

Til

Udviklingselskabet Nordals Ferieresort P/S

Dokumenttype

Geoteknisk rapport nr. 1

Dato

November 2019

NORDALS FERIERESORT

GEOTEKNISK UNDERSØGELSE

NORDALS FERIERESORT GEOTEKNISK UNDERSØGELSE

Projekt navn **Nordals Ferieresort**
Projekt nr. **1100028211**
Modtager **Udviklingselskabet Nordals Ferieresort P/S**
Dokumenttype **Geoteknisk rapport**
Version **1.0**
Dato **04-11-2019**
Udarbejdet af **Belinda Dedenroth Pedersen**
Kontrolleret af **Søren Steen Møller**
Godkendt af **Belinda Dedenroth Pedersen**

Rambøll
Olof Palmes Allé 22
DK-8200 Aarhus N

T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
<https://dk.ramboll.com>

INDHOLD

1.	Resumé	2
2.	Undersøgelsens grundlag og formål	3
3.	Undersøgelsens omfang	3
4.	Geologi og grundvand	4
4.1	Geofysisk kortlægning	4
4.2	Jordbundsforhold	5
4.3	Grundvandsforhold	5
5.	Funderingsforhold	6
5.1	Projekteringsgrundlag	6
5.2	Generelt	6
5.3	Pier	8
5.4	Stibro	8
5.5	Centerbygning og resterende bebyggelse	9
5.6	Veje og belægninger	10
6.	Miljøforhold	11
7.	Tørholdelse	11
8.	Naboforhold	11
9.	Udførelse	12
9.1	Geoteknisk tilsyn	12
9.2	Sandpude	12
9.3	Fedt ler i udgravningsniveau	12
9.4	Krav til indbygningsmaterialer	12
9.5	Arbejds miljø	13
10.	Supplerende undersøgelser	13

BILAG

Bilag 1	Situationsplan
Bilag 2-34	Boreprofiler

1. RESUMÉ

Projektet omfatter opførelsen af et nyt ferieresort på Nordals, som blandt andet indeholder en pier, stibro, centerbygning, sø samt feriehus og veje.

Til belysning af jordbunds- og grundvandsforholdene for projektet har vi indledningsvist udført en screening med den geofysiske metode DualEM. Derefter har vi udført en geoteknisk undersøgelse omfattende i alt 33 geotekniske borerer ført til mellem 5 og 20 m under terræn.

Denne rapport indeholder foreløbige vurderinger og anbefalinger vedr. fundering og jordarbejde. Når et endeligt projekt foreligger, skal der foretages geotekniske parameterundersøgelser målrettet det færdige projekt.

I borererne træffes generelt bæredygtige aflejringer nær terræn i form af moræneler. Enkelte borerer, herunder boring 2 ved stibroen viser blødbund op til 4,4 m under terræn.

Ved pejling op til 5 uger efter borerernes udførelse, har vi indmålt grundvandsspejl mellem 0,2 og 7,3 m under terræn.

Med jordbundsforhold som truffet ved stibroen, anbefaler vi, at denne pælefunderes. På det foreliggende grundlag om pierens udformning, forventer vi ligeledes, at denne pælefunderes.

Den resterende del af projektet kan direkte funderes. På den overvejende del af området kan bygningerne funderes uden ekstrafundering i forhold til eksisterende terræn, mens der i enkelte områder kan blive tale om ekstrafundering, svarende til mellem 1,7 og 2,2, m under eksisterende terræn. Ekstrafundering kan fx udføres som sandpudefundering.

Vej og belægninger forventes at kunne udføres på traditionel vis, hvilket vil sige efter afrømning af fyld og muld og genopfyldning med egnede materialer hvorefter bundsikringslag og belægning etableres.

Vi forventer ikke væsentlige grundvandsproblemer i forbindelse med udgravningerne til overside bæredygtige aflejringer. Eventuelt tilstrømmende vand forventes at kunne fjernes ved simpel lænsepumpning fra udgravningens bund eventuelt suppleret med afskærende dræn.

