

## **5 Bilag**

### **5.1 Registrering af skader**

### **5.2 Strukturanalyse og kloridanalyser**

### **5.3 Foto**

## **5.1 Registrering af skader, samleskema.**

Betonundersøgelse, Hyldebjergvej

Bilag 5.1

| Oversigt konstaterede skader |                      |        |                         |                   |                       |                           |           |
|------------------------------|----------------------|--------|-------------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------|-----------|
| Adresser                     | Revner i søjle, port | Trappe | Nedre hjørne af element | Element "tå" lbm. | Skade på elementflade | Revne i blåt/rødt element |           |
| Torvelængerne 5              |                      |        | 1                       |                   |                       |                           |           |
| Torvelængerne 1              |                      |        |                         | 1,2               |                       |                           |           |
| Hjortelængen 2               | 1                    | 3      |                         |                   |                       |                           | borekerne |
| Hjortelængen 18              |                      | 1      |                         |                   |                       |                           |           |
| Store Torv 37                |                      |        | 2                       |                   |                       |                           |           |
| Store Torv 17, have          |                      |        | 2                       |                   |                       |                           |           |
| Store Torv 9                 |                      | 2      |                         |                   |                       |                           |           |
| Mesterslippen 10             |                      |        |                         | 0,3               |                       |                           |           |
| Mesterslippen 4              |                      | 1      |                         |                   |                       |                           |           |
| Mesterslippen 2, have        |                      |        | 2                       |                   |                       |                           |           |
| Mesterslippen 18             |                      |        | 1                       |                   |                       |                           |           |
| Bryggerlængen 12             |                      | 1      |                         |                   |                       |                           | vange     |
| Bryggerlængen 18             | 1                    |        |                         |                   |                       | 1                         | borekerne |
| Bryggerlængen 24             | 1                    |        |                         |                   |                       |                           |           |
| Bryggerlængen 30             |                      | 3      |                         |                   |                       |                           |           |
| Bryggerlængen 16-18, port    | 1                    |        |                         |                   |                       |                           | have      |
| Væverlængen 22               |                      |        | 1                       |                   |                       |                           |           |
| Væverlængen 20               |                      |        | 1                       |                   |                       |                           |           |
| Væverlængen 18-20, port      | 1                    |        |                         |                   |                       |                           |           |
| Skader på 39 huse            | 5                    | 11     | 10                      | 1,5               |                       | 1                         |           |

## **5.2           Strukturanalyse og kloridanalyser.**

BO - VEST/ Vridsløselille  
Andelsboligforening. Hyldebjergvej

## **Undersøgelse af borekerner og pulverprøver**

Strukturanalyse og kloridanalyser

Januar 2009

BO - VEST/ Vridsløselille  
Andelsboligforening. Hyldespjældet

## **Undersøgelse af borekerner og pulverprøver**

Strukturanalyse og kloridanalyser

Januar 2009

Dokumentnr. P-61202-J-16.115-01  
Version 00  
Udgivelsesdato 8.januar 2009

Udarbejdet AEH  
Kontrolleret KIE  
Godkendt OLST

## **Indholdsfortegnelse**

|          |                                    |          |
|----------|------------------------------------|----------|
| <b>1</b> | <b>Indledning</b>                  | <b>2</b> |
| 1.1      | Formål                             | 2        |
| 1.2      | Prøver og undersøgelser            | 2        |
| 1.3      | Metodebeskrivelse                  | 3        |
| 1.4      | Opbevaring af prøver               | 3        |
| 1.5      | Forbehold                          | 3        |
| <b>2</b> | <b>Sammenfatning af resultater</b> | <b>4</b> |
| 2.1      | Makroanalyse                       | 4        |
| 2.2      | Mikroanalyse                       | 5        |
| 2.3      | Kloridanalyser                     | 6        |
| 2.4      | Konklusion                         | 7        |

## **Bilagsfortegnelse**

|         |                |
|---------|----------------|
| Bilag 1 | Makroanalyse   |
| Bilag 2 | Mikroanalyse   |
| Bilag 3 | Kloridanalyser |

## 1 Indledning

Nærværende datarapport omfatter strukturanalyse af 3 borekerner samt kloridanalyse af 6 pulverprøver udtaget fra udendørs betonelementer i BO - VEST/ Vridsløselille Andelsboligforening, Hyldebjergvej.

Hyldebjergvej er opført i 1976.

Borekerner og pulverprøver er udtaget d. 12. december 2009.

### 1.1 Formål

Formålet med strukturanalysen (mikro- og makroanalysen) er at beskrive betonens sammensætning og tilstand, herunder identificere eventuelle tegn på nedbrydning.

Formålet med kloridanalyserne er at vurdere risikoen for kloridinitieret armeringskorrosion, og i kombination med strukturanalysen, at kunne planlægge reparations- og vedligeholdelsesstrategi.

### 1.2 Prøver og undersøgelser

Prøvebetegnelser er:

**Kerne K1:** Borekerne gennem facadeelement. Prøvehus, Høkerlængen 2.

**Kerne K2:** Midt i søjle i portelement, Hjortelængen 2.

**Kerne K3:** Midt i søjle i portelement, Bryggerlængen 18.

Undersøgelserne omfatter makroanalyse af alle kerner samt mikroanalyse af kerne K2.

Rekvirenten har fremsendt 6 pulverprøver til kloridanalyse, mærket:

Bryggerlængen 12, Overside trappe 0-2 cm og 2-4 cm

Bryggerlængen 12, Overside konsol 0-2 cm og 2-4 cm

Mesterslippen 6, Overside repos 0-2 cm og 2-4 cm.

I Bilag 1 ses resultater af makroanalyser samt fotos af kernerne. I Bilag 2 er angivet resultater af mikroanalysen samt fotos af mikrostrukturen. I Bilag 3 ses resultater for kloridanalyser. Resultaterne er sammenfattet i afsnit 2.



### 1.3 Metodebeskrivelse

Ved makroanalysen beskrives borekerner som modtaget, ved visuel inspektion og ved opmåling med lineal. Kerner fotografieres som modtaget.

Ved armeringskorrosion vurderes rustgrad i henhold til BYG-ERFA blad 94 12 22 med:

*Rustgrad 0 – Helt uskadt armering*

*Rustgrad 1 – Armering med første, små spor af rust*

*Rustgrad 2 – Armering med tydelig overfladerust*

*Rustgrad 3 – Armering med afskallende rust og begyndende tværsnitsreduktion*

*Grubetæring – Armering med flere dybe grubetæring.*

Mikroanalysen udføres på tyndslib, typisk anbragt vinkelret på eksponeret betonoverflade. Slibenes tykkelse er ca. 20 µm og bredde / højde er ca. 30 mm / 45 mm. Før tyndslibsfremstillingen imprægneres betonen under vakuum med epoxy tilsat et fluorescerende farvestof, hvorved betonens mikrostruktur fastholdes under videre bearbejdning.

Mikroanalysen udføres ved polarisations- og fluorescensmikroskopi og følger principper som angivet i Prøvningsmetoderne DS 423.41 -.42, -.43, -.44 og -.45 samt ASTM C 856. Vand-cementforhold er vurderet ud fra referenceslib, fremstillet med Almindelig eller Lavalkali-Sulfatbestandig Portlandcement, ved 28 modenhedsdøgn.

Kloridanalyser er udført på udborede pulver prøver fremsendt af rekvirenten. Kloridanalyser udføres i henhold til COWI Betonlaboratoriums forskrift, som på alle væsentlige punkter svarer til DS/EN 14629.

### 1.4 Opbevaring af prøver

Betonkerner (rester) vil blive arkiveret ½ år fra dato i COWI's Betonlaboratorium, hvorefter de vil blive kasseret eller efter anmodning returneret til rekvirenten. Tyndslib opbevares i COWI's tyndslibsarkiv og kasseres ikke.

### 1.5 Forbehold

Undersøgelsen af makro- og mikrostrukturen samt kloridanalyser repræsenterer alene de modtagne kerner.

## 2 Sammenfatning af resultater

### 2.1 Makroanalyse

Betonen i kerne K2 og K3 fra portsøjler vurderes at være udført med samme sammensætning og beskrives derfor under ét. Kerne K1 fra sandwichelement beskrives selvstændigt.

#### Kerne K1

Kernen er udtaget af et sandwichelement opbygget med 2 lag beton - 70 mm rød beton på ydersiden og 120 mm grå beton på indersiden, adskilt af et 90 mm tykt polystyrenlag. Der ses ingen vedhæftning imellem polystyren og beton.

