

# SLAGELSE KOMMUNE

## SÆREFTERSYNSRAPPORT



Parkeringskælder ved Rådhuspladsen i Slagelse

Udarbejdet af : Broconsult a/s  
Sankt Peders Stræde 4A  
4000 Roskilde  
Tlf. 46 32 22 55

Bredgade 11  
7400 Herning  
Tlf. 97 21 02 77

Dokument nr. : 01  
Revision : 2  
Dato : 01.09.2015  
Udarbejdet : NINI  
Kontrolleret : JATO

## INDHOLDSFORTEGNELSE

0.	INDLEDNING .....	4
0.1	Rekvirent .....	4
0.2	Baggrund og formål .....	4
1.	RESUMÉ .....	5
2.	BASISMAERIALE ANGÅENDE BYGVÆRKET .....	6
2.1	Bygværksbeskrivelse .....	6
2.2	Historie .....	7
2.3	Anvendelse over kælderdek .....	7
2.4	Trafikale forhold .....	7
2.5	Oversigtskort .....	8
2.6	Satellitkort .....	9
3.	TILSTANDSREGISTRERING .....	10
3.1	Henvisning til eftersyn .....	10
3.2	Orienterende besigtigelse .....	10
3.3	Undersøgelsesomfang og -metoder .....	10
3.4	Resumé af registreringer .....	12
4.	SKADEÅRSAGS- OG UDBEDRINGSVURDERING .....	18
4.1	Vurdering af konstruktionselementer .....	18
4.2	Sammenfatning .....	21
5.	BÆREEVNEBEREGNING .....	22
5.1	Indledning .....	22
5.2	Geometri .....	22
5.3	Anvendelse og projekteringsgrundlag .....	22
5.4	Last .....	22
5.5	Undersøgelsesomfang .....	22
5.6	Tilstandsvurdering .....	23
5.7	Resultater .....	23
5.8	Vurdering af bæreevneproblemer .....	24
5.9	Forstærkning .....	26
5.10	Vurdering af alternativ løsning .....	27
6.	DISPOSITIONSFORSLAG .....	28
6.1	Indledning .....	28
6.2	Strategi A – Totalrenovering af parkeringskælder .....	28
6.3	Strategi B – Midlertidig understøtning af dæk .....	32
6.4	Økonomisk vurdering .....	34
7.	KONKLUSION OG INDSTILLING .....	35

**BILAG**

BILAG 1	PLACERING AF PRØVEUDTAGNINGER .....	37
BILAG 2	FOTOREGISTRERING.....	39
BILAG 3	BEHUGNINGER, DÆKLAGSMÅLING OG BETONSTILSTANDSVURDERING.....	47
BILAG 4	CHLORIDPRØVER.....	52
BILAG 5	BOREKERNEANALYSE.....	57
BILAG 6	SKITSE AF UDBERINGSSTRATEGI B – MIDLERTIDIG UNDERSTØTNING.....	64

## 0. INDLEDNING

### 0.1 Rekvirent

#### **Slagelse Kommune**

Center for Teknik og Miljø  
Natur, Vej og Trafik  
4220 Korsør

Att. Elvin Rahbek Jensen

### 0.2 Baggrund og formål

I november 2014 blev der foretaget indledende besigtigelse af bygværket, hvor følgende blev konstateret:

- Omfattende misfarvninger og kalkudfældninger i loftsplader
- Blotlagte korroderede armeringsjern, og områder med brune rustudfældninger
- Dryppende gennemsvivninger og stalaktitter i loftet, formentlig pga. utætte støbeskel
- Grove revner i kældervægge samt utætheder mellem væg og dæk
- Væsentlige betonskader ved kørerampe og betontrappe i nord
- Kraftige revner og gennemsvivninger ved trappeskakt i nord

Yderligere blev det anbefalet at der udføres en bæreevneberegning af brodækket, da der ved lignende konstruktioner er konstateret for spinkel dimensionering.

Særeftersynet er udmeldt på baggrund af ovennævnte observationer.

Ved særeftersynet er foretaget følgende prøver og destruktive undersøgelser:

- Borekerner til makroanalyse og tyndslibsanalyse
- Boremelsprøver til bestemmelse af chloridindholdet i hhv. dæk, vægge, søjler
- Behugninger af hhv. overside dæk, underside dæk, vægge og søjler.

I forbindelse med særeftersynet er øvrige synlige konstruktionsdele visuelt besigtiget.

Aflukkede områder der ikke var tilgængelige er ikke besigtiget. De aflukkede områder omfatter:

- Transformerstation i nordøst
- Sprinklerrum, nedlagte toiletter, teknikrum mv. i nordvest

## 1. RESUMÉ

Ved særeftersynet er observeret følgende væsentlige forhold:

- Omfattende misfarvninger og kalkudfældninger i loftet
- Blotlagte korroderede armeringsjern og områder med brune rustudfældninger
- Gennemsvivninger i rette linjer i loftet, der tyder på utætte støbeskel
- Revner i kældervægge og i samlinger mellem væg og loft
- Kraftige revner og gennemsvivninger ved nordlige trappeopgang
- Kraftigt korroderet armering og porøs beton i søjler
- Kraftigt korroderet armering i vægge
- Fugtisolering uden vedhæftning til bærende overbygning

På grundlag af ovennævnte observationer og udførte laboratorieundersøgelser må følgende konkluderes:

- Mængden af chlorider er for høj i underside af loft, vægge og søjler, hvilket betyder, armeringen ikke er beskyttet mod korrosion.
- Beskyttelsen af bærende overbygning skal opretholdes for at sikre mod alkalisk reaktioner og yderligere chloridindtrængning.

Ud fra beregning af bæreevnen, vurderes det, at dækket skal forstærkes, for at pladsen fortsat kan anvendes som parkering for køretøjer. Omfanget af forstærkning skal klarlægges nærmere.

Der er opstillet følgende to udbedringsstrategier for bygværket

A) Totalreovering af parkeringskælder, samt forstærkning og omisolering af dæk.

B) Midlertidig understøtning af dæk over parkeringskælder

Økonomisk sammenligning viser, at strategi A er den teknisk og økonomisk mest optimale.

Det må således anbefales, at parkeringspladsen og kørevejen over kælderen afspærres for køretøjer straks, indtil strategi A er bragt til udførelse.

De samlede entreprenør- og rådgiverudgifter er anslået til ca. 35 mio. kr.

## 2. BASISMATERIALE ANGÅENDE BYGVÆRKET

### 2.1 Bygværksbeskrivelse

#### 2.1.1 Administrative data

Bygværks bro nr.:	
Placering:	Rådhuspladsen, Slagelse
Kommune:	Slagelse kommune
Funktion:	Parkeringskælder
Bygværkstype:	Parkeringskælder med paddehatkonstruktion
Længde:	73,5 m inkl. ramper (65m ekskl. ramper)
Bredde:	53 m
Areal:	ca. 3.500 m <sup>2</sup> ekskl. ramper.
Antal søjler:	95 stk.
Spændvidde max.:	7,5 m (8,7m diagonalt)
Bygværksbestyrer:	
Betalingspligtig:	
Ren- og vedligeholdse:	

#### 2.1.2 Konstruktiv udformning

Parkeringsanlægget er udført som en paddehatkonstruktion, hvor dækket bæres af søjler uden brug af bjælker. Dækket er armeret med et net i undersiden og med spiraler i oversiden, lokalt placeret over søjlerne. Dækket er beregningsmæssigt dimensioneret efter brudlinjeteori.

#### 2.1.3 Anvendte materialer

Der forefindes ingen oprindelige tegninger for bygværket.

##### *Generelt:*

Hele konstruktionen er udført af insitu-støbt jernbeton.

Konstruktionen har tidligere været støbt mod træbeton, som senere er fjernet fra undersiden.

## 2.2 Historie

### 2.2.1 Opførelse

Opført: 1962

Bygherre: Slagelse Kommune

### 2.2.2 Reparation og ombygninger

I 1989 er ramper mv. renoveret.

I 1990 er der foretaget membran udskiftning og etableret nye kældernedgange i den sydlige del.

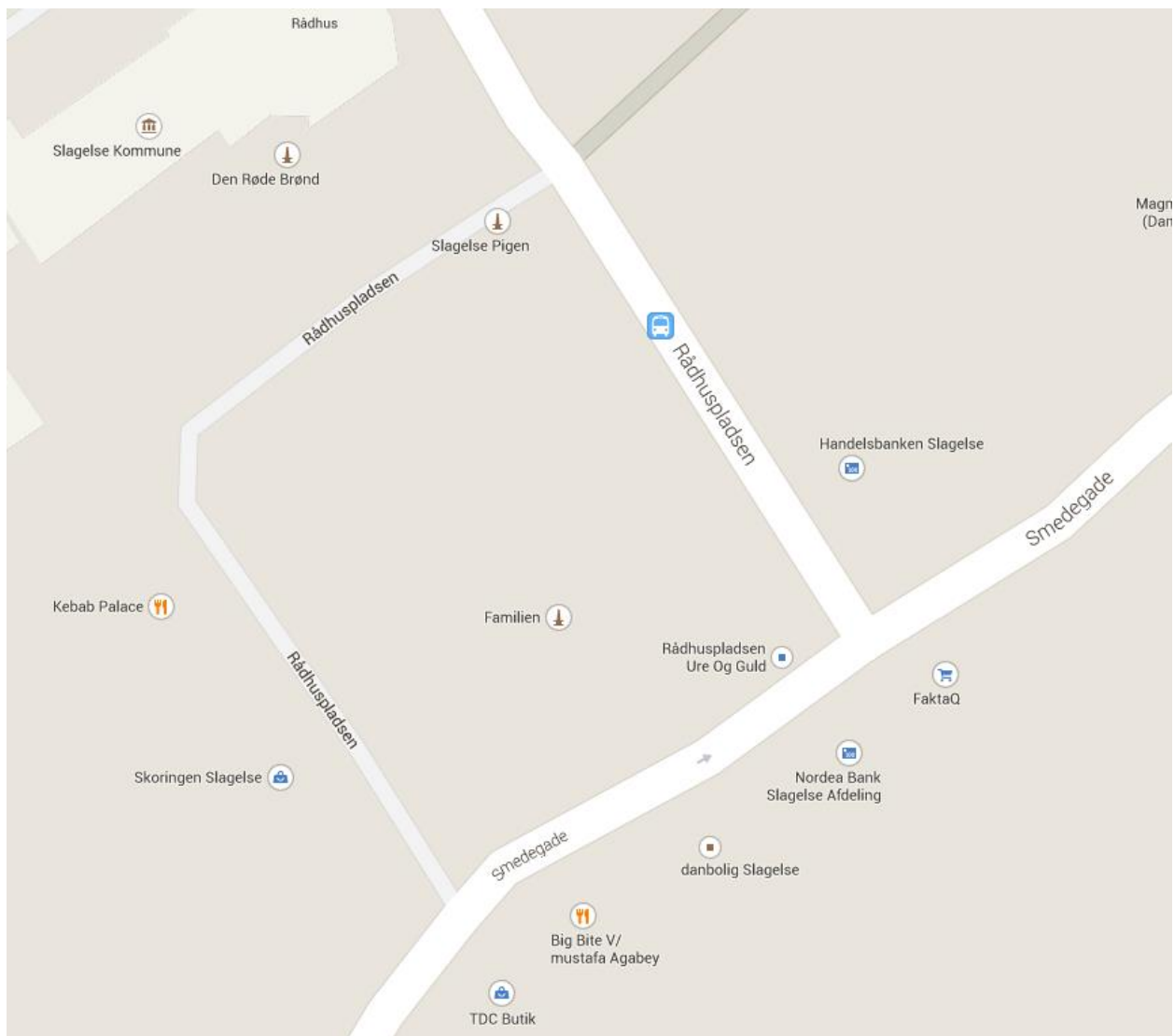
## 2.3 Anvendelse over kælderdek

Arealet over kælderdekken anvendes som parkeringsplads for handlende i Slagelse centrum, hvilket kan give anledning til højere belastning end dekket er dimensioneret for.

## 2.4 Trafikale forhold

Rådhuspladsen er omgivet af veje. I den nordlige del ved ramperne, ligger indkørslen til parkeringspladsen over kælderen og vejen er placeret hen over parkeringskælderen. Vejen på den vestlige side af parkeringspladsen er ensrettet med enkelte parkeringspladser langs vejen. På den østlige del ligger en 2 sporet vej med midterrabat, hvilket er den største vej ved parkeringskælderen. I den sydlige del, lidt fra kælderen, ligger "Smedegade" som er ensrettet på stykket ved rådhuspladsen.

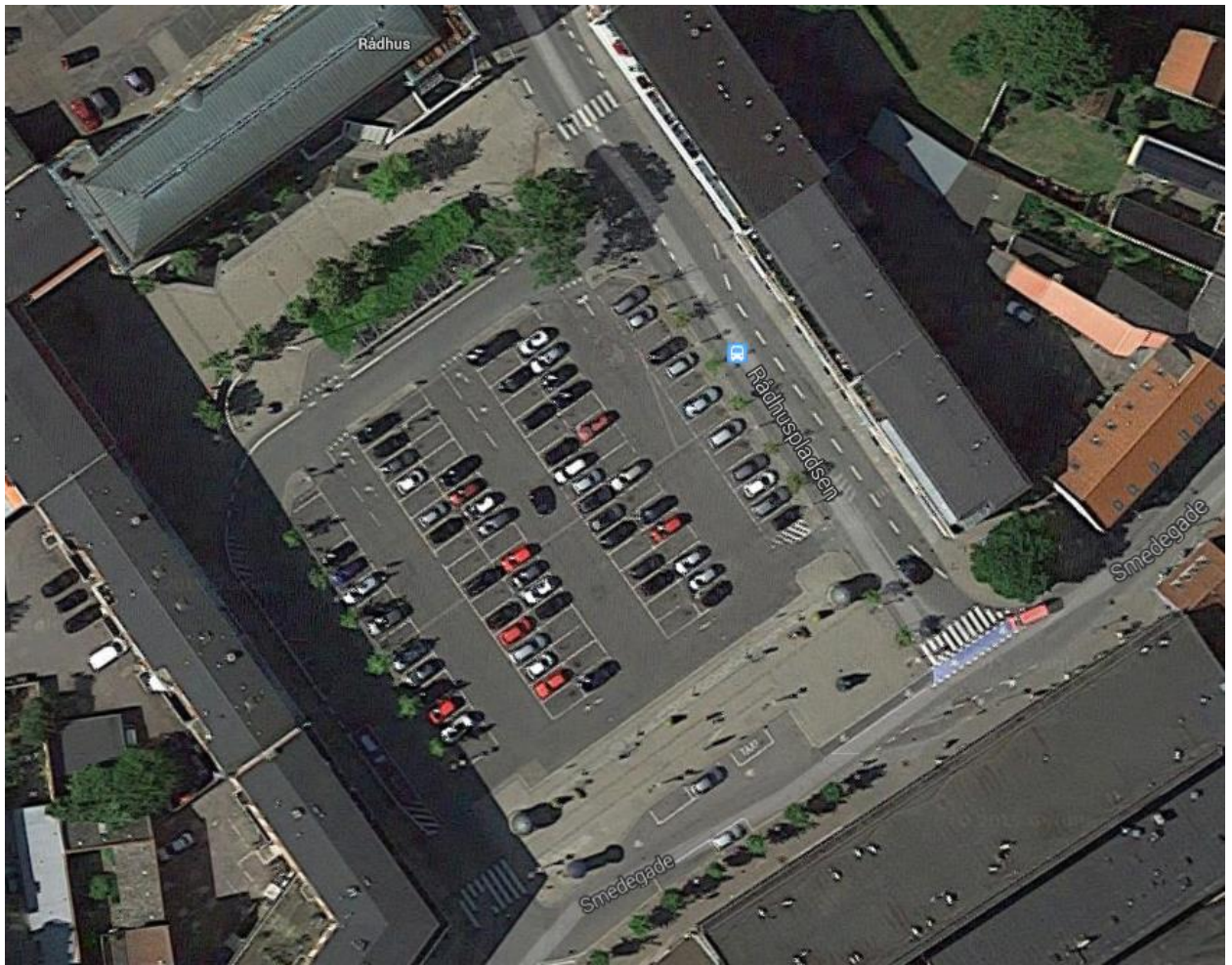
## 2.5 Oversigtskort



Oversigtskort over Rådhuspladsen. Kortet ligger som verdenshjørnerne.



