Baars-CIPRO
Civil Engineering
Professional Diving

ONDERZOEK INSTORTING KADE GRIMBURGWAL



Opdrachtgever:
[redacted]

[redacted]

Projectcode:
20p102

Datum:
september 2020

Versie:
concept

ONDERZOEK INSTORTING KADE GRIMBURGWAL

Opdrachtgever:
[redacted]

Projectcode:
20p102

Datum:
september 2020

Versie:
concept

© Baars-CIPRO 2020

Versie: 1.0		Status: concept	
	Naam:	Paraaf:	Datum:
Ingenieur:	[redacted]		09-09-2020
Auteur:	ir[redacted]		09-09-2020
Projecteindverantwoordelijke:	[redacted]		09-09-2020
Projectleider Inspectie:	[redacted]		09-09-2020
Vrijgave Baars-CIPRO:	[redacted]		
Acceptatie opdrachtgever:	[redacted] (Van Steenwijk)		

Filenaam: X:\2020\20p102 IBA analyse instorting Grimburgwal Amsterdam\06 rapportage\concept 0.1\20p103 VanSteenwijk instorting Grimburgwal.docx

Inhoudsopgave

INHOUDSOPGAVE **3**
SAMENVATTING **4**
1 INLEIDING **5**
2 BESCHIKBARE KENNIS **6**
2.1 OPBOUW KADEMUUR 6
2.2 OMGEVING 7
2.2.1 Route rondvaartboot 7
3 GECONSTATEERDE FEITEN I.R.T. SCHADEGEBIED **8**
4 OVERIGE INSPECTIEGEGEVENS **10**
4.1 RISICOKAART 10
4.2 INSPECTIE SLEUTELBRUG 10
4.3 KADEMUUR BIJ VERNAUWING (TEGENOVER PAND RISICOGEBIED) 10
5 BESCHOUWING **11**
6 CONCLUSIE **13**
7 AANBEVELINGEN **14**
Bijlage 1. Risicokaart 15
Bijlage 2. Doorsnedetekening constructie 16
Bijlage 3. Foto's 20
Bijlage 4 Sectorscans 34
Bijlage 5. Handpeilingen 37

Samenvatting

De aanleiding voor het voorliggende onderzoek is de instorting van een stuk kade aan de Grimburgwal. Baars-CIPRO is door Van Steenwijk gevraagd een oorzaak analyse uit te voeren.

De kade was wellicht flink op zijn retour, mist een schuifhout, watersloof en opsluitklossen en heeft een (te) grote kerende hoogte door de uitspoeling als gevolg van (rond)vaart, maar zonder aanleiding had hij nog gestaan. De waarschijnlijke aanleiding (impact als gevolg van nazakken binnen de ontgronding) heeft op zichzelf ook weer een oorzaak. Ofwel: hoe is de ontgronding ontstaan. Daar zijn twee mogelijkheden voor:

- Wegspoelen van bodemmateriaal door een lekkend grondkerend scherm of vloerhout, ofwel lekkage van de kadeconstructie.
- Wegspoelen van bodemmateriaal in een lekkend riool.

Welk van deze twee routes de meest waarschijnlijk is, wordt momenteel nog onderzocht.

Voor het toekomstige beheer zijn de volgende leermomenten van belang:

- Vaste routes van (rond)vaart kunnen leiden tot voorspelbare risico's met betrekking tot grondkerende hoogte.
- Aanwezigheid van schuifhout in het metselwerk is geen vanzelfsprekendheid. Bij constructies waar een watersloof onderdeel van is, is de afwezigheid ervan (of van de opsluitklossen) een niet te onderschatten risico op versneld bezwijken.
- Holle ruimtes achter kades zijn, zeker na een lange periode van droogte, een potentiële aandrijvende kracht (aanleiding) om een faalmechanisme te initiëren.

Deze leermomenten leiden tot de volgende aanbevelingen:

- Alle bekende (rond)vaarroutes analyseren op bochten/doorgangen waarbij vaak terugkerende stuwkrachten tot lokale ontgrondingen kunnen leiden. Vervolgens deze locaties onderzoeken met multibeam (hoe verhoud het geconstateerde bodemniveau zich tot gebruikelijke bodemniveaus in de betreffende watergang) en sectorscan (welke constructieonderdelen liggen bloot, is scheefstand/deformatie van palen of grondkerend scherm waarneembaar.
- Alle rapportages van locaties waar reeds duikinspecties hebben plaatsgevonden analyseren op de aanwezigheid/afwezigheid van een watersloof. Alles secties zonder watersloof (waar deze wel aanwezig had moeten zijn) inzichtelijk maken en onder verscherpt toezicht stellen.
- Locaties waar herstel van straatwerk wordt uitgevoerd (in combinatie met aanvullen met zand) aan een beschouwing onderwerpen, waarbij tenminste een mogelijke vergrote kerende hoogte en de eventueel afwezigheid van schuifhout, watersloof en opsluitklossen wordt betrokken.

1 Inleiding

Baars-CIPRO heeft in opdracht van Van Steenwijk een oorzaak analyse uitgevoerd. Hiertoe zijn tot en met 9 september de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

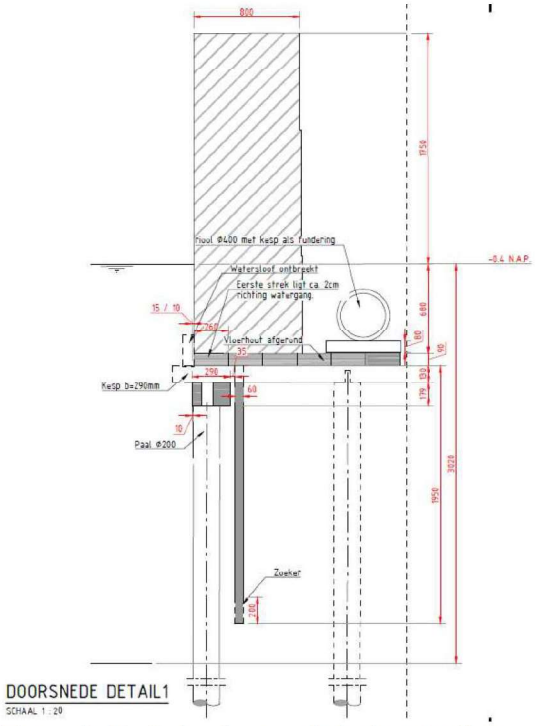
- Visuele inspectie in het schadegebied en direct omliggende constructies.
- Sectorscan opnamen.
- Handpeilingen in het schadegebied.
- Schrijven van een beschouwing over oorzaak en aanleiding.

2 Beschikbare kennis

2.1 Opbouw kademuur

De kademuur is opgebouwd uit metselwerk dat staat op het vloerhout van de houten paalfundering, zie onderstaande figuur.

- Houten palen (2 rijen palen in dwarsrichting kade, hart-op-hart-afstand palen in lengterichting circa 1,05 – 1,30 meter).
- Houten grondkerende scherm bestaande uit planken (circa 210 x 1950 x 60 mm) met mes- en groefverbinding. Deze planken versmallen en verjongen aan het einde van de plank (over circa 200 mm).
- Op de houten palen ligt langshout. De palen zijn via een pen- en gatverbinding verbonden met dit langshout.
- Op het langshout liggen kespen (circa 290 x 130 mm) welke tot voor de kade steken.
- Op de kespen ligt het vloerhout (circa 260 x 90 mm) waarop de kade is gemetseld.
- Het vloerhout en metselwerk worden tegen afschuiven behoed via een watersloof welke is ingelaten in de voor de kade uit stekende kespen.



