrige bygværker i projektet



© Kort & Matrikelstyrelsen



6 m passage  
over rørlagt a  
Byg B

Damvarmelager

Byg A

Indkørsel

Signatur :

CPT - sondering



a: Punkt nr.

Geoteknisk boring



Danalien 1, 9000 Aalborg  
Tlf 9818 9144, www.geo.dk

Projekt: 31029 Dronninglund.Nordre Ringgade

Udført : SKN

Dato: 2009-11-17

Emne: Situationsplan 1:2000

Kontrolleret : JDA

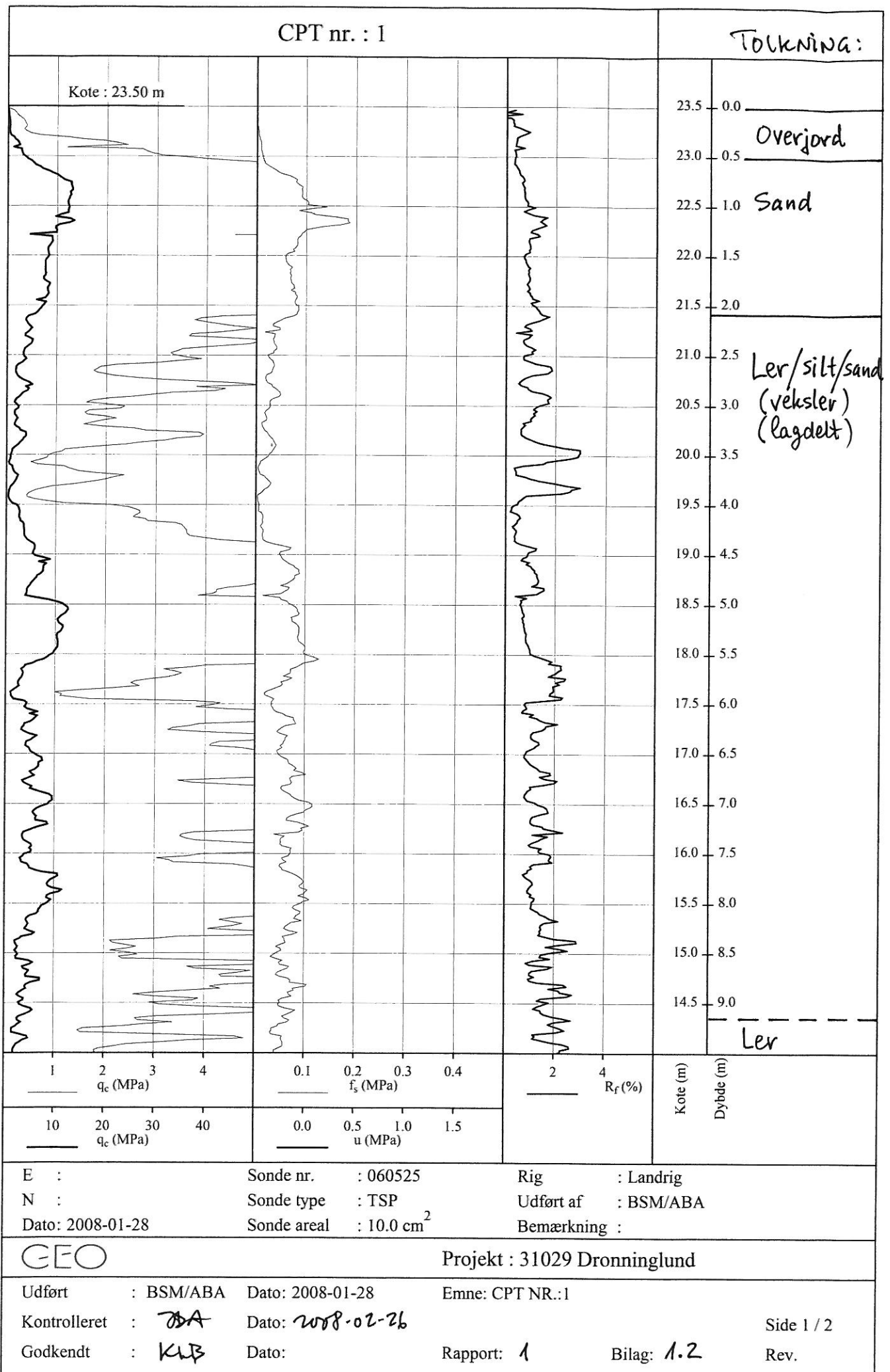
Dato: 2009-12-04

Godkendt : LAB

Dato: 2010-01-08

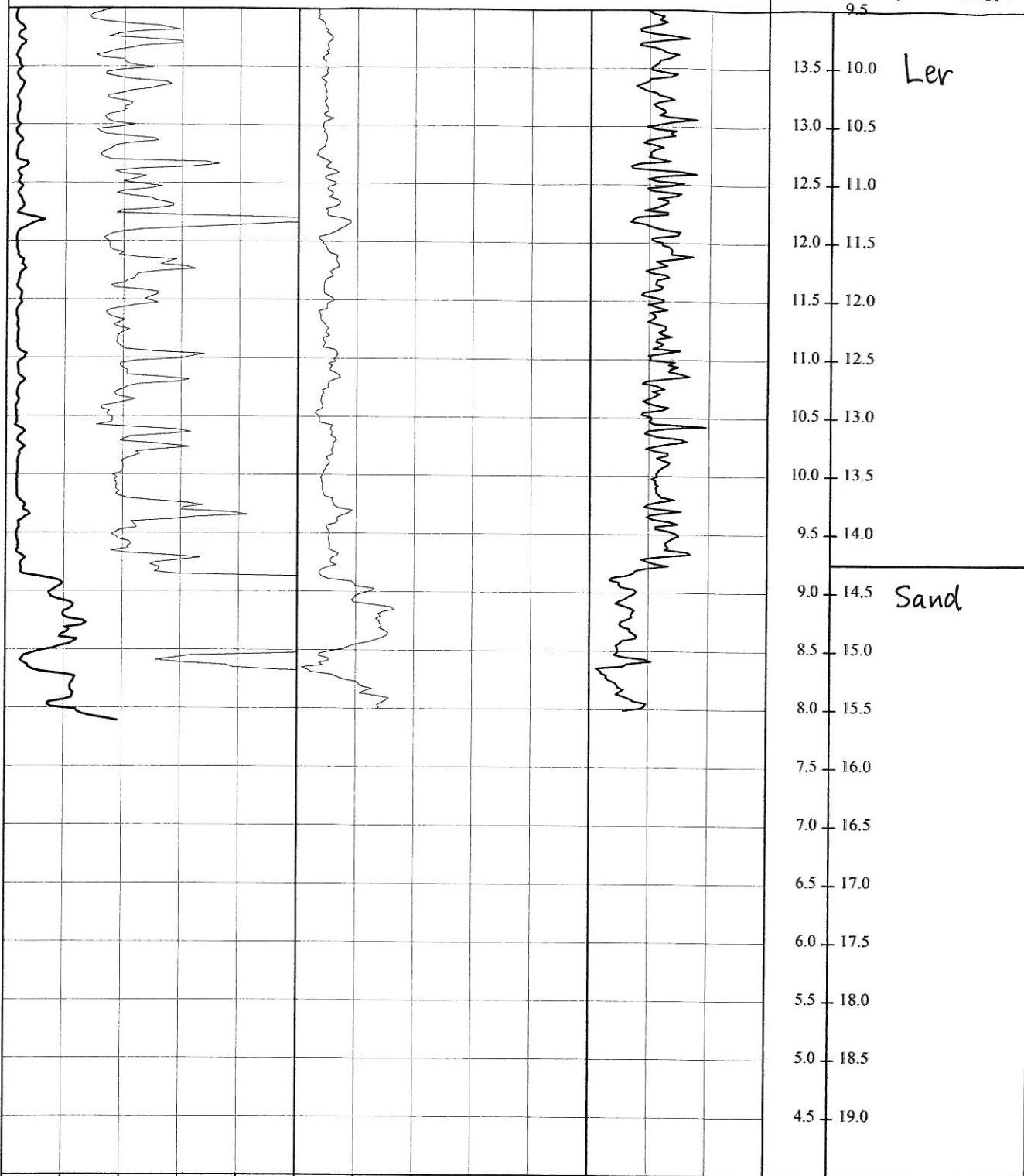
Rapport 2

Bilag 2.1



CPT nr. : 1

TOLKNING:



1	2	3	4	0.1	0.2	0.3	0.4	2	4	Kote (m)	Dybde (m)
$q_c$ (MPa)				$f_s$ (MPa)				$R_f$ (%)			
10	20	30	40	0.0	0.5	1.0	1.5				
$q_c$ (MPa)				$u$ (MPa)							

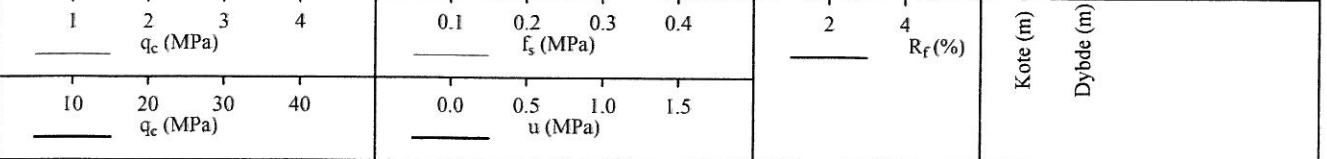
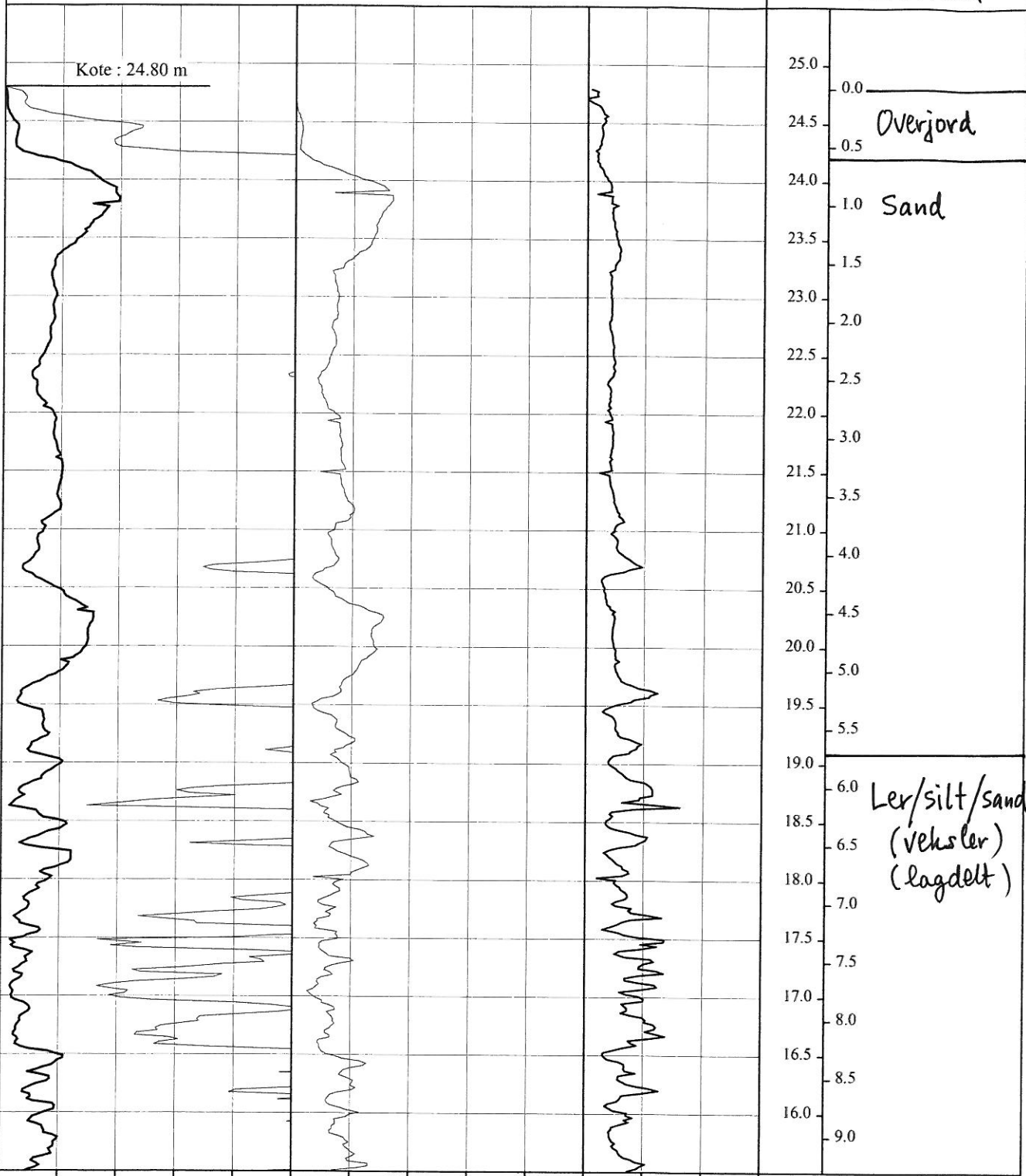
E :	Sonde nr. : 060525	Rig : Landrig
N :	Sonde type : TSP	Udført af : BSM/ABA
Dato: 2008-01-28	Sonde areal : 10.0 cm <sup>2</sup>	Bemærkning :

GEO Projekt : 31029 Dronninglund

Udført : BSM/ABA	Dato: 2008-01-28	Emne: CPT NR.:1
Kontrolleret : JDA	Dato: 2008-02-26	Side 2 / 2
Godkendt : KUB	Dato:	Rapport: 1 Bilag: 1.2 Rev.

CPT nr. : 2

TOLKNING:



E :	Sonde nr. : 060525	Rig : Landrig
N :	Sonde type : TSP	Udført af : BSM/ABA
Dato: 2008-01-28	Sonde areal : 10.0 cm <sup>2</sup>	Bemærkning :

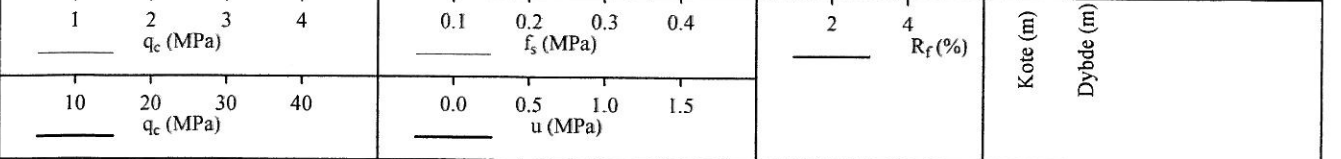
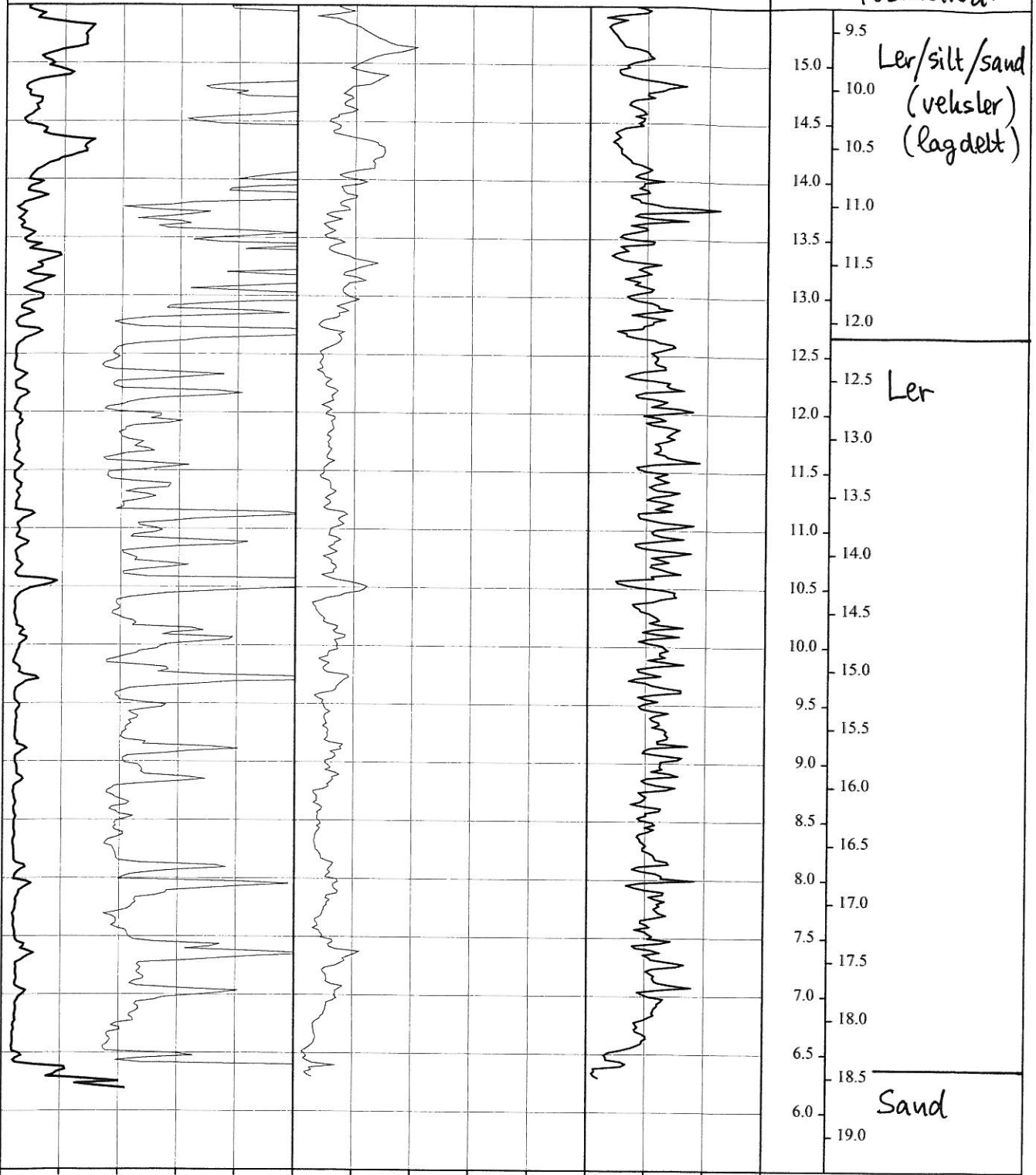
**GEO** Projekt : 31029 Dronninglund

Udført : BSM/ABA	Dato: 2008-01-28	Emne: CPT NR.:2
Kontrolleret : <i>ABA</i>	Dato: <i>2008-02-26</i>	Side 1 / 2
Godkendt : <i>KLP</i>	Dato:	Rapport: <i>1</i> Bilag: <i>1,3</i> Rev.



CPT nr. : 2

TOLKNING:



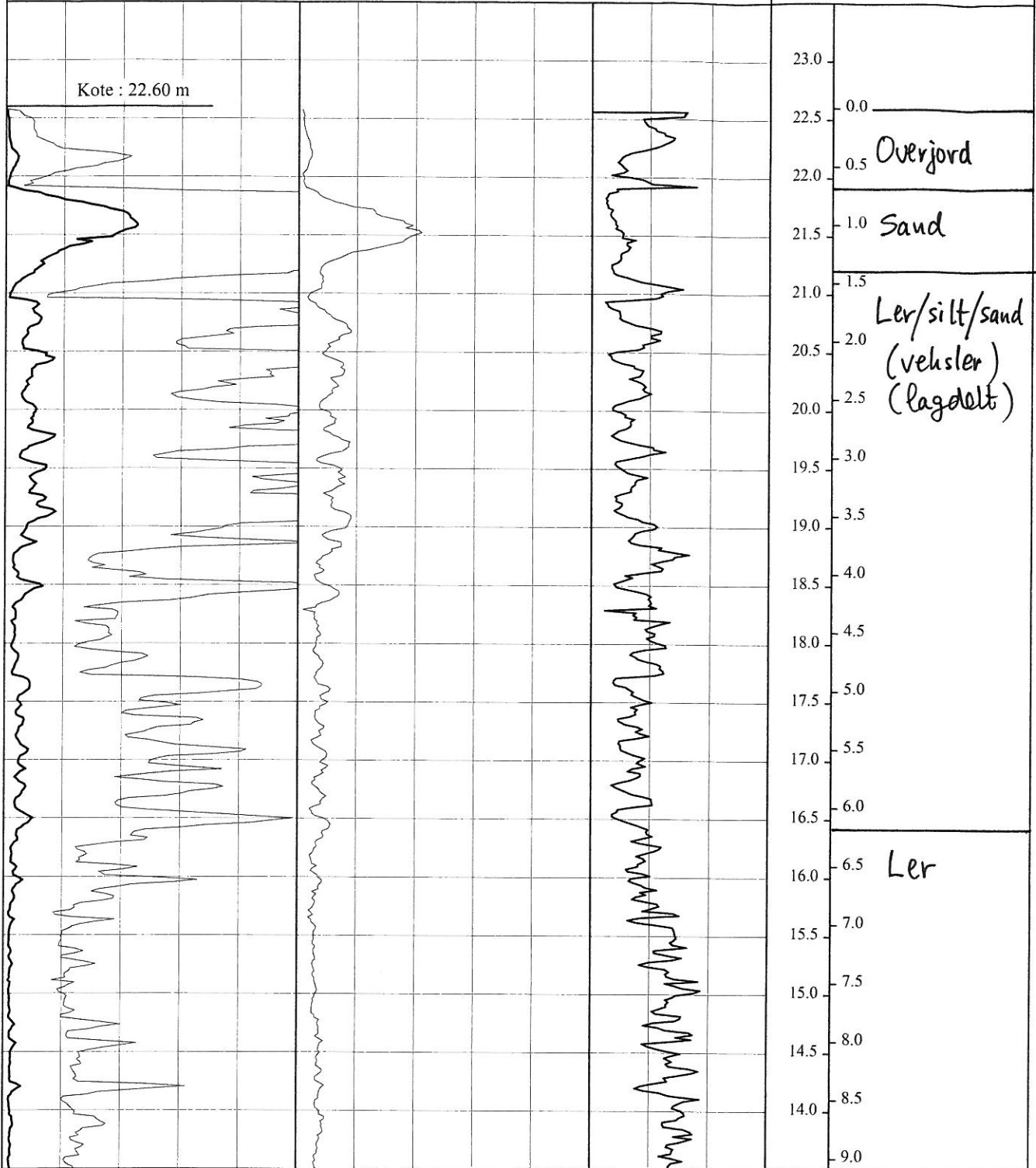
E :	Sonde nr. : 060525	Rig : Landrig
N :	Sonde type : TSP	Udført af : BSM/ABA
Dato: 2008-01-28	Sonde areal : 10.0 cm <sup>2</sup>	Bemærkning :

GEO Projekt : 31029 Dronninglund

Udført : BSM/ABA	Dato: 2008-01-28	Emne: CPT NR.:2
Kontrolleret : <i>ABA</i>	Dato: <i>2008-02-26</i>	Side 2 / 2
Godkendt : <i>KUB</i>	Dato:	Rapport: <i>1.</i> Bilag: <i>1.3</i> Rev.

CPT nr. : 3

TOLKNING:

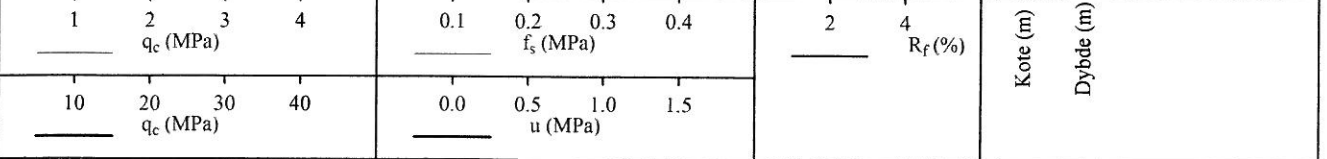
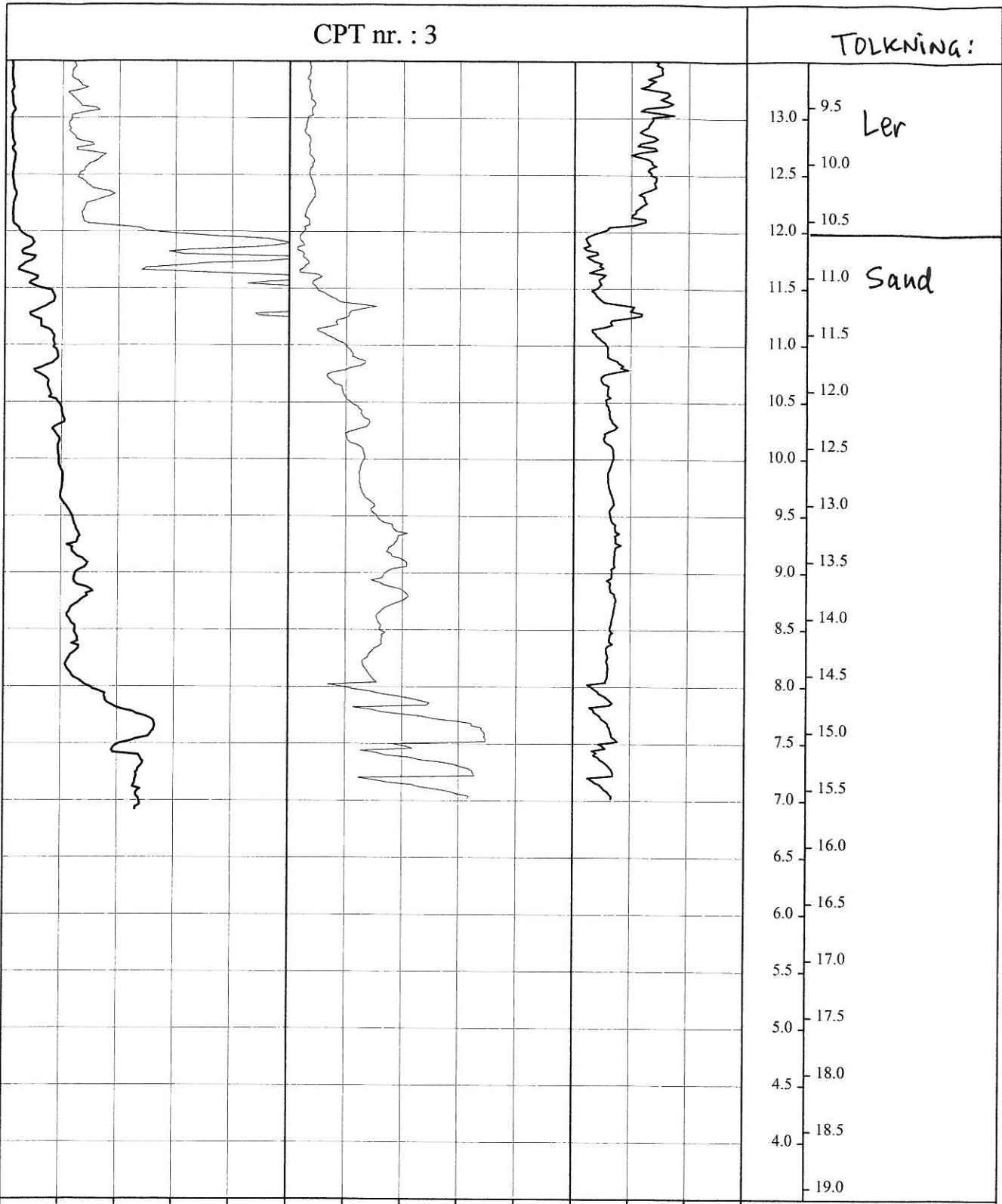


1 2 3 4 qc (MPa)	0.1 0.2 0.3 0.4 fs (MPa)	2 4 Rf (%)	Kote (m) Dybde (m)
10 20 30 40 qc (MPa)	0.0 0.5 1.0 1.5 u (MPa)		

E :	Sonde nr. : 060525	Rig : Landrig
N :	Sonde type : TSP	Udført af : BSM/ABA
Dato: 2008-01-28	Sonde areal : 10.0 cm <sup>2</sup>	Bemærkning :

GEO Projekt : 31029 Dronninglund

Udført : BSM/ABA	Dato: 2008-01-28	Emne: CPT NR.:3	
Kontrolleret : JDA	Dato: 2008-02-26		Side 1 / 2
Godkendt : KLB	Dato:	Rapport: 1	Bilag: 1.4
			Rev.



E :	Sonde nr. : 060525	Rig : Landrig
N :	Sonde type : TSP	Udført af : BSM/ABA
Dato: 2008-01-28	Sonde areal : 10.0 cm <sup>2</sup>	Bemærkning :

GEO

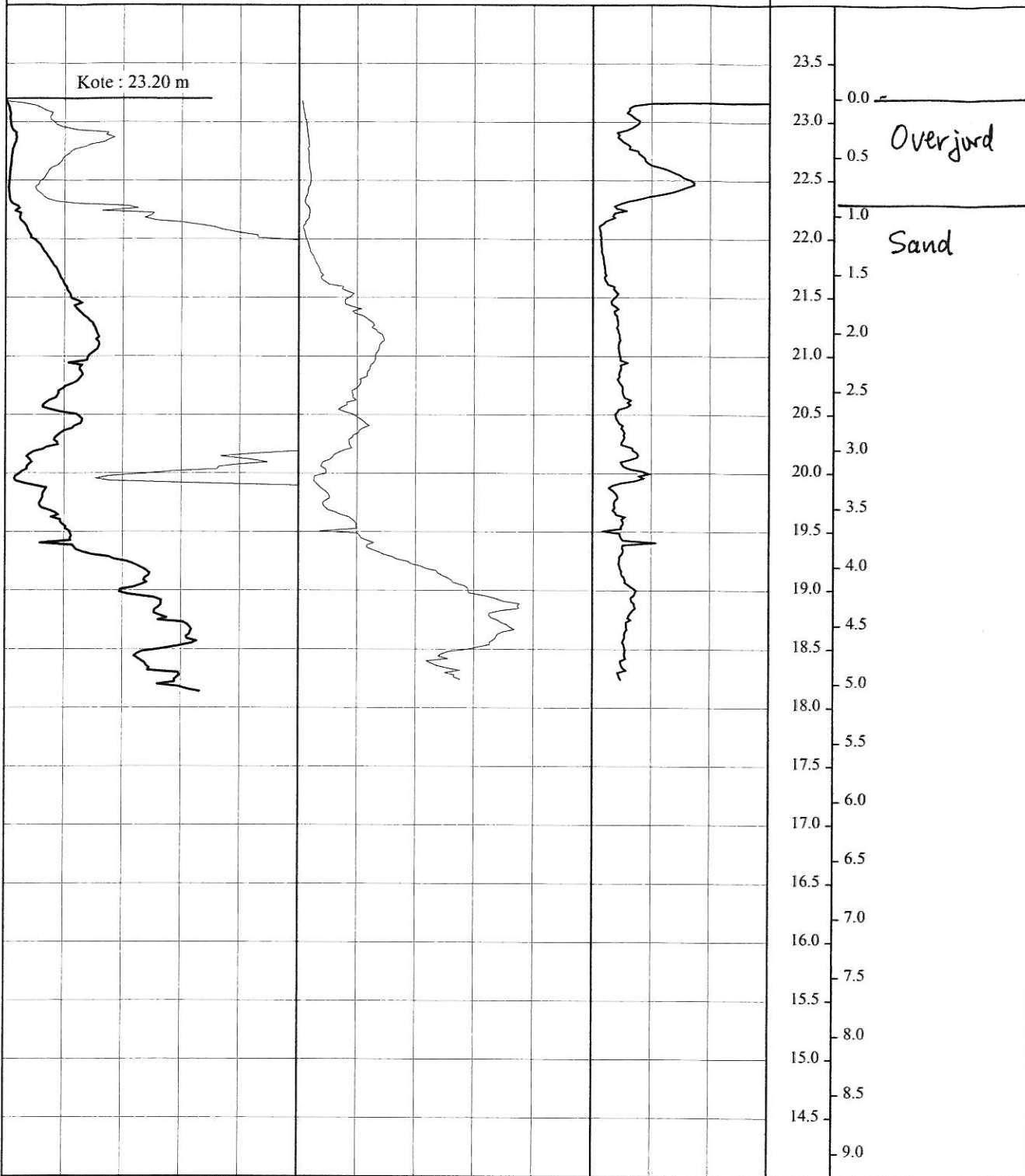
Projekt : 31029 Dronninglund

Udført : BSM/ABA	Dato: 2008-01-28	Emne: CPT NR.:3
Kontrolleret : <i>JDA</i>	Dato: <i>2008-02-26</i>	Side 2 / 2
Godkendt : <i>KLB</i>	Dato:	Rapport: <i>1</i> Bilag: <i>1.4</i> Rev.



CPT nr. : 4A

TOLKNING:

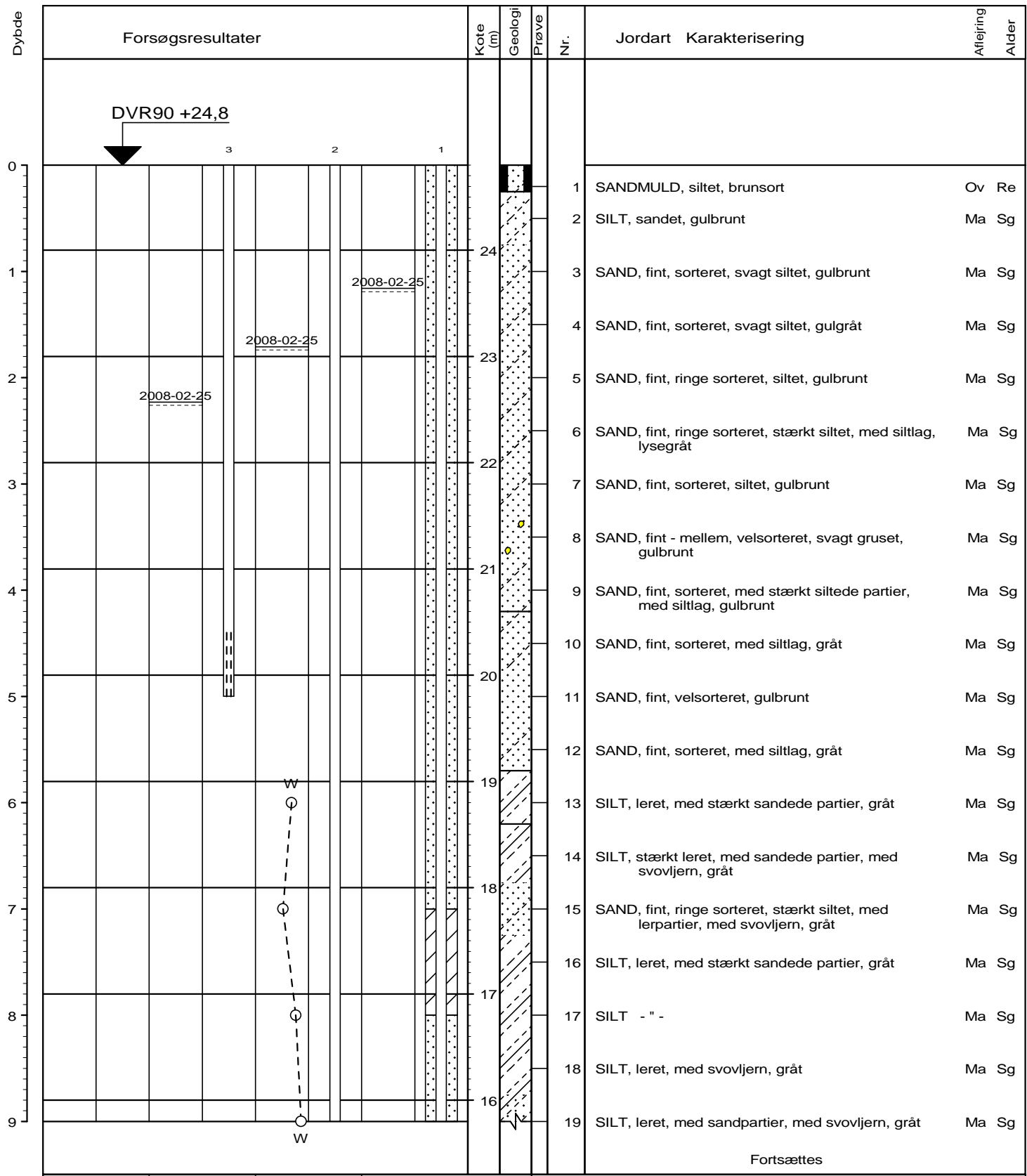


1 2 3 4 $q_c$ (MPa)	0.1 0.2 0.3 0.4 $f_s$ (MPa)	2 4 $R_f$ (%)	Kote (m) Dybde (m)
10 20 30 40 $q_c$ (MPa)	0.0 0.5 1.0 1.5 $u$ (MPa)		

E :	Sonde nr. : 060525	Rig : Landrig
N :	Sonde type : TSP	Udført af : BSM/ABA
Dato: 2008-01-28	Sonde areal : 10.0 cm <sup>2</sup>	Bemærkning : Flyttet 3m imod CPT 2

CEO Projekt : 31029 Dronninglund

Udført : BSM/ABA	Dato: 2008-01-28	Emne: CPT NR.:4A
Kontrolleret : JBA	Dato: 2008-02-26	Side 1 / 1
Godkendt : KUB	Dato:	Rapport: 1 Bilag: 1.6 Rev.



