

ONDERZOEKSRAPPORT TEN BEHOEVE VAN PUTRENOVATIE NB00026

**- Vooronderzoek 24 rioolinspectieputten -
- Oranjelaan Harderwijk, van het spoor tot de Weisteeg -**

Arnhem, 25 april 2019

Opdrachtgever: Gemeente Harderwijk
Graaf Ottolaan 11
3843 AK Harderwijk

Contactpersoon: De heer J. Dirksen

Datum laatste onderzoek ter plaatse: 10 april 2019

Deze rapportage bestaat uit 79 pagina's.

De onderzoeksresultaten hebben alleen betrekking op het in dit werk uitgevoerde onderzoek. Het onderzoeksrapport mag slechts gedeeltelijk met schriftelijke toestemming van IKT – Instituut voor ondergrondse infrastructuur, worden gereproduceerd.

Jaap Bresser
(Projectmanager IKT Nederland)

ing. Sebastiaan Luimes
(Vestigingsmanager IKT Nederland)

Onderzoeksubiecten en uitgevoerde werkzaamheden

Object	Uitgevoerde werkzaamheden
01 - 411G117	1. Visueel onderzoek van de put
02 - 411G118	Put ligt verdekt onder het gazon
03 - 411G119	1. Visueel onderzoek van de put
04 - 411G120	1. Visueel onderzoek van de put
05 - 411G121	1. Visueel onderzoek van de put 2. Carbonatatietest op betonnen dekplaat 3. Wapening detecteren en dekking meten
06 - 411G248	1. Visueel onderzoek van de put
07 - 411G122	1. Visueel onderzoek van de put
08 - 411I123	1. Visueel onderzoek van de put 2. Carbonatatietest op betonnen dekplaat 3. Wapening detecteren en dekking meten
09 - 411G124	1. Visueel onderzoek van de put 2. Carbonatatietest op betonnen dekplaat 3. Wapening detecteren en dekking meten
10 - 411G125	1. Visueel onderzoek van de put
11 - 411G126	1. Visueel onderzoek van de put
12 - 411G127	1. Visueel onderzoek van de put
13 - 411G128	1. Visueel onderzoek van de put
14 - 411G129	Alleen foto's vanaf maaiveld. Put midden op kruising.
15 - 411I130	1. Visueel onderzoek van de put
16 - 411G145	1. Visueel onderzoek van de put
17 - 508G001	1. Visueel onderzoek van de put
18 - 508G002	1. Visueel onderzoek van de put
19 - 508G011	1. Visueel onderzoek van de put
20 - 508G003	1. Visueel onderzoek van de put 2. Wapening detecteren en dekking meten
21 - 508G012	Put ligt verdekt onder het gazon. Foto's vanuit 508G003

22 - 508I004	1. Visueel onderzoek van de put 2. Carbonatatietest op betonnen dekplaat 3. Wapening detecteren en dekking meten
23 - 508G005	1. Visueel onderzoek van de put 2. Carbonatatietest op betonnen dekplaat 3. Wapening detecteren en dekking meten
24 - 508G006	1. Visueel onderzoek van de put 2. Carbonatatietest op betonnen putwand 3. Trekvastheidmeting van het beton

Het door IKT in Harderwijk toegepaste testprogramma komt voort uit de ervaringen van de onderzoeksprojecten 'Beschichtungsverfahren zur Sanierung von Abwasserschächten' [1], 'Sanierung von Abwasserschächten' [2] en 'Vergleichende Produkt- und Verfahrensbewertung von Auskleidungs- und Beschichtungssystemen zur Sanierung von Abwasserschächten' [3].

INHOUD

1	Doelstelling en aanpak.....	7
2	Onderzoeksprogramma	8
3	Onderzoeksresultaten in een overzicht.....	10
4	Uitleg en discussie over schadebeelden in putten en strengen	12
4.1	Biogene zwavelzuuraantasting van betonnen delen	13
4.2	Grondwater-infiltratie	14
4.3	Beschadiging stroomprofiel/bordessen	15
4.4	Beschadiging putwanden	16
4.5	Wortelingroei	17
4.6	Gecorrodeerde voegen	18
4.7	Gecorrodeerde stenen	19
4.8	Los zittende stenen	20
4.9	Grond zichtbaar.....	21
5	Uitleg over schadebeelden bij de betonnen dekplaten	22
5.1	Biogene zwavelzuuraantasting.....	24
5.2	Risico aantasting van wapening door geringe dekking.....	25
5.3	Bruine aftekening door corrosie van onderliggende wapening.....	26
5.4	Gecorrodeerde wapening zichtbaar	27
5.5	Gecorrodeerde wapening bloot liggend.....	28
5.6	Wapening verminderd in dikte door corrosie	29
5.7	Wapening verdwenen door corrosie.....	30
6	Uitleg over schadebeelden in het transportriool	31
6.1	Biogene zwavelzuuraantasting transportriool.....	32
6.2	Vermindering wanddikte transportriool.....	33

6.3	Wortelingroei via voegen.....	34
7	Uitleg over schadebeelden bij betonnen putten.....	35
8	Resultaten van het onderzoek in beeld	36
8.1	Put 1 - 411G117 visueel onderzoek	37
8.2	Put 2 - 411G118 visueel onderzoek	38
8.3	Put 3 - 411G119 visueel onderzoek	39
8.4	Put 4 - 411G120 visueel onderzoek	40
8.5	Put 5 - 411G121 visueel onderzoek	41
8.5.1	Put 5 - 411G121 carbonatatietest	42
8.5.2	Put 5 - 411G121 wapening detecteren en betondekking meten.....	43
8.6	Put 6 - 411G248 visueel onderzoek	44
8.7	Put 7 - 411G122 visueel onderzoek	45
8.8	Put 8 - 411I123 visueel onderzoek	46
8.8.1	Put 8 - 411I123 carbonatatietest	47
8.8.2	Put 8 - 411I123 wapening detecteren en betondekking meten	48
8.9	Put 9 - 411G124 visueel onderzoek	49
8.9.1	Put 9 - 411G124 carbonatatietest	50
8.9.2	Put 9 - 411G124 wapening detecteren en betondekking meten.....	51
8.10	Put 10 - 411G125 visueel onderzoek	52
8.11	Put 11 - 411G126 visueel onderzoek	53
8.12	Put 12 - 411G127 visueel onderzoek	54
8.13	Put 13 - 411G128 visueel onderzoek	55
8.14	Put 14 - 411G129 visueel onderzoek	56
8.15	Put 15 - 411I130 visueel onderzoek	57

8.16	Put 16 - 411G145 visueel onderzoek	58
8.17	Put 17 - 508G001 visueel onderzoek	59
8.18	Put 18 - 508G002 visueel onderzoek	60
8.19	Put 19 - 508G011 visueel onderzoek	61
8.20	Put 20 - 508G003 visueel onderzoek	62
8.20.1	Put 20 - 508G003 wapening detecteren en betondekking meten.....	63
8.21	Put 21 - 508G012 visueel onderzoek	64
8.22	Put 22 - 508I004 visueel onderzoek	65
8.22.1	Put 22 - 508I004 carbonatatietest	67
8.22.2	Put 22 - 508I004 wapening detecteren en betondekking meten	68
8.23	Put 23 - 508G005 visueel onderzoek	69
8.23.1	Put 23 - 508G005 carbonatatietest	71
8.23.2	Put 23 - 508G005 wapening detecteren en betondekking meten.....	72
8.24	Put 24 - 508G006 visueel onderzoek	73
8.24.1	Put 24 - 508G006 Carbonatatietest.....	74
8.24.2	Put 24 - 508G006 Hechtvastheidsmeting van de betonwanden.....	75
8.24.3	Put 24 - 508G006 Protocol voor de trekvastheidsbeproeving	76
9	Bijzonderheden	77
10	Aanbevelingen m.b.t. mogelijk toe te passen renovatiemethodes	78
	Literatuur.....	79

1 Doelstelling en aanpak

In het kader van mogelijk uit te voeren renovatie van rioolstrengen en -putten, heeft de gemeente Harderwijk aan IKT opdracht gegeven in totaal 24 rioolinspectieputten te onderzoeken en vanuit deze putten de eerste meters van het hoofdriool te onderzoeken. In de praktijk zijn dat 21 rioolinspectieputten geworden.

Put 02 - 411G118 ligt verdekt onder het gazon, waarschijnlijk onder een hoge bult, waardoor de putdeksel moeilijk te vinden is met een metaaldetector.

Put 14 - 411G129 ligt midden op een kruising van wegen met zeer druk verkeer. Met behulp van verkeerregelaars is het verkeer voor twee minuten stil gelegd om alleen foto's van bovenaf te kunnen maken.

Put 21 - 508G012 ligt verdekt onder het gazon in de berm. In tegenstelling tot wat de tekening aangeeft, ligt deze put aan de andere kant van put 508G003, ongeveer 4 meter stroomopwaarts vanaf put 508G003. Dit is tijdens het onderzoek gezien en de foto's van put 508G012 zijn genomen, tijdens het onderzoek in- (en lopend door het hoofdriool) vanuit put 508G003.

Het doel bij de rioolinspectieputten was de bestaande situatie te onderzoeken op schades en gebreken en het bepalen van de kwaliteit van metselwerk en beton. Hierbij ontstaat inzicht in de toestand van de putten, waarna een aanbeveling geschreven kan worden m.b.t. een mogelijk toe te passen renovatiemethode. Door vanuit de putten de eerste meters van het transportriool te fotograferen ontstond een indicatie van de kwaliteit van het betonnen hoofdriool.