Dette er en geoteknisk placeringsundersøgelse. Når projektets placering og udformning er nærmere fastlagt, skal der udføres supplerende geotekniske undersøgelser svarende til en geoteknisk parameterundersøgelse således, at kravene til en projektundersøgelse er opfyldt i henhold til Eurocode 7, DS/EN 1997-1 og -2.

2. UNDERSØGELSENS GRUNDLAG OG FORMÅL

Projektet omfatter opførelsen af et nyt ferieresort på Nordals, som blandt andet indeholder en pier, stibro, centerbygning, sø samt feriehus og veje.

De geofysiske og geotekniske forundersøgelser er planlagt på baggrund af masterplan version 3.1, dateret 22-08-2019. Masterplanen kan siden hen være blevet revideret, hvorfor boringsplaceringer kan afvige fra optimale placeringer.

Undersøgelsen er udført som en geoteknisk placeringsundersøgelse i henhold til Eurocode 7, DS/EN1997-1 med henblik på skitse-mæssigt at belyse funderingsforholdene på lokaliteten. Når projektets udformning er fastlagt, skal der udføres en geoteknisk parameterundersøgelse med tilhørende geoteknisk undersøgelsesrapport som skal danne grundlag for funderingsprojektet.

Formålet med den udførte geotekniske undersøgelse er at tilvejebringe et grundlag for:

- vurdering af jordbunds- og grundvandsforhold på lokaliteten
- skitse-mæssig vurdering af funderingsmetoder
- opstilling af foreløbigt projekteringsgrundlag
- vurdering af behovet for og eventuelt omfang af særlige udførelsesmæssige metoder

3. UNDERSØGELSENS OMFANG

Forud for den geotekniske undersøgelse er der udført en indledende screening med den geofysiske metode DualEM. På baggrund af den geofysiske screening er de geotekniske boringer blevet placeret ud fra de kendte informationer om jordlagene i området og under hensyntagen til masterplanen over området.

I de på situationsplanen, bilag 1, viste punkter 1-34 har vi udført 33 geotekniske boringer ført til mellem 5 og 20 m under terræn. Boring 13 er udgået, da marken pga. nedbør var så opblødt, at det ikke var muligt for boreentreprenøren at få adgang til placeringen. Boringerne er udført i henhold til retningslinjerne i DGF Bulletin 14, Felthåndbogen.

Boring 1 er udført for pieren, boring 2 for stibroen, boring 3-5 for centerbygningen, boring 6-7 for søen og boring 8-34 for de omkringliggende feriehus og veje. Der henvises til placeringerne vist på bilag 1.

I forbindelse med borearbejdet for boring 2 er der anvendt køreplader.

Boringernes placering og terrænkote er indmålt med DGPS. Koordinater og koter til boringerne er angivet på boreprofilerne i henholdsvis utm32e89 og DVR90.

Der er udtaget omrørte prøver fra 0,2 m under terræn og efterfølgende pr. 0,5 meter i boringernes fulde dybde, dog minimum én prøve pr. lag, samt registreret laggrænser. Desuden er der i kohæsive aflejringer udført vingeforsøg til vurdering af den udrænedes forskydningsstyrke, c_u .

Prøvematerialet opbevares i 14 dage fra rapportdato, hvorefter det vil blive bortskaffet.

Der er etableret Ø25 mm pejlerør i borerne for bestemmelse af grundvandsspejlets beliggenhed.

Det er ejeren af borerne, dvs. bygherren, som har ansvaret for, at borerne bliver sløjfet senest 1 måned efter, at brugen af borerne er ophørt. Sløjfningen skal udføres i henhold til reglerne i Miljøministeriets "Bekendtgørelse om udførelse og sløjfning af borer og brønde på land".

I laboratoriet er alle prøver geologisk bedømt i henhold til retningslinjerne i DGF Bulletin 1, Vejledning i Ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse.