**Tilslag:** Stentilslaget består overvejende af knuste lyse og rødlige granitiske bjergarter samt mørke metamorfe bjergarter. Der ses desuden lidt flint og kalksten i stenfraktionen. Største kornstørrelse er 9 mm. Kornformen er kantet til kantrundet. Stenindholdet er middel, og stenene er ensartet fordelt. I sandfraktionen ses en del hvide, potentielt alkalikiselreaktive korn. På makroniveau ses ingen tegn på AKR.

**Cementpasta:** Det yderste lag beton fremstår med en rødlig, lidt uensartet, hård cementpasta. Det inderste lag beton fremstår med en grå, ensartet, hård cementpasta.

**Luftporer:** Der ses en del små (< 0,5 mm) til middelstore (0,5-2 mm) porer. Største luftporer observeret er 7 mm.

**Karbonatisering:** Ved påsprøjtning med phenolphthalein ses karbonatisering i de yderste 3-5 mm og i de inderste 7-10 mm.

**Revner:** Der ses ingen makroskopiske revner eller defekter

**Armering:** Kernen indeholder 3 stk. armering:  
2 stk. Ø4-5 mm armering i det udvendige lag beton - muligvis del af rionet. Dæklag til betonoverfladen (udboringsiden) er på henholdsvis 47 og 60 mm. Der ses rustgrad 0. Der ses desuden en plastik afstandsklods inderst i den yderste beton, op mod polystyrenlag.  
I det indvendige lag indeholder kernen 1 stk. Ø18 mm rundjernsarmering med dæklag til indre overflade på 35 mm. Armeringen har rustgrad 0. På denne ar-

mering ses påsvejst et stykke rundjerns-armering med mindre diameter og noget overfladerust - muligvis byggepladsrust.

**Overflader:** Ydre overflade fremstår med frilagte sten. Indre overflade fremstår formstøbt og med tapetrester.

### **Kerne K2 og K3**

**Tilslag:** Stentilslaget består overvejende af knuste, lyse og rødlige granitiske bjergarter samt mørke metamorfe bjergarter. Der ses desuden lidt flint og kalksten i stenfraktionen. Største kornstørrelse er 11 mm. Kornformen er kantet til kantrundet. Stenindholdet er middel, og stenene er ensartet fordelt. I sandfraktionen ses en del hvide, potentielt alkalikiselreaktive korn. På makroniveau ses ingen tegn på AKR i form af pop-outs eller AKR gel.

**Cementpasta:** Betonen fremstår i de yderste 2 mm med en blålig cementpasta, herunder fremstår betonen med en grå, ensartet, hård cementpasta.

**Luftporer:** Betonen er sandsynligvis luftindblandet, men skønnes at have et relativt lavt luftindhold. Betonen fremstår generelt velkomprimeret.

**Karbonatisering:** Ved påsprøjtning med phenolphthalein ses karbonatisering i de yderste 3-7 mm. Langs grove revner ses karbonatisering indtil 40 mm i kerne K2 og indtil 30 mm i kerne K3.

**Revner:** I begge kerner ses en grov revne, omtrent vinkelret på overfladen. Revner forløber fra overfladen og indtil en dybde af 40 mm i kerne K2 og 30 mm i kerne K3. Revnerne forløber igennem stentilslag.

**Armering:** Armering er ikke repræsenteret i kernerne.

**Overflader:** Ydre overflade fremstår med frilagte sten i overfladen. Indre endeflade, brudt under udboringen, har en brudflade med forløb igennem sten.

## **2.2 Mikroanalyse**

Der er fremstillet et tyndslib af kerne K2, placeret 0-45 mm fra ydre overflade.

**Tilslag:** Som stentilslag er anvendt knust granit. Der er ikke set gel og revner i forbindelse med granitisk stentilslag. Der ses flint i størrelsen 4-6 mm (muligvis overkorn fra sandet). Der ses AKR gel og revner ud i betonen i forbindelse med 2 stk. små porøse flintkorn (antagelig overkorn i sand).

Sandet indeholder enkeltkorn af kvarts/feldspat samt granitiske bjergarter, lidt kalk og fossiler, samt en del tæt flint. Der ses mange porøse flintkorn (optalt 10 stk.) – skønnet at være mere end 2 vol. %, som regnes som skadelig grænse.



**Alkalikiselreaktioner:** Der ses AKR gel og revner ud i betonen i forbindelse med flere porøse flintkorn i sandfraktion samt fra enkelte korn i stenfraktionen.

**Cementpasta:** Cementen er en fin til mellem formalet portlandcement, med cement korn op til 40 µm. Cementen har en høj hydratiseringsgrad – der ses mange årringe omkring alitkorn.

Cementpastaen er noget inhomogen med en gennemsnitlig kapillarporøsitet svarende til et vand/cement-forhold i størrelsesordenen 0,45. Variationer ses i kapillarporøsitet indenfor <0,30 - >0,60.

I pastaen forekommer calciumhydroxid i lavt omfang. I områder omkring alkali-kisel reaktive korn fremstår cementpastaen lokalt udludet for calciumhydroxid.

**Karbonatisering:** Der ses karbonatiseret cementpasta i de yderste 3-6 mm af betonen samt langs grov revne indtil 40 mm.

**Luftporer:** Betonen har et lavt til middel indhold af små (<0,5 mm), middel (0,5-2 mm) og store (>2 mm) luftporer.

**Fugtpåvirkning:** Der ses porefyldning som følge af høj vandbelastning i samtlige luftporer. Porer er helt til delvis udfyldt med ettringit, calciumhydroxid og stedvis alkali-kisel gel.

**Revner:** Der ses en grov revne vinkelret på overfladen indtil en dybde af 40 mm, med revnevidde op til 0,3 mm. I 40 mm dybde, ved bund af revne vinkelret på overfladen ses en fin revne, parallelt med overfladen, med en revnevidde på 0,02 mm. Revner skærer tilslagskorn herunder reaktive flintkorn og der ses AKR gel, herunder gammel krystalliseret gel i dele af revnerne.

Indholdet af mikrorevner i form af pasta- og vedhæftningsrevner er lavt.

## 2.3 Kloridanalyser

Rekvirenten har fremsendt 6 pulverprøver til kloridanalyse, mærket:  
Bryggerlængen 12, Overside trappe 0-2 cm og 2-4 cm  
Bryggerlængen 12, Overside konsol 0-2 cm og 2-4 cm  
Mesterslippen 6, Overside repos 0-2 cm og 2-4 cm.

Analyserne viser et relativt højt kloridindhold ca. 0,1 % Cl<sup>-</sup> af betonvægten i begge niveauer, både i prøver fra Bryggerlængen 12, Overside trappe og fra Mesterslippen 6, Overside repos.

Analyser af pulverprøver fra Bryggerlængen 12, Overside konsol viser et relativt lavt indhold af klorid med værdier på 0,03 og 0,02 % Cl<sup>-</sup> af betonvægten.

## 2.4 Konklusion

Betonen er sandsynligvis luftindblandet, men overholder højst sandsynligt ikke krav til luftporestruktur for en frostresistent beton. Betonens fremstår generelt velkomprimeret.

Betonen fremstår med tegn på kraftig fugtbelastning over lang tid. Luftporestrukturen i betonen har sandsynligvis medvirket til, at der ikke på nuværende tidspunkt ses afskalninger som følge af frostsprængninger.

Strukturanalyserne viser, at de grove revner vinkelret på overfladen i kerne K2 og K3 sandsynligvis skyldes AKR.

Indholdet af reaktive korn er højt (skønnet at være mere end 2 vol. %, som regnes som skadelig grænse), og yderligere alkali-kisel reaktivitet må forventes, hvis betonen står fugtig og fortsat indeholder reaktivt materiale, hhv. alkalier. Evt. restreaktivitet kan belyses ved en særskilt restreaktivitetsmåling.

Kloridmålinger viser tegn på kloridindtrængning - særligt fra Bryggerlængen 12, Overside trappe og fra Mesterslippen 6, Overside repos med værdier i både 0-2 cm og 2-4 cm på ca. 0,1 % Cl<sup>-</sup> af betonvægten.

Generelt må armeringskorrosion af armering indstøbt i beton, blandet med Portland cement, forventes ved et kloridindhold over 0,05-0,1 % Cl<sup>-</sup> af betonvægten, hvis der er tilstrækkelig fugt og ilt tilstede. Det må derfor forventes at der kan forekomme armeringskorrosion af armering med dæklag på < 4 cm disse steder.

