

## **Afzettingen (urinekalk) in vacuümriolering**

**Inspectie, onderzoek en reiniging**

In periode 2018-2024 zijn een aantal rapporten verschenen over inspectie, onderzoek en reiniging van **waterbesparende vacuümriolering**. In dit document zijn gedeelten uit die rapporten (die in totaal 450 bladzijden bevatten) opgenomen. Centraal staat het project Waterschoon in de woonwijk Noorderhoek in Sneek

## Overzicht rapporten

STOWA-rapport 2018-63 “Evaluatie nieuwe sanitatie Noorderhoek/Waterschoon 2”

Rapport TAUW-Stowa “Resultaten camera-inspecties vacuümriolering Sneek”, 27 oktober 2021

Rapport TAUW-Stowa “Resultaten test met Cee-Bee dosering – kortstondige dosering”, 27 december 2021

Rapport TAUW-Stowa “Camera-inspecties vacuümriolering Lemmerweg-Oost”, 25 mei 2022

Rapport TAUW-Stowa “Resultaten test met Cee-Bee dosering – langdurige dosering”, 5 juli 2022

Rapport TAUW-Stowa “Resultaten test met hogedrukreiniging appartementencomplexen”, 18 juli 2022

Rapport TAUW-Stowa rapport “Resultaten test met hogedrukreiniging zorgcomplexen”, 11 november 2022

Rapport TAUW-Stowa rapport “Bekerglastest: Chemisch behandelen van urinesteen afzettingen”, 24 november 2022

Rapport TAUW-Stowa “Bestrijden afzettingen in vacuümriolering – Kennis en ervaring andere projecten i.r.t. afzettingen”, 16 december 2022

Rapport TAUW-Stowa “Literatuurstudie naar vorming van urinesteen & preventief en correctief reinigen - Urinesteen vormen, preventie en correctie”, 22 december 2022

Rapport TAUW-Stowa “Chemische reiniging vacuümleidingen zorgcomplex Waterschoon, Sneek”, 16 oktober 2024

## Gedeelten uit het STOWA-rapport 2018-63 “Evaluatie nieuwe sanitatie Noorderhoek/Waterschoon 2”

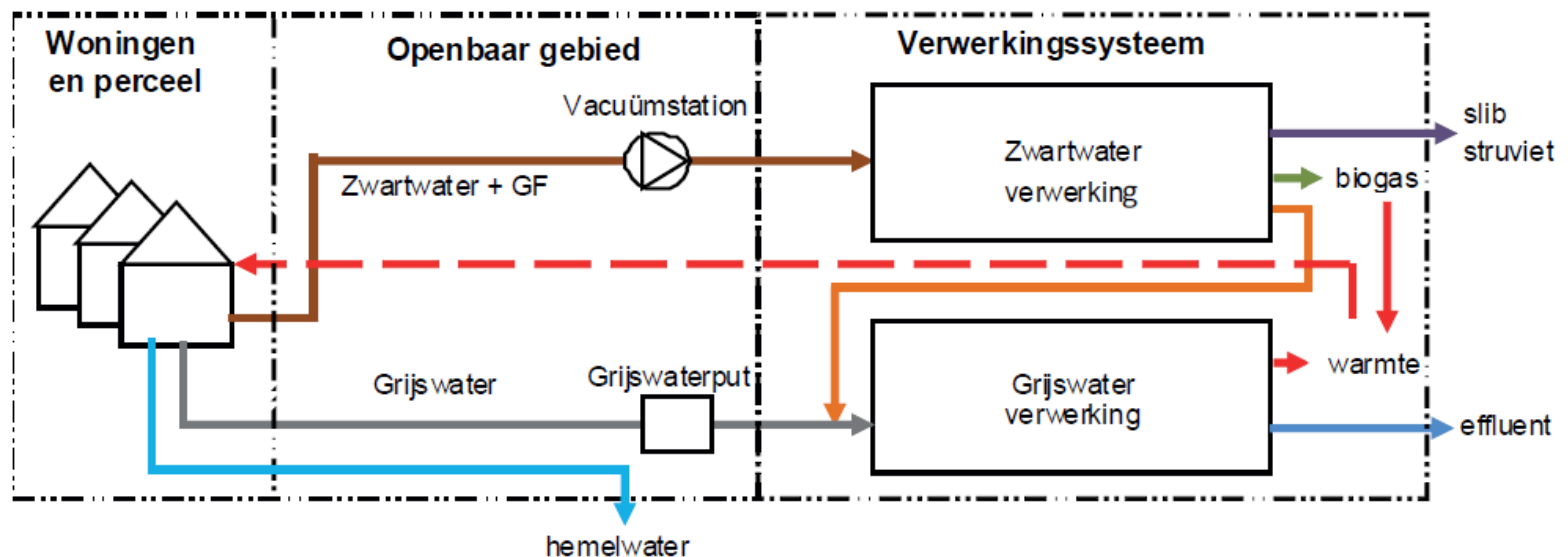
### PROJECT WATERSCHOON, DE ACHTERGROND

In 2008 is in de woonwijk Noorderhoek in Sneek het project Waterschoon gestart. Noorderhoek is een woonwijk die vanaf 2008, gedurende een periode van 10 jaar wordt gerenoveerd. Dat wil zeggen dat er 282 woningen zijn gesloopt en dat er gefaseerd 232 nieuwe woningen worden gebouwd.

In het Waterschoon project is gedurende de renovatie van Noorderhoek een ‘nieuw sanitatie’ concept geïmplementeerd. Hierin zijn grijs- en zwart huishoudelijke afvalwater gescheiden. Deze twee stromen worden apart afgevoerd naar een kleinschalige decentrale waterzuivering die in de wijk ligt. Het zwartwater wordt via een waterbesparende **vacuümriolering** getransporteerd.

In de waterzuivering wordt het grijs afvalwater via een aerobisch zuiveringssysteem behandeld. Het zwartwater wordt via een anaerobe- en OLAND-installatie (oxygen limited autotrophic nitrification denitrification) gezuiverd en in het aerobe systeem nabehandeld. Daarnaast wordt fosfaat teruggewonnen als struviet. Het hemelwater is niet aangesloten op het inzamelsysteem en wordt direct afgevoerd naar het oppervlaktewater. Met het zwartwater wordt ook het groente- en fruitafval (GF) via een ‘groente- en fruitvermaler’ via het vacuümriool ingezameld en behandeld (Afbeelding 1.1).

AFBEELDING 1.1 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN HET WATERSCHOON PROJECT WAARIN DE WATER-, GF-, EN ENERGIESTROMEN ZIJN WEERGEVEN

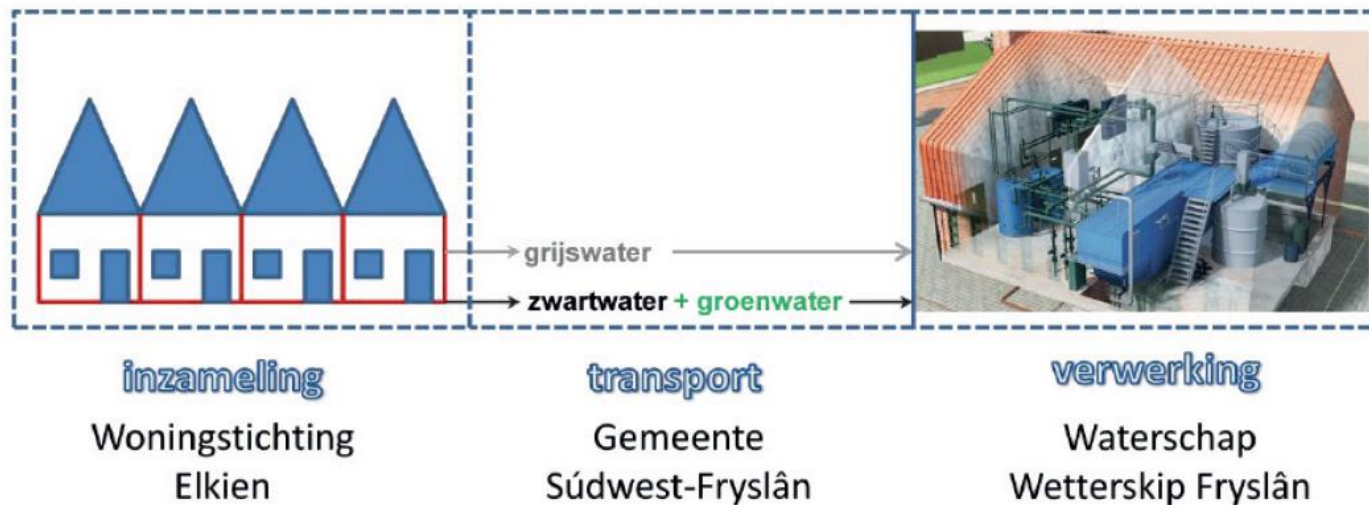


Het sanitatie-concept in het project Waterschoon heeft in potentie meerdere voordelen ten opzichte van conventionele, centrale afvalwater- en GF verwerking. Denk hierbij aan een lager waterverbruik door de **vacuümriolering (toiletspoeling met 1 liter)**, lager netto energieverbruik omdat energie terug wordt gewonnen (biogas en warmte), en een lagere slibproductie omdat het zwartwater en GF-afval anaeroob behandeld worden. Tot slot wordt fosfaat terug gewonnen in de vorm van struviet, dat als bodemverbeteraar kan worden gebruikt.

## WATERGEBRUIK

Het decentrale systeem kent een intrinsiek lager watergebruik door het toepassen van vacuümtoiletten. Het watergebruik voor toiletspoeling en afvoer van GF-afval bedroeg in 2017 11 L.inwoner<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup> (2014: 13,9 L.inwoner<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>). Dit is 69% minder dan het landelijk gemiddelde watergebruik voor toiletspoeling van 35 L.ie<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>.

### ORGANISATIE VAN HET BEHEER EN ONDERHOUD



## **3.2 BEHEER EN ONDERHOUD**

### **3.2.1 INZAMELING IN DE WONINGEN**

In de praktijk treden storingen op bij de vacuümtoiletten en de groente- en fruitvermalers. Dit is in 2017 het geval bij 2% van de toiletten en 11% van de groente- en fruitvermalers. Nadere analyse van de storingen laat zien dat onjuist gebruik de voornaamste oorzaak hiervan is. Het bewonerstevredenheidonderzoek bevestigt deze hypothese: de bewoners hebben behoefte aan duidelijke informatie over het gehele systeem (incl. gebruik en nut). Als gevolg hiervan kunnen geen harde conclusies worden getrokken over de robuustheid van de geïnstalleerde componenten binnen de wooneenheden. Wel wijzen de resultaten erop dat de groente- en fruitvermaler storingsgevoeliger is dan het vacuümtoilet.

### **3.2.2 TRANSPORTSISTEEM**

Het inzamel- en transportsysteem wordt preventief onderhouden. Niettemin is er een aantal storingen geweest, en dan typisch bij de afvoerpompen van het vacuümsysteem. Om deze storingen in aantal te reduceren, wordt sinds 2014 de vacuümtank regelmatig gereinigd. Daarbij worden regelmatig grove delen gevonden, zoals schroeven, stukjes gipsplaat enz. Dit betekent dat - net zoals in 2014 geconstateerd - aanvullende informatievoorziening voor en goede voorlichting aan de bewoners belangrijk is ter voorkoming van storingen. Uit deze observatie blijkt dat het vacuümsysteem kwetsbaarder is dan een regulier rioleringsysteem. Het transportsysteem kende in 2017 8 storingen die voornamelijk te maken hadden met vervuiling van sensoren, pompen en mixer. Eén storing die bij 8 bewoners problemen veroorzaakte, was gerelateerd aan een verstopping net buiten één van de appartementen. Het blijkt een jaarlijks terugkerend probleem dat mogelijk wordt veroorzaakt door een verzakking of een constructiefout. Sinds 2014 is een aantal installatietechnische wijzigingen doorgevoerd aan het inzamel- en transportsysteem. Zo is ventilatie geplaatst in de ruimte waar het vacuümsysteem is opgesteld en zijn de vacuümpompen vervangen voor een zwaarder model, zodat er in de toekomst extra woningen kunnen worden aangesloten.

### **3.2.3 ZUIVERINGSINSTALLATIE**

De zuiveringsinstallatie heeft in de onderzoeksperiode goed gepresteerd, met prima zuiveringsrendementen. In de onderzoeksperiode traden verschillende storingen op, waarvan een aantal in de vorm van verstoppingen van leidingen. In het bijzonder worden vermeld de storingen (door verstoppingen) aan de struvietreactor. Om het aantal verstoppingen te verminderen, is de dosering van magnesiumoxide vervangen door dosering van magnesiumchloride. Daarnaast waren er meerdere storingen bij de warmtewisselaar en de CV-ketel. Overige storingen aan het behandelingsysteem zijn minder structureel en meer beheer gericht, waaronder verstoring van de loogtoevoer of het opraken van de magnesiumvoorraad. Voor adequaat beheer heeft de installatie Waterschoon – in deze experimentele bezetting - een bezetting van ongeveer 0,4 fte nodig. Er is een aantal installatietechnische wijzigingen doorgevoerd aan het zuiveringssysteem. Zo is de ruimteventilatie vergroot en is een extra H<sub>2</sub>S-sensor geplaatst. Tijdens de monitoringsperiode is een calamiteit aan de OLAND reactor opgetreden, met als gevolg een langdurige verstoring van het zuiveringsproces. Door de software aan te passen is herhaling van deze verstoring uitgesloten.

### 3.2.5 LEERPUNTEN EN AANBEVELINGEN

Het deelrapport beheer en onderhoud eindigt met concrete leerpunten en aanbevelingen. Deze zijn gedeeltelijk operationeel-technisch van aard (bijvoorbeeld: plaatsen voorziening opvang grove delen voor de zwartwater afvoerpompen, helder krijgen waarom warmtewisselaar geen vrijgavesignaal krijgt, aanleggen spoeloptie leiding vergister naar biorotor) en deels organisatorisch van aard.

Met betrekking tot het laatste wordt stilgestaan bij de versnippering van het beheer (dat daarenboven deels aan derden wordt uitbesteed) en de onduidelijkheid die daardoor ontstaat over de afbakening van taken en verantwoordelijkheden van alle betrokken partijen. Dit moet eenduidiger geregeld worden. Daarnaast wordt aanbevolen om meer inzicht te genereren in de oorzaken en oplossingen van storingsmelding binnen de woningen. Er moet meer worden samengewerkt met leveranciers van vacuümtoiletten en groente- en fruitvermalers om storingen te bespreken. Tot slot wordt erop gewezen dat **betere instructies nodig zijn voor de inwoners over het gebruik van vacuümtoilet en groente- en fruitvermalers.**

### 3.5.2 BELANGRIJKSTE CONCLUSIES

Tabel 3.4 vat de uitkomsten van de LCA samen. Hieruit blijkt dat Waterschoon (doorgerekend op 1.530 inwoners) vergelijkbaar scoort aan de referenties. Hierbinnen valt positief op dat Waterschoon beter scoort op het watergebruik. Dit illustreert dat waterbesparende maatregelen, zoals bijvoorbeeld vacuümtoiletten, leiden tot een duurzamer waterproductie.

## 4 AFSLUITENDE BESCHOUWING EN PERSPECTIEVEN

In deze vervolgstudie is gedurende periode 2014-2017 project Waterschoon intensief gemonitord, met als oogmerk betrouwbaarder gegevens te krijgen over het functioneren dan in 2014 (door de nu hogere belasting. *Aantekening: de evaluatie in 2014 is gebaseerd op metingen en waarnemingen aan een onderbelast systeem als gevolg van minder woningen/inwoners dan de ontwerpbelasting van het systeem*). Op basis van de hieruit verworven inzichten zijn de zes deelonderzoeken Waterschoon herijkt in de vorm van *updates*. Met de constatering dat de belasting van het project Waterschoon daadwerkelijk veel hoger is dan in de voorafgaande evaluatie, mag ook geconstateerd worden dat de bevindingen die nu naar voren komen beter en betrouwbaarder zijn. Met andere woorden: de conclusies zoals getrokken in 2014 worden overschreven door de inzichten die nu zijn verkregen.



Waterschoon van DeSaH



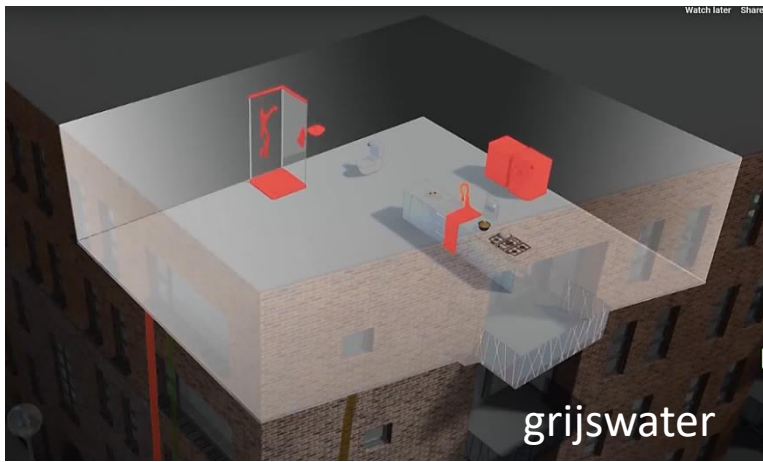
Watch later



Share



MORE VIDEOS



Aangesloten op gebruikelijke riolering

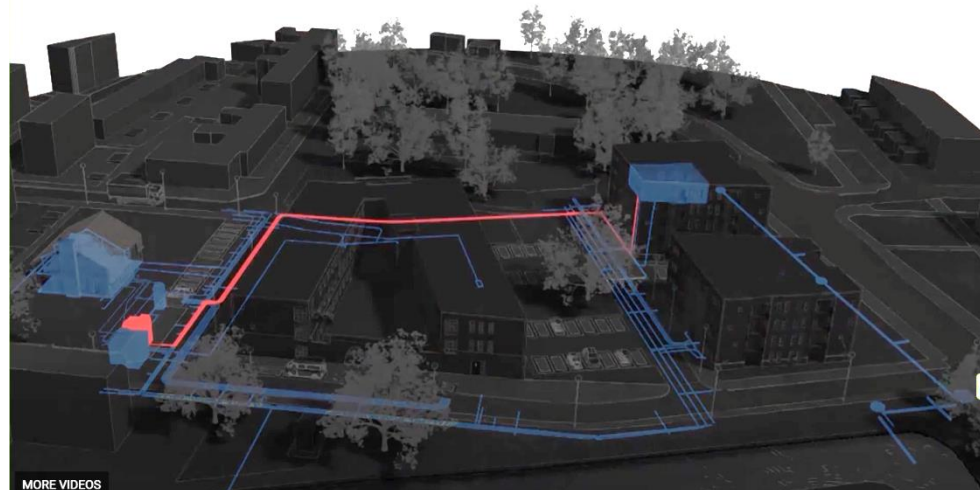
Aangesloten op  
vacuümriolering.  
Bewoners gebruiker  
25 tot 50% minder water



