

ONDERZOEK NAAR HET ONTSTAAN VAN SCHADE AAN HET INPAMDIGE METSELWERK IN DE TOREN VAN DE HEILIG HART VAN JESUSKERK IN DE ZILK

Amsterdam, 23 augustus 2021

drs Jeroen C. van Rhijn MSc geoloog en bodemchemicus gesteente-expertisebureau Rockview

Weteringschans 135
1017 SC Amsterdam
+31 (0)20 – 427 55 55

jeroen@rockview.nl www.rockview.nl

VOL-VCA

NEN3140

Opdrachtgever: Parochie H. Willibrordus te Lisse
Nummer van de laatst genummerde pagina: blad 14 van 14

INHOUDSOPGAVE

1 Doelstelling blad 3 van 14

2 Methode van onderzoek blad 3 van 14

2.1 Locatiebezoek blad 3 van 14

2.2 Bemonstering blad 3 van 14

2.3 Vocht- en zoutonderzoek blad 4 van 14

2.3.1 Bepaling vochtgehalte en vochtbelasting blad 4 van 14
2.3.2 Bepaling geleidbaarheid en zoutbelasting blad 4 van 14

2.4 Petrografisch onderzoek blad 6 van 14

3 Onderzocht en geanalyseerd materiaal blad 7 van 14

3.1 Bemonsteringsstrategie op basis van schadebeelden blad 7 van 14

3.2 t.b.v. het vocht- en zoutonderzoek blad 9 van 14

3.3 t.b.v. het petrografische onderzoek naar de samenstelling van de uitbloeiing blad 10 van 14

4 Resultaten blad 10 van 14

4.1 Vocht- en zoutbelasting boorpoedermonsters en soort zout blad 10 van 14

4.2 Sulfaatgehalte van de baksteen blad 11 van 14

4.3 Zoutanalyse monster 10 blad 11 van 14

4.4 Petrografisch onderzoek naar de samenstelling van de “bloemkooltjes” blad 12 van 14

5 Conclusies en aanbevelingen blad 13 van 14

1 Doelstelling

De doelstelling van dit onderzoek is het bepalen van de oorzaak van het ontstaan van ernstige schade aan de binnenzijde van het metselwerk van de toren van de Heilig Hart van Jesuskerk in De Zilk. Hierbij ontstaat een witte zoutuitbloeiing op het metselwerk, waarbij de cementgebonden vertinlaag die hierop is aangebracht afbladdert, alsook de buitenste delen van bakstenen. Ter hoogte van de klokkenstoel is zelfs sprake van het verpulveren / afbrokkelen van bakstenen.

In paragraaf 3.1 wordt het schadebeeld nader toegelicht, op basis waarvan de bemonsteringsstrategie is gekozen, zoals in dezelfde paragraaf beschreven.

2 Methode van onderzoek

Dit onderzoek is uitgevoerd in de volgende 5 fasen:

fase 1: locatiebezoek d.d. 25 juni 2021
fase 2: bemonstering d.d. 27 juli 2021
fase 3: vocht- en zoutonderzoek
fase 4: petrografisch onderzoek naar de samenstelling van de uitbloeiing
fase 5: rapportage

De eerste vier fasen worden hierna volgend nader toegelicht.

2.1 Locatiebezoek

Op 25 juni 2021 is door de onderzoeker een locatiebezoek afgelegd aan de toren van de Heilig Hart van Jesuskerk in De Zilk, in aanwezigheid van de heer A. Jonker (architectenbureau Piet Onderwater & Partners)

Tijdens het locatiebezoek is een visuele inspectie uitgevoerd van de binnenzijde van de toren.Op basis van de bevindingen van het locatiebezoek is het onderzoeksvoorstel met prijsaanbieding opgesteld en naar de heer Jonker gemaild, gedateerd 5 juli 2021

2.2 Bemonstering

Op 27 juli 2021 is de bemonstering uitgevoerd door de onderzoeker. De bemonsteringslocaties zijn in onderling overleg met de heer R. v bepaald.

Ten behoeve van het **vocht- en zoutonderzoek** (zie paragraaf 2.3) zijn uit 12 boorgaten 12 boorpoedermonsters vergaard middels boren met een massieve boor met diameter van 12 mm. Per boorgat is van 0 – 7 cm diepte boorpoeder bemonsterd. De bemonsteringsstrategie wordt in paragraaf 3.1 nader toegelicht.