Vi har bestemt det naturlige vandindhold, w , på udvalgte prøver. Laboratorieundersøgelserne er udført i henhold til DGF Bulletin 15, Laboratoriehåndbogen.

Samtlige resultater af ovenstående inklusiv de i borerne registrerede laggrænser og vandspejl fremgår af boreprofilerne, bilag 2-34. Signaturforklaring og definitioner til boreprofilerne fremgår af bilag A.

Borearbejdet er udført af Sloth Møller som underleverandør til Rambøll.

4. GEOLOGI OG GRUNDTVAND

4.1 Geofysisk kortlægning

I området er der udført en indledende screening med den geofysiske metode DualEM. DualEM måler den tilsyneladende elektriske modstand i jordlagene. Kortlægningen giver en indikation af tilstedeværelsen af jord med dårlig bæreevne samt den generelle grad af ensartethed af jordlagene og er derudover benyttet til en optimal placering af de geotekniske borer.

Kortlægningen er udført med en linjeafstand på 5 m mellem kørelinjerne.

På baggrund af resultaterne er der under hensyntagen til masterplanen placeret 28 geotekniske borer. Resultaterne indikerer, at der i området findes et tyndt, fortrinsvist leret muldlag og at der herunder altovervejende findes lerede aflejringer. Der ses således kun enkelte områder, hvor der indikeres mere sandede aflejringer.

I placeringen af borerne har områder med potentiel blødbund været prioriteret. Dette er typisk mindre, isolerede områder, der i lighed med lerede aflejringer er karakteriseret ved en forholdsvis lav modstand. Dermed må borer med lerede aflejringer dog samtidig forventes at være overrepræsenteret, og der findes sandsynligvis mindre områder med mere sandede aflejringer, der ikke er prioriteret i afsætningen af borerne.

Borerne bekræfter billedet af et område, der er kraftigt domineret af lerede aflejringer, hvormed man med kombinationen af fladedækkende geofysik og borer på strategisk udvalgte steder har minimeret risikoen for at træffe sætningssigende aflejringer.

Der henvises i øvrigt til særskilt rapport "Nordals Ferieresort – DualEM Screening", dateret november 2019.

4.2 Jordbundsforhold

I boring 1 for pieren træffes 0,4 m postglacialt sand, som underlejres af moræneler og -sand til 6,8 m under terræn. Herunder træffes vekslende aflejringer af smeltevandssand og -ler til 14,4 m under terræn, som underlejres af morænesand til boringens bund 15 m under terræn.

I boring 2 for stibroen træffes muld til 0,6 m under terræn, som underlejres af blødbund i form af gytje og tørv til 4,4 m under terræn. Herunder træffes senglaciale aflejringer af ler, sand og grus til 13,4 m under terræn, som underlejres af moræneler til boringens bund 20 m under terræn.

I borerne for centerbygning og sø træffes muld til 0,4 og 0,6 m under terræn, som underlejres af moræneler. Boring 4-7 er stoppet i moræneler hhv. 10 og 5 m under terræn. I boring 3 underlejres moræneleret 4,6 m under terræn af fedt ler og smeltevandssand.

I de resterende borer spredt over hele projektområdet træffes primært 0,3-0,4 m muld, som underlejres af bæredygtige aflejringer i form af moræneler og smeltevandssand, -silt og -ler. I boring 14 og 27 er der truffet fyld og blødbund til mellem 1,7 og 2,2 m under terræn, som underlejres af senglacialt ler og moræneler. I boring 23 underlejres moræneleret 3,4 m under terræn af interglacialt ler.

Det bemærkes, at der sandsynligvis ikke er en retlinet sammenhæng imellem borerne.

Der henvises til boreprofilerne for en detaljeret beskrivelse af bundforholdene.

4.3 Grundvandsforhold

Vi har udført en pejlerunde af samtlige borer 2-5 uger efter boringernes udførelse. Resultaterne af pejlingerne er angivet i nedenstående tabel 1.

