



AUGUST 2019

VRIDSLØSELILLE ANDELSBOLIGFORENING V/BO-VEST

HYLDESPJÆLDET HELHEDSPLAN

TOTALRÅDGIVERUDBUD

Dokument: **BILAG N** **Betonundersøgelse af facader og trapper, COWI**

JANUAR 2014
BO – VEST AFDELING HYLDESPJÆLDET

BETONUNDERSØGELSE AF FACADER OG TRAPPER



COWI

JANUAR 2014
BO – VEST AFDELING HYLDESPJÆLDET

BETONUNDERSØGELSE AF FACADER OG TRAPPER

PROJEKTNR.	A004108
DOKUMENTNR.	A004108- beton - 1
VERSION	00
UDGIVELSESDATO	2014.01.31
UDARBEJDET	OLST
KONTROLLERET	MV
GODKENDT	OLST

INDHOLD

1	Indledning	7
2	Sammenfatning	8
3	Forudsætninger	10
4	Betonundersøgelser	11
4.1	Betontrapper	11
4.2	Betonfacader	13
5	Bilag	24
5.1	Klorid- makro og mikroundersøgelser af borekerner	24
5.2	Foto	24
5.3	Eksisterende tegninger	24

1 Indledning

Som led i grundlag for støtte til renovering af Hyldespjældet har Cowi udført yderligere undersøgelser af betonen. Omfanget af undersøgelserne er beskrevet i ”For-slag til program for yderligere undersøgelser” af 29. januar 2013 rev. 8. maj 2013.

Undersøgelsen omfatter følgende bygningsdele:

- Facadeelementer
- Trapper, løb, repos og konsoller.

Der er foretaget følgende undersøgelser:

- Visuel inspektion
- Ophugning og kontrol af fuger og isolering i betonelementer
- Ophugning og kontrol af isolering i sokler
- Udboring af betonestøv i trapper for kloridbestemmelse
- Måling af karbonatisering og dæklag
- Måling af kloridkoncentration i trapper
- Makroskopisk vurdering af 3 udtagne borekerner
- Mikroskopisk vurdering af 1 borekerne.

2 Sammenfatning

Ved denne undersøgelse er der i bebyggelsen Hyldespjældet foretaget ophugninger og boringer i facadeelementer og trapper for at kontrollere disses tilstand og opbygning.

Der er foretaget kloridundersøgelser ved udboring af pulverprøver på trapper på både overside og underside af repos samt på konsol og løb. Ved undersøgelsen er fundet værdier der langt overstiger tærskelværdien på 0,05% Cl^- af betonvægten, især på overside af løb og repos.

Der er foretaget ophugninger i facadeelementers lodrette og vandrette fuger samt i sokkel. Der er tidligere foretaget termografimålinger af facader, som viste tydelige kuldebroer disse steder. Ud fra termografimålingerne er der fundet 9 adresser, hvor der er ophugget. Adresserne er tilfældigt udvalgt, som værende typiske for forholdene.

Ophugninger i top, bund og sokkel viser, at betonkonstruktionerne er udført som vist på tegninger. Der er indbygget den viste isolering og den er i næsten alle tilfælde monteret korrekt. Understopningen af elementer er overalt stort set intakt.

Ophugninger/ boringer i den lodrette fuge viser, at samlingen ikke er udført som vist på tegninger. Fugen mellem elementerne er udstøbt til 50-80 mm fra det sorte fugebånd og danner således kuldebro over isolering i elementsamlingen. I begge sider af fugen er forpladen 130-140 mm tyk i op til 100 mm bredde fra fugen. Der er således kun maks. 30 mm isolering i dette område. Øvrige steder er forpladen ca. 64 mm tyk og der er 96 mm isolering mellem forplade og bagvæg, som vist på tegninger. Udstøbning af fugen giver en væsentlig større kuldebro mellem facadeelementerne end normalt for denne type byggeri.

Da der i den tidligere udarbejdede rapport fra januar 2010 er fundet alkalikiselreaktioner i de blå portelementer, er der i denne undersøgelse også fokuseret på de blå facadeelementer. Der er gennemgået 12 blå facader og 7 portelementer. 41% af facader er skadede med netrevner og skader i bund. Alle portelementer har revner. Makro og mikroanalyser af de udborede betonkerner i facadeelementerne viser, at

der er potentielt reaktive sandkorn i alle prøver og at alkalikiselreaktioner er i gang på den udtagne borekerne.

For måling af dæklag på armeringen på facadeelementer og ved bunden af elementerne, den såkaldte tå, er der gennemgået 32 elementer. Generelt er dæklaget over 20 mm på facaderne, men ved tåen er tværsnit så smalt, at der enten er for lidt dæklag fra forsiden eller fra bagsiden. På ca. 70 % af de målte elementundersider er dæklaget mindre end 20 mm fra bagsiden. Dæklaget beskytter armeringen mod at ruste og skulle på opførelsestidspunktet være 20 mm på udendørs konstruktioner. Da tåen desuden er meget smal har den været svær at udstøbe med velkomprimeret beton. Det må forventes, at skaderne på især bagsiden af facadeelementernes ”tæer” udvikler sig yderligere.

Når luftens kuldioxid reagerer med beton omdannes dele af betonen til kalciumcarbonat, så betonen ikke beskytter armeringen mod at ruste. Processen kaldes karbonatisering. Reaktionen går langsomt i tæt beton og hurtigere mere porøs beton og er oftest kun i det yderste lag. Karbonatiseringszonen svinger ved denne undersøgelse mellem 2 og 20 mm. En enkelt ”tå” var så dårlig udstøbt, at den var gennemkarbonatiseret.

3 Forudsætninger

Denne undersøgelse er en udvidelse af den tidlige undersøgelse fra januar 2010.

I 2012 er der udført termografiundersøgelser af facadeelementer, der viser, at der langs samlinger og kanter sker et større varmetab fra bygningerne. Der er derfor i denne undersøgelse udført kontrol af samlinger og yderkanter af betonelementer for at kontrollere isoleringen her.

I det følgende afsnit 4 gennemgås undersøgelser, der er foretaget ud fra ”Program for yderligere undersøgelser af 29. januar 2013 rev. 8. maj 2013”.

4 Betonundersøgelser

4.1 Betontrapper

Denne undersøgelse omfatter 5 trapper, som vist i skema. Trapperne er tilfældig udvalgt i bebyggelsen. Fotonumre refererer til COWIs arkiv.

	Emne	Adresser	Visuelt	Prøver	Fotonr. P1180-
Trapper	Reposer, løb og konsoller	Torvelængerne 7	Repos:Forvitret overflade og hjørneafskalning.	Klorid	560-577
		Tingstræderne 3	Ingen skader	Klorid	578-596
		Maglestræde 3	Løb:Overflade nedbrudt.	Klorid	599-619
		Støvelestræde 17	Repos: Nedbrudt overflade. Mosbelagt. Revne i underside af repos.	Klorid	Fotonr. P1090-612-613
		Torveslipperne 10 ved Krageslippen 5	Nedbrudt repos. Rækværk generelt nedbrudt. Rustne fastgørelser Clamps ruster	Klorid	617-619

Kloridprøver er fordelt således:

Kloridprøver, adresser, placering og dybder. Enhed er %Cl ⁻ af betonvægt			0 - 20 mm	20-40 mm
Støvelestræde 17	Kloridprøve	løb overside	0,1	0,08
		konsol underside	0,04	0,04
		repos overside	0,06	0,07
Torveslipperne 10 (Krage 5)	Kloridprøve	repos overside	0,09	
		konsol underside	0,03	
		løb underside	0,02	
Tingstræderne 3	Kloridprøve	løb underside øverst		0,04
		konsol side	0,01	
		repos underside	0,04	0,06
Torvelængerne 7	Kloridprøve	konsol side		0,13
		repos underside		0,06
		løb underside		0,03
Maglestræde 3	Kloridprøve	repos underside		0,07
		løb øverste trin	0,09	
		konsol side		0,04

Der er tidligere i 2010 udtaget kloridprøver med nedenstående værdier:

Bryggerlængen 12	kloridprøve	repos overside	0,1	0,1
		konsol side	0,03	0,02
Mesterslippen 6	kloridprøve	repos overside	0,1	0,09



Eksempel på forvitret betonoverflade på overside af repos.



Eksempel på skade på underside af repos.

I den tidligere udarbejdede rapport af januar 2010 er der fundet kloridindhold på op til 0,10 %Cl⁻ af betonvægten, hvor kloridindhold på mere end 0,05 %Cl⁻ af betonvægten regnes for kritisk over for armeringen. Klorider er kendt for at forårsage grubetæringer i armering, så armeringen tæres uden det kan ses på betonoverfladen i form af afsprængninger.

Ved denne undersøgelse er der fundet kloridmængder, der ligger over tærskelværdien på 0,05% Cl⁻ af betonvægten. Højest målte kloridmængde er 0,13% Cl⁻ af betonvægten. Det er især oversider af repos og løb, der har de høje værdier selv om den højeste værdi opnås på en konsolside i boreddybde 20-40 mm. Alle de målte kloridværdier er angivet i rapporten i bilag 5.1 "Betonundersøgelser af 22. november 2013". Generelt er trapperne nedbrudte i reposoversider fra tøsaltning. Rækværksfastgørelser er rustne og clamsjern, hvor dæklag er afsprunget fremstår rustne.

4.2 Betonfacader

4.2.1 Samlinger og kanter på facadeelementer

I tidlig forår 2013 er der foretaget termografimålinger på facader fra udvendig side. På disse målinger kunne det ses, at der i både lodrette og vandrette samlinger er en udvendig overfladetemperatur, der er større, end på elementernes flader. Det er derfor besluttet, at frihugge nogle af disse samlinger for at undersøge, om de er udført, som vist på tegninger. Desuden undersøges soklen for kuldebrosisolering. Alle frihugninger tilstøbes efter undersøgelsen. Efter aftale med boligselskabet tilstøbes med almindelig grå beton.

I forbindelse med undersøgelsen er der målt dæklag på armeringen i underside af elementerne, hvor denne blev frilagt og der er påført phenolphthalein for bestemmelse af karboniseringsdybden. Undersiden af elementerne benævnes også "tåen".

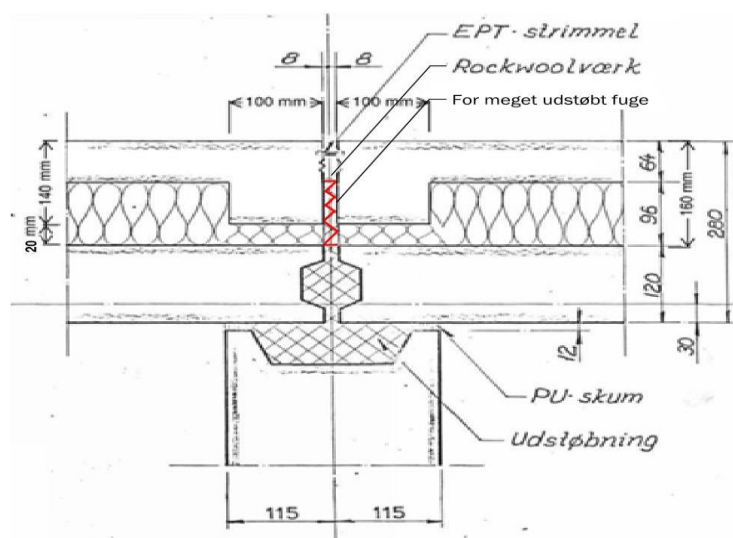
Der er udvalgt 9 lokaliteter, jævnt fordelt i bebyggelsen. I næste skema er adresserne og de foretagne ophugninger angivet.

Adresse	Sokkel	Ophug i top af element	Ophug i bund af element	Ophug i lodret samling		Foto
				Venstre	Højre	
Torvelængerne 1	20 mm isolering 40 mm beton på udvendig side.	Understopn. intakt. Dæklag 20mm til Ø5 armering Isolering som på tegning	Dæklag 20 mm i tå Luft under isolering ca. 5 mm.			P 1090- 340, 349-354, 370-381
Torvelængerne 15	20 mm isolering 40 mm beton på udvendig side.	30 mm isolering bag forplade	Dæklag 25 mm fra forkant. Ca. 15 mm fra bagkant. Understopning intakt		Fuge er udstøbt. Elementkant er 140 mm dyb her. Herefter 30 mm polystyrol. Bredde er 100 mm. Forplade er 64 mm tyk	355-366 367-369
Ulkestræde 1	20 mm isolering 40 mm beton på udvendig side.	Understopning og isolering er OK. 30 mm dæklag udvendig, 15 mm bagside. 30 mm isolering v. samling.	5 mm luft under isolering. 20 mm dæklag for og bag. Understopn. porøs yderste 5 mm. Karbonatisering 2-3 mm	Fuge og element massiv til 100 mm fra fuge som ovenfor. Bag massive del er 30 mm polystyrol, boret.		383-404
Humleslippen 1	Boret 20 mm isolering	Understop porøs yderst. Luft under isolering yderst. Dæklag 20 mm fra forside	Understop OK. Isolering OK. dæklag 20 mm fra forside	Fuge og element massiv til 100 mm fra fuge som ovenfor.	Boret, opbygning som i venstre side	405-425
Skipperlængen 11	Boret 20 mm isolering	20 mm uden isolering. Der er dog delvis stoppet med uld .30 mm dæklag for.		Boring i element viser, at de første 100 mm fra fuge er massiv og 20 mm isolering under.	Hugning i element viser, at de første 100 mm fra fuge er 100 mm tyk og efterlader 20-30 mm isolering mod bagelement. 2-3 mm er	426-439
Åleslippen 49		Isolering tæt på bund. Understop OK. 30 mm dæklag.				440-446
Torveslipperne 4				Boring i element viser, at de første 100 mm fra fuge er massiv og 20 mm isolering under.	Boring og hugning i element viser, at de første. 100 mm fra fuge er 100 mm tyk og 20 mm isol. bag mod bagvæg. Dæklag 25 mm for armering	447-454
Bryggerlængen 20, 1. sal		Isolering når ikke helt bund. Understopning er OK. 30 mm dæklag for. 2-3 mm			Boring i element viser, at de første 100 mm fra fuge er 100 mm tyk med 30 mm isolering bag.	532-540
Ulkestræde 1, gavl					Boring i element viser, at de første 100 mm fra fuge er 100 mm tyk med 30 mm isolering bag.	

Der er foretaget ophugninger/ boring på de udfyldte lokaliteter.

