



MINISTEREN

Dato 25. marts 2009
Dok.id
J. nr. 004-U18-920

Frederiksholms Kanal 27 F
1220 København K

Telefon 33 92 33 55

Folketingets Trafikudvalg
Christiansborg
1240 København K

Trafikudvalget har i brev af 12. marts 2009 stillet mig følgende spørgsmål 566 (TRU alm. del), som jeg hermed skal besvare.

Spørgsmål nr. 566:

"Vil ministeren oplyse, i hvilket omfang Marmorkirken står på sand- og/eller kalkbund samt oplyse, hvor tykke de forskellige sand- og/eller kalklag under kirken er?"

Svar:

Jeg har forelagt spørgsmålet for Metroselskabet, som har svaret følgende:

Frederiks Kirkes fundament

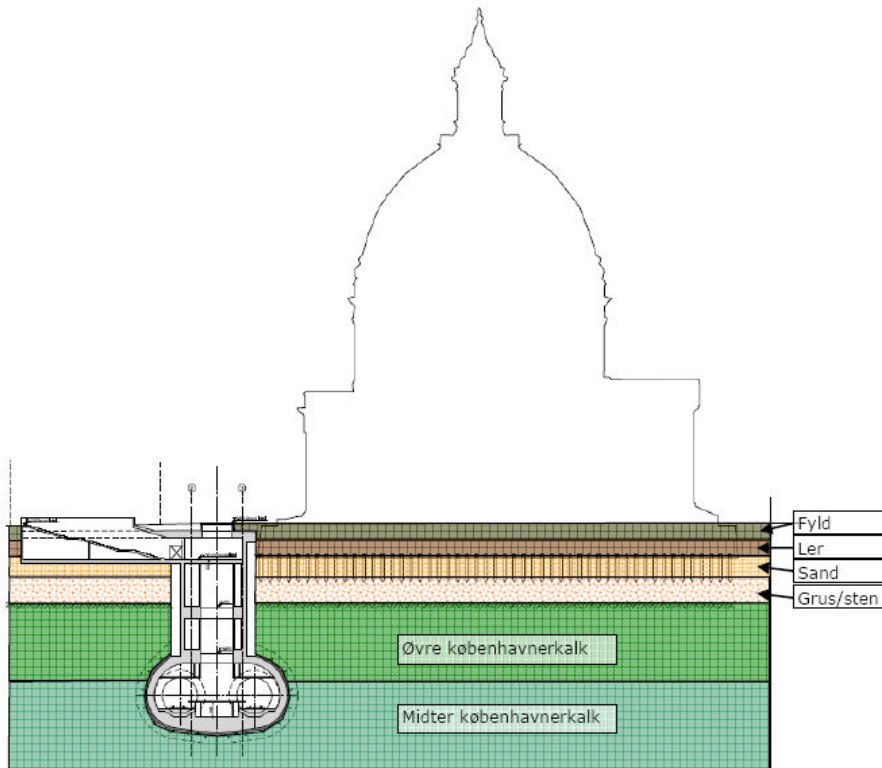
Frederiks kirke er bygget på et fundament, der oprindeligt var tiltænkt en større kirke end den nuværende. Fundamentet er opbygget af teglsten, som er placeret ovenpå et slyngværk af træ. Slyngværket, som ligger ca. 3,3 meter under overfladen, er lagt ovenpå træpæle.

Træpælene er placeret omkring år 1750, og det vides ikke præcist til hvilke niveau, de er banket ned. På baggrund af viden om det udstyr, man havde på daværende tidspunkt til nedbankning af pæle, og på baggrund af geologiske målinger, viser beregninger, at pælene må forventes at være mellem 3 og 5 meter lange. Dette er illustreret på figur 1 og 2 på næste side, hvor pælene er tegnet 3 meter lange, og hvor også de forskellige jordlag er vist.

