

SEPTEMBER 2017
ROSKILDE KOMMUNE, MUSICONSEKRETARIATET

MUSICON, HAL1-OMRÅDET

UNDERSØGELSER AF JORD OG GAS



COWI

SEPTEMBER 2017
ROSKILDE KOMMUNE, MUSICONSEKRETARIATET

MUSICON, HAL1-OMRÅDET

UNDERSØGELSER AF JORD OG GAS

PROJEKTNR.

A099415

DOKUMENTNR.

1

VERSION

02

UDGIVELSESDATO

21. september
2017

BESKRIVELSE

UDARBEJDET

MBRO/MSL/TVB/
CBNI

KONTROLLERET

KHN/RSNN

GODKENDT

MBRO

INDHOLD

1	Indledning	7
2	Baggrund	9
2.1	Tidligere undersøgelser ifht jord	10
3	Udførte undersøgelser	12
3.1	Jord	12
3.2	Poreluft	12
3.3	Grundvand	14
3.4	Geoteknik	14
3.5	Gasmålinger	15
4	Overordnet geologi	18
5	Område 1	19
5.1	Udførte undersøgelser	19
5.2	Resultater	19
5.3	Anbefalinger	27
6	Område 1A	31
6.1	Udførte undersøgelser	31
6.2	Resultater	31
6.3	Anbefalinger	38
7	Område 2	41
7.1	Udførte undersøgelser	41
7.2	Resultater	41
7.3	Anbefalinger	49

8	Område 3	53
8.1	Udførte undersøgelser	53
8.2	Resultater	53
8.3	Anbefalinger	57
9	Område 4	62
9.1	Udførte undersøgelser	62
9.2	Resultater	62
9.3	Anbefalinger	69
10	Referencer	71

BILAG

Bilag A	Situationsplan områdeinddeling
Bilag B	Jord, analyseresultater og graveplaner
Bilag C	Poreluft, analyseresultater og situationsplan
Bilag D	Poreluftscreening 2016, analyseresultater og situationsplan
Bilag E	Geoteknik, situationsplan og boreprofiler
Bilag F	Gasmålinger, dataark og situationsplan
Bilag G	Fyldtykkelser

1 Indledning

Musicon, et tidligere industriområde, er under udvikling til offentligt tilgængeligt område med rekreative arealer samt byggerier for bolig og erhverv. Roskilde Kommune ønsker de overordnede miljø- og geotekniske forhold nærmere belyst på den nordøstlige del af Musicon, et område der i daglig tale benævnes Hal1-området og som i denne rapport er inddelt i 5 underområder: 1, 1A, 2, 3 og 4, se Figur 1-1.



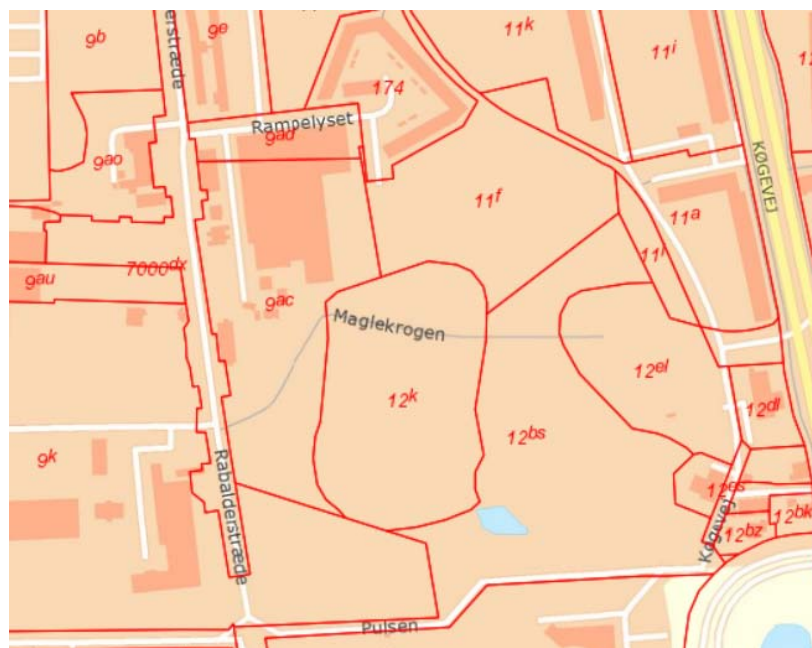
Figur 1-1 De fem undersøgelsesområder, område 1, 1A, 2, 3 og 4.

Roskilde Kommune har bedt COWI om at gennemføre undersøgelser af jord- og poreluft- samt gasmålinger og geotekniske forhold, forud for udviklingen af området. Undersøgelserne er udført på baggrund af undersøgelsesoplæg udarbejdet januar 2017 /1/, og har til formål at tilvejebringe tilstrækkeligt datagrundlag til at kunne vurdere omkostningerne til jordhåndtering, omkostninger til fundering samt omkostninger til foranstaltninger for at sikre fremtidig arealanvendelse mod eventuelt opsvivende lossepladsgas. Roskilde Kommune oplyser, at der på arealet planlægges etableret blandet bolig og erhverv (område 1, 1A og 2). Område 3 udlægges formentlig til parkeringsareal mens område 4 er en kommende vej. Området er omfattet af Lokalplan 540.

Undersøgelserne er i det følgende beskrevet for hver af de fem delområder, efter en generel beskrivelse af området. Relevante resultater fra tidligere undersøgelser er indarbejdet i kapitlerne for hvert delområde.

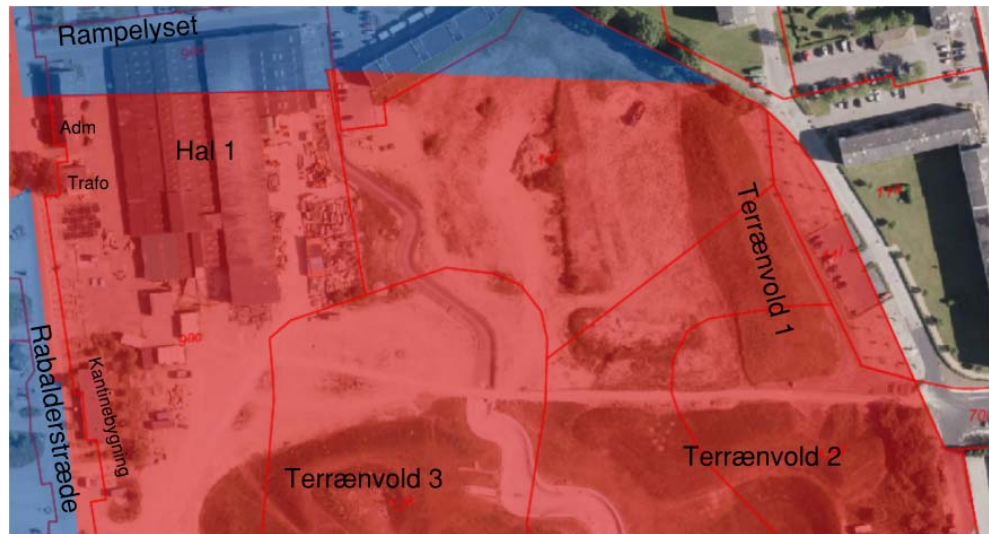
2 Baggrund

Det undersøgte areal er beliggende inden for matriklerne 9ac, 9ad, 12k, 11f og 12bs Vestermarken, Roskilde Jorder. Matrikel nr. 9ad samt den nordligste del af 11f er kortlagt på vidensniveau 1, matrikel nr. 9ac, 12k, 12bs og 11f er kortlagt på vidensniveau 2, se nedenstående Figur 2-1 og Figur 2-2.



Figur 2-1 Musicon matrikelkort.

Det aktuelle areal er inden for et område på ca. 37.000 m² (opmåling er foretaget på baggrund af luftfoto og er derfor ikke fast) og afgrænses af Rabalderstræde mod vest, Rampelyset mod nord, Rabalderparkens Terrænvold 1 mod øst samt Rabalderparkens Terrænvolve 2 og 3 mod syd. Arealet gennemskæres af den nord-sydgående regnvandskanal, der fører ned til regnvandsbassinerne i Rabalderparken.



Figur 2-2 Det aktuelle område og de aktuelle kortlægninger (blå = vidensniveau 1 og rød = vidensniveau 2).

Musicon er ikke beliggende inden for et område med særlige drikkevandsinteresser eller indvindingsinteresser. Ved tidligere borearbejder på denne del af Musicon er der truffet en stor umættet zone, og grundvandsmagasinet træffes typisk dybere end 15 meter.

Arealet har tidligere været en del af betonfabrikken Unicon. Umiddelbart syd for (der hvor Rabalderparken er i dag) blev der i 1950'erne indvundet sand/grusmaterialer. En stor del af det areal, hvor der blev indvundet råstoffer til betonproduktionen, er efterfølgende fyldt op – som en ukontrolleret losseplads, som bl.a. har modtaget dagrenovation, haveaffald og storskrald og jord. Desuden er deponeret fejlproduktioner fra betonvarefabrikken, hvorfor der i fylden kan findes forholdsvis store betonemner, som f.eks. beton trapper, kloaksamlebrønde og betonbjælker.

En stor del af det nordvestlige hjørne af den ubebyggede del af undersøgelsesområdet er befæstet med beton og/eller asfalt.

2.1 Tidligere undersøgelser ifht jord

Der er siden starten af 1990'erne foretaget en række forureningsundersøgelser på Musicon. En del af disse er gennemgået i forbindelse med udarbejdelse af nærværende undersøgelsesoplæg. Undersøgelserne viser at overfladejorden generelt er belastet med tungere oliekomponenter, f. eks. smøreolie, samt tjærestoffer. Ved ældre undersøgelser er ofte et mere sparsomt antal jordprøver blev analyseret sammenlignet med i dag.

Terrænnær forurening I 2002 blev udført en række korte borer inden for en række projekterede byggefelter, til et byggeprojekt, der dog aldrig blev gennemført. Prøver fra de terrænnære lag (0,1-0,2 m u.t.) blev analyseret for oliekomponenter, tjærestoffer og tungmetaller. Der blev påvist indhold af tunge oliekomponenter inden for intervallet 46-739 mg/kg, indhold af tjærestoffer op til 5,6 mg/kg men ikke

overskridelser i forhold til de gældende kvalitetskriterier hvad angår tungmetaller.

Ved undersøgelsen i 2008 er overjorden på friarealerne undersøgt i felter á 500 m², se Figur 2-3, hvor de fire aktuelle områders omtrentlige udbredelse er indtegnet. Her påvises varierende indhold af oliekomponenter inden for hovedparten af felterne, højeste koncentrationer (1300-1400 mg/kg) er påvist inden for felterne 298 og 380 - sidstnævnte felt er i periferien af området. Mere sporadisk træffes indhold af tjærestoffer og tungmetaller, her er der truffet op til 4,1 mg/kg PAH (felt 297) og 3.800 mg/kg Zink (felt 357) og Nikkel op til 69 mg/kg (felt 238).



Figur 2-3 *Oversigt over feltinddeling fra NIRAS undersøgelse 2008, hvor de fire aktuelle områders omtrentlige placering er indtegnet. De grønne angiver indhold under jordkvalitetskriteriet. De gule felter angiver indhold inden for rådgivningsintervallet pga. bly og / eller benz(a) pyren. Orange felter angiver totalkulbrintekonzentrationer over jordkvalitetskriteriet og endelig angiver de røde felter indhold over afskæringskriteriet ifht. de i 2008 gældende retningslinjer.*

Dybereliggende forurening

Der er ved tidligere undersøgelser kun udført enkelte dybe borer og der er i disse ikke truffet tegn på forurening eller påvist indhold af miljøfremmede stoffer der overskrider Miljøstyrelsens kvalitetskriterier.

3 Udførte undersøgelser

3.1 Jord

Der er udlagt et undersøgelsesnet over arealet, hvor de overordnede felter er ca. 12 x 12 meter (hvor hver prøve pr. halve meter i dybden svarer 120 tons jord). De overordnede felter er underinddelt i fire felter á 6 x 6 meter (hvor hver prøve pr. halve meter i dybden svarer til 30 tons). Perifere felter er tilpasset så de omtrent har arealer i størrelsesordenen som de overordnede felter. De overordnede felter er benævnt f.eks. O3-26 og de underordnede O3-26a/I, O3-26b/II, O3-26c/III og O3-26d/IV.

Der er i juni og juli 2017 udført:

- > 317 korte borer til 0,5 m ut.
Fra hver boring er udtaget én jordprøve, som blandeprøver over dybden. I område 4 er borerne ført til 1,0 m ut og der er også udtaget jordprøver fra niveauet 0,5-1 m u.t.
I alt 495 jordprøver er udtaget fra de korte borer
- > 10 geotekniske borer hvorfra der er udtaget supplerende jordprøver fra niveauet 0,5-1,0 meter. I boring GB010 er der derudover udtaget 3 jordprøver fra niveauerne 1-1,5; 1,5-2,0 og 2,0-2,5 m u.t.

3.2 Poreluft

3.2.1 Poreluftscreening 2016

Der er i september/oktober 2016 udført en poreluftscreening på område 1, 1A, 2 og 3 for at få mere viden om niveauet af flygtige oliekomponenter og chlorerede opløsningsmidler i disse områder. Screeningen omfattede 137 punkter. Området for poreluftscreening fremgår af situationsplanen i bilag D og analyseresultaterne er vedlagt i bilag C. Område 4 er udeladt da der er planlagt vej på dette areal. Ved screeningen er poreluften analyseret for BTEX og chlorerede opløsningsmidler samt nedbrydningsprodukter heraf. Desuden er der i alle prøver

målt indhold af lossepladsgas i form af metan, kuldioxid og ilt. Felterne hvor der er påvist metan er markeret på bilag D. På baggrund af resultaterne af metanmålingerne blev fem af de 10 nye geotekniske borer etableret som supplerende gasmoniteringsboringer. Dette er nærmere beskrevet i afsnit 3.5.

3.2.2 Poreluftundersøgelse 2017

Der er den 22. august 2017 udtaget supplerende poreluftprøver på område 1, 1A og 2. Prøverne blev udtaget, da der ved poreluftscreeningen i efteråret 2016 blev påvist uspecificerede olieprodukter i otte felter. De otte felter hvor der var planlagt supplerende poreluftprøver er:

- > Område 1: O1-19, O1-26 og O1-119
- > Område 1A: O1-41 og O1-52,
- > Område 2: O2-7, O2-23 og O2-52.

Desuden blev der udtaget en udeluftreferance samtidig. På tre af felterne (O1-52, O1-119 og O2-52) kunne der ikke udføres målinger, da poreluftspyddet ikke kunne gennemtrænge jorden på grund af beton, fyld og større sten i jorden.

Poreluftprøverne blev sendt til akkrediteret analyse for olieprodukter hos laboratoriet Højvang A/S.

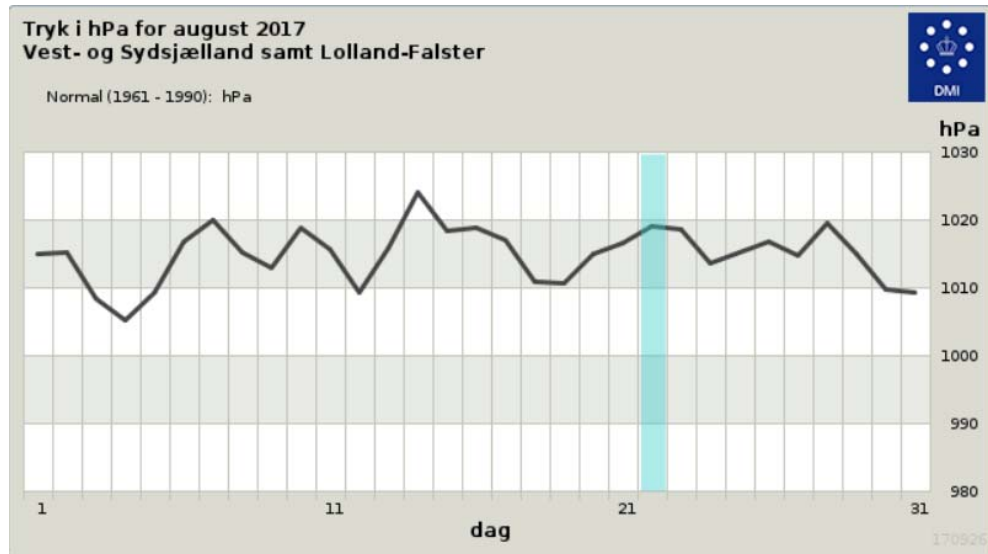
Resultaterne af de akkrediterede poreluftanalyser er beskrevet under hvert delområde, sammen med resultater fra poreluftscreeningen i 2016, i det følgende. Analyseresultater fremgår af bilag C, og placering af poreluftpunkterne fremgår af situationsplanen i bilag D.

Meteorologiske forhold, august 2017

Meteorologiske forhold, som især atmosfæretryk og nedbør, kan have indflydelse på hvor meget atmosfærisk luft der trænger ned i poreluften, og dermed fortynder poreluften.

Poreluftprøverne blev udtaget den 22. august 2017, markeret med blå på Figur 3-1. Det fremgår af figuren, at poreluftprøverne er udtaget i en periode med varierende trykforhold, men stigende i dagene op til målingen. Dette kan betyde øget indhold af atmosfærisk luft i poreluften, og dermed muligt lavere koncentrationer af forureningskomponenter i poreluften. I dagene op til målingen var der nedbør i form af op til 8 mm regn, hvilket kan have medført at den terrænnære jord mættes af vand og medfører øgede poreluftkoncentrationer.

Der kan altså ikke gives en entydig vurdering af de meteorologiske forholds betydning for niveauet af forureningskomponenter i poreluften.