## 2.6 Satellitkort



Satellitkort over Rådhuspladsen. Kortet ligger som verdenshjørnerne.

### 3. TILSTANDSREGISTRERING

#### 3.1 Henvisning til eftersyn

Broconsult Rådgivende Ingeniørfirma har ikke tidligere lavet eftersyn. Rambøll har udført særeftersyn på bygværket i 1998.

#### 3.2 Orienterende besigtigelse

Der er foretaget indledende besigtigelse d. 6. november 2014. Der er bemærket følgende:

- Omfattende misfarvninger og kalkudfældninger i loftet
- Blotlagte korroderede jern og områder med brune rustudfældninger
- Gennemsvivninger i rette linjer i loftet, der tyder på utætte støbeskel
- Revner i kældervægge og i samlinger mellem væg og loft
- Kraftige revner og gennemsvivninger ved nordlige trappeopgang

#### 3.3 Undersøgelsesomfang og -metoder

##### 3.3.1 Undersøgelsesomfang

Den 11. marts 2015 udførte Kasper Munk Mortensen og Nikolaj Værum Nielsen, fra Broconsult Rådgivende Ingeniørfirma, teknisk særeftersyn af bygværket.

Vejret var skyfrit, med temperatur på ca. 5-10°C.

Til hjælp ved eftersynet stillede entreprenørfirmaet Kentto A/S, 2 mænd til rådighed med følgende udstyr:

- Boremaskine med opsamler
- Nedbrydningshammer
- Boremaskine til udtagning af borekerner

Der blev udført følgende prøver og undersøgelser, placering fremgår af bilag 3:

- Boremelsprøver 15 stk. i 2 dybder  
Fordelt følgende: 8 stk i underside af dæk, 3 stk i væg, 2 stk i søjler og 2 stk i overside af dæk.
- Behugninger 7 stk.  
Fordelt følgende: 3 stk i underside af dæk, 2 stk i overside af dæk, 1 stk i væg og 1 stk i søjle
- Borekerner 2 stk. til makro- og tyndslibsanalyse
- Dæklagsmålinger
- Bestemmelse af carbonatiseringsfront

Resultater af boremelsprøver (chloridprøver) fremgår af bilag 4.

Dæklagsmålinger, behugningsprøver samt bestemmelse af carbonatiseringsfront fremgår af bilag 3.

Efterfølgende reetablering af prøveudtagninger og destruktive undersøgelser blev ligeledes udført af Kentto A/S.

### 3.3.2 Metoder

#### ***Måling af dæklag***

Målinger af dæklag er foretaget i forbindelse med behugninger af konstruktionselementerne. Dæklaget udgør den beton der er beliggende mellem armeringen og et betonelements ydersider. Dæklagets funktion er bl.a. at beskytte armeringen mod korrosion med betonens kemiske egenskaber.

#### ***Bestemmelse af carbonatisering***

Carbonatisering er en kemisk proces i betonen, hvor luftens kuldioxid optages i betonens porevæske så den neutraliseres. Falder betonens pH-værdi til under ca. 9 vil det beskyttende jernoxidlag på den indstøbte armering opløses, når betonen er i et fugtigt miljø med en luftfugtighed på mere end 60 %. Da de yderste lag af betonen vil blive mest påvirket af betonens omgivende miljø, vil carbonatiseringsprocessen også først forløbe her. Man taler derfor om en carbonatiseringsfront som netop er det område i betonen hvor en sund, stærk og basisk beton (pH-værdi: 12,5-13,5) bliver neutraliseret til (pH-værdi mindre end 9).

Det er interessant at kende denne fronts placering i forhold til armeringen, da armeringens levetid i svær grad afhænger af den omgivende betons beskyttende egenskaber.

Carbonatiseringens udbredelse bestemmes ved at der påsprøjtes indikatorvæske (phenolphthalein) på et behugget areal. Når indikatorvæsken afgiver en lilla fare, betyder det at betonen ikke er carbonatiseret.

#### ***Bestemmelse af chloridindhold i betonen***

Chlorider har stor indtrængningsevne i beton og såfremt der ophobes større mængder (mere end 0,05 % af betonvægten) vil det beskyttende jernoxidlag (katodisk område) på armeringen nedbrydes. Korrosion i armeringen som følge af chlorider er særlig kritisk, da nedbrydningen kun finder sted i små områder, som pga. chloridindtrængningen er gået fra at være katodiske til anodiske. Korrosionsprocessen finder sted ved de anodiske områder og armeringens tværsnit kan derfor lokalt være væsentligt reduceret (grubetæring).

Undersøgelse for chlorider sker efter RCT-metoden, hvor der udtages boremelsprøver. 1,5g boremel tilsættes en syre, og med en elektrode måles chloridindholdet på basis af en kalibreringskurve, hvor sammenhørende værdier mellem chloridindhold og spændinger er fundet.

### **Bestemmelse af intern revnedannelse i betonen**

Især i ældre betonkonstruktioner kan der være risiko for udvikling af alkaliskel-reaktioner (AKR). AKR forårsager interne revner i betonen som gør betonen utæt og øger risikoen for karbonatisering af betonen samt kloridindtrængning med korrosion af armeringen til følge.

Graden af intern revnedannelse fastlægges ved at udtage en borekerne, som er et cylinderformet prøveemne typisk med diameter 90 mm og længde 180 mm.

Borekernen imprægneres med fluorescerende epoxy, som trænger ind i betonkernens interne revner. Ved at skære borekernen igennem på langs kan revnemønstret ses under ultraviolet lys.

### **Bestemmelse af kemisk sammensætning i betonen**

Den kemiske sammensætning af beton udvikler sig under hele betonens levetid. Da betonens egenskaber direkte afhænger af den kemiske sammensætning, kan en detaljeret kortlægning af betonsammensætningen give et præcist billede af betonens overordnede tilstand, hvor bl.a. graden af restaktivitet i forbindelse med AKR kan vurderes.

Der laves et antal tyndslib på de udborede kerner, som giver et emne på 45 mm x 30 mm og en tykkelse på 20 µm. Disse tyndslib gennemlyses og analyseres under mikroskop.

## **3.4 Resumé af registreringer**

### **3.4.1 Gulv i parkeringskælder:**

Gulvet virker generelt jævnt uden større ujævnheder og huller.

I nordvestlig hjørne ved nedkørselsrampen er der huller med meget porøs beton og det ses at der er foretaget reparationer i nærheden (se bilag 2, foto 13 og 14).

I nordøstlig hjørne ved transformerstationen er der placeret gulvrister til at tage overfladevand. Omkring risten er der vand der stammer delvist fra opkørselsrampen og fra gennemsivninger i loftet (se bilag 2, foto 16).

### **3.4.2 Kældervægge:**

På kældervægge blev der udført følgende undersøgelser:

- 3 boremelsprøver til bestemmelse af chloridindholdet (Resultater i bilag 4).
- 1 behugninger til registrering af armeringen og betonens tilstand samt bestemmelse af carbonatiseringsfronten (Billeder i bilag 3).

I det nordøstlige område ses følgende:

- Lange grove revner i NØ ved transformerstationen (se bilag 2, foto 8).
- Områder med afskallende og løs maling (se bilag 2, foto 7 og 9).
- Områder med dannelse af saltkrystaller (se bilag 2, foto 12).

I området er boremelsprøve nr. 11 udtaget med følgende resultat:

Prøve 11: 0,2024-0,2590 % med størst koncentration i dybden 25-50mm.



I området er behugning nr. 1 (Se placering på bilag 1. Se bilag 3, foto 1 og 2) foretaget for at kunne registrere forholdet. Ved behugning nr. 1 blev der registreret K12 som lodret armering med dæklag målt til 35mm, som fremstod med afskallende rust og begyndende tværsnitsreduktion. Desuden blev der registeret R8 som vandret armering med dæklag målt til 50mm, som fremstod i samme tilstand som det lodrette armering. Carbonatiseringsfronten blev målt til 0-10mm. Betonen virkede porøs og kunne let behugges.

I det sydøstlige område ses følgende:

- revner i SØ kældervæg (se bilag 2, foto 11)

Der er foretaget 1 boremelsprøve (nr. 10) i SØ område. Prøven viste følgende:  
Prøve 10: 0,1581-0,1648 % med størst koncentration i dybden 0-25mm

I det sydvestlige område ses følgende:

- revner i SV kældervæg (se bilag 2, foto 10)

Der er foretaget 1 boremelsprøve (prøve nr. 9) i SV område. Prøven viste følgende:  
Prøve 9: 0,0260-0,0754 % med størst koncentration i dybden 0-25mm.

### 3.4.3 Søjler:

På søjlerne blev der udført følgende undersøgelser:

- 2 boremelsprøver til bestemmelse af chloridindholdet (Resultater ses i bilag 4).
- 1 behugning til registrering af armeringen og betonens tilstand samt bestemmelse af carbonatiseringsfronten (Billeder i bilag 3).

Søjler ser generelt pæne ud uden revner eller rustudfældninger. Dette skyldes at de virker forholdsvis nymalet og at der tidligere er lavet renovering af udvalgte søjler.

I det nordøstlige område er der udtaget en boremelsprøve (prøve nr. 12) følgende resultat af chloridindholdet:

Prøve 12: 0,2930-0,3453 % med størst koncentration i dybden 0-25mm

Ved udtagelse af boremelsprøve virkede betonen meget porøs.

I centrum af parkeringskælderen er udtaget en boremelsprøve (prøve nr. 13) og behugning (behugning nr. 2) af en søjle. Placeringer kan ses i bilag 1.

Resultet af chloridindholdet i søjlen er følgende:

Prøve 13: 0,2812-0,3907 % med størst koncentration i dybden 0-25mm

Ved behugning nr. 2 (Se placeringen på bilag 1) af søjle nr. 67 (Se bilag 3, foto 3, 4, 5 og 6), blev der registreret R12 lodret armering med dæklag målt til 25mm, som fremstod med dybe grubetæringer og tværsnitsreduktion. Som vandret armering

blev der registreret R6 spiralarmering med dæklag målt til 19mm, som fremstod i samme tilstand som det lodrette armering. Carbonatiseringsfronten blev målt til 2-22mm. Betonen virkede meget porøs.

#### 3.4.4 Bærende overbygning:

På undersiden af overbygningen blev der udført følgende undersøgelser:

- 8 boremelsprøver til bestemmelse af cloridindholdet i undersiden (Resultater ses i bilag 4).
- 3 behugninger til registrering af armeringen og betonens tilstand samt bestemmelse af carbonatiseringsfronten (Se bilag 3, foto 7-12).

Undersiden bærer præg af, at det tidligere har været beklædt af træbeton, der senere er fjernet. På loftet ses følgende skader:

- Flere steder ses armeringen tydeligt hvor dæklaget udelukkende har været træbeton (Se bilag 2, foto 3 og 4).
- Flere steder med fugtige områder og brune rustudfældninger (Se bilag 2, foto 1).
- Flere rette linjer med stalaktitter der tyder på utætte støbeskel (Se bilag 2, foto 1 og 2).
- Der er særligt et sted hvor der er stor gennemsvivning og tydelige kalkaflejninger.

Chloridindholdet ved prøve 1-8 (se placeringer på bilag 1) er målt til:

Prøve 1: 0,0284-0,1092 % med størst koncentration i dybden 0-25mm

Prøve 2: 0,1398-0,1717 % med størst koncentration i dybden 0-25mm

Prøve 3: 0,0284-0,0323 % med størst koncentration i dybden 0-25mm

Prøve 4: 0,0853-0,1287 % med størst koncentration i dybden 0-25mm

Prøve 5: 0,0296-0,0589 % med størst koncentration i dybden 0-25mm

Prøve 6: 0,0402-0,1006 % med størst koncentration i dybden 0-25mm

Prøve 7: 0,1398-0,2698 % med størst koncentration i dybden 0-25mm

Prøve 8: 0,0114-0,0667 % med størst koncentration i dybden 0-25mm

Ved behugning nr. 3, 4 og 5 fra undersiden (se placeringer på bilag 1), blev der registreret K12 armering ved BH nr. 3 og T12 armering ved BH nr. 4 og 5 med dæklag målt til 23-26mm. Armeringen ved BH nr. 3 fremstod med begyndende spor af rust og armeringen ved BH nr. 4 og 5 fremstod med tydelig overfladerust. Ved BH nr. 3 blev carbonatiseringsfronten målt til 0-8mm. Ved BH nr. 4 og 5 blev carbonatiseringsfronten målt til 2-15mm. Betonen virkede alle steder til at være fast klingende og sammenhængende.

På oversiden af overbygningen blev der udført følgende undersøgelser:

- 2 opbrydninger af belægning for registrering af opbygningen og oversidens tilstand.
- 2 boremelsprøver til bestemmelse af cloridindholdet i oversiden (Resultater ses i bilag 4).
- 2 behugninger for at registrere armeringens tilstand (Se bilag 3, foto 13, 14 og 15).
- 2 borekerner til analyse af revnedannelser og betonens tilstand.

I nordøstlig hjørne over parkeringskælderen er der foretaget opbrydning af belægning, udtaget boremelsprøve og borekerne samt foretaget behugninger (Se bilag 3, foto 13, 14 og 15).

Opbrydningen viser følgende opbygning:

120mm asfalt

80mm beskyttelsesbeton armeret med R7/300mm begge retninger

10mm membran

320mm konstruktionsbeton

Rest af træbeton

Beskyttelsesbetonen virkede delvis porøs og let at bryde op. Fugtisoleringen var sammenhængende men havde ingen vedhæftning til oversiden af konstruktionsbetonen. Konstruktionsbetonen virkede hård og sammenhængende hele vejen igennem.

Boremelsprøve nr. 14 er udtaget og viser følgende chloridindhold:

Prøve 14: 0,0500-0,0667 % med størst koncentration i dybden 0-25mm

Oversiden behugges (Se bilag 3, foto 13, 14 og 15) og viser at armeringen er uden korrosion.

#### **Kerne 1, NØ:**

Kernen er udtaget i et stykke med en længde på 320mm. Ved udtagningen blev der ikke registreret revner eller andre defekter.