Dit document is een rapportage van het uitgevoerde onderzoek. Het geeft een beeld van de situatie tijdens het onderzoek en voorziet in een aanbeveling voor een putrenovatiemethode en/of eventueel uit te voeren (herstel)werkzaamheden.

2 Onderzoeksprogramma

IKT controleerde de kwaliteit van de objecten in de bestaande situatie. Het onderzoeksprogramma komt voort uit ervaringen uit grootschalige IKT onderzoeken [1], [2], [3] en omvatte de volgende activiteiten, mits deze bij de te onderzoeken objecten zinvol waren:

- **Visueel onderzoek**

Er werd een gedetailleerd visueel onderzoek uitgevoerd van de bestaande situatie in putten, na voltooiing van oppervlaktereiniging. Tijdens het visuele onderzoek werden de put en de eerste meters van het transportriool onderzocht op aantasting, infiltraties, holle ruimtes, scheurvorming, wortelgroei en andere visueel waar te nemen schadebeelden.

- **Het detecteren van wapening en meten van de betondekking**

Met speciale detectieapparatuur werd bij de betonnen putten en bij betonnen dekplaten op het metselwerk putten de aanwezigheid van betonijzer gedetecteerd en werd de hoeveelheid betondekking op de wapening gemeten.

- **Het uitvoeren van een carbonatatietest**

Bij biogene zwavelzuurcorrosie van het beton, is het belangrijk te bepalen in hoeverre de aantasting en het carbonatatieproces is doorgedrongen in het beton. Door middel van het uitvoeren van een carbonatatietest kan geconstateerd worden of de pH-waarde van het beton voldoende hoog is en, in combinatie met de hoeveelheid betondekking, het beton nog voldoende bescherming biedt tegen corrosie van de onderliggende wapening. Gezond beton heeft een pH-waarde boven 9 en dat uit zich in het paars kleuren van een blanke indicatorvloeistof nadat deze plaatselijk op het beton wordt aangebracht. Op de proeflocatie werd de gecorrodeerde betonlaag eerst volledig verwijderd, waarna de indicatorvloeistof werd aangebracht. De carbonatatietest werd uitgevoerd in lijn met EN 14630:2006.

- **Trekvastheidsmeting**

Door middel van het uitvoeren van trekproeven wordt de treksterkte van de ondergrond bepaald. Bij het uitvoeren van trekproeven wordt bepaald of de ondergrond hechtvast genoeg is voor het aanbrengen van renovatiemateriaal dat direct met de ondergrond moet verkleven of draagkrachtig genoeg is voor verankering met bijvoorbeeld plug en schroef. Afhankelijk van de situatie werd bepaald of toepassing van een hechtvastheidsmeting tijdens het onderzoek zinvol was. De resultaten van de trekproeven zijn mede bepalend voor de keuze van een passende renovatiemethode. Andere input voor bepalingen komt voort uit het visuele onderzoek.

3 Onderzoeksresultaten in een overzicht

Vanwege het aantal rioolinspectieputten in hetzelfde traject, komen bepaalde schadebeelden veelvuldig en herhaaldelijk voor. Soms in meer of mindere mate. Om snel een overzicht en beeld te krijgen van de bevindingen tijdens het onderzoek, zijn deze in een tabel weergegeven.

De kleuren in de tabel staan voor de mate van aanwezige schadebeelden:

geen of nee
licht
matig
sterk of ja
metselwerk put
betonnen put

De onderzoeksresultaten zijn schematisch weergegeven in de bijgevoegde tabel 3.a op pagina 11.

Tabel 3.a: Onderzoekresultaten

</

geen of nee
licht
matig
sterk of ja
metselwerk put
betonnen put

4 Uitleg en discussie over schadebeelden in putten en strengen

Tijdens het onderzoek zijn diverse schadebeelden in de putten en in het transportriool geconstateerd. In de volgende paragrafen worden de geconstateerde schadebeelden uitgelegd en beschreven. Vervolgens wordt elke paragraaf afgesloten met een discussie in verband met de invloed op een mogelijk toe te passen renovatiemethode.

Om de positie van buisaansluitingen, de plaats van de metingen en afwijkingen/schadebeelden beter te kunnen beschrijven, worden de vier putwanden steeds consequent genummerd. De putwand met het afvoerende transportriool is telkens putwand 1, vervolgens worden de andere drie wanden rechtsom genummerd.

4.1 Biogene zwavelzuuraantasting van betonnen delen

Biogene zwavelzuuraantasting ontstaat wanneer aerobe bacteriën in een vochtige omgeving H_2S - gas omzetten in zwavelzuur. Dit vormt een slijmerige laag op het oppervlak van rioleringsobjecten, waardoor het materiaal kan worden aangetast.

Bij het onderzoek is op de betonnen delen in de gemetselde putten, zoals banketten en stroomprofielen deze biogene zwavelzuurcorrosie in vrijwel alle putten in sterke vorm aangetroffen. In 5 putten (01, 04, 08, 10 en 20) was het in matige vorm aangetroffen en in 1 put (06) in lichte vorm.

Discussie: Biogene zwavelzuuraantasting van de betonnen delen in de gemetselde putten heeft meestal geen invloed op de constructieve stabiliteit. De aantasting kan wel grote vormen aannemen zodat de vorm van de banketten niet meer is zoals die bedoeld was om de waterstroom te geleiden.

Bij renovatie van de putten is het advies om de aangetaste delen volledig vrij te maken van gecorrodeerd materiaal en de originele vorm weer terug te brengen voordat het renovatiemateriaal wordt aangebracht.

4.2 Grondwater-infiltratie

Tijdens het onderzoek is in twee putten (19 en 20) grondwaterinfiltratie geconstateerd via de voegen van het metselwerk. De mate van infiltratie was licht en matig, van zwetend tot druppelend. Grondwaterinfiltratie kan een nadelige invloed hebben op de kwaliteit van een putrenovatie.

Discussie: Het advies is om de grondwaterinfiltratie, geconstateerd in put 19 - 508G011 en put 20 - 508G003 te stoppen, voor het aanbrengen van het renovatiesysteem. Dit kan door middel van injectietechnieken of toepassing van snel uithardende mortel, afhankelijk van de toe te passen renovatiemethode.

4.3 Beschadiging stroomprofiel/bordessen

Beschadiging van stroomprofiel of bordessen (ook wel banketten genoemd) kan veroorzaakt worden doordat stromend water het gecorrodeerde materiaal wegspoelt. Tevens kan beschadiging ontstaan door erosie van stromend rioolwater.

Tijdens het onderzoek was het gehele stroomprofiel niet te zien, door de hoogte van het afvalwater. Bij put 5 - 411G248 was met de voeten goed te voelen dat het stroomprofiel onderwater beschadigingen vertoonde maar dat kon helaas niet vastgelegd worden met de fotocamera.

In 6 van de onderzochte putten was geen sprake van beschadiging van stroomprofiel en/of bordessen. In alle andere putten was in mindere of meerdere vorm sprake van beschadiging.

Discussie: Beschadiging van stroomprofiel of bordessen heeft meestal geen invloed op de constructieve stabiliteit. De beschadigingen zorgen er wel voor de vorm niet meer is zoals die bedoeld was om de waterstroom vloeiend te geleiden.

Bij renovatie van de putten is het advies om de beschadigde delen te herstellen en in de originele vorm terug te brengen voordat het renovatiemateriaal wordt aangebracht.

4.4 Beschadiging putwanden

In put 22 - 508I004 was sprake van beschadiging van putwand 2, doordat hier stenen los zaten in het metselwerk. Bij één steen was het mogelijk deze uit de wand te trekken (zie afb. 24D op pagina 47).

Alle andere onderzochte putten vertoonden geen noemenswaardige beschadigingen van putwanden.

Discussie: Bij put 22 - 508I004 is het advies om de losse stenen te verwijderen en het ontstane gat dicht te maken met nieuwe stenen (omdat de oude stenen mogelijk veel sulfaat bevatten en daardoor niet goed hechten met mortel). Tevens is het aan te bevelen de voegen van het metselwerk in deze put volledig schoon te krabben of beter onder hoge waterdruk schoon te spuiten en weer vlak met de stenen dicht te voegen met sulfaatbestendige mortel. Daarna kan het putrenovatiesysteem aangebracht worden.

4.5 Wortelingroei

Opvallend tijdens het onderzoek was dat voornamelijk in de eerste 4 putten, vanaf het spoor gezien, sprake was van wortelingroei. Veelal was dit via de voegen van het metselwerk, via de voegen van de buisdelen van het hoofdriool, via inkomende leidingen in de put of via de aansluiting tussen metselwerk en betonnen dekplaat.

Zodra wortels in de put gegroeid zijn, is het praktisch onmogelijk om dit groeiproces te stoppen. De wortels kunnen verwijderd worden maar ‘snoeien is groeien’ en dus zullen de wortels terug keren. Wortels zijn in de eerste plaats op zoek naar lucht, naar zuurstof. Bij het toepassen van een renovatiemethode dient hier rekening mee gehouden te worden.

Discussie: Bij de putten waar wortelingroei is geconstateerd, is het advies om alle wortels uit de put te verwijderen. Het beste is dit door middel van stralen onder hoge druk te doen, zodat daarmee ook de ondergrond geheel schoon is gestraald voor het aanbrengen van een hechtend renovatiemateriaal. Een hechtend renovatieproduct is noodzakelijk voor een luchtdichte afsluiting zodat het voor wortels niet meer interessant is om richting de put te willen groeien. Ze vinden daar immers geen lucht meer.

Het toepassen van een verankerde beplating is in de putten met wortelingroei niet aan te raden omdat de wortels achter de beplating kunnen groeien. De druk die ontstaat bij de groei van een wortel in dikte is enorm en de kans bestaat dat de beplating van de putwand wordt gedrukt.