Figur 3-1 Udviklingen i atmosfæretrykket i Vest- og Sydsjælland, august 2017. Poreluftmålingerne er foretaget 22. august, som er markeret med en blå streg. /3/

3.3 Grundvand

Der er ikke konstateret sammenhængende vandførende lag ved de udførte undersøgelser og der er derfor ikke udtaget vandprøver fra nogle af områderne.

Lokaliteten er beliggende inden for et område med drikkevandsinteresser (OD).

3.4 Geoteknik

3.4.1 Geotekniske borer

Der er udført i alt 10 stk. supplerende geotekniske borer på hele arealet til en dybde på mellem 6 og 17 m under nuværende terræn. Boringerne er benævnt GB01- GB010.

Boringerne GB01, GB02, GB03, GB05 og GB06 er udført indenfor område 1.

Boringerne GB04 og GB07 er udført indenfor område 1A

Boringerne GB08, GB09 og GB10 er udført indenfor område 2.

Der er ikke udført supplerende borer indenfor område 3 og 4.

Placering af de udførte geotekniske borer er angivet på bilag E.

I borerne er der foretaget indmåling af laggrænser og udtaget omrørte jordprøver ca. pr. 0,5 m. Der er udført vingeforsøg til bestemmelse af de kohæsive jordarters vingestykke i intakt og omrørt tilstand, henholdsvis C_{fv} og C_{fvr} . Vinge-

forsøgene blev udført med dybvinger iht. Dansk Geoteknisk Forening, referenceblad nr. 1. I friktionsaflejringerne er der udført SPT forsøg iht. Dansk Geoteknisk Forening, Referenceblad nr. 3.

Efter borearbejdets afslutning er der som minimum installeret $\varnothing 25$ mm PVC pejlerør i alle borerne. I udvalgte borer, GB03, GB04, GB05, GB07 og GB09 er der installeret op til 3 pejlerør for udførelse af gasmålinger.

Jordprøverne er bedømt i overensstemmelse med Dansk Geoteknisk Forenings "Vejledning i ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse" af maj 1995.

Jordprøvernes kalkindhold er vurderet med en 10 % saltsyreopløsning.

Det naturlige vandindhold, w , er bestemt på udvalgte jordprøver ca. pr. m.

Resultatet af ovenstående fremgår af boreprofilerne, bilag E, nr. 3-12.

De i rapporten anvendte signaturer og definitioner fremgår af bilag E.

3.4.2 Minifaldlodsmålinger

Der er desuden udført 5 minifaldlodsmålinger indenfor område 4.

Minifaldlodsmålingerne blev udført 0,5 m under terræn for vurdering af bundmodulet E_0 for opbygning af ny vej. I forbindelse med udførelse af minifaldlodsmålingerne blev der gravet yderligere 0,5 m under niveauet for udførelse af minifaldlodsmålingerne for vurdering af de underliggende aflejringer.

Placeringen af minifaldlodsmålingerne er angivet på vedlagte bilag E.

3.5 Gasmålinger

Som følge af opfyldningen med bl.a. husholdningsaffald i den tidligere grusgrav, syd-sydøst for område 4, er der registreret indhold af lossepladsgas langs den sydlige kant af området. Hovedparten af det undersøgte område (område 1, 1A, 2, 3 og 4) ligger uden for det område, hvor det er vurderet at der pågår gasproduktion.

I forbindelse med opbygning af terrænvoldene i Rabalderparken er der foretaget foranstaltninger i forhold til lossepladsgassen. Region Sjælland har umiddelbart ved det østlige skel – mod Stenkrogen et afværgeanlæg der skal hindre at lossepladsgas spredes i retning af boligblokkene. Der er derfor tidligere etableret en række monitoringsboringer på Musicon, som der stadig monitoreres i. Boringerne er udstyret med 1-4 filtre. Seneste monitoringsrunde i disse borer er udført i 2014 /4/. Situationsplanen med resultater fra denne målerunde er vedlagt i bilag D. Derudover er fem af de nye geotekniske borer (GB03, GB04, GB05, GB07 og GB09) etableret som gasmonitoringsboringer med 2-3 filtre i forskellige dybder. Boringerne har fået dobbelte navne, da de har et navn som geoteknisk boring (GB03, GB04, GB05, GB07 og GB09) og et navn som gasmo-

niteringsboring (M2-10, M2-11, M2-12, M2-13 og M1-13). I Tabel 3-1 fremgår en oversigt over nye og gamle boringer på delområderne.

Tabel 3-1 *Oversigt over boringer til gasmonitoring på de fem delområder. De nye boringer har dobbeltnavne.*

	Nye boringer	"Gamle" boringer
Område 1	GB03 / M2-10 GB05 / M2-12	M2-03, M2-04
Område 1A	GB04 / M2-11 GB07 / M2-13	M2-02
Område 2	GB09 / M1-13	M1-01, M1-02, M1-03, M1-04, M1-09
Område 3	Ingen	Ingen
Område 4	Ingen	M1-08, M1-10

Der er udført gasmålinger i alle nye og eksisterende gasboringer på fire delområder i september 2017. Placering af boringerne fremgår af Figur 3-2 og situationsplanen i bilag F. Resultaterne af gasmålingerne fremgår af bilag F og er beskrevet i de følgende kapitler om de enkelte delområder. Desuden er resultaterne afbildet på situationsplanen i bilag F. De meteorologiske forhold som målingerne er foregået under er beskrevet i afsnit 3.5.1.

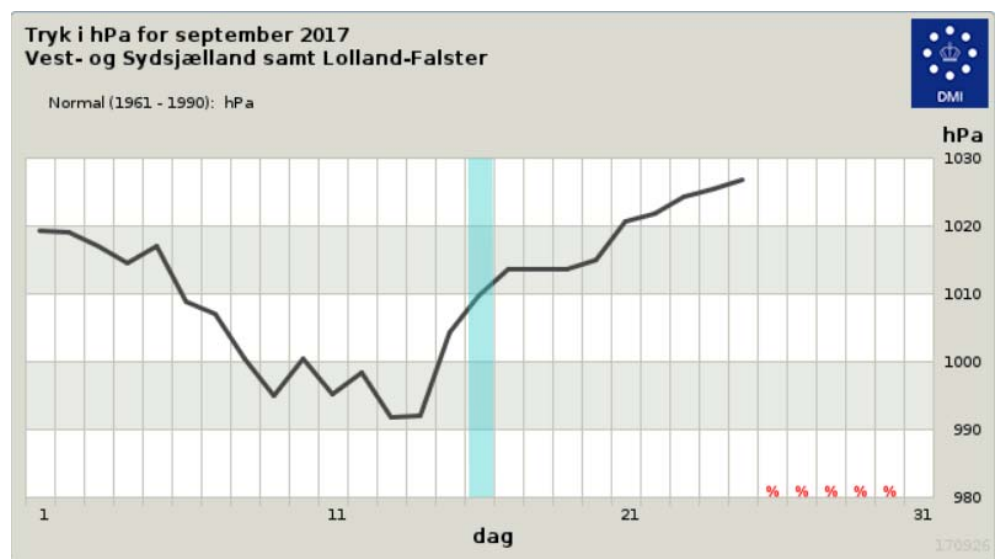


Figur 3-2 *Oversigtskort med nye boringer (GB01-GB10) og gamle gasmoniteringsboringer på område 1-4. GB03, GB04, GB05, GB07 og GB09 er gasmoniteringsboringer.*

3.5.1 Meteorologiske forhold, september 2017

Meteorologiske forhold, som især atmosfæretryk og nedbør, kan have indflydelse på hvor meget atmosfærisk luft der trænger ned i poreluften, og dermed fortynder poreluften.

Gasmålingerne er udført den 16 september, som er markeret med blå på Figur 3-3. Målingerne er udført i en periode med stigende atmosfæretryk, hvilket betyder at poreluften trækker sig sammen og giver plads til en større andel atmosfærisk luft i jorden. Dette betyder, at der kan være tidspunkter hvor koncentrationen af metan er højere end ved målingen 16. september 2017. Der var en del nedbør i ugen op til målingen, der faldt 20-30 mm på to dage, hvilket kan betyde, at jordens terrænnære porer er blevet fyldt med vand, og fungerer som barriere for udveksling mellem poreluft og atmosfærisk luft. På den baggrund kan øgede metankoncentrationer i jorden forventes. Der kan altså ikke gives en entydig vurdering af de meteorologiske forholds betydning for niveauet af metan i poreluften.



Figur 3-3 *Udviklingen i atmosfæretrykket i Vest- og Sydsjælland, september 2017. Gasmålingerne er foretaget 16. september, som er markeret med en blå streg. /3/*

4 Overordnet geologi

Området er kendetegnet ved at der træffes store fyldforekomster på arealet, grundet arealets tidligere anvendelse.

I de udførte supplerende geotekniske borer (GB01-GB10) er der truffet mellem 0,4 m og 16,2 m fyld. Fylden består overvejende af sandet ler med områder udelukkende bestående af sand- og grusfyld. Fylden har varierende indhold af knust beton, større betonstykker, metal/jern, plast og træstykker. Udbredelsen af de vurderede fyldtykkelser er skitseret på vedlagte bilag G.

Under det varierende fyldlag træffes glaciale smeltevandsaflejringer af fint til grovkornet sand og grus, med indslag af moræneler, morænesand/grus og fedt ler.

5 Område 1

5.1 Udførte undersøgelser

Der er udlagt et undersøgelsesnet over arealet, hvor de overordnede felter er ca. 12 x 12 meter (hvor hver prøve pr. halve meter i dybden svarer 120 tons jord). De overordnede felter er underinddelt i fire felter á 6 x 6 meter (hvor hver prøve pr. halve meter i dybden svarer til 30 tons). Perifere felter er tilpasset så de omtrent har arealer i størrelsesordenen som de overordnede felter.

Der er indenfor område 1 udført følgende:

- > 31 korte borer til 0,5 m u.t. og udtaget én jordprøve fra hver boring. Jordprøverne er analyseret for totalkulbrinter, tjærestoffer og tungmetaller. Prøverne herfra er benævnt f.eks. O1-26.
- > 5 geotekniske borer (GB01, GB02, GB03, GB05 og GB06), hvorfra der er udtaget jordprøver i niveauet 0,5-1,0 m u.t.
- > Poreluftscreening 2016; poreluftmålinger i 44 felter
- > To supplerende poreluftmålinger (O1-19 og O1-26)
- > Gasmålinger i fire borer (M2-10/GB03, M2-12/GB05, M2-03 og M2-04)

5.2 Resultater

I nedenstående afsnit er resultaterne for undersøgelserne af jord, poreluft, lossepladsgas og geoteknik beskrevet.

5.2.1 Jord

Inden for Område 1 er det især den sydlige del, hvor det har været muligt at undersøge de terrænnære jordlag. I den nordlige del hindrer Hal 1 og Musiconsekretariatets bygning undersøgelse. Inden for et areal nær Rabalderstræde er der konstateret betondæk under asfaltlag (O1-54 til O1-56 og O1-65 til O1-67)

ligeledes var et større område mod sydvest ikke tilgængeligt (O1-88 til O1-90 samt O1-100 til O1-102). Der er således undersøgt 31 ud af 43 planlagte felter).

Terrænnære prøver
0-0,5 m u.t.

Forureningsfordelingen i de 31 analyserede terrænnære prøver fra niveauet 0-0,5 m u.t., jfr. Jordplan Sjælland, fremgår af Tabel 5-1.

Tabel 5-1 Forureningsfordeling, område 1, 0-0,5 m u.t.

	Antal prøver	%
Klasse 0/1	21	67
Klasse 2	3	10
Klasse 3	3	10
Klasse 4	4	13

Det er overvejende truffet indhold af tungere olier inden for kulbrinteintervallet C20-C35 svarende til klasse 4. I enkelte prøver ses indhold af tjærestoffer svarende til klasse 3 (O1-93: 1,1 mg/kg benz(a)pyren) og mindre indhold af nikkel svarende til klasse 2 (O1-77: 40 mg/kg).

Oftentimes er det muligt, at definere klasse 2/3 jord samlet som lettere forurenede. To af de jordprøver inden for område 1 der svarer til klasse 3 har imidlertid indhold af kulbrinter inden for den lette kulbrintefraktion C10-C20 (O1-43 og O1-46). Det betyder, at jorden er rensningskrævende og derfor ikke kan betegnes som lettere forurenede.

Jordprøver fra niveauet 0,5-1,0 m u.t

Indenfor område 1 er der udtaget supplerende jordprøver fra de geotekniske borer: GB01, GB02, GB03, GB05 og GB06. Jordprøverne er udtaget fra fyldlaget inden for niveauet 0,5-1,0. Resultaterne fra jordprøverne fra GB01 og GB02 svarer til klasse 0 og 1. Indholdet af miljøfremmede stoffer i jordprøven fra GB03 svarer til klasse 2 pga. indhold af tungere kulbrinter (110 mg/kg). Jordprøverne fra GB04 og GB05 svarer til klasse 2 pga. indhold af hhv. tungere kulbrinter (690 mg/kg) og tjærestoffer (0,49 mg/kg). Endelig svarer jordprøver fra GB06 til klasse 3 pga. indhold af indhold af cadmium (1,7 mg/kg).

Analyseresultater er vedlagt som bilag B.

5.2.2 Poreluft

Poreluftscreening 2016

I 2016 blev der udført en poreluftscreening med 44 punkter på nuværende område 1. Der var planlagt flere punkter men pga. betonstykker i jorden flere steder, underjordiske bygværker og usædvanlig tætte betonfundamenter under

bygningen har flere punkter måtte udelades. Resultater af poreluftscreeningen er vedlagt i bilag C og afbildet på situationsplanen i bilag D.

Der blev målt indhold af BTEX over detektionsgrænsen i 10 af de 44 punkter. Indholdet af benzen blev i ét punkt (PLO1-11) målt over 100 gange afdampningskriteriet. I punktet blev der målt $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ svarende til ca. en faktor 500 over afdampningskriteriet. Afdampningskriteriet kan ikke sammenlignes direkte med indholdet i poreluften. Som tommelfingerregel vurderes indholdet i poreluften ikke at udgøre en risiko i forhold til et eventuelt nybyggeri, hvis indholdet er under en faktor 100 af afdampningskriteriet. En mindre del af benzenindholdet i poreluften vurderes at stamme fra udeluften, da der tidligere er påvist indhold af benzen i udeluften på op til $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ /1/.

Der blev målt indhold af toluen og/eller xylener over detektionsgrænserne i seks af de 44 punkter. Det højeste indhold af toluen (op til $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og sum af xylener (op til $97 \mu\text{g}/\text{m}^3$) blev målt i samme punkt; PLO1-19 i dybden 0,7 m u.t. Afdampningskriterierne for toluen og sum af xylener er på hhv. 400 og $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Indholdet af toluen og xylener i poreluften i område 1 er under en faktor 100 gange afdampningskriterierne for disse stoffer. PLO-11 og PLO-19 ligger umiddelbart ved siden af hinanden i den nordlige del af område 1.

I tre punkter er der konstateret indhold af flere uspecificerede stoffer der sandsynligvis hidrører fra olieprodukter. Dette er konstateret i punkterne PLO1-11, PLO1-19 og PLO1-26.

Der er påvist indhold af chlorerede opløsningsmidler i 12 af de 44 punkter. Der er påvist indhold af PCE på op til $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og chloroform på $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Til sammenligning er afdampningskriterierne for bidrag til evt. indeklima i en bolig på $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for PCE og $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for chloroform. Der er fundet chlorerede opløsningsmidler i området syd for hal 1 (O1-93, O1-104, O1-105 og O1-116) samt på den vestlige del af området (O1-3, O1-11, O1-26, O1-27, O1-36 og O1-01-77). Desuden er der påvist chlorerede opløsningsmidler i poreluftprøverne udtaget under gulv i de to felter O1-38 og O1-48 i hal 1. De målte indhold af chlorerede opløsningsmidler ved screeningen i område 1 er på niveau med de målte indhold ved undersøgelsen i 2008 i samme område.

Niveauerne af chlorerede opløsningsmidler i område 1 er væsentligt lavere end en faktor 100 gange afdampningskriterierne.

Supplerende poreluftprøver 2017

Der er udført to supplerende poreluftmålinger i område 1. Resultaterne af de udførte poreluftmålinger fremgår af Tabel 5-2. Analyserapporter er vedlagt i Bilag C.

Der er i de to poreluftprøver påvist indhold af de analyserede stoffer. De højeste indhold er generelt fundet i felt O1-19.

Det fremgår af Tabel 5-2 at der ikke er målt indhold af letflygtige oliekomponenter over en faktor 100 af de pågældende afdampningskriterier.

Tabel 5-2 Resultater af poreluftprøver udtaget i august 2017. Enhed i $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Prøve ID	Totalkulbrinter >C5-C19	Benzen	Toluen	Ethylbenzen	m/p-Xylen	o-Xylen	C9-Aromater	C10-Aromater
O1-19	1.800	10	32	9,2	51	25	120	86
O1-26	140	0,67	9,9	1,7	6,2	1,9	4,5	0,64
Udeluftreference	63	<0,10	0,69	<0,10	0,48	0,11	0,49	<0,50
Miljøstyrelsens vejledende af-dampningskriterium /2/	100	0,13	400	100 (sum af ethylbenzen og xylener)			30 (sum C9+C10 aromater)	

5.2.3 Geoteknik

Inden for område 1 er det udført 5 supplerende geotekniske borer. Der er tideliger udført i alt 9 geotekniske og miljøtekniske borer indenfor eller tæt ved område 1. I afsnittet vurderes funderingsforholdene og der angives styrke- og deformationsparameter for de gennemborede aflejringer.

Vurdering af funderingsforhold

Generelt

Funderingen skal dimensioneres og udføres i henhold til DS/EN 1997-1, Eurocode 7: Geoteknik - del 1: Generelle regler (EC 7, del 1), med tilhørende Nationalt annek - Danmark, EN 1997-1 DK NA (DK-Anneks).

