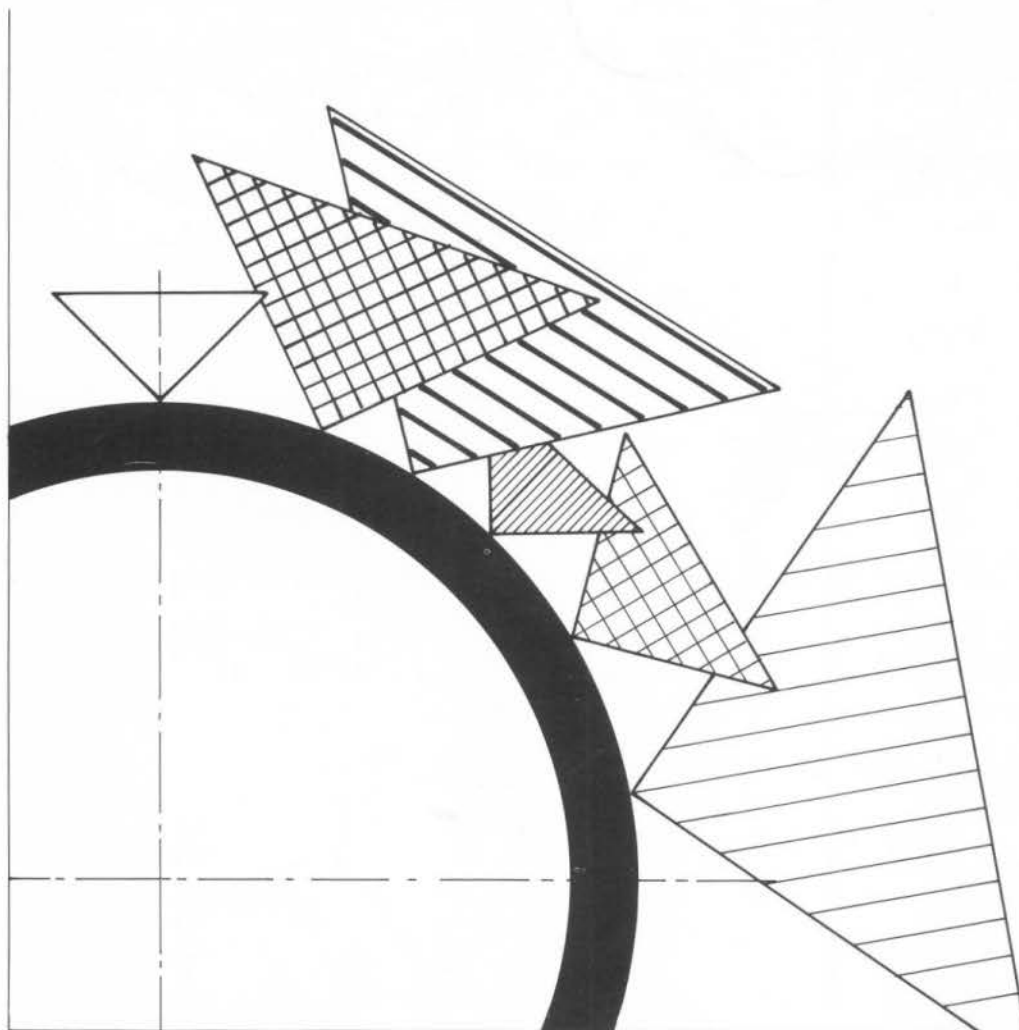


Onderzoek naar de aantasting van betonnen rioolbuizen aan de buitenzijde



Riool-

-renovatie-

-innovatie-

-ontwikkelings-

-Projekt

ONDERZOEK NAAR DE AANTASTING
VAN BETONNEN RIOOLBUIZEN
AAN DE BUITENZIJDE

september 1990

projectnummer 631-1.3362

heidemij

Adviesbureau

<u>INHOUD</u>	<u>Bladzijde</u>
0 INLEIDING	3
1 UITGANGSPUNTEN VOOR DE BEPALING VAN AGRESSIVITEIT	4
1.1 Oplossingen in grondwater	4
1.2 Gronden	6
2 LOKATIE-ONDERZOEK	8
2.1 Selectie van de lokaties	8
2.2 Monsternamen	9
2.3 Resultaten lokatie-onderzoek	9
3 NADER ONDERZOEK	13
3.1 Lokaties	13
3.2 Resultaten nader onderzoek	15
4 BETONONDERZOEK	17
4.1 Resultaten	17
4.2 Dikte	19
4.3 Splijttreksterkte	20
4.4 Carbonatiediepte	21
5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	22