Makroanalyse af kernen viste:

Betonen fremstår vel komprimeret med et stenindhold på ~45 vol.% af varierende bjergartssammensætning og ensartet stenfordeling. (Se bilag 5, side 4)

Tyndslibsanalyse af øvre del af kernen:

Betonens cementpasta er relativt tæt, men indeholder ikke et frostsikrende luftporesystem. Luftindholdet skønnes til ca. 2%. Betonens indeholder alkalireaktivt sand og sten, hvilket har forårsaget reaktioner. Der vurderes at være nogen restaktivitet til stede. (se bilag 5, side 2)

I sydvestlig hjørne over parkeringskælderen er der foretaget opbrydning og udtagelse af boremelsprøve og borekerne. Opbrydningen viser følgende opbygning:

- 70mm belægningssten
- 120mm grus
- 210mm 0-64 fyld
- 80mm beskyttelsesbeton armeret med R7/300mm begge retninger
- 20mm membran
- 320mm konstruktionsbeton
- Rest af træbeton

Beskyttelsesbetonen virkede delvis porøs og let at bryde op. Fugtisoleringen var sammenhængende men havde ingen vedhæftning til oversiden af konstruktionsbetonen. Konstruktionsbetonen virkede hård og sammenhængende hele vejen igennem.

Boremelsprøve nr. 15 er udtaget og viser følgende chloridindhold:  
Prøve 15: 0,0069-0,0166 % med størst koncentration i dybden 25-50mm.

#### **Kerne 2, SV:**

Kernen er forsøgt udtaget i et stykke, men øverste del revnede hvilket efterlod en kerne med en længde på 300mm. Øverste del ser porøs ud, men resten virker ensartet og pæn uden revner.

Makroanalyse af kernen viste:

Betonen fremstår vel komprimeret med et stenindhold på ~40-45 vol.% af varierende bjergartssammensætning og ensartet stenfordeling. Der ses ingen makroskopiske revner. (Se bilag 5, side 5)

Tyndslibsanalyse af øvre del af kernen:

Betonens er ikke luftblandet, hvilket ikke gør den frostbestandig. Luftindholdet skønnes til ca. 1%. Betonens indeholder alkalireaktive partikler, der kan give anledning til nogen restaktivitet. (se bilag 5, side 3)

#### **3.4.5 Fugtisolering:**

Der blev ved opbrydning af fugtisolering registreret 2 lag fugtisolering af samlet tykkelse på 10mm der virker fleksibelt men delamineret uden vedhæftning til dækket.

Ved opbrydning i NØ løb der vand til under fugtisoleringen.  
Fugtisoleringens funktion vurderes at være ophørt.

#### **3.4.6 Belægninger over kælderdæk:**

På det asfalterede område over parkeringskælderen blev der registreret ujævn og porøs belægning med huller. Der er etableret en enkelt nedløbsrist i det NØ hjørne, der er pladsens umiddelbare laveste punkt (se bilag 2, foto 39), der afvander hele parkeringsområdet. Der ses enkelte fordybninger i belægningen der forårsager at der står vandpytter (se bilag 2, foto 37 og 38).



### 3.4.7 Trappenedgange:

Trappenedgang Nord ses følgende skader:

- Skævt rækværk og håndliste trukket ud af væggen som følge af en overbelastning (se bilag 2, foto 25 og 26)
- Revner i overkanten af væggen ved rækværket (se bilag 2, foto 27)
- Grove revner mellem trappetrin og væg (se bilag 2, foto 29)
- Lange revner i væggene (se bilag 2, foto 30)

Rækværket er målt til 1,0m (se bilag 2, foto 28)

I sydlige del ses der store revner ved samtlige trin (se bilag 2, foto 29), hvilket tyder på sætningsskader. Dette underbygges yderligere af at fugen er løs og faldet ud.

Trappenedgange Syd ses følgende skader:

- Revner i loft og vægge (se bilag 2, foto 31, 32 og 34)
- Netrevner i vægge (se bilag 2, foto 33)
- Revner i vægge over terræn ved rækværket (se bilag 2, foto 36)
- Tydelig rust i rækværkerne (se bilag 2, foto 36)

### 3.4.8 Ramper:

Belægning virker forholdsvis ny uden huller og ujævnheder.

Der er registreret følgende:

- Revner og sprængt beton på oversiden af væggene (se bilag 2, foto 21)
- Revner i væggene, enkelte grove revner (se bilag 2, foto 19, 22, 23 og 24)
- Sprængt beton ved jern efter støbeforme (se bilag 2, foto 20)
- Manglende afvanding ved opkørslen, hvor der stod vand (se bilag 2, foto 17)
- Delvis afskallet loft af flamingo, stenuld og træbeton

## 4. SKADEÅRSAGS- OG UDBEDRINGSVURDERING

### 4.1 Vurdering af konstruktionselementer

#### 4.1.1 Gulv i parkeringskælder:

Som følge af tørsalt og ringe afvandingsforhold, er der opstået huller i området ved nedkørselsrampen. Området med huller og tidligere reparationer bør renoveres grundigt da betonen virker meget porøs. Det anbefales endvidere at forbedre afvandingsforholdene ved ramperne (Se 4.1.8).

#### 4.1.2 Kældervægge:

I nordøstlig hjørne ved transformerstationen ses der revner der tyder på sætninger. I begge hjørner i den sydlige del ses der lodrette revner der tyder på utilstrækkeligt armeret støbeskel til optagelse af temperaturbevægelser og betonsvind. Særligt i sydvestlig hjørne er der foretaget reparation, der er delvist skallet af, men gulv er vådt og viser tegn på at strømningen af vand igennem revnen stadig er aktiv. I sydøstlige hjørne er der foretaget reparation af kældervæggen med leca blokke, hvor samlingen imellem er tydelig i begge sider pga. afskalning. Her tyder det også på gennemsvivning. Revnerne bør injiceres for at stoppe gennemsvivningerne og udviklingen af skaderne.

Der er flere områder med afskalninger hvilket tyder på at der er manglende eller tilstoppet dræn omkring kælderen, og at der er manglende membran på ydersiden. Områderne bør afrensnes og overfladebehandles med diffusionsåben maling, der kan tåle fugtbelastningen.

Fra tidligere behugninger af søjler foretaget i forbindelse med særeftersyn 1998, er der konstateret meget porøs beton og korroderede armeringsjern i nederste 0,5m som følge af saltning i parkeringskælderen. Dette kan også være tilfældet for væggene. Væggene bør derfor undersøges og behugges i nødvendigt omfang, hvor armeringen kan udskiftes eller afrensnes og behandles, for at bremse udviklingen af skader. Efterfølgende skal væggen genopstøbes og overfladebehandles med resterende del af væggene.

#### 4.1.3 Søjler:

Resultaterne af chloridsanalyserne viser, at der er et meget stort indhold af chlorid som følge af tørsaltning. Ved behugning og bestemmelse af carbonatiseringsfronten ses det, at carbonatiseringsfronten er langt fremme, hvilket har medført, at armeringen er korroderet og betonen er porøs.

Søjlerne er overfladebehandlet for at bremse chloridindtrængning og carbonatiseringsprocessen, og det gør, at der heller ikke er visuelle tegn på

korrosion eller revner. Fra særeftersyn foretaget 1998 beskrives der visuelle tegn på korrosion og revner samt stærkt korroderede jern ved behugning. Der forventes derfor at være en tværsnitsreduktion af armeringen i søjlerne.

Søjlerne bør behugges og kraftigt korroderet armering bør udskiftes. Lettere korroderet jern renses hvorefter søjlerne genopstøbes og overfladebehandles.

Søjlernes bæreevne vurderes at være væsentligt reduceret.

#### 4.1.4 Bærende overbygning:

Behugningen fra oversiden tyder på, at der er et godt dækklag og armeringen er alene præget af lidt overflade rust eller uden korrosion. Dette underbygges af makroanalyse af borekerne, hvor der heller ikke er tegn på korrosion.

Ved behugninger på undersiden uden for områder med tydelige gennemsvninger og korroderet armering, er betonen godt sammenhængende og armeringen er kun med begyndende rust.

Ved områder med tydelige gennemsvninger og korroderet armering bør der laves reparationer og korroderet armering skal udskiftes. Der er flere steder med tydelig armering uden dækklag. Armeringen bærer præg af kraftig korrosion og bør udskiftes. For at sikre at armeringen er godt beskyttet i hele kælderens, bør der påføres et dækklag over det hele, som erstatning for det tidligere træbeton.

Ud fra resultaterne af makro- og tyndslibsanalyserne er det konstateret, at det er væsentligt, fremover at beskytte betonen mod vand- og chloridindtrængning i form af tæt fugtisolering. Den anvendte beton indeholder alkali-reaktivt tilslagsmateriale, og laboratorieanalyse viser, at der er nogen restaktivitet til stede. Makroanalysen viser også tydelige skader i toppen af borekerne 2, hvilket betyder at der kan forventes reparation af dele af oversiden af dækket.

#### 4.1.5 Fugtisolering:

Vedhæftningen af eksisterende fugtisolering er meget ringe, og det vurderes at fugtisoleringens funktion er ophørt. Dette ses også på undersiden af dækket, hvor der er mange gennemsvninger og fugtige områder. Fugtisoleringen bør derfor udskiftes over hele dækket.

#### 4.1.6 Belægning over kælder:

Belægningens funktion ikke optimal, da der står vandpytter. Belægningen er flere steder hullet og ujævn. Omkring risten i nordøst er belægningen porøs og med dybe huller, hvilket forringer afvandingen.

Som følge af at fugtisolering bør udskiftes, er belægningen ikke relevant af reparere på.

#### 4.1.7 Trappenedgange:

##### Trappenedgang nord:

Rækværket er intakt, men deformeret efter en overbelastning. Rækværket er 1m høj og lever derfor ikke op til gældende krav på 1,2m. Rækværket bør derfor udskiftes til et nyt og tidssvarende. Håndlisten udskiftes samtidig, da denne er trukket ud af væggen. Alternativt kan rækværket rettes og håndlisten fastgøres igen.

Væggene ved trappeopgangen bør afrenses, repareres og overfladebehandles for at standse skadesudviklingen.

Som beskyttelse af trappetrinene anbefales det, at udlægge kunststofbelægning på trinene der samtidigt øger skridsikkerheden.

##### Trappenedgange syd:

Rækværket fremstår med områder præget af rust.

Betonoverfladerne har enkelte overfladiske netrevner som følge af frostskaader.

Netrevnerne kan overfladebehandles af æstetiske grunde.

Yderligere er der enkelte revner der bør injiceres for at stoppe udfældningerne. Der er en enkelt dæklagsskade, som bør udbedres.

#### 4.1.8 Ramper:

Belægningen i ramperne virker ny. For at sikre at overfladevand ikke løber ind i parkeringskælderen bør ristene udskiftes med linjeafløb.

Væggene fremstår med enkelte lange revner der bør injiceres og enkelte revner bør reoveres. Yderligere er der korroderede klampsjern fra støbepformen, der har resulteret i betonafskalninger. Resterne bør fjernes og afskalninger bør repareres. Væggene bør efterfølgende overfladebehandles, som forebyggende beskyttelse, og således at, væggene fremstår med ensartet overflade.

Loftet ved ramperne fremstår afskallet med flamingo, stenuld og træbeton, som bør fjernes for udseendets skyld og overfladebehandles sammen med loftet.

For fremtidig vedligeholdelse anbefales det, at fjerne eksisterende espalier og beplantning og erstatte dette med et rækværk, tilsvarende rækværk ved trappenedgang.

## 4.2 Sammenfatning

På kældergulvet bør der laves reparation for at stoppe udviklingen af skaden. For væggene bør der udføres reparationer af revner. Der bør udføres reparation af vægge og særligt søjler, hvor der er forhøjet chloridværdier. Der bør i den forbindelse udtages yderligere chloridanalyser.

Den bærende overbygning bør gennemgå en større reparation både på overside og underside.

Fra oversiden skal fugtisoleringen udskiftes, hvilket betyder at belægning mv. fjernes og reableres sammen med fugtisoleringen. Efter opbrydning af fugtisolering forventes der at skulle udføres reparationer af betonen.

Fra undersiden bør der udføres omfattende nedbrydning af resterende træbeton og dæklag samt udskiftning af korroderet armeringen, for efterfølgende at påføre sprøjtebeton i nødvendigt dæklag.

Trappenedgang i nord bør gennemgå reparation af vægge, der er præget af grove revner, samt udskiftning af rækværket, der har lidt overbelastning.

For trappenedgange i syd bør der udføres enkelte betonreparationer og overfladebehandling samt delvis udskiftning af rækværk og fornyelse af overfladebehandling.

For ramperne bør eksisterende espailer og beplantning fjernes for at kunne udføre vedligehold. Væggene fremstår med revner og betonafskalninger, der bør injiceres og repareres samt overfladebehandles. For at sikre kælderen mod indtrængning af overfladevand, bør der etableres linjeafløb i ramperne.

## 5. BÆREEVNEBEREGNING

### 5.1 Indledning

I forbindelse med særeftersynet er der udført bæreevneberegning for parkeringskælderen. Bæreevneberegningen er udført for dækket og søjlerne, og der er derfor ikke regnet på væggene og funderingen.

### 5.2 Geometri

Konstruktionen er en paddehatkonstruktion, som udelukkende består af dæk og søjler. Det største dækspænd spænder 7,5 m mellem søjlerne. Søjlerne er 8-kantede med en sidelængde på 150 mm, hvilket giver en samlet tykkelse på 360 mm. Ved samlingen til dækket er søjlerne udformet som en 8-kantet paddehat med sidelængde på 430 mm. Dækket er opbygget af 320 mm konstruktionsbeton, 10-20 mm fugtisolerung, 80 mm beskyttelsesbeton og 120 mm asfaltbelægning.

### 5.3 Anvendelse og projekteringsgrundlag

Pladsen over parkeringskælderen anvendes til parkeringsplads. Mellem parkeringspladsen og op- og nedkørselsramper i den nordlige ende er der ført vej over parkeringskælderen. Der er hverken vægtbegrænsning på parkeringspladsen eller den overførte vej.

Pladsen beregnes som et parkeringsdæk iht. DS/EN 1991-1-1 inkl. DK NA. Den overførte vej beregnes både som parkeringsdæk iht. DS/EN 1991-1-1 og som en brokonstruktion iht. DS/EN 1991-2 Anneks A. Konstruktionen henføres til høj konsekvensklasse.

### 5.4 Last

Følgende lastkombination iht. DS/EN 1990 vurderes at være dimensionsgivende – Dominerende nyttelast kombineret med supplerende snelast:

$$1,1 \cdot Egenlast + 1,5 \cdot 1,1 \cdot Nyttelast + 1,5 \cdot 0,3 \cdot 1,1 \cdot Snelast$$

### 5.5 Undersøgelsesomfang

Det vurderes, at de kritiske områder er:

- Momentbæreevnen i dækket over søjlerne
- Momentbæreevnen i dækket i fagmidte mellem søjlerne
- Trykbæreevnen i søjlerne
- Gennemlokning af søjlerne gennem dækket

## 5.6 Tilstandsvurdering

I forbindelse med særeftersynet er konstruktionens tilstand vurderet på baggrund af visuel gennemgang og destruktive undersøgelser.

Tilstanden af armeringen og betonen vurderes forskelligt fra konstruktionsdel til konstruktionsdel.

Tilstandsvurdering		
Konstruktionsdel	Beton	Armering
Oversiden af dækket	100 %	100 %
Undersiden af dækket	100 %	50 %
Søjlerne	60 %	50 %

Tilstanden af betonen tages i regning ved reduktion af den skønnede betonstyrke; tilstanden af armeringen tages i regning ved reduktion af tværsnitsarealet.

## 5.7 Resultater

Beregningerne har vist at konstruktionens bæreevne er overskredet ved beregning i forhold til lastkategori G jf. DS/EN 1991-1-1.

