



Kelders Wervengebied Utrecht

**Inventarisatie en overzicht oorzaken van
schades aan kelders**

projectnummer 0413927.128
definitief revisie 5.0
28 januari 2022

Kelders Wervengebied Utrecht

Inventarisatie en overzicht oorzaken van schades aan kelders

projectnummer 0413927.128

definitief revisie 5.0
28 januari 2022

Auteurs

A.R. Gerritse
T.S. Jaspers Focks
T. Harrewijn
W. Nobel

Opdrachtgever

Gemeente Utrecht
Stadsplateau 1
3521 AZ UTRECHT

Gecontroleerd:

S. Reyhani Sanavi
F. Linthorst
J. Post
C. Genders

datum
28 januari 2022

beschrijving
definitief

vrijgave
J. Post



Managementsamenvatting

Utrecht staat bekend om het historische centrum met de werfkelders langs de grachten. De werven vallen geheel onder het Rijksmonument 'Stadsbinnengrachten en werven'. Een deel van de werfkelders is beschermd als onderdeel van een Rijksmonumentaal pand. In dit complexe gebied is in de loop van de tijd door verschillende oorzaken schade ontstaan. De gemeente Utrecht is verantwoordelijk om het wervengebied samen met de overwegend private eigenaren te behouden. Om de veiligheid, erfgoed en functionaliteit te borgen en passend beleid te voeren is kennis nodig van de technische staat van de kelders.

Vraagstelling en doel

Om de kennis van de kelders te verhogen hebben de ingenieursbureaus Antea Group, Royal HaskoningDHV en Witteveen+Bos in 2020-2021 gezamenlijk onderzoek uitgevoerd naar de kelders. Dat onderzoek is uitgevoerd in drie sporen.

Spoor 1: Volledige constructieve analyse (verificatieberekening) van kelders bij 6 adressen op basis van archiefgegevens, visuele inspecties en technische onderzoeken. Binnen dit onderzoek is de (rest)sterkte van de kelders bepaald.

Spoor 2: Beoordelen van de belastbaarheid door verkeer van 16 kelders op basis van expert judgement, om een indicatie te krijgen van de (rest)sterkte van de kelders.

Dit rapport betreft spoor 3: De aanleiding hiervoor ligt in de raadsbrief schade oorzaken en financiële vertaling bewijsvermoedens werven Utrecht van 8 juni 2021. Daarin is verwoord, dat het onderzoek door Royal Haskoning/DHV, Antea Group en Witteveen +Bos nog niet was afgerond en dat het beeld van mogelijke schade oorzaken nog kon wijzigen. Met dit derde spoor wordt het onderzoek voltooid. Hiervoor is een inventarisatie uitgevoerd en een overzicht gemaakt van schades en mogelijke oorzaken.

Aanpak

Overzicht schades en oorzaken

Om inzicht te krijgen in de oorzaken van de opgetreden schades aan kelders heeft de gemeente Utrecht inspectierapportages beschikbaar gesteld van 70 kelders. Op basis van deze rapportages en de onderzoeksresultaten uit spoor 1 en 2 is een overzicht opgesteld van de opgetreden schades en de mogelijke oorzaken daarvan. Dit overzicht is aangevuld met alle beschikbare gegevens van de desbetreffende kelders: geometrie, constructietype, aslastbeperkingen etc.

Beschrijving van de mogelijke oorzaken

Om de individuele schadegevallen generiek te beschrijven, zijn de schadebeelden gecategoriseerd, beschreven en mogelijke oorzaken uiteengezet. Hierbij is aansluiting gezocht bij de eerder uitgevoerde analyses (spoor 2).

Conclusie

Overzicht schades en oorzaken

In het overzicht met schades en mogelijke oorzaken zijn 6 typen schades onderscheiden. Bij deze schades zijn 18 mogelijke oorzaken benoemd. De aangetroffen schades in de kelders bestaan vaak uit een combinatie van verschillende type schades. Veel voorkomende schades zijn scheuren in het metselwerk en door vocht aangetast metselwerk. Een bepaald type schade kan zijn veroorzaakt door één oorzaak of door meerdere oorzaken. Het overzicht is weergegeven onder paragraaf 3.2.7.

Inhoudsopgave

Blz.

Managementsamenvatting	1
1 Inleiding	1
1.1 Algemeen	1
1.2 Vraagstelling en doel	1
1.3 Aanpak	2
1.4 Leeswijzer	2
1.5 Aan project gerelateerde documenten	3
2 Inventarisatie	4
2.1 Algemeen	4
2.2 Opbouw kelderconstructie	4
2.3 Systeemdecompositie	5
2.4 Functies	5
3 Generieke schadebeoordeling	7
3.1 Algemeen	7
3.2 Generieke beschrijving schades & oorzaken	7
3.2.1 Scheuren	8
3.2.1.1 Mogelijke oorzaken zakking en/of verschilzetting	14
3.2.2 Voegwerk	14
3.2.3 Falen verankering	15
3.2.4 Vocht- en vorstschade	15
3.2.5 Ingewerkte constructie	16
3.2.6 Herstelschade	17
3.2.7 Overzicht schades & oorzaken	18
4 Conclusie	19

1 Inleiding

1.1 Algemeen

De stad Utrecht staat bekend om het historische centrum met werfkelders langs de binnengrachten onder de openbare weg. De ca. 1000 Utrechtse kelders zijn gebouwd sinds de middeleeuwen. De bouw van de eerste kelders is gestart in de twaalfde eeuw, kort na het graven van de Oudegracht.