Boring	Terrænkote	Pejling 2019-10-22/23	
		m under terræn	kote
1	+0,5	Pejlerør fjernet	
2	+0,8	0,2	+0,6
3	+26,6	1,1	+25,5
4	+25,5	7,3	+18,2
5	+29,1	3,5	+25,7
6	+25,9	0,7	+25,3
7	+31,0	0,2	+30,8
8	+7,1	3,2	+3,9
9	+10,4	Tør	
10	+10,6	Tør	
11	+9,1	Tør	
12	+10,2	4,4	+5,8
14	+7,0	Pejlerør ikke tilgængeligt, pga. oversvømmelse	

Boring	Terrænkote	Pejling 2019-10-22/23	
		m under terræn	kote
15	+23,0	0,5	+22,5
16	+22,3	0,2	+22,2
17	+25,4	1,6	+23,8
18	+17,5	1,2	+16,3
19	+23,6	4,5	+19,2
20	+6,8	2,3	+4,5
21	+10,5	0,3	+10,2
22	+29,0	3,2	+25,9
23	+31,3	2,4	+28,9
24	+31,8	1,3	+30,5
25	+31,4	1,6	+29,8
26	+30,5	4,0	+26,4
27	+31,2	0,4	+30,9
28	+30,9	0,7	+30,2
29	+25,1	0,3	+24,8
30	+29,5	0,7	+28,8
31	+23,3	0,2	+23,0
32	+24,3	0,7	+23,6
33	+22,8	1,5	+21,2
34	+27,1	Tør	

Tabel 1: Grundvandspejlinger.

Vi anbefaler, at der udføres pejlinger frem til anlægsarbejdets opstart for at følge eventuelle vandspejlsvariationer. Hvis der er væsentlige variationer, skal behovet for grundvandssænkning revurderes.

5. FUNDERINGSFORHOLD

5.1 Projekteringsgrundlag

Funderingen af projektet skal dimensioneres og udføres i henhold til gældende Eurocode 7, DS/EN1997-1 med tilhørende nationalt annek DS/EN1997-1 DK NA. Ud fra de foreliggende oplysninger vurderer vi, at anlægsprojektet kan henføres til geoteknisk kategori 2 og middel konsekvensklasse, CC2.

5.2 Generelt

De bæredygtige aflejringer er generelt truffet nær terræn. Tabel 2 angiver OSBL for alle borerne.

Boring	Terrænkote	OSBL	
		m under terræn	kote
1	+0,5	0,4	+0,1
2	+0,8	4,4	-3,6
3	+26,6	0,4	+26,2

Boring	Terrænkote	OSBL	
		m under terræn	kote
4	+25,5	0,4	+25,1
5	+29,1	0,6	+28,5
6	+25,9	0,4	+25,5
7	+31,0	0,4	+30,6
8	+7,1	0,4	+6,7
9	+10,4	0,3	+10,1
10	+10,6	0,3	+10,3
11	+9,1	0,3	+8,8
12	+10,2	0,3	+9,9
14	+7,0	1,7	+5,3
15	+23,0	0,4	+22,6
16	+22,3	0,4	+21,9
17	+25,4	0,4	+25,0
18	+17,5	0,4	+17,1
19	+23,6	0,3	+23,3
20	+6,8	0,4	+6,4
21	+10,5	0,3	+10,2
22	+29,0	0,4	+28,6
23	+31,3	0,4	+30,9
24	+31,8	0,4	+31,4
25	+31,4	0,4	+31,0
26	+30,5	0,9	+29,6
27	+31,2	2,2	+29,0
28	+30,9	0,0	+30,9
29	+25,1	0,4	+24,7
30	+29,5	0,5	+29,0
31	+23,3	0,5	+22,8
32	+24,3	0,4	+23,9
33	+22,8	0,4	+22,4
34	+27,1	0,3	+26,8

Tabel 2: Overside bæredygtigt lag (OSBL).