Undersøgelsen viser følgende:

- › Der er generelt indbygget 20 mm polystyrol midt i soklen
- › Ophugninger i bund og top af elementer viser, at polystyrol i facadeelementer ikke i alle tilfælde slutter helt tæt til underliggende element. Understopning er generelt i god stand. Armering i undersiden af forpladen ”tåen” er beliggende 20-30 mm fra ydersiden og dermed ca. 10-20 mm fra bagsiden. Der er fundet karbonatiseringsdybder på 2-3 mm. Isoleringstykkelsen mellem underste elements forplade og bagvæg er 30 mm.
- › Ophugning i den lodrette samling viser en anden udformning end vist på tegninger. Elementsamlingerne er udstøbt næsten ud til det sorte bånd i forkanten. Der er udstoppet med mineraluld fra 20 mm til 80 mm bag det sorte EPT-bånd. Elementerne er tykkere 100 mm på begge sider af den udstøbte fuge i en dybde på ca. 140 mm, således at der er ca. 20 mm isolering bag den tykke kant. Det vil sige, at isoleringen ved fugerne ændrer sig fra 96 mm i elementerne til 20 mm bag den tykke kant. Der er således her ca. 160 mm fra forkant af elementet til forkant af bagmur, hvilket stemmer overens med konstruktionsstegningerne, se nedenstående snit.



Vandret snit i facadeelement ud for lejlighedsskel.

Boring i element kan erstatte ophugning af beton, idet det tydeligt kan mærkes, når isoleringen nås, og igen når forkant af bagplade rammes. Med tom-

mestok kan målene kontrolleres. Ifølge denne prøvning er der alle steder polystyrol i en tykkelse mellem 20 og 30 mm bag den tykke del. Således svinger afstanden fra forplade til forsiden af bagvæg mellem 160 mm og 170 mm. Mål på eksisterende tegninger er angivet til 160 mm.

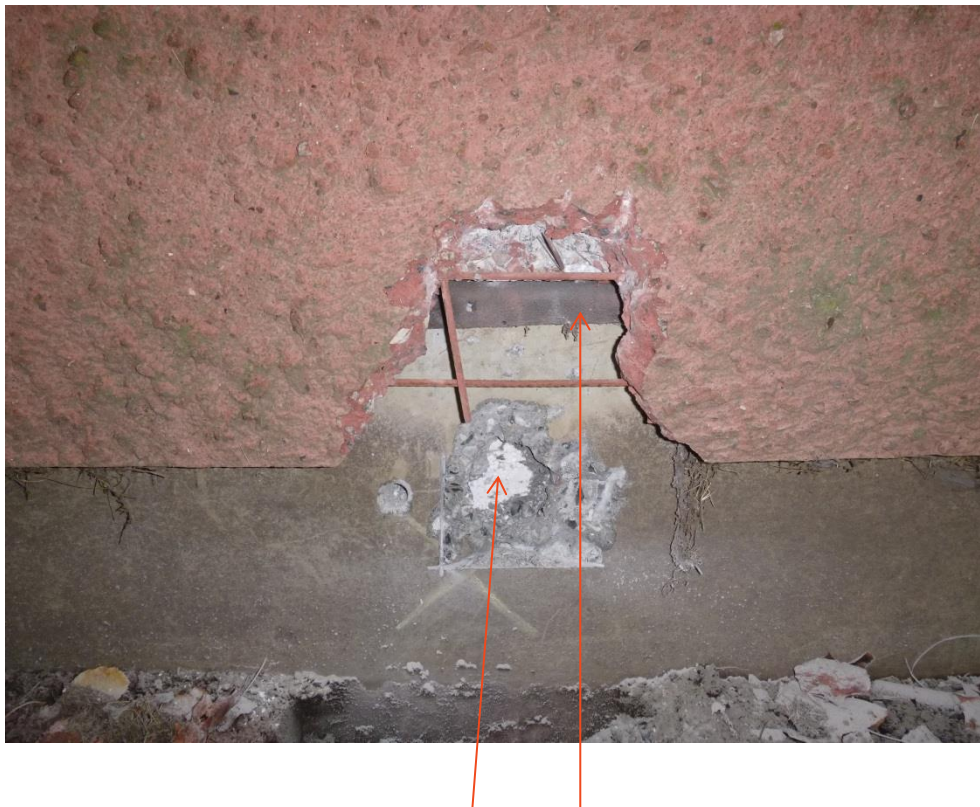


Foto viser ophugning i sokkel, det hvide i midten er blotlagt polystyrol. Desuden er frihugget i bund af element. Der ses murpapmembran på sokkel og frihugget armering.



Frihugning i vandret samling mellem to elementer. Isolering ($t = 30$ mm) i nederste element ses ført helt op til kant af element. Polystyrol i overstående element støder her helt op til underliggende. Dæklag på armering er ca. 30 mm fra forsiden og ca. 10 mm fra bagsiden. Karbonatiseringszonen er 2-3 mm.



Lodret samling mellem to elementer:
Ca. 140 mm inde er der 20 mm polystyrol bag forpladens tykke del. Fugeudstøbning er ført forbi isoleringen, så isoleringen er brudt i fugens tykkelse. Korrekt ud-

ført skulle der have været isolering i fuge ved kantisoleringen på facadeelement. Dvs. der er en markant kuldebro.

4.2.2 Dæklag

På 32 boliger er der udført dæklagsmålinger på forpladen af elementerne og på nederste del af forpladen, tåen. På forpladen er der målt over et område på ca. 1 m² og i tåen er der målt fra udvendig side og hvor langt fra bunden den nederste armering er placeret. Da tåens udformning således bliver kendt kan dæklag på bagsiden beregnes. Til dæklagsmåling er anvendt Profoscope fra Proceq.



Her måles et armeringsjern 46 mm under apparatets bund. Da overfladen på elementet er frilagt med udragende sten, der stikker ca. 10 mm ud fra betonen trækkes 10 mm fra de viste 46 mm. Således er dæklaget her målt til 36 mm.

Karbonatiseringsdybder er målt ved at hugge en flig af betonen med en murerhammer og efterfølgende påføre phenolphthalein på den friske brudflade.

I nedenstående tabel er alle målinger ført ind og beregnede dæklag på bagsiden af tåen er påført.

Nr.	Adresse	Element	Dæklag i mm	Elementfod "tå"		Nederste armering Afstand fra bund.	Carbonati- serings- dybde i mm	Fotonr. P 1090-
				Dæklag for	Dæklag bag			
				Beregnet				
1	Tømmerstræde 5 1. sal	Rød facade	39	22	17	40	2 - 10	605
2	Tingstræderne 20	Rød gavl	19 - 41	22	22	50	8	602
3	Ulkestræde 7	Brun facade	41	17	17	15	gennemkarbo- na- tiseret i tåen	575
4	Bryggerlængen 32 1. sal	Rød facade	33	21	18	30	2 - 3	576
5	Suderlængen 10 1. sal	Rød facade	40	21	18	30	2 - 10	577
6	Suderlængen 11	Brun facade	33	25	14	30	5 - 10	560
7	Hjortelængen 20	Rød gavl	47	26	28	55	2	561,562
8	Torvelængerne 10	Brun facade	34	21	18	30	3 - 5	563
9	Torvelængerne 17	Brun facade	44	25	14	30	8 - 14	564,565
10	Høkerlængen 21 1. sal	Rød facade	47	29	10	30	3 - 8	566
11	Humleslippen 21 1. sal	Rød facade	35	20	24	60	10 - 10	604
12	Færgeslippen 1	Rød gavl	49	29	10	35	2	568
13	Krageslippen 5 1. sal	Rød facade	41	26	28	55	2	569
14	Torveslipperne 18	Blå facade	41	31	9	40	2 - 5	570
15	Åleslippen 1	Rød gavl	37	15	24	35	< 5	541-545
16	Åleslippen 49	Brun facade	33	32	7	35	> 20	546,606
17	Pugestræde 11	Rød gavl	33	25	19	60	10	547
18	Støvlestræde 7	Brun facade	43	25	9	20	2 - 3	548
19	Maglestræde 25	Brun facade	35	31	23	100	10 - 20	548,549
20	Maglestræde 1	Rød gavl	27	14	30	60	10	550,551
21	Snorrestræde 7	Rød facade	41	20	20	40	10	552,603
22	Væverlængen 4	Blå facade	39	27	12	25	5	553-557
23	Væverlængen 22	Brun facade	47	22	17	30	20	558
24	Hjortelængen 4	Rød facade	38	22	20	50	2	578
25	Mesterslippen 14	Rød facade	36	26	14	40	2 - 20	579
26	Tværslippen 9 1. sal	Rød facade	39	22	18	45	2	580
27	Pugestræde 13, 1. sal	Rød facade	27	27	13	45	2 - 3	581
28	Bomslippen 5	Brun facade	30	23	16	30	1-2	582,583
29	Bryggerlængen 6, 1. sal	Rød facade	30	18	21	30	5-10	584
30	Tingstræderne 8	Brun facade	25	25	15	40	5-15	586,587
31	Støvlestræde 1	Rød facade	21	23	17	40	1-2	588,589
32	Sadelstræde 1	Rød facade	26	28	17	50	10	590-592

På elementoverfladen er mindste dæklagskrav på 20 mm kun overskredet et sted. På tåen er krav til dæklag på bagsiden overskredet i 22 tilfælde og i 1 tilfælde på bunden af tåen. Dette svarer til at ca. 70 % af "tæerne" har for lidt dæklag, og at det derfor må forventes, at der fremover udvikles yderligere skader her. Fotonr. refererer til numre i COWI's arkiv.

Karbonatiseringsdybder varierer fra 2 mm til 10-20 mm. I 22% af de målte tilfælde er karbonatiseringsdybden større end 10 mm.

4.2.3 Alkalisk skader

I betonundersøgelsen fra januar 2010 er der ved mikroanalyse fundet alkalisk i en borekerne fra et blå portelement. Der blev også udført makroanalyse af 2 kerner, som ikke viste tegn på alkaliskreaktioner. Alkaliskskader skyldes flintkorn i tilslaget, som reagerer med alkaliforbindelser i porevæsken under ekspansion. Alkaliskskader viser sig som netrevner med gulligt udtræk. Der er derfor i denne undersøgelse udført visuel besigtigelse af de blå facader på 12 boliger og udtaget 3 borekerner i de blå facadeelementer for yderligere undersøgelser.

Besigtigelsen er samlet i nedenstående tabel.

Adresse	Orientering	Antal elementer	Visuel besigtigelse af blå elementer	Fotonr. P1090
Tingstræderne 5	sydvest	3	Ingen synlige skader	462-463
Tømmerstræde 3	nord	3	Revner i et element	464-466
Bryggerlængen 18	nord	5 + port	Portelement er revnet, facadeelementer ved 18 og 24 er revnede	467-475
Torveslipperne 18	vest	2 + port	Port: 3 skader og revner Facade: Revner ved indgangsdør og revner i yderligere et element.	476-483
Torveslipperne 10	nordøst	2 + port	Port: Revner i sider og overligger Facade: Revner ved skilt	484-487
Tværslippen 11	nordøst	2 + port	Port: Vandbelastet, revner Facader: Ikke skader	488-493
Åleslippen 21	sydøst	2 + port	Port: Revner i sider og overligger Facade: Netrevner og skadet i bund	494-500
Åleslippen 51	sydøst	2 + port	Port: Revner sider og overligger Facader: ikke skadet	501-504
Maglestræde 23	nordøst	2 + port	Port: Revnet og skadet Facade: Revnet ved indgangsdør.	505-509
Væverlængen 5	nordøst	3	Skade i elementbund	512-514
Suderlængen 1	sydøst	3	Revner i alle elementer. Ved trappe er samme element revnet i den del der er over trappe og ikke synlige revner i den del, der er under trappe.	515-520
Hjortelængen 10	nordøst	3	Små netrevner i venstre element.	521-523

Placeringen af borekerne er vist i nedenstående tabel. (Fotonr. refererer til COWIs arkiv).

	Emne	Adresser	Visuelt	Prøver	Fotonr. P1090-
Blå elementer	Facadeelement	Maglestræde 13	Ikke synlige skader. Element er under trappe	Borekerne K1 Makroanalyse	614
	Facadeelement	Pugestræde 11	Ikke synlige skader. Element er under trappe	Borekerne K2 Makroanalyse	615
	Portparti/ facade	Åleslippen 51	Brune revner er synlige	ikke prøvet	
	Facade	Torveslipperne 10	Netrevner	Borekerne K3 Mikroanalyse	616



Hjortelængen 10. Revnedannelser i blå facadeelement



Alkalikiselrevner i Hjortelængen 10



Bryggerlængen 24. Revnedannelser i facadeelement mellem nummerskilt og lampe, mørke linjer.

Besigtigelse af blå elementer viser, at alle de besigtigede portelementer har revnedannelser, idet der er langsgående revner i underside af portoverligger og netrevner i portsideelementer. Netrevnerne er typiske for alkalikiselangrebet beton. Facadeelementerne fremstår umiddelbart uden større revnedannelser, men flere elementer har revner. Især er elementer under trapper uden synlige skader. På et element var der ikke synlige skader på den del, der var under trappen, men på den del der var over trappen var der tydelige revnedannelser. Dette stemmer med, at alkalikiselskader udvikles under fugtpåvirkning.

Der er fundet revnedannelser på 41% af de blå facadeelementer og på alle portelementer.

På de 3 udtagne borekerner er der udført makroanalyse, og på en borekerne er der suppleret med tyndslib.

Ved makroanalyser er det fundet, at betonen i borekernerne er lagdelt. Selv om det yderste 2 mm lag er blåt kan der godt være brugt en rødlig mørtel længere inde. Mellem de enkelte lag er der en god vedhæftning.

Generelt er der ved besigtigelsen og ved makroanalyse af kernerne fundet en hård beton. Dog er der på en enkelt borekerne fundet porøs og svag beton i den ene halvdel af elementet. Der er i alle kernerne fundet potentielt alkalikiselreaktive korn, men kun i en borekerne er der tegn på alkalireaktivitet.

Karbonatiseringszonen er mellem 3 og 11 mm på borekernerne.

Der er udført mikroanalyse på borekerne K3. Mikroanalysen udføres på tyndslib, anbragt vinkelret på eksponeret betonoverflade. Slibets tykkelse er 0,020 mm og strækker sig 45 mm ind fra betonoverfladen. Før tyndslibsfremstillingen er betonen imprægneret med epoxy tilsat fluorescerende farvestof, hvorved betonens mikrostruktur fastholdes under videre bearbejdning.

Der er fundet en høj mængde små korn af alkalikiselreaktiv, porøs flint. Indholdet af potentielt alkalireaktive korn skønnes at være over 2 vol.%, som regnes som skadelig grænse. Der ses overalt i slibet tegn på skadelig udvikling af alkalikiselreaktioner med revner og geldannelse. Gelen ses i revner og luftporer.

Der er fundet et gennemsnitligt vand/cement-forhold på ca. 0,45, hvilket vidner om en god tæt beton. Vand/ cementtallet varierer lokalt mellem 0,35 og 0,60.