Figuur 1: Typische doorsnede kademuur (ingemeten tijdens inspectie)

Er zijn op het metselwerk van de kade over een lengte van circa 6 meter (geschat uit foto) en over de gehele hoogte wrijfhout bevestigd, om te voorkomen dat een aanvaring tot voortschrijdende schade aan het metselwerk leidt.



Figuur 2: Situatie kademuur in 2019.

2.2 Omgeving

2.2.1 Route rondvaartboot

De rondvaartboten komen gevaren vanaf het Rokin en moeten een scherpe draai maken om onder de Sleutelbrug door te varen. en moeten nadat zij onder de brug doorgevaren zijn een scherpe draai maken. Het maken van de bochten betekent veelvuldig contact met de kademuur. Het uit de bocht wegvaren betekent veel en repeterend schroefwater op (fundering van) de kademuur. Er waren aan het metselwerk van de kademuur over de gehele hoogte wrijfhout bevestigd. Het vermoeden bestaat dat de wrijfhouten veelvuldig door de rondvaartboten aangevaren is.

3 Geconstateerde feiten i.r.t. schadegebied

De onderstaande zaken zijn waargenomen tijdens de uitgevoerde inspecties:

Schadegebied:

- De maximale waterdiepte in de gracht bij de primaire instorting is ca. 3 meter, duidelijk dieper dan de overige waterdiepte in de gracht van circa 1,5 á 2 meter diepte (zie bijlage 5 handpeilingen).
- Het grondkerende scherm heeft niet of nauwelijks grip gehad in de bodem en daarmee een substantieel deel van de horizontale belasting afgedragen op de voorste palenrij (zie bijlage 3 foto 23);
- De messing-groef verbinding van de planken van het grondkerende scherm zijn vergaand aangetast (zie bijlage 3 foto 24);
- Ter plaatse van de initiële instort is een houten grondkerend scherm aangetroffen op ongeveer zijn oorspronkelijk plaats. De plank is gebroken ter hoogte van bodemniveau. De bovenkant van de plank ligt 1,90 meter onder waterlijn, dus 1 meter plank ontbreekt.
- Het aangetroffen grondkerend scherm heeft een lengte van 1,95 meter in tegenstelling tot de 4,00 meter conform het bestek (zie bijlage 3 foto 23).
- In het schadegebied zijn geen schuifhout, watersloof en opsluitklossen aangetroffen
- Er zijn eerder ontgrondingen achter de kademuur vastgesteld en hersteld. De laatste aanvulling achter de kademuur is half augustus uitgevoerd. Een interview met de betreffende aannemer moet nog plaatsvinden.
- De oostelijke put binnen het initiële schadegebied is ongeveer 10 centimeter verzakt door de instorting. Eén van de hemelwaterafvoeren heeft een dermate groot hoogteverschil met twee geconstateerde openingen in de put, dat aannemelijk is dat deze recentelijk niet correct aangesloten heeft gezeten op de put (zie bijlage 3 foto 21 en 22)
- De aard/vorm van de breuk van het metselwerk kademuur ter plaatse van primaire instorting laat zien dat dit deel van de kademuur primair verticaal en in mindere mate horizontaal is bezweken (zie bijlage 3 foto 1 en 2). De restanten hiervan liggen dichter bij de oorspronkelijke kadelijn dan de restanten van het deel dat is meegetrokken. Dit tweede gedeelte is met name gekanteld en verder in de watergang terecht gekomen. Deze constatering wordt onderschreven door de sectorscanopname.

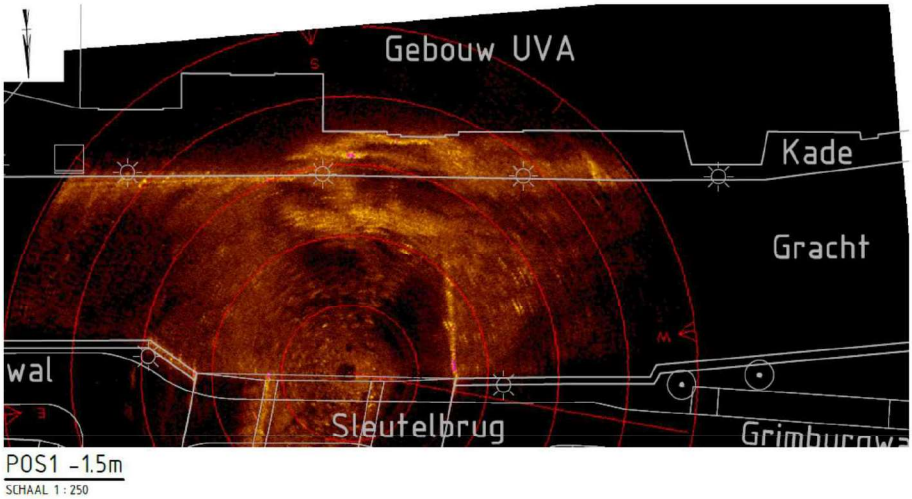
- Het metselwerk ter plaatse van de initiële instort vertoont weinig samenhang. Naast enkele verse breukvlakken zijn vooral oude breukvlakken waargenomen (zie bijlage 3, foto 26). Deze degradatie vind zijn oorzaak in de vele 'aanvaringen' door (rond)vaart. De vele ankers waarmee de houten wrijfschorten op deze locatie zijn bevestigd hebben eveneens een negatieve invloed op de samenhang van dit stuk kademuur.

Overige feiten in relatie tot de instort:

- Voor de instort is er een langere periode van droogte geweest, gevolgd door hevige regenval. Deze situatie heeft mogelijk bijgedragen aan het nazakken binnen het ontgrondingsgebied (zie verder de beschouwing in Hoofdstuk 5).
- Het straatwerk was reeds verzakt vóórdat de instort plaats vond, dit is waar te nemen op de beelden van de beveiligingscamera.
- Instort is oostelijk begonnen, westelijke deel is meegekomen (gevolg).
- Initiële instort lijkt vooral verticaal te zijn geweest. Dit duidt op een bezwijken van palen en of grondkerend scherm

Er zijn handpeilingen in de gracht voor de ingestorte kade genomen. De waterdiepte varieert tussen 1,30 – 3,13 meter. De handpeilingen staan bijlage 5.

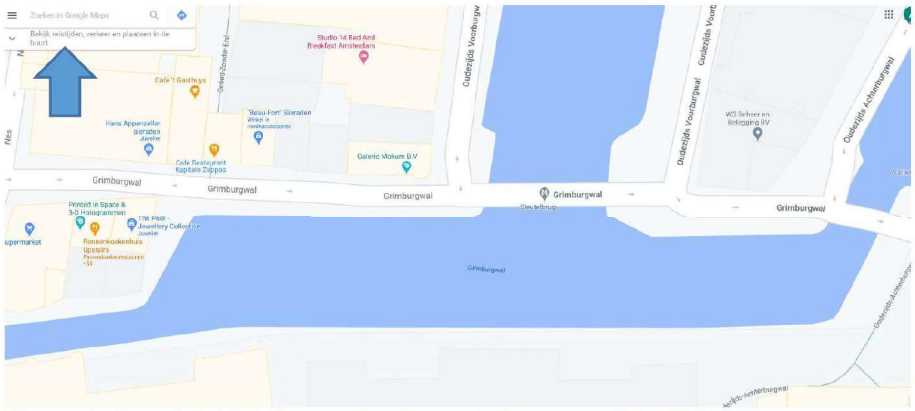
Er zijn sectorscans gemaakt op een 4-tal posities en op drie hoogtes (0,5 meter, 1,0 meter, 1,5 meter onder waterlijn). Deze sectorscans staan in bijlage 4.