Bijlagen: - uitslagen watermonsters lokatie-onderzoek
 - uitslagen watermonsters nader onderzoek
 - uitslagen grondmonsters lokatie-onderzoek
 - uitslagen grondmonsters nader onderzoek
 - uitslagen betononderzoek

0 INLEIDING

Het rioolrenovatie- en innovatie opleidingsproject van de drie noordelijke provincies (ROPG, ROPD en ROPF), heeft Heidemij Adviesbureau opdracht verleend voor het verrichten van een onderzoek naar de aantasting van de buitenzijde van betonnen rioolbuizen. Het opleidingsproject is een samenwerkingverband van drie aannemers (KWS, Gerrit Ooms en Heidemij Uitvoering). Er wordt veel onderzoek gedaan naar de aantasting van de binnenkant van de buis; daarentegen is erg weinig bekend over de aantasting aan de buitenzijde. Dit onderzoek brengt daar enige duidelijkheid in.

De uitgangspunten van het onderzoek zijn in het eerste hoofdstuk omschreven. Aangegeven is welke stoffen in grond en grondwater voorkomen en in welke concentratie en in welke mate ze agressief zijn. Het gaat hierbij dus zowel om de mate als om de concentratie. Daarnaast is aangegeven op welke lokaties agressief grond- en grondwater verwacht kan worden. Het in hoofdstuk twee omschreven lokatie-onderzoek doet uitspraken over de juistheid van de gehanteerde uitgangspunten. Het geeft richting aan de selectie van plaatsen waar een daadwerkelijk onderzoek naar de kwaliteit van de betonnen rioolbuizen verricht kan worden.

Aan de hand van het lokatie-onderzoek zijn vier gemeenten geselecteerd waar een nader onderzoek is verricht. Bij dit nader onderzoek zijn per gemeente nog drie grond- en grondwateronderzoeken verricht. In de vier gemeenten zijn dus in totaal op twaalf lokaties grond- en grondwateronderzoekingen gedaan. De resultaten van het nader onderzoek zijn omschreven in hoofdstuk drie.

In hoofdstuk vier staat het beton-onderzoek omschreven.

Op de twaalf lokaties zijn vanaf het maaiveld uit de rioolbuizen kernen geboord. Door daarbij een speciale methode toe te passen, valt de boorkern niet in de buis. De boorkernen zijn onderzocht op dikte, carbonatiediepte en splijttreksterkte. Hoofdstuk vijf geeft de conclusies van het onderzoek weer: in de onderzochte lokaties is geen noemenswaardige aantasting van de buitenzijde van de buis geconstateerd. In voorkomende gevallen zal uitsluitend daar waar sprake is van zeer agressieve bodemverontreiniging aantasting kunnen plaatsvinden. Een breder en gericht onderzoek is daarvoor noodzakelijk.

1 UITGANGSPUNTEN VOOR BEPALING VAN AGRESSIVITEIT

Stoffen die voor beton agressief zijn kunnen in drie groepen onderverdeeld worden:

- oplossingen in grondwater
- gronden
- gassen

Bij het onderzoek naar de aantasting van een betonnen rioolbuis aan de buitenzijde zijn alleen de eerste twee van belang. CO₂ is als agressief gas opgenomen in het grondwater. Aantasting door andere gassen komt niet voor.

1.1 O p l o s s i n g e n i n g r o n d w a t e r

Uit de literatuur blijkt dat goed bekend is welke stoffen in welke concentraties en bij welke zuurgraad (pH) in welke mate agressief zijn.

Voor de bepaling van de agressiviteit zijn twee normen van toepassing: de Duitse DIN 4030 of de Nederlandse NEN 5996. Omdat de laatste norm "een publicatie ter kritiek" is hebben we bij dit onderzoek DIN 4030 gehanteerd.

Bij het laboratoriumonderzoek zijn alle stoffen onderzocht die mogelijk agressief zijn voor beton. Gekeken is naar:

- pH (zuurgraad)
- reuk
- kaliumpermanganaatverbruik
- totaalhardheid
- carbonaathardheid
- niet carbonaathardheid
- magnesiumgehalte
- ammoniumgehalte
- sulfaatgehalte
- chloridegehalte
- gehalte aan kalkoplossend koolzuur CO₂.