Karbonatiseringen er på slibet målt til mellem 5 og 7 mm.

Luftporesystemet i betonen skønnes ikke at kunne opfylde sædvanlige krav til frostbestandig beton.

Der er i prøven fundet tegn på fugtbelastning fra betonens indre. Fugtbelastningen er foregået igennem lang tid.

Der er i slibet fundet 2 stk. grove revner med revnevidder på 0,3 mm. Revnen går 35 mm ind i betonen og har geludfældninger fra alkalikiselreaktioner. Desuden nævnes, at indholdet af mikrorevner er højt.

Makro/mikroanalyserne er nærmere beskrevet i rapporten "Betonundersøgelser, klorid-, makro og mikroanalyser af borekerner og pulverprøver" af 22. november 2013.

Makroundersøgelserne viser således, at det er en god beton, men at der i ca. 40 % af de besigtigede elementer er revner og at revnerne i de fleste tilfælde skyldes alkalikiselreaktioner, som påvist ved mikroundersøgelsen.

Da vand er nødvendig for alkalikiselreaktioner kan disse kun stoppes ved at udtørre konstruktionerne.

5 Bilag

5.1 Klorid- makro og mikroundersøgelser af borekerner

5.2 Foto

5.3 Eksisterende tegninger

NOVEMBER 2013
BO-VEST AFD. 10
HYLDESPJÆLDET

BETONUNDERSØGELSER

KLORID-, MAKRO OG MIKROANALYSER AF BOREKERNER OG PULVERPRØVER

ADRESSE COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Danmark

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

NOVEMBER 2013
BO-VEST AFD. 10
HYLDESPJÆLDET

BETONUNDERSØGELSER

KLORID-, MAKRO- OG MIKROANALYSER AF BOREKERNER OG PULVERPRØVER

PROJEKTNR. A039417-P16
DOKUMENTNR. A039417-P16.17
VERSION 1.0
UDGIVELSESDATO 22. november 2013
UDARBEJDET AEH
KONTROLLERET KIE
GODKENDT MHSJ

INDHOLD

1	Indledning	6
1.1	Prøver og undersøgelser	6
1.2	Metodebeskrivelse	6
1.3	Opbevaring af prøver	7
1.4	Forbehold	7
2	Sammenfatning af resultater	8
2.1	Makroanalyser	8
2.2	Mikroanalyser	10
2.3	Kloridresultater	11
3	Konklusion	12

BILAGSFORTEGNELSE

Bilag A	Makroanalyse
Bilag B	Mikroanalyse
Bilag C	Kloridresultater

1 Indledning

Nærværende datarapport omfatter makroanalyse af 3 borekerner udtaget fra facadeelementer i bebyggelsen Hyldespjældet.

Bebyggelsen er oplyst at være opført ca. 1974.

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

1.1 Prøver og undersøgelser

Der er oplyst følgende om kernerne:

- › Kerne K1, udtaget af facadeelement, Maglestræde 13.
- › Kerne K2, udtaget af facadeelement, Pugestræde 11.
- › Kerne K3, udtaget af facadeelement, Torveslipperne 10.

Kerner er oplyst at være boret vandret ind i facadeelementer ca. 1,5 m over terræn.

Der er udført makroanalyse af kernerne, se resultater og fotos i Bilag A. Der er udført mikroanalyse af kerne K3 - Torveslipperne 10, se resultater og fotos i Bilag B. Resultater er sammenfattet i afsnit 2.

Der er endvidere udført kloridanalyser af 19 medsendte støvprøver, se Bilag C.

1.2 Metodebeskrivelse

Ved makroanalysen beskrives borekernerne som modtaget, ved visuel inspektion og ved måling med lineal. Kernerne er fotograferet som modtaget.

Ved kvalitative mængdeangivelser anvendes en 4-trins-skala med følgende inddeling:

- 0 Ingen / Intet
- 1 Få / Lidt / Lavt
- 2 Nogle / En del / Middel
- 3 Mange / Meget / Højt

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 grubetæringer.

Mikroanalysen udføres på tyndslib, anbragt vinkelret på eksponeret betonoverflade. Slibets tykkelse er 0,020 mm og bredde / højde er ca. 30 mm / 45 mm. Før tyndslibsfremstillingen imprægneres betonen under vakuum med epoxy tilsat et fluorescerende farvestof (fluorescein), 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.

Kloridanalyse udføres på udborede kerner ved savning og knusning til en kornstørrelse < 1 mm (samt direkte på medsendte pulverprøver).

Kloridanalyser analyseres i henhold til COWI standard "Hærdnet betons kloridindhold" som på alle væsentlige punkter svarer til DS/EN 14629.

1.3 Opbevaring af prøver

Betonkerner (rester) vil blive arkiveret ½ år fra dato i COWI's Materialelaboratorium, hvorefter de vil blive kasseret eller efter anmodning returneret til rekvirenten.

Tyndslib opbevares i COWI's tyndslibsarkiv og kasseres ikke.

1.4 Forbehold

De anførte resultater og vurderinger er alene baseret på materialet i de undersøgte kerner og gælder kun for pågældende konstruktion som helhed i den udstrækning, de undersøgte prøver er repræsentative.

2 Sammenfatning af resultater

2.1 Makroanalyser

Der er udført makroanalyse af kernerne K1, K2 og K3 fra facadeelementer på adresserne Maglestræde 13, Pugestræde 11 og Torveslipperne 10. Det vurderes, at betonen er af samme sammensætning i de 3 kerner, og resultater er derfor sammenfattet under ét.

Kernerne har en diameter på 95 mm. Længden af kernerne (tykkelsen af facadeelementerne) varierer fra 62-74 mm.

Tilslag:

Stentilslaget består af knuste, mørke, granitiske bjergarter. Kornformen er kantet. Største kornstørrelse er 11 mm. Stenindholdet er middel, og stenene er ensartet fordelt.

I sandfraktionen ses nogle hvide, potentielt alkalikiselreaktive korn.

Der er ikke observeret tegn på alkalikiselreaktioner (på makroniveau) i kernerne K1 og K2.

I kerne K3 ses tegn på alkalikiselreaktivitet, med mørke rande omkring hvide korn og revner med forløb igennem korn.

Luftporer:

Der ses nogle små (< 0,5 mm) kugleformede luftporer og enkelte irregulære luftindkapslinger på op til 7 mm. Betonen fremstår velkomprimeret.

Cementpasta:

Cementpastaen er i de yderste ca. 2 mm i alle 3 kerner blå-grå.

I kerne K1 – Maglestræde 13, er cementpastaen:

2-34 mm fra ydersiden grå, ensartet og hård.

35-62 mm fra ydersiden rødlig, ensartet og hård.

Støbningen af de forskellige farvede lag er sandsynligvis foregået ”vådt i vådt”.

I kerne K2 – Pugestræde 11, er cementpastaen:
2-45 mm fra ydersiden grå, ensartet og hård.
45-74 mm fra ydersiden lysegrå, ensartet og svag med en del udrivninger

I kerne 3 – Torveslipperne 10, er cementpastaen:
2-68 mm fra ydersiden grå, ensartet og hård.

Karbonatisering:

Karbonatiseringsdybden for de 3 kerner fra hhv. ydersiden og indersiden af facade-elementet er angivet i skema herunder

Kerne nr.	Karbonatisering fra ydersiden	Karbonatisering fra indersiden
K1 – Maglestræde 13	5-11 mm	<1 mm
K2 – Pugestræde 11	4-6 mm	<1 mm
K3 – Torveslipperne 10	3-8 mm*	<1 mm

*I kerne K3 ses en grov revne i yderside overfladen med forløb vinkelret på overfladen indtil en dybde af 30 mm, og med karbonatisering langs de yderste 17 mm.

Revner og defekter:

Kerne K1 indeholder en grov revne med forløb vinkelret på overfladen, i de yderste 2 mm. Revnen har forløb vinkelret på overfladen og er sandsynligvis opstået som en fejl under forarbejdning af overfladen.

Kerne K2 indeholder ingen makroskopiske revner eller defekter.

Kerne K3 indeholder en grov revne i yderside af overfladen med forløb vinkelret på overfladen. Revnen ses indtil en dybde af 30 mm og skærer tilslagskorn.

Overflader:

Kernernes ydre overflader fremstår med frilagt stentilslag. Stentilslaget har god vedhæftning til cementpastaen.

Kernernes indre overflade fremstår formstøbt mod polystyren. Polystyren hænger fast i betonen.

Armering:

Kerne nr.	Diameter	Type	Dæklag til ydre overflade	Rustgrad
K1 - Maglestræde 13	Ø5 mm	Rundjern	27 mm	0
	Ø5 mm	Rundjern	32 mm	0
K2 - Pugestræde 11	Ø10 mm	Rundjern	37 mm	0
	Ø5 mm ? (aftryk)	Rundjern	50 mm	÷ rust i aftrykket
K3 - Torveslipperne 10	Ø5 mm	Rundjern	40 mm	0

2.2 Mikroanalyser

Der er udført mikroanalyse af betonen i kerne K3. Tyndslibet omfatter betonen fra ydre overflade og indtil en dybde af 45 mm.

Tilslagskorn:

Som stentilslag ses knuste, kantede, granitiske bjergarter.

Som sandtilslag ses enkeltkorn af kvarts/feldspat samt bjergartsfragmenter af granit. Derudover ses noget tæt flint, lidt kalksten og fossiler, samt en høj mængde små korn af alkalikiselreaktiv, porøs flint (13 stk.).

Indholdet af potentielt alkalireaktive korn skønnes at være over grænsen på 2 vol. %, som regnes som skadelig grænse. Der ses overalt i slibet tegn på skadelig udvikling af AKR med revne/geldannelser. AKR gel ses i revner og i luftporer.

Cementpasta:

Som cement er anvendt en fint formalet portlandcement, med maksimal størrelse på cementklinker på 50 µm. Hydratiseringsgraden er høj - der ses "Hadley" huller efter færdigt reagerede korn og korn med mange årringe. Der ses ikke tegn på tilsætning af flyveaske og/eller mikrosilika.

Cementpastaen fremstår inhomogen med en gennemsnitlig kapillarporøsitet svarende til et vand/cement-forhold i størrelsesordenen 0,45. Der ses lokale variationer, fra 0,35-0,60.

Calciumhydroxid er generelt udludt således at store områder fremstår amorfe eller isotrope ved krydsede nicoller.

Karbonatisering:

I den ydre overflade ses en karbonatisering generelt på 5-7 mm. Langs grove revner ses en karbonatisering på op til 30 mm dybde.

Luftporer:

Betonen har et lavt indhold af luftporer i form af enkelte små kugleformede porer, typisk < 0,3 mm. Der ses kun få uregelmæssige, indkapslede porer op til 1-2 mm store.

Betonens luftporesystem skønnes ikke at kunne opfylde sædvanlige krav til frostbestandig beton.

Fugtbelastning:

Der er tegn på fugtbelastning af betonens indre. Der ses overalt ettringit udfyldninger af luftporer og revner i betonen, hvilket er tegn på, at betonens indre har været udsat for fugtbelastning i lang tid.

Revner:

Der ses 2 stk. grove revner (revnevidde på 0,3 mm) vinkelret på overfladen. Revner har en dybde af 35 mm og skærer tilslagskorn, herunder porøse flintkorn med AKR gel udfældninger.

Der ses en del vedhæftningsrevner langs sten.

Indholdet af mikrorevner er højt.

Overfladen:

Overfladen er ujævn (frilagt) og de yderste ca. 2 mm af cementpastaen fremstår grovporøs med irregulære hulrum – muligvis pga. en overfladebehandling i forbindelse med frilægningen af sten i overfladen.

2.3 Kloridresultater

I Bilag C ses kloridresultater for medsendte pulverprøver.

Der er en del af de analyserede prøver, der har et kloridindhold $> 0,05$ % Cl^- af betonvægten. Dette er den tærskelværdi som typisk anses at skulle være overskredet for at mængden af klorid i en Portland cement baseret beton i et ikke marint miljø kan medføre armeringskorrosion.

Nedenfor er listet de prøver hvor tærskelværdien er overskredet.

Støvlestræde 17:

Løb 3: 0-20 mm	(0,10 % Cl^- af betonvægten)
Repos 1: 0-20 og 20-40 mm	(>0,05 % Cl^- af betonvægten)

Maglestræde 3:

Øverste trin: 0-20 mm	(0,09 % Cl^- af betonvægten)
Repos 1: 20-40 mm	(0,07 % Cl^- af betonvægten)

Tingstræderne 3:

Repos 3: 20-40 mm	(0,06 % Cl^- af betonvægten)
-------------------	---------------------------------------

Torvelængen 7:

Konsol 1: 20-40 mm	(0,13 % Cl^- af betonvægten)
Repos 3: 20-40 mm	(0,06 % Cl^- af betonvægten)

Krageslippen 5: 0-20 mm	(0,09 % Cl^- af betonvægten)
-------------------------	---------------------------------------

Undersøgelser på stedet må afgøre hvorvidt disse dybder er tæt på armeringen de enkelte steder.

3 Konklusion

Der er undersøgt 3 borekerner. Alle 3 er udboret igennem facadeelementer.

Betonen i kernerne er lagdelt med god vedhæftning imellem de forskellige lag.

I kerne K1 og K3 er betonen hård igennem hele kernen. I kerne K2 består den inderste halvdel af elementet af en porøs beton som fremstår noget svag.

Mikroanalyse af kerne K3 viser at luftindholdet er lavt, og betonen vil højst sandsynligt ikke kunne overholde sædvanlige krav til luftporestrukturen for en frostsikker beton.

Luftporer er desuden helt til delvis udfyldt af ettringit (som er tegn på en høj fugtbelastning igennem længere tid). Der ses desuden AKR gel i luftporer og i revner i betonen.

Tyndslib i kerne K3 er placeret over et groft revnesystem. De observerede grove revner skærer tilslagskorn, herunder reaktive flintkorn, og forløber indtil en dybde af 35 mm fra den ydre overflade.

Ved mikroanalysen af kerne K3 ses, at betonen indeholder en høj mængde alkaliselsreaktive korn (over 2 vol.% af sandet), og der ses overalt tegn på alkalisk reaktivitet med revnedannelser og AKR gel.

Betonen er generelt karbonatiseret ind til maks. 11 mm fra ydre overflade, men langs grove revner i kerne K3 ses karbonatisering i hele revnernes dybde, hvilket er tegn på at revnerne er af ældre dato.

Den tærskelværdi for klorid, som typisk vurderes at skulle være overskredet for at mængden af klorid i en Portlandcement baseret beton i et ikke marint miljø kan medføre armeringskorrosion, er i flere tilfælde overskredet.

Undersøgelser på stedet af dæklagstykkelser må afgøre om de dybder, hvor pulverprøverne er udtaget, er i armeringsniveau eller tæt på armeringen og derved udgør en risiko for armeringskorrosion.