Analyser af pulverprøver fra Bryggerlængen 12, Overside konsol viser et relativt lavt indhold af klorid med værdier på 0,03 og 0,02 % Cl<sup>-</sup> af betonvægten, og der er sandsynligvis ikke kloridinitieret armeringskorrosion i dette område.

## Bilag 1 Makroanalyse

|  |   |
|--|---|
| <b>Prøver</b>  | <b>Kerne K1:</b> Borekerne gennem facadeelement. Prøvehus, Høkerlængen 2.   |
| <b>Kernedimension</b>                                | Ø 74 mm - længde 278 mm.<br>Kernen er udtaget af et sandwichelement opbygget med 2 lag beton - 70 mm rød beton udvendig og 120 mm grå beton indvendig, adskilt af et 90 mm tykt polystyren lag.<br>Der ses ingen vedhæftning imellem polystyren og beton.   |
| <b>Armering</b>                                      | Der ses 3 stk. armering:<br>2 stk. Ø4-5 mm armering i det udvendige lag beton - muligvis del af rionet. Dæklag til betonoverfladen (udboringsiden) er på henholdsvis 47 og 60 mm. Der ses rustgrad 0.<br>Der ses desuden en plastik-afstandsklods inderst i den yderste beton, op mod polystyren lag.<br>Kernen indeholder i det indvendige lag beton 1 stk. Ø18 mm rundjernsarmering med dæklag til indre overflade på 35 mm.  |
| <b>Tilslag</b>                                       | Stentilslaget består overvejende af knuste, lyse og rødlige granitiske bjergarter samt mørke metamorfe bjergarter. Der ses desuden lidt flint og kalksten i stenfraktionen. Største kornstørrelse er 9 mm.<br>Kornformen er kantet til kantrundet. Stenindholdet er middel, og stenene er ensartet fordelt.<br>I sandfraktionen ses en del hvide, potentielt alkalikiselreaktive korn.<br>På makroniveau ses ingen tegn på AKR. |
| <b>Cementpasta</b>                                   | Det udvendige lag beton fremstår med en rødlig, lidt uensartet, hård cementpasta. Det indvendige lag beton fremstår med en grå, ensartet, hård cementpasta.   |
| <b>Luftporer</b>                                     | Der ses en del små (< 0,5 mm) til middelstore (0,5-2 mm) porer. Største luftporer observeret er 7 mm.<br>Betonen er muligvis luftindblandet,<br>Betonen fremstår generelt velkomprimeret.   |
| <b>Karbonatisering</b><br>(målt med phenolphthalein) | Der ses karbonatisering i de yderste 3-5 mm mod yderside (rød betondel) og i de inderste 7-10 mm mod inderside (grå betondel). Der ses ikke karbonatisering i betonflader, der støder op mod isolering.   |
| <b>Revner/defekter</b>                               | Der ses ingen makroskopiske revner eller defekter   |
| <b>Overflade</b>                                     | Ydre overflade fremstår med frilagte sten. Indre overflade fremstår formstøbt med tapetrester.  |
| <b>Bemærkninger</b>                                  | Ingen bemærkninger.   |



## Makroanalyse

|  |  |
|--|--|
| <b>Prøver</b>  | <b>Kerne K2:</b> Midt i søjle i portelement, Hjortelængen 2.   |
| <b>Kernedimension</b>                                | Ø 50 mm - længde 147 mm.   |
| <b>Armering</b>                                      | Armering er ikke repræsenteret i kernen.   |
| <b>Tilslag</b>                                       | Stentilslaget består overvejende af knuste, lyse og rødlige granitiske bjergarter samt mørke metamorfe bjergarter. Der ses desuden lidt flint og kalksten i stenfraktionen.<br>Største kornstørrelse er 14 mm.<br>Kornformen er kantet til kantrundet. Stenindholdet er middel, og stenene er ensartet fordelt.<br>I sandfraktionen ses en del hvide, potentielt alkalikiselreaktive korn.<br>På makroniveau ses ingen tegn på AKR i form af pop-outs eller akr gel. |
| <b>Cementpasta</b>                                   | Betonen fremstår i de yderste 2 mm med en blålig cementpasta, herunder fremstår betonen med en grå, ensartet, hård cementpasta.  |
| <b>Luftporer</b>                                     | Betonen er muligvis luftindblandet, men skønnes at have et relativt lavt luftindhold (se i øvrigt mikroanalysen).<br>Betonen fremstår generelt velkomprimeret.   |
| <b>Karbonatisering</b><br>(målt med phenolphthalein) | Betonen er karbonatiseret i de yderste 4-7 mm. Langs grov revne ses karbonatisering indtil 40 mm   |
| <b>Revner/defekter</b>                               | Der ses en grov revne, omtrent vinkelret på overfladen. Revnen forløber fra overfladen og indtil en dybde af 40 mm. Revnen forløber igennem stentilslag.   |
| <b>Overflade</b>                                     | Overfladen fremstår med frilagte sten i overfladen.<br>Kernens indre endeflade, brudt under udboringen, har en brudflade med forløb igennem sten.  |
| <b>Bemærkninger</b>                                  | Der er placeret et tyndslib 0-45 mm fra overfladen af kerne K2.  |

## Makroanalyse

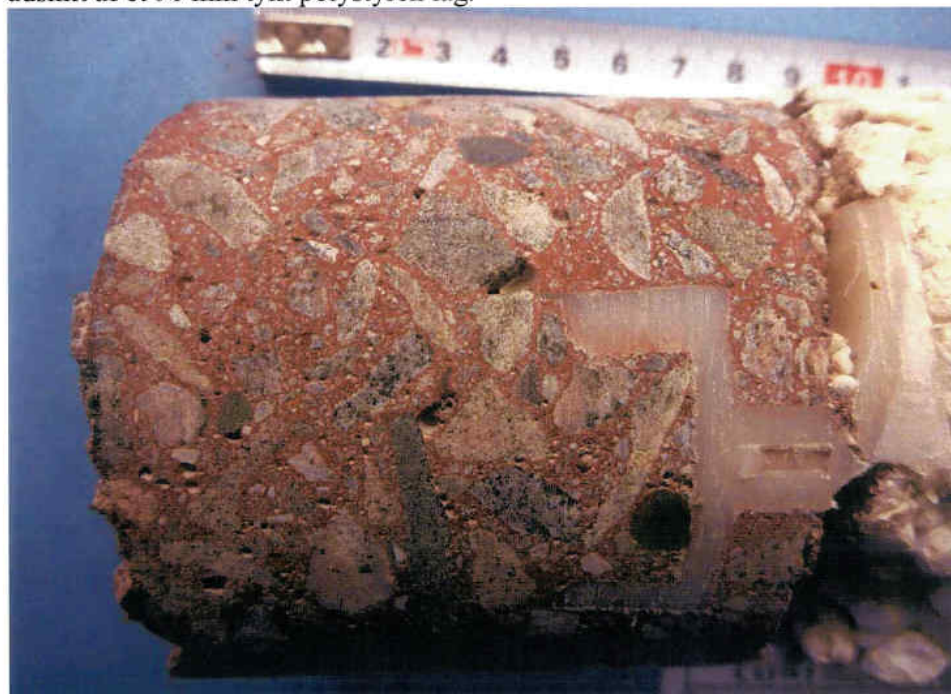
|  |   |
|--|---|
| <b>Prøver</b>  | <b>Kerne K3:</b> Midt i søjle i portelement, Bryggerlængen 18.  |
| <b>Kernedimension</b>                                | Ø 50 mm - længde 170 mm.  |
| <b>Armering</b>                                      | Armering er ikke repræsenteret i kernen.  |
| <b>Tilslag</b>                                       | Stentilslaget består overvejende af knuste, lyse og rødlige granitiske bjergarter samt mørke metamorfe bjergarter. Der ses desuden lidt flint og kalksten i stenfraktionen.<br>Største kornstørrelse er 11 mm.<br>Kornformen er kantet til kanrundet. Stenindholdet er middel, og stenene er ensartet fordelt.<br>I sandfraktionen ses en del hvide, potentielt alkalikiselreaktive korn.<br>På makroniveau ses ingen tegn på AKR i form af pop-outs eller akr gel. |
| <b>Cementpasta</b>                                   | Betonen fremstår i de yderste 2 mm med en blålig cementpasta, herunder fremstår betonen med en grå, ensartet, hård cementpasta.   |
| <b>Luftporer</b>                                     | Betonen er muligvis luftindblandet, men luftindholdet skønnes at være relativt lavt.<br>Betonen fremstår generelt velkomprimeret.   |
| <b>Karbonatisering</b><br>(målt med phenolphthalein) | Betonen er karbonatiseret i de yderste 3-7 mm. Langs grov revne ses karbonatisering indtil 30 mm.   |
| <b>Revner/defekter</b>                               | Der ses en grov revne, omtrent vinkelret på overfladen. Revnen forløber fra overfladen og indtil en dybde af 30 mm. Revnen forløber igennem stentilslag.  |
| <b>Overflade</b>                                     | Overfladen fremstår med frilagte sten i overfladen.<br>Kernens indre endeflade, brudt under udboringen, har en brudflade med forløb igennem sten.   |
| <b>Bemærkninger</b>                                  | Ingen bemærkninger.   |



## FOTOS AF KERNER



**Kerne K1:** Facadeelement, prøvehus - Høkerlængen 2. Udboringssiden på kernen (ydersiden) er placeret tv. i foto. Der ses en tredeling med beton yderst og inderst adskilt af et 90 mm tykt polystyren lag.