Der skal anvendes partialkoefficienter og korrelationsfaktorer, som anført i DK Anneks-A.

Da der ikke foreligger noget konkret projekt for område 1, kan det ikke afgøres om de udførte geotekniske undersøgelser er tilstrækkelige til et projekt i geoteknik kategori 2. Dette kan først afgøres når der foreligger et konkret projekt.

For de udførte borer er det i tabel 5-3 angivet det vurderede niveau for overside bæredygtige lag, OSBL, for fundamenter og afrømningsniveauet, AFR, for gulve.

Tabel 5-3: Overside bæredygtige aflejringer, OSBL, og afrømningsniveau AFR

Boring	Terrænkote	AFR		OSBL	
Nr.	Kote DVR90 (m)	Dybde (m u. t.)	Kote DVR90 (m)	Dybde (m u. t.)	Kote DVR90 (m)
GB01	+47,2	3,1	+44,1	3,1	+44,1
GB02	+47,5	2,2	+45,4	2,2	+45,5
GB03	+47,6	5,3	+42,3	5,3	+42,3
GB05	+47,6	7,8	+39,8	7,8	+39,8-
GB06	+47,8	2,3	+45,5	2,3	+45,5
Eksisterende boringer					
B24	-	1,10	-	1,10	-
B25	-	1,10	-	1,10	-
B30	-	1,90	-	1,90	-
B33	-	1,40	-	1,60	-
B35	-	> 4 m	-	>4 m	-
B128	-	2,0	-	2,4	-
B129	-	2,1	-	2,1	-
C2	+46,0	2,8	+43,2	2,8	+43,2
G520/M2-03	+47,10	3,2	+43,9	3,2	+43,9
G512/M2-04	+47,20	3,4	+43,8	3,4	+43,8

Karakteristiske styrke- og deformationsparametre

Med jordbundsforhold som ved de boringer der er markeret med grønt i tabel 5-3 vil det være muligt at fundere et byggeri med kælder ved en direkte og dyb direkte fundering efter udgravning til kælder.

Ved et kælderløst byggeri kan funderingen udføres på en sandpude alternativet på rammede jernbetonpæle.

Med jordbundsforhold som ved de borerer som er markeret med rødt i tabel 5-3 vil funderingen af både et kælderløst og et byggeri med kælder skulle udføres på rammede jernbeton pæle, da der er mellem 5 og 7 m til overside intakte bæredygtige aflejringer.

For aflejringer svarende til de under OSBL trufne (se tabel 5-3), kan der ved dimensionering af fundamenter anvendes de i tabel 5-4 angivne rumvægte og karakteristiske styrke- og deformationsparametre.

Tabel 5-4 angiver rumvægte over og under vandspejlet (γ/γ'), plan friktionsvinkel (ϕ_k), udrænet forskydningsstyrke (c_{uk}), effektiv friktionsvinkel og kohæsion (ϕ'_k og c'_k) samt konsolideringsmodul (E_{oed}). Værdierne er fastlagt på grundlag af målinger, erfaringer og skøn.

For projektet er det for ler aflejringerne antaget at de målte vingestykker C_{fv} er lig den udrænedede forskydningsstyrke.

$$C_{fv} = C_{uk}$$

Tabel 5-4: Rumvægte og karakteristiske styrke- og deformationsparametre

Jordart	γ/γ' (kN/m ³)	ϕ_k (°)	c_{uk} (kN/m ²)	ϕ'_k (°)	c'_k (kN/m ²)	E_{oed} (MN/m ²)
Fyld: Sand	18/9	33	-	33	-	-
Fyld: Ler	19/9	-	50	-	-	-
Sand, Sm/Gc	19/10	36	-	36	-	40
Moræneler, Gl/Gc	22/12	-	150	32	15	40
Morænsand, Gl/Gc	20/10	37	-	37	-	50

Dimensioneringen skal udføres i såvel brudgrænsetilstanden (bæreevne) som anvendelsesgrænsetilstanden (sætninger), og den skal omfatte undersøgelse af såvel korttids- som langtidstilstanden, jf. EC 7, del 1, kapitel 2 og 6 samt DK-Anneks D.

I anvendelsesgrænsetilstanden kan der forudsættes trykspredning 2:1 (lodret:vandret) gennem jordlagene.

Ved fundering på vekslende aflejringer af ler og sand skal fundamenterne dimensioneres for fundering på såvel ler som sand. Den mindste bæreevne er dimensionsgivende.

Grundvandsforhold

Der er monteret pejlerør i alle fem udførte boringer indenfor område 1.

Ved borearbejdets afslutning er der foretaget pejling af grundvandsspejlet i de installerede pejlerør. De registrerede grundvandspejlinger er gengivet i tabel 4-4 og på de optegnede boreprofiler i Bilag E.

Tabel 5-5: Oversigt over pejlerør og seneste pejling

Boring nr.	Dimension	Boredato	Pejledato.	Terrænkote	Grundvandspejlinger	
					Kote DVR90 (m)	m u.t.
GB01	Ø25	22.08.2017	22.08.2017	+47,2	-	Tør
GB02	Ø25	22.08.2017	22.07.2017	+47,5	-	Tør
GB03	Ø63 Ø25	21.08.2017	21.08.2017	+47,6	- -	Tør Tør
GB05	Ø63 Ø25 Ø25	17.08.2017	17.08.2017	+47,6	- - -	Tør Tør Tør
GB06	Ø25	22.08.2017	22.08.2017	+47,8	-	Tør

5.2.4 Gasmålinger

På område 1 er der udført gasmålinger i boringerne M2-03 og de nye boringer M2-10 og M2-12. Der var planlagt målinger i M2-04, men denne boring var væltet da den skulle måles.

Målingerne blev udført d. 16. september 2017. Resultaterne af gasmålingerne fremgår af Tabel 5-6.

Tabel 5-6 Resultater af gasmonitering, september 2017

Gasboring	Filterdybde, meter under terræn	Metan, %	Kuldioxid, %	Ilt, %
M2-03	A	0,0	1,1	10,5
	B	0,0	4,6	9,7
	C	0,0	5,7	7,0
M2-04*	A, B, C	i.m.	i.m.	i.m.
M2-10	2-3	0,0	0,0	20,5
	5-6	0,0	0,0	21,0
M2-12	2-3	0,0	0,7	18,2
	5-6	0,0	3,7	7,9
	8-9	0,0	1,5	15,4

* Boring M2-04 kunne ikke måles, da den var væltet ved målerunden

Det fremgår af Tabel 5-6, at der ikke er konstateret metan i de målte boringer på område 1. Der er konstateret kuldioxidindhold på op til 5,7% og iltindhold på mellem 7,0 og 21,0 %. I M2-10 er der ikke konstateret tegn på lossepladsgas i form af metan eller kuldioxid mens der i M2-03 og M2-12 er tegn på øget aerob biologisk aktivitet i fylden. Ved tidligere målinger i M2-03 er der målt metanindhold på op til 0,4 %. I den væltede boring M2-04 er der tidligere målt relativt høje metanindhold på op til 15,5 % (februar 2010).

Risikovurdering, gas

De udførte gas målinger viser tegn på øget aerob biologisk aktivitet i fylden. Der er dog ikke tegn på at der sker egentlig metandannelse i fylden. Fra de udførte boringer vides at fylden hovedsageligt består af uorganisk fyld, med et meget lille indhold af nedbrydeligt organisk materiale. Potentialet for gasproduktion i fylden vurderes derfor også som ringe, hvilket understøttes af de udførte gasmålinger.

Gasspredning fra naboområder

På nabogrunden mod vest, kaldet Bifaldet, er der udført gasmålinger i april 2016 /5/. Ved målingerne på den sydlige del af Bifaldet, som ligger umiddelbart vest for Hal-1 området, blev der konstateret indhold af metan på op til 13,5 % og i samme boring indhold af kuldioxid på 10,2 %. Disse indhold blev fundet i dybden 5-6 m u.t. I samme boring blev der i dybden 2-3 m u.t. målt metanindhold på 2,5%. Kilden til de høje indhold af metan og kuldioxid vurderes i rapporten at være relateret til tidligere opfyldning af området med organiskholdigt materiale som dagrenovation. Der er placeret en boring i området mellem boringen med høje gaskoncentrationer og område 1. I boringen er der konstateret indhold af metan på op til 4,4% i dybden 5-6 m u.t. Boringen viser således at gasproduktionen over mod område 1 er afgrænset.

I Rabalder Parken, syd for område 4 syd og dermed syd for område 1 er der målt tydelige tegn på gasproduktion og høje gaskoncentrationer. I de to nærmeste boringer (M2-05 og M2-06) er der målt op til 9% metan, men samtidigt høje koncentrationer af kuldioxid. Dette er tegn på metanoxidation i jordlagene, og at der er tale om gasspredning fra gasproducerende fyld længere mod syd, eller i dybereliggende fyldlag. Gasspredning fra dette område er sandsynligvis årsagen til at der kan måles gas i boring M2-04.

Vurdering af gasrisiko På den centrale del af område 1 vurderes der ikke at være risiko for metan ophobning under eventuelt nybyggeri eller risiko for indtrængning af metan i bygningerne. Der er målt forhøjede kuldioxidkoncentrationer i jorden (op til 5,7%). Det vurderes at kuldioxidkoncentrationerne er så lave, at de ikke udgør en risiko ved fremtidigt byggeri på området.

På de sydligste ca. 25 m af område 1 vurderes der, at der under ugunstige forhold kan være påvirkning fra metanudsivning, og at bygninger i dette område derfor bør sikres mod gas.

Der vurderes ikke at være risiko for gasopsivning på udearealer på området.

Eventuel gasspredning fra Bifaldet vurderes at være så ringe, at det vurderes nødvendigt at det ikke er nødvendigt at udføre særlige forhold til tætning og sikring af eventuelt fremtidigt byggeri ud over hvad der er anført i bygningsreglementet.

De meteorologiske forhold under gasmålingerne kan både have medført øgede og reducerede metanindhold i poreluften.

5.3 anbefalinger

5.3.1 Supplerende geotekniske undersøgelser

Når der foreligger et konkret projekt for område 1, skal der udføres supplerende geotekniske undersøgelser således områderne med pælefundering og direkte fundering afgrænses/fastlægges.

Såfremt der skal udføres pælefundering er det også nødvendigt udføre geotekniske boringer til minimum 2 m under forventet pælespidsniveau.

5.3.2 Miljøansøgninger og jordhåndtering

Miljøansøgninger Da arealet er kortlagt skal der ansøges om at ændre arealanvendelse jfr. jordforureningslovens § 8 stk 1 og 2. Formålet med tilladelsen er at sikre at der ikke er risiko for kontakt med forurenede jord ved ophold på arealerne og at projektet ikke medfører spredning af lossepladsgas til bygninger. Der udarbejdes som en del af, eller i tillæg til, § 8 ansøgningen en plan for jordhåndtering, hvor det beskrives hvordan de forskellige jordtyper håndteres. Såfremt det ønskes at

genanvende jord inden for projektet skal der ansøges herom jfr. miljøbeskyttelseslovens § 19. Dette kan med fordel gøres i forbindelse med § 8 ansøgningen.

Den gennemførte undersøgelse dækker overvejende kun den sydlige del af området. Når Hal 1, Musiconsekretariatets bygning (den tidligere administrationsbygning) samt den tidligere kantinebygning er nedrevet vil der skulle suppleres med undersøgelser af jord og poreluft svarende til det gennemførte undersøgelsesniveau på de omgivende arealer. Det vurderes at resultaterne af disse samt de eksisterende undersøgelser, for så vidt angår poreluft, er tilstrækkelige til at danne grundlaget for en ansøgning.

Der er udført en overfladescreening af jorden i 2008, ved denne screening er frie arealer undersøgt med én jordprøve pr. 500 m². Da arealet siden 2008 har været anvendt til parkering, byggeplads mv vurderes disse resultater ikke at være anvendelige. Screeningen fra 2008 varierer dog ikke meget fra nærværende for så vidt angår fordeling af jordklasser og det påvist stofindhold.

Bortskaffelse af jord

I nærværende undersøgelse er der udlagt et net af overordnede felter, der hver svarer til svarer til 120 tons pr halve meter i dybden. De overordnede felter er underinddelt i fire, hvor kun de ene felt er undersøgt ved denne screeningsundersøgelse. Da kravet hos jordmodtagerne er en prøve pr. 30 tons vil der således ved jordhåndtering skulle prøvetages fra de øvrige felter. Det skal holdes for øje, at de foreliggende analyseresultater kun kan anvendes, såfremt jordarbejderne påbegyndes inden for en inden for en overskuelig fremtid. Roskilde Kommunes miljøafdeling skal forespørges om jordprøver kan anvendes eller om de evt. er forældede inden jordhåndtering påbegyndes.

Da jorden er meget inhomogen og med mange brokker, må det forventes at der skal foretages en del sortering af den jord der skal opgraves. Såfremt det er ønsket at genanvende jorden eller brokkerne (der da typisk knuses efterfølgende) på grunden, kan det overvejes at sortere jorden på ejendommen. Alternativt anbefales det at indgå aftale med jordmodtager som modtager jorden til sortering.

Kontakt med forurenede jord

I forhold til kontakt med forurenede jord vil det i den miljøtilladelse (§ 8) Kommunens miljøafdeling meddeler være et krav at den øvre halve meter inden for *ubefæstede* arealer skal udgøres af dokumenteret rene materialer. Følgende gælder således hvis der ikke udlægges varig fast belægning over arealet. Såfremt den øvre halve meter udskiftes skal der udlægges signalnet mellem den underliggende forurenede jord og de rene materialer. Enten udskiftes den øvre halve meter eller alternativt kan man vælge at hæve terrænet således at der blot kan udlægges signalnet og derover 0,5 meter dokumenterede rene materialer. Såfremt jorden ikke ønskes udskiftet kan der udtages prøver pr 50 m². Dette foregår ved at der inden for 50 m² udtages blandeprøver af 5 nedstik fra niveauerne 0-0,1 m u.t. og 0,25-0,50 m u.t.

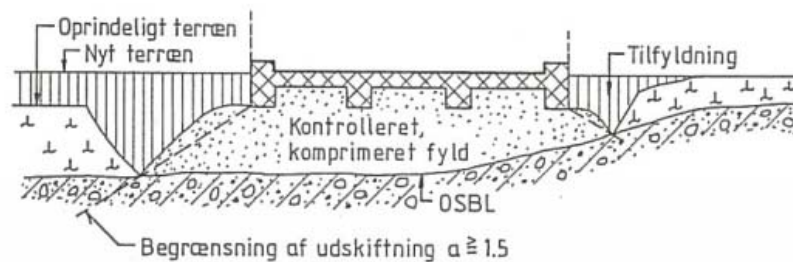
5.3.3 Fundering af bygninger

Direkte og dyb direkte fundering af kommende byggeri ved fyldtykkelser op til 4 m

I den del af et kommende byggeriet, hvor der skal udføres kælder, kan en direkte fundering udføres som traditionelle punktfundamenter eller gravede render direkte på aflejringer svarende til de under OSBL truffe.

For et kommende byggeri uden kælder vil det lokalt grundet en fyldtykkelse på op til 3 á 4 m være nødvendigt at udføre en direkte fundering på en sandpude eller på borede fundamenter/rammede jernbetonpæle med selv bærende jernbetonbjælker mellem de enkelte punktfundamenter.

Ved opbygning af en sandpude skal det sikres, at der kan etableres tilstrækkeligt med anlæg på sandpuden som angivet på nedenstående principskitse.



Figur 5-1: Principskitse af sandpudedefundering.

Det skal sikres at den indbyggede sand opfylder de normale designkrav til kvalitet og komprimering.

Forudsatte styrker i ler aflejringer eftervises ved vingeforsøg.

Det skal sikres, at der overalt funderes i frostsikker dybde under fremtidigt terræn.

Generelt skal alt løsnet, oplødt eller frossen jord bortgraves inden fundamenterne støbes.

Pælefundering af kommende byggeri ved fyldtykkelser over 4 m

Med de meget varierende fyldtykkelser og beskaffenheden af den konstaterede fyld, hvor der lokalt kan træffe større betonstykker, kan det ikke afvises at det lokalt kan blive nødvendigt med forboring før pælene rammes. Dette for at sikre at de enkelte pæle kan komme igennem den meget varierende fyld.

Det anbefales også at der som minimum anvendes 30x30 cm jernbetonpæle, hvor der træffes de meget store fyldtykkelser, for at sikre en vis robusthed pælene så de ikke knækker.

Med de konstaterede intakte aflejringer af sand og grus under fylden forventes det, at de kommende pæle vil være spidsbærende.

Når der foreligger et konkret projekt vil en geostatisk beregning kunne afgøre om det er nødvendigt at asfaltere pælene i hele fyldlagets tykkelse eller kun over en del af fyldlaget.

Gulve

Fremtidige gulve kan opbygges efter udgravning til aflejringer svarende til de under AFR trufne.

For den del af byggeriet, hvor der etableres kældere, kan gulve udlægges direkte efter udgravningen til kælderen såfremt udgravningsniveau er nået under AFR niveau.

Hvor der opbygges en sandpude kan gulve udlægges direkte på det indbyggede sand i sandpuden.

Såfremt funderingen udføres på borede fundamenter eller rammede jernbeton pæle, skal gulve udføres som selvbærende gulve. Hvor der udføres selvbærende gulve, skal kloakker opstropes i betondækket.

Tørholdelse af kældere.

Med de konstaterede jordbunds og grundvandsforhold kan tørholdelsen af den kommende kælder udføres ved etablering lodrette dræn langs kældervæggene kombineret med et drænlag under kældergulvet tilsluttet omfangsdrænet med stikdræn.

Omfangsdrænet føres til pumpebrønd, hvorfra tilløbende vand kan bortpumpes.

Dræning af kældere skal generelt udføres i henhold til DS 436 Norm for dræning af bygværker mv.