Figuur 3: Sectorscan op een diepte van 1,5 meter onder de waterlijn.

4 Overige inspectiegegevens

4.1 Risicokaart



Figuur 4: Overzicht Grimburgwal met aangeving van referentiepunt

De risicokaart is als separate pdf ter beschikking gesteld als integraal onderdeel van deze rapportage.
In deze kaart zijn secties gedefinieerd die één van de volgende kwalificaties hebben meegekregen:

- Handhaven.
- Niet handhaven.
- Schade zone.
- Verhoogd risico op instorten, niet handhaven.

4.2 Inspectie Sleutelbrug

Er zijn handpeilingen uitgevoerd voor de brugpijlers en de landhoofden. De waterdiepte varieert tussen 1,30 en 2,48 meter, zie bijlage 5. Dit komt overeen met eerder genomen multibeam-peilingen.
De funderingspalen aan de zuidzijde van de pijlers en vleugelwanden staan voor ca. 1 meter vrij, deze situatie is niet zorgwekkend.

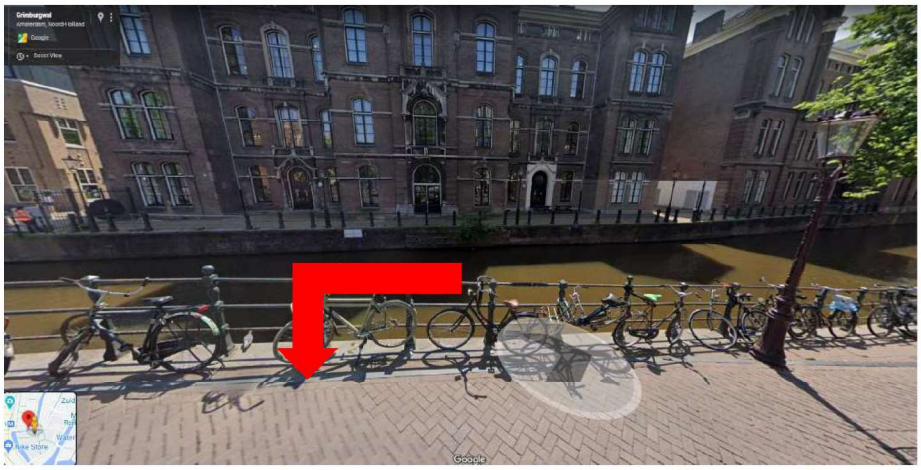
4.3 Kademuur bij vernauwing (tegenover pand risicogebied)

Bij deze kade verdwijnt het metselwerk in de bodem en is dus sprake van diepere fundering. Deze locatie is daarmee niet zorgwekkend.

5 Beschouwing

De volgende beschouwing volgt uit de geconstateerde feiten in relatie tot het schadegebied en de overige beschikbare informatie:

De kade verkeert in matige conditie vanwege:
- Verzwakt grondkerend scherm (door zijn leeftijd).
- Grondkerende scherm is minder lang dan in bestek (1,95 meter i.p.v 4,00 meter) en onvoldoende diep in bodem ingebed (bouw wijkt af van bestek).
- Vergrote grondkerende hoogte van de kademuur door (rond)vaart.
- Verzwakt metselwerk door veelvuldige impact van (rond)vaart en als gevolg van de bevestiging van het wrijfhout.



Figuur 5: Route rondvaartboten gezien vanaf de Sleutelbrug (bron: google maps)

De geconstateerde ontgronding achter de kademuur speelt een sleutelrol in het bezwijken.



Figuur 6: Stilstaande beelden van beveiligingscamera (bron: NOS.nl)

Vermoedelijk is het nazakken van het talud binnen deze ontgronding de aanleiding geweest voor het bezwijken van de kademuur. Vanwege het verticale karakter van de instort lijkt het grondkerend scherm te zijn bezweken (verzwakt, grote kerende hoogte en onvoldoende diep in bodem), die vervolgens één of meerdere palen heeft meegenomen, met de instorting van de kade tot gevolg. De kade westelijk van de primaire instorting is vervolgens meegetrokken.



Figuur 7: Instorten westelijk deel van kade

De ontgronding achter de kade heeft twee mogelijke oorzaken:
- Lekkage via de constructie door bijvoorbeeld het grondkerend scherm.
- Lekkage via het riool.

Lekkage via het grondkerend scherm is aannemelijk, gezien de slechte staat ervan, zie bijlage 3, foto 24 en 25.

Lekkage via het riool wordt momenteel nog onderzocht op een drietal punten:
- Indien een grote hoeveelheid zand via het riool is afgevoerd, moet dat in de putten in de afvoerketen terug te vinden zijn. Volgens opgave IBE en Waternet is in de putten in het schadegebied en in de eerste 5 putten in het afvoerstelsel geen noemenswaardige hoeveelheid zand aangetroffen. Dit is een eerste indicatie dat het zand niet/nauwelijks via het riool is weggelekt.
- Op basis van een eerder multibeampeiling (voor de instort), genomen handpeilingen, een recente multibeampeiling (na de instort) en een 3D scan van het maaiveld na de instort, wordt een volumeberekening gemaakt. Deze exercitie vind momenteel nog plaats.
- Een interview met de partij die recentelijk het straatwerk achter de kade heeft hersteld geeft mogelijk meer bruikbare informatie. Dit interview moet nog plaatsvinden.

6 Conclusie

De volgende conclusies volgen uit het onderzoek aan de instorting van de kademuur.