Bilag A Makroanalyse

Prøve	Kerne K1 – Maglestræde 13, udtaget af facadeelement.
Kernedimension	Ø 95 mm - længde 62 mm.
Armering	2 stk. Ø5 mm rundjern med dæklag til ydre overflade på hhv. 27 og 32 mm og begge med rustgrad 0.
Tilslag	Stentilslaget består af knuste røde og sorte granitiske bjergarter. Kornformen er kantet. Største kornstørrelse er 10 mm. Stenindholdet er middel, og stenene er ensartet fordelt. I sandfraktionen ses nogle små, hvide, potentielt alkalikiselreaktive korn. Der er ingen tegn på alkalikiselreaktivitet, hverken i sand eller stenfraktion.
Cementpasta	Cementpastaen er i de yderste ca. 2 mm blå-grå og hård. 2-34 mm fra ydersiden er cementpastaen grå, ensartet og hård. 35-62 mm fra ydersiden er cementpastaen rødlig, ensartet og hård.
Luftporer	Der ses nogle små (< 0,5 mm) kugleformede luftporer og enkelte irregulære luftindkapslinger på op til 7 mm. Betonen fremstår velkomprimeret.
Karbonatisering (målt med phenolphthalein)	Betonen er i de eksponerede overflader er karbonatiseret til en dybde af: Ydre overflade: 5-11 mm. Indre overflade: <1 mm.
Revner/defekter	Kernen indeholder en grov revne med forløb vinkelret på overfladen, i de yderste 2 mm. Revnen har forløb vinkelret på overfladen og er sandsynligvis en fejl opstået under forarbejdning af overfladen.
Overflader	Kernens ydre overflade fremstår med frilagt stentilslag (yderste 5 mm). Stentilslaget har god vedhæftning til cementpastaen. Kernens indre overflade fremstår formstøbt mod polystyren. Polystyren hænger fast i betonen.
Bemærkninger	Støbningen af betonen med forskellig farve er sandsynligvis foregået ”vådt i vådt” – der ses god vedhæftning imellem de forskellige lag

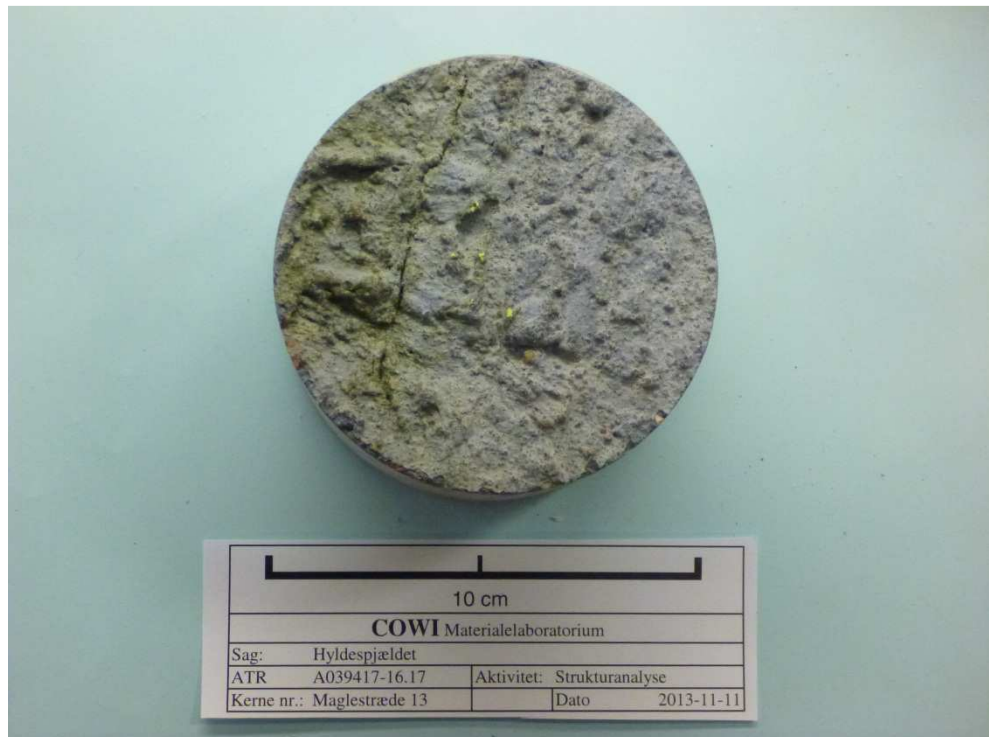
MAKROANALYSE

Prøve	Kerne K2 – Pugestræde 11, udtaget af facadeelement.
Kernedimension	Ø 95 mm - længde 74 mm.
Armering	1 stk. rundjern Ø10 mm og et aftryk af sandsynligvis Ø5 mm med dæklag til ydre overflade på hhv. 37 og 50 mm, begge med rustgrad 0 (der ses ikke rust i aftrykket af Ø5 mm rundjern).
Tilslag	Stentilslaget består af knuste røde og sorte granitiske bjergarter. Kornformen er kantet. Største kornstørrelse er 11 mm. Stenindholdet er middel, og stenene er ensartet fordelt. I sandfraktionen ses nogle små, hvide, potentielt alkalikiselreaktive korn. Der er ingen tegn på alkalikiselreaktivitet, hverken i sand eller stenfraktion.
Cementpasta	Cementpastaen er i de yderste ca. 2 mm i blå-grå og hård. 2-45 mm fra ydersiden er cementpastaen grå, ensartet og hård. 45-74 mm fra ydersiden er cementpastaen lysegrå, ensartet og svag med en del udvævninger.
Luftporer	Der ses nogle små (< 0,5 mm) kugleformede luftporer og enkelte irregulære luftindkapslinger på op til 6 mm. Betonen fremstår velkomprimeret.
Karbonatisering (målt med phenolphthalein)	Betonen er i de eksponerede overflader er karbonatiseret til en dybde af: Ydre overflade: 4-6mm. Indre overflade: <1 mm.
Revner/defekter	Kernen indeholder ingen makroskopiske revner eller defekter.
Overflader	Kernens ydre overflade fremstår med frilagt stentilslag (yderste 5 mm). Stentilslaget har god vedhæftning til cementpastaen. Kernens indre overflade fremstår formstøbt mod polystyren. Polystyren hænger fast i betonen.
Bemærkninger	Støbningen af betonen med forskellig farve er sandsynligvis foregået ”vådt i vådt” – der ses god vedhæftning imellem de forskellige lag.

MAKROANALYSE

Prøve	Kerne K3 – Torveslipperne 10, udtaget af facadeelement.
Kernedimension	Ø 95 mm - længde 68 mm.
Armering	1 stk. Ø5 mm rundjern med dæklag til ydre overflade på 40 mm og med rustgrad 0.
Tilslag	Stentilslaget består af knuste røde og sorte granitiske bjergarter. Kornformen er kantet. Største kornstørrelse er 10 mm. Stenindholdet er middel, og stenene er ensartet fordelt. I sandfraktionen ses nogle små, hvide, potentielt alkalikiselreaktive korn. Der ses tegn på alkalikiselreaktivitet, med mørke rande omkring hvide korn og revner med forløb igennem korn.
Cementpasta	Cementpastaen er i de yderste ca. 2 mm i blå-grå og hård. 2-68 mm fra ydersiden er cementpastaen grå, ensartet og hård.
Luftporer	Der ses nogle små (< 0,5 mm) kugleformede luftporer og enkelte irregulære luftindkapslinger på op til 7 mm. Betonen fremstår velkomprimeret.
Karbonatisering (målt med phenolphthalein)	Betonen er i de eksponerede overflader er karbonatiseret til en dybde af: Ydre overflade: 3-8mm. Indre overflade: <1 mm. Langs grov revne ses karbonatisering langs de yderste 17 mm.
Revner/defekter	Kernen indeholder en grov revne i yderside overfladen med forløb vinkelret på overfladen. Revnen ses indtil en dybde af 30 mm og skærer tilslagskorn.
Overflader	Kernens ydre overflade fremstår med frilagt stentilslag (yderste 5 mm). Stentilslaget har god vedhæftning til cementpastaen. Kernens indre overflade fremstår formstøbt mod polystyren. Polystyren hænger fast i betonen.
Bemærkninger	Støbningen af betonen med forskellig farve er sandsynligvis foregået ”vådt i vådt” – der ses god vedhæftning imellem de forskellige lag

FOTOS AF KERNER



Kerne K1: Ydre overflade. Kernen indeholder en grov revne med forløb vinkelret på overfladen. Revnen ses indtil en dybde af 2 mm og forløber uden om tilslagskorn. Dette er sandsynligvis en skade opstået i betonen, mens den stadig var blød.

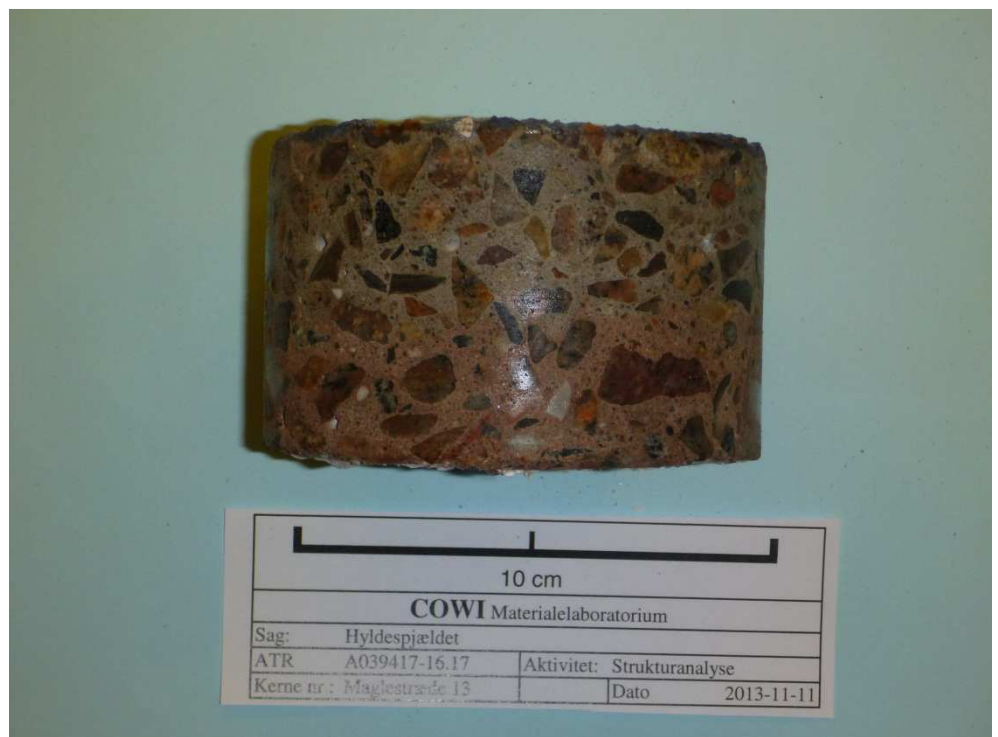


Kerne K1: Ydre overflade opad. Der ses delvist frilagt tilslag yderst. Tilslaget er velfordelt og mængden er middel.

FOTOS AF KERNER



Kerne K1: Bund af kerne K1. Der ses i dele af undersiden rester af polystyren. Betonen fremstår her rødlig.

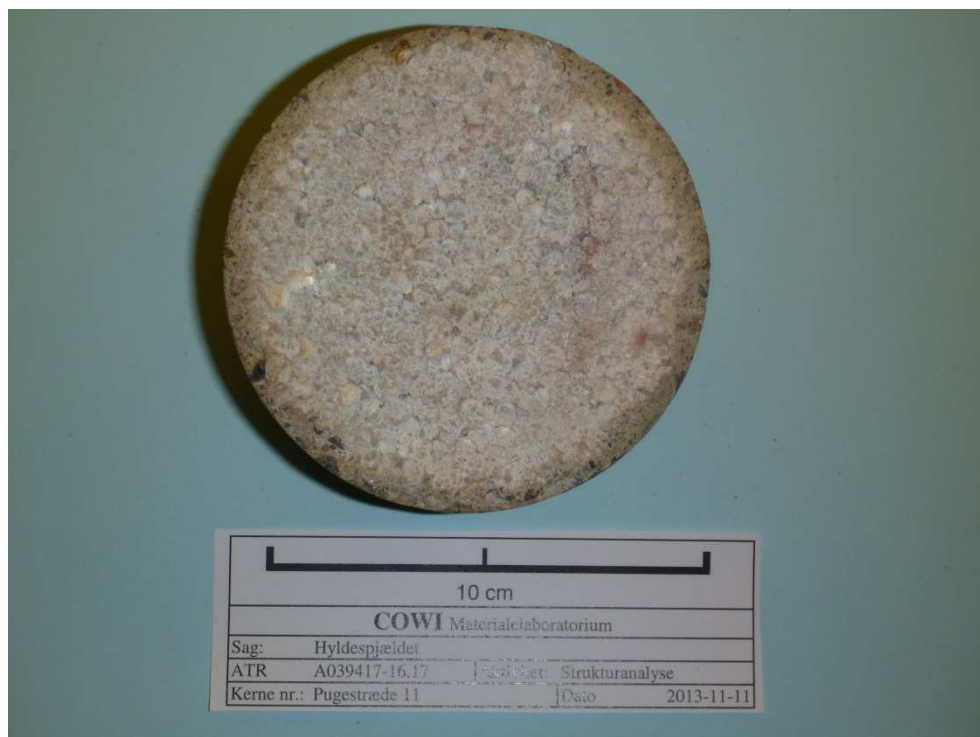


Kerne K1: Ydre overflade opad. Kernen er opdelt i blå-grå cementpasta i de yderste 2 mm, grå cementpasta 2-34 mm fra overfladen og rødlig cementpasta 34-62 mm fra overfladen. Der ses god vedhæftning i støbeskel.

