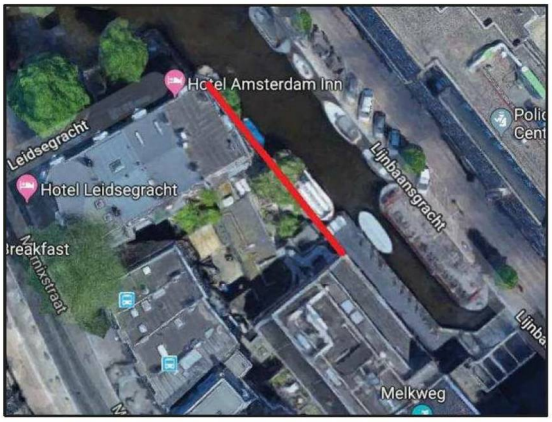
Lijnbaansgracht Amsterdam		**Kademuur**
Objectgegevens		
Rapportstatus	concept 0.1	
Objectnr.	Kademuur Lijnbaansgracht	
Locatie	Lijnbaansgracht Westzijde, ter hoogte van Leidsegracht	
Type	Kademuur	
Bouwjaar	1870-1900	
Afmetingen	Kadelengte ca. 40 meter	
Beheerder	Gemeente Amsterdam	
Inspectieomstandigheden	Datum: 11 september 2018 Tijd: 07:30-14:00 Weer: bewolkt, 18°C Water: 19°C, zicht < 0,5 m Stroming < 0,5 $^{m}/_{s}$	
Samenvatting	De kadeconstructie verkeert op basis van de visuele inspectie in redelijke tot goede staat. De bodem bestaat een laag slib met daarin klein puin en glaswerk. De palen 1, 3 en 4 zijn vuren en paal 2 is dennen en de monsters 1, 2, 3 en 4 zijn in een buitenste schil van respectievelijk 19, 20, 10 en 28 mm sterk aangetast door bacteriën. Deze aantasting is onder het grondwaterniveau tot stand gekomen. Uitgaande van niet wezenlijk veranderende omstandigheden rondom het funderingshout, is de verwachting dat in de komende 25 jaar de sterk aangetaste schil zich in alle monsters kan uitbreiden tot respectievelijk 23, 24, 12 en 34 mm. Het is aan te raden de volgende maatregelen te nemen: • Aanvullend onderzoek naar de staat van het grondkerend scherm d.m.v. aanvullend onderzoek aan de achterzijde van de walmuur. • De restlevensduur en sterkte van de constructie rekenkundig bepalen.	
Inleiding	Fugro heeft Baars-CIPRO opdracht gegeven tot het uitvoeren van een kadeinspectie van de kadeconstructie in de Lijnbaansgracht, conform offerte 18p107. De inspectie omvat het in kaart brengen van de opbouw van de kadeconstructie incl. eventuele schadebeelden, het uitvoeren van hout-indringingsmetingen en het nemen en analyseren van houtmonsters. Aan het begin van de inspectie heeft een voorinspectie plaatsgevonden waarin de mate van bereikbaarheid van de fundering is bepaald. Gezien de fundering over de gehele kade bereikbaar is, is gelijk doorgegaan met het funderingsonderzoek. De voorliggende raportage beschrijft de bevindingen van deze kadeinspectie.	
Constructie	Locatie: • De kade in de Lijnbaansgracht bevindt zich aan de noordzijde van uitgaanscentrum 'de Melkweg' in het centrum van Amsterdam. Bodem: • De bodem bestaat uit een laag slib met daarin klein puin en glaswerk. Kadeconstructie: De kadeconstructie is opgebouwd uit drie verschillende type: • De eerste kadeconstructie bevindt zich van 0-18 meter vanaf het 0-punt. De kade is opgebouwd uit een gemetselde walmuur op een houten werkvloer. Onder de werkvloer liggen de kespen die zijn ingelaten in een watersloof. Onder de watersloof bevinden zich de houten palen. • De tweede kadeconstructie bevindt zich op 18-22 meter vanaf het 0-punt. Deze constructie is opgebouwd uit een gemetselde walmuur op een werkvloer. De palen staan direct onder de werkvloer.	

	• De derde kadeconstructie bevindt zich op 22-30 meter vanaf het 0-punt. Deze constructie is opgebouwd uit een gemetselde walmuur op een houten werkvloer. Onder de houten werkvloer liggen de kespen waaronder de palen zijn gesitueerd.
Bevindingen	Langs de kade is op 2 locaties onderzoek uitgevoerd. De eerste locatie bevindt zich op 9 meter vanaf het 0-punt (zie Foto 2) en de tweede locatie bevindt zich op 26 meter vanaf het 0-punt (zie Foto 4). Bodem: • Voor het nemen van de houtmonsters is lokaal de bodem iets verdiept. De verdere bodem is niet onderzocht. • De bodem bestaat uit slib en klein puin, aangevuld door glazen flesjes. Fundering: • Van de eerste kadeconstructie is alleen de eerste palenrij van de fundering bereikbaar. Achter de eerste palenrij bevindt zich het grondkerend scherm. • Van de eerste kadeconstructie staat de 4e paal los van de kesp. Deze paal heeft geen dragende functie meer. • Bij de tweede kadeconstructie is tevens een tweede palenrij bereikbaar. Het grondkerend scherm bevindt zich achter de tweede palenrij. • Bij de derde kadeconstructie is een tweede palenrij aangetroffen. Het grondkerend scherm bevindt zich ver onder de kade en was alleen met behulp van een prikstok te bereiken. • Met behulp van de Specht (houtrotmeter zie bijlage V eindnoten) is op beide locaties van 4 palen de conditie van de buitenste schil van de funderingspalen onderzocht. Hiermee is een beeld verkregen van de aantasting. De meetresultaten zijn weergegeven in bijlage IV, de voornaamste resultaten zijn opgenomen in Tabel 1. • Het nemen en analyseren van houtmonsters is op deze locaties noodzakelijk voor een reststerkte prognose in de tijd en eventuele identificatie van aanwezige aantasters. • Per locatie zijn van twee palen monsters genomen en geanalyseerd op soort en mate van aantasting, houtsoort en druksterkte (zie fotobijlage II en bijlage III houtmonsteranalyse).