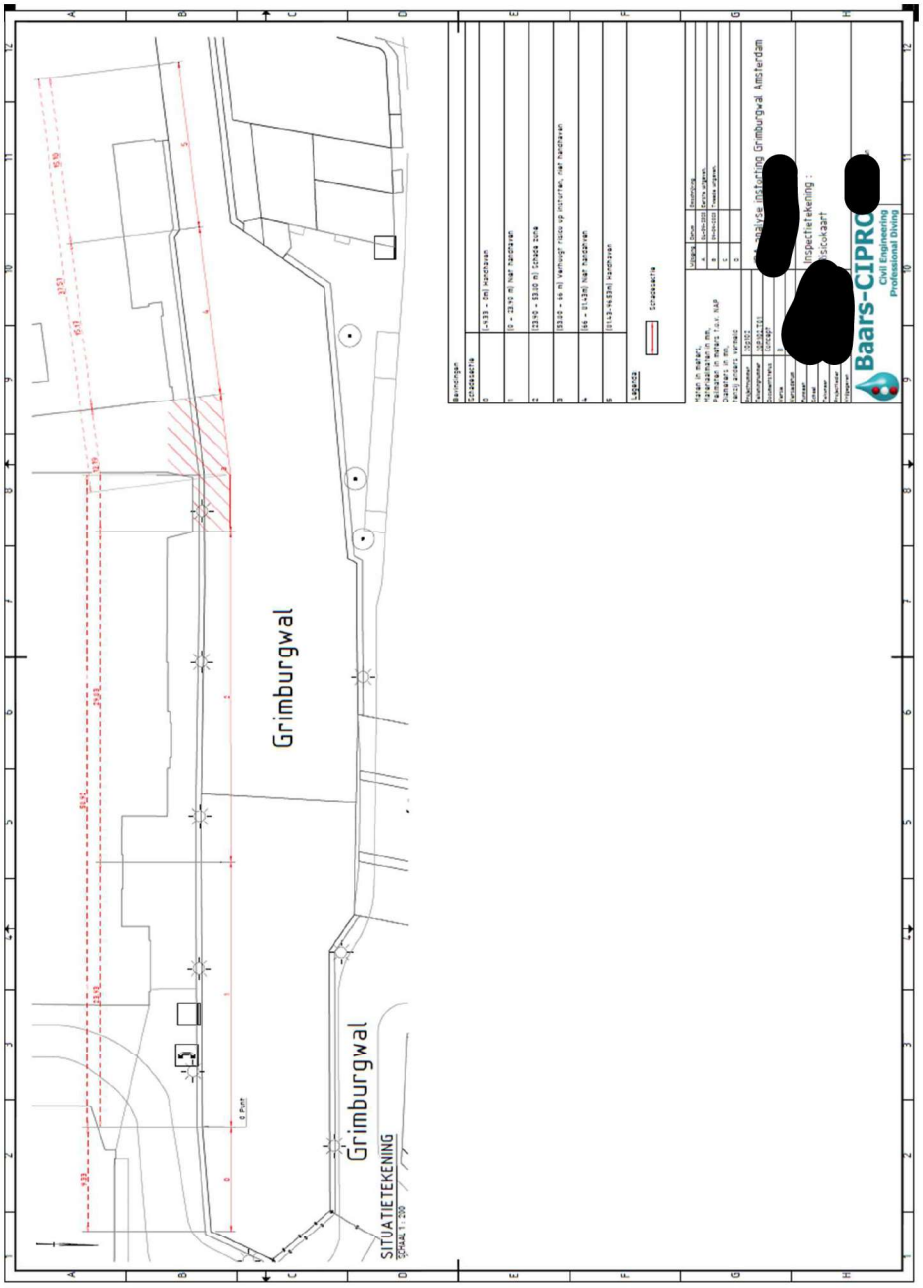
1. Het maaiveld achter de kademuur was reeds verzakt op het moment van instorten van de kademuur (beelden beveiligingscamera).
2. De instorting werd vermoedelijk geïnitieerd door een nazakking van de ontgronding achter de kademuur. Deze ontgronding heeft twee mogelijke oorzaken (op het moment van schrijven van dit rapport nog 'in onderzoek'): lekkage van het grondkerend scherm en/of lekkage van het (regenwater)riool.
3. De instorting van de kademuur werd mogelijk gemaakt door de onderstaande combinatie van factoren:
    i. De het metsel werk vertoont op de locatie van aanvang van de instort nauwelijks samenhang, de stenen lagen vrijwel volledig los op elkaar gestapeld.
    ii. Een matige staat van het houten grondkerende scherm: niet gronddicht i.c.m. een kortere lengte dan uit het bestek blijkt (195cm aangetroffen i.p.v. 400cm conform bestek).
    iii. Grondkerende scherm heeft niet of nauwelijks grip gehad in de bodem en daarmee een substantieel deel van de horizontale belasting afgedragen op de voorste palenrij.
    iv. Er zijn geen watersloof, opsluitklossen, of schuifhout aangetroffen tijdens de inspectie (essentiële horizontale fixatie van kademuur).
    v. Een dieper bodemniveau voor de kademuur door wegspoelen bodemmateriaal door schroefwater van (rondvaart)boten.
4. Vaste routes van (rond)vaart kunnen leiden tot voorspelbare risico's.
5. Aanwezigheid van schuifhout is geen vanzelfsprekendheid. Bij constructies waar een watersloof onderdeel van is, is de afwezigheid ervan (of van de opsluitklossen) een niet te onderschatten risico op versneld bezwijken.
6. Holle ruimtes achter kades zijn, zeker na een lange periode van droogte, een potentiële aandrijvende kracht (aanleiding) om een faalmechanisme te initiëren.

7 Aanbevelingen

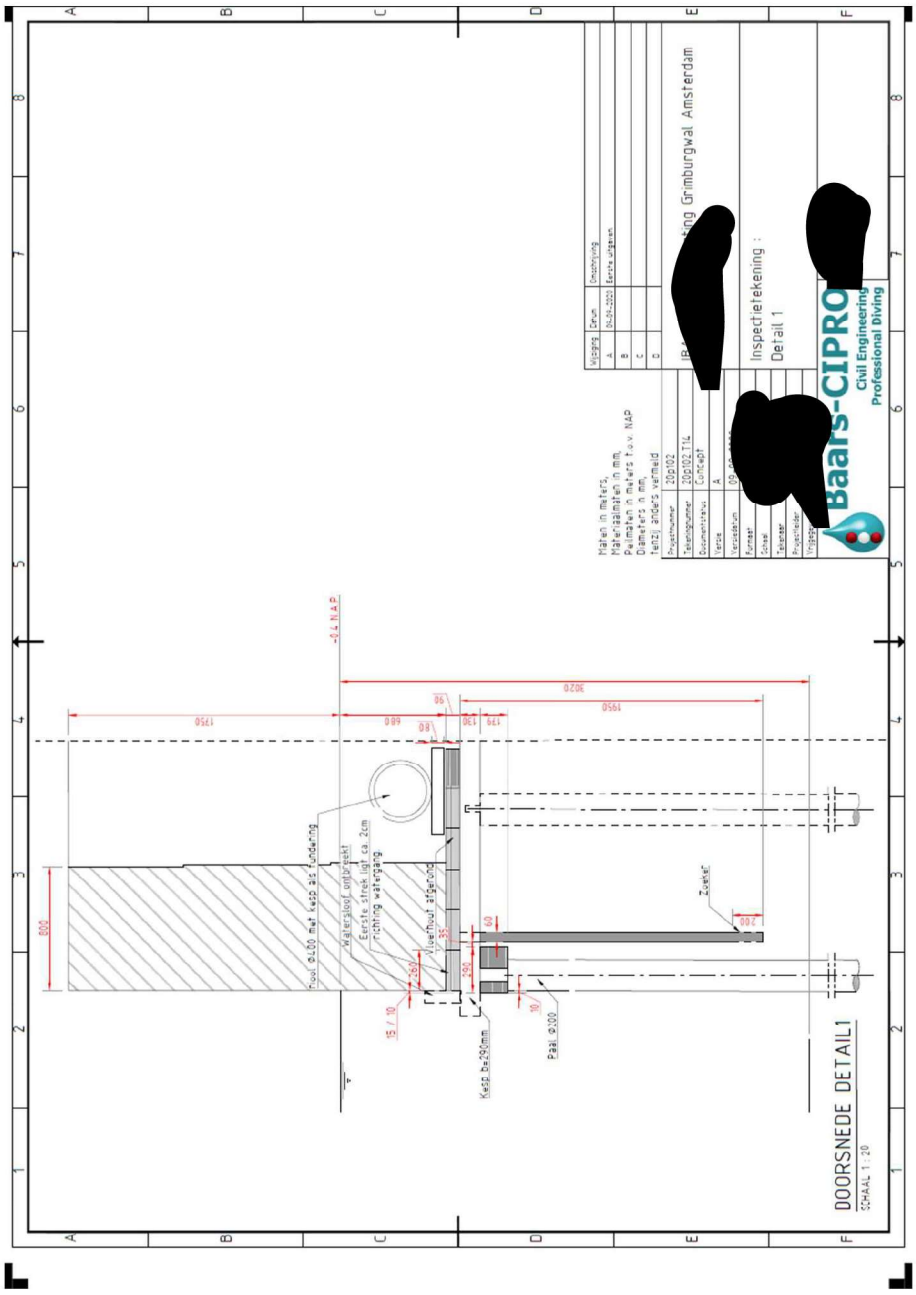
De volgende aanbevelingen volgen uit het onderzoek van de instorting van de kademuur.