5.3.4 Sikring af bygninger ift. gas

Ved fremtidigt byggeri på området vurderes der ikke at være risiko for metan ophobning under bygningerne eller risiko for indtrængning af metan eller kuldioxid i bygningerne. Desuden vurderes der ikke at være risiko for spredning af gas til naboområderne.

På den sydligste del af området kan der forekomme metan, hvorfor det anbefales at byggeri inden for ca. 25 m op mod område 4 sikres mod gasindtrængning.

Det anbefales desuden at udføre to supplerende målerunder i gasmoniteringsboringerne for at få afklaret gasrisikoen på området. Inden de næste målinger re-etableres boring M2-04, så der fortsat kan måles gas i denne boring.

I forbindelse med myndighedsbehandling vil der blive stillet krav om sikring mod gasspredning fra naboområder ved etablering af ledningstracéer.

6 Område 1A

6.1 Udførte undersøgelser

Der er udlagt et undersøgelsesnet over arealet, hvor de overordnede felter er ca. 12 x 12 meter (hvor hver prøve pr. halve meter i dybden svarer 120 tons jord). De overordnede felter er underinddelt i fire felter á 6 x 6 meter (hvor hver prøve pr. halve meter i dybden svarer til 30 tons). Perifere felter er tilpasset så de omtrent har arealer i størrelsesordenen som de overordnede felter.

Der er indenfor område 1A udført følgende:

- > 23 korte boringer til 0,5 m u.t. og udtaget én jordprøve fra hver boring. Jordprøverne er analyseret for totalkulbrinter, tjærestoffer og tungmetaller. Prøverne herfra er benævnt f.eks. O1-83.
- > Poreluftscreening 2016; poreluftmålinger i 27 felter
- > Én supplerende poreluftprøve
- > To geotekniske boringer GB04 og GB07
- > Gasmålinger i tre boringer (M2-11/GB04, M2-13/GB07 og M2-02)

6.2 Resultater

I nedenstående afsnit er resultaterne for undersøgelserne af jord, poreluft, lossepladsgas og geoteknik beskrevet.

6.2.1 Jord

Inden for område 1A er der konstateret betondæk inden for de vestligste felter (O1-41, O1-51, O1-52, O1-61, O1-72, O1-83, O1-84 og O1-94), hvorfor der ikke er undersøgt her. Der er undersøgt 23 ud af 31 planlagte felter.

Forureningsfordelingen i de 23 analyserede prøver, jfr. Jordplan Sjælland, fremgår af Tabel 6-1.

Tabel 6-1 Forureningsfordeling, område 1A, 0-0,5 m u.t.

	Antal prøver	%
Klasse 0/1	10	44
Klasse 2	4	17
Klasse 3	4	17
Klasse 4	5	22

Der er ikke påvist indhold af tungmetaller der overskrider Miljøstyrelsens gældende jordkvalitetskriterier og kun mindre overskridelser af tjærestoffer i enkelte prøver svarende til hhv kl. 3 og 2 (O1-73: Benz(a)pyren 1,1 mg/kg; O1-107: Benz(a)pyren 0,48 mg/kg). Derimod er der påvist olier inden for kulbrinteintervallet C10-C35 svarende til klasse 4 i fem prøver (op til 1.100 mg/kg TS). Særligt prøven O1-62 adskiller sig ved at der er indhold af de helt lette kulbrinter C10-C15 på 96 mg/kg svarende til klasse 4.

Jordprøver fra niveauet 0,5-1,0 m u.t

Indenfor område 1A er der udtaget jordprøver fra niveauet 0,5-1,0 fra de geotekniske boringer: GB04 og GB07. Jordprøverne er udtaget i fyldlaget og i jordprøverne fra begge boringer er der påvist indhold af kulbrinter op til 690 mg/kg inden for fraktionerne C10-C35. De påviste indhold svarer til klasse 4. Derudover er der påvist mindre indhold af tjærestoffer.

Analyseresultater er vedlagt som bilag B.

6.2.2 Poreluft

Poreluftscreening 2016

I 2016 blev der udført en poreluftscreening med 27 punkter på nuværende område 1A. Der var planlagt flere punkter men pga. betonstykker i jorden flere steder, underjordiske bygværker og usædvanlig tætte betonfundamenter under bygningen har flere punkter måtte udelades. Resultater af poreluftscreeningen er vedlagt i bilag C og afbildet på situationsplanen i bilag D.

Der blev målt indhold af BTEX over detektionsgrænsen i fire af de 27 punkter. Indholdet af benzen blev målt på op til 169 µg/m³ (PLO1-118). Afdampningskriteriet for bidrag til indeklimaet i en bolig er til sammenligning på 0,13 µg/m³. I to punkter (PLO1-107, og PLO118) blev der målt benzenindhold højere end 100 gange afdampningskriteriet med den højeste overskridelse (169 µg/m³) på en faktor 1.300 over afdampningskriteriet. Afdampningskriteriet kan ikke sammenlignes direkte med indholdet i poreluften. Som tommelfingerregel vurderes ind-

holdet i poreluften ikke at udgøre en risiko i forhold til et eventuelt nybyggeri, hvis indholdet er under en faktor 100 af afdampningskriteriet.

En mindre del af benzenindholdet i poreluften vurderes at stamme fra udeluften, da der tidligere er påvist indhold af benzen i udeluften på op til $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ /1/.

Der blev målt indhold af toluen og xylener over detektionsgrænserne i fem af de 27 punkter. Det højeste indhold af toluen (op til $238 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og sum af xylener (op til $2.299 \mu\text{g}/\text{m}^3$) blev målt i samme punkt; PLO1-118 i dybden 1,0 m u.t. Det er samme felt hvor det højeste indhold af benzen blev målt. Felt O1-118 er et af de sydligste felter i område 1 og er ubebygget. I dette område har der været byggeplads og parkering, og derved kan der være sket spild til overfladejorden, som kan påvirke indholdet i poreluften. Afdampningskriterierne for toluen og sum af xylener er på hhv. 400 og $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Indholdet af toluen og xylener i poreluften i område 1 er under en faktor 100 gange afdampningskriterierne for disse stoffer.

I fem punkter er der konstateret indhold af flere uspecificerede stoffer der sandsynligvis hidrører fra olieprodukter. Dette er konstateret i punkterne PLO1-41, PLO1-107, PLO1-118, PLO1-119 og PLO1-52. I PLO1-52 er der ikke er påvist indhold af øvrige stoffer over detektionsgrænsen ved screeningen.

Der er påvist indhold af chlorerede opløsningsmidler i ét punkt, PLO1-118. Der er påvist indhold af cis-1,2-DCE på $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og ikke indhold af øvrige chlorerede opløsningsmidler. Til sammenligning er afdampningskriteriet for bidrag til evt. indeklima i en bolig på $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for cis-1,2-DCE. Niveaueet af chlorerede opløsningsmidler i område 1A er altså væsentligt lavere end en faktor 100 gange afdampningskriteriet.

Supplerende poreluft 2017

Der er udført én supplerende poreluftmåling i område 1A, i felt O1-41. Der var også planlagt at udtage en poreluftprøve i felt O1-52, men dette måtte opgives efter flere forgæves forsøg, pga. beton/fyld i jorden. Resultatet af den udførte poreluftmåling fremgår af Tabel 5-2.

Der er i poreluftprøven påvist indhold af alle de analyserede stoffer.

Det fremgår af Tabel 5-2 at der ikke er målt indhold af letflygtige oliekomponenter over en faktor 100 af de pågældende afdampningskriterier.

Tabel 6-2 Resultater af poreluftprøver udtaget i august 2017. Enhed i $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Prøve ID	Totalkulbrin- ter >C5-C19	Benzen	Toluen	Ethylbenzen	m/p-Xylen	o-Xylen	C9-Aromater	C10- Aromater
O1-41	440	0,89	14	2,5	8,8	2,6	4,9	1,0
Udeluft-reference	63	<0,10	0,69	<0,10	0,48	0,11	0,49	<0,50
Miljøstyrelsens vejle- dende afdampnings- kriterium /2/	100	0,13	400	100 (sum af ethylbenzen og xylener)			30 (sum C9+C10 aromater)	

6.2.3 Geoteknik

Inden for område 1A er det udført 2 supplerende geotekniske boringer. Der er tidligere udført i alt 2 geotekniske og miljøtekniske boringer. I afsnittet vurderes funderingsforholdene og der angives styrke- og deformationsparameter for de gennemborede aflejringer.

Vurdering af funderingsforhold

Generelt

Funderingen skal dimensioneres og udføres i henhold til DS/EN 1997-1, Eurocode 7: Geoteknik - del 1: Generelle regler (EC 7, del 1), med tilhørende Nationalt anneks - Danmark, EN 1997-1 DK NA (DK-Anneks).

Der skal anvendes partialkoefficienter og korrelationsfaktorer, som anført i DK Anneks-A.

Da der ikke foreligger noget konkret projekt for område 1A, kan det ikke afgøres om de udførte geotekniske undersøgelser er tilstrækkelige til et projekt i geoteknik kategori 2. Dette kan først afgøres når der foreligger et konkret projekt.

For de udførte boringer er der i tabel 6-3 angivet det vurderede niveau for over- side bæredygtige lag, OSBL, for fundamenter og afrømningsniveauet, AFR, for gulve.

Tabel 6-3: Overside bæredygtige aflejringer, OSBL, og afrømningsniveau AFR

Boring	Terrænkote	AFR		OSBL	
Nr.	Kote DVR90 (m)	Dybde (m u. t.)	Kote DVR90 (m)	Dybde (m u. t.)	Kote DVR90 (m)
GB04	+47,1	11,2	+35,9	11,2	+35,9
GB07	+47,7	13,3	+34,4	14,2	+33,5
Eksisterende boringer					
206.1244	-	15,0	-	15,0	-
G513/M2-02	+46,70	>10 m	-	>10 m	-

Karakteristiske styrke- og deformationsparametre

Med jordbundsforhold som ved de boringer der er markeret med rødt i tabel 6-3 vil funderingen af både et kælderløst og et byggeri med kælder skulle udføres på rammede jernbetonpæle, da der er mere end 10 m til overside bæredygtige aflejringer.

For aflejringer svarende til de under OSBL truffne (se tabel 6-3), kan der ved dimensionering af fundamenter anvendes de i tabel 6-4 angivne rumvægte og karakteristiske styrke- og deformationsparametre.

Tabel 6-4 angiver rumvægte over og under vandspejlet (γ/γ'), plan friktionsvinkel (φ_k), udrænet forskydningsstyrke (c_{uk}), effektiv friktionsvinkel og kohæsion (φ'_k og c'_k) samt konsolideringsmodul (E_{oed}). Værdierne er fastlagt på grundlag af målinger, erfaringer og skøn.

For projektet er det for leraflejringerne antaget at de målte vingestyrker C_{fv} er lig den udrænedede forskydningsstyrke.

$$C_{fv} = C_{uk}$$

Tabel 6-4: Rumvægte og karakteristiske styrke- og deformationsparametre

Jordart	γ/γ' (kN/m ³)	φ_k (°)	c_{uk} (kN/m ²)	φ'_k (°)	c'_k (kN/m ²)	E_{oed} (MN/m ²)
Fyld: Sand	18/9	33	-	33	-	-
Fyld: Ler over kote +41 m	19/9	-	50	-	-	-
Fyld: Ler under kote +41 m	20/10	-	150	-	-	-
Sand, Sm/Gc	19/10	36	-	36	-	40
Morænegrus, Gl/Gc	20/10	37	-	37	-	50
Ler: Sm/Gc	20/10	-	150	30	15	40

Dimensioneringen skal udføres i såvel brudgrænsetilstanden (bæreevne) som anvendelsesgrænsetilstanden (sætninger), og den skal omfatte undersøgelse af såvel korttids- som langtidstilstanden, jf. EC 7, del 1, kapitel 2 og 6 samt DK-Anneks D.

I anvendelsesgrænsetilstanden kan der forudsættes trykspredning 2:1 (lodret:vandret) gennem jordlagene.

Ved fundering på vekslende aflejringer af ler og sand skal fundamentene dimensioneres for fundering på såvel ler som sand. Den mindste bæreevne er dimensionsgivende.

Grundvandsforhold

Der er monteret pejlerør i begge udførte borer indenfor område 1A.

Ved borearbejdets afslutning er der fortaget pejling af grundvandsspejlet i de installerede pejlerør. De registrerede grundvandsspejlinger er gengivet i tabel 6-4 og på de optegnede boreprofiler bilag E.

Tabel 6-5: Oversigt over pejlerør og seneste pejling

Boring nr.	Dimension	Boredato	Pejledato.	Terrænkote	Grundvandspejlinger	
					Kote DVR90 (m)	Kote DVR90 (m) m u.t.
GB04	Ø63 Ø25 Ø25	25.07.2017	25.07.2017	+47,1	- - -	Tør
GB07	Ø63 Ø25 Ø25	28.07.2017	28.07.2017	+47,7	- - -	Tør

6.2.4 Gasmålinger

På område 1A er der udført gasmålinger i borerne M2-02, M2-11 og M2-13. Der er tre filtre i hver af disse borer. Målingerne blev udført d. 16. september 2017. Resultaterne af gasmålingerne fremgår af Tabel 6-6.

Tabel 6-6 Resultater af gasmonitoring, område 1A, september 2017

Gasboring	Filterdybde, meter under terræn	Metan, %	Kuldioxid, %	Ilt, %
M2-02	A	0,0	1,1	14,0
	B	0,0	1,5	14,1
	C	0,0	2,2	14,7
M2-11	2-3	0,0	0,0	19,0
	5-6	0,0	0,0	12,8
	8-9	0,0	0,0	13,0
M2-13	2-3	0,0	1,0	12,9
	5-6	0,2	1,0	0,0
	8-9	0,0	4,2	2,7

Af Tabel 6-6 fremgår det, at der ikke er konstateret metan i de målte borer på område 1A, bortset fra et lavt indhold på 0,2 % metan i mellemste filter i M2-13. I borerne er der målt kuldioxidindhold på op til 4,2 % (M2-13) og iltindhold på mellem 0 og 19 %. Der er tidligere udført gasmålinger i M2-02, og der er ved disse målinger generelt ikke målt indhold af metan i boringen. Det højeste målte indhold er på 1,0 % metan, målt i juni 2010.

I borerne er der ikke konstateret tegn på produktion af lossepladsgas i form af metan eller kuldioxid men der er tegn på øget aerob biologisk aktivitet i fylden i forhold til naturlig baggrundsværdier.

Risikovurdering, gas

De udførte gasmålinger viser tegn på øget aerob biologisk aktivitet i fylden. Der er dog ikke tegn på at der sker egentlig metandannelse i fylden. Fra de udførte boringer vides at fylden hovedsageligt består af uorganisk fyld, med et meget lille indhold af nedbrydeligt organisk materiale. Potentialet for gasproduktion i fylden vurderes derfor også som ringe, hvilket understøttes af de udførte gasmålinger.

Gasspredning fra naboområder

I Rabalderparken syd for område 4, og dermed syd for område 1A, er der i boring M2-07 konstateret tydelige tegn på metanproduktion og høje koncentrationer af både metan og kuldioxid. Vurdering af gasspredning fra Rabalderparken, der er derfor risiko for gasspredning fra dette område til den sydligste del af område 1A. I de nyetablerede boringer i område 1A og område 2, er der dog ikke konstateret tegn på gasspredning. Der er dog kun udført en enkelt gasmåling, og der bør udføres flere målinger før det med sikkerhed kan konkluderes at området ikke er påvirket af metanudsivning fra fylden under Rabalderparken.

Ved fremtidigt byggeri på området vurderes der ikke at være risiko for metanophobning under bygningerne eller risiko for indtrængning af metan i bygningerne. Der er målt forhøjede kuldioxidkoncentrationer i jorden (op til 4,2%). Det vurderes at kuldioxidkoncentrationerne er så lave, at de ikke udgør en risiko ved fremtidigt byggeri på området.

Der vurderes ikke at være risiko for gasopsivning på udearealer på området.

De meteorologiske forhold under gasmålingerne kan både have medført øgede og reducerede metanindhold i poreluften.

6.3 anbefalinger

6.3.1 Supplerende geotekniske undersøgelser

For område 1A vil en kommende fundering af bygninger skulle udføres på rammede jernbetonpæle. I den forbindelse vil det blive nødvendigt at udfører supplerende geotekniske undersøgelser til minimum 2 m under forventet pælespidsniveau.

6.3.2 Miljøansøgninger og jordhåndtering

Miljøansøgninger

Da arealet er kortlagt skal der ansøges om at ændre arealanvendelse jfr. jordforureningslovens § 8 stk 1 og 2. Formålet med tilladelsen er at sikre at der ikke er risiko for kontakt med forurenede jord ved ophold på arealerne og at projektet ikke medfører spredning af lossepladsgas til bygninger. Der udarbejdes som en del af, eller i tillæg til, § 8 ansøgningen en plan for jordhåndtering, hvor det beskrives hvordan de forskellige jordtyper håndteres. Såfremt det ønskes at genanvende jord inden for projektet skal der ansøges herom jfr. miljøbeskyttelseslovens § 19. Dette kan med fordel gøres i forbindelse med § 8 ansøgningen.

Det vurderes, at resultaterne fra den gennemførte undersøgelse danner et tilstrækkeligt grundlag for at kunne udarbejde en ansøgning.

Der er udført en overfladescreening af jorden i 2008, ved denne screening er frie arealer undersøgt med én jordprøve pr. 500 m². Da arealet siden 2008 har været anvendt til parkering, byggeplads mv vurderes disse resultater at være forældede. Screeningen fra 2008 varierer dog ikke meget fra nærværende for så vidt angår fordeling af jordklasser og det påvist stofindhold. Dog er der påvist større koncentration af lette kulbrinter end det er set andre steder på Musicon.