Bæreevneberegning af parkeringsdæk Kategori G (køretøjer op til 16,0 t)			
	Bæreevne	Påvirkning	Udnyttelse
Dæk overside	[kN]	[kN]	[%]
Armering 100% Beton 100%	1092	764	70
Dæk underside	[kNm]	[kNm]	[%]
Armering 100% Beton 100%	76,7	39,2	51
Armering 50% Beton 100%	39,3	39,2	<b>100</b>
Søjle bæreevne	[kN]	[kN]	[%]
Armering 100% Beton 100%	1416	764	54
Armering 50% Beton 60%	849	764	90
Søjle gennemlokning	[MPa]	[MPa]	[%]
Armering 100% Beton 100%	0,41	0,62	<b>153</b>

Beregningerne har ligeledes vist at konstruktionens bæreevne er overskredet ved beregning i forhold til lastkategori F jf. DS/EN 1991-1-1 inkl. DK NA.

Bæreevneberegning af parkeringsdæk Kategori F (køretøjer op til 3,5 t)			
	Bæreevne	Påvirkning	Udnyttelse
Dæk overside	[kN]	[kN]	[%]
Armering 100% Beton 100%	1092	652	60
Dæk underside	[kNm]	[kNm]	[%]
Armering 100% Beton 100%	76,7	33,5	44
Armering 50% Beton 100%	39,3	33,5	85
Søjle bæreevne	[kN]	[kN]	[%]
Armering 100% Beton 100%	1416	652	46
Armering 50% Beton 60%	849	652	77
Søjle gennemlokning	[MPa]	[MPa]	[%]
Armering 100% Beton 100%	0,41	0,53	<b>130</b>

Resultaterne af bæreevneberegningen viser, at konstruktionen ikke har tilstrækkelig bæreevne, til at pladsen over dækket kan benyttes til parkeringsplads. Selv med vægtbegrænsning af parkeringsarealet til 3,5 t køretøjer, overskrides bæreevnen.

## 5.8 Vurdering af bæreevneproblemer

### 5.8.1 Årsag

Konstruktionens tilstand vurderes at være dårlig, med særlig henvisning til armeringens tilstand i søjlerne og i undersiden af dækket og betonens tilstand i søjlerne. Den dårlige tilstand har direkte indflydelse på konstruktionens bæreevne, men det kritiske punkt i forhold til bæreevnen er ikke forårsaget af konstruktionens tilstand.

Det kritiske forhold er derimod konstruktionens svaghed over for gennemlokning, hvilket resulterer i en overudnyttelse af konstruktionen på 30 %, selv hvis dækket forudsættes vægtbegrænset til 3,5 t køretøjer. Årsagen til den utilstrækkelige bæreevne vurderes at skyldes skærpede normkrav siden byggeriets opførelse. Det er et kendt fænomen, at ældre bygværker kan have problemer med at overholde kravene i de gældende normer.



### 5.8.2 Skærpelse af betonnormen

Den tekniske begrundelse for konstruktionens utilstrækkelige bæreevne beror på ændringer i betonnormen. Tidligere var det tilladt at regne med højere betonstyrker i forbindelse med træk og forskydning. Dette forhold er skærpet gradvist gennem tiden, og senest ved indførelsen af Eurocode, som erstatter den tidligere danske betonnorm DS 411.

I det aktuelle tilfælde har konstruktionen en forskydningsstyrke på 0,41 MPa. I DS-normen fra byggeriets opførelse regnedes forskydningsstyrken til 1,2 MPa, hvorved konstruktionen opfyldte kravene ved opførelsen. Normændringen skyldes ikke, at betonen var stærkere før i tiden, men at der i dag stilles skærpede krav til, hvor høj betonstyrke man må regne med, når konstruktionen ikke er forskydningsarmeret.

Gennemlokningsberegningen er halvempirisk og bygger på forsøg fra mange forskellige konstruktionstyper. Indførelsen af skærpede krav for forskydningsarmering skal ligeledes ses i lyset af et ønske om at skabe konstruktioner, som giver varslede brud i stedet for sprøde uarmerede brud. Derfor må der i dag kun regnes med meget små træk- og forskydningsstyrker i uarmeret beton.

### 5.8.3 Konsekvens ved brud

I dette tilfælde omhandler det bæreevnmæssige problem gennemlokning ved søjlerne. Gennemlokning er et forskydningsbrud i en plade, som virker 2-dimensionelt i forhold til et forskydningsbrud i en bjælke, som virker 1-dimensionelt.

Typisk vil man ved forskydningsbrud i bjælker få et varslet brud, hvor det vil komme store revner og deformationer forud for kollaps. Dette skyldes, at bjælker som regel er forskydningsarmerede med bøjlearmering. Plader er derimod sjældent forskydningsarmerede, og i dette tilfælde er der ikke regnet med forskydningsarmering i pladen. Derved er der risiko for at et eventuelt brud vil være et uvarslet, sprødt brud, svarende til et pludseligt kollaps.

Bæreevneberegningen har vist at søjlerne ved de store spænd (71 stk.) har gennemlokningsproblemer, hvorimod søjlerne ved de små spænd (24 stk.) har tilstrækkelig bæreevne såfremt parkeringspladsen vægtbegrænses til 3,5 t køretøjer. I yderste konsekvens kan dette betyde at store dele af dækket uvarslet kan bryde sammen. Konsekvensen af konstruktionens utilstrækkelige bæreevne må altså betegnes som meget stor.

### 5.8.4 Sandsynlighed for brud

Sandsynligheden for kollaps er svær at forudsige og vil under alle omstændigheder kræve yderligere undersøgelser af konstruktionen. Dog kan det pointeres, at konstruktionens nuværende tilstand, som må betegnes som meget dårlig, ikke har indflydelse på bæreevnen i forhold til gennemlokning. Dette betyder, at konstruktionen ikke har dårligere modstand mod gennemlokning end ved

bygværkets opførelse. Derved må sandsynligheden for kollaps anses at være lav, især hvis p-dækket er vægtbegrænset til 3,5 t, som ifølge kommunen er iværksat.

#### 5.8.5 Mulighed for skærpet tilsyn

De akutte bæreevnmæssige problemer omhandler gennemlokning ved søjlerne, og er karakteriseret ved at dækket revner rundt om søjlerne, hvorved dækket falder ned, og søjlerne står tilbage. Det er altså forholdene omkring søjlerne, der skal holdes under opsyn.

Dette kan imidlertid være problematisk af to årsager. For det første er der risiko for, at der sker et uvarslet brud, hvor konstruktionen ikke vil vise tegn på svaghed før kollaps.

Dernæst kommer at det kan være svært at se eventuelle revner. Dette skyldes dels at overfladen på dækkets underside er meget ujævnt efter at tidligere træbeton er fræset væk, og dels at det kun er undersiden af dækket, der kan inspiceres. Havde dækket været opbygget med bjælker kunne disse inspiceres fra siden, hvilket giver et bedre billede af revnerne gennem tværsnittet. Dette er ikke muligt for et pladedæk. Det vurderes derfor, at et skærpet tilsyn ikke er tilstrækkeligt til at garantere konstruktionens sikkerhed.

### 5.9 Forstærkning

Dækket har et akut behov for at blive forstærket ved søjlerne for at holde til færdsel på dækket med køretøjer på op til 3,5 t. Denne forstærkning udføres nemmest ved en påstøbning oven på det eksisterende dæk for at øge dæktykkelsen.

Bæreevneberegning ved små spænd Kategori F (køretøjer op til 3,5 t)			
	Bæreevne	Påvirkning	Udnyttelse
Dæk overside	[kN]	[kN]	[%]
Armering 100% Beton 100%	1092	464	42
Dæk underside	[kNm]	[kNm]	[%]
Armering 100% Beton 100%	76,7	17,3	23
Armering 50% Beton 100%	39,3	17,3	44
Søjle bæreevne	[kN]	[kN]	[%]
Armering 100% Beton 100%	1416	464	33
Armering 50% Beton 60%	849	464	55
Søjle gennemlokning	[MPa]	[MPa]	[%]
Armering 100% Beton 100%	0,41	0,38	93

Det er i det foregående vist at bæreevnen er utilstrækkelig i de store spænd. Bæreevnen ved de små spænd er ligeledes undersøgt for gennemlokning ved søjler, da de resterende konstruktionsdele er eftervist i den forgående beregning. Ved søjlerne ved de små spænd er bæreevnen tilstrækkelig til færdsel med 3,5 t køretøjer, hvor bæreevnen mod gennemlokning er udnyttet med 93 %.

På nuværende tidspunkt begrænser bæreevneproblemerne sig til gennemlokning ved søjler ved store spænd. Konstruktionen vil dog inden for en kort årrække få utilstrækkelig bæreevne flere steder på grund af skadesudviklingen. Det er især undersiden af brodækket der vil få bæreevnmæssige problemer. Derfor anbefales det at udføre en midlertidig forstærkning der afhjælper de nuværende problemer og de fremtidige problemer.

## 5.10 Vurdering af alternativ løsning

Kommunen har efterspurgt en økonomisk vurdering af at fylde p-kælderen med sand. En løsning baseret på at fylde kælderen med sand giver en stor udførelsesmæssig udfordring i forhold til at opnå den ønskede effekt. Dette knytter sig dels til problematikken med at få fyldt kælderen helt op og dels til problematikken med at få komprimeret sandet tilstrækkeligt.

Såfremt der ikke udføres tilstrækkelig opfyldning og komprimering vil sandet ikke understøtte konstruktionen, hvorved der ikke bidrages til dækkets bæreevne. Det vil dog have den effekt, at konsekvensen ved kollaps nedsættes betragteligt, dels da der ikke opholder sig personer i kælderen, og dels da nedstyrning begrænses ved et eventuelt kollaps.

For at sikre dækkets bæreevne kan det blive nødvendigt kun at fylde sand til et niveau hvor tilstrækkelig komprimering kan sikres og derefter udstøbe det tilbageværende hulrum med beton.

Da der ikke er udarbejdet et egentligt projekt, vil en vurdering af omkostningerne ved at fylde kælderen med sand være behæftet med stor usikkerhed.

Opfyldning af kælder med sand	kr. 1.500.000
Etablering af ny nedgang til transformerstation	<u>kr. 350.000</u>
Entreprenøromkostninger i alt ekskl. moms	kr. 1.850.000

## 6. DISPOSITIONSFORSLAG

### 6.1 Indledning

I dette afsnit er opstillet to udbedringsstrategier for bygværket:

- Strategi A – Totalrenovering af parkeringskælder samt forstærkning og omisolering af dæk..
- Strategi B - Midlertidig understøtning af dæk over parkeringskælder.

Ved strategierne er anvendt en tidshorizont for fremtidige reparationsarbejder på 30 år.

### 6.2 Strategi A – Totalrenovering af parkeringskælder

#### 6.2.1 Teknisk beskrivelse

Parkeringskælderen gennemgår en omfattende renovering af overside og underside af dæk samt stor renovering af søjler og vægge. Samtidig renoveres den hårdt medtaget trappenedgang i nord og trappenedgangene i syd fornyes. Ramperne renoveres for enkelte synlige skader og overfladebehandles.

#### Gulv:

Et mindre areal i NV behugges og genstøbes, for at stoppe udviklingen af huller.

#### Vægge:

Vægge behugges ind bag armering hvor der konstateres høje chloridværdier. Armering afrenses og korrosionsbeskyttes, hvorefter der genstøbes. Resterende vægge afrenses og revner injiceres. Væggene overfladesbehandles derefter.

#### Søjler:

Søjler behugges og armering afrenses og korrosionsbeskyttes, hvorefter der genstøbes og overfladebehandles.

#### Underside af dæk:

Underside af dæk renses for resterende træbeton og hvor der er tydelige dæklagsskader og gennemsvinninger skal undersiden renses/behugges til sund beton. Armeringen i undersiden forstærkes eller udskiftes hvor det er korroderet. Der sprøjtes nyt dæklag på hele undersiden af dækket for at sikre et ordentlig dæklag, så levetiden forlænges.

#### Overside af dæk:

Overside af dækket over parkeringskælderen blotlægges ved opbrydning af belægning, beskyttelsesbeton og fugtisolering. I nødvendigt omfang udføres der betonreparationer og udskiftning af armering. Omkring parkeringskælderen udføres der dræn. Oversiden fugtisoleres med fugtisolering type IVa, med opbygning af drænlag og asfalt.

I forbindelse med reparationsarbejdet fra oversiden skal der udføres forstærkning af dækket mod forskydning. Omfanget af forstærkning skal klarlægges nærmere. I økonomisk vurdering pkt. 6.2.4, er indeholdt etablering af armeret overbeton, der umiddelbart vurderes at øge bæreevnen i en grad så 3,5 t køretøjer kan tillades.

#### Trappenedgang Nord:

Væggene behugges og renses til sund beton. Armering afrenses og korrosionsbeskyttes, hvorefter der genstøbes og overfladebehandles. Rækværk udskiftes med tidssvarende rækværk, der lever op til gældende krav, og håndlister udskiftes. Betontrin renses og påføres kunststofbelægning for forlængelse af levetiden.

#### Trappenedgange Syd:

Betonoverflader afrenses og skader repareres hvorefter der overfladebehandles til forebyggelse af skader. Korroderede rækværk udskiftes og overdækning og rækværker overfladebehandles af æstetiske grunde.

#### Ramper:

Espalier og beplantning fjernes. Områder med betonafskalninger og løs beton ved revner, behugges og genstøbes. Revner injiceres. Resterende vægge renses og overfladebehandles sammen med reparationerne. Der etableres linjeafløb i rampebundene for at sikre, at der ikke er stående vand i kælderen. Der opsættes nyt rækværk omkring ramperne.

### 6.2.2 Tidsplan

Det forudsættes at arbejdet udføres af en omgang, hvilket anslås at kunne udføres over en tidsperiode på 5-6 måneder.

### 6.2.3 Trafikale forhold

Parkeringspladserne i kælderen og over parkeringskælderen nedlægges i hele renoveringsperioden og der må henvises til omkringliggende parkeringspladser og parkeringshuse. De tilhørende veje ved rådhuspladsen lukkes hele perioden hvor oversiden renoveres. Der skal sandsynligvis også foretages en ensretning af vejen "Rådhuspladsen" i den nordøstlige side, for at der kan arbejdes på dækket og etableres dræn. Efter udførelsen af dræn omkring parkeringskælderen kan ensretningen ophæves.

Det er ikke fordelagtigt at opdele reparationsarbejdet i faser i forhold til trafikken, da reparationsarbejdet over kælder vil spærre for tilkørselsmuligheden til ramperne og reparationsarbejdet i kælder skal udføres uden belastning på kælderen.