Het is wel mogelijk de beplating met afstandhouders te bevestigen en de tussenruimte tussen plaat en putwand op te vullen met vloeibare mortel.

4.6 Gecorrodeerde voegen

In vrijwel alle onderzochte putten was sprake van sterk gecorrodeerde voegen. Alleen in put 8 en 11 was sprake van matig gecorrodeerde voegen. In put 20 waren de voegen licht gecorrodeerd omdat in deze put de wanden waren afgewerkt met een raaplaag over het metselwerk.

De voegenspecie is niet bestand tegen het milieu in de rioolputten. De biogene zwavelzuurcorrosie vindt niet alleen plaats bij het cement in het beton maar ook in het cement in de voegen. Daardoor zijn de voegen zacht en kunnen ze zelfs met de vingers weggekrabd worden. In sommige putten tot een diepte van bijna 4 cm. De voegen zijn een wezenlijk onderdeel van het metselwerk en zorgen samen met de stenen voor de stabiliteit en constructieve stijfheid van de putwanden.

Discussie: Wanneer de putten gerenoveerd worden dan is het advies om het gehele metselwerk met hoge druk te reinigen, zover dat al het gecorrodeerde, zachte, bruingeel verkleurde voegmateriaal is verdwenen en het de overgebleven voegspecie / metselspecie weer hard voelt. Dan de ontstane ruimte tussen de stenen weer opvullen, bij voorkeur met sulfaatbestendige mortel zodat het metselwerk weer in originele en stabiele staat gebracht wordt. Daarna kan het geheel voorzien worden van het renovatiesysteem.

4.7 Gecorrodeerde stenen

Tijdens het onderzoek was geconstateerd dat de gebakken stenen hard waren. Er was geen sprake van gecorrodeerde stenen met afbrokkeling als gevolg. De stenen hadden in alle gevallen hun originele vorm. Door het agressieve milieu in de putten waren de stenen oppervlakkig aangetast, echter was dit beperkt tot hooguit 2 mm.

Alleen in put 22 - 508I004 waren de stenen wat meer aangetast en was het gemakkelijk om de toplaag in te krassen tot maximaal 4 mm. Hier dient bij het reinigen van de put rekening mee gehouden te worden.

Discussie: In principe is een baksteen poreus. De mate van porositeit is afhankelijk van hoe hard de steen gebakken is. Harde klinkers zijn het minst poreus en het meest geschikt voor het bouwen van een rioolput. Vergeleken met de voegen, waren de metselstenen in de putten nauwelijks aangetast en bij het afkloppen van de stenen, voelde deze hard aan. Wanneer rioolputten gerenoveerd worden met een product dat met de ondergrond moet verkleven, dan is het belangrijk dat de ondergrondvoorbereiding zodanig wordt uitgevoerd dat het zachte aangetaste toplaagje op de stenen volledig wordt verwijderd door stralen.

4.8 Los zittende stenen

Alleen in put 22 - 508I004 zijn bij het onderzoek los zittende stenen geconstateerd op putwand 2. Zie ook de omschrijving bij paragraaf 4.4 op pagina 16.

Discussie: Bij put 22 - 508I004 is het advies om de losse stenen te verwijderen en het ontstane gat dicht te maken met nieuwe stenen (omdat de oude stenen mogelijk veel sulfaat bevatten en daardoor niet goed hechten met mortel). Tevens is het aan te bevelen de voegen van het metselwerk in deze put volledig schoon te krabben of beter onder hoge waterdruk schoon te spuiten en weer vlak met de stenen dicht te voegen met sulfaatbestendige mortel. Daarna kan het putrenovatiesysteem aangebracht worden.

4.9 Grond zichtbaar

Bij het verwijderen van een los zittende steen in put 22 - 508I004, werd een holle ruimte met grond zichtbaar.

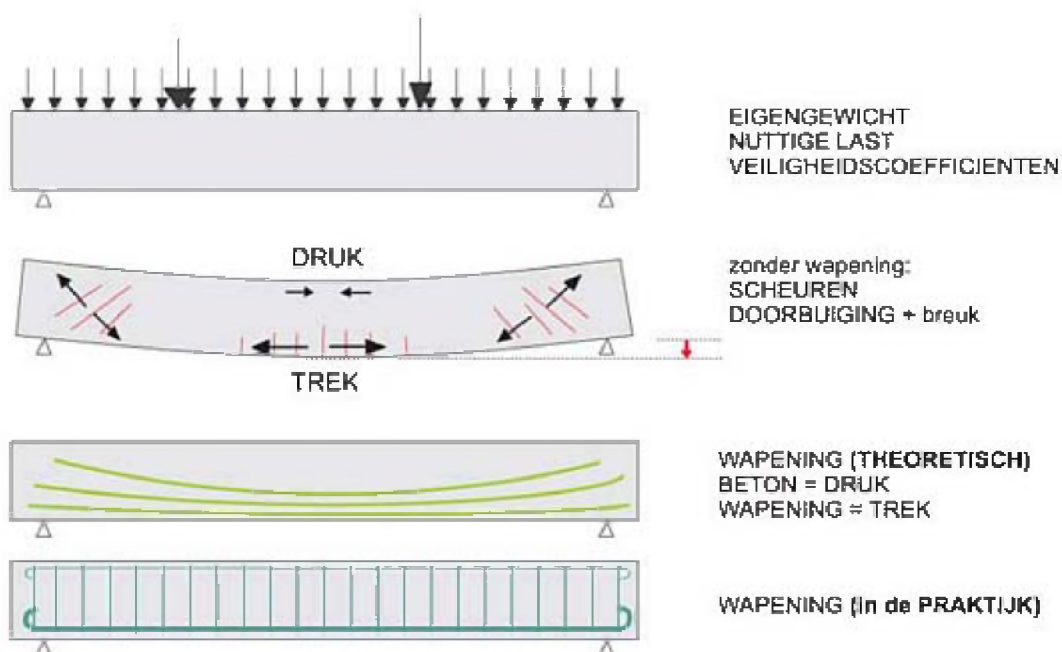
Zie verder meer informatie bij bijzonderheden in hoofdstuk 9 op pagina 77.

5 Uitleg over schadebeelden bij de betonnen dekplaten

De meeste putten in het traject waren voorzien van betonnen dekplaat op het metselwerk. Hierop was met een aantal stellagen de toegangsschacht gemetseld en daarop vervolgens de putafdekking met putdeksel tot het maaiveld.

De gewapende betonnen dekplaten zijn een wezenlijk onderdeel van de constructie en voor de stabiliteit van de put. Ze hebben een dragende functie omdat ze bijvoorbeeld de krachten van verkeerslasten moeten kunnen opvangen en verdelen over de wanden van de put.

De wapening in de dekplaat zorgt ervoor dat het beton trekspanningen en schuifspanningen kan opnemen. Drukspanningen worden door het beton zelf opgevangen. Ter verduidelijking is onderstaande afbeelding bijgevoegd.



Bron: joostdevree.nl

De betondekking is de afstand tussen de buitenkant van de dekplaat tot het dichtstbijzijnde wapeningsstaal. Het doel van de dekking is de wapening te beschermen tegen corrosie omdat het anders gaat roesten. Verder zorgt de betondekking er ook voor dat de trekkrachten in de wapening gespreid worden.

Door het agressieve milieu in het transportriool en de putten, wordt het beton aangetast waardoor problemen kunnen ontstaan met de betondekking en de bescherming van het wapeningsstaal dat vervolgens kan gaan roesten.

Door corrosie van wapening gaat het staal zwellen en wordt het beton weggedrukt. Er kunnen scheuren ontstaan en uiteindelijk verliest het beton de functie om de trekkrachten op te kunnen vangen.

5.1 Biogene zwavelzuuraantasting

Biogene zwavelzuuraantasting ontstaat wanneer aerobe bacteriën in een vochtige omgeving H_2S - gas omzetten in zwavelzuur. Dit vormt een slijmerige laag op het betonnen oppervlak van de dekplaat, waardoor het beton kan worden aangetast.

In alle onderzochte putten was er sprake van biogene zwavelzuuraantasting van de dekplaat. Bij 3 putten was dit lichte aantasting, bij 6 putten matige aantasting en bij 13 putten was er sprake van sterke aantasting waarbij ook werkelijk beton was verdwenen.

De aantasting van de betonnen dekplaten verloopt in verschillende stadia. Tijdens het onderzoek zijn al deze stadia geconstateerd. In de paragrafen 5.2 t/m 5.7 worden deze stadia beschreven.

5.2 Risico aantasting van wapening door geringe dekking

Het moment dat er gevaar ontstaat voor corrosie van de wapening is mede afhankelijk van de hoeveelheid betondekking op de wapening.

De minimale betondekking is afhankelijk van de eisen die aan het beton worden gesteld. Een agressief milieu, zoals in een rioolput, vereist een grotere dekking (minimaal 35 mm). Echter door aantasting van beton neemt de dekking in de loop der jaren af en ontstaat risico van corrosie van de wapening door een geringe dekking.

Slechts bij 4 putten was het risico van aantasting van de wapening door een geringe dekking op het moment van het onderzoek niet aanwezig (put 5, 17, 18 en 24). De reden hiervoor was dat vermoedelijk de dekplaten op deze putten ooit vernieuwd waren of er was sprake van een verhoudingsgewijs jongere put.

Bij 3 putten (20, 22, 23) was sprake van een licht risico van aantasting van de wapening door een geringe dekking, bij 3 putten (03, 05, 09) een matig risico en bij de resterende putten was het risico groot of was de wapening reeds aangetast.