Bortskaffelse af jord

I nærværende undersøgelse er der udlagt et net af overordnede felter, der hver svarer til svarer til 120 tons pr halve meter i dybden. De overordnede felter er underinddelt i fire, hvor kun de ene felt er undersøgt ved denne screeningsundersøgelse. Da kravet hos jordmodtagerne er en prøve pr. 30 tons vil der således ved jordhåndtering skulle prøvetages fra de øvrige felter. Det skal holdes for øje, at de foreliggende analyseresultater kun kan anvendes, såfremt jordarbejderne påbegyndes inden for en inden for en overskuelig fremtid. Roskilde Kommunes miljøafdeling skal forespørges om jordprøver kan anvendes eller om de evt. er forældede inden jordhåndtering påbegyndes.

Da jorden er meget inhomogen og med mange brokker, må det forventes at der skal foretages en del sortering af den jord der skal opgraves. Såfremt det er ønsket at genanvende jorden eller brokkerne (der da typisk knuses efterfølgende) på grunden, kan det overvejes at sortere jorden på ejendommen. Alternativt anbefales det at indgå aftale med jordmodtager som modtager jorden til sortering.

Kontakt med forurenede jord

I forhold til kontakt med forurenede jord vil det i den miljøtilladelse (§ 8) Kommunens miljøafdeling meddeler være et krav at den øvre halve meter inden for *ubefæstede* arealer skal udgøres af dokumenteret rene materialer. Følgende gælder således hvis der ikke udlægges varig fast belægning over arealet. Såfremt den øvre halve meter udskiftes skal der udlægges signalnet mellem den underliggende forurenede jord og de rene materialer. Enten udskiftes den øvre halve meter eller alternativt kan man vælge at hæve terrænet således at der blot kan udlægges signalnet og derover 0,5 meter dokumenterede rene materialer. Såfremt jorden ikke ønskes udskiftet kan der udtages prøver pr 50 m². Dette foregår ved at der inden for 50 m² udtages blandeprøver af 5 nedstik fra niveauerne 0-0,1 m u.t. og 0,25-0,50 m u.t.

6.3.3 Fundering af bygninger

Direkte og dyb direkte fundering af kommende byggeri ved fylttykkelser op til 4 m

Grundet de meget store fylttykkelser inden for område 1A vil det ikke være muligt at udføre en direkte fundering eller dyb direkte fundering af noget byggeri inden for område 1A.

Pælefundering af kommende byggeri ved fyldtykkelser over 4 m

Med de meget store fyldtykkelser inden for område 1A og beskaffenheden af den konstaterede fyld, hvor der lokalt kan træffe større beton stykker, kan det ikke afvises at det lokalt kan blive nødvendigt med forboring før der rammes pæle. Dette for at sikre at de enkelte pæle kan komme igennem den meget varierende fyld.

Det anbefales også at der som minimum anvendes 30x30 cm jernbetonpæle hvor der træffes de meget store fyldtykkelser. Dette for at sikre en hvis robusthed i pælene så de ikke knækker.

Med de konstaterede intakte aflejringer under fylden forventes det, at de kommende pæle vil være spidsbærende.

Når der foreligger et konkret projekt vil en geostatisk beregning kunne afgøre om det er nødvendigt at asfaltere pælene i hele fyldlagets tykkelse eller kun en del af fyldlaget.

Gulve

Såfremt funderingen udføres på borede fundamenter eller rammede jernbetonpæle, skal gulve udføres som selvbærende gulve. Hvor der udføres selvbærende gulve, skal kloakker opstoppes i betondækket.

Tørholdelse af kældere.

Med de konstaterede jordbunds og grundvandsforhold kan tørholdelsen af den kommende kælder udføres ved etablering lodrette dræn langs kældervæggene kombineret med et drænlag under kældergulvet tilsluttet omfangsdrænet med stikdræn.

Omfangsdrænet føres til pumpebrønd, hvorfra tilløbende vand kan bortpumpes.

Dræning af kælder skal generelt udføres i henhold til DS 436 Norm for dræning af bygværker mv.

6.3.4 Sikring af bygninger ift. gas

Ved fremtidigt byggeri på området vurderes der ikke at være risiko for metan ophobning under bygningerne eller risiko for indtrængning af metan eller kuldioxid i bygningerne. Desuden vurderes der ikke at være risiko for spredning af gas til naboområderne.

På den sydligste del af området kan der forekomme metan, hvorfor det anbefales at byggeri helt op mod område 4 sikres mod gasindtrængning.

Det anbefales desuden at udføre to supplerende målerunder i gasmoniteringsboringerne for at få afklaret gasrisikoen på området.

I forbindelse med myndighedsbehandling vil der blive stillet krav om sikring mod gasspredning fra naboområder ved etablering af ledningstracéer.

7 Område 2

7.1 Udførte undersøgelser

Der er udlagt et undersøgelsesnet over arealet, hvor de overordnede felter er ca. 12 x 12 meter (hvor hver prøve pr. halve meter i dybden svarer 120 tons jord). De overordnede felter er underinddelt i fire felter á 6 x 6 meter (hvor hver prøve pr. halve meter i dybden svarer til 30 tons). Perifere felter er tilpasset så de omtrent har arealer i størrelsesorden som de overordnede felter.

Der er indenfor område 2 udført følgende:

- > 64 korte borer til 0,5 m u.t. og udtaget én jordprøve fra hver boring. Jordprøverne er analyseret for totalkulbrinter, tjærestoffer og tungmetaller. Prøverne herfra er benævnt f.eks. O2-26.
- > 3 supplerende geotekniske borer GB08, GB09 og GB10.
- > Poreluftscreening 2016; poreluftmålinger i 47 felter
- > To supplerende poreluftmålinger
- > Gasmålinger i 6 borer (M1-01, M1-02, M1-03, M1-04, M1-09 og M1-13)

7.2 Resultater

I nedenstående afsnit er resultaterne for undersøgelserne af jord, poreluft, lossepladsgas og geoteknik beskrevet.

7.2.1 Jord

Inden for område 2 er undersøgt 64 ud af 64 mulige felter.

Forureningsfordelingen i de 64 analyserede prøver, jfr. Jordplan Sjælland, fremgår af Tabel 7-1.

Tabel 7-1 Forureningsfordeling, område 2, 0-0,5 m u.t.

	Antal prøver	%
Klasse 0/1	39	60
Klasse 2	12	19
Klasse 3	3	5
Klasse 4	10	16

Der er påvist enkelte mindre overskridelse i forhold til Miljøstyrelsens kvalitetskriterier for bly (O2-16, O2-37 og O2-46 op til 77 mg/kg TS) og kun marginale overskridelser af tjærestoffer i enkelte prøver (O2-13, O2-14, O2-22 og O2-47) – højeste koncentrationer påvist i O2-13 (benz(a)pyren 0,94 og PAH-total 4,6 mg/kg). Der er der påvist olier svarende til klasse 4 i ti jordprøver (op til 3.400 mg/kg påvist i O2-15). De påviste kulbrinter er inden for kulbrinteintervallet C10-C35. Særligt prøverne O2-15 og O2-53 adskiller sig ved at der er indhold af de helt lette kulbrinter C10-C15 på hhv. til 170 og 140 mg/kg svarende til klasse 4.

Jordprøver fra niveauet 0,5-1,0 m u.t

Indenfor område 2 er der udtaget jordprøver fra niveauet 0,5-1,0 fra de geotekniske borer GB08 og GB09. Indholdet i jordprøverne fra de to borer svarer til klasse 0/1. Fra boringen GB04 er der udtaget i alt fire jordprøver pr. halve meter fra 0,5 m u.t. til 2,5 m u.t. Indholdet af miljøfremmede stoffer i de tre jordprøver fra 0,5-2,0 svarer alle til klasse 4, på baggrund af indhold af kulbrinter inden for fraktionerne C10-C35. Særligt prøven fra niveauet 1,0-1,5 m u.t. adskiller sig ved et indhold af de helt lette kulbrinter C10-C15 på op til 140 mg/kg svarende til klasse 4. Alle de udtagne jordprøver, er udtaget fra fyldlag.

Analyseresultater er vedlagt som bilag B.

7.2.2 Poreluft

Poreluftscreening 2016

På område 2 omfatter den udførte poreluftscreening 48 punkter fordelt på arealet, heraf to punkter i felt O2-46, hvor der er udtaget poreluft i to dybder. Der var planlagt flere punkter (56 stk) men pga. betonstykker i jorden flere steder, samt flere større vandpytter har flere punkter måtte udelades. Resultater af poreluftscreening er vedlagt i bilag C og afbildet på situationsplanen i bilag D.

Der er generelt påvist indhold over detektionsgrænserne af enten BTEX eller chlorerede opløsningsmidler i 16 af de 48 punkter.

Der er målt indhold af BTEX over detektionsgrænsen i 14 punkter. Indholdet af benzen blev målt på op til 23.400 µg/m³. Afdampningskriteriet for bidrag til in-

deklimaet i en bolig er til sammenligning på $0,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Indholdet af benzen i poreluften i område 2 er op til en faktor 180.000 over afdampningskriteriet. Der er i to punkter (PLO2-35 og PLO2-53) påvist koncentrationer af benzen på over 100 gange afdampningskriteriet. De to punkter er hhv. midt på og syd på område 2. En mindre del af benzenindholdet i poreluften vurderes at hidrøre fra udeluften, da der tidligere er påvist indhold af benzen i udeluften på op til $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ /1/.

Der blev målt indhold af toluen og/eller xylener over detektionsgrænserne i 10 af de 48 punkter. Det højeste indhold af benzen og sum af xylener blev målt i samme punkt; PLO2-35. Det højeste indhold af xylener er på $465 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Det højeste indhold af toluen, på $6.200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, er påvist i punktet PLO2-57, som er beliggende på den sydlige del af område 2. Indholdet af toluen og xylener er under en faktor 100 af deres respektive afdampningskriterier.

I 6 af de 16 punkter med påviste indhold af flygtige stoffer, er der konstateret indhold af flere uspecificerede stoffer der sandsynligvis hidrører fra olieprodukter. Dette er konstateret i punkterne PLO2-8, PLO2-32, PLO2-35, PLO2-46, PLO2-48, PLO2-53. Desuden er der påvist indhold af uspecificerede stoffer i punkterne PLO2-7, PLO2-23 og PLO2-52, hvor der ikke er påvist indhold af øvrige stoffer over detektionsgrænsen ved screeningen.

Der er påvist indhold af chlorerede opløsningsmidler i 3 af de 48 punkter. Der er påvist indhold af PCE på $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PLO2-32), chloroform på $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PLO2-24 og PLO2-29). De tre punkter ligger midt på område 2.

Niveauerne af chlorerede opløsningsmidler er væsentligt lavere end en faktor 100 af afdampningskriterierne ($6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for PCE og $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for chloroform), som er den fortyndingsfaktor man som tommelfingerregel kan bruge ved normale gulvkonstruktioner.

Supplerende poreluft 2017

Der er udført to supplerende poreluftmålinger i område 2. Resultaterne af de udførte poreluftmålinger fremgår af Tabel 7-2 sammen med resultat af en måling i udeluften og Miljøstyrelsens vejledende afdampningskriterium.

Der er i de to poreluftprøver påvist indhold af de analyserede stoffer. De højeste indhold er generelt fundet i felt O2-7.

Afdampningskriteriet kan ikke sammenlignes direkte med indholdet i poreluften. Som tommelfingerregel vurderes indholdet i poreluften ikke at udgøre en risiko i forhold til et eventuelt nybyggeri, hvis indholdet er under en faktor 100 af afdampningskriteriet. Det fremgår af Tabel 7-2 at der ikke er målt indhold af letflygtige oliekomponenter over en faktor 100 af de pågældende afdampningskriterier.

Tabel 7-2 Resultater af poreluftprøver udtaget i august 2017. Enhed i $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Prøve ID	Total- kulbrin- ter >C5- C19	Ben- zen	Tolu- en	Ethylben- zen	m/p - Xy- len	o- Xy- len	C9- Aroma- ter	C10- Aroma- ter
O2-7	150	3,0	17	3,4	10	3,3	6,6	2,0
O2-23	83	1,3	16	2,6	9,1	2,7	5,0	0,72
Udeluft-reference	63	<0,10	0,69	<0,10	0,48	0,11	0,49	<0,50
Miljøstyrelsens vejle- dende afdampningskri- terium /2/	100	0,13	400	100 (sum af ethylbenzen og xylener)			30 (sum af C9+C10 aromater)	

7.2.3 Geoteknik

Inden for område 2 er det udført 3 supplerende geotekniske borer. Der er tidligere udført i alt 9 geotekniske og miljøtekniske borer. I afsnittet vurderes funderingsforholdene og der angives styrke- og deformationsparameter for de gennemborede aflejringer.

Vurdering af funderingsforhold

Generelt

Funderingen skal dimensioneres og udføres i henhold til DS/EN 1997-1, Eurocode 7: Geoteknik - del 1: Generelle regler (EC 7, del 1), med tilhørende Nationalt annek - Danmark, EN 1997-1 DK NA (DK-Anneks).

Der skal anvendes partialkoefficienter og korrelationsfaktorer, som anført i DK Anneks-A.

Da der ikke foreligger noget konkret projekt for område 2, kan det ikke afgøres om de udførte geotekniske undersøgelser er tilstrækkelige til et projekt i geoteknik kategori 2. Dette kan først afgøres når der foreligger et konkret projekt.

For de udførte borer er det i tabel 7-3 angivet det vurderede niveau for over- side bæredygtige lag, OSBL, for fundamenter og afrømningsniveauet, AFR, for gulve.

Tabel 7-3: Overside bæredygtige aflejringer, OSBL, og afrømningsniveau AFR

Boring	Terrænkote	AFR		OSBL	
Nr.	Kote DVR90 (m)	Dybde (m u. t.)	Kote DVR90 (m)	Dybde (m u. t.)	Kote DVR90 (m)
GB08	+48,0	2,4	+45,6	2,4	+45,4
GB09	+47,4	16,3	+31,1	16,3	+31,1
GB10	+46,3	13,3	+33,0	13,3	+33,0
Eksisterende boringer					
B34	-	3,2	-	3,2	-
B37	-	0,4	-	0,4	-
B38	-	2,4	-	2,4	-
B39	-	>4 m	-	>4 m	-
B45	-	>5 m	-	>5 m	-
B46	-	>4 m	-	>4 m	-
G508/M1-04	+46,70	>6 m	-	>6m	-
G511/M1-03	+46,10	0,8	+45,3	0,8	+45,3
G517/M1-09	+46,10	>12 m	-	>12 m	-

Karakteristiske styrke- og deformationsparametre

Med jordbundsforhold som ved de boringer der er markeret med grønt i tabel 7-2 vil der være muligt at fundere et byggeri med kælder ved en direkte og dyb direkte fundering efter udgravning til kælder.

Med jordbundsforhold som ved boringerne B37, B38 og M1-03/G511 er det muligt at fundere et kælderløst byggeri ved en direkte fundering.

Med jordbundsforhold som ved boring GB08 og B34 vil det være muligt at fundere et kælderløst byggeri ved en dyb direkte fundering, alternativt ved en sandpudedefundering eller rammede jernbetonpæle.

Med jordbundsforhold som ved de boringer der er markeret med rødt i tabel 7-2 vil funderingen af både et kælderløst og et byggeri med kælder skulle udføres på

rammede jernbeton pæle, da der er mere end 4 m til overside bæredygtige aflejringer.

For aflejringer svarende til de under OSBL truffne (se tabel 7-3), kan der ved dimensionering af fundamenter anvendes de i tabel 7-4 angivne rumvægte og karakteristiske styrke- og deformationsparametre.

Tabel 7-4 angiver rumvægte over og under vandspejlet (γ/γ'), plan friktionsvinkel (φ_k), udrænet forskydningsstyrke (c_{uk}), effektiv friktionsvinkel og kohæsion (φ'_k og c'_k) samt konsolideringsmodul (E_{oed}). Værdierne er fastlagt på grundlag af målinger, erfaringer og skøn

For projektet er det for leraflejringerne antaget at de målte vingestyrker C_{fv} er lig den udrænedede forskydningsstyrke.

$$C_{fv} = c_{uk}$$

Tabel 7-4: Rumvægte og karakteristiske styrke- og deformationsparametre

Jordart	γ/γ' (kN/m ³)	φ_k (°)	c_{uk} (kN/m ²)	φ'_k (°)	c'_k (kN/m ²)	E_{oed} (MN/m ²)
Fyld: Sand	18/9	33	-	33	-	-
Fyld: Ler over kote +41 m	19/9	-	50	-	-	-
Fyld: Ler under kote +41 m	20/10	-	150	-	-	-
Sand, Sm/Gc	19/10	36	-	36	-	40
Ler, Sm/Gc	20/10	-	150	30	15	15

Dimensioneringen skal udføres i såvel brudgrænsetilstanden (bæreevne) som anvendelsesgrænsetilstanden (sætninger), og den skal omfatte undersøgelse af såvel korttids- som langtidstilstanden, jf. EC 7, del 1, kapitel 2 og 6 samt DK-Anneks D.

I anvendelsesgrænsetilstanden kan der forudsættes trykspredning 2:1 (lodret:vandret) gennem jordlagene.

Ved fundering på vekslende aflejringer af ler og sand skal fundamenterne dimensioneres for fundering på såvel ler som sand. Den mindste bæreevne er dimensionsgivende

Grundvandsforhold

Der er monteret pejlerør i alle tre udførte boringer indenfor område 2.

Ved borearbejdets afslutning er der fortaget pejling af grundvandspejlet i de installerede pejlerør. De registrerede grundvandspejlinger er gengivet i tabel 6-4 og på de optegnede boreprofiler i Bilag E.