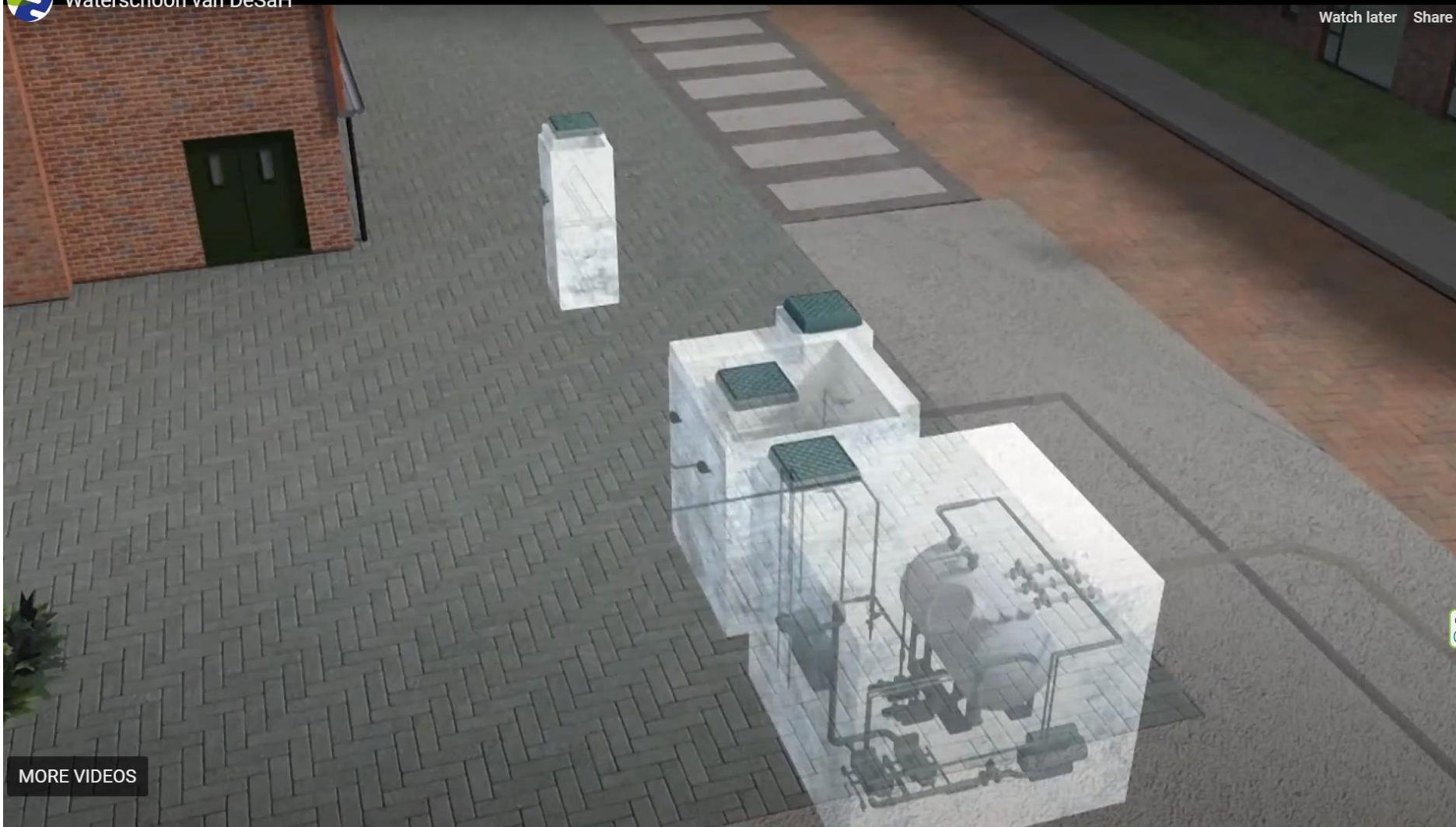




zwartwater (vacuümriolering)



grijswaterriolering



MORE VIDEOS

Zwart- en grijswater worden apart ingezameld en getransporteerd naar het energiegebouw waar ze gescheiden worden gezuiverd.  
Hemelwater wordt direct geloosd op het oppervlaktewater.



MORE VIDEOS

Toegang tot het vacuümstation

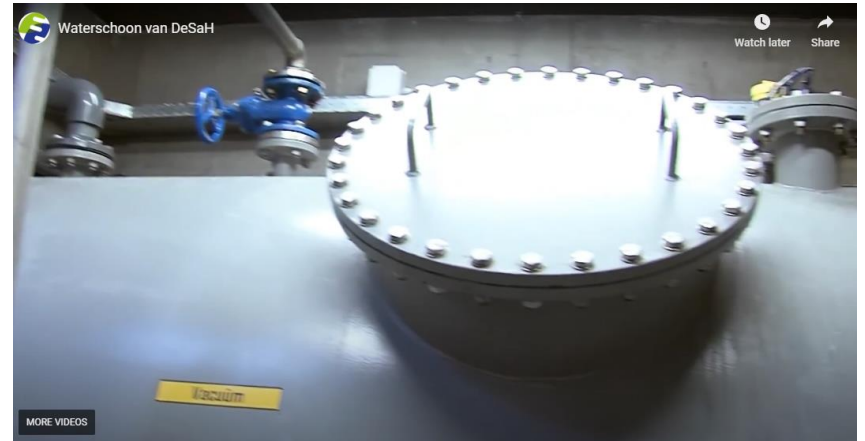


MORE VIDEOS

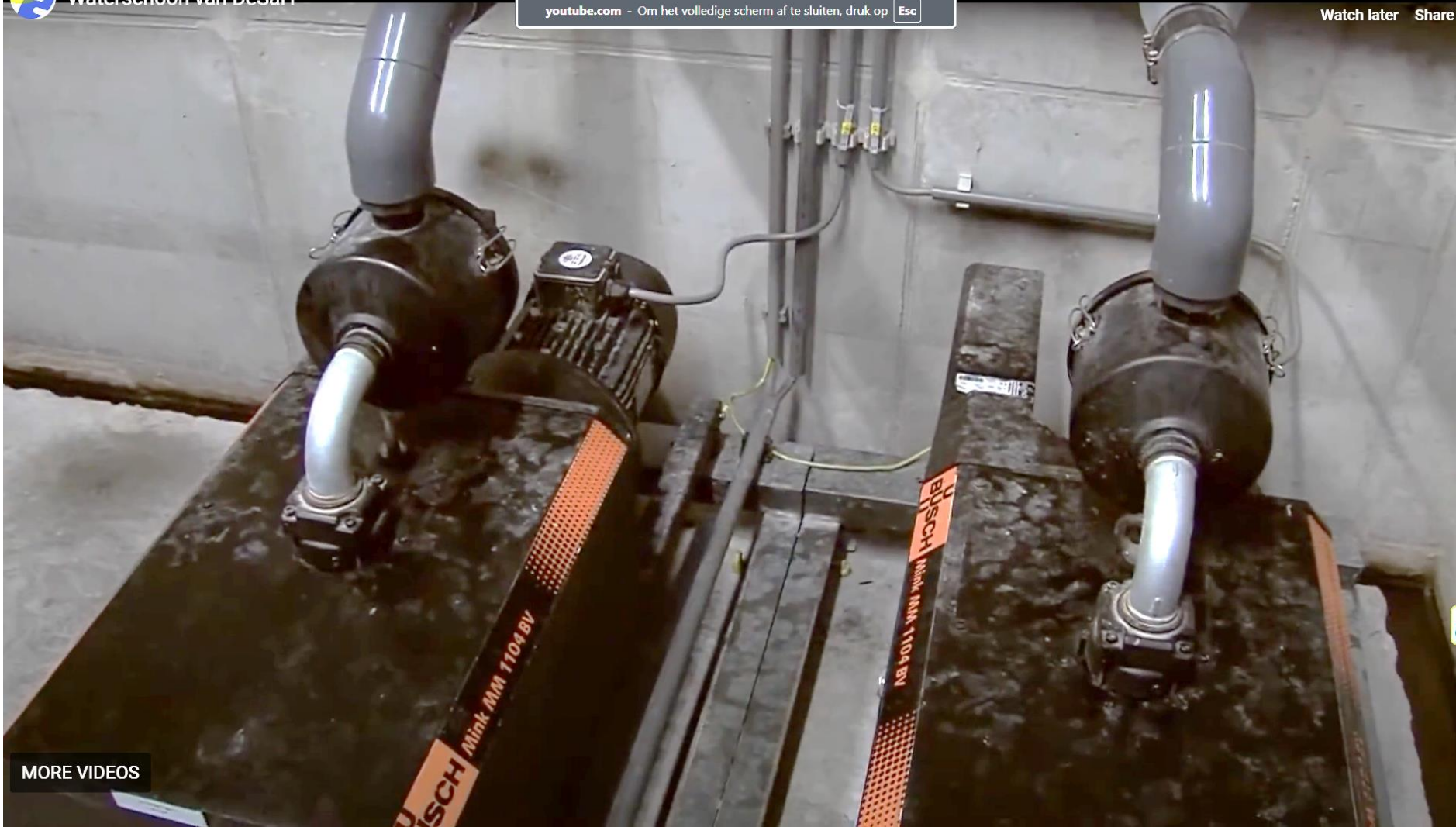




MORE VIDEOS



MORE VIDEOS

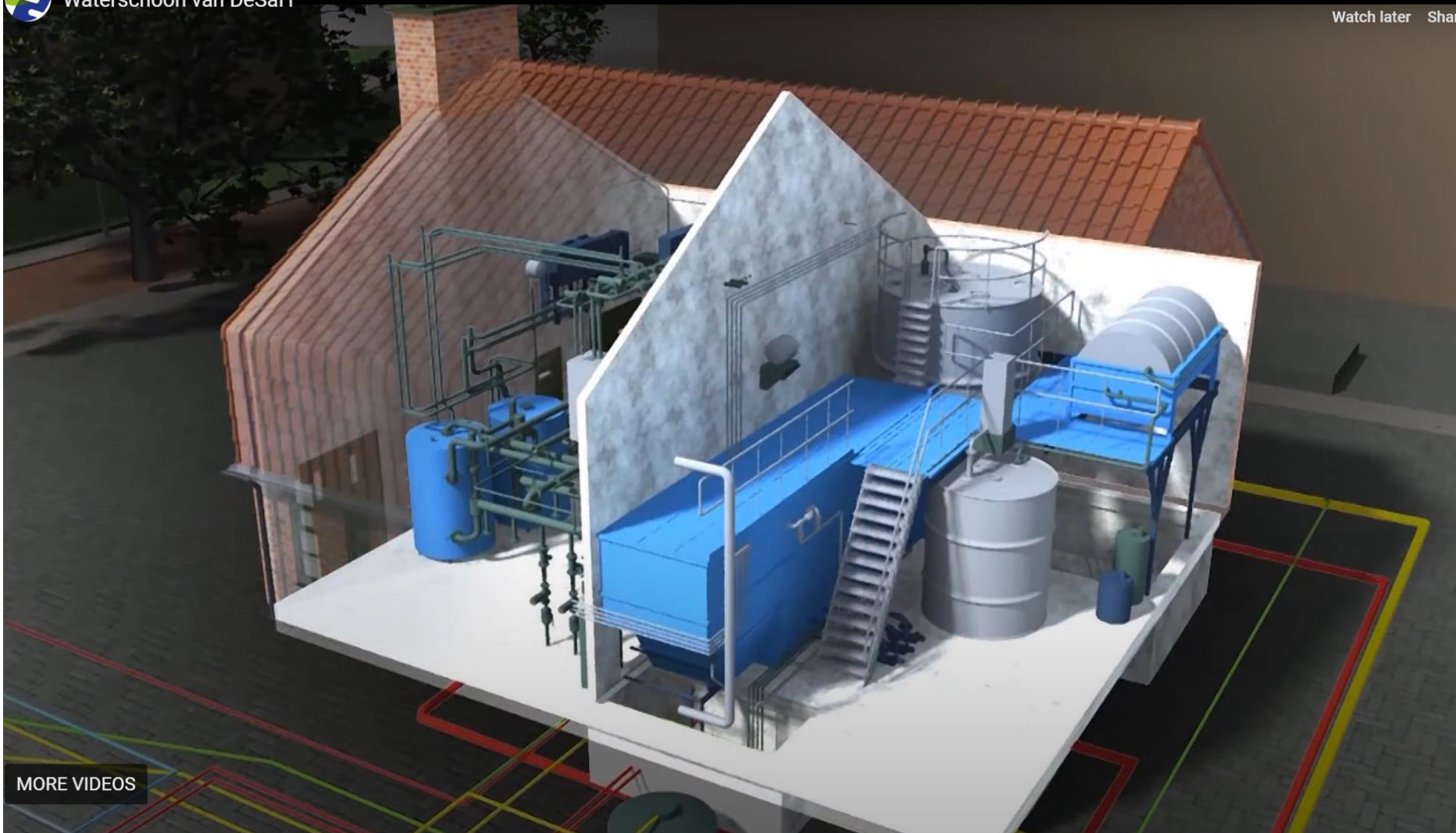


MORE VIDEOS



MORE VIDEOS

Zuivering- en energiegebouw



Zwartwater (toilet en voedselvermaler) en grijswater worden apart gezuiverd in het rechter deel van het zuiverings- en energiegebouw.

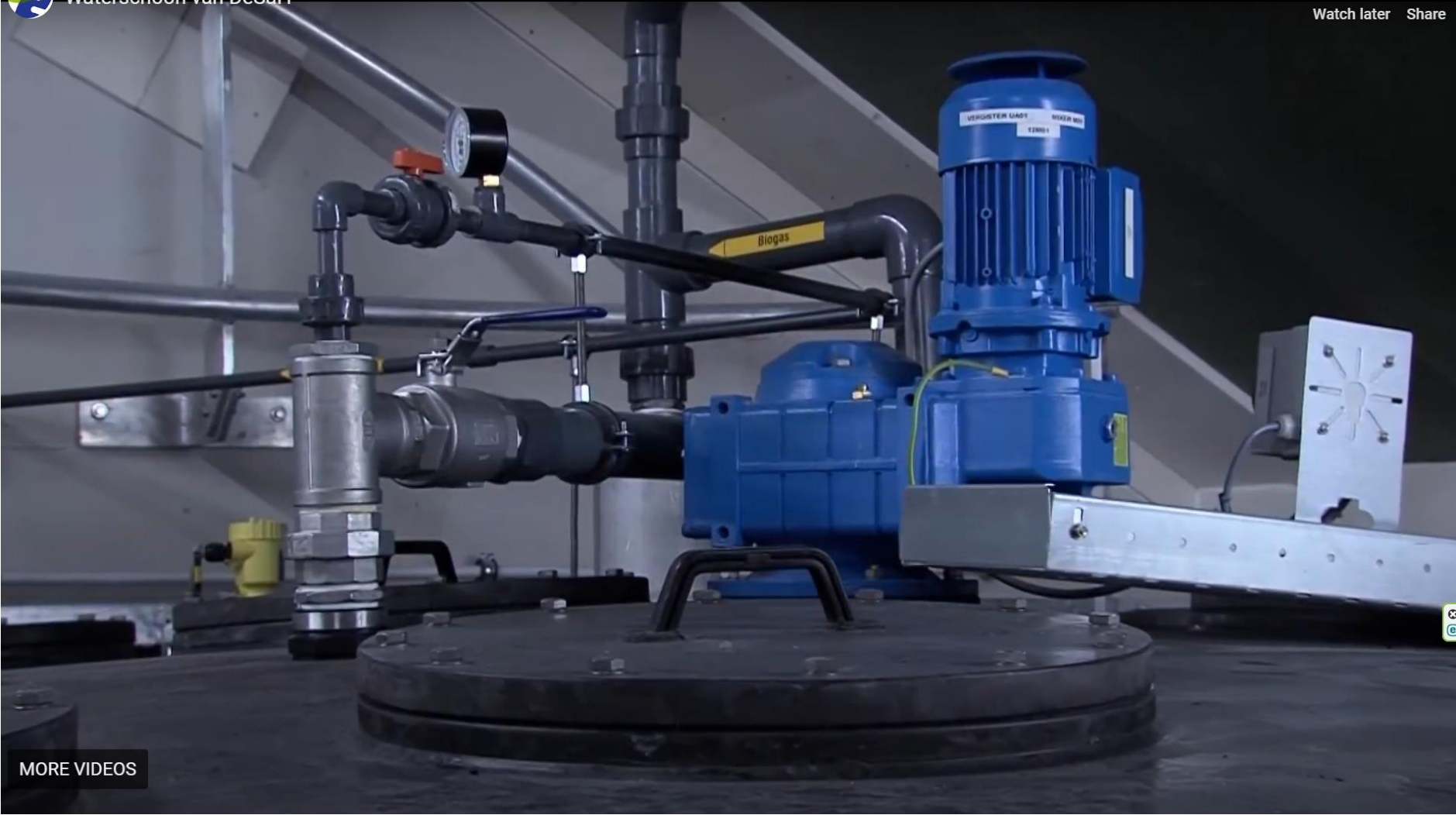




Schadelijke stoffen uit het afvalwater zoals hormoon verstorende stoffen en medicijnresten worden verwijderd.

Grondstoffen als stikstof en fosfaat worden omgezet in een kunststofmest vervanger.





Het geconcentreerde zwartwater wordt gegist om biogas te produceren. Door de productie van biogas en terugwinning van warmte uit het afvalwater wordt energie gegeneerd.

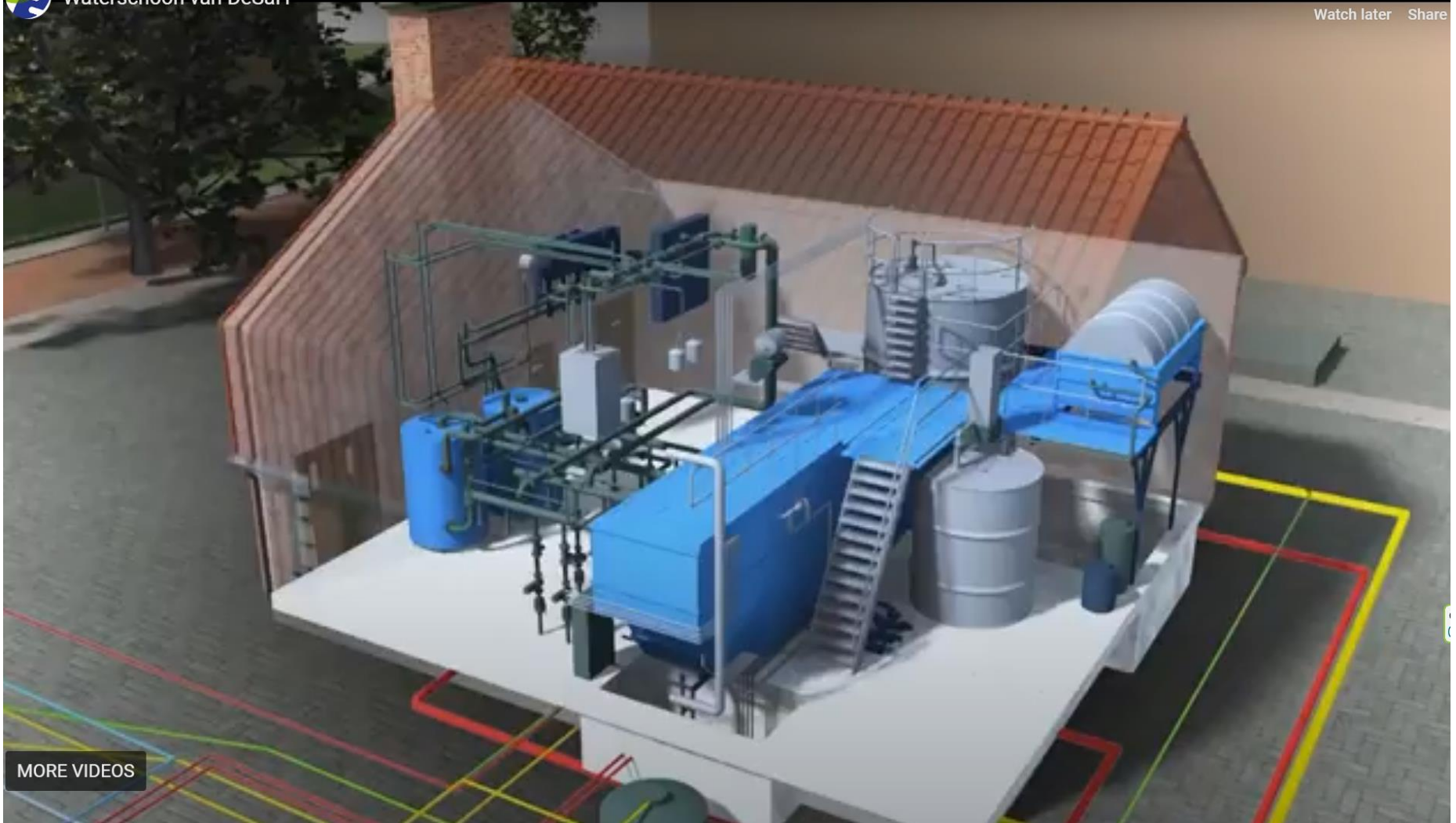


MORE VIDEOS

©



[MORE VIDEOS](#)



Aan de linkerkant van het zuiverings- en energiegebouw wordt deze vrijgekomen energie in de vorm van biogas en warmte gebruikt voor het verwarmen van woningen en het leveren van warmtapwater in de wijk. Dit wordt gecombineerd met een warmte- en koude opslaginstallatie. Er wordt een hoog milieurendement gehaald in de energie- en afvalwaterhuishouding van woonwijken. Kortom: een vergaande kringloopinstallatie voor energie, grondstoffen en water.