Ieder boormonster is direct na monstername verpakt in een luchtdicht afgesloten plastic zakje, voorzien van het monsternummer. Teneinde verdamping van vocht te voorkomen, wordt ieder monster zo snel mogelijk overgebracht in het monsterzakje.

Experimenten met het boren in hoog vochtbelast metselwerk hebben aangetoond dat verdamping door de warm geworden boor geen significant afwijkende classificatie van het desbetreffende monster oplevert, mits snel wordt gehandeld. Zie paragraaf 3.2 voor de codering van de vocht- en zoutmonsters en relevante informatie.

De monsters zijn tot het moment van analyse diepgevroren bewaard.

Ten behoeve van het **petrografische onderzoek** (zie paragraaf 2.4) naar de samenstelling van de uitbloeiing op het metselwerk, die uit mini “bloemkooltjes” bestaat die niet in water oplosbaar zijn, zijn een aantal “bloemkooltjes” bemonsterd. Zie ook paragraaf 3.3.

2.3 Vocht- en zoutonderzoek

2.3.1 Bepaling vochtgehalte en vochtbelasting

Van ieder boorpoeder is in eigen laboratorium het vochtgehalte bepaald door het in een rvs schaaltje overgebrachte monster nauwkeurig te wegen, het in een droogoven te drogen bij 105°C tot constante massa en het daarna opnieuw te wegen. Dit wordt in de scheikunde de gravimetrische vochtbepaling genoemd, een kwantitatieve bepalingsmethode die nauwkeurig het werkelijke vochtpercentage bepaalt, uitgedrukt in het massa% aan vocht, ofwel: vocht% [m/m]. Dit is het massapercentage aan vocht van de totale massa van het nog vochtige monster. Hierbij wordt de afname van de massa na het drogen geheel toegeschreven aan het verdampen van het vocht.

De vochtbelasting van metselwerk wordt als volgt geclassificeerd:

< 4 % [m/m]:	geen vochtbelasting
4 – 8 % [m/m]:	vochtbelasting is licht
8 – 10 % [m/m]:	vochtbelasting is matig
10 – 15 % [m/m]:	vochtbelasting is hoog
> 15 % [m/m]:	vochtbelasting is zeer hoog; waterverzadigd; “kleiworstjes”

Tot 4 % vocht [m/m] bevat het metselwerk absoluut gesproken wel een zeker gehalte aan vocht, maar zolang dit niet het evenwichtsvochtgehalte overschrijdt, is er geen sprake van een vochtbelasting, waarbij het woord “belasting” betrekking heeft op een verhoging, hetzij ten gevolge van optrekkend vocht, condensvorming, doorslaand vocht of een andere vochtbron.

2.3.2 Bepaling geleidbaarheid en zoutbelasting

Ten behoeve van de bepaling van de zoutbelasting wordt van ieder gedroogd poedermonster een waterig extract gemaakt, door in een erlenmeyer met stop aan 5 gram gedroogd monster 50 ml gedemineraliseerd water toe te voegen.

Gedemineraliseerd water is kraanwater waaraan alle opgeloste stoffen (zouten) zijn onttrokken door het door een patroon te geleiden met actieve hars. De hars onttrekt alle opgeloste ionen aan het water.

In het aan het gedroogde monster toegevoegde water lossen de in water oplosbare zouten op. Na een uur constant schudden bij ruim 20°C zijn de zouten opgelost. Van ieder extract worden de elektrische

geleidbaarheid (= EC) en de zuurgraad (= pH) gemeten. De EC is een afgeleide maat voor de zoutbelasting en berust op het feit dat water waarin veel zout is opgelost elektrische stroom beter kan geleiden dan water waarin geen of nauwelijks zout is opgelost. De pH van metselwerk wordt hoofdzakelijk bepaald door de vrije kalk, calcium-hydroxide, dat als hoofdbestanddeel in kalkmortels aanwezig is, of dat als reactieproduct ontstaat tijdens de hydratatie van cement, ontstaat waarbij het cementpoeder met water reageert en de producten worden gevormd waardoor de specie verhardt tot mortel.