Tabel 7-5: Oversigt over pejlerør og seneste pejling

Boring nr.	Dimension	Boredato	Pejledato.	Terrænko- te	Grundvandspejlinger	
	Mm			Kote DVR90 (m)	Kote DVR90 (m)	m u.t.
GB08	Ø25	18.08.2017	18.08.2017	+48,0	-	Tør
GB09	Ø63 Ø25 Ø25	16.08.2017	16.08.2017	+47,4	- - -	Tør
GB10	Ø25	28.07.2017	28.07.2017	+46,3	+34	12,3

7.2.4 Gasmålinger

På område 2 er der udført gasmålinger i borerne M1-01, M1-02, M1-03, M1-04, M1-09 og M1-13. Der er to-tre filtre i hver af disse borer. I M1-03 er der fire filtre, men kun de tre kunne måles ved denne målerunde. Målingerne blev udført d. 16. september 2017. Resultaterne af gasmålingerne fremgår af Tabel 7-6.

Tabel 7-6 Resultater af gasmonitering, område 2, september 2017

Gasboring	Filterdybde, meter under terræn	Metan, %	Kuldioxid, %	Ilt, %
M1-01	A	0,0	1,2	16,6
	B	0,0	1,7	16,3
	C	0,0	1,8	14,3
M1-02	A	0,0	2,3	17,3
	B	0,0	3,2	16,5
	C	0,0	1,8	17,1
M1-03	M1-03	0,0	0,9	18,6
	A	0,0	1,6	18,3
	B	0,0	2,4	17,7
	C*	i.m.	i.m.	i.m.
M1-04	A	0,0	1,0	17,3
	B	0,0	1,0	0,1
M1-09	A	0,0	0,6	20,1
	B	0,0	0,6	19,5
M1-13	2-3	0,2	0,6	19,5
	5-6	0,0	1,8	16,4
	8-9	0,0	1,8	16,4

* M1-03C var ikke tilgængeligt ved målerunden.

Det fremgår af Tabel 7-6 at der ikke er konstateret metan i borerne på område 2, bortset fra øverste filter i M1-13 hvor der er målt et lavt indhold på 0,2 %. Samtidigt er der målt aerobe forhold med 19,5% ilt. Det kunne tyde på en fejlmåling, idet der normalt ikke forekommer ilt og metan samtidigt i jorden. Der er målt kuldioxidindhold på op til 3,2 % (M1-02) og iltindhold på 14,3-20,1 %. Der er ved tidligere gasmålinger i M1-01, M1-02, M1-03, M1-04 og M1-09 konstateret lave metanindhold i disse borer, undtagen i M1-04, hvor der tidligere er målt metan op til 4,7 % (september 2009).

Samlet vurderes det at der er tegn på øget aerob biologisk aktivitet i fylden i forhold til naturlig baggrundsværdier, men at der ved målingerne ikke konstateret tegn på produktion af lossepladsgas i form af metan og kuldioxid.

Risikovurdering, gas

De udførte gasmålinger viser tegn på øget aerob biologisk aktivitet i fylden. Der er dog ikke tegn på at der sker egentlig metandannelse i fylden. Selv om der inden for område 2 ses meget store fyldmægtigheder (op til godt 16 m i M1-13), så er der i de udførte borer truffet fyld, som hovedsageligt består af uorganisk fyld, med et meget lille indhold af nedbrydeligt organisk materiale. Potentialet for gasproduktion i fylden vurderes derfor også som ringe, hvilket understøttes af de udførte gasmålinger.

Gasspredning fra naboområder

I Rabalderparken syd for område 4, og dermed syd for område 2, er der konstateret tydelige tegn på metanproduktion og høje koncentrationer af både metan og kuldioxid. Den nærmeste boring M1-10 er der dog kun moderat høje gaskoncentrationer, og højere koncentrationer af kuldioxid, hvilket indikerer at der foregår metanoxidation af de metan der spredes fra ldområdet syd for. I de ny-

etablerede boringer i område 1A og område 2, er der dog ikke konstateret tegn på gasspredning. Der er dog kun udført en enkelt gasmålerunde, og der bør udføres flere målinger før det med sikkerhed kan konkluderes at området ikke er påvirket af metanudsivning fra fylden under Rabalderparken.

Ved fremtidigt byggeri på området vurderes der ikke at være risiko for metan ophobning under bygningerne eller risiko for indtrængning af metan i bygningerne. Der er målt forhøjede kuldioxidkoncentrationer i jorden (op til 3,2%). Det vurderes at kuldioxidkoncentrationerne er så lave, at de ikke udgør en risiko ved fremtidigt byggeri på området. På den sydligste del af området op mod område 4 kan der forekomme påvirkning fra metanudsivning fra fylden under Rabalder Parken.

Der vurderes ikke at være risiko for gasopsivning på udearealer på området.

De meteorologiske forhold under gasmålingerne kan både have medført øgede og reducerede metanindhold i poreluften.

7.3 anbefalinger

7.3.1 Supplerende geotekniske undersøgelser

Når der foreligger et konkret projekt for område 2 skal der udføres supplerende geotekniske undersøgelser således områderne med pælefundering og direkte fundering afgrænses/fastlægges.

Såfremt der skal udføres pælefundering er det også nødvendigt udføre geotekniske boringer til minimum 2 m under forventet pælespidsniveau.

7.3.2 Miljøansøgninger og jordhåndtering

Miljøansøgninger

Da arealet er kortlagt skal der ansøges om at ændre arealanvendelse jfr. jordforureningslovens § 8 stk 1 og 2. Formålet med tilladelsen er at sikre at der ikke er risiko for kontakt med forurenede jord ved ophold på arealerne og at projektet ikke medfører spredning af lossepladsgas til bygninger. Der udarbejdes som en del af, eller i tillæg til, § 8 ansøgningen en plan for jordhåndtering, hvor det beskrives hvordan de forskellige jordtyper håndteres. Såfremt det ønskes at genanvende jord inden for projektet skal der ansøges herom jfr. miljøbeskyttelseslovens § 19. Dette kan med fordel gøres i forbindelse med § 8 ansøgningen.

Det vurderes, at resultaterne fra den gennemførte undersøgelse danner et tilstrækkeligt grundlag for at kunne udarbejde en ansøgning.

Der er udført en overfladescreening af jorden i 2008, ved denne screening er frie arealer undersøgt med én jordprøve pr. 500 m². Da arealet siden 2008 har været anvendt til parkering, byggeplads mv vurderes disse resultater ikke at være anvendelige. Screeningen fra 2008 varierer dig ikke meget fra nærværende for

så vidt angår fordeling af jordklasser og det påvist stofindhold. Dog er der påvist større koncentration af lette kulbrinter end det er set andre steder på Musicon.

Bortskaffelse af jord

I nærværende undersøgelse er der udlagt et net af overordnede felter, der hver svarer til svarer til 120 tons pr halve meter i dybden. De overordnede felter er underinddelt i fire, hvor kun de ene felt er undersøgt ved denne screeningsundersøgelse. Da kravet hos jordmodtagerne er en prøve pr. 30 tons vil der således ved jordhåndtering skulle prøvetages fra de øvrige felter. Det skal holdes for øje, at de foreliggende analyseresultater kun kan anvendes, såfremt jordarbejderne påbegyndes inden for en inden for en overskuelig fremtid. Roskilde Kommunes miljøafdeling skal forespørges om jordprøver kan anvendes eller om de evt. er forældede inden jordhåndtering påbegyndes.

Da jorden er meget inhomogen og med mange brokker, må det forventes at der skal foretages en del sortering af den jord der skal opgraves. Såfremt det er ønsket at genanvende jorden eller brokkerne (der da typisk knuses efterfølgende) på grunden, kan det overvejes at sortere jorden på ejendommen. Alternativt anbefales det at indgå aftale med jordmodtager som modtager jorden til sortering.

Kontakt med forurenede jord

I forhold til kontakt med forurenede jord vil det i den miljøtilladelse (§ 8) Kommunens miljøafdeling meddeler være et krav at den øvre halve meter inden for *ubefæstede* arealer skal udgøres af dokumenteret rene materialer. Følgende gælder således hvis der ikke udlægges varig fast belægning over arealet. Såfremt den øvre halve meter udskiftes skal der udlægges signalnet mellem den underliggende forurenede jord og de rene materialer. Enten udskiftes den øvre halve meter eller alternativt kan man vælge at hæve terrænet således at der blot kan udlægges signalnet og derover 0,5 meter dokumenterede rene materialer. Såfremt jorden ikke ønskes udskiftet kan der udtages prøver pr 50 m². Dette foregår ved at der inden for 50 m² udtages blandeprøver af 5 nedstik fra niveauerne 0-0,1 m u.t. og 0,25-0,50 m u.t.

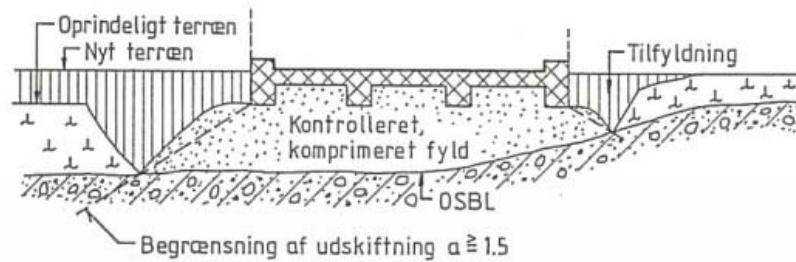
7.3.3 Fundering af bygninger

Direkte og dyb direkte fundering af kommende byggeri ved fyldtykkelser op til 4 m

I den del af et kommende byggeriet, hvor der skal udføres kælder, kan en direkte fundering udføres som traditionelle punktfundamenter eller gravede render direkte på aflejringer svarende til de under OSBL trufne.

For et kommende byggeri uden kælder vil det lokalt grundet en fyldtykkelse på op til 3 á 4 m være nødvendigt at udføre funderingen på en sandpude eller på borede fundamenter/rammede jernbetonpæle med selvbærende jernbetonbjælker mellem de enkelte punktfundamenter.

Ved opbygning af en sandpude skal det sikres, at der kan etableres tilstrækkeligt med anlæg på sandpuden som angivet på nedenstående principskitse.



Figur 7-1: Principskitse af sandpudefundering.

Det skal sikres at den indbyggede sand opfylder de normale designkrav til kvalitet og komprimering.

Forudsatte styrker i ler aflejringer eftervisse ved vingeforsøg.

Det skal sikres, at der overalt funderes i frostsikker dybde under fremtidig terræn.

Generelt skal alt løsnat, oplødt eller frossen jord bortgraves inden fundamenterne støbes.

Pælefundering af kommende byggeri ved fyldtykkelser over 4 m

Med de meget varierende fyldtykkelser og beskaffenheden af den konstaterede fyld, hvor der lokalt kan træffe større betonstykker, kan det ikke afvises at det lokalt kan blive nødvendigt med forboring før der rammes pæle, for at sikre at de enkelte pæle kan komme igennem den meget varierende fyld.

Det anbefales også at der som minimum anvendes 30x30 cm jernbetonpæle hvor der træffes de meget store fyldtykkelser. Dette for at sikre en vis robusthed i pælene så de ikke knækker.

Med de konstaterede intakte aflejringer under fylden forventes det, at de kommende pæle vil være spidsbærende.

Når der foreligger et konkret projekt vil en geostatisk beregning kunne afgøre om det er nødvendigt at asfaltere pælene i hele fyldlagets tykkelse eller kun en del af fyldlaget.

Gulve

Fremtidige gulve kan opbygges efter udgravning til aflejringer svarende til de under AFR truffene.

For den del af byggeriet, hvor der etableres kælder, kan gulve udlægges direkte efter udgravningen til kælderen såfremt udgravningsniveau er nået under AFR niveau.

Hvor der opbygges en sandpude kan gulve udlægges direkte på det indbyggede sand i en sandpude.

Såfremt funderingen udføres på borede fundamenter eller rammede jernbeton pæle, skal gulve udføres som selvbærende gulve. Hvor der udføres selvbærende gulve, skal kloakker opstropes i betondækket.

Tørholdelse af kælder.

Med de konstaterede jordbunds og grundvandsforhold kan tørholdelsen af den kommende kælder udføres ved etablering lodrette dræn langs kældervæggene kombineret med et drænlag under kældergulvet tilsluttet omfangsdrænet med stikdræn.

Omfangsdrænet føres til pumpebrønd, hvorfra tilløbende vand kan bortpumpes.

Dræning af kælder skal generelt udføres i henhold til DS 436 Norm for dræning af bygværker mv.

7.3.4 Sikring af bygninger ift. gas

Ved fremtidigt byggeri på området vurderes der ikke at være risiko for metan ophobning under bygningerne eller risiko for indtrængning af metan eller kuldioxid i bygningerne. Desuden vurderes der ikke at være risiko for spredning af gas til naboområderne. På den sydligste del af området ses muligvis gasspredning fra fylden under Rabalderparken, som kan udgøre en gasrisiko for bygninger der opføres på den sydligste del af området.

Det anbefales at udføre to supplerende målerunder i gasmoniteringsboringerne for at få endeligt afklaret gasrisikoen på området.

I forbindelse med myndighedsbehandling vil der blive stillet krav om sikring mod gasspredning fra naboområder ved etablering af ledningstracéer.

8 Område 3

8.1 Udførte undersøgelser

Der er udlagt et undersøgelsesnet over arealet, hvor de overordnede felter er ca. 12 x 12 meter (hvor hver prøve pr. halve meter i dybden svarer 120 tons jord). De overordnede felter er underinddelt i fire felter á 6 x 6 meter (hvor hver prøve pr. halve meter i dybden svarer til 30 tons). Perifere felter er tilpasset så de omtrent har arealer i størrelsesordenen som de overordnede felter.

Der er indenfor område 3 udført følgende:

- > 68 korte borer til 0,5 m u.t. og udtaget én jordprøve fra hver boring. Jordprøverne er analyseret for totalkulbrinter, tjærestoffer og tungmetaller. Der er udtaget prøver til fuld forklassifikation (dvs. 1 prøve pr 30 ton i den sydlige ende, mens der er udtaget 1 prøve pr. 120 ton i den nordlige del) Prøverne herfra er benævnt f.eks. O3-26.
- > Der er ikke udførte supplerende geotekniske borer indenfor område 3.
- > Poreluftscreening 2016; poreluftmålinger i 18 felter
- > Der er ikke udført supplerende poreluftmålinger på område 3
- > Der er ikke udført supplerende gasmoniteringsboringer. Der er heller ikke tidligere gasmoniteringsboringer på dette areal, og der er derfor ikke udført gasmålinger indenfor område 3.

8.2 Resultater

I nedenstående afsnit er resultaterne for undersøgelserne af jord, poreluft, lossepladsgas og geoteknik beskrevet.

8.2.1 Jord

Inden for den nordlige del af område 3 er undersøgelsen foretaget på screeningsniveau – dvs. 25 % af felterne er undersøgt. Da der inden for den sydlige del af område 3 planlægges gennemført kommunale anlæg inden for en overskuelig tidshorizont er der her foretaget en fuld forklassifikation. Dvs. at inden for den sydlige del repræsenterer hver prøve 30 tons jord, hvilket ofte er modtagekravet fra en jordmodtager, når der modtages jord fra en kortlagt ejendom.

Centralt på området blev der under borearbejdet konstateret et ret hårdt dække af betongrus, som var meget vanskelig at bore i og som opvarmede prøvematerialet så meget, at eventuelle kulbrinter ville være brændt af. Borearbejdet blev derfor undladt her (felterne O3-22 til O3-24).

Forureningsfordelingen i hhv. de 68 analyserede prøver fra 0-0,5 m u.t. og de 48 prøver fra niveauet 0,5-1,0 m u.t, jfr. Jordplan Sjælland, fremgår af Tabel 8-1.

Tabel 8-1 Forureningsfordeling, område 3, 0-0,5 m u.t. og 0,5-1,0 m u.t.

	Antal prøver		%
	0-0,5 m u.t	0,5-1,0 m u.t.	
Klasse 0/1	34	21	44-48
Klasse 2	18	10	23-25
Klasse 3	6	5	9-11
Klasse 4	13	11	18-23

Der er påvist mindre indhold af cadmium (op til 0,85 mg/kg påvist i O3-24) og nikkel (op til 91 mg/kg påvist i O3-34). Derimod er der påvist olier inden for kulbrinteintervallet C15-C35 svarende til klasse 4 i 24 prøver (op til 5.900 mg/kg påvist i O3-26). Langt hovedparten af prøverne er inden for den tunge kulbrintefraktion (C20-C35) og typisk i koncentrationer mellem 300 og 1.000 mg/kg.

Analyseresultater er vedlagt som bilag B.

8.2.2 Poreluft

Poreluftscreening 2016

På område 3 omfatter den udførte poreluftscreening 18 punkter fordelt på arealet. Der var planlagt flere punkter (24 stk) men pga. betonstykker i jorden flere steder, har det ikke været muligt at udtage flere prøver. Resultater af poreluftscreening er vedlagt i bilag C og afbildet på situationsplanen i bilag D.

Der er generelt påvist indhold over detektionsgrænserne af enten BTEX eller chlorerede opløsningsmidler i 9 af de 18 punkter.

Der er målt indhold af benzen over detektionsgrænsen i ét punkt (PLO3-35), på 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Indholdet er en faktor 123 over afdampningskriteriet. En mindre del af benzenindholdet i poreluften vurderes at stamme fra udeluften, da der tidligere er påvist indhold af benzen i udeluften på op til 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /1/.

Der blev målt indhold af toluen over detektionsgrænserne i fem af de 18 punkter. Det højeste indhold af toluen, på 5.590 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, er påvist i punktet PLO3-15, som er beliggende på den midterste del af område 3, ind mod område 2. Indholdet af toluen er under en faktor 100 af afdampningskriteriet.

Der er ikke påvist indhold over detektionsgrænsen af xylener. Der er heller ikke påvist indhold af uspecificerede oliestoffer i de 18 prøver.