#### 6.2.4 Økonomisk opstilling

Beskrivelse	Beløb
<b>Indledende arbejde</b>	
Nedtagning og genopsætning af sprinkleranlæg og andre installationer	150.000 Kr.
<b>Gulv</b>	
Betonreparation	5.000 Kr.
<b>Vægge</b>	
Injicering af revner	10.000 Kr.
Betonreparationer	400.000 Kr.
Overfladebehandling af vægge	98.000 Kr.
	<hr/> 508.000 Kr.
<b>Søjler</b>	
Behugning og betonreparationer	275.000 Kr.
Overfladebehandling af søjler	64.000 Kr.
	<hr/> 339.000 Kr.
<b>Dæk overside</b>	
Opbrydning af eksisterende belægning og fugtisolering (100%)	1.400.000 Kr.
Betonreparationer (20% af samlet overfladeareal)	1.750.000 Kr.
Affræsning og etablering af overbeton og forstærkning* (100%)	7.350.000 Kr.
Etablering af ny fugtisolering, type IVa (100%)	3.700.000 Kr.
Etablering af omfangsdræn inkl. opgravning og tilfyldning	500.000 Kr.
Reetablering af asfaltbelægning	3.150.000 Kr.
Reetablering af stenbelægning inkl. opbygning	525.000 Kr.
	<hr/> 18.375.000 Kr.
<b>Dæk underside</b>	
Betonreparationer (80%) + sprøjtebeton (100% af samlet overfladeareal)	7.000.000 Kr.
Overfladebehandling af underside dæk	700.000 Kr.
	<hr/> 7.700.000 Kr.
<b>Trappenedgang Nord</b>	
Afrensning, reparation og overfladebehandling	150.000 Kr.
Nedtagning og bortskaffelse af eksisterende rækværk og håndlister	8.200 Kr.
Levering og montage af nyt rækværk	28.800 Kr.
Levering og montage af nye håndlister	25.000 Kr.
Kunststofbelægning på trappetrin	45.000 Kr.
	<hr/> 257.000 Kr.
<b>Trappenedgang Syd</b>	
Demontering og montering af trapper og overdækning	30.000 Kr.
Betonreparationer	15.000 Kr.
Afrensning og overfladebehandling	32.000 Kr.
Delvis udskiftning af rækværk + fornyelse af overfladebehandling	20.000 Kr.
	<hr/> 97.000 Kr.

**Ramper**

Fjernelse af espalier og beplantning	50.000 Kr.
Nedbrydning af resterende træbeton og isolering	15.000 Kr.
Betonreparationer af vægge og overside	37.500 Kr.
Injicering af revner	10.000 Kr.
Linjeafløb (ACO-dræn) ved rampebund	50.000 Kr.
Etablering af nyt rækværk	162.000 Kr.
Overfladebehandling af vægge i rampe	84.000 Kr.
	<hr/>
	408.500 Kr.
Subtotal	27.839.500 Kr.
Anstilling, byggeplads m.v. 7%	1.948.800 Kr.
Subtotal	29.788.300 Kr.
Diverse og uforudsigelige udgifter 10%	2.978.800 Kr.
Subtotal	32.767.100 Kr.
Projektering, udbud, kontrahering, byggeledelse, fagtilsyn og arbejds miljøkoordinering 7,5%	2.457.500 Kr.
Udlæg	50.000 Kr.
	<hr/>
I alt excl. Moms	<u>35.274.600 Kr.</u>

\*Omfang af forstærkning skal klarlægges nærmere.

Prisniveau 1. kvartal 2015.



### 6.3 Strategi B – Midlertidig understøtning af dæk

#### 6.3.1 Teknisk beskrivelse

Iht. bæreevneberegning beskrevet i afsnit 5 er dækket ved søjlerne ved de store spænd over vejarealerne i parkeringskælder, overudnyttet ift.

Gennemlokningsbæreevnen. Derudover er dækket meget tæt på fuldt udnyttet ift. moment i midt af de store spænd samt for gennemlokning ved søjlerne for de små spænd.

Skadestypen gør at skaderne meget hurtigt kan udvikle sig til et niveau, hvor der også vil være utilstrækkelig bæreevne for både moment og gennemlokning i de store og de små spænd.

Derfor er det vurderet at være nødvendigt at lave midlertidige understøtning i både de store og de små spænd.

Dette er gjort for at sikre en fornuft tidshorisont for den midlertidige understøtning.

Der laves en midlertidig understøtningskonstruktion, der aflaster dækket ift. til gennemlokning ved søjler og momentpåvirkning midtspænd, for både de store og de små spænd.

Konstruktionen udføres ved at opstille bjælke/søjle system med søjler ved de eksisterende søjler, der understøtter et gitter af længde- og tværbjælker. Bjælke/søjle systemet udføres i HEB-profiler.

Skitse af den midlertidige understøtningskonstruktion fremgår af billag 6

Denne konstruktion vil være istand til at optage kræfterne på dækket i både de store og de små spænd og sikrer at parkeringsdækket kan holdes åbent for køretøjer på op til 3,5 t.

Der kan eventuelt foretages yderligere understøtning under kørevej til Smedegade via Rådhuspladsen, sådan at der på vejen kan tillades køretøjer der er tungere end 3,5 t. Dette vil kræve yderligere undersøgelser.

Det er nødvendigt inden projekteringen af den midlertidige understøtning igangsættes, at foretage en forundersøgelse der skal klarlægge omfanget af de eksisterende fundamenter for søjlerne, for at se om det er muligt at placere søjlerne for den midlertidige konstruktion oven på disse.

I nedenstående prisoverslag er det forudsat at søjlerne kan placeres over de eksisterende fundamenter.

Såfremt dette ikke er tilfældet, vil det medføre ekstraomkostninger til projektering og udførelse af ekstra fundamenter.



### 6.3.2 Tidsplan

Det forventes at den midlertidige understøtning kan opsættes i løbet af 8-10 uger.

### 6.3.3 Trafikale forhold

Iht. afsnit 5.7 har dækket ikke tilstrækkelig bæreevne til at det kan benyttes til parkeringsplads. Det er derfor nødvendigt at holde dækket og kørevejn afspærret for trafik indtil den midlertidige forstærkning er udført.

Udformingen af den midlertidige understøtning, der hverken reducerer manøvre areal eller båsbredde, bevirker at det er muligt at opretholde samme antal parkeringspladser i kælderen.

Det kan dog blive nødvendigt med en yderligere højdebegrænsning af parkeringspladserne i kælderen.

### 6.3.4 Økonomisk opstilling

Byggeplads	kr. 500.000,00
Entreprenøromkostninger*	kr. 5.500.000,00
Uforudsete udgifter	kr. 500.000,00
<b>Entreprenøromkostninger i alt</b>	<b>kr. 6.500.000,00</b>
Projektering, udbud og tilsyn*	kr. 400.000,00
Forundersøgelse, klarlæggelse af eksisterende fundamenters størrelse	kr. 50.000,00
<b>Rådgiverudgifter i alt</b>	<b>kr. 450.000,00</b>
<b>I alt, ekskl. moms</b>	<b><u>kr. 6.950.000,00</u></b>

\*Forudsat at søjler for den midlertidige konstruktion kan placeres oven på de eksisterende fundamenter.

Prisniveau 2015

## 6.4 Økonomisk vurdering

### 6.4.1 Økonomisk sammenligning

Udføres strategi B vil den midlertidige understøtning være i stand til at bære lasten fra dækket fuldt ud. Derfor gør den midlertidige understøtning af udførelse af strategi A kan udskydes med 5-10 år.

Samtidigt bevirker udførelse af strategi B, at Strategi A kan opdeles i flere etaper og derfor udføres over en længere årrække.

Dog skal det på det kraftigste understreges, at da der er tale om alkali-kisel og klorid relaterede skader, vil en udskydelse af strategi A, grundet skadesudviklingen, med stor sandsynlighed medføre en væsentlig forøgelse af omkostningerne for denne.

### 6.4.2 Følsomhedsanalyse og vurdering

På baggrund af ovenstående anbefales det at strategi A bringes til udførelse inden for 1-3 år, og at parkeringsdækket og kælderen afspærres for alt trafik, indtil strategi A er bragt til udførelse.

## 7. KONKLUSION OG INDSTILLING

Bygværket lider store skader som følge af vandgennemsvivninger og indtrængning af chlorider i vægge, søjler og dæk. Ved bæreevneberegning konstateres det at bygværket ikke har tilstrækkelig bæreevne til forsat at anvendes som parkeringsareal og som kørevej. Det anbefales derfor at afspærre området straks.

Bygværkets levetid kan forlænges, hvis vandgennemsvivningerne stoppes snarest og indtrængning af chlorider i vægge, søjler og dæk stoppes. Hvis arealet over kælderen skal anvendes som parkeringsareal, skal der laves forstærkning af dækket.

Det er et kendt fænomen at ældre konstruktioner projekteret efter den gamle danske betonnorm har problemer med at opfylde kravene for forskydningbæreevne som den gældende Eurocode foreskriver. Forstærkningen er tiltænkt som en påstøbing på oversiden af dækket for at øge dæktykkelsen.

På baggrund af de observerede skader og udførte undersøgelser vurderes det, at være nødvendigt at omisolere parkeringskælders overside og udbedre skaderne. Skaderne på underside af armering i dækket, skal udbedres, da det bærer præg af kraftig korrosion og synlige armeringsjern. Renovering af belægning, fugtisolering og bærende overbygning bør ske inden for 1-3 år.

På baggrund af de observerede skader og udførte undersøgelser, foretaget på vægge og søjler, bør indtrængning af chlorider stoppes. Det forventes at samtlige søjler skal repareres, ved behugning og udskiftning af beton og mindre omfang udskiftning af armering for den nedre del af søjlen. Omfanget skal vurderes ved udtagelse af chloridprøver i flere niveauer. Dele af væggene bør gennemgå samme reparation. Yderligere bør revnerne i væggene repareres og overfladebehandles. Reparationer af søjler og vægge bør ske inden for 1-5 år.

Trappenedgangen i nord bør repareres for grove revner i væggene og få udskiftet rækværket efter en overbelastning, til et nyt tidssvarende rækværk så sikkerheden kan opretholdes. Trappenedgangene i syd bør repareres for overfladiske revner for at stoppe udviklingen og rækværket bør fornyes.

Over ramperne bør espalier og beplantning fjernes, og betonkanterne bør repareres. Herefter bør der opsættes rækværker uden beplantning for at kunne gennemføre tilfredsstillende eftersyn fremover. Ramperne bør repareres for revner og betonafskalninger, og overfladebehandles sammen med resterende del af kælderen. For at sikre kælderen mod overfladevand, bør der etableres linjeafløb ved bund af ramper.

For gennemførelse af de foreslåede reparationsarbejder er det nødvendigt at afspærre arealet over parkeringskælderen samt parkeringskælderen. Dette betyder også at vejen over kælderen afspærres og trafikken over til den vestlige del af pladsen forhindres, da vejen er ensrettet.

I forbindelse med omisolering forventes det, at vejene omkring Rådhuspladsen indsnævres eller afspærres i et vist omfang.

Der er opstillet to udbedringsstrategier for bygværket. Strategi A omhandler totalreovering af bygværket samt forstærkning af dækket og udlægning af fugtisolering på oversiden af dækket. Forstærkningen vil øge bæreevnen tilstrækkeligt til at Rådhuspladsen kan anvendes til parkeringsplads for køretøjer op til 3,5 t.

Det anses at være fordelagtigt at udføre samtlige reparationer i samme omgang, da de trafikale gener er større ved en opdeling, og udgifter er større ved flere anstillinger.

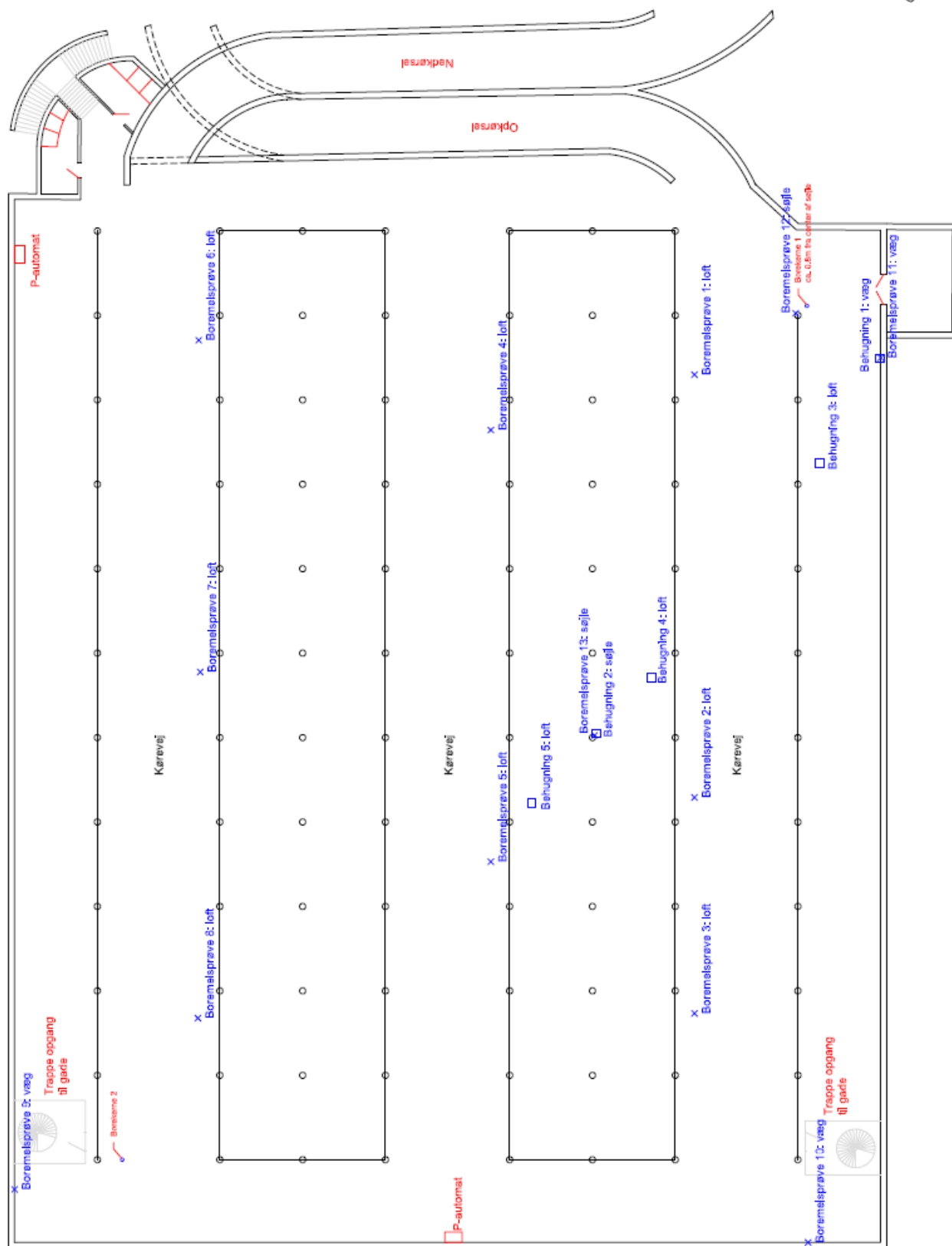
Såfremt det ikke er økonomisk muligt at udføre forstærkningen straks er der i strategi B foreslået en midlertidig understøtning af dækket. Denne midlertidige understøtning har til formål at sikre at bygværket kan anvendes af køretøjer op til 3,5 t, indtil det bliver økonomisk muligt at udføre reparationsarbejderne. Ved at udskyde reparationsarbejderne må der dog påregnes øgede reparationsomkostninger afhængig af hvor meget skaderne forværres.

Der kan eventuelt udføres yderligere understøtning under kørevej for dæk sådan at der kan tillades køretøjer der er tungere end 3,5 t. Dette vil kræve yderligere undersøgelse understøtningskonstruktionen.

Samlet set må indstilles at bygværket afspærres straks og at strategi A bringes til udførelse inden for 1-3 år.

De samlede entreprenør- og rådgiverudgifter forbundet med hovedreovering og forstærkning er anslået til ca. 35 mio. kr. ekskl. moms.