Styrke- og deformationsparametre samt rumvægte til skitseprojekteringen vil være angivet i afsnittene nedenfor. Der gælder generelt, at de angivne oedometermoduler, E_{OED} , er fastlagt ud fra Rambølls erfaring med lignende jordarter. For gytje og tørv er den udrænedede forskydningsstyrke fastsat som $c_{u,k} = k * c_{fv}$, hvor k-faktoren erfaringsmæssigt er fastsat til 0,5-0,6. Den målte vingestyrke c_{fv} fremgår af boreprofilerne.

Ved belastning kan den karakteristiske effektive kohæsion, c'_k regnes som 10 % af den udrænedede karakteristiske forskydningsstyrke, $c_{u,k}$, dog maksimalt 20 kPa. Ved aflastning anbefaler vi den karakteristiske effektive kohæsion, $c'_k = 0$ kPa.

5.3 Pier

På det foreliggende grundlag om pierens udformning forventer vi, at den skal pælefunderes, for at kunne optage eventuel træk i konstruktionen forårsaget af bølgekræfter. Ved pælefundering skal pælene føres ned til en sådan dybde, at den nødvendige bæreevne kan eftervises ud fra Den Danske Rammeformel ved pælespids i friktionsaflejringer eller geostatisk beregninger ved pælespids i kohæsive aflejringer.

Pælene skal projekteres i såvel brudgrænsetilstanden (ULS) som anvendelsesgrænsetilstanden (SLS).

Fremtidige lastpåvirkninger på terrænet vil kunne forårsage merbelastning og tværbelastning på pælene, der vil kunne få pælene til at sætte sig eller knække. Ved større terrænreguleringer skal merbelastningens og tværbelastningens indflydelse på pælenes bæreevne undersøges.

Hvis der anvendes borede pæle, skal de udføres i henhold til DS/EN 1536: "Udførelse af specielle geotekniske arbejder – Borede pæle".

For borede pæle må der, i henhold til Eurocode 7, EN1997-1 DK NA, ikke påregnes en overflademodstand på mere end 30 % af den tilsvarende rammede pæls overflademodstand og større regningsmæssig spidsmodstand end 1000 kN/m².

Ved dimensionering af pælene kan følgende karakteristiske styrkeparametre samt rumvægte anvendes:

Boring	Aflejring	Kote	$\phi_{pl,k}$ [°]	$c_{u,k}$ [kPa]	γ/γ' [kN/m ³]
1	Sand, pg	+0,5 til +0,1	32	-	18/10
	Moræneler	+0,1 til -4,4	-	200	21/11
	Morænesand	-4,4 til -6,3	37	-	18/10
	Smeltevandsler	-6,3 til -8,9	-	180	19/9
	Smeltevandssand	-8,9 til -13,9	37	-	18/10
	Morænesand	-13,9 til -14,5	37	-	18/10

Tabel 3: Karakteristiske styrkeparametre samt rumvægte til dimensionering af pæle for pieren.

Ved beregning af pælenes spidsmodstand, skal det sikres, at der ikke sker gennemlokning til eventuel underliggende svagere aflejringer.

Hvis der er tale om tætstående pæle skal det afklares om der opstår gruppevirkning. I givet fald skal bæreevnen reduceres.

Hvis pælene skal optage træk, skal det sikres, at pælenes indre trækbæreevne ikke overskrides.

5.4 Stibro

Med de aktuelle jordbundsforhold anbefaler vi, at stibroen pælefunderes, så lasten føres ned under de sætningsgivende aflejringer. Koten til oversiden af de bæredygtige aflejringer ved borerne er angivet i tabel 2. Ved pælefundering skal pælene føres ned til en sådan dybde, at

den nødvendige bæreevne kan eftervises ud fra en geostatisk beregning ved pælespids i kohæsive aflejringer.

Pælene skal projekteres i såvel brudgrænsetilstanden (ULS) som anvendelsesgrænsetilstanden (SLS).