Door deze onderzoeken kunnen in principe zowel DIN 4030 als NEN5996 gehanteerd worden.

Naast de concentraties is voor de agressiviteit ook van belang de hoeveelheid oplossing waarmee het beton per tijdseenheid in aanraking komt. En ook de temperatuur, de druk, de mechanische slijtage en het waterniveau. Bij betonnen rioleringen gaan we ervan uit dat de temperatuur (uitwendig) redelijk constant en vrij laag is. Tabel 1 uit DIN 4030 mag dan ook worden gebruikt.

**Grenzwerte zur Beurteilung
des Angriffsgrades von Wässern
vorwiegend natürlicher Zusammensetzung**

	Untersuchung	Angriffsgrade		
		schwach angreifend	stark angreifend	sehr stark angreifend
1	pH-Wert	6,5 bis 5,5	5,5 bis 4,5	unter 4,5
2	kalklösende Kohlensäure (CO ₂) in mg/l best. mit dem Marmor- versuch nach Heyer	15 bis 30	30 bis 60	über 60
3	Ammonium (NH ₄ ⁺) in mg/l	15 bis 30	30 bis 60	über 60
4	Magnesium (Mg ²⁺) in mg/l	100 bis 300	300 bis 1500	über 1500
5	Sulfat ⁴⁾ (SO ₄ ²⁻) in mg/l	200 bis 600	600 bis 3000	über 3000

Tabel 1

De druk en de mechanische slijtage zijn voor de buitenzijde van de riole-ring niet van toepassing.

De grondwaterstroming zal in het algemeen voldoende zijn om de concentra-ties in het grondwater constant te houden.

Alleen voor riolen in slecht doorlatende gronden (permeabiliteit K kleiner of gelijk $10^{-5} \text{ m}^1/\text{s}$) zal de agressiviteit kleiner zijn dan die in de tabel aangegeven. Dit zal in de praktijk echter zeer zelden voorkomen.

Door de verdamping van het water uit het beton boven het waterniveau zullen de concentraties van agressieve stoffen door capillaire werking ter plaatse toenemen. Daarom zal het interessant zijn te onderzoeken of en zo ja in welke mate de grondwaterstand invloed heeft op de aantasting van het beton.

Voor de beoordeling van de agressiviteit is de uit tabel 1 van DIN 4030 volgende hoogste waarde maatgevend.

Indien twee concentraties het opvolgende agressiviteitsniveau dicht benaderen moet voor de agressiviteit dat opvolgende niveau aangehouden worden (tweemaal een "hoge" matige agressiviteit is sterk agressief).

In de literatuur zijn ook onderzoeken te vinden naar agressiviteit van regenwater. Uit de gegevens blijkt dat de agressiviteit van het ondiepe water sterker wordt (tot pH 4,5 à 4). Dit zal op termijn invloed hebben op de agressiviteit van grondwater.

In dit onderzoek zijn we vooralsnog uitgegaan van de zuurgraad van het grondwater dat zich ter hoogte van de riolering bevindt.

1.2 Gronden

De agressiviteit van gronden is bepaald aan de hand van tabel 2 uit DIN 4030. De chemische analyse van grond omvat de bepaling van:

- de zuurgraad
- het gehalte aan sulfaten

**Grenzwerte zur Beurteilung
des Angriffsgrades von Böden**

	Untersuchung	Angriffsgrade	
		schwach angreifend	stark angreifend
1	Säuregrad nach Baumann-Gully	über 20	—
2	Sulfat ⁴⁾ (SO ₄ ²⁻) in mg je kg lufttrockenen Bodens	2000 bis 5000	über 5000

Tabel 2

De literatuur concludeert over de zuurgraad en het gehalte aan sulfaten het volgende:

- kalkarme gronden hebben over het algemeen een lage zuurgraad (ondermeer noordelijke maritieme kleien);
- onder voedselrijke omstandigheden afgezette sedimenten hebben een hoog gehalte aan sulfaten, te denken valt aan:
 - . zeekleigronden
 - . kleigronden in droogleggingen
 - . verlande rivierarmen
 - . venbodems

2 LOKATIE-ONDERZOEK

2.1 Selectie van de lokaties

Om te komen tot een beoordeling van de kwaliteit van de betonnen buis in samenhang met de agressiviteit van grond en grondwater zijn op twaalf lokaties onderzoeken verricht.