## BILAG 1 PLACERING AF PRØVEUDTAGNINGER



## BILAG 2 FOTOREGISTRERING





1. Underside af dæk: Gennemsvivninger i rette linjer.



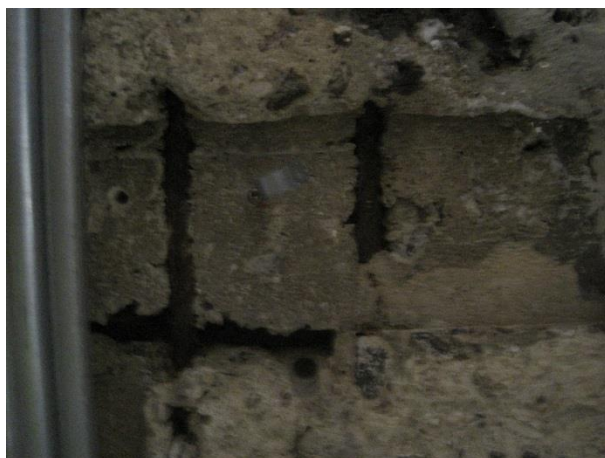
2. Underside af dæk: Gennemsvivninger i rette linjer.



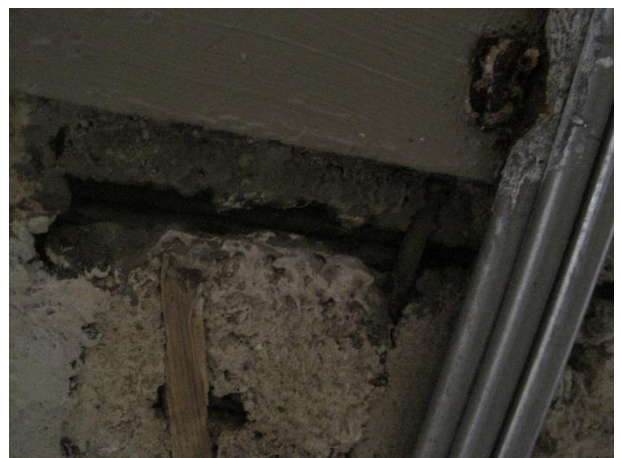
3. Underside af dæk: Blotlagt armering uden dæklag.



4. Underside af dæk: Gennemtæret armering.



5. Underside af dæk: Blotlagt armering uden dæklag.



6. Underside af dæk: Blotlagt armering uden dæklag.





7. Kældervægge: Afskalninger på kældervæg (N).



8. Kældervægge: Grove revner i kældervæg (NØ).



9. Kældervægge: Afskalninger på kældervæg og dannelse af saltkrystaller (NØ).



10. Kældervægge: Revner i kældervæg med gennemsivninger af vand (SV).



11. Kældervægge: Rustudfældninger fra samling mellem væg og dæk (SØ).



12. Kældervægge: Dannelse af saltkrystaller på kældervæg (NØ).

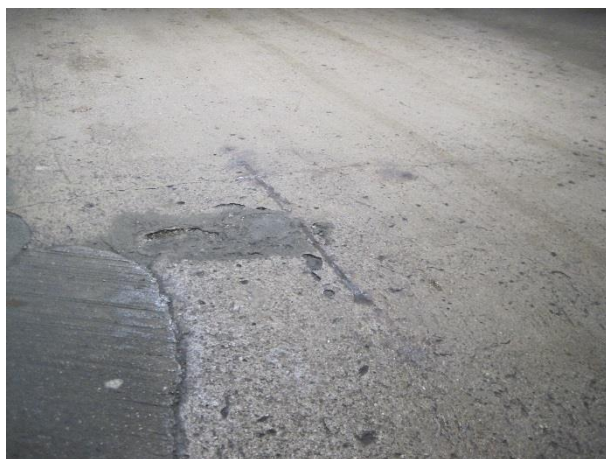




13. Kældergulv: Hullet kældergulv (NV).



14. Kældergulv: Porøs beton fra kældergulvet (NV).



15. Kældergulv: Hullet kældergulv med plamager (NV).



16. Kældergulv: Vådt kældergulv fra overfladevand og gennemsivninger gennem loft og væg (NØ).



17. Kældergulv: Vand fra opkørselsrampe (NØ).



18. Kældergulv: Opkørselsrampe (NØ).





19. Ramper: Revner i vægge ved ramper (Ø).



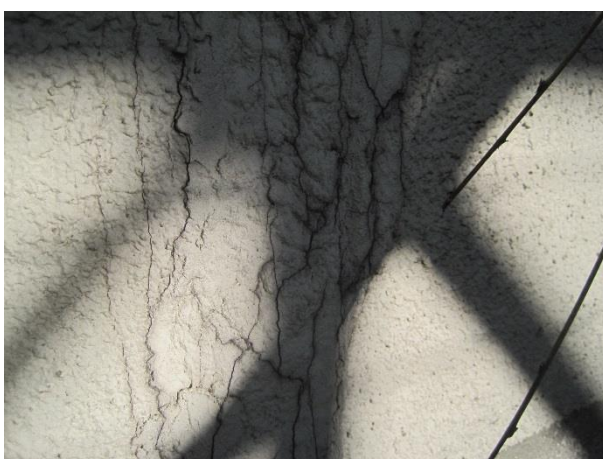
20. Ramper: Betonafskalninger fra jern fra støbeform (N).



21. Ramper: Betonafskalninger i overside af rampevægge (V).



22. Ramper: Revne i rampevæg (S).



23. Ramper: Revnet og porøs beton i rampevæg (N).



24. Ramper: Revne ved nedkørselsrampe (V).





25. Trappenedgang N: Rækværk ved trappenedgang i nord. Skævt pga. påkørsel.



26. Trappenedgang N: Håndliste efter påkørsel.



27. Trappenedgang N: Revnet overside af væg ved trappenedgang.



28. Trappenedgang N: Højde af rækværk.



29. Trappenedgang N: Grove revner mellem væg og trappetrin.



30. Trappenedgang N: Revner i væg ved trappenedgang.





**31.** Trappenedgange S: Revner i loft ved trappenedgang i syd.



**32.** Trappenedgange S: Revner i væg ved trappenedgang.



**33.** Trappenedgange S: Netrevner ved trappenedgang.



**34.** Trappenedgange S: Afskalning og rustudfældning ved trappenedgang.



**35.** Trappenedgange S: Revner og afskalning på trin ved trappenedgang.



**36.** Trappenedgange S: Netrevner i væg ved rækværk og stærkt rustet rækværk.





37. Belægning over dæk: Ujævn belægning og vandpytter efter asfaltarbejde (Midt).



38. Belægning over dæk: Vandpytter på belægningen (N).



39. Belægning over dæk: Huller og porøs asfalt omkring afvandingsrist (NØ).



40. Belægning over dæk: Opbrydning af asfalt, beskyttelsebeton og fugtisolerings. Porøs beskyttelsesbeton (NØ).



41. Belægning over dæk: Borekerne og behugning af dæk ned til spiralarmering (NØ).



42. Belægning over dæk: Behugning af overside dæk til spiralarmering (NØ).

**BILAG 3 BEHUGNINGER, DÆKLAGSMÅLING OG BETONSTILSTANDSVURDERING**





1. Behugning af væg: Stærkt korroderet armering (NØ).



2. Behugning af væg: Stærkt korroderet armering (NØ).



3. Behugning af søjle nr. 67: Porøs beton og stærkt korroderet armering.



4. Behugning af søjle nr. 67: Stærkt korroderet armering i søjle.



5. Behugning af søjle nr. 67: Bestemmelse af carboniseringsfronten.



6. Behugning af søjle nr. 67: Bestemmelse af carboniseringsfronten.





7. Behugning af loft (nr. 3): Begyndende overflade rust.



8. Behugning af loft (nr. 5): Begyndende overflade rust.



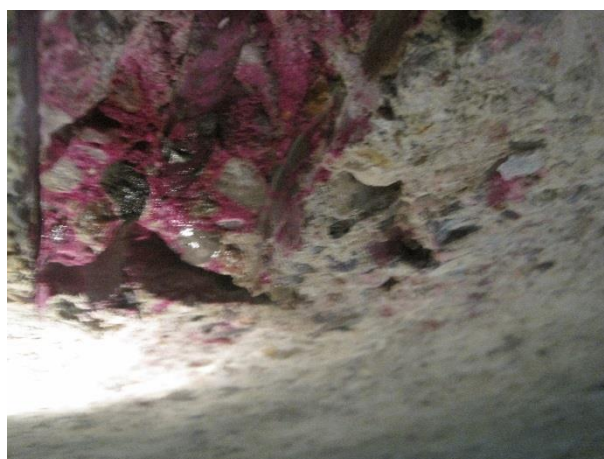
9. Behugning af loft (nr. 5): Begyndende overflade rust.



10. Behugning af loft (nr. 5): Bestemmelse af carbonatiseringsfronten.



11. Behugning af loft (nr. 5): Bestemmelse af carbonatiseringsfronten.



12. Behugning af loft (nr. 5): Bestemmelse af carbonatiseringsfronten.



13. Behugning af overside: Uden korrosion.



14. Behugning af overside: Uden korrosion.



15. Behugning af overside: Uden korrosion.



<b>Sagsnr.:</b>	<b>Byg. nr.:</b>	<b>Bygværksnavn:</b>	<b>Dato:</b>
330.01		Parkeringskælder, Rådhuspladsen	11.03.2015

<b>Kunde:</b>
Slagelse Kommune

<b>Udført:</b>	<b>Kontrol:</b>
NINI / KAMO	

<b>Behugningsprøver</b> Vurdering af betonkvalitet og armering.	Behugningsnummer	Betonkvalitet 1-5	Armeringstype	Korrosionsgrad 1-5	Karbonatiseringsfront	Opmålt dæklag	Armerings dimension
Behugning af væg, armering lodret	1	3	K	3	0-10	35	K12
Behugning af væg, armering vandret	1	3	R	3	0-10	50	R8
Behugning af søjle, armering lodret	2	4	R	3	2-22	25	R12
Behugning af søjle, armering vandret	2	4	R	4	2-22	19	R6
Behugning af loft	3	1	K	1	0-8	25	K12
Behugning af loft	4	1	T	2	2-15	26	T12
Behugning af loft	5	1	T	2	2-15	23	T12
Behugning af overside dæk, ved borekerne 1		1	T	0		70	T14
Behugning af overside dæk, ved borekerne 1, 1,5m væk		1	T	0		95	T14

**Betonkvalitet**  
**Vurdering ved behugning og visuel registrering.**

- 1** Fast klingende god sammenhæng
- 2** Beton med middelgod sammenhæng
- 3** Porøs beton der let behugges
- 4** Meget porøs beton
- 5** Beton der er fuldstændig nedbrudt

**Korrosionsgrad**  
**Visuel vurdering**

- 0** Uden korrosion
- 1** Armering med begyndende spor af rust
- 2** Armering med tydelig overfladerust
- 3** Armering med afskallende rust og begyndende tværsnitsreduktion
- 4** Armering dybe grubetæringer og tværsnitsreduktion

## BILAG 4 CHLORIDPRØVER

Antal prøver:	Antal profiler pr. prøve:	Samlet antal	Nr.	Intervaller:
15	2	30	A	0-25
			B	25-50

Prøve	Placering	Nummer	Interval	Resultat [mV]	Resultat [% CI]
1	Loft	1A	0-25	43	0,1092
		1B	25-50	75	0,0284
					-
					-

Prøve	Placering	Nummer	Interval	Resultat [mV]	Resultat [% CI]
2	Loft	2A	0-25	32	0,1717
		2B	25-50	37	0,1398
					-
					-

Prøve	Placering	Nummer	Interval	Resultat [mV]	Resultat [% CI]
3	Loft	3A	0-25	72	0,0323
		3B	25-50	75	0,0284
					-
					-

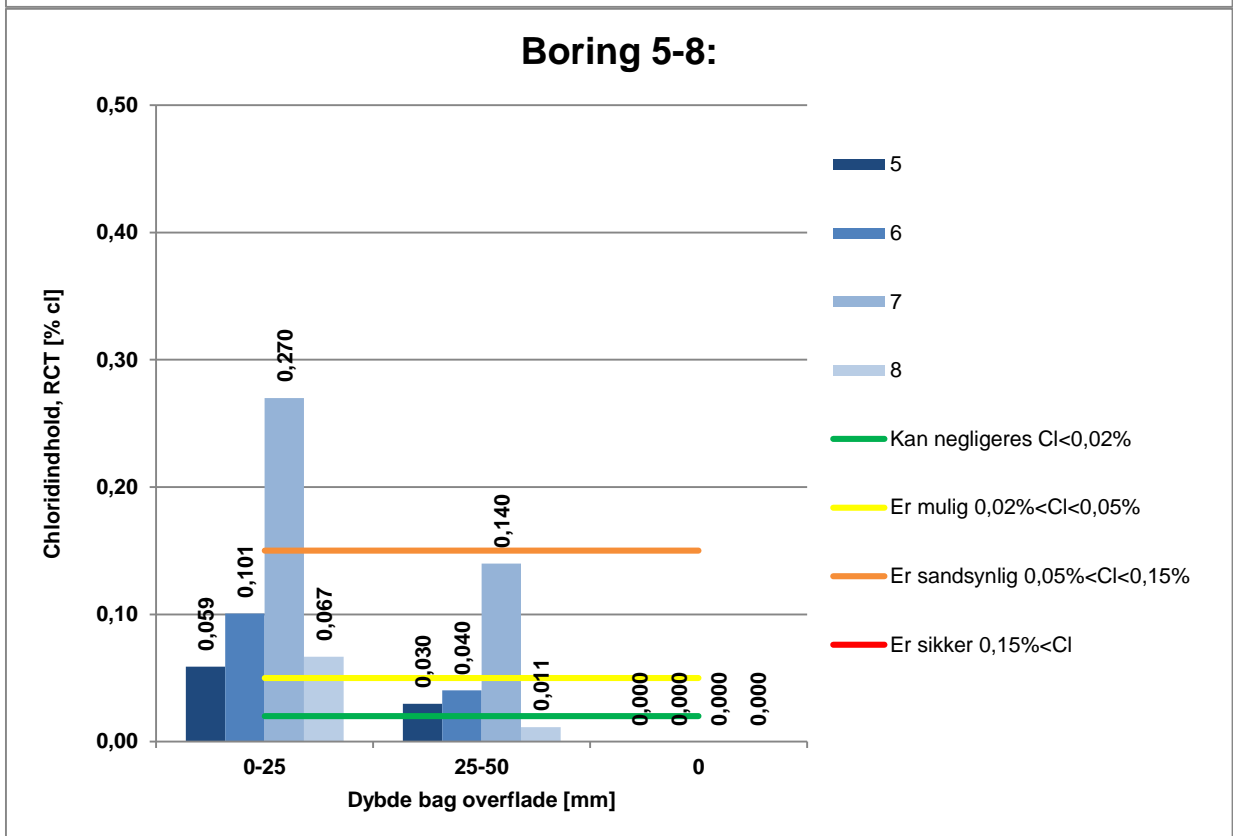
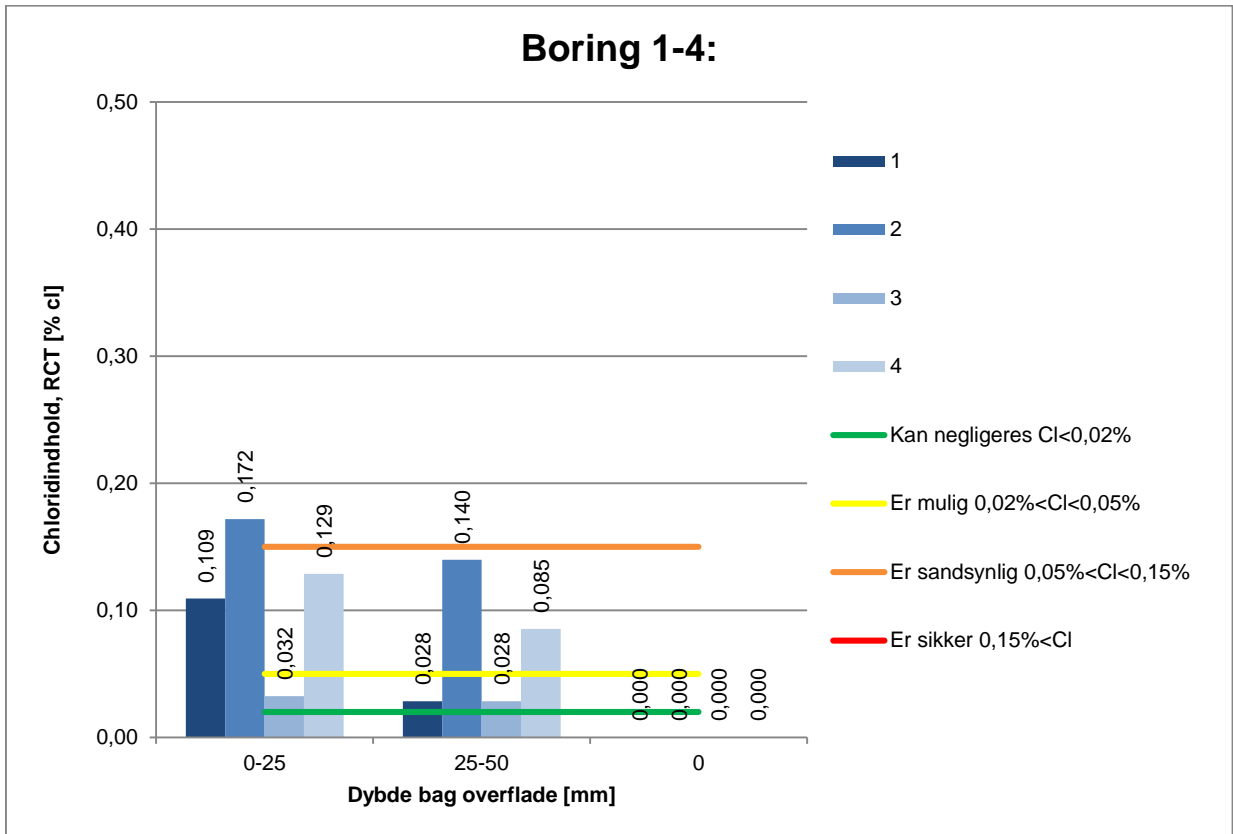
Prøve	Placering	Nummer	Interval	Resultat [mV]	Resultat [% CI]
4	Loft	4A	0-25	39	0,1287
		4B	25-50	49	0,0853
					-
					-