FOTOS AF KERNER

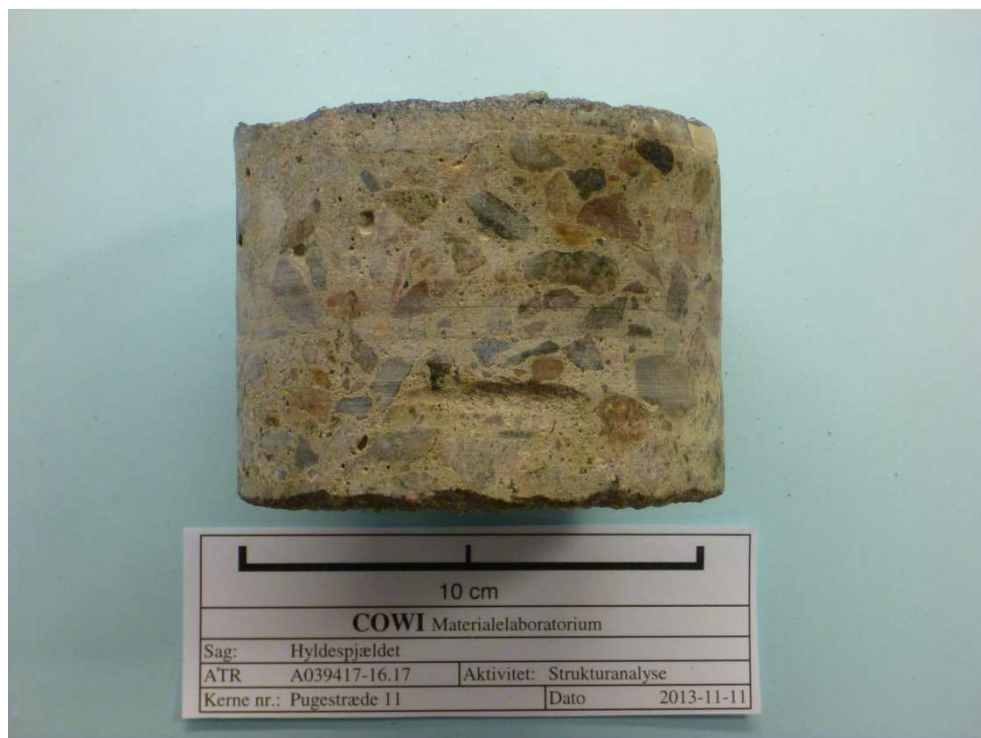


Kerne K2: Ydre overflade fremstår blå-grå og med frilagt stentilslag – frilagt ca. 5 mm.

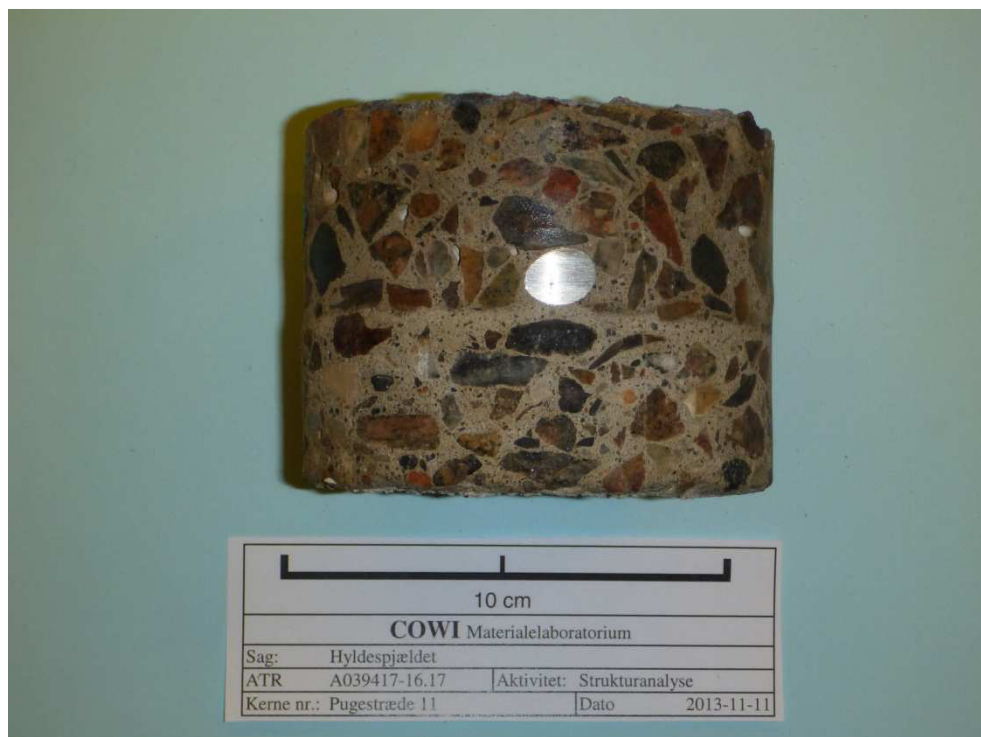


Kerne K2: Bunden af kernen. Der ses i dele af undersiden rester af polystyren.

FOTOS AF KERNER



Kerne K2: Ydre overflade opad. Der ses aftryk af Ø5 mm rundjernsarmering med dæklag på 50 mm. Stentilslag er i middel mængde og velfordelt.

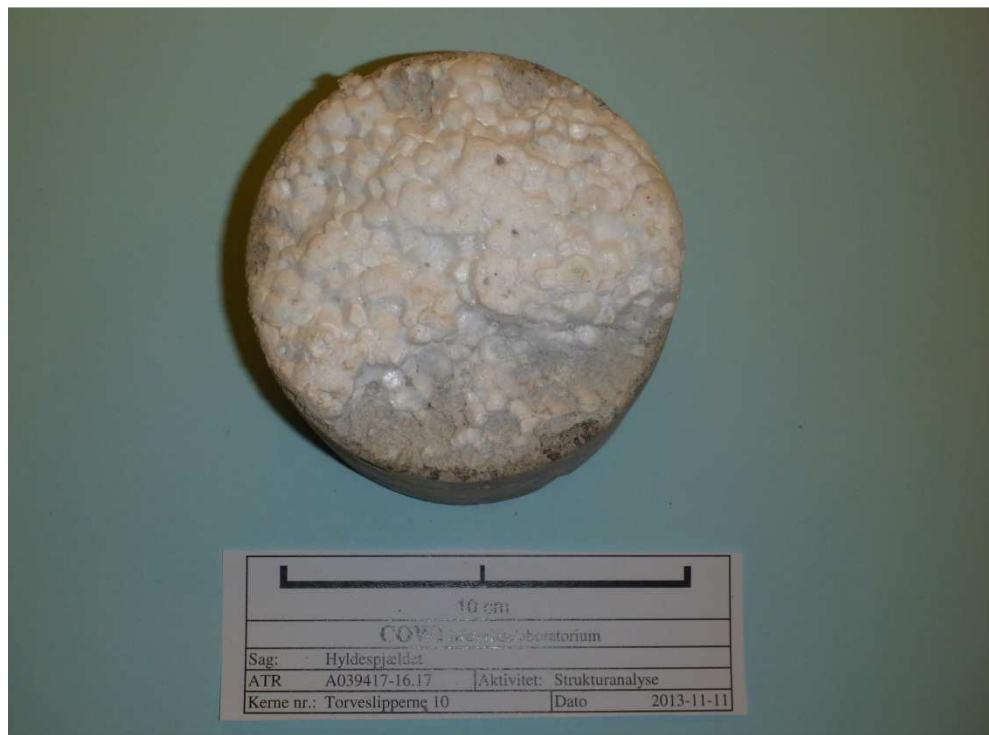


Kerne K2: Ydre overflade opad. Der ses armeringsjern Ø10 mm med dæklag på 37 mm. Den inderste del af elementet (nederste i foto) består af en noget svag, lysegrå beton hvor der ses mange udrivninger på borefladen.

FOTOS AF KERNER



Kerne K3: Ydre overflade fremstår blå-grå og med fritlagte stentilslag. Der ses en grov revne vinkelret på overfladen. Revnen forløber indtil en dybde af 30 mm og skærer tilslagskorn. Revnen er stedvis splittet op i 2 revner.

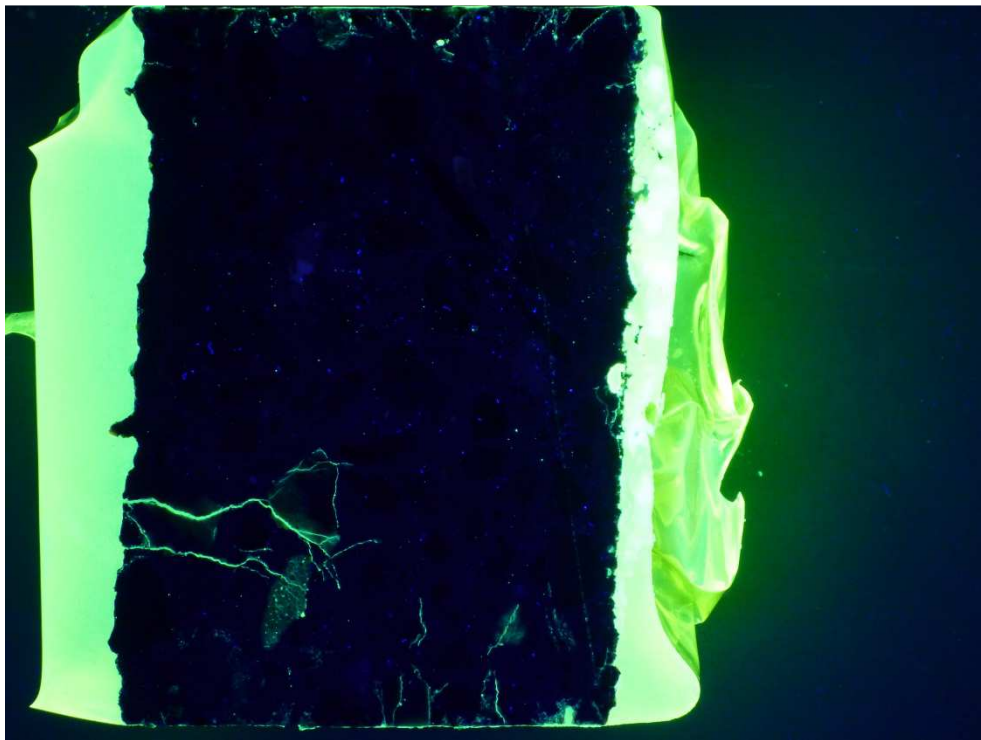


Kerne K3: Indre overflade med polystyren

FOTOS AF KERNER



Kerne K3: Overflade er placeret tv. i foto. Kernen efter imprægnering med fluorescerende epoxy og gennemskæring på langs. Der ses 2 grove revner vinkelret på overfladen med forløb indtil ca. 30 mm. Revner skærer tilslagskorn.

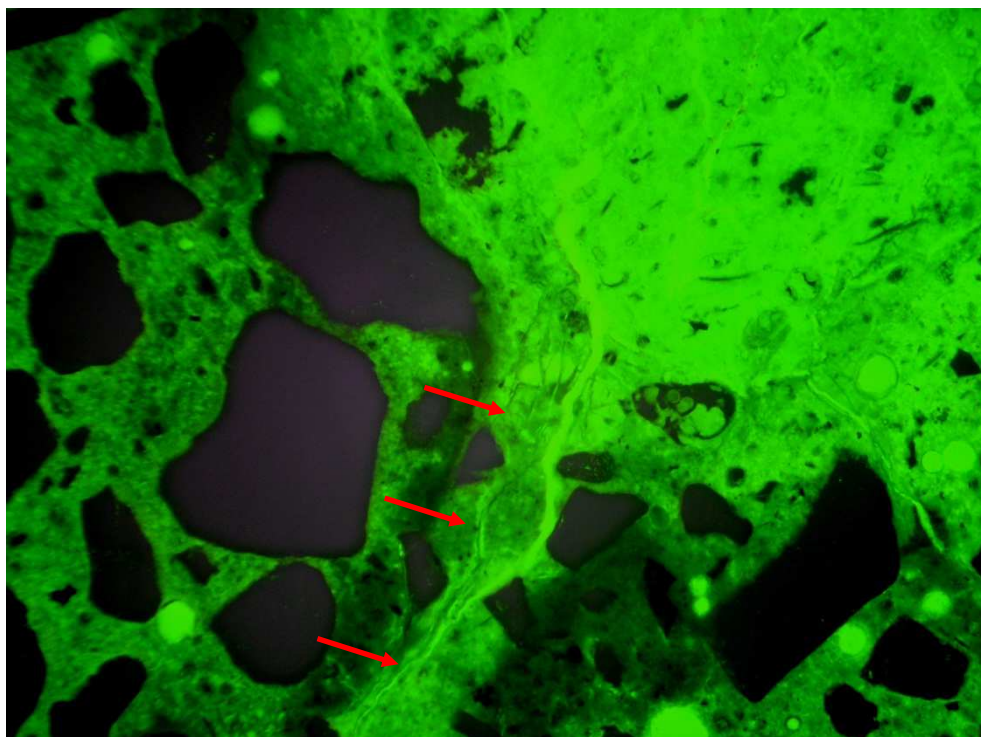


Kerne K2: Samme snit som ovenfor. Foto i UV-lys, hvor revner fremstår tydeligt.