**Kerne K1:** Facadeelement, prøvehus - Høkerlængen 2. Udboringssiden på kernen (ydersiden) er placeret tv. i foto. Cementpastaen i betonen yderst er rød. Der ses indstøbt plastik afstandsholder og Ø 4-5 mm armering. Der ses lidt luft, i form af irregulære luftindkapslinger og små kugleformede luftporer.

## FOTOS AF KERNER



**Kerne K1:** Indvendig side af facadeelement, prøvehus - Høkerlængen 2. Udboringssiden på kernen (ydersiden) er ikke med i foto (ligger i retning mod venstre). Cementpastaen i betonen inderst er grå. Der ses en del luft i form af små til mellemstore kugleformede luftporer og irregulære luftindkapslinger.

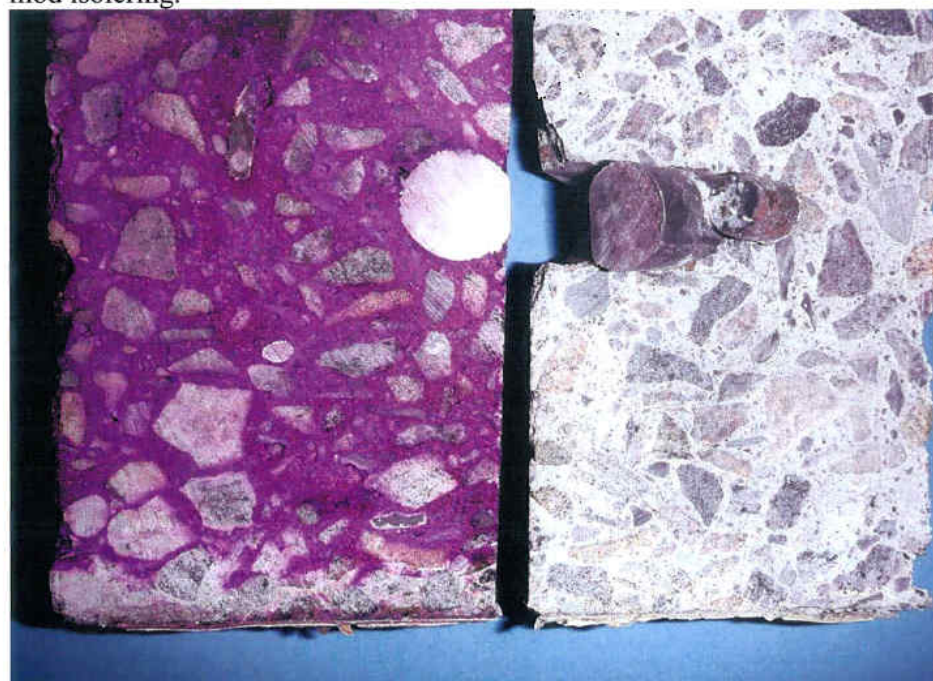


**Kerne K1:** Overfladen på yderside (udboringssiden) med frilagt stentilslag.



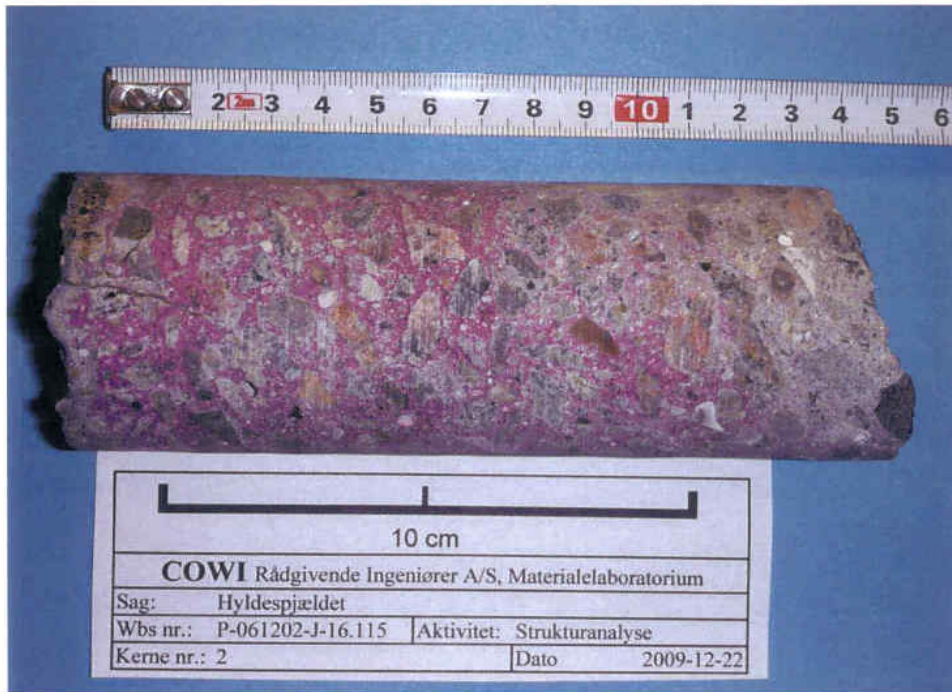
**FOTOS AF KERNER**

**Kerne K1:** Udboringssiden på kernen (ydersiden) er placeret opad i foto. Venstre kernehaldel er påført phenolphthalein, deraf lilla farvningen. Der ses karbonatisering i de yderste 3-5 mm af udvendig betondel. Der ses ikke karbonatisering af betonen op mod isolering.



**Kerne K1:** Udboringssiden på kernen (ydersiden) er placeret opad i foto, nederst ses indvendig side af betonelementet. Der ses karbonatisering i de inderste 7-10 mm. Ø18 mm rundjerns armering er frihugget, der ses rustgrad 0. Rundjernsarmering med mindre diameter er påsvejst; på påsvejst armering ses rust - muligvis byggepladsrust.

## FOTOS AF KERNER



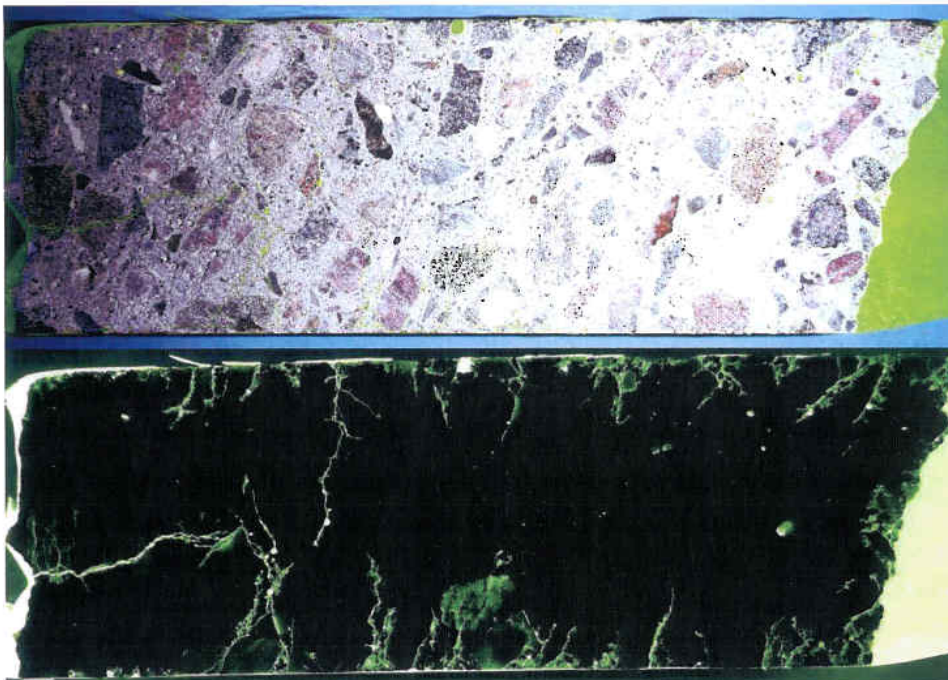
**Kerne K2:** Midt i søjle i portelement, Hjortelængen 2. Udboringssiden på kernen er placeret tv. i foto. Kernen er påført phenolphthalein, deraf lilla-farvningen. Der ses en grov revne vinkelret på overfladen. De yderste 2 mm af cementpastaen er blåfarvet.