Prøve	Placering	Nummer	Interval	Resultat [mV]	Resultat [% CI]
5	Loft	5A	0-25	58	0,0589
		5B	25-50	74	0,0296
					-
					-

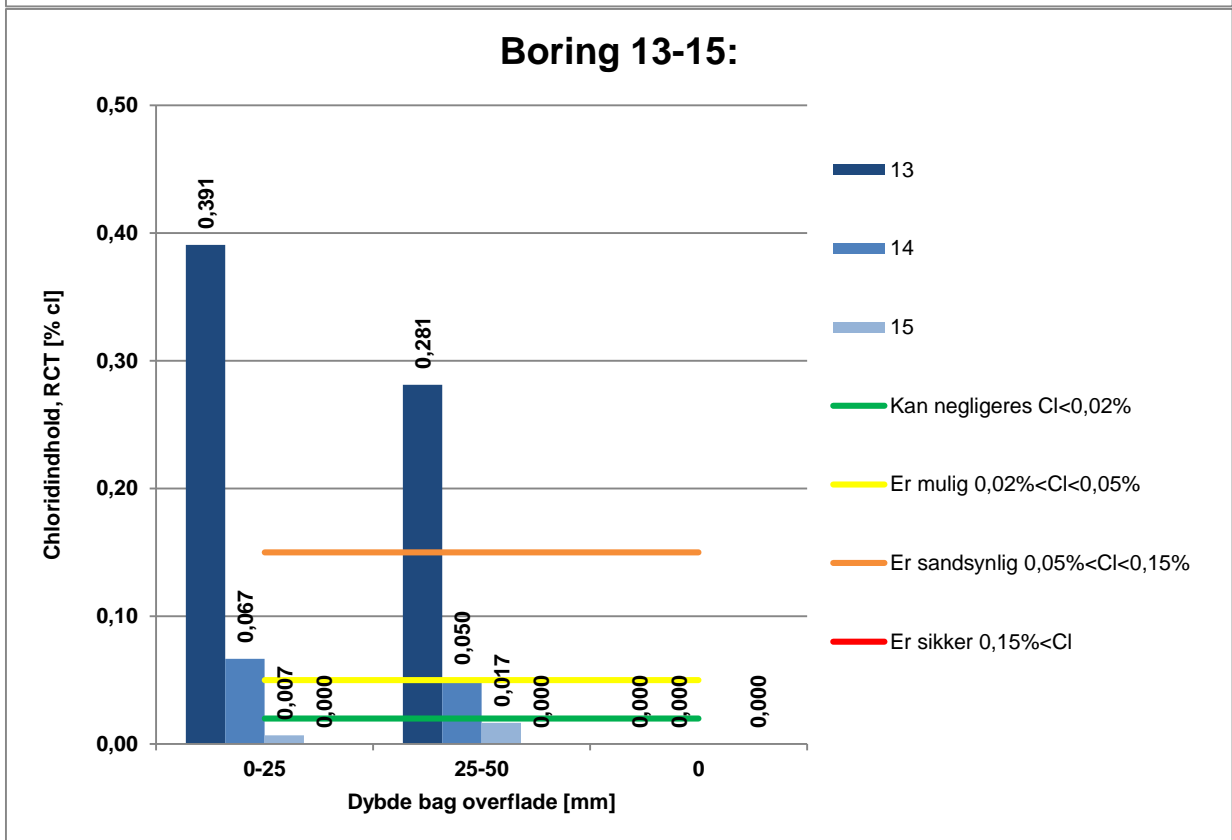
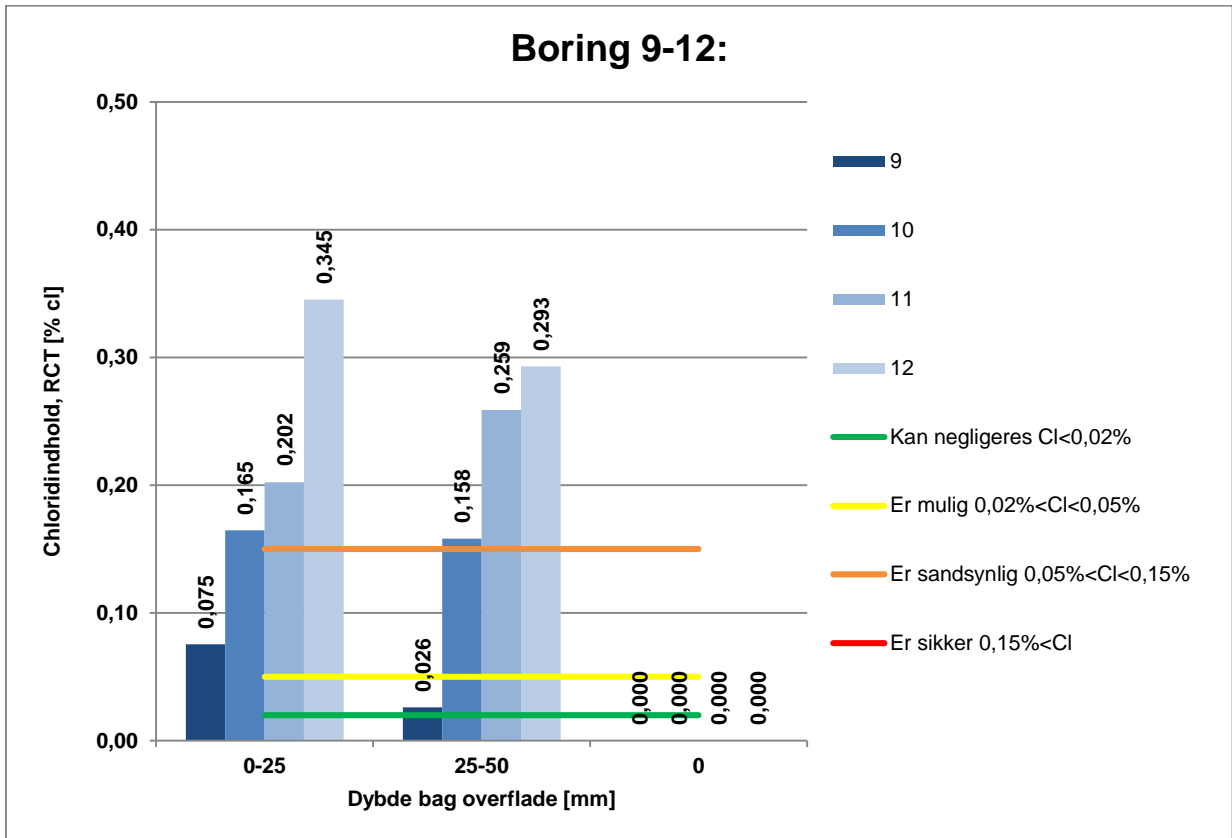
Prøve	Placering	Nummer	Interval	Resultat [mV]	Resultat [% CI]
6	Loft	6A	0-25	45	0,1006
		6B	25-50	67	0,0402
					-
					-

Prøve	Placering	Nummer	Interval	Resultat [mV]	Resultat [% CI]
7	Loft	7A	0-25	21	0,2698
		7B	25-50	37	0,1398
					-
					-

Prøve	Placering	Nummer	Interval	Resultat [mV]	Resultat [% CI]
8	Loft	8A	0-25	55	0,0667
		8B	25-50	94	0,0114
					-
					-
9	Væg	9A	0-25	52	0,0754
		9B	25-50	77	0,0260
					-
					-
10	Væg	10A	0-25	33	0,1648
		10B	25-50	34	0,1581
					-
					-
11	Væg	11A	0-25	28	0,2024
		11B	25-50	22	0,2590
					-
					-
12	Søjle	12A	0-25	15	0,3453
		12B	25-50	19	0,2930
					-
					-
13	Søjle	13A	0-25	12	0,3907
		13B	25-50	20	0,2812
					-
					-
14	Dæk overside	14A	0-25	55	0,0667
		14B	25-50	62	0,0500
					-
					-
15	Dæk overside	15A	0-25	Fra separat måling	0,0069
		15B	25-50	Fra separat måling	0,0166
					-
					-







## **BILAG 5 BOREKERNEANALYSE**

## Rapport

---

BroConsult  
Sankt Peder Stræde 4A  
4000 Roskilde  
Att.: Nicolai Nielsen

Søborg, den 8. april 2015

---

Undersøgelse:	<b>Borekerneanalyse - petrografi</b>
Test metode:	DS 423.40-43
Materiale:	2 borekerner: ~100mm (modtaget 16.marts 2015)
Prøve mrk.	1 og 2 (Rekvirentoplysning)
Udtagningssted:	Rådhuspladsen, Slagelse (Rekvirentoplysning)
Konstruktionstype:	Terrændæk over P-kælder, (Rekvirentoplysning)
Rekvirent:	BroConsult
Sags nr.:	<b>15-095</b>


---

Efter aftale med Nicolai Nielsen, BroConsult, har vi beskrevet sammensætning og tilstand af betonen i modtagne to borekerner vha. makroanalyse og tyndslibsanalyse.

Prøverne blev tørret ved 35°C i et døgn, vakuum-imprægneret med fluorescerende epoxy og efterfølgende gennemskåret aksialt. Derefter blev der fremstillet et fluorescensimprægneret tyndslib fra den overfladenære del af hver kerne. Plansnit og tyndslib er analyseret i stereomikroskop og polarisationsmikroskop, begge udstyret til fluorescensanalyse.

Resultater og fotodokumentation er vedlagt.

Pelcon Materials & Testing ApS

  
Peter Laugesen  
Seniorgeolog, cand. scient.

**Tyndslibsanalyse (DS 423.40-44)**

Analyseret april 2015 v/PL

Sags nr. 15-095

*Tabel 1. Tyndslibsanalyse.*

Parameter	Tyndslib Kerne 1 – top
Sand	Kvarts, feldspat, bjergartsfragmenter, noget kalk og flint.
Cementtype	Mellemkornet portlandcement
Puzzolaner	Ingen flyveaske, ingen detekterbar mikrosilica
Kapillarporøsitet (~ækv. v/c-tal)	Ca. 0,40
Pastahomogenitet	Noget uensartet
Luftindhold, skønnet	Ca. 2 % - ikke luftblandet
Vedhæftningsdefekter til sand	Nogle (0,7/mm <sup>2</sup> ) – fremstår dannet i sen plastisk fase
Mikrorevner i cementpasta	Nogle (0,6/mm <sup>2</sup> )
Karbonatiseringsdybde	2-3mm
Revne karbonatisering	4mm
Fine og grove revner	1 grov og 1 fin revne vinkelret på overfladen
Indhold af alkalireaktivt sand og sten	Nogle, skønnet ≤2 vol. % af sandindholdet. Nogle alkalireaktive sten.
Alkalikisel reaktioner	Der ses begyndende indre reaktion i de alkalireaktive sandkorn; med enkelte geludfældninger i omgivende luftporer. En enkelt kraftig reaktion med dannelse af grov, gelfyldt revne fra porøs skorpeflintsten
Portlandit i revner/porer	Lidt
Ettringit i revner/porer	Lidt
Andet	-
Bemærkninger	Betonens cementpasta er relativt tæt, men indeholder ikke et frostsikrende luftporesystem. Der ses initieret AKR ved sandkorn, og en enkelt kraftig og gelfyldt revne dannet ved AKR i en sten. Der vurderes at være nogen restreaktivitet til stede. Betonen fremstår ikke vandbelastet i nævneværdig grad. Det bør sikres at betonen fortsat er beskyttet mod vandpåvirkning.