Uitgangspunten daarbij waren:

- de lokaties zijn gelegen in een van de drie noordelijke provincies;
- er moet een verdeling zijn van de lokaties over de diverse grondsoorten.

Na een schriftelijke benadering van diverse gemeenten zijn de volgende gemeenten geselecteerd:

in Drenthe:	Beilen	grondsoort: zand
	Assen	zand
in Groningen:	Delfzijl	klei
	Warffum	klei
	Stadskanaal	veen
	Muntendam	zand
	Hefshuizen	klei
in Friesland:	Lemsterland	veen
	Skarsterlân	veen
	Boarnsterhim	veen
	Kollumerland	klei
	Weststellingwerf	zand

In overleg met de diverse diensten gemeentewerken/openbare werken zijn de lokaties uitgekozen.

De volgende randvoorwaarden hebben daarbij een rol gespeeld:

- het riool ligt in/onder het grondwater;
- het riool is minstens 20 à 30 jaar oud;
- het riool ligt op een goed bereikbare plaats.

Dit heeft geleid tot de volgende lokaties:

<u>Gemeente</u>	<u>Plaats</u>	<u>Straat</u>
Beilen	Beilen	Esweg
Assen	Assen	Kerkstraat
Delfzijl	Delfzijl	Schoolstraat
Warffum	Warffum	Schaapweg
Stadskanaal	Stadskanaal	Postkade
Muntendam	Muntendam	J.F. Kennedylaan
Hefshuizen	Uithuizermeeden	Langelandsterweg
Lemsterland	Echtenerbrug	Zuster Jacobstraat
Skarsterlân	Vegelinsoord	Zwarteweg
Boarnsterhim	Warten	Oosterburen
Kollumerland	Kollum	Van Bootsmalaan
Weststellingwerf	Wolvega	Kruisstraat

2.2 M o n s t e r n a m e

Per lokatie zijn op twee plaatsen grond- en watermonsters genomen. Telkens één direct naast de rioolbuis in de aangevulde sleuf en één naast de sleuf op enkele tot enkele tientallen meters afstand van de sleuf.

Voor de grond- en grondwatermonstername is op beide plaatsen één peilbuis geplaatst tot op dezelfde diepte als die van het riool.

Het plaatsen van de peilbuizen is gebeurd op dezelfde wijze als dat bij milieu-onderzoeken plaatsvindt. De peilbuizen zijn minimaal twee maal geheel doorgepompt. De monsters zijn enkele dagen tot enkele weken later genomen; per peilbuis minimaal twee liter.

De grondmonsters zijn genomen tijdens het boren van de gaten voor de peilbuizen op dezelfde diepte als waarop de rioolbuis ligt.

De monsters zijn daarna onderzocht door een milieulaboratorium.

Voor de bepaling van de agressiviteit van grond en grondwater zijn tabellen uit DIN 4030 gehanteerd (tabellen 1 en 2 paragrafen 1.1 en 1.2).

De bij de plaatsnaam vermelde A betekent dat de monsters in de rioolsleuf zijn genomen, een B betekent dat de monsters afkomstig zijn van buiten de sleuf.

2.3 Resultaten lokatie-onderzoek

Het lokatieonderzoek heeft de volgende resultaten opgeleverd:

TABEL 3: WATERMONSTERS LOCATIE-ONDERZOEK

		pH	CO2 mg/l	NH4+ mg/l	MG2+ mg/l	SO42- mg/l
ASSEN	A	6,7	<5	1,0	10,8	400
	B	6,1	<5	0,52	9,8	<3
BEILEN (BEE)	A	6,4	40	<0,1	2,2	<3
	B	6,6	14	<0,1	12,5	<3
WOLVEGA (WOK)	A	6,2	11	<0,1	1,2	63
	B	5,3	75	<0,1	3,8	<3
ECHTENBURG (ECZ)	A	6,2	24	13	7,0	<3
	B	6,2	40	11	6,0	<3
VEGELINGSOORD (VEZ)	A	6,5	42	0,98	2,4	<3
	B	6,6	<10	13	49,8	30
WARFFUM (WAS) Schaapsweg	A	6,6	<10	0,38	9,9	74
	B	6,7	<10	0,62	12,2	64
WARTENA (WAH) Oosterbure	A	6,5	22	11	47	<3
	B	6,8	22	4,0	31	45
KOLLUM (KOB) Bootsmalaan	A	6,6	44	0,17	4,7	<3
	B	6,5	60	0,13	5,3	<3
MUNTENDAM (MUK)	A	6,7	26	0,19	12,2	<3
	B	6,6	13	0,26	14,6	<3
DELZIJL (DES) Schoolstraat	A	6,4	40	4,7	45,6	<3
	B	6,8	<10	16	75	<3
UITHUIZERMEEDEN (UIL)	A	6,9	<10	1,1	19,7	300
	B	6,8	<10	0,12	21,8	210
STADSKANAAL (STP)	A	7,5	<10	0,84	4	<3
	B	6,8	68	<0,1	7,1	<3

TABEL 4: GRONDMONSTERS LOKATIE-ONDERZOEK

		pH/zuurgraad bg	sulfaat mg/kgds	sulfide mg/kgds
ASSEN	A			
	B			
BEILEN	A	<0,5	<50	<0,5
(BEE)	B	1,6	<50	<0,5
WOLVEGA	A	10,9	<50	<0,5
(WOK)	B	7,1	<50	<0,5
ECHTENBURG	A	46,4	<50	<0,5
(ECZ)	B	58,9	15000	<0,5
VEGELINGSOORD	A	45,3	657	<0,5
(VEZ)	B	24,6	3600	<0,5
WARFFUM	A	<0,5	24000	2,5
(WAS) Schaapsweg	B	<0,5	11000	2,1
WARTENA	A	1,0	24000	<0,5
(WAH) Oosterbure	B	3,6	22000	<0,5
KOLLUM	A	<0,5	<50	0,88
(KOB) Bootsmalaan	B	<0,5	<50	<0,5
MUNTENDAM	A	<0,5	<50	<0,5
(MUK)	B	<0,5	<50	<0,5
DELZIJL	A	<0,5	49000	<0,5
(DES) Schoolstraat	B	<0,5	2340	<0,5
UITHUIZERMEEDEN	A	<0,5	<50	130
(UIL)	B	<0,5	4500	2,4
STADSKANAAL	A	<0,5	-	<0,5
(STP)	B	9,3	-	<0,5

Uit de analyseresultaten kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De zuurgraad van het water en de grond is hooguit zwak agressief.
- Op enkele plaatsen is een hoge kooldioxide concentratie aanwezig in het grondwater; dit leidt tot een zeer sterke agressiviteit.
- De ammoniak en magnesium concentraties zijn op alle plaatsen zeer laag en veroorzaken geen agressiviteit.
- In het water komen op enkele plaatsen sulfaat concentraties voor die het grondwater zwak agressief maken.
- In de grond komen concentraties sulfaat voor die de grond sterk agressief maken.

Op lokaties waar een hoge concentratie sulfaat in de grond voorkomt, is deze terug te vinden in het grondwater. Een verklaring hiervoor is er niet; op een of andere wijze wordt het sulfaat gebonden aan gronddeeltjes.

3 NADER ONDERZOEK

Naar aanleiding van het lokatie-onderzoek zijn vier gemeenten geselecteerd waar een nader grond- en grondwateronderzoek is verricht en waar kernen uit de rioolbuizen zijn geboord.

3.1 L o k a t i e s

De lokaties waar het nader onderzoek is verricht, zijn die gemeenten waar tijdens het lokatieonderzoek grond of grondwater sterk of zeer sterk agressief waren. De keuze is beperkt tot vier gemeenten, te weten: Delfzijl, Warffum, Kollum en Wartena.

3.2 R e s u l t a t e n n a d e r o n d e r z o e k

In de in paragraaf 3.1 genoemde plaatsen zijn op twee plaatsen grond- en grondwatermonsters genomen. De resultaten daarvan zijn verwerkt in de tabellen 5 en 6.