**Kerne K2:** Midt i søjle i portelement, Hjortelængen 2. I overfladen ses grov revne. Revnen ses dybere i betonen at skære stentilslag. De yderste 2 mm af cementpastaen er blåfarvet.



## FOTOS AF KERNER

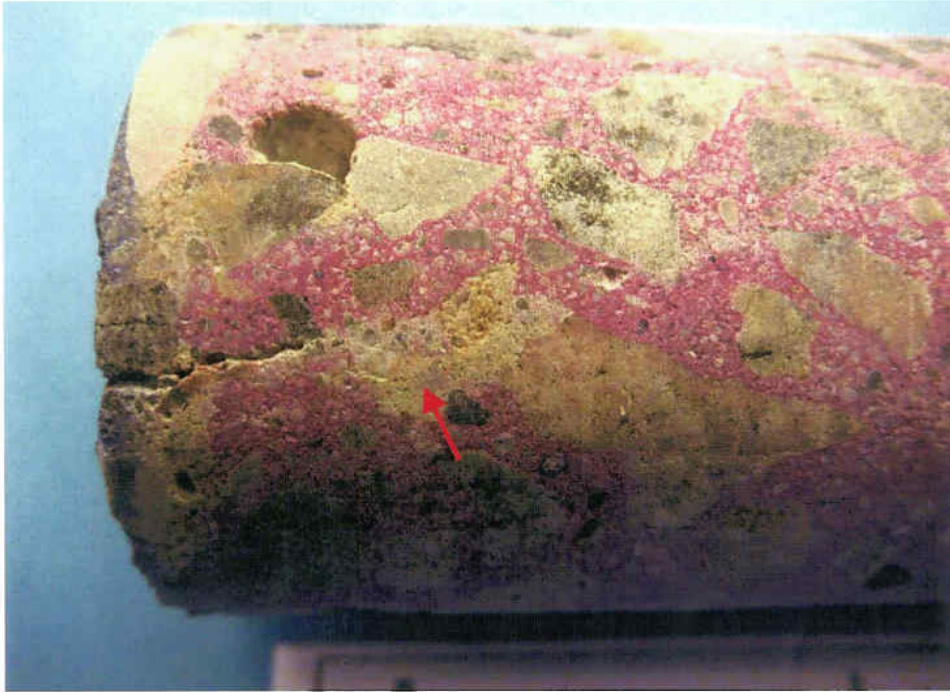


**Kerne K2:** Imprægneret planslib af kernen med udboringssiden tv. Foto i alm. lys foroven og i fluorescens forned. Der ses revnedannelse (skinnende gullig-grønne streger, med revne vinkelret på overfladen indtil 35 mm. Herunder ses talrige overflade parallelle revner med en indbyrdes afstand på 3-8 mm i hele kernens længde



**Kerne K3:** Midt i søjle i portelement, Bryggerlængen 18. Udboringssiden på kernen er placeret tv. i foto. Kernen er påført phenolphthalein, deraf lilla-farvningen. Der ses en del hvide, reaktive flintkorn i størrelsen 3-6 mm. De yderste 2 mm af cementpastaen er blåfarvet.

## FOTOS AF KERNER



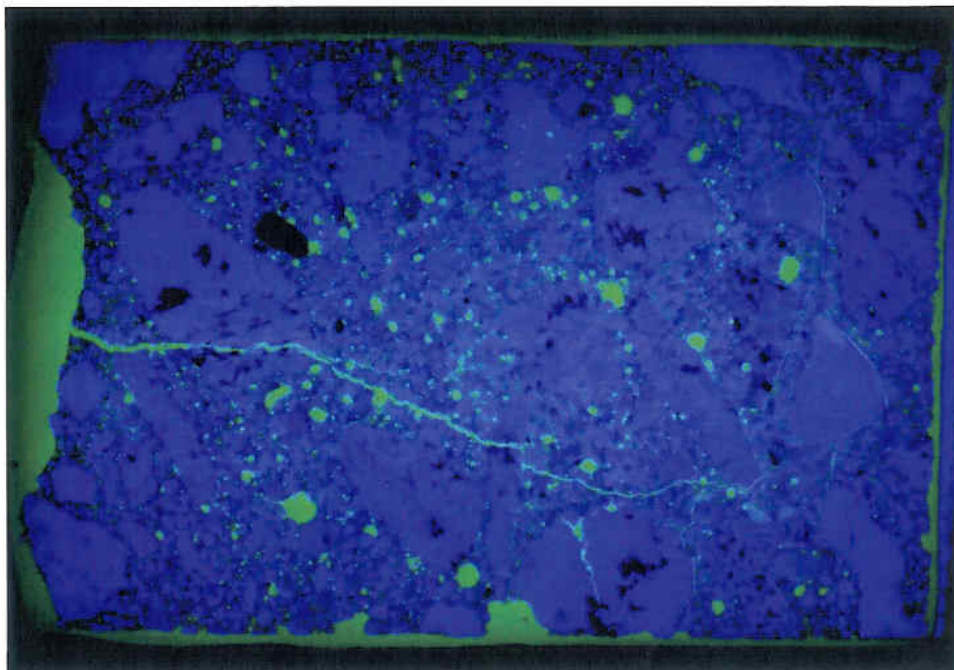
**Kerne K3:** Midt i søjle i portelement, Bryggerlængen 18. Udboringssiden på kernen er placeret tv. i foto. Kernen er påført phenolphthalein, deraf lilla-farvningen. Der ses karbonatisering langs grov revne (rød pil, cementpasta viser ikke her lilla udslag).