Fortsættes

○ 10 20 30 W (%)

Boremethode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

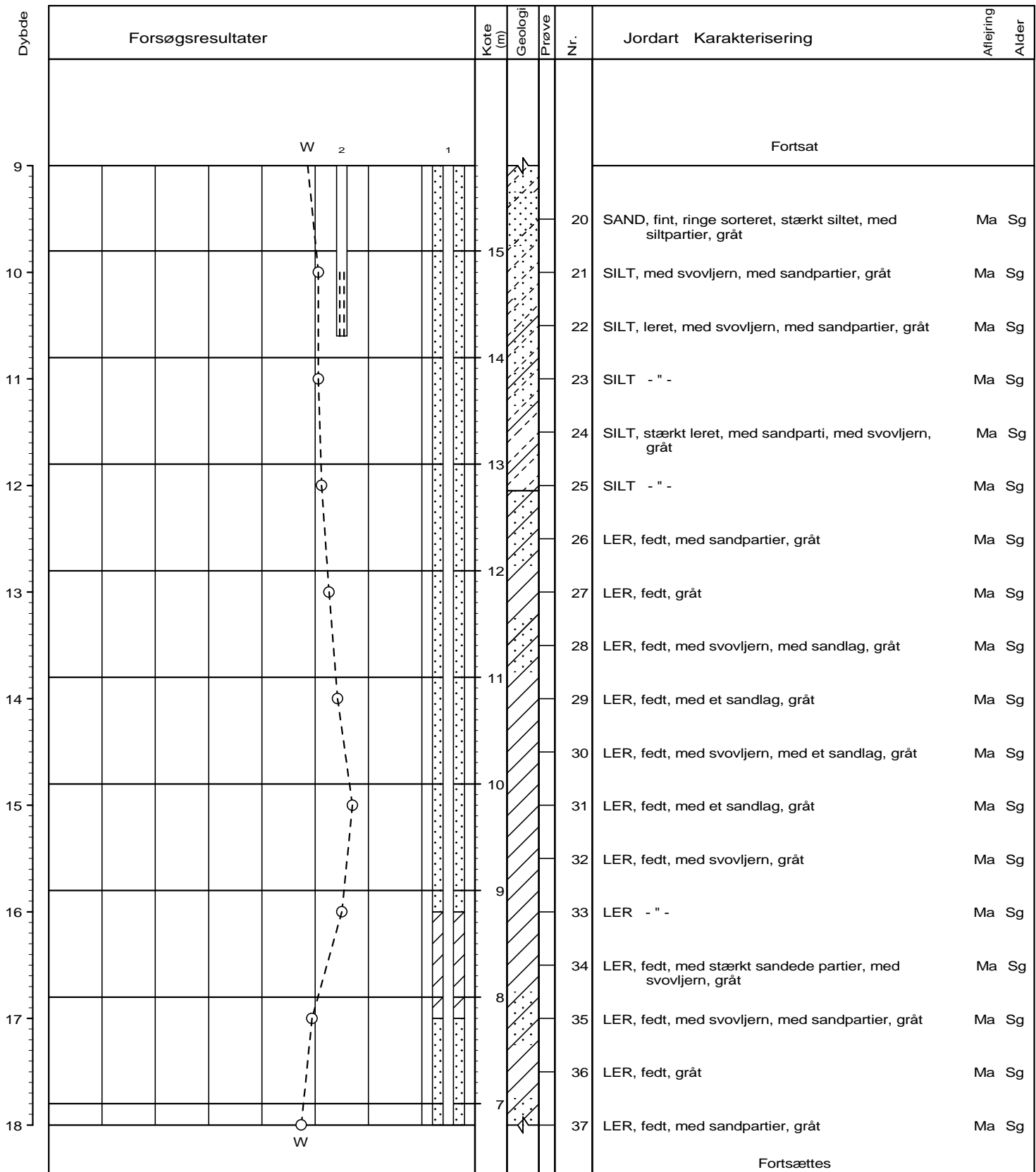
Sag : 31029 Dronninglund. Nordre Ringgade  
 Ing. Geolog :PBF Boret af : GEO ABA Dato : 2008-01-31 DGU-nr.: Boring : 2  
 Udarb. af : ANC Kontrol : JDA Godkendt : NIO Dato : 2008-02-27 Bilag : 1.7 s. 1 / 3



Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - PSTGDK 2.0 - 07/01/2010 10:15:11



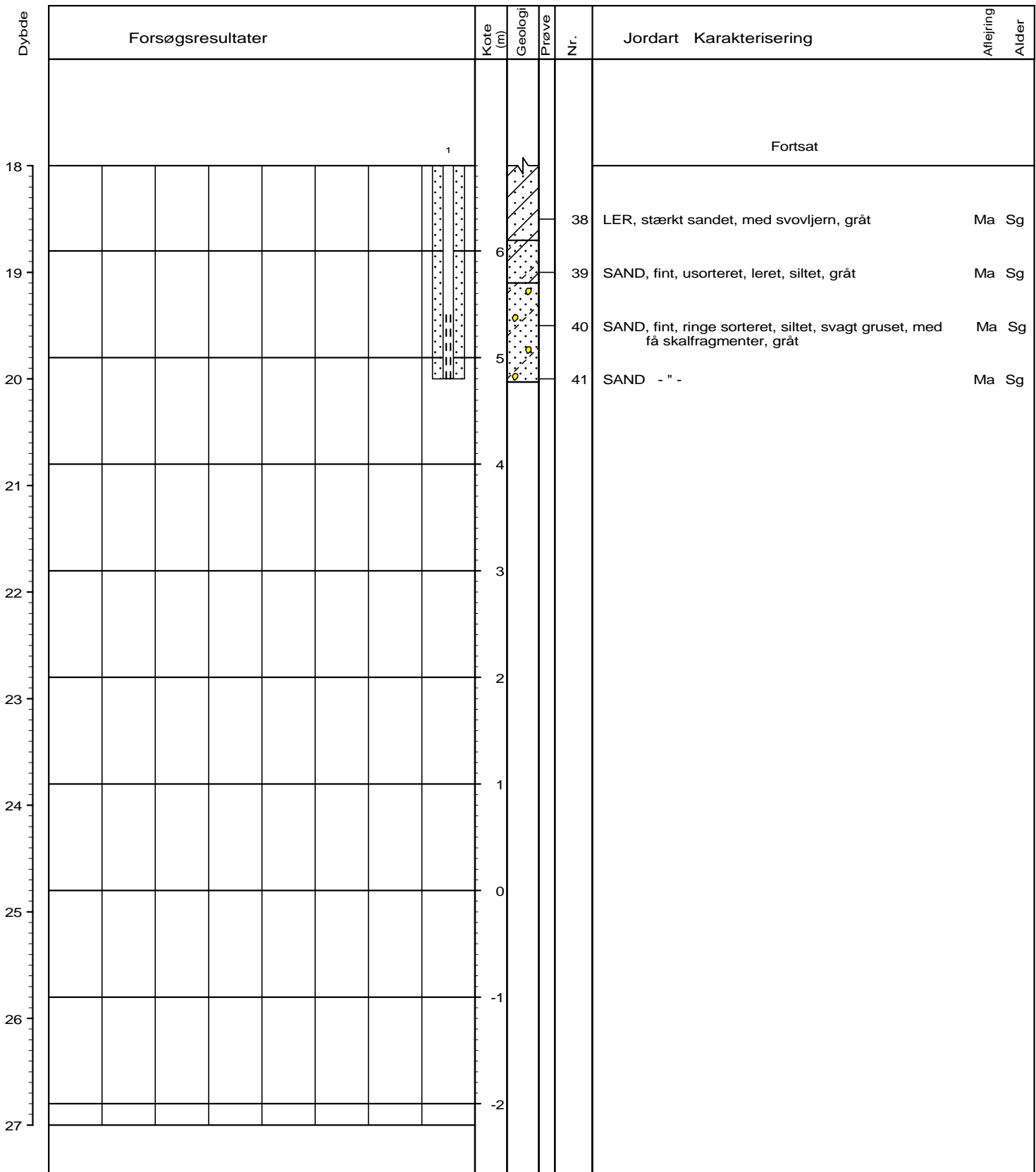
○	10	20	30	W (%)
Boremetode : Foret rotationsboring 6"				
Plan :				

**Sag : 31029**      **Dronninglund. Nordre Ringgade**  
 Ing. Geolog :PBF      Boret af : GEO ABA      Dato : 2008-01-31      DGU-nr.:      Boring : 2  
 Udarb. af : ANC      Kontrol : JDA      Godkendt : NIO      Dato : 2008-02-27      Bilag : 1.7      s. 2 / 3


 Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144 , www.geo.dk

**Boreprofil**

BRegister - PSTGDK 2.0 - 07/01/2010 10:15:11



0 10 20 30 W (%)

Boremetode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

Sag : 31029 Dronninglund. Nordre Ringgade  
 Ing. Geolog :PBF Boret af : GEO ABA Dato : 2008-01-31 DGU-nr.: Boring : 2  
 Udarb. af : ANC Kontrol : JDA Godkendt : NIO Dato : 2008-02-27 Bilag : 1.7 s. 3 / 3

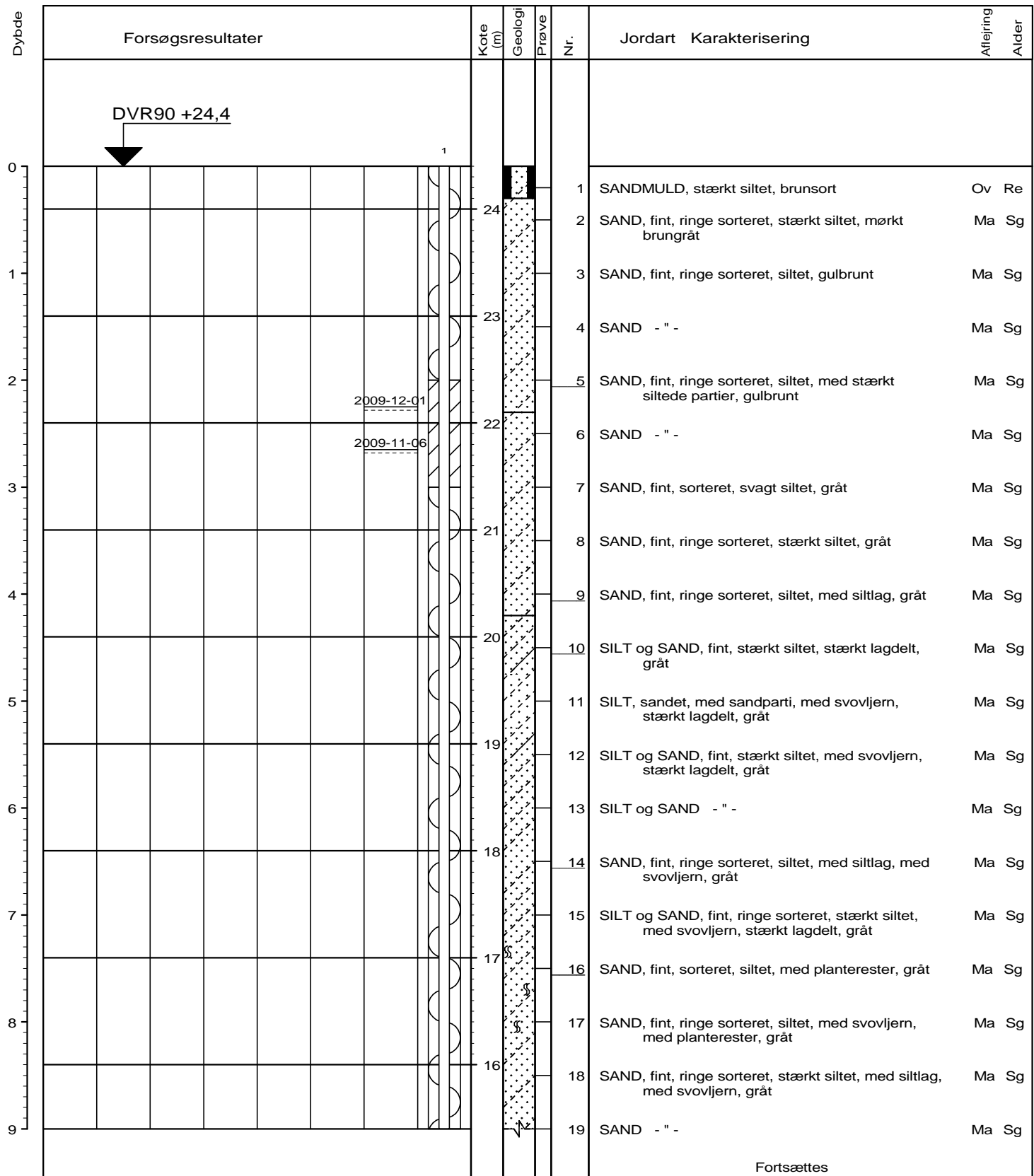


Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - PSTGDK 2.0 - 07/01/2010 10:15:11





Boremethode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

Sag : 31029

Dronninglund. Nordre Ringgade

Ing. Geolog :PBF

Boret af : GEO ABA

Dato : 2009-10-29

DGU-nr.:

Boring : 5

Udarb. af : ANC

Kontrol : JDA

Godkendt : NIO

Dato : 2009-12-14

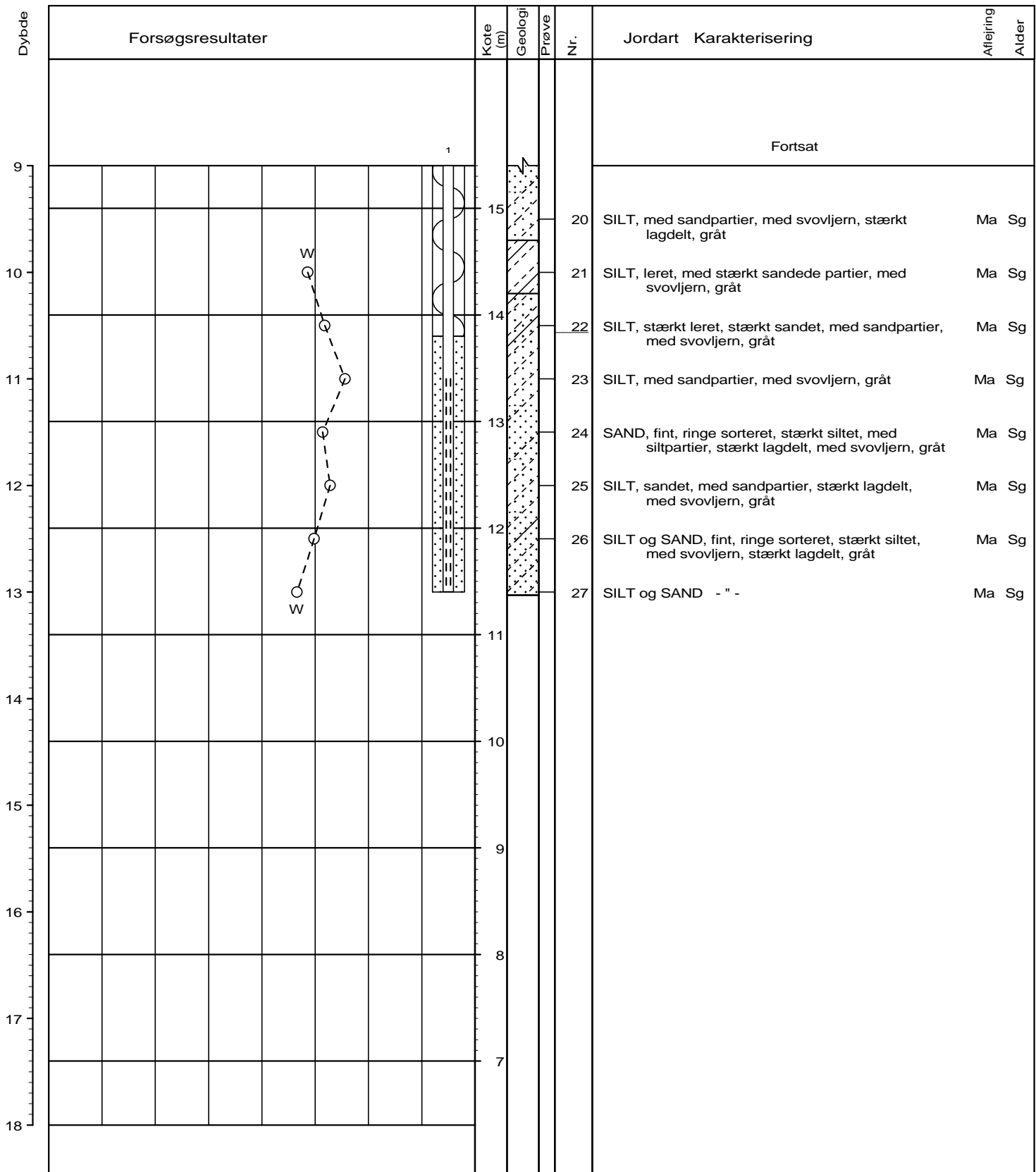
Bilag : 2.2

s. 1 / 2



Danalien 1, 9000 Aalborg  
tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil



○ 10 20 30 W (%)

Boremetode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

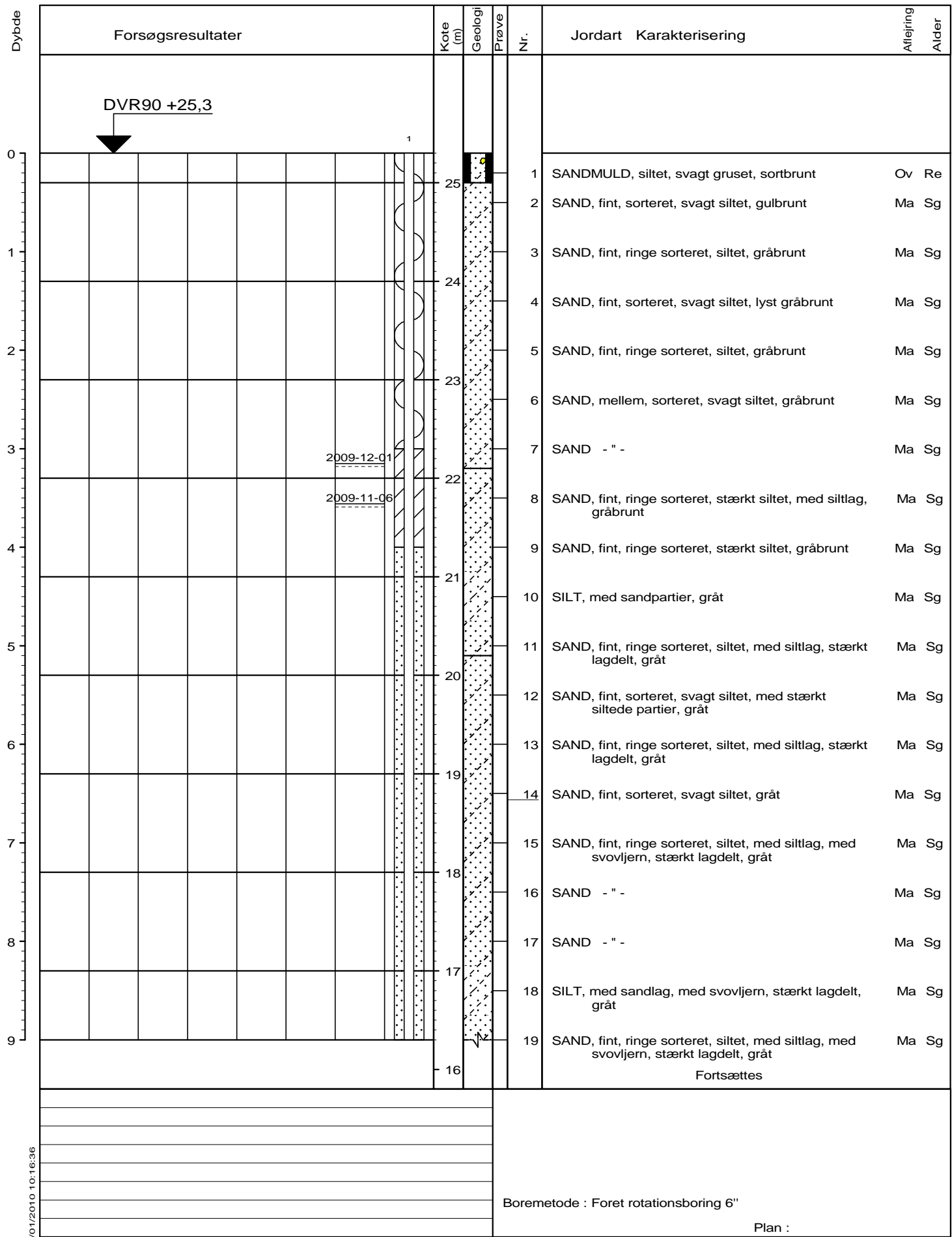
Sag : 31029 Dronninglund. Nordre Ringgade  
 Ing. Geolog :PBF Boret af : GEO ABA Dato : 2009-10-29 DGU-nr.: Boring : 5  
 Udarb. af : ANC Kontrol : JDA Godkendt : NIO Dato : 2009-12-14 Bilag : 2.2 s. 2 / 2



Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - PSTGDK 2.0 - 07/01/2010 10:15:56



Boremethode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

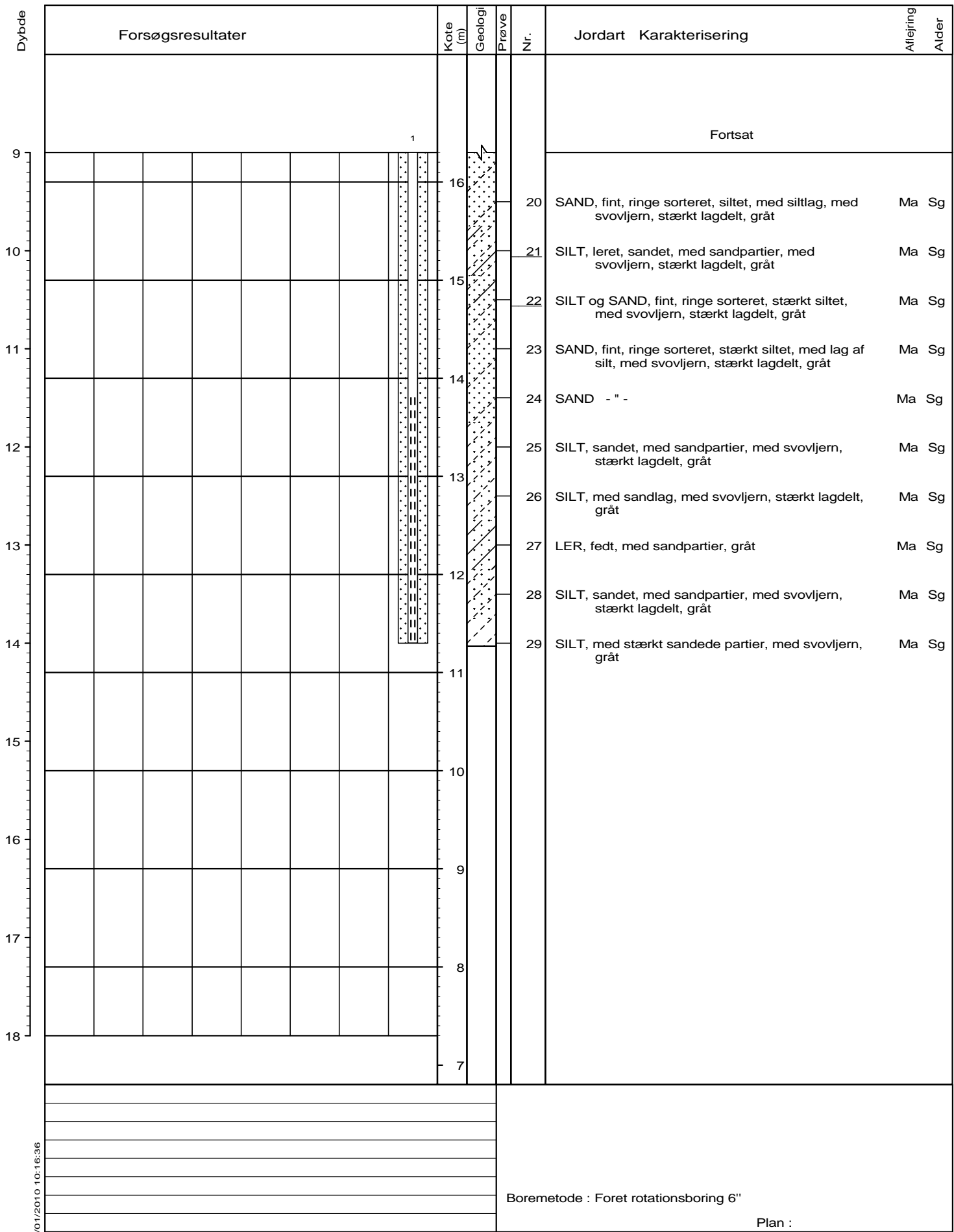
Sag : 31029 Dronninglund. Nordre Ringgade  
 Ing. Geolog :PBF Boret af : GEO ABA Dato : 2009-10-28 DGU-nr.: Boring : 6  
 Udarb. af : ANC Kontrol : JDA Godkendt : NIO Dato : 2009-12-14 Bilag : 2.3 s. 1 / 2



Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - PSTGDK 2.0 - 07/01/2010 10:16:36



Boremetode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

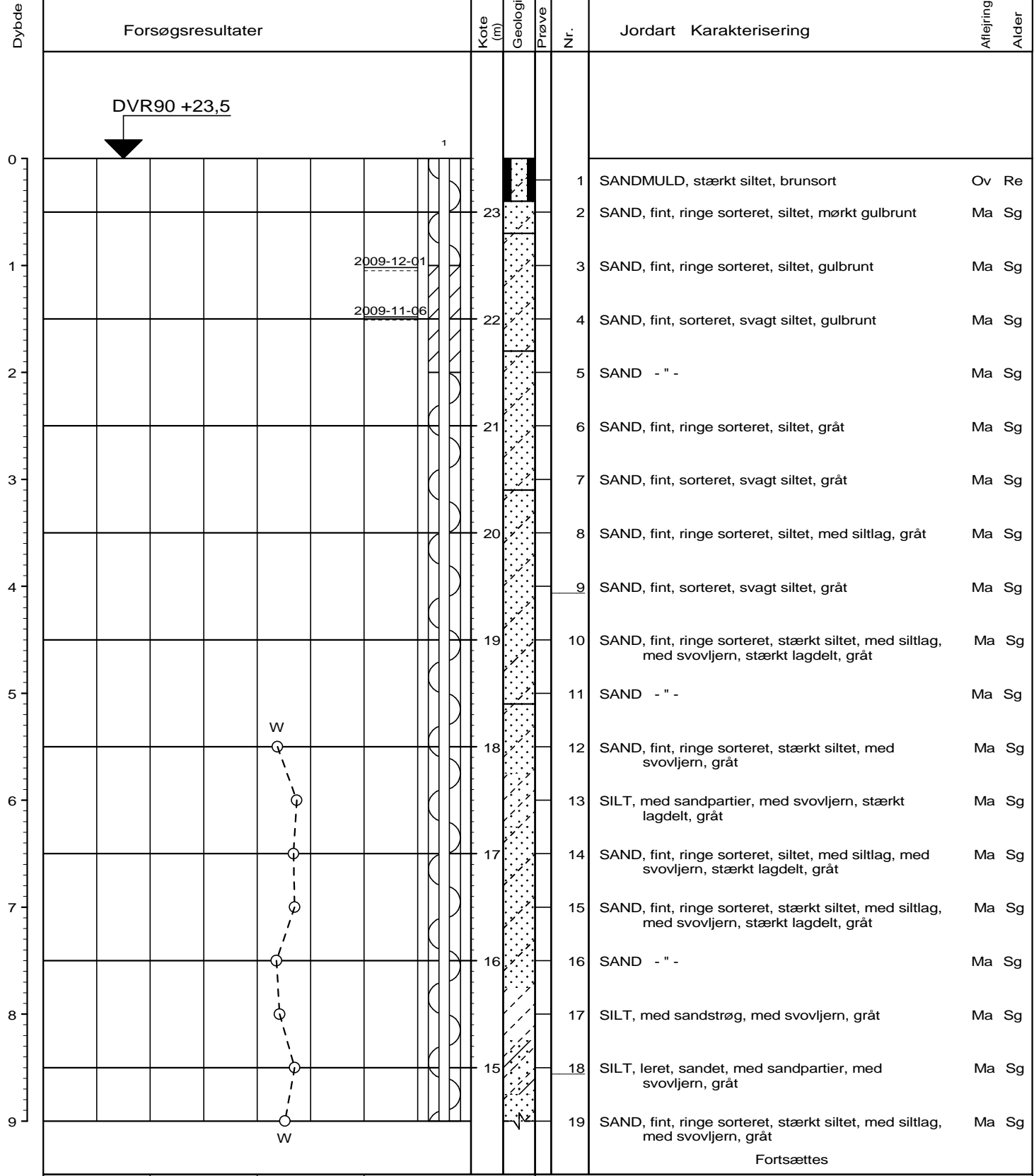
Sag : 31029 Dronninglund. Nordre Ringgade  
 Ing. Geolog :PBF Boret af : GEO ABA Dato : 2009-10-28 DGU-nr.: Boring : 6  
 Udarb. af : ANC Kontrol : JDA Godkendt : NIO Dato : 2009-12-14 Bilag : 2.3 s. 2 / 2



Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - PSTGDK 2.0 - 07/01/2010 10:16:36



Fortsættes

0 10 20 30 W (%)

Boremethode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

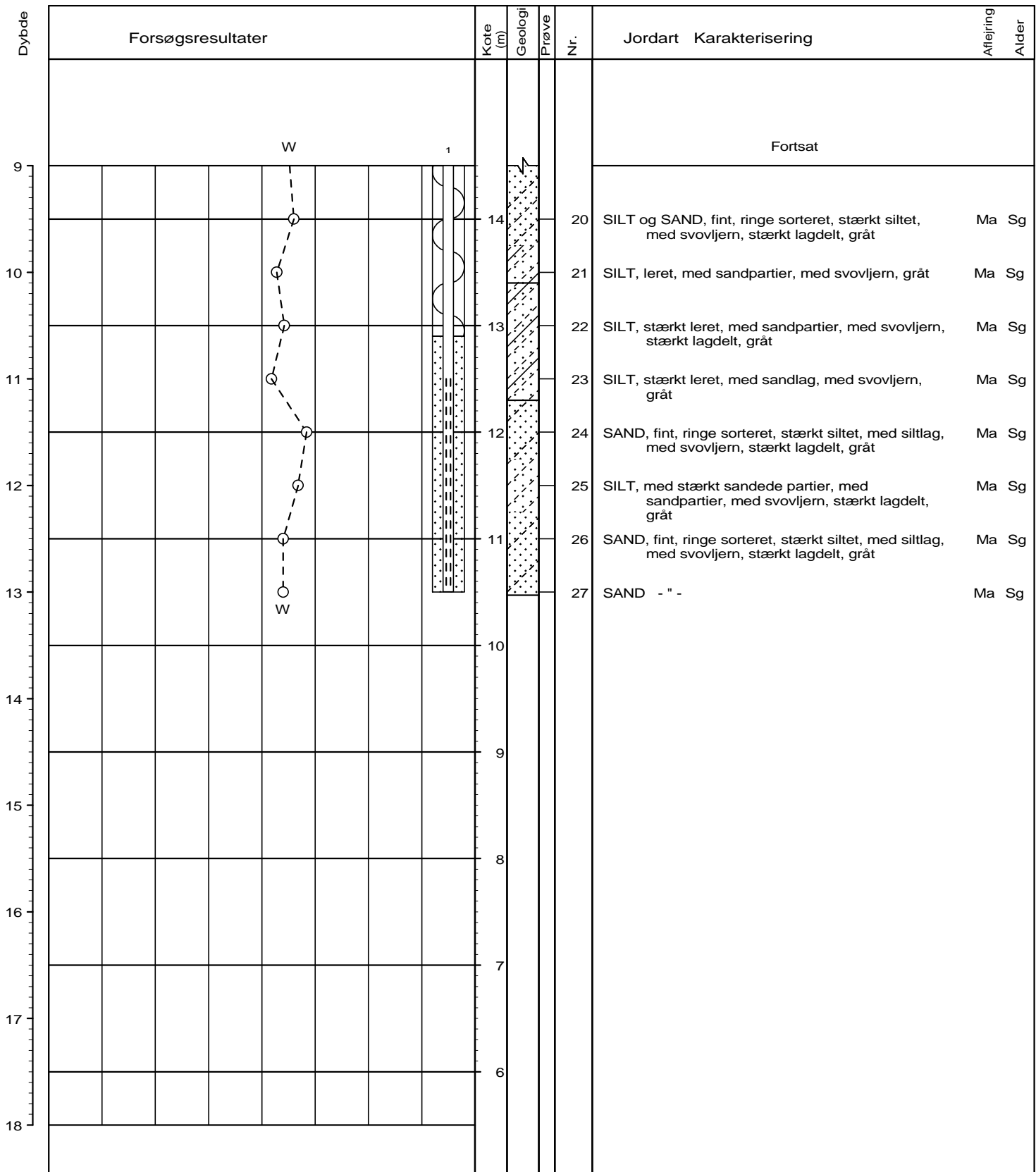
Sag : 31029 Dronninglund. Nordre Ringgade  
 Ing. Geolog :PBF Boret af : GEO ABA Dato : 2009-10-26 DGU-nr.: Boring : 7  
 Udarb. af : ANC Kontrol : JDA Godkendt : NIO Dato : 2009-12-14 Bilag : 2.4 s. 1 / 2



Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - PSTGDK 2.0 - 07/01/2010 10:17:20



0 10 20 30 W (%)

Boremetode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

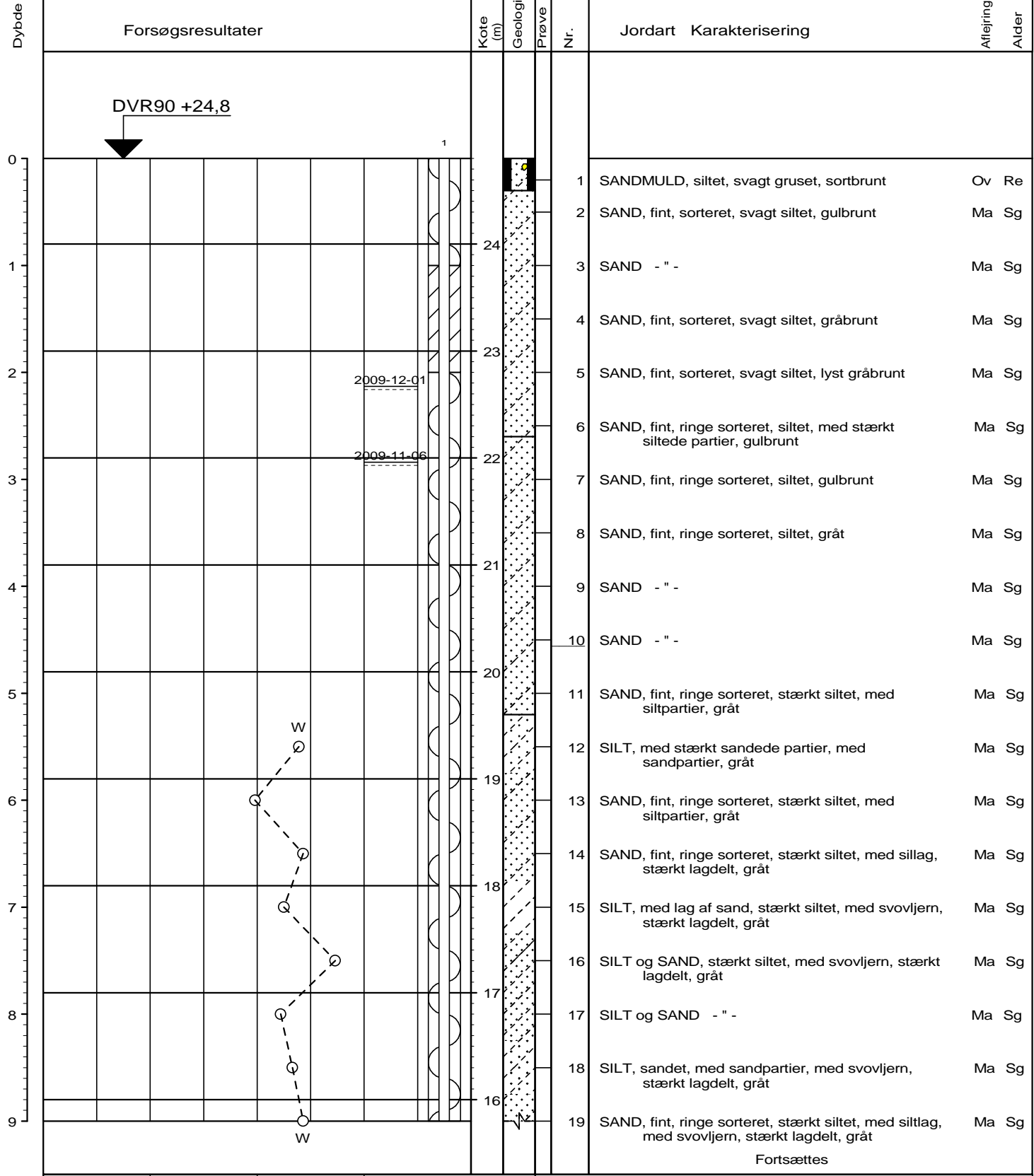
Sag : 31029 Dronninglund. Nordre Ringgade  
 Ing. Geolog :PBF Boret af : GEO ABA Dato : 2009-10-26 DGU-nr.: Boring : 7  
 Udarb. af : ANC Kontrol : JDA Godkendt : NIO Dato : 2009-12-14 Bilag : 2.4 s. 2 / 2



Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - PSTGDK 2.0 - 07/01/2010 10:17:20



0 10 20 30 W (%)

Boremethode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

Sag : 31029 Dronninglund. Nordre Ringgade

Ing. Geolog :PBF Boret af : GEO ABA Dato : 2009-10-27 DGU-nr.: Boring : 8

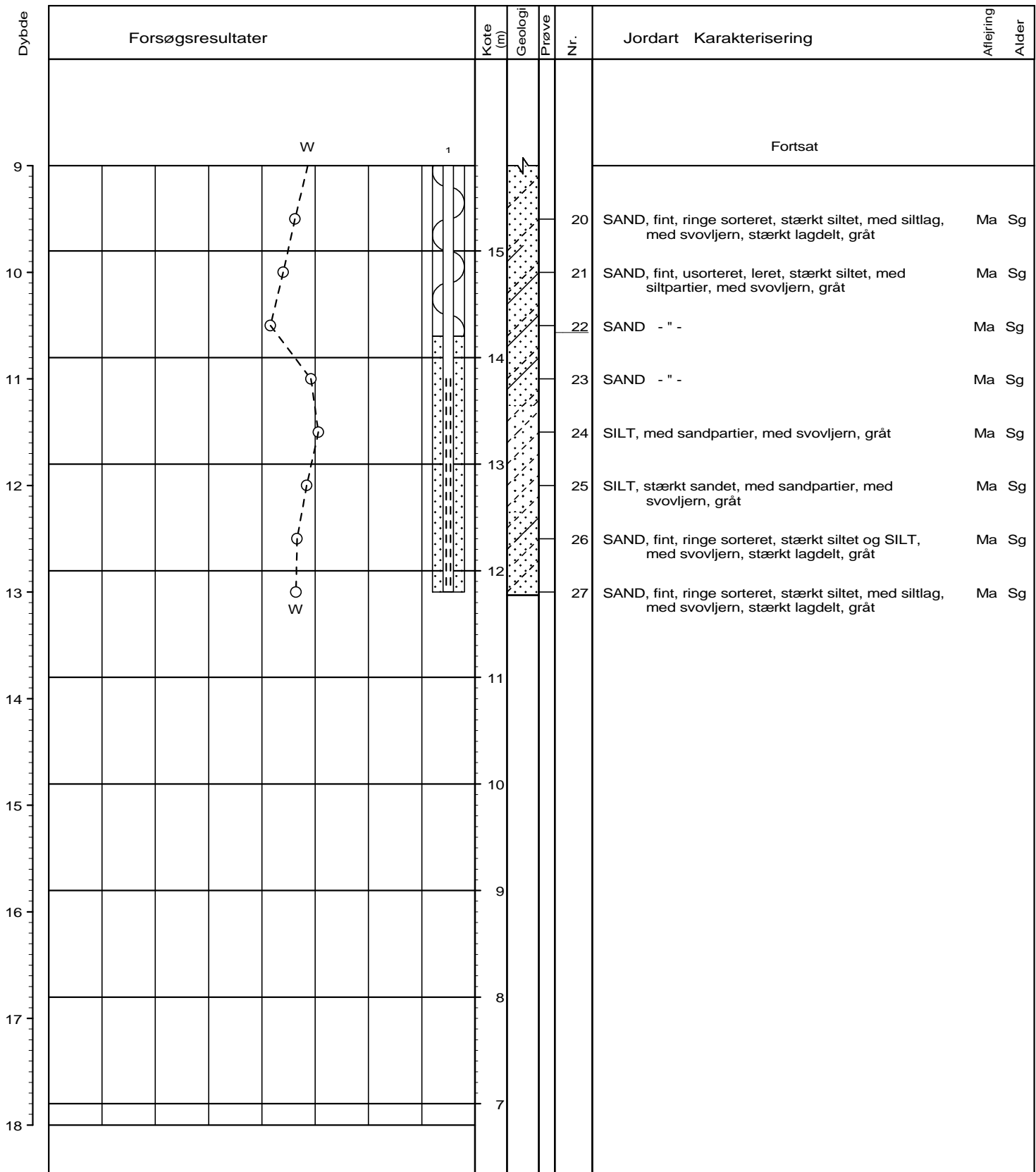
Udarb. af : ANC Kontrol : JDA Godkendt : NIO Dato : 2009-12-14 Bilag : 2.5 s. 1 / 2



Danalien 1, 9000 Aalborg  
tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - PSTGDK 2.0 - 07/01/2010 10:18:03



0 10 20 30 W (%)

Boremetode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

Sag : 31029 Dronninglund. Nordre Ringgade  
 Ing. Geolog :PBF Boret af : GEO ABA Dato : 2009-10-27 DGU-nr.: Boring : 8  
 Udarb. af : ANC Kontrol : JDA Godkendt : NIO Dato : 2009-12-14 Bilag : 2.5 s. 2 / 2

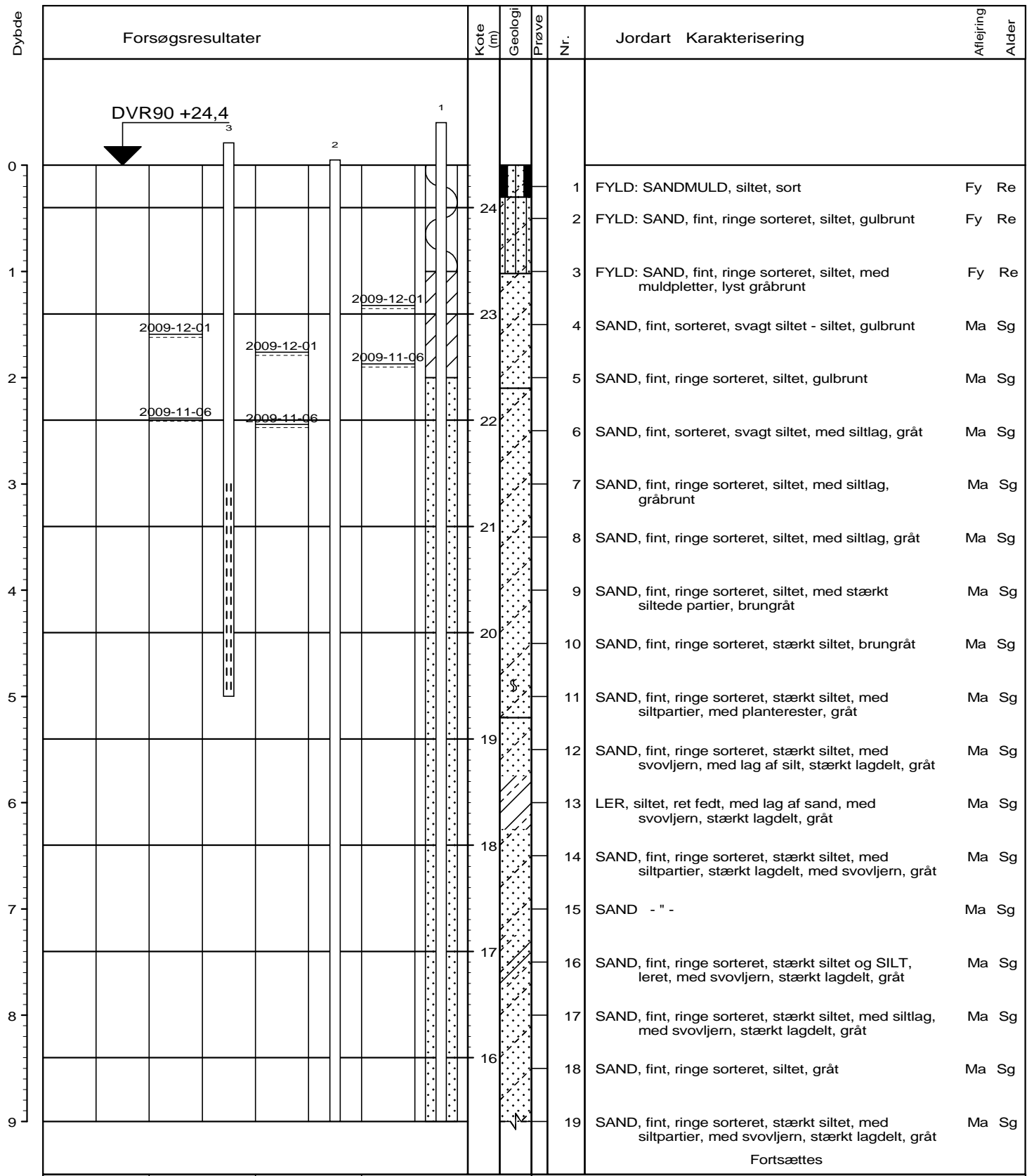


Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - PSTGDK 2.0 - 07/01/2010 10:18:03





Fortsættes

0 10 20 30 W (%)

Boremethode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

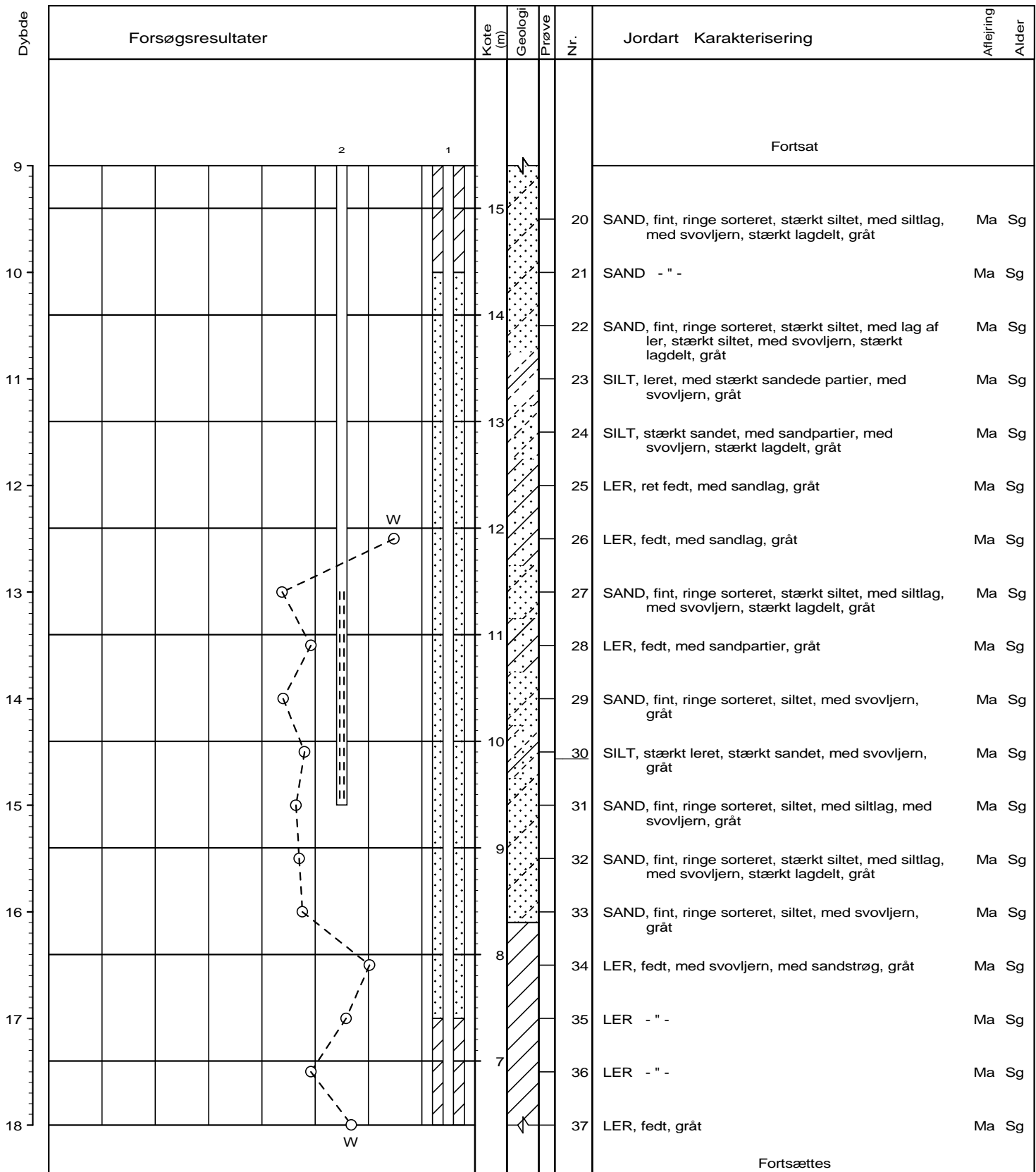
Sag : 31029 Dronninglund. Nordre Ringgade  
 Ing. Geolog :PBF Boret af : GEO ABA Dato : 2009-11-03 DGU-nr.: Boring : 9  
 Udarb. af : ANC Kontrol : JDA Godkendt : Dato : Bilag : 2.6 s. 1 / 3



Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - PSTGDK 2.0 - 07/01/2010 10:18:55



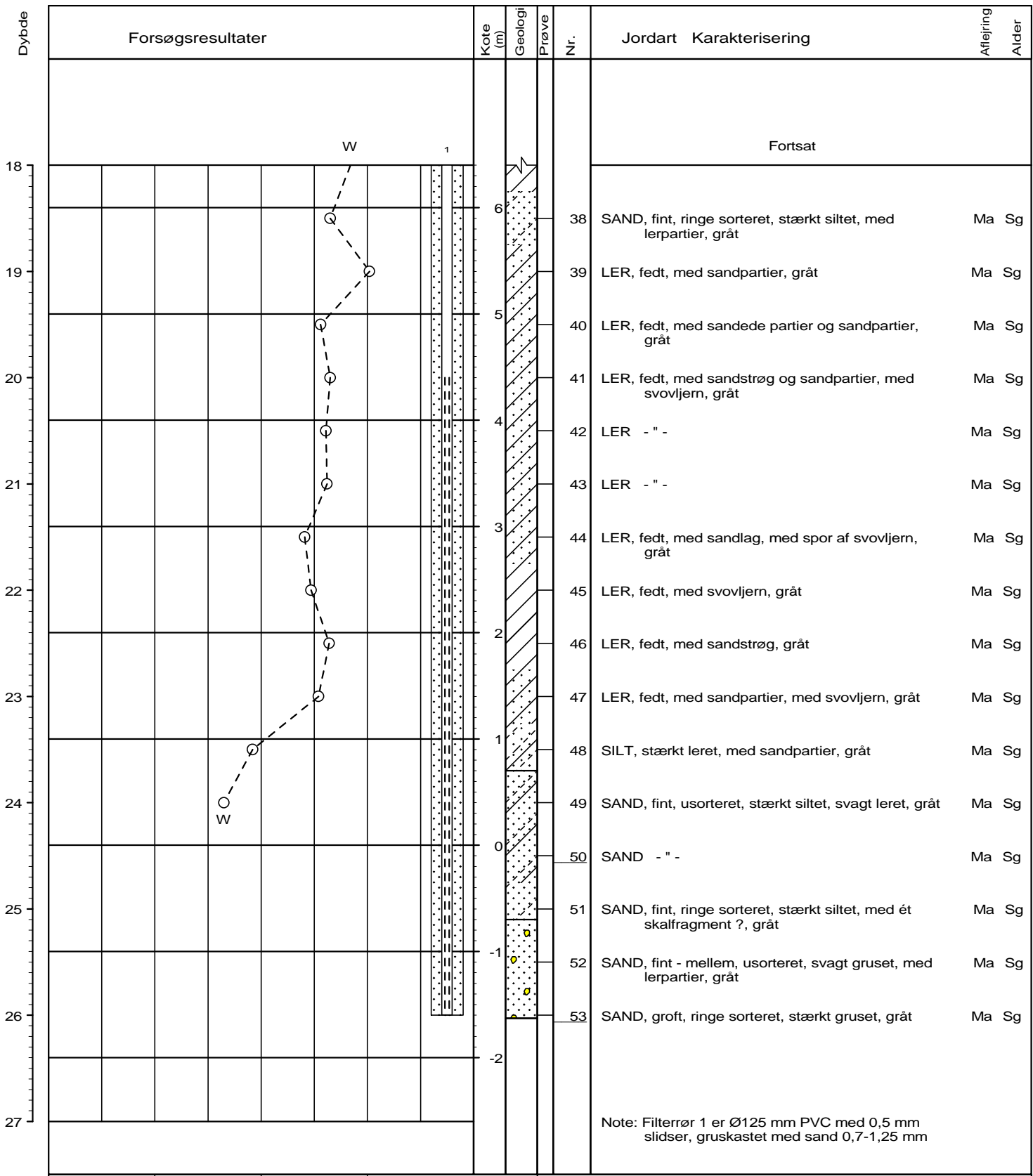
○	10	20	30	W (%)
Boremetode : Foret rotationsboring 6"				
Plan :				

**Sag : 31029**      **Dronninglund. Nordre Ringgade**  
 Ing. Geolog :PBF      Boret af : GEO ABA      Dato : 2009-11-03      DGU-nr.:      **Boring : 9**  
 Udarb. af : ANC      Kontrol : JDA      Godkendt :      Dato :      Bilag : 2.6      s. 2 / 3


 Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144 , www.geo.dk

**Boreprofil**

BRRegister - PSTGDK 2.0 - 07/01/2010 10:18:55



○ 10 20 30 W (%)

Boremetode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

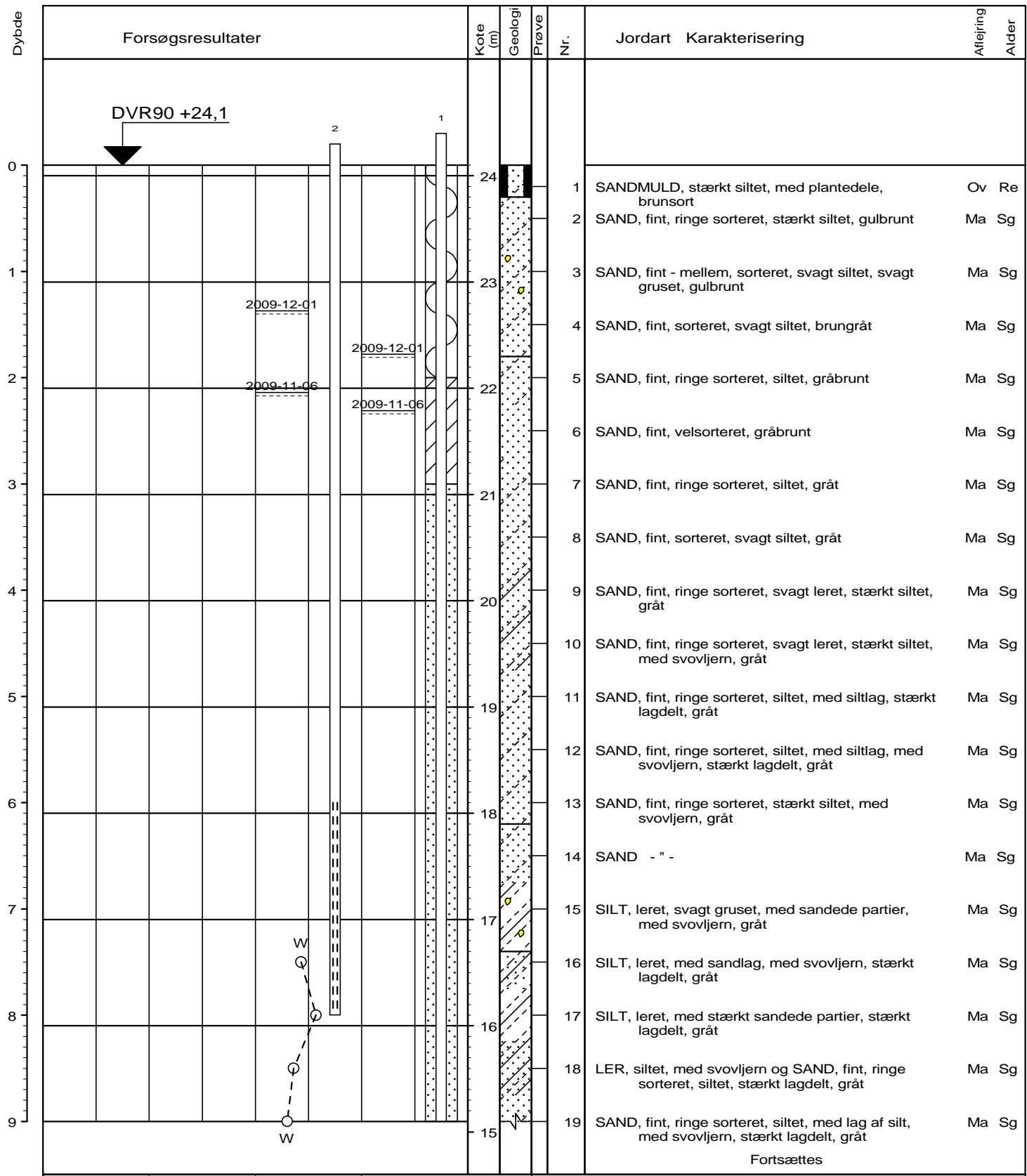
Sag : 31029 Dronninglund. Nordre Ringgade  
 Ing. Geolog : PBF Boret af : GEO ABA Dato : 2009-11-03 DGU-nr.: Boring : 9  
 Udarb. af : ANC Kontrol : JDA Godkendt : Dato : Bilag : 2.6 s. 3 / 3



Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - PSTGDK 2.0 - 07/01/2010 10:18:55



Fortsættes

0 10 20 30 W (%)

Boremethode : Foret rotationsboring 8"

Plan :

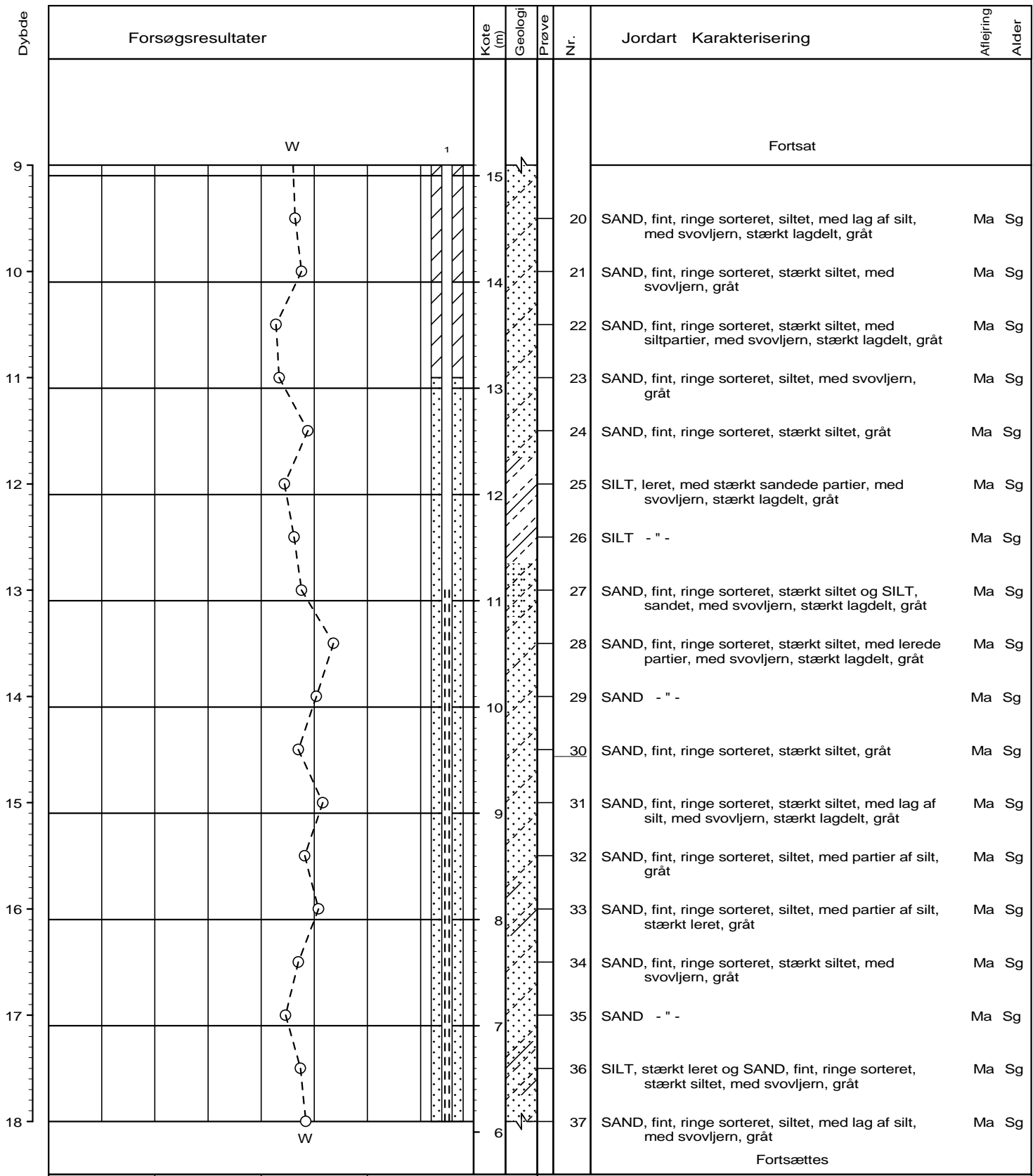
Sag : 31029 Dronninglund. Nordre Ringgade  
 Ing. Geolog :PBF Boret af : GEO ABA Dato : 2009-10-29 DGU-nr.: Boring : 10  
 Udarb. af : ANC Kontrol : JDA Godkendt : NIO Dato : 2009-12-14 Bilag : 2.7 s. 1 / 3



Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil

BRRegister - PSTGDK 2.0 - 07/01/2010 10:13:05



0 10 20 30 W (%)

Boremethode : Foret rotationsboring 8"

Plan :

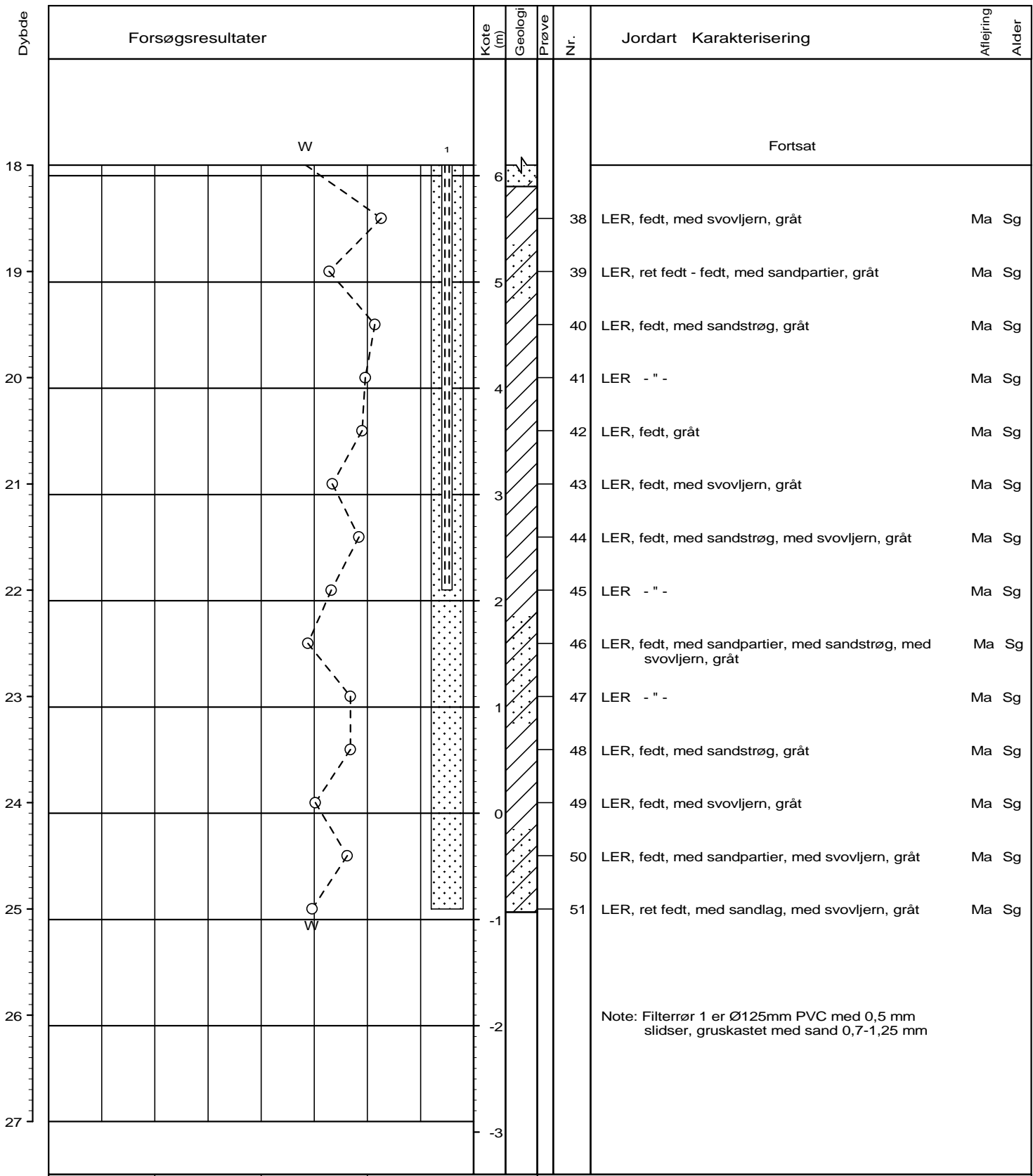
Sag : 31029 Dronninglund. Nordre Ringgade  
 Ing. Geolog :PBF Boret af : GEO ABA Dato : 2009-10-29 DGU-nr.: Boring : 10  
 Udarb. af : ANC Kontrol : JDA Godkendt : NIO Dato : 2009-12-14 Bilag : 2.7 s. 2 / 3



Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - PSTGDK 2.0 - 07/01/2010 10:13:05



0 10 20 30 W (%)

Boremethode : Foret rotationsboring 8"

Plan :

Sag : 31029 Dronninglund, Nordre Ringgade  
 Ing. Geolog : PBF Boret af : GEO ABA Dato : 2009-10-29 DGU-nr.: Boring : 10  
 Udarb. af : ANC Kontrol : JDA Godkendt : NIO Dato : 2009-12-14 Bilag : 2.7 s. 3 / 3



Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - PSTGDK 2.0 - 07/01/2010 10:13:05

Forsøg : HAA  
 Kontrol : GSJ  
 Godkendt : JDA

Dato : 09/12/02  
 Dato : 09/12/08  
 Dato : 09/12/17

Sag : 31029

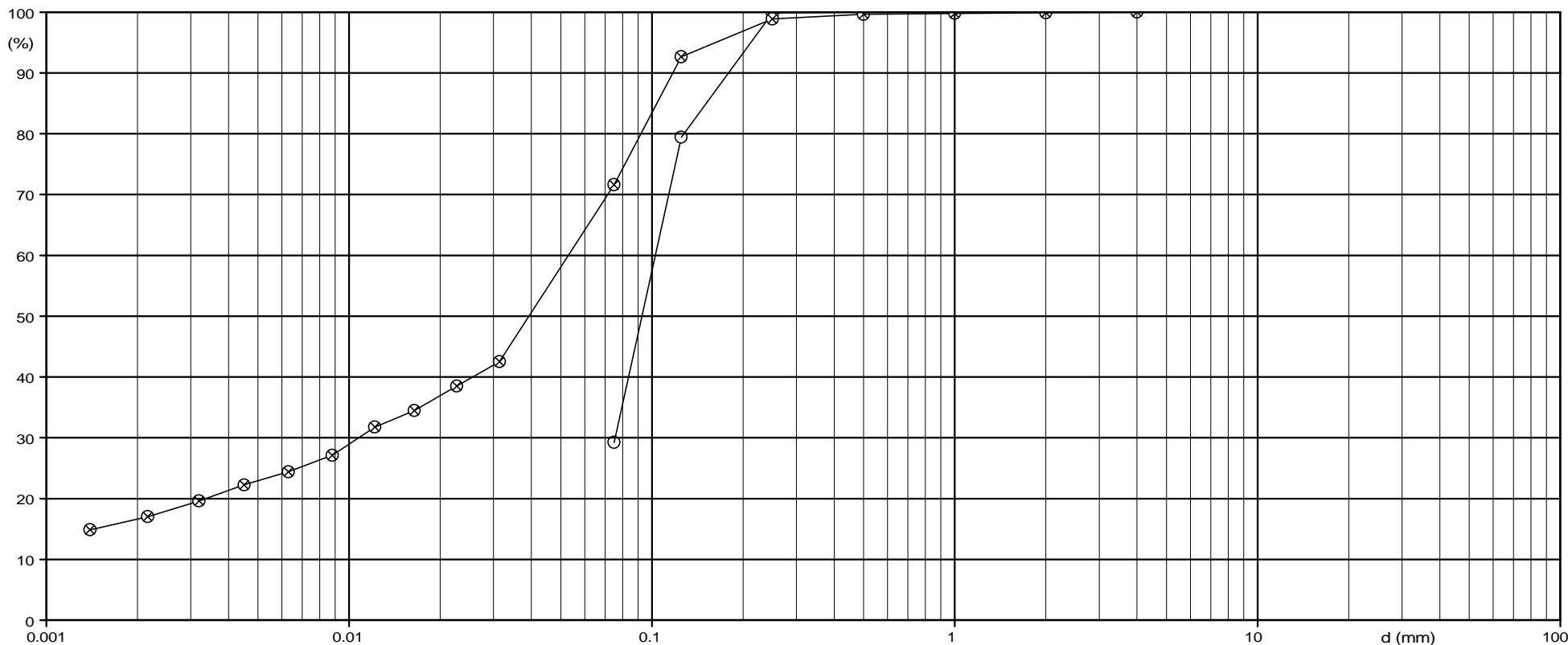
Dronninglund, Nordre Ringgade

Bilag nr. : 02.8 S. 1 / 1



Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144, www.geo.dk

KORNKURVE



	FIN	MELLEM	GROV	FIN	MELLEM	GROV	FIN	MELLEM	GROV	
LER	SILT			SAND			GRUS			STEN

Boring/Prøve Nr. :	5 / 16	5 / 22	/	/	/
Kurvesignatur	○	⊗			
Geologi	SAND	SILT			
Middelkornstørrelse $d_{50}$ (mm)	0,0926	0,0393			
Uensformighedstal $d_{60}$ (mm) / $d_{10}$ (mm)	/ =	/ =	/ =	/ =	/ =
Plasticitetsindex $W_L - W_P = I_P$ (%)	- =	- =	- =	- =	- =
Aktivitet $I_P$ (%) / ler (%) = $I_A$	/ =	/ 16,6 =	/ =	/ =	/ =
CaCO <sub>3</sub> (%)					
Kornrumvægt $d_s$					
Sandækvivalent SE					
Note					

Forsøg : HAA  
 Kontrol : GSJ  
 Godkendt : JDA

Dato : 09/202  
 Dato : 09/208  
 Dato : 09/1217

Sag : 31029

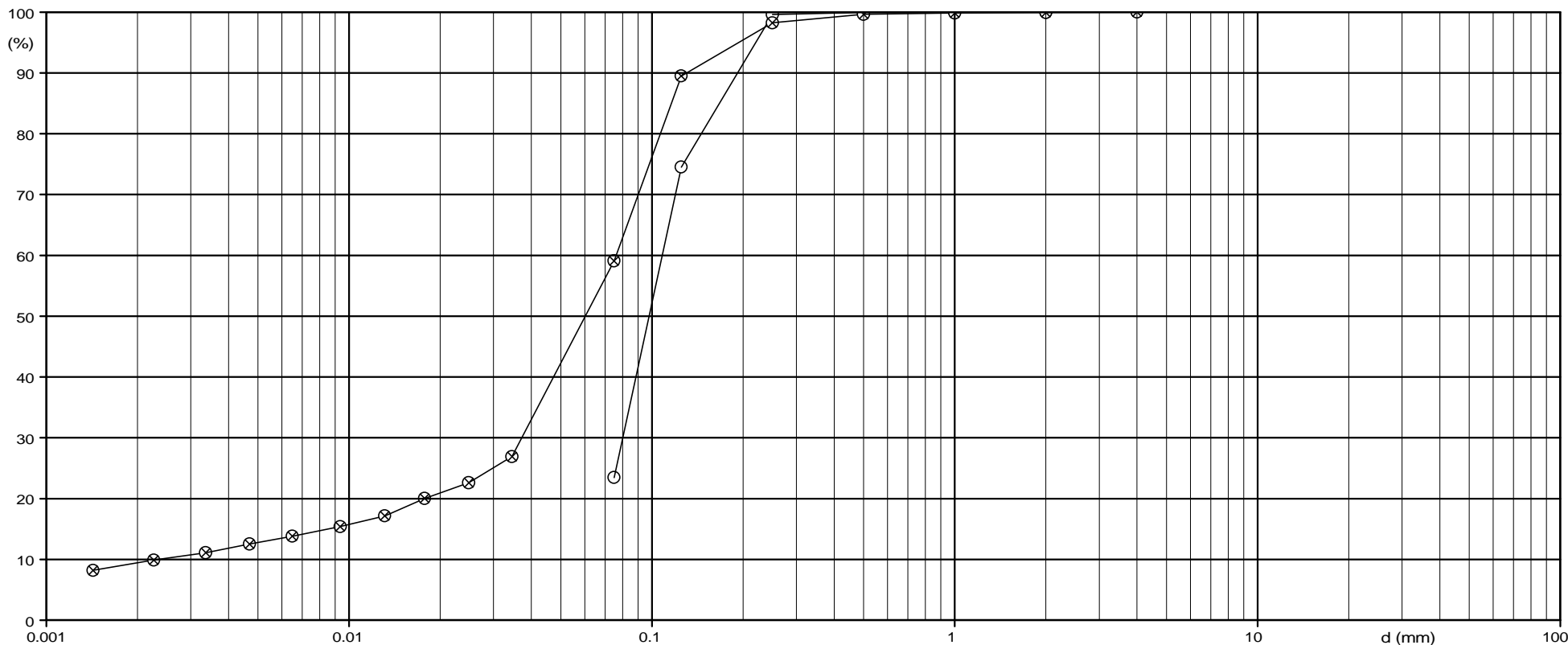
Dronninglund, Nordre Ringgade

Bilag nr. : 02.9 S. 1 / 1



Danallen 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144, www.geo.dk

KORNKURVE



	FIN	MELLEM	GROV	FIN	MELLEM	GROV	FIN	MELLEM	GROV	
LER	SILT			SAND			GRUS			STEN

Boring/Prøve Nr. :	6 / 14	6 / 21	/	/	/
Kurvesignatur	○	⊗			
Geologi	SAND	SILT			
Middelkornstørrelse $d_{50}$ (mm)	0,0978	0,0602			
Uensformighedstal $d_{60}$ (mm) / $d_{10}$ (mm)	/ =	0,0762 / 0,0024 = 32,43	/ =	/ =	/ =
Plasticitetsindex $W_L - W_P = I_P$ (%)	- =	- =	- =	- =	- =
Aktivitet $I_P$ (%) / ler (%) = $I_A$	/ =	/ 9,4 =	/ =	/ =	/ =
CaCO <sub>3</sub> (%)					
Kornrumvægt $d_s$					
Sandækvivalent SE					
Note					



Forsøg : HAA  
 Kontrol : GSJ  
 Godkendt : JDA

Dato : 09/202  
 Dato : 09/208  
 Dato : 09/1217

Sag : 31029

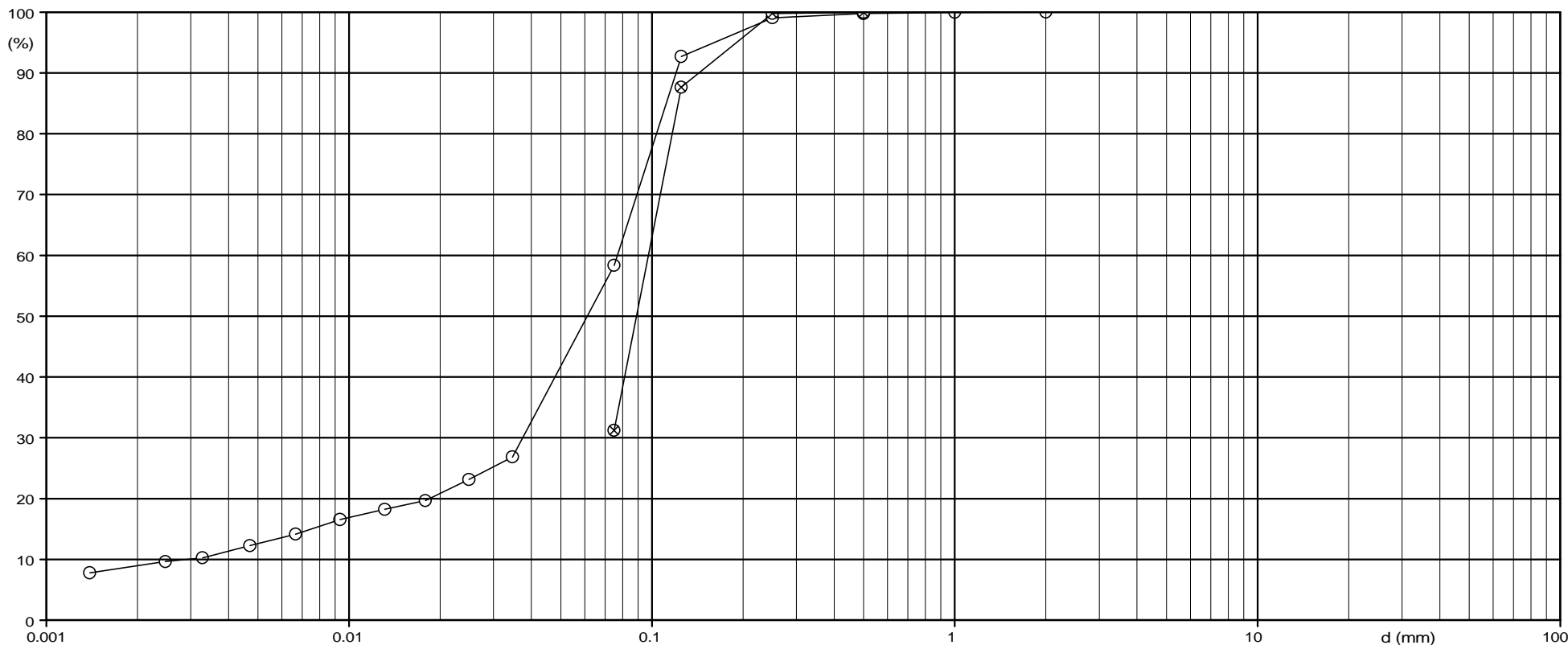
Dronninglund, Nordre Ringgade

Bilag nr. : 02.10 S. 1 / 1



Danallen 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144, www.geo.dk

KORNNKURVE



	FIN	MELLEM	GROV	FIN	MELLEM	GROV	FIN	MELLEM	GROV	
LER	SILT			SAND			GRUS			STEN

Boring/Prøve Nr. :	7 / 18	7 / 9	/	/	/
Kurvesignatur	○	⊗			
Geologi	SILT	SAND			
Middelkornstørrelse $d_{50}$ (mm)	0,0611	0,0889			
Uensformighedstal $d_{60}$ (mm) / $d_{10}$ (mm)	0,0769 / 0,0029 = 26,43	/ =	/ =	/ =	/ =
Plasticitetsindex $W_L - W_P = I_P$ (%)	- =	- =	- =	- =	- =
Aktivitet $I_P$ (%) / ler (%) = $I_A$	/ 9,0 =	/ =	/ =	/ =	/ =
CaCO <sub>3</sub> (%)					
Kornrumvægt $d_s$					
Sandækvivalent SE					
Note					

Forsøg : HAA  
 Kontrol : GSJ  
 Godkendt : JDA

Dato : 09/202  
 Dato : 09/208  
 Dato : 09/1217

Sag : 31029

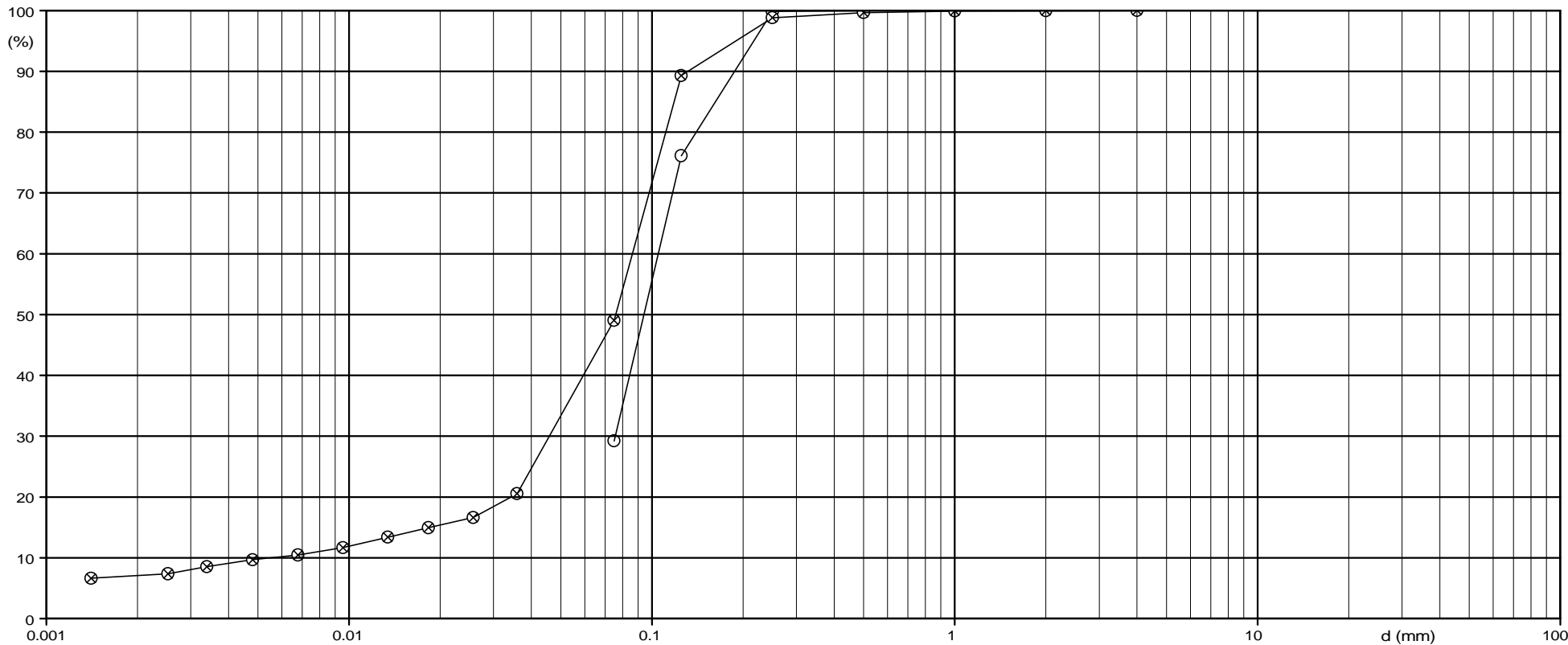
Dronninglund, Nordre Ringgade

Blag nr. : 02.11 S. 1 / 1



Danallen 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144, www.geo.dk

KORNKURVE



	FIN	MELLEM	GROV	FIN	MELLEM	GROV	FIN	MELLEM	GROV	
LER	SILT			SAND			GRUS			STEN

Boring/Prøve Nr. :	8 / 10	8 / 22	/	/	/
Kurvesignatur	○	⊗			
Geologi	SAND	SAND			
Middelkornstørrelse d <sub>50</sub> (mm)	0,0941	0,0759			
Uensformighedstal d <sub>60</sub> (mm) / d <sub>10</sub> (mm)	/ =	0,0862 / 0,0055 = 15,56	/ =	/ =	/ =
Plasticitetsindex W <sub>L</sub> - W <sub>P</sub> = I <sub>P</sub> (%)	- =	- =	- =	- =	- =
Aktivitet I <sub>P</sub> (%) / ler (%) = I <sub>A</sub>	/ =	/ 7,1 =	/ =	/ =	/ =
CaCO <sub>3</sub> (%)					
Kornrumvægt d <sub>S</sub>					
Sandækvivalent SE					
Note					

Forsøg : HAA  
 Kontrol : GSJ  
 Godkendt : JDA

Dato : 09/12/02  
 Dato : 09/12/08  
 Dato : 09/12/17

Sag : 31029

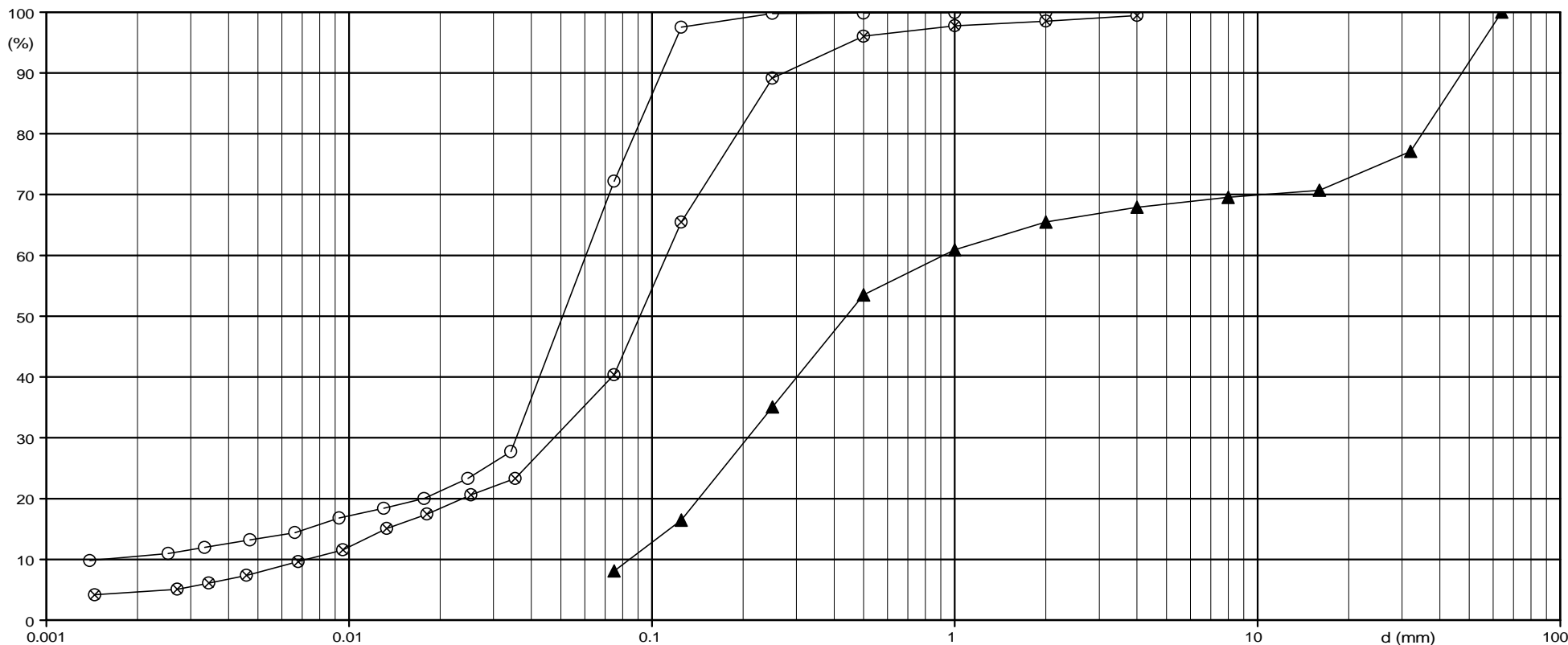
Dronninglund, Nordre Ringgade

Bilag nr. : 02.12 S. 1 / 1



Danallen 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144, www.geo.dk

KORNKURVE



	FIN	MELLEM	GROV	FIN	MELLEM	GROV	FIN	MELLEM	GROV	
LER	SILT			SAND			GRUS			STEN

Boring/Prøve Nr. :	9 / 30	9 / 50	9 / 53	/	/
Kurvesignatur	○	⊗	▲		
Geologi	SILT	SAND	SAND		
Middelkornstørrelse $d_{50}$ (mm)	0,0507	0,0912	0,438		
Uensformighedstal $d_{60}$ (mm) / $d_{10}$ (mm)	0,0605 / 0,0015 = 39,29	0,112 / 0,0072 = 15,47	0,918 / 0,0842 = 10,9	/ =	/ =
Plasticitetsindex $W_L - W_P = I_P$ (%)	- =	- =	- =	- =	- =
Aktivitet $I_P$ (%) / ler (%) = $I_A$	/ 10,5 =	/ 4,7 =	/ =	/ =	/ =
CaCO <sub>3</sub> (%)					
Kornrumvægt $d_s$					
Sandækvivalent SE					
Note					