Discussie: Het is moeilijk in een tijdspanne aan te geven hoeveel het verlies van betondekking is door biogene zwavelzuuraantasting. Dit is afhankelijk van meerdere factoren en het is niet voor elke put gelijk. Wanneer tijdens het onderzoek is geconstateerd dat er een risico is voor corrosie van de wapening door een geringe dekking, is het advies om maatregelen te nemen zodat het proces van betonaantasting (en vermindering van de dekking op de wapening) gestopt wordt.

5.3 Bruine aftekening door corrosie van onderliggende wapening

Wanneer de betondekking sterk is verminderd en het carbonatatieproces (eventueel via poriën in het beton) is doorgedrongen tot de wapening, is het mogelijk dat dit zich als eerste signalen gaat aankondigen in de vorm van een bruine verkleuring van het betonoppervlak in de omgeving van de wapening. Dit is tijdens het onderzoek geconstateerd bij de dekplaten van 2 putten (01 en 12). Bij deze putten was de wapening dus nog niet zichtbaar.

Discussie: Wanneer er bruine aftekening zichtbaar is aan het betonoppervlak, door corrosie van het onder het oppervlak liggende wapening, dan is dit proces van roestvorming niet meer te stoppen door een beschermende laag op het betonoppervlak aan te brengen.

Het advies is om in deze gevallen het beton te stralen, waardoor de wapening bloot komt te liggen en geconserveerd kan worden. Daarna kan door het aanbrengen van een mortel de benodigde dekking hersteld worden. Echter, dit is op de dekplaat van een rioolput een behoorlijk intensieve - en door de omstandigheden - uitdagende arbeid, waardoor het verstandiger kan zijn om de dekplaat te vernieuwen. Een en ander afhankelijk van de omstandigheden.

5.4 Gecorrodeerde wapening zichtbaar

Een verdergaand stadium van aantasting van de wapening door verlies van beschermende betondekking is dat roestende wapening zichtbaar is. Tijdens het onderzoek was dit geconstateerd bij twee putten (11 en 13), waarbij de wapening nog niet geheel bloot lag maar tussen de kiezels in het beton wel zichtbaar en gecorrodeerd was.

Discussie: Wanneer het stadium bereikt is dat roestende wapening in het beton zichtbaar is maar nog niet bloot ligt, dan is het theoretisch mogelijk de wapening door stralen van het beton de vrij te maken, te conserveren en vervolgens weer af te werken met een speciale mortel met voldoende dekking. Echter, dit is op de dekplaat van een rioolput een behoorlijk intensieve - en door de omstandigheden - uitdagende arbeid, waardoor het verstandiger kan zijn om de dekplaat te vernieuwen. Een en ander afhankelijk van de omstandigheden.

5.5 Gecorrodeerde wapening bloot liggend

Wanneer het beton rondom de wapening door aantasting is verdwenen, dan ligt de wapening bloot. Meestal is de wapening dan ook sterk gecorrodeerd. Tijdens het onderzoek is dit geconstateerd bij de dekplaten van 4 putten (04, 10, 14, 19). In deze gevallen was het niet of niet goed waar te nemen dat de dikte van de wapening door corrosie was afgenomen.

Discussie: In de situatie waarbij de wapening in de dekplaat (gedeeltelijk) bloot ligt en gecorrodeerd is, is de functie van de wapening in combinatie met de betondekking sterk verminderd. In deze gevallen is het advies de betonnen dekplaat op de gemetselde put te vernieuwen.

Tevens moet rekening gehouden worden met het risico dat ontstaat door de verminderde functie van de wapening. Met name de trekspanningen in het beton kunnen niet volledig opgevangen worden in situaties waar de wapening bloot ligt en daarmee ontstaat het risico dat de betonnen dekplaat (aan de onderzijde) gaat scheuren.

5.6 Wapening verminderd in dikte door corrosie

Tijdens het onderzoek was bij 7 putten (04, 07, 10, 11, 15, 16, 19) duidelijk te zien dat delen van de wapening door het proces van corrosie in dikte waren verminderd. Bij put 7, 15 en 16 was ook sprake van volledig doorgeroeste wapening.

Discussie: Wanneer de wapening bloot ligt en duidelijk in dikte is afgenomen, wordt de functie van de wapening sterk verminderd en wordt het risico groter dat de betonnen dekplaat gaat scheuren.

Het advies is om in deze situatie de dekplaat op de rioolput te vernieuwen.

5.7 Wapening verdwenen door corrosie

Wanneer door het proces van corrosie de wapening is doorgeroest en/of delen van de wapening zijn verdwenen, dan is de functie van de wapening volledig verdwenen doordat trekspanningen niet meer opgevangen kunnen worden.

Deze situatie was tijdens het onderzoek geconstateerd bij 3 putten (07, 15 en 16)

Discussie: In het geval van een situatie waarbij de wapening is doorgeroest en/of delen van de wapening zijn verdwenen, is het advies om de betreffende dekplaat op de put te vernieuwen.

6 Uitleg over schadebeelden in het transportriool

Tijdens het onderzoek in de putten is op verzoek van de opdrachtgever het transportriool ook onderzocht op schadebeelden. Dit beperkte zich tot de eerste meters vanuit de rioolput.

Het transportriool is een rond betonnen riool, Ø 1250 en Ø 1500, dat er constructief nog goed uit ziet (zonder scheuren) maar schadebeelden vertoont die vooral te wijten zijn aan biogene zwavelzuuraantasting. Daarnaast is tijdens het onderzoek wortelingroei via de voegen geconstateerd.

6.1 Biogene zwavelzuuraantasting transportriool

Biogene zwavelzuuraantasting ontstaat wanneer aerobe bacteriën in een vochtige omgeving H_2S - gas omzetten in zwavelzuur. Dit vormt een slijmerige laag op het oppervlak van het transportriool waardoor de betonnen buis kan worden aangetast.

Bij het onderzoek in de rioolstrengen is gebleken dat in het verleden een zwarte coating in de rioolbuizen is aangebracht. Resten van deze coating waren aangetroffen, gezien vanuit vrijwel elke rioolput. Een goed beeld hiervan is bijvoorbeeld zichtbaar op afbeelding 14F op pagina 54 en 18E op pagina 58. Op de plaatsen waar nog resten van deze oude coating op de betonbuis aanwezig waren, was de aantasting van het beton minder sterk.

Biogene zwavelzuuraantasting was in het gehele traject van onderzoek aanwezig. Op alle locaties was er bij de betonnen buizen sprake van uitvallende toeslagstoffen (uitvallend grind). Er was niet een duidelijke overeenkomst met de mate van aantasting van de dekplaten. Dit kan ook te maken hebben met het feit dat sommige dekplaten ooit vernieuwd zijn.

Discussie: Biogene zwavelzuuraantasting is een proces waarvan moeilijk gezegd kan worden hoe dit zich gaat ontwikkelen in de loop der jaren. Het feit dat door de aantasting inmiddels toeslagstoffen uitgevallen zijn en er nog steeds uitvallen, vraagt om aandacht. Het gaat hier om een groot transportriool met een locatie onder een drukke weg, waarbij de gevolgen van een eventuele volgschade op de biogene zwavelzuuraantasting groot kan zijn. Het advies is om op de plaatsen met de meest geconstateerde aantasting en grootste vermindering van wanddikte (zie paragraaf 6.2 op pagina 33) over maximaal 5 jaar het riool te renoveren. Betreffende de overige delen van het traject is het advies deze binnen 10 jaar te renoveren.

6.2 Vermindering wanddikte transportriool

De strengen waarbij vanuit de putten de meeste aantasting was geconstateerd tijdens het onderzoek waren de strengen vanuit put 10, 15, 20 en 23. Vanaf de binnenzijde van de bitumen massa waarmee de voegen tussen de buisdelen waren dichtgemaakt kon globaal gemeten worden hoeveel beton er van de buiswand was verdwenen. Bij put 10 en 20 bijvoorbeeld, was dit 4 cm. Bij put 23 kon de kleinst gemeten restwanddikte bepaald worden van 9 cm.

Het is IKT niet bekend wat de originele wanddikte van de betonnen buizen was. Aannemelijk is 15 cm. Met deze aanname kan gezegd worden dat op de plaatsen met de meeste aantasting (van 2 tot 5 uur en van 7 tot 10 uur) de wanddikte gemiddeld gezien met 25% is afgenomen.

Tijdens het onderzoek is geconstateerd dat de betonbuizen niet gewapend zijn. De sterkte van de buizen moet dus geheel uit de dikte van het beton verkregen worden.

Discussie:

Afname van wanddikte betekent voor een ongewapend riool dat de sterkte en draagkracht achteruit gaat. Risico gestuurd beheren en actie ondernemen m.b.t. tot het transportriool neemt inderdaad risico's met zich mee. Vanuit IKT is het moeilijk aan te geven wanneer uiterlijk overgegaan zou moeten worden tot het renoveren van de strengen.

De grootte en de ligging van het transportriool zijn wellicht bepalend voor de termijn waarbinnen actie ondernomen zou moeten worden. Simpel gezegd zou gesteld kunnen worden dat in 40 jaar tijd de wanddikte gemiddeld met 25% is afgenomen. Gezien het feit dat de buizen ongewapend zijn is het advies in ieder geval actie te ondernemen binnen 10 jaar. Het geeft een prettiger gevoel om (zeker gezien de zwakste plekken) over 5 jaar over te gaan tot renovatie van het transportriool.

6.3 Wortelingroei via voegen

Tijdens het onderzoek was in 6 putten (3, 4, 5, 6, 7, 10) wortelingroei geconstateerd. De mate van wortelingroei was niet belemmerend voor de doorstroom van het afvalwater.