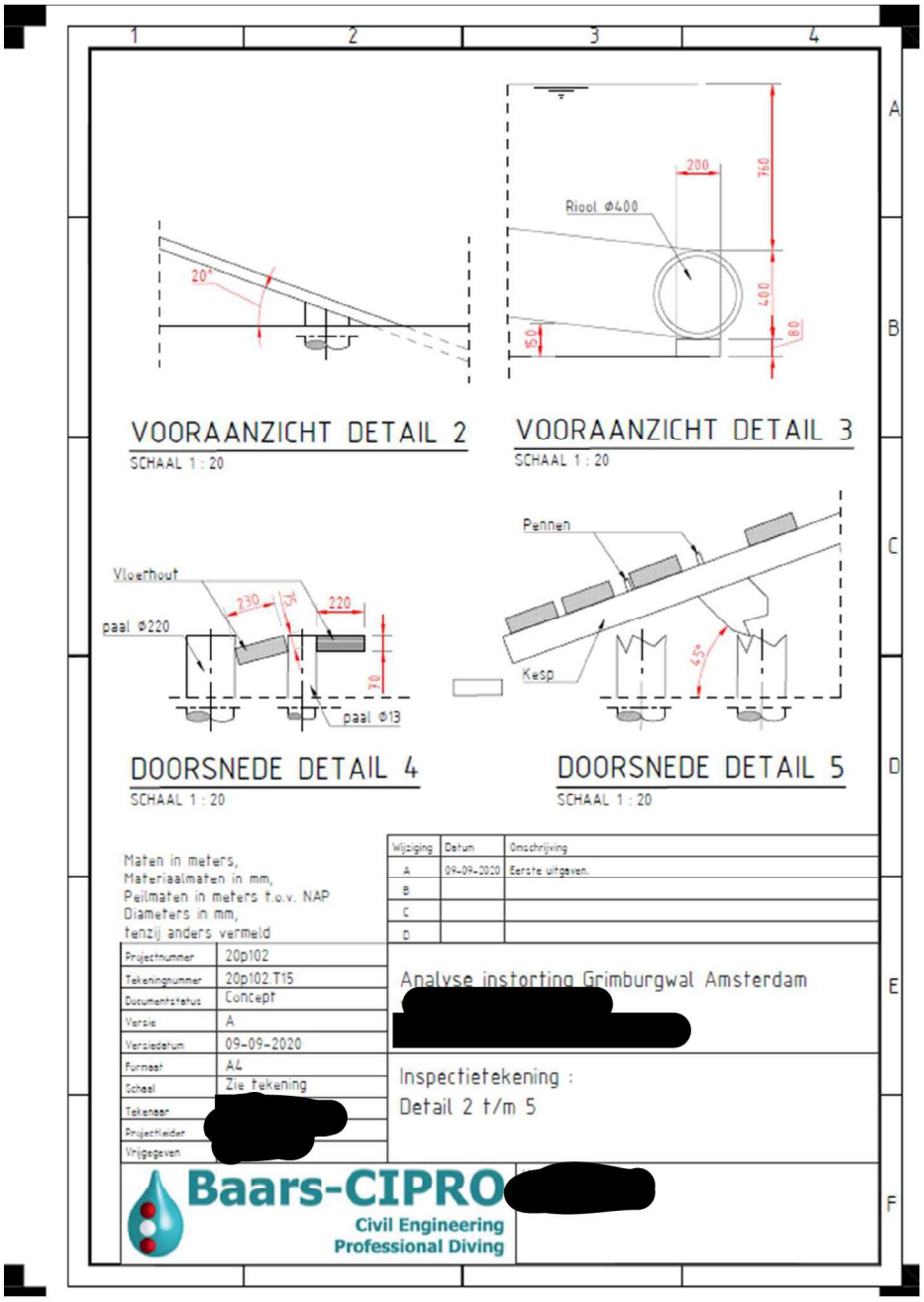
1. Alle bekende (rond)vaarroutes analyseren op bochten/doorgangen waarbij vaak terugkerende stuwkrachten tot lokale ontgrondingen kunnen leiden. Vervolgens deze locaties onderzoeken met multibeam (hoe verhoud het geconstateerde bodemniveau zich tot gebruikelijke bodemniveaus in de betreffende watergang) en sectorscan (welke constructieonderdelen liggen bloot, is scheefstand/deformatie van palen of grondkerend scherm waarneembaar.
2. Alle rapportages van locaties waar reeds duikinspecties hebben plaatsgevonden analyseren op de aanwezigheid/afwezigheid van een watersloof. Alles secties zonder watersloof (waar deze wel aanwezig had moeten zijn) inzichtelijk maken en onder verscherpt toezicht stellen.
3. Locaties waar herstel van straatwerk wordt uitgevoerd (in combinatie met aanvullen met zand) aan een beschouwing onderwerpen, waarbij tenminste een mogelijke vergrote kerende hoogte en de eventueel afwezigheid van schuifhout, watersloof en opsluitklossen wordt betrokken.