Forsøg : HAA  
 Kontrol : GSJ  
 Godkendt : JDA

Dato : 09/202  
 Dato : 09/208  
 Dato : 09/217

Sag : 31029

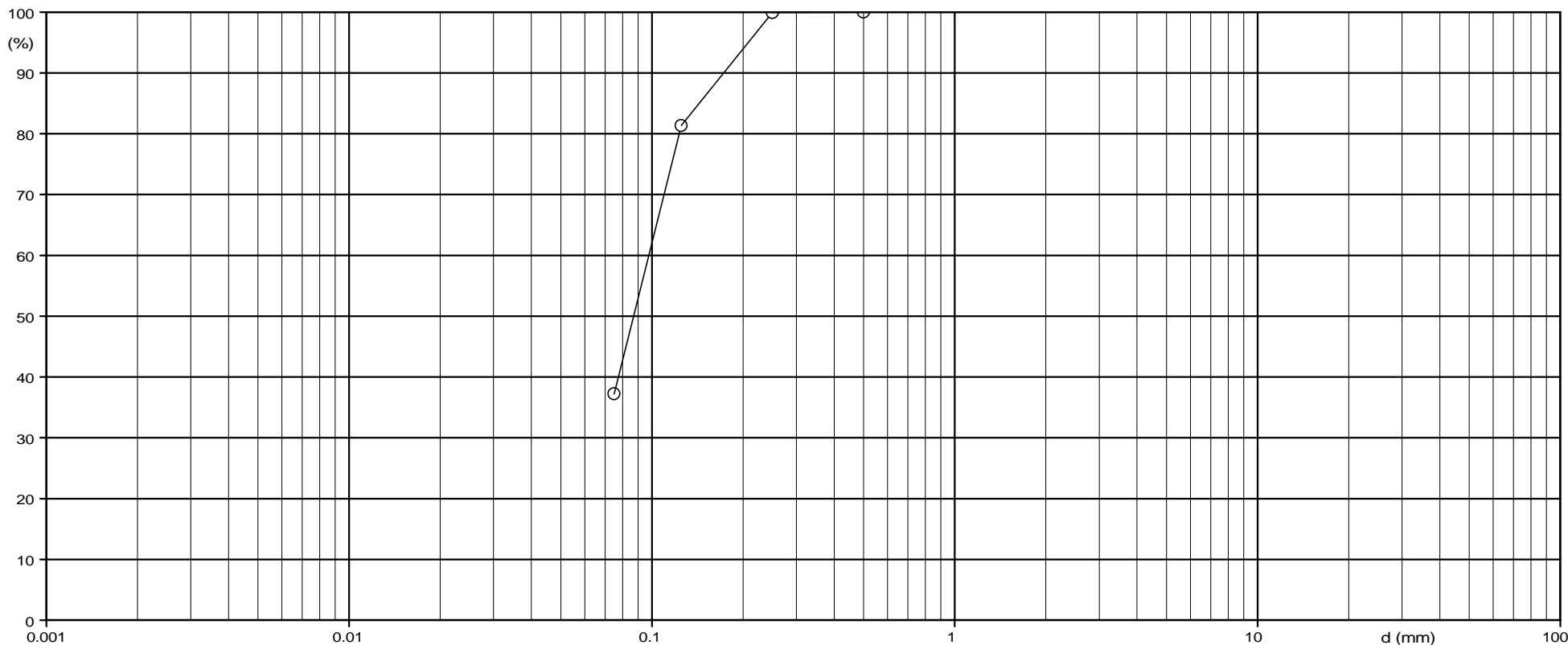
Dronninglund, Nordre Ringgade

Bilag nr. : 02.13 S. 1 / 1



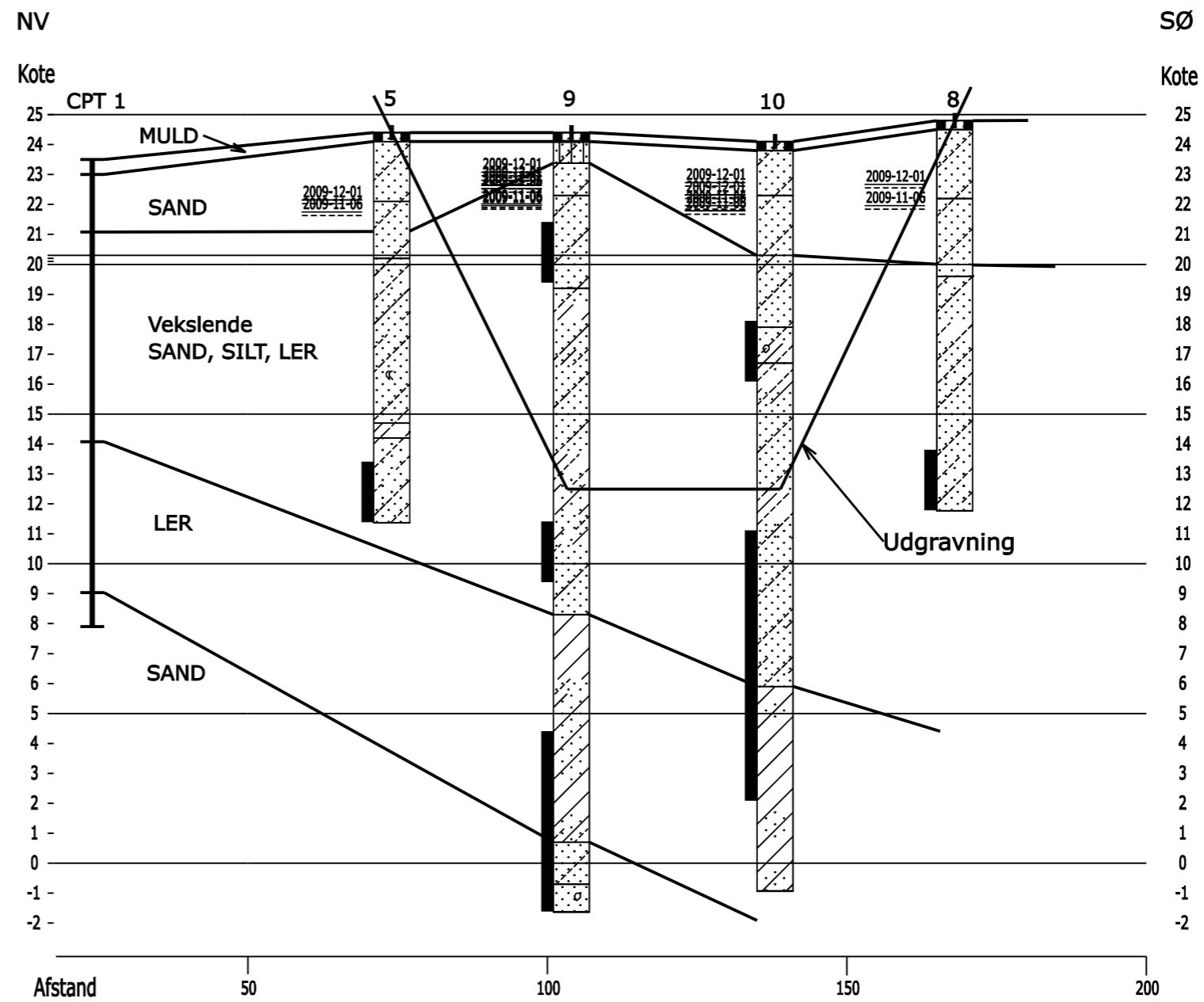
Danallen 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144, www.geo.dk

KORNNKURVE



	FIN	MELLEM	GROV	FIN	MELLEM	GROV	FIN	MELLEM	GROV	
LER	SILT			SAND			GRUS			STEN

Boring/Prøve Nr. :	10 / 30	/	/	/
Kurvesignatur	○			
Geologi	SAND			
Middelkornstørrelse $d_{50}$ (mm)	0,087			
Uensformighedstal $d_{60}$ (mm) / $d_{10}$ (mm)	0,0976 / 0,0547 = 1,78	/ =	/ =	/ =
Plasticitetsindex $W_L - W_P = I_P$ (%)	- =	- =	- =	- =
Aktivitet $I_P$ (%) / ler (%) = $I_A$	/ =	/ =	/ =	/ =
CaCO <sub>3</sub> (%)				
Kornrumvægt $d_s$				
Sandækvivalent SE				
Note				



Danalien 1, 9000 Aalborg  
Tlf 9818 9144, www.geo.dk

Projekt: 31029 Dronninglund. Nordre Ringgade

Udført : BEB Dato: 2009-12-08 Emne: Snit A-A  
 Kontrolleret : JDA Dato: 2009-12-08  
 Godkendt : LAB Dato: 2010-01-08 Rapport 2

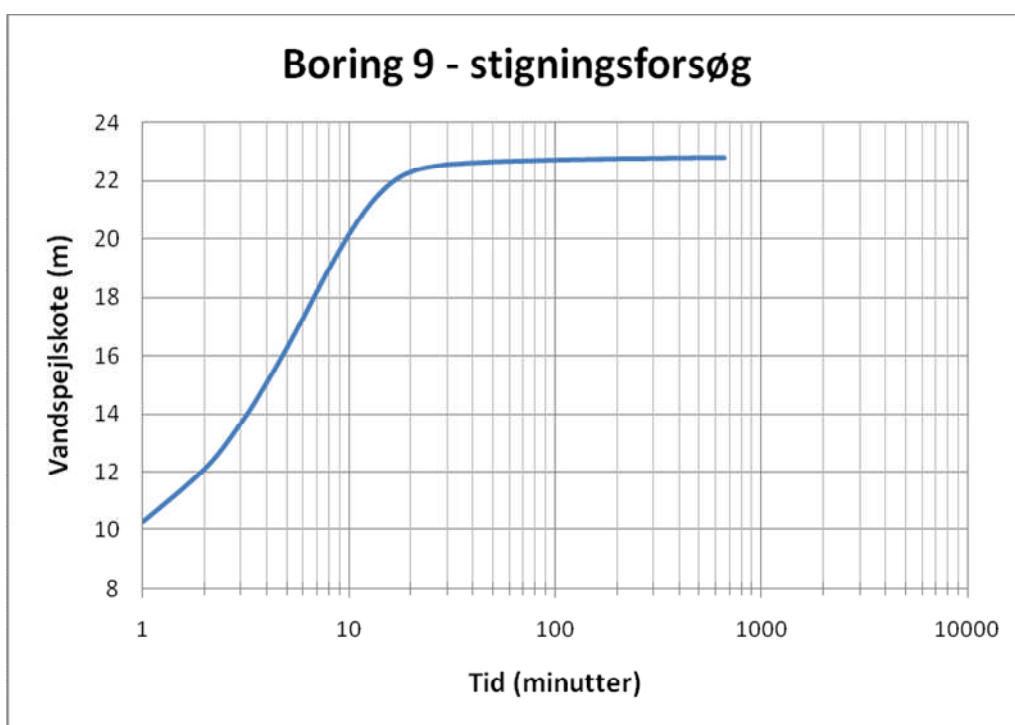
Bilag 2.14

## Pumpeforsøg i boring 9:

Pumpestart : 2009-12-08, kl. 12:00  
Pumpestop (start stigningsforsøg) : 2009-12-11, kl. 12:00  
Stop stigningsforsøg : 2009-12-15, kl. 09:00

Vandspejl før forsøg : kote +23,0  
Vandspejl under pumpning : ca. kote +7,8  
Pumpeydelse ved pumpestop, Q : 1,2 m<sup>3</sup>/t  
Vandspejl efter stigningsforsøg : kote +22,8  
Vandspejlsstigning over én dekade : 12,3 m

Skønnet transmissivitet  $T = 0,183 \cdot Q / \Delta s = 0,183 \cdot (1,2 / 3600) / 12,3 = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$



Danalien 1, 9000 Aalborg  
Tlf.: +45 9818 9144, www.geo.dk

Projekt: 31029 Dronninglund

Udført : JDA Dato: 2010-01-05 Emne: Pumpeforsøg

Kontrolleret: Dato:

Side 1 / 3

Godkendt : LAB Dato: 2010-01-08 Rapport 2

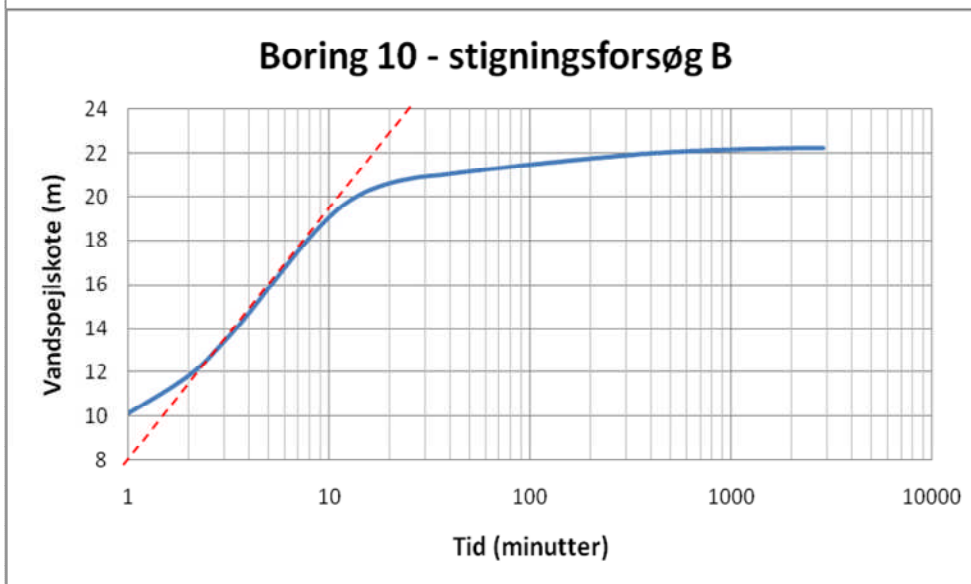
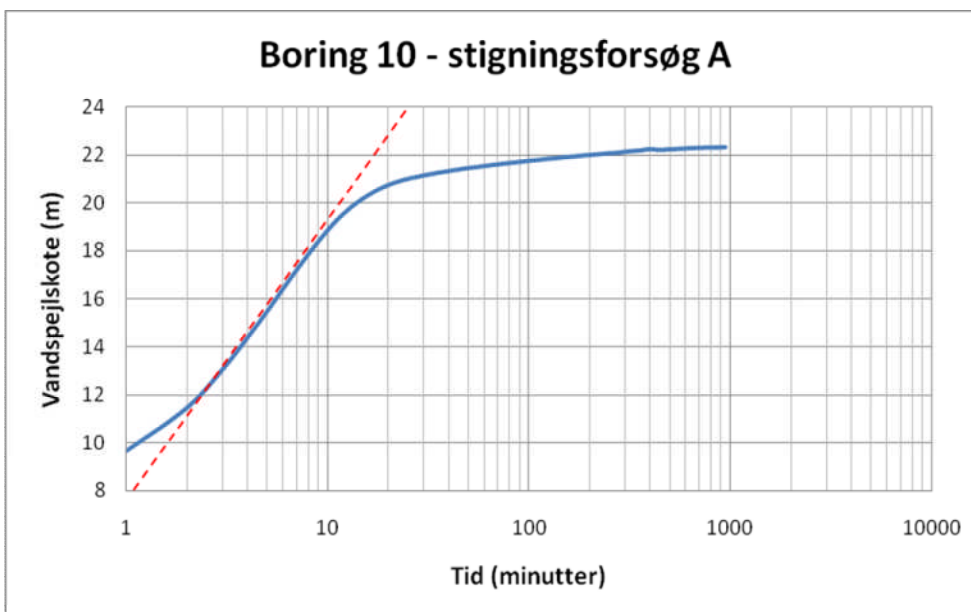
Bilag 2.15 Rev.

## Pumpeforsøg i boring 10:

Pumpestart : 2009-12-15, kl. 10:00  
Pumpestop (start stigningsforsøg A) : 2009-12-15, kl. 20:30  
Pumpestart : 2009-12-16, kl. 12:15  
Pumpestop (start stigningsforsøg B) : 2009-12-19, kl. 09:15  
Stop stigningsforsøg : 2009-12-21, kl. 09:00

Vandspejl før forsøg : kote +23,0  
Vandspejl under pumping : ca. kote +7,4  
Pumpeydelse ved pumpestop, Q : 1,3 m<sup>3</sup>/t  
Vandspejl efter stigningsforsøg B : kote +22,3  
Vandspejlsstigning over én dekade : 11,6 m (A) og 11,3 m (B)

Skønnet transmissivitet  $T = 0,183 \cdot Q / \Delta s = 0,183 \cdot (1,3 / 3600) / 11,3 = 5,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$



Danalien 1, 9000 Aalborg  
Tlf.: +45 9818 9144, www.geo.dk

Projekt: 31029 Dronninglund

Udført : JDA Dato: 2010-01-05 Emne: Pumpeforsøg

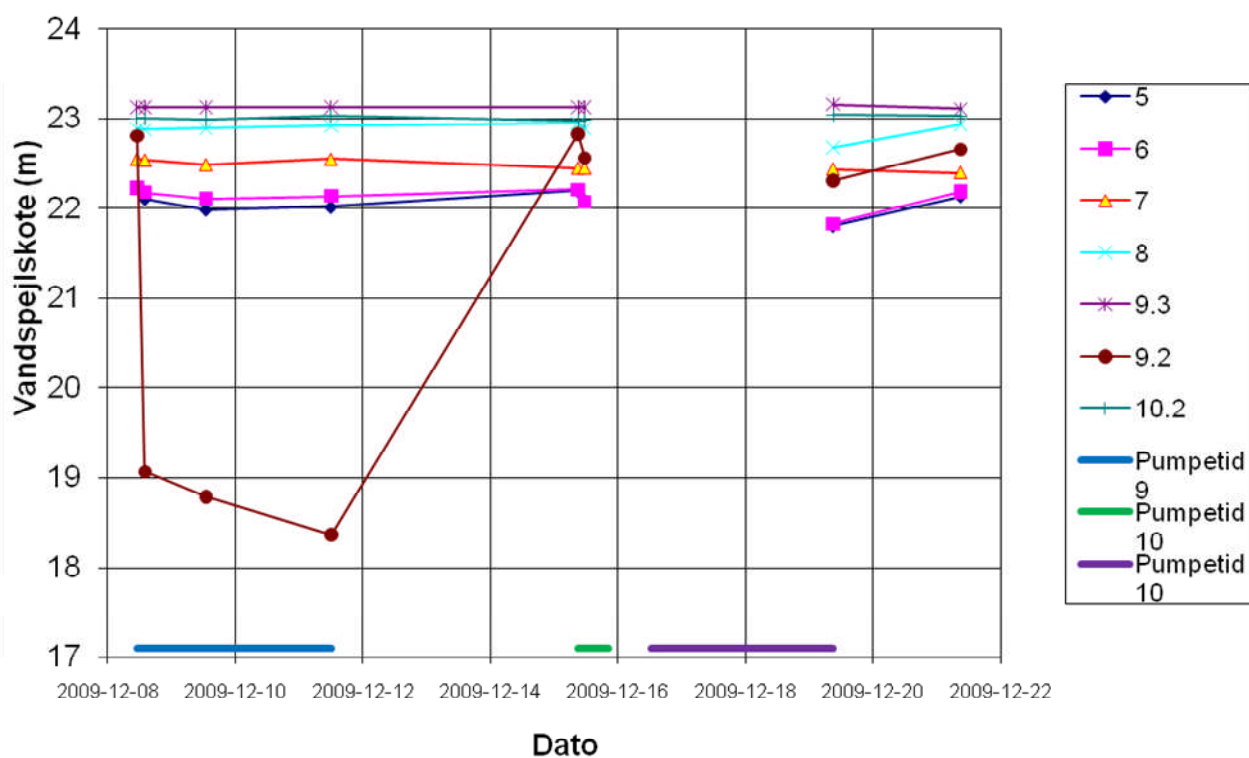
Kontrolleret: Dato:

Side 2 / 3

Godkendt : LAB Dato: 2010-01-08 Rapport 2

Bilag 2.15 Rev.

## Vandspejlsmålinger i pejlerør



Danalien 1, 9000 Aalborg  
Tlf.: +45 9818 9144, www.geo.dk

Projekt: 31029 Dronninglund

Udført : JDA

Dato: 2010-01-05

Emne: Pumpeforsøg

Kontrolleret:

Dato:

Side 3 / 3

Godkendt : LAB

Dato: 2010-01-08

Rapport 2

Bilag 2.15

Rev.



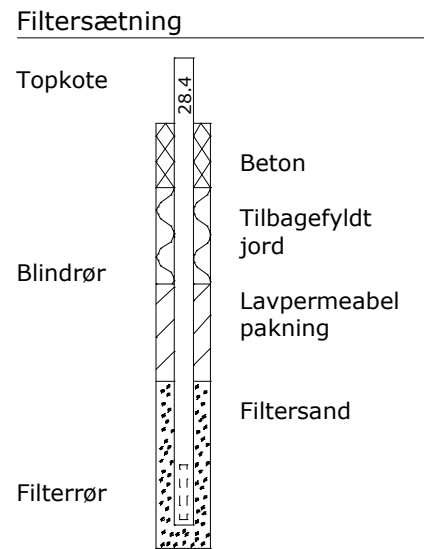
# GEO-Standard: Signaturer og forkortelser

## Geotekniske og miljøtekniske boringer

Situationsplan		Prøver		Jordarter					
	Boring		Drejesondering		Lille pose eller glas		Fyld		Sten
	Boring med Prøvetagning		Rammesondering		Stor pose		Muld		Grus
	Vingeforsøg		Tryksondering (CPT)		Rørprøve		Tørv		Sand
	Boring med prøvetagning/vingeforsøg		Belastningsforsøg		Udtag fra SPT sonde		Tørvedynd		Silt
	Gravning med prøvetagning/vingeforsøg		Geoelektrisk punktprofil		Kerneprøve		Gytje (dynd)		Ler
	Filterboring		Liniemodstandsmåling				Organiskholdig		Kalk
							Skaller		Klippe/Beton
							Moræneler (sandet, gruset)		Morænesand (leret, gruset)

Note: I morænejordarter må der forventes varierende indhold af sten og blokke

Forsøg		Filtersætning	
w	Vandindhold	$C_v$	Forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg
$w_L$	Flydegrænse	$C_{vr}$	Forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg (omrørt)
$W_p$	Plasticitetsgrænse	N	Standard penetrationsmodstand (SPT)
$I_p$	Plasticitetsindeks	$q_c$	Spidsmodstand (CPT)
$I_k$	Kvældindeks	$f_s$	Kappemodstand (CPT)
e	Poretal	u	Poretryk (CPT)
$e_{max}$	Poretal i løseste standardlejring	R	Drejesonderingsmodstand, WST
$e_{min}$	Poretal i fasteste standardlejring	S	Sigte- og slemmeanalyse #
$I_D$	Tæthedsindeks (relativ lejrings-tæthed)	K	Konsolideringsforsøg #
$\rho$	Rumvægt	T	Tryk- eller triaxialforsøg #
$\rho_s$	Kornrumvægt	SP	Standard Proctor forsøg #
gl	Glødetab	MP	Modificeret Proctor forsøg #
ka	Kalkindhold	A	Kemisk specialanalyse #
PID	Photoionisations-detektormåling		#: Se resultat i rapport eller på separat bilag



Note: Vingeforsøg er udført og tolket i henhold til Dansk Geoteknisk Forenings, Referenceblad for vingeforsøg, revision 3, august 1999. Omsætningstabellerne er ved tolkningen tilnærmet med en ret linie gennem 0-punktet og punktet, der svarer til  $2/3 \cdot P_{max}$ .

## GEO-Standard: Signaturer og forkortelser

### Geotekniske og miljøtekniske boringer

Dannelsesmiljø		Geologisk alder		Henvisninger
Br	Brakvandsaflejring	Re	Recent	Dansk Standard: "Norm for fundering" (DS415)
Fe	Ferskvandsaflejring	Pg	Postglacial	
Fl	Flydejord	Sg	Senglacial	
Fy	Fyld	Gc	Glacial	Dansk Geoteknisk Forening: "Vejledning i ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse" (1995)
Gl	Gletsjeraflejring	Ig	Interglacial	
Ma	Marin aflejring	Is	Interstadial	
Ne	Nedskylsaflejring	Te	Tertiær	
Ov	Overjord	Mi	Miocæn	
Sk	Skredjord	Ol	Oligocæn	Dansk Geoteknisk Forening: "Markundersøgelsesmetoder" (1990)
Sm	Smeltevandsaflejring	Eo	Eocæn	
Vi	Vindaflejring	Pl	Palæocæn	
Vu	Vulkansk bjergart	Sl	Selandien	
Gr	Grundfjeld	Da	Danien	
		Kr	Kridt	
		Ju	Jura	
		Pk	Prækambrium	
		Generelt	* Se rapport	

# Appendiks 2.A

## Vandanalyse



Danalien 1, 9000 Aalborg  
Tlf.: +45 9818 9144, [www.geo.dk](http://www.geo.dk)

Projekt: 31029 Dronninglund

Udført : JDA Dato: 2010-01-07 Emne: Analyseattest - grundvand

Kontrolleret:

Dato:

Side 1 / 2

Godkendt : LAB

Dato: 2010-01-08

Rapport 2

Appendiks 2.A

GEO  
Maglebjergvej 1  
2800 Kgs.Lyngby

Prøve fra sted nr. 5617  
9330 Dronninglund Fjernvarme  
810 Brønderslev kommune  
ID-nr. 0 0 0

Udtaget boringshane - beliggende i bækken.

Prøven udtaget af:

AnalyTech Miljølaboratorium A/S  
Bøgildsmindevej 21  
9400 Nørresundby

Rekvirent:

GEO  
Maglebjergvej 1  
2800 Kgs.Lyngby  
*Sendt som e-mail*

Analyseattest også sendt til:

**LAB nr. 09-19269** Min og max til orientering. Gælder kun drikkevand!

Analyseparameter	Resultat	Min	Max	Udf.	D.L.	Metode/Reference	+/-
Farve Pt	mg/L 2	-	15	1		M-0007 DS 289	3.0 %
Turbiditet	FTU 1.9	-	1	MAX	0.1	M-0011 DS 290	5.0 %
Lugt drikkevand	Ingen	-	3	-	-	*Organoleptisk	-
Smag	Ingen	-	3	-	-	*Organoleptisk	-
Temperatur.	°C 5.7	-	-		0.1	TERMOMETER	0.5 %
pH	8.06	7	8.5		0.05	M-0010 DS 287	1.0 %
Ledningsevne	mS/m 46.5	30	-		1	M-0009 DS 288	2.0 %
NVOC	mg/L 1.4	-	4		0.1	M-0097 DS/EN 1484	8.0 %
Indd.rest	mg/L 524	-	1500		20	M-0008 DS 204	3.0 %
Calcium.	mg/L 60.6	-	200		0.007	M-0071 DS 259/ICP	4.7 %
Magnesium.	mg/L 7.55	-	50		0.001	M-0071 DS 259/ICP	7.0 %
Hårdhed total	°dH 10.2	5	30		0.05	M-0017 DS 259	10.0 %
Natrium.	mg/L 17.4	-	175		0.06	M-0071 DS 259/ICP	4.6 %
Kalium.	mg/L 2.89	-	10		0.04	M-0071 DS 259/ICP	5.2 %
Ammonium	mg/L 0.60	-	0.05	MAX	0.02	M-0014 DS 224	3.0 %
Jern.	mg/L 0.460	-	0.2	MAX	0.002	M-0071 DS 259/ICP	2.2 %
Mangan.	mg/L 0.234	-	0.05	MAX	0.001	M-0071 DS 259/ICP	7.8 %
Bicarbonat	mg/L 110	100	-		0.05	M-0006 DS 256	5.0 %
Klorid.	mg/L 29	-	250		0.5	M-0018 DS/ENISO10304	3.0 %
Sulfat	mg/L 74	-	250		0.5	M-0018 DS/ENISO10304	3.0 %
Nitrat.	mg/L under 0.5	-	50		0.5	M-0018 DS/ENISO10304	6.0 %
Nitrit	mg/L 0.01	-	0.1		0.01	M-0015 DS 222	3.0 %
Total-P	mg/L 0.11	-	0.15		0.01	M-0020 DS 292	3.0 %
Fluorid	mg/L 0.1	-	1.5		0.1	M-0018 DS/ENISO10304	10.0 %
Ilt	mg/L 2.6	5	-	MIN	0.1	M-0064 DS/EN 25814	5.0 %
Aggressiv CO2	mg/L under 2	-	2		2	M-0004 DS 236	10.0 %
Colif. bakt.	/100mL 4	-	under 1	MAX	1	Colilert	Ig0.3
Fækale coli	/100mL under 1	-	under 1		1	Colilert	Ig0.3
Kimtal 37 °C	/mL under 1	-	20		1	M-0030 DS/EN ISO6222	Ig0.3
Kimtal 22 °C	/mL 1100	-	200	MAX	1	M-0031 DS/EN ISO6222	Ig0.3
PAKKE TYPE 76	-	-	-				-
Prøvetagning dv.	-	-	-				-
Drikkev. udtaget af	TJ	-	-			M-0061 DS 2250	-

Intern kode !! 4.54-4.17

Udtaget d. 17.12.2009 kl. 12:20

Modtaget d. 17.12.2009

Færdiganalyseret d. 23.12.2009

Nørresundby d. 23.12.2009

\*) : Ikke akkrediteret.

Der findes ingen krav til råvand. Grænseværdier for afgang fra vandværk er vist til orientering.



Sven-Erik Lykke, laboratoriechef

Vurdering af analyseresultaterne er ikke omfattet af akkrediteringen

Side 1 af 1

**Bilag 2**

**Rapport 3, 2010-01-29, GEO**

**Dronninglund. Nordre Ringgade  
Damvarmelager**  
Jordbundsundersøgelse - areal mod nord

**GEO projekt nr. 31029  
Rapport 3, 2010-01-29**

## Sammenfatning

GEO har tidligere udført jordbundsundersøgelser for et damvarmelager ved Nordre Ringgade i Dronninglund. De trufne bundforhold medfører en vanskelig grundvandssænkning, ligesom udgravningsforholdene og genindbygningsmulighederne af det opgravede jord er ugunstige.

Med henblik på at udnytte en eventuel sandforekomst i den nordlige del af det aktuelle område, alternativt at flytte varmelageret hertil, har GEO udført en orienterende jordbundsundersøgelse i det nordlige område.

Undersøgelsen omfatter to borer til 15 – 25 meters dybde. Under 0,3 – 0,7 meter fyld/muld er der truffet 1,0 – 3,8 meter siltfattigt sand, hvorunder der er silt og stærkt siltet sand til stor dybde. Grundvandsspejlet er målt i 3,1 – 4,5 meters dybde.

Det terrænnære, siltfattige sand vurderes umiddelbart egnet til genindbygning under gunstige vejrforhold. Det skønnes umiddelbart muligt at opnå en tilstrækkelig mængde egnet sand med henblik på anvendelse i et damvarmelager ved Nordre Ringgade.

Bundforholdene mod nord svarer i al væsentlighed til bundforholdene ved Nordre Ringgade, hvorfor bundforholdene alene ikke kan berettige, at lageret flyttes hertil.

Udarbejdet for  
Dronninglund Fjernvarme A.m.b.a.  
Att.: Per Sønder  
Tidselbak Allé 18  
9330 Dronninglund

Udarbejdet af Jan Dannemand Andersen,  
9879 9387, jda@geo.dk

Kontrolleret af Lars Bødker

## Indhold

1	Indledning .....	3
2	Undersøgelser .....	3
3	Resultater.....	4
	3.1 Jordbund .....	4
	3.2 Grundvand .....	4
4	Vurderinger .....	4
	4.1 Muligheder for genanvendelse af sand .....	4
	4.2 Muligheder for etablering af varmelager .....	5
5	Bemærkninger .....	6

## Bilag

3.1 – 3.2	Boreprofiler, boring 11 og 12
3.3	Situationsplan
3.4	Kornkurver
GEO-Standard	Signaturer og forkortelser

## 1 Indledning

GEO har tidligere udført jordbundsundersøgelser for et damvarmelager ved Nordre Ringgade i Dronninglund, jf. rapport 2. De aktuelle bundforhold medfører en vanskelig grundvandssænkning, ligesom udgravningsforholdene og genindbygningsmulighederne af det opgravede jord er ugunstige.

I fortsættelse heraf er det overvejet:

1. om der i bakken på den nordlige del af arealet, der er udlagt til solfangere, findes egnede sand-/grusmaterialer til genindbygning i damvarmelageret ved Nordre Ringgade, En grov overslagsberegning viser således, jf. rapport 2, et behov for ca. 18.000 m<sup>3</sup> sandfyld.
2. om damvarmelageret med fordel kan flyttes til den nordlige del af arealet. Damvarmelageret forudsættes i så fald placeret så langt mod nord som muligt (med yderkant ca. 20 m fra skel). Terrænet er her i kote +25,8 a +29,0 og gennemsnitlig i kote ca. +27,6. Ifølge tidligere oplysninger ventes bunden af lageret at skulle være ca. 11,7 m herunder, dvs. i kote ca. +15,9.

## 2 Undersøgelser

Undersøgelsen omfatter 2 boringer, der er placeret som vist med punkterne 11 – 12 på vedlagte situationsplan, bilag 3.3, hvor også placeringen af de tidligere udførte CPT'er/boringer 1 – 10 er vist. Undersøgelsespunkterne er indmålt og koteret vha. GPS-udstyr i system 34J/DVR90.

Boring 11 er placeret på bakketoppen og er ført til 15 meters dybde (svarende til lidt under forventet lagerbund).

Boring 12 er placeret i den potentielt nordlige del af varmelagerets bund og er ført til 25 meters dybde (ca. det dobbelte af udgravningsdybden for lageret).

Under borearbejdet er der registreret laggrænser og udtaget jordprøver. I borehullerne er der sat Ø25 mm pejlerør, hvori dybden til grundvandsspejlet er målt ved borearbejdets afslutning. I terræn er pejlerørene beskyttet af betonrør med låg med henblik på eventuelle senere målinger af grundvandsspejlet.

Jordprøverne er beskrevet geologisk<sup>1</sup> i laboratoriet. På udvalgte prøver er der bestemt vandindhold og kornkurve<sup>2</sup> vha. sigtning/slemning. Jordprøverne opbevares i 14 dage fra rapportdato.

---

<sup>1</sup> Dansk Geoteknisk Forening, Bulletin 1: Vejledning i ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse" (1995).



Samtlige resultater og målinger er optegnet på boreprofilerne i bilag 3.1 og 3.2 samt som kornkurver i bilag 3.4. De benyttede signaturer og forkortelser på boreprofilerne er forklaret på vedlagte GEO-Standard.

## 3 Resultater

### 3.1 Jordbund

Terrænet ved borestederne er målt i kote +27,8 a +29,2.

Der er øverst truffet 0,3 – 0,7 meter fyld (nedskyllet overjord?) og muld af muldholdigt sand og sandmuld.

Herunder er der truffet senglaciale aflejringer, formentlig smeltevandsaflejringer, til bund af borerne. I boring 11 (på bakketoppen) er der ned til 4,1 meters dybde truffet mellemkornet sand med et overvejende ret beskedent siltindhold. Herunder – og direkte under fylden/mulden i den lavereliggende boring 12 – er der truffet finsand, der er stærkt siltet, og som fra ca. 8 meters dybde (kote hhv. +19,5 a +22) går over i silt. Silten er stedvist leret til stærkt leret og med zoner af stærkt siltet sand. Fra 21 meters dybde i boring 12 bliver sandet igen mellemkornet med mindre siltindhold.

### 3.2 Grundvand

Der er målt grundvandsspejl i 4,5 og 3,1 meters dybde, svarende til kote +24,6 (begge borerne). Dette niveau svarer til potentialet i det primære grundvandsspejl. jf. Nordjyllands Amts potentialekort fra 1980'erne.

Grundvandsspejlet må forventes at variere med årstid og nedbør, hvorfor supplerende pejlinger kan anbefales.

## 4 Vurderinger

### 4.1 Muligheder for genanvendelse af sand

Materialerne i bakken må forventes at bestå dels af finstoffattigt sand (øverste zone) dels af siltrigt sand og silt (ned efter). Disse bundforhold svarer stort set til forholdene ved den nuværende placering af varmelageret ved Nordre Ringgade.

En udnyttelse af sandmaterialer vil normalt begrænses til lidt over grundvandsspejlet, dvs. kote ca. +25 a +26.

---

<sup>2</sup> Udført efter relevante normer under Dansk Standard, British Standard eller Vejdirektoratet.

Det finstoffattige sand, der er truffet direkte under fylden/mulden, har en lagtykkelse på 1,0 - 3,8 meter og består af fint og mellemkornet sand med intet eller beskedent siltindhold. Sådant sand er normalt egnet til genindbygning under nogenlunde gunstige vejrforhold.

Det stærkt siltede sand herunder er derimod vanskeligt at genindbygge, og det må i givet fald kræves, at materialet udtørres inden genindbygning.

Forudsættes en gennemsnitlig lagtykkelse af det egnede sand til f.eks. mindst 1,5 meter, og sættes arealet af bakken over kote +26 til ca. 200 m x 200 m, vil der således være af størrelsesordenen ca. 60.000 m<sup>3</sup> egnet sand. Selv om der er tale om en grov overslagsberegning på baggrund af nogle få boringer, synes det muligt at opnå det ønskede volumen på ca. 18.000 m<sup>3</sup> egnet sand til genanvendelse i randvolden i et damvarmelager ved Nordre Ringgade.

Udnyttelsen af sandet kræver, at fyld-/muldlaget afrømmes inden opgravning af sandet. Mulden kan genudlægges, hvor det er afrømmet, eller deponeres/udsættes andetsteds på grunden. Tykkelsen af mulden/fylden er målt til gennemsnitlig 0,5 meter (i to boringer), dvs. udnyttes hele bakkeområdet på ca. 200 m x 200 m, skal der håndteres i alt ca. 20.000 m<sup>3</sup> fyld/muld.

## 4.2 Muligheder for etablering af varmelager

Etableres varmelageret mod nord i det aktuelle område, skal udgravningen for lageret føres gennem et relativt tyndt lag af siltfattigt sand og ned i aflejringer af silt og siltrigt sand. Udgravningen skal desuden føres ca. 9 meter under grundvandsspejlet (forudsat jordbalance i projektet).

De trufne bundforhold svarer, hvad angår grundvands- og udgravningsforhold, i al væsentlighed til forholdene ved Nordre Ringgade (den oprindelige placering af lageret).

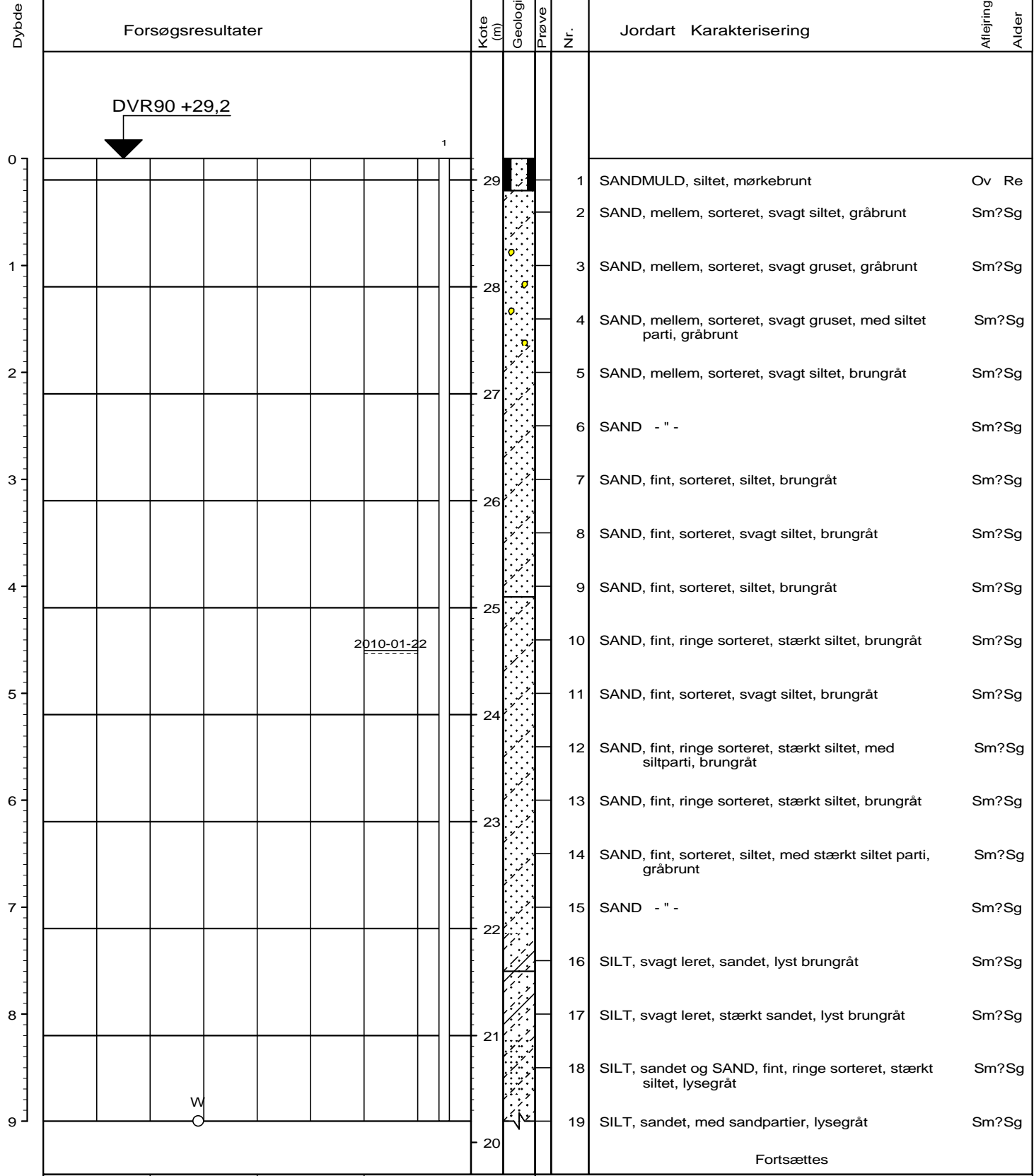
Der vil således fortsat blive tale om en omfattende og vanskelig grundvandssænkning. Det vil desuden være vanskeligt at opnå jordbalance i projektet, idet det umiddelbart ikke er muligt at genanvende alle de opgravede materialer i randvolden. Der er derfor også her behov for at supplere med egnet sandfyld andetsteds fra i opbygningen af lagerets randvold. Alternativt kan hele lageret sænkes, men dette øger omkostningerne til udgravning og grundvandssænkning, ligesom der vil være et øget behov for deponering/udsætning af overskudsmaterialer andetsteds (silt og siltrigt sand).

På denne baggrund synes bundforholdene mod nord ikke at være så gunstige, at det alene kan berettige, at lageret flyttes hertil.

## 5 Bemærkninger

De udførte boringer 11 og 12 er udført med henblik på en overordnet vurdering af bundforholdene.

Hvis det vælges enten at udnytte den terrænnære sandforekomst eller at flytte damvarmelageret til den nordlige del af i området, anbefaler vi, at der udføres detailundersøgelser af bundforholdene her.