Meetlocatie ronde paal	ø kop paal [mm]	gem. indringing [mm]	rest ø [mm]	gecorr. rest ø [mm]	afname ø [%]	oppervlakte afname [%]	Advies gebied
L1P1	200	16	168	158	21	38	Gebied II
L1P2	210	11	188	178	15	29	Gebied II
L1P3	200	5	190	180	10	19	Gebied I
L1P4	210	9	193	183	13	24	Gebied I
L2P1	200	15	170	160	20	36	Gebied II
L2P2	230	11	208	198	14	26	Gebied II
L2P3	185	13	160	150	19	34	Gebied II
L2P4	260	11	238	228	13	23	Gebied II

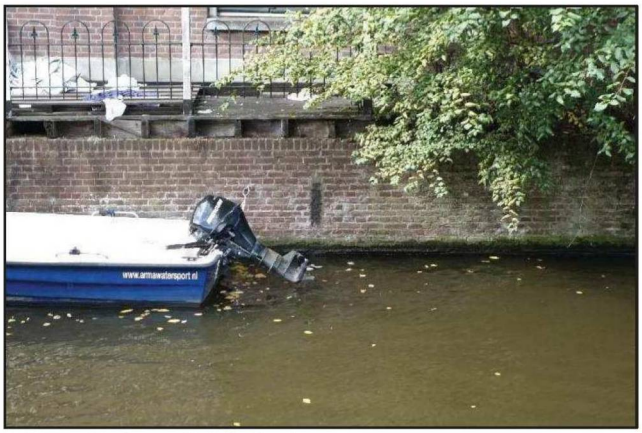
Tabel 1: Meetresultaten indringingsmetingen funderingspalen.

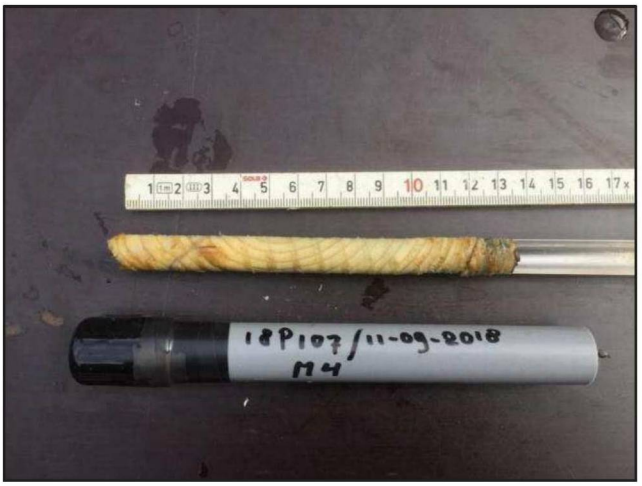
Grondkerend scherm:
- Het grondkerend scherm is slecht bereikbaar vanwege de geringe ruimte onder de fundering.
- Het grondkerend scherm is onderzocht met behulp van een prikstok. Van de eerste 20 meter is ca. 10% van de bovenzijde van het grondkerend scherm kapot. Hier was met een prikstok door het scherm te duwen.
- Op 20-28 meter van het 0-punt is 70% van de bovenzijde van het grondkeren scherm slecht.
- Op 28-30 meter vanaf het 0-punt wordt waarschijnlijk metselwerk aangeprikt. Mogelijk loopt de wand van het aangelegen pand door achter de fundering.