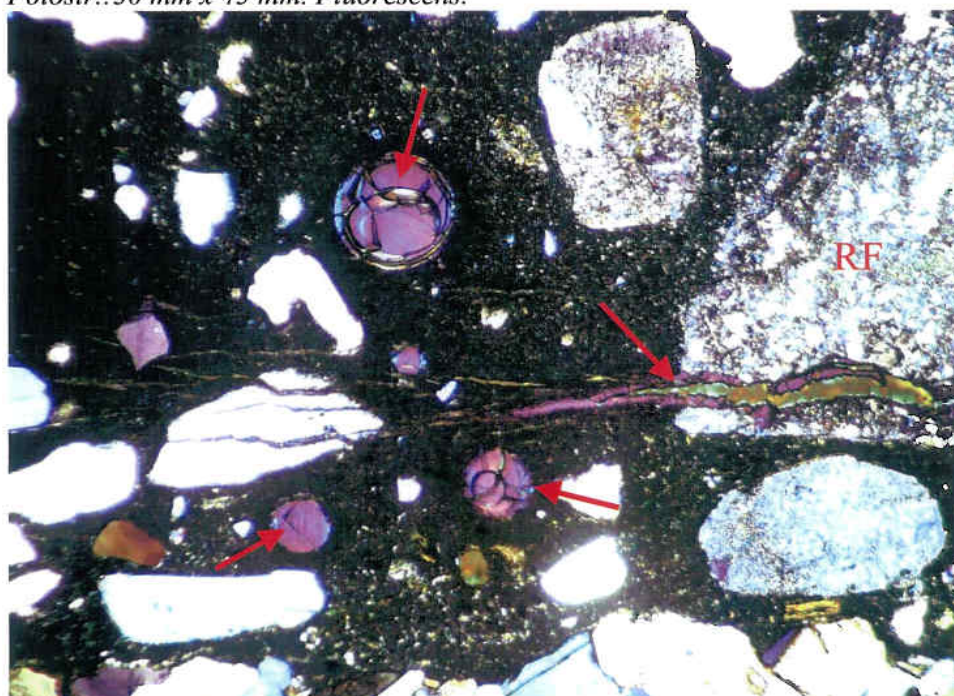
## Bilag 2 Mikroanalyse

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| <b>Kerne nr.</b>                  | <b>Kerne K2:</b> Midt i søjle i portelement, Hjortelængen 2.  |
| <b>Tyndslibsplacering</b>         | Der er fremstillet et tyndslib af kerne K2, placeret 0-45 mm fra ydre overflade.  |
| <b>Sten</b>                       | Overvejende knust granit. Der er ikke set gel og revner i forbindelse med granitisk stentilslag. Der ses flint i størrelsen 4-6 mm (muligvis overkorn fra sandet). Der ses AKR gel og revner ud i betonen i forbindelse med 2 stk. porøse flintkorn.  |
| <b>Sand</b>                       | Enkeltkorn af kvarts/feldspat samt granitiske bjergarter, lidt kalk og fosfider, samt en del tæt flint. Der ses mange porøse flintkorn (optalt 10 stk.) – skønnet at være mere end 2 vol. %, som regnes som skadelig grænse. Der ses AKR gel og revner ud i betonen i forbindelse med flere porøse flintkorn. |
| <b>Cementpasta</b>                | Cementen er en fin til mellem formalet portlandcement, med cementkorn op til 40 µm. Cementen har en høj hydratiseringsgrad – der ses mange årringe omkring alitkorn.  |
| <b>Vand/cement-forhold</b>        | Cementpastaen er noget inhomogen med en gennemsnitlig kapillarporøsitet svarende til et vand/cement-forhold i størrelsesordenen 0,45. Variationer ses i kapillarporøsitet indenfor <0,30 - >0,60.   |
| <b>Calciumhydroxid</b>            | I pastaen forekommer calciumhydroxid i lavt omfang.<br>I områder omkring alkali-kisel reaktive korn fremstår cementpastaen lokalt udludt for calciumhydroxid.   |
| <b>Karbonatisering</b>            | Der ses karbonatiseret cementpasta i de yderste 3-6 mm af betonen samt langs grov revne indtil 40 mm.   |
| <b>Luftporer</b>                  | Betonen fremstår med et lavt til middel indhold af små (<0,5 mm), middel (0,5-2 mm) og store (>2 mm) luftporer - skønnet 2-3 % luft.  |
| <b>Porefyldning</b>               | Der ses porefyldning som følge af høj vandbelastning i samtlige luftporer. Porer er helt til delvis udfyldt med ettringit, calciumhydroxid og stedvis alkali-kisel gel.   |
| <b>Grove revner (&gt; 0,1 mm)</b> | Der ses en grov revne vinkelret på overfladen indtil en dybde af 40 mm, med revnevidde op til 0,3 mm.   |
| <b>Fine revner (0,01- 0,1 mm)</b> | I 40 mm dybde, ved bund af revne vinkelret på overfladen ses en fin revne, parallelt med overfladen med en revnevidde på 0,02 mm. Revner skærer tilslagskorn, herunder reaktive flintkorn, og der ses AKR gel, herunder gammel krystalliseret gel i dele af revnerne.   |
| <b>Mikrorevner (&lt;0,01 mm)</b>  | Indholdet af mikrorevner i form af pasta- og vedhæftningsrevner er lavt.  |
| <b>Bemærkninger</b>               | Det vurderes, at luftporesystemet ikke opfylder sædvanlige krav til frostbestandig beton.   |

## FOTOS AF MIKROSTRUKTUR



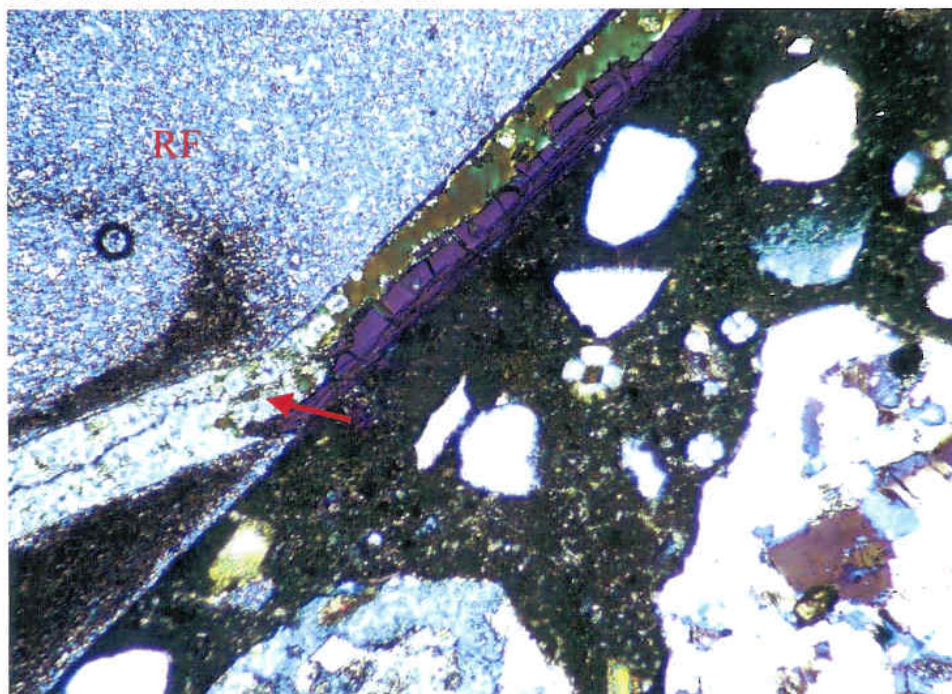
**Kerne K2:** Retning for ydre overflade tv. Der ses et lavt til middel indhold af luftporer. Vinkelret på overfladen en grov revne indtil 40 mm hvor en fin revne ses parallelt med overfladen. Revner skærer tilslagskorn.  
 Fotostr.: 30 mm x 45 mm. Fluorescens.



**Kerne K2:** Der ses revner fra reaktive flintkorn (RF) og AKR gel i revnerne samt i luftporer (røde pile).  
 Fotostr.: 1,8 mm x 2,4 mm. Krydsede nicoller og gipsblad indsat.

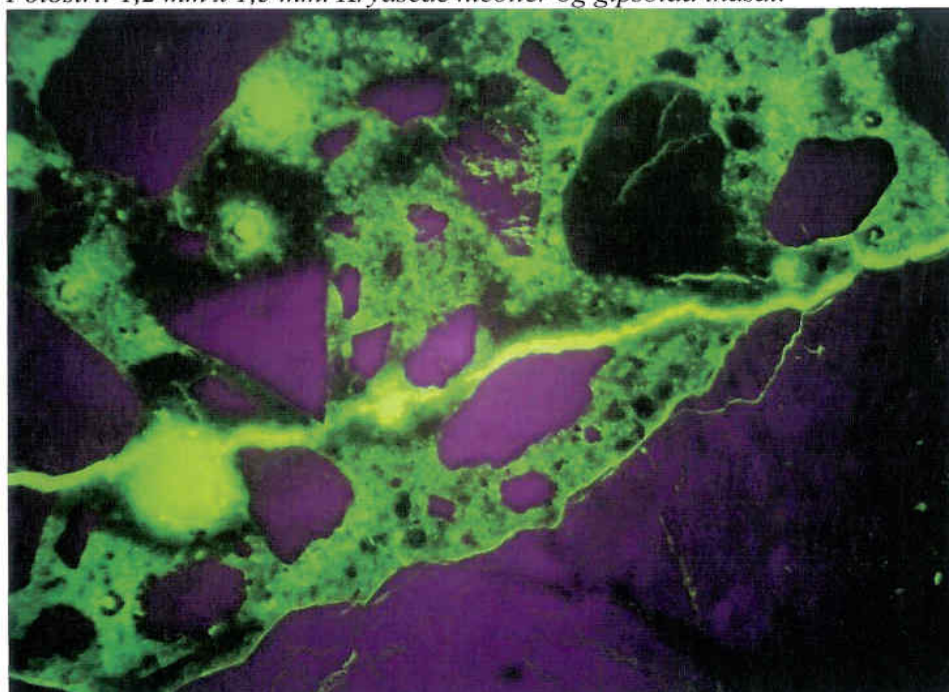


**FOTOS AF MIKROSTRUKTUR**



**Kerne K2:** Der ses revne langs reaktivt flintkorn (RF) og AKR gel i revne. Del af AKR gel er krystalliseret (rød pil).