Bilag B Mikroanalyse

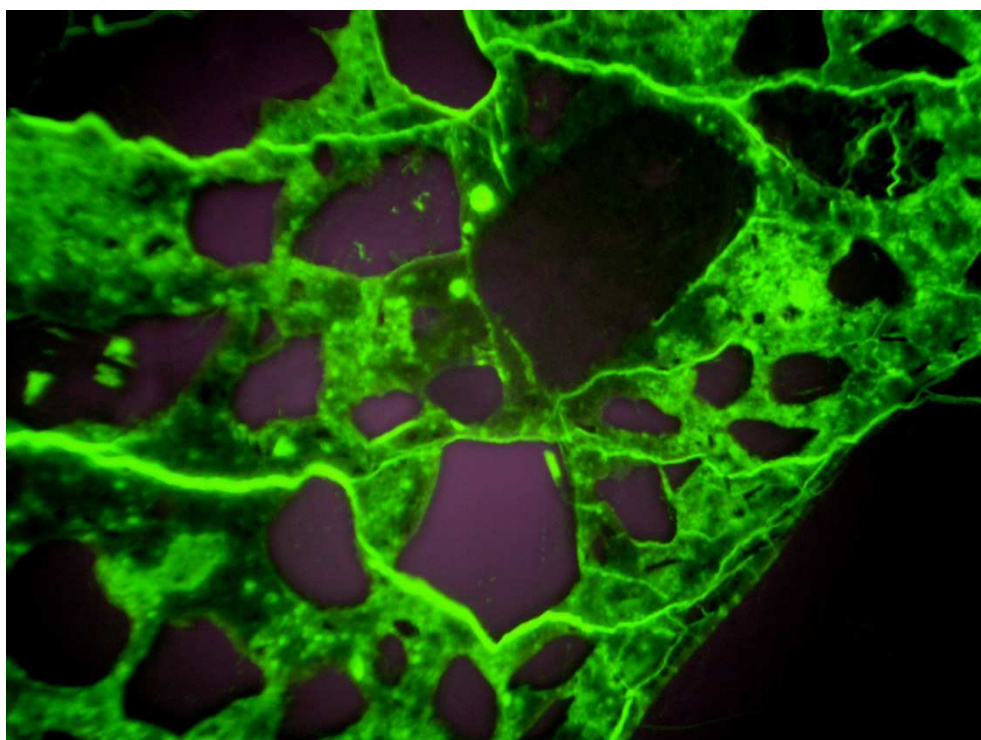
Kerne nr.	K3: Torveslipperne 10, udtaget af facadeelement.
Tyndslibsplacering	Tyndslibet omfatter betonen fra overfladen og indtil en dybde af 45 mm.
Sten	Knuste, kantede, granitiske bjergarter.
Sand	Enkeltkorn af kvarts/feldspat samt bjergartsfragmenter af granit. Derudover ses noget tæt flint, lidt kalksten og fossiler, samt en høj mængde små korn af alkalikiselreaktiv, porøs flint (13 stk.). Der ses overalt i slibet tegn på skadelig udvikling af AKR med revne/geldannelser. AKR gel ses i revner og i luftporer.
Cementpasta	Cementen er en fint formalet portlandcement, med maksimal størrelse på cementklinker på 50 µm. Hydratiseringsgraden er høj - der ses "Hadley" huller efter færdigt reagerede korn og korn med mange årringe. Der ses ikke tegn på tilsætning af flyveaske og/eller mikrosilika.
Vand/cement-forhold	Cementpastaen fremstår inhomogen med en gennemsnitlig kapillarporøsitet svarende til et vand/cement-forhold i størrelsesordenen 0,45. Der ses lokale variationer, fra 0,35-0,60.
Calciumhydroxid	Calciumhydroxid er generelt udludet, således at store områder fremstår amorf ved krydsede nicoller.
Karbonatisering	I den ydre overflade ses en karbonatisering generelt på 5-7 mm. Langs grove revner ses en karbonatisering på 30 mm.
Luftporer	Betonen har et lavt indhold af luftporer i form af enkelte små kugleformede porer, typisk < 0,3 mm. Der ses kun få uregelmæssige, indkapslede porer op til 1-2 mm store.
Porefyldning	Der ses overalt ettringit udfyldninger af luftporer og revner i betonen, hvilket er tegn på, at betonens indre har været udsat for fugtbelastning i lang tid.
Grove revner (> 0,1 mm)	2 stk. vinkelret på overfladen. Revner har en dybde af 35 mm og skærer tilslagskorn, herunder porøse flintkorn med AKR gel udfældninger.
Fine revner (0,01- 0,1 mm)	Der ses en del vedhæftningsrevner langs sten.
Mikrorevner (<0,01 mm)	Indholdet af mikrorevner er højt.
Overflade	Overfladen er ujævn (frilagt) og de yderste ca. 2 mm af cementpastaen fremstår grovporøs med store irregulære hulrum – muligvis pga. en overfladebehandling i forbindelse med frilægningen af sten i overfladen.
Bemærkninger	-

FOTOS AF MIKROSTRUKTUR



Kerne K3: Foto af reaktivt korn (øverst th. i foto) med AKR gel i revne i den omgivende cementpasta (ved rød pil). Pastaen er her lidt inhomogen, og med et ækv. v/c forhold $\sim 0,40$.

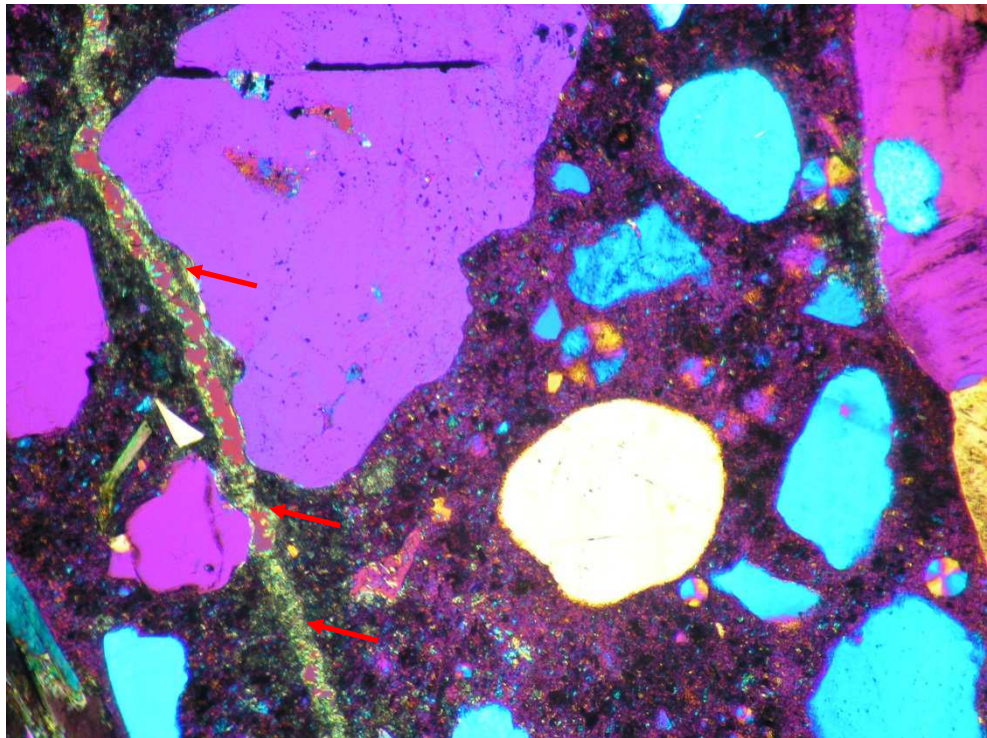
Fotostr. 1,8 mm x 2,4 mm. Fluorescens.



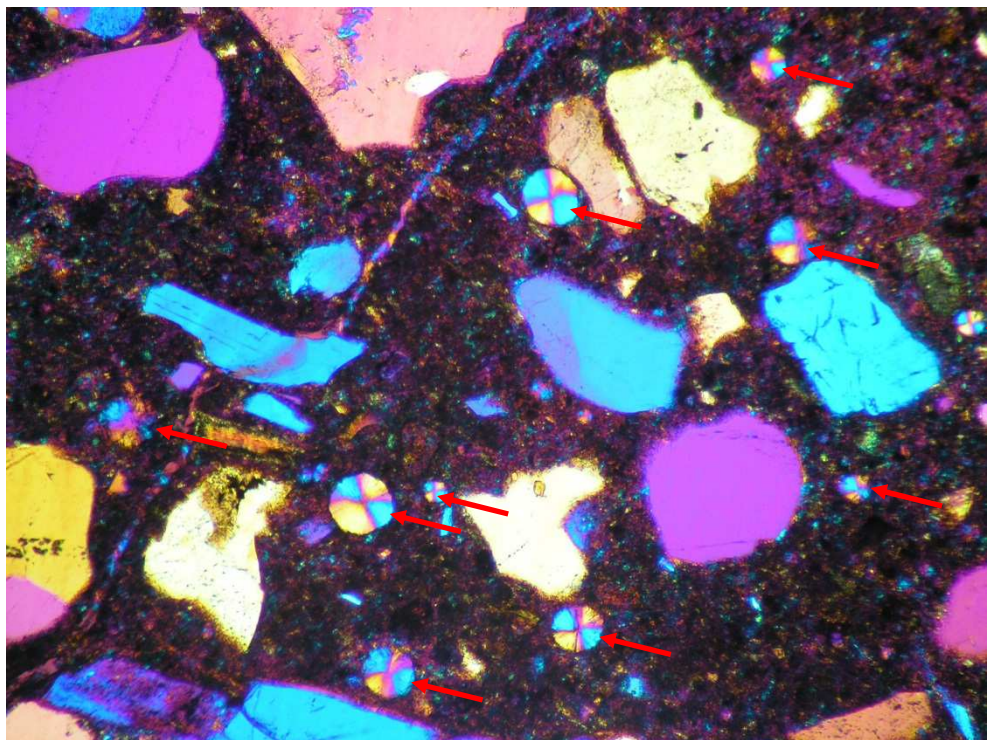
Kerne K3: Foto som viser et højt indhold af mikrorevner i cementpastaen Som ovenfor. Pastaen er her inhomogen, og med et ækv. v/c forhold $\sim 0,40$.

Fotostr. 1,8 mm x 2,4 mm. Fluorescens..

FOTOS AF MIKROSTRUKTUR



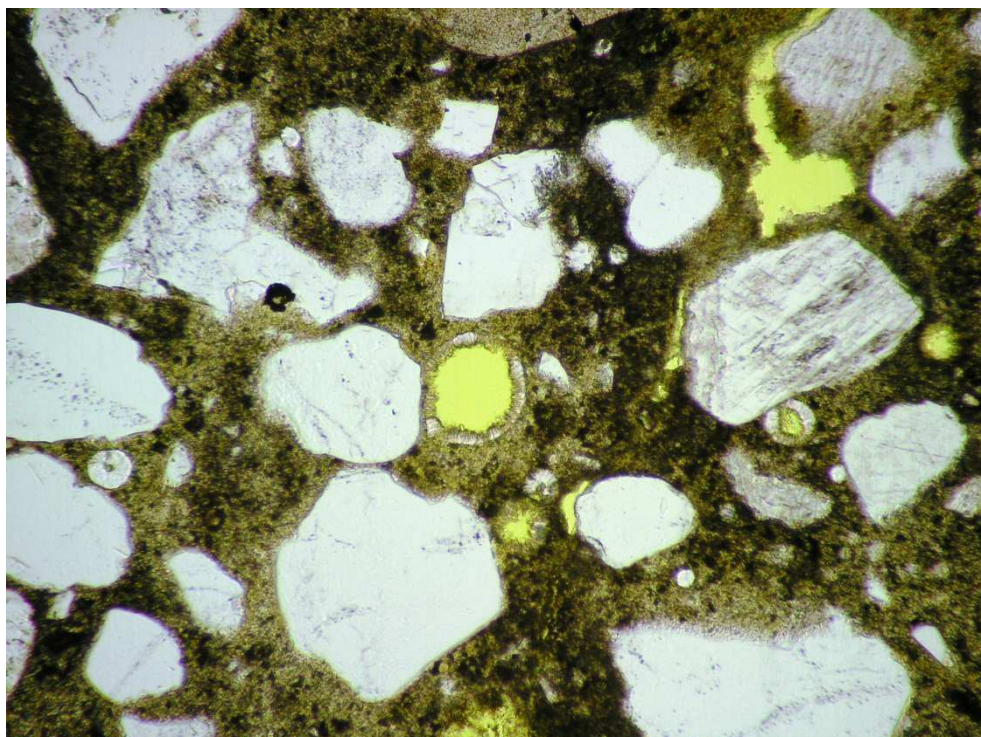
Kerne K3: Fine revner ca. 35 mm under overflade, svarende til forgrening af grov revne vinkelret på overfladen. Der ses udfyldninger af ettringit og karbonat i revnen (ved røde pile). Foto: 1,2 mm x 1,5 mm. Krydsede nicoller + gips filter.



Kerne K3: Der ses et lavt indhold af luftporer i betonen. De porer, der ses, er generelt helt udfyldt med ettringit (ved røde pile).

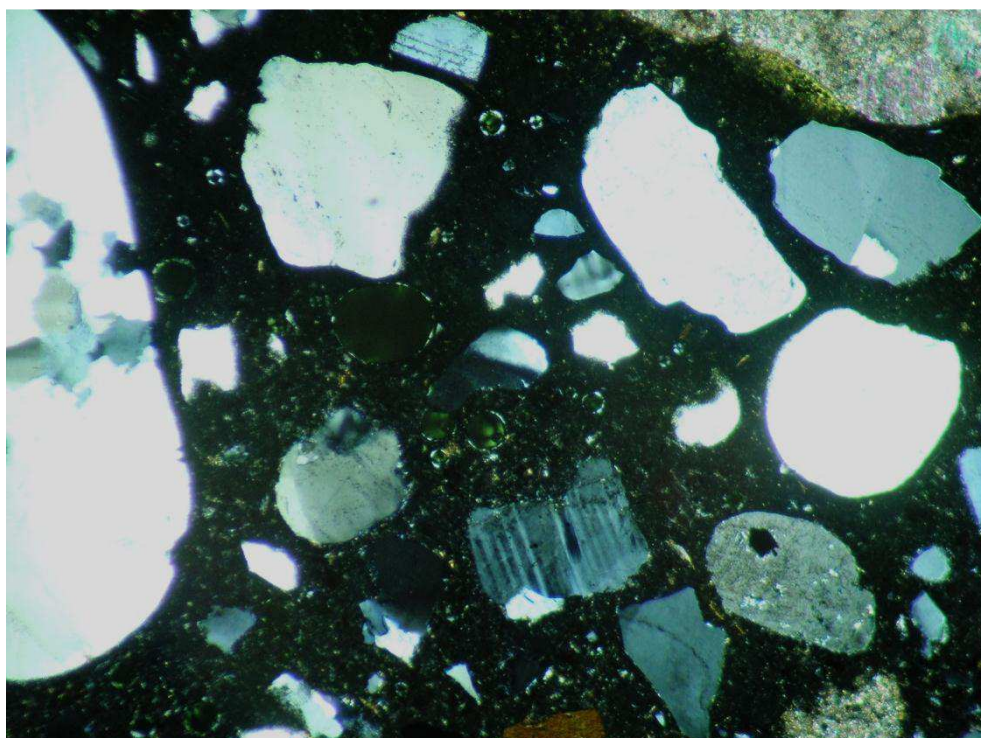
Foto: 1,8 mm x 2,4 mm. Krydsede nicoller + gips filter.

FOTOS AF MIKROSTRUKTUR



Kerne K3: Der ses en inhomogen cementpasta med en lav mængde luftporer, hvoraf de fleste er helt til delvis udfyldt med ettringit. Dette er tegn på, at fugtbelastningen er høj.

Fotostr. 1,2 mm x 1,5 mm. Parallelle nicoller.



Kerne K3: Foto som viser et meget lavt indhold af calciumhydroxid i cementpastaen. Det lave indhold skyldes dels den høje fugtbelastning og dels forekomsten af AKR. *Fotostr. 1,8 mm x 2,4 mm. Krydsede nicoller.*

Bilag C Kloridresultater

COWI Materialelaboratorium

Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

Sagsnr.:	A039417-001	Sagsnavn:	Hyldeespjældet
Lab. Nr.	P17	Init:	BELN
Dato:	18-11-2013	Rekvirent:	OLST

Prøveudtagningsmetode:	Pulver udtaget af rekvirent
Metodereference:	Hærdnet betons kloridindhold
	Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl af betonvægten
----------------------	-------------	-----------------	--------------------------------------

Stovlestræde 17

Løb 3	0-20	10,00	0,10
	20-40	10,00	0,08
Konsol 1	0-20	10,00	0,04
	20-40	10,00	0,04
Repos 1	0-20	10,00	0,06
	20-40	10,00	0,07

Maglestræde 3

Øverste trin	0-20*	7,30	0,09
Konsol 1	20-40*	8,69	0,04
Repos 1	20-40*	7,07	0,07

*Mængden af indleveret borepulver er mindre end hvad foreskrevet i COWIs standard.