	Walmuur: • Op 9 m vanaf het 0-punt bevindt zich een oude uitstroomopening en boven de waterlijn een horizontale scheur van ca. 3 meter (zie Foto 3). De fundering wordt op deze locatie niet ondersteund door een kesp en de vloer vertoont verzakkingsschade. • Over de gehele lengte is het voegwerk op de windwaterlijn in slechte staat. Vanaf 10-15 m vanaf het 0-punt is het voegwerk over een grotere hoogte uitgesleten. Het uitgesleten voegwerk loopt door tot ca. 20 cm onder de waterlijn (zie Foto 2). • Op 18 meter vanaf het 0-punt zijn twee planken van de werkvloer verzakt. • Op 20 meter vanaf het 0-punt bevindt zich een schade in de werkvloer. Deze schade is reeds hersteld. Deksloof: • De deksloof is op de eerste locatie 32 cm breed. • De deksloof op de tweede locatie was niet meetbaar vanwege onbereikbaarheid.
Conclusies	Algemeen: • De eerste palenrij van de constructie was tijdens de inspectie goed bereikbaar. Bodem: • Het bodemverloop beperkt de bereikbaarheid van de fundering. De tweede palenrij en het grondkerend scherm waren slecht of niet bereikbaar. • De bovenlaag van de bodem bestaat uit slib (ca. 20 cm), klein puin en veel glaswerk. Fundering: • Een Pilodyn indringing van gemiddeld 5 tot 16 mm in de houten funderingspalen geeft aan dat het onderdeel (volgens Pilodyn beslissingsdiagram, bijlage V) in redelijke tot goede staat verkeert. • De palen 1, 3 en 4 zijn vuren en paal 2 is dennen en de monsters 1, 2, 3 en 4 zijn in een buitenste schil van respectievelijk 19, 20, 10 en 28 mm sterk aangetast door bacteriën. Deze aantasting is onder het grondwaterniveau tot stand gekomen. • Uitgaande van niet wezenlijk veranderende omstandigheden rondom het funderingshout, is de verwachting dat in de komende 25 jaar de sterk aangetaste schil zich in beide monsters kan uitbreiden tot respectievelijk 23, 24, 12 en 34 mm. Kadeconstructie: • De totale constructie verkeert op basis van de visuele inspectie in redelijke tot goede staat. De restlevensduur met betrekking tot de gronddichtheid wordt geschat op meer dan 10 jaar. Walmuur: • De walmuur verkeert op basis van de visuele inspectie in redelijke tot goede staat.
Aanbevelingen	Het is aan te raden de volgende maatregelen te nemen: • Aanvullend onderzoek naar de staat van het grondkerend scherm d.m.v. aanvullend onderzoek aan de achterzijde van de walmuur. • De restlevensduur en sterkte van de constructie rekenkundig te bepalen.

Lijnbaansgracht Amsterdam	**Bijlage I Inspectietekening**

- 18p107 Bijlage I Inspectietekening Lijnbaansgracht Amsterdam C1.0.PDF

Lijnbaansgracht Amsterdam	**Bijlage II Fotobijlage**
 Foto 1: Overzichtsfoto.	 Foto 2: Onderzoekslocatie 1, beschadiging voegwerk.
 Foto 3: Horizontale scheur en oude uitstroomopening.	 Foto 4: Onderzoekslokatie 2.
 Foto 5: Monster 18p107 – M1 L1P2.	 Foto 6: Monster 18p107 – M2 L1P3.

Lijnbaansgracht Amsterdam	**Bijlage II Fotobijlage**
	
Foto 7: Monster 18p107 – M3 L2P1.	Foto 8: Monster 18p107 – M4 L2P2.

Lijnbaansgracht Amsterdam	**Bijlage III Houtmonsteranalyse**

- MR-jg-rapport-180113 - Baars - Houtanalyses fundering kademuren Lijnbaansgracht Amsterdam.PDF

SHR

test - adviseert - deelt kennis in de bouw

Onderzoeksrapport: Houtanalyses fundering Kademuren Lijnbaansgracht te Amsterdam

Rapportcode: 18.0113.007 **Datum:** 22 oktober 2018

SHR
"Het Cambium"
Nieuwe Kanaal 9b
Postbus 497
6700 AL Wageningen
Tel: 0317 – 467366

E-mail: [redacted]

Dit rapport heeft 14 bladen. Het is eigendom van de opdrachtgever, die gerechtigd is dit rapport integraal te publiceren. Gedeeltelijke publicatie, ook door de eigenaar, is slechts toegestaan na schriftelijke toestemming van SHR.

Opdrachtgever: Baars CIPRO B.V.
Hoofdweg 16A
1175 LA LIJNDEN

Bijlage: 6

Projectnummer: 18.0113.007

Auteurs: [redacted]
Projectleider

[redacted]
2e auteur

SHR werkt volgens NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 "Algemene eisen voor de competentie van beproevings- en kalibratielaboratoria".

SHR is gecertificeerd voor de uitvoering van SKH-BGS 007.
Rapportnummer SHR: 18.0113.007, rapportdatum: 22 oktober 2018.
Het SKH-kwaliteitsverklaringsnummer is SKH-023.

1 Inleiding

Datum opdracht:	18 september 2018.
Vraagstelling:	Wat is de aard en oorzaak van de aantasting, wat is het verlies aan gezond / dragend hout, wat is de te verwachten aantastingsuitbreiding in de komende 25 jaar, onderzoek uitgevoerd volgens SKH-BGS 007 Bepaling van microbiologische houtaantasting (zie voor document: www.skh.org).
Herkomst monsters:	Uit het funderingshout van de Kademuren Lijnbaansgracht te Amsterdam, paal 1 t/m 4.
Projectcode opdrachtgever:	18P107.

2 Materiaal

Bouwjaar en leeftijd woning:	1900 (opgave opdrachtgever) dus 118 jaar oud.
Datum monstername:	17 september 2018 (volgens opdrachtgever).
Datum monsterontvangst:	18 september 2018.
Aantal, lengte, afmeting monster:	Zie tabel 4.1.
Wijze van aanleveren:	Boorkernen Ø 10 mm in buisjes met water.
Wijze opslag:	Bij temperatuur van ± 4°C.
Datum analyse:	2 oktober 2018.

3 Methode

Monstervoorbereiding / dataverzameling: zie SKH-BGS 007 en Bijlage 1.