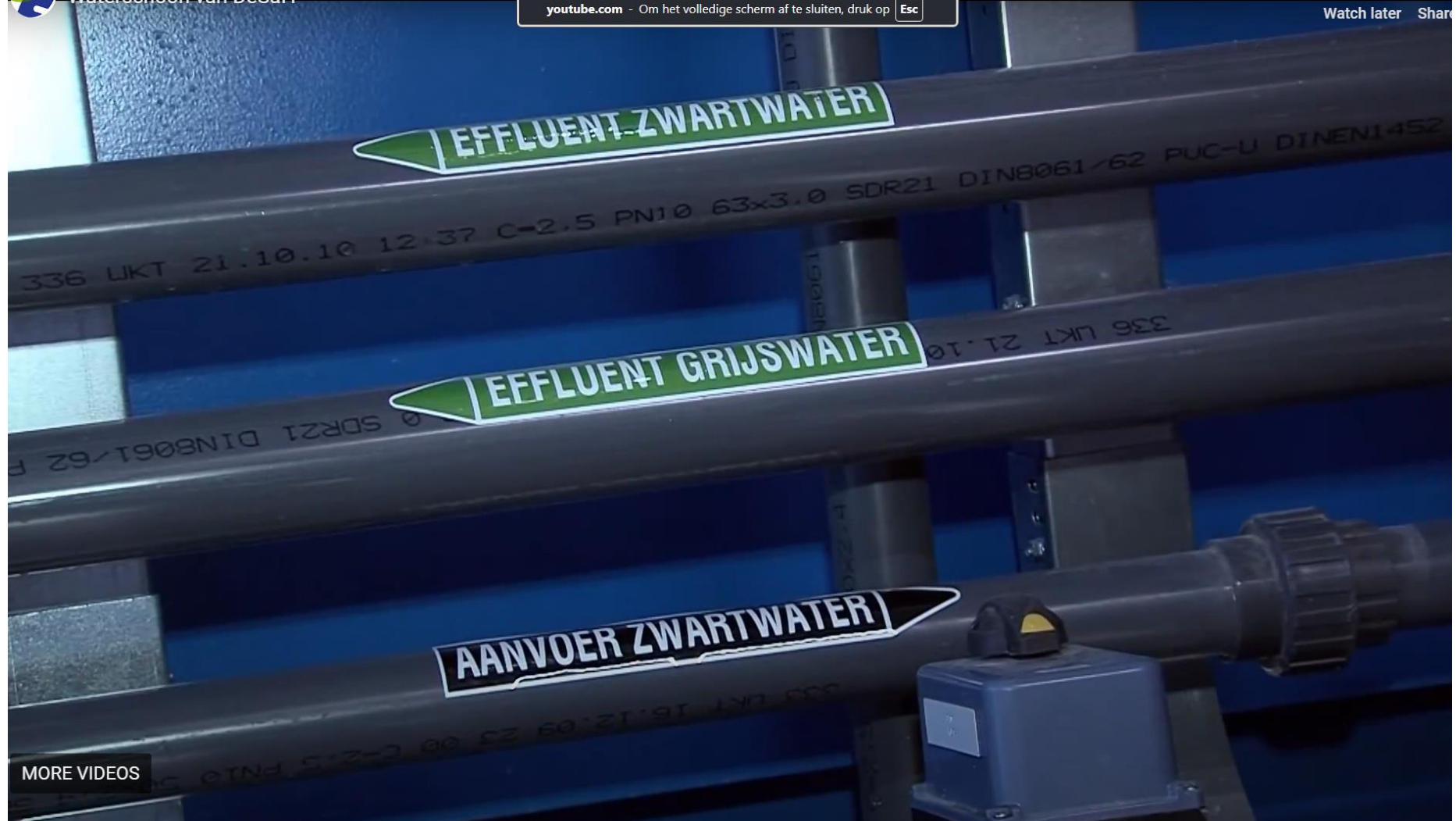


EFFLUENT ZWARTWATER

EFFLUENT GRIJSWATER

AANVOER ZWARTWATER

MORE VIDEOS



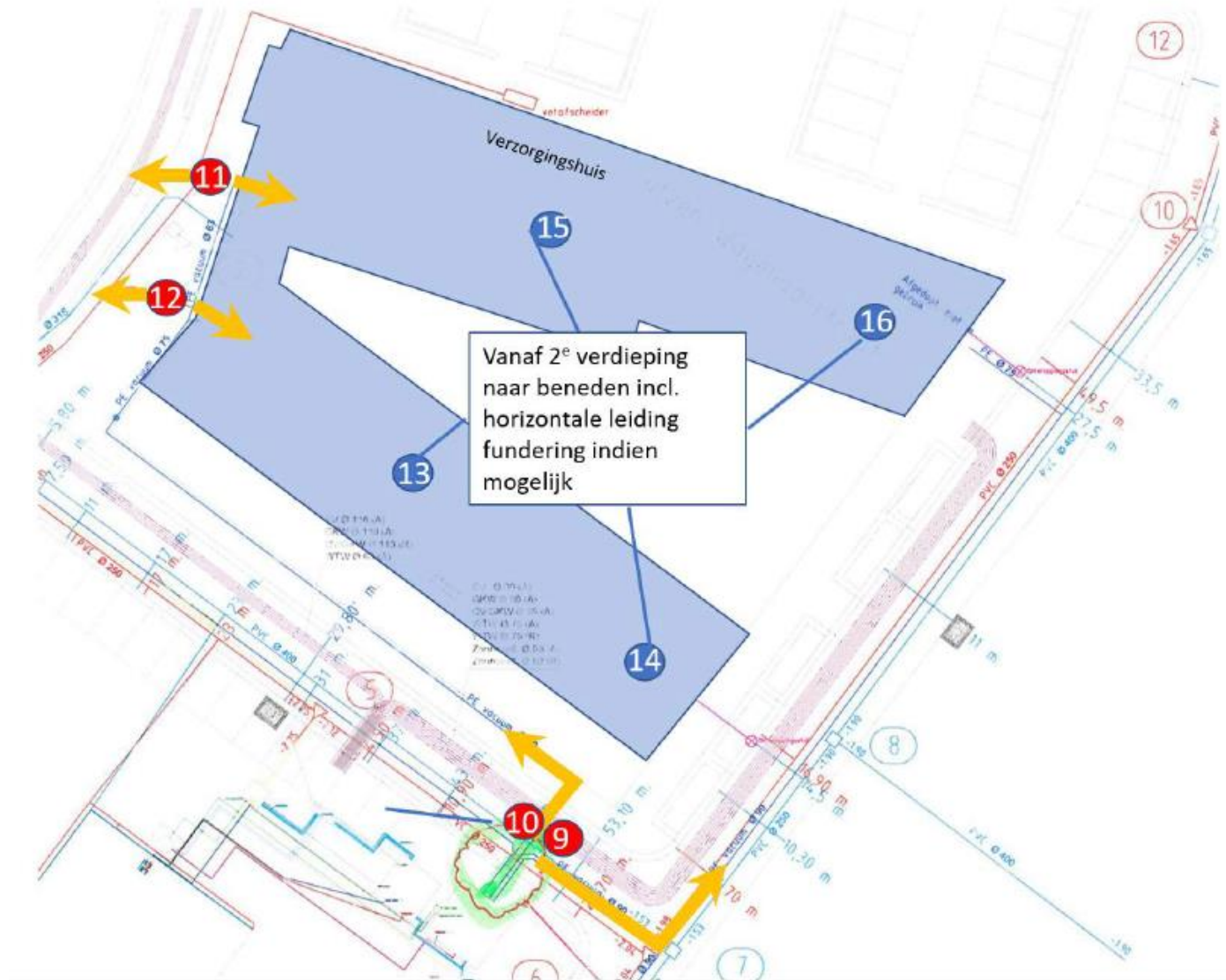
## Gedeelten uit rapport TAUW – Stowa “Resultaten camera-inspecties vacuümriolering Sneek” 27 oktober 2021

Naar aanleiding van een eerdere inspectie is **urinekalk geconstateerd in het vacuümriool** bij project Waterschoon (Noorderhoek in Sneek). Om de situatie rondom de afzettingen goed in beeld te brengen zijn meerdere camera inspecties uitgevoerd bij zowel:

- De appartementencomplexen inpandig
- Het leidingwerk in het openbaar gebied tussen het appartementencomplex en het vacuümstation
- Het zorgcomplex inpandig
- Het leidingwerk in het openbaar gebied tussen het zorgcomplex en het vacuümstation
- Het leidingwerk in het openbaar gebied van de grondgebonden woningen
- Bij 2 willekeurige grondgebonden woningen inpandig

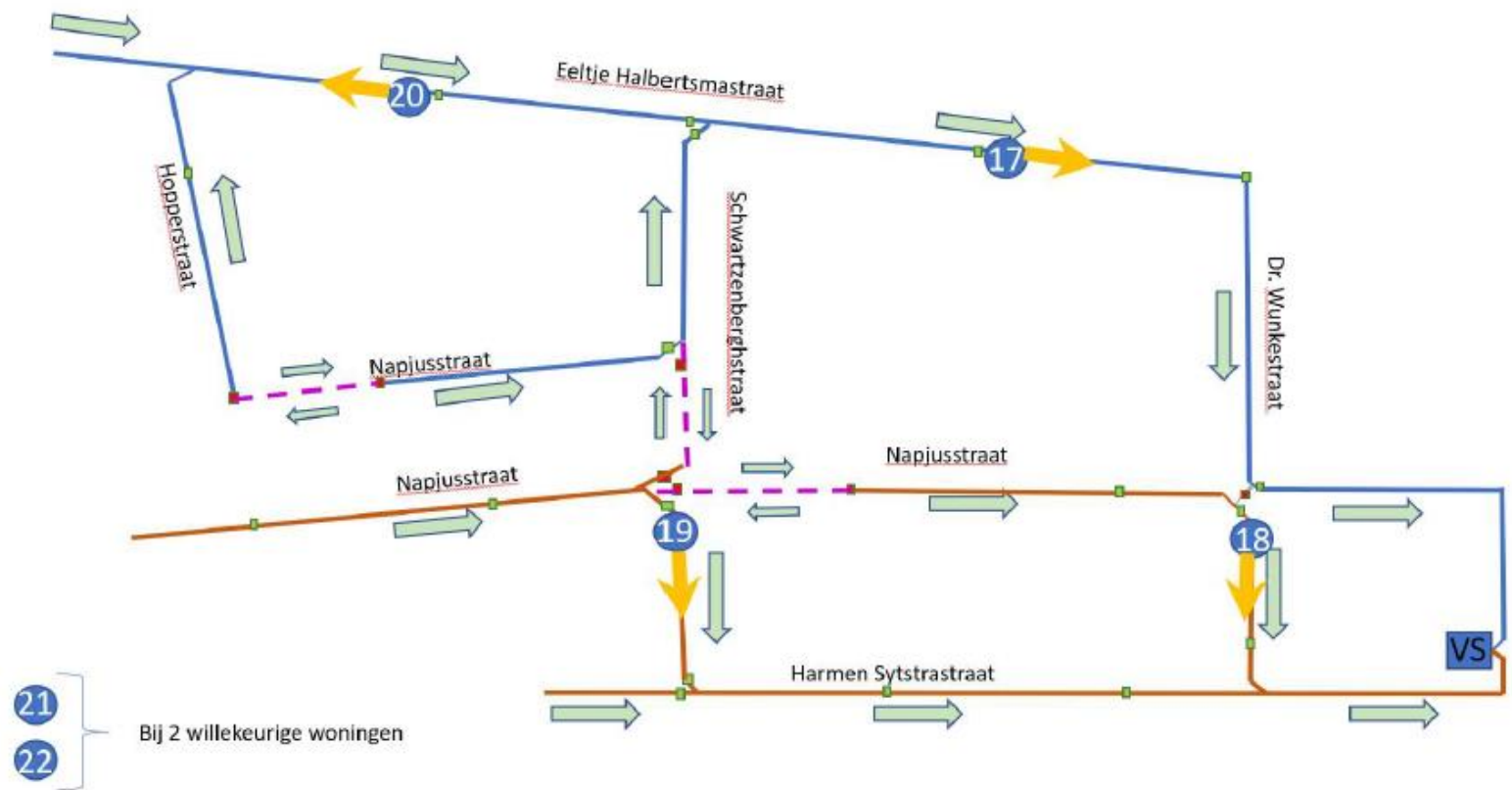


Figuur 2.1 Appartementencomplexen



Figuur 2.2 Zorgcomplex





Figuur 2.3 Grondgebonden woningen

## **4 Conclusies**

### **4.1 Appartementencomplexen**

Inpandig:

- Standleidingen op 3e en 4e verdieping relatief schoon (al wel her en der wat afzettingen). Vanaf 2e verdieping naar beneden matige tot ernstige afzettingen
- Horizontale leidingen in kruipruimte ernstige tot zeer ernstige afzettingen

Leiding tussen appartementencomplexen en vacuümstation:

- Matige tot zeer ernstige afzettingen indicatief in de eerste 10 m vanaf de perceelgrens van de appartementencomplexen. Hoeveelheid afzettingen is zeer ernstig nabij perceelgrens en neemt vervolgens af. In de leiding op circa 10 – 20 m vanaf het vacuümstation is sprake van ernstige tot zeer ernstige afzettingen

### **4.2 Zorgcomplex**

Inpandig:

Vergelijkbaar beeld als bij de appartementencomplexen.

- Standleiding 1e en 2e verdieping relatief schoon (al wel her en der wat afzettingen). Vanaf begane grond naar beneden matige tot ernstige afzettingen
- Horizontale leidingen in kruipruimte ernstige tot zeer ernstige afzettingen

Leiding tussen zorgcomplex en vacuümstation:

Minder afzettingen dan in leiding naar de appartementencomplexen.

- Matige afzettingen indicatief in de eerste 10 m vanaf de perceelgrens van de appartementencomplexen. In de leiding op circa 7 m vanaf het vacuümstation is sprake van wat ernstige afzettingen

### **4.3 Grondgebonden woningen**

Inpandig tot aan hoofdvacuümleiding in straat:

- Eerste circa 0,5 m relatief schoon daarna matige tot ernstige afzettingen zichtbaar. Dit bevindt zich vooral in het deel tussen de woning en de aansluiting op de hoofdleiding in de straat

Hoofdvacuümleiding in straat:

- Relatief schoon met op sommige plekken al wat ernstige afzetting (stukken met afzettingen van indicatief 5 – 10 mm dik)

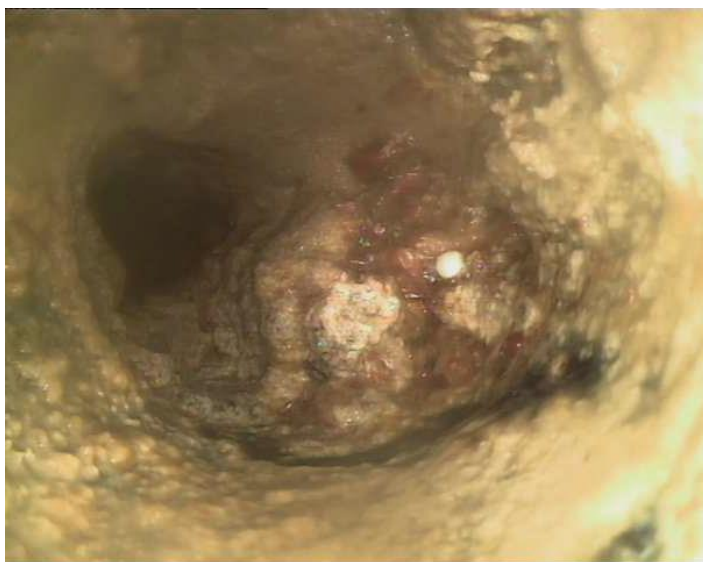
Selectie uit de 136 camerabeelden



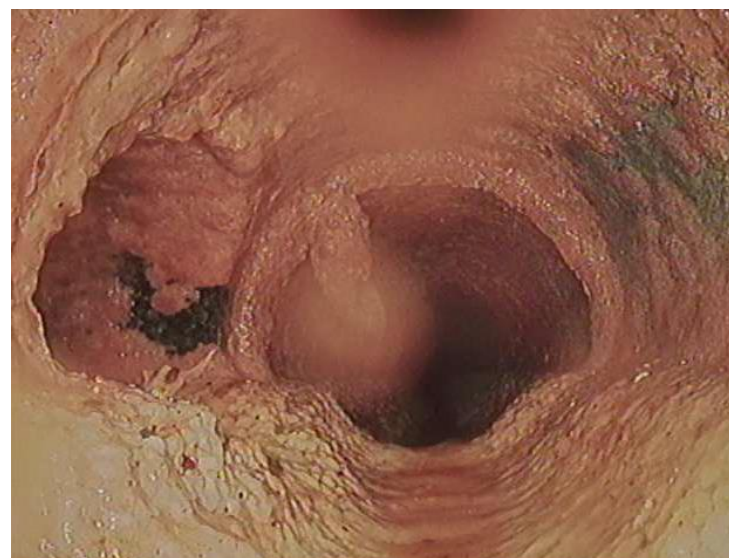
Punt 1: 6,5 m



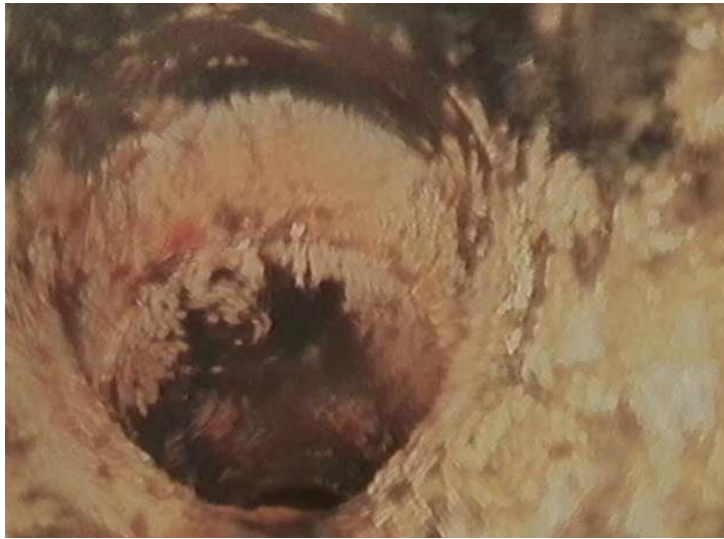
Punt 2: 1,5 m



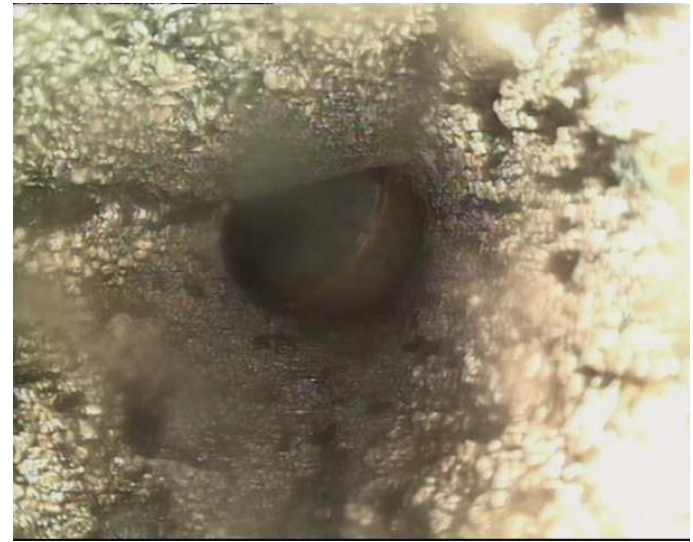
Punt 4: 3,5 m (camera kwam vast te zitten)



