

# RAPPORT

## Spoor 2 – Voorlopige Expertbeoordeling

Bureaustudie en Expertbeoordeling van de constructieve veiligheid van een aantal werf-, kluis-, en straatkelders in Utrecht

Klant: Stadsbedrijven Stadsingenieurs Gemeente Utrecht

Referentie: BH3201TPRP2010271409

Status: Definitief/3.0

Datum: 26 januari 2021



**HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.**

George Hintzenweg 85  
3068 AX ROTTERDAM  
Transport & Planning  
Trade register number: 56515154

+31 88 348 90 00 **T**  
+31 10 209 44 26 **F**  
info@rhdhv.com **E**  
royalhaskoningdhv.com **W**

**Witteveen+Bos Raadgevend ingenieurs B.V.**

Leeuwenbrug 8  
7400 AE Deventer  
Infrastructure and Mobility  
KvK 38020751  
+31 (0)570 69 79 11 **T**  
info@witteveenbos.com **E**  
www.witteveenbos.com **W**

**anteagroup B.V.**

Monitorweg 29  
1301 AA Almere  
Infra  
KvK29021830  
+31 (0)36 530 80 00 **T**  
info@anteagroup.com **E**  
www.anteagroup.com **W**

Titel document: Spoor 2 – Voorlopige Expertbeoordeling

Ondertitel: Bureaustudie en Expertbeoordeling

Referentie: BH3201TPRP2010271409

Status: 3.0/Definitief

Datum: 26 januari 2021

Projectnaam: Expertbeoordeling kelders Utrecht

Projectnummer: BH3201

Auteur(s): RHDHV: ir. T.L. Harrewijn,

RHDHV: ir. T.L. Harrewijn,

Opgesteld door: W+B: ing. S. Reyhani Sanavi M.Sc.Eng.,

Antea: ir. T.S. Jaspers Focks

RHDHV: ir. R.P.H. Vergoossen 21-12-20 & 4-1-2021, ir.

C.P.W.J. Genders 3-1-2021 & 8-1-2021 & 25-1-2021

Gecontroleerd door: W+B: F. Linthorst 15-12-20 & 7-1-2021 & 25-1-2021, ing.

M.P.A. Janssen M.Sc.Eng. 17-12-20

Antea: J. Post 21-12-20, K.D. Pascha

Datum: Zie bovenstaande data

Goedgekeurd door: (voor allen) ir. Carlos Genders



Datum: 26 januari 2021

Classificatie

Vertrouwelijk

*Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelevoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.*

*Let op: dit document bevat persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. en dient voor publicatie of anderszins openbaar maken te worden geanonimiseerd.*

## Managementsamenvatting

Antea Group, Witteveen+Bos en Royal HaskoningDHV doen onderzoek naar de belastbaarheid van metselwerk kelders in de historische binnenstad van Utrecht. Het eerste deel van dit onderzoek is een expertbeoordeling op basis van beschikbare informatie. De eerste voorlopige resultaten van deze bureaustudie zijn in dit rapport beschreven.

### *Aanpak*

Voor een betrouwbaar oordeel over de belastbaarheid moeten inspecties en technische onderzoeken worden uitgevoerd. Deze zijn nog niet gereed. Gezien het cruciale belang van het behoud van erfgoed in de binnenstad van Utrecht is er toch een sterke behoefte om nu al een voorlopige beoordeling te geven van de belastbaarheid van de kelders door verkeer. Parallel hieraan loopt een diepgaander onderzoekstraject waarin de kelders worden onderzocht en de belastbaarheid wordt berekend.

De expertbeoordeling bestaat uit de beantwoording van vier vragen, voor een steekproef van zestien kelders die de gemeente Utrecht als kritisch beschouwt. Het gaat daarbij om een groep kelders in behoorlijke staat met een relatief ongunstige (brede en platte) boogvorm en een andere groep kelders met aanzienlijke gebreken. Het aantal van zestien kelders is verre van representatief voor alle kelders in het wervengebied, maar geeft wel een beter inzicht dan een eerdere bureaustudie uit 2014. Bij ontbreken van onderzoeksresultaten zijn voor relevante variabelen aannames gedaan op basis van de beschikbare gegevens en de kennis en ervaring van de ingenieursbureaus. De drie bureaus hebben een gezamenlijk afgestemde methodiek gevolgd en de resultaten daarvan zijn hier gebundeld.

### *Resultaten van de expertbeoordeling*

Per kelder is een bureaustudie uitgevoerd. Op basis daarvan is een expertbeoordeling gegeven aan de hand van vier vragen. De antwoorden zijn als volgt samengevat:

*Vraag 1: Tot welke maximale belasting is het aannemelijk dat het verkeer de kelders veilig kan kruisen en de kelders in een behoorlijke staat blijven?*

Het is aannemelijk dat verkeer met aslasten tot 2 ton de kelders veilig kan blijven passeren. Het risico op schade is daarbij gering.

Dit blijkt uit classificatie van de bezwijkbelasting van de zestien kelders met behulp van de MEXE-theorie. De schades en de indicatieve bezwijkbelasting zijn op basis hiervan met elkaar vergeleken. Door het ontbreken van beperkingen of het handhaven van zwaar verkeer is vermoedelijk schade door overbelasting opgetreden. Het is aannemelijk, dat aslasten hoger dan 2 ton een bedreiging vormen voor de staat van de kelders, die in een aantal gevallen al gebreken door uiteenlopende oorzaken vertonen. Mogelijk blijkt dat op sommige kelders toch belasting met een aslast van iets hoger dan 2 ton mogelijk is, met een beperkt risico op schade. Deze conclusies zijn voorlopig en pas definitief te geven na het uitvoeren van verificatieberekeningen.

*Vraag 2: Door welke oorzaken zijn de schades in de kelders met gebreken vermoedelijk ontstaan?*

Er zijn een aantal generieke schadebeelden gevonden. Een opvallend schadebeeld bestaat uit scheuren parallel aan de rijrichting. Deze zijn waarschijnlijk opgetreden door verschillend zettingsgedrag onder permanente belasting in de ondergrond door bodem- en waterstandsveranderingen in de naastgelegen gracht of door verschil in zetting tussen de bebouwing en straatkelders.

Deze scheuren zijn aangetroffen over een aaneenschakeling van kluiskeiders aan de Plompstorengracht en bij meerdere straatkelders in de Choorstraat.

Een tweede generiek schadebeeld is beschreven in vraag 3:

*Vraag 3: Zijn er schades in de kelders met gebreken aan te wijzen, die vermoedelijk primair zijn veroorzaakt door een te hoge belasting door te zwaar verkeer of een vergelijkbare zware belasting?*

Er zijn scheuren loodrecht op de rijrichting aangetroffen, die vermoedelijk het gevolg zijn van te zware belasting van bovenaf, mogelijk veroorzaakt door te zware voertuigen.

Scheuren, vermoedelijk door overbelasting zijn aangetroffen in de werfkelders Nieuwegracht 11 (in relatie met de steunwand) en 21 en de kluiskeiders Plompstorengracht 3a, 9 en 10 en straatkelder Zadelstraat 45 (hier 8 ton aslastbeperking).

*Vraag 4: Zijn er schades in de kelders met gebreken aan te wijzen, die de potentiële sterkte van de kelder vermoedelijk significant verminderen en daarmee de belastbaarheid door verkeer?*

De volgende schades verminderen het draagvermogen significant:

- Scheurvorming parallel aan de rijrichting (door zettingsverschillen).
- Scheurvorming dwars op de rijrichting (door overbelasting).
- Verstoring van de boogvorm door steunwanden, dikte- en stijfheidsverschillen, verwijderde ankers en/of een lokaal geringere gronddekking.
- Schades en degradatie van het metselwerk door onvoldoende onderhoud.

#### *Versterkingsmogelijkheden*

Aanvullend op de vier vragen zijn mogelijke versterkingsmaatregelen bekeken. De belastbaarheid van kelders kan worden vergroot door bijvoorbeeld: verhoging van de gronddekking op de boog, verhoging van de dikte van de boog of overkluizing van de boog met een betonconstructie. De lokale omstandigheden zijn sterk bepalend voor de mogelijkheden om de belastbaarheid te vergroten. De effectiviteit van de verschillende versterkingsmogelijkheden is nu niet nader onderzocht.

#### *Vervolg*

Parallel aan de beschreven expertbeoordeling loopt een diepgaander traject, waarin 6 van de beoordeelde 16 kelders worden geïnspecteerd en onderzocht op basis waarvan verificatieberekeningen worden uitgevoerd. De expertbeoordeling in dit rapport wordt met die berekeningsresultaten gevalideerd en zo nodig bijgesteld. De hier gepresenteerde resultaten zijn daarom voorlopig.

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Uitgangspunten</b>	<b>8</b>
2.1	Algemeen	8
2.2	Terminologie kelderconstructies	9
2.3	Beschikbare gegevens per kelder	10
<b>3</b>	<b>Bureaustudie</b>	<b>12</b>
3.1	Onderzochte kelders	12
3.2	Onderzoeksdoel en aanpak	13
3.3	Algemene schadeanalyse	14
3.4	Expertbeoordeling per kelder	19
3.4.1	Kromme Nieuwegracht 26 (kluis-kelder)	19
3.4.2	Kromme Nieuwegracht 52 (kluis-kelder)	23
3.4.3	Choorstraat 2-4 (straatkelder)	27
3.4.4	Choorstraat 8 (straatkelder)	32
3.4.5	Choorstraat 10-12 (straatkelder)	34
3.4.6	Oudegracht 240 (werfkelder)	36
3.4.7	Choorstraat 16-18 (straatkelder)	39
3.4.8	Nieuwegracht 11 (werfkelder)	41
3.4.9	Nieuwegracht 21 (werfkelder)	44
3.4.10	Plomptorengracht 1-3 (kluis-kelder)	47
3.4.11	Plompetorengracht 1 (kluis-kelder)	48
3.4.12	Plompetorengracht 3A (kluis-kelder)	52
3.4.13	Plompetorengracht 3B (kluis-kelder)	55
3.4.14	Plompetorengracht 9 (kluis-kelder)	59
3.4.15	Plompetorengracht 10 (kluis-kelder)	62
3.4.16	Zadelstraat 45 (straatkelder)	65
3.5	Onbekenden/onzekerheden	68
<b>4</b>	<b>Expertbeoordeling generiek</b>	<b>70</b>
4.1	Maximale belasting kelders	70
4.2	Generieke schades	74
4.3	Gevolgen schades	77
<b>5</b>	<b>Discussie</b>	<b>78</b>
5.1	Onzekerheden in de beoordelingen	78
5.2	Invloed berekeningsresultaten spoor 1 op de constructieve beschouwing	78
5.3	Representativiteit van de scope voor een grotere groep kelders	79

<b>6</b>	<b>Bevindingen/aanbevelingen</b>	<b>81</b>
6.1	Bevindingen	81
6.2	Aanbevelingen	84
<b>7</b>	<b>Verklarende woordenlijst</b>	<b>86</b>
<b>8</b>	<b>Referenties</b>	<b>87</b>



## 1 Inleiding

Voor de gemeente Utrecht hebben Witteveen+Bos, Antea Group en Royal HaskoningDHV onderzoek gedaan naar de belastbaarheid van metselwerk kelders in de historische binnenstad. De metselwerk kelders bestaan uit werf-, kluis- en straatkelders. De onderstaande Figuur 1 is een foto van de Nieuwegracht met aan beide zijden werfkelders. De verschillen tussen de typen kelders worden beschreven in paragraaf 2.2 Terminologie kelderconstructies.

Dit onderzoek is gesplitst in twee sporen. In spoor 1 wordt de belastbaarheid van de kelders onderzocht middels verificatieberekeningen op basis van inspecties en technische onderzoeken. In spoor 2 is een expertbeoordeling uitgevoerd van de belastbaarheid van de kelders door verkeer. De voorliggende rapportage beschrijft de bevindingen uit de expertbeoordeling in spoor 2. Beide sporen worden parallel doorlopen. De resultaten en bevinding uit spoor 1 zullen worden gebruikt om de expertbeoordeling achteraf te valideren. Derhalve wordt nu eerst een voorlopige expertbeoordeling gerapporteerd. Deze wordt later herzien met de bevindingen uit spoor 1.



*Figuur 1: Nieuwegracht te Utrecht met aan beide zijden van de gracht werfkelders.*

De gemeente Utrecht schrijft in het rapport ‘Kelders in het stadshart Utrecht’ (oktober 2020) over de ontleding van de middeleeuwse haven en zijn begrippen:

“Het grachten-, bruggen- en wervenstelsel van Utrecht is in feite een middeleeuws havencomplex. Deze haven ontstond in de periode tussen 1300 en 1500 toen Utrechtse handelaren op werfniveau tunnels en (voor)kelders uitgroeven om hun waar op te bergen. Zo hoefden zij niet elke keer van boven naar beneden te sjouwen met de goederen die per schip werden aangevoerd. De tunnels en kelders sluiten aan op de kelders van de grachtenpanden op straatniveau en liepen dus door onder de openbare weg.”

De gemeente Utrecht heeft een vraagstelling geformuleerd. Vervolgens zal de beantwoording van deze vragen de doelstelling van de gemeente helpen invullen. In bijlage A1 is het proces en de planning van onderzoek (spoor 2) opgenomen.

### Vraagstelling

De expertbeoordeling bestaat uit de beantwoording van vier vragen per kelder. Deze zijn afkomstig uit de "Uitvraag spoor 2 expertbeoordeling draagkracht kelders". Voor de beantwoording geldt het verzoek de volgende opbouw aan te houden: *Advies* (antwoord) met *onderbouwing en uitleg* van de geraadpleegde stukken en aannames. Hierbij is een uiteenzetting van de *onzekerheden* in de onderbouwing meegenomen.

1. Tot welke maximale belasting is het aannemelijk dat het verkeer de kelders veilig kan kruisen en de kelders in een behoorlijke staat blijven?
2. Door welke oorzaken zijn de schades in de kelders met gebreken vermoedelijk ontstaan?
3. Zijn er schades in de kelders met gebreken aan te wijzen, die vermoedelijk primair zijn veroorzaakt door een te hoge belasting door te zwaar verkeer of een vergelijkbare zware belasting?
4. Zijn er schades in de kelders met gebreken aan te wijzen, die de potentiële sterkte van de kelder vermoedelijk significant verminderen en daarmee de belastbaarheid door verkeer?

### Doelstelling

Het doel van de expertbeoordeling is een beter beeld te krijgen van de (rest)sterkte van de kelders. Dit geeft richting aan beleidskeuzes, die bedoeld zijn om de veiligheid en het behoud van het erfgoed beter te kunnen waarborgen. Om hier stapsgewijs keuzes in te kunnen maken, moet het niveau van kennis over de sterkte van de kelders worden verhoogd. Dit niveau bestaat nu uit de bureaustudie uit 2014. Spoor 1 en 2 van het onderzoek naar de sterkte van de kelders moeten dit niveau van kennis voldoende omhoog brengen om beleidskeuzes richting te geven.

De beleidskeuzes bestaan uit de volgende onderdelen:

- Het instellen van een verkeersregime dat past bij een acceptabele verkeersbelasting, die is afgestemd op veiligheid en behoud van de kelders onder de straten.
- Het opzetten van een uitvoerbare handhaving bij het in te stellen verkeersregime.
- Het bepalen van de minimale eisen aan de stabiliteit en staat van de kelders, die passen bij de belastingen, voortvloeiend uit het in te stellen verkeersregime en de bijbehorende handhaving.
- Het vastleggen van afspraken tussen de gemeente en de eigenaren van kelders over de minimaal vereiste staat van onderhoud, de eventueel uit te voeren versterking en de verantwoordelijkheden voor het realiseren van dit niveau van onderhoud en de eventuele versterking.

### Leeswijzer

Dit document is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 staan de uitgangspunten conform de uitvraag, de terminologie van de kelders en de beschikbare gegevens per kelder. Hoofdstuk 3 start met de scope en verdeling van de bureaustudies onder de drie adviseurs. De bureaustudie en beantwoording van de vier vragen is per kelder beschreven. Dit hoofdstuk besluit met een beschrijving van de onbekendheden/onzekerheden, volgend uit de bureaustudies. In hoofdstuk 4 is vanuit de schades per kelder een overall beoordeling van groepen kelders gegeven. Ook zijn hier enkele unieke schades beschreven. Vervolgens zijn de gevolgen van schades beoordeeld. Een classificatie voor de belastbaarheid van de kelders is met behulp van de MEXE-theorie in Hoofdstuk 4 Expertbeoordeling generiek uitgevoerd. Hoofdstuk 785 Discussie, beschrijft de interpretatie en verklaring van de resultaten. Tot slot worden in hoofdstuk 6 voorlopige conclusies en aanbevelingen gegeven. Voorlopig, want de input vanuit spoor 1 moet nog verwerkt worden.



Daarnaast beslaat de scope van het onderzoek slechts een beperkt aantal kelders, waardoor dit wel een algemeen beeld geeft, maar het totale areaal zeker niet afdoende afdekt om op basis daarvan een representatief beeld van alle kelders in Utrecht te geven.

## 2 Uitgangspunten

### 2.1 Algemeen

In deze paragraaf is de toelichting op de uitvraag vanuit de gemeente Utrecht samengevat. Dit betreft een toelichting op de keuze van de samenwerkende adviseurs, enkele uitgangspunten voor het onderzoek uit de uitvraag en een reflectie op de gekozen groep kelders.

De (voorlopige) expertbeoordeling is gebaseerd op expert judgement, de ervaring met het inspecteren van metselwerk (boog)constructies door de drie adviseurs en het onderzoek naar metselwerk boogbruggen in 's-Hertogenbosch door o.a. HaskoningDHV en Witteveen+Bos. Resultaat van dat onderzoek is onder andere de richtlijn/handleiding 'Aanpak beoordeling metselwerk boogbruggen 's-Hertogenbosch'. Het onderzoek in spoor 2 naar de kelders in Utrecht is alleen een verdiepende bureaustudie van een selectie van zestien kelders, zie paragraaf 3.1. Bij het uitvoeren van de inspecties, onderzoeken en berekeningen uit spoor 1 wordt meer inzicht verkregen. De voorliggende expertbeoordeling wordt daarna tegen het licht gehouden en mogelijk bijgesteld. Door de gemeente Utrecht is de expertbeoordeling gericht op twee groepen kelders:

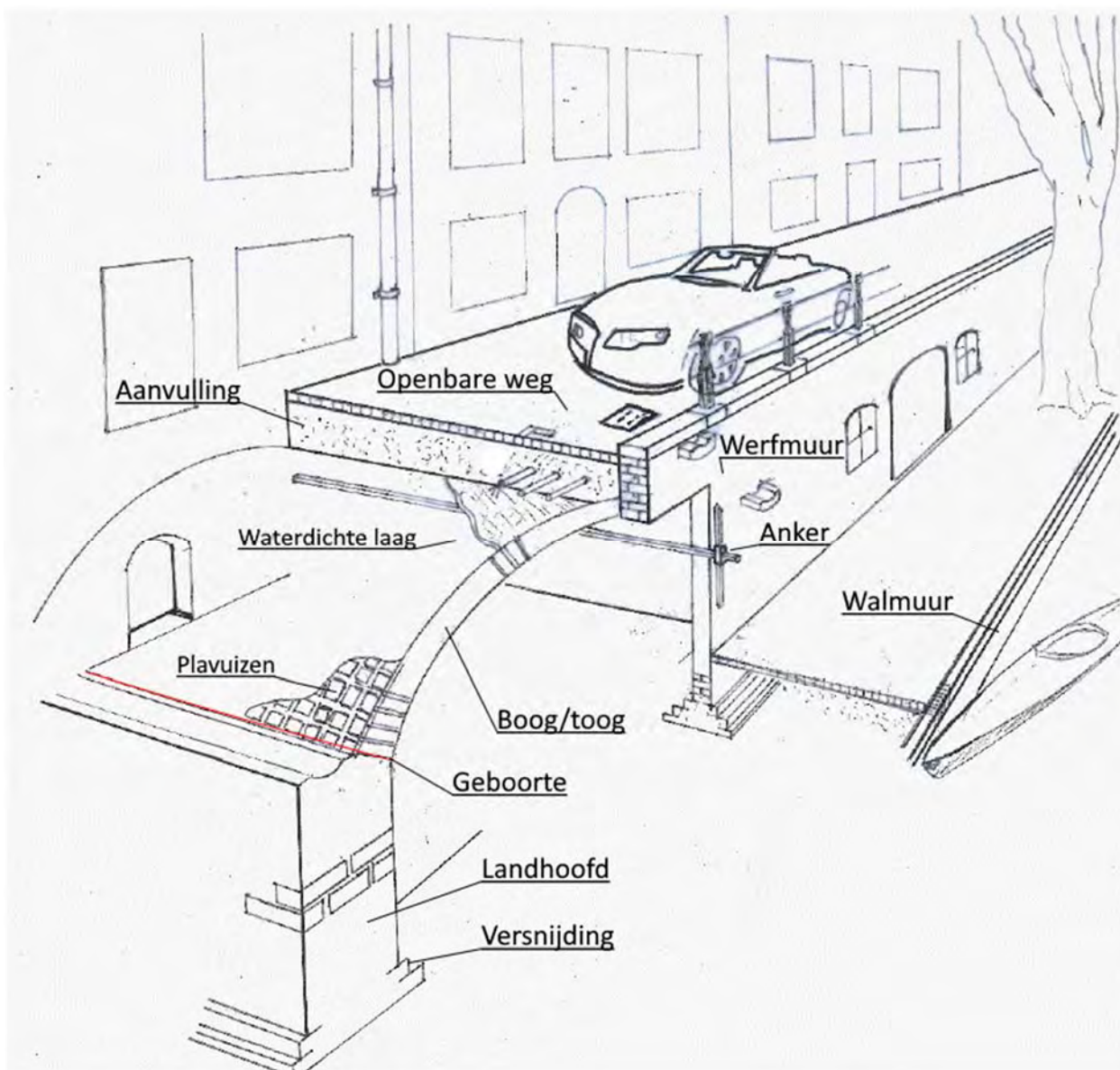
- kelders in behoorlijke staat met een relatief ongunstige (brede en platte) boogvorm;
- kelders met aanzienlijke gebreken.

De beschikbare inspectierapporten van de kelders in behoorlijke staat zijn de input voor de voorlopige beoordeling van de potentiële sterkte van de kelderconstructies. Er is een steekproef van in totaal 16 kelders gegeven om een beeld te geven van de kelders in Utrecht. In spoor 2 zijn 10 adressen toegevoegd aan de 6 adressen uit spoor 1. Van de kelders op deze 10 adressen zijn voornamelijk visuele inspecties toegevoegd. De verstrekte gegevens van de kelders met aanzienlijke gebreken zijn beoordeeld op de mate waarin de schadebeelden de potentiële sterkte van de kelders verminderen. Daarnaast is er meer inzicht in de oorzaak van de schades gegeven door de belastbaarheid te classificeren en overeenkomende schadebeelden te beoordelen. Omdat voor de gevraagde beoordeling geen aanvullend fysiek onderzoek is gedaan, zijn voor sommige relevante variabelen aannames gedaan op basis van de beschikbare gegevens en aanwezige kennis en ervaring. In de huidige situatie zijn er in het wervengebied aslastbeperkingen ingesteld van 2, 4, 5 en 8 ton. Uit de kaart (Bijlage A2) blijkt echter, dat voor 15 van de 16 kelders een 2-tons aslastbeperking geldt. De grootste waargenomen belasting zijn aslasten van circa 7 ton in het gebied waar een maximale aslast van 2 ton is toegestaan (vernomen van de gemeente). Overigens is het volgens de NEN 8701 helemaal niet mogelijk om met een aslastbord lager dan 3 ton de last te beperken. Volgens de NEN8701 moet in de berekening van een dubbele aslast van 5 ton (dus twee assen van elk 5 ton met een hart-op-hart afstand van 1,2m) of een enkele aslast van 4/3 x 5 ton =7 ton uitgegaan worden bij een bord van 3 ton. Daarbij stelt de norm de extra voorwaarde voor de totale toelaatbaar massa van het voertuig van de reductiefactor  $\alpha_{C20} \times 60$  ton (=10 ton bij een bord van 3 ton).

In het wervengebied van de Utrechtse binnenstad zijn circa 850 kelders aanwezig. Voor zekerheid over de sterkte van al deze kelders in hun huidige staat is een expertbeoordeling (spoor2) en een modelberekening van de sterkte van enkele kelders (spoor 1) niet voldoende. Voor een grote zekerheid zouden eigenlijk alle kelders grondig moeten worden onderzocht en berekend. Of een representatieve steekproef van 30% tot 50% van het totale aantal kelders (afhankelijk van gewenste nauwkeurigheid en mate van representativiteit). Dit is echter op dit moment niet haalbaar in de scope van dit onderzoek. Toch is het belangrijk om een beter beeld te krijgen van de sterkte van de werf-, kluis- en straatkelders om beleidskeuzes richting te geven die bedoeld zijn om de veiligheid en het behoud van het erfgoed beter te kunnen waarborgen. Het huidige verkeersregime in relatie tot schades en de geometrie van de kelder is beoordeeld.

## 2.2 Terminologie kelderconstructies

Figuur 2 bevat de belangrijkste termen met betrekking tot metselwerk kelderconstructies. De schets is afkomstig uit het document 'Rapport kelders in het stadshart Utrecht, oktober 2020' opgesteld door afdeling Stadsingenieurs Stadsbedrijven van de gemeente Utrecht. Naast de terminologie van de kelderconstructies is een verklarende woordenlijst in Hoofdstuk 7 opgenomen.



Figuur 2: Termen metselwerk kelderconstructies (Bron schets: Bijlage 1 – Rapport kelders in het stadshart Utrecht, oktober 2020' opgesteld door afdeling Stadsingenieurs Stadsbedrijven van de gemeente Utrecht). Weergegeven is een werfkelder.

### Typen kelders

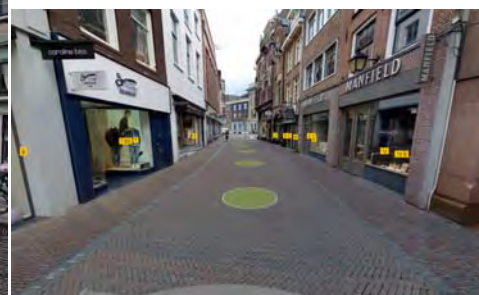
Er zijn drie typen kelder te onderscheiden. De werfkelder Figuur 2 en Figuur 3a, de kluis-kelder Figuur 3b en de Straatkelder Figuur 3c. De kluis-kelder verschilt van de werfkelder door de afwezigheid van de werf/wal aan de grachtzijde. Een straatkelder is een blinde kelder door de ligging tussen twee woningen, in een straat vaak loodrecht op een gracht. Naast deze drie typen kelders hebben de vele metselwerk boogbruggen brugkelders, achter de landhoofden. Dit type kelder zit niet in de scope.

Een bijzondere tussenvorm van een straatkelder, zijn kelders die zich bevinden tussen een woning en een brug. Om deze bijzondere tussenvorm, tussen een brugkelder en een straatkelder te duiden, is dit een pleinkelder genoemd. In het vervolg is in eerste instantie geen onderscheid gemaakt tussen een straatkelder en een pleinkelder. Indien nodig is dit bijgesteld.

**Werfkelder**

**Kluiskeider**

**Straatkelder**



Figuur 3a/b/c: Typen metselwerk kelders uit het onderzoek.

## 2.3 Beschikbare gegevens per kelder

De verstrekte gegevens per kelder zijn geïnventariseerd voor de objecten uit spoor 1 en 2. Voor de objecten uit spoor 1 is meestal meer bekend over de geometrie dan voor de objecten uit spoor 2. In Tabel 1 is dan ook per kelder een scheiding gelegd tussen bouwkundige rapportages en inspectierapportages. In de bouwkundige rapportages is hoofdzakelijk de geometrie vastgelegd. Inspectierapportages bevatten beschrijvingen van aangetroffen schades en scheuren. In Tabel 1 is met groen en met (bron S1) aangegeven welke documentatie uit spoor 1 komt. Omdat voor het gevraagde oordeel geen aanvullend fysiek onderzoek wordt gedaan, zijn voor sommige relevante variabelen aannames gedaan op basis van de beschikbare gegevens en kennis.

Tabel 1: Inventarisatie verstrekte gegevens per kelder.

Adres	Geometrie (bouwkundig)	Inspectierapportages
Kromme Nieuwegracht 26	Inmeting bovenzijde (1998), overzichtstekening reconstructie (2017), Renovatie (1948/1955), Uitslag ('90er jaren) (bron S1)	Visuele inspectie (Constructiebureau De Prouw BV), Visuele toestandsinspectie (Iv-Infra BV)
Kromme Nieuwegracht 52	Inmeting kelder bij waterdicht maken 1998 (Kromme nieuwe gracht 52bis) (bron S1)	Visuele inspectie (Constructiebureau De Prouw BV), Visuele inspectie GU - Jaar onbekend Uitslag kelder Kromme Nieuwegracht 52
Choorstraat 2-4	Situatie, lengteprofielen en details (bron S1)	Inspectie Iv-Infra BV - 2020
Choorstraat 8	Situatie, lengteprofielen en details (bron S1)	Visuele inspectie door Iv-Infra BV (aug 2020)
Choorstraat 10-12	Situatie, lengteprofielen en details (bron S1)	Visuele inspectie door Iv-Infra BV (aug 2020)

Oudegracht 240	Inmeting plattegrond, doorsnede kelder en bovenzijde (1995) (bron S1)	Visuele inspectie 1986, 2008
Choorstraat 16-18	Situatie, lengteprofielen en details (bron S1)	Inspectie Iv-Infra BV - 2020
Nieuwegracht 11	Niet beschikbaar	Visuele inspectie GU (07-11-2008), uitslag NG11
Nieuwegracht 21	Niet beschikbaar	Visuele inspectie GU - 2008 Uitslag Nieuwegracht westzijde kelder 21
Plompetorengracht 1	Niet beschikbaar	Visuele inspectie GU - 2008 Inspectie Iv-Infra BV - 2020 Uitslag Plompetorengracht pand 1 kelder 1
Plompetorengracht 1-3	Niet beschikbaar	Niet beschikbaar
Plompetorengracht 3-A	Niet beschikbaar	Visuele inspectie GU (05-11-2008), Uitslag pand 3 kelder 2
Plompetorengracht 3-B	Niet beschikbaar	Visuele inspectie GU - 2008 Inspectie Iv-Infra BV - 2020 Uitslag Plompetorengracht pand 3 kelder 1
Plompetorengracht 9	Niet beschikbaar	Visuele inspectie GU (05-11-2008), Uitslag pand 9 kelder 1
Plompetorengracht 10	Niet beschikbaar	Visuele inspectie GU (05-11-2008), Visuele inspectie Iv-Infra BV (1-9-2020), Uitslag pand 10 kelder 1
Zadelstraat 45	Niet beschikbaar	Inspectie Iv-Infra BV - 2020



### 3 Bureaustudie

Dit hoofdstuk geeft de verdeling van de kelders en het oordeel op de scope. Om een zoveel mogelijk generieke beoordeling per kelder te verkrijgen door de drie verschillende adviseurs is een aanpak beschreven. Vervolgens is per kelder de bureaustudie uitgevoerd met aansluitend de beantwoording van de vier vragen. Het hoofdstuk sluit af met onzekerheden in de interpretatie van de documentatie en onbekende parameters.

#### 3.1 Onderzochte kelders

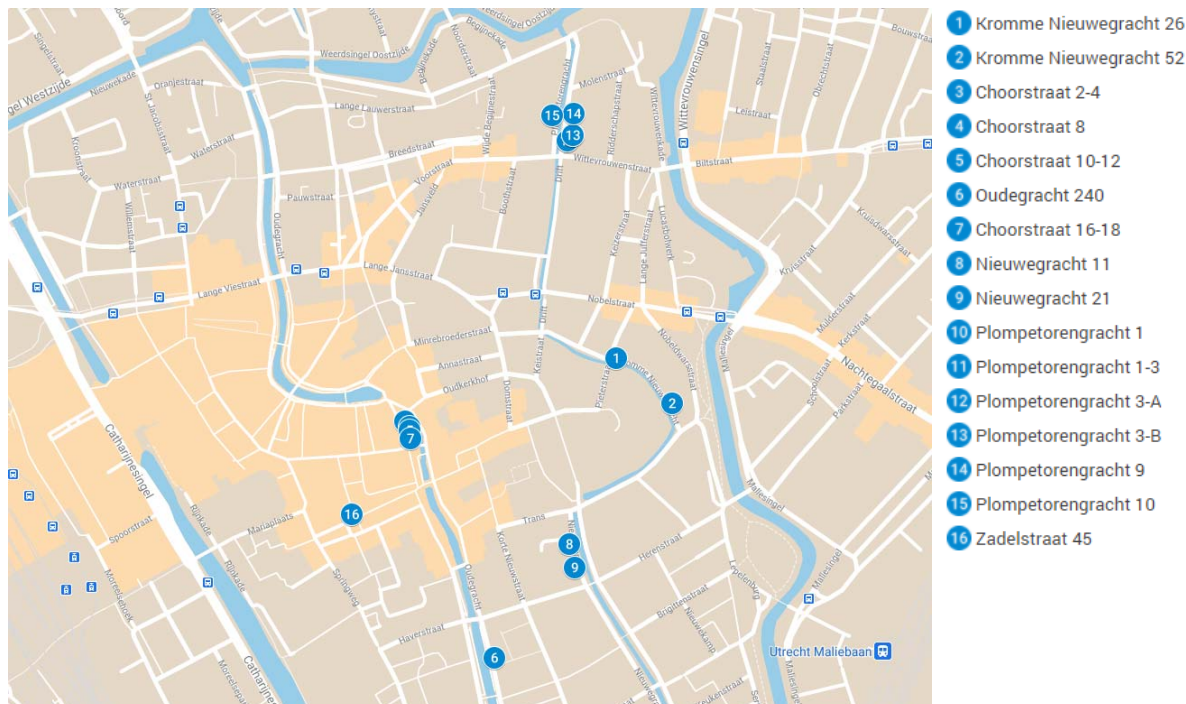
De kelders waarvoor een bureaustudie en expertbeoordeling is uitgevoerd, zijn in het onderstaande overzicht weergegeven. De bureaustudies en expertbeoordelingen zijn grotendeels door Witteveen+Bos en HaskoningDHV uitgevoerd. Vervolgens heeft HaskoningDHV als kartrekker in dit onderzoek de rapportage opgesteld waarna de andere adviseurs een controlerende rol hebben aangenomen. In Figuur 4 zijn deze kelders op de centrumkaart van Utrecht weergegeven.

spoor	fase	nummer cf. uitvraag	adres	type kelder	bureaustudie	expertoordeel	inspectie en onderzoek	herberekening	toetsing 2 <sup>e</sup> lijn
spoor 1	fase 1	4	Kromme Nieuwegracht 26	Kluis-kelder	RHDHV	RHDHV	W+B	RHDHV	Antea
		5	Kromme Nieuwegracht 52	Kluis-kelder	W+B	W+B	W+B	W+B	RHDHV
spoor 1	fase 2	1	Choorstraat 2-4	Straatkelder	W+B	W+B	Antea	W+B	RHDHV
		2	Choorstraat 8	Straatkelder	RHDHV	RHDHV	Antea	RHDHV	W+B
		3	Choorstraat 10-12	Straatkelder	Antea	Antea	Antea	Antea	W+B
		8	Oudegracht 240	Werkkelder	RHDHV	RHDHV	W+B	RHDHV	Antea
		1	Choorstraat 16-18	Straatkelder	W+B	W+B	n.v.t.		
2	Nieuwegracht 11	Werkkelder	RHDHV	RHDHV					
3	Nieuwegracht 21	Werkkelder	W+B	W+B					
4	Plompstorengracht 1	Kluis-kelder	W+B	W+B					
5	Plompstorengracht 1-3	Kluis-kelder	RHDHV	RHDHV					
6	Plompstorengracht 3-A	Kluis-kelder	RHDHV	RHDHV					
7	Plompstorengracht 3-B	Kluis-kelder	W+B	W+B					
8	Plompstorengracht 9	Kluis-kelder	RHDHV	RHDHV					
9	Plompstorengracht 10	Kluis-kelder	RHDHV	RHDHV					
10	Zadelstraat 45	Straatkelder	W+B	W+B					

Sinds de verschijning van autoverkeer, rond het jaar 1900, is bekend dat er een aslastbeperking geldt in de binnenstad. Voor de kluis-, werk- en straatkelders uit de scope van uitvraag spoor 2 geldt de aslastbeperking van 2 ton met uitzondering van de straatkelder van de Zadelstraat 45. In deze straat geldt een aslastbeperking van 8 ton, zie Bijlage A2.