De elektrische geleidbaarheidsmethode is dus een afgeleide methode voor de bepaling van de zoutbelasting, maar geeft geen informatie over de soorten zouten die aanleiding geven tot de zoutbelasting. Daarvoor is aanvullend chemisch onderzoek nodig aan een selectie van de extracten. Hiervoor worden doorgaans de extracten met de hoogste EC, bij voorkeur in combinatie met een zo laag mogelijke pH, geselecteerd. Bij de selectie voor het chemische onderzoek speelt als vanzelfsprekend ook de bemonsteringslocatie een belangrijke rol. De chemische bepalingen zijn kwalitatief, dat wil zeggen dat van een component, bijvoorbeeld chloride, wordt bepaald of het afwezig is, of als spoor, belangrijke component, of als hoofdcomponent. Indien, in het kader van de doel- en vraagstelling van een onderzoek, meer nauwkeurige bepalingen noodzakelijk en tevens zinvol zijn, worden deze kwantitatief chemisch uitgevoerd.

Ten behoeve van onderhavig onderzoek is in eigen laboratorium van 1 extract de kwalitatieve (of in dit geval correcter: de semi-kwantitatieve) bijdrage bepaald van de volgende zeven, veelal in bouwschadelijke zouten voorkomende ionen: vrije kalk, opgeloste kalk als calcium-carbonaat, chloride, sulfaat, nitraat, calcium en ammonium. Met de vlamtest is de kwalitatieve bijdrage van natrium bepaald. Het hoeft geen betoog dat vrije kalk en opgeloste kalk veel minder bouwschadelijk zijn dan bijvoorbeeld sulfaat. Vrije kalk en opgeloste kalk geven veelal aanleiding tot het ontstaan van ontsierende overkorstingen (bijvoorbeeld van trappen) en sulfaat leidt veelal tot intern verval en degradatie van metselwerk.

De EC wordt gemeten met een Hanna geleidbaarheidsmeter en de pH met een pH meter van hetzelfde merk. De pH is een dimensieloze grootheid, dus alleen een getal zonder eenheid daarachter - bijvoorbeeld 8,21 - en de EC wordt uitgedrukt in microSiemens per centimeter, ofwel: µS/cm.

De EC wordt getoetst aan de volgende classificatie teneinde de zoutbelasting van metselwerk te bepalen:

< 500	µS/cm:	geen zoutbelasting
500 – 1200	µS/cm:	zoutbelasting licht
1200 – 2100	µS/cm:	zoutbelasting matig
2100 – 4000	µS/cm:	zoutbelasting hoog
> 4000	µS/cm:	zoutbelasting zeer hoog

2.4 Petrografisch onderzoek

Het petrografische onderzoek is een klassieke onderzoeksmethode uit de geologie, waarbij circa 20 µ (= micrometer; 1 mm = 1.000 µ) dunne preparaten van gesteenten worden bestudeerd in doorvallend wit gepolariseerd licht met gebruikmaking van een polarisatie-microscoop. Bij deze geringe dikte zijn de meeste mineralen doorzichtig, waardoor zij kunnen worden gedetermineerd en wordt de interne structuur, ofwel de textuur, van het gesteente vastgesteld. Een dunne doorsnede is een glazen plaatje van 48 mm lang, 28 mm breed en 2 mm dik, waarop het op dikte geslepen preparaat is gemonteerd en is afgedekt met een dun dekglaasje. Het op dikte slijpen verleent ook wel de naam “slijpplaatje” aan het preparaat.

Naar analogie van het petrografische onderzoek van gesteenten, ofwel natuursteen in de bouw en beeldhouwkunst, worden ook steenachtige materialen petrografisch onderzocht, waaronder baksteen en andere keramische materialen, mortels, beton en minerale toeslagen en hulpstoffen. Maar ook de aard van uitbloeiingen, zoals in onderhavig geval.

Voor dit onderzoek is één dunne doorsnede vervaardigd, met daarin circa 20 kleine “bloemkooltjes” van de uitbloeiing op bakstenen van de westzijde van de zuidwestgevel (zie paragraaf 3.3).

De microscoop die voor dit onderzoek is gebruikt is de Jenapol van Carl Zeiss, een polarisatiefluorescentie-microscoop met vergrotingsfactoren van 16x, 32x, 100x, 200x en 500x. Met deze microscoop kunnen dus dunne doorsneden achtereenvolgens in doorvallend wit en violet licht worden bestudeerd (zie foto 1).

De microfoto’s zijn vervaardigd met de Optika B5 microscoopcamera, aangesloten op een laptop voor de opname en bewerking van de foto’s.