Punt 5: 23 m )



**Punt 9: 18 m**



**Punt 15: 4,6 m**



**Punt 18: 7,0 m**



**Punt 20: 0 m**

## **Gedeelten uit TAUW-Stowa rapport “Resultaten test met Cee-Bee dosering – kortstondige dosering”, 27 december 2021**

Naar aanleiding van de camera inspecties in oktober 2021 is contact geweest met Qua-vac (leverancier van Evac vacuümtoiletten die ook in Noorderhoek Sneek zijn geplaatst en ontwerpende partij van het gerealiseerde vacuümrioolstelsel) en BioCompact (leverancier van JETS-vacuümtoiletsystemen). De resultaten van de camera-inspectie zijn besproken met Qua-vac en BioCompact. Beide partijen hebben aangegeven een eigen reinigingsproduct (gebaseerd op een zuur) te kunnen leveren die de leidingen weer kan schoonmaken. Beide partijen hebben de rapportage van de camera-inspectie ontvangen waarbij hun een aantal vragen zijn gesteld. Qua-vac adviseerde om gedurende een aantal maanden een zuur te gaan doseren met automatische doseerunits op diverse plekken. BioCompact adviseerde om gedurende 2 weken handmatig het reinigingsproduct (Cee-Bee) te doseren waarna de leidingen weer schoon zouden moeten zijn. Vanwege het aantrekkelijke perspectief dat binnen 2 weken de leidingen schoon zijn en handmatig het reinigingsproduct kan worden gedoseerd, is besloten om voor deze optie te gaan. Vanwege de urgentie bij de appartementencomplexen (relatief veel storingsen/verstoppingen) is gefocust op het oplossen van de problematiek aldaar voordat verdere acties in de vacuümriolering worden genomen in het overige deel van de wijk.

Eind november/begin december 2021 is gedurende twee weken het reinigingsproduct (Cee-Bee) gedoseerd in ieder toilet van de appartementencomplexen en het zorgcomplex. Hierbij is op advies van leverancier in de eerste week 2 x 0,5 liter per dag per toilet gedoseerd en in de tweede week 1 x 0,5 liter per dag per toilet is gedoseerd. Bij de appartementencomplexen is dit door de bewoners zelf uitgevoerd. Bij het zorgcomplex heeft woningcorporatie Elkien de dosering van het reinigingsproduct gefaciliteerd.

Om een beeld te krijgen van het effect zijn op 15 december 2021 opnieuw camera inspecties uitgevoerd bij:

- het leidingwerk in het openbaar gebied tussen het appartementencomplex en het vacuümstation,
- het leidingwerk in het openbaar gebied tussen het zorgcomplex en het vacuümstation.

De locaties waar camera inspecties zijn uitgevoerd zijn:

- punt 3 tot en met 5
- punt 7 tot en met 12

Zie figuur 3.1 en figuur 3.2 voor de locatie van deze punten.

Navolgend is voor de punten 3 tot en met 5 en 7 tot en met 12 beeldmateriaal opgenomen van voor en na de dosering van het reinigingsproduct Cee-Bee.



Figuur 3.1 Appartementencomplexen

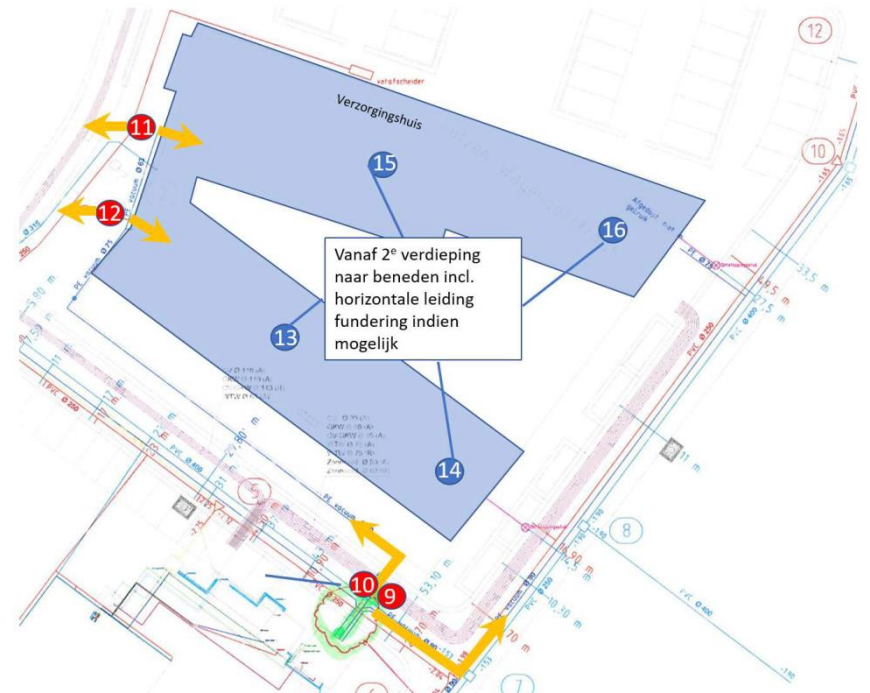
### Beschouwing

Op basis van de camerabeelden voor dosering en na dosering is geen tot zeer beperkt verbetering te zien. De beelden van voor en na dosering is gedeeld met BioCompact. Zij hebben aangegeven dat blijkbaar de inwerktijd van het reinigingsproduct te kort is bij het handmatig doseren en zijn vervolgens met soortgelijk voorstel gekomen als Qua-vac namelijk het doseren met automatische doseerunits op diverse strategische plekken (eind van strengen geredeneerd vanuit het vacuümstation). Er is verkend welke impact het inpassen van automatische doseerunits in de bestaande gebouwen heeft. Dit is nog behoorlijk complex. Omdat er op basis van de beelden geen volle overtuiging is dat het doseren van het reinigingsproduct Cee-Bee ook daadwerkelijk de leidingen schoon zal krijgen, is besloten om een testopstelling op één streng van één van de appartementencomplexen te realiseren.

### Conclusies en aanbevelingen

Op basis van de camerabeelden voor dosering en na dosering is geconcludeerd dat de dosering van het reinigingsproduct Cee-Bee gedurende twee weken geen tot zeer beperkt effect heeft gehad. Er zijn nog steeds na dosering ernstige afzettingen zichtbaar.

Er is aanbevolen om op één streng van één van de appartementencomplexen een testopstelling te realiseren waarbij er met een automatische doseerunit reinigingsproduct in het systeem wordt gebracht gedurende een langere periode.



Figuur 3.2 Zorgcomplex

## Gedeelten uit TAUW-Stowa rapport “Resultaten test met Cee-Bee dosering – langdurige dosering”, 5 juli 2022

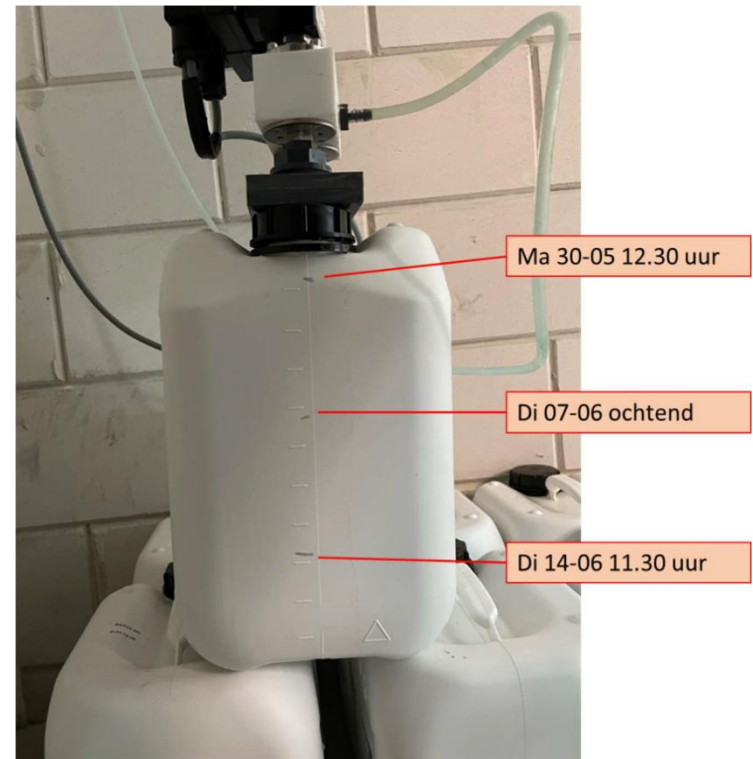
In april 2022 is gestart met de test om automatisch Cee-Bee gel gelijkmatig over de dag in één van de leidingstrengen te doseren gedurende maximaal 3 maanden. Dit naar aanleiding van de niet succesvolle test (december 2021) waarbij Cee-Bee kortstondig gedurende 2 weken is gedoseerd.

De testopstelling bevindt zich in de berging van het tweede appartementencomplex in de schacht waar de standleiding loopt. Figuur 2.1 presenteert de locatie van de testopstelling (oranje bolletje) en met het blauwe bolletje is de locatie aangegeven van het inspectiepunt ten behoeve van de camera-inspectie.



*Figuur 2.1 Testopstelling t.b.v. chemische reiniging met Cee-Bee. Oranje bolletje weergeeft bij benadering locatie waar Cee-Bee wordt gedoseerd. Het blauwe bolletje weergeeft het inspectiepunt t.b.v. camera-inspectie waarbij de leiding (blauwe lijn) kan worden geïnspecteerd*

De testopstelling bestaat uit een automatisch doseerunit geplaatst op een doseervat. De doseerslang prikt in op de standleiding van de vacuümleiding op circa 2,5 m hoogte. De doseerunit doseert gedurende een instelbare tijd het Cee-Bee product in de vacuümleiding. Tevens is een luchtdosering geplaatst. Gedurende een instelbare tijd opent de klep om lucht toe te laten in de vacuümleiding. Hierdoor wordt langzaam transport van het Cee-Bee product door de leiding bewerkstelligd waardoor optimaal de afzettingen worden aangepakt. Voorafgaand aan de start van de test is een nulmeting uitgevoerd (camera inspectie in betreffende leiding) door de leverancier van de gel (Merchints) in aanwezigheid van opdrachtgever en vertegenwoordiger van de gel (BioCompact). Vervolgens is de dosering gestart en zijn periodiek camera inspecties uitgevoerd om de voortgang te monitoren waarbij eventueel de dosering van de gel is aangepast. De inhoud van het voorraadvat van de gel is oorspronkelijk bewaakt door de leverancier, maar gedurende de uitvoering van de test heeft Elkien dit overgenomen. Voor deze test van maximaal 3 maanden is 180 liter Cee-Bee gel besteld. Deze hoeveelheid is op advies van de leverancier.



*Figuur 3.1 Loggen niveau gel in voorraadvat in de tijd*

### **Beschouwing**

In het rapport zijn de beelden van 19 april 2022 (startsituatie) en beelden van 8 juni 2022 (moment waarop leverancier oordeelde dat de leiding voldoende schoon is) naast elkaar gezet. Op basis van de beelden is onduidelijk waarop de leverancier heeft geconcludeerd dat de betreffende leiding op 8 juni 2022 voldoende schoon is. Op basis van de beelden is geen tot minimale verbetering te zien tussen 19 april en 8 juni 2022. Door de leverancier is bij de nulmeting aangegeven dat de leiding al relatief schoon is en dat dit mogelijk nog een na-ijl resultaat is van de zuurdosering die gedurende 2 weken heeft plaats gevonden eind 2021. De beelden van eind vorig jaar zijn vergeleken. Op basis hiervan is geen beduidend betere situatie te zien bij de start van deze test waardoor kan worden geconcludeerd dat er geen na-ijl effect is geweest van de zuurdosering vorig jaar.

### **Conclusie**

Op basis van de beelden van de camera inspecties die zijn uitgevoerd tussen 19 april 2022 (start van automatische zuurdosering) en het moment dat de leiding als voldoende schoon is beoordeeld door leverancier (8 juni 2022) is de conclusie dat er geen tot zeer beperkte verbetering is te zien als gevolg van de zuurdosering. Deze conclusie is gedeeld met de leverancier. De leverancier heeft aangegeven te geloven in de werking van hun product en heeft voorgesteld om deze test te herhalen op een andere leiding. Aangezien er geen tot zeer beperkte verbetering is geconstateerd is een dergelijke herhaling van de test vooralsnog uitgesteld.



## Gedeelten uit TAUW – Stowa rapport “Resultaten test met hogedrukreiniging appartementencomplexen” 18 juli 2022

Figuur 2.1 presenteert de locaties waar de testen met hogedrukreiniging zijn uitgevoerd (juli 2022). De oranje pijlen geven aan dat camera-inspectie + reiniging twee kanten op is uitgevoerd. Voor de locaties 1, 2 en 3 betekent dat dat camera-inspectie + reiniging is uitgevoerd op de leidingen die de appartementencomplexen ingaan en voor de leiding direct nabij de gevel in het openbaar gebied. Voor locatie 4 is zowel het leidingdeel in het openbaar gebied richting appartementencomplex 1 als richting het vacuümstation geïnspecteerd en gereinigd. Voordat is gestart met reinigen is eerst een camera-inspectie uitgevoerd om de situatie voor reiniging vast te leggen. Daarna is de reiniging uitgevoerd en is het resultaat daarvan weer gecontroleerd door weer camera-inspectie uit te voeren. De hoge drukreiniging is uitgevoerd met een roterende en pulserende spuitkop (zie figuur 2.2). De hoge druk tijdens de reiniging was 200 bar, zie figuur 2.3.



Figuur 2.1 Locaties van de uitgevoerde testen



*Figuur 2.2 Foto van vibrerende spuitkop*



*Figuur 2.3 Foto van bedrijfsdruk tijdens hogedrukreiniging*

**Locatie 1** betreft de rechterleiding van appartementencomplex 2.

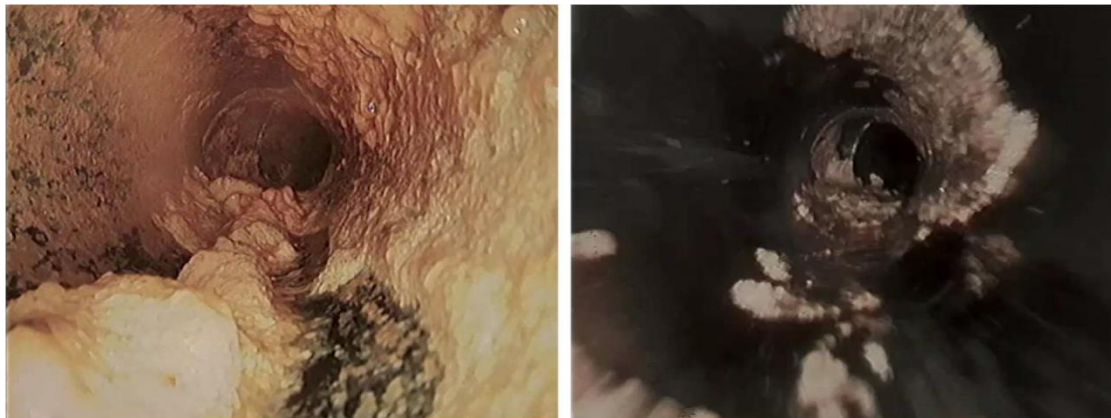
Vanaf inspectiepunt appartementencomplex in laten de beelden van voor en na hogedrukreiniging duidelijk zien dat hogedrukreiniging een goed effect heeft. Afzettingen bestaande uit een dunne laag worden zeer goed tot volledig verwijderd. De dikkere afzettingen (met name nabij bochten) laten zich moeilijker verwijderen. Deze ervaring komt goed overeen met het onderzoek in Duitsland door Rohde. Zij zagen (met spoelmondstuk met 8 schokstralen met werkdruk van 180 bar en spoelvolumen van 60 l/minuut) goede tot zeer goede reducties tot 80 % in het bereik van de spoelstraal.

Om te controleren of een extra keer reinigen effect heeft is een tweede reiniging uitgevoerd. De beelden van na de eerste reiniging en na de tweede hogedrukreiniging laten een beperkte verbetering zien. Er worden aanvullend wat extra afzettingen verwijderd van de dikkere laag afzettingen.

Vanaf inspectiepunt richting afsluiter kon de camera-inspectie voor reiniging slechts een kleine afstand in leiding en zat toen al vast. Om die reden is gelijk een reiniging uitgevoerd. Na de eerste reiniging bleek er een groot stuk afzetting in een bocht klem te liggen waardoor de camera niet verder kon en is ook hier een tweede reiniging uitgevoerd. Tijdens deze inspectie is de camera circa 3 m in de leiding geweest.

**Locatie 2** betreft de linker leiding van appartementencomplex 2. In de leiding vanaf het inspectiepunt richting de afsluiter in openbaar gebied is sinds begin april 2022 Cee-Bee gedoseerd. Volgens de leverancier maakt het Cee-Bee product de afzetting zacht. Op basis van dit argument mag worden verwacht dat de afzettingen in deze leiding met hoge druk beter te verwijderen zijn dan in de leidingen waar geen Cee-Bee product is gedoseerd. Vanaf inspectiepunt appartementencomplex in is tijdens inspectie de camera circa 13 m in de leiding geweest. Op sommige beelden voor reiniging zijn stukjes afzetting (althans daar lijkt het op) waarneembaar. Onduidelijk is wat dit precies is, maar mogelijk is dit een effect van de Cee-Bee dosering. Het effect van hogedrukreiniging op deze leiding vertoont eenzelfde effectiviteit als geconstateerd bij locatie 1. Ook hier worden afzettingen bestaande uit een dunne laag zeer goed tot volledig verwijderd en laten de dikkere afzettingen (met name nabij bochten) zich moeilijker verwijderen. Deze leiding is de leiding waarop Cee-Bee wordt gedoseerd en volgens de leverancier de afzettingen zachter zouden moeten zijn. Op basis van een vergelijking van de beelden van locatie 1 (leiding waarop geen Cee-Bee is gedoseerd) met deze locatie is eenzelfde effect te zien als gevolg van hogedrukreiniging. Vanaf inspectiepunt richting afsluiter worden ook afzettingen bestaande uit een dunne laag zeer goed tot volledig verwijderd en laten de dikkere afzettingen zich moeilijker verwijderen.

