# Lijnbaansgracht Amsterdam

# LYG1001

## Objectgegevens

| | |
|---|---|
| Rapportstatus | Definitief 1.0 |
| Objectnr. | LYG1001 |
| Locatie | Tegenover de "Melkweg" |
| Type | Kademuur |
| Bouwjaar | Onbekend |
| Afmetingen | Kadelengte ca. 20 meter |
| Beheerder | Gemeente Amsterdam |
| Inspectieomstandigheden | Datum: 13 & 14 februari 2019<br>Weer: zonnig, 4°C<br>Water: 5°C, zicht < 0,5 m<br>Stroming 0 $^{m}/_{s}$ |




**Samenvatting**

Kadeconstructie:
- De kadeconstructie verkeert op basis van de visuele boven en onderwaterinspectie van de bereikbare onderdelen in **redelijke** staat.
- De verticale scheur in het metselwerk is mogelijk de oorzaak van de bezweken uitstroomopeningen en het ontbrekende metselwerk hieronder.

Fundering:
- Een houtindringing van gemiddeld 15 tot 28 mm in de houten funderingspalen geeft aan dat het onderdeel in **redelijke** tot **matige** staat verkeert.
- De indringingsgegevens komen niet volledig overeen met de verwachting vanuit de visuele inspectie. Echter wordt op basis van onderstaande conclusie, welke vanuit de analyse van het laboratorium komt, de staat van de funderingspalen vanuit de indringingsgegevens bevestigd.

Houtmonsteranalyse:
- Alle palen zijn grenen en de monsters zijn in een buitenste schil van respectievelijk 73, 33 en 67 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 de monsters kan uitbreiden tot respectievelijk 89, 40 en 77 mm.

**Inleiding**

De gemeente Amsterdam, afdeling vastgoed, heeft Baars-CIPRO opdracht gegeven tot het uitvoeren van een kademuurinspectie van de kadeconstructie 'LYG1001' aan de Lijnbaansgracht voor de ingang van de Melkweg, conform offerte 19p012. De inspectie omvat het bepalen van de opbouw van de kadeconstructie inclusief de fundering, het uitvoeren van hout-indringingsmetingen en het nemen en analyseren van houtmonsters.

De voorliggende raportage beschrijft de bevindingen van deze kadeinspectie.

**Constructie**

Locatie:
- LYG1001 bevindt zich aan de Lijnbaansgracht tegenover de Melkweg, aan de "oost zijde" van de ophaalbrug. De inspectie concentreert zich vanaf de ophaalbrug tot ca. 20 m richting het oosten.

Vanuit de opdrachtgever zijn géén documenten ontvangen waaruit de opbouw van de kademuur op voorhand te achterhalen is.

**Bevindingen**

Het nulpunt is gekozen op de overgang van de ophaalbrug voor de Melkweg naar de kademuurconstructie, zie foto's 3 & 4.

Deksloof:
- De deksloof is opgebouwd uit hardstenen elementen.
- Er bevindt zich een hoogteverschil in de deksloof/kademuurconstructie, oplopend richting het oosten. Deze "slope" loopt vanaf 9,20 m tot 18,40 m t.o.v. het 0-punt waarbij een hoogteverschil is gemeten van ca. 46 cm.
- Geen bijzonderheden waargenomen.

Kadeconstructie:

- Het overgrote deel, ca. 17,30 m, van de onderzochte kadeconstructie is opgebouwd uit een gemetselde wand gefundeerd op een houten paalfundering.
- De overige 2,70 m bestaat uit een metselwerk weke de bodem in verdwijnt, zie bijlage I Inspectietekening.
- Het metselwerk boven de waterlijn is vanaf het 0-punt tot het begin van de "slope" op 9,20 m uniform verweerd door langsstromend hemelwater, zie bijlage II foto 1.
- Het metselwerk boven de waterlijn is ter hoogte van de "slope" verweerd door hemelwater wat, tussen de voegen van de deksloof, langs de kademuur naar beneden loopt, zie bijlage II foto 2.
- Op ca. 7,60 m t.o.v. het nulpunt zijn twee uitstroomopeningen (beide Ø 12 cm) in de kademuur waargenomen. Deze ronde buizen bevinden zicht net onder de waterlijn, zie bijlage II foto's 5 $^{t}/_{m}$ 7.
- Beide uitstroomopeningen zijn aan de bovenzijde gebroken, zie bijlage II foto 7.
- Onder de twee uitstroomopeningen ontbreekt een gedeelte van het metselwerk. De afmetingen van het ontbrekende deel: de diepst gemeten diepte bedraagt 29 cm, de breedste breedte 27 cm en de hoogste hoogte 24. Door het zeer beperkte zicht is hier géén fotomateriaal van aanwezig.
- Boven de rechter uitstroom opening is een verticale scheur, met een lengte van ca. 21,5 cm, in het metselwerk waargenomen, zie bijlage II foto's 5 & 6.
- Verder zijn er géén bijzonderheden waargenomen aan het geïnspecteerde gedeelte van de kademuur.

Fundering:

- De fundering bestaat uit houten palen met Ø 190 tot 230 mm.
- De h.o.h. afstand van de palen varieert van 980 tot 1250 mm.
- Op de palen liggen kespen van ca. 200 mm x 180 mm (b x h).
- Op de kespen ligt een houten vloer.
- Op de kespen ligt tevens een houten watersloof ca. 100 mm x 210 mm (b x h)
- De watersloof is over de volledige lengte, van het geïnspecteerde gedeelte kademuur, aanwezig én intact.
- De kespen steken allemaal onder de kademuur uit. De koppen van de kespen zijn allen verweerd (stomp geworden), maar volledig intact. Er zijn géén gespleten kespen waargenomen.
- De bast is nog aanwezig op de meeste geïnspecteerde funderingspalen.
- De houten funderingspalen staal allen volledig onder de kesp én vrijwel allemaal volledig onder de kademuur.
- De paalkoppen zijn intact en dragen de kespen volledig. Er zijn géén bijzonderheden waargenomen in de verbindingen tussen de palen en de kespen.
- De scheefstand van de voorste palenrij is niet bepaald door de beperkte bereikbaarheid, maar er zijn géén negatief staande schoorpalen waargenomen. Op basis van tasten is vast te stellen dat de palen eerder 'te lood' staan dan schoor.
- Met behulp van de Specht (houtrotmeter zie bijlage V eindnoten) is op alle bereikbare voorste palen de conditie van de buitenste schil van de funderingspalen onderzocht. Tevens zijn er vijf kespen beproefd. Hiermee is een beeld verkregen van de aantasting. De meetresultaten zijn weergegeven in bijlage IV, de voornaamste resultaten zijn opgenomen in tabel 1.
- Er zijn in zijn totaliteit 3 houtmonsters (geel gearceerd in tabel 1) genomen en geanalyseerd op soort en mate van aantasting, houtsoort en druksterkte, zie bijlage II: foto's 10 $^{t}/_{m}$ 12 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Paal 1 | 220 | - | - | - | - | - | - |
| Paal 2 | 230 | 15 | 200 | 190 | 17 | 32 | Gebied II |
| Paal 3 | 220 | 18 | 185 | 175 | 20 | 37 | Gebied II |
| Paal 4 | 205 | 28 | 150 | 140 | 32 | 53 | Gebied III |
| Paal 5 | 220 | 28 | 165 | 155 | 30 | 50 | Gebied III |
| Paal 6 | 210 | 21 | 168 | 158 | 25 | 44 | Gebied III |
| Paal 7 | 220 | 19 | 183 | 173 | 22 | 39 | Gebied II |
| Paal 8 | 230 | - | - | - | - | - | - |
| Paal 9 | 220 | - | - | - | - | - | - |
| Paal 10 | 205 | - | - | - | - | - | - |
| Paal 11 | 220 | 15 | 190 | 180 | 18 | 33 | Gebied II |
| Paal 12 | 210 | 20 | 170 | 160 | 24 | 42 | Gebied III |
| Paal 13 | 220 | 25 | 170 | 160 | 27 | 47 | Gebied III |
| Paal 14 | 230 | 15 | 200 | 190 | 17 | 32 | Gebied II |
| Paal 15 | 220 | 18 | 185 | 175 | 20 | 37 | Gebied II |
| Paal 16 | 205 | 20 | 165 | 155 | 24 | 43 | Gebied III |
| Kesp 1 | - | 8 | nvt | nvt | nvt | nvt | nvt |
| Kesp 2 | - | 8 | nvt | nvt | nvt | nvt | nvt |
| Kesp 3 | - | 10 | nvt | nvt | nvt | nvt | nvt |
| Kesp 15 | - | 8 | nvt | nvt | nvt | nvt | nvt |
| Kesp 16 | - | 10 | nvt | nvt | nvt | nvt | nvt |