4 Resultaten

4.1 Monsterbeoordeling

Tabel 4.1. *Codering, monsterkwaliteit, visuele beoordeling en jaarringen van de monsters.*

Monster			Algemeen			Jaarringen			
Code		Lengte	Samenhang	Kleur*	Wan /	Breedte gem. [mm]		Aantal	
Gegeven	SHR	[mm]			buitenkant	juveniel	volwassen	totaal	aangetast
Paal 1	1	129	Goed	20 mm donkergrijs, rest grijs	Ja	5.0	1.7	54	35
Paal 2	2	160	Goed	25 mm donkergrijs, rest grijs	Ja	3.3	1.7	57	50
Paal 3	3	115	Goed	Grijs	Ja	-	3.0	35	16
Paal 4	4	152	Goed	Grijs	Ja	5.7	2.5	21	13

*typische kleurafwijkingen worden beschreven.

4.2 Houtsoort, spintaandeel, aantasting

Houtsoortbeschrijving: zie Bijlage 2.

Monster 1 (vuren, lengte tot aan het hart 107 mm)
In de buitenste 19 mm werd ernstige bacteriële aantasting van het erosietype (EB) waargenomen. Hierna werd in 38 mm weinig EB-aantasting gevonden. De rest van het monster was vrij van aantasting. In het aangetaste hout werden schimmeldraden waargenomen.

Monster 2 (dennen, lengte tot aan het hart 110 mm)
In de buitenste 20 mm werd ernstige EB-aantasting waargenomen. Hierna werd in 67 mm weinig EB-aantasting gevonden. De rest van het monster was vrij van aantasting. In het aangetaste hout werden schimmeldraden waargenomen.

Monster 3 (vuren, lengte tot aan het hart 110 mm)
In de buitenste 10 mm werd ernstig EB-aantasting waargenomen. Hierna werd in 31 mm weinig EB-aantasting gevonden. De rest van het monster was vrij van aantasting. In het aangetaste hout werden schimmeldraden gevonden.

Monster 4 (vuren, lengte tot aan het hart 77 mm)
In de buitenste 28 mm werd ernstige EB-aantasting waargenomen. Hierna werd in 4 mm weinig EB-aantasting gevonden. De rest van het monster was vrij van aantasting. In het sterk aangetaste hout werden schimmeldraden waargenomen.

4.3 Gradiënt in vocht, volumieke massa en druksterkte

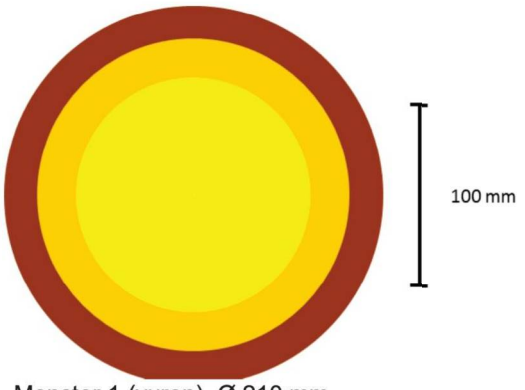
Voor toelichting op tabel 4.2 zie Bijlage 3.

***Tabel 4.2**. Gradiënt van dichtheid (volumieke massa (VM) bij 0% vochtgehalte; ratio tussen droge massa en nat volume (SG)), vochtgehalte (bij aanlevering (VG); theoretisch maximale vochtgehalte (TMV)) en druksterkte (DS). Zie verder bijlage 3.*

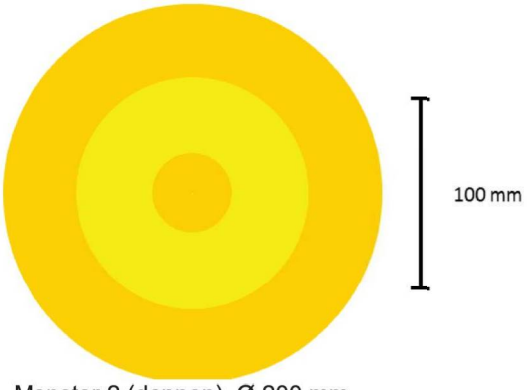
Monster	Afmeting segment [mm]	Dichtheid [kg/m³] SG	VM	Vochtgehalte (%) VG	TMV	DS [N/mm²]
1a*	19	240	**281**	**372**	**352**	**2,9**
1b*	22	396	**429**	**181**	**187**	**10,9**
1c	16	428	515	118	169	17,0
1d	20	451	540	114	157	17,5
1e	30	384	453	135	196	15,1
2a	20	410	504	180	179	11,0
2b	23	420	497	142	173	14,3
2c	22	397	462	105	187	18,6
2d	22	359	417	132	213	15,4
2e	23	324	367	151	244	13,5
3a	17	444	545	133	161	15,3
3b*	9	396	**463**	**153**	**188**	**13,3**
3c	17	456	538	118	155	16,9
3d	18	509	581	120	132	16,7
3e	13	377	430	137	200	14,8
3f*	10	374	436	126	203	16,0
3g	10	-	-	-	-	-
3h	16	387	446	127	193	16,0
4a	12	272	324	285	303	5,3
4b	20	233	268	289	365	5,1
4c	18	340	395	129	229	15,7
4d	27	327	377	150	241	13,6

* segmentgrootte te klein om een betrouwbare uitspraak te doen (zie bijlage 3 voor toelichting).