**Locatie 3** betreft de linker leiding van appartementencomplex 1. Vanaf inspectiepunt appartementencomplex is tijdens de inspectie de camera circa 7 m in de leiding geweest. Opvallend is dat de afzettingen in deze leiding anders zijn qua opbouw dan bij de andere locaties. Hier liggen veel meer verspreid dikke brokken afzetting en soms ook een dikke 'heuvelrug' zoals zichtbaar in figuur 4.48. Ook hier worden afzettingen bestaande uit een dunne laag zeer goed tot volledig verwijderd, maar worden ook de dikkere brokken en dikke 'heuvelruggen' goed tot zeer goed verwijderd. Vooral de dikkere afzettingen die zich op een groot deel van de binnenwand bevinden laten zich moeilijker verwijderen.



*Figuur 4.48 Beeld vlak voor bocht. Links voor de reiniging, rechts na de reiniging*

Vanaf inspectiepunt richting afsluiter is tijdens de inspectie de camera circa 1 m in de leiding geweest. Het effect van reinigen kon op dit deel niet worden beoordeeld. Dit komt door de dikke afzetting die zich al binnen circa 1 m voordoet in het horizontaal deel. Hier kon de hoge druk spuit niet langs en de camera ook niet.

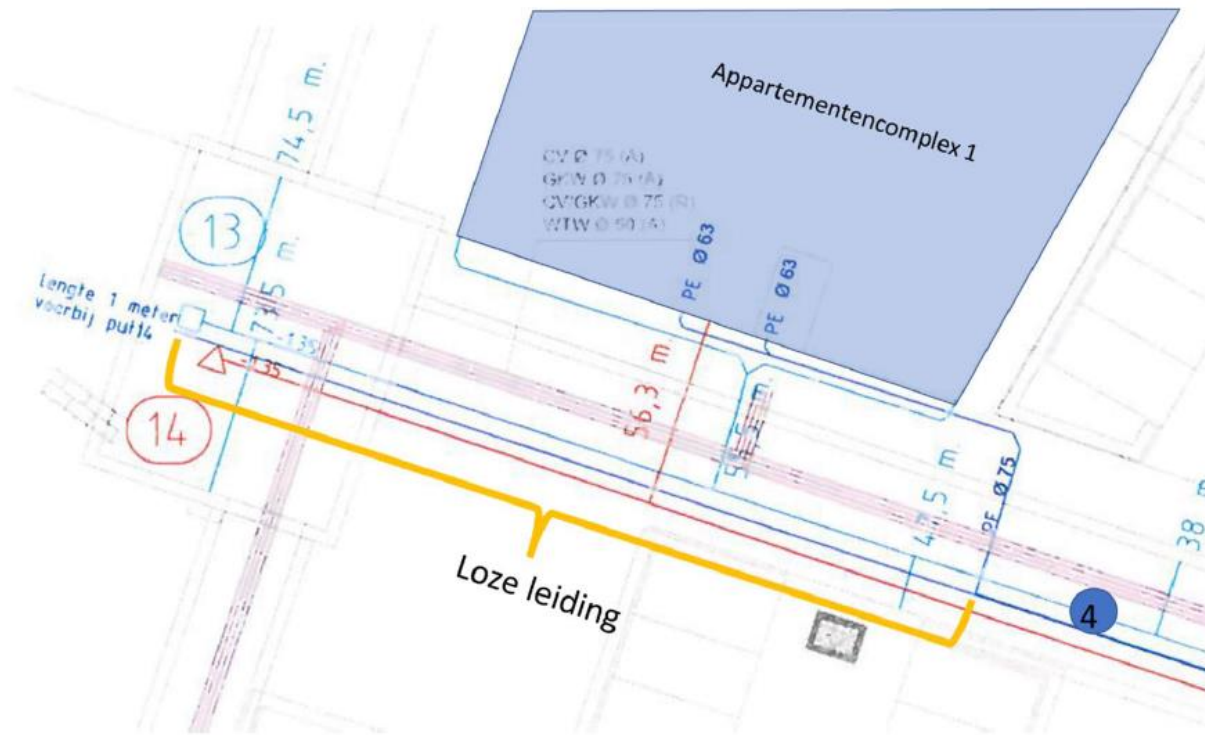


*Figuur 4.52 Horizontaal deel direct bij inspectiepunt. Camera kon niet verder en de hoge druk spuit kon daar ook niet langs.*

**Locatie 4** betreft een inspectievoorziening waarmee het riool in het openbaar gebied twee kanten op kan worden geïnspecteerd. Vanaf inspectiepunt richting appartementencomplex 1 is tijdens de inspectie de camera circa 15 m in de leiding geweest. Dit betrof niet geheel de leiding richting appartementencomplex 1, maar voor groot deel de aanwezige loze leiding, zie navolgende uitsnede van de rioleringstekening.



*Beeld (van voor reiniging) met daarop de inprikkende leiding (rechts) van appartementencomplex 1 (op circa 5 m in leiding vanaf inspectiepunt)*



Figuur 4.53 Figuur met daarop aangeduid de loze leiding

Vanaf inspectiepunt richting vacuümstation is tijdens de inspectie de camera circa 25 m in de leiding geweest. Ook hier worden afzettingen bestaande uit een dunne laag zeer goed tot volledig verwijderd en laten de dikkere afzettingen zich moeilijker verwijderen. Het laatste deel laten een wat beperkter effect zien van de hogedrukreiniging. Bij het reinigen van de buitenriolering met hoge druk kwam af en toe bij het terugtrekken van de hoge druk spuit wat water boven het inspectiepunt uit spuiten. Op de grond lagen vervolgens vele stukjes afzettingen. Op navolgende foto zijn een paar van deze stukjes ter beeldvorming weergegeven.



*Figuur 4.65 Foto met een aantal aangetroffen afzettingen, ruwe kant*



*Figuur 4.66 Foto met een aantal aangetroffen afzettingen, gladde kant, zat direct tegen buis aan*

### **Conclusies**

De beelden van voor en na hogedrukreiniging laten duidelijk zien dat hogedrukreiniging een goed effect heeft. Afzettingen bestaande uit een dunne laag worden zeer goed tot volledig verwijderd. De dikkere afzettingen (met name nabij bochten) laten zich moeilijker verwijderen. Deze ervaring komt goed overeen met het onderzoek in Duitsland door Rohde. Zij zagen (met spoelmondstuk met 8 schokstralen met werkdruk van 180 bar en spoelvolumen van 60 l/min) goede tot zeer goede reducties tot 80 % in het bereik van de spoelstraal. Er lijkt geen verschil te zijn in effectiviteit tussen locatie 2 (de leiding waarop sinds begin april Cee-Bee is gedoseerd) en de overige locaties. De claim van de leverancier dat de afzettingen zachter zouden moeten zijn blijkt geen verschil te maken bij reiniging met hoge druk. Dikke brokken en dikke 'heuvelruggen' laten zich goed tot zeer goed verwijderen. Vooral de dikkere afzettingen die zich op een groot deel van de binnenwand bevinden (en daarmee meer houvast lijken te hebben) laten zich moeilijker verwijderen.

### **Aanbeveling**

Vanwege de ernstige afzettingen op sommige plekken in de leidingen kan de hoge druk spuitkop en camera niet overal komen. Het wordt aanbevolen om een gerichte manier te vinden om deze afzettingen weg te halen, zonder dat daarbij de overige leidingdelen worden beschadigd c.q. krassen gaan krijgen. De verwachting is namelijk dat afzettingen veel sneller zullen terug komen bij een beschadigde/bekraste leiding dan in een gladde leiding.

Wellicht is dit mogelijk met bijvoorbeeld een roterende 'cutting ball' zoals navolgend weergegeven. Deze freest feitelijk de afzetting weg. Aandachtspunt is dat een dergelijke 'cutting ball' mogelijk niet beschikbaar is voor de relatief kleine diameter van de vacuümleidingen. Dit moet nader worden verkend. Mogelijk zijn er ook nog andere mogelijkheden.



Idealiter wil je bij gebruik van een dergelijke frees ('cutting ball') ook zien wat je doet zodat gericht na hogedrukreiniging de resterende afzettingen kunnen worden aangepakt en dat er dus ook een camera gelijk mee moet gaan in de leiding. Vanwege de kleine diameter van de vacuümleidingen is deze combinatie naar verwachting niet mogelijk. Dit moet ook nader worden verkend.

## Gedeelten uit TAUW-Stowa rapport “Camera-inspecties vacuümriolering Lemmerweg-Oost” , 25 mei 2022

Naar aanleiding van de geziene afzettingen in de vacuümriolering bij project Waterschoon in Sneek is besloten om preventief ook camera-inspecties bij het vacuümproject Lemmerweg-Oost uit te voeren. Bij Lemmerweg-Oost zijn – zover bekend – geen meldingen van verstoppingen terwijl dit systeem circa 5 jaar langer in bedrijf is dan het project Waterschoon. Het project Lemmerweg-Oost is een kleinschaliger project (32 woningen) zonder appartementen.

### Rioleringstekening en voorzieningen

Figuur 2.1 presenteert een overzichtstekening van de vacuümsysteem inclusief de aangebrachte voorzieningen. Links bovenin is het vacuümstation gesitueerd. Vervolgens loopt de vacuümleiding naar beneden en naar rechts voor het lange woningblok langs. Op deze hoofdleiding zitten de aftakkingen naar de woningblokken die dwars op het lange woningblok zijn gelegen. Op iedere aftakking zit een afsluiter die bedienbaar is vanaf maaiveld en is een inspectiepunt voorzien.

Per woning is een voorziening aangebracht om deze te kunnen afsluiten. Deze voorziening betreft een T-splitsing op het vacuümriool met vervolgens een leiding die richting maaiveld gaat en vervolgens is afgedopt met een rubberen plug (zie navolgende foto links, plug is daarop omgekeerd weergegeven). De rubberen plug is afgewerkt met een straatpot zodat deze vanaf maaiveld toegankelijk is. De woning kan worden afgesloten door een rubberen balg in de leiding te laten zakken totdat deze horizontaal in de leiding ligt waarna middels een voetpomp de balg kan worden opgepompt en zodoende de leiding afsluit. In navolgende foto rechts is een voorbeeld van een dergelijke balg met luchtslang te zien van een ander vacuümproject in Nederland.

In totaal zijn bij het project in Lemmerweg-Oost:

- 32 voorzieningen gerealiseerd om woningen te kunnen afsluiten (1 per woning)
- Inspectievoorzieningen aangebracht
- Afsluiters bedienbaar vanaf maaiveld gerealiseerd op leidingdelen buiten bedrijf te kunnen stellen







- Vacuümstation
- Inspectiepunten
- ▲ Voorziening per woning om deze te kunnen afsluiten
- Afsluiters bedienbaar vanaf maaiveld met T-sleutel

Figuur 2.1 Overzichtstekening vacuümriolering incl. aangebrachte voorzieningen

## Bevindingen

Op 22 mei 2022 op locatie is gestart met het reinigen van de inspectiepunten en de voorziening bij de woning. Daarbij is het volgende geconstateerd:

- Van de 4 inspectiepunten was slechts 1 inspectiepunt (het meest dichtbijgelegen bij vacuümstation) na reiniging toegankelijk. De twee inspectiepunten midden in de wijk (zie figuur 2.1) blijken te zijn geïnstalleerd of ergens sinds ingebruikname te zijn aangepast naar een voorziening met daarop een gelijkde deksel (geen rubberen plug), zie navolgende foto links. Doordat de deksel is verlijmd kon geen toegang tot het vacuümriool worden verkregen. Het inspectiepunt meest rechts in de wijk (zie figuur 2.1) bleek dusdanig diep te liggen dat deze niet bereikbaar was via het kleine straatpotje. Daarnaast was de rubberen plug om onduidelijke reden ook ingetaped, zie navolgende foto midden.
- De voorziening bij de woningen is bij 15 van de 32 woningen niet gevonden. Doordat bij veel woningen deze voorziening op de grens van het woningperceel en openbaar gebied is aangebracht, maar vaak net op het woningperceel lag, blijkt deze in veel gevallen betegeld of onder de tuin terecht te zijn gekomen
- Bij de overige woningen is de voorziening wel gevonden echter blijkt deze na reiniging dusdanig te zijn aangelegd dat je er niks aan hebt. De reden hiervoor is dat debinnendiameter van de straatpot dusdanig klein is dat deze min of meer overeenkomt met de diameter van de rubberen plug. Ofwel er is geen tot nauwelijks bewegingsvrijheid om deze rubberen plug er af te kunnen trekken. Daarnaast kan de deksel van de straatpot er niet geheel af waardoor – indien het wel was gelukt om de rubberen plug van de leiding te halen – je deze niet uit het straatpotje kan trekken. Zie navolgende foto rechts.



Bij één van de woningen (nummer 36) was de straatpot weggewerkt onder wat zand met daar overheen een groen tapijt. Na toestemming van de woningstichting en de bewoner is besloten om die straatpot eruit te graven (zie navolgende foto) om zodoende toegang te krijgen tot de rubberen dop en daarmee het vacuümriool om zodoende – samen met het ene inspectiepunt – in ieder geval twee camera-inspecties te kunnen uitvoeren in de wijk.

Voor volledigheid zijn in figuur 4.1 de twee locaties gepresenteerd waar camera-inspecties zijn uitgevoerd.



Figuur 4.1 Overzichtstekening locaties camera-inspecties

## Gedeelten uit TAUW – Stowa rapport “Resultaten test met hogedrukreiniging zorgcomplexen” 11 november 2022

Figuur 2.1 presenteert de geplande locaties voor de testen met hoge druk. De oranje pijlen geven aan dat camera-inspectie plus reiniging twee kanten op is uitgevoerd. Voor locatie 1 is het vacuümtoilet gedemonteerd in kamer 18 en heeft een camera-inspectie plus reiniging plaatsgevonden in het leidingdeel. Locatie 2 is gekozen als back-up indien niet voldoende ver vanaf locatie 1 in het leidingdeel kan worden gekeken. Locatie 2 betreft het horizontale leidingdeel in het plafond op de begane grond waar ook recent een verstopping heeft plaats gevonden en is geconstateerd door de rioolreinigingsdienst dat het leidingdeel ernstige afzettingen vertoonde. Kamer 18 is volgens tekening op dit leidingdeel aangesloten. Voor locatie 3 en 4 is een camera-inspectie plus reiniging uitgevoerd op de leiding die het zorgcomplexcomplex in gaat. Voor locatie 4 is aanvullend ook het leidingdeel in het openbaar gebied richting het vacuümstation geïnspecteerd en gereinigd.



Figuur 2.1 Locaties van de uitgevoerde testen

Voordat is gestart met reinigen is eerst een camera-inspectie uitgevoerd om de situatie voor reiniging vast te leggen. Daarna is de reiniging uitgevoerd en is het resultaat daarvan weer gecontroleerd door weer camera-inspectie uit te voeren.

**Locatie 1** betreft de leiding direct achter het vacuümtoilet van kamer 18 van het zorgcomplex. Tijdens deze inspectie is de camera circa 5 m in de leiding geweest. Vanwege de vele geziene bochten bij de eerste camera-inspectie en de kleine diameter van de leiding ( $\varnothing$  63 mm HD-PVC) is besloten om met een kleinere diameter hogedruksluitkop en - slang te gaan reinigen. Het risico van het vast gaan zitten van de grotere hogedruksluitkop zoals ook eerder gehanteerd in deze leiding is als een te groot risico ingeschat. Deze kleinere hogedruksluitkop heeft geen pulserende spuitkop. Het eerste leidingdeel vlak achter het vacuümtoilet bleek geen afzettingen te hebben. Daarna was wel sprake van vervuiling van de leiding waarna matige tot ernstige afzettingen zichtbaar waren (dikke laag liggend in leiding). De leidingdiameter is  $\varnothing$  63 mm (HDPVC). Hogedrukreiniging laadt een beperkt effect zien op de matige afzettingen. Een deel van de leiding laadt een verbetering zien. Hogedrukreiniging op de wat ernstige dikkere afzettingen lijkt geen tot nihil effect te hebben. Het effect van hogedrukreiniging laat hier een beperkter beeld zien in relatie tot de eerdere testen met hogedrukreiniging in en nabij de appartementencomplexen. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door het ontbreken van een pulserende hogedruk spuitkop bij deze reiniging.

**Locatie 2** betreft de horizontale leiding in het plafond van de groepsruimte op de begane grond. Bij locatie 2 is enkel een camera-inspectie uitgevoerd. De leidingen zijn niet met de hogedruksluitkop gereinigd. Dit omdat een hogedrukreiniging op deze locatie een grote kans op wateroverlast geeft in de groepsruimte. Dit terwijl effect van hogedrukreiniging bij locatie 1 al bekend is. Op locatie 2 heeft eerder een verstopping plaatsgevonden waardoor de rioolreinigingsdienst een deel van de leiding heeft moeten demonteren. Dit leidingdeel in het plafond van de groepsruimte op de begane grond is demontabel en bij de uitvoering van onderliggende test gebruikt om afzettingsmateriaal te verkrijgen voor de uitvoering van bekerglastesten (zie rapport TAUW-Stowa “Bekerglastesten: Chemisch behandelen van urinesteen afzetting”, 24 november 2022).

Het betreffende leidingdeel ( $\varnothing$  63 mm HD-PVC) is circa 1,70 m lang. Dit leidingdeel is gedemonteerd en vervolgens buiten leeg geklopt door de leiding een aantal keer op de grond te tikken (zie figuur 2.1 van

TAUW-Stowa rapport “Bekerglastest: Chemisch behandelen van urinesteen afzettingen”, 24 november 2022). Het figuur laat het afzettingsmateriaal zien dat uit het leidingdeel is gekomen.

In de leiding ( $\varnothing$  63 mm HD-PVC) vanaf locatie 2 richting de kruipruimte zijn ernstige tot zeer ernstige afzettingen zichtbaar. De verticale leiding lopend vanaf plafond begane grond tot horizontale leiding in kruipruimte laat ernstige afzettingen zien.

De horizontale leiding in de kruipruimte ( $\varnothing$  63 mm HD-PVC) vertoont rondom ernstige afzettingen met aan één kant (onderkant) een dikke aangroei van afzettingen waardoor deze situatie als zeer ernstig wordt bestempeld. In de leiding vanaf locatie 2 richting

kamers 1e etage laten de horizontale delen in het plafond van de begane grond

( $\varnothing$  63 mm HD-PVC) ernstige tot zeer ernstige afzettingen zien. De verticale leiding

( $\varnothing$  63 mm HD-PVC) lopend vanaf plafond begane grond richting kamers 1<sup>e</sup> etage vertonen geen afzettingen en zijn helemaal schoon.



Figuur 4.8 Leiding in plafond groepsruimte op begane grond

**Locatie 3** betreft de rechterleiding van het zorgcomplex (gezien vanuit de hoofdingang). In de leiding (Ø 63 mm HD-PVC) vanaf locatie 3 richting de kruipruimte zijn ernstige tot zeer ernstige afzettingen zichtbaar. Op basis van deze beelden is de verwachting dat de gehele horizontale leiding in de kruipruimte een soortgelijk beeld zal hebben in de mate van afzettingen. Het effect van de hogedrukreiniging lijkt hetzelfde resultaat te geven als bij de eerder uitgevoerde hogedrukreiniging in de horizontale leidingen in de kruipruimte van de appartementencomplexen. Oftewel afzettingen bestaande uit een dunne laag worden zeer goed tot volledig verwijderd en de dikkere afzettingen (met name nabij bochten) laten zich moeilijker verwijderen. Bij deze reiniging is de grotere hogedrukspuit met een pulserende kop weer toegepast net zoals bij de eerdere hogedrukreiniging bij de appartementencomplexen.