Met zijn vele gangenstelsels is het wervengebied een complex gebied dat door verschillende oorzaken in de loop der tijd schade heeft opgelopen. Het is de verantwoordelijkheid van de gemeente Utrecht om samen met de overwegend private eigenaren, het wervengebied te behouden. De wervenstructuur valt in zijn geheel onder het Rijksmonument Stadsbinnengrachten en Werven. Een deel van de kelders is beschermd als onderdeel van een Rijksmonumentaal pand.

Om de veiligheid, de functionaliteiten het behoud van het erfgoed beter te kunnen waarborgen en hier een passend beleid op te kunnen voeren, dient de kennis m.b.t de sterkte en technische staat van de kelders te worden verhoogd.

Gezamenlijk hebben Antea Group, Royal HaskoningDHV en Witteveen+Bos onderzoek uitgevoerd naar de belastbaarheid van de metselwerk kelders in de historische binnenstad. Dit onderzoek is opgedeeld in verschillende sporen. Hierbij is binnen spoor 1 [D.11] de belastbaarheid van 6 kelders onderzocht middels verificatieberekeningen op basis van inspecties, technische onderzoeken en archiefgegevens. Binnen spoor 2 [D.2] van het project is een expertbeoordeling uitgevoerd naar de belastbaarheid van 16 kelders door verkeer, met als doel een beter beeld te krijgen van de (rest)sterkte van de kelders.

Om meer handvatten te bieden bij het herstel en behoud van de beschadigde kelders, wordt binnen voorliggend rapport verder ingegaan op de aangetroffen schades, de oorzaak en indien mogelijk de veroorzakers van de schades. Er wordt hierbij gebruik gemaakt van de opgedane kennis in de reeds uitgevoerde onderzoeken.

1.2 Vraagstelling en doel

In de uitvraag van de gemeente Utrecht is gevraagd een document op te stellen dat voor de gemeente Utrecht en andere betrokken partijen een overzicht van typen schades en mogelijke oorzaken kan bieden. De opgedane kennis en ervaring dient toegankelijk te worden gemaakt, zodat dit als hulpmiddel kan dienen bij het gericht uitvoeren van onderzoek op locatie per rak/straat naar schades, de oorzaak of oorzaken van opgetreden schades en het uitwerken van varianten voor kostenverdeling.

1.3 Aanpak

De stappen welke worden doorlopen, zijn onderstaand uiteengezet en beschreven. De benoemde stappen zijn overgenomen uit de uitvraag en zullen tevens de inhoud van het rapport vormen.

Stap 1: Beschrijving van de schades

Als basis voor het opstellen van dit document wordt gebruik gemaakt van 70 inspectierapportages opgesteld door Iv-Infra. Uit de inspectierapportages worden alle schades overgenomen en verwerkt in een overzichtstabel.

Stap 2: Beschrijving van de mogelijke oorzaak

Om de individuele schadegevallen generiek te beschrijven, wordt gebruik gemaakt van de schade analyse uit spoor 2, de expertbeoordeling.

In deze analyse zijn de schadebeelden van 16 beoordeelde werfkelders gecategoriseerd, beschreven en zijn de mogelijke oorzaken uiteengezet. Deze analyse wordt gedurende het proces uitgebreid, indien de tabel niet toereikend blijkt.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 1 betreft de inleiding van het rapport. In hoofdstuk 2 is ingegaan op de mate waarin een bepaald bouwdeel aan de functies van de kelder bijdraagt. Om hier inzicht in te kunnen geven, is eerst de opbouw van de kelders gegeven. Vervolgens is de constructie opgedeeld in onderliggende elementen en bouwdelen en zijn de functies per bouwdeel gedefinieerd.

In hoofdstuk 3 is ingegaan op de mogelijke oorzaken van de schades. Dit hoofdstuk geeft handvatten voor het eenduidig beschrijven en formuleren van de oorzaken van de schades. In dit hoofdstuk is een overzichtstabel gegeven met een generieke beschrijving van alle aangetroffen schades. Vervolgens worden in hoofdstuk 4 de conclusies gegeven.

1.5 Aan project gerelateerde documenten

Voor het opstellen van dit document is gebruik gemaakt van de onderstaande documenten.

Document	Uitgave	Ref
Rapport kelders in het stadshart Utrecht	d.d. oktober 2020	[D.1]
Spoor 2 - Expertbeoordeling	d.d. 31 augustus 2021	[D.2]
CROW-CUR aanbeveling 124:2019, Constructieve veiligheid, bestaande bruggen en viaducten van decentrale overheden	d.d. september 2019	[D.3]
NEN 2767-1:2011 + C1:2013 nl - Conditie meting van bouw- en installatiedelen - Deel 1: Methodiek	d.d. 1 december 2013	[D.4]
Handboek Inspectie metselwerk, Conform CUR-aanbeveling 117	d.d. november 2017	[D.5]
Scheurvorming bij metselwerk (1), zijn scheuren zorgwekkend	d.d. 2016	[D.6]
CIRIA C865, Masonry arch bridges: condition appraisal and remedial treatment	d.d. 2006	[D.7]
UIC, Guide for execution and control of repairs, maintenance, and replacement of existing masonry	d.d. maart 2020	[D.8]
UIC, Catalogue of Damages in masonry arch bridges	d.d. januari 2020	[D.9]
Spoor 1 - Belastbaarheid van de kelders in het Utrechtse wervengebied Samenvatting van het onderzoek	d.d. 09-2021	[D.10]
Aslastbeperkingen in de historische binnenstad https://www.utrecht.nl/wonen-en-leven/verkeer/goederenvervoer/voertuigbeperkingen-en-goederenvervoerroutes	d.d. 15-10-2021	[D.11]