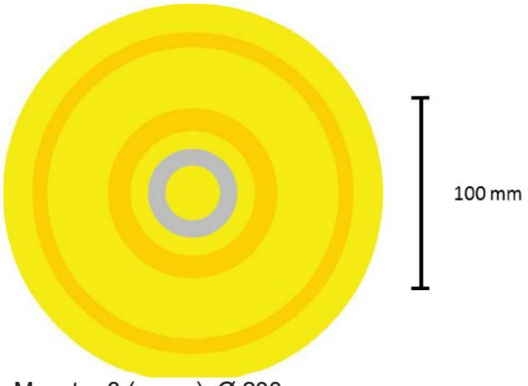
De druksterktes uit tabel 4.2 zijn hieronder visueel weergegeven. Een toelichting over het gebruik van druksterkte bij constructieberekeningen is weergegeven in Bijlage 4.



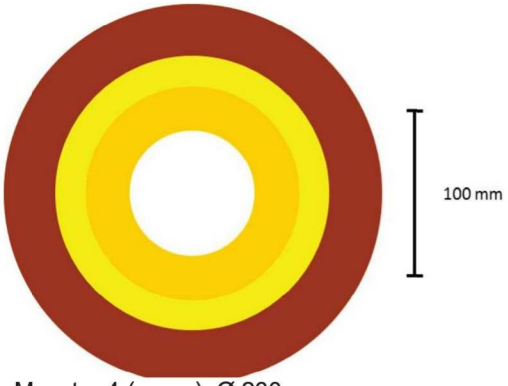
Monster 1 (vuren), Ø 210 mm



Monster 2 (dennen), Ø 200 mm



Monster 3 (vuren), Ø 200 mm



Monster 4 (vuren), Ø 230 mm

Paaldiameters (opgave opdrachtgever)

Legenda

	< 2,5 N/mm²
	2,5 - 6,25 N/mm²
	6,25 - 10 N/mm²
	10 - 15 N/mm²
	> 15 N/mm²
	niet bepaald
	niet beschikbaar

4.4 Beoordeling datakwaliteit

Op basis van de afwegingen uit Bijlage 5 en op basis van de referentiedatabase (relatie mate van aantasting – volumieke massa / vochtgehalte) wordt het gevonden anatomische aantastingspatroon bevestigd.

5 Discussie en Interpretatie

Oorzaak:	In alle monsters: bacteriële aantasting ontstaan onder water.
Omvang:	Diepte ernstige aantasting monsters 1, 2, 3 en 4: respectievelijk 19, 20, 10 en 28 mm.
Activiteit:	Bacteriële aantasting actief in de monsters.
Uitbreiding:	Sterk door bacteriën aangetaste schil tot maximaal respectievelijk 23, 24, 12 en 34 mm.

In Bijlage 6 staat de achtergrond van de uitbreiding van de aantasting omschreven.

6 Conclusie

De palen 1, 3 en 4 zijn vuren en paal 2 is dennen en de monsters 1, 2, 3 en 4 zijn in een buitenste schil van respectievelijk 19, 20, 10 en 28 mm sterk aangetast door bacteriën. Deze aantasting is onder het grondwaterniveau tot stand gekomen.

Uitgaande van niet wezenlijk veranderende omstandigheden rondom het funderingshout, is de verwachting dat in de komende 25 jaar de sterk aangetaste schil zich in beide monsters kan uitbreiden tot respectievelijk 23, 24, 12 en 34 mm.

7 Literatuur

Beoordelingsgrondslag SKH-BGS 007 Bepaling van microbiologische houtaantasting. Uitgave SKH. Inclusief alle daarin aangeduide literatuur.

Eurocode 5 - Ontwerp en berekening van houtconstructies: EN 1995-1-1 Algemeen - Gemeenschappelijke regels en regels voor gebouwen; EN 1995-1-2 Algemeen - Ontwerp en berekening van constructies bij brand; EN 1995-2 Bruggen.

Heinz, I. 2004. Systematische Erfassung und Dokumentation der mikroanatomischen Merkmale der Nadelhölzes aus der Klasse Pinatae. Dissertation Technische Universität München.

Jorissen, A.J.M. 1995. Modificatiefactor vochtgehalte en duurbelasting. Technische Houtdocumentatie A 4/2 – 010210, Centrum Hout, Almere.

Klaassen R.K.W.M., 2008. Bacterial decay in wooden foundation piles: patterns and causes. A study on historical pile foundations in the Netherlands. *International Biodeterioration and Biodegradation 61 (1): 45-60.*

Laming, P.B., Rijsdijk, J.F. & J.C. Verwijs, 1978. Houtsoorten, informatie voor de praktijk. Houtinstituut TNO, Delft.

WVS_065 Microscopisch onderzoek aan funderingshout (intern SHR-document).

Zobel, B.J. & J.R. Sprague. 1998. Juvenile wood in forest trees. Springer –Verlag Berlin, Heidelberg, New York.

Bijlage 1: Microscopisch onderzoek

Voorafgaand aan het microscopische onderzoek zijn de monsters visueel beoordeeld. Daarna zijn met behulp van het microtoom radiale en/of kopse coupes gesneden met een dikte van 20-30 µm en een oppervlakte van circa 0,5-1 cm^2. De coupes zijn aangekleurd om mogelijke aantasting beter zichtbaar te maken. Onder de lichtmicroscoop (met en zonder gepolariseerd licht) zijn de coupes vervolgens onderzocht op de aanwezigheid van houtaantasters en is het houtanatomische patroon bekeken.

Vijf patronen van aantasting kunnen worden onderscheiden. Deze patronen worden veroorzaakt door de volgende micro-organismen:

- erosiebacteriën (EB);
- tunnelvormende bacteriën (TB);
- softrotschimmels;
- witrotschimmels;
- bruinrotschimmels.