Fortsættes

0 10 20 30 W (%)

Boremetode :

Plan :

Sag : 31029

Dronninglund. Nordre Ringgade

Ing. Geolog :SFJ

Boret af : GEO ABA

Dato : 2010-01-20

DGU-nr.:

Boring : 11

Udarb. af : ANM

Kontrol : JDA

Godkendt : PBF

Dato : 2010-01-29

Bilag : 3.1

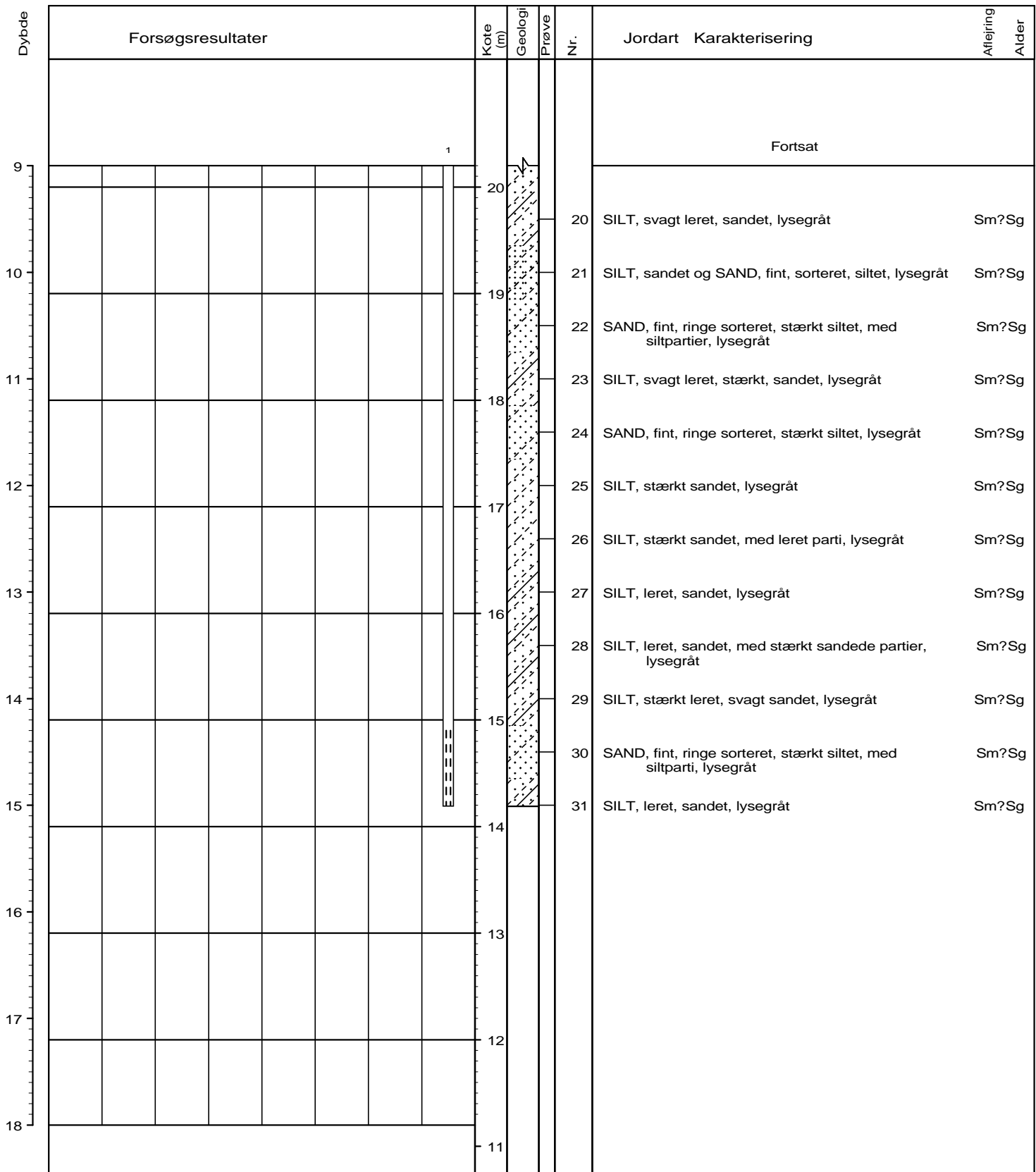
s. 1 / 2



Danalien 1, 9000 Aalborg  
tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - PSTGDK 2.0 - 29/01/2010 13:27:12



0 10 20 30 W (%)

Boremetode :

Plan :

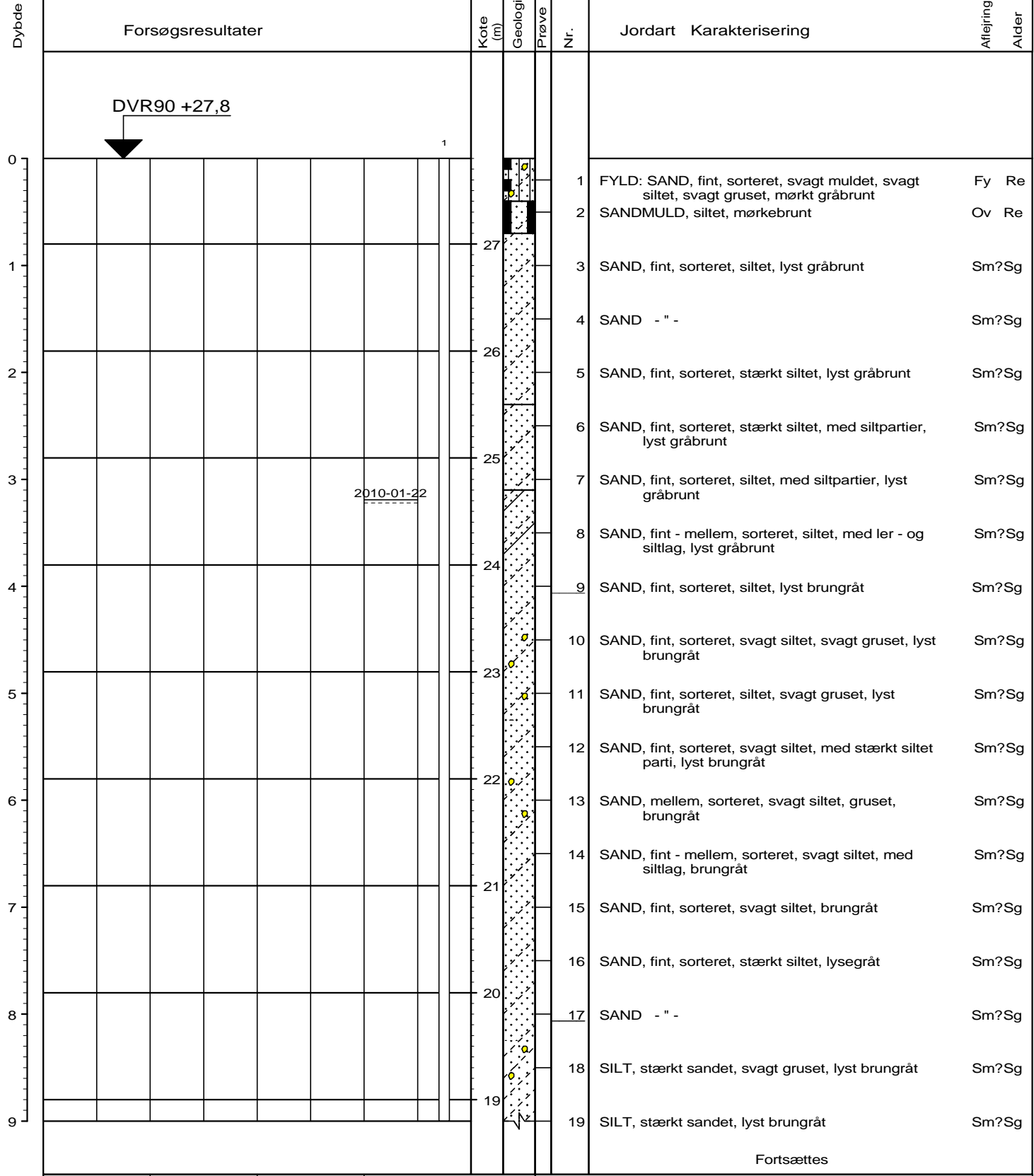
Sag : 31029 Dronninglund. Nordre Ringgade  
 Ing. Geolog :SFJ Boret af : GEO ABA Dato : 2010-01-20 DGU-nr.: Boring : 11  
 Udarb. af : ANM Kontrol : JDA Godkendt : PBF Dato : 2010-01-29 Bilag : 3.1 s. 2 / 2



Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - PSTGDK 2.0 - 29/01/2010 13:27:12



Fortsættes

0 10 20 30 W (%)

Boremetode :

Plan :

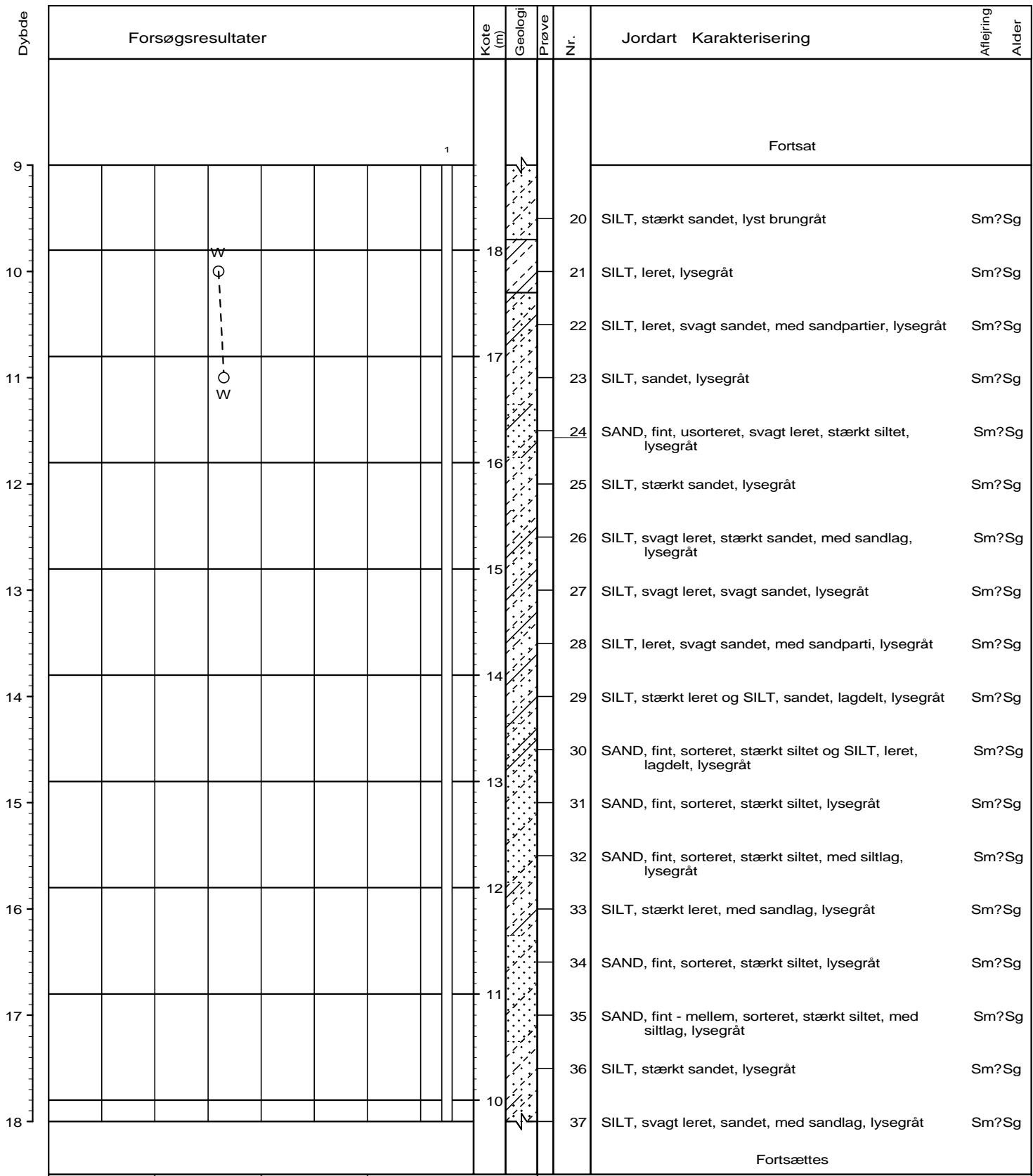
Sag : 31029 Dronninglund. Nordre Ringgade  
 Ing. Geolog : SFJ Boret af : GEO ABA Dato : 2010-01-21 DGU-nr.: Boring : 12  
 Udarb. af : ANM Kontrol : JDA Godkendt : PBF Dato : 2010-01-29 Bilag : 3.2 s. 1 / 3



Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - PSTGDK 2.0 - 29/01/2010 13:28:38



○ 10 20 30 W (%)

Boremetode :

Plan :

Sag : 31029 Dronninglund. Nordre Ringgade  
 Ing. Geolog : SFJ Boret af : GEO ABA Dato : 2010-01-21 DGU-nr.: Boring : 12  
 Udarb. af : ANM Kontrol : JDA Godkendt : PBF Dato : 2010-01-29 Bilag : 3.2 s. 2 / 3



Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - PSTGDK 2.0 - 29/01/2010 13:28:38

Dybde	Forsøgsresultater						Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart Karakterisering		Aflæjring	Alder
											Fortsat			
18										38	SILT, svagt leret, sandet, med sandlag, lysegråt	Sm?Sg		
19							9			39	SILT - " -	Sm?Sg		
20										40	SILT, svagt leret, sandet, lysegråt	Sm?Sg		
21										41	SILT, svagt leret, sandet, med sandlag, lysegråt	Sm?Sg		
22										42	SILT, leret, svagt sandet, lysegråt	Sm?Sg		
23							7			43	SAND, mellem, sorteret, siltet, svagt gruset, med siltparti, gråt	Sm?Sg		
24										44	SAND, mellem, ringe sorteret, stærkt siltet, med siltpartier, gråt	Sm?Sg		
25										45	SAND, fint, ringe sorteret, svagt leret, stærkt siltet, lysegråt	Sm?Sg		
26										46	SAND, mellem, sorteret, siltet og SILT, svagt leret, sandet, gråt	Sm?Sg		
27							5			47	SAND, mellem, sorteret, svagt siltet, gråt	Sm?Sg		
										48	SAND - " -	Sm?Sg		
										49	SAND, fint - mellem, sorteret, svagt siltet, gråt	Sm?Sg		
										50	SAND, fint, sorteret, svagt siltet, gråt	Sm?Sg		
										51	SAND - " -	Sm?Sg		
										2				
										1				

0 10 20 30 W (%)

Boremetode :

Plan :

Sag : 31029 Dronninglund. Nordre Ringgade  
 Ing. Geolog : SFJ Boret af : GEO ABA Dato : 2010-01-21 DGU-nr.: Boring : 12  
 Udarb. af : ANM Kontrol : JDA Godkendt : PBF Dato : 2010-01-29 Bilag : 3.2 s. 3 / 3

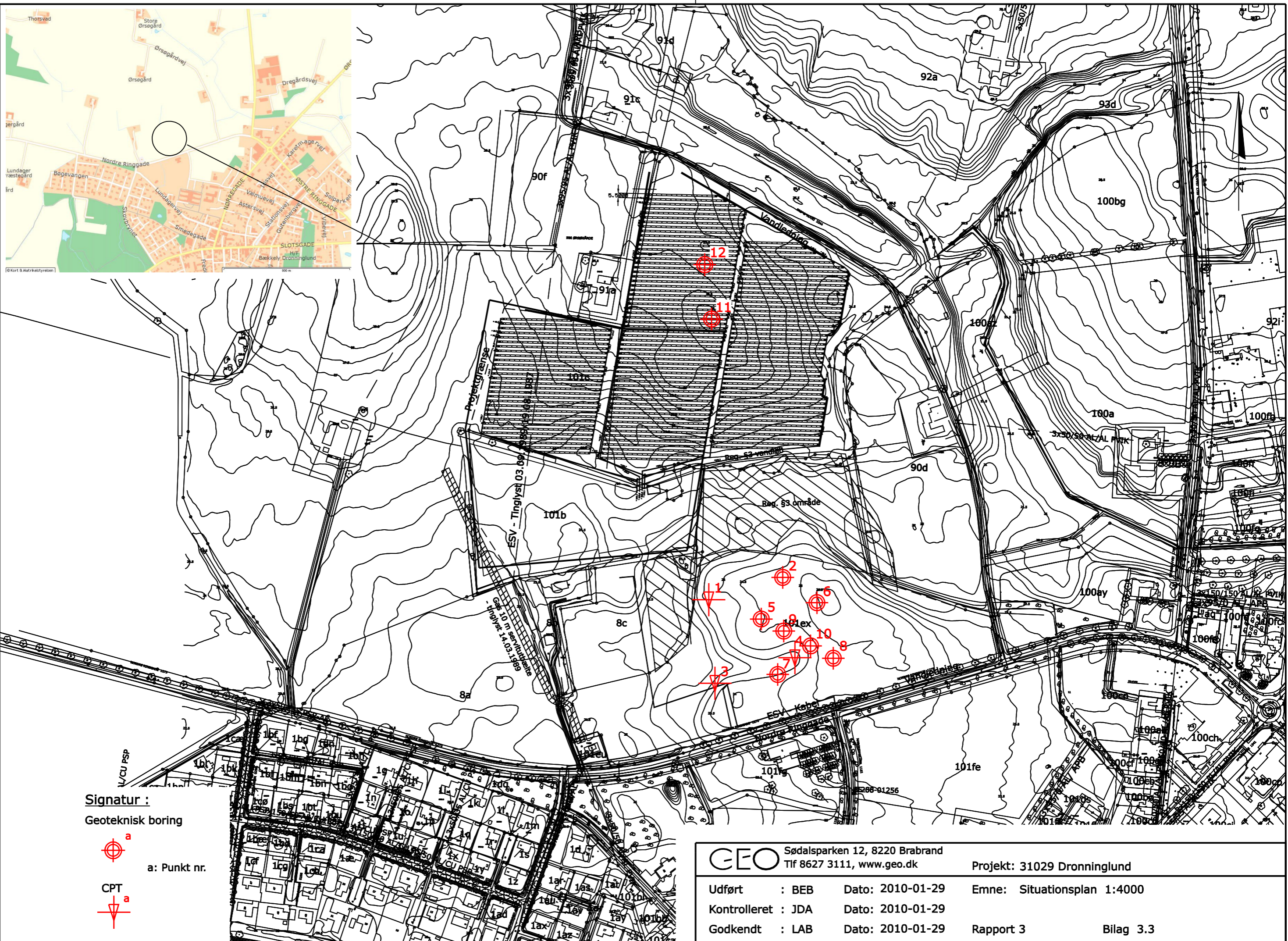


Danalien 1, 9000 Aalborg  
 tlf 9818 9144 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - PSTGDK 2.0 - 29/01/2010 13:28:38





Signatur :

Geoteknisk boring



a: Punkt nr.



**GEO** Sødalsparken 12, 8220 Brabrand  
Tlf 8627 3111, www.geo.dk

Projekt: 31029 Dronninglund

Udført : BEB      Dato: 2010-01-29

Emne: Situationsplan 1:4000

Kontrolleret : JDA      Dato: 2010-01-29

Godkendt : LAB      Dato: 2010-01-29

Rapport 3

Bilag 3.3

Forsøg : GSI  
 Kontrol : GRP  
 Godkendt : JDA

Dato : 100127  
 Dato : 100129  
 Dato : 100129

Sag : 31029

Dronninglund, Nordre Ringgade

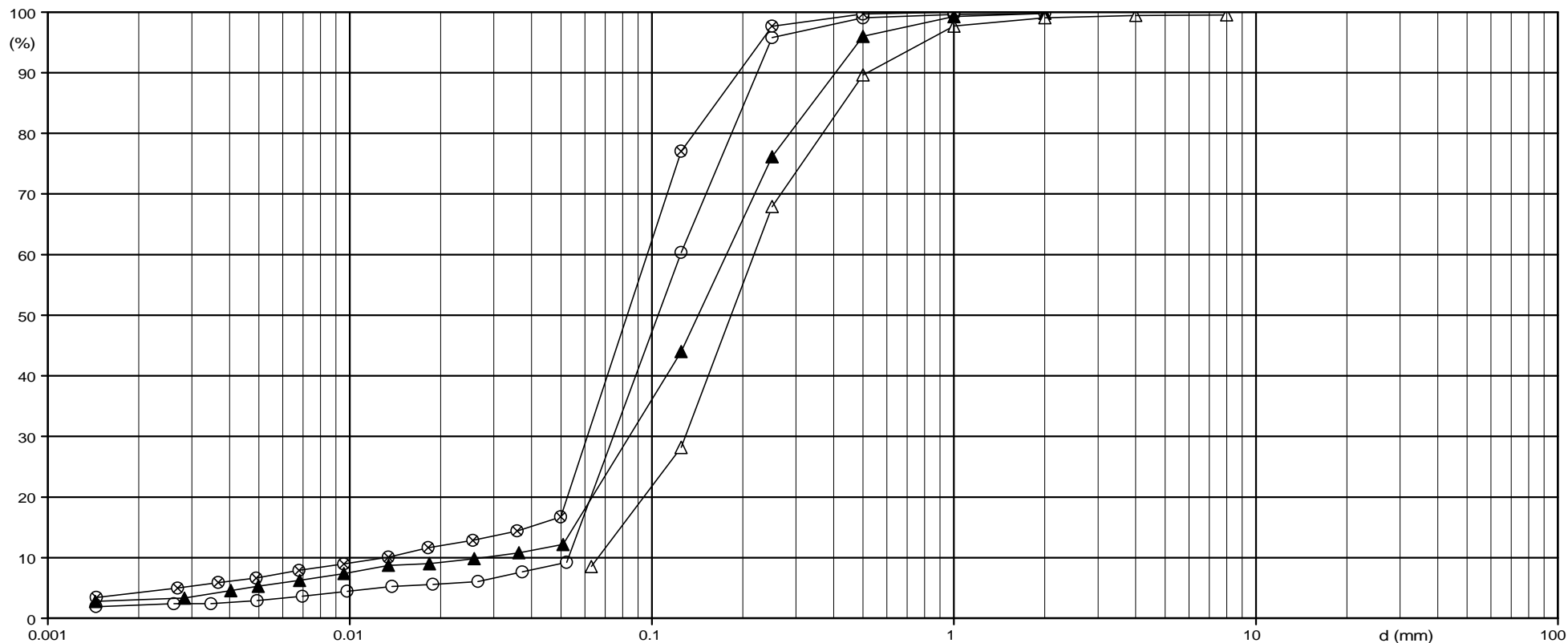
Bilag nr. : 3.4

S. 1 / 1



Sødalsparken 12, 8220 Brabrand  
 tlf 8627 3111, www.geo.dk

KORNNKURVE



	FIN	MELLEM	GROV	FIN	MELLEM	GROV	FIN	MELLEM	GROV	
LER	SILT			SAND			GRUS			STEN

Boring/Prøve Nr. :	12 / 17	12 / 24	12 / 45	12 / 9	/
Kurvesignatur	○	⊗	▲	△	
Geologi	SAND	SAND	SAND	SAND	
Middelkornstørrelse $d_{50}$ (mm)	0,105	0,0828	0,142	0,183	
Uensformighedstal $d_{60}$ (mm) / $d_{10}$ (mm)	0,124 / 0,0529 = 2,34	0,0965 / 0,0131 = 7,37	0,177 / 0,0273 = 6,48	0,218 / 0,0663 = 3,29	/ =
Plasticitetsindex $W_L - W_P = I_P$ (%)	- =	- =	- =	- =	- =
Aktivitet $I_P$ (%) / ler (%) = $I_A$	/ 2,2 =	/ 4,2 =	/ 3,1 =	/ =	/ =
CaCO <sub>3</sub> (%)					
Kornrumvægt $d_s$					
Sandækvivalent SE					
Note					

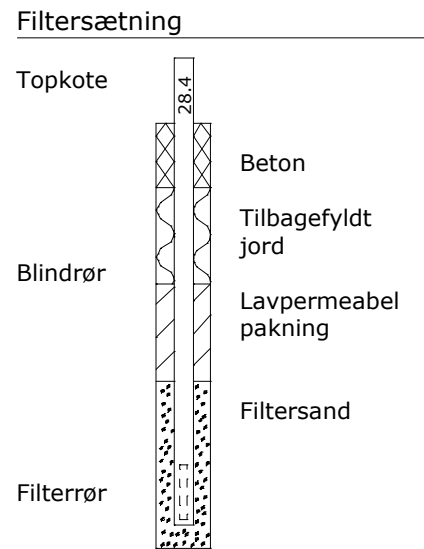
# GEO-Standard: Signaturer og forkortelser

## Geotekniske og miljøtekniske boringer

Situationsplan		Prøver		Jordarter					
	Boring		Drejesondering		Lille pose eller glas		Fyld		Sten
	Boring med Prøvetagning		Rammesondering		Stor pose		Muld		Grus
	Vingeforsøg		Tryksondering (CPT)		Rørprøve		Tørv		Sand
	Boring med prøvetagning/vingeforsøg		Belastningsforsøg		Udtag fra SPT sonde		Tørvedynd		Silt
	Gravning med prøvetagning/vingeforsøg		Geelektrisk punktprofil		Kerneprøve		Gytje (dynd)		Ler
	Filterboring		Liniemodstandsmåling				Organiskholdig		Kalk
							Skaller		Klippe/Beton
							Moræneler (sandet, gruset)		Morænesand (leret, gruset)

Note: I morænejordarter må der forventes varierende indhold af sten og blokke

Forsøg		Filtersætning	
w	Vandindhold	$C_v$	Forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg
$w_L$	Flydegrænse		
$w_p$	Plasticitetsgrænse	$C_{vr}$	Forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg (omrørt)
$I_p$	Plasticitetsindeks		
$I_k$	Kvældindeks	N	Standard penetrationsmodstand (SPT)
e	Poretal		
$e_{max}$	Poretal i løseste standardlejring	$q_c$	Spidsmodstand (CPT)
$e_{min}$	Poretal i fasteste standardlejring	$f_s$	Kappemodstand (CPT)
$I_D$	Tæthedsindeks (relativ lejrings-tæthed)	u	Poretryk (CPT)
$\rho$	Rumvægt	R	Drejesonderingsmodstand, WST
$\rho_s$	Kornrumvægt	S	Sigte- og slemmeanalyse #
gl	Glødetab	K	Konsolideringsforsøg #
ka	Kalkindhold	T	Tryk- eller triaxialforsøg #
PID	Photoionisations-detektormåling	SP	Standard Proctor forsøg #
		MP	Modificeret Proctor forsøg #
		A	Kemisk specialanalyse #
			#: Se resultat i rapport eller på separat bilag



Note: Vingeforsøg er udført og tolket i henhold til Dansk Geoteknisk Forenings, Referenceblad for vingeforsøg, revision 3, august 1999. Omsætningstabellerne er ved tolkningen tilnærmet med en ret linie gennem 0-punktet og punktet, der svarer til  $2/3 \cdot P_{max}$ .

## GEO-Standard: Signaturer og forkortelser

### Geotekniske og miljøtekniske boringer

Dannelsesmiljø		Geologisk alder		Henvisninger
Br	Brakvandsaflejring	Re	Recent	Dansk Standard: "Norm for fundering" (DS415)
Fe	Ferskvandsaflejring	Pg	Postglacial	
Fl	Flydejord	Sg	Senglacial	
Fy	Fyld	Gc	Glacial	Dansk Geoteknisk Forening: "Vejledning i ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse" (1995)
Gl	Gletsjeraflejring	Ig	Interglacial	
Ma	Marin aflejring	Is	Interstadial	
Ne	Nedskylsaflejring	Te	Tertiær	
Ov	Overjord	Mi	Miocæn	
Sk	Skredjord	Ol	Oligocæn	Dansk Geoteknisk Forening: "Markundersøgelsesmetoder" (1990)
Sm	Smeltevandsaflejring	Eo	Eocæn	
Vi	Vindaflejring	Pl	Palæocæn	
Vu	Vulkansk bjergart	Sl	Selandien	
Gr	Grundfjeld	Da	Danien	
		Kr	Kridt	
		Ju	Jura	
		Pk	Prækambrium	
		Generelt	* Se rapport	

**Bilag 3**

**Notat**

**Alternative placeringer af damvarmelager ved Dronninglund**

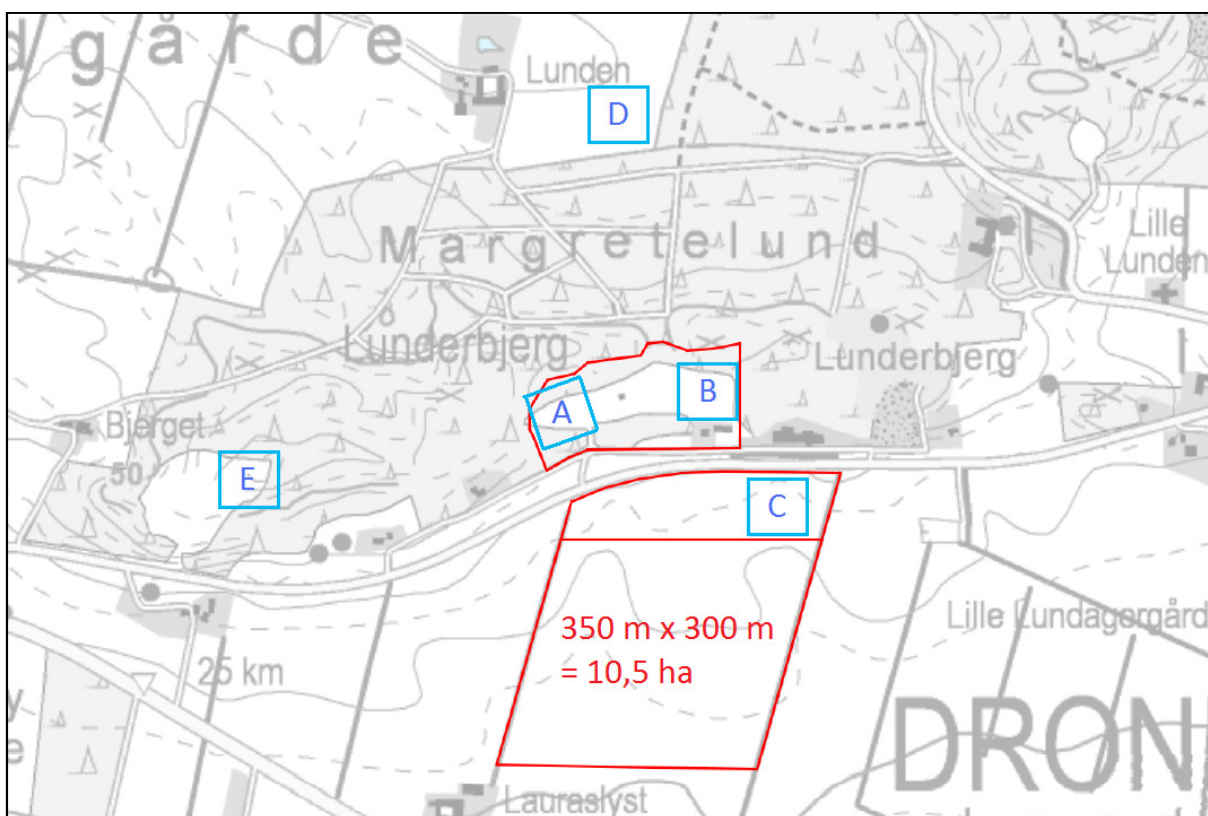
## Notat

### Alternative placeringer af damvarmelager ved Dronninglund

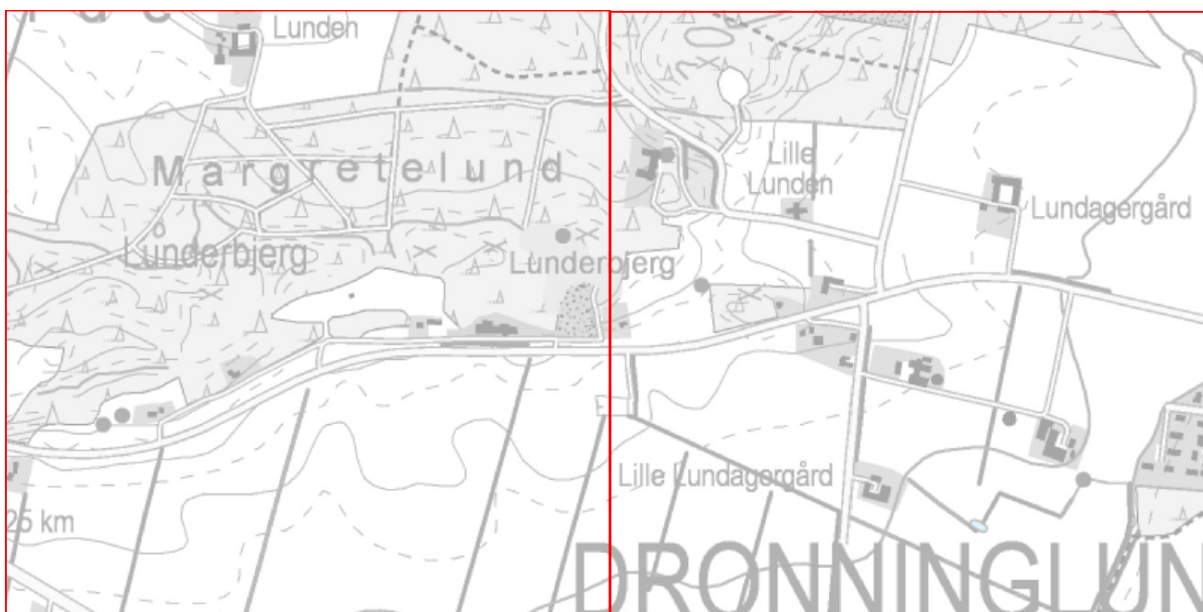
Der ønskes undersøgt alternative placeringer af damvarmelageret ved Dronninglund, idet den nuværende placering er blevet for dyr, primært p.g.a. store mængder silt og deraf følgende store udgifter til grundvandssænkning.

Ca. 2 km vest for Dronninglund ligger der en grusgrav, hvor lageret evt. kunne placeres. Dette bør umiddelbart give følgende fordele:

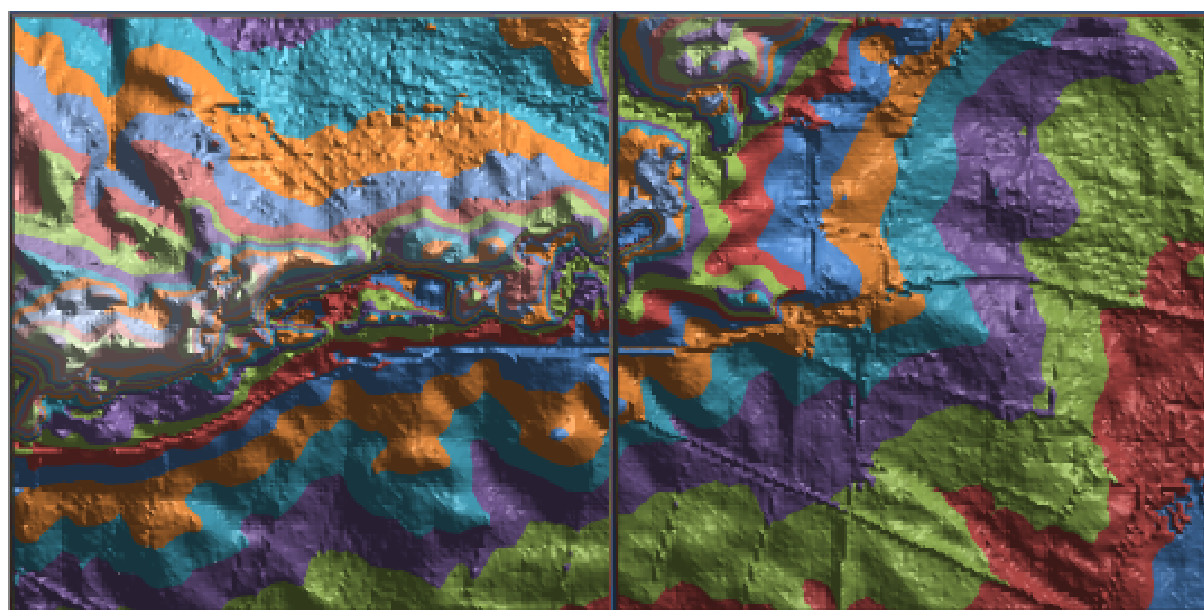
- Undergrunden forventes overvejende at bestå af grus (ingen silt).
- Grundvandsspejlet forventes at ligge et stykke under terræn, hvilket vil reducere behovet for grundvandssænkning.
- Rent visuelt vil lageret blive gemt lidt af vejen og således ikke genere nogens udsigt.



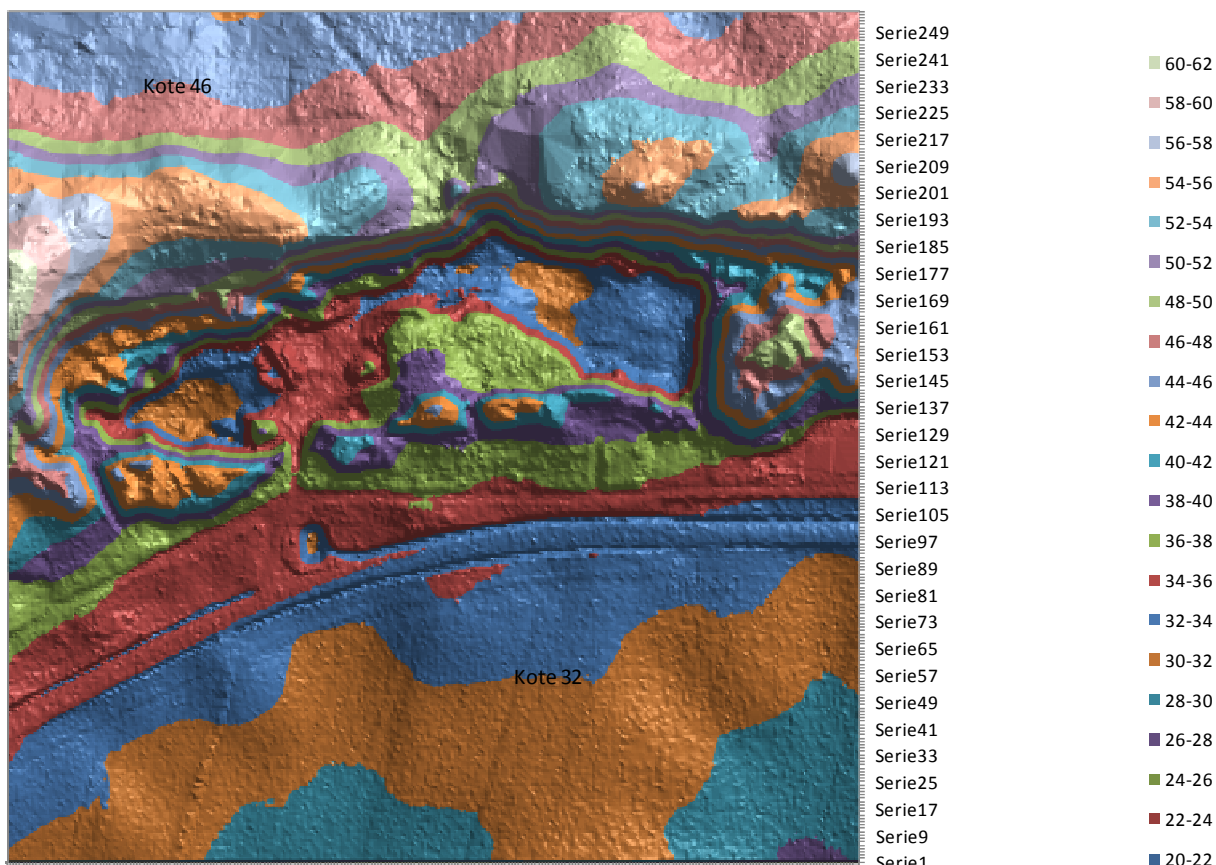
**Figur 1:** Forslag til alternative lagerplaceringer. A og B ligger i grusgraven på matrikel nr. 29k. Solfeltet kunne evt. placeres syd for grusgraven på matrikel nr. 1bv og (den nordlige del af) 1ae. Lageret kunne også placeres ved C (syd for Nordre Ringgade), D (nord for skoven) eller E (i den anden grusgrav).



**Figur 2:** Der er skaffet højde-data for to blokke á 1.000 x 1.000 m. (Kortudsnit = 2.000 x 1.000 m).



**Figur 3:** Højde-data for området på figur 2. Laveste punkt (ca. kote 21 m) befinder sig i figurens nederste højre hjørne. (Kortudsnit = 2.000 x 1.000 m).



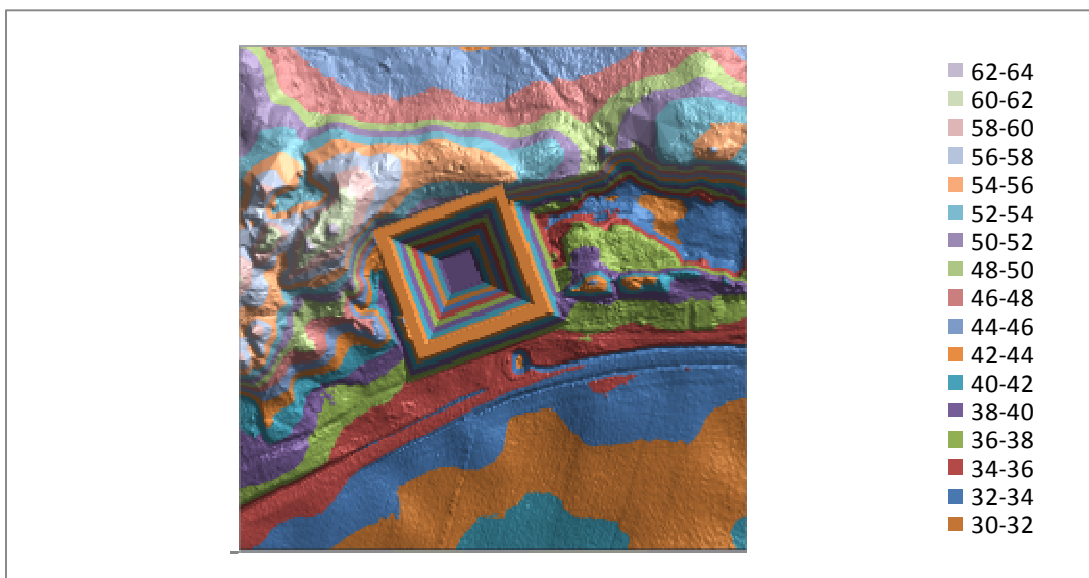
**Figur 4:** Top-view af grusgraven, hvis bund befinder sig i ca. kote 31 m. Man kan bl.a. se grøfterne på begge sider af Nordre Ringgade, indgangen til grusgraven samt det lille vandhul syd for indgangen. (Kortudsnit = 400 x 400 m).

### Placering af lager

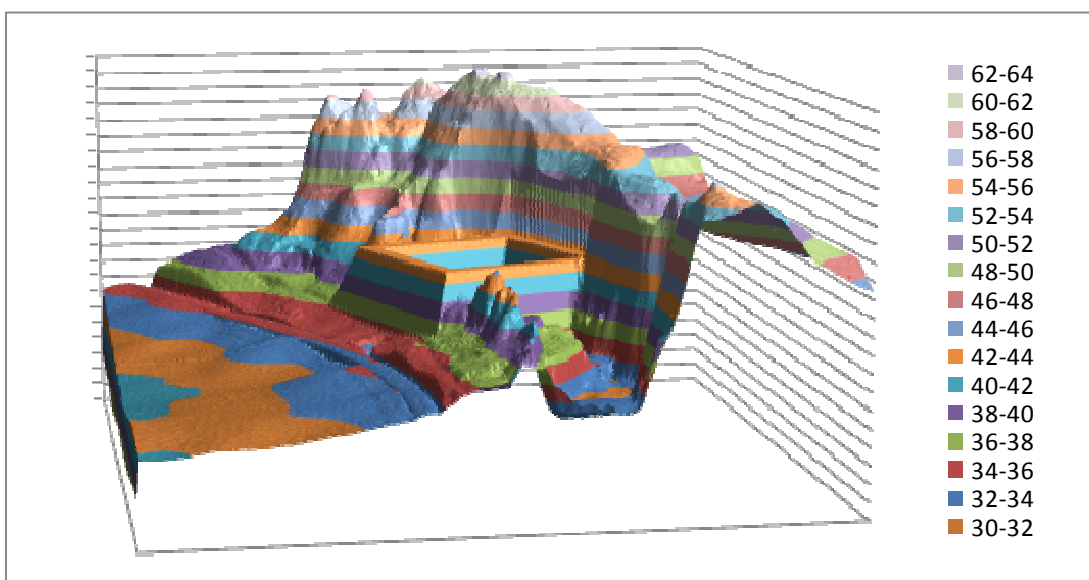
Det er forsøgt at placere lageret i hhv. den vestlige og den østlige ende af grusgraven (pos. A og B på figur 1). Det er forudsat at der skal være jordbalance. Det er desuden tilstræbt at flytte så lidt jord som muligt.

Det bemærkes, at den benyttede beregningsmodel ikke kan lave fald på terræn, der ligger højere end toppen af lageret. Dette fremgår bl.a. af figurerne 6 og 8, hvor terrænet lige ved siden af lageret er lodret. Denne metodefejl betyder, at modellen placerer lageret lidt for lavt.