Der er påvist indhold af det chlorerede nedbrydningsprodukt 1,1,1-TCA i 3 af de 18 punkter. Det højeste indhold af 1,1,1-TCA er målt til 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og har et afdampningskriterie på 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der er ikke påvist indhold af de øvrige chlorerede opløsningsmidler eller nedbrydningsprodukter.

Ud fra de målte indhold i 2016 blev det vurderet at der ikke skulle udføres supplerende poreluftundersøgelser i forhold til forurening med flygtige komponenter i område 3. Dette anbefales, da de påviste niveauer med flygtige stoffer i poreluften generelt er lave og da området ikke planlægges at ændre arealanvendelse til en mere følsom arealanvendelse.

Der er derfor i 2017 ikke udført supplerende poreluftprøver i forbindelse med undersøgelserne på område 3.

8.2.3 Geoteknik

Inden for område 3 er der ikke udført nogen supplerende geotekniske boringer. Der er tidligere udført i alt 5 geotekniske og miljøtekniske boringer. I afsnit vurderes funderingsforholdene og der angives styrke- og deformationsparameter for de gennemborede aflejringer.

Vurdering af funderingsforhold

Generelt

Funderingen skal dimensioneres og udføres i henhold til DS/EN 1997-1, Eurocode 7: Geoteknik - del 1: Generelle regler (EC 7, del 1), med tilhørende Nationalt annekse - Danmark, EN 1997-1 DK NA (DK-Annekse).

Der skal anvendes partialkoefficienter og korrelationsfaktorer, som anført i DK Annekse-A.

Da der ikke foreligger noget konkret projekt for område 3, kan det ikke afgøres om de udførte geotekniske undersøgelser er tilstrækkelige til et projekt i geoteknik kategori 2. Dette kan først afgøres når der foreligger et konkret projekt.

For de udførte boringer er der i tabel 8-2 angivet det vurderede niveau for overside bæredygtige lag, OSBL, for fundamenter og afrømningsniveauet, AFR, for gulve.

Tabel 8-2: Overside bæredygtige aflejringer, OSBL, og afrømningsniveau AFR

Boring	Terrænkote	AFR		OSBL	
Nr.	Kote DVR90 (m)	Dybde (m u. t.)	Kote DVR90 (m)	Dybde (m u. t.)	Kote DVR90 (m)
Eksisterende boringer					
G511/M1-03	+46,10	0,8	+45,3	0,8	+45,3
206.1245	-	2,0	-	2,0	-
B40	-	>4,0	-	>4,0	-
B41	-	>2,0	-	>2,0	-
B42	-	>2,0	-	>2,0	-

Karakteristiske styrke- og deformationsparametre

Med jordbundsforhold som ved de boringer der er markeret med grønt i tabel 8-2 vil der være mulig at fundere et kælderløst byggeri og et byggeri med kælder ved en direkte og dyb direkte fundering.

Med jordbundsforhold som ved de boringer der er markeret med rødt i tabel 8-2 vil funderingen af både et kælderløst og et byggeri med kælder skulle udføres på rammede jernbetonpæle, da der er mere end 4 m til overside bæredygtige aflejringer.

Boringerne B41 og B41 er ikke boret til intakte aflejringer, så det vides ikke i hvilken dybde der kan funderes.

For aflejringer svarende til de under OSBL truffne (se tabel 8-2), kan der ved dimensionering af fundamenter anvendes de i tabel 8-3 angivne rumvægte og karakteristiske styrke- og deformationsparametre.

Tabel 6-3 angiver rumvægte over og under vandspejlet (γ/γ'), plan friktionsvinkel (φ_k), udrænet forskydningsstyrke (c_{uk}), effektiv friktionsvinkel og kohæsion (φ'_k og c'_k) samt konsolideringsmodul (E_{oed}). Værdierne er fastlagt på grundlag af målinger, erfaringer og skøn

For projektet er det for leraflejringerne antaget at de målte vingestyrker C_{fv} er lig den udrænedede forskydningsstyrke.

$$C_{fv} = C_{uk}$$

Tabel 8-3: Rumvægte og karakteristiske styrke- og deformationsparametre

Jordart	γ/γ' (kN/m ³)	φ_k (°)	C_{uk} (kN/m ²)	φ'_k (°)	C'_k (kN/m ²)	E_{oed} (MN/m ²)
Fyld: Sand	18/9	33	-	33	-	-
Sand, Sm/Gc	19/10	36	-	36	-	40

Dimensioneringen skal udføres i såvel brudgrænsetilstanden (bæreevne) som anvendelsesgrænsetilstanden (sætninger), og den skal omfatte undersøgelse af såvel korttids- som langtidstilstanden, jf. EC 7, del 1, kapitel 2 og 6 samt DK-Anneks D.

I anvendelsesgrænsetilstanden kan der forudsættes trykspredning 2:1 (lod-ret:vandret) gennem jordlagene.

Ved fundering på vekslende aflejringer af ler og sand skal fundamentene dimensioneres for fundering på såvel ler som sand. Den mindste bæreevne er dimensionsgivende.

8.2.4 Gasmålinger

Der er ikke boringer på område 3, hvor der kan måles gas. Ud fra målinger på naboarealer, vurderes det, at der på den sydlige del af område 3 forekommer gasproduktion i fylden, mens det forventes at der ikke sker gasproduktion på den nordlige del.

8.3 anbefalinger

8.3.1 Supplerende geotekniske undersøgelser

Når der foreligger et konkret projekt for område 3 skal der udføres supplerende geotekniske undersøgelser således områderne med pælefundering og direkte fundering afgrænses/fastlægges.

Såfremt der skal udføres pælefundering er det også nødvendigt udføre geotekniske boringer til minimum 2 m under forventet pælespidsniveau.

8.3.2 Miljøansøgninger og jordhåndtering

Miljøansøgninger

Da arealet er kortlagt skal der ansøges om at ændre arealanvendelse jfr. jordforureningslovens § 8 stk. 1 og 2. Formålet med tilladelsen er at sikre at der ikke er risiko for kontakt med forurenede jord ved ophold på arealerne og at projektet ikke medfører spredning af lossepladsgas til bygninger. Der udarbejdes som en del af, eller i tillæg til, § 8 ansøgningen en plan for jordhåndtering, hvor det beskrives hvordan de forskellige jordtyper håndteres. Såfremt det ønskes at genanvende jord inden for projektet skal der ansøges herom jfr. miljøbeskyttelseslovens § 19. Dette kan med fordel gøres i forbindelse med § 8 ansøgningen.

Det vurderes, at resultaterne fra den gennemførte undersøgelse danner et tilstrækkeligt grundlag for at kunne udarbejde en ansøgning.

Der er udført en overfladescreening af jorden i 2008, ved denne screening er frie arealer undersøgt med én jordprøve pr. 500 m². Da arealet siden 2008 har været anvendt til parkering, byggeplads mv vurderes disse resultater ikke at være anvendelige. Screeningen fra 2008 varierer dig ikke meget fra nærværende for så vidt angår fordeling af jordklasser og det påvist stofindhold. Dog er der påvist større koncentration af lette kulbrinter end det er set andre steder på Musicon.

Bortskaffelse af jord

I nærværende undersøgelse er der udlagt et net af overordnede felter, der hver svarer til svarer til 120 tons pr halve meter i dybden. De overordnede felter er underinddelt i fire, hvor kun de ene felt er undersøgt inden for den nordlige del af område 3. Da kravet hos jordmodtagerne er en prøve pr. 30 tons vil der således ved jordhåndtering skulle prøvetages fra de øvrige felter.

Inden for den sydlige del er der foretaget fuld forklassifikation og denne vil kunne anvendes til en jordanmeldelse såfremt jorden skal bortskaffes inden for en overskuelig fremtid. Det samme gør sig gældende når/ hvis de øvrige arealer ønskes fuld forklassificeret – her skal det sikres, at jordprøverne fra denne screening ikke er forældede. Roskilde Kommunes miljøafdeling skal forespørges om jordprøverne kan anvendes eller om de er forældede inden jordhåndtering påbegyndes.

Jorden på Musicon er meget inhomogen og med mange brokker, må det forventes at der skal foretages en del sortering af den jord der skal opgraves. Særligt inden for område 3 må forventes mangan brokker da området udgøres af et plateau der synes opbygget af jord iblandet overskudsmateriale fra betonproduktionen. Såfremt det er ønsket at genanvende jorden eller brokkerne (der da typisk knuses efterfølgende) på grunden, kan det overvejes at sortere jorden på ejendommen. Alternativt anbefales det, at indgå aftale med jordmodtager som modtager jorden til sortering.

Kontakt med forurenede jord

I forhold til kontakt med forurenede jord vil det i den miljøtilladelse (§ 8) Kommunens miljøafdeling meddele være et krav at den øvre halve meter inden for *ubefæstede* arealer skal udgøres af dokumenteret rene materialer. Følgende gælder således hvis der ikke udlægges varig fast belægning over arealet. Såfremt den øvre halve meter udskiftes skal der udlægges signalnet mellem den underliggende forurenede jord og de rene materialer. Enten udskiftes den øvre

halve meter. Alternativt kan det være at terrænet hæves således at der blot kan udlægges signalnet og derover 0,5 meter dokumenterede rene materialer, da område 3 allerede er et hævet plateau vurderes denne mulighed usandsynlig. Såfremt jorden ikke ønskes udskiftet kan der udtages prøver pr 50 m². Dette foregår ved at der inden for 50 m² udtages blandeprøver af 5 nedstik fra niveauerne 0-0,1 m u.t. og 0,25-0,50 m u.t. da jorden inden for område 3 ved nærværende screeningsundersøgelse blev fundet særlig hård vurderes denne løsning imidlertid at være svær at gennemføre her.

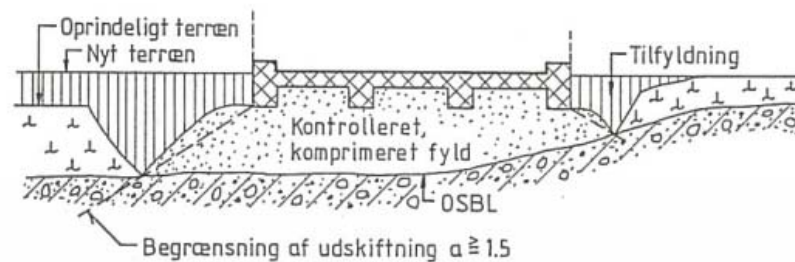
8.3.3 Fundering af bygninger

Direkte og dyb direkte fundering af kommende byggeri ved fyldtykkelser op til 4 m

I den del af et kommende byggeriet, hvor der skal udføres kælder, kan en direkte fundering udføres som traditionelle punktfundamenter eller gravede render direkte på aflejringer svarende til de under OSBL trufne.

For et kommende byggeri uden kælder vil det lokalt grundet en fyldtykkelse på op til 3 á 4 m være nødvendigt at udføre funderingen på en sandpude eller på borede fundamenter/rammede jernbetonpæle med selv bærende jernbetonbjælker mellem de enkelte punktfundamenter.

Ved opbygning af en sandpude skal det sikres, at der kan etableres tilstrækkeligt med anlæg på sandpuden som angivet på nedenstående principskitse.



Figur 8-1: Principskitse af sandpudedefundering.

Det skal sikres at den indbyggede sand opfylder de normale designkrav til kvalitet og komprimering.

Forudsatte styrker i ler aflejringer eftervises ved vingeforsøg.

Det skal sikres, at der overalt funderes i frostsikker dybde under fremtidigt terræn.

Generelt skal alt løsnet, opblødt eller frossen jord bortgraves inden fundamenterne støbes.

Pælefundering af kommende byggeri ved fyldtykkelser over 4 m

Med de meget varierende fyldtykkelser og beskaffenheden af den konstaterede fyld, hvor der lokalt kan træffe større betonstykker, kan det ikke afvises at det lokalt kan blive nødvendigt med forboring før der rammes pæle. Dette for at sikre at de enkelte pæle kan komme igennem den meget varierende fyld.

Det anbefales også et der som minimum anvende 30x30 cm jernbetonpæle hvor der træffes de meget store fyldtykkelser. Dette for at sikre en vis robusthed i pælene så de ikke knækker.

Med de konstaterede intakte aflejringer under fylden forventes det, at de kommende pæle vil være spidsbærende

Når der foreligger et konkret projekt vil en geostatisk beregning kunne afgøre om det er nødvendigt at asfaltere pælene i hele fyldlagets tykkelse eller kun en del af fyldlaget.

Gulve

Fremtidige gulve kan opbygges efter udgravning til aflejringer svarende til de under AFR trufne.

For den del af byggeriet, hvor der etableres kælder, kan gulve udlægges direkte efter udgravningen til kælderen såfremt udgravningsniveau er nået under AFR niveau.

Hvor der opbygges en sandpude kan gulve udlægges direkte på det indbyggede sand i en sandpude.

Såfremt funderingen udføres på borede fundamenter eller rammede jernbeton pæle, skal gulve udføres som selvbærende gulve. Hvor der udføres selvbærende gulve, skal kloakker opstropes i betondækket.

Tørholdelse af kælder.

Med de konstaterede jordbunds og grundvandsforhold kan tørholdelsen af den kommende kælder udføres ved etablering lodrette dræn langs kældervæggene kombineret med et drænlag under kældergulvet tilsluttet omfangsdrænet med stikdræn.

Omfangsdrænet føres til pumpebrønd, hvorfra tilløbende vand kan bortpumpes.

Dræning af kælder skal generelt udføres i henhold til DS 436 Norm for dræning af bygværker mv

8.3.4 Sikring af bygninger ift. gas

Da der ikke er udført gasundersøgelser på selve området, er kendskabet til gasproduktion og gasudbredelsen meget begrænset. Det forventes at der specielt på den sydlige del kan påtræffes gasproducerende lag, som kan give anledning til høje koncentrationer af gas. På dele af det sydlige område er der etableret

drænlag til opsamling af gassen, da terrænvolden der ligger øst for område 3, oprindeligt skulle have ligget over den sydlige del af område 3.

Såfremt der skal etableres bygninger på den sydlige del af området, skal disse sikres mod gasindtrængning, ligesom der skal tages højde for eventuel gas-spredning til naboarealer hvis jordoverfladen lukkes, eller hvis der etableres ledninger hen over den sydlige del af område 3.

På den nordlige del af området vurderes risikoen for gas at være ringe, men der bør udføres målinger i denne del for at kunne foretage en endelig vurdering af gasrisici i området.

Det anbefales at udføre to supplerende målerunder i gasmoniteringsboringerne for at få afklaret gasrisikoen på området.

I forbindelse med myndighedsbehandling vil der blive stillet krav om sikring mod gasspredning fra naboområder ved etablering af ledningstracéer.

9 Område 4

9.1 Udførte undersøgelser

Der er udlagt et undersøgelsesnet over arealet, hvor de overordnede felter er ca. 12 x 12 meter (hvor hver prøve pr. halve meter i dybden svarer 120 tons jord). De overordnede felter er underinddelt i fire felter á 6 x 6 meter (hvor hver prøve pr. halve meter i dybden svarer til 30 tons). Perifere felter er tilpasset så de omtrent har arealer i størrelsesorden som de overordnede felter.

Der er indenfor område 4 udført følgende:

- > 127 korte borer til 1,0 m u.t. og udtaget to jordprøver fra hver boring. Jordprøverne er analyseret for totalkulbrinter, tjærestoffer og tungmetaller. Prøverne herfra er benævnt f.eks. O3-26.
- > 5 minifaldlodsmålinger
- > Gasmålinger i to borer (M1-08 og M1-10)

9.2 Resultater

I nedenstående afsnit er resultaterne for undersøgelserne af jord, poreluft, lossepladsgas og geoteknik beskrevet.

9.2.1 Jord

Da der inden for område 4 planlægges gennemført kommunale anlæg inden for en overskuelig tidshorisont er der inden for dette område foretaget en fuld forklaskifikation i to niveauer 0-0,5 og 0,5-1,0 m u.t. I enkelte felter har det ikke været muligt at forklaskificere – det drejer sig om delfelter inden for felterne: O4-1, O4-2, O4-9, O4-17, O4-28, O4-33, O4-34 og O4-35. I alt er udtaget og analyseret 125 jordprøver fra 0-0,5 m u.t. og 127 jordprøver fra niveauet 0,5-1,0 m u.t.

Forureningsfordelingen i de analyserede prøver, jfr. Jordplan Sjælland, fremgår af Tabel 9-1.

Tabel 9-1 Forureningsfordeling, område 4, 0-0,5 m u.t. samt 0,5-1,0 m u.t.

	Antal prøver 0-0,5 m u.t.	Antal prøver 0,5-1,0 m u.t.	%
Klasse 0/1	86	85	65-67
Klasse 2	19	16	12-15
Klasse 3	8	9	6-7
Klasse 4	16	19	13-14

Der er påvist marginale indhold af bly (op til 120 mg/kg TS i O4-08), cadmium (op til 0,80 mg/kg TS i O4-27) og Nikkel (op til 66 mg/kg TS i O4-04). Ligeledes er der påvist mindre indhold af tjærestoffer (højeste koncentrationer i O4-33 total PAH 24 mg/kg og benz(a)pyren 3,5 mg/kg TS). Derimod er der påvist væsentligt indhold af olie inden for kulbrinteintervallet C10-C35 svarende til klasse 4 i 35 prøver (op til 7.200 mg/kg TS i O4-10). I langt hovedparten af prøverne er de påviste koncentrationer imidlertid mellem 300 og 1.500 mg/kg TS.

Analyseresultater er vedlagt som bilag B.

9.2.2 Poreluft

Der er ikke udført supplerende poreluftprøver i forbindelse med undersøgelserne på område 4, da der skal etableres vej på arealet. Der er heller ikke tidligere udført poreluftscreening eller målinger på dette areal. Det vurderes generelt ikke at være relevant at udføre undersøgelser i forhold til letflygtige stoffer på dette areal.