#### Scope omvang

Als steekproef zijn zestien kelders niet voldoende om over de totale scope van bijna duizend kelders, die bestaan uit verschillende types, een beoordeling te geven. Naar schatting is een antwoord voor minimaal één derde per type kelder nodig, om van enige mate van statistische betrouwbaarheid te spreken. Dit geldt voor een willekeurig getrokken steekproef over een bekende scope aan kelders. In dit geval is de steekproef niet willekeurig getrokken en is de totale scope niet bekend maar zijn deze zestien objecten gekozen op basis van een bepaalde geometrie of bepaalde schadebeelden. Het feit dat de inspectierapporten verouderd zijn, is ook van invloed op de betrouwbaarheid van de beoordeling. Voor elke individuele kelder zijn de vier geformuleerde vragen beantwoord. Het advies per kelder voor alle zestien kelders samen is onderling vergeleken om tot een meer generiek advies te komen. Een betrouwbaar advies voor alle kelders is nu niet te geven.



Figuur 4: Overzicht van de kelders uit scope in het centrum van Utrecht. De overlappende nummers zijn naastgelegen kelders in de betreffende straat.

### 3.2 Onderzoeksdoel en aanpak

Voor de beantwoording van de vier onderzoeksvragen is per vraag een aanpak geformuleerd. Het doel van de expertbeoordeling is om een beter beeld te krijgen van de sterkte van de werf-, kluis- en straatkelders om beleidskeuzes richting te geven die bedoeld zijn om de veiligheid en het behoud van het erfgoed beter te kunnen waarborgen.

De aanpak voor beantwoorden van vraag Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.: “Tot welke maximale belasting is het aannemelijk dat het verkeer de kelders veilig kan kruisen en de kelders in een behoorlijke staat blijft?”.

Vraag Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. is tweeledig: “Veilig kan kruisen” betekent niet bezwijken en vraagt een inschatting van de bezwijkbelasting. In dit spoor is een globale analyse van de bezwijkbelasting door de toepassing van de MEXE-theorie uitgevoerd. De MEXE-theorie is een beoordelingsmethode voor de classificatie van boogconstructies en één van de vier meest gebruikte methodes voor de beoordeling van een boogconstructie in het Verenigd Koninkrijk, gebaseerd op het werk van Pippard et al., (1936,1938,1941,1948,1951,1952 & 1968). In Nederland is weinig tot geen ervaring met beoordelingsmethoden voor boogconstructies. Daarom is de MEXE-theorie enkel gebruikt als hulpmiddel voor de ordening van de kelders op de bezwijkbelasting (classificatie). De MEXE-theorie gebruikt hier zes invoerparameters voor en gaat uit van een schadevrije boog. De invoerparameters zijn de overspanning, steekhoogte, boogdikte, dikte van de aanvulling, druksterkte van het metselwerk en het gewicht van de aanvulling. De meer intensieve berekeningen (in Plaxis en DIANA) voor de kelders uit spoor 1 zullen met een grote zekerheid kwantitatief richting geven aan de resultaten uit de MEXE-theorie. Voor de kelders uit spoor 2 wordt, nadat de rekenresultaten van de kelders uit spoor 1 bekend zijn, op basis van een vergelijking tussen de waarden uit de MEXE-theorie en Plaxis/DIANA voor kelders in spoor 1, een waarde/bandbreedte ingeschat van de toegestane verkeersbelasting. Gezien de beperkte informatie/aanpak voor bepaalde kelders uit spoor 2 kan de waarde/bandbreedte van de verkeersbelasting enkel met een grote onzekerheidsmarge worden aangegeven.

“In een behoorlijke staat blijft” betekent het niet-optreden van schade (scheuren) in het metselwerk door verkeersbelasting. De MEXE-theorie gaat uit van de bezwijkbelasting en geeft geen informatie over mogelijke scheurvorming. Voor enkele kelders is beoordeeld of de scheurvorming door overbelasting plausibel is. Zo is een inschatting gemaakt van de toelaatbaarheid van de lastbeperking. In spoor 1 zal ook de scheurvorming onderzocht worden door het uitvoeren van sommen voor de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT).

Voor de beantwoording van vraag 2: “Door welke oorzaken zijn de schades in de kelders met gebreken vermoedelijk ontstaan?”, en vraag 3: “Zijn er schades in de kelders met gebreken aan te wijzen, die vermoedelijk primair zijn veroorzaakt door een te hoge belasting door te zwaar verkeer of een vergelijkbare zware belasting?”, is de gedachtegang uiteengezet in Tabel 2. De beschrijving van het onderzoeksdoel bestaande uit: oorzaak, aanleiding, gebeurtenis en gevolg en heeft als doel individuele schadegevallen meer generiek te beschouwen.

Tabel 2: Beredenering van het ontstaan van schade.

Oorzaak →	Aanleiding →	Gebeurtenis →	Gevolg
Werkelijke (indirecte) reden(en) voor een gebeurtenis	directe reden voor een gebeurtenis	het optreden van de gebeurtenis waardoor de schade/scheuren ontstaat	schade/scheuren met een mogelijke negatieve invloed op de draagkracht van de constructie

Vraag 44: “Zijn er schades in de kelders met gebreken aan te wijzen, die de potentiële sterkte van de kelder vermoedelijk significant verminderen en daarmee de belastbaarheid door verkeer?”, is door middel van het analytisch inzicht van de constructeur en de opgedane ervaring in het onderzoek in 's-Hertogenbosch beoordeeld. In deze concept-expertbeoordeling is het niet mogelijk om hier een kwantitatief antwoord op te geven. Het is de verwachting dat hier op basis van de berekeningen uit spoor 1 wel iets meer over gezegd kan worden. Dit antwoord wordt in de definitieve expertbeoordeling opgenomen.

### 3.3 Algemene schadeanalyse

De algemene schadeanalyse heeft als doel de schade te inventariseren (voor zover voldoende gedocumenteerd) voor de betreffende kelders en in perspectief te zetten zodat een systematische analyse en beoordeling mogelijk is. De schades zijn onderverdeeld in: scheuren (Tabel 3), vocht- en vorstschade (Tabel 5), voegwerk (Tabel 6), ingewerkte constructies (Tabel 7), verankering (

Tabel 8) en herstelschade (Tabel 9). De systematiek van registratie is zoveel mogelijk gehanteerd conform de CUR124 Bijlage A5 Registratie constructieve schades.

Tabel 3: Analyse voor de beoordeling van scheuren.

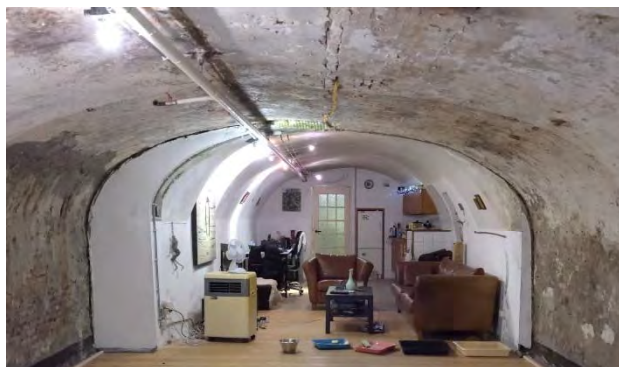
Scheuren	Beschrijving
Oorzaak	belasting groter dan capaciteit
	zettingen/zakkingen
	verhinderde vervorming
Gevolgschade	scheuren loodrecht op de rijrichting (Figuur 5 en Figuur 7 )
	scheuren in de rijrichting
	zettings-/zakkingscheuren



krimpscheuren  
 zichtbaar: duidelijk  
 risico's: veelal constructief

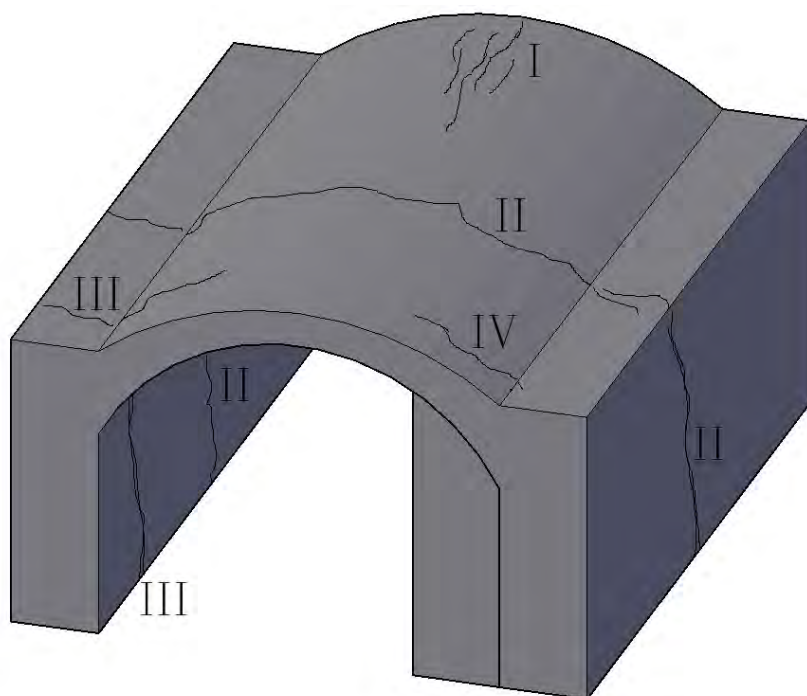


Figuur 5: Voorbeeld van scheurvorming, (bron: Presentatie expertmeeting op 16-10-2020 door de gemeente Utrecht).



Figuur 6: Voorbeeld van scheurvorming en vervorming kelder, (bron: Presentatie expertmeeting op 16-10-2020 door de gemeente Utrecht).

Een voorstel voor de categorisering van scheuren in de metselwerk kelders is gemaakt. Deze heeft de zelfde insteek als de categorisering van scheuren/schadebeelden in beton (CUR172 Duurzaamheid en onderhoud van betonconstructies). De scheuren zijn qua oriëntatie, locatie en lengte gevisualiseerd in Figuur 7. Bijbehorend is de codering van de scheuren in Tabel 4 met een omschrijving en mogelijke oorzaken.



Figuur 7: Scheuren in de metselwerk kelders met codering, zie Tabel 4 voor de omschrijving en mogelijke oorzaken.

Tabel 4: Beschrijving van de scheuren met mogelijke oorzaken.

Codering (verwijzing naar Figuur 7)	Beschrijving	Oorzaak
I	Lokale scheuren loodrecht op de rijrichting, craquelé, ovaalvormig	Overbelasting door hoge wiel-/asdruk
II	Doorgaande scheur van onderin de wand, lopend door de toog (en tot in de andere wand) (vaak waterdoorlatend)	Zakking, verschilzetting
III	Scheur van onderin de wand, lopend tot in de toog (vaak in de overspanningsrichting of incidenteel diagonaal)	Zakking, verschilzetting
IV	Scheur langs ingewerkte stijve constructie-elementen: steunwanden/-ribben/-beren maar ook leidingen door het gewelf.	Stijfheidsverschillen (verhinderde vervorming, verstoren boogwerking) in combinatie met verkeersbelasting en/of zakkingen/zettingen/krimp/rek

Tabel 5: Schade door vocht en vorst.

Vocht- en vorstschade	Beschrijving
Oorzaak	niet waterdicht zijn
	geen mogelijkheid tot ventilatie (drogen) metselwerk
	zoutbelasting (milieu, materiaal, grondvocht)
	vroege uitslag van zouten, kalkuittreding
	capillaire werking materiaal of systeem
Gevolgschade	verzadiging metselwerk
	uitbloei kalk Figuur 10, witte uitslag Figuur 8 en Figuur 9, kristalvorming
	aantasting van materialen, vervuiling
	afschilferen metselwerk
	afschilferen glazuur
	verlies samenhang
	optredende spanningen door kristallisatie en hydratatie kan de poriënstructuur van metselwerk worden verwoesten
	zichtbaarheid: duidelijk risico's: Duurzaamheid (esthetisch), constructief

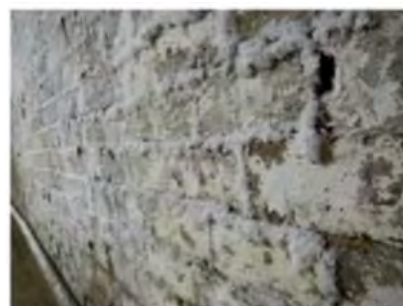




Figuur 10: Uitbloei metselwerk.



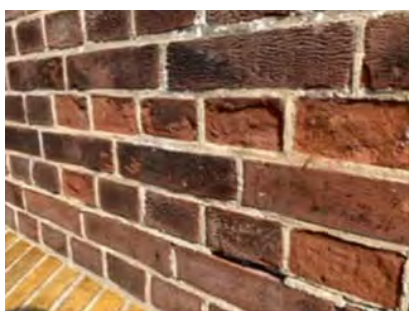
Figuur 8: Witte uitslag door zouten.



Figuur 9: Witte uitslag door zouten.

Tabel 6: Schade aan het voegwerk.

Voegwerk	Beschrijving
Oorzaak	schade aan stenen door verhinderde vervorming
	temperatuurbelasting
	degradatie door vochtschommelingen
	slechte hechting mortel en steen
Gevolgschade	schollen steen spatten af door opsluiting van stenen in het voegwerk (Figuur 11)
	uitvallen/afbrokkelen voegwerk
	zichtbaarheid: duidelijk risico's: Constructief, duurzaamheid (esthetisch)



Figuur 11: Afspatten van schollen steen.

Tabel 7: Schade bij ingewerkte constructies.

Ingewerkte constructies	Beschrijving
Oorzaak	verbouwing/versterking kelderconstructie waarbij ingemetselde elementen met afwijkende materiaaleigenschappen (stijfheid, sterkte, warmt coëfficiënt etc.) ten opzichte van het metselwerk. Hierdoor worden drukkrachten omgeleid waardoor in andere richtingen trekspanningen ontstaan in het metselwerk met scheuren tot gevolg. Voorbeelden zijn:

	steunribben/-wanden/-beren, lateien, opleggingen van balken, stalen/betonnen elementen, leidingen.
Gevolgschade	scheurvorming, slechte samenhang, lekkage zichtbaarheid: niet altijd duidelijk risico's: constructief, duurzaamheid

Tabel 8: Schade bij verankering.

Falen verankering	Beschrijving
Oorzaak	ondeugdelijke realisatie, aantasting stalen ankers door vocht, ankers los van metselwerk, ankers verwijderd door eigenaar/beheerder.
Gevolgschade	instabiliteit constructie(onderdeel) uit het vlak (out of plane). Vaak verplaatsingen uit het vlak van de kluis/werfmuur. zichtbaarheid: vaak onduidelijk risico's: constructief



Figuur 12: Foto van licht/oppervlakkig gecorrodeerde ankerstang.

Tabel 9: Herstelschade.

Herstelschade	Beschrijving
Oorzaak	voegwerk vervangen/hersteld op basis van cement (i.p.v. origineel zachte kalkmortel) slechte hechting nieuwe mortel en steen met origineel metselwerk aanbrengen waterdichte laag binnenkant kelder met verkeerd materiaal: niet op basis van kalkmortel (bindmiddel) met tras (puzzolane stof). niet verhelpen van de oorzaak van scheurvorming (enkel aanpak gevolgen)
Gevolgschade	uitvallen metselwerk

water- en/of zandvoerende scheur, lekkende leiding/afwatering, uitspoeling grond (aanvulling of onder kelder)
afbladeren stuclaag
opnieuw scheuren van gerepareerde (geïnjecteerde) scheuren

### 3.4 Expertbeoordeling per kelder

Deze paragraaf bevat de feitelijke expertbeoordeling bestaande uit de beantwoording van de vier vragen voor elk object. Bij alle vragen zijn de antwoorden als volgt opgebouwd:

1. advies;
2. onderbouwing antwoord/advies met uitleg geraadpleegde stukken en aannames;
3. uiteenzetting van de onzekerheden in de onderbouwing.

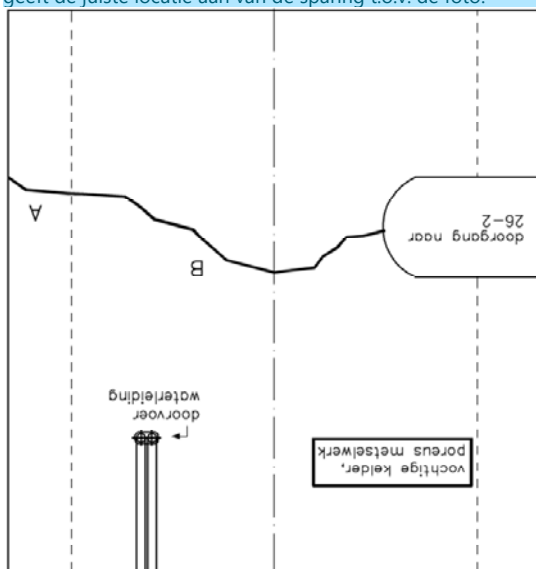
Voor de 6 kelders uit spoor 1 wordt een uitgebreide bureaustudie uitgevoerd te worden wat afwijkt van de extra 10 kelders in spoor 2. Van de kelders uit spoor 2 beperken de archief gegevens zich tot inspectierapportages. De bron van de informatie per kelder is daarom in de opvolgende tabellen aangeduid met een groene schaduw en met een asterisk (\*) indien dit uit de bureaustudie uit spoor 1 komt en met een blauwe schaduw als de gegevens uit de inspectierapportage (spoor 2) komen. Nota bene op het moment van uitgave van dit voorlopige rapport is spoor 1 nog niet afgerond. Hierdoor is nog niet alle informatie uit dit spoor beschikbaar.

#### 3.4.1 Kromme Nieuwegracht 26 (kluis-kelder)

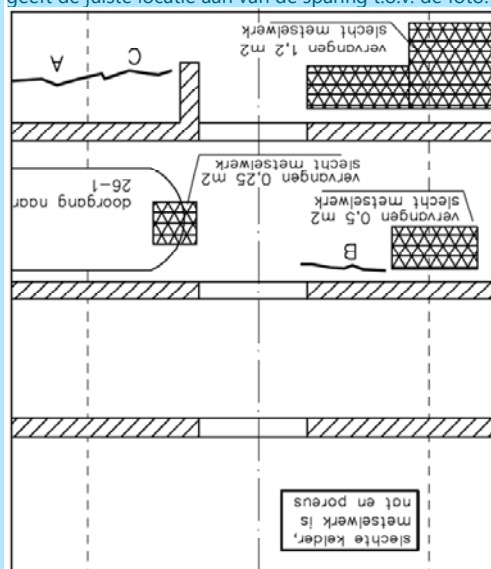
Categorie	Onderdeel	Opmerking
Geometrie*	Overspanning(en) (dagmaat)	KNG26-1: 3,96 m KNG26-2: 3,34 m
	Hoogte toog/togen	KNG26-1: Totaal 1,96 m, hoogte geboorte t.o.v. de keldervloer: 0,76 m, steekhoogte 1,2 m KNG26-2: Totaal 1,84 m, hoogte geboorte t.o.v. de keldervloer: 0,90 m, steekhoogte 0,94 m
	(Verloop) dikte toog /togen	Vermoedelijk enkel of anderhalf steens, door onderzoek vaststellen. Voor de berekening volgens MEXE-theorie is gerekend met éénsteens van 220 mm.
	Aantal togen achter elkaar (wel/niet gekoppeld)	Twee gekoppelde togen KNG26-1 en KNG26-2. Tussen beide kelders van Kromme Nieuwegracht 26 is een zeer grote uitsparing in de wand aanwezig van 1,37 meter breed. Aangenomen wordt dat dit een waterafvoer van het achterland is, de zogenaamde slokop. En naastgelegen toog KNG24 met onbekende koppeling. Uit de inspectie is het vermoeden dat de beide kelders in één keer zijn gebouwd.
	Mate van samenwerking verschillende bogen o.b.v. percentage holklinkend	Afkloppen tijdens onderzoek
	Dikte wanden	Verifiëren tijdens onderzoek: vrij-graven tot achter de landhoofden en profiel inmeten en op de 3D-scan passen.
	Opbouw en dikte keldervloer	Opbouw keldervloer bepalen: - visueel bepalen of het een gemetselde keldervloer betreft of d.m.v. kernboring.
	Gronddekking (opbouw en incl. bestrating)	Verifiëren tijdens onderzoek, aanname KNG26-1: 0,35 m en KNG26-2: 0,25 m

	Fundatieniveau en -type (op staal of palen)	Op staal, fundatieniveau onbekend Uitgaan van ongunstigste funderingsniveau 0,5 m +NAP. Uitgangspunt: 1 berekening.
	Aanwezigheid/afmetingen steunberen (wanden binnenzijde werfkelder)	Afmetingen, fundatieniveau en tijdstip van bouw van de aanwezige steunberen (wanden binnenzijde) in KNG26-2 zijn onbekend.
	Bodemdiepte	Zal weinig tot geen invloed hebben op de berekening. Niet noodzakelijk.
	Aansluitingen met en geometrie van belendende objecten of onderdelen daarvan	Onbekende aansluiting met naastgelegen KNG24 met onbekende geometrie.
Inspectie-resultaten	Historische inspectie schadebeelden + eventueel uitgevoerde (herstel)maatregelen	- Restauratie werfmuur in 1935 - Vernieuwen werfmuur in 1948 - Delen metselwerk vervangen 90'er jaren
	Actuele inspectie schadebeelden	Inspectie Iv-Infra 19-6-2020 en inspectie De Pauw BV 20-9-2020: Scheur in rijrichting KNG26-1 (gerepareerd) Scheuren in rijrichting KNG26-2 Mortel tussen stenen verdwenen en daardoor stenen los.
	Reparaties	Betonnen L-wanden langs kademuur
	Afdeklaag	Geen
	Toestand metselwerk	90'er jaren vochtige kelder metselwerk nat en poreus waarna de kelder 'waterdicht' is gemaakt. 2017: waterdicht

Bovenkant uitslag is grachtzijde. De uitslagen 180graden gedraaid geeft de juiste locatie aan van de sparing t.o.v. de foto.



Bovenkant uitslag is grachtzijde. De uitslagen 180 graden gedraaid geeft de juiste locatie aan van de sparing t.o.v. de foto.







Deur en ramen aan de grachtzijde. Scheur AB in metselwerk.



Raam aan de grachtzijde, met scheur AC in metselwerk.

### 1) Tot welke maximale belasting is het aannemelijk dat het verkeer de kelder veilig kan kruisen en de kelder in een behoorlijke staat blijft?

#### Advies;

Omdat in de kelder(s) nog geen schades gevonden zijn, die duiden op overbelasting door verkeer, is het aannemelijk dat het verkeer dat bij een 2-ton aslastbeperking hoort de kelder(s) veilig kan kruisen.

#### Onderbouwing;

In par. 4.1 zijn grafieken opgenomen die met behulp van de MEXE-theorie een eerste inschatting geven van de relatieve belastbaarheid van deze kelder ten opzichte van de andere kelders. Deze kelder zit laag in de grafiek. Dat betekent dat hij relatief een kleinere capaciteit zou hebben ten opzichte van de andere kelders. Deze kelder zit tevens in spoor 1 van het project, waardoor nog in UGT (antwoord op vraag of het verkeer veilig kan kruisen) en BGT (antwoord op vraag of de kelder in een behoorlijke staat blijft) gerekend gaat worden. Uit deze berekeningen zal de waarde/bandbreedte van de toegestane verkeersbelasting volgen.

#### Onzekerheden;

- Dikte boog is éénsteens aangehouden zonder draagkracht van de langsribben en zonder mogelijke verdikking/versterking van de doorsnede door de aanwezigheid van plavuizen.
- Dikte grondaanvulling en toeg zijn in dit spoor niet fysiek gemeten, maar ingeschat op basis van de beschikbare gegevens.
- Invloed scheuren en andere schades op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed vochtplekken/lekkage op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed sparingen/doorvoeren op de draagcapaciteit is onbekend.

### 2) Door welke oorzaken zijn de schades in de kelder met gebreken vermoedelijk ontstaan?

#### Advies;

De oorzaak van de meeste aangetroffen scheuren (Type:II of III) hebben een onbekende oorzaak. De mogelijkheden zijn: demping/verlagen waterstand gracht, uitbaggeren van de gracht, lokaal variërende grondgesteldheid, uitbreiding(en) kelder. Deze hebben allen als mogelijke aanleiding (verschil)zetting voor de kelderconstructie.

Korte scheur in de rijrichting (scheur B) net uit de kruin van het gewelf. Vermoedelijk Type: IV, oorzaak toevoeging van stijve langribben waardoor de stijfheid loodrecht op de rijrichting sterk verschilt.

De oorzaak van het vochtige metselwerk (schade) is met de beschikbare informatie niet aan te wijzen. In paragraaf 4.2 zijn generieke oorzaken beschreven voor vochtig metselwerk.



Onderbouwing;  
 Vochtig metselwerk: niet waterdicht zijn van de kelder, slechte ventilatie van de kelder.  
 Scheur in rijrichting (KNG26-1): lange scheur van onderkant keldermuur via het gewelf naar de opening/doorgang naar KNG26-2 (Type:II).  
 Geen aanleiding voor overbelasting omdat de scheuren alleen in de rijrichting liggen.  
 Scheuren rijrichting (KNG26-2): Scheur A-C van de kelderwand (tussenwand 26-1/26-2) naar gewelf KNG26-2 (Type:III)

Onzekerheden;  
 'Slecht metselwerk' is recent hersteld waardoor schadebeelden weg zijn. Moment van aanbrengen langsribben is onbekend.

### 3) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die vermoedelijk primair zijn veroorzaakt door een te hoge belasting door te zwaar verkeer of een vergelijkbare zware belasting?

Advies;  
 Met de beschikbare inspectieresultaten zijn geen schades aan te wijzen die primair door een te hoge verkeersbelasting zijn veroorzaakt.

Onderbouwing;  
 Er zijn geen scheuren loodrecht op de rijrichting gedocumenteerd. De aangehouden dikte voor de boog is éénsteens zonder draagkracht van de langsribben en zonder mogelijke verdikking/versterking van de doorsnede door de aanwezigheid van plavuizen. Hier zou mogelijk extra draagkracht uit gerekend mogen worden wat de onderbouwing voor het niet aantreffen van scheuren Type:I zou kunnen zijn.

Onzekerheden;  
 De bovenkant van het gewelf is niet geïnspecteerd. Hier kunnen mogelijk scheuren (dan niet door-en-door) loodrecht in de rijrichting aangetroffen worden welk te herleiden zijn aan een te hoge verkeersbelasting.

### 4) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die de potentiële sterkte van de kelder vermoedelijk significant verminderen en daarmee de belastbaarheid door verkeer?

Advies;  
 Lange scheur in de rijrichting verhindert belastingspreiding in de breedte richting wat direct effect heeft op de draagcapaciteit van de kelder voor verkeer.  
 Extra onderzoek naar sterktes verzadigd metselwerk en extra sommen met lagere metselwerk sterktes uitvoeren.

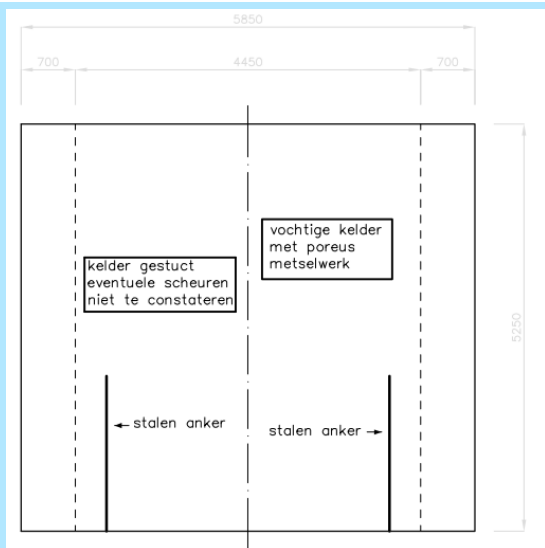
Onderbouwing;  
 Door de beperkte (en onbekende) krachtsoverdracht in de scheur zullen lokaal hogere spanningen optreden. De mate van vochtigheid van het metselwerk beïnvloed de sterkte van het metselwerk.

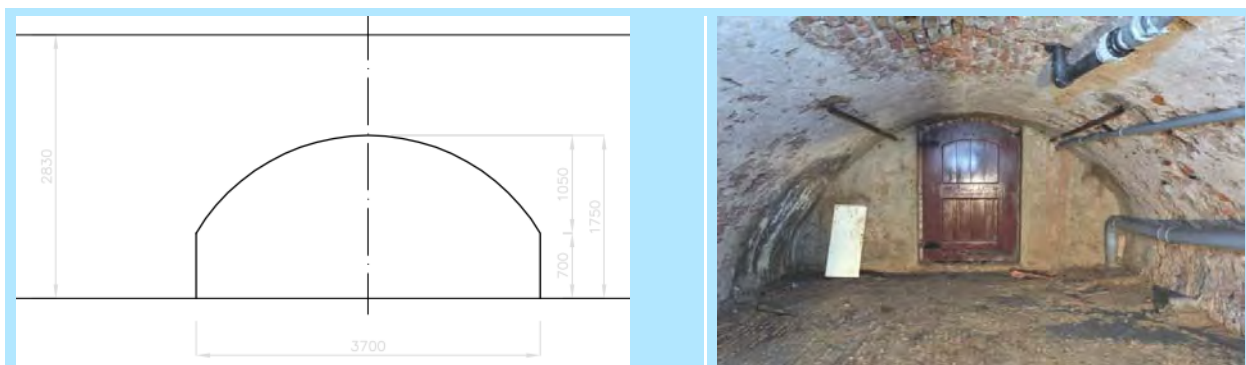
Onzekerheden;  
 De mate van vochtigheid van het metselwerk.  
 De diepte van de scheuren.

### 3.4.2 Kromme Nieuwegracht 52 (kluiselder)

Categorie	Onderdeel	Opmerking
Geometrie	Overspanning(en) (dagmaat)	Conform referentie [Inmeting kelder bij waterdicht maken 1998]: 3,62 – 3,75 m
	Hoogte toog/togen	Conform referentie [Inmeting kelder bij waterdicht maken 1998]: 1,73 m steekhoogte 1,23 m steekhoogte 1,03 m steekhoogte  Conform referentie [Uitslag kelder Kromme Nieuwegracht 52 anno '90er jaren]: 1,75 m steekhoogte 1,05 m steekhoogte
	(Verloop) dikte toog /togen	Vermoedelijk enkel of anderhalf steens, door onderzoek vaststellen. Voor de berekening volgens MEXE-theorie is gerekend met één-steens van 220 mm.
	Aantal togen achter elkaar (wel/niet gekoppeld)	Onbekend, door onderzoek vaststellen
	Mate van samenwerking verschillende bogen o.b.v. percentage holklinkend	Afkloppen tijdens onderzoek
	Dikte wanden	Verifiëren tijdens onderzoek
	Opbouw en dikte keldervloer	Bekend [Onderzoek fundering kelder Nebest 2018 (34603-II-BC-0-02_definitief_2018-08-01)]
	Gronddekking (opbouw en incl. bestrating)	Verifiëren tijdens onderzoek, aanname 0,5 m
	Fundatieniveau en -Type (op staal of palen)	Op staal gefundeerd. Aanname fundatie op N.A.P. +0,5 m en N.A.P. 0,0 m in berekening.
	Aanwezigheid/afmetingen steunberen (wanden binnenzijde werfkelder)	Geen
	Bodemdiepte	Zal weinig tot geen invloed hebben op de berekening waardoor onderzoek niet noodzakelijk is in deze fase.
	Aansluitingen met en geometrie van belendende objecten of onderdelen daarvan	Onbekende aansluiting met naastgelegen KNG54-1 t/m 54-3. Door het maken van een langere proefsleuf zal de mogelijke aansluiting in beeld worden gebracht.
Inspectie-resultaten	Historische inspectie schadebeelden + eventueel uitgevoerde (herstel)maatregelen	Renovatie werfmuur 1981 Herstel wal- en kluisuren 2017 (het is onbekend of dit herstel is uitgevoerd)
	Actuele inspectie schadebeelden	Inspectierapport Gemeente Utrecht: (1)- Mededeling eigenaar: vochtproblemen gehad in 2006 i.v.m. beerput.  (2)- Scheur.  (3)- Muurankers gecorrodeerd.  (4)- Veel scheuren en ontbrekend metselwerk in gewelf.  (5)- Scheuren en ontbrekend metselwerk.  (6)- Achterwand los van gewelf.  Inspectierapport De Prouw BV - 2018: (7)- Vochtdoorslag vloer en onderste deel gewelf.

		<p>(8)- In de top van het gewelf zijn plekken waar het voegwerk is verweerd en stenen los komen te zitten. Dit geeft verzwakking van de constructie.</p> <p>(9)- Er zijn resten van metalen te zien die het metselwerk verzwakken.</p> <p>(10)- De kluismuur heeft aan weerszijden een verankering in het keldergewelf op ongeveer 2,5 meter achter de kluismuur. Het is zichtbaar dat de scheur in het gewelf na de verankering is opgetreden.</p> <p>(11)- Er is kalk met lekwater vrijgekomen uit de scheuren, welke zich hebben afgezet op de noordelijke ankerstaaf.</p> <p>(12)- In het noordelijke penant van de kluismuur is een kleine horizontale scheur aangetroffen, ter hoogte van de ankerstaaf. Deze scheur is vermoedelijk ontstaan door het roesten van de ankerstaaf in het metselwerk.</p>
	Reparaties	Waterdicht gemaakt in de jaren '90 Betonnen L-wanden zijn aangebracht HP-palen zijn aangebracht
	Afdeklaag	Binnenzijde: stuclaag Buitenzijde: onbekend
	Toestand metselwerk	In de top van het gewelf zijn plekken waar het voegwerk is verweerd en stenen los komen te zitten.





### 1) Tot welke maximale belasting is het aannemelijk dat het verkeer de kelders veilig kan kruisen en de kelders in een behoorlijke staat blijft?

Advies;

Omdat in de kelder(s) nog geen schades gevonden zijn, die duiden op overbelasting door verkeer, is het aannemelijk dat het verkeer dat bij een 2-ton aslastbeperking hoort de kelder veilig kan kruisen.