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

Udarbejdet: Beln

Kontrolleret: MHS

Godkendt: MHS

COWI Materialelaboratorium

Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

Sagsnr.:	A039417-001	Sagsnavn:	Hyldepjældet
Lab. Nr.:	P17	Init:	BELN
Dato:	18-11-2013	Rekvirent:	OLST

Prøveudtagningsmetode:	Pulver udtaget af rekvirent
Metodereference:	Hærdnet betons kloridindhold
	Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl af betonvægten
----------------------	-------------	-----------------	--------------------------------------

Tingstræderne 3

Konsol 2	0-20*	8,01	0,01
Løb 3	20-40*	5,48	0,04
Repos 3	0-20	10,00	0,04
	20-40*	8,72	0,06

Torvelængen 7

Løb 1	20-40*	8,17	0,03
Konsol 1	20-40*	7,30	0,13
Repos 3	20-40*	7,03	0,06

Krageslippen 5

Repos 1	0-20*	8,98	0,09
Konsol	0-20	10,00	0,03
Løb 1	0-20	10,00	0,02

*Mængden af indleveret borepulver er mindre end hvad foreskrevet i COWIs standard.

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

Udarbejdet: Bel

Kontrolleret: MHSS

Godkendt: MHSS

Bygværk: Hyldeespjældet. Betonundersøgelse.		Dato: 15-12-2013
Placering: facader og trapper	ATR: A004108	Init: OLST



Foto 1: (P1090372.JPG) Frihugning i top af element.
Fra forside af element til forside af bagvæg er den projekterende afstand 160 mm.
Armering er 5 mm tentorstål.



Foto 2: (P1090396.JPG) Boring for at finde tykkelse af isoleringslaget.

Bygværk: Hyldeespjældet. Betonundersøgelse.		Dato: 15-12-2013
Placering: facader og trapper	ATR: A004108	Init: OLST

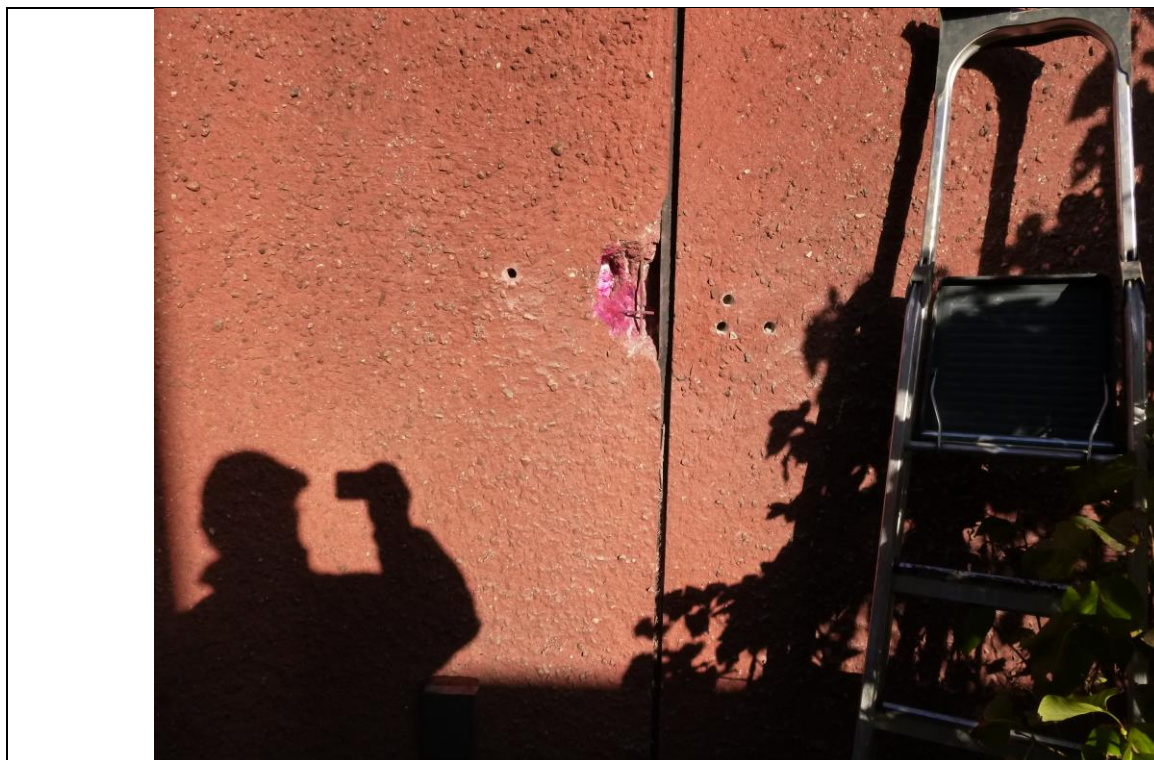


Foto 3: (P1090399.JPG) Huller længst væk fra den lodrette fuge viser isoleringstykkelse på ca. 96 mm. Huller tættest på fuge angiver at forpladetykkelse her er tykkere end 64 mm og at der er ca. 30 mm isolering ind mod bagvæg.



Foto 4: (P1090409.JPG) Understopning af bagvæg er intakt. Der er pap over sokkel.

Bygværk: Hyldebjerg. Betonundersøgelse.		Dato: 15-12-2013
Placering: facader og trapper	ATR: A004108	Init: OLST



Foto 5: (P1090410.JPG). Boring i sokkel for at bestemme isoleringstykkelse.



Foto 6: (P1090416.JPG). Elementunderside "tåen" med armering. Her er armering i midten og har dæklag på 20 mm til både for- og bagside.

Bygværk: Hyldebjerg. Betonundersøgelse.		Dato: 15-12-2013
Placering: facader og trapper	ATR: A004108	Init: OLST



Foto 7: (P1090420.JPG). Den tykkere del ved lodret fuge er 10cm bred.



Foto 8: (P1090452.JPG). Dæklag på armering er over 20 mm.

Bygværk: Hyldebjerg. Betonundersøgelse.		Dato: 15-12-2013
Placering: facader og trapper	ATR: A004108	Init: OLST



Foto 9: (P1090454.JPG). Påføring af phenolphthalein viser, at betonen praktisk talt ikke er karboniseret. Til venstre ses borehuller for bestemmelse af den fortykkede del af elementet og isolering i venstre hul.

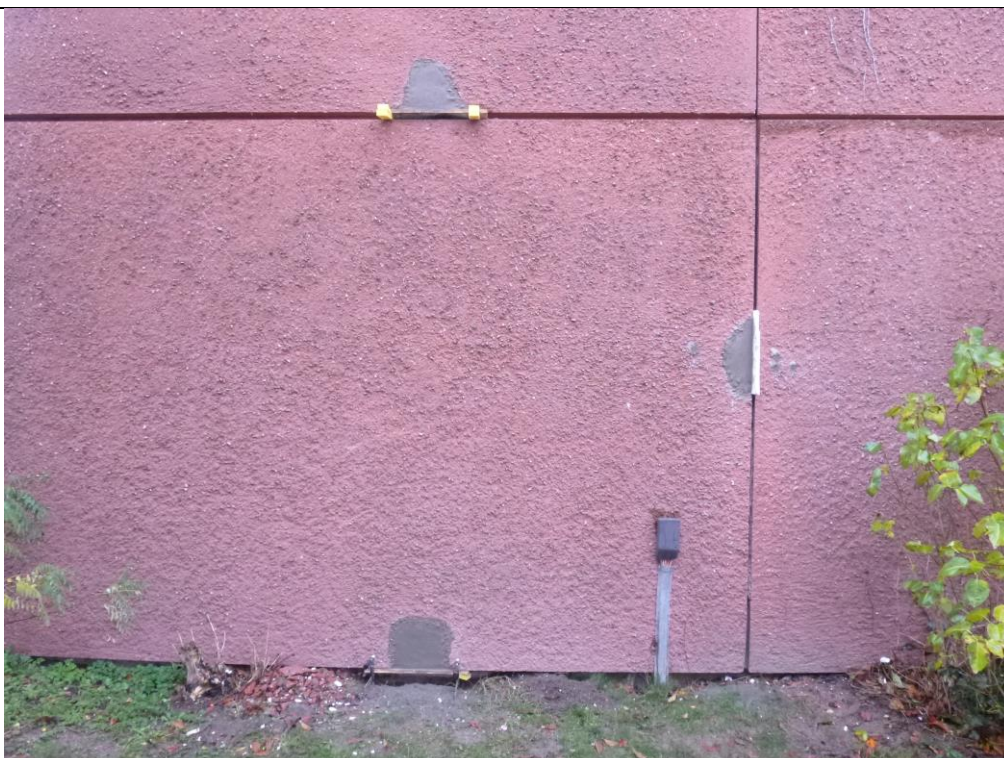


Foto 10: (P1090526.JPG) Repareret efter målinger er udført.

Bygværk: Hyldeespjældet. Betonundersøgelse.		Dato: 15-12-2013
Placering: facader og trapper	ATR: A004108	Init: OLST



Foto 11: (P1090555.JPG) Underside af element. Dæklag fra bagside er 3 cm og fra forside ca. 0,5 cm.



Foto 12: (P1090563.JPG) Karbonatisering: 3 mm fra forside og 5 mm fra bagside.

Bygværk: Hyldeespjældet. Betonundersøgelse.		Dato: 15-12-2013
Placering: facader og trapper	ATR: A004108	Init: OLST



Foto 13: (P1090564.JPG) Karbonatisering 8 mm fra bagside og 14 mm fra forside.

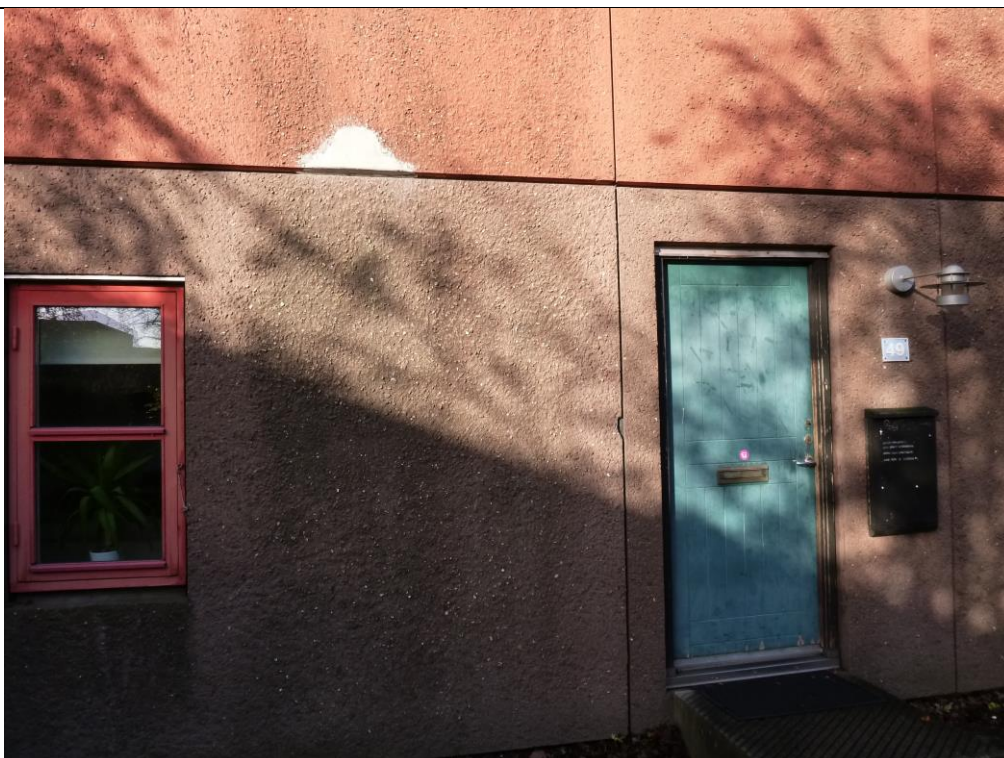


Foto 14: (P1090606.JPG) Repareret underside.

Bygværk: Hyldeespjældet. Betonundersøgelse.		Dato: 15-12-2013
Placering: facader og trapper	ATR: A004108	Init: OLST



Foto 15: (P1090618.JPG) Her er udtaget kloridprøver fra underside af konsol. Der er afskallet over clamsjern. Rækværk er ret nedbrudt.



Foto 16: (P1180606.JPG) Boltefastgørelser er meget rustangrebet.

Bygværk: Hyldeespjældet. Betonundersøgelse.		Dato: 15-12-2013
Placering: facader og trapper	ATR: A004108	Init: OLST

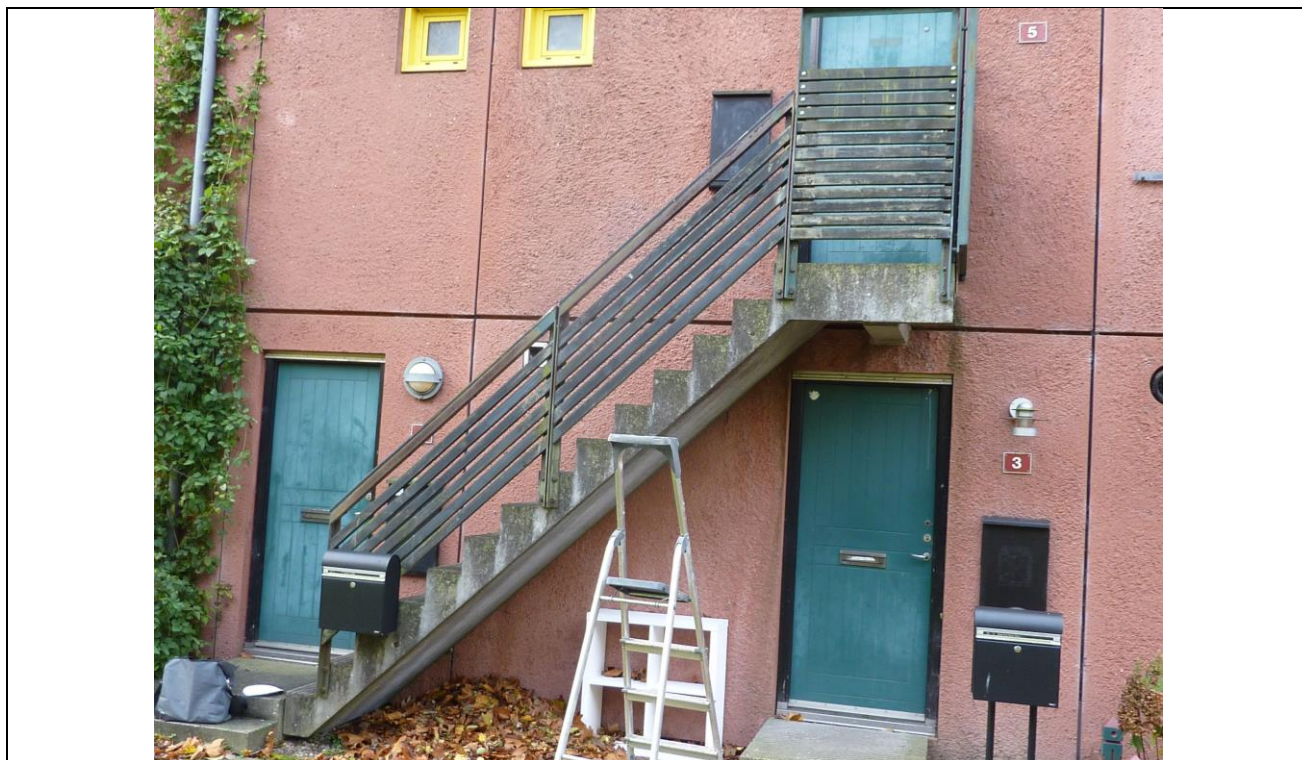


Foto 17: (P1180613.JPG) Typisk udseende af trapper.