2 Inventarisatie

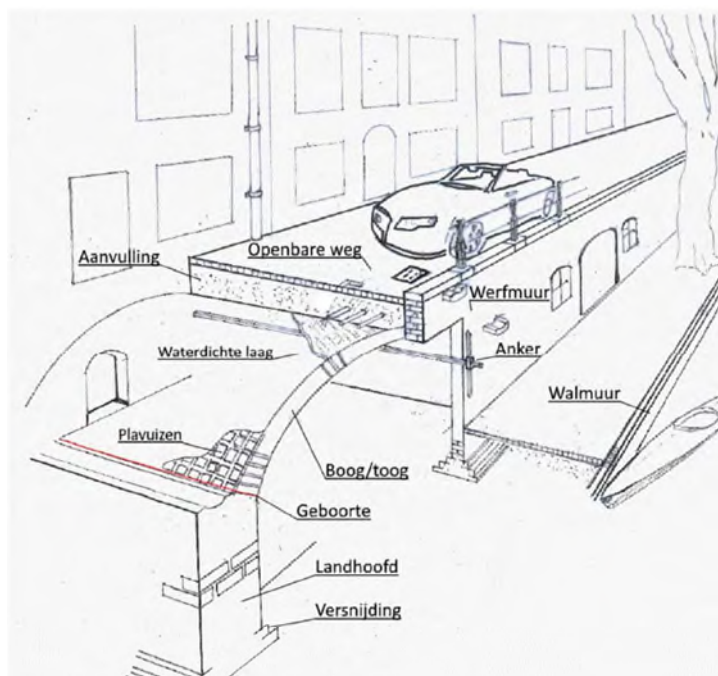
2.1 Algemeen

De historische kelders zijn gebouwd in de middeleeuwen. De werven hadden de functie van een haven. De werfkelders werden gebruikt voor de gelijkvloerse af- en aanvoer van goederen van de kade naar de huiskelder via doorgangen tussen de werf en het pand, welke in het begin uit smalle tunnels bestonden. Naarmate de tunnels breder werden, werden de kelders tevens ook gebruikt als opslag. Tegenwoordig worden diverse kelders nog steeds gebruikt als opslag, daarnaast hebben verscheidene kelders een commerciële functie gekregen. In dit document zijn enkel kelders in beschouwing genomen, welke onder de openbare weg in Utrecht zijn gelegen. Kelders onder panden vallen buiten de scope van dit onderzoek, doordat de gemeente Utrecht niet betrokken is bij het onderhoud hieraan.

Of een bepaalde schade op een specifieke locatie aanvaardbaar is, is afhankelijk van verschillende beoordelingsaspecten. In dit hoofdstuk is ingegaan op de mate waarin een bepaald onderdeel van de constructie bijdraagt aan de verschillende kelderfuncties. Om dit te kunnen bepalen, is eerst een opbouw van de kelderconstructie gegeven.

2.2 Opbouw kelderconstructie

Om de gevonden schades te kunnen interpreteren, is het belangrijk de opbouw van de constructie te kennen. In het onderstaande figuur zijn de belangrijkste constructie onderdelen benoemd. De schets is afkomstig uit Rapport kelders in het stadshart Utrecht [D.1].



Figuur 2-1: Opbouw kelderconstructie

In Figuur 2-1 is een werfkelder te zien. Naast de werfkelder zijn er nog twee type kelders te onderscheiden, de kluis-kelder en de straatkelder. Bij de kluis-kelder is er geen werf/wal aanwezig aan de grachtzijde. De kluismuur is direct aan de gracht gelegen. In het geval van een straatkelder grenst de kelder niet aan een gracht. Dit type kelder is wel net als een werf- en kluis-kelder onder de openbare weg gelegen.

2.3 Systeemdecompositie

Om inzicht te geven in de mate waarin een bouwdeel bijdraagt aan de kelderfuncties is een systeemdecompositie opgesteld. Hierbij wordt het 'beheerobject' kelder opgedeeld in elementen en bouwdelen. Deze methodiek is afkomstig uit de NEN 2767-1:2011 + C1:2013 nl

- Conditie-meting van bouw- en installatiedelen - Deel 1: Methodiek, waarin een uniforme de-compositie van diverse beheerobjecten wordt gegeven.

De NEN 2767 is niet toereikend voor de beoordeling van (werf)kelders. Er is voor gekozen van de in de NEN 2767 vastgestelde elementen en bouwdelen af te wijken om zo een passende en bruikbare de-compositie voor de werfkelders op te stellen.

Op basis van de systeemdecompositie zijn in de volgende paragraaf per bouwdeel de functies bepaald.

Tabel 2-1: Systeemdecompositie

Object	Element	Bouwdeel
Kelder	Hoofddraagconstructie werfkelder	Boog/toog
		Wand
		Steunbeer
		Steunwand/rib
		Dragende tussenwand
	Overige constructieve onderdelen	Wurf-/kluismuur
		Anker
		Niet dragende tussenwand
	Overige niet constructieve onderdelen	Deur
		Raam
		Pleisterwerk
	Afwerking	(Niet constructieve) vloer

2.4 Functies

Voor de gemetselde kelders kunnen twee primaire functies worden onderscheiden. Enerzijds het vervullen van een privé (woon) functie of het vervullen van een commerciële functie zoals horeca en workshops anderzijds vormen de kelders de fundering van de weg en dragen ze het verkeer. Hierbij heeft het metselwerk voor het vervullen van beide primaire functies een dragende en grond- en waterkerende functie. De belastingen dienen gedurende de levensduur te kunnen worden opgenomen. Hiervoor worden er eisen gesteld aan de sterkte en stabiliteit. De woningwet stelt via het bouwbesluit en de Eurocodes betrouwbaarheidseisen aan de bouwwerken in relatie tot de dragende functie van het metselwerk.