**Tyndslibsanalyse (DS 423.40-44)**

Analyseret april 2015 v/PL

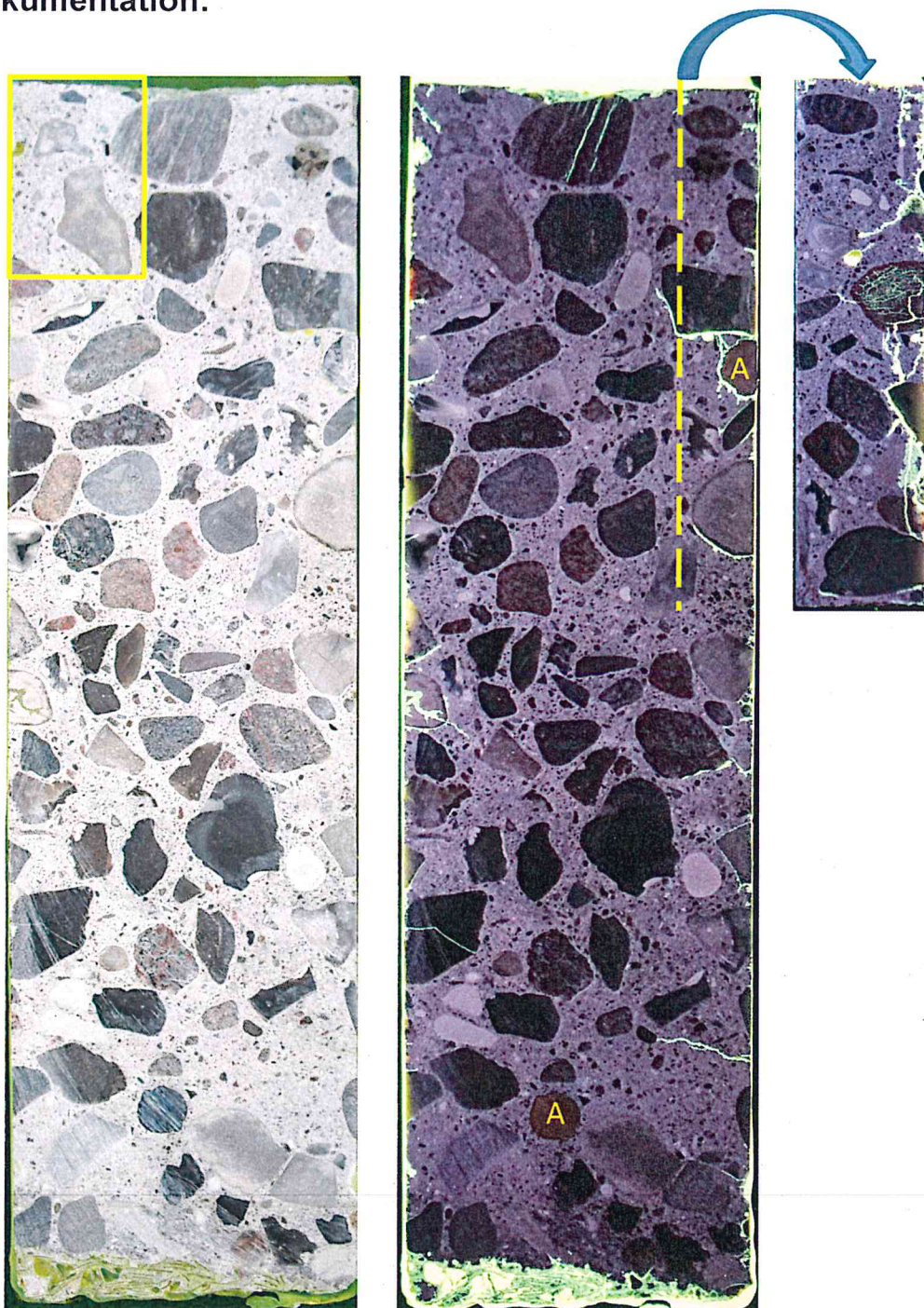
Sags nr. 15-095

*Tabel 1. Tyndslibsanalyse.*

Parameter	Tyndslib Kerne 2 – top
Sand	Kvarts, feldspat, bjergartsfragmenter, noget kalk og flint.
Cementtype	Grovkornet portlandcement
Puzzolaner	Ingen flyveaske, ingen detekterbar mikrosilica
Kapillarporøsitet (~ækv. v/c-tal)	Gennemsnitligt ca. 0,45
Pastahomogenitet	Noget uensartet
Luftindhold, skønnet	Ca. 1% - ikke luftblandet
Vedhæfningsdefekter til sand	Nogle (0,7/mm <sup>2</sup> )
Mikrorevner i cementpasta	Få (0,3/mm <sup>2</sup> )
Karbonatiseringsdybde	0,3mm
Revne karbonatisering	Ingen
Fine og grove revner	Flere fine, overfladeparallele revner i betonens øverste ~30mm ses at passere udenom stentilslaget
Indhold af alkalireaktivt sand og sten	Få, skønnet <1 vol. % af sandindholdet. Nogle alkalireaktive sten.
Alkalikisel reaktioner	Ingen reaktionstegn
Portlandit i revner/porer	Lidt
Ettringit i revner/porer	Lidt
Andet	-
Bemærkninger	Overfladeparallele revner i øvre ~40mm af kernen er formentlig frostskeer. Kernens øverste del mangler. Betonen er ikke luftblandet; sammenholdt med den stedvist ret porøse cementpasta er betonen dermed ikke frostbestandig. Indholdet af alkalireaktive partikler skønnes at kunne give anledning til nogen restreaktivitet. Der er ikke tegn på kraftig vandbelastning af betonen. Det er væsentligt at sikre at betonen (også) fremover bliver beskyttet mod vandindtrængning.



Fotodokumentation:



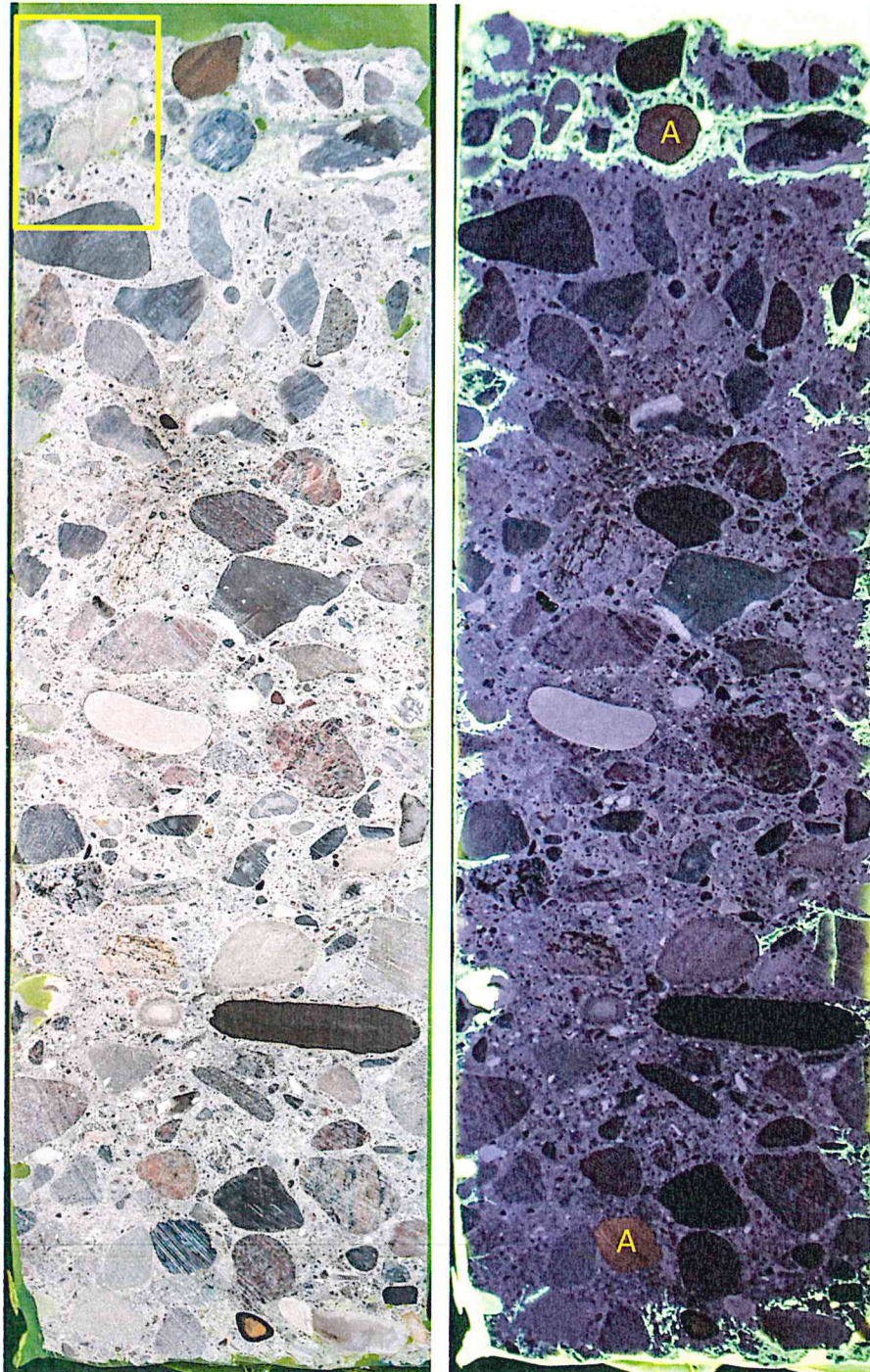
Figur 1 Kerne 1. Længde: 320mm; diameter: 93m.

Den fluorescensimpregnerede og gennemskårne kerne set i hhv. almindeligt lys og UV-lys. Den gule ramme svarer til placeringen af det fremstillede og analyserede tyndslib.

Betonen fremstår vel komprimeret med et stenindhold på ~45 vol. % delvist afrundede sten,  $D_{max}$  25mm, med varierende bjergartssammensætning og ensartet stenfordeling. Der ses en grov revne fra overfladen. Mod træbetonen i bunden er cementpastaen mørk grå, formentlig som følge af lavt V/C-tal pga. opsugning.

Armeringsjern (A) Ø: 14mm & 12mm; 62mm dæklag fra top og 35mm fra bund; ingen korrosionstegn.





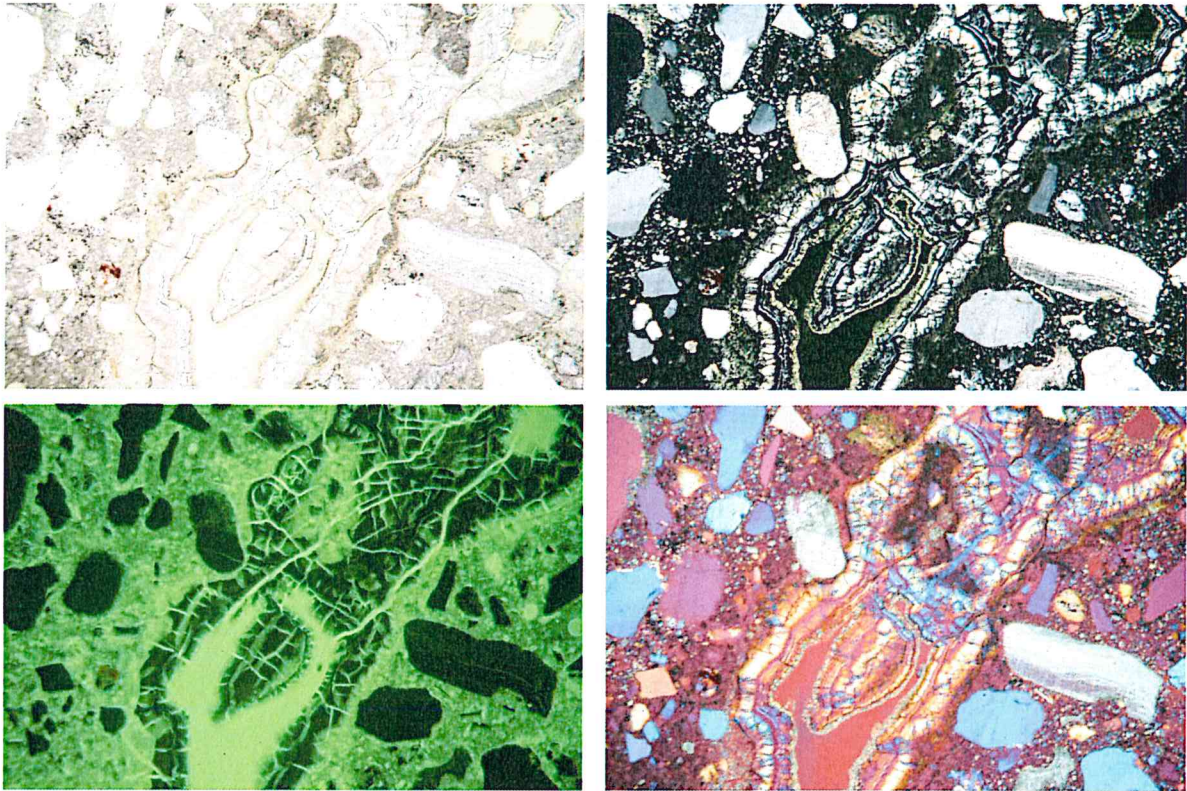
**Figur 2** Kerne 2. Længde: 300mm; diameter: 93mm. Øvre del af betonen mangler.

Den fluorescensimprægnerede og gennemskårne kerne set i hhv. almindeligt lys og UV-lys. Den gule ramme svarer til placeringen af det fremstillede og analyserede tyndslib.

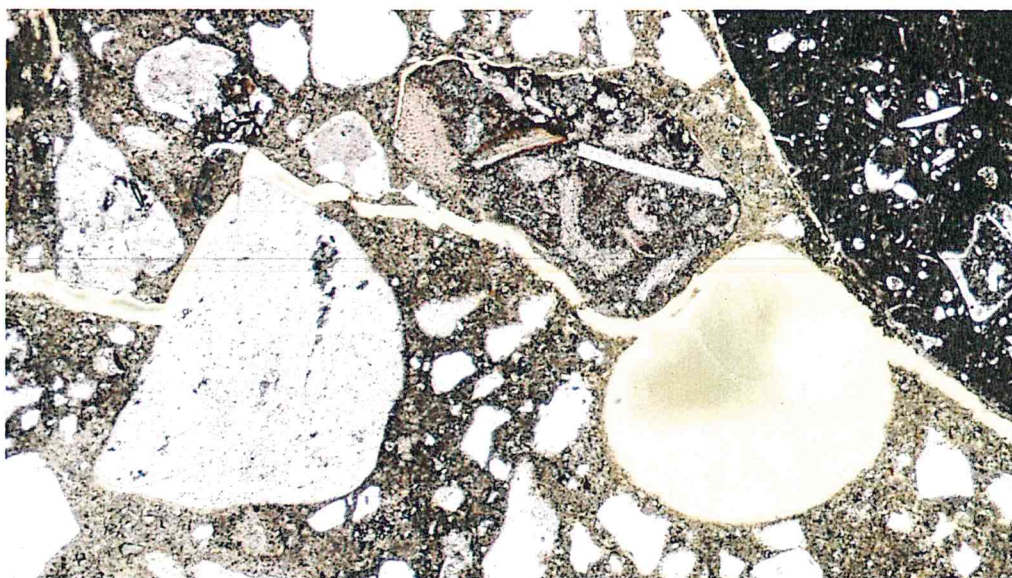
Betonen fremstår vel komprimeret med et stenindhold på 40-45 vol. % delvist afrundede sten,  $D_{max}$  25mm, med varierende bjergartssammensætning og ensartet stenfordeling. Der ses ingen makroskopiske revner.

Armeringsjern (A) Ø: 12mm & 14mm; 16mm dæklag fra top og 20mm fra bund; ingen korrosionstegn.





**Figur 3** Kerne 1, tyndslib; mikroskopforstørrelse: x63; belysning: PPL, XPL, UVL og XPGL.  
 Alkalikisegel udfældet i en grov revne; gelen er i overvejende grad re-krystalliseret.



**Figur 4** Kerne 2, tyndslib; mikroskopforstørrelse: x32; belysning: PPL.  
 Overfladeparallel fin revner, der passerer udenom stentilslaget er formentlig dannet som følge af frost.

**BILAG 6 SKITSE AF UDBERINGSSTRATEGI B – MIDLERTIDIG UNDERSTØTNING**

# Bilag 6 - Skitse af udbedringsstragi B - Midlertidig understøtning