Foto 18: (P1180623.JPG) Typiske revner i blåt element.

Bygværk: Hyldeespjældet. Betonundersøgelse.		Dato: 15-12-2013
Placering: facader og trapper	ATR: A004108	Init: OLST



Foto 19: (P1180626.JPG) Underside af portelementbjælke.



Foto 20: (P1180639.JPG) Borekerne udtages med diamantbor.

Bygværk: Hyldebjerg. Betonundersøgelse.		Dato: 15-12-2013
Placering: facader og trapper	ATR: A004108	Init: OLST



Foto 21: (P1180650.JPG) Her er afstand fra elementoverside til isolering ca. 56 mm.



Foto 22: (P1180666.JPG) Borekerne K3 udtaget i revne i blåt facadeelement. Til højre ses borehul for kerne udtaget i portelement.

Bilag 5.2 Foto

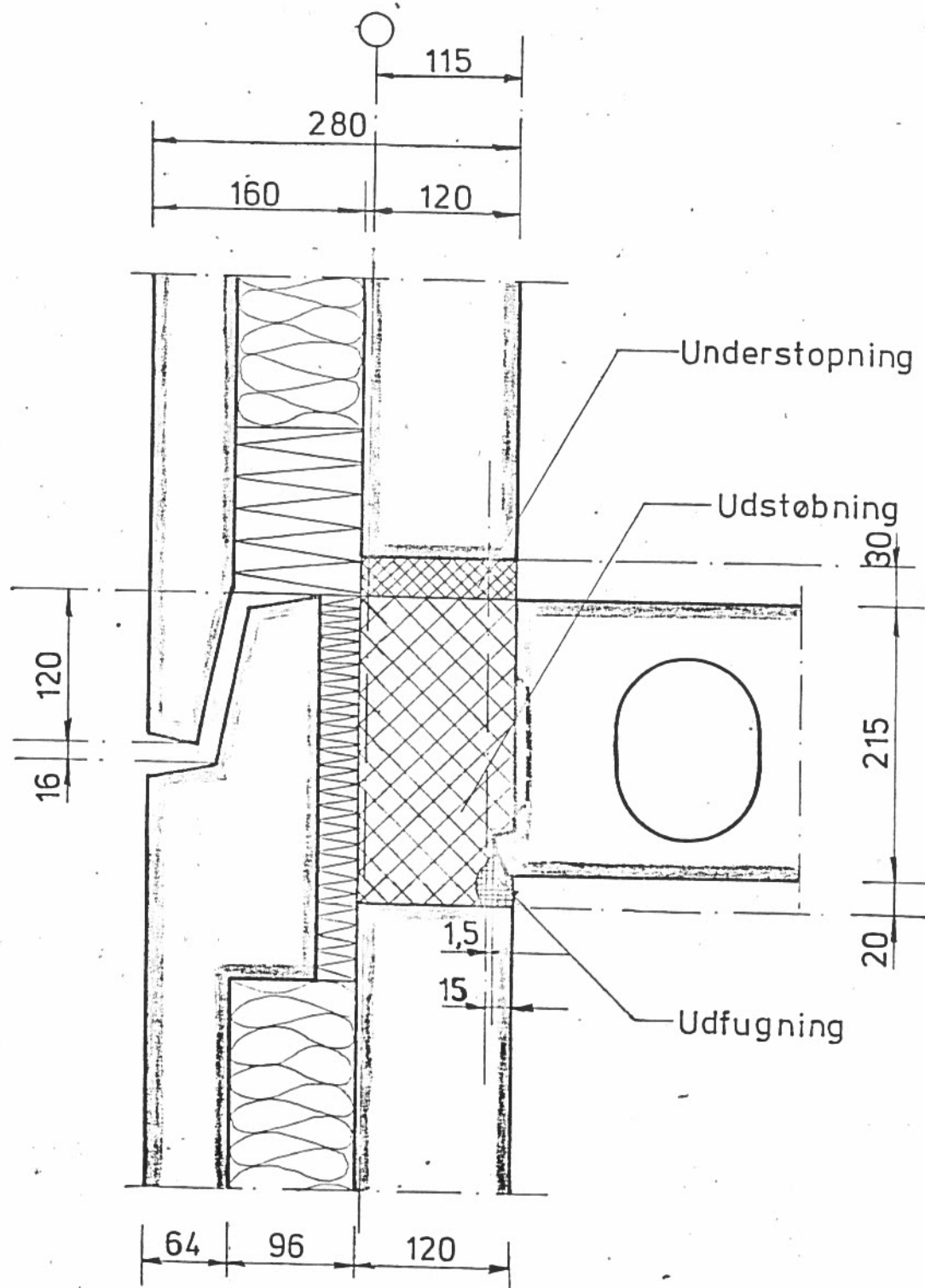
12 / 12

COWI

Bygværk: Hyldeespjældet. Betonundersøgelse.		Dato: 15-12-2013
Placering: facader og trapper	ATR: A004108	Init: OLST

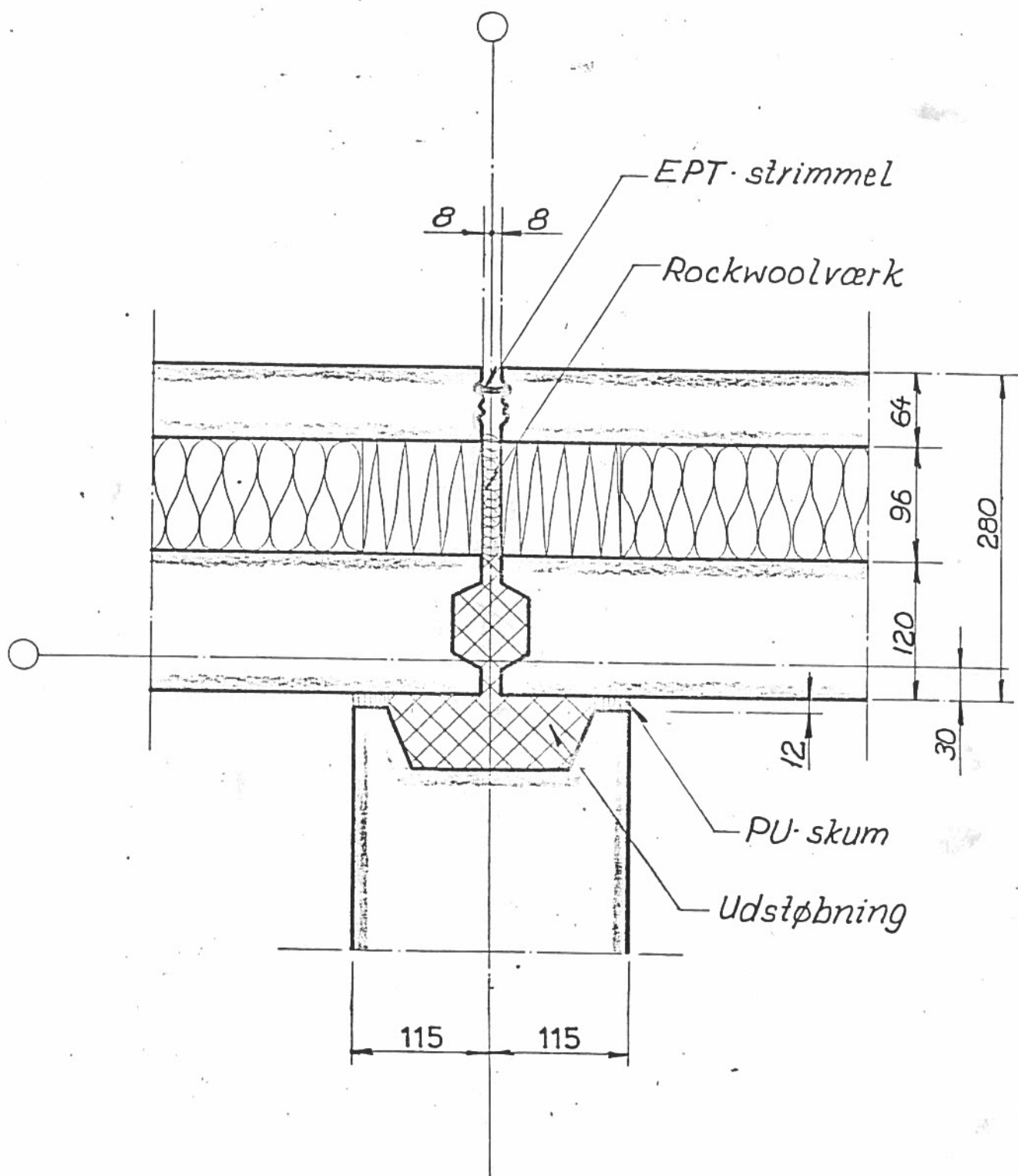


Foto 23: (P1180668.JPG) Revnen går halvt ind i forpladen.



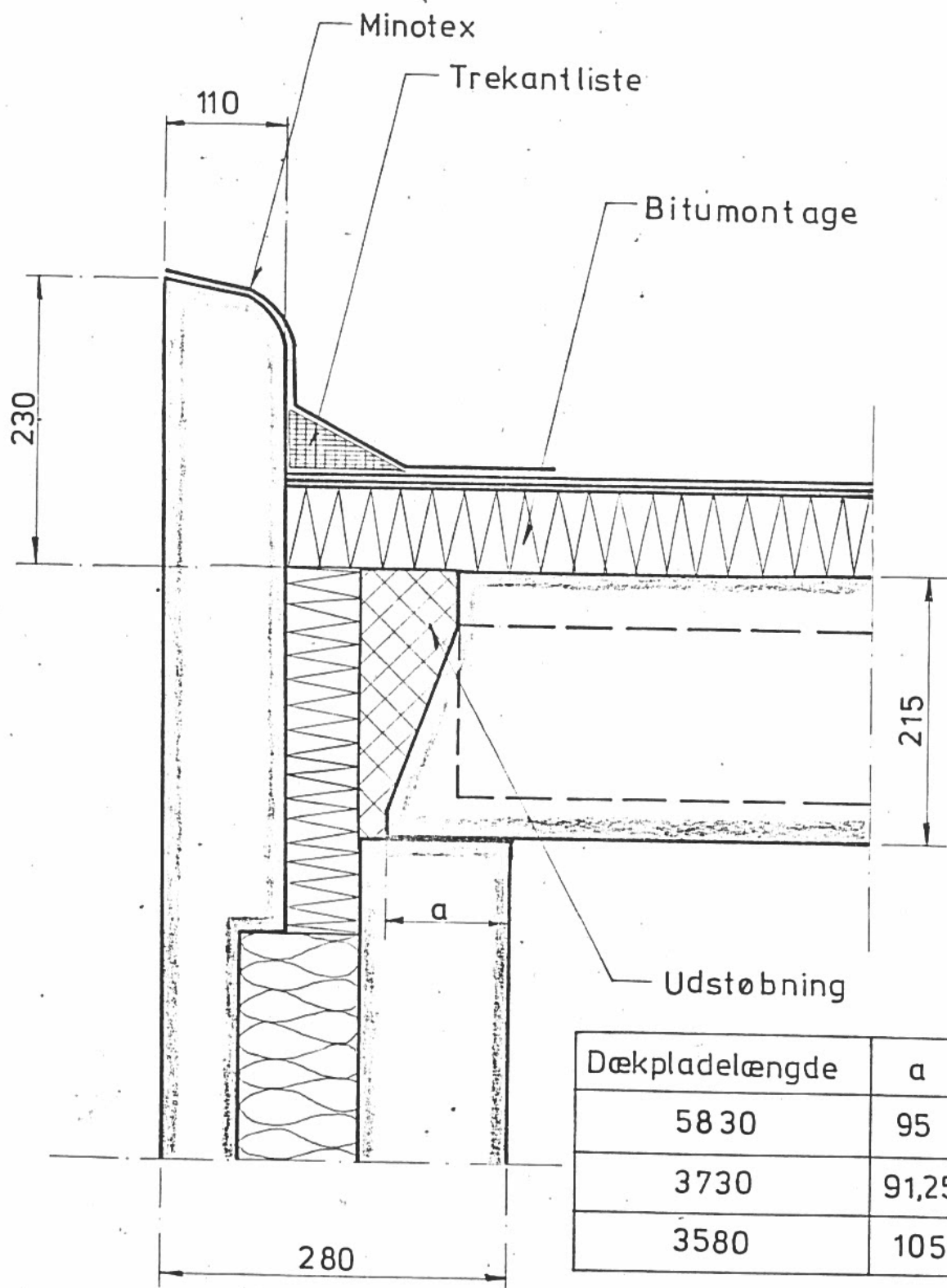
HYLDESPJÆLDET.
Lodret snit i dæk ved gavl.

MAAL	1:5	LARSEN & NIELSEN CONSTRUCTOR A/S  OTTILIAVEJ 1, 2500 KØBENHAVN VALBY	SAG NR.	4301
ATO	74.11.01		TGN NR.	11601
TEGN.	/EST			
GODK.				



Hylde spjældet
Vandret snit i facadesamling ved lejlighedsskel

MAAL 1:5	LARSEN & NIELSEN CONSTRUCTOR A/S	SAG NR. 4301
DATO 74.11.01.		TGN. NR. 23501
TEGN. /dwi		
GODK.	OTTILIAVEJ 1, 2500 KØBENHAVN VALBY	



HYLDESPJÆLDET
Lodret snit i dæk og facade v. tag

MAAL 1:5

DATO 74.11.01

TEGN. /EST

GODK.

LARSEN & NIELSEN CONSTRUCTOR A/S



OTTILIAVEJ 1, 2500 KØBENHAVN VALBY

SAG NR. 4301

TGN NR. 11502