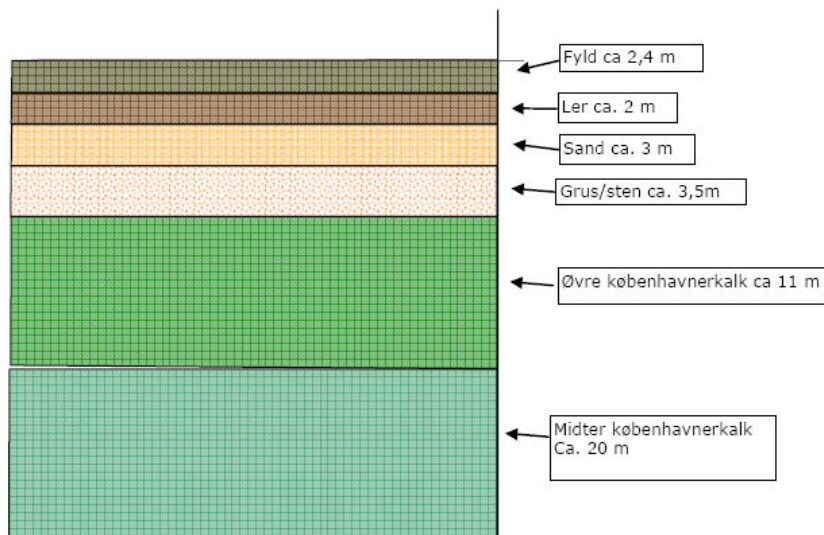
På baggrund af ovenstående kan det udledes, at kirkens pælefundering står i et gruslag umiddelbart ovenpå københavnerkalken. Der vurderes således at være mellem 2 og 4 meter mellem pælespids og kalkens overflade.

Forundersøgelser

Beskrivelsen ovenfor af Frederiks Kirkes fundament indgår i de forundersøgelser, Metroselskabet har foretaget som led i den tekniske vurdering af placering og udformning af stationen ved Frederiks Kirke.



Figur 1; Illustration af Metrostationen ved Marmorkirken med angivelse af jordlag

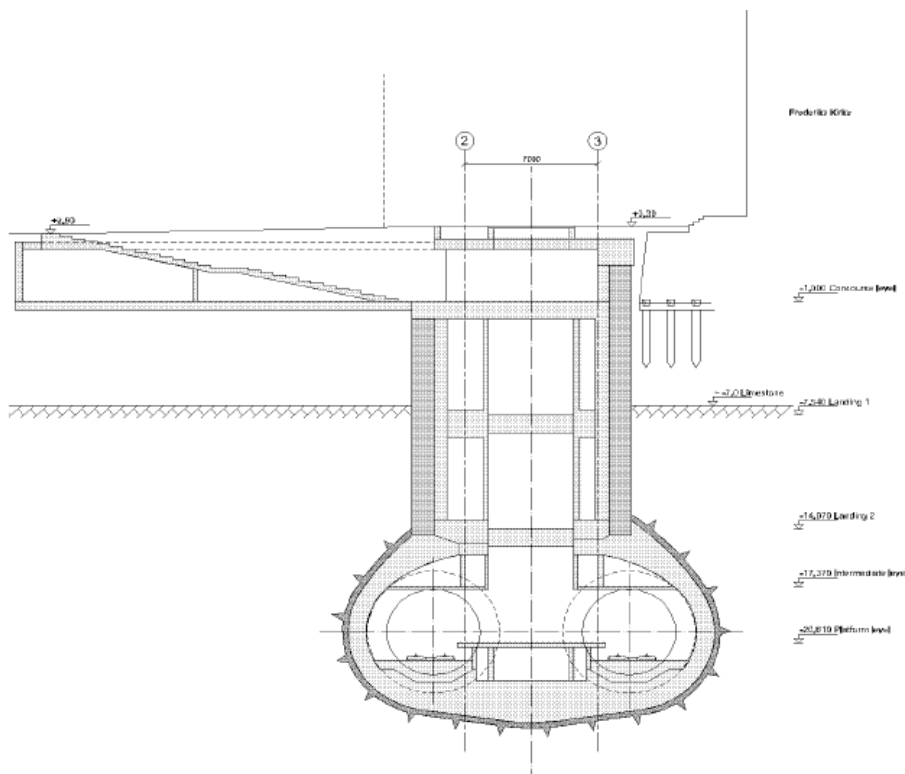


Figur 2; Opdeling af jordlag ved Frederiks kirke med angivelse af en middel jordlagstykkelser.