9.2.3 Geoteknik

Inden for område 4 er der ikke udført nogen supplerende geotekniske borer. Der er i stedet for udført 5 minifaldlodsmålinger for vurdering af underbundes bundmodul E_0 . Der er tidliger udført i alt 5 geotekniske og miljøteknisk borer samt 5 gravninger. I afsnit vurderes funderingsforholdene og der angives styrke- og deformationsparameter for de gennemborede aflejringer.

Vurdering af funderingsforhold

Generelt

Funderingen skal dimensioneres og udføres i henhold til DS/EN 1997-1, Eurocode 7: Geoteknik - del 1: Generelle regler (EC 7, del 1), med tilhørende Nationalt anneks - Danmark, EN 1997-1 DK NA (DK-Anneks).

Der skal anvendes partialkoefficienter og korrelationsfaktorer, som anført i DK Anneks-A.

På område 4 forventes etableret adgangsvej til området.

For de udførte boringer er der i tabel 9-2 angivet det vurderede niveau for overside bæredygtige lag, OSBL, for fundamenter og afrømningsniveauet, AFR, for gulve og opbygning afveje.

Tabel 9-2: Overside bæredygtige aflejringer, OSBL, og afrømningsniveau AFR

Boring	Terrænkote	AFR		OSBL	
Nr.	Kote DVR90 (m)	Dybde (m u. t.)	Kote DVR90 (m)	Dybde (m u. t.)	Kote DVR90 (m)
Eksisterende boringer					
G505/M1-08	+47,90	14,0	+33,9	14,0	+33,9
G512/M2-04	+47,20	3,4	+43,8	3,4	+43,8
G520/M2-03	+47,10	3,2	+43,9	3,2	+43,9
C1	+46,9	5,2	+41,7	5,2	+41,7
C9	+46,0	>12 m	-	>12 m	-
C10/M1-10	+46,0	>12 m	-	>12 m	-
Gravninger					
1	-	>1,2	-	>1,2	-
2	-	>1,4	-	>1,4	-
3	-	>2,7	-	>2,7	-
4	-	>1,3	-	>1,3	-
5	-	>1,2	-	>1,2	-

De konstaterede aflejringer vurderes at spænde fra frostsikre til frost tvivlsomme.

Karakteristiske styrke- og deformationsparametre

Med de konstaterede jordbundsforhold ved de nævnte boringer i tabel 9-2 vil det være mest økonomisk at anlægge den kommende vej i det konstaterede fyld, da der alternativ skal bortgraves op til 12 m fyld.

For fyldaflejringer i de udførte boringer og gravninger kan der ved dimensionering af kommende vej anvendes de i tabel 9-3 angivne rumvægte og karakteristiske styrke- og deformationsparametre.

Tabel 9-3 angiver rumvægte over og under vandspejlet (γ/γ'), plan friktionsvinkel (φ_k), udrænet forskydningsstyrke (c_{uk}), effektiv friktionsvinkel og kohæsion

(φ'_k og c'_k) samt konsolideringsmodul (E_{oed}). Værdierne er fastlagt på grundlag af målinger, erfaringer og skøn.

For projektet er det for leraflejringerne antaget at de målte vingestyrker C_{fv} er lig den udrænedede forskydningsstyrke.

$$C_{fv} = C_{uk}$$

Tabel 9-3: Rumvægte og karakteristiske styrke- og deformationsparametre

Jordart	γ/γ' (kN/m ³)	φ_k (°)	C_{uk} (kN/m ²)	φ'_k (°)	c'_k (kN/m ²)	E_{oed} (MN/m ²)
Fyld: Sand	18/9	33	-	33	-	-
Fyld: Ler	19/9	-	-	-	-	-
Sand, Sm/Gc	19/10	36	-	36	-	40

Dimensioneringen skal udføres i såvel brudgrænsetilstanden (bæreevne) som anvendelsesgrænsetilstanden (sætninger), og den skal omfatte undersøgelse af såvel korttids- som langtidstilstanden, jf. EC 7, del 1, kapitel 2 og 6 samt DK-Anneks D.

I anvendelsesgrænsetilstanden kan der forudsættes trykspredning 2:1 (lod-ret:vandret) gennem jordlagene.

Minifaldlodsmålinger

I område 4 er der udført i alt 5 minifaldlodsmålinger. Minifaldlodsmålingerne er udført 0,5 m under eksisterende terræn niveau. Efter udførelsen minifaldlodsmålingerne er der gravet 0,5 m dybere for at undersøge hvilke aflejringer der træffes fra 0,5-1,0 m under terræn. De opnåede resultater er gengivet i tabel 9-4.

Tabel 9-4: Minifaldlodsmålinger og prøvegravninger fra område 4

Minifald- lodsmåling	Pladetryk	Bund- modul E_{0-100}	Beskrivelse af prøvegravning fra 0,5 m til 1,0 m under terræn	
			0-0,3 m	0,3-0,5 m
04-5	100	229	0-0,3 m	Stabilt grus
			0,3-0,5 m	Muld, leret, sort
04-13	100	294	0-0,5 m	Grus, sandet stenet, knust beton
			0,5 -	Ler, muldet, sandet, gruset

Minifald- lodsmåling	Pladetryk	Bund- modul E ₀₋₁₀₀	Beskrivelse af prøvegravning fra 0,5 m til 1,0 m under terræn	
04-20	100	34	0-0,5	Ler, sandet, sv gruset, muldet, muldpletter, teglstykker
04-31	100	28	0-0,5	Muld, lerklumper, sandet, gru- set, teglstykker, knust beton
04-25	Prøvehullet ved lokalitet 5 blev vandfyldt i forbindelse med udgrav- ningen. Så udførelsen af minifaldlodsmålingen ved denne lokalitet var ikke mulig. Ved udgravning fra terræn blev der truffet muld, sandet, gruset, lerklumper, teglstykker, knust beton.			

9.2.4 Gasmålinger

På område 4 er der udført gasmålinger i borerne M1-08 og M1-10. Der er to-tre filtre i hver af disse borer. Målingerne blev udført d. 16. september 2017. Resultaterne af gasmålingerne fremgår af Tabel 9-5.

Tabel 9-5 Resultater af gasmonitering, område 4, september 2017

Gasboring	Filterdybde, me- ter under terræn	Metan, %	Kuldioxid, %	Ilt, %
M1-08	M1-08	9,8	13,1	9,0
	A	28,5	21,5	2,6
	B*	i.m.	i.m.	i.m.
	C	69,4	22,5	0,1
	D*	i.m.	i.m.	i.m.
M1-10	A	0,0	0,0	20,9
	B	6,0	12,8	2,0
	C	6,8	14,0	0,3

* M1-08B og D var ikke tilgængelige ved målerunden. i.m.: ikke målt

Det fremgår af Tabel 9-5, at der er konstateret relativt høje metanindhold i M1-08, hvor der er målt metan på op til 69,4 %. I denne boring er der også ved tidligere målinger konstateret høje metanindhold, på op til 69,7 % (august 2015). Samtidig er der i boringen målt lave iltindhold og relativt høje kuldioxidindhold.

De meget høje koncentrationer af metan kan forekomme i forbindelse med meget reducerede forhold, hvor også kuldioxiden indgår som elektrondonor og reduceres til metan. Dette er en langsommere proces end normal gasproduktion. De høje koncentrationer af metan kan også indikere en meget langsomt luftudveksling med de omkringliggende fyldlag. Dette giver en høj opholdstid for gasen i jorden, som betyder, at udvaskningen af kuldioxid til porevandet – der er en meget langsom proces - får en større betydning. Når kuldioxid udvaskes så

falder koncentrationen af kuldioxid i poreluften, hvilket indirekte betyder at koncentrationen af de andre stoffer i poreluften (hovedsageligt metan) stiger. Uanset om der er tale om meget reducerede forhold eller udvaskning af kuldioxid, så indikerer de høje koncentrationer af metan, at der er tale om en langsom gasproduktion.

I filter A i boring M1-08 ses metankoncentrationer på 28,5% samtidig med kuldioxid koncentrationer på 21,5% og iltkoncentrationer på 2,0%. Dette indikerer at der i de mere terrænnære fyldlag foregår metan oxidation, hvor mikroorganismer ved tilstedeværelsen af ilt får energi ved at omdanne metanen til kuldioxid og vand. I boring M1-10 er der målt metanindhold på op til 6,8 % hvilket er på niveau med de tidligere målinger. Ud fra kuldioxid og iltkoncentrationerne vurderes det at også i M1-10 ses tegn på metan oxidation.

I forhold til den overordnede vurdering af gasproduktionen ved Rabalderparken, så ligger område 4 indenfor eller på kanten af det gasproducerende område. Gasmålingerne lige syd for område 4 (M2-05, M2-06 og M2-07) viser gaskoncentrationer der er sammenlignelige med gaskoncentrationerne i M1-08 og M1-10, mens målingerne i målepunkterne lige nord for område 4 f.eks. M1-09, M2-13 og M2-03 ikke har indhold af metan eller kun spor af metan. De seneste målinger bekræfter således vurderingen af udbredelsen af det gasproducerende område, og at grænsen går gennem område 4 undtagen på den østligste del, hvor grænsen ligger længere nord på.

Risikovurdering, gas

De udførte gasmålinger viser, at der produceres gas i de dybereliggende fyldlag, og at der i de øvre fyldlag, foregår metanoxidation, som bevirker at gasopsivningen på området reduceres eller helt elimineres. Metanoxidationen kan også skyldes gasspredning fra fylden under Rabalder Parken, hvor der flere steder er konstateret tydelig gasproduktion, med meget høje gaskoncentrationer til følge. For at metanoxidationen skal foregå, er det vigtigt at atmosfærisk luft kan trænge ned i jorden. Hvis jordoverfladen på et større område lukkes, f.eks. som følge af byggeri, kan det dels hindre ilttilførslen til jorden, hvilket stopper metanoxidationen, dels bevirke at den opsivende gas opkoncentreres under bygningen eller siver ud til naboarealerne.

Gassen udgør ingen risiko i dag, men hvis jordoverfladen lukkes på større områder, så er der risiko for ophobning af gas under overfladen, samt risiko for gasspredning specielt mod nord. Der vurderes ikke at være risiko for gasopsivning på udearealer på området.

De meteorologiske forhold under gasmålingerne kan både have medført øgede og reducerede metanindhold i poreluften.

9.3 anbefalinger

9.3.1 Supplerende geotekniske undersøgelser

Det vurderes ikke at være nødvendigt med supplerende geotekniske undersøgelser for den kommende adgangsvej.

9.3.2 Miljøansøgninger og jordhåndtering

Miljøansøgninger

Da arealet er kortlagt skal der ansøges om at ændre arealanvendelse jfr. jordforureningslovens § 8 stk 1 og 2. Formålet med tilladelsen er at sikre at der ikke er risiko for kontakt med forurenede jord ved ophold på arealerne og at projektet ikke medfører spredning af lossepladsgas til bygninger. Der udarbejdes som en del af, eller i tillæg til, § 8 ansøgningen en plan for jordhåndtering, hvor det beskrives hvordan de forskellige jordtyper håndteres. Såfremt det ønskes at genanvende jord inden for projektet skal der ansøges herom jfr. miljøbeskyttelseslovens § 19. Dette kan med fordel gøres i forbindelse med § 8 ansøgningen.

Den gennemførte undersøgelse vurderes at være tilstrækkelig til at danne grundlaget for en ansøgning.

Der er udført en overfladescreening af jorden i 2008, ved denne screening er frie arealer undersøgt med én jordprøve pr. 500 m². Da arealet siden 2008 har været anvendt til parkering, byggeplads mv vurderes disse resultater ikke at være anvendelige. Screeningen fra 2008 varierer dig ikke meget fra nærværende for så vidt angår fordeling af jordklasser og det påvist stofindhold. Dog er der påvist større koncentration af lette kulbrinter end det er set andre steder på Musicon.

Bortskaffelse af jord

I nærværende undersøgelse er der udlagt et net af overordnede felter, der hver svarer til svarer til 120 tons pr halve meter i dybden. De overordnede felter er underinddelt i fire og inden for område 4 er alle fire felter prøvetaget, i niveauerne 0-0,5 og 0,5-1,0 m u.t. Da kravet hos jordmodtagerne er en prøve pr. 30 tons er der således foretaget fuld forklassifikation og denne vil kunne anvendes til en jordanmeldelse såfremt jorden skal bortskaffes inden for en overskuelig fremtid. Roskilde Kommunes miljøafdeling skal forespørges om jordprøver kan anvendes eller om de er forældede inden jordhåndtering påbegyndes.

Jorden på Musicon er meget inhomogen og med mange brokker, må det forventes at der skal foretages en del sortering af den jord der skal opgraves. Såfremt det er ønsket at genanvende jorden eller brokkerne (der da typisk knuses efterfølgende) på grunden, kan det overvejes at sortere jorden på ejendommen. Alternativt anbefales det, at indgå aftale med jordmodtager som modtager jorden til sortering.

Kontakt med forurenede jord

I forhold til kontakt med forurenede jord vil det i den miljøtilladelse (§ 8) Kommunens miljøafdeling meddeler være et krav at den øvre halve meter inden for *ubefæstede* arealer skal udgøres af dokumenteret rene materialer. Følgende gælder således hvis der ikke udlægges varig fast belægning over arealet. Såfremt den øvre halve meter udskiftes skal der udlægges signalnet mellem den

underliggende forurenede jord og de rene materialer. Enten udskiftes den øvre halve meter. Såfremt jorden ikke ønskes udskiftet kan der udtages prøver pr 50 m². Dette foregår ved at der inden for 50 m² udtages blandeprøver af 5 nedstik fra niveauerne 0-0,1 m u.t. og 0,25-0,50 m u.t.

9.3.3 Fundering af vej

Grundet de konstaterede fyldtykkelser anbefales det at opbygge den kommende adgangsvej direkte i den konstaterede fyld.

Hvor der træffes muldaflejninger i udgravningsniveauet anbefales det, at dette lag udskiftes til minimum 1 m under udgravningsniveauet for den kommende vejkasse med et bedre og mere velegnet materiel, så som sand, grus, knust beton eller lignende.

Ved dimensionering af adgangsvejen skal det sikres at vejen får en sådan stivhed at der ikke sker sporkøring eller større differenssætning, det kan ikke afvises, at der vil opstå generelle sætningen af vejen.

Baseret på de udførte faldlodsmålinger anbefales det, at der anvendes følgende gennemsnitlige bundmodul for dimensionering af den kommende vej.

$$E_0 = 20 \text{ mPa}$$

Vejkassens styrke kan øges ved en tykkere opbygning af vejkassen, forbedre underbunden ved cementstabilisering af grusaflejninger eller kalkstabilisering af leraflejninger, eller indbygge geonet i vejkassens gruslag. En forbedring af underbunden kunne også opnås ved udførelse af en dybde komprimering af de konstaterede fyldmaterialer.

Ved etablering af adgangsvejen er det vigtigt at styrken af underbunde verificeres således det sikres at adgangsvejen er dimensioneret ud fra de korrekte forudsætninger.

9.3.4 Sikring af bygninger ift. gas

Såfremt der skal opføres bygninger, bygværker eller lignende inden for område 4 så skal disse sikres mod gasopsivning.

Der skal ligeledes sikres mod gasspredning til naboarealer, hvis større dele af overfladen lukkes eller hvis der etableres ledningsføringer ind og ud af område 4.

Det anbefales at udføre to supplerende målerunder i gasmoniteringsboringerne for at få afklaret gasrisikoen på området.

I forbindelse med myndighedsbehandling vil der blive stillet krav om sikring mod gasspredning fra naboer områder ved etablering af ledningstracéer.

10 Referencer

- /1/ Roskilde Kommune, Plan og Udvikling. Musicon, Hal 1 området. Byggefelt 5 og 6. Poreluftscreening samt undersøgelsesoplæg. COWI, januar 2017
- /2/ Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord og kvalitetskriterier for drikkevand. Miljøstyrelsen, juni 2015.
- /3/ Oplysninger fra DMI's vejrarkiv 2017,
<http://www.dmi.dk/vejr/arkiver/vejrarkiv/>
- /4/ Roskilde Kommune, Veje og Grønne områder. Musicongrunden. Gasmonitoring, VI. COWI, 11. december 2014.
- /5/ Roskilde Kommune. Miljøgeoteknisk screeningsundersøgelse på Bifaldet, Musicon. NIRAS. 6. april 2016.

Bilag A Situationsplan områdeinddeling

Bilag B Jord, analyseresultater og graveplaner

Bilag C Poreluft, analyseresultater 2016 og 2017

Bilag D Poreluft, situationsplan med resultater

Bilag E Geoteknik, situationsplan og boreprofiler

Side 1 Situationsplan

Område 1

Side 2	GB01
Side 3	GB02
Side 4	GB03
Side 5+6	GB05
Side 7	GB06
Side 8	B24
Side 9	B25
Side 10	B30
Side 11	B33
Side 12	B35
Side 13	B128
Side 14	B129
Side 15+16	C2
Side 17	G520/M2-03

Område 1A

Side 18+19	GB04
Side 20+21	GB07
Side 22	206.1244
Side 23	B34
Side 24+25	G513/M2-02

Område 2

Side 26	GB08
Side 27+28	GB09
Side 29+30	GB10
Side 31	B34
Side 32	B37
Side 33	B38
Side 34	B39
Side 35	B45
Side 36	B46
Side 37	G508/M1-04
Side 38	G511/M1-03
Side 39+40	G517/M1-09

Område 3

Side 41	B40
Side 42	B41
Side 43	B42
Side 44	206.1245

Område 4

Side 45	1
Side 46	2
Side 47	3
Side 48	4
Side 49	5
Side 50+51	G505/M1-08
Side 52	G512/M2-04
Side 53+54	C1
Side 55+56	C9
Side 57+58	C10/M1-10

Bilag F Gasmålinger, dataark og situationsplaner

Bilag G Situationsplan, fyldtykkelser