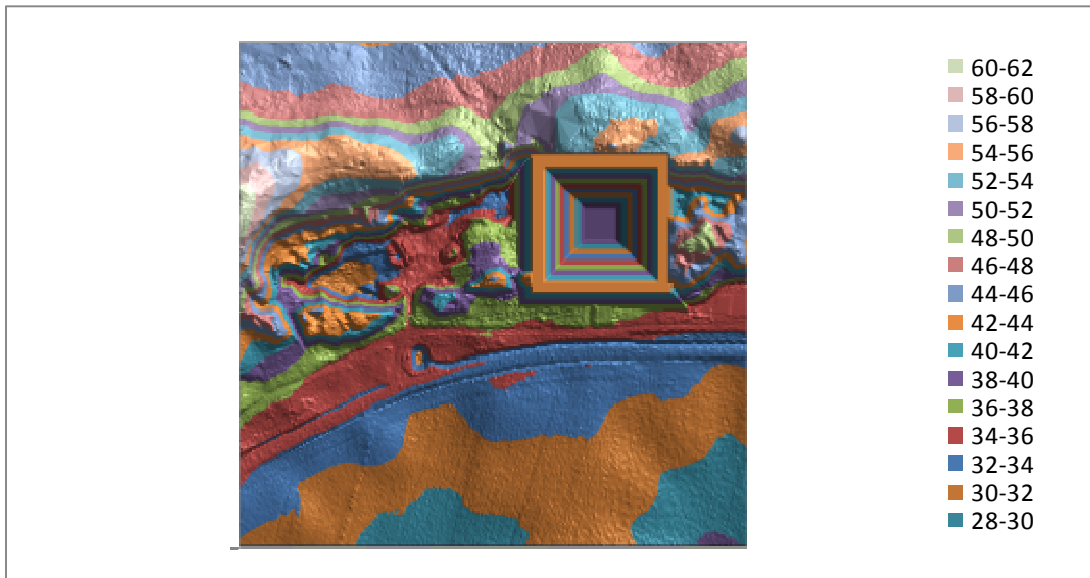




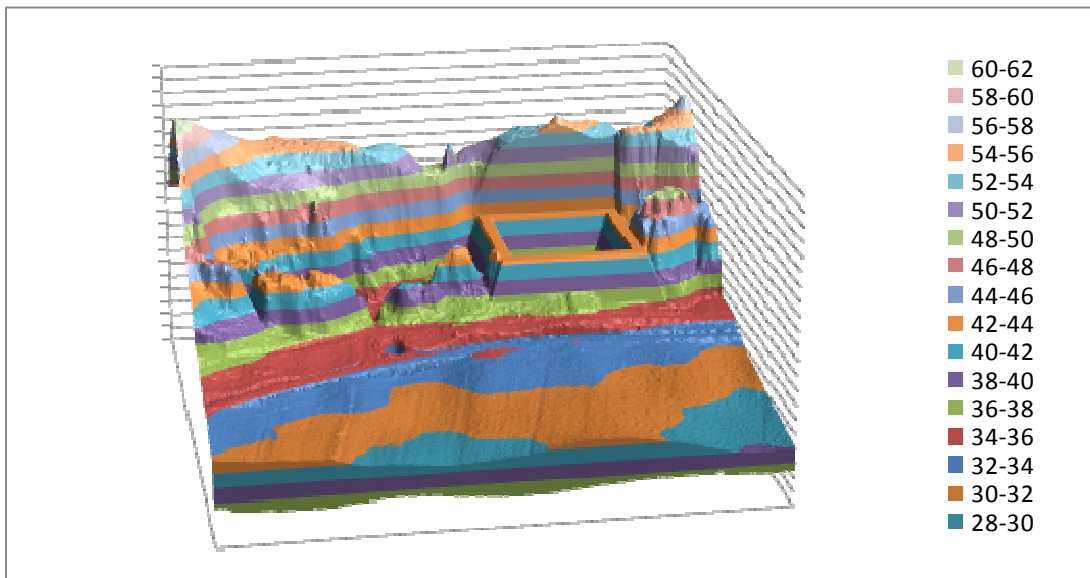
**Figur 5:** Forslag til placering af lager i grusgravens vestlige ende. (Kortudsnit = 400 x 400 m).



**Figur 6:** Lager i grusgravens vestlige ende, set fra ØSØ.



**Figur 7:** Forslag til placering af lager i grusgravens østlige ende. (Kortudsnit = 400 x 400 m).



**Figur 8:** Lager i grusgravens østlige ende, set fra SSV.

Et lager på 60.000 m<sup>3</sup> placeret på en vandret grund kræver flytning af ca. 32.500 m<sup>3</sup> jord.

Placeringsforslag A og B kræver flytning af hhv. ca. 33.500 m<sup>3</sup> og 28.500 m<sup>3</sup> jord, d.v.s. at behovet for jordflytning i grusgraven er næsten det samme som på en flad mark.

Forslag	Terræn kote	Lager bund kote	Huldybde
A	31 m	27 m	4 m
B	31 m	26 m	5 m
C	30 m	18 m	12 m
D	41 m	29 m	12 m

**Tabel 1:** Højde-data for de forskellige placeringsforslag.

Det fremgår af tabel 1, at behovet for at grave under terræn er ca. 4-5 m i grusgraven (A og B) mod ca. 12 m på flad mark (C og D).

Ovenstående forudsætter at vanddybden i lageret er 16 m.

Hvis vanddybden reduceres til f.eks. 12 m, reduceres huldybden (og dermed behovet for grundvandssænkning) med næsten 4 m. Dette medfører en forlængelse af lagerets sider med ca. 3% og en forøgelse af lågarealet (og dermed lågprisen og varmetabet gennem låget) med ca. 6%.

**Bilag 4**

**Rapport 4, 2010-03-20, GEO**

## Dronninglund. Nordre Ringgade Damvarmelager

Forventede bundforhold - areal i grusgrav vest for Dronninglund

### GEO projekt nr. 31029 Rapport 4, 2010-03-29

Udarbejdet for  
Dronninglund Fjernvarme A.m.b.a.  
Att.: Per Sønder  
Tidselbak Allé 18  
9330 Dronninglund

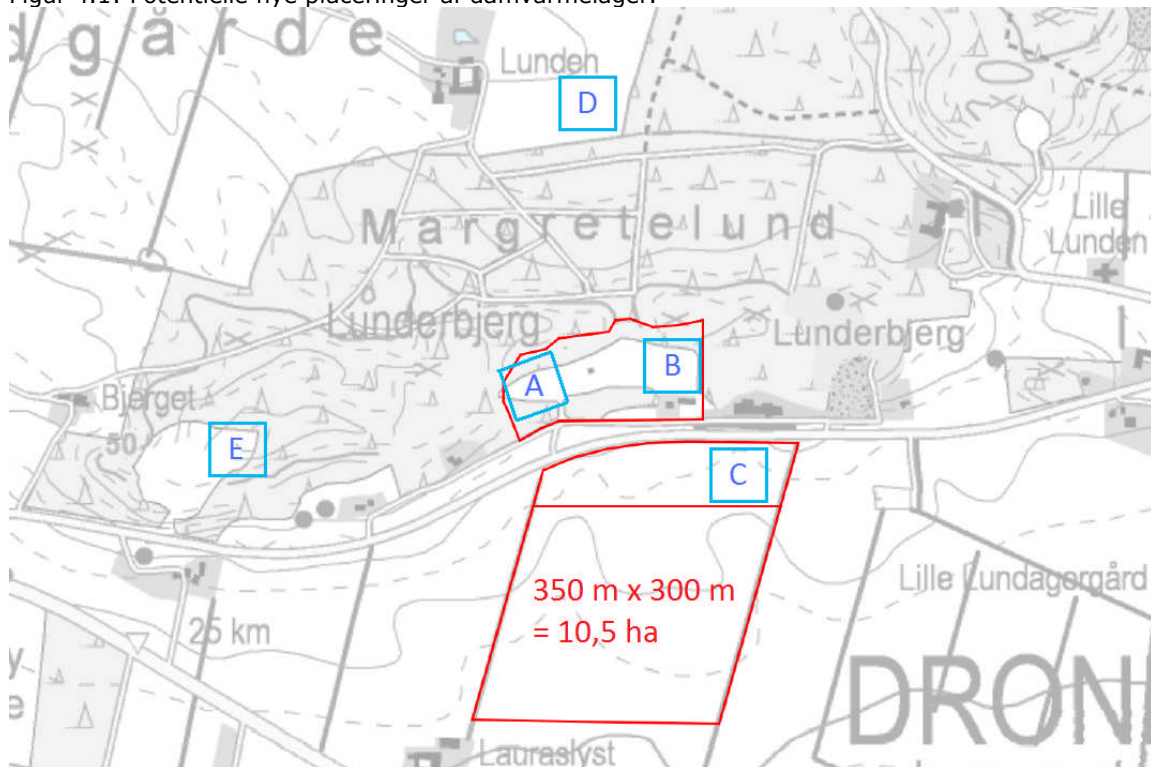
Udarbejdet af Jan Dannemand Andersen,  
9879 9387, jda@geo.dk

Kontrolleret af Lars Bødker

#### Baggrund

Efter indhentning af priser på udførelse af et damvarmelager ved Nordre Ringgade i Dronninglund er det overvejet at ændre placeringen af varmelageret til grusgravsområdet vest for byen. Der overvejes én af de i figur 4.1 markerede placeringer, A – E.

Figur 4.1: Potentielle nye placeringer af damvarmelager.

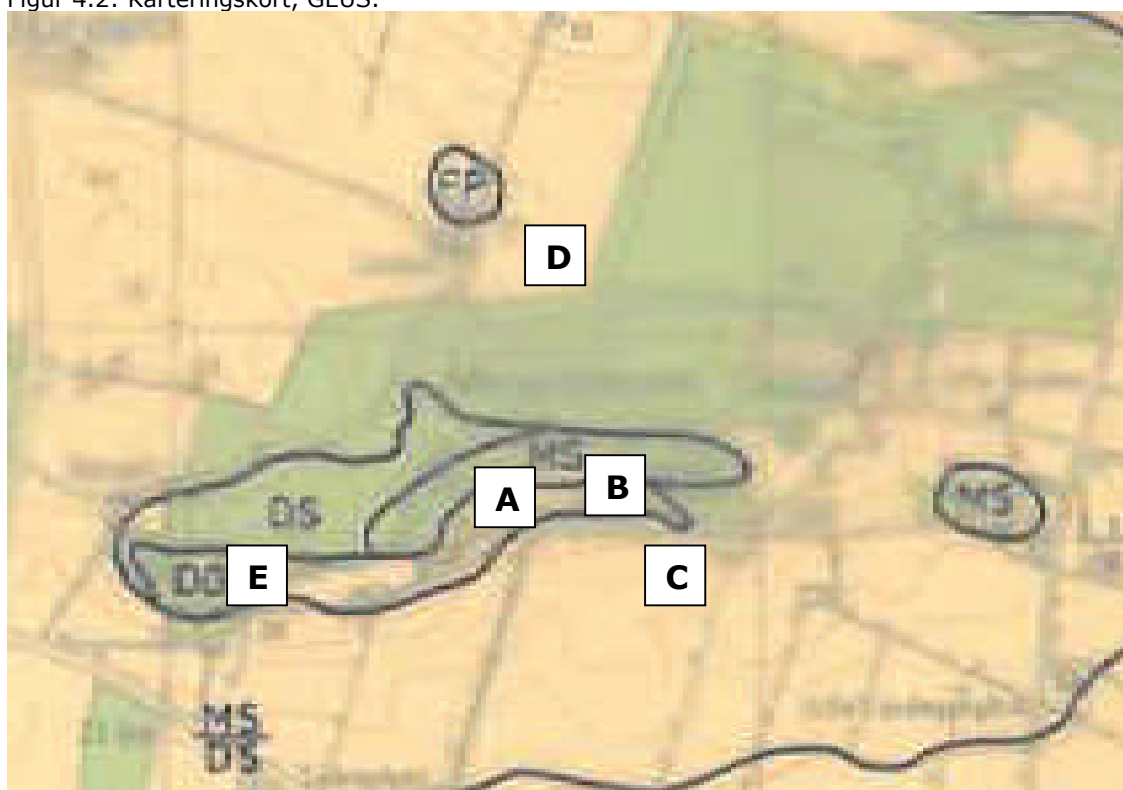


For en umiddelbart vurdering af områdernes egnethed for etablering af et damvarmelager har Planenergi ønsket GEOs vurdering af de forventede bundforhold i disse 5 områder.

### Jordbund

Der er søgt oplysninger om bundforholdene via GEUS' boringsdatabase og karteringskort. Børingsdatabasens boringer ligger mindst ca. 1 km fra de betragtede placeringer. I figur 4.2 er placeringerne A – E indtegnet på en kopi af karteringskortet, der viser de overfladenære jordlag.

Figur 4.2: Kartteringskort, GEUS.



Alle placeringerne A – E er placeret i områder, der er karakteriseret som sand og grus, jf. kortets forkortelser:

DS: Smeltevandssand

DG: Smeltevandsgrus

MS: Morænesand

Afgrænsningerne på kortet er formentlig noget usikker, og de kan være valgt på baggrund af den tidligere råstofindvinding i området.

Smeltevandsaflejringer er sædvanligvis sortererede aflejringer, mens moræneaflejringer er usorterede. Begge aflejringsstyper kan indeholde finkornet materiale (ler og silt), hhv.

som indlejrede lag og generel iblanding, men den tidligere råstofgravning i området indikerer, at finstofindholdet næppe er stort.

## Grundvand

Der er søgt oplysninger om grundvandsforholdene på Nordjyllands Amts potentialekort for det primære grundvandsspejl (fra 1980'erne). På baggrund heraf må der forventes grundvandsspejl som angivet i tabel 4.1, hvor også skønnede terrænkoter og oplyste bundkoter i varmelageret er angivet.

Tabel 4.1: Koter og dybder for grundvandsspejl

Placering	Terræn	Primært grundvandsspejl	Dybde til grundvandsspejl under terræn	Oplyst bundkote i varmelager	Dybde af grundvandsspejl under varmelager
A	+31	+24	7 m	+27	3 m
B	+31	+24	7 m	+26	2 m
C	+30	+23	7 m	+18	-5 m
D	+41	+26	15 m	+29	3 m
E	+35*	+24	11 m	?	?

\*) usikker

Der må påregnes en vis usikkerhed for de angivne koter for terræn og primært grundvandsspejl, formentlig af størrelsesordenen 1 a 2 meter. Det primære grundvandsspejl falder mod syd/sydvest.

I det omfang der findes lavpermeable aflejringer i området, må der - afhængig af nedbør og årstid - forventes sekundære grundvandsansamlinger i højere niveauer end angivet i tabel 4.1. Der findes således et vandhul ved gården nordvest for placering D.

## Konklusion

Udgravningsmaterialer af smeltevands- og morænesand vurderes foreløbigt at være egnede til genindbygning. Ved placering A, B, og E i råstofgravene må der i et vist omfang forventes omgravede materialer, formentlig med iblanding af muld og eventuelt finstofrigt materiale (ler og silt). Sådanne omgravede materialer betragtes normalt som moderat sætningsgivende, hvorfor det kan vise sig nødvendigt at fjerne sådanne materialer under varmelageret. Ved placering C og D forventes der - under et sædvanligt muldlag - at kunne udgraves i intakte aflejringer.

Ud fra koterne i tabel 4.1 synes et varmelager ved placering A, B og D - samt sandsynligvis E - at kunne udføres over det primære grundvandsspejl, mens der ved placering C må forventes at skulle udføres en midlertidig grundvandssænkning til mindst ca. 5 meter under etableringen af lageret. Ved alle de overvejede placeringer kan håndtering af sekundære grundvandsspejl være nødvendigt.

Vi anbefaler, at ovennævnte forhold verificeres vha. boringer, så der opnås et sikkert grundlag for projekteringen af varmelageret.

Bilag: ingen



**Bilag 5**

**Rapport 1, 2010-07-06, GEO**

**Dronninglund. Lunderbjerg 8A**  
**Damvarmelager**  
Geoteknisk undersøgelse

**GEO projekt nr. 33657**  
**Rapport 1, 2010-07-06**

## Sammenfatning

Dronninglund Fjernvarme skal have etableret et større solfangeranlæg med tilhørende damvarmelager på ca. 60.000 m<sup>3</sup>. Lageret får form som en 16 meter høj, omvendt pyramidestub, der placeres i en tidligere grusgrav vest for Dronninglund. Ved varmelageret skal der bygges en teknikbygning.

GEO har udført en geoteknisk undersøgelse af bundforholdene med 7 boringer, der viser,

- at der i bunden af grusgraven er 0,3 – 1,3 meter blandet fyld og ler, der underlejres af smeltevandssand til stor dybde.
- at der på plateauet for teknikbygningen øst for varmelageret er 5,6 - 6,8 meter blandet fyld (med bygningsrester) over smeltevandssand.
- at den eksisterende vold mod syd består af fyld (omgravede lag).
- at grundvandspejlet er beliggende ca. 9 meter under bunden af grusgraven.

Disse bundforhold er umiddelbart egnede for etablering af et damvarmelager. Der må dog påregnes ekstra omkostninger til udskiftning af muldholdigt fyld og opbygning af randvolde omkring varmelageret.

Det må påregnes, at teknikbygningen – med en placering på plateauet øst for varmelageret – skal pælefunderes.

Udarbejdet for  
Dronninglund Fjernvarme A.m.b.a.  
Att.: Per Sønder  
Tidsebak Allé 18  
9330 Dronninglund

Udarbejdet af Jan Dannemand Andersen,  
9879 9387, jda@geo.dk

Kontrolleret af Lars Bødker

## Indhold

1	Indledning .....	3
1.1	Projekt.....	3
1.2	Formål .....	3
2	Undersøgelser .....	4
3	Resultater.....	4
3.1	Jordbund .....	4
3.2	Grundvand .....	5
4	Vurderinger .....	5
4.1	Generelt.....	5
4.2	Udgravningsforhold.....	6
4.3	Genanvendelse af materialer .....	6
4.4	Opbygning af randvolden .....	7
4.5	Varmetabsforhold .....	8
4.6	Fundering af teknikbygning .....	8
4.7	Tilsyn og kontrol.....	9
5	Bemærkninger .....	9

## Bilag

1.1 – 1.7	Boreprofiler, boring 1 - 7
1.8	Situationsplan
GEO-Standard	Signaturer og forkortelser

# 1 Indledning

## 1.1 Projekt

Dronninglund Fjernvarme skal have opført et større solfangeranlæg, der skal suppleres med et sæsonvarmelager i form af et vandfyldt damvarmelager. Anlægget har tidligere været planlagt placeret ved Nordre Ringgade, men denne placering har vist sig at blive relativt dyr pga. siltrige aflejringer og højtstående grundvandsspejl.

Lageret påtænkes nu placeret i en tidligere grusgrav ved Lunderbjerg 8A vest for Dronninglund. Området er vist på vedlagte situationsplan, bilag 1.8. Siderne i grusgraven er bevokset, mens bunden i graven er stort set ubevokset. Der findes en mindre, forfalden bygning i den nordlige del af grusgraven.

Varmelageret bliver på ca. 60.000 m<sup>3</sup> og udføres som en omvendt pyramidestub med et areal på ca. 26 x 26 m<sup>2</sup> i bunden (kote ca. +27) og ca. 90 x 90 m<sup>2</sup> i toppen, idet siderne af lageret påtænkes udført med anlæg 1:2. Lagerets nordside kan udgøres af en formodet tidligere gravefront i grusgraven, mens der mod øst, syd og vest delvist skal ske en opbygning af randvolde.

Vanddybden i lageret bliver 16,0 meter, dvs. toppen af lageret bliver i kote ca. +43, dog afhængig af bl.a. en optimering af jordbalancen i projektet. I bunden af lageret skal der formentlig lokalt graves lidt dybere (0,5 – 1 meter) for fundering af røranlæg. Lagerets tæthed sikres vha. en membran. Efter fyldning af bassinet afdækkes vandoverfladen med et isolerende lag. Vandtemperaturen i lageret vil i perioder være på op til ca. 90 °C.

Øst for lageret skal der bygges en teknikbygning, hvortil der skal etableres ny adgangsvej fra vejen Lunderbjerg. Gulvniveauet i bygningen forventes omtrent svarende til Lunderbjerg i kote +36.

Placeringen af varmelager og teknikbygning er bl.a. valgt under hensyntagen til beskyttelseszoner omkring gravhøje m.v.

GEO har i rapport 4 i GEO-projekt 31029 angivet de forventelige bundforhold i området på baggrund af arkivoplysninger.

## 1.2 Formål

Formålet med nærværende undersøgelse er at belyse jordbunds- og grundvandsforholdene med henblik på en afklaring af bl.a. udgravningsforhold, grundvandssænkning og genanvendelse af opgravede materialer for varmelageret samt funderingsforholdene for teknikbygningen.

## 2 Undersøgelser

Undersøgelsen omfatter 7 boringer, der er placeret som vist med punkterne 1 – 7 på situationsplanen. Undersøgelsespunkterne er afsat løseligt ud fra terrænforholdene og efterfølgende indmålt og koteret vha. GPS-udstyr i system 34J/DVR90.

Boringerne 1 og 2 er placeret i bunden varmelageret og ført til 12 meters dybde. Boringer er udført med særligt henblik på at belyse opgravningsmaterialerne i bunden af lageret og dybden til grundvandsspejlet.

Boring 3 og 4 er placeret på et plateau i grusgraven, hvor teknikbygningen formentlig skal bygges, og ført til 8 – 9 meters dybde med henblik på at belyse funderingsmulighederne for bygningen.

Boringerne 5, 6 og 7 er udført på toppen af den eksisterende vold mod Lunderbjerg med særligt henblik på at belyse, om volden består af f.eks. intakte smeltevandsaflejringer eller af omgravede lag. Disse boringer er ført til 3 meters dybde med let håndgrej.

Under borearbejdet er der registreret laggrænser og udtaget jordprøver. I alle borehullerne er der sat Ø25 mm pejlerør, hvori dybden til grundvandsspejlet er pejlet ved borearbejdets afslutning. I boring 1 – 4 er pejlerørene beskyttet i terræn af et betonrør med låg.

Jordprøverne er beskrevet geologisk<sup>1</sup> i laboratoriet. På udvalgte prøver er der bestemt vandindhold. Jordprøverne opbevares i 14 dage fra rapportdato.

Samtlige resultater og målinger er angivet i bilag 1.1 – 1.7. De benyttede signaturer og forkortelser på boreprofilerne er forklaret på vedlagte GEO-Standard.

## 3 Resultater

### 3.1 Jordbund

Ved boring 1 og 2 i bunden af grusgraven er terrænet målt i kote +34,5 a +34,9. Der er øverst truffet 0,3 – 1,1 meter omgravede lag af muldblandet sand. I boring 1 er der herunder truffet 0,2 meter ler. Under fyld og ler, dvs. under kote +33,2 a +34,6, er der truffet senglaciale aflejringer af smeltevandssand til bund af boringer. Sandet er overvejende fint til mellemkornet og sorteret med ringe finstofindhold.

Ved boring 3 og 4 på plateauet, hvor teknikbygningen påtænkes placeret, er terrænet målt i kote +36,9. Der er truffet fyld til 5,6 – 6,8 meters dybde i form af sandmuld, og muldblandet sand. Fylden har varierende finstofindhold og stedvist indhold af bygnings-

---

<sup>1</sup> Dansk Geoteknisk Forening, Bulletin 1: Vejledning i ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse" (1995).

rester (beton, tegl, plastik, metal, flamingo og træ). Under fylden, dvs. fra kote +30,1 a +31,3, er der truffet senglacialt smeltevandssand.

Ved boring 5, 6 og 7 på volden mod syd er terrænet målt i kote +39,3 a +43,9, men det varierer i øvrigt noget mellem punkterne. I borerne er der formentlig truffet fyld til mindst 3 meters dybde, dvs. under kote +36,3 a 40,9, men det kan ikke udelukkes, at der ved bunden af borerne 6 og 7 findes overgangslag mod underliggende, senglaciale aflejringer. Fylden består af sand med overvejende lille muldindhold, men også med lag af sandmuld. På denne baggrund er det sandsynligt, at den eksisterende vold mod syd langt overvejende består af omgravede materialer og i bedste fald kun i beskedent omfang af intakte smeltevandsaflejringer.

Der henvises til bilagene for en detaljeret beskrivelse af de trufne bundforhold.

Det må påregnes, at der kan være afvigende bundforhold mellem borerne, særligt kan mægtigheden af omgravede lag erfaringsmæssigt variere i tidligere grusgrave.

## 3.2 Grundvand

Ved pejlingerne er der målt grundvandsspejl i kote +25,7 a +25,8 i boring 1 og 2, mens de øvrige borer var tørre. De målte niveauer er lidt over potentialet i det primære grundvandsreservoir (typisk dybereliggende sandlag), jf. Nordjyllands Amts potentialekort fra 1980'erne (kote ca. +24). Potentialekortet viser, at der – overordnet betragtet – er en relativt beskeden strømningsgradient i sydlig retning i det primære grundvandsreservoir.

Erfaringsmæssigt vil grundvandsspejlet variere med årstid og nedbør, og det vil ofte stå højest om foråret og lavest om efteråret. Variationen i grundvandsspejlet kan eventuelt afklares ved supplerende pejlinger i de etablerede pejlerør.

## 4 Vurderinger

### 4.1 Generelt

Med bund i kote ca. +27 kan damvarmelageret udføres over det målte grundvandsspejl i kote +25,7 a +25,8. Udgravningen for lageret kan således udføres tørt uden grundvands-sænkning. Udgravningen i bunden af grusgraven skal føres ned i sand, der er velegnet til genindbygning.

De trufne senglaciale aflejringer må karakteriseres som bæredygtige og "normalt" sætningsfrie. De overliggende fyldlag er overvejende muldholdige og/eller utvivlsomt udlagt uden lagvis komprimering, hvorfor de må karakteriseres som sætningsgivende.

Bundforholdene vurderes således egnede for etablering af varmelageret. Der må dog påregnes omkostninger til opbygning af en randvold mod vest, syd og øst i lageret, ligesom der må påregnes ekstraomkostninger til funderingen af teknikbygningen.

## 4.2 Udgravningsforhold

For at undgå sætninger og deraf følgende risiko for deformationsskader på membranen i varmelageret anbefales udgravningen for lageret ført ned i intakte senglaciale aflejringer. Ukontrolleret fyld og muld frarådes således efterladt under lageret. Dette gælder også under lagerets randvolde indtil en flade begrænset af hældningen 1:1 fra toppen af lagerkonstruktionen.

Udgravningens sider skønnes umiddelbart at være regningsmæssigt stabile ved anlæg  $a = 2,0$  (=  $26^\circ$  med vandret) som forudsat i projektet. Ved en eventuel optimering af skråningshældninger foreslås forudsat, at der for smeltevandssand og velkomprimeret fyldsand kan regnes med et anlæg på  $a \geq 1,5$  (=  $33^\circ$  med vandret). Komprimering af sandfyld ud til en skråning vil dog normalt betinge et fladere anlæg under indbygningen. Disse anlæg forudsætter, at der ikke kan opbygges sekundære grundvandsspejl i skråningerne.

Som tidligere nævnt ventes udgravningen for lageret at kunne ske over grundvandsspejlet. Hvis der kortvarigt skal graves under grundvandsspejlet – f.eks. for udstøbning af fundamenter for eventuelle ledningsanlæg i lageret – skal der etableres en midlertidig grundvandssænkning for at undgå erosion og opskydning. Denne grundvandssænkning kan formentligt bedst ske ved anvendelse af et lokale sugespidsanlæg.

## 4.3 Genanvendelse af materialer

De opgravede materialer af intakt smeltevandssand må forventes at bestå af finstoffattigt sand, som er egnet til genindbygning under nogenlunde gunstige vejrforhold, dog må sandet ikke være for tørt af hensyn til opnåelse af en rimelig komprimeringsgrad.

Afgravede materialer af svagt muldholdigt sand kan muligvis anvendes i lagerets randvolde. Det organiske indhold må dog ikke overstige 1,5 % (målt som vægttab ved glødnings ved  $550^\circ\text{C}$ ). Det kan dog vise sig vanskeligt at adskille disse materialer fra mere muldholdige materialer under udgravningsarbejdet.

Muld, stærkt muldholdigt sand samt ler anbefales ikke genanvendt i randvoldenes "kerne" (dvs. under fladen med hældningen 1:1 fra toppen af lagerkonstruktionen), men materialer kan anvendes som tilfyldning uden på randvoldens "kerne".

Der er konstateret bygningsrester i fylden. Umiddelbart forventes fylden at kunne/skulle genanvendes i projektet. Hvis fylden skal bortkøres, gør vi opmærksom på, at bortskaffelsen af fylden kan være behæftet med omkostninger, bl.a. til kemiske analyser for dokumentation af forureningsgrad.

## 4.4 Opbygning af randvolden

Inden lagerets randvold etableres, anbefales fyld og muld afrømmet.

Stabiliteten af randvolden skal dokumenteres vha. beregninger under hensyntagen til bl.a. vandtrykket i bassinet. Det anbefales sikret, at der ikke – f.eks. ved større lækager fra varmelageret – sker en forringelse af stabilitetsforholdene pga. vandstrømning gennem randvolden.

Randvoldens/udgravningens indvendige side skønnes umiddelbart at være regningsmæssigt stabil ved anlæg  $a = 2,0$ , som forudsat i projektet. Ved en eventuel optimering af skråningshældninger foreslås forudsat følgende:

- Smeltevandssand og velkomprimeret fyldsand :  $a \geq 1,5$  (=  $33^\circ$  med vandret)
- Ukomprimeret sandfyld :  $a \geq 2,0$  (=  $26^\circ$  med vandret)
- Muld og ler :  $a \geq 2,5$  (=  $22^\circ$  med vandret)

Disse anlæg gælder både under etableringsfasen og i den permanente situation, og forudsat der ikke opbygges sekundære grundvandsspejl i volden, ligesom oversiden af randvoldene skal beskyttes mod erosion o.l., hvilket kan betinge et fladere anlæg.

Vi vurderer det vanskeligt på forhånd at vurdere et eventuelt behov for at supplere med tilkørte sandmaterialer til opbygningen af randvolden.

Som kvalitetskrav til tilført sandfyld kan anvendes Vejdirektoratets krav til bundsikrings-sand/-grus kvalitet II<sup>2</sup>. Heri er der følgende krav til gradering (kategori 0/63, G<sub>N</sub>, OC<sub>85</sub> og UF<sub>9</sub>):

- Ingen korn større end 90 mm
- Højst 15 % større end 63 mm
- Højst 9 % mindre end 0,063 mm
- Sandækvivalent mindst 30

Desuden anbefales valgt et materiale med et uensformighedstal  $C_u > 3$ . Materialer, der ikke overholder ovennævnte krav må vurderes nærmere.

Vi foreslår, at sandfylden i volden komprimeres til tætheder som angivet i tabel 2.3, idet densiteter forudsættes målt med isotopsonde. Referenceværdier bestemmes ved standardiserede forsøg i laboratoriet, hvor valget af referenceforsøg afhænger af materialet.

---

<sup>2</sup> I henhold til Dansk Standard DS/EN 13285 Vejmaterialer – ubundne blandinger.



Tabel 2.3: Komprimeringskrav under bygninger e.l. med tilsvarende sætningskrav.

Materiale	Finstofindhold < 0,06 mm	Referenceforsøg	Middel- værdi	Mindste værdi
Sand	< 3 – 5 %	Relativ lejringstæthed, $I_D$	0,65	0,55
Sand	> 5 – 10 %	Standard Proctor, % SP	96	94
Sand, gruset	< 12 %	Vibrationsindstampning, %-vibration	94	92

For indbygning af materialer uden krav til maksimale sætninger kan der anvendes lempeligere krav.

## 4.5 Varmetabsforhold

Den aktuelle jordbund omkring og under lageret forventes overvejende at bestå af tørt, sorteret sand, som vurderes at have en relativt lille varmeledningsevne af størrelsesordenen  $\lambda = 0,3 - 0,5 \text{ W}/(\text{m}^\circ\text{C})$ . Det vandmættede sand under grundvandsspejlet skønnes at have en varmeledningsevne på  $\lambda \approx 1,0 \text{ W}/(\text{m}^\circ\text{C})$ .

Der vil principielt ske en lille horisontal grundvandsstrømning i det vandmættede sand under lageret, men med en relativt beskeden strømningsgradient skønnes varmetabet næppe forøget afgørende for lageret som helhed.

## 4.6 Fundering af teknikbygning

Teknikbygningen skal funderes efter retningslinjerne i geotekniknormen, DS/EN 1997, Eurocode 7.

Teknikbygningen påtænkes placeret på plateauet, hvor boring 3 og 4 er udført. Det trufne smeltevandssand i kote +30,1 a +31,3 er bæredygtigt for byggeri, mens den overliggende fyld ikke er "sætningsfri" og dermed ikke egnet som funderingsunderlag.

Med forventet gulvniveau i kote ca. +36 vurderes det nødvendigt enten at pælefundere bygningen, f.eks. på rammede betonpæle, eller at udføre en større bundudskiftning – både vertikalt og horisontalt - af fylden med velegnet sandfyld, så der kan funderes direkte heri (sandpudefundering). Såfremt der skal anvendes tilkøbt sandfyld, vurderes en pælefundering at være økonomisk mest hensigtsmæssig.

Pæle med spidsen i sand vil overvejende blive spidsbærende, og bæreevnen bedst kan bestemmes ud fra rammemodstanden ved anvendelse af Den danske Rammeformel, jf. geotekniknormens nationale annek. Med den udførte undersøgelse kan pæleprojektet udføres i geoteknisk kategori 1 med partialkoefficienter svarende hertil.

Vi foreslår foreløbigt regnet med, at pælene skal rammes mindst ca. 3 meter ned i de bæredygtige aflejringer. Til indledende vurderinger af pælebæreevnen foreslås anvendt en skønnet regningsmæssig bæreevne på ca. 300 kN for 25x25 cm<sup>2</sup> betonpæle.

Der skal tages højde for såkaldt negativ overflademodstand på pælestykket gennem de ikke-bærende lag. Ved gode rammemodstande vil dette næppe blive bestemmende for bæreevnen.

Gulvet i bygningen skal udføres fritspændende mellem pælefunderede fundamentsbjælker.

Hvis placeringen af bygningen er fleksibel, kan det overvejes at placere bygningen et andet sted med gunstigere funderingsforhold eller i et lavere niveau, så der kan gennemføres en normal direkte fundering.

## 4.7 Tilsyn og kontrol

I forbindelse med udgravningsarbejdet skal det kontrolleres, at bundforholdene overalt er som forventet. Dette omfatter en inspektion af udgravningens sider og bund, evt. suppleret med korte håndboringer.

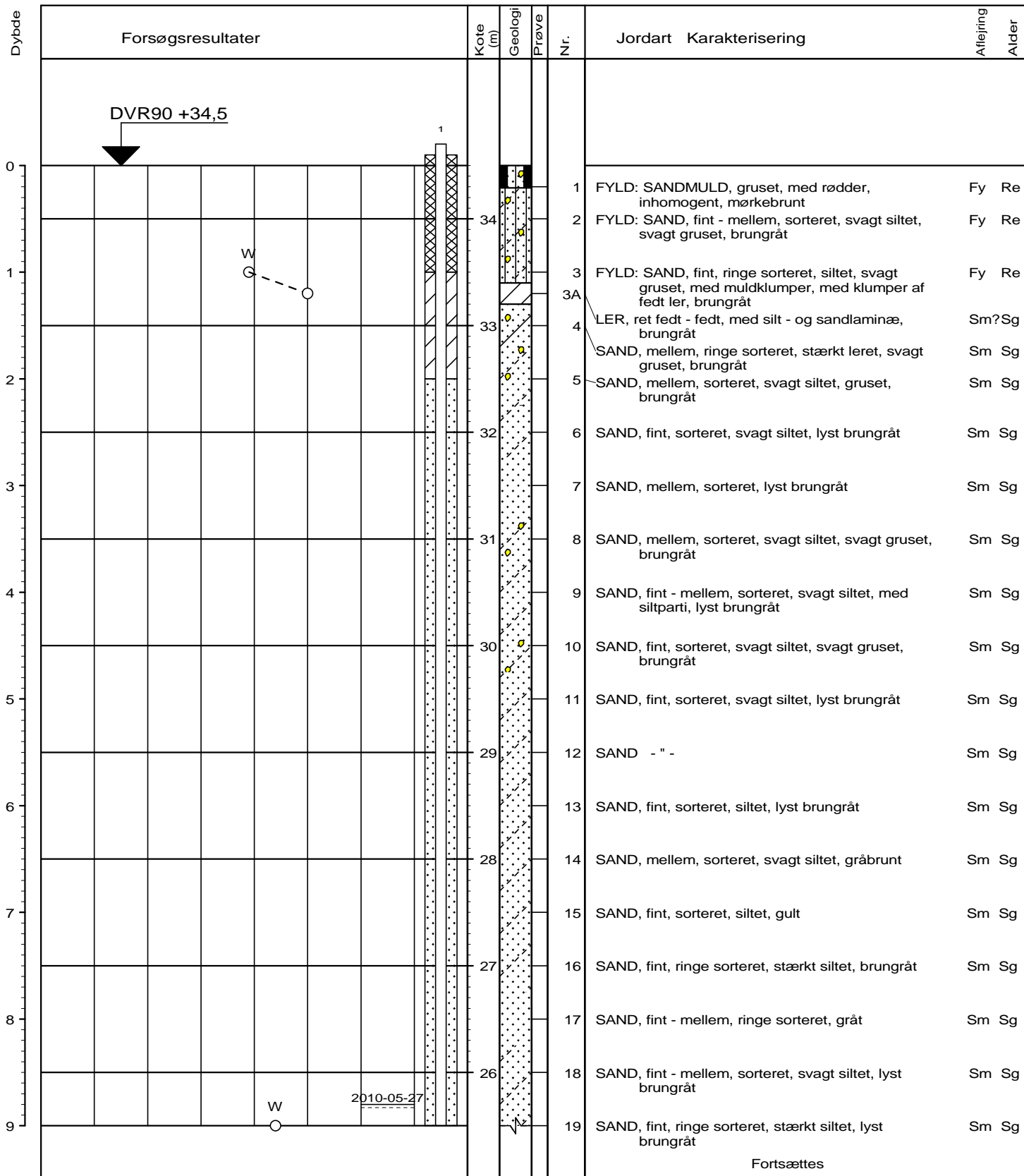
Komprimeringen i randopbygningen skal desuden kontrolleres. Vi anbefaler udført isotopsondemålinger på stedet, f.eks. for hver 0,6 meters opfyldning i et net med indbyrdes afstand på 10 – 20 meter, idet resultaterne sammenholdes med resultatet af standardiserede indstampningsforsøg i laboratoriet.

I forbindelse med pæleramning skal der ske en endelig fastlæggelse af pælebæreevner baseret på rammemodstanden.