Voor het vervullen van de privé (woon) functie en commerciële functie heeft het metselwerk aanvullend een esthetische functie. Het uiterlijk van het metselwerk (of afwerkingslaag) is

bepalend voor het gebruik. Hierbij worden naast de eisen aan de sterkte en stabiliteit aanvullende eisen gesteld met betrekking tot het uiterlijk van het metselwerk. Bij de beoordeling van de schades aan het metselwerk dienen de specifieke functie(s) te worden onderkend en bij de bevindingen te worden betrokken. De aan de constructie toebedeelde functie(s) dienen in principe altijd beschikbaar te zijn. Bij geheel of gedeeltelijke uitval van een functie dient dit te worden hersteld.

Per bouwdeel zijn in de onderstaande tabel de bijdrage aan de functies gegeven.

Tabel 2-2: Functionele-decompositie

Bouwdeel	Functies bouwdelen
Boog/toog	<u>Dragend en grond- en waterkerend</u> Doorgeven van de belasting uit grond en verkeer aan de fundering. Het voorkomen van grondindringing in de kelders. Het voorkomen van waterindringing in de kelders.
Wand	<u>Dragend en grond- en waterkerend</u> Doorgeven van de belastingen uit boog/toog aan de fundering. Het voorkomen van grondindringing in de kelders. Het voorkomen van waterindringing in de kelders.
Steunbeer	<u>Constructief</u> Het plaatselijk versterken van muurwerk om zijdelingse druk of spatkrachten van de op de muur rustende gewelven naar de fundering af te voeren.
Steunwand/rib	<u>Dragend</u> Het opvangen van spatkrachten uit het keldergewelf en deze afvoeren naar de fundering.
Dragende tussenwand	<u>Dragend</u> Doorgeven van de belasting uit boog/toog aan de fundering.
Werk-/kluismuur	<u>Waterkerend</u> Het voorkomen van waterindringing in de kelders door regenwater.
Anker	<u>Dragend</u> Stabiliseren van de werk-/kluismuur.
Niet dragende tussenwand	<u>Niet constructief</u> Het vormen van een afscheiding tussen twee ruimten
Deur	<u>Gebruik</u> Het vormen van een afscheiding tussen twee ruimten
Raam	<u>Gebruik</u> Doorlaten van licht of t.b.v. ventilatie
Pleisterwerk	<u>Esthetisch</u> Het verfraaien van het aanzicht van het betreffende bouwdeel.
(Niet constructieve) vloer	<u>Esthetisch</u> Het verfraaien van het aanzicht van de vloer of het creëren van een vlakkere vloer.

3 Generieke schadebeoordeling

3.1 Algemeen

Voorliggend hoofdstuk gaat in op de boordeling van de individuele schadegevallen. Hierbij wordt ingegaan op de generiek beschrijving van de individuele schadegevallen & mogelijke oorzaken en veroorzakers van de aangetroffen schades. Aan het einde van het hoofdstuk is een overzichtstabel gepresenteerd met een beschrijving van de schades en de mogelijke oorzaak hiervan.

Voor het opstellen een overzicht met voorkomende schades is gebruik gemaakt van de inspectierapportages van IV-infra. In de periode van 2020 tot 2021 zijn door Iv-Infra toestandsinspecties uitgevoerd voor 70 kelders in Utrecht. Deze inspecties zijn uitgevoerd en gerapporteerd conform de CUR 117, klasse B1-B2-B5, waarbij de huidige functionele toestand van de kelders is vastgelegd. In de rapportages zijn de aangetroffen gebreken op uniforme wijze vastgelegd conform de NEN2767.

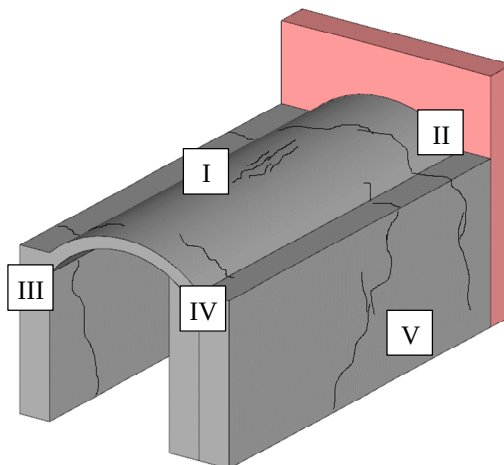
3.2 Generieke beschrijving schades & oorzaken

Om de individuele schadegevallen generiek te beschrijven, is gebruik gemaakt van de schade analyse uit spoor 2 [D.2], de expertbeoordeling. In deze analyse zijn de schadebeelden van 16 beoordeelde werfkelders gecategoriseerd, beschreven en zijn de mogelijke oorzaken uiteengezet. In de systematiek van de registratie is zoveel mogelijk aansluiting gezocht bij de CUR 124 Bijlage A5 – Registratie constructieve schades, waarin per materiaal de mogelijke constructieve schades uiteen zijn gezet.

In de volgende paragrafen is een beschrijving van de schades en mogelijke oorzaken gegeven. De paragrafen bevatten de typen schades zoals reeds gedefinieerd tijdens spoor 2. De typen schades zijn uitgebreid indien de bestaande beoordeling ontoereikend bleek voor nieuwgevonden schadebeelden. In paragraaf 3.4.7 zijn de schades en oorzaken nogmaals gegeven in een overzichtstabel.