*Op linker foto (voor reiniging) zijn losse brokken afzettingsmateriaal zichtbaar (kon met camera worden weggeduwd). Onduidelijk waardoor dit is gekomen. Op deze leiding en achterliggend deel heeft nog niet eerder een reiniging plaatsgevonden.*

**Locatie 4** betreft de linker leiding van het zorgcomplex (gezien vanuit de hoofdingang). De leiding richting het vacuümstation is niet met de hogedrukspuit gereinigd. Dit omdat deze leiding relatief schoon bleek te zijn. In de leiding (Ø 63 mm HD-PVC) vanaf locatie 4 richting de kruipruimte zijn relatief weinig tot matige afzettingen zichtbaar. Dit is opvallend in vergelijking met de soortgelijke locatie 3 die ernstige tot zeer ernstige afzettingen heeft. Op basis van de beelden van de camera-inspectie op locatie 2 richting de kruipruimte werd verwacht dat deze leiding ook in hoge mate afzettingen zou vertonen. Het is onduidelijk waarom de leiding van locatie 4 minder afzettingen vertoont dan de soortgelijke locatie 3. Een mogelijke oorzaak zou kunnen zijn dan op de leiding van locatie 3 meer zorgappartementen zijn aangesloten (appartementen op begane grond, eerste en tweede verdieping). Op de leiding van locatie 4 bevindt zich op de begane grond de gemeenschappelijke voorzieningen, zoals restaurant, sociale ruimte, personeelskantoren en opslag (eerste en tweede verdieping enkel zorgappartementen). Het effect van de hogedrukreiniging lijkt hetzelfde resultaat te geven als bij de eerder uitgevoerde hogedrukreiniging in de horizontale leidingen in de kruipruimte van de appartementencomplexen. Oftewel afzettingen bestaande uit een dunne laag worden zeer goed tot volledig verwijderd. Bij deze reiniging is de grotere hogedrukspuit met een pulserende kop weer toegepast net zoals bij de eerdere hogedrukreiniging bij de appartementencomplexen.

**Buiten (richting vacuümstation)** zijn in de leiding (Ø 63 mm HDPE en overgaand naar Ø 75 mm HDPE) vanaf locatie 4 richting het vacuümstation relatief weinig afzettingen zichtbaar, er is daarom is geen hogedrukreiniging uitgevoerd. Dit is opvallend ten opzichte van de situatie bij de appartementencomplexen.

## **Conclusies**

De camera-inspecties laten zien dat in pandig de verticale leidingdelen schoon zijn, maar de horizontale leidingdelen matige tot zeer ernstige afzettingen hebben. Het effect van hogedrukreiniging laat hier een beperkter beeld zien in relatie tot de eerdere testen met hogedrukreiniging in en nabije de appartementencomplexen. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door het ontbreken van een pulserende hogedruk spuitkop bij deze reiniging. Een kleinere hogedrukspuitkop bleek hier noodzakelijk vanwege de kleine diameter van de leiding in combinatie met veel bochten. De beelden van voor en na hogedrukreiniging waarbij de pulserende hogedrukspuitkop kon worden gebruikt (locatie 3 en 4) laten duidelijk zien dat hogedrukreiniging een goed effect heeft. Afzettingen bestaande uit een dunne laag worden zeer goed tot volledig verwijderd. De dikkere afzettingen (met name nabij bochten) laten zich moeilijker verwijderen. Dikke brokken en dikke 'heuvelruggen' laten zich goed tot zeer goed verwijderen. Vooral de dikkere afzettingen die zich op een groot deel van de binnenwand bevinden (en daarmee meer houvast lijken te hebben) laten zich moeilijker verwijderen. Dit komt ook overeen met de resultaten van de testen die met hoge druk bij de appartementencomplexen zijn uitgevoerd.

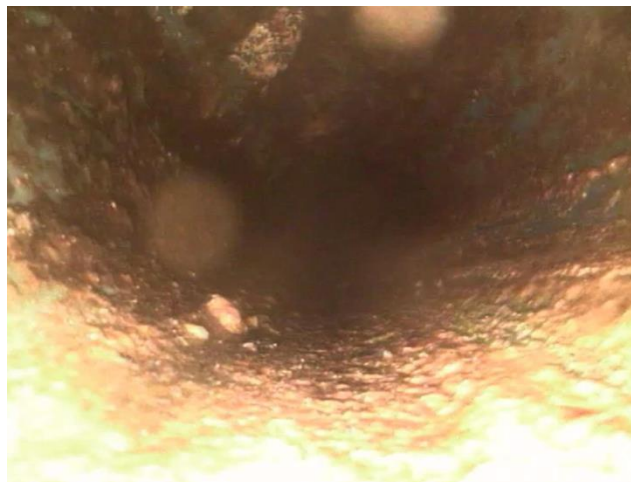
## **Aanbevelingen**

Vanwege de ernstige afzettingen op sommige plekken in de leidingen kan de hogedrukspuitkop en camera niet overal komen. Het wordt aanbevolen om een gerichte manier te vinden om deze afzettingen weg te halen, zonder dat daarbij de overige leidingdelen worden beschadigd c.q. krassen gaan krijgen. De verwachting is namelijk dat afzettingen veel sneller zullen terug komen bij een beschadigde/bekraste leiding dan in een gladde leiding. Bij de inspectie op locatie 3 en 4 is een Y-stuk gezien met een flens (inspectiepunt). Volgens de betrokken rioolreinigingsdienst zitten deze ook verderop in de leiding. Dit is geconstateerd als gevolg van een eerder probleem en de rioolreinigingsdienst in een deel van de kruipruimte is geweest. Hoeveel inspectiepunten er zijn en waar deze zitten is niet bekend. De inspectiepunten staan namelijk niet op de rioleringstekeningen en de kruipruimte is gecompartmenteerd waardoor je niet in 1 keer de gehele leiding kunt controleren. Doordat op een aantal plekken de toegangsluiken tot de kruipruimte niet toegankelijk zijn momenteel (staan kasten boven op, of is een vloer overheen gelegd) kan dit ook niet eenvoudig worden gecontroleerd. Indien er meerdere inspectiepunten zijn die ook goed met de pulserende hogedrukspuit kunnen worden benaderd is het wellicht mogelijk om een groot deel van de afzettingen te verwijderen. Echter op basis van beeldmateriaal van locatie 2 is het de verwachting dat de horizontale leiding in de kruipruimte een dikke laag afzettingen aan één kant zal hebben die zich naar verwachting niet met de hogedrukspuitkop zal laten wegspuiten.

### Resultaten camera-inspectie bij nummer 36 richting openbaar riool

De camera is ca 10 m in de leiding geweest. Vanaf het moment dat de camera in de horizontale leiding was, is het beeld min of meer hetzelfde in de gehele leiding. Zie navolgende foto's.

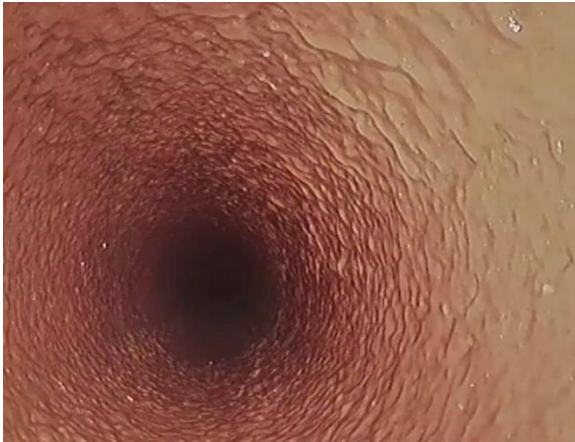
NOOT: Het verschil in kleur tussen de foto's komt doordat 2 maal met de camera de leiding bekeken is, omdat deze bij de eerste keer vervuild raakte. Het verschil in kleur wordt veroorzaakt door de lichtgevoeligheid van de lens van de camera. Op basis van de inspectie is te zien dat de leidingen er minder slecht aan toe zijn dan de horizontale leidingen bij de appartementencomplexen en zorgcomplex bij het Waterschoonproject, maar dat er duidelijk wel sprake is van matige tot ernstige afzettingen. Opvallend is dat de afzettingen zich ook in het stuk leiding bevinden vanaf maaiveld naar de horizontale leiding (daar komt in principe geen afvalwater terecht/langs).





### **Resultaten camera-inspectie bij inspectieput nabij vacuümstation**

De camera is ca 8 m in de leiding geweest. Vanaf het moment dat de camera in de horizontale leiding was, is het beeld min of meer hetzelfde in de gehele leiding. De beelden maken duidelijk dat er ook op deze locatie sprake is van matige tot ernstige afzettingen



### **Richting woningblok die dwars op het lange woningblok staat**

De camera is ca 7 m in de leiding geweest. Vanaf het moment dat de camera in de horizontale leiding was, is het beeld min of meer hetzelfde in de gehele leiding. De beelden maken duidelijk dat er in dit deel van de leiding sprake is van matige afzettingen. Beeld is over het algemeen beter dan bij de andere 2 leidingdelen.



## **Gedeelten uit TAUW-Stowa rapport “Bekerglastest: Chemisch behandelen van urinesteen afzettingen”, 24 november 2022**

Op basis van de literatuurstudie is gebleken dat urinesteen op twee manieren verwijderd kan worden: mechanisch of chemisch. Mechanisch reinigen met een hogedruk spuit is een effectieve methode om harde urinesteen afzettingen grotendeels in leidingen te verwijderen, blijkt uit praktijktesten in Sneek en de literatuur. Echter, in sommige gevallen kunnen de afzettingen zo ernstig zijn dat de diameter van de leidingdelen zodanig is verkleind dat een hogedruk spuitkop niet meer kan worden ingebracht. Dit is bijvoorbeeld het geval bij het zorgcomplex van het Waterschoonproject in Sneek, waar bepaalde leidingdelen voor driekwart dichtzitten met afzettingen. Ook in (vervuilde) leidingbochten kan hogedrukreiniging minder makkelijk worden toegepast door slechtere toegankelijkheid voor de spoelkop. De verwijderefficiëntie is namelijk het hoogst dichtbij de spoelkop en neemt af verder van de spoelkop. In deze gevallen kan chemisch reinigen door doseren van een zuur mogelijk oplossing bieden. Zuur kan namelijk worden gedoseerd via het toilet of een inspectiepunt en kan zo, bij voldoende dosering en inwerktijd, over de gehele leiding effect hebben.

Chemisch reinigen wordt in de literatuur vaak genoemd als maatregel om zowel *preventief als correctief* urinesteen te verwijderen in leidingen van vacuümsystemen en urinescheidingsystemen. Uit de literatuurstudie, waarin zowel lab- als praktijkschaal testen zijn uitgevoerd, is echter gebleken dat chemisch reinigen geen eenduidig beeld gaf aangezien tegenstrijdige conclusies worden gepresenteerd. Zo stellen Kvarnström et al. (2006) dat citroenzuur en azijnzuur dosering kunnen worden toegepast om urinesteen afzettingen te verwijderen, terwijl Rohde (2016) zoutzuur adviseert. Ook wordt beperkt gerapporteerd over de effectiviteit van verschillende zuren en concentraties op het verwijderen van urinesteen afzettingen. Daarnaast bleek een commercieel reinigingsproduct, getest op leidingdelen in het Waterschoonproject in Sneek, niet effectief om de afzettingen te verwijderen. Ook is niet duidelijk hoe lang de urinesteen aan het zuur blootgesteld dient te worden voordat de afzettingen beginnen op te lossen en/ of af te breken.

Wegens bovengenoemde kennishiaten met betrekking tot chemisch reinigen van met harde urinesteen vervuilde leidingen zijn testen uitgevoerd. Het doel van deze testen was om te onderzoeken welk chemisch reinigingsmiddel (zuur of commercieel reinigingsproduct voor kalkafzettingen in het riool) bij welke concentratie het best in staat is om urinesteen afzettingen af te breken en/of op te lossen. Deze testen zijn uitgevoerd met afzettingen afkomstig uit een leidingdeel van het zorgcomplex in Sneek. Het beste product (of producten) kan vervolgens in de praktijk worden getest ter bestrijding van dikke afzettingen of lichtere/dunnere afzettingen.



Figuur 2.1 Foto van de urinesteen afzettingen uit leidingdeel zorgcomplex

De urinesteen afzettingen zijn afkomstig uit een stuk gedemonteerde leiding van het zorgcomplex van het Waterschoonproject in Sneek (verkregen op 25 oktober 2022), zie figuur 2.1. Deze zijn met een frees in stukjes van gelijk gewicht ( $13 \pm 1$  gram) en gelijke vorm gesneden.

Uit XRD- en XRF-analyses (twee veelvoorkomende röntgentechnieken) uitgevoerd op een stukje urinesteen afkomstig uit de vacuümriolering in Sneek is gebleken dat struviet ( $\pm 80$  %) en calciëet ( $\pm 20$  %) de voornaamste bestanddelen zijn.

### Discussiepunten

#### ***Bekerglastest***

Bij de bekerglastesten is een stukje urinesteen afzetting volledig ondergedompeld in een type zuur. Dit is een meest ideale omstandigheid, mede omdat het zuur rondom kan inwerken op het stukje urinesteenafzetting. Dit is een situatie die in de praktijk niet zal en kan worden bereikt bij een (werkend) vacuümtoiletsysteem. In de praktijk is het lastig om een vacuümsysteem voor langere tijd stil te leggen om optimale blootstelling van urinesteen aan het zuur te creëren en dan zal het zuur ook niet rondom op het afzettingsmateriaal kunnen inwerken maar enkel op de gevormde afzettinglaag in de leiding. Om deze redenen is de verwachting dat de geconstateerde afbraak-/oplostijden bij de bekerglastesten in de praktijk langer zullen zijn.

Het **automatisch doseren** van een zuur op de leidingen periodiek over de dag is een mogelijkheid om gevormde afzettingen in de leidingen op te lossen/af te breken. Vooral nog is niet bekend hoeveel zuur dan zou moeten worden gedoseerd. Tevens dient rekening te worden gehouden met het bufferend vermogen van het geconcentreerde toiletwater. Het zal in praktijk of met vervolg laboratoriumtesten nader moeten worden onderzocht wat de invloed van doorspoelen van het toilet en aanwezigheid van spoelwater is op de effectiviteit van het zuur om harde urinesteen af te breken of te voorkomen.

Verder dient bij het doseren van een type zuur rekening te worden gehouden dat dit niet de **leidingverbindingen** beschadigd (denk aan de PVC-lijmverbindingen) en de werking van eventuele nageschakelde behandelingstechnieken (zoals toegepast in Sneek).

### Bevindingen

In een experiment is gebleken dat citroenzuur en azijnzuur niet in staat zijn om urinesteen afzettingen binnen 1 dag af te breken. In de literatuur worden soortgelijke conclusies gerapporteerd, zoals Oldenburg et al. (2008) en Rohde (2016). Zij hebben een soortgelijk onderzoek uitgevoerd naar de afbraakefficiëntie van verschillende commerciële reinigingsmiddelen, citroenzuur, azijnzuur en zoutzuur. Er werd geconcludeerd dat de inwerktijd die benodigd is voor de commerciële reinigingsmiddelen, citroenzuur en azijnzuur om voldoende

urinsteen af te breken niet realistisch is voor toepassing in de praktijk. Daarnaast werd geadviseerd om zoutzuur te doseren met een inwerktijd van 1 tot 2 uur. Dit komt overeen met onze bevindingen, gezien na anderhalf uur de structuur van urinsteen zodanig was aangetast dat de urinsteen vlokkerig uit elkaar viel. Ook Lienert & Larsen (2007) rapporteerden effectieve verwijdering van urinsteen afzettingen in urinescheidingstoiletten met 7 % zoutzuur. 12 uur spoelen van de vacuümleidingen in een passagiersschip met 30 % fosforzuur bleek echter niet effectief, terwijl uit onze resultaten blijkt dat 25 % en 50 % fosforzuur goed in staat zijn om urinsteen volledig af te breken na 7 uur.

### **Conclusies onderzoek**

In het onderzoek zijn verschillende zuren, zowel aangedragen in de literatuur als vanuit vacuümtoilet leveranciers, getest op hun effectiviteit om urinsteen afzettingen af te breken en/of op te lossen. 25 % en 50 % fosforzuur en 7 % zoutzuur zijn in staat om urinsteen afzettingen effectief en snel af te breken. Deze zuren tasten binnen anderhalf uur de structuur van urinsteen aan waardoor deze een vlokkerige structuur krijgt en vervolgens uit elkaar valt of oplost. Na 7 uur zijn de urinsteen afzettingen grotendeels verdwenen. Alleen in 25 % fosforzuur bleven na circa 96 uur nog wat vaste stukjes over, terwijl in de andere twee zuren slechts een luchtig slibachtige substantie achterbleef. Ook 25 % en 50 % citroenzuur zijn in staat om urinsteen grotendeels af te breken en om te zetten in een slibachtig luchtig restant binnen 96 uur. De reactiesnelheid is echter laag, gezien na 27 uur inwerktijd de urinsteen afzettingen slechts een beetje uit elkaar vielen bij roeren. Cee-Bee en Vacuclean Strong tonen matig tot voldoende effectieve afbraak. Deze zuren verzachten de harde afzettingen, waardoor deze na 27 uur behoorlijk uit elkaar vallen in gruis tijdens het roeren. Huishoudazijn, 25 % en 50 % azijnzuur en 1 % zoutzuur en de industriële rioolreiniger zijn niet effectief om urinsteen afzettingen af te breken of op te lossen binnen 4 dagen.

Er konden verschillende verwijderprocessen worden waargenomen. Sommige zuren, waaronder 7 % zoutzuur, tastten de structuur van de afzettingen aan waardoor deze uiteen vielen in vlokken. 50 % fosforzuur, daarentegen, loste de afzettingen voornamelijk op wat resulteerde in een donkerbruine kleur. De zure gels maken de urinsteen afzettingen zacht, waardoor deze bij roeren (en wellicht het doorspoelen van het vacuümtoilet) gedeeltelijk uit elkaar vallen en gruis vormen. In dit laatste geval resteert de vraag welke blootstellingstijd benodigd is om de afzettingen voldoende te verzachten.

### **Aanbeveling**

Gezien de hoge reactiesnelheid en effectieve afbraak van urinsteen in 50 % fosforzuur en 7 % zoutzuur wordt aangeraden een van deze zuren toe te passen voor preventief en correctief reinigen van vacuümriolering. Continue dosering, of een inwerktijd van minstens anderhalf uur wordt geadviseerd. De invloed van het doorspoelen van het toilet en aanwezigheid van spoelwater in de leidingen en bufferend vermogen van het water zal nader moeten worden onderzocht, evenals het effect van zuur op de materialen in de leidingen. Specifiek 7 % zoutzuur is veelbelovend, gezien de lage concentratie zuur en kosten. Daarnaast wordt ook geen extra fosfor in het systeem gebracht.

## **Gedeelten uit TAUW – Stowa rapport “Bestrijden afzettingen in vacuümriolering – Kennis en ervaring andere projecten i.r.t. afzettingen”, 16 december 2022**

Het ‘dichtslibben’ van de vacuümleidingen heeft grote gevolgen, omdat de vacuümtoiletten dan niet meer gebruikt kunnen worden. Gezien het feit dat er sinds Waterschoon meerdere projecten met vacuümtoiletten in Nederland, maar ook daarbuiten zijn gerealiseerd is het zeer aannemelijk dat deze projecten op termijn met dezelfde problematiek te maken gaan krijgen als nu in Sneek.

### **SUPERLOCAL (Kerkrade)**

Een gebiedsontwikkeling in Kerkrade waar 110 appartementen, 15 grondgebonden woningen en 3 modelwoningen zijn aangesloten op een vacuümsysteem. De 3 modelwoningen en 15 grondgebonden woningen zijn begin 2021 aangesloten op het vacuümsysteem. De appartementen zijn begin 2022 aangesloten op het vacuümsysteem.