Fremtidige lastpåvirkninger på terrænet vil kunne forårsage merbelastning og tværbelastning på pælene, der vil kunne få pælene til at sætte sig eller knække. Ved større terrænreguleringer skal merbelastningens og tværbelastningens indflydelse på pælenes bæreevne undersøges.

Hvis der anvendes borede pæle, skal de udføres i henhold til DS/EN 1536: "Udførelse af specielle geotekniske arbejder – Borede pæle".

For borede pæle må der, i henhold til Eurocode 7, EN1997-1 DK NA, ikke påregnes en overflademodstand på mere end 30 % af den tilsvarende rammede pæls overflademodstand og større regningsmæssig spidsmodstand end 1000 kN/m².

Ved dimensionering af pælene kan følgende karakteristiske styrke- og deformationsparametre samt rumvægte anvendes:

Boring	Aflejring	Kote	$\phi_{pl,k}$ [°]	$c_{u,k}$ [kPa]	γ/γ' [kN/m ³]
2	Muld	+0,8 til +0,2	-	-	16/6
	Tørv	+0,2 til -2,0	-	25	12/2
	Gytje	-2,0 til -3,6	-	20	14/4
	Ler, sg	-3,6 til -4,4	-	60	19/9
	Sand, sg	-4,4 til -5,5	37	-	18/10
	Ler, sg	-5,5 til -10,5	-	100	19/9
	Ler, sg	-10,5 til -12,6	-	140	19/9
	Moræneler	-12,6 til -16,0	-	330	21/11
	Moræneler	-16,0 til -19,2	-	225	21/11

Tabel 4: Karakteristiske styrkeparametre samt rumvægte til pæledimensionering af stibroen.

Ved beregning af pælenes spidsmodstand, skal det sikres, at der ikke sker gennemlokning til eventuel underliggende svagere aflejringer.

Hvis der er tale om tætstående pæle skal det afklares om der opstår gruppevirkning. I givet fald skal bæreevnen reduceres.

Hvis pælene skal optage træk, skal det sikres, at pælenes indre trækbæreevne ikke overskrides.

5.5 Centerbygning og resterende bebyggelse

Med de aktuelle jordbundsforhold kan der, ud fra det foreliggende grundlag, for centerbygning og størstedelen af den resterende feriehusbebyggelse udføres en normal, direkte fundering i forhold til eksisterende terræn. Ved områderne i nærheden af boring 14 og 27 kan der blive tale om ekstrarfundering ned til mellem 1,7 og 2,2 m under terræn.

Ekstrafundering kan fx udføres som sandpuddefundering med udskiftning ned til oversiden af de bæredygtige aflejringer og opfyldning med komprimeret sandfyld, hvorefter der kan funderes i frostsikker dybde.

Fundamenterne skal føres ned på eller under oversiden af de bæredygtige aflejringer (OSBL), som med de trufne bundforhold svarer til oversiden af de senglaciale eller ældre aflejringer. Koten til oversiden af de bæredygtige aflejringer ved boringerne er angivet i tabel 2.

Alle ydervægsfundamenter skal minimum føres til frostsikker dybde, svarende til 0,9 m under fremtidigt terræn for opvarmede bygninger og 1,2 m under fremtidigt terræn for uopvarmede bygninger/konstruktionsdele.

Funderingen skal projekteres i såvel brudgrænsetilstanden (ULS) som anvendelsesgrænsetilstanden (SLS), hvor brudgrænsetilstanden skal omfatte både korttids- og langtidstilstanden. Ved skitsedimensioneringen kan følgende karakteristiske styrke- og deformationsparametre samt rumvægte anvendes:

Aflejring	$\phi_{p,k}$ [°]	$c_{u,k}$ [kPa]	γ/γ' [kN/m ³]	E_{oED} [MPa]
Moræneler	30	50-250	21/11	10-50
Smeltevandsler	24	100-150	19/9	20
Smeltevands- og morænesand	37	-	18/10	40
Komprimeret sandfyld	37	-	18/10	50

Tabel 5: Karakteristiske styrke- og deformationsparametre samt rumvægte til fundamentsdimensionering af centerbygning og den resterende bebyggelse.