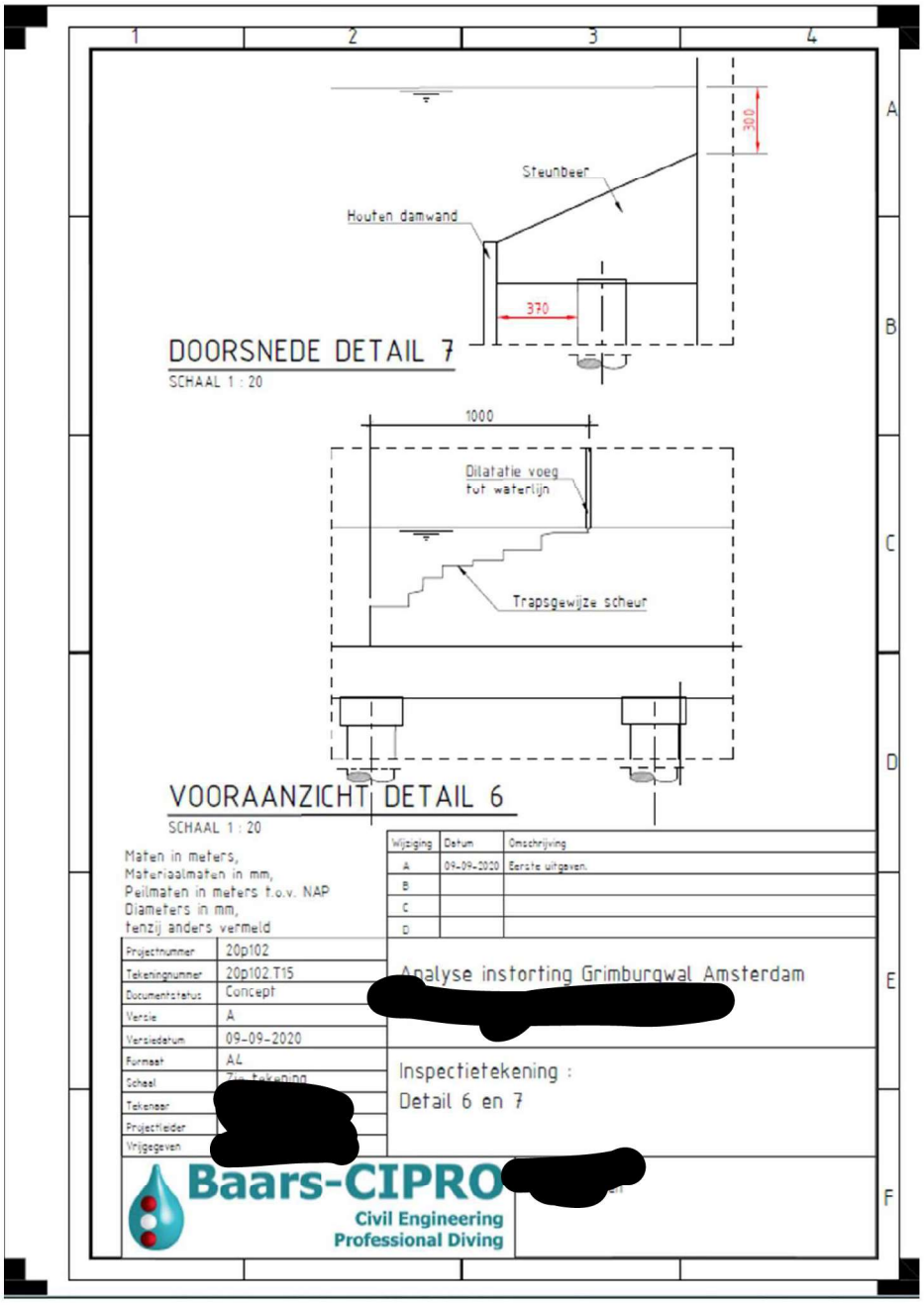
Bijlage 1. Risicokaart



Bijlage 2. Doorsnedetekening constructie




1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
20°
VOORAANZICHT DETAIL 2
SCHAAL 1 : 20
Riool Ø400
200
760
400
180
150
VOORAANZICHT DETAIL 3
SCHAAL 1 : 20
Vloerhout
paal Ø220
230
34
220
30
paal Ø13
DOORSNEDE DETAIL 4
SCHAAL 1 : 20
Pennen
Kesp
45°
DOORSNEDE DETAIL 5
SCHAAL 1 : 20
Maten in meters,
Materiaalmaten in mm,
Peilmaten in meters t.o.v. NAP
Diameters in mm,
tenzij anders vermeld
Wijziging | Datum | Omschrijving
A | 09-09-2020 | Eerste uitgaven.
B
C
D
Projectnummer | 20p102
Tekeningnummer | 20p102.T15
Documentstatus | Concept
Versie | A
Versiedatum | 09-09-2020
Formaat | A4
Schaal | Zie tekening
Tekenaar | [redacted]
Projectleider
Vrijgegeven
Analyse instorting Grimburgwal Amsterdam
[redacted]
Inspectietekening :
Detail 2 t/m 5
Baars-CIPRO
Civil Engineering
Professional Diving
[redacted]


1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
380
Steunbeer
Houten damwand
370
DOORSNEDE DETAIL 7
SCHAAL 1 : 20
1000
Dilatatie voeg
tot waterlijn
Trapsgewijze scheur
VOORAANZICHT DETAIL 6
SCHAAL 1 : 20
Maten in meters,
Materiaalmaten in mm,
Peilmaten in meters t.o.v. NAP
Diameters in mm,
tenzij anders vermeld
Wijziging | Datum | Omschrijving
A | 09-09-2020 | Eerste uitgaven
B
C
D
Projectnummer | 20p102
Tekeningnummer | 20p102.T15
Documentstatus | Concept
Versie | A
Versiedatum | 09-09-2020
Formaat | A4
Schaal
Tekenaar
Projectleider
Vrijgegeven
Analyse instorting Grimburgwal Amsterdam
[redacted]
Inspectietekening :
Detail 6 en 7
[redacted]
Baars-CIPRO
Civil Engineering
Professional Diving


BOVENAANZICHT
Baars-CIPRO
Civil Engineering
Professional Diving

Bijlage 3. Foto's



Foto 1: Aard/vorm breukvlak metselwerk (oostelijk van primaire instorting)



Foto 2: Aard/vorm breukvlak metselwerk (oostelijk van primaire instorting)



Foto 3: Bezweken houten paal in hoog risico gebied



Foto 4: Houten kesp



Foto 5: Oostelijke zijde instorting



Foto 6: Zicht vanaf waterlijn langs instorting



Foto 7: Zicht vanaf waterlijn van instorting (rechts van linker ingang)



Foto 8: Zicht vanaf waterlijn van instorting (links van midden ingang)



Foto 9: Zicht vanaf waterlijn van instorting voor midden ingang



Foto 10: Zicht vanaf waterlijn van instorting rechts van midden ingang



Foto 11: Breuk metselwerk aan westelijke zijde instorting


Foto 12: Detailfoto van breuk metselwerk aan westelijke zijde instorting



Foto 13: Detailfoto van breuk metselwerk aan westelijke zijde instorting



Foto 14: Overzichtsfoto dilatatievoeg kademuur (linkerdeel kade op instorten)

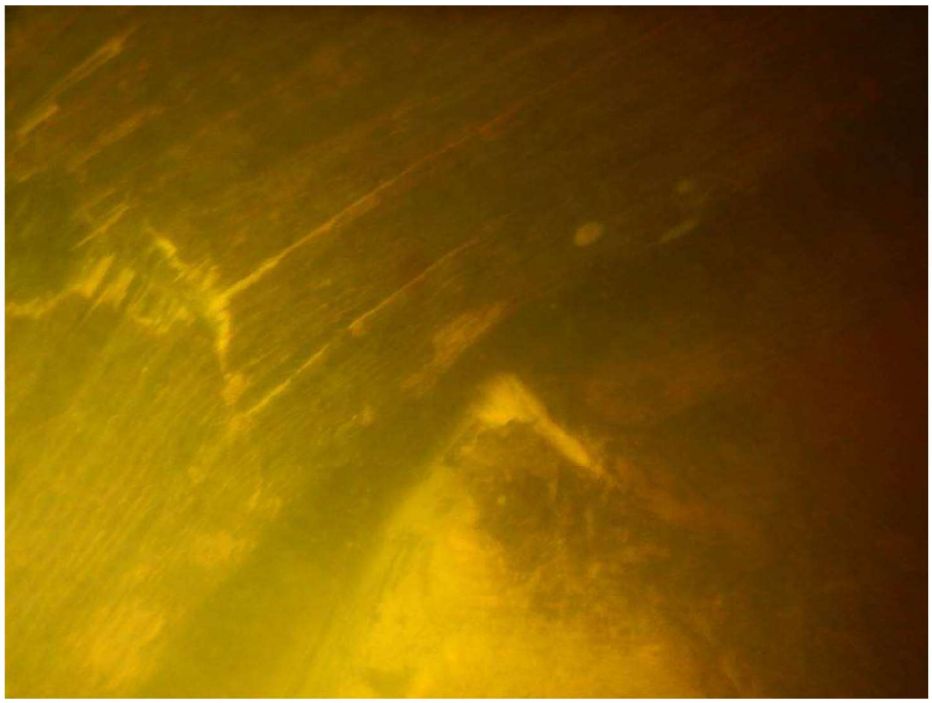


Foto 15: Detailfoto bezweken houten kesp



Foto 16: Overzichtsfoto afgebroken houten paal (met pen)