Discussie: Op het moment dat het transportriool gerenoveerd gaat worden, kunnen de aanwezige wortels het beste handmatig verwijderd worden in het man-toegankelijke riool.

7 Uitleg over schadebeelden bij betonnen putten

In het gehele traject van het spoor tot De Weisteeg waren vrijwel alle inspectieputten opgebouwd uit metselwerk met een betonnen dekplaat. Uitzonderlijk waren de putten 06 - 411G248 en 24 - 508G006. Deze putten waren van beton en put 24 had afwijkende afmetingen t.o.v. de andere putten.

In de gevallen van de betonnen putten was er meestal een situatie van een aansluiting van een inkomend riool in het transportriool (06) of zoals bij put 24, de overgang van twee inkomende buizen (vanaf Ermelo) naar 1 grotere buis richting Harderwijk.

Discussie: Put 06 - 411G248 vertoonde een geringe mate van biogene zwavelzuuraantasting en bij deze put is voorlopig geen speciale aandacht vereist.

Put 24 - 508G006 is nog niet zo lang geleden gebouwd en vertoont nu reeds biogene zwavelzuuraantasting van 8 mm.

Om verdere aantasting van beton te voorkomen is het advies om bij renovatiewerkzaamheden de betonnen putten preventief te beschermen door deze ook te renoveren.

8 Resultaten van het onderzoek in beeld

Met behulp van een fotocamera zijn beelden gemaakt van de putten en de riolen tijdens het visuele onderzoek.

De volgende paragrafen geven een indruk van de bestaande situatie in de putten en riolen tijdens het onderzoek.

8.1 Put 1 - 411G117 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Locatie van de put



B: Blik vanuit het afvoerend hoofdriool in de put



C: Wortelingroei op putwand 2



D: Blik naar boven, op de dekplaat met bruine aftekening door corrosie van wapening



E: Wortelingroei op putwand 4



F: Matig gecorrodeerd hoofdriool

Afb. 1: Put 411G117

8.2 Put 2 - 411G118 visueel onderzoek

Er zijn geen foto's van put 411G118 omdat de putdeksel onder het maaiveld ligt, vermoedelijk onder een van de grote bulten in het terrein.

8.3 Put 3 - 411G119 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Ligging van de put



B: Blick in de put vanuit het hoofdriool met duidelijk zichtbare wortelingroei



C: Blick vanuit de put naar boven met zicht op de sterk gecorrodeerde betonnen dekplaat en wortelingroei



D: Oppervlakkig gecorrodeerde stenen en gecorrodeerde voegen



E: Detail ster gecorrodeerde dekplaat



F: Detail sterk gecorrodeerd hoofdriool

Afb. 2: Put 411G119

8.4 Put 4 - 411G120 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Ligging van de put



B: Blik vanuit het hoofdriool in de put met wortelingroei. Inkomende leidingen op putwand 2 en 4 geheel dichtgegroeid



C: Detail dichtgegroeide leiding putwand 4



D: Gecorrodeerde wapening zichtbaar in de dekplaat



E: Detail van het sterk gecorrodeerde hoofdriool



F: Zachte gecorrodeerde voegen

Afb. 3: Put 411G120

8.5 Put 5 - 411G121 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Ligging van de put



B: Blik vanuit het hoofdriool in de put met zichtbaar wortelingroei



C: Resten van een zwarte coating zichtbaar op de dekplaat



D: Met wortels dichtgegroeide inkomende leiding op putwand 4



E: Kabel door de schacht van de put. Proeflocaties carbonatatie-test op de dekplaat



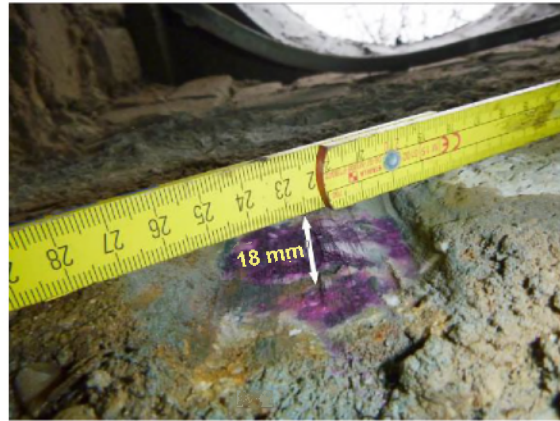
F: Sterk gecorrodeerd hoofdriool. Toeslagstoffen makkelijk te verwijderen

8.5.1 Put 5 - 411G121 carbonatatietest

De volgende afbeeldingen geven een indruk van de carbonatatietest.



A: Carbonatatietest op de betonnen dekplaat



B: Meting van de hoeveelheid verdwenen beton (tussen duimstok en proeflocatie carbonatatietest)

Afb. 5: Carbonatatietest op de betonnen dekplaat

Bij het uitvoeren van de carbonatatietest werd de betonnen ondergrond eerst plaatselijk vrij gemaakt van het gecorrodeerde/aangetaste materiaal. Vervolgens werd op het testvlak de kleurloze indicatorvloeistof aangebracht.

Discussie: Op 2 plaatsen in de put was een carbonatatietest uitgevoerd op de dekplaat en in beide gevallen kleurde de indicatorvloeistof paarsrood. Dit betekent dat het beton onder de gecorrodeerde laag gezond was en de onderliggende wapening voldoende beschermd was.

Echter door de geringe dekking op de wapening, is er een risico dat de onderliggende wapening kan beginnen te corroderen.

8.5.2 Put 5 - 411G121 wapening detecteren en betondekking meten

Tijdens het visuele onderzoek is met behulp van een dekkingsmeter wapening gemeten in de betonnen dekplaat.

De resultaten van de dekkingsmetingen zijn in een overzicht weergegeven in onderstaande tabel 8.5.2 a. Deze metingen zijn in millimeters, inclusief de gecorrodeerde laag beton.

. Tabel 8.5.2 a: Dekkingsmetingen op de dekplaat van put 41G121

Object	Testvlak	Minste dekking	Meeste dekking
Put 411G121	Betonnen dekplaat onderzijde	24	32
	Betonnen dekplaat kopse kant van de doorgang	26	30

Discussie: De gemiddelde betondekking (inclusief de gecorrodeerde laag), om het betonijzer te beschermen tegen corrosie, is matig te noemen. In combinatie met de uitslag van de carbonatatietest (pagina 20) is de wapening nog wel beschermd maar is het gevaar voor corrosie van de wapening groot door de zeer geringe dekking van gezond beton.

8.6 Put 6 - 411G248 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Ligging van de put



B: Blik vanuit hoofdriool in de betonnen put



C: Blik in het inkomend riool op putwand 2



D: Blik in het aanvoerend hoofdriool op putwand 3



E: Detail van de wand van het sterk gecorrodeerde hoofdriool met uitvallende toeslagstoffen



F: Blik op de licht aangetaste betonnen putwanden en dekplaat

Afb. 6: Put 411G248

8.7 Put 7 - 411G122 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Ligging van de put



B: Blik vanuit het hoofdriool in de put met op de achtergrond een overkluizing stroomafwaarts met een betonnen dekplaat



C: De betonnen dekplaat bij de putopening vertoont zichtbaar gecorrodeerde wapening



D: Detail van de gecorrodeerde wapening



E: De betonnen dekplaat ter plaatse van de overkluizing vertoont gecorrodeerde wapening.



F: Sterk gecorrodeerde voegen

Afb. 7: Put 411G122

8.8 Put 8 - 411I123 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Ligging van de put



B: Blik vanuit het hooftriol op de putopening met dekplaat. Constructie goed te zien



C: Vanaf putwand 2 gefotografeerd. Links de overkluizing voor een inkomend riool



D: De overkluizing met het inkomende riool



E: Inkomend AC persriool, ongeveer 2,5 meter stroomafwaarts vanuit de put

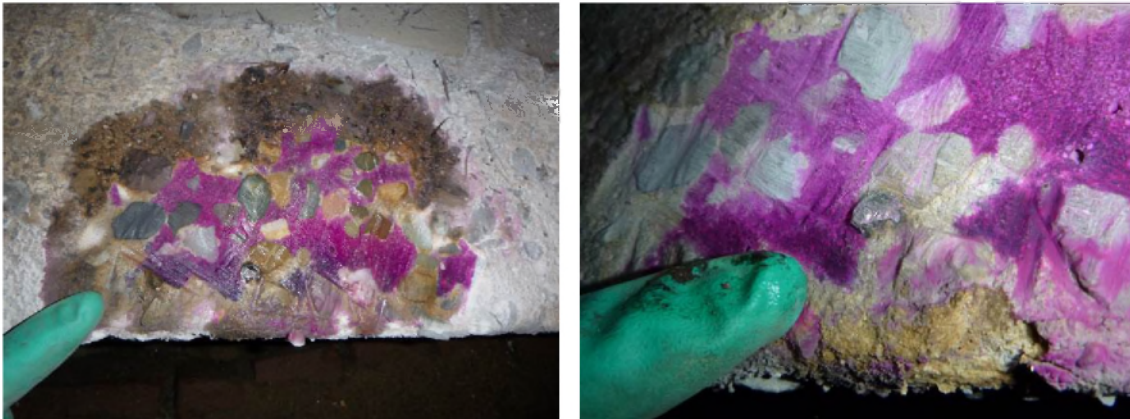


F: Blik in het sterk aangetaste afvoerende hooftriol

Afb. 8: Put 411I123

8.8.1 Put 8 - 411I123 carbonatatietest

De volgende afbeeldingen geven een indruk van de carbonatatietest.