For leraflejringerne skal styrke- og deformationsparametrene vurderes ud fra de relevante boreprofiler.

Ved beregning af bæreevnen skal det sikres, at der ikke sker gennemlokning til eventuelt underliggende svagere aflejringer. I givet fald skal bæreevnen reduceres.

Gulve i bygningerne kan udlægges direkte efter afrømning af muld og indbygning af komprimeret sandfyld og kapillarbrydende lag.

5.6 Veje og belægninger

Veje og belægninger forventes at kunne udføres på traditionel vis, hvilket vil sige efter afrømning af fyld og muld og genopfyldning med egnede materialer hvorefter bundsikringslag og belægning etableres. Med forhold som truffet ved boringerne skal der således afrømmes til mellem 0,3 og 0,4 m under eksisterende terræn.

Ved dimensionering af overbygningen kan der forudsættes følgende skønnede bundmodul, E_m i planum:

Moræneler	$E_m = 25-30$ MPa
Smeltevandsler	$E_m = 15-20$ MPa
Smeltevands- og morænesand	$E_m = 35-40$ MPa

Komprimeret sandfyld

$E_m = 45-50 \text{ MPa}$

De angivne bundmoduler er fastlagt ud fra Rambølls generelle erfaring med lignende jordarter. For en mere præcis vurdering anbefaler vi, at der i forbindelse med parameterundersøgelser udføres for eksempel CBR-forsøg.

Bundmodulerne vil variere henover området, og det anbefales derfor, at tage udgangspunkt i de enkelte boreprofiler, når de enkelte områder skal planlægges/projekteres.

På strækninger hvor planum ud fra borerne synes ensartede, men hvor der lokalt er fundet ugunstigere forhold, foreslår vi en generel overbygningstykkelser svarende til de gunstige forhold og lokal udskiftning ved de ugunstige forhold afgrænset ved kontrol af planum. Ligeledes kan områder med slappe leraflejringer overvejes kalkstabiliseret for at hæve bundmodulet.

6. MILJØFORHOLD

For oplysninger om de miljømæssige forhold henvises der til særskilt miljøteknisk rapport.

7. TØRHOLDELSE

Med de trufne lavpermeable leraflejringer, forventer vi ikke væsentlige grundvandsproblemer i forbindelse med udgravning til fundamenter eller sandpude. Eventuelt tilstrømmende vand forventes at kunne fjernes ved simpel lænsepumpning fra udgravningens bund, eventuelt kombineret med afskærende dræn i udgravningssiderne.

Der skal sikres en hurtig og effektiv bortledning af eventuelt tilstrømmende vand for at undgå opblødning af de intakte aflejringer. Opblødt og/eller udtørret jord skal udskiftes.

Hvis der skal graves i områder med sand, skal grundvandet inden gravearbejdet sænkes til mindst 0,5 m under udgravningsbund ved anvendelse af sugespidsanlæg.

For at sikre den permanente tørholdelse af bygningerne skal der etableres et drænsystem i henhold til DS436, Norm for dræning af bygværker mv. For bygværkerne anbefaler vi, at der etableres et omfangsdræn med forbindelse til det kapillarbrydende lag under bygningen.

Hvis de afdrænedede gulvflader er større end 30 m² anbefaler vi at der etableres netdræn, jf. drænnormen DS436: "*Norm for dræning af bygværker mv.*"

8. NABOFORHOLD

I henhold til Byggelovens §12 skal ethvert bygge- og anlægsarbejde tilrettelægges og udføres således, at omkringliggende bygninger og ledningsanlæg med videre ikke beskadiges. Desuden skal ejere/naboer modtage en skriftlig meddelelse om arbejdets art, omfang og opstartstidspunkt mindst 14 dage forud for arbejdets påbegyndelse.