In aanvulling op het patroon van aantasting wordt het hout gecontroleerd op de aanwezigheid van aantasters en andere houtkoloniserende micro-organismen:

- dikke bruine hyfe van blauwschimmel;
- dunne transparante hyfe van houtaantastende schimmel (wit-, bruin- en softrot veroorzakers);
- sporen van diverse micro-organismen;
- algen;
- andere insluitsels van organische herkomst.

Bij de classificering van de mate van aantasting wordt de indeling gehanteerd volgens Klaassen (2008) waarbij de volgende klassen worden gebruikt: totale verwoesting, ernstige aantasting, matige aantasting, weinig aantasting en gezond hout. In de discussie worden de begrippen *totale verwoesting* en *ernstige aantasting* samengevat onder het begrip *sterke aantasting*.

Bijlage 2: Houtsoortbeschrijving en spintbepaling

Herkenning van de houtsoort is gedaan op basis van de anatomische structuur.

In de monsters 1, 3 en 4 is de houtstructuur zoals die van vuren waargenomen:

Naaldhout met heterogene stralen met picioide kruisvlakstippels, radiale en axiale harskanalen, tracheïden met eenrijige hofstippels en hofstippels in de straaltracheïden met name van het Picea-1 type.

Bij vuren kan het spint niet op basis van aankleuring onderscheiden worden van het kernhout.

In monster 2 is de houtstructuur zoals die van dennen waargenomen:

Naaldhout met homogene stralen met picioide kruisvlakstippels, geen harskanalen, tracheïden met eenrijige hofstippels.

Bij dennen kan het spint niet op basis van aankleuring onderscheiden worden van het kernhout.

Bijlage 3: Gradiënt vocht, volumieke massa, druksterkte

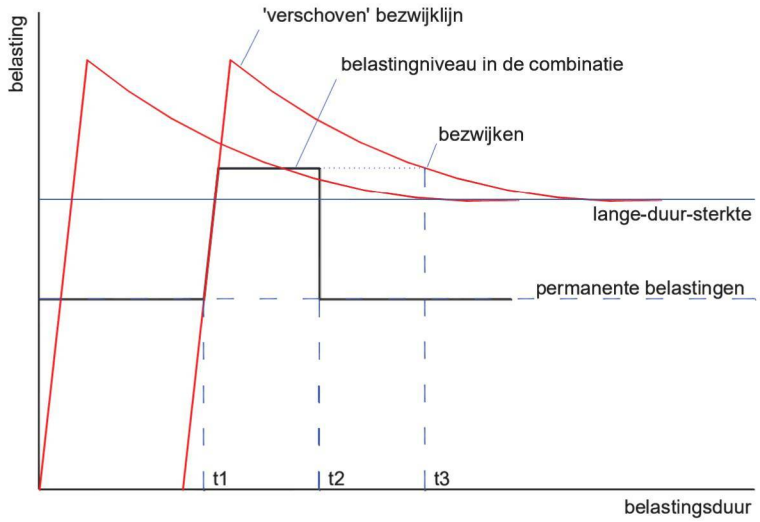
Tabel 4.2 bevat de waardes van de submonsters beginnend met de buitenzijde (bastzijde) en eindigend met de binnenzijde (kernkant), indien van toepassing is spint of kernhout aangegeven met een “s” of “k”. Wanneer aangegeven met een “*” zijn de submonsters te klein (< 1 cm^3) waardoor de waarden slechts indicatief zijn. Is het verschil in vochtgehalte tussen de gemeten waarde en het theoretisch maximum negatief, dan wijst dit op een meetonnauwkeurigheid. De weinig betrouwbare waarden zijn vet weergegeven in de tabel.

Bijlage 4: Toelichting op het gebruik van druksterkte zoals hier bepaald

Klaassen (2008) heeft aangetoond dat op basis van het houtvochtgehalte een redelijke schatting kan worden gemaakt van de druksterkte parallel aan de vezelrichting voor gezond of door bacteriën aangetast grenen en eiken en op dit model zijn de druksterktes uit tabel 4.2 gebaseerd. Het gaat hierbij dan om de zogenaamde *korte duursterkte*. Het grenen model wordt ook voor andere naaldhoutsoorten gebruikt bij gebrek aan specifieke modellen voor vuren en dennen. De ingeschatte druksterktes voor zowel vuren als dennen moeten om die reden met enige voorzichtigheid worden beschouwd.
Ter referentie van de waarden in tabel 4.2 kan gesteld worden dat gezond grenen hout, dat vers beproefd wordt (vochtgehalte 50 – 120%), een *korte duursterkte* van circa 22 N/mm^2 heeft. Bij vers vuren hout is dat circa 20 N/mm^2. Het eerst gevormde, zogenaamde juveniele, hout dat in de kern van de stam zit kan een wat lagere druksterkte hebben (Laming et al. 1978 en Zobel & Sprague, 1998), waardoor een lagere druksterkte in de kern van de paal als natuurlijk moet worden beschouwd.