Foto 17: Detailfoto houten paal met pen



Foto 18: Metselwerk kademuur oostelijk van instorting



Foto 19: Dubbele scheur in metselwerk kademuur

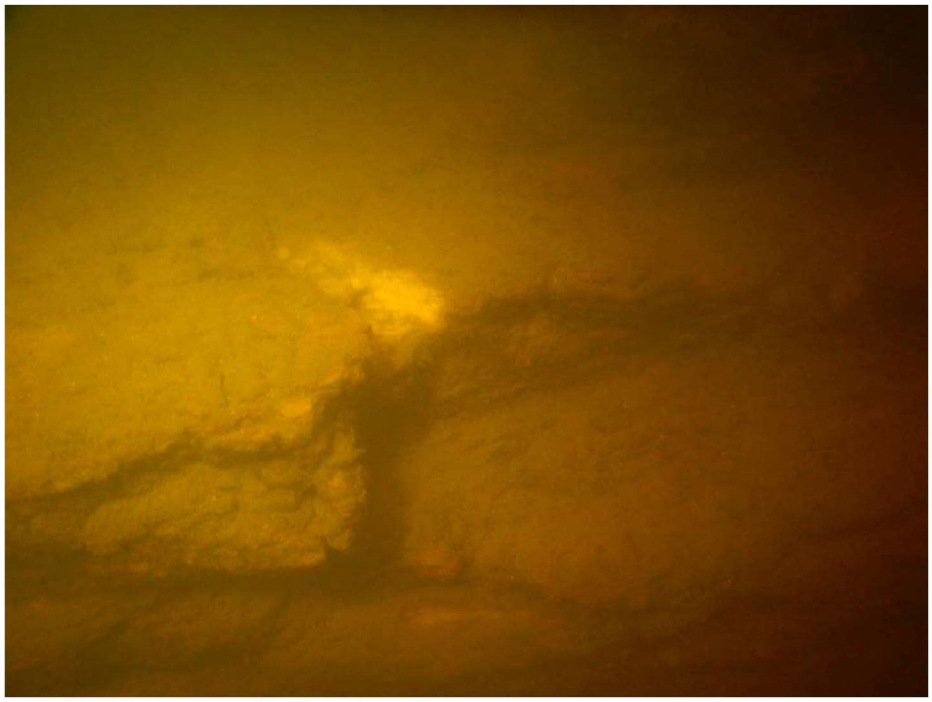


Foto 20: Scheur metselwerk onderwater



Foto 21: Overzichtsfoto uiteinde rioolbuis bij put



Foto 22: Detailfoto uiteinde rioolbuis bij put (2 openingen in put zichtbaar)



Foto 23: Planken grondkerend scherm



Foto 24: Bovenzijde planken grondkerende scherm



Foto 25: Uiteinde planken grondkerende scherm (met zoeker)