Foto 1:

Microscoopopstelling van Rockview.

Rechts de polarisatie- fluorescentie microscoop Jenapol van Carl Zeiss, voorzien van de Optika B5 microscoop-camera, aangesloten op een laptop ten behoeve van digitale microfotografie.

Links van de Jenapol een opvallend licht binoculair en links daarvan de Jenalabpol van Carl Zeiss voor onderzoek van (gepolijste) preparaten.

3 Onderzocht en geanalyseerd materiaal

3.1 Bemonsteringsstrategie op basis van schadebeelden

Het metselwerk van de toren is aan de binnenzijde voorzien van een dunne cementgebonden raaplaag.

Op het niveau waarop de toren vanaf de plaats van het orgel en waar het koor zingt de toren wordt betreden is communicatieapparatuur aanwezig. Hier is nauwelijks sprake van schade.

Op het niveau daarboven is de schade aanzienlijk op de westzijde van de zuidwest gevel (zie foto 2), maar op de oostzijde van de noordoost gevel, boven de trap, is de schade beperkt (zie foto 3). De schade bestaat uit het loskomen en afschilferen van de cementgebonden raaplaag en bakstenen en uit het ontstaan van witte uitbloeiingen op de bakstenen. Deze hebben de vorm van mini "bloemkooltjes", zijn hard en lossen niet in water op (zie foto 4). Daarnaast zijn druipsporen aanwezig op de zuidwest gevel (zie foto 5).



Foto 2:

Middelste niveau in de toren onder de klokkenstoel, westzijde zuidwest gevel.

Witte uitbloei op bakstenen waarvan de cementgebonden raaplaag los laat / afbladdert: aanzienlijke schade.



Foto 3:

Middelste niveau in de toren onder de klokkenstoel, oostzijde noordoost gevel boven de trap.

Beperkte schade; nauwelijks afbladderende cementgebonden raaplaag en vrijwel geen uitbloei.



Foto 4:

Middelste niveau in de toren, westzijde zuidwest gevel; detail van foto 2.

Witte uitbloei op de baksteen in de vorm van harde mini "bloemkooltjes". De cementgebonden raaplaag wordt van de baksteen gedrukt en bladdert af, alsook het baksteenoppervlak.



Foto 5:

Middelste niveau in de toren, westzijde zuidwest gevel; detail van foto 2.

Witte druipsporen op het oppervlak verraden een grote vochtgift ten gevolge van lekkage hierboven.

De ergste schade bevindt zich in het westelijk deel van de zuidwest gevel op het niveau van de klokkenstoel. Hier is vrijwel de gehele cementgebonden raaplaag verdwenen en brokkelen de bakstenen in losse schillen uit elkaar (geen foto; is mislukt). De gevel is hier niet waterdicht meer, met inwatering, en dus lekkage, tot gevolg, waardoor de gevel onder dit niveau hoog vochtbelast wordt, waardoor de druipsporen van foto 5 ontstaan.

De witte uitbloeiingen in de vorm van mini “bloemkooltjes” zijn op het westelijk deel van de zuidwestgevel in principe aanwezig op bakstenen en altijd is daar de cementgebonden vertinlaag verdwenen. Dit verschijnsel zou het gevolg kunnen zijn van een expansieve reactie van baksteen met het cement in de vertinlaag, waarbij de “bloemkooltjes” worden gevormd.

Omdat de uitbloeiingen hard zijn en niet in water oplossen, zou het mogelijk zijn dat deze bestaan uit het reactieproduct ettringiet, dat een waterhoudend calcium-aluminium-sulfaat is. Ettringietvorming is een even bekend, als ongewenst verschijnsel wanneer gips-pleister (= calcium-sulfaat) in contact staat met portlandcement, bijvoorbeeld in de vorm van metselmortel, of als bindmiddel van betonnen elementen. Voorwaarde is wel dat de gips en cement niet droog zijn, maar (iets) vochtig.

In het verlengde hiervan kan met betrekking tot onderhavig schadebeeld aan een soortgelijke reactie worden gedacht. Het sulfaat zou dan aanwezig moeten zijn in de baksteen en er zou voldoende vocht voorhanden moeten zijn. Dit laatste is – gezien de druipsporen – zeker geen belemmering voor het verlopen van de reactie van sulfaat met cement, waarbij ettringiet in de vorm van mini “bloemkooltjes” zou ontstaan. Deze hypothese heeft ten grondslag gelegen aan de bemonsteringsstrategie.