Onderbouwing;

In par. 4.1 zijn grafieken opgenomen die met behulp van de MEXE-theorie een eerste inschatting geven van de relatieve belastbaarheid van deze kelder ten opzichte van de andere kelders. Deze kelder zit laag in de grafiek. Dat betekent dat het relatief een kleinere capaciteit heeft ten opzichte van de andere kelders. Deze kelder zit tevens in spoor 1 van het project, waardoor het in UGT (antwoord op vraag of het verkeer veilig kan kruisen) en BGT (antwoord op vraag of de kelder in een behoorlijke staat blijft) gerekend gaat worden. Uit deze berekeningen zal de waarde/bandbreedte van de toegestane verkeersbelasting volgen.

Onzekerheden;

- Dikte grondaanvulling en toeg zijn onbekend.
- Invloed scheuren en andere schades op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed vochtplekken/lekkage op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed sparingen/doorvoeren op de draagcapaciteit is onbekend.

### 2) Door welke oorzaken zijn de schades in de kelders met gebreken vermoedelijk ontstaan?

Advies en Onderbouwing;

Schade (1): Uit het inspectierapport is niet te herleiden dat dit probleem nog aanwezig is. Aangenomen wordt dat dit probleem is hersteld.

Schade (2): De scheur in Foto 4 van het inspectierapport is een verticale scheur in de wand die ook deels in het gewelf en in de rijrichting zit (Type: III). De scheur zit nabij de kluismuur waardoor het ook mogelijk is dat het is ontstaan door stijfheidsverschillen in de langs- en dwarsrichting (Type: IV). De krachtsafdracht ter plaatse van de kluismuur is anders dan in de rest van de kelder. De vermoedelijke oorzaak is daarom een combinatie van verzakking/verschilzetting en stijfheidsverschillen.

Schade (3): De ankers zijn mogelijk gecorrodeerd door het aanwezige vocht in de kelder. De kelder is aan de bovenzijde wel waterdicht gemaakt, maar heeft mogelijk een slechte ventilatie of is er optrekkend vocht uit de ondergrond, zie ook schade 7.

Schade (4): Het is onduidelijk uit de foto (Foto 6) hoe de scheur verloopt en of het ook in de wand zit. Het is daarom niet mogelijk om de vermoedelijke oorzaak van de scheur te bepalen. De loszittende stenen zijn mogelijk ontstaan door vervorming van de constructie en/of degradatie van de mortel tussen de stenen. Vervorming van de constructie is mogelijk veroorzaakt door zettingen en/of verkeersbelasting.

Schade (5): Het is onduidelijk uit de foto (Foto 7) hoe de scheuren in de wand verlopen. Het is daarom niet mogelijk om de vermoedelijke oorzaak van de scheuren te bepalen. De loszittende stenen zijn mogelijk ontstaan door vervorming van de constructie en/of degradatie van de mortel tussen de stenen.

Schade (6): Het is aangegeven dat de achterwand is losgekomen van het gewelf. De mogelijke oorzaak is het verschillende zettingsgedrag van de kelder en het pand ten opzichte van elkaar.

Schade (8) en (9): De voegen tussen de stenen zijn vermoedelijk los gekomen ten gevolge van degradatie in combinatie met vervorming van de constructie. Ook de resten van metalen in het gewelf kunnen een oorzaak zijn van het los komen van de stenen.

Schade (10) en (12): Het aanbrengen van de ankers en het corroderen van de ankers zijn in het inspectierapport als oorzaken benoemd die hebben geleid tot de scheuren in de kelder.

Schade (11): De watervoerende scheuren en de vochtplek zitten mogelijk ter hoogte van de hemelwaterafvoer die mogelijk lek is.

Onzekerheden;

- Locatie schade en/of scheurverloop is niet duidelijk op de foto's.
- Bij scheuren met meerdere mogelijke oorzaken is onbekend welke oorzaak als eerste is opgetreden en de meeste invloed heeft op de constructie.
- Onduidelijke scheurvorming.
- Geen monitoring scheur bekend.
- Het is onbekend aan welke verkeersbelasting de kelder is onderworpen.
- De grondgesteldheid onder de kelder is onbekend.

### **3) Zijn er schades in de kelders met gebreken aan te wijzen, die vermoedelijk primair zijn veroorzaakt door een te hoge belasting door te zwaar verkeer of een vergelijkbare zware belasting?**

Advies en Onderbouwing;

Met de beschikbare inspectieresultaten zijn geen schades aan te wijzen die primair door een te hoge verkeersbelasting zijn veroorzaakt. Er zijn geen scheuren loodrecht op de rijrichting gedocumenteerd. Het is aangegeven dat de kelder losscheurt van de achterwand. Deze kelder zit relatief laag in het grafiek van MEXE-theorie (zie par. 4.2), maar het is niet aannemelijk dat deze schade door te hoge verkeersbelasting is veroorzaakt. De mogelijke oorzaak is het verschillende zettingsgedrag van de kelder en het pand ten opzichte van elkaar.

Onzekerheden;

- De bovenkant van het gewelf is niet geïnspecteerd. Hier kunnen mogelijk scheuren (door-en-door) loodrecht in de rijrichting aangetroffen worden welke te herleiden zijn aan een te hoge verkeersbelasting.
- Onder de stuclaag kunnen verborgen scheuren (Type: I) aanwezig zijn.
- Het is onbekend aan welke verkeersbelasting de kelder is onderworpen.



**4) Zijn er schades in de kelders met gebreken aan te wijzen, die de potentiële sterkte van de kelder vermoedelijk significant verminderen en daarmee de belastbaarheid door verkeer?**

Advies en Onderbouwing;

- De scheuren in de rijrichting belemmeren mogelijk de belastingspreiding loodrecht op de rijrichting, wat direct effect heeft op de belastbaarheid van de kelder.
- Een gescheurd metselwerk heeft een beperkter krachtsafdracht ten opzichte van ongescheurd metselwerk.
- De voegen zijn niet allemaal in goede staat en is sprake van loszittende stenen. Hierdoor wordt de capaciteit van de boog verlaagd, waardoor het resultaat van de MEXE-theorie mogelijk een overschatting kan zijn van de capaciteit.
- De vochtigheid van het metselwerk beïnvloedt de druksterkte van het metselwerk. De mate van vochtigheid zal onderzocht moeten worden.
- De doorvoer heeft theoretisch gezien invloed op de draagcapaciteit van de kelder, maar aangezien er rondom de doorvoer geen schades zijn gerapporteerd, wordt dit niet gezien als een factor die de potentiële sterkte significant vermindert.
- Deels van de scheuren in de kelder zijn mogelijk veroorzaakt door een falende ankerfunctie, omdat de ankers behoorlijk gecorrodeerd zijn.

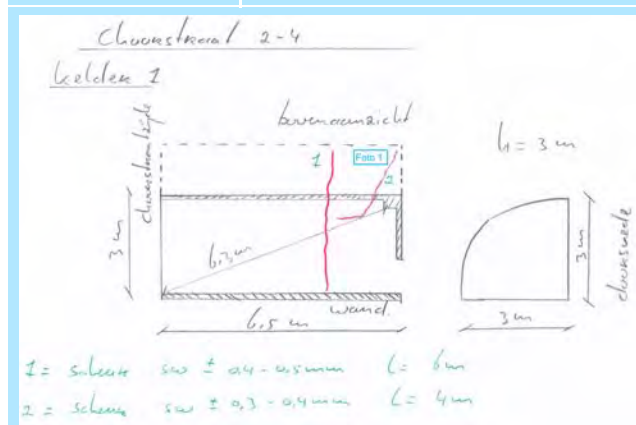
Onzekerheden;

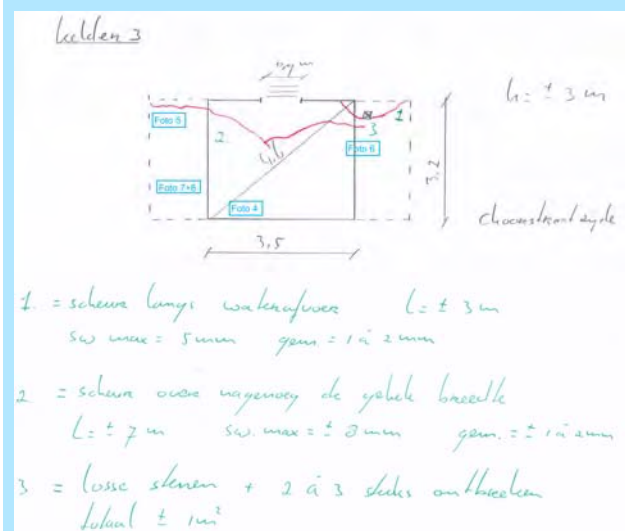
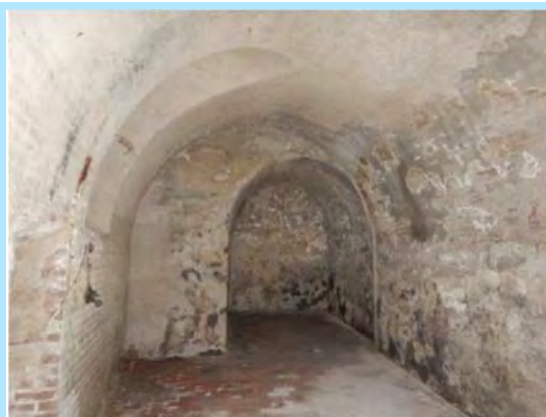
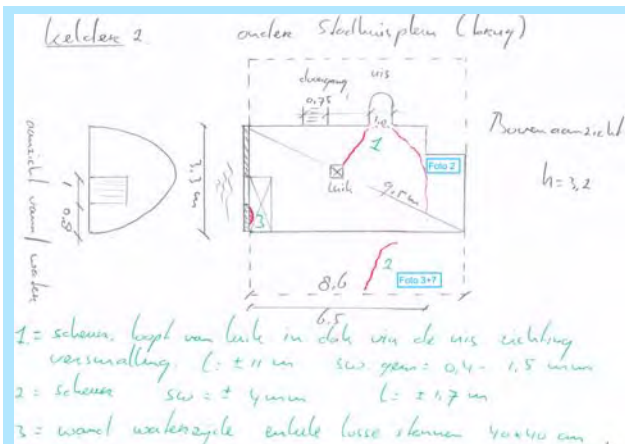
- Schadebeelden die niet zichtbaar zijn, omdat ze eerder hersteld zijn.
- Onder de stuclaag kunnen verborgen scheuren aanwezig zijn.
- Het is onbekend of de scheuren volledig de diepte van het gewelf hebben (door-en-door) en dus krachtsoverdracht (deels) beperken.

**3.4.3 Choorstraat 2-4 (straatkelder)**

Categorie	Onderdeel	Opmerking
Geometrie*	Overspanning(en) (dagmaat)	Kelder 1) 3,00 m (halve boog) Kelder 2) 3,30 m Kelder 3) 3,20 m
	Hoogte toog/togen	Kelder 1) 3,00 m (geboorte + steekhoogte) Kelder 2) 3,20 m (geboorte + steekhoogte) Kelder 3) 3,00 m (geboorte + steekhoogte) Aanname steekhoogte 1,5m voor de drie kelders
	(Verloop) dikte toog /togen	Vermoedelijk voor kelder1: twee-steens 440 mm, kelder 2: éénsteens 220mm, kelder 3 éénsteens: 250mm. Gebaseerd op tek. Kelders Choorstraat situatie en dwarsprofielen.
	Aantal togen achter elkaar (wel/niet gekoppeld)	Onbekend, door onderzoek vaststellen
	Mate van samenwerking verschillende bogen o.b.v. percentage holklinkend	Afkloppen tijdens onderzoek
	Dikte wanden	Verifiëren tijdens onderzoek vrij graven tot achter de landhoofden en profiel inmeten en op de 3D scan passen.
	Opbouw en dikte keldervloer	Onbekend
	Gronddekking (opbouw en incl. bestrating)	Verifiëren tijdens onderzoek Aanname (mbv tek. Kelders Choorstraat situatie en dwarsprofielen): Kelder1: 0,15m, kelder2: 0,5m, kelder3: 0,35m.
	Fundatieniveau en -Type (op staal of palen)	Waarschijnlijk op staal rond 0,0m NAP

	Aanwezigheid/afmetingen steunberen (wanden binnenzijde werfkelder)	Wand loodrecht op de overspanningsrichting. De eventuele andere wanden zijn niet goed te herleiden vanuit de inspectiefoto's. Verifiëren tijdens onderzoek.
	Bodemdiepte	Zal weinig tot geen invloed hebben op de berekening. Niet noodzakelijk.
	Aansluitingen met en geometrie van belendende objecten of onderdelen daarvan	Onbekend
Inspectie-resultaten	Historische inspectie schadebeelden + eventueel uitgevoerde (herstel)maatregelen	Onbekend
	Actuele inspectie schadebeelden	<p>Inspectierapport IV infra - 2020:</p> <p>(1)- Alle 3 de kelders vertonen scheuren zowel in horizontale als verticale richting, bij elkaar 7 stuks met een gezamenlijke lengte van ongeveer 35 meter. De gemeten scheurwijdte varieert van ongeveer 0,3 tot plaatselijk 8 mm. Sommige vertonen kalkuitbloei en lekkage sporen. Tevens lijken de kelders 1 en 3 los te scheuren van het pand. Oorzaak: Mechanische invloed.</p> <p>(2)- Kelder 2 en 3: Op 2 locaties is een deel van de stenen los en ontbreken enkele stenen. Totaal schadeoppervlak is ongeveer 1,5 m<sup>2</sup>.</p> <p>(3)- In kelder 1 en 2 laat de stuclaag los en/of is deels afwezig. Oorzaak: Lekkage.</p> <p>(4)- In kelder 3 is het voegwerk verouderd. Deze is plaatselijk zacht en verzand en deels afwezig. Oorzaak: Verouderde constructie.</p> <p>(5)- Vooral kelder 3 was zeer vochtig maar ook kelders 1 en 2 vertoonden plaatselijk lekkagesporen en vochtplekken plus schimmels. Geadviseerd wordt om boven alle kelders een waterdicht membraan aan te brengen.</p>
	Reparaties	Onbekend
	Afdeklaag	Binnenzijde: stuclaag Buitenzijde: onbekend
	Toestand metselwerk	<p>Inspectierapport IV infra - 2020:</p> <p>- Op 2 locaties is een deel van de stenen los en ontbreken enkele stenen.</p> <p>- In kelder 3 is het voegwerk verouderd. Deze is plaatselijk zacht en verzand en deels afwezig.</p>





**1) Tot welke maximale belasting is het aannemelijk dat het verkeer de kelder veilig kan kruisen en de kelder in een behoorlijke staat blijft?**

Advies;

Omdat in de kelder(s) nog geen schades gevonden zijn, die duiden op overbelasting door verkeer, is het aannemelijk dat het verkeer dat bij een 2-ton aslastbeperking hoort de kelders veilig kan kruisen.

Onderbouwing;

In par. 4.1 zijn grafieken opgenomen die met behulp van de MEXE-theorie een eerste inschatting geven van de relatieve belastbaarheid van deze kelder ten opzichte van de andere kelders. Deze kelder zit hoog in de grafiek. Dat betekent dat het relatief een grotere capaciteit heeft ten opzichte van de andere kelders. Deze kelder zit tevens in spoor 1 van het project, waardoor nog in UGT (antwoord op vraag of het verkeer veilig kan kruisen) en BGT (antwoord op vraag of de kelder in een behoorlijke staat blijft) gerekend gaat worden. Uit deze berekeningen zal de waarde/bandbreedte van de toegestane verkeersbelasting volgen.

Onzekerheden;

- Dikte grondaanvulling en toeg zijn onbekend.
- Invloed scheuren en andere schades op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed mogelijke tussenwanden op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed vochtplekken/lekkage op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed sparringen/doorvoeren op de draagcapaciteit is onbekend.

## 2) Door welke oorzaken zijn de schades in de kelder met gebreken vermoedelijk ontstaan?

Advies en Onderbouwing;

Schade (1): Op basis van de schetsen is per kelder en per scheur de vermoedelijke oorzaak aangegeven:

- Kelder 1, scheur 1: De scheur loopt dwars door het gewelf en de wand (Type:II). Het is vermoedelijk ontstaan ten gevolge van verzakking/verschilzetting.
- Kelder 1, scheur 2: De scheur loopt kort loodrecht op de rijrichting en gaat schuin verder in de wand. Het is vermoedelijk ontstaan ten gevolge van verzakking/verschilzetting (Type:III), mogelijk in combinatie met te grote verkeersbelasting (Type: I). Het aandeel van de verkeersbelasting op de schade wordt echter gering geacht, omdat de scheur niet aan de straatzijde ligt.
- Kelder 2, scheur 1: De scheur begint in het midden van het gewelf ter plaatse van de luik en knikt ter plaatse van de nis om naar de voorzijde van de kelder te gaan. De vermoedelijke oorzaak is de stijfheidsverschillen in het gewelf ter plaatse van de luik en de nis (Type:IV). De foto (Foto 2) komt echter niet overeen met de schets. Volgens de schets moet de scheur enkel in het gewelf zitten. De foto geeft echter een scheur weer in de wand. Indien de scheur ook in de wand zit, kan verzakking/verschilzetting ook een mogelijke oorzaak van de scheur zijn (Type: III).
- Kelder 2, scheur 2: De scheur loopt verticaal in de wand. Vermoedelijk is het veroorzaakt door een lokale/bepaalde verzakking/verschilzetting waardoor de scheur zich alleen in wand bevindt en niet verder richting het gewelf gaat (Type: III). Op basis van foto (Foto 3) lijkt de scheur eerder hersteld te zijn geweest. Indien de scheur na het herstel opnieuw is opengegaan betekent dit of de herstelwerkzaamheden niet goed zijn uitgevoerd, of de zettingsmechanisme nog gaande is.
- Kelder 3, scheur 1: De scheur zit langs de waterafvoer en zit zowel in de wand als in het gewelf. De vermoedelijke oorzaak is een combinatie van stijfheidsverschillen (Type:IV) en verschilzettingen (Type:III).
- Kelder 3, scheur 2: De scheur loopt over nagenoeg de gehele breedte en de maximale scheurwijdte is 8 mm. Het is vermoedelijk ontstaan door verzakking/verschilzetting (Type:II).
- Het is aangegeven dat kelder 1 en 3 lijken los te scheuren van het pand. De mogelijke oorzaken zijn de zetting van de kelder ten opzichte van het pand door te grote bovenbelasting of de zetting van het pand ten opzichte van de kelder door slappe grondlagen onder het pand.

Volgens het inspectierapport vertonen sommige scheuren kalkuitbloei en lekkage sporen. De kelder is hoogstwaarschijnlijk niet waterdicht gemaakt, waardoor de scheuren watervoerend zijn.

Foto 7 is omschreven als "scheur kelder 3". De omschrijving lijkt onjuist te zijn, omdat volgens de uitgeslagen schets horen foto's 3 en 7 bij scheur 2 van kelder 2.

Schade (2): De oorzaak van losse stenen komt mogelijk door uitzetting/krimp van de constructie. Een andere mogelijke oorzaak is het degraderen van de mortel tussen de stenen. De vervorming van de constructie kan ook leiden tot het loskomen van de stenen.

Schade (3): Het loslaten van de stuclaag, komt vermoedelijke door het vocht in de constructie. De kelders zijn waarschijnlijk niet waterdicht.

Schade (4): Het voegwerk is gedegradеerd. Veroudering van de constructie en de zeer vochtige ruimte van kelder 3 zijn de mogelijke oorzaken voor het loskomen en zachtheid van het voegwerk.

Schade (5): De zeer vochtige ruimte van kelder 3 en de lekkagesporen en vochtplekken in kelder 1 en 2 komen vermoedelijk omdat de kelders niet waterdicht zijn of vanwege slechte ventilatie van de kelder.



Onzekerheden;

- Locatie schade en/of scheurverloop is niet duidelijk op de foto's.
- Bij scheuren met meerdere mogelijke oorzaken is onbekend welke oorzaak als eerste is opgetreden en de meeste invloed heeft op de constructie.
- Bouwkundige aanpassingen sinds de bouw zijn onbekend
- Geen monitoring van de scheuren bekend.
- Het is onbekend aan welke verkeersbelasting de kelder is onderworpen.
- De grondgesteldheid onder de kelder is onbekend.

### 3) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die vermoedelijk primair zijn veroorzaakt door een te hoge belasting door te zwaar verkeer of een vergelijkbare zware belasting?

Advies en Onderbouwing;

Met de beschikbare inspectieresultaten zijn geen schades aan te wijzen die primair door een te hoge verkeersbelasting zijn veroorzaakt. Er zijn geen scheuren loodrecht op de rijrichting gedocumenteerd. Het is aangegeven dat kelder 1 en 3 lijken los te scheuren van het pand. De mogelijke oorzaak is het verschillende zettingsgedrag van de kelders en het pand ten opzichte van elkaar. Aangezien deze kelder relatief hoog zit in het grafiek van MEXE-theorie (zie par. 4.1), is het niet aannemelijk dat deze schade door te hoge verkeersbelasting is veroorzaakt.

Onzekerheden;

- De bovenkant van het gewelf is niet geïnspecteerd. Hier kunnen mogelijk scheuren (door-en-door) loodrecht in de rijrichting aangetroffen worden welke te herleiden zijn aan een te hoge verkeersbelasting.
- Onder de stuclaag kunnen verborgen scheuren (Type: I) aanwezig zijn.
- Het is onbekend aan welke verkeersbelasting de kelder is onderworpen.

### 4) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die de potentiële sterkte van de kelder vermoedelijk significant verminderen en daarmee de belastbaarheid door verkeer?

Advies en Onderbouwing;

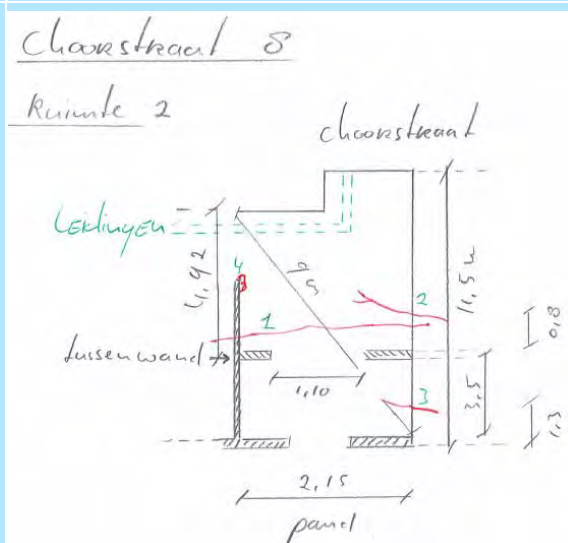
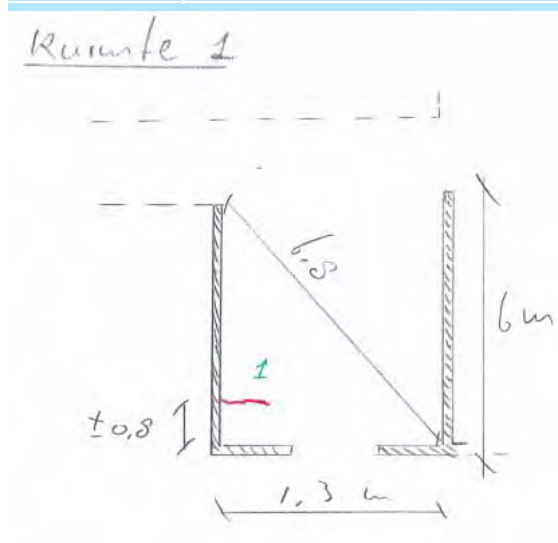
- De scheuren in de rijrichting belemmeren mogelijk de belastingspreiding loodrecht op de rijrichting, wat direct effect heeft op de belastbaarheid van de kelder.
- De voegen zijn niet allemaal in goede staat en is sprake van loszittende stenen. Hierdoor wordt de capaciteit van de boog verlaagd, waardoor het resultaat van de MEXE-theorie zeer waarschijnlijk een overschatting is van de capaciteit.
- Een gescheurd metselwerk heeft een beperkter krachtafdracht ten opzichte van een ongescheurd metselwerk.
- De vochtigheid van het metselwerk beïnvloedt de druksterkte van het metselwerk. De mate van vochtigheid zal onderzocht moeten worden.

Onzekerheden;

- Schadebeelden die niet zichtbaar zijn, omdat ze eerder hersteld zijn.
- Onder de stuclaag kunnen verborgen scheuren aanwezig zijn.
- Het is onbekend of de scheuren volledig de diepte van het gewelf hebben (door-en-door) en dus krachtsoverdracht (deels) beperken.
- Twijfels over kwaliteit herstelde schades.
- Bouwkundige aanpassingen zijn onbekend.

### 3.4.4 Choorstraat 8 (straatkelder)

Categorie	Onderdeel	Opmerking
Geometrie	Overspanning(en) (dagmaat)	Ruimte 1: 1,3 m Ruimte 2: 2,15 m Aanname totale overspanning 3,5 m
	Hoogte toog/togen	Totaal: 2,6 m, aanname steekhoogte: 1,3 m
	(Verloop) dikte toog /togen	Onbekend, aanname éénsteens 220 mm
	Aantal togen achter elkaar (wel/niet gekoppeld)	Eén toog en vermoedelijk (over een deel) een overluising aan de straatzijde met de oneven nummers.
	Dikte wanden	Onbekend
	Opbouw en dikte keldervloer	Onbekend Extra houten tussenvloer aanwezig zonder constructieve functie
	Gronddekking (opbouw en incl. bestrating)	Onbekend. Aanname (mbv tek. Kelders Choorstraat situatie en dwarsprofielen): 0,3 m
	Fundatieniveau en -type (op staal of palen)	Onbekend, waarschijnlijk op staal rond 0,0 m NAP
	Aanwezigheid/afmetingen steunberen (wanden binnenzijde werfkelder)	Wand loodrecht op de rijrichting aanwezig, iets uit het midden van de overspanning. Een wand in de rijrichting aanwezig in ruimte 2.
	Aansluitingen met en geometrie van belendende objecten of onderdelen daarvan	Vermoedelijk alleen kelder Choorstraat 10 welk het landhoofd dan delen.
Inspectie-resultaten	Historische inspectie schadebeelden + eventueel uitgevoerde (herstel)maatregelen	-
	Actuele inspectie schadebeelden	Inspectie Iv-Infra 31-8-2020: Wanden onder gewelf deels afgebrokkeld. Ruimte 1: korte scheur in boog welk watervoerend is. Ruimte 2: lange scheur (1) rijrichting van onderin keldermuur tot voorbij de kruin van de boog. Korte scheuren (2 en 3) van onderin keldermuur tot deels in de boog.
	Afdeklaag	Onbekend
	Toestand metselwerk	Zeer vochtig en lekkage door een scheur 1 in ruimte 1.



## 1) Tot welke maximale belasting is het aannemelijk dat het verkeer de kelder veilig kan kruisen en de kelder in een behoorlijke staat blijft?

### Advies;

Omdat in de kelder(s) nog geen schades gevonden zijn, die duiden op overbelasting door verkeer, is het aannemelijk dat het verkeer dat bij een 2-ton aslastbeperking hoort de kelder(s) veilig kan kruisen.

### Onderbouwing;

In par. 4.1 zijn grafieken opgenomen die met behulp van de MEXE-theorie een eerste inschatting geven van de relatieve belastbaarheid van deze kelder ten opzichte van de andere kelders. Deze kelder zit laag in de grafiek. Dat betekent dat de kelder een lage capaciteit zou hebben ten opzichte van de andere kelders. Echter is er geen scheurvorming loodrecht op de rijrichting aangetroffen waardoor de kans op overbelasting laag is met het huidige verkeersregime. Deze kelder zit tevens in spoor 1 van het project, waardoor het in UGT (antwoord op vraag of het verkeer veilig kan kruisen) en BGT (antwoord op vraag of de kelder in een behoorlijke staat blijft) gerekend gaat worden. Uit deze berekeningen zal de waarde/bandbreedte van de toegestane verkeersbelasting volgen.

### Onzekerheden;

- Dikte boog is éénsteens aangehouden zonder draagkracht van de langsribben.
- Dikte grondaanvulling en toog zijn in dit spoor niet fysiek gemeten maar ingeschat op basis van de beschikbare gegevens.
- Invloed scheuren en andere schades op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed vochtplekken/lekkage op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed sparingen/doorvoeren op de draagcapaciteit is onbekend.

## 2) Door welke oorzaken zijn de schades in de kelder met gebreken vermoedelijk ontstaan?

### Advies;

De oorzaak van de aangetroffen scheur (Type:II en III) heeft een onbekende oorzaak. De mogelijkheden zijn: demping gracht, uitbreiding(en) kelder,.. Kortere scheuren in de rijrichting tot in het gewelf.

Vermoedelijk code: C oorzaak zakking, zettingen in de ondergrond. Deze hebben allen als mogelijke aanleiding (verschil)zetting voor de kelderconstructie.

De oorzaak van het vochtige metselwerk (schade) is met de beschikbare informatie niet aan te wijzen. In paragraaf 4.2 zijn generieke oorzaken beschreven voor vochtig metselwerk.

### Onderbouwing;

Scheur (1) in de rijrichting (ruimte 2): lange scheur van onderkant keldermuur via het gewelf net voorbij de kruin.

Scheuren (2&3) in de rijrichting (ruimte 2) en scheur (4) in de rijrichting (ruimte 1): Scheuren van onderin de kelderwand naar gewelf.

Geen aanleiding voor overbelasting omdat de scheuren alleen in de rijrichting liggen.

Vochtig metselwerk: niet waterdicht zijn van de kelder, slechte ventilatie van de kelder.

### Onzekerheden;

Moment van aanbrengen (langs)ribben is onbekend.

Zo ook het fundatieniveau en de verbinding van de ribben met de metselwerk boog.

**3) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die vermoedelijk primair zijn veroorzaakt door een te hoge belasting door te zwaar verkeer of een vergelijkbare zware belasting?**

Advies;

Met de beschikbare inspectieresultaten zijn geen schades aan te wijzen die primair door een te hoge verkeersbelasting zijn veroorzaakt. Aangezien deze kelder relatief laag zit in het grafiek van MEXE-theorie (zie par. 4.1), is het aannemelijk dat het verkeer dat bij een 2-ton aslastbeperking hoort de kelder(s) veilig kan kruisen.

Onderbouwing;

Er zijn geen scheuren loodrecht op de rijrichting gedocumenteerd.

Onzekerheden;

De bovenkant van het gewelf is niet geïnspecteerd. Hier kunnen mogelijk scheuren (dan niet door-en-door) loodrecht in de rijrichting aangetroffen worden welk te herleiden zijn aan een te hoge verkeersbelasting.

**4) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die de potentiële sterkte van de kelder vermoedelijk significant verminderen en daarmee de belastbaarheid door verkeer?**

Advies;

Lange scheur in de rijrichting verhindert belastingspreiding in de breedte richting wat direct effect heeft op de draagcapaciteit van de kelder voor verkeer.

Extra onderzoek naar sterktes verzadigd metselwerk en extra sommen met lagere metselwerk sterktes uitvoeren.

Onderbouwing;

Door de beperkte (en onbekende) krachtsoverdracht in de scheur zullen lokaal hogere spanningen optreden. De mate van vochtigheid van het metselwerk beïnvloed de sterkte van het metselwerk.

Onzekerheden;

De mate van vochtigheid van het metselwerk.

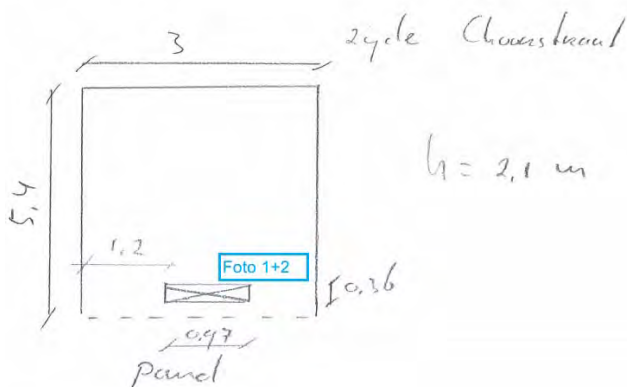
De diepte van de scheuren.

### 3.4.5 Choorstraat 10-12 (straatkelder)

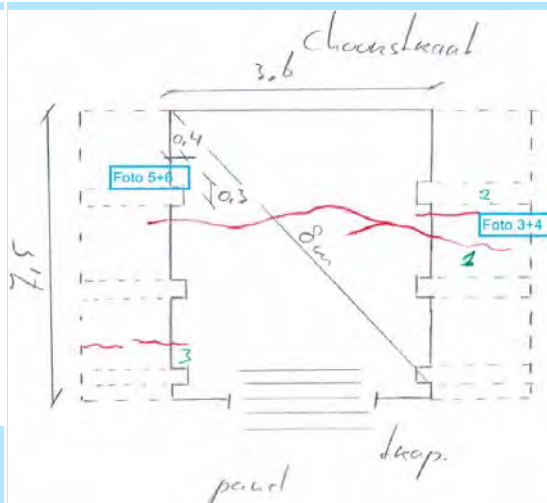
Categorie	Onderdeel	Opmerking
Geometrie	<b>Kelder 1</b>	
	Overspanning(en) (dagmaat)	Ongeveer 3 m
	Hoogte toog/togen	Ongeveer 2,1 m totale hoogte, aanname steekhoogte 1,5 m
	<b>Kelder 2</b>	
	Overspanning(en) (dagmaat)	Ongeveer 3,6 m
	Hoogte toog/togen	Ongeveer 3 m totale hoogte, aanname steekhoogte 1,5 m
	(Verloop) dikte toog /togen	Onbekend, aanname constant
	Aantal togen achter elkaar (wel/niet gekoppeld)	
	Dikte wanden	Onbekend, conservatief uitgangspunt is enkel laags: 220 mm.



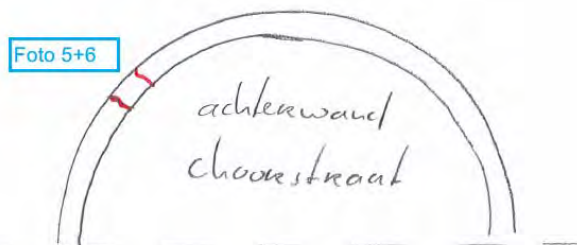
	Opbouw en dikte keldervloer	Vermoedelijk betonvloer
	Gronddekking (opbouw en incl. bestrating)	Aanname (mbv tek. Kelders Choorstraat situatie en dwarsprofielen): Choorstraat 10: 0,5 m en Choorstraat 12: 0,7 m
	Fundatieniveau en -type (op staal of palen)	Waarschijnlijk op staal
	Aanwezigheid/afmetingen steunberen (wanden binnenzijde straatkelder)	Kelder 1: Geen Kelder 2: Versterkt met een drietal gemetselde bogen onder het gewelf
	Aansluitingen met en geometrie van belendende objecten of onderdelen daarvan	Waarschijnlijk met aanliggende kelders (Choorstraat 8 en/of 14)
Inspectie-resultaten	Historische inspectie schadebeelden + eventueel uitgevoerde (herstel)maatregelen	
	Actuele inspectie schadebeelden	Kelder 1: vochtige plekken bij achterwand en door zweten bij aanwezige luik in gewelf. Kelder 2: dwarsscheur in gewelf (1) en twee aparte scheuren in borstwering nabij de dwarsscheur (2 en 3). Twee haarscheuren in gewelf bij achterste boog (ca. 0,2 mm) (4 en 5).
	Afdeklaag	onbekend
	Toestand metselwerk	Plaatselijk een weinig vochtig



Kelder 1: hoog 2,1 m



Kelder 2: hoog 3 meter



Doorsnede kelder 2

**1) Tot welke maximale belasting is het aannemelijk dat het verkeer de kelder veilig kan kruisen en de kelder in een behoorlijke staat blijft?**

Conform eerste schatting (MEXE) voldoen de kelders voor een belasting van 2-ton.