TABEL 5: WATERMONSTERS NADER ONDERZOEK

		pH	CO2 mg/l	NH4+ mg/l	MG2+ mg/l	SO42- mg/l
WARFFUM	A	7,0	<10	0,64	120	<3
(WAS) Reinderstraat	B					
WARFFUM	A					
(WAS) J. Marthast.	B	6,8	230	<0,2	4,6	<3
WARTENA	A	5,9	220	0,44	14	110
(WAZ) Hoofdstraat	B	6,0	22	3,7	26	240
WARTENA	A	6,4	<10	0,64	7,7	<3
(WAM) Maegere W.	B					
KOLLUM	A	6,5	18	0,38	15	<3
(KOO) Beatrixstraat	B	6,5	46	<0,2	14	76
KOLLUM	A	6,5	<10	<0,2	13	<3
(KOG) G. Bleekerstr.	B	6,3	48	0,36	8,7	<3
DELFIJL	A	6,4	70	<0,2	50	930
(DEY) Rijksweg	B	6,7	<10	0,55	90	290
DELFIJL	A	6,6	40	0,25	85	920
(DER) Roerstraat	B	6,6	110	0,31	150	1000

TABEL 6 GRONDMONSTERS NADER ONDERZOEK

		pH	sulfaat mg/kgds	sulfide mg/kgds
WARFFUM	A	7,7	<50	7,1
(WAS) Reinderstraat	B			
WARFFUM	A			
(WAS) J. Marthast.	B	7,2	9400	7,3
WARTENA	A	5,8	3500	0,85
(WAZ) Hoofdstraat	B	4,7	1000	1,5
WARTENA	A	6,5	<50	0,8
(WAM) Maegere W.	B			
KOLLUM	A	6,3	<50	1,6
(KOO) Beatrixstraat	B	6,0	<50	1,0
KOLLUM	A	6,4	<50	0,66
(KOG) G. Bleekerstr.	B	6,5	<50	0,76
DELFIJL	A	7,7	34000	1,5
(DEY) Rijksweg	B	7,5	19000	1,5
DELFIJL	A	7,5	12000	1,5
(DER) Roerstraat	B	7,6	28100	1,1

Uit de analyse-resultaten kunnen de volgende conclusief getrokken worden:

- De zuurgraad van het grondwater en de grond is hooguit zwak agressief.
- Een groot deel van de watermonsters laat een verhoogde concentratie CO₂ zien wat leidt tot zwak tot zeer sterk agressief water.

- Mg^{2+} en NH_4^{2+} komen niet in grote concentraties voor.
- In het water komt op drie plaatsen sulfaat in het grondwater voor, in dusdanige concentraties dat het water sterk agressief is.
- In de grond komen op die plaatsen waar agressief grondwater voorkomt ook hoge concentraties sulfaat in de grond voor (sterk zuur).

Opmerkelijk is dat in de analyse-resultaten van het nader onderzoek wel een verband te vinden is tussen de concentraties SO_4^{2-} in de grond en het grondwater.

DIN 4030 geeft aan dat wanneer de agressiviteit zwak of sterk is, beton niet aangetast wordt als het volgens de voorschriften is samengesteld en gefabriceerd (beton van hoge kwaliteit dus). Bij zeer sterke zuren is een betonbeschermingsmiddel noodzakelijk.

Uit de analyseresultaten mag daarom worden verwacht dat het beton van de rioolbuizen in meer of mindere mate aangetast is.

4 BETONONDERZOEK

In de vier gemeente waar het nader onderzoek is verricht is op alle locaties, in totaal twaalf stuks, een kern uit de rioolbuis geboord. Dit is gebeurd volgens de door de gemeente Rotterdam ontwikkelde methode. Daarbij boort men kernen uit de rioolbuis vanaf het maaiveld, waarbij de kern op een speciale manier in de boor geklemd blijft en niet in het riool verdwijnt.

Het ontstane gat wordt gedicht met een speciale polyetheen prop.

4.1 R e s u l t a t e n

De boorkernen zijn op de volgende plaatsen genomen:

	<u>Plaats</u>		<u>Straat</u>
1	Delfzijl	-	Ringenum
2	Delfzijl	-	Roerstraat
3	Delfzijl	-	Schoolstraat
4	Warffum	-	Schaapweg
5	Warffum	-	Weth. G. Reindersstraat
6	Warffum	-	Juffer Marthastraat
7	Kollum	-	Gerrit Bleekerstraat
8	Kollum	-	Beatrixstraat
9	Kollum	-	V. Bootsmastraat
10	Warten	-	Hoofdstraat
11	Warten	-	Oosterburen
12	Warten	-	De Bleek/Maegere Weide.