3.2.1 Scheuren

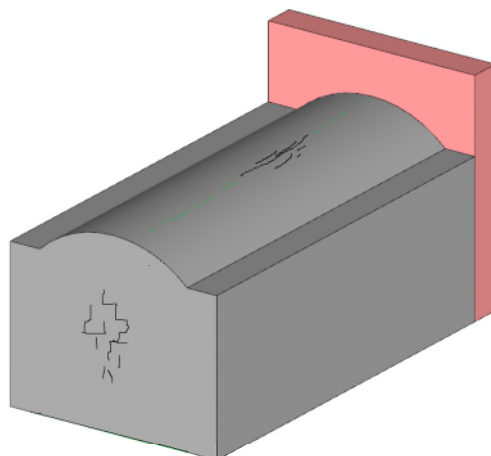
Vanuit de voorgenoemde expertbeoordeling [D.2] zijn er definities gegeven voor 4 soorten scheuren. Tijdens de inventarisatie is dit uitgebreid tot 5 verschillende soorten scheuren welke zijn aangetroffen in de kelders. Onderstaande afbeelding geeft een overzicht van de verschillende scheurtypen. Hierbij is het ook mogelijk dat er een combinatie van oorzaken optreedt en een scheur doorgroeit op een manier die niet past binnen 1 enkel scheurtype.



Figuur 3-1: Schematische weergave van de verschillende scheurtypen

Scheurtype I

Dit betreft lokale scheuren welke parallel aan elkaar worden aangetroffen, vaak dicht op elkaar in een ovaalvorm. Deze scheuren worden veroorzaakt door overbelastingen en resulteren in een craquelé. Dit scheurtype gaat vaak gepaard met deformaties ter plaatse van de scheuren.



Figuur 3-2: Schematische weergave van scheurtype I.

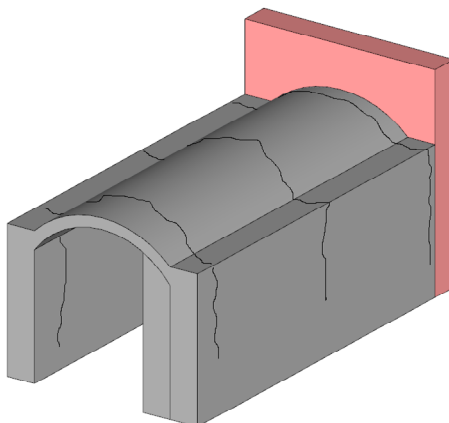
Binnen dit scheurtype kan onderscheid worden gemaakt in twee soorten. Het eerste geval betreft scheuren in het gewelf, vaak in de kruin, waarbij de scheurrichting loodrecht op de rijrichting zit. Dergelijke scheuren worden mogelijk veroorzaakt door een hoge wiel-/asdruk. Deze scheur kan over de volledige kelderbreedte aanwezig zijn of lokaal in de boog onder het wegdek. Indien de scheur doorgroeit, kan deze over de volledige lengte van de kelder worden aangetroffen, waarbij een scharnier ontstaat in de toeg van het gewelf. Hierdoor kan de boogwerking van het metselwerk worden ondermijnd. Scheurtype I kan ook worden aangetroffen in verticale elementen, zoals wanden. Hierbij is hoge gronddruk een mogelijke oorzaak.



Figuur 3-3: Voorbeelden van scheurtype I [PTG13-ALG-008 en ZDS23-SCH-001-002]

Scheurtype II

Dit type scheuren betreffen doorgaande scheuren welke in de toog beginnen en doorlopen in de beide wanden. Door de aard van de scheur is dit scheurtype vaak waterdoorlatend. Indien de scheur verder groeit, kan deze ook zand/grond voerend worden. De oorzaak van deze scheuren zijn zakkings en verschilzettingen van de constructie, waarbij er bij de fundering een scharnier wordt gevormd waaromheen de kelder "openvouwt". Hierdoor zal de scheurwijdte in de nok van de toog maximaal zijn.



Figuur 3-4: Schematische weergave van scheurtype II.

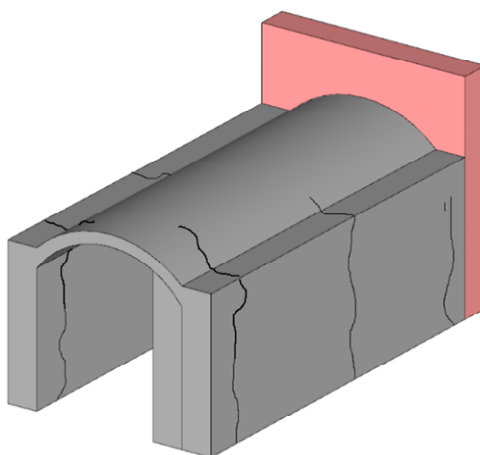
Dit scheurtype wordt veroorzaakt indien de uiteindes van de kelder minder steun vinden in de fundering en een grotere zakking ervaren dan het middengedeelte van de kelder. De oorzaak van dit scheurtype zijn verschilzakkings/-zettingen, welke veroorzaakt kunnen zijn door verschillen in de fundering, in massa van de kelder/woning of verschillen in de onderliggende grondlagen. Ook zettingen vanuit aangrenzende objecten kunnen hier de oorzaak zijn, zoals zettingen door aangrenzende bebouwing of door inklinken van onderliggende grondlagen door wijzigingen in het grondwaterpeil. Binnen dit scheurtype wordt nog onderscheid gemaakt indien de scheur bij de aansluiting van het pand zit of nabij de kluis-/werfmuur. Hierdoor kan in de analyse van de dataset een inzichtelijker geheel worden gevormd.



Figuur 3-5: Voorbeelden van Scheurtype II [LNM19-ALG-002 en TWS2-ALG-009]

Scheurtype III

Dit betreft scheuren beginnend aan de onderzijde van de wand, welke doorlopen tot de toog. Deze scheuren hebben een gelijke aard aan scheurtype II, met het verschil dat bij scheurtype III het scharnier zich aan de bovenzijde bevindt. De maximale scheurwijdte wordt gevonden aan de onderzijde van de kelder. Het is mogelijk dat de scheuren ook zichtbaar zijn in de keldervloer, maar door de afwijkende samenstelling is dit niet altijd het geval.