**2) Door welke oorzaken zijn de schades in de kelder met gebreken vermoedelijk ontstaan?**

Vochtig metselwerk (schimmel op hout): niet waterdicht zijn van de kelder: slechte ventilatie van de kelder en doorzweeten metselwerk.

Scheuren in dwarsrichting ( $w < 4$  mm) in kelder 2. Gezien de oriëntatie vermoedelijk veroorzaakt door verhinderende vervorming en/of krimp (scheuren 1 t/m 3). Schadebeeld komt niet overeen met scheuren door overbelasting.

De kleine haarscheuren (scheuren 4 en 5) zijn circa 0,2 mm en zijn geen constructieve scheuren.

**3) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die vermoedelijk primair zijn veroorzaakt door een te hoge belasting door te zwaar verkeer of een vergelijkbare zware belasting?**

Gezien de oriëntatie van de scheuren is dit niet aannemelijk.

**4) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die de potentiële sterkte van de kelder vermoedelijk significant verminderen en daarmee de belastbaarheid door verkeer?**

Nee.

### 3.4.6 Oudegracht 240 (werfkelder)

Categorie	Onderdeel	Opmerking
Geometrie*	Overspanning(en) (dagmaat)	6,18 m
	Hoogte toog/togen	Totaal: 2,21 m, hoogte geboorte t.o.v. de keldervloer: 0,50 m, steekhoogte: 1,71 m
	(Verloop) dikte toog /togen	Vermoedelijk éénsteens, door onderzoek vaststellen (spoor1). Voor de berekening volgens MEXE-theorie is gerekend met éénsteens van 250 mm.
	Aantal togen achter elkaar (wel/niet gekoppeld)	Onbekend
	Dikte wanden	Onbekend
	Opbouw en dikte keldervloer	Betonvloer
	Gronddekking (opbouw en incl. bestrating)	Schatting op basis van archief: $2870 - 2210 - 250 - 50 = 0,36$ m
	Fundatieniveau en -type (op staal of palen)	Waarschijnlijk op staal rond 0,0 m NAP
	Aanwezigheid/afmetingen steunberen (wanden binnenzijde werfkelder)	Kalkzandsteen wanden in de rijrichting en dwarsrichting aanwezig
	Aansluitingen met en geometrie van belendende objecten of onderdelen daarvan	Kelder OG242 en waarschijnlijk ook OG238
Inspectie-resultaten	Historische inspectie schadebeelden + eventueel uitgevoerde (herstel)maatregelen	1986: 1 verticale scheur met grootste gemeten scheurwijdte 0,2cm. 2 horizontale scheuren met grootste gemeten scheurwijdte 24mm. Locatie onbekend. Scheuren niet duidelijk vastgelegd door pleisterlaag. Uitvallen voegen. 1998: Zeer vochtige kelder geheel afgewerkt.

		2007: Geen waargenomen lekkage. Wel vochtige kelder. Maatregel stuclaag verwijderen.
	Actuele inspectie schadebeelden	Bouwkundige opname (Fides Expertise) 2018: voornamelijk haarscheurtjes in pleisterwerk. Geen rapportage van grove scheuren. Witte uitslag werfmuur (GU 17-42008) 
	Reparaties	Renovatie werfmuur 1968
	Afdeklaag	Waarschijnlijk plavuizen (platte stenen): 10.5 x 22.5 x ? Dikte plavuizen naastgelegen kelders: 40 – 45 mm
	Toestand metselwerk	Koppenverband, matige kwaliteit 1998. Vochtige kelder 2018. Steenformaat: 45/50 x 12 x 250 volgens uitraag spoor1. Witte uitslag werfmuur

### 1) Tot welke maximale belasting is het aannemelijk dat het verkeer de kelder veilig kan kruisen en de kelder in een behoorlijke staat blijft?

#### Advies;

Omdat in de kelder(s) nog geen schades gevonden zijn, die duiden op overbelasting door verkeer, is het aannemelijk dat het verkeer dat bij een 2-ton aslastbeperking hoort de kelder(s) veilig kan kruisen.

#### Onderbouwing;

In par. 4.1 zijn grafieken opgenomen die met behulp van de MEXE-theorie een eerste inschatting geven van de relatieve belastbaarheid van deze kelder ten opzichte van de andere kelders. Deze kelder zit aan de lage kant in de grafiek. Dat betekent dat het relatief ook een lage capaciteit zou hebben ten opzichte van de andere kelders. Deze kelder zit tevens in spoor 1 van het project, waardoor het in UGT (antwoord op vraag of het verkeer veilig kan kruisen) en BGT (antwoord op vraag of de kelder in een behoorlijke staat blijft) gerekend gaat worden. Uit deze berekeningen zal de waarde/bandbreedte van de toegestane verkeersbelasting volgen.

#### Onzekerheden;

- Dikte boog is éénsteens aangehouden. Zonder mogelijke verdikking/versterking van de doorsnede door de aanwezigheid van plavuizen.
- Dikte grondaanvulling en toog zijn in dit spoor niet fysiek gemeten maar ingeschat op basis van de beschikbare gegevens.
- Invloed scheuren en andere schades op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed vochtplekken/lekkage op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed springen/doorvoeren op de draagcapaciteit is onbekend.

## 2) Door welke oorzaken zijn de schades in de kelder met gebreken vermoedelijk ontstaan?

Advies;

Scheurvorming slecht te inspecteren en onduidelijk vast gelegd door de aanwezige stuc laag. Stuc laag verwijderen om scheurvorming vast te kunnen leggen en zo nodig te monitoren.

Er is een verticale scheur gedocumenteerd in de wand. Dat zou vermoedelijk een Type:III scheur kunnen zijn.

Vochtig metselwerk: niet waterdicht zijn van de kelder, slechte ventilatie van de kelder. De oorzaak van het vochtige metselwerk (schade) is met de beschikbare informatie niet aan te wijzen. In paragraaf 4.2 zijn generieke oorzaken beschreven voor vochtig metselwerk.

Onderbouwing;

Vochtig metselwerk: kelder niet waterdicht en/of optrekkend vocht uit de ondergrond. Waarschijnlijk minimale ventilatie van de kelder.

Onzekerheden;

Onduidelijke scheurvorming. De aanwezige pleisterlaag vermoedelijk de inspectie en documentatie van scheurvorming.

## 3) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die vermoedelijk primair zijn veroorzaakt door een te hoge belasting door te zwaar verkeer of een vergelijkbare zware belasting?

Advies;

Met de beschikbare inspectieresultaten zijn geen schades aan te wijzen die primair door een te hoge verkeersbelasting zijn veroorzaakt.

Onderbouwing;

Er zijn geen scheuren loodrecht op de rijrichting gedocumenteerd.

Onzekerheden;

Het gewelf is niet goed geïnspecteerd. Hier kunnen mogelijk scheuren loodrecht in de rijrichting aangetroffen worden welke te herleiden zijn aan een te hoge verkeersbelasting.

## 4) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die de potentiële sterkte van de kelder vermoedelijk significant verminderen en daarmee de belastbaarheid door verkeer?

Advies;

Het vochtige metselwerk zou de (druk)sterkte van het metselwerk negatief kunnen beïnvloeden. De mate van vochtigheid zal onderzocht moeten worden door middel van afkloppen van de metselwerkstenen.

Onderbouwing;

De mate van vochtigheid van het metselwerk beïnvloed de (druk)sterkte van het metselwerk. Als het metselwerk een duidelijk slechte kwaliteit heeft wat betreft: de kwaliteit van de mortel, veroudering van de mortel, vulling van de voegen, indeling en hechtingspatroon, zullen de normwaardes (NPR) voor de berekeningen, gereduceerd worden.

Onzekerheden;

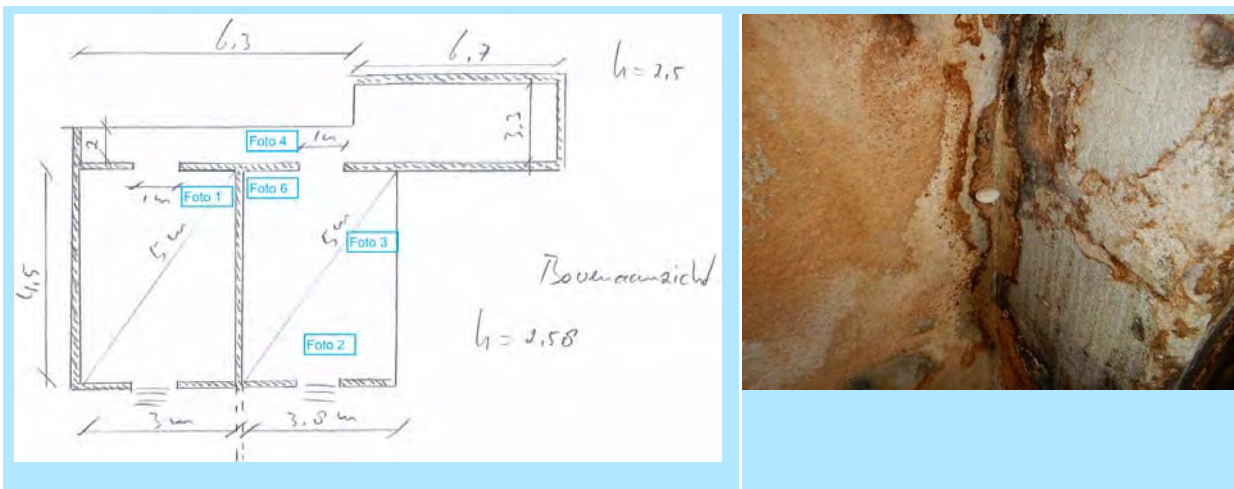
De mate van vochtigheid van het metselwerk.

De locatie, afmetingen, scheurwijdte en diepte van de scheuren.



### 3.4.7 Choorstraat 16-18 (straatkelder)

Categorie	Onderdeel	Opmerking
Geometrie	Overspanning(en) (dagmaat)	Kelder 1: 3,00 m Kelder 2: 3,80 m
	Hoogte toog/togen	Kelder 1: 2,58 m totale hoogte, aannames teekhoogte: 1,5 m. Kelder 2: 2,58 m totale hoogte, aannames teekhoogte: 1,5 m.
	(Verloop) dikte toog /togen	Onbekend, aannames éénsteens 220 mm
	Aantal togen achter elkaar (wel/niet gekoppeld)	Onbekend
	Dikte wanden	Onbekend
	Opbouw en dikte keldervloer	Onbekend
	Gronddekking (opbouw en incl. bestrating)	Onbekend, aannames 0,5 m voor alle ruimtes.
	Fundatieniveau en -Type (op staal of palen)	Waarschijnlijk op staal rond 0,0 m NAP
	Aanwezigheid/afmetingen steunberen (wanden binnenzijde werfkelder)	Geen
	Aansluitingen met en geometrie van belendende objecten of onderdelen daarvan	Onbekend
Inspectie-resultaten	Historische inspectie schadebeelden + eventueel uitgevoerde	Onbekend
	Actuele inspectie schadebeelden	Inspectierapport IV-infra - 2020: (1)- 2 naast elkaar gelegen werfkelders onder de Choorstraat. Door de kelders gaat een leiding van derden. Veel vochtproblemen in de kelders waardoor de eigenaar diverse voorzieningen heeft aangebracht om het vocht op te vangen en af te voeren. Door deze voorzieningen zijn grote delen van de kelders niet zichtbaar en te inspecteren.  (2)- De gehele kelders zijn zeer vochtig, op sommige plaatsen komt zichtbaar vocht door het metselwerk. Alle wanden en plafonds zijn beschimmeld en het aanwezige stucwerk laat los. Het vochtprobleem is zo ernstig dat er op diverse plaatsen stellages zijn gebouwd die het vocht opvangen of begeleiden naar pompen om af te voeren.  (3)- Het stucwerk op de wanden laat plaatselijk los en is gescheurd. Oorzaak is het vele vocht in de ruimtes.
	Reparaties	Onbekend
	Afdeklaag	Binnenzijde: stuclaag Buitenzijde: onbekend
	Toestand metselwerk	Onbekend



**1) Tot welke maximale belasting is het aannemelijk dat het verkeer de kelder veilig kan kruisen en de kelder in een behoorlijke staat blijft?**

Advies;

Omdat in de kelder(s) nog geen schades gevonden zijn, die duiden op overbelasting door verkeer, is het aannemelijk dat het verkeer dat bij een 2-ton aslastbeperking hoort de kelder(s) veilig kan kruisen.

Onderbouwing;

In par. 4.1 zijn grafieken opgenomen die met behulp van de MEXE-theorie een eerste inschatting geven van de relatieve belastbaarheid van deze kelder ten opzichte van de andere kelders. Deze kelder zit hoog in de grafiek. Dat betekent dat het relatief een grotere capaciteit heeft ten opzichte van de andere kelders. Nadat de rekenresultaten van de kelders uit spoor 1 bekend zijn, wordt op basis van een vergelijking tussen de waarden uit de MEXE-theorie en Plaxis/DIANA voor kelders in spoor 1, een waarde/bandbreedte ingeschat van de toegestane verkeersbelasting op de kelders in spoor 2. Gezien de beperkte informatie/aanpak voor de kelders uit spoor 2 kan de waarde/bandbreedte van de verkeersbelasting niet met zekerheid worden aangegeven.

Onzekerheden;

- Dikte grondaanvulling en toog zijn onbekend.
- Invloed vochtplekken/lekkage op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed sparingen/doorvoeren op de draagcapaciteit is onbekend.

**2) Door welke oorzaken zijn de schades in de kelder met gebreken vermoedelijk ontstaan?**

Advies en Onderbouwing;

Schade (1), (2) en (3): De oorzaak van zeer vochtige kelders is mogelijk het niet waterdicht zijn van de kelders en/of slechte ventilatie van de kelders. Het vocht is vervolgens de oorzaak van het loslaten van het stucwerk.

Onzekerheden;

- Bouwkundige aanpassingen sinds de bouw zijn onbekend.
- De constructie heeft niet goed geïnspecteerd kunnen worden vanwege de aanwezige voorzieningen.

**3) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die vermoedelijk primair zijn veroorzaakt door een te hoge belasting door te zwaar verkeer of een vergelijkbare zware belasting?**

Advies en Onderbouwing;

Met de beschikbare inspectieresultaten zijn geen schades aan te wijzen die primair door een te hoge verkeersbelasting zijn veroorzaakt. Er zijn geen scheuren loodrecht op de rijrichting gedocumenteerd. De kelders zijn mogelijk niet goed geïnspecteerd vanwege de aanwezige voorzieningen waardoor de mogelijke scheuren niet geconstateerd konden worden. Aangezien deze kelder relatief hoog zit in het grafiek van MEXE-theorie (zie par. 4.1), is het aannemelijk dat er weinig/geen schades aanwezig zijn die ten gevolge van te hoge verkeersbelasting zijn ontstaan.

Onzekerheden;

- De bovenkant van het gewelf is niet geïnspecteerd. Hier kunnen mogelijk scheuren (door-en-door) loodrecht in de rijrichting aangetroffen worden welk te herleiden zijn aan een te hoge verkeersbelasting.
- Onder de stuclaag en achter de voorzieningen kunnen verborgen scheuren (Type: I) aanwezig zijn.
- Het is onbekend aan welke verkeersbelasting de kelder is onderworpen.

**4) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die de potentiële sterkte van de kelder vermoedelijk significant verminderen en daarmee de belastbaarheid door verkeer?**

Advies en Onderbouwing;

- De vochtigheid van het metselwerk beïnvloedt de druksterkte van het metselwerk. De mate van vochtigheid zal onderzocht moeten worden.
- De doorvoer heeft theoretisch gezien invloed op de draagcapaciteit van de kelder, maar aangezien er rondom de doorvoer geen schades zijn gerapporteerd, wordt dit niet gezien als een factor die de potentiële sterkte significante vermindert.

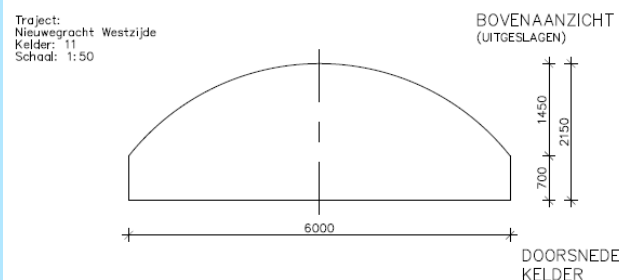
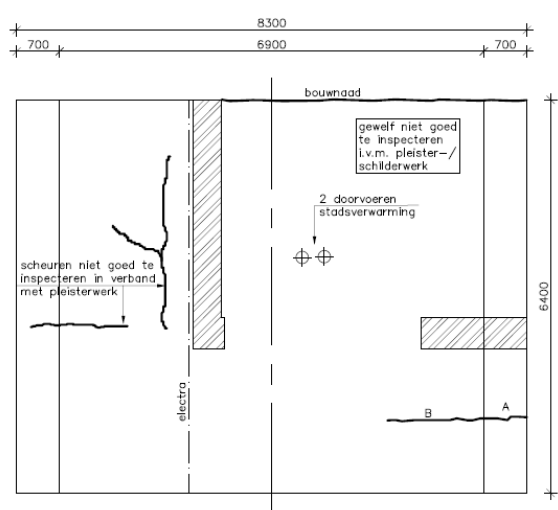
Onzekerheden;

- Er zijn behalve het vocht in de kelders geen andere schadebeelden gerapporteerd door de aanwezige voorzieningen waardoor de kelder niet goed te inspecteren was.
- Bouwkundige aanpassingen zijn onbekend.

### 3.4.8 Nieuwegracht 11 (werfkelder)

Categorie	Onderdeel	Opmerking
Geometrie	Overspanning(en) (dagmaat)	6,00 m
	Hoogte toog/togen	Totaal: 2,15 m, hoogte geboorte t.o.v. de keldervloer: 0,7 m, steekhoogte: 1,45 m
	(Verloop) dikte toog /togen	Onbekend, aanname éénsteens 220 mm
	Aantal togen achter elkaar (wel/niet gekoppeld)	Onbekend
	Dikte wanden	Onbekend
	Opbouw en dikte keldervloer	Onbekend
	Gronddekking (opbouw en incl. bestrating)	Schatting (cyclomedia): $3,97 - 3,07 - 0,22 = 0,68$ m
	Fundatieniveau en -type (op staal of palen)	Waarschijnlijk op staal rond 0,0 m NAP

	Aanwezigheid/afmetingen steunberen (wanden binnenzijde werfkelder)	Wand loodrecht op de rijrichting en wand in de rijrichting
	Aansluitingen met en geometrie van belendende objecten of onderdelen daarvan	Waarschijnlijk werfkelders NG9 en NG13
Inspectie-resultaten	Historische inspectie schadebeelden + eventueel uitgevoerde (herstel)maatregelen	Onbekend
	Actuele inspectie schadebeelden	Inspectie GU 07-11-2008: Scheuren verticaal in de rijrichting in wand links en rechts. Scheur loodrecht op de rijrichting op 0,25L (niet in de top van de kruin), parallel aan de steunwand. Onderstaand de enige beschikbare foto van een deel van de steunwand (rechterzijde van foto).
	Reparaties	Onbekend
	Afdeklaag	Pleisterlaag aanwezig
	Toestand metselwerk	Onbekend



**1) Tot welke maximale belasting is het aannemelijk dat het verkeer de kelder veilig kan kruisen en de kelder in een behoorlijke staat blijft?**

Advies;

Omdat in de kelder(s) nog geen schades gevonden zijn die duiden op primair overbelasting door verkeer, is het aannemelijk dat het verkeer dat bij een 2-ton aslastbeperking hoort de kelder(s) veilig kan kruisen.

Onderbouwing;

In par. 4.1 zijn grafieken opgenomen die met behulp van de MEXE-theorie een eerste inschatting geven van de relatieve belastbaarheid van deze kelder ten opzichte van de andere kelders. Deze kelder zit niet



laag in de grafiek. Dat betekent dat de kelder niet een lage capaciteit zou hebben ten opzichte van de andere kelders. De enige scheur loodrecht op de rijrichting heeft vermoedelijk een gecombineerde oorzaak met de aanwezige steunwand wat een groot stijfheidsverschil veroorzaakt. Deze kelder zit niet in spoor 1 van het project, waardoor enkel met behulp van de MEXE-theorie een inschatting gemaakt kan worden. Hier kan wel de betrouwbaarheid van de MEXE-theorie geïkt worden met de berekeningen (UGT en BGT) uit spoor 1.

Onzekerheden;

- Dikte boog is éénsteens aangehouden.
- Dikte grondaanvulling en toog zijn in dit spoor niet fysiek gemeten maar ingeschat op basis van de beschikbare gegevens.
- Invloed wand loodrecht op de rijrichting onbekend, mogelijke verstoring van de boogwerking.
- Invloed scheuren en andere schades op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed vochtplekken/lekkage op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed sparingen/doorvoeren op de draagcapaciteit is onbekend.

## 2) Door welke oorzaken zijn de schades in de kelder met gebreken vermoedelijk ontstaan?

Advies;

De scheuren in de rijrichting lijken sterk op Type:III scheuren met als oorzaak zakkings/verschilzettingen. De scheur loodrecht op de rijrichting zou een Type:I of een Type:IV scheur kunnen zijn met als oorzaak overbelasting door zwaar verkeer of door de combinatie stijfheidsverschillen en verkeersbelasting m.b.t. de wand loodrecht op de rijrichting.

Onderbouwing;

Scheuren voornamelijk in de wand en stoppen in het gewelf.

De scheur loodrecht op de rijrichting op de locatie van vaak de maatgevende belastingpositie II (Aanpak beoordeling metselwerk boogbruggen 's-Hertogenbosch) met hiernaast de stijve steunwand loodrecht op de rijrichting.

Onzekerheden;

Onbekend tijdstip van het aanbrengen van de steunwand(en) en de scheurinitiatie.

## 3) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die vermoedelijk primair zijn veroorzaakt door een te hoge belasting door te zwaar verkeer of een vergelijkbare zware belasting?

Advies;

Vermoedelijk is de scheur loodrecht op de rijrichting veroorzaakt door te hoge verkeersbelasting. Het is ook mogelijk dat de scheur mede veroorzaakt is door de steunwand.

Onderbouwing;

Doordat het onbekend is op welk tijdstip de steunwand(en) zijn aangebracht en de scheur geïnitieerd is, is het niet uit te sluiten dat de scheur alleen door een te hoge verkeersbelasting is veroorzaakt.

Onzekerheden;

Onbekend tijdstip van het aanbrengen van de steunwand(en) en de scheurinitiatie.

**4) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die de potentiële sterkte van de kelder vermoedelijk significant verminderen en daarmee de belastbaarheid door verkeer?**

**Advies;**

De scheuren in de rijrichting belemmeren mogelijk de spreiding van de verkeersbelasting loodrecht op de rijrichting. De scheur loodrecht op de rijrichting belemmerd mogelijk de spreiding van de verkeersbelasting in de rijrichting. Ook is het effect van de steunwand loodrecht op de rijrichting onbekend en zou de boogwerking kunnen verstoren.

**Onderbouwing;**

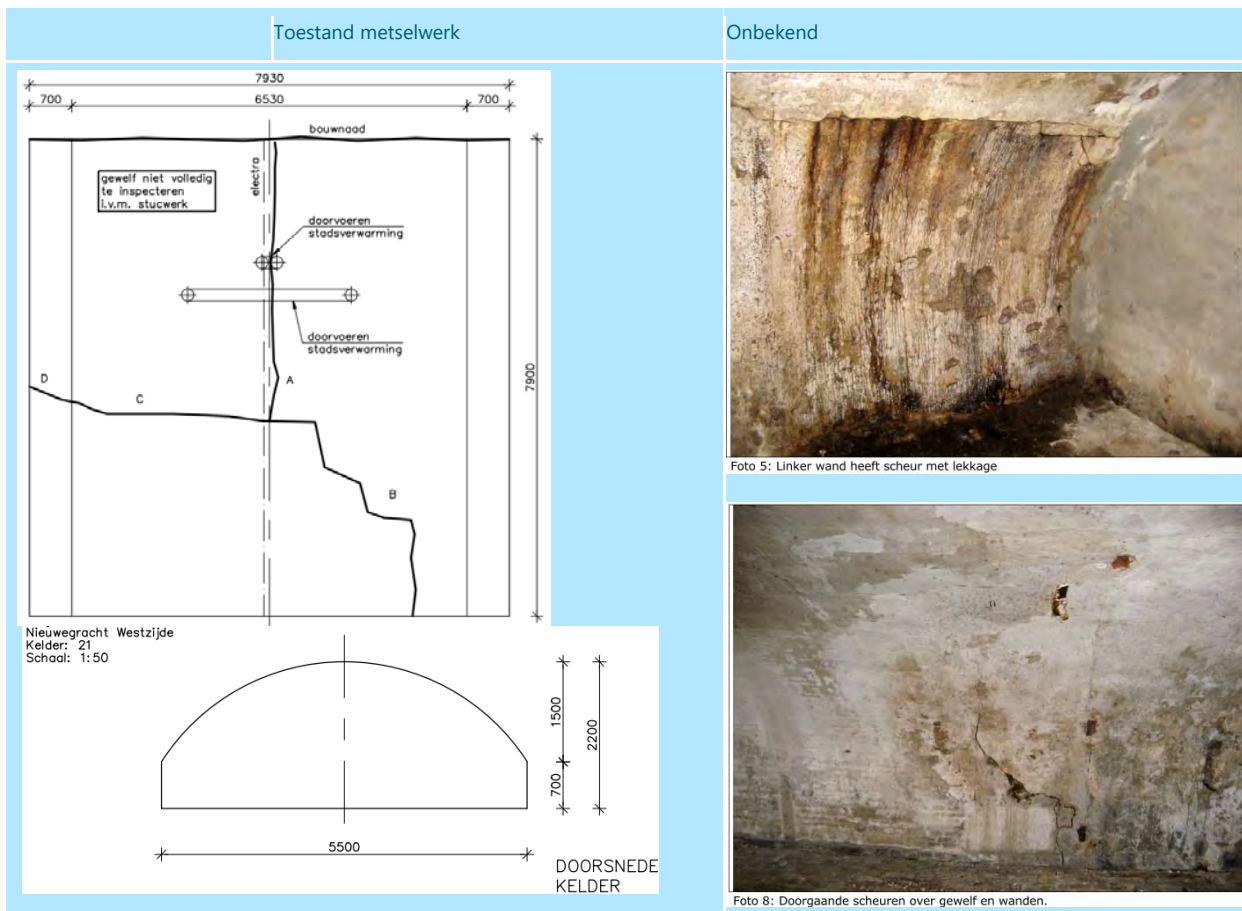
De krachtsafdracht via een scheur is beperkter dan via niet gescheurd metselwerk. Indien de steunwand loodrecht op de rijrichting stijf genoeg is om als een steunpunt te fungeren, is de boogwerking verstoord t.o.v. het origineel.

**Onzekerheden;**

Het is onbekend of de scheuren volledig de diepte van het gewelf hebben (door-en-door) en dus krachtsoverdracht (deels) beperken. De verbinding tussen de steunwand(en) en het gewelf, de fundatiediepte van de wanden en dus de capaciteitsbijdrage van de steunwand(en) is onbekend.

**3.4.9 Nieuwegracht 21 (werfkelder)**

Categorie	Onderdeel	Opmerking
Geometrie	Overspanning(en) (dagmaat)	5,50 m
	Hoogte toog/togen	Totaal: 2,2 m, hoogte geboorte t.o.v. de keldervloer: 0,7 m, steekhoogte: 1,5 m
	(Verloop) dikte toog /togen	Onbekend, aanname éénsteens 220 mm
	Aantal togen achter elkaar (wel/niet gekoppeld)	Onbekend
	Dikte wanden	Onbekend
	Opbouw en dikte keldervloer	Onbekend
	Gronddekking (opbouw en incl. bestrating)	Schatting (cyclomedia): $4,00 - 3,37 - 0,22 = 0,41$ m
	Fundatieniveau en -Type (op staal of palen)	Waarschijnlijk op staal rond 0,0 m NAP
	Aanwezigheid/afmetingen steunberen (wanden binnenzijde werfkelder)	Geen
	Aansluitingen met en geometrie van belendende objecten of onderdelen daarvan	Waarschijnlijk werfkelders NG19 en NG23
Inspectie-resultaten	Historische inspectie schadebeelden + eventueel uitgevoerde	Onbekend
	Actuele inspectie schadebeelden	Inspectierapport gemeente Utrecht - 2008: (1)- Eerste meter gewelf compleet lek. (2)- Linker wand heeft scheur met lekkage. (3)- Doorgaande scheuren over gewelf en wanden.
	Reparaties	Inspectierapport gemeente Utrecht - 2008: In het verleden is, middels ankers, getracht de constructie veilig te stellen. De functionaliteit van deze noodoplossing valt ernstig te betwijfelen.
	Afdeklaag	Binnenzijde: stuclaag Buitenzijde: onbekend



**1) Tot welke maximale belasting is het aannemelijk dat het verkeer de kelder veilig kan kruisen en de kelder in een behoorlijke staat blijft?**

**Advies;**  
 Omdat in de kelder schades gevonden zijn die duiden op overbelasting door verkeer, is het niet aannemelijk dat het verkeer conform het verkeersregime (2-ton aslast zonder handhaving) de kelder veilig kan kruisen.

**Onderbouwing;**  
 In par. 4.1 zijn grafieken opgenomen die met behulp van de MEXE-theorie een eerste inschatting geven van de relatieve belastbaarheid van deze kelder ten opzichte van de andere kelders. Deze kelder zit laag in de grafiek. Dat betekent dat het relatief een kleinere capaciteit heeft ten opzichte van de andere kelders. Nadat de rekenresultaten van de kelders uit spoor 1 bekend zijn, wordt op basis van een vergelijking tussen de waarden uit de MEXE-theorie en Plaxis/DIANA voor kelders in spoor 1, een waarde/bandbreedte ingeschat van de toegestane verkeersbelasting op de kelders in spoor 2. Gezien de beperkte informatie/aanpak voor de kelders uit spoor 2 kan de waarde/bandbreedte van de verkeersbelasting niet met zekerheid worden aangegeven.

- Onzekerheden;**
- Dikte grondaanvulling en toog zijn onbekend.
  - Invloed scheuren en andere schades op de draagcapaciteit is onbekend.
  - Invloed vochtplekken/lekkage op de draagcapaciteit is onbekend.
  - Invloed sparingen/doorvoeren op de draagcapaciteit is onbekend.

## 2) Door welke oorzaken zijn de schades in de kelder met gebreken vermoedelijk ontstaan?

Advies en Onderbouwing;

Schade (1): De lekkage in de eerste meter van het gewelf kan mogelijk erop duiden dat de kelder niet waterdicht is.

Schade (2): Aan de linkerwand is een watervoerende scheur loodrecht op de rijrichting aanwezig. Vermoedelijk is de scheur ontstaan ten gevolge van te grote verkeersbelasting (Type:I). Het is ook mogelijk dat scheur ter hoogte van de hemelwaterafvoer zit, die door lekkage vervuiling heeft veroorzaakt in de wand.

Schade (3): Twee doorgaande scheuren over gewelf en één wand zijn vermoedelijk ontstaan ten gevolge van verzakking/verschilzetting (Type:III).

Schade (4): Op het uitgeslagen bovenaanzicht is een scheur in het gewelf te zien die loodrecht op de overspanningsrichting en over circa de helft van de lengte van de kelder aanwezig is (A). Deze scheur is vermoedelijk ontstaan door een te grote verkeersbelasting (Type:I).

Onzekerheden;

- Locatie schade en/of scheurverloop is niet duidelijk op de foto's.
- Door de stuclaag is het onduidelijk of de scheuren alleen in de stuclaag zitten of ook in het metselwerk.
- Bouwkundige aanpassingen sinds de bouw zijn onbekend.
- Geen monitoring scheur bekend.
- Het is onbekend aan welke verkeersbelasting de kelder is onderworpen.
- De grondgesteldheid onder de kelder is onbekend.

## 3) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die vermoedelijk primair zijn veroorzaakt door een te hoge belasting door te zwaar verkeer of een vergelijkbare zware belasting?

Advies en Onderbouwing;

Vermoedelijk zijn de scheur loodrecht op de rijrichting veroorzaakt door te hoge verkeersbelasting. Aangezien deze kelder relatief laag zit in het grafiek van MEXE-theorie (zie par. 4.1), is het aannemelijk dat de scheuren veroorzaakt zijn door te hoge verkeersbelasting.

Onzekerheden;

- De bovenkant van het gewelf is niet geïnspecteerd. Hier kunnen mogelijk scheuren (door-en-door) loodrecht in de rijrichting aangetroffen worden welke te herleiden zijn aan een te hoge verkeersbelasting.
- Onder de stuclaag kunnen verborgen scheuren (Type: I) aanwezig zijn.
- Het is onbekend aan welke verkeersbelasting de kelder is onderworpen.

## 4) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die de potentiële sterkte van de kelder vermoedelijk significant verminderen en daarmee de belastbaarheid door verkeer?

Advies en Onderbouwing;

- De scheuren in de rijrichting belemmeren mogelijk de belastingspreiding loodrecht op de rijrichting, wat direct effect heeft op de belastbaarheid van de kelder.
- De scheuren loodrecht op de rijrichting belemmeren mogelijk de belastingspreiding in de rijrichting, wat direct effect heeft op de belastbaarheid van de kelder.

- Een gescheurd metselwerk heeft een beperkter krachtsafdracht ten opzichte van een ongescheurd metselwerk.
- De vochtigheid van het metselwerk beïnvloedt de druksterkte van het metselwerk. De mate van vochtigheid zal onderzocht moeten worden.
- De doorvoer heeft theoretisch gezien invloed op de draagcapaciteit van de kelder, maar aangezien er rondom de doorvoer geen schades zijn gerapporteerd, wordt dit niet gezien als een factor die de potentiële sterkte significante vermindert.

Onzekerheden;

- Schadebeelden die niet zichtbaar zijn, omdat ze eerder hersteld zijn.
- Onder de stuclaag kunnen verborgen scheuren aanwezig zijn.
- Het is onbekend of de scheuren volledig de diepte van het gewelf hebben (door-en-door) en dus krachtsoverdracht (deels) beperken.
- Bouwkundige aanpassingen zijn onbekend.
- De functionaliteit van de ankers om de constructie veilig te stellen valt ernstig te betwijfelen (inspectierapport 2008).

### 3.4.10 Plomptorengracht 1-3 (kluis-kelder)

In de uitvraag zijn voor de Plomptorengracht in totaal 6 adressen opgegeven. Tijdens de bureaustudie is opgevallen dat het adres Plomptorengracht 1-3 vermeld staat in de uitvraag maar hier geen inspectiedocumenten van beschikbaar zijn. De vermoedelijke indeling van kelders is de onderstaande Figuur 13 gevisualiseerd. In Tabel 10 is de inventarisatie van de gegevens weergegeven.