Hierbij zou de locatie met de grootste schade (westzijde zuidwest gevel) vochtiger moeten zijn dan de locatie met nauwelijks of beperkte schade (oostzijde noordoost gevel) en bovendien zouden de bakstenen veel sulfaat moeten bevatten. Dan zouden ook de mini “bloemkooltjes” uit ettringiet moeten bestaan. Zodoende zijn ten behoeve van het bepalen van de vocht- en zoutbelasting uit de westzijde van de zuidwest gevel met de grootste schade boorpoeders van drie bakstenen en drie metselmortels bemonsterd en idem uit de oostzijde van de noordoost gevel met beperkte schade.

Daarnaast zijn een aantal “bloemkooltjes” bemonsterd om deze microscopisch te onderzoeken naar samenstelling, met de vraag of zij wel of niet uit ettringiet bestaan. Dergelijk onderzoek is een klassieke onderzoeksmethode in de geologie en wordt het “petrografische onderzoek” genoemd, waarbij gesteenten microscopisch worden onderzocht teneinde hun structuur en mineralogische samenstelling vast te stellen en op basis daarvan hun wijze van ontstaan.

3.2 t.b.v. het vocht- en zoutonderzoek

monsternummer	locatie	materiaal	boordiepte [cm]	schadebeeld
1	westzijde zuidwestgevel	baksteen	0 - 7	veel uitbloeiingen afschilferen baksteen
2	westzijde zuidwestgevel	baksteen	0 – 7	veel uitbloeiingen afschilferen baksteen
3	westzijde zuidwestgevel	baksteen	0 – 7	veel uitbloeiingen afschilferen baksteen
4	westzijde zuidwestgevel	metselmortel	0 – 7	geen uitbloeiingen slechte samenhang
5	westzijde zuidwestgevel	metselmortel	0 – 7	geen uitbloeiingen slechte samenhang
6	westzijde zuidwestgevel	metselmortel	0 - 7	geen uitbloeiingen slechte samenhang
7	oostzijde noordoostgevel	baksteen	0 - 7	nauwelijks uitbloeiingen
8	oostzijde noordoostgevel	baksteen	0 – 7	nauwelijks uitbloeiingen
9	oostzijde noordoostgevel	baksteen	0 – 7	nauwelijks uitbloeiingen
10	oostzijde noordoostgevel	metselmortel	0 – 7	redelijke samenhang

1	oostzijde noordoostgevel	metselmortel	0 – 7	redelijke samenhang
12	oostzijde noordoostgevel	metselmortel	0 - 7	redelijke samenhang

3.3 t.b.v. het petrografische onderzoek naar de samenstelling van de uitbloeiing

Uit het westelijk deel van de zuidwest gevel is op verschillende plaatsen de uitbloeiing op de bakstenen in de vorm van mini “bloemkooltjes” bemonsterd. Voor de bemonstering is gebruik gemaakt van een scherp mes. Het bemonsterde materiaal is overgebracht in een plastic zakje, voorzien van het monsternummer 210705.

4 Resultaten

4.1 Vocht- en zoutbelasting boorpoedermonsters en soort zout

In de volgende tabel zijn de analyseresultaten met betrekking tot de vocht- en zoutbelasting weergegeven:

monsternummer	vochtgehalte [%m/m]	vochtbelasting	zuurgraad (= pH)	geleidbaarheid [µS/cm]	zoutbelasting
1	10,0	matig tot hoog	7,29	1473	matig
2	10,3	hoog tot matig	7,46	2240	hoog
3	9,3	matig	7,67	1008	licht
4	11,4	hoog	9,17	1900	matig
5	10,8	hoog	8,60	1720	matig
6	11,4	hoog	9,91	1550	matig
7	0,6	geen	8,47	2300	hoog
8	0,3	geen	9,01	1112	licht
9	0,7	geen	7,85	2530	hoog
10	1,4	geen	8,88	3580	hoog
11	1,7	geen	8,70	2870	hoog
12	2,0	geen	8,48	3010	hoog