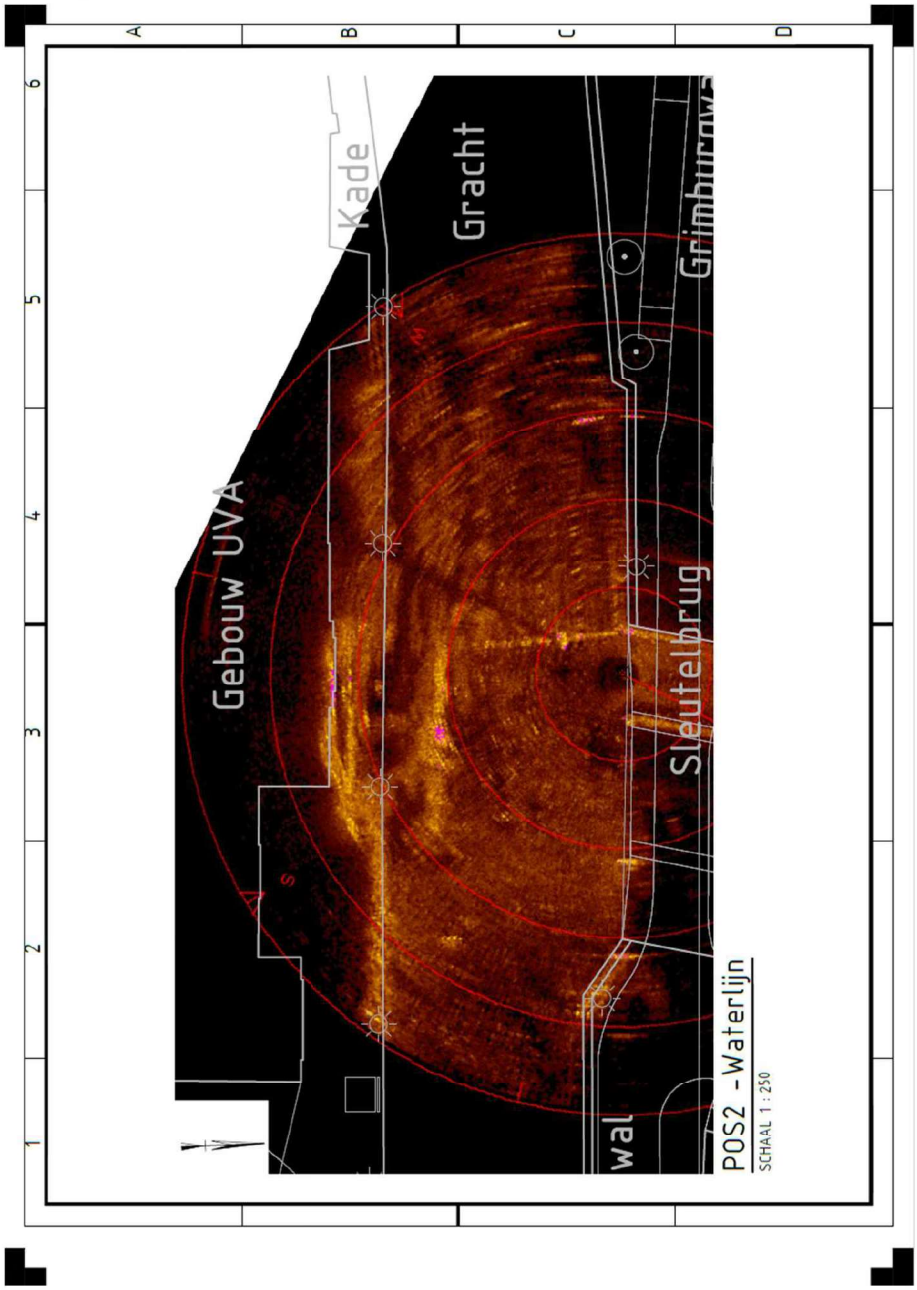


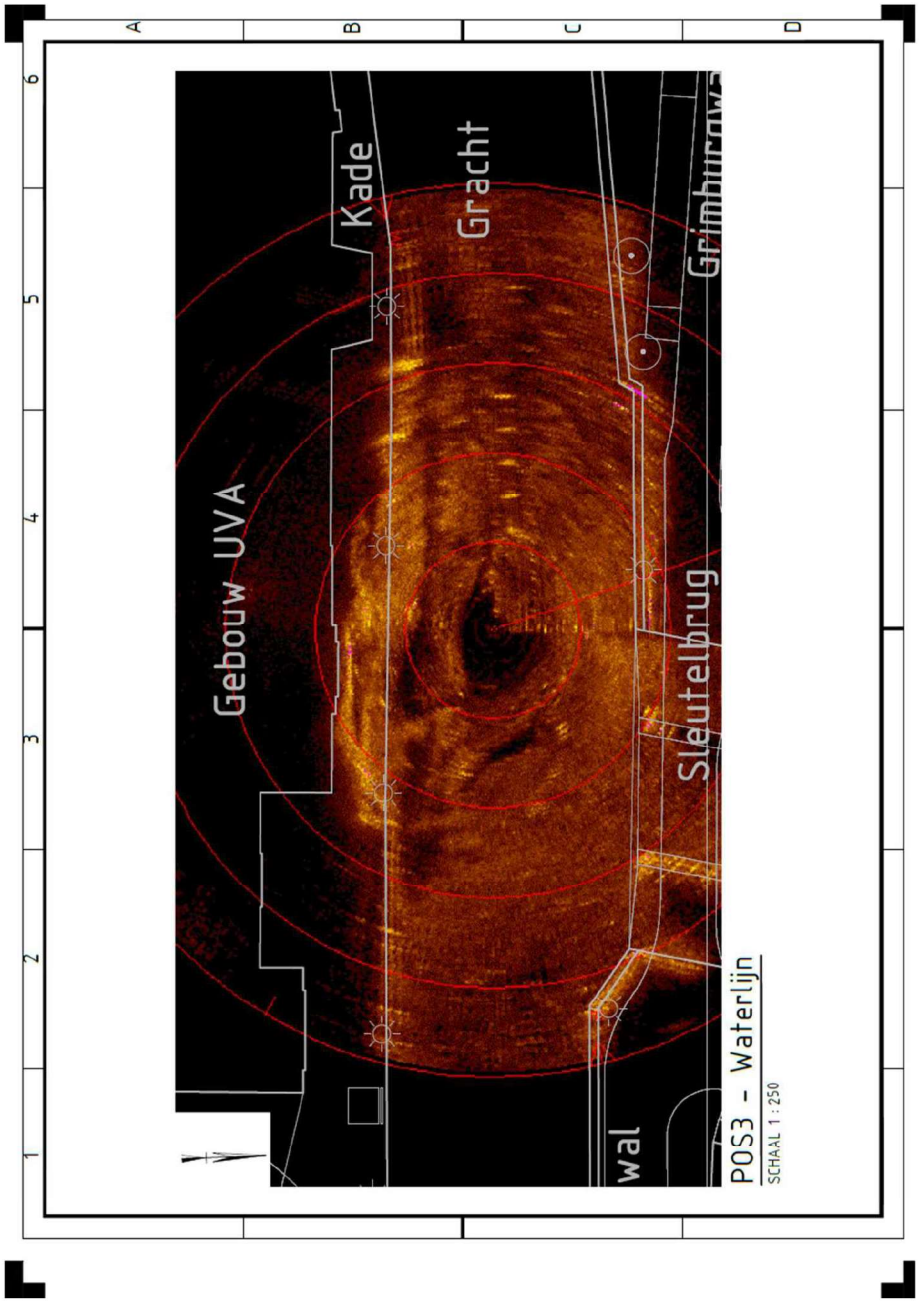
Foto 26: Breuk metselwerk (vers breukvlak rechtsonder)

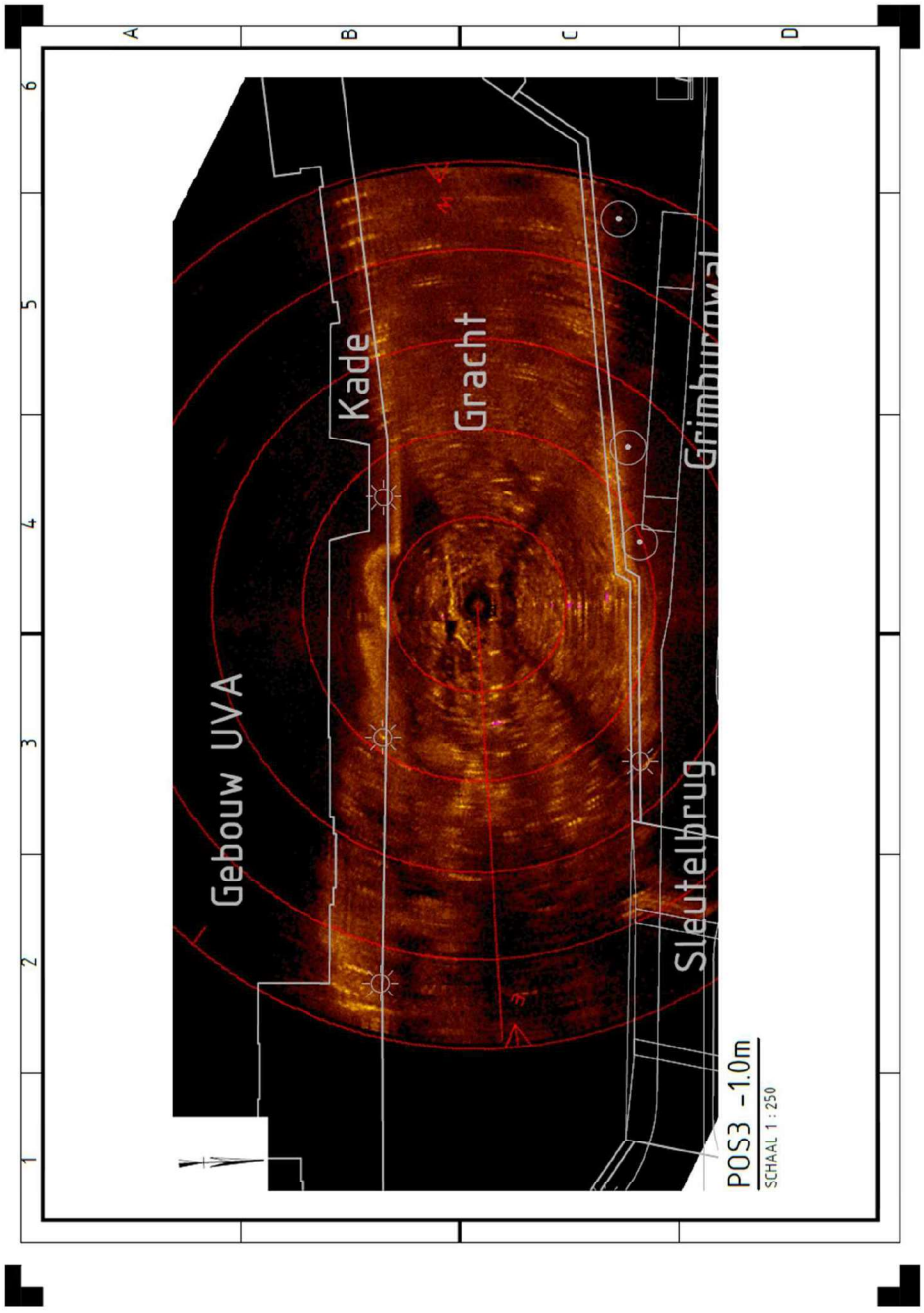


Foto 27: Langshout kademuur

Bijlage 4 Sectorscans




A
B
C
D
1
2
3
4
5
6
Gebouw UVA
Kade
Gracht
Sleutelbrug
wal
POS3 - Waterlijn
SCHAAL 1 : 250


A
B
C
D
1
2
3
4
5
6
Gebouw UVA
Kade
Gracht
Sleutelbrug
Grimburgwal
POS3 -1.0m
SCHAAL 1 : 250

Bijlage 5. Handpeilingen