Tabel 10 Inventarisatie van de gegevens voor de Plomptorengracht (oostzijde).

Adres conform uitvraag	Iv-Infra	GU 2008	Uitslag
Plomptorengracht 1	Plomptorengracht 1-3 (kelder 2 zuid)	Plomptorengracht 1	Plomptorengracht pand1 kelder1
Plomptorengracht 1-3	-	-	-
Plomptorengracht 3A	-	Plomptorengracht 3A	Plomptorengracht pand3 kelder2
Plomptorengracht 3B	Plomptorengracht 1-3 (kelder 1 noord)	Plomptorengracht 3B	Plomptorengracht pand3 kelder1



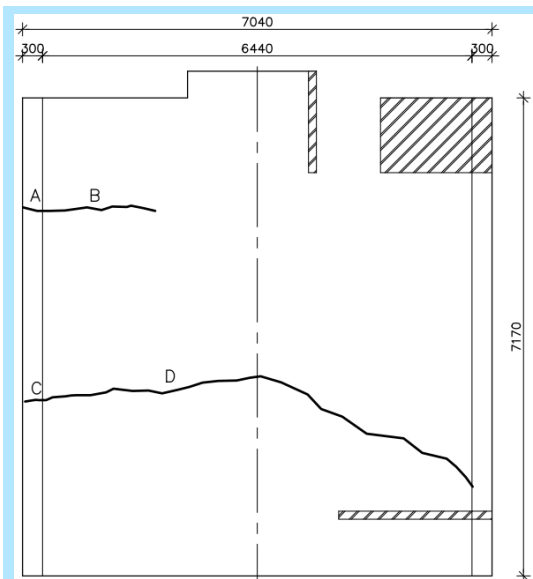


Figuur 13: Vermoedelijke benaming en locatie van vier kelders aan de oostzijde van de Plompetoregracht.

### 3.4.11 Plompetoregracht 1 (kluis-kelder)

Categorie	Onderdeel	Opmerking
Geometrie	Overspanning(en) (dagmaat)	5,39 m
	Hoogte toog/togen	Totaal: 1,8 m, hoogte geboorte t.o.v. de keldervloer: 0,3 m, steekhoogte: 1,5 m
	(Verloop) dikte toog /togen	Onbekend, aanname éénsteens 220 mm
	Aantal togen naast elkaar (wel/niet gekoppeld)	Onbekend
	Dikte wanden	Onbekend
	Opbouw en dikte keldervloer	Onbekend
	Gronddekking (opbouw en incl. bestrating)	Schatting (cyclomedia): 3,35 - 2,55 - 0,22 = 0,58 m
	Fundatieniveau en -Type (op staal of palen)	Waarschijnlijk op staal rond 0,0 m NAP
	Aanwezigheid/afmetingen steunberen (wanden binnenzijde werfkelder)	Wand nabij de kluismuur in de overspanningsrichting en wand loodrecht op de overspanningsrichting
	Aansluitingen met en geometrie van belendende objecten of onderdelen daarvan	Onbekend

Inspectie-resultaten	Historische inspectie schadebeelden + eventueel uitgevoerde (herstel)maatregelen	Onbekend
	Actuele inspectie schadebeelden	<p>Inspectierapport gemeente Utrecht - 2008:</p> <p>(1)- Net na de eerste meter uit de werfmuur, in de linker wand, begint een forse scheur, loopt door schuin dwars over het hele gewelf en eindigt in de rechter wand ca. 4,5m uit de werfmuur. Dat geeft aan dat de kelder in tweeën is geknikt en het losse deel aan de waterzijde is gekanteld. Dit beeld wordt versterkt met de verzakte vloer in de rechter hoek. De scheurwijdte is plaatselijk ca. 30mm waardoor het zand wordt uitgespoeld. Tevens zijn de scheurranden verschoven t.o.v. elkaar ofwel twee losse gewelfvlakken liggen niet in een lijn.</p> <p>(2)- Het verzakte vloerdeel staat in verband met de dwarsscheur in gewelf. Door de inklinking van de draagkrachtige grond in de rechter hoek (aan de waterzijde) zijn de keldermuren en de vloer verzakt. Hierdoor is de constructie gescheurd op een logische manier, nl. schuin dwars over de kelder.</p> <p>(3)- Diverse lichte scheuren in gewelf.</p> <p>Inspectierapport IV-Infra - 2020:</p> <p>(4)- De kelder is in het midden van het gewelf in dwarsrichting fors gescheurd met een scheurwijdte tot wel 3 cm. T.p.v. deze scheur vertoont het gewelf deformatie tot 2 cm. De scheur gaat over de volle breedte van de kelder.</p> <p>(5)- Tevens is de kelder deels losgescheurd van het pand. T.p.v. de aansluiting met de gevel van het pand is de kelder fors gescheurd. Dit is bij de ingang goed zichtbaar.</p> <p>(6)- In de vloer van kelder zit een gat tegen de werfmuur. Hier stroomt water vanuit de gracht naar binnen.</p> <p>(7)- De stuclaag laat los of is deels afwezig. Het metselwerk was tijdens de inspectie niet vochtig.</p>
	Reparaties	Onbekend
	Afdeklaag	Binnenzijde: stuclaag Buitenzijde: onbekend
	Toestand metselwerk	Onbekend



Pand: 1  
Kelder: 1  
Schaal: 1:50

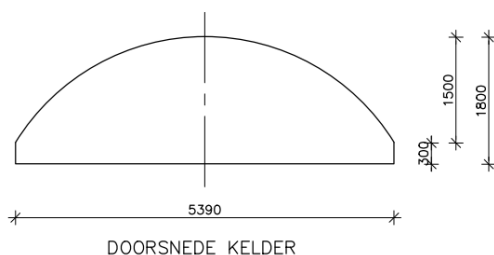
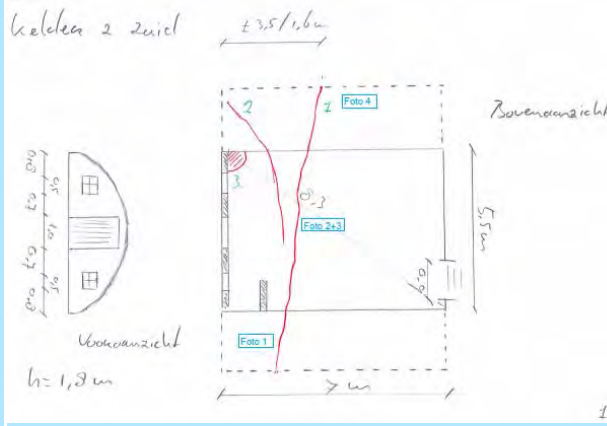


Foto 7: Scheurwijde plaatselijk ca. 30mm, uitgespoeld zand



**1) Tot welke maximale belasting is het aannemelijk dat het verkeer de kelder veilig kan kruisen en de kelder in een behoorlijke staat blijft?**

**Advies**

Omdat in de kelder(s) nog geen schades gevonden zijn die duiden op primair overbelasting door verkeer, is het aannemelijk dat het verkeer dat bij een 2-ton aslastbeperking hoort de kelder(s) veilig kan kruisen.

**Onderbouwing;**

In par. 4.1 zijn grafieken opgenomen die met behulp van de MEXE-theorie een eerste inschatting geven van de relatieve belastbaarheid van deze kelder ten opzichte van de andere kelders. Deze kelder zit laag in de grafiek. Dat betekent dat het relatief een kleinere capaciteit heeft ten opzichte van de andere kelders. Nadat de rekenresultaten van de kelders uit spoor 1 bekend zijn, wordt op basis van een vergelijking tussen de waarden uit de MEXE-theorie en Plaxis/DIANA voor kelders in spoor 1, een



waarde/bandbreedte ingeschat van de toegestane verkeersbelasting op de kelders in spoor 2. Gezien de beperkte informatie/aanpak voor de kelders uit spoor 2 kan de waarde/bandbreedte van de verkeersbelasting niet met zekerheid worden aangegeven.

Onzekerheden;

- Dikte grondaanvulling en toog zijn onbekend.
- Invloed scheuren en andere schades op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed steunwanden op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed (deels) uitgespoelde grondaanvulling op de draagcapaciteit is onbekend.

## 2) Door welke oorzaken zijn de schades in de kelder met gebreken vermoedelijk ontstaan?

Advies en Onderbouwing;

Schade (1), (2), (4) en (6): De doorlopende en zand voerende scheur die schuin van de ene wand via het gewelf naar de andere wand gaat (C-D in uitgeslagen tekening en scheur 1 op de schets) en de scheur die via de wand naar het gewelf gaat en daar stopt (scheur 2 op de schets) zijn vermoedelijk ontstaan door de verzakking van vloer (Type:II en III). Deze lokale verzakking van de vloer komt door de zetting van de ondergrond, mogelijk ten gevolge van grondspoeling, en/of schade aan fundering en/of aanwezigheid van een slappe grondlaag. De scheurranden zijn verschoven ten opzichte van elkaar, hetgeen erop duidt dat er een horizontale vervorming in de constructie heeft plaatsgevonden. De grote scheurwijdte en zanduitspoeling geven indicaties dat de kelder in twee delen is gescheurd.

Schade (3): Op de foto zijn meerdere scheuren te zien die in de stuclaag zitten. Het is niet duidelijk of ze ook in het metselwerk zitten. De mogelijke oorzaak is de vervorming van de constructie ten gevolge van de bovenbelasting, waardoor vervolgens de stuclaag is gescheurd.

Schade (5): De mogelijk oorzaken voor het losscheuren van de kelder ter plaatse van de ingang van het pand zijn de zetting van de kelder ten opzichte van het pand door te grote bovenbelasting of de zetting van het pand ten opzichte van de kelder door slappe grondlagen onder het pand.

Schade (7): Het metselwerk is niet vochting. Oorzaak loskomen stucwerk is onbekend. De vervorming van de constructie kan een mogelijke oorzaak zijn.

Schade (8): Op de uitgeslagen inspectietekening is ook een scheur te zien die in de overspanningsrichting van het gewelf en in de wand zit (A-B). Deze scheur is vermoedelijk ontstaan door verzakking/verschilzetting (Type:III).

Onzekerheden;

- Locatie schade en/of scheurverloop is niet duidelijk op de foto's.
- Door de stuclaag is het onduidelijk of de scheuren alleen in de stuclaag zitten of ook in het metselwerk.
- Bouwkundige aanpassingen sinds de bouw zijn onbekend.
- Geen monitoring scheur bekend.
- Het is onbekend aan welke verkeersbelasting de kelder is onderworpen.
- De grondgesteldheid onder de kelder is onbekend.

### 3) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die vermoedelijk primair zijn veroorzaakt door een te hoge belasting door te zwaar verkeer of een vergelijkbare zware belasting?

Advies en Onderbouwing;

Met de beschikbare inspectieresultaten zijn geen schades aan te wijzen die primair door een te hoge verkeersbelasting zijn veroorzaakt. Er zijn geen scheuren loodrecht op de rijrichting gedocumenteerd. Deze kelder zit echter relatief laag in het grafiek van MEXE-theorie (zie par. 4.2). Er zijn wel diverse lichte scheuren in het gewelf geconstateerd. De mogelijke oorzaak is de vervorming van de constructie ten gevolge van de bovenbelasting en/of zettingen, waardoor vervolgens de stuclaag is gescheurd.

Onzekerheden;

- De bovenkant van het gewelf is niet geïnspecteerd. Hier kunnen mogelijk scheuren (door-en-door) loodrecht in de rijrichting aangetroffen worden welke te herleiden zijn aan een te hoge verkeersbelasting.
- Onder de stuclaag kunnen verborgen scheuren (Type: I) aanwezig zijn.
- Het is onbekend aan welke verkeersbelasting de kelder is onderworpen.

### 4) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die de potentiële sterkte van de kelder vermoedelijk significant verminderen en daarmee de belastbaarheid door verkeer?

Advies en Onderbouwing;

- De scheuren in de rijrichting belemmeren mogelijk de belastingspreiding loodrecht op de rijrichting, wat direct effect heeft op de belastbaarheid van de kelder.
- Een gescheurd metselwerk heeft een beperkter krachtsafracht ten opzichte van een ongescheurd metselwerk.
- Door de uitspoeling van het zand op het gewelf heeft de boogwerking een lagere capaciteit.

Onzekerheden;

- Schadebeelden die niet zichtbaar zijn, omdat ze eerder hersteld zijn.
- Onder de stuclaag kunnen verborgen scheuren aanwezig zijn.
- Het is onbekend of de scheuren volledig de diepte van het gewelf hebben (door-en-door) en dus krachtsoverdracht (deels) beperken.
- De verbinding tussen de steunwand(en) en het gewelf, de fundatiediepte van de wanden en dus de capaciteitsbijdrage van de steunwand(en) is onbekend.
- Het effect van de steunwand loodrecht op de rijrichting is onbekend en zou de boogwerking kunnen verstoren.
- Bouwkundige aanpassingen zijn onbekend.

#### 3.4.12 Plompetorengracht 3A (kluis-kelder)

Categorie	Onderdeel	Opmerking
Geometrie	Overspanning(en) (dagmaat)	3,10 m
	Hoogte toog/togen	Totaal: 1,8 m, hoogte geboorte t.o.v. de keldervloer: 0,8 m en steekhoogte: 1,0 m
	(Verloop) dikte toog /togen	Onbekend, aanname éénsteens 220 mm
	Aantal togen achter elkaar (wel/niet gekoppeld)	Onbekend
	Dikte wanden	Onbekend
	Opbouw en dikte keldervloer	Onbekend



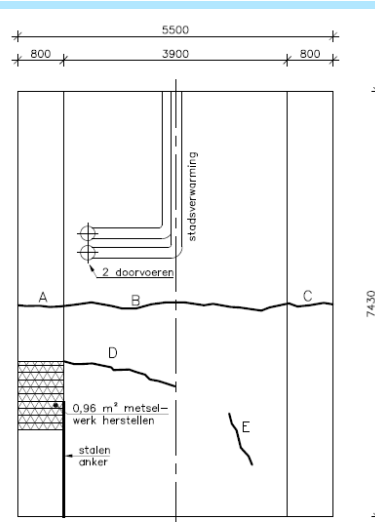
	Gronddekking (opbouw en incl. bestrating)	Schatting (cyclomedia): $3,19 - 2,64 - 0,22 = 0,33$ m
	Fundatieniveau en -type (op staal of palen)	Waarschijnlijk op staal rond 0,0m NAP
	Aanwezigheid/afmetingen steunberen (wanden binnenzijde werfkelder)	Wand in de rijrichting
	Aansluitingen met en geometrie van belendende objecten of onderdelen daarvan	Waarschijnlijk kluiscellers Plompetorengracht 1 kelder 2 en Plompetorengracht 3 kelder 1
Inspectie-resultaten	Historische inspectie schadebeelden + eventueel uitgevoerde (herstel)maatregelen	Onbekend
	Actuele inspectie schadebeelden	Visuele inspectie GU (05-11-2008), Uitslag: pand 3A:
	Reparaties	Scheur (ABC) gedicht en deel metselwerk vervangen
	Afdeklaag	Onbekend
	Toestand metselwerk	Onbekend



Foto 7A: getekend: een losse metselwerkschijf in gewelf

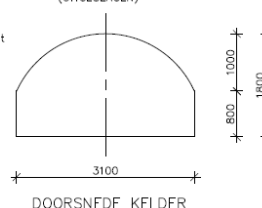


Foto 6: Gerepareerde scheur dwars over de hele kelder



BOVENAANZICHT (UITGESLAGEN)

Traject: Plompetorengracht  
 Pand: 3  
 Kelder: 2  
 Schaal: 1:50



DOORSNEDE KELDER

**1) Tot welke maximale belasting is het aannemelijk dat het verkeer de kelder veilig kan kruisen en de kelder in een behoorlijke staat blijft?**

Advies;

Omdat in de kelder(s) schades gevonden zijn die vermoedelijk duiden op overbelasting door verkeer, is het niet direct aannemelijk het verkeer onder het verkeersregime (2-ton aslastbeperving zonder handhaving) de kelder(s) veilig kan kruisen.

Onderbouwing;

In par. 4.1 zijn grafieken opgenomen die met behulp van de MEXE-theorie een eerste inschatting geven van de relatieve belastbaarheid van deze kelder ten opzichte van de andere kelders. Deze kelder zit aan de lage kant in de grafiek. Dat betekent dat het relatief ook een lage capaciteit zou hebben ten opzichte van de andere kelders. Deze kelder zit niet in spoor 1 van het project, waardoor enkel met behulp van de MEXE-theorie een inschatting gemaakt kan worden. Hier kan wel de betrouwbaarheid van de MEXE-theorie geïkt worden met de berekeningen (UGT en BGT) uit spoor 1.

Onzekerheden;

- De kelder kan in het verleden overbelast zijn geweest.
- Dikte boog is éénsteens aangehouden.
- Dikte grondaanvulling en toog zijn in dit onderzoek niet fysiek gemeten maar ingeschat op basis van de beschikbare gegevens.
- Invloed scheuren en de losse schijf metselwerk op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed van de mogelijke uitspoeling van de aanvulling op de boog door de zandvoerende scheur is onbekend.
- Invloed vochtplekken/lekkage op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed springen/doorvoeren op de draagcapaciteit is onbekend.

## 2) Door welke oorzaken zijn de schades in de kelder met gebreken vermoedelijk ontstaan?

Advies;

Scheur in de rijrichting over gehele gewelf is Type:II met als aanleiding verzakking/verschilzetting door mogelijke oorzaken: verlagen waterpeil gracht, slappe grondlagen,..

De scheur in de rijrichting (D) is vermoedelijk Type:III met als aanleiding verzakking/verschilzetting door mogelijke oorzaken: verlagen waterpeil gracht, slappe grondlagen,..

De schil los metselwerk heeft een onbekende oorzaak. De mogelijke oorzaken zijn te hoge wiellast waardoor pons kan zijn opgetreden, zand uitspoeling in de naastgelegen scheur, lokaal slechte samenhang metselwerk (door ingewerkte constructie).

Onderbouwing;

Kelder in tweeën geknikt en het losse deel aan de waterzijde is gekanteld. Geen aanleiding dat deze scheur door alleen te hoge verkeersbelasting komt.

Door de naastgelegen scheur zal er een link zijn tussen de oorzaak van het los komen van de schol metselwerk.

Onzekerheden;

Geen monitoring scheur bekend. Geen beschikbare sonderingen (in de watergang) nabij de kelder.

De los komende schil metselwerk is een uniek schade beeld.

Omdat er geen foto beschikbaar is van de scheur (E) loodrecht op de rijrichting, is niet met zekerheid te zeggen wat de oorzaak zou kunnen zijn. Er is een vermoeden dat dit een Type:I scheur zou zijn.

## 3) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die vermoedelijk primair zijn veroorzaakt door een te hoge belasting door te zwaar verkeer of een vergelijkbare zware belasting?

Advies;

De korte scheur loodrecht op de rijrichting zou als oorzaak een te hoge verkeersbelasting kunnen hebben.

De loskomende schol zou de volgende combinatie van oorzaken kunnen hebben: de doorgaande scheur over het gewelf met een hoge bovenbelasting.

Onderbouwing;  
Het uitdrukken van een schol metselwerk zou door een hoge wiellast kunnen komen waar de kans groter is nabij een doorgaande scheur omdat hier de belastingspreiding beperkt wordt.

Onzekerheden;  
Een andere mogelijke oorzaak zou kunnen zijn: slechte hechting van een (eerder gerepareerd) deel metselwerk. Geen monitoring van schade/scheuren. Onbekend aan welke verkeersbelasting de kelder is onderworpen.

**4) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die de potentiële sterkte van de kelder vermoedelijk significant verminderen en daarmee de belastbaarheid door verkeer?**

Advies;  
De scheuren Type:II en III reduceren de belastingspreiding loodrecht op de rijrichting wat de belastbaarheid niet ten goede komt.

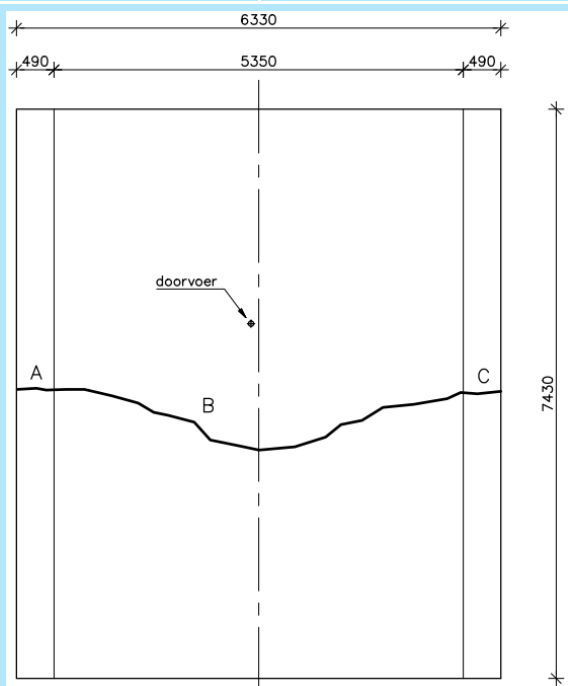
Onderbouwing;  
De krachtsafdracht via een scheur is beperkter dan via niet gescheurd metselwerk.

Onzekerheden;  
De mate van reductie in krachtsoverdracht via een scheur is onbekend en of scheuren volledig de diepte van het gewelf hebben (door-en-door) en dus krachtsoverdracht (deels) beperken.

**3.4.13 Plompetorengracht 3B (kluis-kelder)**

Categorie	Onderdeel	Opmerking
Geometrie	Overspanning(en) (dagmaat)	4,20 m
	Hoogte toog/togen	Totaal: 1,89 m, hoogte geboorte t.o.v. de keldervloer: 0,49 m, steekhoogte: 1,40 m
	(Verloop) dikte toog /togen	Onbekend, aanname éénsteens 220 mm
	Aantal togen achter elkaar (wel/niet gekoppeld)	Onbekend
	Dikte wanden	Onbekend
	Opbouw en dikte keldervloer	Onbekend
	Gronddekking (opbouw en incl. bestrating)	Onbekend, aanname 0,47 m
	Fundatieniveau en -Type (op staal of palen)	Waarschijnlijk op staal rond 0,0 m NAP
	Aanwezigheid/afmetingen steunberen (wanden binnenzijde werfkelder)	Geen
	Aansluitingen met en geometrie van belendende objecten of onderdelen daarvan	Onbekend
Inspectie-resultaten	Historische inspectie schadebeelden + eventueel uitgevoerde (herstel)maatregelen	Onbekend
	Actuele inspectie schadebeelden	Inspectierapport gemeente Utrecht - 2008: (1)- Lichte scheuren in gewelf + vochtplek. (2)- Gerepareerde scheur dwars over de hele kelder.

		(3)- Lichte scheuren in gewelf.  Inspectierapport IV-Infra - 2020: (4)- De kelder is in het midden van het gewelf in dwarsrichting fors gescheurd. De scheur gaat over de volle breedte van de kelder.  (5)- De kelder staat compleet vol met bouwafval. In de kelder staan ongeveer 8 st big-bags gevuld met puin. Dit is een zeer zware belasting voor de kelder.  (6)- De stuclaag laat los of is deels afwezig. Het metselwerk was tijdens de inspectie niet vochtig.
	Reparaties	Inspectierapport gemeente Utrecht - 2008: - Gerepareerde scheur dwars over de hele kelder.
	Afdeklaag	Binnenzijde: stuclaag Buitenzijde: onbekend
	Toestand metselwerk	Onbekend



Traject: Plompetorengracht  
 Pand: 3  
 Kelder: 1  
 Schaal: 1: 50

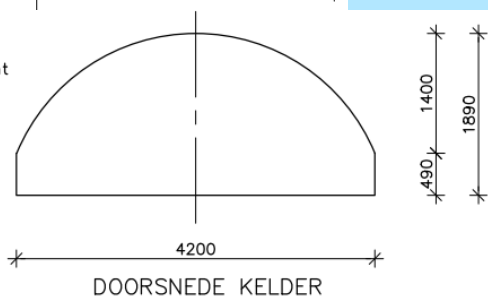


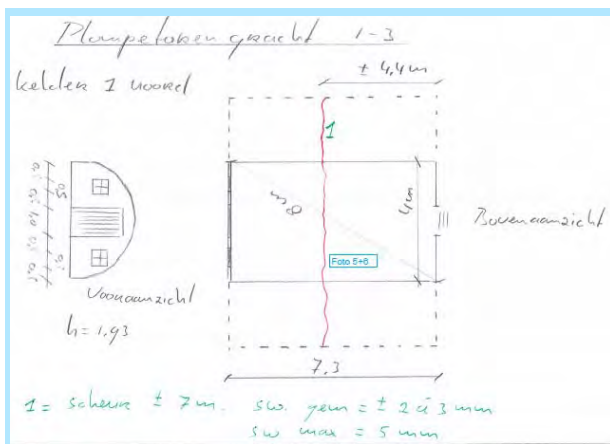
Foto 5: Gerepareerde scheur dwars over de hele kelder



Foto 4: Lichte scheuren in aewelf + vochttek



Foto 6: Lichte scheuren in gewelf



## 1) Tot welke maximale belasting is het aannemelijk dat het verkeer de kelder veilig kan kruisen en de kelder in een behoorlijke staat blijft?

### Advies;

Omdat in de kelder schades gevonden zijn die duiden op overbelasting door verkeer, is het niet aannemelijk dat onder het huidige verkeersregime (2-ton aslast zonder handhaving) het verkeer de kelder veilig kan kruisen.

### Onderbouwing;

In par. 4.1 zijn grafieken opgenomen die met behulp van de MEXE-theorie een eerste inschatting geven van de relatieve belastbaarheid van deze kelder ten opzichte van de andere kelders. Deze kelder zit laag in de grafiek. Dat betekent dat het relatief een kleinere capaciteit heeft ten opzichte van de andere kelders. Nadat de rekenresultaten van de kelders uit spoor 1 bekend zijn, wordt op basis van een vergelijking tussen de waarden uit de MEXE-theorie en Plaxis/DIANA voor kelders in spoor 1, een waarde/bandbreedte ingeschat van de toegestane verkeersbelasting op de kelders in spoor 2. Gezien de beperkte informatie/aanpak voor de kelders uit spoor 2 kan de waarde/bandbreedte van de verkeersbelasting niet met zekerheid worden aangegeven.

### Onzekerheden;

- De kelder kan in het verleden overbelast zijn geweest.
- Dikte grondaanvulling en toeg zijn onbekend.
- Invloed scheuren en andere schades op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed vochtplekken/lekkage op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed sparingen/doorvoeren op de draagcapaciteit is onbekend.

## 2) Door welke oorzaken zijn de schades in de kelder met gebreken vermoedelijk ontstaan?

### Advies en Onderbouwing;

Schade (1): De lichte scheuren en de vochtplek in het gewelf lijken op basis van de inspectiefoto nabij de kluismuur te zitten. De scheuren zijn daarom vermoedelijk ontstaan door stijfheidsverschillen in de langs- en dwarsrichting (Type: IV). De krachtsafdracht ter plaatse van de kluismuur is anders dan in de rest van de kelder. Het gewelf is vochtig, omdat de scheuren mogelijk watervoerend zijn. De kelder is waarschijnlijk ook niet waterdicht.

Schade (2) en (4): De gerepareerde scheur dwars door de hele kelder is vermoedelijk ontstaan ten gevolge van verzakking/verschilzetting (Type:II). De scheur is in 2020 opnieuw gerapporteerd, waardoor



wordt geconcludeerd dat de scheur weer open staat. Dit betekent of de herstelwerkzaamheden niet goed zijn uitgevoerd, of de zettingsmechanisme nog gaande is.

Schade (3): In het inspectierapport is aangegeven dat er lichte scheuren zijn in gewelf. In Foto 6 van het rapport van de gemeente Utrecht zijn er echter relatief forse scheuren te zien. De horizontale scheuren loodrecht op de overspanningsrichting komen mogelijk door een te hoge verkeersbelasting (Type: I). Echter is de locatie van deze scheuren niet in de kruin of in de buurt hiervan waardoor overbelasting minder voor de hand liggend is. De verticale scheur komt vermoedelijk door verschilzetting in combinatie met stijfheidsverschillen ter plaatse van de dwarswand. Mogelijk is er een lokale/bepaalde verzakking/verschilzetting waardoor de scheur zich alleen in wand bevindt en niet verder richting het gewelf gaat (Type: III).

Schade (5): De zware belasting op de vloer is vermoedelijk de oorzaak van de verzakking, waardoor de dwarsscheuren (schade 2 en 4) zijn ontstaan.

Schade (6): Het metselwerk is niet vochting. Oorzaak loskomen stucwerk is onbekend. De vervorming van de constructie kan een mogelijke oorzaak zijn.

Onzekerheden;

- Bouwkundige aanpassingen sinds de bouw zijn onbekend.
- Geen monitoring scheur bekend.
- Het is onbekend aan welke verkeersbelasting de kelder is onderworpen.
- De grondgesteldheid onder de kelder is onbekend.

### 3) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die vermoedelijk primair zijn veroorzaakt door een te hoge belasting door te zwaar verkeer of een vergelijkbare zware belasting?

Advies en Onderbouwing;

Vermoedelijk is de scheur loodrecht op de rijrichting veroorzaakt door te hoge verkeersbelasting. Aangezien deze kelder gemiddeld laag geclassificeerd is in het grafiek van MEXE-theorie (zie par. 4.1), is er niet een direct vermoeden dat deze scheuren veroorzaakt zijn door te hoge verkeersbelasting. Echter kan dit niet uitgesloten worden en is er ook een combinatie van oorzaken of nog onvoorziene oorzaken mogelijk.

Onzekerheden;

- De precieze locatie van de scheuren loodrecht op de rijrichting is onzeker.
- De bovenkant van het gewelf is niet geïnspecteerd. Hier kunnen mogelijk scheuren (door-en-door) loodrecht in de rijrichting aangetroffen worden welke te herleiden zijn aan een te hoge verkeersbelasting.
- Onder de stuclaag kunnen verborgen scheuren (Type: I) aanwezig zijn.
- Het is onbekend aan welke verkeersbelasting de kelder is onderworpen.

### 4) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die de potentiële sterkte van de kelder vermoedelijk significant verminderen en daarmee de belastbaarheid door verkeer?

Advies en Onderbouwing;

- De scheuren in de rijrichting belemmeren mogelijk de belastingspreiding loodrecht op de rijrichting, wat direct effect heeft op de belastbaarheid van de kelder.
- De scheuren loodrecht op de rijrichting belemmeren mogelijk de belastingspreiding in de rijrichting, wat direct effect heeft op de belastbaarheid van de kelder.

- Een gescheurd metselwerk heeft een beperkter krachtsafdracht ten opzichte van een ongescheurd metselwerk.
- De vochtigheid van het metselwerk beïnvloedt de druksterkte van het metselwerk. De mate van vochtigheid zal onderzocht moeten worden.
- De doorvoer heeft theoretisch gezien invloed op de draagcapaciteit van de kelder, maar aangezien er rondom de doorvoer geen schades zijn gerapporteerd, wordt dit niet gezien als een factor die de potentiële sterkte significante vermindert.

Onzekerheden;

- Schadebeelden die niet zichtbaar zijn, omdat ze eerder hersteld zijn.
- Onder de stuclaag kunnen verborgen scheuren aanwezig zijn.
- Het is onbekend of de scheuren volledig de diepte van het gewelf hebben (door-en-door) en dus krachtsoverdracht (deels) beperken.
- Twijfels over kwaliteit herstellende schades.
- Bouwkundige aanpassingen zijn onbekend.

### 3.4.14 Plompetorengracht 9 (kluis-kelder)

Categorie	Onderdeel	Opmerking
Geometrie	Overspanning(en) (dagmaat)	3,75 m
	Hoogte toog/togen	1,30 m steekhoogte
	(Verloop) dikte toog /togen	Onbekend, aanname éénsteens 220 mm
	Aantal togen achter elkaar (wel/niet gekoppeld)	Onbekend
	Dikte wanden	Onbekend
	Opbouw en dikte keldervloer	Onbekend
	Gronddekking (opbouw en incl. bestrating)	Schatting (cyclomedia): $3,0 - 2,48 - 0,22 = 0,3$ m
	Fundatieniveau en -type (op staal of palen)	Waarschijnlijk op staal rond 0,0m NAP
	Aanwezigheid/afmetingen steunberen (wanden binnenzijde kelder)	Geen
	Aansluitingen met en geometrie van belendende objecten of onderdelen daarvan	Onbekend, waarschijnlijk geen direct naastgelegen kelders
Inspectie-resultaten	Historische inspectie schadebeelden + eventueel uitgevoerde (herstel)maatregelen	Onbekend
	Actuele inspectie schadebeelden	Inspectie GU 05-11-2008: Scheur in de rijrichting over het gehele gewelf inclusief de wanden. Scheuren in de rijrichting in de wand nabij kluismuur. Scheur loodrecht op de rijrichting in de kruin van het gewelf met plaatselijk beschadigd metselwerk.
	Reparaties	Scheur over het gehele gewelf in het verleden gerepareerd maar staat lokaal open. Scheur loodrecht op de rijrichting in de kruin gerepareerd.
	Afdeklaag	Onbekend
	Toestand metselwerk	Onbekend



### 1) Tot welke maximale belasting is het aannemelijk dat het verkeer de kelder veilig kan kruisen en de kelder in een behoorlijke staat blijft?

#### Advies;

Omdat in de kelder(s) schades gevonden zijn die duiden op overbelasting door verkeer, is het niet aannemelijk dat het verkeer onder het verkeersregime (2-ton aslastbeperking zonder handhaving) de kelder(s) veilig kan kruisen.

#### Onderbouwing;

In par. 4.1 zijn grafieken opgenomen die met behulp van de MEXE-theorie een eerste inschatting geven van de relatieve belastbaarheid van deze kelder ten opzichte van de andere kelders. Deze kelder zit aan de lage kant in de grafiek. Dat betekent dat het relatief ook een lage capaciteit zou hebben ten opzichte van de andere kelders. Deze kelder zit niet in spoor 1 van het project, waardoor enkel met behulp van de MEXE-theorie een inschatting gemaakt kan worden. Hier kan wel de betrouwbaarheid van de MEXE-theorie geïkt worden met de berekeningen (UGT en BGT) uit spoor 1.

#### Onzekerheden;

- In het verleden kan overbelasting hebben plaats gevonden.
- Dikte boog is éénsteens aangehouden.
- Dikte grondaanvulling en toog zijn in dit onderzoek niet fysiek gemeten maar ingeschat op basis van de beschikbare gegevens.
- Invloed scheuren en andere schades op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed vochtplekken/lekkage op de draagcapaciteit is onbekend.
- Invloed sparingen/doorvoeren op de draagcapaciteit is onbekend.

### 2) Door welke oorzaken zijn de schades in de kelder met gebreken vermoedelijk ontstaan?

#### Advies;

De scheur loodrecht op de rijrichting zou een Type:I scheur kunnen zijn met als aanleiding overbelasting door zwaar verkeer.

De scheur in de rijrichting over het gehele gewelf zou een Type:II scheur kunnen zijn met als aanleiding verzakking/verschilzetting door mogelijke oorzaken: verlagen waterpeil gracht, slappe grondlagen,...

De scheuren in de muren nabij de kluismuur zouden Type:III scheuren kunnen zijn met als aanleiding verzakking/verschilzetting door mogelijke oorzaken: verlagen waterpeil gracht, slappe grondlagen, verschilzetting.