Voor het vacuümsysteem inpandig is een beheer- en onderhoudsprotocol opgesteld. Hierin is opgenomen om eens in de 2 jaar camera-inspecties uit te voeren op een aantal plekken inpandig. Hiervoor zijn al inspectiepunten aanwezig. Voor de uitpandige leidingen (in het beheer van de gemeente) is (nog) geen onderhoudsprotocol opgesteld. Wel is een onderhoudsprotocol aanwezig voor het vacuümstation (opgesteld door leverancier), maar daarin wordt verder niet over mogelijke afzettingen gesproken. Bij SUPERLOCAL is er tot op heden (november 2022) geen ervaring met afzettingen in de vacuümleidingen.

### **Schoonschip (Amsterdam)**

Schoonschip, een drijvende wijk gelegen in Buiksloterham te Amsterdam. De wijk is aangelegd tussen 2017 en 2019. Bij Schoonschip is nog geen correctief en/of preventief onderhoud gedaan. Wel zijn er al ideeën om onderhoud te doen en wordt hier momenteel intern over nagedacht. Er zijn nog geen specifieke storingen geweest wat betreft afzettingen in de leidingen. Er is wel eens een verstopping geweest waarna de leiding is doorgespoeld, maar het is niet bekend wat de oorzaak van de verstopping was. Er zijn nog geen camera-inspecties uitgevoerd. Er zijn geen inspectiepunten aangelegd in deze wijk ten behoeve van camera-inspecties, maar men is wel bereid dit te aan te leggen om ook camera-inspecties uit te kunnen voeren. Verder liggen er leidingen onder steigers waar Waternet geen gegevens van heeft.

### **Reitdiep (Groningen)**

Project Reitdiep fase 3 is een nieuwbouwwijk in Groningen en omvat 180 woningen. In 2019 zijn de eerste woningen aangesloten op het vacuümsysteem. Sinds 2021 zijn alle woningen aangesloten. In de wijk is nog geen correctief en/of preventief onderhoud gedaan aan de leidingen in het vacuümsysteem. Er zijn ook nog geen specifieke storingen geweest wat betreft afzettingen in de leidingen. Wel is er eens een storing geweest vanwege de ophoping van doekjes in het riool. Er zijn nog geen camera-inspecties uitgevoerd. Ook zijn er bij Reitdiep geen inspectiepunten aangelegd. Men is wel bereid dit te doen. Hier ligt nog wel een aandachtspunt want deels liggen de leidingen onder het asfalt. Het zal niet zo gemakkelijk zijn om hier inspectiepunten aan te leggen.

## Nieuwe Dokken (Gent)

Nieuwe Dokken is een nieuwbouwwijk in ontwikkeling op een voormalige industrieel haventerrein waar circa 400 woningen zijn gerealiseerd.. In 2020 zijn de eerste woningen aangesloten op het vacuümsysteem. Opstart was in maart 2020 waarbij eerst een school is aangesloten. Momenteel wordt er nog niets concreets aan correctief/ preventief onderhoud gedaan in de wijk Nieuwe Dokken. Wel worden bewoners geadviseerd om periodiek huishoudzijn en/of 'crushed ice' te doseren, maar hoe vaak en hoeveel is niet gekwantificeerd. Er zijn in Nieuwe Dokken wel eens wat problemen geweest vanwege vochtige doekjes in de leiding, deze problemen zijn ondertussen opgelost. Tijdens dit probleem is ook naar voren gekomen dat er lichte afzettingen in de leidingen bij de huisaansluitingen zit. Dit is tevens ook de enige keer dat in de leidingen is gekeken. Het is daarom niet duidelijk of ditzelfde beeld door de gehele wijk te zien is.



*Figuur 3.1 Foto's van leiding bij huisaansluiting van een appartement in de wijk Nieuwe Dokken*

Verder zit er een school aangesloten op het vacuümsysteem van Nieuwe Dokken. Interessant is dat hier deels 'normale' toiletten op aangesloten zijn (dit omdat er geen kinder-vacuümtoiletten zijn). Er zijn nog geen camera-inspecties uitgevoerd.

## **Jenfelder Au (Hamburg)**

Een nieuwbouwwijk in ontwikkeling in Hamburg. In 2017 zijn de eerste woningen aangesloten op het vacuümsysteem. Momenteel zijn er circa 400 woningen op aangesloten. Bedoeling is dat de wijk doorgroeit naar maximaal 835 woningen/aansluitingen, circa 2.000 personen. Bij Jenfelder Au worden al camera-inspecties uitgevoerd en wordt ook preventief onderhoud gepleegd door middel van foamballen. Dit werkt tot nu toe erg goed, maar geeft nog geen compleet beeld. De camera-inspecties en het preventieve onderhoud dat al wordt gedaan zijn maar in 1 streng van het systeem in een zijstreng. Er is in 2017 een inspectie gedaan (helemaal aan het begin van het project toen mensen er net gingen wonen) en in 2021 toen het systeem al een tijd in bedrijf was. Er zijn bij Hamburg Wasser wel plannen om ook andere (zij)strengen te gaan bekijken om te zien of hier hetzelfde beeld is. Er zijn in ieder geval wel inspectiepunten aanwezig. Hamburg Wasser kan niet gemakkelijk inpandige inspectie uitvoeren omdat dit niet onder hen beheer valt. Op dit moment is Hamburg Wasser wel bezig met het opzetten van betere communicatie en samenwerking tussen de verschillende partners, maar geven ze aan niet zelf inspecties te gaan doen op privé terrein. Hier zijn dus ook nog geen inspecties gedaan en wordt ook nog geen preventief onderhoud gepleegd. Om een goed beeld te krijgen van de gehele situatie is het wel wenselijk juist ook de situatie van de inpandige leidingen in beeld te krijgen. Het preventief onderhoud dat wordt uitgevoerd gebeurt 2 keer per jaar. Er worden dan foamballen door het riool geleid, waaraan de beginnende afzettingen hechten en zo blijven de leidingen schoon. De frequentie van het onderhoud is gerelateerd aan het onderhoud van de vacuüm tank, hier kunnen de foamballen dan ook weer verzameld worden en uit het systeem worden gehaald. De twee keer per jaar is dus niet per definitie de meest optimale frequentie.

## **H+ (Helsingborg)**

Project H+ is een nieuwbouwwijk in Helsingborg (Zweden). In februari 2020 zijn de eerste woningen aangesloten op het vacuümsysteem. Momenteel zijn er een paar honderd appartementen op aangesloten. Bedoeling is dat de wijk doorgroeit naar maximaal 2.100 vervuilingseenheden in 2028. Er wordt bewust over vervuilingseenheden gesproken, omdat de wijk een mix is van woningbouw en utiliteiten, waarbij de exacte verdeling nog niet geheel bekend is. Het vacuümsysteem is een Jets-systeem en binnen het project wordt er veel samengewerkt met Jets Norway. Jets heeft onder andere aanbevolen om een zuur preventief te doseren middels automatische doseer units. Echter kan dit niet opgelegd worden aan de bewoners/projectontwikkelaars en is het dus slechts een advies. De plekken voor automatische dosering (als hier al rekening mee is gehouden in de gebouwen) verschilt dan ook. Tot op heden werd het te doseren zuur (een zuur van Jets) geleverd. Hier wil NSVA (*gemeentelijke organisatie*) echter mee stoppen, binnenkort zijn de beheerders hier zelf voor verantwoordelijk. Er zijn al wel wat afzettingen zichtbaar na 2 jaar, maar deze hebben voorsnog niet tot grote problemen geleid. Technieken die zijn toegepast zijn voor reiniging: spoelen met koud en warm water, spoelen met een andere kop. Er was geen groot verschil te zien tussen de verschillende technieken. Samen met Jets worden verschillende nieuwe technieken bedacht en getest. Methodes die op de planning staan om te testen zijn: Het spoelen met ijs en het inbrengen van pigs. Een beperking die ze nu nog hebben is dat er geen inspectiepunten zijn aangebracht in het leidingstelsel. Nu kunnen ze enkel via de aansluiting bij de appartementencomplexen in het riool kijken, maar dat is hooguit 50 m. Ze willen meer inspectiepunten realiseren.

## **Conclusie**

Op basis van de verkregen informatie blijkt dat bij het gros van de projecten nog geen specifiek onderhoud is gepland in relatie tot afzettingen. Wel is er bij het H+ project in Helsingborg preventief een automatische doseerunit opgesteld, dit kan echter niet worden verplicht. Hoe lang dit in gebruik blijft is dus nog maar de vraag. Hamburg wasser doet 2 keer per jaar preventief onderhoud met foamballetjes in 1 van de leidingen (uitpandig). Verder is bij het project SUPERLOCAL in het beheer- en onderhoudsprotocol opgenomen om eens per 2 jaar camera-inspecties te doen, dit geldt alleen voor de inpandige leidingen (voor de uitpandige leidingen is geen beheer- en onderhoudsprotocol opgesteld).

Kortom, er wordt nog niet heel veel gedaan aan preventief, maar ook niet aan correctief onderhoud. Mede komt dat omdat er ook nog geen tot weinig storingen zijn. Verwacht wordt dat er bij deze projecten nog een stuk minder afzettingen aanwezig zijn als in Sneek. Toch wordt er hier en daar dus al wel wat gedaan.



## Gedeelten uit TAUW – Stowa rapport “Literatuurstudie naar vorming van urinesteen & preventief en correctief reinigen - Urinesteen vormen, preventie en correctie”, 22 december 2022

**Vacuümtoiletsystemen** worden al decennia toegepast om toiletwater geconcentreerd in te zamelen. Van oorsprong vooral in de lucht- en scheepvaart, maar de afgelopen circa 15 jaar ook steeds meer bij gebouwen en woonwijken. Door het kleine spoelvolume van circa 0,5 tot 1,5 liter per spoelbeurt wordt aanzienlijk op drinkwater bespaard en leent de geconcentreerde toiletwaterstroom (ook wel zwartwater genoemd) zich voor een efficiënte terugwinning van energie en nutriënten uit de stroom. Uit diverse (pilot-) praktijkervaringen met vacuümtoiletsystemen, variërend van woonwijken tot passagiersschepen, is gebleken dat verstoppingen van de leidingen door vorming van urinesteen afzettingen op het leidingoppervlak een veelvoorkomend probleem is (Oldenburg et al., 2008; Rohde, 2016 <sup>1</sup>). Desondanks is onderzoek naar en kennis over concrete oplossingen om vorming van urinesteen te voorkomen en bestaande afzettingen in vacuümtoiletsystemen te verwijderen beperkt tot een paar literatuurbronnen. Met name literatuur over urinescheidingsystemen rapporteert over deze problematiek ( Yan et al, 2021 <sup>2</sup>), terwijl over urinesteen vorming in vacuümtoiletsystemen slechts weinig is gepubliceerd.

<sup>1</sup> Oldenburg, M., Albold, A., Wendland, C., & Otterpohl, R. (2008). *Erfahrungen aus dem Betrieb eines neuen Sanitärkonzepts über einen Zeitraum von acht Jahren. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, 10, 1100-1105.*

<sup>2</sup> Yan, Z., Cheng, S., Zhang, J., Saroj, D. P., Mang, H. P., Han, Y., ... & Li, Z. (2021). *Precipitation in urine source separation systems: Challenges for large-scale practical applications. Resources, Conservation and Recycling, 169, 105479.*

**Factoren die urinesteenvorming beïnvloeden:** Verschillende factoren zijn van invloed op de mechanismen betrokken bij urinesteenvorming in vacuümtoiletsystemen. Vorming van urinesteen kan worden opgesplitst in vier fases:

- 1) hechten en ophopen van organische deeltjes op de leidingwand;
- 2) nestelen biofilm met urease-actieve bacteriën, ureolyse verhoogt de lokale pH;
- 3) anorganische stoffen slaan neer in viskeuze suspensie;
- 4) anorganische neerslag kristalliseert en vormt harde urinesteen afzettingen in en op de organische laag.

De compositie van urinesteen verschilt per locatie, met als hoofdbestanddelen struviet, hydroxyapatiet en calciet.

Uit experimenten met een vacuümtoiletsysteem testopstelling met twee leidingen, waarbij de ene continu werd blootgesteld aan zwartwater en de andere periodiek werd blootgesteld aan zwartwater, bleek dat hoeveelheid en vormingssnelheid van afzettingen hoger lag bij afwisseling tussen blootstelling aan lucht en water. In de leiding die continu in contact was met zwartwater waren de vorming van afzettingen op het oppervlak en de erosie van afzettingen door de stroming in evenwicht.

Hieruit kon worden geconcludeerd dat een **verhoogde luchtinlaat** in de vacuümleidingen, bijvoorbeeld **door lekkages**, sterk bijdraagt aan de vorming van afzettingen. Ook aanwezigheid van bestaande afzettingen dragen sterk bij aan de vorming van urinesteen, wat kan worden toegeschreven aan een toename van de deeltjesafzetting en een toename van het specifieke leidingoppervlak en daarmee de mogelijkheid voor urease-actieve bacteriën om zich te vestigen. Erosie van afzettingen vindt plaats door hoge stroomsnelheden. Uit de laboratoriumtesten bleek echter dat deze effecten enkel lokaal plaatsvinden. Afzettingen worden alleen verminderd op plekken met hoge stroomsnelheden zoals bochten of T-stukken. Andersom geldt dat plekken met een relatief lage stroomsnelheid en dus langere verblijftijd, zoals horizontale leidingen, gevoeliger zijn voor de vorming van afzettingen.

Vergelijkbaar bleek uit testen met waterloze urinoirs dat de **gebruikersfrequentie van de toiletten** effect heeft op de vorming van urinesteen. Lage frequentie (elke 10-20 min) creëerde ideale omstandigheden in de leidingen voor urea hydrolyse, terwijl hoge gebruikersfrequentie (elke 1-10 min) juist pseudo-remmende condities creëerde door korte reactietijd in de leidingen. Ook hoge oppervlakteruwheid van het leidingmateriaal bevordert de binding van zwevende stoffen (organisch materiaal), wat resulteert in verhoogde afzettingen. Bij verandering van de systeemtemperatuur werden slechts geringe invloeden op de afzettingen waargenomen.

Ook de **hardheid van het spoelwater** heeft een gering effect op de vorming van urinesteen, gezien de hoge invoer van  $\text{Ca}^{2+}$  en  $\text{Mg}^{2+}$  ionen via de uitscheidingen. Uit onderzoek naar urinesteenvorming in urinescheidingsstoiletten en de invloed van spoelwater bleek dat door het spoelen met kraanwater de hoeveelheid calcium en magnesium ionen toeneemt, terwijl fosfaat gelijk blijft, wat resulteert in hogere fosfaatfixatie (neerslag). Echter resulteert het verdunnen met spoelwater in minder verstoppingen doordat er minder neerslag vormt per volume. In weinig-verdunde urine (zoals in vacuümtoiletten en -leidingen) hoeft maar weinig urea te hydrolyseren om de maximaal mogelijke neerslag te behalen (95 %). Aangezien urine alle benodigde stoffen bevat om urinesteen te vormen zijn systemen waar geen of zeer weinig spoelwater wordt gebruikt zeer gevoelig voor de vorming van urinesteen. Door de hoge concentratie kristalliseert de urine makkelijker uit tot urinesteen.

### **Voorkomen van urinesteen vorming (Preventie)**

Bestaande (organische en anorganische) afzettingen in de leidingen van vacuümtoiletsystemen hebben een sterk katalyserend effect op de vorming van nieuwe afzettingen. Vroegtijdige verwijdering is daarom van groot belang voor gemakkelijker verwijderen van nog viskeuze afzettingen en als preventieve maatregel tegen in toenemende mate uitgeharde afzettingen. In de literatuur, waarin onder andere praktijkervaringen worden gepresenteerd, worden meerdere oplossingen aangedragen om de vorming van urinesteen te voorkomen en/of lichte afzettingen te verwijderen. Gezien de kennis over dit onderwerp beperkt is wordt informatie over preventief reinigen van zowel vacuümtoiletsystemen als urinescheidingsystemen besproken. Preventieve maatregelen kunnen worden onderverdeeld in ontwerp en operationele maatregelen, mechanisch reinigen en chemisch reinigen.

**Zonder preventieve inspecties en reiniging houdt het neerslagproces zichzelf in stand**, doordat bestaande afzettingen het oppervlak vergroten wat hechting van bacteriën en nieuwe deeltjes katalyseert. Vroegtijdige verwijdering is daarom van groot belang voor zowel gemakkelijker verwijderen van nog viskeuze afzettingen en als preventieve maatregel tegen in toenemende mate uitgeharde afzettingen.

**Mechanisch reinigen middels jaarlijkse hogedrukreiniging** om zachte organische en anorganische afzettingen af te voeren is effectief gebleken om kristallisatie van anorganische stoffen tot urinesteen te voorkomen. Om een dergelijke maatregel in het vacuümtoiletsysteem te kunnen toepassen dienen ondergrondse vacuümleidingen te worden voorzien van **inspectieopeningen om de 30 tot 50 meter**.

**Chemisch reinigen door zuurdosering** houdt de pH laag ter voorkoming van neerslag van urinesteen afzettingen in de vacuümleidingen. Dosereren van een licht zuur na elk toiletbezoek of wekelijks tot jaarlijks spoelen van de leidingen met een sterker zuur zoals citroenzuur (>20 %) of zoutzuur (7 %) zijn preventieve maatregelen toegepast op zowel vacuümtoiletsystemen als urinescheidingsystemen. Inpassen van automatische zuurdoseerunits in het ontwerp is een gebruiksvriendelijke en wellicht ook effectievere oplossing.

**Correctief reinigen (verwijderen)** van harde afzettingen in bestaande vacuümtoiletsystemen middels hogedrukreiniging met een roterende spoelkop, eventueel met kettingen, kan lokaal 80 % reductie realiseren bij 180 bar. Ook 'crushed ice' kan afzettingen in de binnenwand van de vacuümleiding reduceren van 80-90 % naar <50 %. Toepassing van mechanische reinigingsmethoden als een staalborstel of rioolveer dient met zorg te worden uitgevoerd, gezien dit kan leiden tot beschadigen en opruwen van de leidingen, met als gevolg gemakkelijkere hechting van organische deeltjes en biofilm, wat urinesteen vorming katalyseert. Voor chemisch reinigen worden verschillende zuren aangedragen voor vacuümtoiletsystemen en urinescheidingsystemen. Zoutzuur (7 %) is veelbelovend wegens de korte contacttijd (1-2 uur) die benodigd is om effectieve verwijdering te realiseren. Een combinatie van chemisch en mechanisch reinigen kan het reinigingspotentieel mogelijk verhogen.

### **Nader onderzoek**

Wegens de kennishiaten met betrekking tot de vorming van urinesteen en de mogelijke preventieve en correctieve maatregelen is nader onderzoek vereist:

- preventieve ontwerp- en operationele maatregelen;
- frequentie en dosis van periodieke zuurdosering of mechanische reiniging ter preventie van harde urinesteen afzettingen;
- effectiviteit van correctief reinigen met verschillende zuren in de praktijk;
- invloed zuurdosering op de verschillende materialen in het vacuümtoiletsysteem.

