

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 betonstøv 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 alkalikisereaktioner 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
					Fotonr. P1090-
		Støvelestræde 17	Repos: Nedbrudt overflade. Mosbelagt. Revne i underside af repos.	Klorid	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 tørsaltning. Rækværksfastgørelser er rustne og clamsjern, hvor dækklag 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 dækklag 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”.

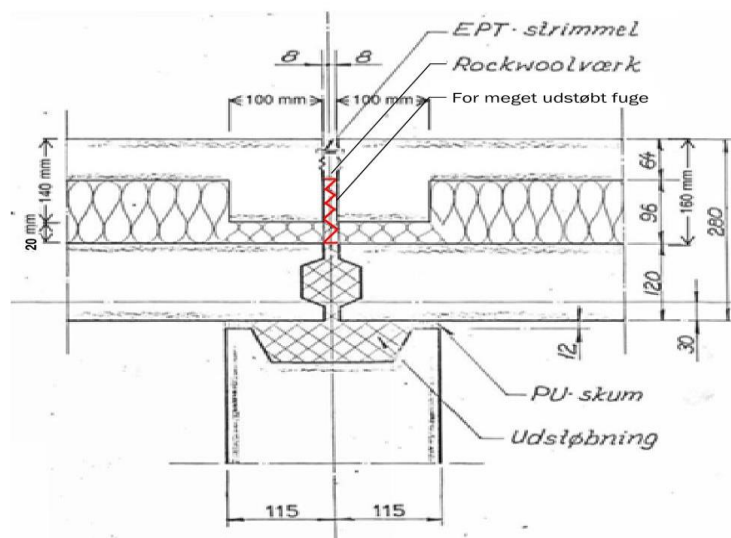
Der er udvalgt 9 lokaliteter, jævnt fordelt i bebyggelsen. I næste skema er adresserne og de foretagne ophugninger angivet.

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. Dækklag 20mm til Ø5 armering Isolering som på tegning	Dækklag 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	Dækklag 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 dækklag udvendig, 15 mm bagside. 30 mm isolering v. samling.	5 mm luft under isolering. 20 mm dækklag for og bag. Understopn. porøsyderste 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 porøsyderst. Luft under isolering yderst. Dækklag 20 mm fra forside	Understop OK. Isolering OK. dækklag 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 dækklag 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 dækklag.				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. Dækklag 25 mm for armering	447-454
Bryggerlængen 20, 1. sal		Isolering når ikke helt bund. Understopning er OK. 30 mm dækklag 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 konstruktions tegningerne, 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 ($t=30\text{ mm}$) 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 $2\text{-}3\text{ mm}$.



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 fuger 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. s	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. s	Rød facade	33	21	18	30	2 - 3	576
5	Suderlængen 10 1. sa	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. sa	Rød facade	47	29	10	30	3 - 8	566
11	Humleslippen 21 1. s	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	Støvlstræde 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. s	Rød facade	30	18	21	30	5-10	584
30	Tingstræderne 8	Brun facade	25	25	15	40	5-15	586,587
31	Støvlstræde 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 Alkaliskader

I betonundersøgelsen fra januar 2010 er der ved mikroanalyse fundet alkaliskader i en borekerne fra et blå portelement. Der blev også udført makroanalyse af 2 kerner, som ikke viste tegn på alkaliskader. Alkaliskader skyldes flintkorn i tilslaget, som reagerer med alkaliforbindelser i porevæsken under ekspansion. Alkaliskader 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 Facade	Åleslippen 51 Torveslipperne 10	Brune revner er synlige Netrevner	ikke prøvet 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 blå 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 alkalikiselsreaktive 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