Onderbouwing;

De aanleiding voor de Type:I scheur zou een te hoge bovenbelasting zijn, mogelijk in combinatie met de relatief dunne aanvulling bovenop het gewelf.

Kelder in tweeën geknikt en het losse deel aan de waterzijde is gekanteld. Geen aanleiding dat deze scheur(en) in de rijrichting door alleen te hoge verkeersbelasting komt.

Onzekerheden;

Onbekend aan welke verkeersbelasting de kelder is onderworpen.

Geen monitoring scheur bekend. Geen beschikbare sonderingen (in de watergang) nabij de kelder.

### 3) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die vermoedelijk primair zijn veroorzaakt door een te hoge belasting door te zwaar verkeer of een vergelijkbare zware belasting?

Advies;

De scheur loodrecht op de rijrichting zou in combinatie met de relatief dunne aanvulling op het gewelf als aanleiding hebben een te hoge verkeersbelasting.

Onderbouwing;

Een scheur loodrecht op de rijrichting wordt gezien als een Type:I scheur. Daarbij is de aanvulling vergeleken met andere kelders relatief dun.

Onzekerheden;

Onbekend aan welke verkeersbelasting de kelder is onderworpen.

De exacte dikte van de aanvulling op het gewelf is onbekend.

### 4) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die de potentiële sterkte van de kelder vermoedelijk significant verminderen en daarmee de belastbaarheid door verkeer?

Advies;

De combinatie scheur loodrecht op de rijrichting met de dunne aanvulling op het gewelf is een risico m.b.t. de belastbaarheid. Het is onbekend of deze scheurvorming is gestagneerd doordat er een nieuw evenwicht is ontstaan of dat de scheurvorming aanhoudt en doorzet.

De scheuren Type:II en III reduceren de belastingspreiding loodrecht op de rijrichting wat de belastbaarheid niet ten goede komt.

Onderbouwing;

De krachtsafdracht via een scheur is beperkter dan via niet gescheurd metselwerk.

Onzekerheden;

De mate van reductie in krachtsoverdracht via een scheur is onbekend en of scheuren volledig de diepte van het gewelf hebben (door-en-door) en dus krachtsoverdracht (deels) beperken.

### 3.4.15 Plompetorengracht 10 (kluiselder)

Categorie	Onderdeel	Opmerking
Geometrie	Overspanning(en) (dagmaat)	3,70 m
	Hoogte toog/togen	Totaal: 1,70 m, hoogte geboorte t.o.v. de keldervloer: 0,90 m, steekhoogte 0,80 m
	(Verloop) dikte toog /togen	Onbekend, aanname éénsteens 220 mm
	Aantal togen achter elkaar (wel/niet gekoppeld)	Onbekend
	Dikte wanden	Onbekend
	Opbouw en dikte keldervloer	Onbekend
	Gronddekking (opbouw en incl. bestrating)	Schatting (cyclomedia): $3,0 - 2,45 - 0,22 = 0,3$ m
	Fundatieniveau en -type (op staal of palen)	Waarschijnlijk op staal rond 0,0m NAP
	Aanwezigheid/afmetingen steunberen (wanden binnenzijde werfkelder)	Steunwand loodrecht op de rijrichting, en wand met opening in de rijrichting. Afmetingen, fundatiediepte en verbinding met gewelf onbekend.
	Aansluitingen met en geometrie van belendende objecten of onderdelen daarvan	Linker zijde onbekend. Rechter zijde kluiselders Plompetorengracht 12.
Inspectie-resultaten	Historische inspectie schadebeelden + eventueel uitgevoerde (herstel)maatregelen	Onbekend
	Actuele inspectie schadebeelden	Inspectie GU 05-11-2008: Scheur in de rijrichting over het gehele gewelf inclusief de wanden. Scheuren in de rijrichting in de wand nabij kluismuur en woning Scheuren loodrecht op de rijrichting in de kruin van het gewelf met plaatselijk beschadigd metselwerk.
	Reparaties	Scheuren (craquelé) loodrecht op de rijrichting in de kruin gerepareerd.
	Afdeklaag	Stuclaag aanwezig. Bovenzijde onbekend.
	Toestand metselwerk	Vochtplekken





## 2) Door welke oorzaken zijn de schades in de kelder met gebreken vermoedelijk ontstaan?

### Advies;

De scheur loodrecht op de rijrichting zou een Type:I scheur kunnen zijn met als aanleiding overbelasting door zwaar verkeer. Echter is er ook een licht vermoeden dat de oorzaak bij de aanwezige steunwand loodrecht op de rijrichting kan liggen, Type:IV.

De scheur in de rijrichting over het gehele gewelf zou een Type:II scheur kunnen zijn met als aanleiding verzakking/verschilzetting door mogelijke oorzaken: verlagen waterpeil gracht, slappe grondlagen,..

De scheuren in de muren nabij de kluismuur en de woning zouden Type:III scheuren kunnen zijn met als aanleiding verzakking/verschilzetting door mogelijke oorzaken: verlagen waterpeil gracht, slappe grondlagen, verschilzetting.

### Onderbouwing;

De aanleiding voor de Type:I scheur zou een te hoge bovenbelasting zijn, mogelijk in combinatie met de relatief dunne aanvulling bovenop het gewelf en mogelijk een lokaal stijfheid verschil door de steunwand loodrecht op de rijrichting, Type:IV.

Kelder in tweeën geknikt en het losse deel aan de waterzijde is gekanteld. Geen aanleiding dat deze scheur(en) in de rijrichting door alleen te hoge verkeersbelasting komt.

### Onzekerheden;

Onbekend aan welke verkeersbelasting de kelder is onderworpen.

Geen monitoring scheur bekend. Geen beschikbare sonderingen (in de watergang) nabij de kelder.

## 3) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die vermoedelijk primair zijn veroorzaakt door een te hoge belasting door te zwaar verkeer of een vergelijkbare zware belasting?

### Advies;

De scheuren loodrecht op de rijrichting met craquelé zou in combinatie met de relatief dunne aanvulling op het gewelf als aanleiding hebben een te hoge verkeersbelasting.

### Onderbouwing;

Een scheur loodrecht op de rijrichting met craquelé wordt gezien als een Type:I scheur. Daarbij is de aanvulling vergeleken met andere kelders relatief dun.

### Onzekerheden;

Onbekend aan welke verkeersbelasting de kelder is onderworpen.

De exacte dikte van de aanvulling op het gewelf is onbekend.

## 4) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die de potentiële sterkte van de kelder vermoedelijk significant verminderen en daarmee de belastbaarheid door verkeer?

### Advies;

De combinatie scheur loodrecht met craquelé op de rijrichting met de dunne aanvulling op het gewelf is een risico m.b.t. de belastbaarheid. Het is onbekend of deze scheurvorming is gestagneerd doordat er een nieuw evenwicht is ontstaan of dat de scheurvorming aanhoudt en doorzet.

De scheuren Type:II en III reduceren de belastingspreiding loodrecht op de rijrichting wat de belastbaarheid niet ten goede komt.

### Onderbouwing;

De krachtsafdracht via een scheur is beperkter dan via niet gescheurd metselwerk.

Onzekerheden;

De mate van reductie in krachtsoverdracht via een scheur is onbekend en of scheuren volledig de diepte van het gewelf hebben (door-en-door) en dus krachtsoverdracht (deels) beperken.

### 3.4.16 Zadelstraat 45 (straatkelder)

Categorie	Onderdeel	Opmerking
Geometrie	Overspanning(en) (dagmaat)	4,20 m
	Hoogte toog/togen	Totaal: 1,43 m, hoogte geboorte t.o.v. de keldervloer: 0,6m, steekhoogte 0,83 m
	(Verloop) dikte toog /togen	Onbekend, aanname éénsteens 220 mm
	Aantal togen achter elkaar (wel/niet gekoppeld)	Onbekend
	Dikte wanden	Onbekend
	Opbouw en dikte keldervloer	Onbekend
	Gronddekking (opbouw en incl. bestrating)	Onbekend, aanname 0,4 m
	Fundatieniveau en -Type (op staal of palen)	Waarschijnlijk op staal rond 0,0 m NAP
	Aanwezigheid/afmetingen steunberen (wanden binnenzijde werfkelder)	Geen
	Aansluitingen met en geometrie van belendende objecten of onderdelen daarvan	Onbekend
Inspectie-resultaten	Historische inspectie schadebeelden + eventueel uitgevoerde	Onbekend
	Actuele inspectie schadebeelden	Inspectierapport IV-infra - 2020: (1)- In het midden van het gewelf, bij de aansluiting tegen het pand, vertoont de boog een verzakking tot ongeveer 8 cm. Tevens zijn hier enkele stenen uitgevallen en is het metselwerk gescheurd.  (2)- De kelder vertoont op diverse locaties vrij forse scheurvorming in lengte- en dwarsrichting. Alle scheuren vertonen een grote scheurwijdte, plaatselijk tot 18 mm.  (3)- Het metselwerk van de kelder is zeer vochtig, vertoont lekkages en zit vol schimmels.
	Reparaties	Onbekend
	Afdeklaag	Binnenzijde: stuclaag Buitenzijde: onbekend
	Toestand metselwerk	Onbekend



**1) Tot welke maximale belasting is het aannemelijk dat het verkeer de kelder veilig kan kruisen en de kelder in een behoorlijke staat blijft?**

**Advies;**

Omdat in de kelder(s) veel schades gevonden zijn die duiden op overbelasting door verkeer, is het zeer aannemelijk dat onder het huidige verkeersregime (8-ton aslastbeperking zonder handhaving) het verkeer de kelder(s) niet veilig kan kruisen.

**Onderbouwing;**

In par. 4.1 zijn grafieken opgenomen die met behulp van de MEXE-theorie een eerste inschatting geven van de relatieve belastbaarheid van deze kelder ten opzichte van de andere kelders. Deze kelder zit laag in het grafiek, wat betekent dat het relatief een kleinere capaciteit heeft ten opzichte van de andere kelders. Nadat de rekenresultaten van de kelders uit spoor 1 bekend zijn, wordt op basis van een vergelijking tussen de waarden uit de MEXE-theorie en Plaxis/DIANA voor kelders in spoor 1, een waarde/bandbreedte ingeschat van de toegestane verkeersbelasting op de kelders in spoor 2. Gezien de beperkte informatie/aanpak voor de kelders uit spoor 2 kan de waarde/bandbreedte van de verkeersbelasting niet met zekerheid worden aangegeven.

**Onzekerheden;**

- Dikte grondaanvulling en toog zijn onbekend.
- Invloed vochtplekken/lekkage op de draagcapaciteit is onbekend.

## 2) Door welke oorzaken zijn de schades in de kelder met gebreken vermoedelijk ontstaan?

Advies en Onderbouwing;

Schade (1): De toog vertoont bij de aansluiting tegen het pand tot ongeveer 8 cm verzakking. Er zitten scheuren in de kruin van het gewelf (scheur 1 op de schets) loodrecht op de overspanningsrichting (Type:I). Tevens is de aansluiting op het pand geheel los gescheurd (scheur 2 op de schets). De mogelijke oorzaak is de zetting van het pand en de kelder ten opzichte van elkaar, mogelijk in combinatie met verschilzetting in de kelder (Type:II).

Schade (2): Scheur 3 op de inspectieschets zit loodrecht op de overspanningsrichting en is mogelijk veroorzaakt door te hoge verkeersbelasting (Type: I). Scheuren 4 en 5 zitten in de overspanningsrichting over een gedeelte van het gewelf en in de wand (Type: III). Deze scheuren zijn vermoedelijk veroorzaakt door verzakking/verschilzetting.

Schade (3): De oorzaak van zeer vochtige kelder is mogelijk het niet waterdicht zijn van de kelder en/of slechte ventilatie van de kelder.

Onzekerheden;

- Bij scheuren met meerdere mogelijke oorzaken is onbekend welke oorzaak als eerste is opgetreden en de meeste invloed heeft op de constructie.
- Bouwkundige aanpassingen sinds de bouw zijn onbekend.
- Geen monitoring scheur bekend.
- Het is onbekend aan welke verkeersbelasting de kelder is onderworpen.
- De grondgesteldheid onder de kelder is onbekend.

## 3) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die vermoedelijk primair zijn veroorzaakt door een te hoge belasting door te zwaar verkeer of een vergelijkbare zware belasting?

Advies en Onderbouwing;

Vermoedelijk zijn de scheuren loodrecht op de rijrichting veroorzaakt door te hoge verkeersbelasting. Aangezien deze kelder relatief laag zit in het grafiek van MEXE-theorie (zie par. 4.1) en in de straat een 8-tons aslastbeperking geldt, is het aannemelijk dat deze scheuren veroorzaakt zijn door te hoge verkeersbelasting.

Onzekerheden;

- De bovenkant van het gewelf is niet geïnspecteerd. Hier kunnen mogelijk scheuren (door-en-door) loodrecht in de rijrichting aangetroffen worden welk te herleiden zijn aan een te hoge verkeersbelasting.
- Het is onbekend aan welke verkeersbelasting de kelder is onderworpen.

## 4) Zijn er schades in de kelder met gebreken aan te wijzen, die de potentiële sterkte van de kelder vermoedelijk significant verminderen en daarmee de belastbaarheid door verkeer?

Advies en Onderbouwing;

- De scheuren in de rijrichting belemmeren mogelijk de belastingspreiding loodrecht op de rijrichting, wat direct effect heeft op de belastbaarheid van de kelder.
- De scheuren loodrecht op de rijrichting belemmeren mogelijk de belastingspreiding in de rijrichting, wat direct effect heeft op de belastbaarheid van de kelder.
- Een gescheurd metselwerk heeft een beperkter krachtsafdracht ten opzichte van een ongescheurd metselwerk.



- De vochtigheid van het metselwerk beïnvloedt de druksterkte van het metselwerk. De mate van vochtigheid zal onderzocht moeten worden.

Onzekerheden;

- Schadebeelden die niet zichtbaar zijn, omdat ze eerder hersteld zijn.
- Onder de stuclaag kunnen verborgen scheuren aanwezig zijn.
- Het is onbekend of de scheuren volledig de diepte van het gewelf hebben (door-en-door) en dus krachtsoverdracht (deels) beperken.
- Bouwkundige aanpassingen zijn onbekend.

### 3.5 Onbekenden/onzekerheden

#### Verkeersbelasting

Het is onbekend aan welke (incidentele) voertuiggewichten de kelders nu en in het verleden worden en zijn belast. De oorzaak is de combinatie van de voorgeschreven beperkingen voor aslasten en voertuigafmetingen en de afwezigheid van een fysieke beperking en handhaving van het verkeer. Volgens rapportage uit 2014 (GU) waren (en zijn) er ontheffingen op het aslastbord. Via nieuwssites blijkt dat het werkelijke verkeer met (fors) hogere aslasten/voertuiggewichten rijdt dan op de borden aangegeven. Het is echter op dit moment niet bekend of dit incidenten betreft en daarmee overeenkomen met de bandbreedte volgens de norm of dat er nog grotere overschrijdingen plaatsvinden. Ook is er onvoldoende inzicht in incidentele ontheffingen zoals bouwverkeer of calamiteitenverkeer (brandweer).

#### Scheuren

De vastlegging van (oppervlakte)schades, scheuren en vervormingen is door verschillende inspectiebureaus uitgevoerd. Er is geen univorme systematiek voor het inspectieonderzoek en de rapportage gehanteerd. Het advies is om in het vervolg de 'Registratie constructieve schades' Bijlage 3 van de CUR124 aan te houden, zie ook Bijlage A5.

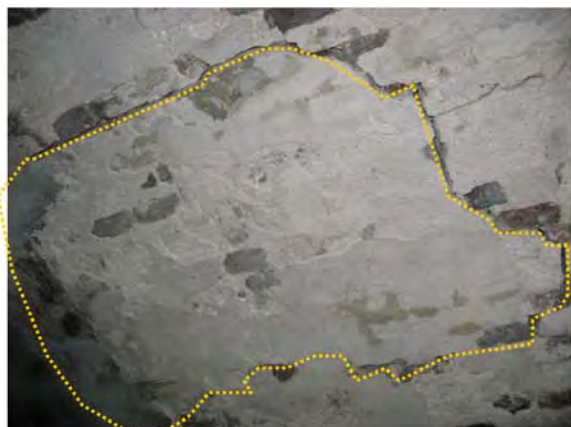
De scheurdiepte (door-en-door of niet) is veelal onbekend doordat deze visueel niet mogelijk is vast te leggen. Scheuren aan de bovenzijde van het gewelf zijn (bijna) nooit geïnspecteerd en vastgelegd of aangetroffen. Scheurvorming loodrecht op de rijrichting met als oorzaak te hoge verkeersbelasting treedt aan de onderzijde en bovenzijde van het gewelf op. Scheurvorming door verkeersbelasting ontstaat op een belastingsniveau (veel) lager dan het uiterste draagvermogen. Om scheuren door verkeersbelasting te voorkomen is derhalve een (veel) strengere aslastbeperking noodzakelijk dan bij het veilig kruisen (niet bezwijken). Een scheur kan het gevolg zijn van een enkele incidentele hoge verkeersbelasting (veel hoger dan 2-ton aslast). Voor een aantal kelders is scheurvorming in het gewelf loodrecht op de rijrichting gevonden, die vermoedelijk een Type:I scheur zou kunnen zijn. Echter, het komt enkele keren voor dat parallel op korte afstand van de scheur een steunwand loodrecht op de rijrichting aanwezig is. Hier is de oorzaak van de scheur mogelijk een combinatie van hoge verkeersbelasting met lokaal een stijve wand.

#### Geometrie

Het baksteenformaat is veelal onbekend en zo ook de dikte van het gewelf en het metselverband. De steekhoogte is niet altijd bekend. Dit komt doordat geregeld alleen de totale hoogte onderkant kruin van de boog ten opzichte van de vloer is opgemeten. De dikte van de aanvulling op de boog is veelal onbekend. Van het aanbrengen van steunwanden/ribben onder het gewelf is de fundatiediepte, de verbinding met het gewelf en het tijdstip van aanbrengen in relatie tot de scheurvorming onbekend.

### Unieke schades

Naast de generieke schadebeelden, zoals in paragraaf 3.3 is beschreven, zijn er enkele unieke schadegevallen waargenomen met een onbekende oorzaak. Het loskomen van een schol metselwerk is hier een voorbeeld van, zie Figuur 14. Dit is gedocumenteerd voor het adres Plompstorengracht 3A (kluis-kelder). Waarschijnlijk ligt de oorzaak bij de aangrenzende scheur Type:II. Een ander uniek schadegeval, is de scheurvorming loodrecht op de rijrichting voor het adres Plompstorengracht 3B (kluis-kelders). De scheuren liggen niet nabij de kruin van de boog waar ze worden verwacht in het geval van overbelasting maar in de boog ongeveer één meter boven het vloerniveau. Daarbij lijkt er een relatief grotere aanvulling aanwezig op de boog (ongeveer 0,47 m) waardoor de kelder op basis van de MEXE-theorie niet laag is geclassificeerd. Ook zijn deze scheuren niet opgenomen in de uitslag en niet in de inspectierapportage van lv-infra uit 1-9-2020.



*Figuur 14 Los komende schol metselwerk.*

## 4 Expertbeoordeling generiek

Een generieke beoordeling van de oorzaak en aanleiding van scheuren is per type kelder en straat bekeken. De MEXE-theorie is als hulpmiddel gebruikt voor de classificering van de zestien kelders op basis van de bezwijkbelasting. Zo is voor de kelders een verband gelegd tussen de schades en de classificering o.b.v. de indicatieve bezwijkbelasting.

### 4.1 Maximale belasting kelders

Deze paragraaf geeft voor zover mogelijk antwoord op vraag **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.:** Tot welke maximale belasting is het aannemelijk dat het verkeer de kelders veilig kan kruisen en de kelders in een behoorlijke staat blijft? De geformuleerde vraag is tweeledig:

*Ten eerste.* 'Veilig kruisen' is niet-bezweken. Voor een betrouwbare inschatting hiervan moet een bezwijksom (UGT) in bijvoorbeeld Plaxis of DIANA gemaakt worden. Omdat dit (nog) niet onderdeel is van spoor 2, zal een eerste inschatting op basis van de expertbeoordeling met behulp van de MEXE-theorie gemaakt worden. De inschatting of de 2-tons aslastbeperking toelaatbaar is voor het veilig kruisen van de kelders, kan op basis van de expertbeoordeling met beperkte zekerheid gegeven worden. Voor de zes kelders in spoor 1 zal deze vraag in later stadium kwantitatief beantwoord kunnen gaan worden. Voor de overige 10 kelders in spoor 2 zal de kwalitatieve inschatting o.b.v. de MEXE-theorie met de resultaten uit spoor 1 gevalideerd worden. In dit voorlopige rapport wordt wel op basis van de MEXE-theorie aangegeven van welke kelders we een probleem vanuit overbelasting uit verkeer verwachten. Als in die kelders geen schades zitten die op overbelasting duiden dan is het aannemelijk dat het huidige verkeersregime van 2-ton dus toelaatbaar is. Zitten er in de kelders die het laagste in de grafiek zitten *wel* schades uit overbelasting dan kan dit nu nog niet gezegd worden. Op basis van horizontale lijnen in de MEXE-grafiek en kelders zonder schade uit verkeer kun je wel een inschatting maken of het huidige verkeersregime in de praktijk schade heeft opgeleverd. (Onbekend is dan nog of 2-ton van het bord of de 7 ton van de incidentele overbelasting bij die grens hoort.)

*Ten tweede.* 'In een behoorlijke staat' is scheuren door passerend verkeer. Het scheuren van metselwerk door overbelasting treedt op vóór bezwijken en bij een lagere verkeersbelasting. Bij welke verkeersbelasting het metselwerk gaat scheuren, is nu niet met zekerheid te bepalen. Hiervoor is onderzoek naar de scheurvorming van het metselwerk benodigd. Dit betreft onderzoek voor de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) onder verkeersbelasting waar onderzocht moet worden wanneer de treksterkte van het metselwerk overschreden zal worden. Het is niet mogelijk om hiervoor de MEXE-theorie toe te passen omdat deze uit gaat van een bezwijkbelasting. De belasting dat leidt tot scheuren is (ruim) lager dan de bezwijkbelasting. Daarbij is het onbekend aan welke voertuiggewichten de kelders zijn onderworpen. De vraag of de kelders in aanzienlijke staat blijven voor een bepaalde bovenbelasting is dus niet te beantwoorden.

#### MEXE-theorie

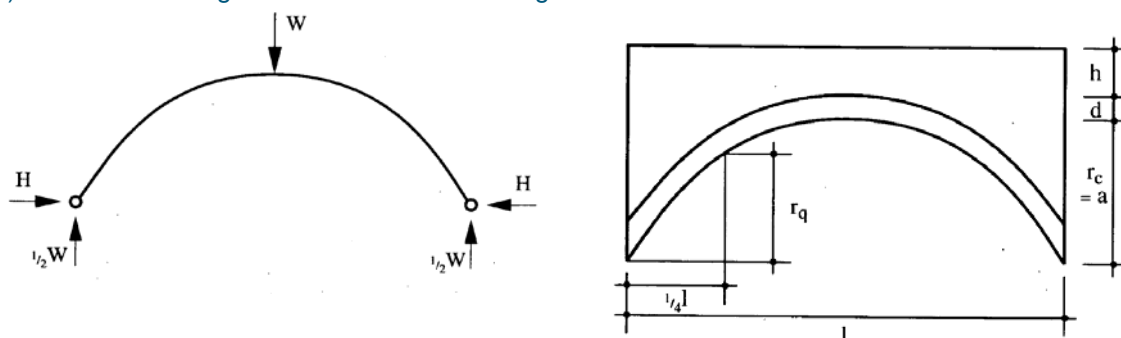
Een veel gebruikte beoordelingsmethode voor de classificatie van (metselwerk) boogconstructies is de MEXE-theorie (The Military Experimental Establishment). De theorie is gebaseerd op het werk van Pippard en Heyman die sinds de Tweede Wereldoorlog deze methode hebben geïntroduceerd. De MEXE-theorie is sindsdien de meest toegepaste beoordelingsmethode voor boogconstructies. De simpliciteit van de methode past bij de expertbeoordeling zodat de boogconstructies geclassificeerd worden. De methode kan worden gezien als een VO (voorontwerp) formule die beschreven is als: Empirische vergelijking van Britse origine voor het bepalen van de boogdikte 'd' voor een bovenbelasting 'W'. Op basis van de berekeningen uit spoor 1 zullen de resultaten uit de MEXE-theorie gekalibreerd worden, zodat de betrouwbaarheid van de beoordeling volgens deze methode verhoogd wordt.

Vergelijking 1: Bepaling van de toelaatbare bovenbelasting 'W' komt tot stand door de berekening van permanente belasting en buigende momenten in de kruin van de boog. Er is gebruikgemaakt van de volgende schematisatie en voornaamste aannames:

- de boog heeft een parabolische vorm (2D);
- de kruinbelasting hoeft niet de meest kritische belastingpositie te zijn;
- de vulling geeft enkel verticale belasting;
- het gewicht van de boog is gelijk aan het gewicht van de aanvulling;
- de druklijn moet binnen half de boogdikte liggen zodat een gelimiteerde druksterkte en een ongedefinieerde treksterkte geldt.

Stijfheidseffecten door constructieve elementen (steunwanden,-ribben, ankers, etc.) kunnen niet aan de capaciteitskant meegerekend worden.

Een zestal parameters is benodigd voor een eerste inschatting van de toelaatbare belasting met behulp van de MEXE-theorie. Dit betreffen de: overspanning (l), boogdikte (d), dikte van de aanvulling op de boog (h), steekhoogte t.o.v. de geboorte (a), druksterkte van het metselwerk (f) en het gewicht van de aanvulling (σ). In dit onderzoek is de dagmaat aangehouden als overspanning. Voor het soortelijk gewicht (σ) van de aanvulling is constant 18 kN/m<sup>3</sup> aangehouden.



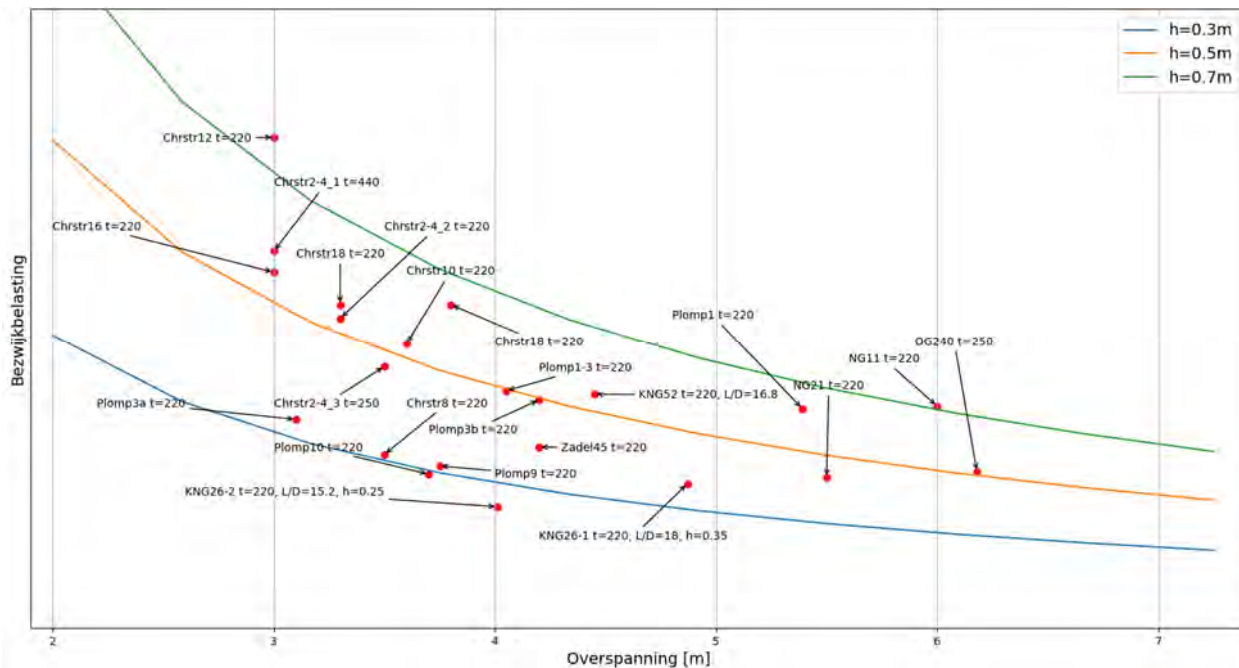
Vergelijking 1: Bepaling van de toelaatbare bovenbelasting 'W'

$$W = \frac{\left( \frac{256 f h d}{l} \right) + 128 \sigma l h \left( \frac{a}{28d} - \frac{1}{21} - \frac{h+d}{4a} \right)}{\left( \frac{25}{a} + \frac{42}{d} \right)}$$

De MEXE-theorie is vrij gevoelig voor de laagdikte van de *aanvulling* (h) bovenop de toog. Hoe kleiner de laagdikte van de aanvulling hoe lager de bezwijkbelasting. En dit werkt ook zo de andere kant op. De vergelijking van bezwijkbelastingen bepaald met de MEXE-theorie en met Plaxis voor drie metselwerk bogen uit het onderzoek in 's-Hertogenbosch staat in Bijlage A3. Daarnaast heeft de dikte van de metselwerk boog (d) grote invloed op de belastbaarheid.

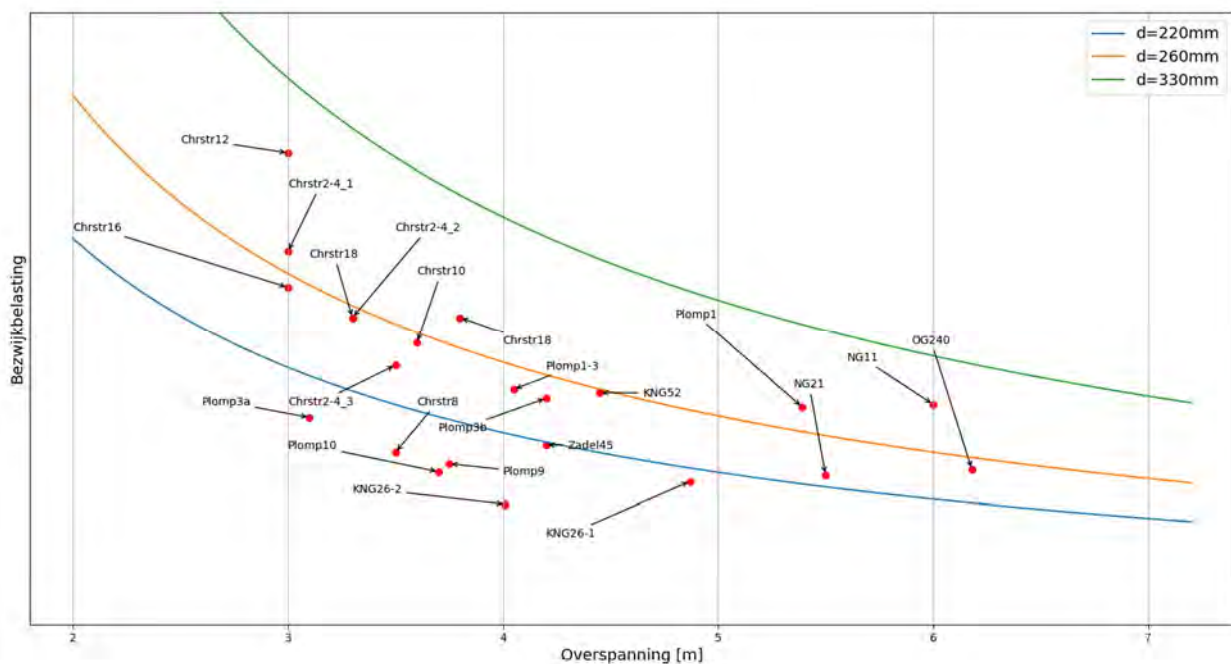
### Classificatie van Kelders op bezwijkbelasting met behulp van de MEXE-theorie

De verschillen in bezwijkbelasting (de y-as in de hiernavolgende figuren) is voor de kelders onderling bepaald met de invoerparameters uit de bureaustudies. Elk adres is met een afkorting en een pijl bij de betreffende bezwijkbelasting (rode punten) weergegeven. Daarbij is het effect van het variëren van de parameters in de MEXE-theorie met de drie gekleurde lijnen geplot. Hier zijn de drie grafieken steeds voor een overspanning van 2,0 tot 7,0 m geplot. In Figuur 15 is de dikte van de aanvulling gevarieerd. De overige parameters zijn nu niet gevarieerd en dus constant gehouden op: dikte boog d = 220mm, gemiddelde metselwerksterkte f<sub>k</sub> = 8,5N/mm<sup>2</sup>, steekhoogte hoogte a = 1,0m, gewicht aanvulling σ = 18kN/m<sup>3</sup>,



Figuur 15: Classificatie van de kelders en drie grafieken van de bezwijkbelasting afhankelijk van de overspanning en de dikte van de aanvulling op de boog.

In Figuur 16 de onderstaande grafiek is de **dikte** van de boog (gewelf) gevarieerd voor een één-steens, anderhalf-steens en twee-steens boog. De overige parameters zijn nu niet gevarieerd en dus constant gehouden op: dikte aanvulling  $h = 400\text{mm}$ , gemiddelde metselwerksterkte  $f_k = 8,5\text{ N/mm}^2$ , steekhoogte hoogte  $a = 1,0\text{m}$ , gewicht aanvulling  $\sigma = 18\text{kN/m}^3$ .

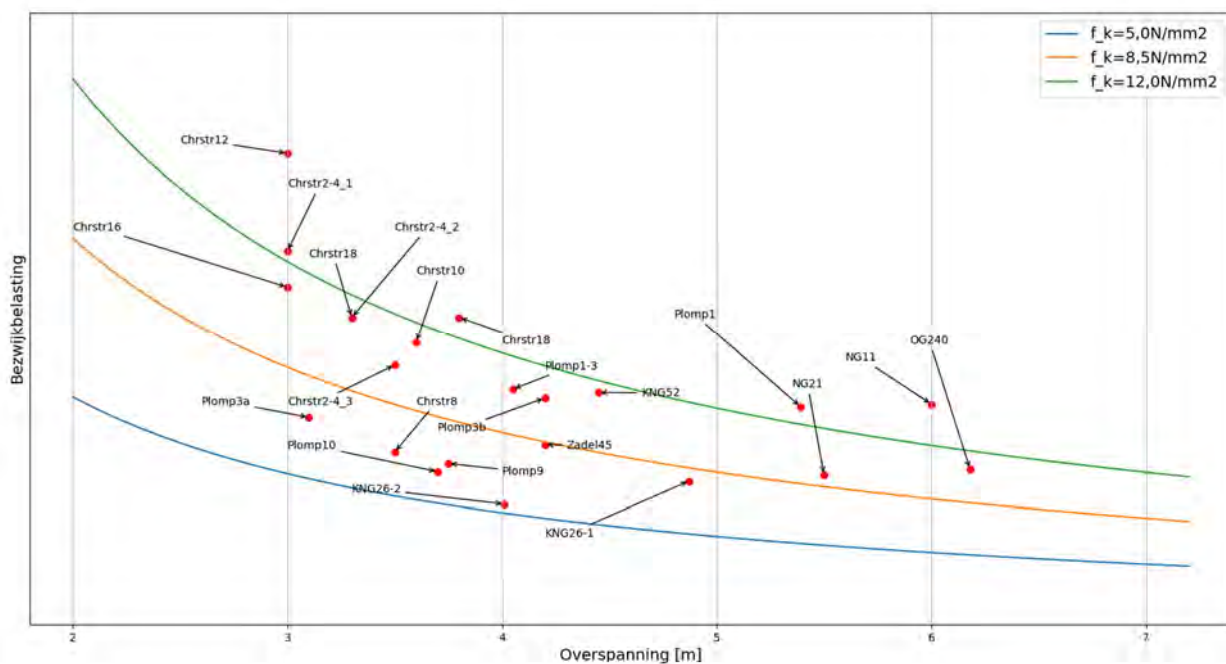


Figuur 16 Classificatie van de kelders en drie grafieken van de bezwijkbelasting afhankelijk van de overspanning en de dikte van de metselwerk boog.