4.2 Sulfaatgehalte van de baksteen

Van de zes baksteenmonsters is het gehalte aan sulfaat bepaald, zoals weergegeven in onderstaande tabel:

sulfaatgehalte baksteen 1	**sulfaatgehalte baksteen 2**	**sulfaatgehalte baksteen 3**	**sulfaatgehalte baksteen 7**	**sulfaatgehalte baksteen 8**	**sulfaatgehalte baksteen 9**
++	++	++	++	++	++

Waarin ++ = >1.600 mg/l sulfaat in het 1 : 10 waterig extract van het desbetreffende baksteenmonster

4.3 Zoutanalyse van mortelmonster 10

Ten behoeve van de **kwalitatieve zoutanalyse** is extract 10 (metselmortel oostzijde noordoost gevel) geselecteerd. Uit de kwalitatief chemische analyse is het volgende gebleken:

	monster 10
zuurgraad (= pH)	8,88
elektrische geleidbaarheid	3580
vrije kalk	**±**
opgeloste kalk	**±**
chloride	**±**
nitraat	**+**
sulfaat	**++**
ammonium	**-**
calcium	**±**
natrium	**±**

Waarin:	-	= afwezig, niet aantoonbaar
	±	= spoor, onbelangrijk
	+	= duidelijk aanwezig, belangrijk
	++	= hoofdbestanddeel, zeer belangrijk

4.4 Petrografisch onderzoek naar de samenstelling van de “bloemkooltjes”

Hoe de harde “bloemkooltjes” zijn opgebouwd en met welk materiaal wordt duidelijk onder de microscoop. Zij blijken te bestaan uit een kleurloos materiaal waarin kleine holtes / gaten aanwezig zijn, vermengd met vuil (zie foto’s 6, 7 en 8).

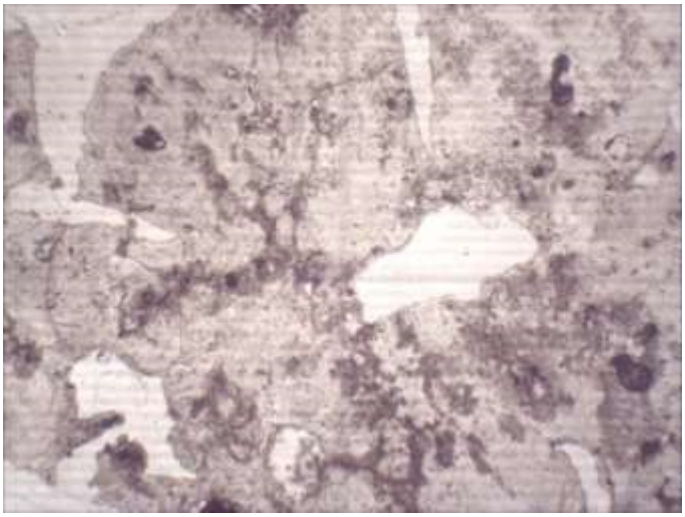


Foto 6:

Microfoto. Parallel wit licht; hoogte foto = 4 mm. Uitbloei in de vorm van een “bloemkooltje” op baksteen in het westelijk deel van de zuidwestgevel onder de klokkenstoel.

In het doorzichtige materiaal (grijstinten) zijn holtes / gaten aanwezig (wit). De donkere vlekken bestaan uit ingesloten vuil.

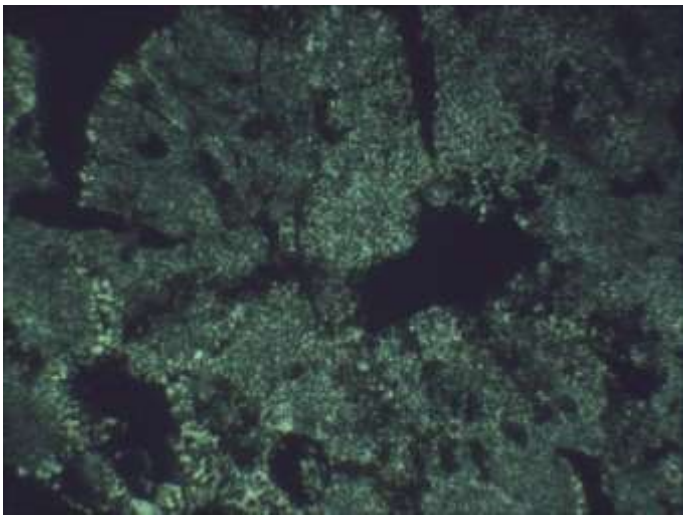


Foto 7:

Microfoto. Gekruiste nicols; hoogte foto = 4 mm. Zelfde positie en materiaal als foto 6.