## 5 Bemærkninger

Vi gør opmærksom på, at GEO naturligvis gerne deltager ved det videre arbejde med projektet, herunder:

- Stabilitetsberegninger af varmelagerets sider
- Udgravnings- og komprimeringskontrol samt øvrigt tilsyn/målinger
- Vurderinger vedr. bortskaffelse af eventuel overskudsjord
- Geotekniske undersøgelser m.v. for de øvrige bygværker i projektet



Fortsættes

○ 10 20 30 W (%)

Boremethode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

Sag : 33657

Dronninglund. Lunderbjerg

Ing. Geolog : SFJ

Boret af : GEO MIH

Dato : 2010-05-25

DGU-nr.:

Boring : 1

Udarb. af : BEB

Kontrol : JDA

Godkendt : NIO

Dato : 2010-07-01

Bilag : 1.1

s. 1 / 2



Sødalsparken 12, 8220 Brabrand  
tlf 8627 3111 , www.geo.dk

**Boreprofil**

Dybde	Forsøgsresultater					Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart Karakterisering		Aflerjing	Alder
										Jordart	Karakterisering		
9										Fortsat			
						25			20	SAND, fint, sorteret, siltet, gråt		Sm	Sg
10									21	SAND, fint, svagt siltet, gråt		Sm	Sg
						24			22	SAND, fint, ringe sorteret, stærkt siltet, lyst brungråt		Sm	Sg
11									23	SAND, fint, sorteret, siltet, lyst brungråt		Sm	Sg
						23			24	SAND, fint - mellem, sorteret, svagt siltet, svagt gruset, lyst brungråt		Sm	Sg
12									25	SAND, fint - mellem, sorteret, siltet, lyst brungråt		Sm	Sg
						22							
13													
						21							
14													
						20							
15													
						19							
16													
						18							
17													
						17							
18													

○ 10 20 30 W (%)

Boremetode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

Sag : 33657

Dronninglund. Lunderbjerg

Ing. Geolog :SFJ

Boret af : GEO MIH

Dato : 2010-05-25

DGU-nr.:

Boring : 1

Udarb. af : BEB

Kontrol : JDA

Godkendt : NIO

Dato : 2010-07-01

Bilag : 1.1

s. 2 / 2



Sødalsparken 12, 8220 Brabrand  
tlf 8627 3111 , www.geo.dk

**Boreprofil**

Dybde	Forsøgsresultater					Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart Karakterisering		Aflerjing	Alder
0	DVR90 +34,9												
						34			1	FYLD: SAND, mellem, ringe sorteret, svagt muldet, gruset, med rødder, brungråt	Fy	Re	
									2	SAND, groft, ringe sorteret, stærkt gruset, brungråt	Sm	Sg	
1									3	SAND, mellem, sorteret, gruset, brungråt	Sm	Sg	
									4	SAND, fint - mellem, sorteret, svagt siltet, brungråt	Sm	Sg	
2						33			5	SAND, mellem, sorteret, svagt siltet, brungråt	Sm	Sg	
									6	SAND, fint, sorteret, siltet, lyst brungråt	Sm	Sg	
3						32			7	SAND, fint, sorteret, siltet, svagt gruset, lyst brungråt	Sm	Sg	
									8	SAND, mellem, sorteret, siltet, brungråt	Sm	Sg	
4						31			9	SAND, mellem - groft, sorteret, svagt siltet, gruset, brungråt	Sm	Sg	
									10	SAND, fint, sorteret, svagt siltet, lyst brungråt	Sm	Sg	
5						30			11	SAND, fint, sorteret, svagt siltet, lyst gulbrunt	Sm	Sg	
									12	SAND, fint - mellem, sorteret, svagt siltet, svagt gruset, lyst gulbrunt	Sm	Sg	
6						29			13	SAND, fint, sorteret, svagt siltet, svagt gruset, lyst gulbrunt	Sm	Sg	
									14	SAND, fint, sorteret, svagt siltet, lyst gulbrunt	Sm	Sg	
7						28			15	SAND, fint, sorteret, svagt siltet, svagt gruset, lysegråt	Sm	Sg	
									16	SAND, fint, sorteret, svagt siltet, lysegråt	Sm	Sg	
8						27			17	SAND, fint, sorteret, siltet, svagt gruset, lyst brungråt	Sm	Sg	
									18	SAND, fint, sorteret, siltet, lysegråt	Sm	Sg	
9						26			19	SAND, fint, sorteret, siltet, lyst brungråt	Sm	Sg	
Fortsættes													

Boremethode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

Sag : 33657

Dronninglund. Lunderbjerg

Ing. Geolog : SFJ

Boret af : GEO MIH

Dato : 2010-05-28

DGU-nr.:

Boring : 2

Udarb. af : BEB

Kontrol : JDA

Godkendt : NIO

Dato : 2010-07-01

Bilag : 1.2

s. 1 / 2



Sødalsparken 12, 8220 Brabrand  
tlf 8627 3111 , www.geo.dk

**Boreprofil**

Dybde	Forsøgsresultater						Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart	Karakterisering	Aflægning	Alder
	Fortsat													
9						2010-05-27	1			20	SAND, fint, sorteret, siltet, med siltpartier, lyst brungråt	Sm	Sg	
10										21	SAND, fint, ringe sorteret, stærkt siltet, med siltpartier, lyst brungråt	Sm	Sg	
										22	SAND, fint, ringe sorteret, stærkt siltet, lyst brungråt	Sm	Sg	
11										23	SAND, fint, sorteret, siltet, med siltpartier, lyst brungråt	Sm	Sg	
										24	SAND, fint, sorteret, siltet, lyst brungråt	Sm	Sg	
12										25	SAND - " -	Sm	Sg	
13										22				
14										21				
15										20				
16										19				
17										18				
18										17				

Boremethode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

Sag : 33657

Dronninglund. Lunderbjerg

Ing. Geolog :SFJ

Boret af : GEO MIH

Dato : 2010-05-28

DGU-nr.:

Boring : 2

Udarb. af : BEB

Kontrol : JDA

Godkendt : NIO

Dato : 2010-07-01

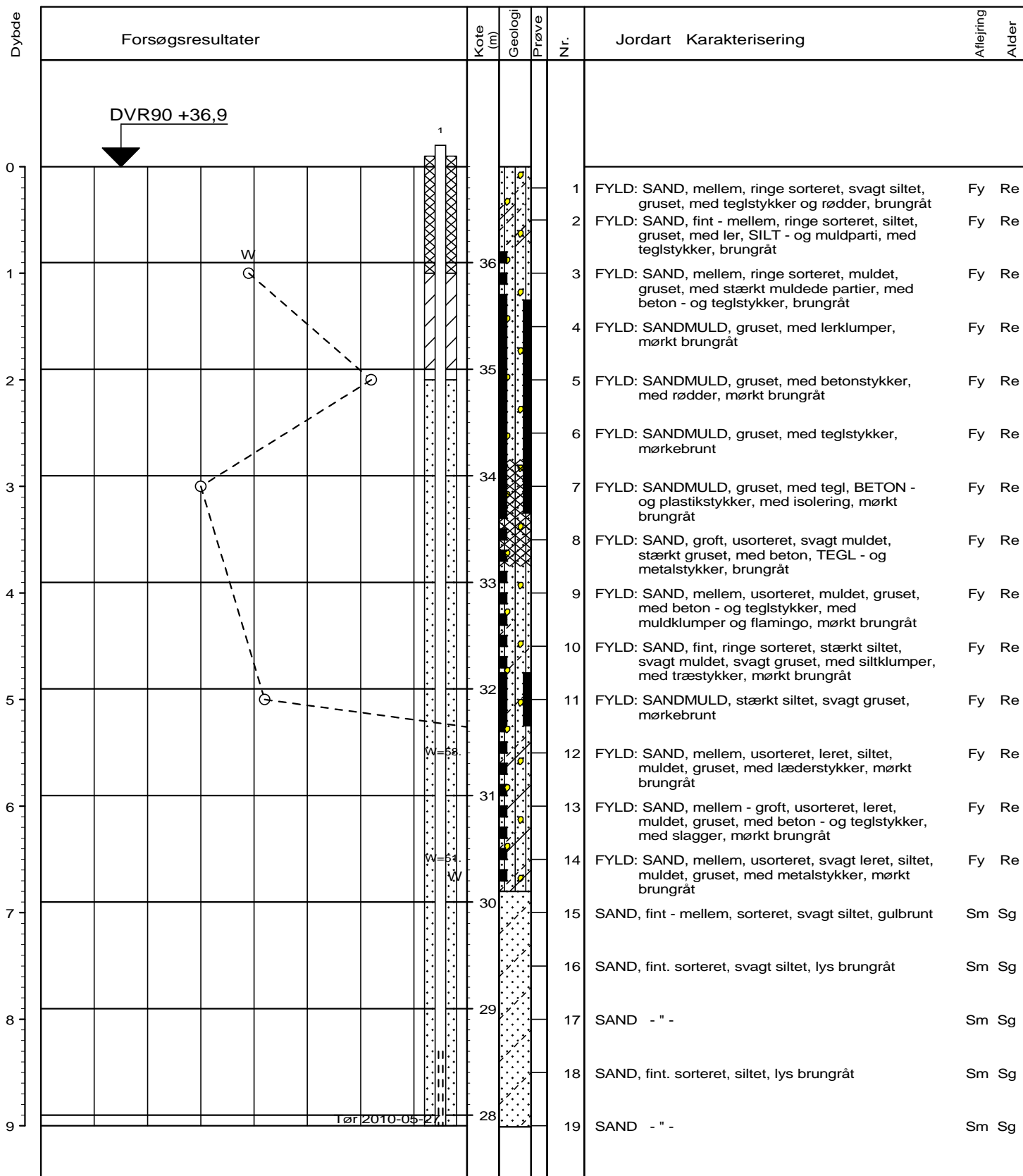
Bilag : 1.2

s. 2 / 2



Sødalsparken 12, 8220 Brabrand  
tlf 8627 3111 , www.geo.dk

Boreprofil



○ 10 20 30 W (%)

Boremethode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

Sag : 33657

Dronninglund, Lunderbjerg

Ing. Geolog : SFJ

Boret af : GEO MIH

Dato : 2010-05-26

DGU-nr.:

Boring : 3

Udarb. af : BEB

Kontrol : JDA

Godkendt : NIO

Dato : 2010-07-01

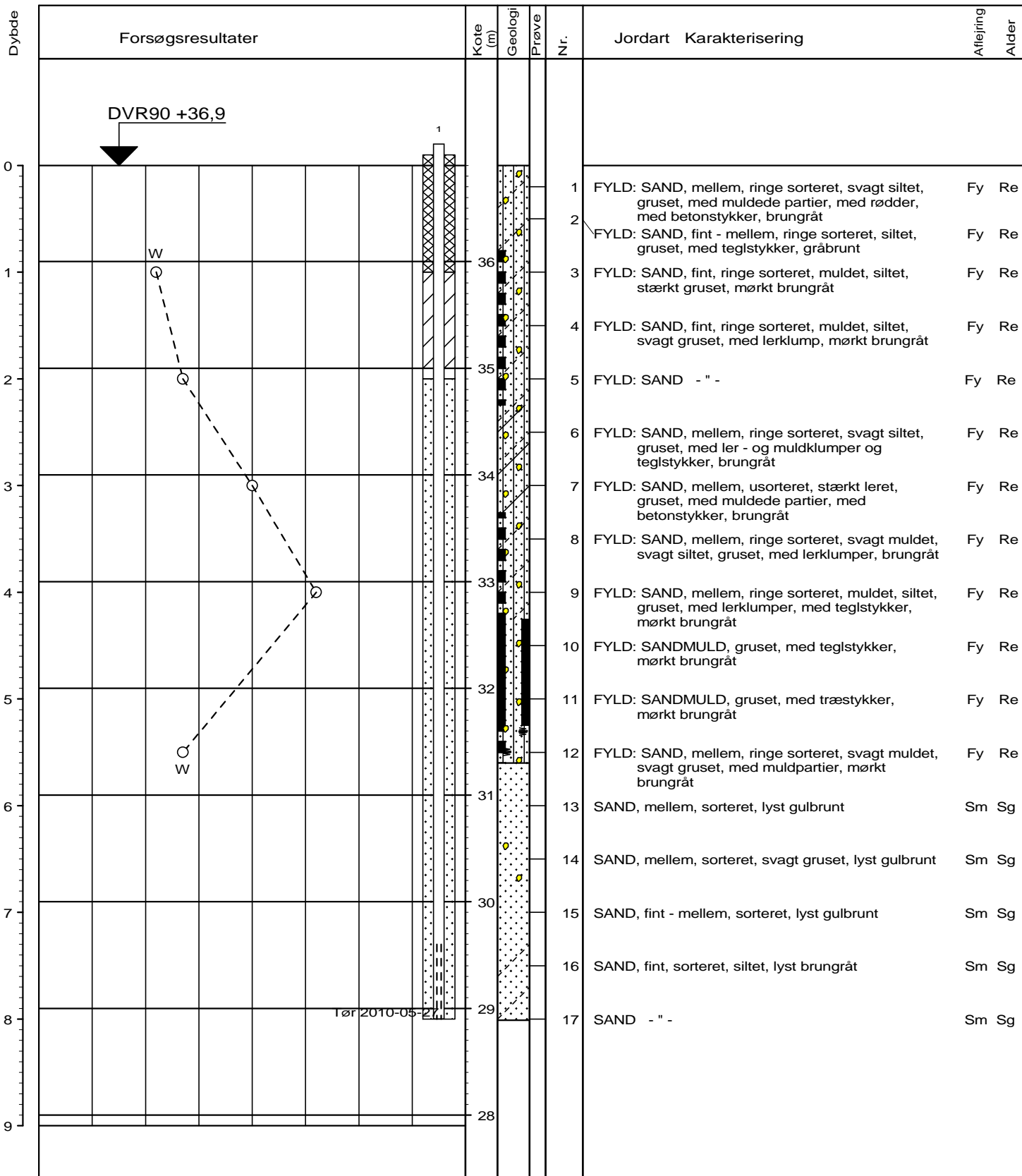
Bilag : 1.3

s. 1 / 1



Sødalsparken 12, 8220 Brabrand  
tlf 8627 3111 , www.geo.dk

Boreprofil



○ 10 20 30 W (%)

Boremetode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

Sag : 33657

Dronninglund. Lunderbjerg

Ing. Geolog :SFJ

Boret af : GEO MIH

Dato : 2010-05-26

DGU-nr.:

Boring : 4

Udarb. af : BEB

Kontrol : JDA

Godkendt : NIO

Dato : 2010-07-01

Bilag : 1.4

s. 1 / 1



Sødalsparken 12, 8220 Brabrand  
tlf 8627 3111 , www.geo.dk

**Boreprofil**



Dybde	Forsøgsresultater						Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart	Karakterisering	Aflæjring	Alder
0							40			1	FYLD: SAND, fint, sorteret, svagt siltet, svagt gruset, med rødde og muldede partier, gråbrunt	Fy	Re	
										2	FYLD: SAND, fint - mellem, sorteret, svagt siltet, svagt gruset, med rødde og muldede partier, gråbrunt	Fy	Re	
1							39			3	FYLD: SAND, mellem - groft, sorteret, svagt siltet, gruset, med rødde og muldede partier, gråbrunt	Fy	Re	
										4	FYLD: SAND, mellem, ringe sorteret, svagt siltet, gruset, med rødde, brunt	Fy	Re	
2							38			5	FYLD: SAND - " -	Fy	Re	
										6	FYLD: SAND, mellem - groft, sorteret, svagt siltet, gruset, gråbrunt	Fy	Re	
3							37			7	FYLD: SAND, mellem, ringe sorteret, stærkt muldet, stærkt gruset, mørkt brungråt	Fy	Re	
4							36							
5							35							
6							34							
7							33							
8							32							
9							31							

DVR90 +40,1

1

Tør 2010-05-27

Boremethode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

Sag : 33657 Dronninglund. Lunderbjerg  
 Ing. Geolog :SFJ Boret af : GEO MIH Dato : 2010-05-26 DGU-nr.: Boring : 5  
 Udarb. af : BEB Kontrol : JDA Godkendt : NIO Dato : 2010-07-01 Bilag : 1.5 s. 1 / 1



Sødalsparken 12, 8220 Brabrand  
 tlf 8627 3111 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - P-STGDK 2.0 - 06/07/2010 13:15:08

Dybde	Forsøgsresultater					Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart Karakterisering		Aflerjing	Alder
0	DVR90 +39,3												
						39			1	FYLD: SAND, mellem, ringe sorteret, svagt muldet, gruset, gråbrunt	Fy	Re	
									2	FYLD: SAND, mellem, ringe sorteret, gruset, gråbrunt	Fy	Re	
1									3	FYLD: SAND, mellem, ringe sorteret, gruset, med rødde, gråbrunt	Fy	Re	
						38			4	FYLD: SAND, mellem - groft, ringe sorteret, svagt siltet, gruset, med rødde, gråbrunt	Fy	Re	
2									5	FYLD: SAND, mellem, ringe sorteret, svagt siltet, gruset, med siltpartier, gråbrunt	Fy	Re	
						37			6	FYLD ? : SANDMULD, svagt gruset, mørkt gråbrunt	Fy?	Re	
3									7	FYLD ? : SAND, mellem, ringe sorteret, svagt siltet, gruset, okkerholdigt, mørkt rødbrunt	Fy?	Re?	
						36							
4													
						35							
5													
						34							
6													
						33							
7													
						32							
8													
						31							
9													
						30							

○ 10 20 30 W (%)

Boremetode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

Sag : 33657

Dronninglund. Lunderbjerg

Ing. Geolog : SFJ

Boret af : GEO MIH

Dato : 2010-05-26

DGU-nr.:

Boring : 6

Udarb. af : BEB

Kontrol : JDA

Godkendt : NIO

Dato : 2010-07-01

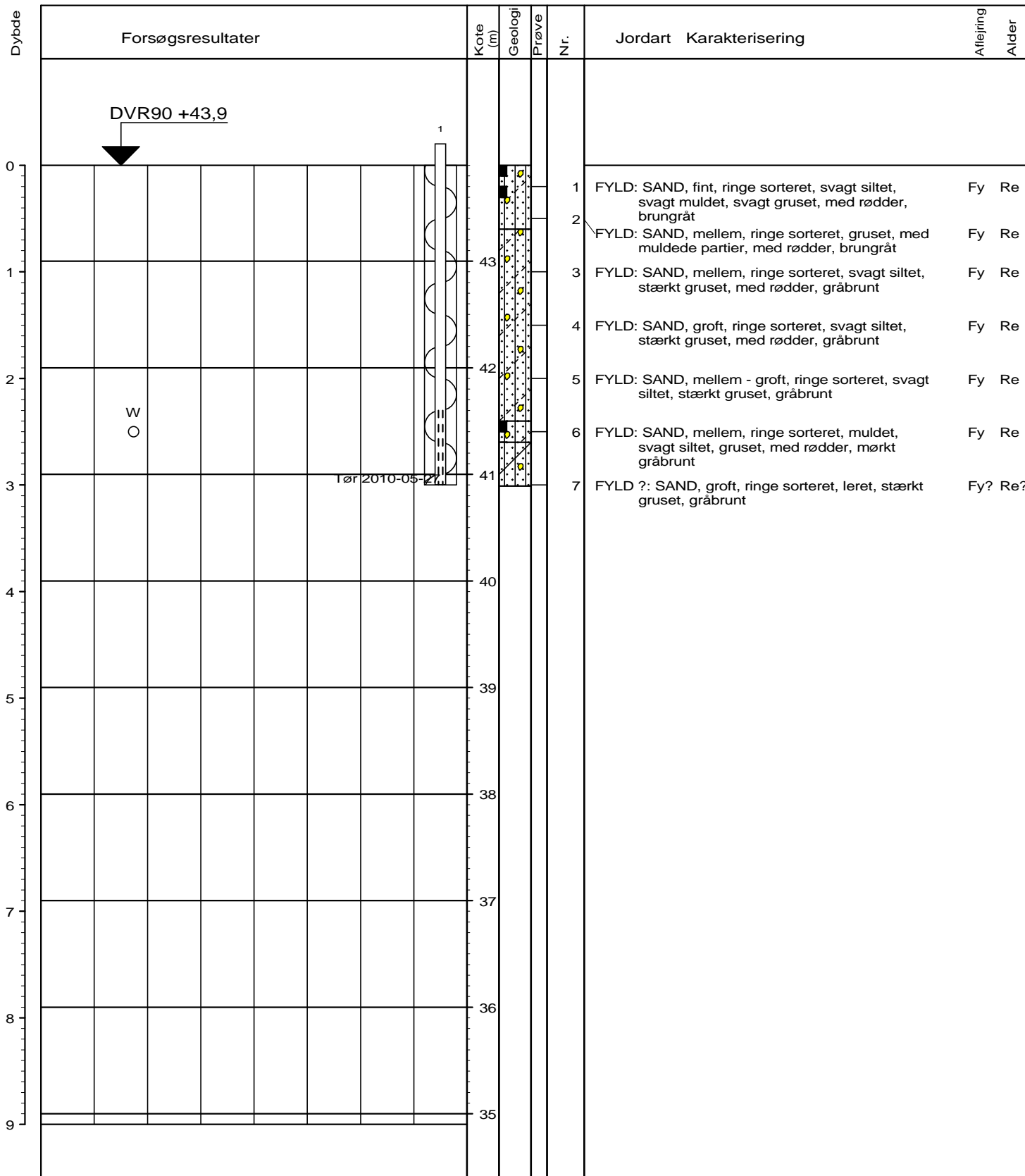
Bilag : 1.6

s. 1 / 1



Sødalsparken 12, 8220 Brabrand  
tlf 8627 3111 , www.geo.dk

**Boreprofil**



DVR90 +43,9

1

W  
○

Tør 2010-05-27

○ 10 20 30 W (%)

Boremethode : Foret rotationsboring 6"

Plan :

Sag : 33657 Dronninglund. Lunderbjerg  
 Ing. Geolog :SFJ Boret af : GEO MIH Dato : 2010-05-26 DGU-nr.: Boring : 7  
 Udarb. af : BEB Kontrol : JDA Godkendt : NIO Dato : 2010-07-01 Bilag : 1.7 s. 1 / 1




Sødalsparken 12, 8220 Brabrand  
 tlf 8627 3111 , www.geo.dk

Boreprofil

BRegister - P-STGDK 2.0 - 06/07/2010 13:16:41



**Signatur :**  
 Geoteknisk boring  
 a: Punkt nr.

**GEO** Sødalsparken 12, 8220 Brabrand  
 Tlf.: +45 8627 3111, www.geo.dk

Projekt: 33657 Dronninglund, Lunderbjerg 8A

Emne: Situationsplan

Side 1 / 1

Mål ~1:2000  
 Rapport 1

Bilag 1.8

Rev. 0

# GEO-Standard: Signaturer og forkortelser

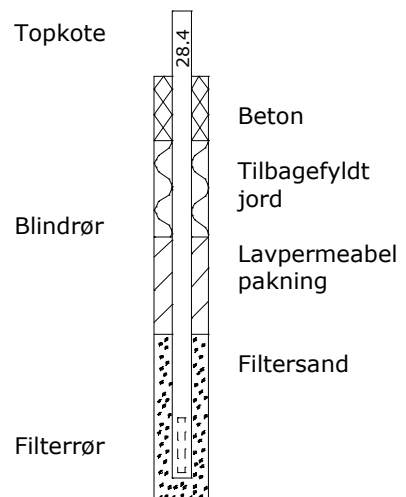
## Geotekniske og miljøtekniske boringer

Situationsplan		Prøver		Jordarter					
	Boring		Drejesondering		Lille pose eller glas		Fyld		Sten
	Boring med Prøvetagning		Rammesondering		Stor pose		Muld		Grus
	Vingeforsøg		Tryksondering (CPT)		Rørprøve		Tørv		Sand
	Boring med prøvetagning/vingeforsøg		Belastningsforsøg		Udtag fra SPT sonde		Tørvedynd		Silt
	Gravning med prøvetagning/vingeforsøg		Geelektrisk punktprofil		Kerneprøve		Gytje (dynd)		Ler
	Filterboring		Liniemodstandsmåling				Organiskholdig		Kalk
							Skaller		Klippe/Beton
							Moræneler (sandet, gruset)		Morænesand (leret, gruset)

Note: I morænejordarter må der forventes varierende indhold af sten og blokke

Forsøg		
w	Vandindhold	$C_v$ Forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg
$w_L$	Flydegrænse	$C_{vr}$ Forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg (omrørt)
$w_p$	Plasticitetsgrænse	$N$ Standard penetrationsmodstand (SPT)
$I_p$	Plasticitetsindeks	$q_c$ Spidsmodstand (CPT)
$I_k$	Kvældindeks	$f_s$ Kappemodstand (CPT)
e	Poretal	u Poretryk (CPT)
$e_{max}$	Poretal i løseste standardlejring	R Drejesonderingsmodstand, WST
$e_{min}$	Poretal i fasteste standardlejring	S Sigte- og slemmeanalyse #
$I_D$	Tæthedsindeks (relativ lejrings-tæthed)	K Konsolideringsforsøg #
$\rho$	Rumvægt	T Tryk- eller triaxialforsøg #
$\rho_s$	Kornrumvægt	SP Standard Proctor forsøg #
gl	Glødetab	MP Modifieret Proctor forsøg #
ka	Kalkindhold	A Kemisk specialanalyse #
PID	Photoionisations-detektormåling	#: Se resultat i rapport eller på separat bilag

### Filtersætning



Note: Vingeforsøg er udført og tolket i henhold til Dansk Geoteknisk Forenings, Referenceblad for vingeforsøg, revision 3, august 1999. Omsætningstabellerne er ved tolkningen tilnærmet med en ret linie gennem 0-punktet og punktet, der svarer til  $2/3 \cdot P_{max}$ .

## GEO-Standard: Signaturer og forkortelser

### Geotekniske og miljøtekniske boringer

Dannelsesmiljø		Geologisk alder		Henvisninger
Br	Brakvandsaflejring	Re	Recent	Dansk Standard: "Norm for fundering" (DS415)
Fe	Ferskvandsaflejring	Pg	Postglacial	
Fl	Flydejord	Sg	Senglacial	
Fy	Fyld	Gc	Glacial	Dansk Geoteknisk Forening: "Vejledning i ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse" (1995)
Gl	Gletsjeraflejring	Ig	Interglacial	
Ma	Marin aflejring	Is	Interstadial	
Ne	Nedskylsaflejring	Te	Tertiær	
Ov	Overjord	Mi	Miocæn	
Sk	Skredjord	Ol	Oligocæn	Dansk Geoteknisk Forening: "Markundersøgelsesmetoder" (1990)
Sm	Smeltevandsaflejring	Eo	Eocæn	
Vi	Vindaflejring	Pl	Palæocæn	
Vu	Vulkansk bjergart	Sl	Selandien	
Gr	Grundfjeld	Da	Danien	
		Kr	Kridt	
		Ju	Jura	
		Pk	Prækambrium	
		Generelt	* Se rapport	

**Bilag 6**

**Korrespondance med SOLITES**

Dear Thomas

30-1-09

We have now discussed the use of Leca a bit more with the manufacturer and got some more data on the material.

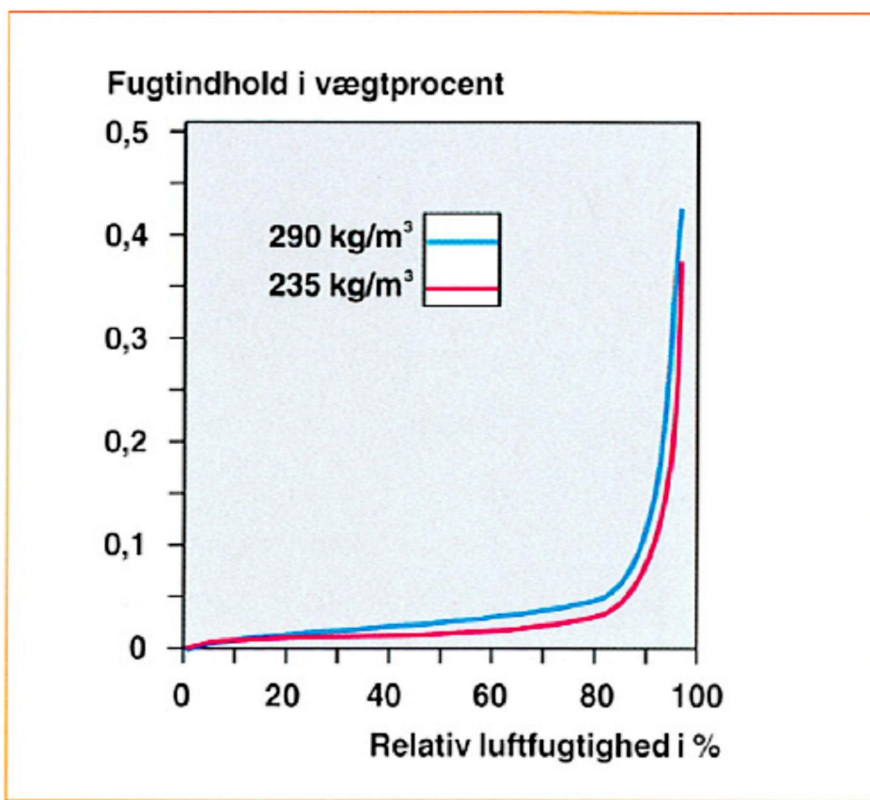
Our plan now is to use Leca without vapour barrier. We believe that it is possible to ensure the necessary ventilation by the vacuum formed by the vacuum-roof system, but we will put perforated tubes in the material in order to establish forced ventilation if this proves necessary.

(In practice it can be difficult to ensure a starting condition with dry material. For this reason alone the possibility of forced ventilation must be present)

As shown below the heat losses from this ventilation are very small.

We have also considered the influence of temperature and moisture on the lambda value. Here we have used the standard EN ISO 10456, which incorporate formulas to be used for calculation of lambda values at conditions different from standard conditions.

We want to keep the moisture in the free air below 65% of the dew point at 20 dg. C. (0,015 kg/m<sup>3</sup>). From the graph below we find an absorbed moisture in the material at about 0,06% of 350 kg = app 0,2 kg/m<sup>3</sup>.



(fugtindhold i vægtprocent: humidity measured in % of kg/kg dry weight)  
(relativ luftfugtighed: relative humidity at 23 dg C)



At higher temperatures we will have lower relative humidity, and hence lower amount of absorbed water. This means that we can assume that the absolute humidity of the material will be less than 10/100.

According to the norm this causes a correction factor of  $\exp(4 * 0,001) = 1,004$

Regarding temperature the correction factors are bigger.

At 80 dg C we get  $\exp(0,0031 * (80 - 10)) = 1,24$

(note that we are using 0,0031 instead of the recommended value in the norm 0,004. This is according to measurements performed by Leca)

A useful mean value for this correction factor could be 1,12, which corresponds to 45 dg C. (mean value as well over time as over position in the lid).

This means that we must take the higher lambda values in consideration, but the correction is not spoiling the economy.

As far as I see it this conclusion is not contradicting the findings of the "Heat and Mass Transfer" article. The moisture level is far below the levels considered in this article.

The heat loss of the ventilation I have calculated as follows:

Using the value for diffusion through the liner found by you (1,77 g/m<sup>2</sup> d) I get:

$$2 * 10^{-8} \text{ kg/m}^2\text{s} * 7500 \text{ m}^2 = 15 * 10^{-5} \text{ kg/s} = 0,15 \text{ g/s.}$$

(please note that I do not consider the diffusion through the top liner to be on the safe side)

If I assume that the temperature of the ventilation air I heated 10 dg C in the material each m<sup>3</sup> can remove app. 0,015 kg water. This means that 36 m<sup>3</sup>/h can do the job. The heat loss caused by this is about 120 W which can be compared to the transmission loss, which is in the range of 100 kW.

There is however another loss which must be considered: convection.

In the norm it is stated that natural convection must be considered if the modified Rayleigh number is larger than 30.

The formula is:  $Ra_m = 3 * 10^6 * d * k * dT /$

d = thickness of the insulation, in m.

k = permeability of the insulation, in m<sup>2</sup>

dT = temperature difference across the insulation, in dg C.

= thermal conductivity without convection, in W/(mK)

Regarding the permeability I have the below graph from Leca:

Specifik permeabilitet er defineret som:

$$\beta_0 = \frac{q}{A} \cdot \eta \cdot \frac{d}{\Delta p}$$

hvor

$q$  = volumenstrømningen,  $m^3/s$

$A$  = gennemstrømningsarealet,  $m^2$

$\eta$  = mediets viskositet,  $N \cdot s/m^2$

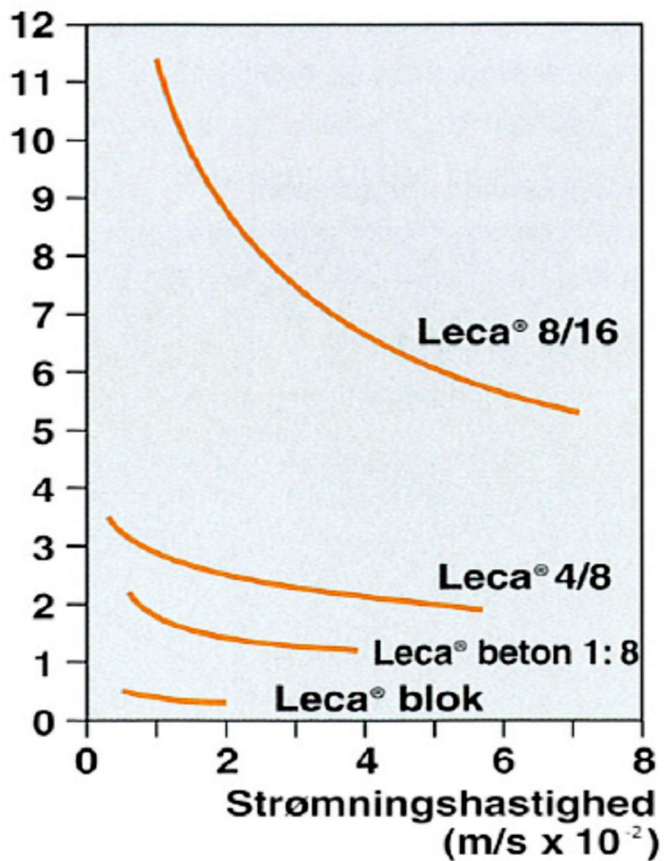
$18 \cdot 10^{-6} N \cdot s/m^2$  for luft ved  $20^\circ C$

$1 \cdot 10^{-3} N \cdot s/m^2$  for vand ved  $20^\circ C$

$d$  = tykkelsen,  $m$

$\Delta p$  = trykfaldet,  $N/m^2$

Specifik permeabilitet ( $m^2 \times 10^{-8}$ )



flow

Cross area  
viscosity

air  
water

thickness  
pressure drop

To get an idea of the air speed relevant for convection I have calculated the air speed involved in a situation, where the convection loss is similar to the transmission loss (app 14 W/m<sup>2</sup> at a thickness

of 0,5 m) This speed is very small (app.  $0,05 * 10^{-2}$  m/s). I assume that about half the area has updraft while the other half has downdraft.

This very low speed makes it difficult to use the graph, but I assume a permeability of about  $20 * 10^{-8}$  m<sup>2</sup> for Leca 8/16.

I can now calculate  $Ra_m = 3 * 10^6 * 0,5 * 20 * 10^{-8} * 70 / 0,1 = 210$

This means that we must use a Leca quality with smaller cells or decrease the permeability with a factor app 10 by other means.

I have made calculations on whether this will create problems regarding the ventilation, but I have found pressure drops in the range of 1 pa even if we ventilate across whole sections of the lid (20 m).

In the question on conversion there is a contradiction to the above mentioned article.

Here convection is ruled out by stating that the Rayleigh number is less than 1708.

I have found it difficult to reconstruct this calculation.

Partly because I can not find the definition of the factor  $a_{pg}$  and partly because the formula for Prandtl number in the nomenclature has a c where it should have been  $c_p$ .

These small problems can be solved, but I think the core of the problem is that the authors seems to have used the average diameter of the cavities as the characteristic length, where the distance between the two temperatures would have been more relevant. In this case the viscosity must be modified to model the complete structure by use of the information on the permeability.

I have not tried to do this as I am satisfied with the above simplified but official method.

In the link [www.owlnet.rice.edu/~chbe402/proj05/hoy/hoyroos/background/background.html](http://www.owlnet.rice.edu/~chbe402/proj05/hoy/hoyroos/background/background.html) the application of Grashofs formula is discussed. I think that this link supports my viewpoint above regarding the characteristic length.

I look forward to get your opinion on this.

Best regards Ebbe Münster, PlanEnergi

**Bilag 7**

**Ventilationsdræn**

# VENTILATIONSDRÆN

Ved byggeri på forurenede grunde er det vigtigt at sikre, at eventuelt efterladt forurening ikke giver anledning til senere indeklima-problemer.

En løsning er at forberede en ventilation af lagene under gulvet ved at indbygge slidserør, som efter behov kan tilsluttes et ventilations-system.

Drænsystemet arrangeres typisk ved at placere perforerede rør i et grus/singelslag med mulighed for såvel ind sugning som udsugning. Der savnes tilsyneladende dimensioneringserfaringer for et sådant drænsystem. En vurdering af aktuelle projekter viser, at der foreligger en klar risiko for, at den ventilation, som kan opnås, kun vil berøre en beskedent del af volumen under gulvet, idet der vil være mange og store "døde" områder.

Den mest iøjnefaldende mulighed for fejlfunktion ved sådanne anlæg er, at slidse- eller hularealet i drænrørene er alt for stort i forhold til det tværsnit (volumen), der ønskes luftudskiftet. Resultatet vil i det tilfælde blive, at næsten al luften bevæger sig direkte fra de huller, som ligger nærmest ind sugningsstedet gennem drænmaterialet

direkte frem til de huller, som ligger nærmest udsugningsstedet, således at store dele af rummet under gulvet forbliver uberørt af ventilationen.

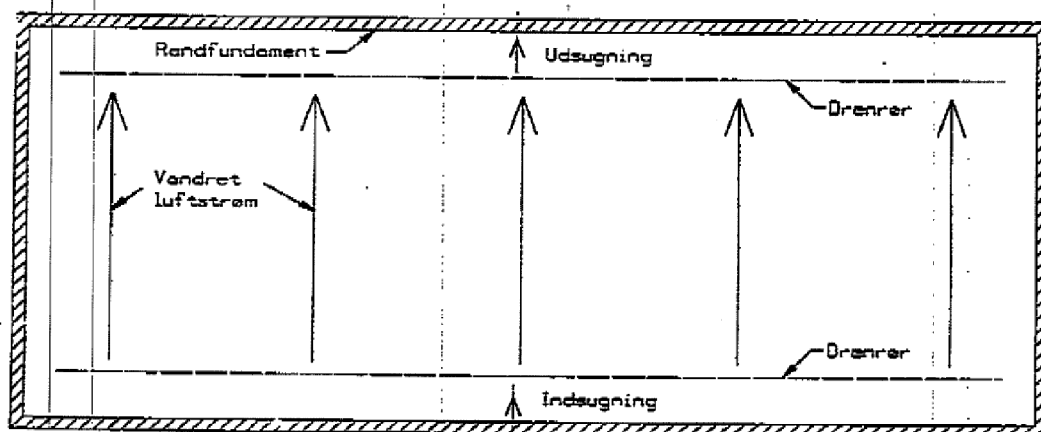
Med baggrund i analogier til hydrogeologien og hydraulikken foreslås følgende princip anvendt ved dimensionering af ventilationsdræn:

Drænstrengene bør placeres så enkelt som muligt, helst med parallelle ind- og udsugningsdræn, som "fødes" på midten, se fig. 1.

Ventilationsdrænet bør dimensioneres for et luftskifte på 5-10 gange porevoluminet pr. time i drænlaget under gulvet. Når luftskiftet er valgt, kan tryktabet i ventilationsdrænet bestemmes som summen af følgende bidrag:

- tryktabet i ventilationsrørene
- tryktabet i slidserne
- tryktabet i drænlaget.

Hertil kommer systemtabet i ventilatoren samt tryktab i rørsystemet mellem ventilationsrør, ventilator og udluftning.



Figur 1. Planskitse af ventilationsdræn, princip

1997-01-02 / KH / JCS 59

VEND  
GI Info 5.9, rev. 1

Lyngby  
42 88 44 44

Århus  
86 27 31 11

Aalborg  
98 18 91 44

Vissenbjerg  
64 47 34 44

Frederikshavn  
98 43 44 44

Ventilationsdrænets funktion er helt afhængig af, at forholdet mellem tryktab i ventilationsrørene og tryktabet i slidseme er korrekt.

Dette opnås ved først at beregne tryktabet i ventilationsrørene under forudsætning af, at luftstrømmen fordeles jævnt over ventilationsrørens længde.

Herefter vælges en slidseåbning ud fra det hensyn, at tryktabet ved de yderste slidser svarer til tryktabet i ventilationsrøret. Derved opnås, at tryktabet over den inderste slidse bliver dobbelt så stort som ved den yderste slidse, hvilket indebærer, at luftmængden ved den inderste slidse bliver ca. 40% større end ved den yderste. Dette svarer til en fordeling i slidserne på mellem 85% og 120% af middelværdien.

Tryktabet over et givet rørstykke kan beregnes ud fra Fannings ligning

$$-\Delta p = 4f \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}, Pa \quad [1]$$

der i praksis i tysk og skandinavisk litteratur (samt ofte i brochurer og kataloger) skrives som

$$\Delta p = \frac{\lambda \cdot l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}, Pa \quad [2]$$

hvor  $\lambda$  er en friktionskoefficient, dim.løst  
 $\rho$  er luftens densitet,  $kg/m^3$   
 $l$  er rørets længde, m  
 $d$  er rørets indvendige diameter, m  
 $v$  er luftens hastighed, m/sek

$\lambda$ , der er afhængig af Reynolds' tal,  $Re$ , kan for korrugerede rør overslagsmæssigt sættes til 0,03 og for glatte rør til 0,02.

Luftens densitet kan for de relevante temperaturer sættes til  $1,29 kg/m^3$  ( $0^\circ C$ ),  $1,25 kg/m^3$  ( $10^\circ C$ ) og  $1,21 kg/m^3$  ( $20^\circ C$ ).

I ligning (2) kaldes leddet  $\frac{1}{2}\rho v^2$  det "dynamiske tryk" og anvendes til belysning af de dynamiske forhold i rørene.

For armaturer, fittings og slidser (enkeltmodstande) kan tryktabet over disse beregnes ud fra ligningen

$$\Delta p = \xi \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2, Pa \quad [3]$$

hvor  $\xi$  er en modstandskoefficient, der er afhængig af Reynolds' tal,  $Re$ , og hvor  $\rho$  og  $v$  er som ovenfor anført.

Værdien af  $\xi$  for konkrete tilfælde og dermed afhængigheden af  $Re$ , er normalt oplyst i de kataloger, der udsendes fra firmaer, der fabrikkerer armaturer, fittings, ventilatorer etc., ligesom værdier for  $\xi$  er anført i nedenstående referencer.

Tryktabet over drænlaget kan beregnes ud fra

$$\Delta p = b \cdot \frac{v_p}{K} \cdot \rho \cdot g, Pa \quad [4]$$

hvor  $b$  er afstanden mellem ventilationsrørene, m  
 $v_p$  er poreluftfæstheden, m/sek  
 $K$  er drænlagets (luft-) permeabilitet, m/sek  
 $g$  er tyngdeaccelerationen,  $m/sek^2$ .

Værdier for forskellige drænmaterialers permeabilitet over for luft foreligger sædvanligvis ikke, men for praktiske formål kan der anvendes en værdi, der er en størrelsesorden mindre end den tilsvarende permeabilitet over for vand.

Hularealet målt som forholdet mellem det samlede hulareal på 1 m ventilationsrør og overfladen på 1 m rør vil typisk ligge i intervallet 0.05 % til 1%. Altså væsentligt under de værdier, der opnås ved blot at vælge almindelige drænrør til vand, hvor hularealet typisk udgør 5%.

Referencer:

Sørensen, H.H. 1990: "Ventilation Ståbi", Teknisk Forlag  
 Stampe, O.B., 1982: "Glent ventilation", Glent & Co. A/S.

Jeg vælger at omskrive formlen for trykfald til specifik permeabilitet:

$$D_p = b * v * \rho$$

$v$  angives som ørelufthastigheden. Jeg vælger nu at bruge gennemsnitshastigheden over profilet. Så passer det med definitionen for den specifikke permeabilitet.

Jeg kigger på en én meter bred del af låget, hvor vi ventilerer over en 20 m afstand.

For at vurdere luftbehovet benytter jeg en tidligere beregning, hvor jeg har fundet at det samlede maksimale diffusion gennem bunddugen således:

$$2 * 10^{-8} \text{ kg/m}^2\text{s} * 7500 \text{ m}^2 = 15 * 10^{-5} \text{ kg/s} = 0,15 \text{ g/s.}$$

Hvis ventilationsluften bliver 10 grader varmere ved gennemgangen kan den fjerne ca. 0,015 kg/m<sup>3</sup>. Det giver et samlet ventilationsbehov på 36 m<sup>3</sup>/h.

Flowet i den 20 m<sup>2</sup> store del af låget vi her kigger på bliver følgelig  $2,7 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ .

Gennemsnitshastigheden i profilet bliver så  $5,4 * 10^{-5} \text{ m/s}$

Hvis  $\rho$  sættes til  $3 * 10^{-8} \text{ m}^2$  og  $b$  til  $20 * 10^{-6} \text{ Ns/m}^2$  fås:

$$dP = 1 \text{ pa.}$$

**Bilag 8**

**Bindende svar fra SKAT**





**SKAT**

Nordjylland  
Indsats  
Punktafgifter

Sdr. Boulevard 14  
7800 Skive

Telefon 72 22 18 18  
E-mail via [www.skat.dk/kontakt](http://www.skat.dk/kontakt)  
[www.skat.dk](http://www.skat.dk)

30. juni 2010

J.nr. 09-132182  
CVR-nr. 12233418  
Fax 98158044

PlanEnergi  
Att.: Per Alex Sørensen  
Jyllandsgade 1  
9520 Skørping

## Bindende svar

I har som repræsentant for Dronninglund Fjernvarme Amba anmodet om bindende svar på følgende

### Spørgsmål:

Spm. 1:

Vil det ændre på opgørelsen af ”fjernvarme ab værk” hvis energimængden V1 tilsluttes fjernvarme-fremløbet i diagrammet på side 13 i ”Nyhedsbrev om afgiftslempelse på fjernvarme, 20. december 2007.”

Spm. 2:

Vil det ændre på opgørelsen af ”fjernvarme ab værk”, hvis et solvarmeanlæg tilsluttes akkumuleringsstanken i diagrammet på side 13 i ”Nyhedsbrev om afgiftslempelse på fjernvarme, 20. december 2007.”

### Svar:

Spm 1: Nej – se sagsfremstilling og begrundelse.

Spm. 2: Ja – se sagsfremstilling og begrundelse.

### Anmodningens dato mv.

Anmodningen er dateret den 27. januar 2009.  
Gebyret er registreret indbetalt den 27. januar 2009.

### Faktiske forhold

PlanEnergi er rådgiver for Dronninglund Fjernvarme, som agter at opføre et varmeproduktionsanlæg, hvor 35.000 m<sup>2</sup> solvarme, 3 MW (termisk) varmepumpe og 60.000 m<sup>3</sup> varmelager kombineres. Varmepumpen anvendes til at køle lagerets bund og opvarme lagerets top, således at fremløbstemperaturen, selv om der opstår et varmetab og dermed en temperatursænkning i lagerets top, fortsat kan opretholdes. Endvidere betyder nedkølingen af lagerets bund, at varmetabet fra varmelageret reduceres.

## Jeres opfattelse og begrundelse herfor

I nyhedsbrev om afgiftslempelse på fjernvarme, 20. december 2007, er på side 13 vist et diagram, hvor ”fjernvarme ab værk” opgøres som energiindholdet i den tilførte elektricitet, da varmemængderne V1 og V2 er identiske.

## Supplerende oplysninger

SKAT har i brev af 5. august 2009 anmodet om en samtykkeerklæring fra Dronninglund Fjernvarmeværk A.m.b.A,

og svar på om Dronninglund Fjernvarme A.m.b.A. opfylder betingelserne for tilbagebetaling af elafgift og CO<sub>2</sub>-afgift efter elafgiftslovens § 11. stk. 17, jf. stk. 18, og CO<sub>2</sub>-afgiftslovens § 7, stk. 7, jf. stk. 8.

Betingelserne fremgår også af Nyhedsbrev om afgiftslempelse på fjernvarme af 20. december 2007.

Dronninglund Fjernvarme har i brev af 17. august 2009 fremsendt samtykkeerklæring, samt bekræftelse på, at de opfylder betingelserne for tilbagebetaling af el- og CO<sub>2</sub>-afgift.