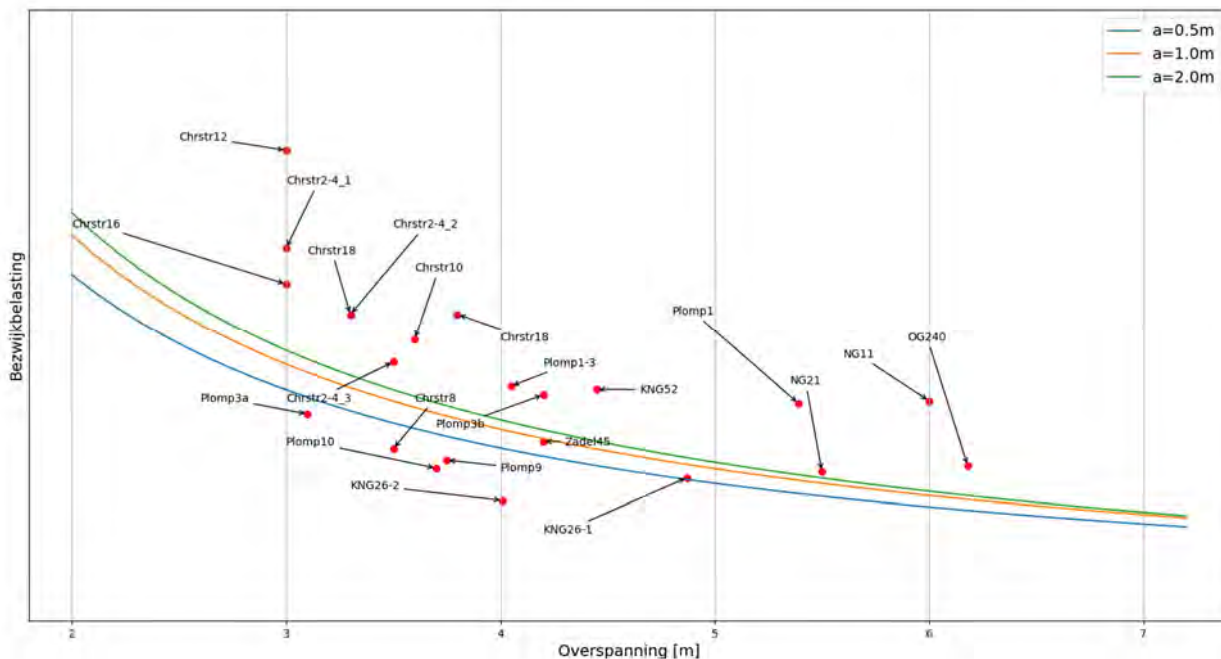
In Figuur 17 is de **druksterkte** van het metselwerk gevarieerd. De ondergrenswaarden van de karakteristieke druksterkte voor metselwerk met mortel is  $f_k$  5,0 N/mm<sup>2</sup>. Hierbij hoort de gemiddelde waarde van de druksterkte  $f_{m;a}$  8,5 N/mm<sup>2</sup>. Een hogere waarde (ongeveer 40%) dan de gemiddelde waarde is  $f_{a;a}$  12,0 N/mm<sup>2</sup>. De NPR stelt: "Als kleimetselwerk van voor 1945 van een duidelijk slechte kwaliteit is wat betreft: de kwaliteit van de mortel, veroudering van de mortel, vulling van de voegen, indeling en hechtingspatroon, wordt geadviseerd de gemiddelde waarden van de sterkte-, stijfheids- en breukenergie-eigenschappen met ca. 40 % te verlagen.

De overige parameters zijn nu niet gevarieerd en dus constant gehouden op: dikte boog  $d = 220$ mm, dikte aanvulling  $h = 400$ mm, steekhoogte hoogte  $a = 1,0$ m, gewicht aanvulling  $\sigma = 18$ kN/m<sup>3</sup>.



Figuur 17 Classificatie van de kelders en drie grafieken van de bezwijkbelasting afhankelijk van de overspanning en de druksterkte van het metselwerk.

In Figuur 18 zijn variaties in de **steekhoogte** van het gewelf onderzocht. De overige parameters zijn nu niet gevarieerd en dus constant gehouden op: dikte boog  $d = 220$ mm, dikte aanvulling  $h = 400$ mm, gemiddelde druksterkte metselwerk  $f_k = 8,5$ N/mm<sup>2</sup>, gewicht aanvulling  $\sigma = 18$ kN/m<sup>3</sup>. De MEXE-theorie blijkt minder afhankelijk te zijn van de steekhoogte (gemeten vanaf de geboorte van het gewelf). De mogelijke variaties in het **gewicht van de aanvulling  $\sigma$**  heeft een verwaarloosbaar effect op de MEXE-theorie en daarom is de variatie van deze parameter niet getoond.



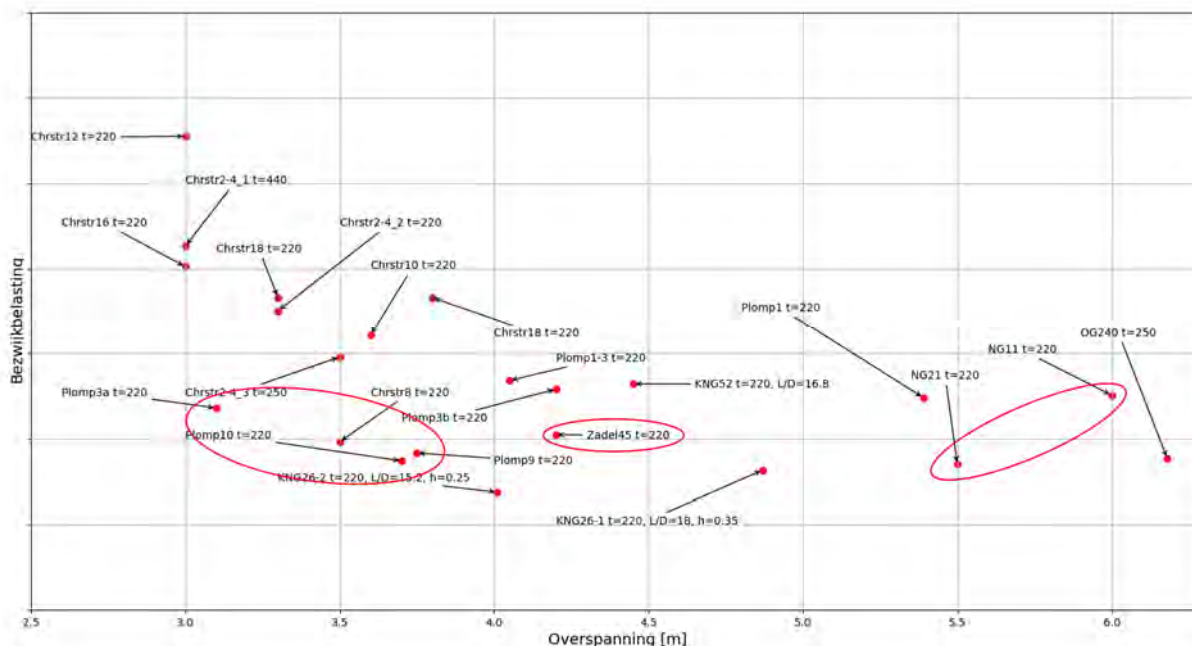
Figuur 18: Classificatie van de kelders en drie grafieken van de bezwijkbelasting afhankelijk van de overspanning en de steekhoogte.

## 4.2 Generieke schades

In deze paragraaf zijn de generieke schades beoordeeld met als onderbouwing de classificatie op bezwijkbelasting van de kelders met de MEXE-theorie.

### Type:I scheuren

De kelders van Nieuwegracht 11 en 21, Plompetorengracht 3A, 9 en 10 en Zadelstraat 45 vertonen scheuren van het Type:I, loodrecht op de rijrichting met als vermoedelijke oorzaak overbelasting. De tweede overeenkomst voor deze kelders (behalve Nieuwegracht 11) is de relatief dunne aanvulling bovenop het gewelf (0,3 - 0,4 m). Door een dunne aanvulling spreidt de verkeersbelasting minder waardoor een meer geconcentreerde (en dus hogere) belasting optreedt. De Nieuwegracht 11 heeft een aanvulling van ruim 0,6 m dikte. Parallel aan de scheur loodrecht op de rijrichting voor de Nieuwegracht 11 is een steunwand aanwezig, waardoor het vermoeden heerst dat hier de oorzaak ligt. Echter is het moment van aanbrengen van de wand en het moment van initiëren van de scheur onbekend. Figuur 19 geeft de resultaten van de classificering van de MEXE-theorie waar de betreffende kelders zijn omcirkeld. De kelders liggen laag in de grafiek, ten opzichte van de y-as (bezwijkbelasting).



Figuur 19: Laag geclassificeerde kelders met een relatief kleine aanvulling op de boog en Type:I scheuren volgens de bureaustudie.

Een drietal kelders KNG26-1, KNG26-2 en de Oudegracht 240 (OG240) liggen ook vrij laag in de grafiek. Echter is in de documentatie en tijdens de eerste uitgevoerde inspectie van de KNG26 aangetoond dat er plavuizen liggen op de deze kelders. Deze plavuizen zijn platte stenen met een dikte van 40 mm en zijn volledig in de mortel bovenop de metselwerk boog aangebracht. Dit zou een verklaring kunnen zijn dat deze kelders laag uit de classificering komen maar toch geen scheuren door overbelasting laten zien (Type:I).

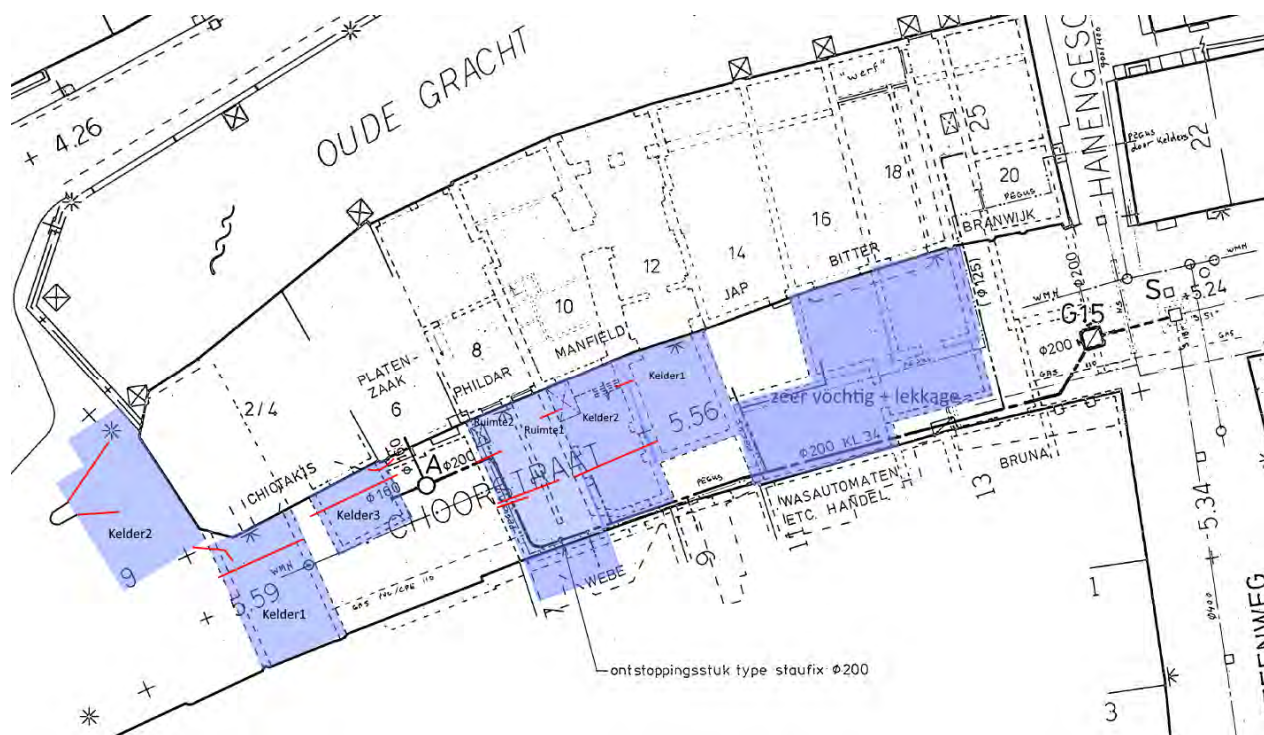
### Type:II scheuren

Dit type scheuren is aangetroffen voor de straat- en kluiskeiders. De drie werfkelders tonen dit type scheur niet.

Over een aaneenschakeling van kluiskeiders is scheurvorming Type:II aangetroffen aan de Plompetorengracht. De aanleiding van de scheurvorming is verschillend zettingsgedrag uit permanente belastingen. Dit kan als mogelijke oorzaken hebben:

1. demping van de gracht of verlaging van de waterstand van de gracht waardoor de kluismuur en een deel van de kelder instabiel is geworden en verzakt is in de richting van de gracht (het in tweeën knikken van de kelder);
2. uitbaggeren van de grachten waardoor de waterbodem van de gracht is verlaagd en de stabiliteit van de fundering op staal van de kluiswanden en kelders negatief wordt beïnvloed;
3. slappe grondlagen nabij of aan de grachtzijde waardoor lokale zettingen in de ondergrond optreden.

Ook voor een aaneenschakeling van straatkeiders in de Choorstraat is scheurvorming Type:II aangetroffen, zie Figuur 20. Omdat niet direct aan de Choorstraat een gracht ligt, is de oorzaak hier verschillend ten opzichte van de Plompetorengracht. De aanleiding voor de scheurvorming zal hier ook hoogstwaarschijnlijk verschillend zettingsgedrag uit permanente belastingen zijn.



Figuur 20: Schematische weergave van de scheurvorming (oriëntatie in locatie) in de kelders in de Choorstraat.

De kelders die de Type:II-scheurvorming laten zien, liggen allen niet laag in de grafiek van de classificering van de kelders op basis van de bezwijkbelasting. Dit bevestigt dat dit type schade niet door overbelasting komt.

### Type:III scheuren

Dit type scheur komt het vaakst voor bij de drie verschillende typen kelders. De aanleiding voor de scheurvorming zal net als voor Type:II een verschillend zettingsgedrag uit permanente belastingen zijn. De aanleiding van dit type scheur is beperkt tot lokale zettingen/zakkingsverschillen daar waar de Type:II scheuren over de gehele kelderconstructie optreden.

### Type:IV scheuren

Scheuren door verhinderde vervorming door de toevoeging van stijfheidselementen (steunwanden, -ribben, sparingen, etc.) zijn vermoedelijk voor de Nieuwgracht 11, Plompstorengracht 10 en verschillende kelders in de Choorstraat waargenomen. Dit type scheur treedt op in combinatie met een verhoogde permanente belasting (door zettingen) of door verkeersbelasting. De stijvere elementen trekken krachten naar zich toe. Het aangrenzende minder stijve element heeft onvoldoende capaciteit voor deze spanningstoename en scheurt.

### Vochtig metselwerk

Generieke vermoedelijke oorzaken van vochtig metselwerk zijn optrekkend vocht door de vloer of de landhoofden en lekkage door het metselwerk. De lekkage/vochtintreding van 'bovenaf' kan bijvoorbeeld komen door lekkage van de hemelwaterafvoer of door wateraccumulatie op de kelders. Dit in combinatie met geen of een niet-watertichte afwerklaag. Indien de kelder niet of niet voldoende geventileerd wordt, zal de vochtbalans toenemen. Het gevolg is dat het metselwerk verzadigd raakt waardoor de kwaliteit van het metselwerk achteruitgaat. Indien dit gepaard gaat met het uitvallen van de vulling van de voegen, degradatie van de indeling en het hechtingspatroon dan zal de (druk)sterkte van de metselwerk boog afnemen.



Een waterdichte laag op de toog heeft als functie water bovenop de toog af te voeren, zodat het niet het metselwerk van de toog bereikt. Echter zal de waterdichte laag de ventilatie van het metselwerk (meer) beperken. De combinatie waterdamp in een vochtige kelder of optrekkend grondwater met een waterdichte laag bovenop het gewelf en geen ventilatie onder de kelder is funest voor de duurzaamheid en de constructieve veiligheid van de constructie. Een waterdichte kelder dient altijd geventileerd te worden om de vochtbalans in de kelder zo laag als mogelijk te houden, zodat de kwaliteit van het metselwerk niet afneemt.

### 4.3 Gevolgen schades

In deze paragraaf zijn de gevolgen van de verschillende type scheuren en schades beschreven. De vraag 4: Zijn er schades in de kelders met gebreken aan te wijzen, die de potentiële sterkte van de kelder vermoedelijk significant verminderen en daarmee de belastbaarheid door verkeer? is kwalitatief beantwoord op basis van engineering judgement en de opgedane ervaring met het rekenen aan metselwerk boogconstructies. De resultaten uit spoor 1, waar het (mogelijk) negatieve effect van de schades op de bezwijkcapaciteit meegenomen kan worden, worden in de definitieve rapportage van de expertbeoordeling opgenomen.

Scheuren loodrecht op de rijrichting (Type:I): Beperking lastspreiding in de lengte richting en dus hogere belasting door verkeer. Craquelé van scheuren lijkt op het faalmechanisme pons dat lokaal grote gevolgen heeft voor de zeer beperkte lastspreiding.

Scheuren in de rijrichting (Type:II en III): Beperking lastspreiding in de breedte richting wat hoger belastingeffect door verkeer veroorzaakt. De scheur Type:II kan gezien worden als een langsvogel waar tegenaan gereden kan worden.

Type:II en III scheuren betreffen veelal scheuren met een grote scheurwijdte waardoor het risico op uitspoeling bestaat, hetgeen de belastbaarheid aanzienlijk verslechtert. De dikte van de aanvulling (h) komt als meest maatgevende parameter naar voren in de toepassing van de MEXE-theorie.

Indien de oorzaak van Type:II scheuren leidt tot instabiliteit van de kluismuur, zal dit grote gevolgen hebben voor de kelderconstructies waar instortingen mogelijk zijn. Dit is in het verleden al eens gebeurd voor de Drift (verlengde van de Plompstorengracht), zie 'Rapport kelders in het stadshart Utrecht, oktober 2020' door Stadsingenieurs Stadsbedrijven van de gemeente Utrecht. De monitoring van de kluis- en werfmuren kan op termijn met de schadebeelden worden vergeleken. Indien uit de monitoring grote verplaatsingen van de kluis- en werfmuren blijken, kunnen deze naast de schadebeelden van de kelders worden gelegd. Of andersom, indien Type:II en III scheuren waargenomen zijn, kunnen de monitoringsresultaten van de betreffende kluis- en/of werfmuren hierbij worden beoordeeld.

Langdurige verzadiging van het metselwerk kan leiden tot afname van de druksterkte van het metselwerk. Hierdoor is het mogelijk dat de kwaliteit van het metselwerk niet meer aan de ondergrenswaarden voor metselwerk uit de NPR998 voldoet. De drukboog is sterk afhankelijk van deze druksterkte van het metselwerk. Dit wordt bevestigd door het variëren van de druksterkte van het metselwerk in paragraaf 4.1.

#### Onderzoek spoor 1

De gevolgen van de schades zijn alleen kwalitatief beoordeeld, op basis van analytisch inzicht en ervaring (engineering judgement). Om de reductie van de bezwijkbelasting van de kelder ten gevolge van schades kwantitatief te kunnen bepalen, zijn berekeningen nodig. De reductie van de krachtsoverdracht in een boog met scheuren is nu onbekend en conservatief geredeneerd is er geen krachtsoverdracht door de scheur. Er is een niet-lineair verband tussen de belasting spreiding en de bezwijkbelasting. Ook is in de rapporten vaak niet gerapporteerd of de scheuren geheel door-en-door zijn. Indien dit niet het geval is, is (een groot deel van) de krachtsoverdracht nog mogelijk. Vochtig metselwerk of in het verleden vochtig geweest metselwerk heeft een onbekende negatieve invloed op de druksterkte. In de berekening van spoor 1 zal oordeelkundig met de metselwerkkwaliteit worden omgegaan.



## 5 Discussie

### 5.1 Onzekerheden in de beoordelingen

Een regulier gehanteerde aanpak voor het beoordelen van constructies of metselwerkconstructies valt of staat bij de beschikbaarheid en vervolgens de betrouwbaarheid van de informatie. De beschikbare informatie is zodoende regulier in drie categorieën in te delen, namelijk:

Bouwkundige informatie; die informatie over de geometrie, leeftijd, ver-/herbouwingen, materialen en dergelijke beschrijft.

Inspectiedocumentatie; die de staat (en dus schades) van het object beschrijft.

Omgevingsfactoren; die de belastingen op het object beschrijft, in het verleden, nu en in de toekomst. Bijvoorbeeld variabele belastingen (verkeer) en permanente belastingen (zettingen).

In veel gevallen is de bouwkundige informatie onbekend of enkel afgeleid uit inspectiedocumentatie. Een groot aantal kelders benodigd aannames na het uitvoeren van de bureaustudie. Daarbij is het onbekend aan welke (verkeers)belastingen de kelders onderworpen zijn geweest en nu en in de toekomst worden. Voor een deel van de kelders zijn enkel inspectierapporten uit 2008 beschikbaar. Er is een risico aanwezig bij het gebruik van verouderde inspectierapporten. Het is onduidelijk of de schades verergerd of hersteld zijn. Hoe ouder de inspectieresultaten, hoe groter het risico. Dit komt onder andere doordat de kans op het passeren van zwaar verkeer aanwezig is.

### 5.2 Invloed berekeningsresultaten spoor 1 op de constructieve beschouwing

De invloed van de berekeningsresultaten uit spoor 1 op de constructieve beschouwing wordt in de definitieve rapportage van de expertbeoordeling opgenomen. Een belangrijk doel is om de MEXE-theorie te kalibreren aan de berekeningsresultaten van de sommen uit spoor 1. Deze sommen kunnen een groot aantal effecten beoordelen waar de MEXE-theorie nu alleen de kelders classificeert op basis van de bezwijkbelasting. Deze effecten betreffen:

- effect naastgelegen kelders;
- gevolg fundatieniveau +0,5 m of 0,0 m NAP voor belastbaarheid;
- maatgevendheid van belastingspositie 1 (symmetrisch in de top) ten opzichte van een niet-symmetrisch belaste boog, bijvoorbeeld belastingspositie 2;
- effect scheurvorming op spreiding verkeersbelasting (kwantitatieve reductie);
- effect beperkte spreiding verkeersbelasting op de belastbaarheid;
- scheurvorming door verkeersbelasting in de BGT (met als uitgangspunt de materiaaleigenschappen voor het metselwerk conform de NPR9998);
- BGT-sommen voor scheurvorming door verkeer met de theoretische minimale aslastbeperking van 3 ton;
- bezwijkbelasting (UGT) waar aan de MEXE-theorie gekalibreerd gaat worden;
- effect reductie druksterkte metselwerk op de bezwijkbelasting;
- beoordelen meerekenen dikke plavuizen (platte steen 40mm dik) bij de metselwerkdoorsnede;
- mogelijk optreden van het faalmechanisme pons.

Indien er aanleiding is, worden bepaalde gevoeligheden onderzocht in de berekeningen in spoor 1. Ook worden in spoor 1 inspecties naar de staat en geometrie van zes kelders uitgevoerd. Dit vergroot de betrouwbaarheid van de beoordeling van deze kelders.

De MEXE-theorie gaat uit van een symmetrische boog belast in de top. De berekeningen uit spoor 1 worden voor verschillende belastingsposities uitgevoerd. De berekeningen uit spoor 1 betreffen belasting gestuurde berekeningen waar de belasting uit het tandem stelsel (2 assen h.o.h. 1,2m) en een verdeelde verkeersbelasting bestaat.

Afhankelijk van het type berekening (BGT of UGT) zal een reductiefactor  $\alpha_{c20}$  uit de oplegde belasting voortkomen. De belasting in het rekenmodel inclusief veiligheidsfactoren (dynamisch en belastingfactor) vermenigvuldigd met de reductiefactor ( $Q_{1b} = \alpha_{c20} \times Q_1$ ) worden vervolgens vergeleken met de rekenwaarden ( $Q_{1b}$ ) uit de Tabel B.2 van de NEN8701 kolom 4 zodat hier een bijbehorend bord C20 uit volgt.

**Tabel B.2 — Reductiefactoren  $\alpha_{c20}$  voor de karakteristiek belasting bij gebruik van bord C20**

$\alpha_{c20}$	bord C20 (ton)	bord C20 (kN)	$Q_{1b}$ per as (kN)	$Q_{2b}$ per as (kN)
1,000	12	120	300	200
0,773	<b>10</b>	<b>100</b>	232	155
0,668	<b>9</b>	<b>90</b>	200	134
0,569	<b>8</b>	<b>80</b>	171	114
0,477	<b>7</b>	<b>70</b>	143	95
0,391	<b>6</b>	<b>60</b>	117	78
0,310	<b>5</b>	<b>50</b>	93	62
0,236	<b>4</b>	<b>40</b>	71	47
0,168	<b>3</b>	<b>30</b>	50	34

Het schalen van de MEXE-theorie aan de berekeningsresultaten spoor 1 zal mogelijk een verticale verschuiving in het classificeren van de kelders veroorzaken. Het is mogelijk dat dit gunstig of ongunstig uitpakt verschillend per kelder. De classificering geeft een duidelijk beeld van verschillen op basis van de bezwijkbelasting maar is vóór het schalen van nog onder voorbehoudt.

### Pons (faalmechanisme)

Indirect wordt pons gecontroleerd, aangezien in het metselwerk ook een schuifsterkte zit en lastposities in het midden van de brug bekeken wordt. Pons is bij gebruikelijke metselwerkdiktes (groter dan éénsteens) voor metselwerk bogen onwaarschijnlijk. Bij dunne bogen (éénsteens of halfsteens) speelt pons mogelijk wél een rol, dit in combinatie met een dunne aanvulling op de boog. Het advies is het uitvoeren van extra sommen voor het faalmechanisme pons, indien de resultaten in spoor 1 hier aanleiding voor geven. Dit zou aanvullend op de 'Aanpak beoordelen metselwerk boogbruggen 's-Hertogenbosch zijn'. Echter is de verwachting dat de kelderconstructie met de dunste boog en dunste aanvulling op de boog wel het faalgedrag door pons laat zien.

## 5.3 Representativiteit van de scope voor een grotere groep kelders

De gemeente stelt het volgende in de uitvraag spoor 2: "Voor zekerheid over de sterkte van de gehele scope (ca. 850 kelders) in hun huidige staat is een expertbeoordeling (spoor 2) en een modelberekening van de sterkte van enkele kelders (spoor 1) niet voldoende". Daarbij is statistisch gezien de steekproef van 16 kelders in deze scope zeker onvoldoende om over het geheel, bestaande uit verschillende typen kelders uitspraak te doen. Per straat verschilt het aantal beoordeelde kelders sterk. Meer kelders in eenzelfde straat leidt tot een beter beeld van de situatie met bijbehorende aslastbeperking. Als een groot percentage van de kelders schade vertoont, vermoedelijk door overbelasting, is het mogelijk een uitspraak over het verkeersregime te doen.

Is er na de beoordeling van een te klein deel van de kelders (lees <40% ten opzichte van het totaal in de straat) geen schade door overbelasting aangetroffen, dan is het niet mogelijk met voldoende betrouwbaarheid een uitspraak over het verkeersregime te doen. Omdat onbekend is in welke staat de niet-beoordeelde kelders zijn en deze wel eens maatgevend kunnen zijn. Indien het aantal te beoordelen kelders laag is (lees <40% ten opzichte van het totaal in de straat), is het enkel mogelijk een uitspraak te doen over de belastbaarheid van de onderzochte kelders en niet over die van de andere kelders of het verkeersregime in de straat.

## 6 Bevindingen/aanbevelingen

### 6.1 Bevindingen

De uitgevoerde analyse van schades en scheuren in combinatie met de kwalitatieve classificatie van de draagkracht met behulp van de MEXE-theorie heeft tot nieuwe bevindingen geleid. Door de uitgevoerde expertbeoordeling kan de groep “kelders in behoorlijke staat met niet ongunstige geometrie” toegevoegd worden aan de twee voorgestelde groepen uit de uitvraag spoor 2. Vervolgens zijn de zestien kelders verdeeld in deze drie groepen in Tabel 11. In aanvulling op de uitvraag is een derde groep kelders toegevoegd.

Onder ongunstige geometrie vallen de volgende grove geschatte geometrische eigenschappen:

- éénsteens boog (<220mm) in combinatie met een grote overspanning (> 5 m);
- éénsteens boog (<250mm) in combinatie met een aanvulling op de boog van kleiner dan 0,4 m.

#### Verdeling in drie groepen:

1. Kelders in behoorlijke staat met een relatief ongunstige geometrie.
2. Kelder met aanzienlijke gebreken/schades.
3. Kelders in behoorlijke staat met niet ongunstige geometrie.

Onder aanzienlijke gebreken wordt verstaan: scheuren loodrecht op de rijrichting en craquelé (Type:I), water-/zand voerende scheuren voornamelijk Type:II, uitvallen metselwerk, instabiliteit uit het vlak, zettingen/zakkingen kluismuur (verplaatsingen +5mm, vaak Type:II scheuren) , verkleiing stenen (zacht worden).

Tabel 11: Verdeling kelders over drie groepen op basis van de schades uit de beschikbare inspectierapportages.

Groep 1	Groep 2	Groep 3
Kromme Nieuwegracht 26-1	Kromme Nieuwegracht 26-2	Choorstraat 2-4 (kelder 2)
Choorstraat 8	Kromme Nieuwegracht 52	Choorstraat 12
Oudegracht 240	Choorstraat 2-4 (kelder 1)	
	Choorstraat 2-4 (kelder 3)	
	Choorstraat 10	
	Choorstraat 16-18 (kelder1-4)	
	Nieuwegracht 11	
	Nieuwegracht 21	
	Plompstorengracht 1	
	Plompstorengracht 3A	
	Plompstorengracht 3B	
	Plompstorengracht 9	
	Plompstorengracht 10	
	Zadelstraat 45	

### Toelichting bij Tabel 11

Groep 1:

De resultaten van de sommen uit spoor 1 kunnen nieuwe inzichten geven in de belastbaarheid van de typen constructies. Zo zouden kelders met vooraf gedachte ongunstige geometrie (bijv. dunne aanvulling op gewelf) minder maatgevend kunnen zijn dan nu uit de MEXE-theorie volgt of andersom.

Groep 2:

Indien de aangetroffen schades Type:II en III hersteld zijn en de constructie een nieuw evenwicht heeft gevonden, zal de betreffende kelder(s) niet meer tot groep 2 behoren en in groep 3 terecht kunnen komen.

Groep 3:

De classificatie op basis van de MEXE-theorie en de schadebeelden uit de beschikbare gegevens laten zien dat deze kelders geen gebreken hebben en niet maatgevend zijn op basis van de geometrie.

### Inventarisatie scheuren

Er zijn overeenkomende schadebeelden gevonden voor verschillende kelders qua locatie en/of geometrie. Tabel 12 geeft het overzicht van kelders met de aanwezigheid van het type scheur (scheurcodering paragraaf 3.3), aangegeven met een 'X' indien aangetroffen in de beschikbare documentatie.

Tabel 12: Overzicht gedocumenteerde scheuren per kelder met scheurcodering volgens Figuur 7 uit paragraaf 3.3.

Adres	Type kelder	Type:I	Type:II	Type:III	Type:IV
Kromme Nieuwegracht 26	Kluiskeider		X	X	X
Kromme Nieuwegracht 52	Kluiskeider		X	X	X
Choorstraat 2-4-kelder1	Straatkeider		X	X	X
Choorstraat 2-4-kelder2	Straatkeider				X
Choorstraat 2-4-kelder3	Straatkeider		X	X	X
Choorstraat 8	Straatkeider		X	X	
Choorstraat 10	Straatkeider		X	X	
Choorstraat 12	Straatkeider				
Oudegracht 240	Werkkeider			X	
Choorstraat 16-18 (4 ruimtes)	Straatkeiders	De scheuren zijn niet goed te zien/inspecteren			
Nieuwegracht 11	Werkkeider	X			X
Nieuwegracht 21	Werkkeider	X		X	
Plompetorengracht 1	Kluiskeider		X	X	
Plompetorengracht 1-3	Kluiskeider				
Plompetorengracht 3-A	Kluiskeider	X	X	X	
Plompetorengracht 3-B	Kluiskeider		X		
Plompetorengracht 9	Kluiskeider	X	X	X	
Plompetorengracht 10	Kluiskeider	X	X	X	X
Zadelstraat 45	Straatkeider	X	X	X	



Scheuren Type:I zijn voor alle type kelders aangetroffen. Type:I is voor de kelders met een relatief dunne aanvulling op het gewelf gevonden en in combinatie met een steunwand (Type:IV).

Scheuren Type:II zijn in de bureaustudie aangetroffen voor de kluis- en straatkelders (niet voor werfkelders). Voor de Plompetorengracht zijn vijf kelders beoordeeld. De generieke oorzaken van schades zijn beoordeeld in paragraaf 4.2 en staan beschreven in Tabel 13.

Schade Type:III komt bij de meeste kelders van alle drie de typen kelders voor en heeft als aanleiding lokale verzakking verplaatsingen van de ondergrond.

In het geval van een scheur Type:IV is het niet op te maken uit de beschikbare documentatie of de scheur aanwezig was vóór het aanbrengen van de wand onder de boog of dat de wand eerder aanwezig was vóór het optreden van de scheur. De betreffende schade zal altijd veroorzaakt moeten zijn in combinatie met een verandering van permanente belasting of verkeersbelasting.

Het onderzoeksdoel voor de beantwoording van de vragen 2 en 3 (uit paragraaf 3.2), hebben de volgende plausibele oorzaken, aanleidingen, gebeurtenissen en gevolgen. Doorgaans is de werkelijke oorzaak of combinatie van oorzaken van de schades Type:II en Type:III niet aan te wijzen. Vervolg onderzoek naar de oorzaak zal de oorzaken kunnen afwegen en mogelijk kunnen uitsluiten. Hier zal de oplossingsrichting uit voortkomen om schades in de toekomst te beperken of zelfs te voorkómen.

Tabel 13 Onderzoeksdoel voor de beantwoording van de vragen 2 en 3.