A: De indicatorvloeistof kleurt alleen paars bij gezond beton (pH-waarde boven 9) **B:** Wapening zichtbaar

Afb. 9: Carbonatatietest op de betonnen dekplaat

Bij het uitvoeren van de carbonatatietest werd de betonnen ondergrond eerst plaatselijk vrij gemaakt van het gecorrodeerde/aangetaste materiaal. Vervolgens werd op het testvlak de kleurloze indicatorvloeistof aangebracht.

Discussie: De indicatorvloeistof kleurde paarsrood. Dit betekent dat het beton onder de gecorrodeerde laag gezond was en de onderliggende wapening voldoende beschermd was.

Opvallend was de radiaal doorgeslepen wapeningsstaaf (zie afb. 9). Bij het uitvoeren van renovatiewerk aan de put is het belangrijk dit bloot liggende staal te beschermen.

8.8.2 Put 8 - 411I123 wapening detecteren en betondekking meten

Tijdens het visuele onderzoek is met behulp van een dekkingsmeter wapening gemeten in de betonnen dekplaat.

De resultaten van de dekkingsmetingen zijn in een overzicht weergegeven in onderstaande tabel 8.8.2 a. Deze metingen zijn in millimeters, inclusief de gecorrodeerde laag beton.

. Tabel 8.8.2 a: Overzicht van de resultaten van de dekkingsmetingen.

Object	Testvlak	Minste dekking	Meeste dekking
Put 411I123	Betonnen dekplaat onderzijde	24	27
	Betonnen dekplaat kopse kant van de doorgang	5	33

Discussie: De wapening in de dekplaat heeft een geringe dekking. Bij het verwijderen van de gecorrodeerde laag beton ligt de wapening nagenoeg aan de oppervlakte. Het is zeer aan te bevelen de wapening op korte termijn te beschermen tegen corrosie.

8.9 Put 9 - 411G124 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Ligging van de put



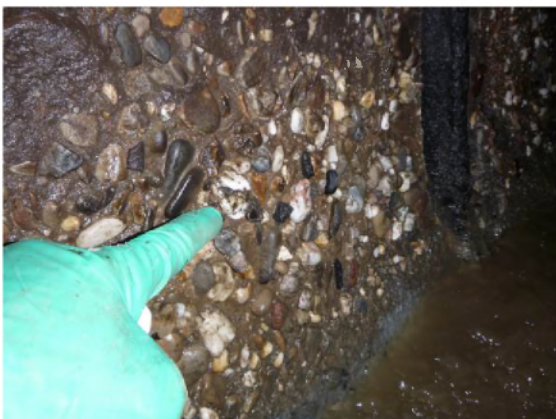
B: Blik vanuit het hoofdriool in de put. Rechts bovenin restanten van een zwarte coating zichtbaar



C: Gecorrodeerde onderzijde van de dekplaat



D: Voegen van het metselwerk zacht en gecorrodeerd



E: Detail van de gecorrodeerde wand van het hoofdriool



F: Restanten van een zwarte coating zichtbaar in het hoofdriool

Afb. 10: Put 411G124

8.9.1 Put 9 - 411G124 carbonatatietest

De volgende afbeeldingen geven een indruk van de carbonatatietest.



A: Carbonatatietest op de betonnen dekplaat **B:** Detail van de carbonatatietest

Afb. 11: Carbonatatietest op de betonnen ondergrond van de dekplaat

Bij het uitvoeren van de carbonatatietest werd de betonnen ondergrond eerst plaatselijk vrij gemaakt van het gecorrodeerde/aangetaste materiaal. Vervolgens werd op het testvlak de kleurloze indicatorvloeistof aangebracht.

Discussie: De indicatorvloeistof kleurde paarsrood. Dit betekent dat het beton onder de gecorrodeerde laag gezond was en de onderliggende wapening voldoende beschermd was.

Echter, in combinatie met de gemeten geringe dekking (zie hoofdstuk 8.9.2. op pagina 29) is het aan te bevelen de betonnen dekplaat op korte termijn te beschermen tegen corrosie van de wapening.

8.9.2 Put 9 - 411G124 wapening detecteren en betondekking meten

Tijdens het visuele onderzoek is met behulp van een dekkingsmeter wapening gemeten in de betonnen dekplaat.

De resultaten van de dekkingsmetingen zijn in een overzicht weergegeven in onderstaande tabel 8.9.2 a. Deze metingen zijn in millimeters, inclusief de gecorrodeerde laag beton.

. Tabel 8.9.2 a: Overzicht van de resultaten van de dekkingsmetingen

Object	Testvlak	Minste dekking	Meeste dekking
Put 411G124	Betonnen dekplaat onderzijde	60	60
	Betonnen dekplaat kops kant van de doorgang	14	38

Discussie: De wapening aan de kops kant in de dekplaat heeft een geringe dekking. Bij het verwijderen van de gecorrodeerde laag beton ligt de wapening nagenoeg aan de oppervlakte. Het is zeer aan te bevelen de wapening op korte termijn te beschermen tegen corrosie.

8.10 Put 10 - 411G125 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Ligging van de put



B: Blick op de put vanuit het hoofdriool



C: Gemeten grootste wanddikte van het hoofdriool 14 cm



D: Gemeten kleinste wanddikte van het hoofdriool 11 cm



E: Onderzijde van de dekplaat. Gecorrodeerd en zacht



F: Vrij liggende gecorrodeerde wapening in de dekplaat

Afb. 12: Put 411G125

8.11 Put 11 - 411G126 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Ligging van de put



B: Blick op de put vanuit het hoofdriool



C: Inkomend riool op putwand 2, gecorrodeerde wapening in de dekplaat



D: Detail van de gecorrodeerde wapening in de dekplaat



E: Detail van biogene zwavelzuurcorrosie. Kiezels zijn uitgevallen en deze ook bijna



F: Blick vanuit de put in het hoofdriool

Afb. 13: Put 411G126

8.12 Put 12 - 411G127 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: *Stellagen metselwerk vanaf de betonnen dekplaat tot het maaiveld*



B: *Blik vanaf het maaiveld in de put*



C: *Gecorrodeerde zachte voegen*



D: *Detail van het gecorrodeerde betonnen hoofdriool met rechts in beeld nog resten zichtbaar van een zwarte coating*



E: *Bruine aftekening, door corrosie van de wapening, zichtbaar op dekplaat.*



F: *Detail van de restanten van zwarte coating in het hoofdriool*

Afb. 14: Put 411G127

8.13 Put 13 - 411G128 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Ligging van de put



B: De voegen van het metselwerk waren zacht en gecorrodeerd



C: Gecorrodeerde wapening in de dekplaat zichtbaar



D: Gecorrodeerde wapening in de dekplaat zichtbaar (zie cirkel)



E: Gecorrodeerde delen beton in het hoofdriool gemakkelijk weg te steken met duimstok



F: Wanddikteverlies door biogene zwavelzuuraantasting van het hoofdriool

8.14 Put 14 - 411G129 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: *Stellagen metselwerk vanaf de betonnen dekplaat tot het maaiveld*



B: *Het beton van de dekplaat is zacht en gecorrodeerd*



C: *Vrij liggende gecorrodeerde wapening zichtbaar in de dekplaat*



D: *Dichtgemetseld inkomend riool op putwand 2*

Afb. 16: Put 411G129

Bij put 411G129 was het alleen mogelijk om snel van bovenaf deze foto's te maken. Daarna moest het verkeer weer vrij baan gegeven worden.

8.15 Put 15 - 411I130 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Ligging van de put



B: Blick van bovenaf in de put met zichtbaar de inkomende persleiding op putwand 4 en de vrij liggende wapening in de dekplaat



C: Blick vanuit de put op de aangetaste betonnen dekplaat



D: Het beton is gemakkelijk weg te kloppen



E: Sterke betonaantasting van het hoofdriool



F: Voegen voor een groot deel weg gecorrodeerd

Afb. 17: Put 411I130

8.16 Put 16 - 411G145 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Ligging van de put



B: Blik vanuit de put naar boven. Sterk ge-corrodeerde dekplaat en ge-corrodeerde wape-ning zichtbaar



C: Wapening is uit het beton los te trekken



D: Voegen van het metselwerk zacht en ge-corrodeerd, op putwand 4 tot 4 cm diepte



E: Detail van de wand van het hoofdriool met resten van een loslatende coating



F: Sterk aangetaste delen van het hoofdriool met uitvallende kiezels

Afb. 18: Put 411G145

8.17 Put 17 - 508G001 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Ligging van de put



B: Blik vanuit het hoofdriool in de put



C: De dekplaat van de put is licht gecorrodeerd en lijkt vernieuwd te zijn



D: De mortel tussen dekplaat en metselwerk is niet sulfaatbestendig. Het is gecorrodeerd en zacht



E: Het betonnen hoofdriool is gecorrodeerd en zacht



F: Het betonnen banket is gemakkelijk weg te krabben

8.18 Put 18 - 508G002 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Ligging van de put



B: Blik in de put vanuit het hoofdriool



C: Sterk aangetast beton in het hoofdriool, brokken vallen er uit



D: De betonnen dekplaat is matig aangetast en lijkt ooit vernieuwd te zijn



E: De mortel op de banketten is gemakkelijk weg te schrapen



F: Detail van het sterk gecorrodeerde beton in het hoofdriool

Afb. 20: Put 508G002

8.19 Put 19 - 508G011 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Ligging van de put



B: Sterk gecorrodeerde dekplaat met uitvallende toeslagstoffen en vrij liggende gecorrodeerde wapening



C: Sterk gecorrodeerd hoofdriool, vooral het gedeelte vanaf de waterlijn tot 11 uur



D: Detail van het sterk gecorrodeerde hoofdriool met uitvallende toeslagstoffen



E: Grondwaterinfiltratie bij de voegen op putwand 4 (tevens geconstateerd op wand 2)



F: Sterk gecorrodeerde voegen tot een diepte van 4 cm

Afb. 21: Put 508G011

8.20 Put 20 - 508G003 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Ligging van de put



B: Blik in de put door de toegangsschacht met links het hoofdpijool en rechts een inkomende riool



C: Blik vanuit het hoofdpijool in de put met rechts het aanvoerend hoofdpijool en links het inkomende riool. Het metselwerk is beraapt



D: Zeer sterk gecorrodeerd beton in het hoofdpijool. Brokken beton zijn handmatig weg te nemen



E: De dekplaat vertoont lichte tot matige corrosie



F: Van het hoofdpijool is 4 cm beton verdwenen door corrosie

Afb. 22: Put 508G003

8.20.1 Put 20 - 508G003 wapening detecteren en betondekking meten

Tijdens het visuele onderzoek is met behulp van een dekkingsmeter wapening gemeten in de betonnen dekplaat.