Der har i perioden 25. august 2009 til 18. januar 2010 været indgående drøftelser mellem SKAT og PlanEnergi, om forståelsen af anlæggets principopbygning, som kan beskrives således:

*Dronninglund fjernvarme påtænker at installere et solvarmeanlæg med en akkumulatortank (varmelager) på 60.000 m<sup>3</sup> akkumuleret fjernvarmevand, opvarmet ved solvarme. Akkumulatortanken placeres i jorden. Skitse 1 viser princippet for solvarmeanlæggets opbygning. Solvarmeanlægget opvarmer akkumulatortanken ved en ekstern solvarmeveksler, som overfører solvarmeanlæggets optagne varme til akkumuleringsstanken.*

*I akkumuleringsstanken sker der en fordeling af varmen således, at toppen er den varmeste del og bunden er koldest. Dette sker ved, at vand fra akkumulatortanken tilføres fordamper kredsen i varmpumpen, som køler vandet og sender det retur til tankens bund. Herved gøres bunden kold. Opvarmning af akkumulatortankens top sker ved, at vand fra akkumulatortanken tilføres kondensator kredsen i varmpumpen, som opvarmer vandet med den tilsvarende energi, som er brugt til køling, plus den energi som er tilført for at drive den elektriske varmpumpe. Det betyder at varmpumpen, udover at flytte varmen i akkumulatortanken, også tilfører akkumulatortanken varme fra den tilførte energi til drift af varmpumpen.*

*Varmepumpen kan udnytte solvarmens energitilførsel ned til 10 °C, hvilket betyder, at anlægget kan bruges det meste af året.*

*Planenergi har dog nævnt, at det kan komme på tale, at akkumulatortanken også kan tilføres energi fra Dronninglund kraftvarmeværk i vinterhalvåret, som vist i skitse 2.*

*Dronninglund fjernvarme har ønsket, at energien som varmpumpen flytter, inklusiv opvarmningen som varmpumpen bidrager med, kan sendes direkte ud på fjernvarmenettet i de tilfælde hvor forbruget ellers ville blive taget direkte fra akkumulatortanken. Derfor viser tegningen en trevejsventil som indikerer, at det er muligt at flytte varmen til akkumulatortankens top eller sende fjernvarmen direkte ud i fjernvarmenettet.*

Skitserne 1 og 2 vedlægges som bilag til nærværende sag.

## **Lovregler m.v.**

Lovbekendtgørelse nr. 421 af 3. maj 2006, Elafgiftsloven, § 11, stk. 17 og stk. 18.

Lovbekendtgørelse nr. 889 af 17. august 2006, Kuldioxidafgiftsloven, § 7, stk. 7 og stk. 8.

Lovforslag L 81 af 16. november 2005, "Bemærkninger" til § 2, nr. 5, samt Skatteministerens svar på spørgsmål 17, til Skatteudvalget.

SKATs nyhedsbrev af 20. december 2007, sagsnummer 07-110053 "Energiafgifter – afgiftslempelse på fjernvarme".

Lovforslag L 162 af 17. marts 2010, "Lov om ændring af lov om afgift af elektricitet, lov om kuldioxidafgift af visse energiprodukter og forskellige andre love", § 1, nr. 4.

Lovforslaget er vedtaget af folketinget den 4. juni 2010.

Efter lovens § 12 fastsætter Skatteministeren tidspunktet for ikrafttræden af lovens § 1, nr. 4, hvilket endnu ikke er sket.

## **SKATs begrundelse for svaret**

Iflg elafgiftslovens § 11, stk. 17, kan momsregistrerede varmeproducenter, der leverer varme uden samtidig produktion af elektricitet til de kollektive fjernvarmenet, og som har kraftvarmekapacitet efter stk. 18, eller som den 1. oktober 2005 havde kraftvarmekapacitet efter stk. 18, samt værker omfattet af bilag 1 til lov om energiafgift af mineralolieprodukter m.v. kan få tilbagebetalt en del af afgiften af forbrug af afgiftspligtige varer anvendt til fremstilling af varme leveret til de samme kollektive fjernvarmenet, som kraftvarmekapaciteten vedrører. Den del af afgiften, der overstiger 50,1 kr. pr. GJ fjernvarme ab værk (2015-niveau), eller 18,1 øre pr. kWh fjernvarme ab værk (2015-niveau), tilbagebetales. Såfremt der ved fremstillingen af fjernvarme anvendes både afgiftspligtig elektricitet efter denne lov og andre brændsler eller energikilder, nedsættes de 50,1 kr. pr. GJ fjernvarme (2015-niveau) eller 18,1 øre pr. kWh fjernvarme (2015-niveau) forholdsmæssigt. I perioden 2010 – 2014 er satserne nævnt i 2. og 3. pkt. som anført i bilag 5. Satserne nævnt i 2. og 3. pkt. reguleres efter § 32 a i lov om energiafgift af mineralolieprodukter m.v.

Iflg kuldioxidafgiftslovens § 7, stk. 7, kan momsregistrerede varmeproducenter, der leverer varme uden samtidig produktion af elektricitet til de kollektive fjernvarmenet, og som har kraftvarmekapacitet efter stk. 8, eller som den 1. oktober 2005 havde kraftvarmekapacitet efter stk. 8, samt værker omfattet af bilag 1 til lov om energiafgift af mineralolieprodukter m.v. kan få tilbagebetalt en del af afgiften af forbrug af afgiftspligtige varer anvendt til fremstilling af varme leveret til de samme kollektive fjernvarmenet, som kraftvarmekapaciteten vedrører. Den del af afgiften, der overstiger 12,9 kr. pr. GJ fjernvarme ab værk (2015 niveau) eller 4,6 øre pr. kWh ab værk (2015 niveau), tilbagebetales. Hvis der ved fremstillingen af fjernvarme anvendes både afgiftspligtige varer efter denne lov og andre brændsler eller energikilder, nedsættes de 12,9 kr. pr. GJ fjernvarme (2015 niveau) eller 4,6 øre pr. kWh ab værk (2015 niveau) forholdsmæssigt. I perioden 2010-2014 er satserne nævnt i 2. og 3. pkt. som anført i bilag 3. Satserne nævnt i 2. og 3. pkt. reguleres efter § 32 a i lov om energiafgift af mineralolie m.v.

Det bemærkes, at ovenstående ordning gælder forsøgsvis i en 4-årig periode, som, udløber 31. december 2011, jf ikrafttrædelsesbestemmelserne i § 11, stk. 3, 2 pkt., i lov nr. 1417 af 21. december 2005.

Nyaffattelsen af elafgiftslovens § 11, stk. 17, lovforslag L 162 af 17. marts 2010, vedtaget af folketinget 4. juni 2010 indebærer, at denne 4-årige tidsbegrænsning ikke finder anvendelse.

Skatteministeren har endnu ikke fastsat tidspunktet for ikrafttrædelse af nyaffattelsen til § 11, stk. 17, jf. lovforslagets § 1, nr. 4.

### **Generelt**

Nærværende sag drejer sig om afgiftslempelse på el til drift af en varmepumpe:

1: Installeret i forbindelse med akkumuleringstanken, hvor den producerede energimængde fra varmepumpen tilsluttes varmfremløbet direkte til forbrugerne

2: Installeret i forbindelse med akkumuleringstanken, som er et 60.000 m<sup>3</sup> stort varmelager, opvarmet ved hjælp af et solcelleanlæg. Energien fra varmepumpen kan sendes direkte ud til forbrugerne, eller returneres til akkumuleringstankens top.

Helt grundlæggende omfatter adgangen til afgiftslempelse på fjernvarme momsregistrerede varmeproducenter, der leverer varme uden samtidig produktion af el til de kollektive fjernvarmenet, og som har kraftvarmekapacitet, eller som den 1. oktober 2005 havde kraftvarmekapacitet.

Det fremgår af sagen, at Dronninglund Fjernvarme agter at opføre et varmeproduktionsanlæg, hvor 35.000 m<sup>2</sup> solvarme, 3 MW (termisk) varmepumpe og 60.000 m<sup>3</sup> varmelager kombineres.

Det fremgår endvidere af Dronninglund Fjernvarmes brev af 17. august 2009, at værket opfylder betingelserne for at have kraftvarmekapacitet efter elafgiftslovens § 11, stk. 17, og CO<sub>2</sub>afgiftslovens § 7, stk. 7.

Endelig fremgår det, at den producerede varme skal leveres til samme kollektive net, som kraftvarmeenheden leverer varme til.

SKAT finder, ud fra en samlet vurdering af sagen, at Dronninglund Fjernvarme opfylder betingelserne for tilbagebetaling af elafgift og CO<sub>2</sub> afgift af elforbruget i varmepumpen, jf. elafgiftslovens § 11, stk. 17, jf. stk. 18, og kuldioxidafgiftslovens § 7, stk. 7, jf. stk. 8.

### **Ad spørgsmål 1:**

Planenergi henviser til SKATs nyhedsbrev af 20. december 2007, Energiafgifter – afgiftslempelse på fjernvarme, afsnit 4.6, "Varme produceret i en varmepumpe, hvor der kun tilføres energi i form af el til varmepumpen". Der spørges, om det vil ændre på opgørelsen af "fjernvarme ab værk", hvis energimængden V1 (produktionen fra varmepumpen) tilsluttes varmfremløbet i stedet for at tilsluttes akkumuleringstanken, som forudsat i eksemplet.

Det er SKATs opfattelse, at en tilslutning af V1 direkte til varmfremløbet ikke ændrer på opgørelsen, som beskrevet i eksempel 4.6, hvorfor spørgsmålet besvares med nej.

*Ad spørgsmål 2:*

Der spørges, om det vil ændre på opgørelsen af ”fjernvarme ab værk”, hvis et solvarmeanlæg tilsluttes akkumuleringstanken.

Endvidere spørges der om, hvilken betydning det har, hvis energimængden fra varmepumpen også tilsluttes varmfremløbet, hvorved energien kan sendes direkte til forbrugeren, eller kan sendes til akkumuleringstankens top.

Planenergi henviser til SKATs nyhedsbrev af 20. december 2007, ”Energiafgifter – afgiftslempelse på fjernvarme, afsnit 4.6, Varme produceret i en varmepumpe, hvor der kun tilføres energi i form af el til varmepumpen”.

SKAT skal hertil bemærke, at forudsætningen for at blive omfattet af punkt 4.6. bl.a. er, at der alene er tale om optag af varme fra fjernvarmesystemet/varmeakkumuleringstanken. Det vil sige, at det er forudsat, at der ikke sker tilførsel af ekstern varmeenergi til varmeakkumuleringstanken, som optages af varmepumpen. En anden forudsætning er, at den optagne varmeenergi i forvejen er afgiftsbelagt (belagt med en indirekte afgiftsbelastning fra det brændsel, der er anvendt til at fremstille den pågældende varme i fjernvarmesystemet/akkumuleringstanken).

Disse forudsætninger er ikke opfyldt i det foreliggende tilfælde.

SKAT finder derfor ikke, at den påtænkte indretning af anlægget er omfattet af punkt 4.6. i nyhedsbrevet af 20. december 2007.

Modsætningsvis er det SKATs opfattelse, at tilslutning af et solvarmeanlæg medfører, at opgørelsen skal udfærdiges efter eksempel 4.4 i nyhedsbrevet af 20. december 2007, ”Varme produceret i en varmepumpe, hvor varmekilden er jord eller luft”.

Her bemærkes det, at udover selve lovbestemmelsen støtter beskrivelsen af punkt 4.4 sig bl.a. på bemærkninger til lovforslaget (L 81) og skatteministerens svar på spørgsmål 17 under Folketingets behandling af lovforslaget, der begge er gengivet nedenfor:

Uddrag af lovbemærkninger:

*”Specielt vedrørende elektricitet skal bemærkes, at det alene er den mængde el, der er anvendt direkte til opvarmning af fjernvarmevandet ab værk, der kan indgå i beregningen. Forbrug af el til at pumpe fjernvarmevandet ud i nettet, eller forbrug af el til drift af skorstensblæsere mv. er således ikke omfattet.*

*El til drift af en varmepumpe anses dog for el anvendt direkte til opvarmning af fjernvarmevand.*

*Er fjernvarmen f.eks. fremstillet ved en varmepumpe er beregningen som i følgende eksempel:*

**Eksempel på hvordan afgiften beregnes, når der bruges en varmepumpe.**

Brændselstype	Energimængde	Procentvis fordeling af energikilder til opvarmning	Forholdsmæssig fordeling af maksimumafgift på 16,2 kr.	Umiddelbar energiafgift	Godtgørelse af afgift	Nettoafgift
30 kWh el til varmepumpe	100 kWh	100 pct.	16,2 kr.	17,31 kr.	1,11 kr.	16,2 kr.

I eksemplet fremstilles 100 kWh varme fra varmepumpen, hvortil er anvendt 30 kWh el. Afgiften heraf er 17,31 kr. og der kan således godtgøres 1,11 kr. i elafgift.

CO<sub>2</sub>-afgiften af 30 kWh el er 2,58 kr. og der kan godtgøres ned til 1,8 kr. Der gives således en CO<sub>2</sub>-afgiftsgodtgørelse på 0,78 kr.

Samlet set nedsættes afgiften med 1,89 kr.”

Spørgsmål 17:

**”Spørgsmål 17:** Er det korrekt, at el kan producere mere varme, såfremt det bruges i en varmepumpe frem for en elpatron? Vil forslaget give et incitament til at bruge varmepumper frem for elpatroner – eller svækkes varmepumpers relative konkurrenceevne overfor elpatroner?

**Svar 17:** Hvis et fjernvarmeværk anvender en elpatron til at fremstille varme kan det af 1 kWh el fremstille i praksis 1 kWh varme af værket.

Hvis et fjernvarmeværk anvender en ældre varmepumpe til at fremstille varme, kan det af 1 kWh el ofte fremstille f.eks. 3 kWh varme. Under visse betingelser kan der fremstilles en større varmemængde. Af de 3 enheder varme kommer en del af varmen fra selve elforbruget, mens hovedparten kommer fra at man ”flytter” varme fra jord, luft, vand eller andet til fjernvarmevandet. Jorden mv. bliver koldere, og fjernvarmevandet bliver varmere.

Ved forslaget indføres samme maksimale afgift på varme, hvad enten der er tale om, at der bruges en varmepumpe eller en elpatron. Ved samme afgift på varme er forslaget neutralt med hensyn til valg af teknologi.

Forslaget favoriserer således ikke elpatroner fremfor varmepumper. Ved neutrale afgiftsregler vil værkerne vælge den teknologi, der har den bedste konkurrenceevne før afgifter.

Det forventes, at forslaget (hvis el til fjernvarmefremstilling friholdes for PSO-pristillæg) vil føre til, at der i et vist omfang vil blive installeret elpatroner i et antal varmeværker, og at elpatronerne her vil blive anvendt i et varierende antal timer afhængigt af de helt aktuelle elpriser.

Derimod forventes det ikke, at der vil blive investeret i varmepumpeanlæg andet end i få tilfælde om nogen, jf. at varmepumper i praksis vil skulle anvendes konstant for, at driftsbesparselsen kan forrente merudgifter til forrentning og afskrivning på anlægget.”

## **Konklusion**

Det er SKATs opfattelse, at den påtænkte indretning af anlægget/varmepumpen ikke falder ind under den tekniske beskrivelse og de forudsætninger, som er lagt til grund for punkt 4.6. i nyhedsbrevet af 20. december 2007. Der henvises i øvrigt til den anførte begrundelse ovenfor.

Modsætningsvis er det SKATs opfattelse, at tilslutning af et solvarmeanlæg medfører, at opgørelsen skal udfærdiges efter punkt 4.4 i nyhedsbrevet af 20. december 2007, "Varme produceret i en varmepumpe, hvor varmekilden er jord eller luft".

Spørgsmål 2, "om det vil ændre på opgørelsen af fjernvarme ab værk", besvares derfor med ja.

Det bemærkes, at det efter SKATs opfattelse ikke har nogen betydning, om energimængden fra varmepumpen også tilsluttes varmfremløbet, hvorved energien både kan sendes direkte til forbrugeren, eller kan sendes til akkumuleringstankens top.

## **Vilkår og betingelser**

Det bindende svar er bindende for SKAT indtil 31. december 2011, regnet fra starten af den afgiftsperiode, hvori I modtager dette brev, medmindre andet udtrykkeligt er oplyst, jf. skatteforvaltningslovens § 25, stk. 1.

Svaret gælder kun for spørgerens afgiftsmæssige forhold.

Svaret er ikke bindende, hvis der er sket ændringer i de forudsætninger eller regler, der ligger til grund for svaret, eller hvis svaret er givet på grundlag af ukorrekte oplysninger. Det samme gælder i det omfang svaret viser sig at være i strid med EU-retten, jf. skatteforvaltningslovens § 25, stk. 2.

## **Klagevejledning**

I kan klage over det bindende svar til Landsskatteretten. Klagen skal være skriftlig og begrundet, og være vedlagt en kopi af det bindende svar.

Der kan klages både over svarets indhold og bindingsperiodens længde, hvis den er fastsat til mindre end 5 år.

Klagen skal være modtaget hos Landsskatteretten senest 3 måneder efter modtagelsen af det bindende svar.

Klagen skal sendes til:

Landsskatteretten  
Ved Vesterport 6, 6. sal  
1612 København V

Det koster 800 kr. at klage til Landsskatteretten, jf. skatteforvaltningslovens § 42a, stk. 1. I skal vedlægge beløbet på check eller indbetale til bank, reg. nr. 5010, konto nr. 121398-6.

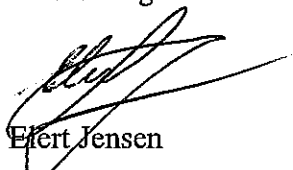
Beløbet vil blive betalt tilbage, hvis I får helt eller delvist medhold i klagen ved Landsskatteretten eller ved en efterfølgende domstolsprøvelse af spørgsmålet.

Vi gør opmærksom på muligheden for at søge om godtgørelse af udgifter til sagkyndig bistand i klagesager for fysiske personer, jf. skatteforvaltningslovens kapitel 19.

Ansøgning sendes til:

SKAT  
Sagscenter Erhverv 25  
Munch Petersens Vej 8  
3700 Rønne

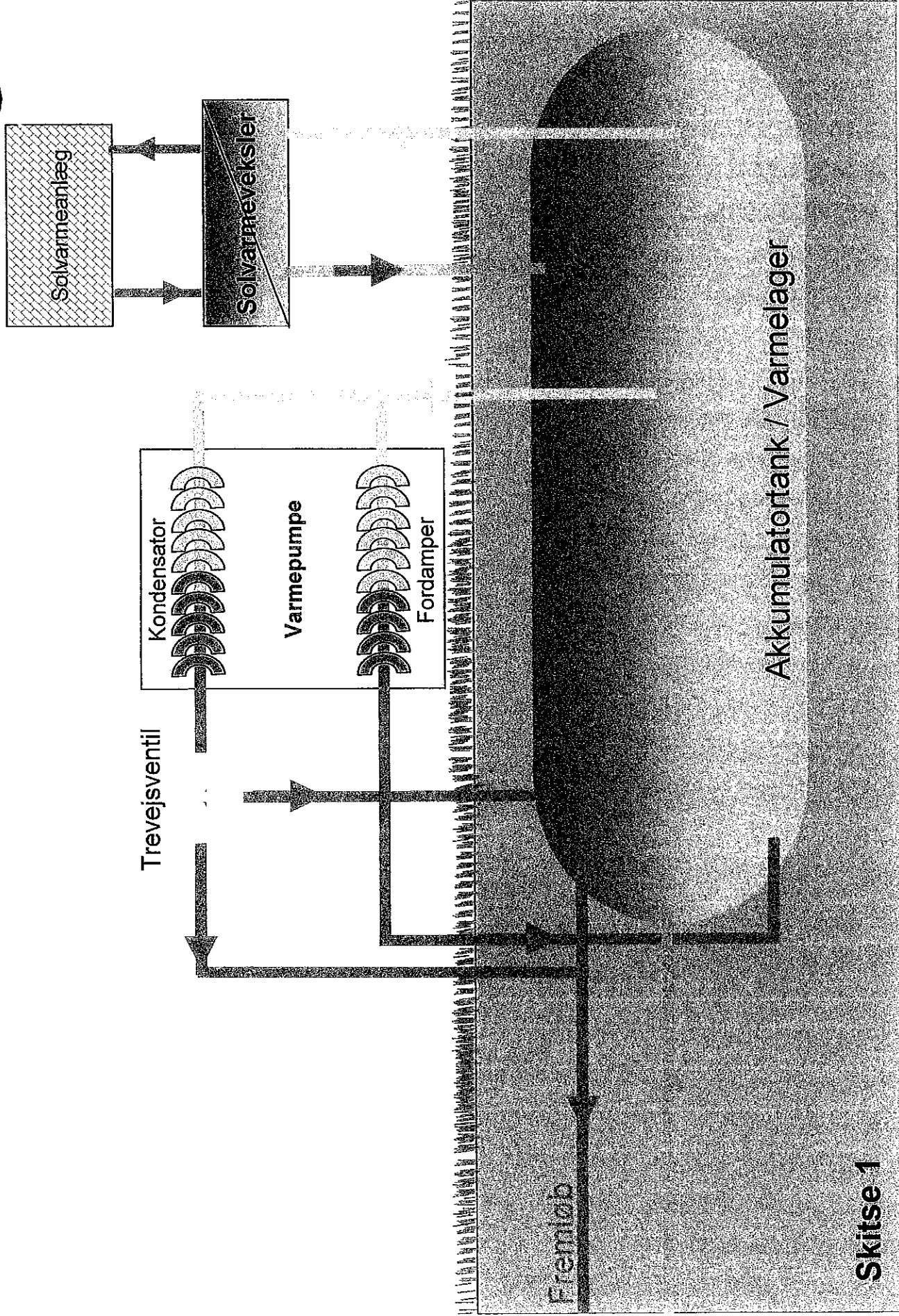
Med venlig hilsen



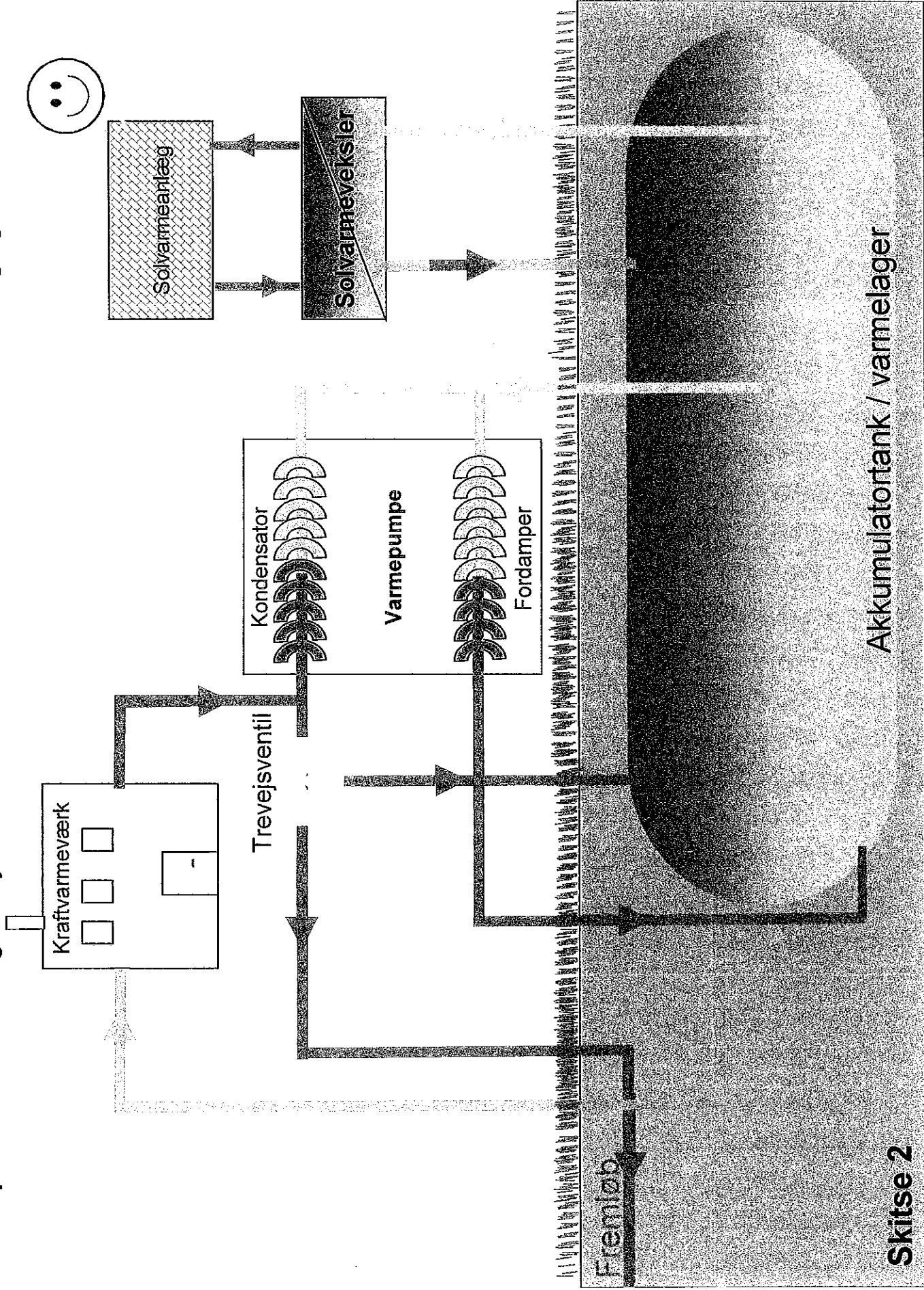
Ewert Jensen  
Specialkonsulent  
Ewert.Jensen@Skat.dk  
Direkte telefon 72384751



# Principskitse for Dronninglund fjernvarme med akkumulatortank for solvarmeanlæg



# Principskitse for Dronninglund fjernvarme med akkumulatortank for solvarmeanlæg og kraftvarmeværk





**Bilag 9**

**Supplerende svar fra SKAT**

PlanEnergi Nordjylland  
Att.: Per Alex Sørensen  
Jyllandsgade 1  
9520 Skørping

Nordjylland  
Indsats  
Punktafgifter

Jægervej 2  
7800 Skive

Telefon 72 22 18 18  
E-mail via [www.skat.dk/kontakt](http://www.skat.dk/kontakt)  
[www.skat.dk](http://www.skat.dk)

26. november 2010

J.nr. 10-147030  
CVR-nr. 12233418  
Fax 98158044

## Dronninglund Fjernvarme

PlanEnergi Nordjylland har i mail af 9. juli 2010 bedt om en begrundelse for SKATs svar på følgende spørgsmål vedrørende et bindende svar til Dronninglund Fjernvarme, journal nr. 09-132182 af 30. juni 2010:

- En begrundelse for, at den optagne varme skal være afgiftsbelagt for at pkt. 4.6 i SKATs nyhedsbrev af 20. december 2007, sagsnummer 07-110053, "Energiafgifter – afgiftslempelse på fjernvarme", kan anvendes?
- Hvad vil det sige, at den skal være afgiftsbelagt?
- Hvis der bruges biogas til en del af fjernvarmefremstillingen, er den optagne varme så ikke afgiftsbelagt?

### SKATs vejledende udtalelse

"Det bemærkes indledningsvist, at de grundlæggende regler for opgørelse af afgiftslempelsen for varme produceret på varmepumper fremgår af nyhedsbrevets punkt 4.4. med overskriften "*Varme produceret i en varmepumpe, hvor varmekilden er jord eller luft.*"

Ifølge nyhedsbrevets punkt 4.4. er det forbruget af el i varmepumpen, der er anvendt til drift af varmepumpen og den fremstillede mængde varme af værk (varmepumpen), der skal indgå i opgørelsen af afgiftslempelsen. Dette fremgår af bemærkningerne til lovforslag nr. L 81 af 16. november 2005 (bemærkninger til lovforslagets enkelte bestemmelser til § 2, nr. 5, herunder beregningseksemplet i lovforslaget, vedlagt). Endvidere fremgår det af skatteministerens svar af 6. december 2005 på spørgsmål 17 (vedlagt) til Skatteudvalget, at ordningen om afgiftslempelse på fjernvarme medfører samme maksimale afgift på varme, hvad enten der er tale om varme produceret i en varmepumpe eller ved hjælp af en elpatron.

Nyhedsbrevets punkt 4.6. har følgende overskrift "*Varme produceret i en varmepumpe, hvor der kun tilføres energi i form af el til varmepumpen.*"

Baggrunden for Punkt 4.6. var en henvendelse til SKAT vedrørende en eldrevne varmepumpe, der påtænkes installeret i tilknytning til et naturgasbaseret motor-

drevet kraftvarmeanlæg på den måde, at varmepumpen optager varme fra fjernvarmesystemet (akkumuleringstank), og at varmen fra varmepumpen tilføres det samme fjernvarmesystem (akkumuleringstank). Varmepumpen skulle kun være i drift, når motoren på kraftvarmeanlægget stod stille, f.eks. i perioder, hvor det ikke kan betale sig at producere elektricitet.

Varmen i fjernvarmesystemet (akkumuleringstanken) vil uden drift af varmepumpen være belagt med den afgift, der er på varme, som produceres på det naturgasbaserede kraftvarmeanlæg.

Ved drift af varmepumpen vil varmen i akkumuleringstanken være afgiftsbelagt både med afgiften på varmen fra kraftvarmeanlægget og afgiften på den elektricitet, der er anvendt til drift af varmepumpen.

Det grundlæggende udgangspunkt for at opgøre afgiftslempelsen er den samlede varmeproduktion fra varmepumpen og afgiftsbelastningen på den producerede mængde varme, som er summen af afgiften på elektriciteten og afgiften på varmen i varmepumpens varmeoptag. Denne opgørelse tager grundlæggende udgangspunkt i metoden nævnt i nyhedsbrevets punkt 4.4 samt endvidere i punkt 4.5.

Parallelt blev der foreslået en metode, hvorefter afgiftslempelsen isoleret set beregnes på grundlag af energitilvæksten i varmepumpen, det vil sige energiindholdet i den producerede varme i varmepumpen minus energiindholdet i varmeoptaget. Energitilvæksten er i praksis den energimængde, der tilføres i form af elektricitet (nettometoden).

Eksempler på beregning af afgiftslempelsen for de to metoder viste i det konkrete tilfælde kun små udsving.

Begge metoder er udtryk for, at afgiften på fjernvarme, som leveres til et varmesyningsnet med kraftvarmekapacitet (varme omfattet af adgangen til afgiftslempelse), ikke overstiger den maksimale afgiftsbelastning på varme, som i 2010 udgør henholdsvis 16,5 øre pr. kWh varme for energiafgiften og 4,3 øre pr. kWh varme for CO<sub>2</sub>-afgiften.

Der blev på baggrund heraf givet mulighed for at beregne afgiftslempelsen ved at anvende de nævnte metoder.

Det præciseres dog samtidig, at en grundlæggende forudsætning for at anvende metoden nævnt i nyhedsbrevets punkt 4.6. er, at den tilførte varme til varmepumpen (varmeoptaget) - som nævnt i det bindende svar, er fremstillet på basis af afgiftspligtige brændsler.

Det bemærkes endvidere, at der ved opgørelse af afgiftslempelsen i forhold til den maksimale afgiftsbelastning er en meget stor forskel imellem, om varmekilden til varmepumpen er baseret på afgiftspligtige brændsler, eller om varmekilden er baseret på andet end afgiftspligtige brændsler. Som eksempler på sidstnævnte kan nævnes varme baseret på luft, jord og sol. Det samme gælder også

for varme baseret på biogas, der heller ikke er belagt med energi- eller CO<sub>2</sub>-afgift.

Afgiftsfri varmekilder opfylder dermed ikke de forudsætninger, der lå til grund for opgørelsesmetoden, som fremgår af nyhedsbrevets punkt 4.6.”

Er der spørgsmål til ovenstående, er PlanEnergi velkommen til at kontakte undertegnede.

Jeg skal samtidig beklage den lange sagsbehandlingstid.

Med venlig hilsen

Elert Jensen

Specialkonsulent  
Elert.Jensen@Skat.dk  
Direkte telefon 72384751

## Bemærkninger til L 81

§ 2, nr. 5

Specielt vedrørende elektricitet skal bemærkes, at det alene er den mængde el, der er anvendt direkte til opvarmning af fjernvarmevandet af værk, der kan indgå i beregningen. Forbrug af el til at pumpe fjernvarmevandet ud i nettet, eller forbrug af el til drift af skorstensblæsere mv. er således ikke omfattet.

El til drift af en varmepumpe anses dog for el anvendt direkte til opvarmning af fjernvarmevand.

Er der fjernvarmen f.eks. fremstillet ved en varmepumpe er beregningen som i følgende eksempel:

### Eksempel på hvordan afgiften beregnes, når der bruges en varmepumpe.

Brændselstype	Energimængde	Procentvis fordeling af energikilder til opvarmning	Forholdsmæssig fordeling af maksimumafgift på 16,2 kr.	Umiddelbar energiafgift	Godtgørelse af afgift	Nettoafgift
30 kWh el til varmepumpe	100 kWh	100 pct.	16,2 kr.	17,31 kr.	1,11 kr.	16,2 kr.

I eksemplet fremstilles 100 kWh varme fra varmepumpen, hvortil er anvendt 30 kWh el. Afgiften heraf er 17,31 kr. og der kan således godtgøres 1,11 kr. i elafgift.

CO<sub>2</sub>-afgiften af 30 kWh el er 2,58 kr. og der kan godtgøres ned til 1,8 kr. Der gives således en CO<sub>2</sub>-afgiftsgodtgørelse på 0,78 kr.

Samlet set nedsættes afgiften med 1,89 kr.

### Skatteministerens svar af 6. december 2005:

#### Spørgsmål 17:

Er det korrekt, at el kan producere mere varme, såfremt det bruges i en varmepumpe frem for en elpatron?

Vil forslaget give et incitament til at bruge varmepumper frem for elpatroner – eller svækkes varmepumpers relative konkurrenceevne overfor elpatroner?

#### Svar 17:

Hvis et fjernvarmeværk anvender en elpatron til at fremstille varme kan det af 1 kWh el fremstille i praksis 1 kWh varme af værk.

Hvis et fjernvarmeværk anvender en eldreven varmepumpe til at fremstille varme, kan det af 1 kWh el ofte fremstille f.eks. 3 kWh varme. Under visse betingelser kan der fremstilles en større varmemængde. Af de 3 enheder varme kommer en del af varmen fra selve elforbruget, mens



hovedparten kommer fra at man "flytter" varme fra jord, luft, vand eller andet til fjernvarmevandet. Jorden mv. bliver koldere, og fjernvarmevandet bliver varmere.

Ved forslaget indføres samme maksimale afgift på varme, hvad enten der er tale om, at der bruges en varmepumpe eller en elpatron. Ved samme afgift på varme er forslaget neutralt med hensyn til valg af teknologi.

Forslaget favoriserer således ikke elpatroner fremfor varmepumper. Ved neutrale afgiftsregler vil værkerne vælge den teknologi, der har den bedste konkurrenceevne før afgifter.

Det forventes, at forslaget (hvis el til fjernvarmefremstilling friholdes for PSOpristillæg) vil føre til, at der i et vist omfang vil blive installeret elpatroner i et antal varmegærker, og at elpatronerne her vil blive anvendt i et varierende antal timer afhængigt af de helt aktuelle elpriser.

Derimod forventes det ikke, at der vil blive investeret i varmepumpeanlæg andet end i få tilfælde om nogen, jf. at varmepumper i praksis vil skulle anvendes konstant for, at driftsbesparelsen kan forrente merudgifter til forrentning og afskrivning på anlægget.

**Bilag 10**

**Henvendelse til Skatteminister Troels Lund-Poulsen**

Skatte- og afgiftsminister  
Troels Lund Poulsen  
Folketinget  
Christiansborg  
1240 København K

Per Alex Sørensen  
Nordjylland  
Tel. +45 9682 0402  
Mobil +45 4058 2498  
pas@planenergi.dk

25. maj 2010

Kære Troels Lund Poulsen

Foranlediget af, at flere igangværende energiprojekter, hvor solvarme kombineret med varmepumper og varmelagring med de nuværende afgiftsregler ikke vil komme til at give de øgede elreguleringsmuligheder, som ellers var hensigten har bl.a. Brædstrup Fjernvarme og Dronninglund Fjernvarme fremsat ønske om en afgiftsnedsættelse i forbindelse med varmepumpedrift. I den forbindelse er fra flere sider blevet efterlyst et konkret forslag til løsning af problemet. Det følger hermed.

## Problemet

I et energisystem bestående af et solvarmeanlæg og et varmelager, vil man med fordel kunne køle bunden af varmelageret, fordi solvarmeanlægget så yder 10-15% mere på årsbasis og varmetabet fra lageret reduceres. Afkøling vil kunne ske med en eldrevet varmepumpe, som så samtidigt kan udnyttes til elregulering.

Men som afgiftsforholdene er nu, vil varmepumpen ikke blive etableret, da den ikke er rentabel.

Årsagen er, at varmepumper foruden den elafgift på 20,8 øre/kWh, som pålægges elpatroner, som anvendes til elregulering, tillige pålægges en afgift på 20,8 øre/kWh varme, som tages ud af varmelageret. Denne lov diskriminerer kraftigt varmepumperne, der jo producerer f.eks. 3 gange så meget varmeenergi som den optagne elenergi. Varmeproduktionsprisen bliver derved på samme niveau som varmeprisen fra en naturgasfyret kedel, hvorfor kraftvarmeværkerne vil vælge kedeldrift frem for at etablere en varmepumpe.

## Forslag til løsning

Vi er vidende om, at der er en udredning på vej om dynamiske elafgifter, men inden en sådan afgiftsændring er implementeret (hvis den overhovedet bliver det) går der lang tid. Vi forslår derfor, at der på samme måde som

### NORDJYLLAND

Jyllandsgade 1  
DK-9520 Skørping  
Tel. +45 9682 0400  
Fax +45 9839 2498

### MIDTJYLLAND

Vestergade 48 H, 2. sal  
DK-8000 Århus C  
Tel. +45 9682 0400  
Fax +45 8613 6306

### SJÆLLAND

Aggerupvej 1  
DK-4330 Hvalsø  
Tel. +45 4646 1229  
Fax +45 4640 8287

[www.planenergi.dk](http://www.planenergi.dk)

planenergi@planenergi.dk  
CVR: 7403 8212

for elpatroner gives en afgiftsnedsættelse for el til varmepumpedrift til 20,8 øre/kWh målt på elforbruget. Afgiftsnedsættelsen gives under forudsætning af at

- Varmepumpen stilles til rådighed for elmarkedet på samme måde som gasmotorer.
- Afgiftsnedsættelsen gælder i max 2.500 timer/år.

Afgiftsnedsættelsen gives ved at ændre "elpatronloven" (Lov nr. 1417 af 21. December 2005)

### **Herved opnås**

- At store varmepumper vil blive introduceret som elregulering, idet det for et naturgasfyret kraftvarmeværk vil være rentabelt at etablere en stor varmepumpe og lade den køre max 2.500 timer/år, såfremt man har en tilgængelig varmekilde som f.eks. et varmelager med solvarme eller grundvand
- At mindre kraftvarmeværker (også de helt små værker) kan få stillet en langsigtet varme-produktionsløsning til rådighed, som vil kunne mere end halvere forbruget af naturgas, forøge elreguleringsmulighederne og forbedre værkets økonomi.
- At et systemkoncept, hvor Danmark er førende på verdensplan videreudvikles. F.eks. er Danmark netop blevet opfordret til at være TASK-leader på et nyt EIA-SHC Task om store solvarmeanlæg og varmepumper
- At varmepumpefabrikanter erfarer et incitament til at videreudvikle højeffektive varmepumper til gavn for værkernes økonomi, elregulerings-potentialet, miljøet samt beskæftigelsen.

Der skal tilføjes, at lovændringen vil give statskassen et merprovenu på de 20,8 øre pr. kWh forbrugt strøm til varmepumpen, da der er tale om et forøget elforbrug.

Miljømæssigt vil det forøgede elforbrug blive anvendt til elregulering og dermed give plads til en øget dækning med vindmøllestrøm.

I håb om et godt resultat på vegne af

Projektet "Borehuller i Brædstrup" (støttet af Energinet.dk)

SUNSTORE 3 projektet, Dronninglund Fjernvarme (støttet af EUDP)

LAREF-projektet (støttet af EUDP)

SUNSTORE4 projektet, Marstal (Støttet af EU's 7. rammeprogram)

Projektet "Naturgassens afløser" (støttet af Region Midtjyllands Vækstforum)

Venlig hilsen

for PlanEnergi, Nordjylland

Per Alex Sørensen

Kopi tilsendt

MF Lars Chr. Lilleholt

MF Anne Grete Holmsgaard

Energinet.dk, v. Kim Behnke

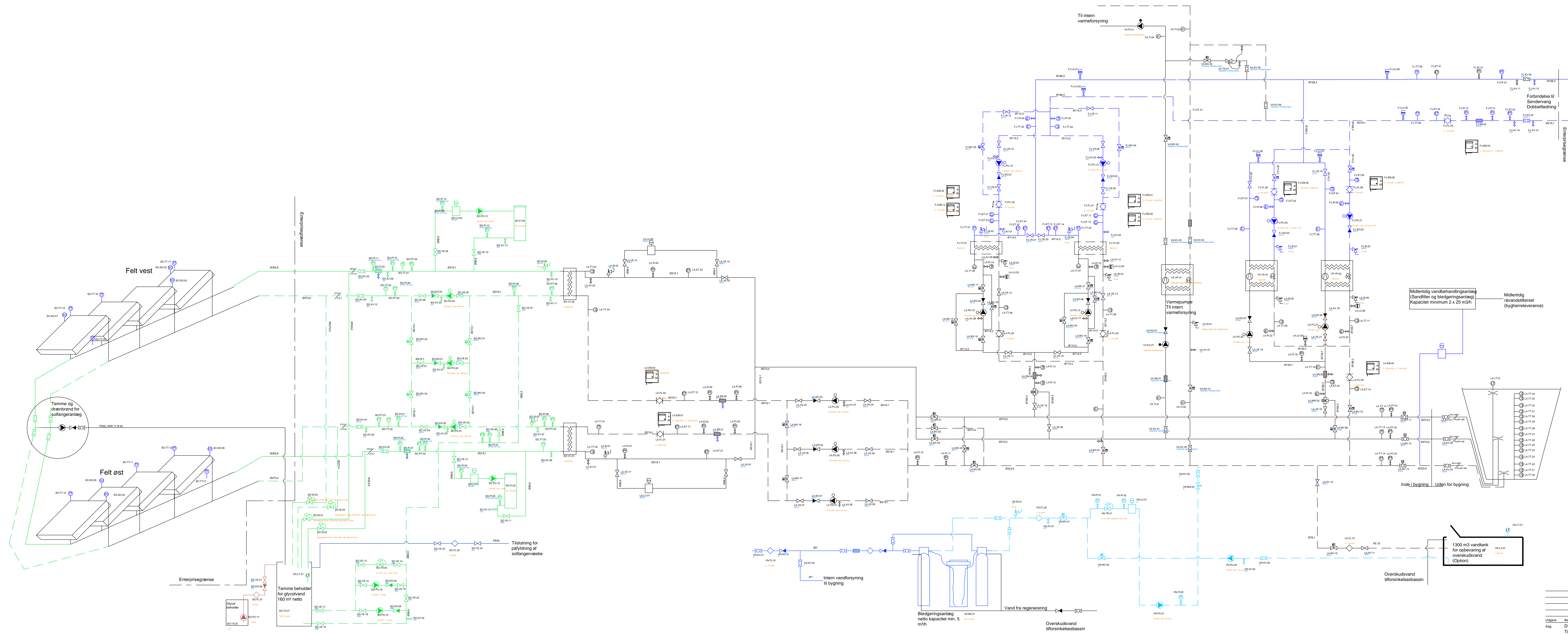
## **Bilag 11**

### **Tidsplan for det videre arbejde**



## **Bilag 12**

### **Systemdiagram**



Udgave	Revisjonsbetegnelse	Dato	Udført	Kontroll	Godkendt
01	Dronninglund - Sunstone Tilslutningsanlæg Solfangercentral PI-Diagram	2010.06.30			
02					
03					
04					
05					
06					
07					
08					
09					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70					
71					
72					
73					
74					
75					
76					
77					
78					
79					
80					
81					
82					
83					
84					
85					
86					
87					
88					
89					
90					
91					
92					
93					
94					
95					
96					
97					
98					
99					
100					