9. UDFØRELSE

9.1 Geoteknisk tilsyn

I henhold til DS/EN 1997-1 skal der udføres geoteknisk/geologisk tilsyn i forbindelse med udgravninger for fundamenter og sandpude for at sikre, at de ved dimensioneringen valgte forudsætninger overalt er opfyldt.

I området omkring boring 27 skal der udføres en grundig kontrol i forbindelse med udgravningsarbejderne, idet det skal sikres, at alt fyld afgraves indenfor hele byggefeltet.

Hvis der ved tilsynet konstateres forhold imellem borerne, som ikke blev afdækket i borerne og som kan have betydning for projektet, for eksempel blødbund, skal dimensioneringsforudsætningerne revurderes.

Rambøll udfører gerne det geotekniske tilsyn.

Desuden skal der foretages komprimeringskontrol af indbygget sandfyld under fundamenter og gulve for at sikre, at komprimeringsgraden er i overensstemmelse med det foreskrevne.

9.2 Sandpude

Udskiftningen til sandpude skal ske såvel under bygninger som indenfor linjer med anlæg $a = 1,5$ fra overside bæredygtige aflejringer skærende funderingsniveau 0,5 m udenfor fundamentskant. Sandfylden skal bestå af lerfrit sand, der mindst opfylder kravene til bundsikringsmaterialer kvalitet II i henhold til Vejdirektoratets gældende udbuds- og anlægsforskrifter, med det supplerende krav at $U > 3$. Sandfylden skal komprimeres til i middel 95% vibration målt med isotopsonde, idet ingen enkeltmåling må være mindre end 92% vibration.

9.3 Fedt ler i udgravningsniveau

Aflejringer af fedt ler er særdeles følsomme over for udtørring og opblødning hvilket kan give anlægstekniske problemer, for eksempel sporkøring og væsentlig større udsætning. Vi anbefaler derfor, at arbejdet udføres i sommerperioden hvor vandspejlet generelt står lavest, at der sikres en hurtig og effektiv afvanding, at arbejdet indstilles ved nedbør, at kørsel ikke tillades på ubeskyttet planum og at bundsikringslaget indbygges i takt med etableringen af planum. Ligeledes kan det vise sig nødvendigt at udføre komprimering af den nederste del af bundsikringslaget med tung tromle uden vibrationer. Desuden kan det overvejes at forstærke planum for eksempel ved jordstabilisering eller ved at øge overbygningstykkelsen. Opblødt og/eller udtørret jord skal udskiftes.

9.4 Krav til indbygningsmaterialer

Ved etablering af befæstede arealer skal såvel bundsikringsmaterialer som stabilt grus som minimum opfylde materialekravene for "kvalitet II" for de respektive materialetyper i henhold til Vejdirektoratets gældende udbuds- og anlægsforskrifter.

For at opfylde komprimeringskravet for både stabilt grus og for bundsikringsmaterialer skal gennemsnittet af minimum 5 målinger være mindst 95 % vibration målt med isotopsonde, idet ingen enkeltmåling må være mindre end 92 % vibration.

9.5 Arbejdsmiljø

Idet byggeriet kan give anledning til støj- og vibrationsgener, skal disse emner indgå i kortlægningen af arbejdsmiljø samt håndteres i Plan for Sikkerhed og Sundhed (PSS). Herudover kan der være miljømæssige hensyn som følge af forurenede jord og grundvand, der ligeledes skal håndteres i PSS.

10. SUPPLERENDE UNDERSØGELSER

Dette er en geoteknisk placeringsundersøgelse. Når projektets placering og udformning er nærmere fastlagt, skal der udføres supplerende geotekniske undersøgelser svarende til en geoteknisk parameterundersøgelse således, at kravene til en projektundersøgelse er opfyldt i henhold til Eurocode 7, DS/EN 1997-1 og -2.