De resultaten van de dekkingsmetingen zijn in een overzicht weergegeven in onderstaande tabel 8.20.1 a. Deze metingen zijn in millimeters, inclusief de gecorrodeerde laag beton.

. Tabel 8.20.1 a: Overzicht van de resultaten van de dekkingsmetingen

Object	Testvlak	Minste dekking	Meeste dekking
Put 508G003	Betonnen dekplaat onderzijde	35	61
	Betonnen dekplaat kopse kant van de doorgang	24	53

Discussie: De wapening aan de kopse kant in de dekplaat heeft plaatselijk een geringe dekking. Bij het verwijderen van de gecorrodeerde laag beton komt de wapening dichterbij de oppervlakte. Het is zeer aan te bevelen de wapening op korte termijn te beschermen tegen corrosie door een bescherming aan te brengen op het beton.

8.21 Put 21 - 508G012 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Blik in de put vanuit het hoofdriool



B: De betonnen dekplaat van de put en zicht op de verdekt liggende putdeksel



C: Deze putdeksel ligt onder het maaiveld, ongeveer 4 meter stroomopwaarts vanaf put 508G003



D: Overzicht van het hoofdriool, gezien vanuit de put, richting put 509G003

Afb. 23: Put 508G012

8.22 Put 22 - 508I004 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Ligging van de put



B: Overzicht van de put, gezien vanuit het hoofdriool



C: Blik vanuit de put op de betonnen dekplaat en putopening. Dekplaat en putafdekking lijken ooit vernieuwd te zijn



D: Losse steen in het metselwerk op putwand 2



E: Grond en holle ruimte zichtbaar door het gat van de verwijderde steen. 50 cm verder is nog een gemetselde muur zichtbaar



F: Inkomende persleiding op putwand 4



G: Kleurverschil bij de aansluiting met de dekplaat duidt op vernieuwing van de dekplaat



H: Blik vanuit de put in het sterk gecorrodeerde hoofdriool



I: Detail van het sterk gecorrodeerde betonnen hoofdriool. Het beton brokkelt af



J: Los zittende stenen in het metselwerk op putwand 2

Afb. 24: Put 508I004

8.22.1 Put 22 - 508I004 carbonatatietest

De volgende afbeeldingen geven een indruk van de carbonatatietest.



A: Carbonatatietest op de betonnen dekplaat **B:** Detail van de carbonatatietest

Afb. 25: Carbonatatietest op de betonnen dekplaat

Bij het uitvoeren van de carbonatatietest werd de betonnen ondergrond eerst plaatselijk vrij gemaakt van het gecorrodeerde/aangetaste materiaal. Vervolgens werd op het testvlak de kleurloze indicatorvloeistof aangebracht.

Discussie: Op de matig gecorrodeerde dekplaat was een carbonatatietest uitgevoerd en in dit geval kleurde de indicatorvloeistof paarsrood. Dit betekent dat het beton onder de gecorrodeerde laag gezond was en de onderliggende wapening voldoende beschermd was.

8.22.2 Put 22 - 508I004 wapening detecteren en betondekking meten

Tijdens het visuele onderzoek is met behulp van een dekkingsmeter wapening gemeten in de betonnen dekplaat.

De resultaten van de dekkingsmetingen zijn in een overzicht weergegeven in onderstaande tabel 8.22.2 a. Deze metingen zijn in millimeters, inclusief de gecorrodeerde laag beton.

. Tabel 8.22.2 a: Overzicht van de resultaten van de dekkingsmetingen

Object	Testvlak	Minste dekking	Meeste dekking
Put 508I004	Betonnen dekplaat onderzijde	52	58
	Betonnen dekplaat kopse kant van de doorgang	15	67

Discussie: De wapening aan de kopse kant in de dekplaat heeft plaatselijk een geringe dekking. Bij het verwijderen van de gecorrodeerde laag beton ligt de wapening dicht bij de oppervlakte van het beton. Het is zeer aan te bevelen de wapening op korte termijn te beschermen tegen corrosie door het aanbrengen van een beschermende laag op de betonnen dekplaat.

8.23 Put 23 - 508G005 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Ligging van de put



B: Blik vanuit het hoofdriool in de put



C: Sterk gecorrodeerde voegen, tot een diepte van 2,5 cm.



D: De plaats in het hoofdriool waar het beton het sterkst gecorrodeerd is (9-10 uur)



E: Detail van de wanddikte van het hoofdriool



F: Kleurverschil in de voeg bij de aansluiting van de dekplaat op het metselwerk duidt op vernieuwing van de dekplaat



G: Detail van het sterk gecorrodeerde hoofdriool. Het beton is met de vingers weg te schrapen



H: De vermoedelijk vernieuwde en sterk gecorrodeerde dekplaat



I: Detail van de sterk gecorrodeerde dekplaat met uitvallende kiezels



J: Overzicht van de sterk gecorrodeerde en wit uitgeslagen buiswand van het hoofdriool met delen van een oude coating zichtbaar (zie witte pijl)

Afb. 26: Put 508G005

8.23.1 Put 23 - 508G005 carbonatatietest

De volgende afbeeldingen geven een indruk van de carbonatatietest.



A: Carbonatatietest op de betonnen dekplaat **B:** Detail van de carbonatatietest

Afb. 27: Carbonatatietest op de betonnen dekplaat

Bij het uitvoeren van de carbonatatietest werd de betonnen ondergrond eerst plaatselijk vrij gemaakt van het gecorrodeerde/aangetaste materiaal. Vervolgens werd op het testvlak de kleurloze indicatorvloeistof aangebracht.

Discussie: Op de sterk gecorrodeerde dekplaat was een carbonatatietest uitgevoerd. De indicatorvloeistof kleurde paarsrood. Dit betekent dat het beton onder de gecorrodeerde laag gezond was en de onderliggende wapening voldoende beschermd was.

8.23.2 Put 23 - 508G005 wapening detecteren en betondekking meten

Tijdens het visuele onderzoek is met behulp van een dekkingsmeter wapening gemeten in de betonnen dekplaat.

De resultaten van de dekkingsmetingen zijn in een overzicht weergegeven in onderstaande tabel 8.23.2 a. Deze metingen zijn in millimeters, inclusief de gecorrodeerde laag beton.

. Tabel 8.23.2 a: Overzicht van de resultaten van de dekkingsmetingen

Object	Testvlak	Minste dekking	Meeste dekking
Put 508G005	Betonnen dekplaat onderzijde	42	38
	Betonnen dekplaat kopse kant van de doorgang	25	58

Discussie: De wapening aan de kopse kant in de dekplaat heeft plaatselijk een geringe dekking. Bij het verwijderen van de gecorrodeerde laag beton ligt de wapening dicht bij de oppervlakte van het beton. Het is zeer aan te bevelen de wapening op korte termijn te beschermen tegen corrosie door het aanbrengen van een beschermende laag op de betonnen dekplaat.

8.24 Put 24 - 508G006 visueel onderzoek

De volgende afbeeldingen geven een indruk van het visuele onderzoek.



A: Ligging van de put



B: Overzicht van de put in afvoerende richting



C: Overzicht van de put met het inkomend hoofdriool, verdeeld over twee buizen



D: Biogene zwavelzuurcorrosie van beton op de dekplaat



E: Detail van betoncorrosie op de dekplaat



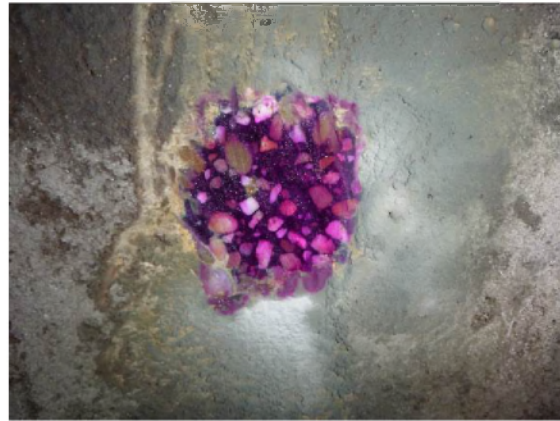
F: Er kon gemeten worden dat 8 mm beton door corrosie was verdwenen

8.24.1 Put 24 - 508G006 Carbonatatietest

De volgende afbeeldingen geven een indruk van de carbonatatietest.



A: Carbonatatietest op putwand 2



B: Carbonatatietest op putwand 3

Afb. 29: Carbonatatietest op de betonnen ondergrond

Bij het uitvoeren van de carbonatatietest werd de betonnen ondergrond eerst plaatselijk vrij gemaakt van het gecorrodeerde/aangetaste materiaal. Vervolgens werd op het testvlak de kleurloze indicatorvloeistof aangebracht.