Forundersøgelserne omfatter en detaljeret registrering af kirken for at sikre en nøjagtig viden om den eksakte geometri og position af kirken og dens fundamenter. Dette arbejde inkluderer en nøje gennemgang af kirkens tilstand, registrering af byggematerialer, gennemgang af historiske arkiver, samt opmåling af kirken.

I forbindelse med opmålingen af kirken har Metroselskabet udført prøvegravninger omkring kirken for at verificere udstrækningen af kirkens fundament. Kirken er funderet på et slyngværk af træ, som står på træpæle. Der er ligeledes taget prøver af slyngværket for at verificere tilstanden af dette.

Data fra opmålingen bruges til at verificere, at stationsbyggeriet ikke kommer i berøring med kirkens fundament. Nedenstående figur illustrerer et tværsnit i stationsbyggeriet og udstrækningen af kirkens fundament.



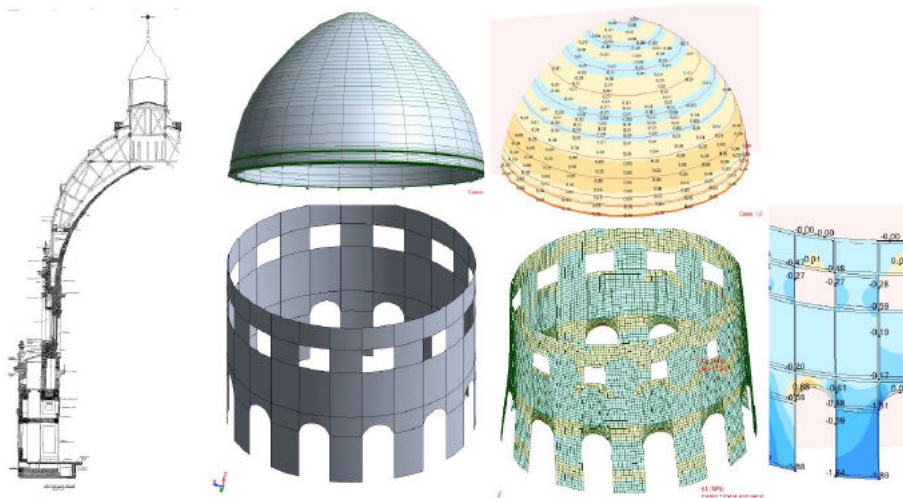
Figur 3; Tværsnit i stationen med illustration af kirkens fundament

De geotekniske forhold er tilsvarende undersøgt detaljeret, idet der i området omkring den kommende station er udført 12 geotekniske borer, som fastlægger jordbundsforholdene. Der er desuden foretaget pumpeforsøg ved kirken for at fastlægge tætheden af jorden under kirken.

Baggrundsanalyser

Side 4/7

Udover verificering af placeringen, benyttes data fra opmålingen af kirken til at fremstille en computermodel af kirken. Denne model er brugt til at vurdere kirkens statiske virkemåde, strukturelle integritet samt til at vurdere stationsbyggeriets indflydelse på kirken.



Figur 4; Illustrationer af computermodel af kirken

Data fra de geotekniske borer bruges til at opstille designparametre af jordens egenskaber. Disse designparametre er blevet brugt til at udarbejde computermodeller, der verificerer jordens indvirkning på stationsbyggeriet og dermed også stationsbyggeriets indvirkning på kirken.