Van de boorkernen zijn de volgende eigenschappen bepaald:

- laagdikte conform artikel 3.3.3 van de V.U.C.W. 1978;
- carbonatiediepte;
- splijttreksterkte conform NEN 5969.

Er is geen druksterkte bepaald omdat door de vorm en de afmetingen van de kernen geen betrouwbare resultaten te verwachten zijn.

De onderzoeksresultaten staan opgesomd in tabel 7.

TABEL 7: RESULTATEN VAN BOORKERNENONDERZOEK

Nr.	Lengte	Splijttreksterkte				Carbonatie diepte	"gat" diepte
		Diameter	Hoogte	Splijttrek- kracht	Splijttrek- kracht		
	mm	mm	mm	N	N/mm ²	mm	mm
1	52	*	-	-	*	-	-
2	55	96,0	32,8	14800	3,0	0	32,8
3	77	96,2	53,1	24900	3,1	0	15
4	54	96,4	32,6	28000	5,7	0	19
5	61	96,5	39,9	18100	3,0	0	17
6	96	96,7	63,8	47200	4,9	0	8
7	60	97,0	34,5	29900	5,7	0	2
8	43	-	-	-	*	-	-
9	53	95,4	24,2	17300	4,8	0	0
10	61	95,5	38,4	12400	2,2	0	21
11	51	95,4	32,5	76000	**	0	7
12	84	95,5	55,1	42500	5,1	0	4

* Daar de betreffende cilinders te scheef geboord zijn, was het niet mogelijk de splijttreksterkte te bepalen.

** Door een stroomstoring in de beproevingsapparatuur is het resultaat van deze beproeving verloren gegaan. In alle cilinders behalve cilinder 9 was ook na het slijpen nog een gat aanwezig met een diameter van 15 mm. De diepte van het gat is in de laatste kolom vermeld. Bij het berekenen van de splijttreksterkte is geen rekening gehouden met het gat. De splijttreksterkte is dus op een kleiner oppervlakte uitgevoerd dan waarmee gerekend is.

4.2 D i k t e

Bij geen van de boorkernen is aantasting geconstateerd van meer dan 1 à 2 mm. In de onderstaande tabel is aangegeven de relatie tussen de gevonden dikten en de dikten die volgens fabrikanten aanwezig moeten zijn.

TABEL 8:

kernnr.	afmeting buis	wanddikte volgens oude voorschrift (cm)*	huidige voorschriften dikte mm	wanddikte boorkern mm
1	300/450	6,5/5	-	52
2	Ø 400	7,0/5,5	55	55
3	400/600	8,0/6,5	-	77
4	Ø 300	6,0/4,5	45	54
5	Ø 300	6,0/4,5	45	61
6	600/900	11,5/9,5	-	96
7	Ø 300	6,0/4,5	45	60
8	Ø 250	5,0/4,0	-	43
9	Ø 300	6,0/4,5	45	53
10	300/450	6,5/5,0	-	61
11	Ø 400	7,0/5,5	55	51
12	Ø 600	10,0/8,0	80	84

* Dikten van de kruin en de wand.

In de tabel zijn de wanddikten aangegeven van buizen die momenteel worden gefabriceerd. Uit de gegevens blijkt dat slechts een kern een kleinere wanddikte heeft dan volgens de tabel zou moeten (Wartena, Oosterburen). De andere kernen hebben in enkele gevallen een veel grotere wanddikte dan verwacht.

Omdat er visueel geen aantasting is geconstateerd, mogen wij veronderstellen dat de gevonden waarden vanaf het fabricageproces aanwezig zijn. De afwijkingen van de volgens de tabellen vereiste wanddikten zijn ondermeer afhankelijk van het fabricaat van de buis en van de exacte plaats van de boring; (de kruin is dikker).

4.3 S p l i j t t r e k s t e r k t e

De onder 4.1 in de tabel gegeven waarden van de splijttreksterkte kunnen worden vergeleken met de vereiste karakteristieke splijttreksterkte volgens tabel A-27 van NEN 3880 Deel A. Omdat de boorkernen geen monsters zijn uit één reeks, maar monsters uit verschillende soorten en fabrikaten buis heeft het geen zin standaardafwijkingen te bepalen.