## **Gedeelten uit TAUW – Stowa rapport “Chemische reiniging vacuümleidingen zorgcomplex Waterschoon, Sneek”, 16 oktober 2024**

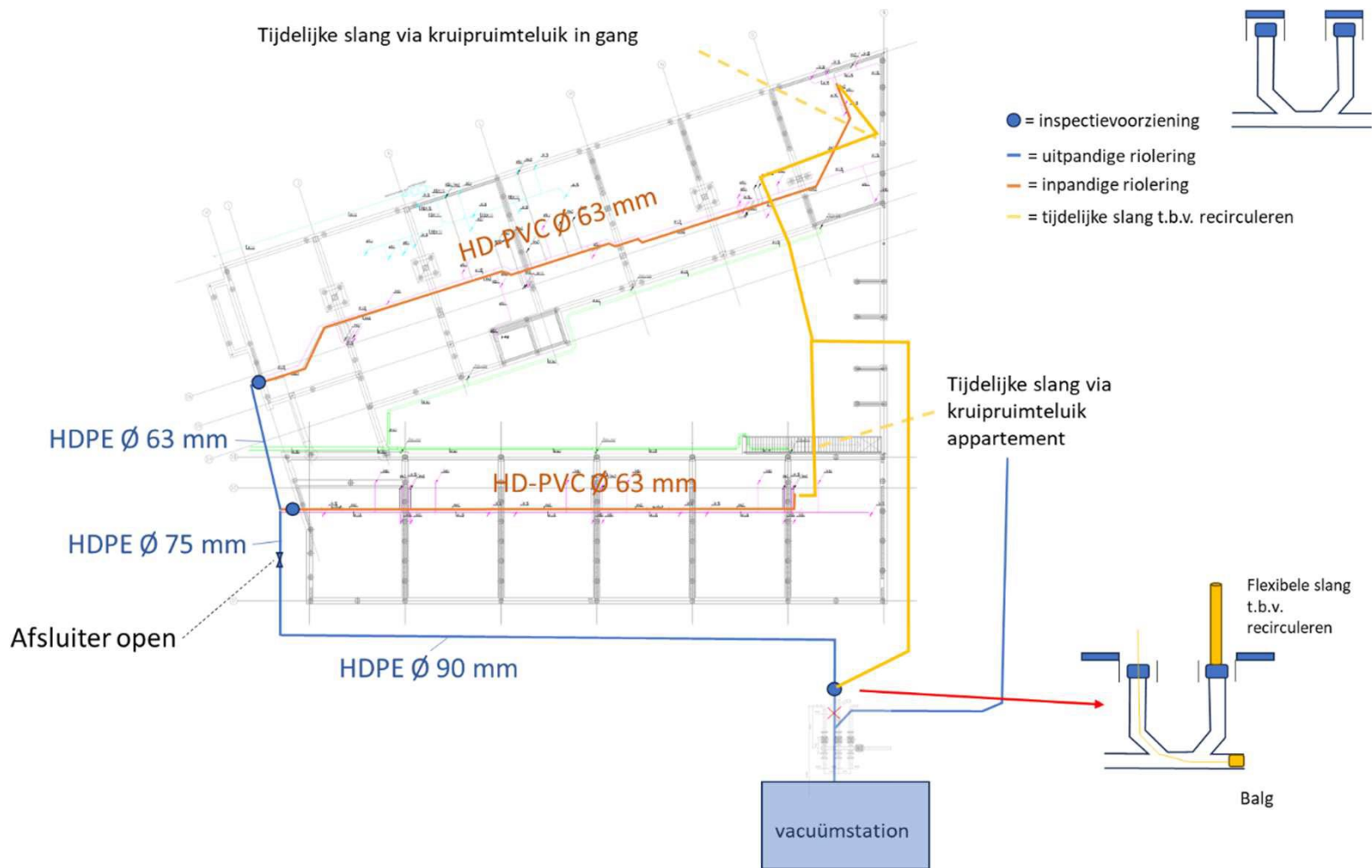
In de vacuümleidingen van de appartementencomplexen, het zorgcomplex en de grondgebonden woningen bij het Waterschoonproject in Sneek is sprake van matige tot zeer ernstige afzettingen (urinesteen)<sup>1</sup>. Ernstige tot zeer ernstige afzettingen bevinden zich in de horizontale leidingen in de kruipruimte van de appartementencomplexen en het zorgcomplex en indicatief de eerste 10 meter vanaf de perceelgrens van de complexen in het openbare gebied. Ook bij de grondgebonden woningen is in de leidingen tussen de woning en het hoofdriool sprake van matige tot ernstige afzettingen.

Eerdere testen (uitgevoerd op strengen in en nabij de appartementencomplexen en zorgcomplex) om deze afzettingen te verwijderen met hoge druk en dosering van Cee-Bee gel (zowel kortstondig als langdurig) bleken niet volledig succesvol. Op basis van de uitgevoerde bekerglastesten waarin stukjes afzettingmateriaal zijn blootgesteld aan diverse zuren met verschillende zuurconcentraties is geconcludeerd dat 7 % zoutzuur een veelbelovende oplossing lijkt te zijn om de afzettingen chemisch te verwijderen. Aangezien de leidingdelen van het zorgcomplex de meest ernstige afzettingen laten zien is besloten om de leidingdelen van het vacuümtoiletsysteem van het zorgcomplex chemisch te gaan reinigen.

### **Aanpak**

Op basis van de uiteenzetting van de opties (in bijlage 1 van het rapport) is voorgesteld om de optie recirculeren met zuur te gaan toepassen. Deze optie lijkt het meest efficiënt te gaan werken (gerichte zuurdosering waardoor niet meer zuur wordt gedoseerd dan nodig en zuur wordt ververst én naar verwachting binnen 1 nacht gereinigde leidingen). Tevens heeft deze optie als voordeel dat alle toiletten aangesloten kunnen blijven op het systeem en enkel gedurende 1 nacht niet doorgespoeld kunnen worden (kan eventueel wel worden gebruikt, maar kan niet worden doorgespoeld).

Met het betrokken industrieel reinigingsbedrijf is besloten om beide vleugels tegelijk met zuur te gaan recirculeren én tevens ook gelijk de horizontale leiding in het openbaar gebied nabij het zorgcomplex mee te nemen in de reiniging.

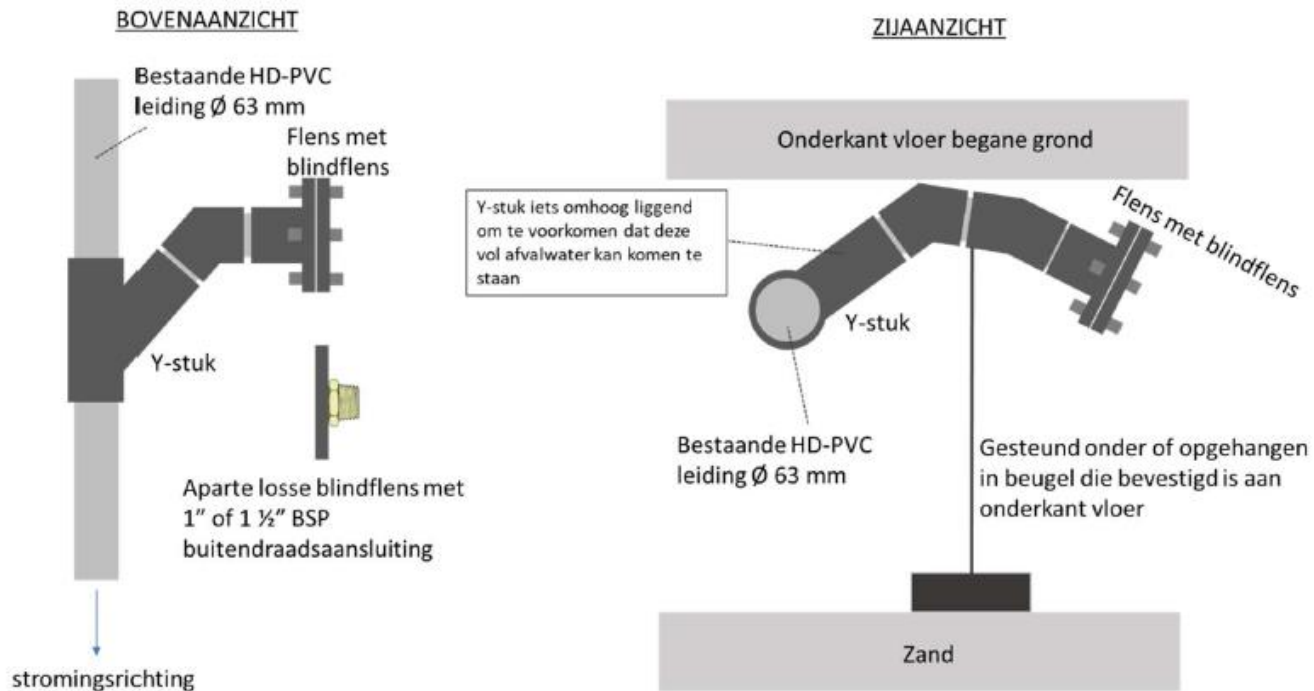


Figuur 2.1 presenteert de schematische opzet van de recirculatie bij het zorgcomplex

## Vorbereiding.

### Leidingen geschikt maken voor recirculatie:

Bij het ontwerp van het vacuümsysteem is geen rekening gehouden met inspectievoorzieningen aan het eind van de inpandige horizontale vacuümleiding en daarmee ook geen mogelijkheid om te kunnen recirculeren. Deze dienden dus te worden aangebracht op de horizontale leiding in de kruipruimte van iedere vleugel. Figuur 2.2 presenteert een schematische weergave van de aangebrachte inspectievoorziening.



Figuur 2.2 Schematische weergave van aangebrachte inspectievoorziening voor zowel inspectie als recirculatiemogelijkheid

### **Duurzaam herstellen gaten in leidingen:**

Tijdens de voorbereidende werkzaamheden werd duidelijk dat in het verleden op een aantal plekken van de inpandige horizontale vacuümleidingen gaten zijn geboord waarmee verstoppingen zijn opgelost. Deze gaten zijn toen met ducttape weer afgedicht. Ducttape is geen duurzame oplossing voor het afdichten van gaten en bij het recirculeren met zuur zal de lijmlaag van ducttape zeker oplossen waardoor lekkages zullen ontstaan. De gaten bleken dusdanig groot dat besloten is om de betreffende leidingdelen te vervangen.

### **Afzetten openbaar gebied:**

Een deel van de benodigde voorzieningen voor de recirculatie bevinden zich in openbaar gebied waardoor een straatdeel moet worden afgesloten. Hiervoor heeft de gemeente bebording en hekwerken voorzien en tevens doormeldingen gedaan naar hulpdiensten zodat zij weten dat een straatdeel is afgezet.

### **Afstemming met zorginstelling:**

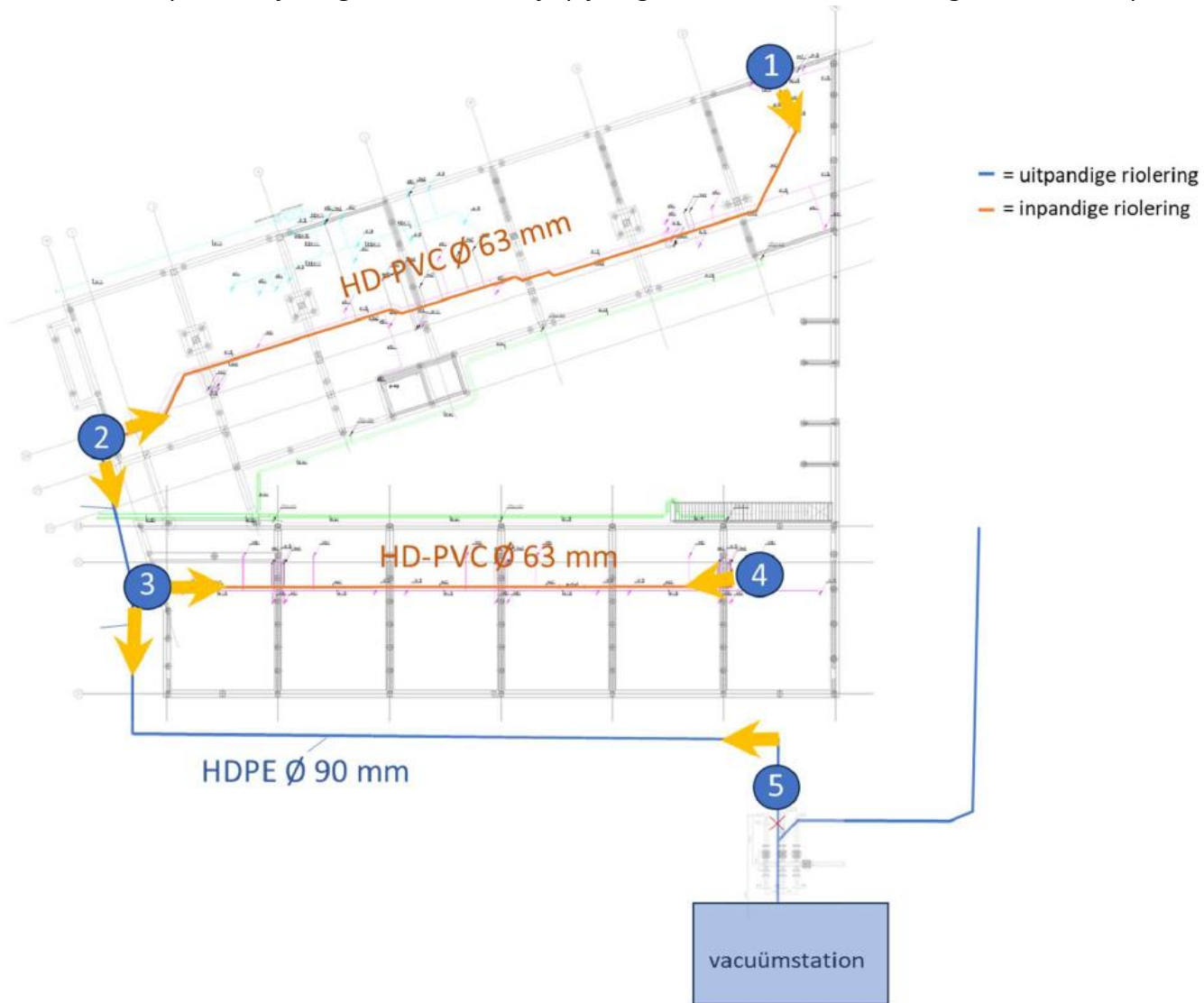
Op het moment dat wordt gerecirculeerd met zuur zijn de toiletten niet bruikbaar. Dit vraagt logischerwijs afstemming met de zorginstelling zowel technische dienst als zorgpersoneel, en met de bewoners. Overlast dient tot een minimum te worden beperkt. Om deze reden is de recirculatie ook 's nachts uitgevoerd. Om te zorgen dat bewoners wel 's nachts naar toilet kunnen zijn in overleg met de zorginstelling poststoelen geregeld voor ieder appartement en is een dixi in de binnentuin geregeld voor het personeel.



*Figuur 2.3 Foto impressie van de voorbereidende werkzaamheden*

## Camera-inspecties

Voorafgaand aan de chemische reiniging zijn camera-inspecties uitgevoerd op verschillende locaties ten behoeve van de vastlegging van de uitgangssituatie. Tevens zijn camera-inspecties uitgevoerd na de chemische reiniging. Figuur 2.4 presenteert de locaties inclusief locatienummer waar camera-inspecties zijn uitgevoerd. De oranje pijlen geven aan in welke richting de camera inspectie is uitgevoerd.



Figuur 2.4 Overzicht locaties camera-inspecties



## Uitvoering recirculatie

Voor het bewerkstelligen van de recirculatie is gebruik gemaakt van een pomp in combinatie met een doseerbak. De pomp zuigt aan de leiding waardoor een lichte onderdruk wordt gecreëerd voor de recirculatie. Er is bewust **niet gekozen voor een perspomp**, omdat een perspomp een groot risico heeft dat het zuur dan mogelijk een standleiding wordt ingedrukt en een overstroming bij een vacuümtoilet kan bewerkstelligen. In de doseerbak is gestuurd op een zoutzuurconcentratie van circa 10 %. Tijdens het recirculeren is zoutzuur bij gedoseerd om deze zoutzuurconcentratie te handhaven.



*Figuur 2.5 Foto impressie van de uitvoering van de recirculatie*

## Resultaten

Bij het vervangen van de leidingdelen waar in het verleden gaten in waren geboord werd wederom duidelijk hoeveel afzettingen zich in bepaalde horizontale delen bevinden. Figuur 3.1 laat een leidingdeel zien die er tussen uit is gehaald vanwege in het verleden geboorde gaten. Duidelijk is dat de leiding voor circa de helft is gevuld met afzettingen.

De verwachting was dat de leidingen gereinigd zouden kunnen worden in 1 nacht. Bij uitvoering van de recirculatie werd deze verwachting al vrij snel bijgesteld, omdat er weinig schuimvorming optrad in de doseerbak (een teken van reactie). In de vroege ochtend (na de nacht recirculatie) is ter controle een camera inspectie uitgevoerd bij 2 inspectiepunten. Hieruit werd duidelijk dat 1 nacht niet voldoende was en is besloten om een tweede nacht te gaan recirculeren.

In bijlage 2 tot en met bijlage 6 van het rapport zijn per locatie de beelden van voor en na twee nachten recirculeren naast elkaar gezet. Hierbij is zoveel mogelijk geprobeerd om dezelfde locaties in de rioolleiding naast elkaar weer te geven. De linker foto's zijn voor reiniging en de rechterfoto's na reiniging.

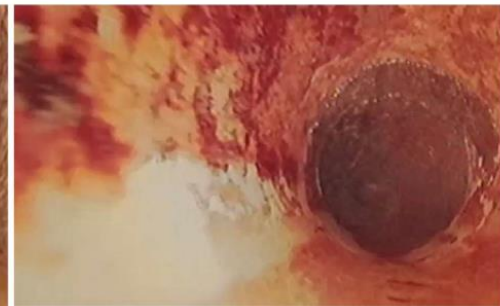
NOOT: Met de camera kan niet iedere meter worden geïnspecteerd vanaf de inspectiepunten, dit vanwege de afstand en/of dat camera 'vastloopt' indien teveel bochten zijn gepasseerd. In geval van dat laatste kan er geen voldoende kracht meer worden uitgeoefend op de cameraslang om deze voorwaarts te bewegen.



*Figuur 3.1 Foto van uitgezaagd leidingdeel in horizontale leiding van rechtervleugel*



*Figuur B4.7 Net na bocht*



*Figuur B4.8 Stukje verder net voor neerwaartse bocht ('pocket'). Op linkerfoto duidelijk dikke afzettingen zichtbaar*

## Conclusies

Aan de hand van de uitgevoerde reiniging zijn de volgende conclusies te trekken:

- De leiding in de linkervleugel bevatte voor reiniging aanzienlijk minder afzettingen dan de leiding in de rechternleugel
- De reiniging resulteert in een aanzienlijke verbetering tot volledig schone leidingen
  - De leiding in de linkervleugel na reiniging zo goed als schoon is
  - De leiding in de rechternleugel na reiniging nog een laag(je) afzettingen laat zien in de onderkant van de leiding
  - De situatie van de leidingen in openbaar gebied ook is verbeterd. De uitgangssituatie was beter dan de in pandige leidingen echter waren er ook stukken met dikke stukken afzettingen zichtbaar. Na de reiniging zijn geen dikke afzettingen meer gezien
- Na-reiniging met hoge druk een beperkt tot goed effect heeft, maar wel zorgt voor losse brokstukken in de leidingen en daarmee een verstoppingsrisico geeft. Een verstopping heeft zich ook 1 week later voorgedaan bij locatie 4
- Soms kan er na reiniging opeens in de leidingen een dik stuk vastgekoekt afzetting waarneembaar zijn tegen de leidingwand, terwijl het leidingdeel ervoor en erna zo goed als volledig schoon is. Hiervoor is (vooralsnog) geen logische verklaring
- Dat uit een labtest waarbij een stukje afzettingsmateriaal is ondergedompeld in zuur en in anderhalf oploste in de praktijkopstelling een veel langere tijd nodig heeft om effect te hebben
- Een stukje leidingdeel met afzettingen in de doseerbak van de recirculatieopstelling lijkt een goede indicator voor de afbraak van de afzettingen in de leidingdelen van het zorgcomplex