De karakteristieke waarden (5% laagste waarden uit een verzameling) voor de *korte-duur-sterkte* staan opgesomd in de EN 338 (sterkteklassen). Binnen een constructieberekening wordt met verschillende belastingduur rekening gehouden (permanent, lang, gemiddeld en kort). Rekening houdend met belastingduur en vochtgehalte wordt de karakteristieke waarde met de zogenaamde modificatiefactor omgezet naar een rekenwaarde. Hierbij wordt ook een materiaalfactor toegepast welke een veiligheidsborging is in verband met de variabiliteit: hout (vergelijk het homogene beton met een factor van 1): $f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} k_{\mathrm{mod}}$

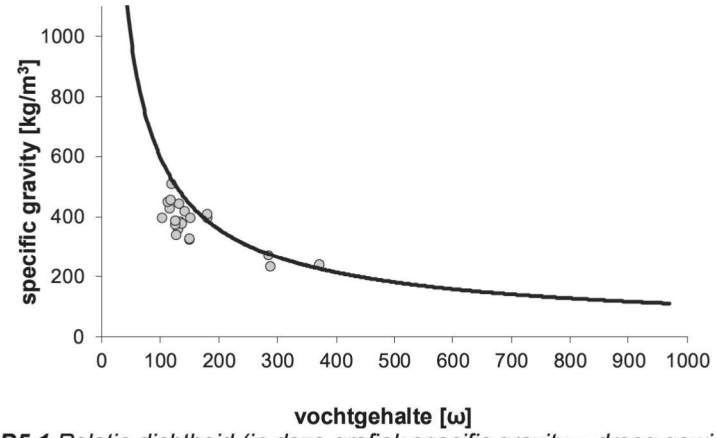
(waar f_d = rekenwaarde, f_k = karakteristieke waarde, γ_m = materiaalfactor (= 1,3) en k_{mod} = modificatiefactor (afhankelijk van belastingstijd en vochtgehalte = 0,5). De bepalende belastingcombinatie voor funderingspalen is meestal lang en de *lange-duur-sterkte* zoals weergegeven in figuur 4.1 mag niet worden overschreden. Verder zijn funderingspalen altijd waterverzadigd en de rekenwaarde voor deze situatie kan bepaald worden volgens de Nederlandse bijlage uit de EUROCODE 5 (EN 1995): $f_{c,0,d}$ = 9,9 N/mm^2 waarin : $f_{c,0,d}$ = rekenwaarde druksterkte parallel aan de vezelrichting.



Figuur 4.1 *Relatie tussen belasting en de belastingsduur op hout (vrij naar Jorissen 1995). Een permanente belasting die lager is dan de lange-duur-sterkte leidt niet tot bezwijken. Wanneer een belastingscombinatie (permanent en veranderlijk) kortstondig ($t_1 - t_2$) wordt verhoogd tot boven de lange-duur-sterkte maar onder de korte-duursterkte (maximale belasting) zal geen bezwijking of houtschade optreden. Is de belasting langdurig boven de lange-duursterkte dan zal op t_3 schade en bezwijking optreden.*

Bijlage 5: Referentiewaarden

Omdat aan kleine monsterdelen wordt gewerkt, kunnen alleen absolute uitspraken gedaan worden over de aantasting wanneer alle gemeten waarden in één lijn liggen. Voor tabel 4.2 zijn al controleaspecten opgenomen (zie Bijlage 3). Alle waarden uit tabel 4.2 worden ook als punten opgenomen in grafiek B5.1. De lijn in deze grafiek geeft bij volledig waterverzadigd hout de verhouding weer tussen het vochtgehalte en de dichtheid. Waterverzadigd hout ligt op de lijn en niet-waterverzadigd hout ligt onder de lijn in deze grafiek. Hout dat niet-waterverzadigd is duidt op gezond of weinig aangetast hout waarbij de gezonde houtstructuur lucht kan insluiten. (Beginnende) aantasting komt als eerste bij de membranen waardoor deze ingesloten lucht niet meer kunnen vasthouden. Punten die boven de lijn liggen wijzen op meetfouten en zijn verwijderd uit de grafiek en tabel 4.2.



Grafiek B5.1 *Relatie dichtheid (in deze grafiek specific gravity = droog gewicht / nat volume) en vochtgehalte. Bij waterverzadigd hout liggen de waarden op de lijn bij niet water verzadigd hout liggen de punten onder de lijn (Klaassen 2008).*

De volumieke massa kan binnen een houtsoort sterk variëren en een schatting van gewichtsafname door aantasting kan alleen bepaald worden wanneer de oorspronkelijke volumieke massa van een monster bekend is. Omdat dit van de hier onderzochte monsters niet meer te achterhalen is, is de onderstaande vergelijking van de volumieke massa's slechts indicatief. Tabel B5.2 geeft de bekende waarden van de gevonden houtsoorten.

Tabel B5.2 *Volumieke massa volgens Laming et al. (1978)*

Houtsoort	Volumieke massa (0% vochtgehalte)
Dennen	494 (392 - 616) kg/ m³
Midden-Europees vuren	428 (363 – 539) kg/m³
Europees vuren	407 (332 – 490) kg/m³

Bijlage 6: Achtergrond uitbreiding aantasting

Uitgangspunt is dat de omstandigheden rondom het funderingshout in de te beschouwen periode niet wezenlijk anders zullen zijn dan de afgelopen decennia. Voor het bepalen van de oorzaak en de uitbreiding van de aantasting worden de basisprincipes zoals genoemd in de SKH-BGS 007 gevolgd.

Hierop zijn voor dit rapport verder geen aanvullingen.