Oorzaak →	Aanleiding →	Gebeurtenis →	Gevolg
Verandering waterstand gracht	Instabiliteit fundering op staal van de kluismuur en kelderconstructie	Verzakking kluismuur en kelder	Scheuren in de wanden (en gewelf) in de rijrichting (Type:II en/of Type:III)
Niet handhaven aslastbeperking	Passeren zwaar verkeer	Belasting hoger dan capaciteit	Scheuren loodrecht op de rijrichting. Pons/radiaal vormige scheuren (craquelé) (Type:I)
Uiteenlopende bouwfases (uitbreidingen)	Niet gelijke en gelijktijdige grondbelasting	Verschil zettingen	Scheuren in de rijrichting (Type: II en/of Type:III)
Variërende grondgesteldheid	Niet gelijk zettingsgedrag	Verschil zettingen (van een deel van de kelder)	Vaak scheuren geïnitieerd in de wanden (Type:III)
Uitbaggeren van grachten	Zakking waterbodempcil	Zakking kluismuur (en deel kelder)	Scheur over gehele gewelf in de rijrichting (Type:II)
Onbekende verantwoordelijkheid voor beheer en onderhoud	Slecht/niet onderhouden van de kelderconstructie	Degradatie van metselwerk	Schade/degradatie (uitvallende voegen, vocht)

### Choorstraat

De gerapporteerde scheuren in de kelders in de Choorstraat uit de scope zijn niet primair aan overbelasting toe te kennen. De scheuren zijn alle parallel aan de rijrichting en dus niet loodrecht op de rijrichting. De 2-tons aslastbeperking inclusief de bekende overschrijdingen van de verkeersbelasting lijkt daardoor toelaatbaar in dit deel van de Choorstraat (tussen de Stadhuisbrug en de kruising met de Steenweg). Dit beeld is dus verkregen uit het hoge aantal beoordeelde kelders in deze straat.

Daarbij zijn in de lengteprofielen (zie paragraaf 2.3) de hoogten van de kelders ten opzichte van het straatniveau ingezien. Hieruit is opgemaakt dat, op basis van de aanvulling op de bogen, de kelders in de scope maatgevend zijn.

### **Plompetorengracht**

De gerapporteerde scheuren in de kelders (5 stuks) in de Plompetorengracht uit de scope zijn voor een deel door overbelasting veroorzaakt. De kelders met een relatief dunne aanvulling bovenop de boog laten scheuren loodrecht op de rijrichting zien met als oorzaak overbelasting. De 2-tons aslastbeperking inclusief de bekende overschrijdingen van de verkeersbelasting lijkt daardoor niet toelaatbaar in de Plompetorengracht (oost- en westzijde). Hier resteert dan de vraag: is in het verleden (incidenteel) zwaar verkeer dat niet bij een 2-tons lastbeperking hoort de kelders in de straat gepasseerd? Indien het beantwoorden van deze vraag niet mogelijk is, kan oordeelkundig met een gekalibreerde MEXE-theorie de bezwijkbelasting bepaald worden. De kelders uit deze straat zitten namelijk alle niet in spoor 1.

### **Overige straten**

De resterende straten zijn de Kromme Nieuwegracht, Nieuwegracht, Oudegracht en de Zadelstraat. Over het verkeersregime in deze straten kan nu geen betrouwbaar oordeel worden gegeven. Een beoordeling van een groter aantal kelders in deze straten is nodig om een meer generiek beeld te krijgen. Er kan wel gesteld worden dat de kelder van het adres Zadelstraat 45 duidelijke schade vertoont die bij overbelasting hoort. Dit is ook de enige kelder uit de scope waar een hogere aslastbeperking van 8 ton geldt. Dit is met de huidige inzichten te hoog en zal verlaagd moeten worden.

### **Bevindingen invloed parameters op de bandbreedte van de bezwijkbelasting**

Een bevinding van de analyse met behulp van de MEXE-theorie is dat de dikte van de aanvulling op de boog een belangrijke parameter is omdat deze een relatief grote invloed heeft op de resultaten. Dit is goed te beredeneren doordat de aanvulling op de boog voor spreiding van de bovenbelasting zorgt en de stabiliteit van de boog verhoogt door het verruimen van het grondlichaam. Hiernaast zijn de dikte van de metselwerk boog en de druksterkte van het metselwerk maatgevende parameters voor het bepalen van de bezwijkbelasting volgens de MEXE-theorie.

Met de huidige inzichten is het aannemelijk dat het bijbehorende verkeer bij een aslastbeperking van 2-ton de kelders veilig kan passeren. Met de huidige inzichten is het risico op schade/scheuren door de nu geldende aslastbeperking van 2-ton laag. Echter, dit is nu niet kwantitatief te beoordelen. Hier zijn de resultaten van de BGT-sommen uit spoor 1 nodig. Door het ontbreken van fysieke beperkingen of het handhaven voor het passeren van (incidenteel) zwaar verkeer, heeft vermoedelijk schade door overbelasting opgetreden waardoor sommige kelders niet meer in een behoorlijke staat zijn. Een aslastbeperking door het C20 bord (NEN8701 bijlage Tabel B.2) van 3 ton, wat is gesteld als een minimum voor de beveiliging tegen overbelasting, gaat uit van een  $Q_{1b} = 50$  kN per as (dus totaalgewicht voor het tandem stelsel van 100 kN). Vermoedelijk volgt hier uit dat de meeste kelderconstructies aan dit door de NEN8701 gestelde minimum voldoen maar hier resteert de vraag ik welke staat de kelder blijft.

## **6.2 Aanbevelingen**

Het kalibreren van de MEXE-theorie is voor dit onderzoek een belangrijke aanbeveling. Vervolgens kan met een classificatie op basis van de gekalibreerde MEXE-theorie, de schades en de aslastbeperking een risicogestuurde prioritering conform de CUR124 voor een grotere groep kelders uitgevoerd worden. Hierin zal een verdeling van de kelders nodig zijn, afhankelijk van de hoeveelheid beschikbare gegevens per kelder. Binnen deze verdeling zullen kelders die laag scoren op draagkracht met schade, vermoedelijk door overbelasting, als risicovol naar voren komen. Andersom, zijn kelders zonder schade en met een relatief hoge draagkracht minder risicovol. Hiertussen is een overgangsgebied.

Het onderzoek naar een voldoende aantal kelders zoals voor de Plompetorengracht en de Choorstraat (tussen de Stadhuisbrug en de kruising met de Steenweg) het geval is, leidt tot het vinden van generieke schadebeelden en een inschatting van het verkeersregime per straat.

De aanvulling bovenop de boog zorgt voor belastingspreiding en heeft invloed op de draagcapaciteit van een kelderconstructie. Het waarborgen van deze aanvulling is van belang voor het behoud van de draagcapaciteit van de kelders.

Het vergroten van de draagkracht van de kelders is mogelijk door maatregelen aan de buiten-/bovenzijde van de kelder. Het vergroten van de aanvulling bovenop de boog is vermoedelijk een effectieve versterkingsmaatregel, omdat er extra belastingspreiding en stabiliteit aan de bestaande kelderconstructie wordt toegevoegd. De extra permanente belasting op de constructie zal niet opwegen tegen het positief effect op de draagkracht, onder de voorwaarden van kleine overspanningen en het vergroten van de aanvullingen tot 0,3 m. Hier zal logischerwijs in acht genomen moeten worden of dit mogelijk is met de aangrenzende wegindeling, woningen en grachten. Een tweede maatregel voor het vergroten van de draagkracht is de dikte van de boog vergroten door op de metselwerkboog een nieuw boog te metselen of een betonnen schil aan te brengen. Deze ingreep bevordert ook de waterdichtheid van de kelder. Een overkluizing, betonnen plaat over één of meerdere kelders kan de boogconstructie ontlasten door de verkeersbelasting direct naar de landhoofden af te dragen. Deze aanbevelingen zijn (aanvullend op de uitvraag) op verzoek van de gemeente gedaan.

## 7 Verklarende woordenlijst

De onderstaande tabel bevat geen absolute definities van begrippen maar is een beschrijving van de in Utrecht gehanteerde benamingen met een beschrijving van de daarbij meest voorkomende situaties. Hoewel getracht wordt bij de beschrijvingen om een volledig beeld te geven van de verschillende verschijningsvormen moet opgemerkt worden dat ook hier de uitzondering de regel vormt. Als voornaamste bron is hier het document: Kelders in het stadshart Utrecht – Ontleding van de middeleeuwse haven en zijn begrippen (oktober 2020) voor geraadpleegd.

Begrip	Definitie
Estriken	Kleine plavuizen. Deze worden soms aangetroffen als vloerafwerking in de kelders.
Gewelf	Een gewelf is een gebogen schaalvormige bouwconstructie voor het vrij overdekken van een ruimte, die vooral in kerken, kelders, kasteelzalen of bruggen toegepast wordt. [Wikipedia]
Gewelfanker	Een verankering van de werfmuur of kluismuur . Dit type anker loopt tot halverwege de kelder door en is verankerd in het keldergewelf. Gewelfankers zijn soms zichtbaar in de kelder en zijn dan vaak met krammen en ankernagels in het gewelf aangebracht. Er zijn ook gewelfankers toegepast die boven op de gewelven zijn aangebracht
Kluiskeider	Een kelder die haaks op de gracht ligt en toegang geeft tot de kelder van de achter gelegen woning. Deze kelders danken zijn naam aan de kluismuur die de afsluiting van de kelder vormt en direct grenst aan de grachtzijde.
Kluismuur	De muur die een werfkelder afsluit die direct aan de gracht grenst. Om verder verval tegen te gaan heeft de gemeente vanaf de jaren '50 een deel van de kluiswuren vervangen.
Kruin	De top van de boog. Voor de kruin- of steekhoogte is doorgaans de dagmaat genomen: hoogte geboorte tot de top van de boog (binnenzijde).
L-wand	Een betonconstructie in de vorm van een L waarbij de lange zijde op de grond ligt en de korte zijde opstaat.
Nieuwe Gracht	Bij de aanleg van een tweede gracht in de stad Utrecht tussen 1390 en 1393 kreeg deze de naam Nieuwe Gracht en kreeg de bestaande gracht de naam Oude Gracht. De Nieuwe Gracht bestaat uit de huidige Nieuwegracht, Kromme Nieuwegracht, Drift en Plompetorengracht. Voor de juiste aanduiding van deze gracht dient de naam dan ook aan elkaar geschreven te worden.
Nieuwegracht	Het gedeelte van de historische Nieuwe Gracht lopende van Servaasbrug bij het Zocherpark tot de Plompetorenbrug. De gracht is verdeeld in rakken lopende van zuid naar noord, beginnend bij rak 16 en eindigend bij rak 20.
Op-staal	Een (water)bouwkundige benaming die wordt gebruikt voor een fundering die is opgebouwd op de oorspronkelijke (draagkrachtige) bodem. Deze funderingswijze kenmerkt zich doordat een gemetselde wand bij de bodem stapsgewijs wordt verbreed, de zogenaamde versnijding.
Oude Gracht	Bij de aanleg van een Nieuwe Gracht evenwijdig aan de reeds bestaande gracht kreeg de bestaande gracht de naam Oude Gracht. Deze aanduiding wordt niet meer gebruikt, de tegenwoordige spelling is Oudegracht aan elkaar geschreven.
Oudegracht	De huidige benaming van de gracht die loopt van de Zandbrug aan de noordzijde van de stad tot aan de Bijlhouwersbrug. De gracht is verdeeld in rakken lopend van rak 1 in het noorden tot rak 15 in het zuiden.
Plavuizen	Vloerafwerking die wordt aangetroffen in kelders. Plavuizen zijn traditioneel ook gebruikt als afdeklaag op de meestal steens uitgevoerde gewelfboog. Zie ook estriken.
Plompetorengracht	Een gedeelte van de Nieuwe Gracht lopende van de Driftbrug tot de Plompetorenbrug en vormt het laatste rak in de stad, rak 26. De Plompetorengracht werd in 1392 samen met de Nieuwegracht, de Kromme Nieuwegracht en de Drift gerealiseerd, waarschijnlijk om de ontwatering van het gebied te verbeteren als voorbereiding op de aanleg van de bebouwing.
Spuwer	Een natuurstenen waterafvoer die er voor zorgt dat het water dat zich aan de straatzijde verzameld door de muur wordt afgevoerd richting de gracht. Vanuit het gebruik wordt onderscheid gemaakt tussen een straatspuwer en een gewelfspuwer.
Stadsverwarming	Om de woningen te voorzien van warmte zijn deze in een aantal gevallen aangesloten op de stadsverwarming. Aangezien er doorgaans te weinig ruimte tussen de weg en de gewelven aanwezig was om deze leidingen aan te brengen zijn deze vaak door de keldergewelven aangebracht. Minder in gebruik zijnde (kluis)kelders worden ook gebruikt als tussenstation voor deze stadsverwarming.

Steunbeer	Een steunbeer (of contrefort) is een massieve plaatselijke verzwaring van het muurwerk om dit te versterken en de zijdelingse druk of spatkrachten van de op de muur rustende gewelven, luchtbogen of kappen op te vangen en naar de fundering af te voeren. Steunberen zijn toegepast bij kademuuren (of blinde keermuren aan een werf ) aan de buitenzijde van de muur.
Steunwand	In dit verband wordt hiermee de muur bedoeld vanaf de fundering tot de geboorte van de werfkelder waarop het gewelf is gebouwd. De steunmuur is over het algemeen breed en in verband gemetseld en dient er voor om de spatkrachten uit het keldergewelf op te vangen. In sommige gevallen is deze steunmuur tegen de boog aan gemetseld als steun, en rust het gewelf dus niet op deze muur. In dit geval is de steunwand ook wel steunrib genoemd.
Straatkelder	Een straatkelder is een bijzondere vorm van een werfkelder, en staat haaks op de bestrating. De straatkelders zijn voor zover bekend hetzelfde opgebouwd als werf- en kluiskeiders maar zijn door hun ligging tussen twee woningen niet zichtbaar. Doordat deze kelders zich wel onder de openbare weg liggen maar het zicht hierop niet aanwezig is, is deze groep kelders een bijzondere risicogroep van de kelders onder de openbare weg. Een bijzondere vorm van een straatkelder is een kelder die zich bevinden tussen een pand en een brug. Om deze bijzondere tussenvorm, tussen een brugkelder en een straatkelder te duiden wordt deze een pleinkelder genoemd.
Toog	De toog, ook wel <i>gewelf</i> of <i>boog</i> , is de gekromde overspanning van de kelderconstructie. Ook wel steekhoogte genoemd, met de als hoogte van de steekhoogte de hoogte van af de geboorte van de boog tot in de kruin van de boog.
Uitslag	In dit verband een tekening van de werfkelder waarvan de omtrek van de kelder in een vlak is uitgetekend.
Verband	In de bouwkunde wordt onder verband verstaan het ten opzichte van elkaar laten verspringen van verbindingsnaden. Dit wordt gedaan om "breuklijnen" te voorkomen. Het wordt onder andere gebruikt bij metselwerk en bestratingen met tegels of bakstenen, bij het leggen van laminaat en bij het monteren van plafondplaten. Het verband zorgt voor een steviger samenhang tussen de verschillende delen.
Walmuur	De keerconstructie (kleine kademuur) die grenst aan de gracht en het zand en de bestrating van de achterliggende werf keert. Deze keerconstructie is historisch uitgevoerd als een houten beschoeiing, later uitgevoerd in steen en is in tegenstelling tot de werfmuren steeds gefundeerd op palen. Vanaf de jaren '50 zijn deze grootschalig vervangen door betonnen muren op houten palen of betonnen damwanden met beton en metselwerk afgewerkt. Momenteel is een grote vervanging van de walmuren in uitvoering waarbij de stenen walmuren op houten palen worden vervangen door een stalen damwand met schort (bij brede werven) of door een palenwand met schort (bij smalle werven).
Werkkelder	Een kelder die haaks op de gracht ligt en toegang geeft tot de huiskelder van de achter gelegen woning. Deze kelders danken zijn naam aan de werfmuur die de afsluiting van de kelder vormt aan de werfzijde.

## 8 Referenties

- PIPPARD, A. J. S., TRANTER, E. & CHITTY, L. (1936). The mechanics of the voussoir arch. J. Instn Civ. Engrns, 4, pp. 281-306.
- PIPPARD, A. J. S. & ASHBY, K. J. (1938). An experimental study of the voussoir arch. J. Instn Civ. Engrns, 10, pp. 383-404.
- PIPPARD, A. J. S. & CHITTY, L. (1941). Repeated load tests on a voussoir arch. Proc. Instn Civ. Engrns, 17, pp. 79-86.
- PIPPARD, A. J. S. (1948). The approximate estimation of safe loads on masonry bridges. Civ. Engrn in War, Instn Civ. Engrns, 1, pp. 365-372.
- PIPPARD, A. J. S. (1951). A study of the voussoir arch. Natnl Bldg Studies Res. Paper 11, HMSO, London.
- PIPPARD, A. J. S. (1952). Studies in elastic structures. E. Arnold, London, pp. 276-320.
- PIPPARD, A. J. S. & BAKER, J. (1968). The analysis of engineering structures. E. Arnold, London, pp. 385-403.



## Appendix

### A1 Proces

Het proces om te komen tot een expertoordeel over de belastbaarheid van de kelders en de daaraan hangende vragen is een traject voorzien waarin de volgende stappen worden doorlopen:

Tabel 14: Proces en planning van het traject opgesteld door de opdrachtgever.

	Datum deadline	Proces of product
Opstellen concept offerte spoor 1 en 2		conceptoffertes
Project kick-off	17 oktober 2020	digitaal overleg
Opstellen definitieve offertes en opdracht	n.t.b.	definitieve offertes
Opdrachten	n.t.b.	opdrachten
Voortgangsoverleggen	2 wekelijks	digitaal overleg
Expertoordeel voorlopig	december 2020, week 50	Adviesrapportage voorlopig
Expertoordeel definitief	april 2021, week 16	Adviesrapportage bijgesteld

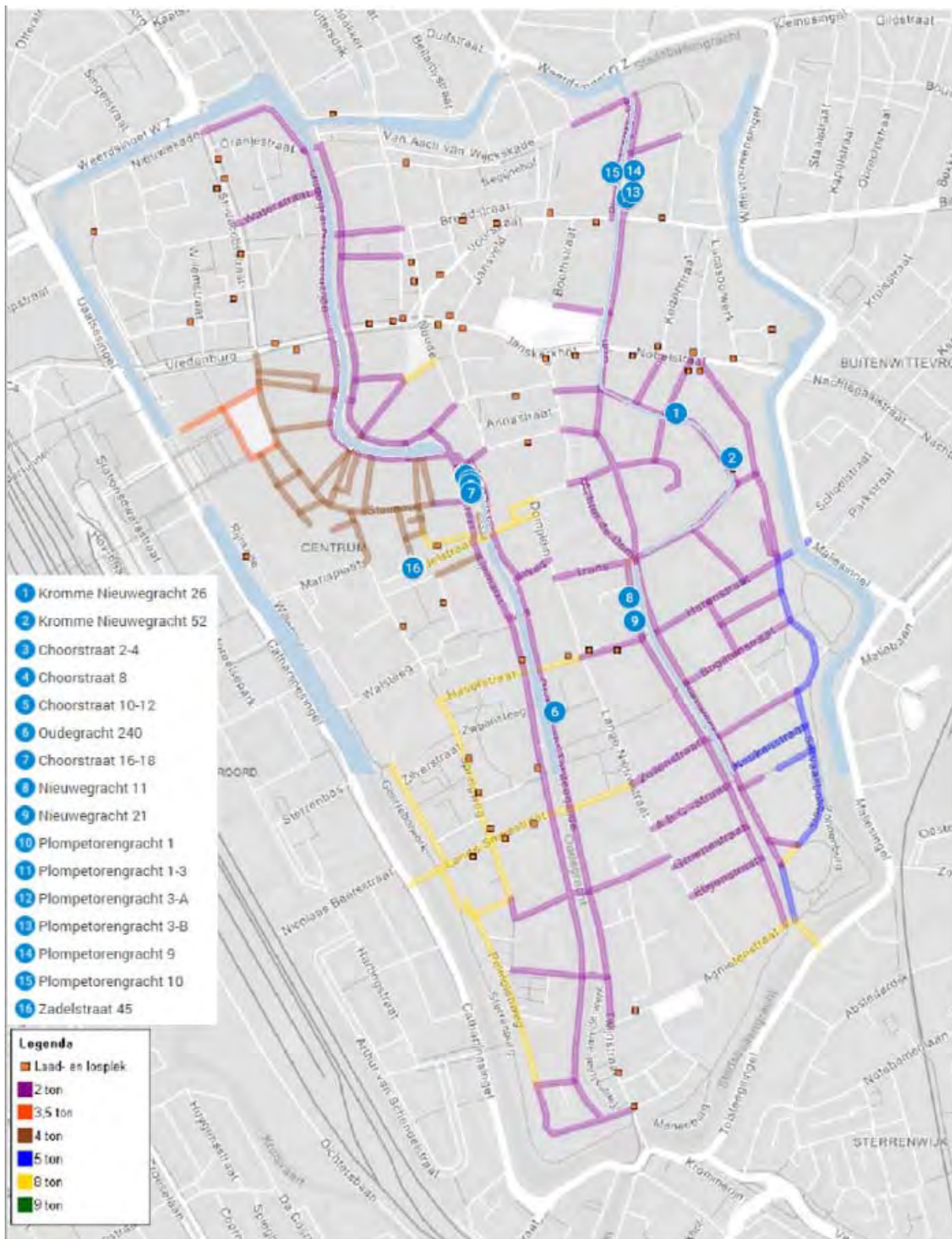
#### Voortgangsoverleggen

Twee wekelijks zijn voortgangsoverleggen georganiseerd voor de drie adviseurs, de gemeente en eventueel externe specialisten op het vakgebied metselwerkconstructies. In Bijlage A1 staat een overzichtstabel van de aanwezige participanten tijdens de voortgangsoverleggen. Voorafgaand aan de voortgangsoverleggen hebben afstemmingsoverleggen met de drie partners plaats gevonden (dus zonder GU).

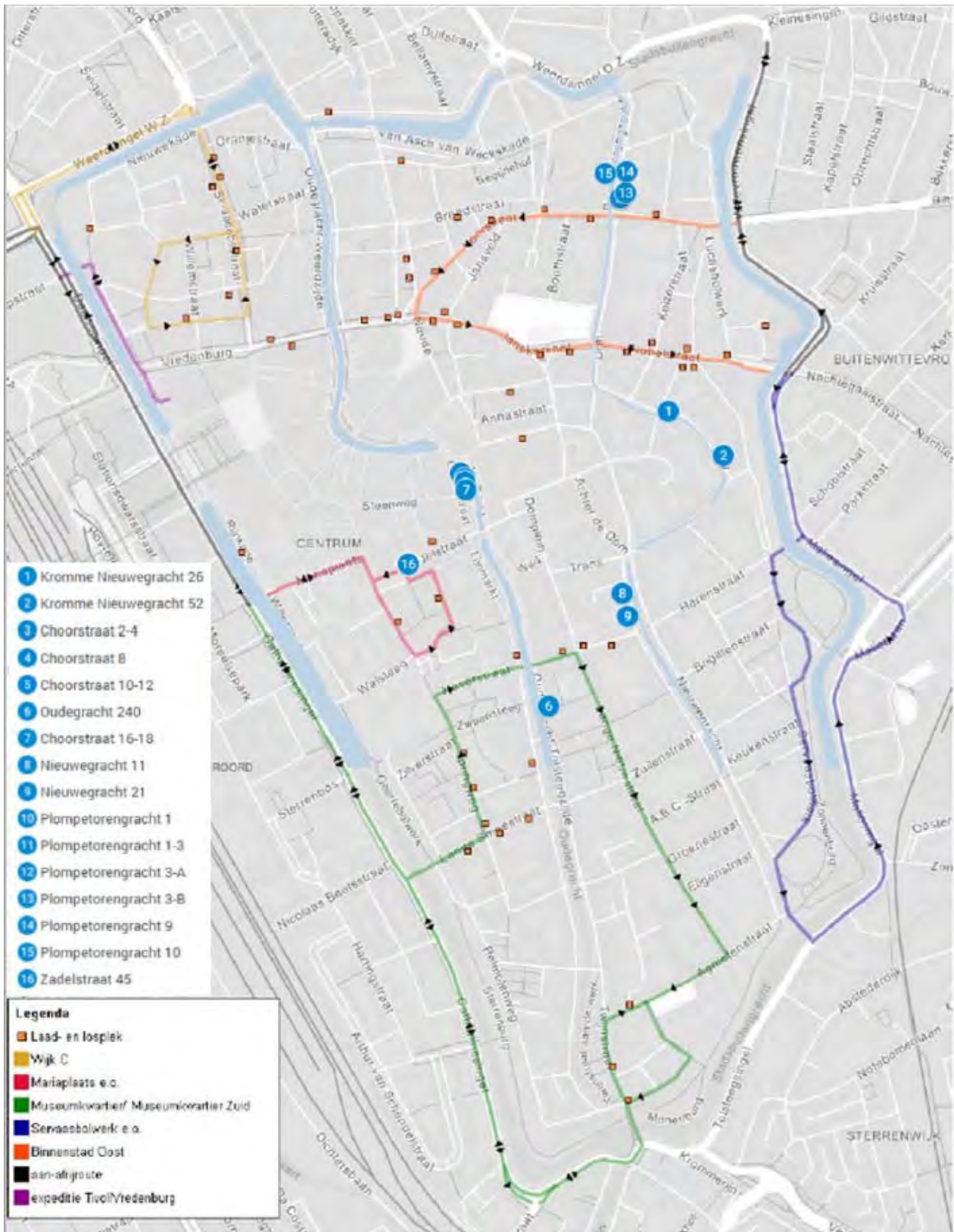
Gemeente Utrecht	Extern	RHDHV	WB	Antea
Vooroverleg vanuit de gemeente Utrecht op vrijdag 16 oktober 2020				
Frank van der Zanden, Project manager	Jerry Roos, Constructeur Ingenieurs Amsterdam	Carlos Genders, Project manager	Frank Linthorst, Project Leider	Jack Post, Project Leider
Wouter Akkermans, Adviseur		Thomas Harrewijn, Constructeur	Auke de Wit, Business unit manager	Jos Rozema, Project Leider
Jitske Kuperus, Adviseur				
Gert Ploeg, Adviseur				
Carst Hoppenbrouwer, Adviseur				
Shirley Smith, Adviseur				
Voortgangsoverleg 1 (digitaal) op donderdag 26 november 2020				
Frank van der Zanden, Project manager		Carlos Genders, Project manager	Frank Linthorst, Project Leider	Jack Post, Project Leider

Wouter Akkermans, Adviseur		Thomas Harrewijn, Constructeur	Shima Reyhani Sanavi, Constructeur	Klaas Pacha, Sr. Adviseur
Jitske Kuperus, Adviseur		Rob Vergoossen, Sr. Constructeur		
		Rob van der Sman, Sr. Constructeur		
		Carolina Lantinga-Vermeulen, Constructer		
Voortgangsoverleg 2 (digitaal) op donderdag 10 december 2020				
Frank van der Zanden, Project manager	Jan Rots, Hoogleraar TUDelft	Carlos Genders, Project manager	Frank Linthorst, Project Leider	Jack Post, Project Leider
Wouter Akkermans, Adviseur		Thomas Harrewijn, Constructeur	Shima Reyhani Sanavi, Constructeur	Klaas Pacha, Sr. Adviseur
Eelke van den Boogaard, Programma manager		Rob Vergoossen, Sr. Constructeur	Michelle Longo, Constructeur	Thijmen Jasper Focks, Constructeur
Voortgangsoverleg 3 (digitaal) op donderdag 22 december 2020				
Frank van der Zanden, Project manager	Jan Rots, Hoogleraar TUDelft	Carlos Genders, Project manager	Frank Linthorst, Project Leider	Jack Post, Project Leider
Wouter Akkermans, Adviseur	Jerry Roos, Constructeur Ingenieurs Amsterdam	Thomas Harrewijn, Constructeur	Shima Reyhani Sanavi, Constructeur	Thijmen Jasper Focks, Constructeur
Eelke van den Boogaard, Programma manager		Rob Vergoossen, Sr. Constructeur		
Jitske Kuperus, Adviseur				
Gert Ploeg, Adviseur				

## A2 Aslastbeperkingen en ontsluitingsroutes zwaar(der) verkeer in het centrum van Utrecht





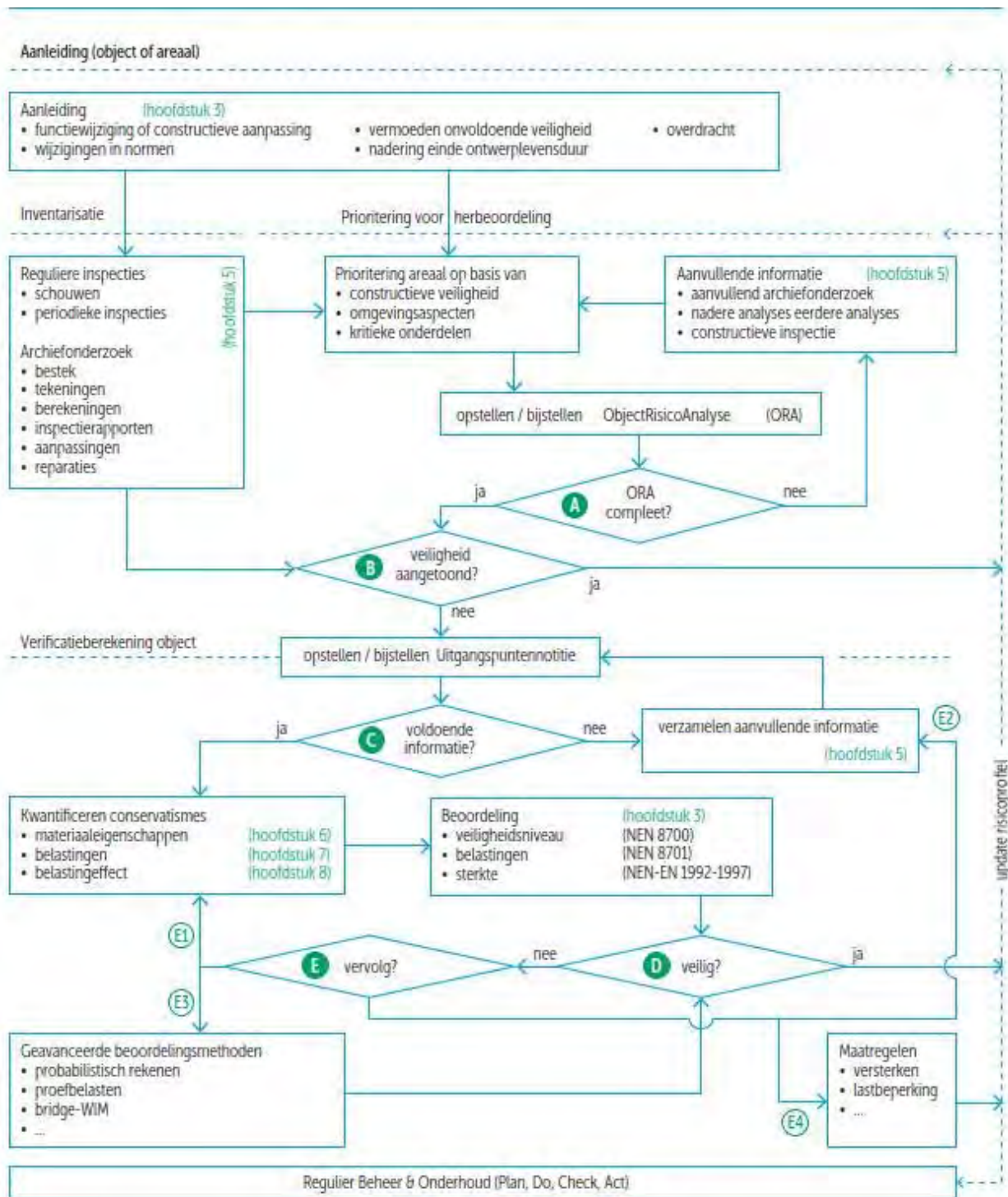


### **A3      Achtergrondinformatie onderzoek 's-Hertogenbosch**

*Achtergrondinformatie m.b.t. onderzoek in 's-Hertogenbosch is op aanvraag beschikbaar.*



## A4 CUR 124 - Stappenplan voor de prioritering en beoordeling van bestaande bruggen en viaducten



## A5 CUR 124 Bijlage 3 - Registratie constructieve schades (voor metselwerk)

3. Metselwerk		
Scheurenmetselwerk	<ul style="list-style-type: none"> <li>Visueel zichtbare vervormingen in het vlak en loodrecht op het vlak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aanwezige scheuren in oppervlak (scheurpatroon)</li> <li>Vastlegging schadelocaties en reparaties op inspectie-/constructietekening inclusief relevante detaillering en doorsnede</li> <li>vastlegging diepte scheuren in constructie</li> <li>Locatie aanwezige bomen en beplating vastleggen</li> <li>Mogelijke lekkagepunten vastleggen</li> <li>Is metselboogconstructie goed opgesloten?</li> <li>Is metselwerkconstructie verankering?</li> <li>Vastlegging schadelocatie op inspectie-/constructietekening met een nauwkeurigheid van 10 cm</li> <li>Is metselwerkboog volledig aanwezig en ononderbroken (geen doorsnijding door bv K&amp;L) t.b.v. krachtsoverdracht</li> <li>vastleggen op foto's (onderdeel algemeen + overzicht + detail)</li> </ul>
Vervorming metselwerk	<ul style="list-style-type: none"> <li>Visueel zichtbare vervormingen (uitbuiken)</li> <li>Afkloppen oppervlak rondom mogelijke scheurvorming parallel aan het oppervlak</li> <li>Optreden lekkage</li> <li>Losdrukken aanwezige wand op toogconstructie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oppervlak afgedrukte metselwerk</li> <li>Locatie aanwezige bomen en beplating vastleggen</li> <li>Mogelijke lekkagepunten vastleggen</li> <li>Is metselboogconstructie goed opgesloten</li> <li>is metselwerkconstructie verankerd</li> <li>vervorming vaststellen</li> <li>aanwezigheid reparaties in metselwerk</li> <li>Vastleggen op foto (onderdeel algemeen + overzicht schade + detail).</li> <li>Vastlegging schadelocaties en reparaties op inspectie-/constructietekening inclusief relevante detaillering en doorsneden</li> </ul>
Oppervlakteschade metselsteen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afschilvering/afpoederen en afgebrokkeld metselwerk</li> <li>Aanwezigheid mossen/planten et cetera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oppervlak aangetast metselwerk</li> <li>Mogelijke lekkagepunten vastleggen</li> <li>Vervorming vaststellen van afgedrukt/verplaatst metselwerk</li> <li>Vastleggen op foto (onderdeel algemeen + overzicht schade + detail).</li> <li>Vervorming vaststellen vervangen door oppervlakteschade vaststellen.</li> </ul>
Desintegratie mortel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afgedrukte voegmortel</li> <li>Afgedrukte metselmortel</li> <li>Overige schadebeelden/ reactieproducten specifiek voor mortel</li> <li>Aanwezigheid kalkuitbloei</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oppervlak en diepte afgedrukte voegmortel/metselmortel</li> <li>Locatie aanwezige bomen en beplating vastleggen</li> <li>Mogelijke lekkagepunten vastleggen</li> <li>Aanwezigheid reactieproducten (kalk, etringietvorming)</li> <li>Vastleggen op foto (onderdeel algemeen + overzicht schade + detail).</li> <li>Vastlegging schadelocatie op inspectie-/constructietekening met een nauwkeurigheid van 10 cm</li> </ul>