På baggrund af computermodellerne er der udarbejdet analyser, der verificerer, at håndteringen af grundvandet kan ske uden påvirkning af kirkens fundamenter.

Resultaterne af disse analyser er derefter anvendt til at udvikle en arbejdsmetode for anlæg af stationen, således at følgende kriterier er opfyldt:

- Stationsbyggeriet kan udføres sikkerhedsmæssigt forsvarligt
- Kirken eller omkringliggende bygninger må ikke beskadiges som følge af udførelse af stationsbyggeriet
- Grundvandsspejlet må ikke påvirkes af stationsbyggeriet

Den beskrevne arbejdsmetode og de bagvedliggende analyser vil, ud over at verificere, at stationsbyggeriet udføres forsvarligt, tillige blive brugt som baggrund i kontrollen og godkendelsesprocessen for den kommende entreprenørs design og udførelse af stationsbyggeriet.



Analyseret arbejdsmetode:

Side 5/7

Arbejdsmetoden, der er tilvejebragt på baggrund af de foretagne analyser, indeholder følgende elementer:

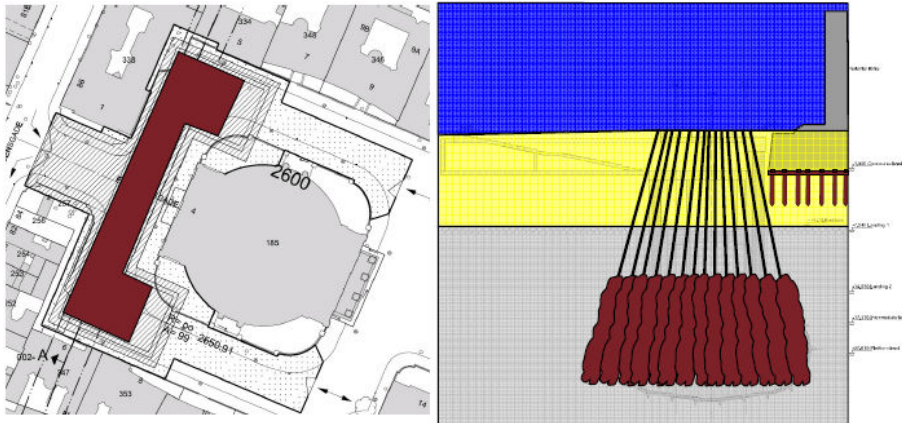
- Overvågning af sætninger
- Mindskelse af kalkens vandføringsevne
- Etablering af indfatningsvægge
- Etablering af grundvandshåndteringssystem
- Udgravning og afstivning af byggegrube i etaper
- Modtagelse og videreførelse af tunnelboremaskiner
- Færdiggørelse af betonarbejder
- Færdiggørelse af pladsen

Ad. Overvågning af sætninger – Der er allerede på nuværende tidspunkt oprettet et måleprogram for kirken, som indebærer måling af konstruktionernes normale bevægelser ved hjælp af nogle påsatte pejlemærker. Dette måleprogram skal udbygges af entreprenøren og lægges til grund for en egentlig verifikation af den forventede effekt af stationsbyggeriet. Det betyder, at den målte respons (bevægelse) i hver fase af udførelsen sammenlignes med den beregnede respons (bevægelse) for den tilsvarende fase i udførelsen. Herved kan beregningsforudsætningerne verificeres og arbejdsmetoderne hele tiden justeres, således at stationsbyggeriet udføres sikkert.

Den valgte arbejdsmetode indebærer også, at der er mulighed for at gribe ind, hvis der skulle vise sig en uventet effekt, inden en sådan effekt får konsekvenser for kirken. Grænsen for de målte bevægelser fastlægges ud fra krav om at kirken ikke må tage skade. De nuværende beregninger viser, at de maksimale beregnede forskydninger kan give anledning til nogle få revner, som er beregnet til at blive maksimalt 0,14 mm.