Figuur 3-6: Schematische weergave van scheurtype III, waarbij de scheur door kan groeien naar boven toe tot in de toog.

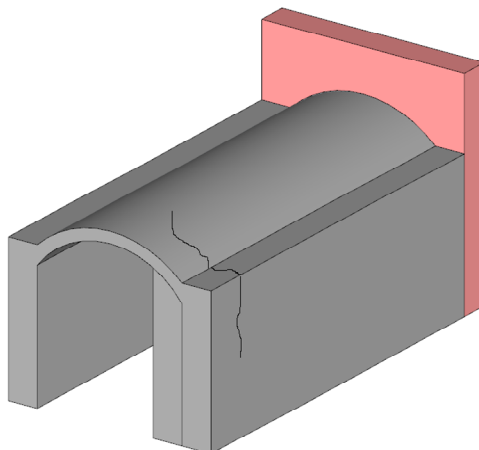
De oorzaak van dit scheurtype is gelijk aan scheurtype II. Dit zijn namelijk verschil zakkingen/-zettingen, welke veroorzaakt kunnen zijn door verschillen in de fundering, in massa van de kelder/woning of verschillen in de onderliggende grondlagen. Het verschil met scheurtype II is dat in dit geval het juist de uiteindes van de kelder zijn welke meer steun vinden in de fundering. Hierdoor zijn de zakkingen in het midden van de kelder, ter plaatse van de scheurvorming het grootste.



Figuur 3-7: Voorbeelden van Scheurtype III [DRI31-ALG-001 en OGR274-ALG-008]

Scheurtype IV

Dit betreft scheuren met grote variëteit in grootte, vorm en locatie. De gemene deler bij dit scheurtype is dat deze zich bevinden in de nabijheid van constructieve elementen met verschillende stijfheden. Toevoegingen aan de kelder, zoals steunwanden/-ribben/-beren of nabij verzwakkende aanpassingen zoals kozijnen, doorgangen en/of leidingen. Door lokaal verschillen in stijfheden lokaliseren krachten zich in de omgeving van de discontinuïteit met scheurvorming tot gevolg. De oorzaak zit hem in stijfheidsverschillen in het bouwwerk zelf, maar kan worden getriggerd door een groot aantal oorzaken, waaronder zakkingen/zettingen, temperatuur en verkeersbelastingen.



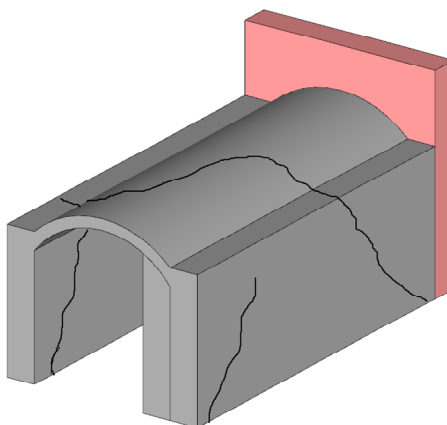
Figuur 3-8: Schematische weergave van Scheurtype IV. Dit scheurtype komt veel varianten voor, maar volgt altijd de richting van verstijvende elementen.



Figuur 3-9: voorbeelden van scheurtype IV. Links scheur t.p.v. kolom [OGR381-ALG-007 CHS10+12-SCH-001-002]

Scheurtype V

Dit betreft scheuren met een gelijk karakter aan scheurtype III, maar met een meer diagonale aard. Deze scheuren worden geïnitieerd door dezelfde mechanismes als bij scheurtypes II en III, namelijk zettings- en zakkingsverschillen. Door de aanvulling van horizontale effecten zoals verplaatsingen ontstaan diagonale scheuren. Vaak zijn de optredende mechanismes complexer dan bij de andere scheurtypen. Zo is het ook mogelijk dat de horizontale verplaatsing niet loodrecht op de kelder is.



Figuur 3-10: Schematische weergave van scheurtype V, waarbij de scheur diagonaal door de wand gaat en doorgroeit tot in de toeg.

Door lokale discontinuïteiten in de constructie, groeien deze scheuren in verschillende richtingen. Hierbij kan de scheurrichting worden bepaald door ingewerkte constructies, bestaande scheuren, openingen in het gewelf of vergelijkbare afwijkingen van een eenvoudig gewelf.



Figuur 3-11: voorbeelden van scheurtype V. [PTG14+16-ALG-011 en TWS2-SCH-002-002]

3.2.1.1 Mogelijke oorzaken zakking en/of verschilzetting

Voor de diverse typen scheurvorming is zakking en/of verschilzetting genoemd als een van de mogelijke oorzaken. Het verschillende zettingsgedrag kan door de volgende mogelijke onderliggende oorzaken worden veroorzaakt [D.2]:

1. **Variërende grondgesteldheid:** slappe grondlagen nabij of aan de grachtzijde waardoor lokale zettingen in de ondergrond optreden;
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 de kelders negatief wordt beïnvloed;
3. **Demping van de gracht of verlaging van de waterstand:** waardoor de kluiswand en een deel van de kelder instabiel is geworden en verzakt is in richting van de gracht (het in tweeën knikken van de kelder).
4. **Uiteenlopende bouwfasen (uitbreidingen):** waardoor er een verschil ontstaat tussen grondbelasting. Tevens kunnen in de verschillende bouwfasen verschillende funderingen zijn toegepast.