Discussie: Op 2 plaatsen in de put was een carbonatatietest uitgevoerd en in beide gevallen kleurde de indicatorvloeistof paarsrood. Dit betekent dat het beton onder de gecorrodeerde laag gezond was en de onderliggende wapening voldoende beschermd was.

8.24.2 Put 24 - 508G006 Hechtvastheidsmeting van de betonwanden

Bij put 508G006 werden twee trekproeven uitgevoerd. De testresultaten zijn weergegeven in tabel 8.24.2 a

Tabel 8.24.2 a: Resultaten van de meting van de trekvastheid van de ondergrond

Test-kenmerk	Treksterkte		
	Breekpunt	Waarde [N/mm ²]	Gemiddeld [N/mm ²]
Putwand 2	80% in de ondergrond, 20% tussen lijm en ondergrond	3,75	3,56
Putwand 3	80% in de ondergrond, 20% tussen lijm en ondergrond	4,37	

Discussie: In overeenstemming met de reparatiehandleiding van de Duitse Commissie voor Gewapend Beton (DAfStb [4]) wordt een gemiddelde waarde van 1,5 N/mm² genoemd m.b.t. de eisen aan de trekvastheid voor een betonnen ondergrond. Uit de uitgevoerde trekproef is gebleken dat de waarde voor deze trekproef ruimschoots werd gehaald.

Dit betekent dat de kwaliteit van het schone gezonde beton, m.b.t. de trekvastheid goed is.

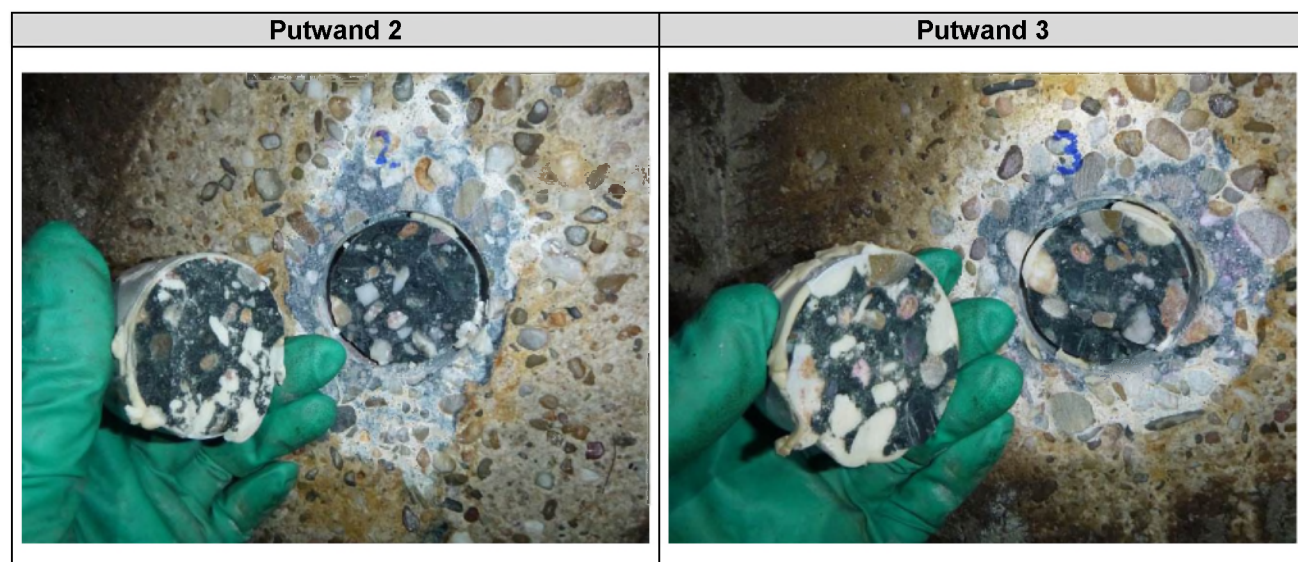
8.24.3 Put 24 - 508G006 Protocol voor de trekvastheidsbeproeving

Tabel 8.24.3 a:

Put 208G006

Plaats:	Project:	Datum:	Tester:			
Harderwijk	NB00038	11-12-2018	Bresser			
Te beproeven materiaal:						
Beton						
Apparaat type – nr.:	Proefstempeldiameter		Proefstempeloppervlakte:			
DYNA – Z16	50 mm		1964 mm ²			
Boordiepte:	Kleefstof:		Snelheid trekkrachtbelasting:			
10 +/- 5 mm	X60 quick-act. adhesive		300 N/sec			
Testnummer. [-]	Kracht bij breuk F [kN]	Waarde β [N/mm ²]	Cohesiebreuk [%]		Adhesiebreuk [%]	
			P	U	AP / AU	AK
Putwand 2	7,37	3,75	0	80	20	0
Putwand 3	6,62	3,37	0	80	20	0

Cohesiebreuk:	Adhesiebreuk:
P – in de kleefstof	AP / AU – tussen kleefstof en ondergrond
U – in de ondergrond	AK – Tussen kleefstof en trekkop



9 Bijzonderheden

Put 22 - 508I004

Deze injectieput vertoonde los zittende stenen. Bij het verwijderen van een steen was holle ruimte achter de steens gemetselde putwand zichtbaar. Ongeveer 50 cm achter de putwand was nog een gemetselde muur zichtbaar. Het is aan te bevelen ter plaatse van deze putwand onderzoek in het veld te doen om te ontdekken wat hier gaande is.

Put 07 - 411G122

Zoals op de foto's van deze put is te zien was hier sprake van een bijzondere constructie, waarbij het hoofdriool een soort slinger maakt. Vanuit het afvoerend riool, kijkend in de put, is een overkluizing zichtbaar met een hoekverdraaiing naar links. Deze overkluizing is gerealiseerd d.m.v. een grote betonnen dekplaat, origineel vermoedelijk 40 cm. dik. De wapening in de onderzijde van de dekplaat is zichtbaar en gecorrodeerd. Gezien het feit dat hiermee de functionaliteit van de wapening sterk achteruit gaat en de overspanning van de dekplaat groot is, is met dit gegeven extra oplettendheid geboden.

Gezien de verkeersbelasting op deze overkluizing is het advies geen risico te nemen en plannen te maken om deze grote betonnen dekplaat te vervangen. Wanneer de oude dekplaat (samen met de dekplaat van put 411G122 zelf) weggenomen is, is het advies om de gehele put gelijktijdig te renoveren.

10 Aanbevelingen m.b.t. mogelijk toe te passen renovatiemethodes

In de putten was tijdens het onderzoek sterke aantasting van betonnen delen en de dekplaat geconstateerd en er waren geen constructieve gebreken. De stenen van het metselwerk waren hard maar de voegen waren sterk gecorrodeerd en zacht.

Gezien de huidige status van de putten, is de zwakste schakel in het geheel de betonnen dekplaat. In de meeste gevallen is het te adviseren deze te vervangen en de nieuw te fabriceren dekplaat in het fabricageproces te voorzien van een beschermende laag. Bijvoorbeeld het instorten van een glasvezel versterkte plaat. Op het moment dat de dekplaat verwijderd wordt, ontstaat een prettige werkruimte om de put geheel te renoveren en eventueel CIPP liners in de strengen aan te brengen, wat het werk zeer vergemakkelijkt en daarmee de kosten gedrukt zouden kunnen worden.

Bij het maken van plannen is het advies om alle renovatiewerkzaamheden gelijktijdig uit te voeren, waarbij het een grote uitdaging is om het rioolwater voor langere tijd om te pompen en een oplossing te bedenken voor momenten wanneer er (zware) regenbuien zijn.

Wanneer het hoofdriool gerenoveerd wordt met een CIPP glasvezel liner, dan is een voor de hand liggende putrenovatiemethode, het aanbrengen van glasvezelversterkte kunststof beplating in combinatie met handlaminaat, omdat dit hetzelfde materiaal is als een glasvezel liner en er zodoende met handlaminaat een vloeiende waterdichte overgang van rioolrenovatie naar putrenovatie gemaakt kan worden.

In sommige gevallen kan misschien de liner doorgelegd worden in een put, waarbij de betreffende put komt te vervallen wanneer de overbruggingsafstand van put naar put dan nog werkbaar is.

Het aanbrengen van een coating of een mortel is het advies in gevallen van wortelingroei. Daarmee wordt het oppervlak luchtdicht afgesloten zodat wortels het niet meer interessant vinden om de put in te groeien. Daarvoor is wel een grondige ondergrondvoorbereiding door stralen noodzakelijk. Dit wordt ook makkelijker uit te voeren als de dekplaat verwijderd is.

Literatuur

- [1] Bosseler, B.; Puhl, R.: Beschichtungsverfahren zur Sanierung von Abwasserschächten - Studie zu Qualitätseinflüssen und Einsatzgrenzen anhand von Praxis- und Laboruntersuchungen, IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen, Februar 2005.
- [2] Bosseler, B.; Liebscher, M.; Gillar, M. : Sanierung von Abwasserschächten - Untersuchung von Materialien und Systemen zur Abdichtung und Beschichtung, IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen, April 2011.
- [3] Bosseler, B.; Gillar, M.; Liebscher, M.; Ulutaş, S.: Vergleichende Produkt- und Verfahrensbewertung von Auskleidungs- und Beschichtungssystemen zur Sanierung von Abwasserschächten. IKT-Warentest Schachtsanierung.
- [4] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb): Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs- Richtlinie), Teil 1: Allgemeine Regelungen und Planungsgrundsätze, Teil 2: Bauprodukte und Anwendung, Teil 3: Anforderungen an die Betriebe und Überwachung der Ausführung, Teil 4: Prüfverfahren, Beuth Verlag, Berlin, Oktober 2001.