Lijnbaansgracht Amsterdam	**Bijlage IV Houtindringingsmetingen**

Constructie			Specht														Houtmonster label
Object	Onderdeel	Afmetingen onderdeel	metingen					rest ø	corr. 5 mm	afname ø	opp. oorsp.	opp. huidig	opp. afname	opp. afname	Pilodyn beslissingsd		
		Ø	1	2	3	4	gem.										
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]	[mm2]	[mm2]	[mm2]	[%]			
Locatie 1	paal 1	200	15	15	20	15	16	168	158	21	31416	19483	11933	38	Gebied II		
	paal 2	210	10	5	15	15	11	188	178	15	34636	24745	9891	29	Gebied II		18p107 L1P2 M1
	paal 3	200	5	5	5	5	5	190	180	10	31416	25447	5969	19	Gebied I		18p107 L1P3 M2
	paal 4	210	10	10	5	10	9	193	183	13	34636	26159	8477	24	Gebied I		
Locatie 2	paal 1	200	20	10	15	15	15	170	160	20	31416	20106	11310	36	Gebied II		18p107 L2P1 M3
	paal 2	230	10	10	15	10	11	208	198	14	41548	30635	10912	26	Gebied II		18p107 L2P2 M4
	paal 3	185	10	10	15	15	13	160	150	19	26880	17671	9209	34	Gebied II		
	paal 4	260	15	15	5	10	11	238	228	13	53093	40649	12444	23	Gebied II		

Lijnbaansgracht Amsterdam	**Bijlage V Eindnoten**

Pilodyn 6J houtrotmeter:

- in de houten onderdelen van de constructie wordt met een constante energie een naald geschoten. De gemeten indringing zegt iets over de staat van dat hout en de rekenkundige diameter of dikte. Gewerkt wordt volgens het funderingsprotocol van het ministerie van VROM.

Adviesgebied volgens het funderingsprotocol van het ministerie van VROM:

Gebied I

- Bij deze combinatie van diameter en indringing wordt gesteld dat geen aantasting aanwezig is. Het is niet noodzakelijk een houtmonster te nemen.

Gebied II

- Dit betreft aangetaste palen. De aantasting is echter nog zo gering dat geen nadelige invloed op de sterkte van de paalschacht wordt verwacht. Monstername is ten behoeve van de onderzoeksvraag naar de sterkte van de schacht niet noodzakelijk. Om een uitspraak te kunnen doen over de oorzaak van de aantasting en over de ontwikkeling in de tijd van de aantasting is monstername noodzakelijk.

Gebied III

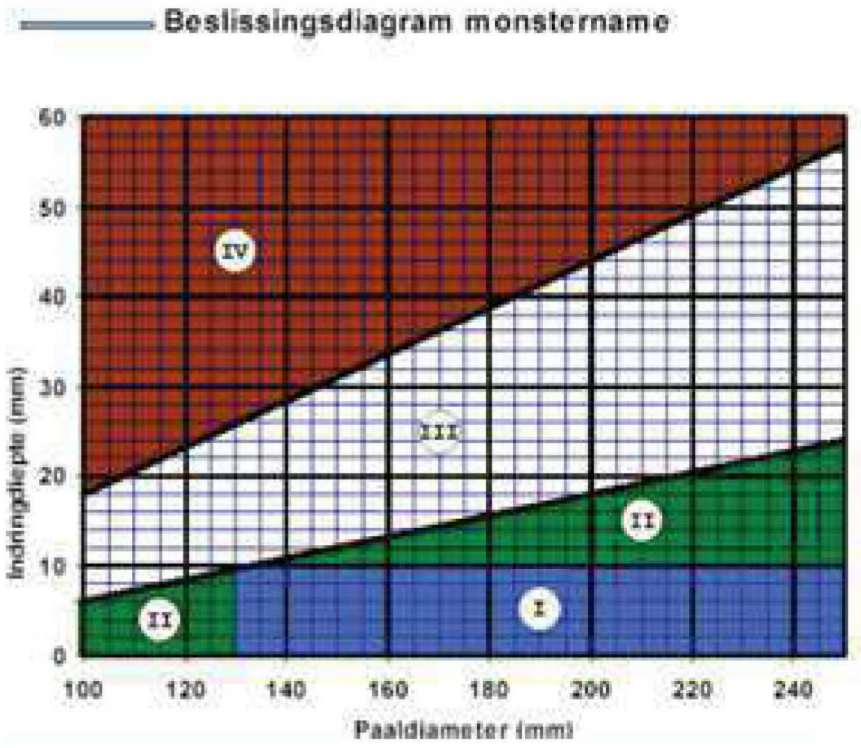
- Voor onderzoek naar de sterkte van de paalschacht is bij deze combinatie van diameter en indringingswaarde laboratoriumonderzoek aan boorkernmonsters noodzakelijk. Er dienen dan ook in dit gebied boorkernmonsters genomen te worden.
-

Gebied IV

- Dit is het gebied van relatief grote aantasting ten opzichte van de diameter. De sterkte van de paalschacht is hier onvoldoende. Monstername is alleen dan noodzakelijk indien de oorzaak van de aantasting moet worden vastgesteld.

Classificering adviesgebieden:

- Baars-CIPRO koppelt de adviesgebieden I, II, III en IV respectievelijk aan goed, redelijk, matig en slecht.



Beslissingsdiagram grenzen

Gebied I	Geen aantasting, geen houtmonster nodig.
Gebied II	Voldoende sterkte, alleen houtmonster voor vaststelling oorzaak aantasting en prognose.
Gebied III	Houtmonster nodig voor vaststellen sterkte.
Gebied IV	Onvoldoende sterkte, alleen houtmonster nodig voor vaststellen oorzaak aantasting.