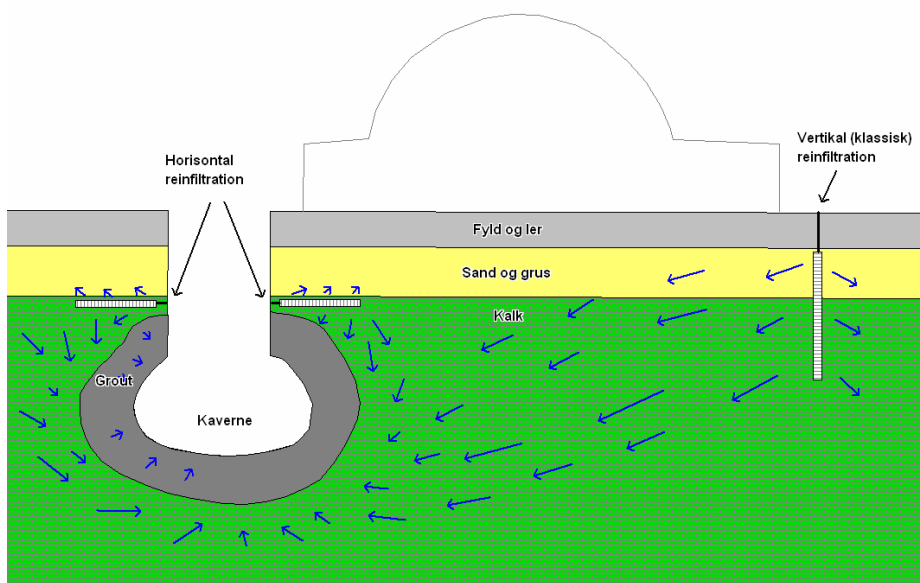
Ad. Mindskning af kalkens vandføringsevne – Ved hjælp af grundvandsmodellerne er det påvist, at det er nødvendigt at tætne kalken. Teknisk er der flere muligheder for tætning af kalken. Det kan bl.a. ske ved injicering af cement ned i kalken eller ved frysning. Fælles for disse metoder er dog, at entreprenøren gennem pumpeforsøg skal verificere, at den krævede tætning er opnået, førend selve udgravningen kan udføres.

Ad. Etablering af indfatningsvægge – Indfatningsvæggene har to funktioner. For det første er disse vægge vandtætte og indgår således som en del af grundvandshåndteringssystemet. For det andet udføres væggene af konstruktive grunde, således at risikoen for forskydninger i jorden i nærheden af udgravningen minimeres.



Figur 5; Illustration af et muligt tætningsscenario. Plantegningen til venstre indikerer i hvilket område på overfladen, det er nødvendigt at bore ned for at injicere cement i kalken, og snittegningen til højre indikerer, hvorledes der injiceres i kalken.

Ad. Etablering af grundvandshåndteringssystem – For at kunne håndtere grundvandet, således at grundvandsspejlet forbliver indenfor for de niveauændringer, der er målt ved almindelige sæsonvariationer, under stationsbyggeriet, er det nødvendigt at etablere et system, som kan pumpe vandet ud af byggegruben og tilbage i jorden igen umiddelbart uden for byggegruben. Dette system er det samme, som er brugt, og som har fungeret uden problemer ved udførelsen af de eksisterende metrostationer.



Figur 6; Illustration af grundvandmodel hvor grundvandshåndteringssystemet er analyseret



Konklusion af baggrundsanalyser og vurdering af arbejdsmetoden

Side 7/7

På baggrund af detaljerede analyser af Frederiks kirkens konstruktioner og fundamenter, områdets geotekniske forhold og grundvandsforhold samt af selve stationsbyggeriets konstruktioner og arbejdsmetoder er det verificeret, at byggeriet af metrostationen ved Frederiks Kirke kan udføres, således at grundvandsspejlet under kirken forbliver upåvirket, og at forskydninger i jorden er så minimale, at kirken og andre bygninger ikke tager skade.

Med venlig hilsen

Lars Barfoed