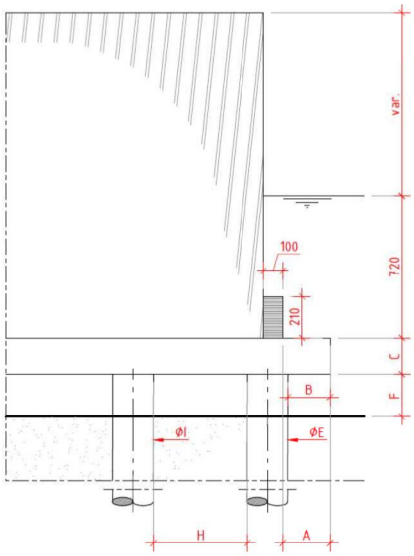
Tabel 1: Meetresultaten indringingsmetingen funderingspalen en kespen.

Grondkerend scherm:

- Het grondkerendscherm is niet binnen twee meter t.o.v. de voorzijde van de kade aanwezig.
- Het grondpakket bevindt zich binnen één meter t.o.v. de voorzijde van de kade tegen de houten vloer van de kade.

Bodem:

- De bodem bestaat uit slib waarop veel puin is aangetroffen in de vorm van bakstenen, glas en fietsen.



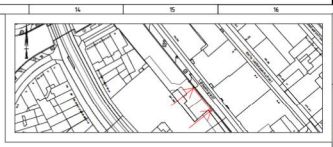

Figuur 1: principe opbouw LYG1001

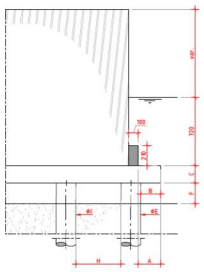
Voor complete tekeningen en maatvoeringen zie bijlage I, Inspectietekening.

| | |
|---|---|
| Conclusies | Kadeconstructie:<br>• De kadeconstructie verkeert op basis van de visuele boven en onderwaterinspectie van de bereikbare onderdelen in **redelijke** staat.<br>• De verticale scheur in het metselwerk is mogelijk de oorzaak van de bezweken uitstroomopeningen en het ontbrekende metselwerk hieronder.<br><br>Fundering:<br>• Een houtindringing van gemiddeld 15 tot 28 mm in de houten funderingspalen geeft aan dat het onderdeel (volgens het beslissingsdiagram, bijlage V) in **redelijke** tot **matige** staat verkeert.<br>• De indringingsgegevens komen niet volledig overeen met de verwachting vanuit de visuele inspectie. Echter wordt op basis van onderstaande conclusie, welke vanuit de analyse van het laboratorium komt, de staat van de funderingspalen vanuit de indringingsgegevens bevestigd.<br><br>Houtmonsteranalyse:<br>• Alle palen zijn grenen en de monsters zijn in een buitenste schil van respectievelijk 73, 33 en 67 mm **sterk aangetast** door bacteriën. Deze aantasting is onder het grondwaterniveau tot stand gekomen.<br>• Uitgaande van niet wezenlijk veranderende omstandigheden rondom het funderingshout, is de verwachting dat in de komende 25 jaar de sterk aangetaste schil zich in de monsters kan uitbreiden tot respectievelijk 89, 40 en 77 mm. |
| Aanbevelingen | Het is aan te raden de volgende maatregelen te nemen:<br>• De restlevensduur en -sterkte van de constructie rekenkundig bepalen. |