3.2.2 Voegwerk

De staat van het voegwerk kan tot verschillende schadebeelden leiden. Indien het voegwerk te weinig samenhang vertoont, kan dit resulteren in het losraken van de stenen. Indien het voegwerk te stijf is, kan dit juist resulteren in opsluiten van de stenen met het losspatten van schollen tot gevolg. Mogelijke oorzaken hiervoor zijn: schade aan stenen door verhinderde vervorming, temperatuurbelasting, degradatie door vochtschommelingen of slechte hechting mortel en steen, renovatieschade door het toepassen van sterkere voegmortel dan de steen.



Figuur 3-12: lokaal losraken van stenen door slechte staat voegwerk [CHS20-SCH-001-002 en OGR274-SCH-002-002]

3.2.3 Falen verankering

De verankering van de werf- of kluismuur is niet altijd toereikend. Hierdoor kan de verankering losraken met instabiliteit van (een deel van) de werf- of kluismuur tot gevolg. Dit kan veroorzaakt zijn door:

- ondeugdelijke realisatie;
- aantasting stalen ankers door vocht;
- ankers ontbinden met het metselwerk;
- ankers zijn verwijderd of anderszins buitenwerking gesteld door de eigenaar/beheerder.



Figuur 3-13: voorbeelden van falende verankering [DRI23-SCH-002-002 en DRI21A-SCH-003-001]

3.2.4 Vocht- en vorstschade

Vochtschade is een veelvoorkomend schadebeeld in de kelders. Dit kan verschillende oorzaken hebben, maar allen zijn terug te leiden tot het niet waterdicht zijn van de kelder in combinatie met onvoldoende ventilatie om het vocht af te voeren. De kelders kunnen hun waterdichtheid verliezen door scheurvorming of het niet waterdicht zijn van de keldervloer en/of toog. Indien de keldervloer niet waterdicht is, kan het vocht door capillaire werking van het systeem in de wand stijgen. Dit is het optrekken van vocht in de metselwerk wanden.



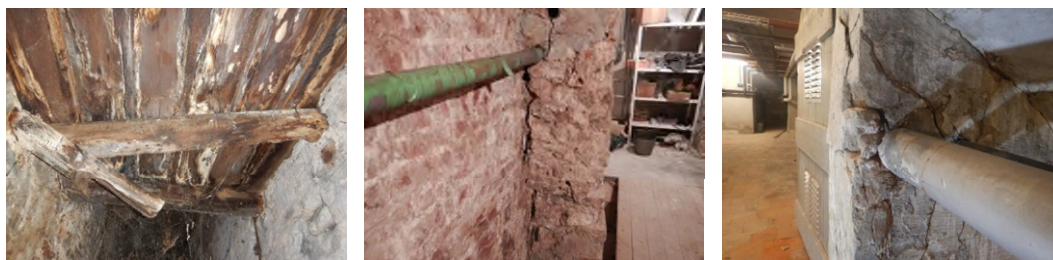
Figuur 3-14: voorbeelden van vochtschade: links schimmelvorming met kalkuitbloei [LNM19-ALG-005] en rechts schimmelvorming [OGR274-SCH-003-002]

Bij vocht- en vorstschade wordt onderscheid gemaakt in de volgende schadebeelden:

- verzadiging metselwerk
- uitbloei kalk, witte uitslag, kristalvorming
- aantasting van materialen, vervuiling
- afschilferen metselwerk
- afschilferen glazuur
- afschilferen stucwerk
- verlies samenhang metselwerk
- optredende spanningen door kristallisatie en hydratatie

3.2.5 Ingewerkte constructie

Er is lokaal een discontinuïteit aangebracht in de constructie, waarbij het ingemetselde en-/of ingewerkte element afwijkende materiaaleigenschappen heeft ten opzichte van het metselwerk. Het gevolg kan zijn dat er lokaal scheurvorming, lekkage of een slechte samenhang optreedt. Er is tevens schade mogelijk aan de ingewerkte constructie zelf, zoals een ingebouwd kozijn of andere houten elementen waarbij houtrot optreedt.



Figuur 3-15 Links: ingewerkte houten constructie vertoont houtrot [CHS8-SCH-002-001]. Midden en rechts: ingewerkte leiding leidt tot scheurvorming [CHS34+36-SCH-004-002 en DRI15-SCH-003-001]

Bij meerdere kelders zijn sparingen aangebracht om leidingen (met name voor de stadsverwarming) door te kunnen voeren. Indien hier een te kleine betondekking wordt toegepast, kan dit resulteren in betonschade met openliggende wapening tot gevolg.



Figuur 3-16: Voorbeelden van betonschade [DRI29A-SCH-002-002 en DRI21A-SCH-001-002]

3.2.6 Herstelschade

In het verleden herstelde schades zijn niet altijd voldoende goed uitgevoerd of de onderliggende oorzaak is niet voldoende weggenomen. Indien de onderliggende oorzaak van de schade niet voldoende is aangepakt, kan dit leiden tot het opnieuw optreden van dezelfde schade of het verplaatsen van de schade. Hierbij zijn de volgende schadebeelden meegenomen in de beoordeling:

- uitvallen metselwerk;
- water en/of zand voerende scheur, lekkende leiding/afwatering, uitspoeling door grond (aanvulling of onder de kelder);
- afbladeren stuc laag;
- opnieuw scheuren van gerepareerde (geïnjecteerde) scheuren.

Voorgenoemde schades hebben vergelijkbare oorzaken. Zo kan dit bijvoorbeeld optreden indien:

- het voegwerk is vervangen of hersteld op basis van cement in plaats van het origineel toegepaste zachte kalkmortel;
- de toegepaste nieuwe mortel een slechte hechting heeft met het originele metselwerk;
- een nieuw aangebrachte waterdichte laag aan de binnenkant van de kelder van het verkeerde materiaal is: niet op basis van kalkmortel (bindmiddel) met tras (puzzolane stof);
- de oorzaak van de scheurvorming niet is aangepakt, waardoor de scheur opnieuw scheurt.