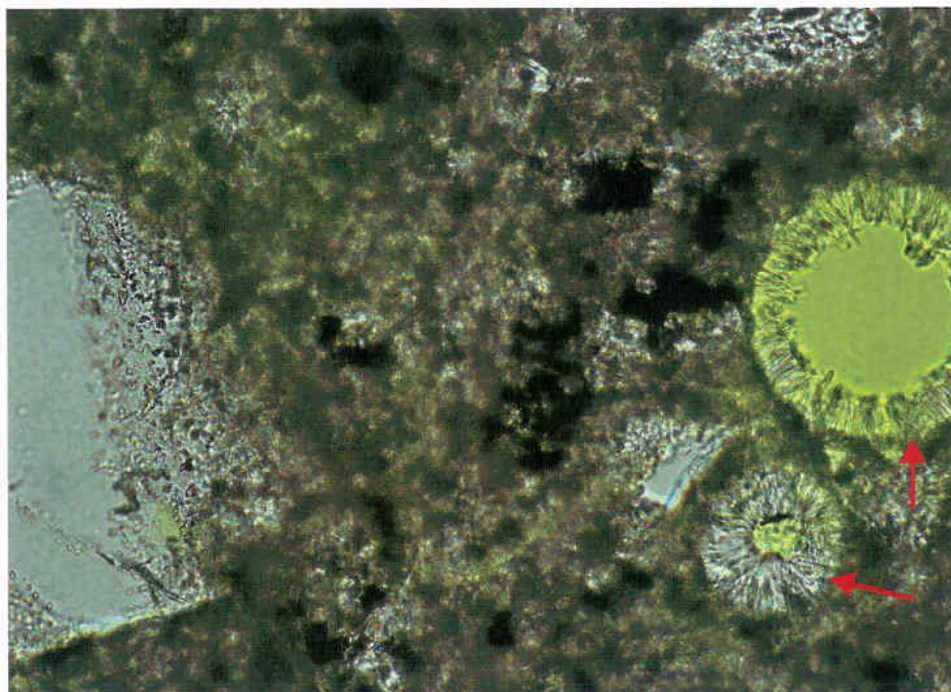
*Fotostr.: 1,2 mm x 1,5 mm. Krydsede nicoller og gipsblad indsat.*



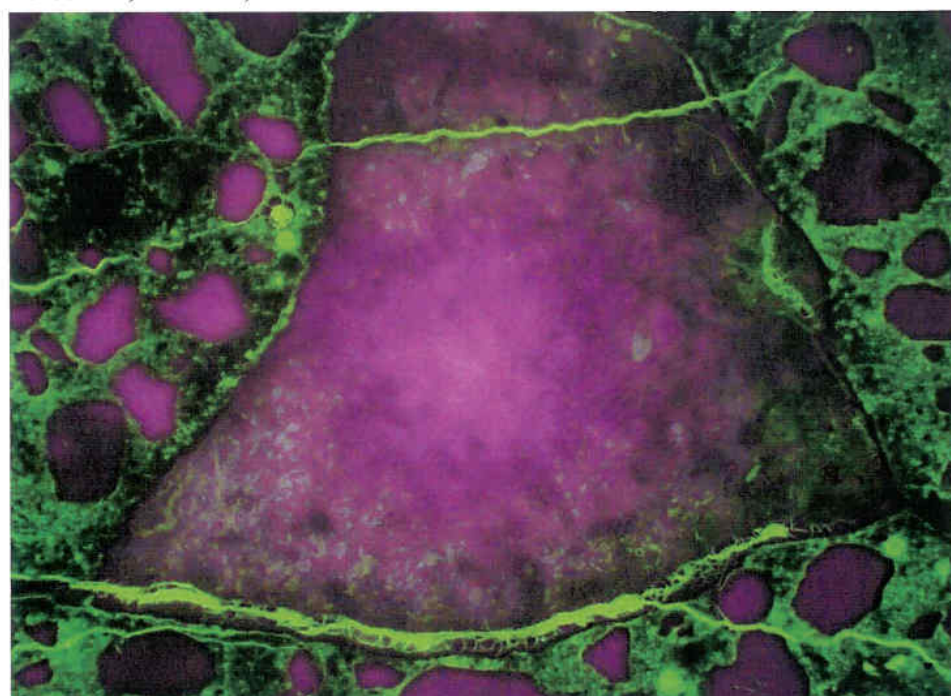
**Kerne K2:** Der ses en inhomogen kapillarporøsitet med variation fra  $<0,30$  -  $>0,60$ . I foto ses desuden fin revne 40 mm under overfladen (overflade er placeret i retning opad i foto). *Fotostr.: 1,8 mm x 2,4 mm. Fluorescens.*



**FOTOS AF MIKROSTRUKTUR**



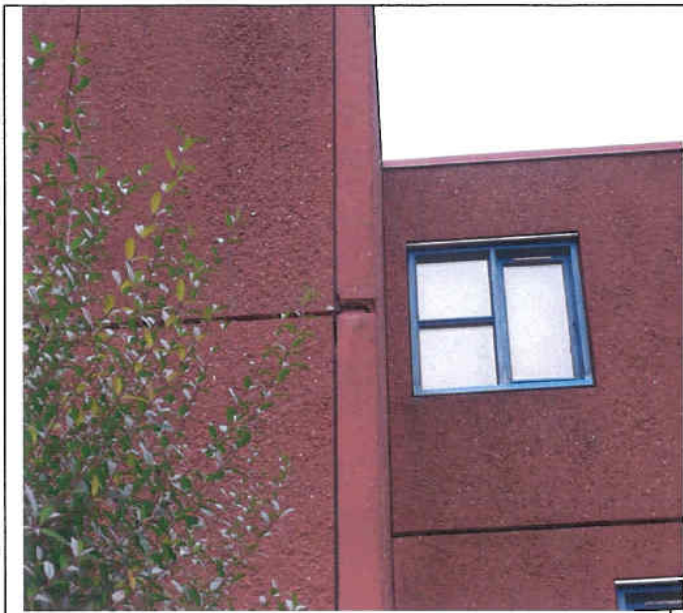
**Kerne K2:** Luftporer helt til delvis udfyldt med ettringit (ved røde pile). Der ses mange årringe omkring alit korn som følge af høj hydratisering.  
 Fotostr.: 0,2 mm x 0,3 mm. Parallele nicoller.



**Kerne K2:** Der ses en inhomogen kapillarporøsitet med variation fra <math><0,30 - >0,60</math>. I foto ses nederst fin revne 40 mm under overfladen (retning opad), langs/gennem reaktivt flintkorn. Fotostr.: 3,6 mm x 4,8 mm. Fluorescens.

**5.3 Foto.**





Eksempel på hjørneskade

Eksempel på hjørneskade



Ophugn. i en hjørneskade (St.torv 17) viser , at der er tale om en dårlig udstøbning (stenrede). Bemærk borttæret armering og at skaden fortsætter højere op i elementet.

Der vokser planter inde i hulrum mellem de to elementer.





Afskalning af nederste del af element ved Torvelængerne 1.



Løs beton er hugget af indtil fast beton. Noget af armeringen ligger i bagerste del af "tåen" med dæklag fra 10 mm. Dæklag til bund ca. 25 mm.



Betonen i "tåen" er ikke vibreret tilstrækkeligt sammen. Den er helt åben i strukturen, der tillader vand og luft at trænge ind til armeringen.



Store Torv 4. Frihugning af stritter for kontrol af forbindelse mellem for og bagplade, se ved rød pil. Stritteren er rundjern Ø 10 i rustfri udførelse.





Eksempler på skader på trapper, her på trappevange.



Eksempel på dæklagsskade i underside af trappeløb.



Afskalning over rusten armering.



Eksempel på netrevner i blå søjler.





Udboring af kerne i blå søjle.

Bøjlearmering i nærheden af udboret kerne. Der er karbonatiseret inde omkring armering på grund af revne. Ikke nævneværdig rust på armering.



Mesterslippen 4. Nedhugning af stor skade, der var i fare for at falde ned. Bemærk meget rusten armering på grund af klorider.