Om die reden is ook geen karakteristieke splijttreksterkte bepaald. Bij vergelijking van de gevonden waarden van de splijttreksterkte met de in tabel A-27 van NEN 3880 Deel A aangegeven karakteristieke waarden blijkt dat de kleinste waarde van de splijttreksterkte overeenkomt met een betonkwaliteit B 30. De eisen voor de betonbuizen geven wel een eis voor de sterkte van de buis maar niet voor een betonkwaliteit. Hoewel weinig onderzoek is verricht naar de kubusdruksterkte van het beton van rioolbuizen wijzen huidige onderzoeken naar dit beton op betonkwaliteiten boven B 60. De sterkte van een buis kan niet met behulp van een kern worden bepaald. De gevonden betonkwaliteiten doen veronderstellen dat de kwaliteit van de onderzochte buizen in de tijd niet in belangrijke mate is verminderd. Uit de resultaten kan zelfs afgeleid worden dat ook in de vijftiger en begin zestiger jaren redelijk tot goede betonkwaliteiten geproduceerd zijn alhoewel de huidige productiemethode een nog betere kwaliteit oplevert.

Betonkwaliteit	Karakteristieke splijttreksterkte
B 12,5	1,4
B 17,5	1,6
B 22,5	1,8
B 30	2,2
B 37,5	2,5
B 45	2,8
B 52,5	3,1
B 60	3,5

Tabel A 17 NEN 3880 Deel A.

4.3.1 Carbonatiediepte

De boorkernen zijn zowel aan de binnenzijde als de buitenzijde onderzocht op de carbonatiediepte. Bij geen enkele kern is een carbonatiediepte geconstateerd. De beton van de kernen is dus niet aangetast.

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Op de onderzochte locaties is geen aantasting van de betonbuis aan de buitenzijde geconstateerd. De geconstateerde dikte, slijttreksterkte en de carbonatiediepte onderschrijven deze stelling.

Wel is op diverse plaatsen verontreiniging in grond en grondwater aangetroffen die agressief tot zeer agressief is. Niettemin tasten de hoge CO₂ waarden in het grondwater en de hoge sulfaatgehalten in de grond, die sterke tot zeer sterke agressiviteit veroorzaken, het beton niet noemenswaardig aan. Het verrichte onderzoek heeft alleen in de drie noordelijke provincies, en op een beperkt aantal locaties plaatsgevonden. Om algemeen geldende conclusies te trekken over de aantasting van de buitenkant van betonnen rioolbuizen zal kwantitatief een groter onderzoek nodig zijn. Maar ook zal gericht gezocht moeten worden naar plaatsen waar zeer agressiever grondwater kan worden verwacht; met name grondwater met meer sulfaten.

LITERATUURLIJST

- | | | |
|---|------------------------------------|--|
| - | Betoniek 1/11 | Waterdicht beton |
| - | Betoniek 3/9 | Sulfaataantasting |
| - | Betoniek 3/3 | Chemische aantasting van beton |
| - | Betoniek 5/11 | Beton en regenwater |
| - | Betoniek 5/1 | Zwavelzuuraantasting |
| - | Betoniek 5/13 | Chemische invloeden op beton |
| - | Betoniek 7/17 | Milieuklasse 5 |
| - | ontwerp NEN 5996 | Beton, bepaling van agressiviteit van
waterige oplossingen, gronden en gassen |
| - | DIN 4030 | Beurteilung betonangreifenden Wasser Böden
und Gase |
| - | CUR-VB-rapport 84-6 | Agressiviteit milieu en duurzaamheid
betonconstructies |
| - | IBBC/CHO | Commissie voor hydrologisch onderzoek TNO
rapporten en nota's no. 17.
Duurzaamheid rioolleidingen. Een literatuur-
studie naar aantastingsmechanismen. P.B. Pol-
der |
| - | TNO rapport BI-87-23
/60.43410 | Technologie van Beton voor rioleringen |
| - | RIONED | Rapport inventarisatie aandachtsgebieden
inzake riolering. |
| - | NEN 7025 | Ronde rioolbuizen van ongewapend beton met
rubber-ringverbinding |
| - | Heidemij Adviesbureau
/TU Delft | Materiaalkeuze afvalwaterleidingen
P.P.G. Ganzevles. |
| - | NEN70 | Ronde betonbuizen |
| - | NEN71 | Eivormige betonbuizen |
| - | N370 | Betonbuizen keuringseisen |
| - | NEN3880 | Voorschriften beton VB74 |