3.2.7 Overzicht schades & oorzaken

De onderstaande tabel omvat een overzicht van de genoemde schades en mogelijke oorzaken.

Type schade	Schadebeeld	Mogelijke oorzaken
Scheuren	Scheuren type I: Lokale scheuren loodrecht op de rijrichting, craquelé, ovaalvormig	[1] Overbelasting door hoge wiel-/asdruk [2] Overbelasting door gronddruk (in het geval van verticale elementen)
	Scheuren type II: Doorgaande scheur van onder in de wand, lopend door de toog (en tot in de andere wand) (vaak waterdoorlatend)	[3] Zakking, verschilzetting
	Scheuren type III: Scheur van onder in de wand, lopend tot in de toog (vaak in de overspanningsrichting of incidenteel diagonaal)	[3] Zakking, verschilzetting
	Scheuren type IV: Scheur langs ingewerkte stijve constructie elementen: steunwanden/-ribben/-beren maar ook leidingen door het gewelf.	[4] Stijfheidsverschillen (verhinderde vervorming, verstoren boogwerking) in combinatie met [1] verkeersbelasting en/of [3] zakkingen, verschilzetting [5] krimp en/of rek
	Scheuren type V	[3] Zakking, verschilzetting
Vocht- en vorstschade	Verzadiging metselwerk	[6] Niet waterdicht zijn
	Uitbloei kalk, witte uitslag, kristalvorming	[7] Geen mogelijkheid tot ventilatie
	Aantasting van materialen, vervuiling	[8] Zoutbelasting (milieu, materiaal, grondvocht)
	Afschilferen metselwerk	[9] Vroege uitslag van zouten, kalkuitreding
	Afschilferen glazuur	[10] Capillaire werking materiaal of systeem
	Verlies samenhang	
Voegwerk	Optredende spanningen door kristallisatie en hydratatie	
	Schollen steen spatten af door opsluiting van stenen in het voegwerk	[11] Schade aan stenen door verhinderde vervorming [12] Temperatuur belasting
Ingewerkte constructie	Uitvallen/afbrokkelen voegwerk	[13] Degradatie door vochtschommelingen [14] Slechte hechting mortel en steen
	Scheurvorming, slechte samenhang, lekkage	[15] Verbouwing/versterking kelderconstructie met ingemetselde elementen met afwijkende materiaaleigenschappen ten opzichte van het metselwerk.
Falen verankering	Instabiliteit: constructie(onderdeel) uit het vlak (out of plane).	[16] Ondeugdelijke realisatie, aantasting stalen ankers door vocht, ankers los van metselwerk, ankers verwijderd door eigenaar/beheerder.
Herstelschade	Uitvallen metselwerk	[14] Voegwerk vervangen/hersteld op basis van cement (i.p.v. origineel zachte kalkmortel). Slechte hechting nieuwe mortel en steen met origineel metselwerk;
	Water- en/of zand-voerende scheur, lekkende leiding/afwatering, uitspoeling door grond (aanvulling of onder de kelder)	[17] aanbrengen waterdichte laag binnenkant kelder met verkeerd materiaal: niet op basis van kalkmortel (bindmiddel) met tras (puzzolane stof);
	Afbladeren stuc laag	[18] niet verhelpen van de oorzaak van scheurvorming (enkel aanpak gevolgen)
	Opnieuw scheuren van gerepareerde (geïnjecteerde) scheuren	

4 Conclusie

Om inzicht te krijgen in de oorzaken van de opgetreden schades aan kelders heeft de gemeente Utrecht inspectierapportages beschikbaar gesteld van 70 kelders. Op basis van deze rapportages is een overzicht opgesteld van de opgetreden schades en de mogelijke oorzaken daarvan. In het overzicht met schades en mogelijke oorzaken zijn 6 typen schades te onderscheiden. Voor deze schades zijn 18 mogelijke oorzaken gevonden. Dit overzicht van 70 kelders is een fractie van het totaal aantal kelders van circa 1000. Daarom zijn de oorzaken van schades gebaseerd op een beperkte hoeveelheid gegevens en mogelijk niet volledig voor alle kelders in het wervengebied.

De aangetroffen schades in de kelders bestaan vaak uit een combinatie van verschillende type schades. Veel voorkomende schades zijn scheuren in het metselwerk en door vocht aangetast metselwerk. Een bepaald type schade kan zijn veroorzaakt door één oorzaak of door meerdere oorzaken. Het is vaak niet mogelijk om de volgorde van het ontstaan van de schades te achterhalen. Hierdoor kunnen de oorzaak-gevolgrelaties tussen de schades vaak niet worden gelegd en is de veroorzaker van de schades vaak niet eenduidig aan te wijzen.

De informatie die in dit rapport is opgenomen is uitsluitend bestemd voor de geadresseerde(n) en kan persoonlijke of vertrouwelijke informatie bevatten. Gebruik van deze informatie, door anderen dan de geadresseerde(n) en gebruik door hen die niet gerechtigd zijn van deze informatie kennis te nemen, is niet toegestaan. De informatie is uitsluitend bestemd om te worden gebruikt door de geadresseerde, voor het doel waarvoor dit rapport is vervaardigd. Indien u niet de geadresseerde bent of niet gerechtigd bent tot kennisneming, is openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden is niet toegestaan, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group en wordt u verzocht de gegevens te verwijderen en direct melding te maken bij security@anteagroup.nl. Derden, zij die niet geadresseerd zijn, kunnen geen rechten aan dit rapport ontleen, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group.

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1500 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensing en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al 70 jaar.

Contactgegevens

Monitorweg 29
1322 BK ALMERE
Postbus 10044
1301 AA ALMERE

www.anteagroup.nl

Copyright © 2021

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.