## COWI Materialelaboratorium

### Bestemmelse af kloridindhold

---

Sagsnr.: 61202-J-1                      Sagsnavn: Hyldebjergvej  
Lab. Nr. P115                              Init: JEPN  
Dato: 06.01.10                          Rekvirent: OLST

Prøveudtagningsmetode:              Borepulver  
Metodereference:                      Hærdnet betons kloridindhold  
Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

| Prøve-<br>betegnelse | Dybde<br>mm | Prøvemasse<br>g | Kloridindhold<br>% Cl af betonvægten |
|----------------------|-------------|-----------------|--------------------------------------|
|----------------------|-------------|-----------------|--------------------------------------|

---

#### Bryggerlængen 12

|                         |  |      |      |
|-------------------------|--|------|------|
| overside trappe, 0-2 cm |  | 5,72 | 0,10 |
| overside trappe, 2-4 cm |  | 8,00 | 0,10 |
| overside konsol, 0-2 cm |  | 9,00 | 0,03 |
| overside konsol, 2-4 cm |  | 5,69 | 0,02 |

#### Mesterslippen 6

|                        |  |      |      |
|------------------------|--|------|------|
| overside repos, 0-2 cm |  | 7,97 | 0,10 |
| overside repos, 2-4 cm |  | 8,06 | 0,09 |

#### Bemærk

Prøvemængden er for alle prøver mindre end 10 g, der er den foreskrevne prøvemængde til bestemmelse af kloridindhold.

---

## COWI Materialelaboratorium

#### Bemærkninger:

Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udført:

JEPN

Godkendt:

MTHA

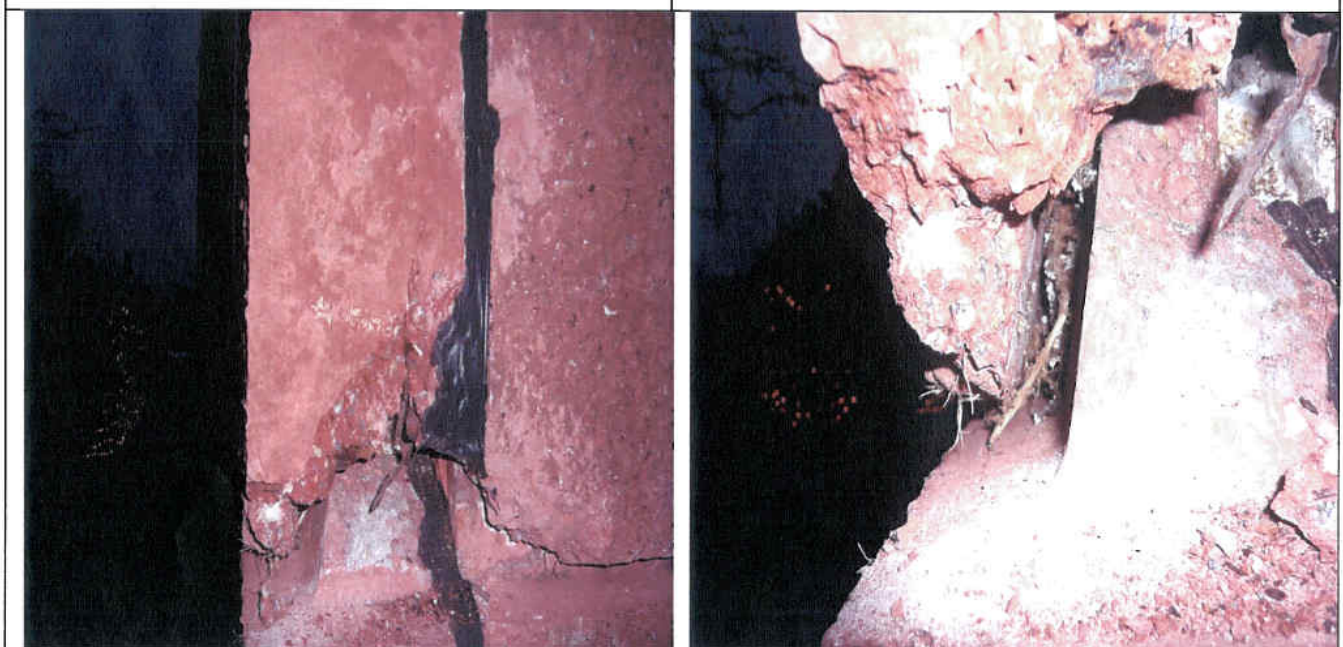


**5.3 Foto.**



Eksempel på hjørneskade

Eksempel på hjørneskade



Ophugn. i en hjørneskade (St.torv 17) viser, at der er tale om en dårlig udstøbning (stenrede). Bemærk borttæret armering og at skaden fortsætter højere op i elementet.

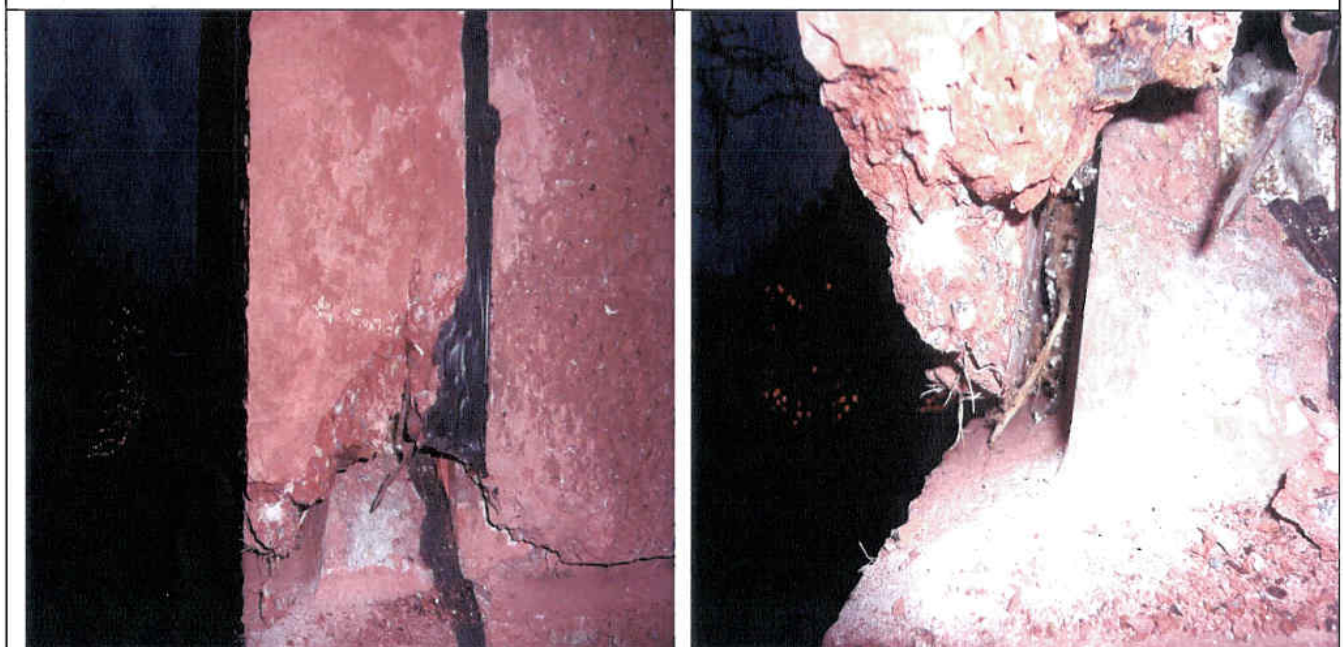
Der vokser planter inde i hulrum mellem de to elementer.





Eksempel på hjørneskade





Eksempel på hjørneskade



Ophugn. i en hjørneskade (St.torv 17) viser , at der er tale om en dårlig udstøbning (stenrede). Bemærk borttæret armering og at skaden fortsætter højere op i elementet.

Der vokser planter inde i hulrum mellem de to elementer.



|  |   |
|--|---|
|   |   |
| <p>Afskalning af nederste del af element ved Torvelængerne 1.</p>  | <p>Løs beton er hugget af indtil fast beton. Noget af armeringen ligger i bagerste del af "tåen" med dæklag fra 10 mm. Dæklag til bund ca. 25 mm.</p>           |
|    |    |
| <p>Betonen i "tåen" er ikke vibreret tilstrækkeligt sammen. Den er helt åben i strukturen, der tillader vand og luft at trænge ind til armeringen.</p> | <p>Store Torv 4. Frihugning af stritter for kontrol af forbindelse mellem for og bagplade, se ved rød pil. Stritteren er rundjern Ø 10 i rustfri udførelse.</p> |



Hyldebjældet - Betonundersøgelse.



Eksempler på skader på trapper, her på trappevange.



Eksempel på dæklagsskade i underside af trappeløb.



Afskalning over rusten armering.



Eksempel på netrevner i blå søjler.





Udboring af kerne i blå søjle.

Bøjlearmering i nærheden af udboret kerne. Der er karbonatiseret inde omkring armering på grund af revne. Ikke nævneværdig rust på armering.



Mesterslippen 4. Nedhugning af stor skade, der var i fare for at falde ned. Bemærk meget rusten armering på grund af klorider.