Bij deze instelling van de microscoop is de lucht zwart. Het doorzichtige materiaal van foto 6 blijkt te bestaan uit minuscule witte puntjes in diverse grijstinten met een groenzweem.

Zie foto 8 voor een detail hiervan.

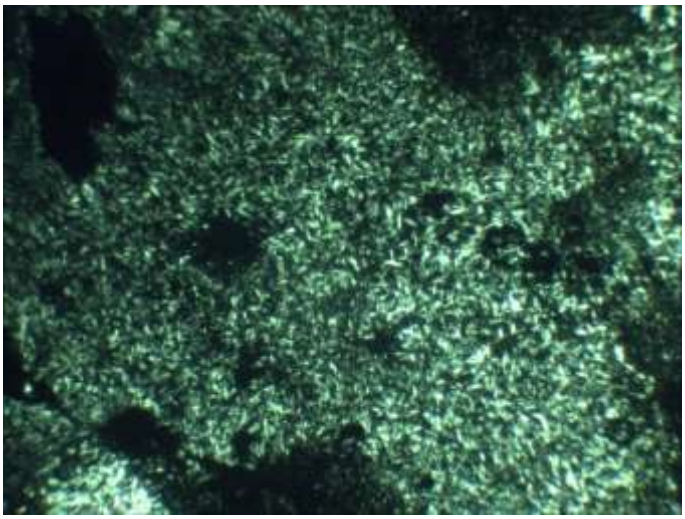


Foto 8:

Microfoto. Gekruiste nicols; hoogte foto = 2 mm. Detail van foto 7.

Het materiaal blijkt te bestaan uit kris-kras georiënteerde naaldjes in diverse grijstinten. Dit zijn circa 0,05 mm lange naaldjes van ettringiet, dat als reactieproduct van de sulfaat in de baksteen met de portlandcement in de vertinlaag onder vochtige omstandigheden is ontstaan.
De op theorie gebaseerde hypothese, zoals genoemd in paragraaf 3.1, blijkt in de praktijk dus juist te zijn: de harde “bloemkooltjes” bestaan uit het nieuw gevormde mineraal ettringiet, door de reactie van de portlandcement in de vertinlaag met sulfaat. Uit paragraaf 4.2 is gebleken dat de sulfaat in ruime hoeveelheden aanwezig is in de baksteen. Dit verklaart dan ook de verdeling van de uitbloei, die vrijwel louter aanwezig is op bakstenen.

Uit het petrografische onderzoek is nóg iets gebleken: naast ettringiet is er nóg een reactieproduct aanwezig: thaumasiet (zie foto 9). Deze component kan alleen gevormd worden wanneer de temperatuur lager is dan 6°C, het vochtig is en er bovendien, naast sulfaat, ook kalk aanwezig is. Aan deze vier voorwaarden wordt met betrekking tot onderhavige toren ruimschoots voldaan; de kalk is immers aanwezig in de metselmortel en het sulfaat wordt geleverd door de baksteen. Dus op de grens baksteen / metselmortel kan in de winter makkelijk thaumasiet ontstaan. Feitelijk zou het onlogisch zijn als er alleen maar ettringiet werd gevormd, gezien de regelmatig optredende gunstige omstandigheden voor de vorming van thaumasiet. Desondanks heeft ettringiet ruimschoots de overhand.

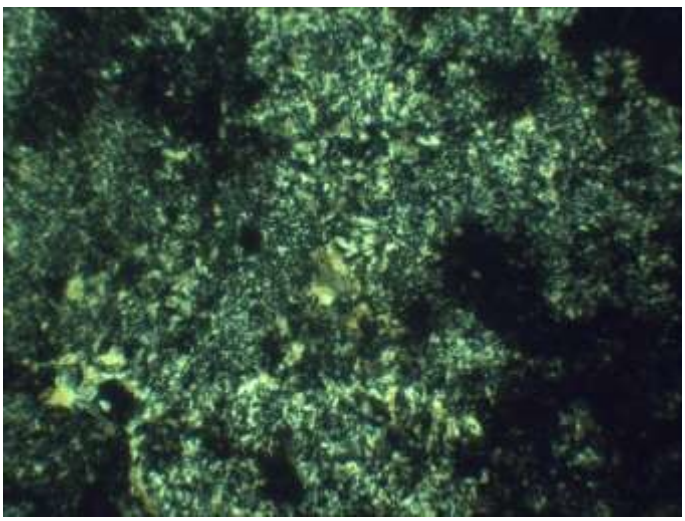


Foto 9:

Microfoto. Gekruiste nicols; hoogte foto = 2 mm. Een ander “bloemkooltje” dan in voorgaande foto’s.

Tussen zeer kleine naaldjes van ettringiet (grijstinten) zijn iets grotere domeintjes aanwezig met geeltinten. Dit is het mineraal thaumasiet, dat in winterperiodes is gevormd. Zie bovenstaande tekst voor toelichting.

5 Conclusies en aanbevelingen

Zoals bekend, worden bakstenen vervaardigd door het bakken van vormelingen van klei. Klei kan een gehalte bevatten van zogenoemde sulfiden. Dit zijn zwavelverbindingen die van nature in de klei kunnen ontstaan. Wanneer sulfiden-rijke klei wordt gebakken in een over waarin lucht circuleert (= “oxiderend ovenmilieu”), oxideren de sulfiden naar sulfaat. Niet alle klei waarvan bakstenen wordt gebakken is rijk aan sulfiden; klei is immers een natuurproduct en er zijn ook vele soorten klei die juist geen sulfiden bevatten, maar de klei van onderhavige bakstenen bevatte die wel en daardoor bevatten deze bakstenen een ruime hoeveelheid sulfaat.

Op de sulfaatrijke bakstenen is een portlandcement gebonden vertinlaag aangebracht. Hierdoor is portlandcement in contact met sulfaatrijke baksteen.

Het westelijk deel van de zuidwestgevel onder de klokkenstoel is beduidend vochtiger dan het oostelijk deel van de noordoostgevel boven de trap.

Ziehier de drie voorwaarden waaraan moet worden gedaan voor de vorming van het expansieve reactieproduct ettringiet. Enerzijds “duwt” de ettringiet de vertinlaag los, waardoor deze afschilfert en anderzijds wordt door het hoge sulfaatgehalte de baksteen instabiel, waardoor de sulfaat-rijkste exemplaren zijn gaan afschilferen.

Het reactieproduct thaumasiet is in veel geringere hoeveelheden aanwezig dan ettringiet, maar mag op deze plaats niet onbenoemd blijven, omdat ook deze component in de winter ontstaat.

De schade in de noordoost gevel is veel beperkter van aard dan die in de zuidwest gevel. Desondanks bevatten de bakstenen in de noordoost gevel evenveel sulfaat als die in de tegenoverliggende gevel. En op beide gevels is de portlandcement gebonden vertinlaag aanwezig. Het is inderdaad alleen het verschil in de vochtbelasting dat het verschil in de mate van schade verklaart tussen beide gevels.

Deze conclusie leidt theoretisch naar een oplossing van het probleem: de vochtgift van buiten naar binnen stoppen en de vertinlaag verwijderen. Dan blijft alleen het sulfaat in de baksteen over, maar daar is niets aan te veranderen.

Omdat op zich een hoge sulfaatbelasting van baksteen aanleiding is of kan zijn voor het ontstaan van schade aan baksteen onder afwisselend vochtige en droge omstandigheden, wordt het tegengaan van waterindringing de belangrijkste weg om de schade een halt toe te roepen.

Zonder de afwerking met een portlandcement gebonden vertinlaag en onder droge omstandigheden zou onderhavige schade naar alle waarschijnlijkheid niet zijn ontstaan.

Zonder enig inzicht te hebben in de staat van het uitpandige metselwerk, c.q. voegwerk van de toren zou ik adviseren daar een beter beeld van te krijgen. Misschien middels een inspectie met een hoogwerker.

Misschien een vreemde gedachte, maar geeft de communicatie appratuur ook niet veel warmte af, die door het trapgat naar boven trekt en daar de mogelijkheid heeft af te koelen en aanleiding te zijn voor het ontstaan van condens op de muur. Dus wellicht ook een vochtgift van binnenuit Deze component zou – als mijn gedachte al waar is – tegen gegaan kunnen worden door het aanbrengen van een luik bovenaan de trap en deze ruimte wellicht mechanisch te ventileren.

Maar laten we het buiten gevelwerk niet vergeten.

.