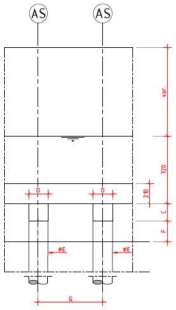
| LYG1001 | **Bijlage I Inspectietekening** |
|---|---|

Zie toegevoegde tekening: 19p012.t1.c01.pdf

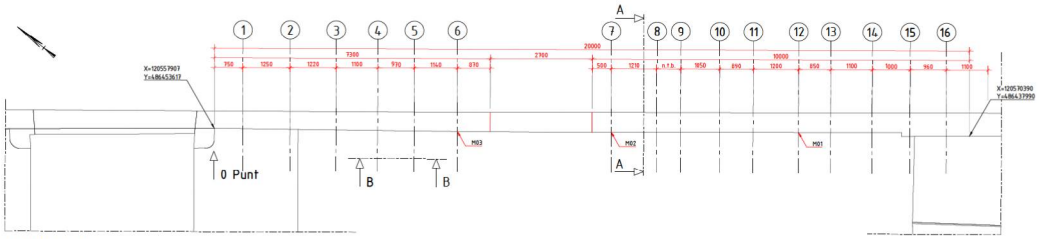




PRINCIPE DOORSNEDE A-A
SCHAAL 1 : 20



PRINCIPE AANZICHT B-B
SCHAAL 1 : 20




BOVENAANZICHT
SCHAAL 1 : 50

MAATVOERING KADE

| Assen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 25 | 25 | 22 | 23 | 26 | 25 | 19 | 25 | 24 | 25 | 25 | 25 | 25 | 23 | 24 | 23 |
| B | 28 | 11 | 25 | 21 | 22 | 14.5 | 32 | | 7 | | 25 | 19 | 12 | 33 | 25 | 25 |
| C | 18 | 21 | 18 | 18 | 19 | 18 | 18.5 | 19 | 17.5 | 19 | 18 | 18.5 | 19 | 18 | 18 | 17.5 |
| D | 22 | 21 | 22 | 20 | 23 | 21 | 22 | 25 | 22 | 23 | 22 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| E | 22 | 23 | 22 | 21 | 22 | 21 | 20 | | | | 21 | 21 | 19 | 19 | 20 | 19 |
| F | 0 | 17 | 10 | 15 | 12 | 14 | 25 | | 12 | 89 | 21 | 38 | 25 | 20 | 25 | 2 |
| G | 125 | 122 | 110 | 97 | 114 | 91 | 121 | | 105 | | 120 | 85 | 110 | 100 | 96 | 110 |
| H | | 44 | | | | | | | | | | | 60 | | 46 | 41 |
| I | | | | | | | | | | | | | | | | |

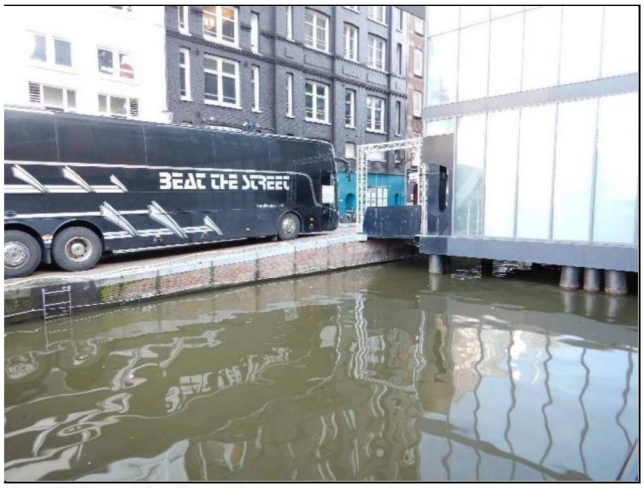
Maten in millimeters,
Materiaalmaten in mm,
Peilwaarden in meters t.o.v. NAP
Diameters in mm,
tenzij anders vermeld

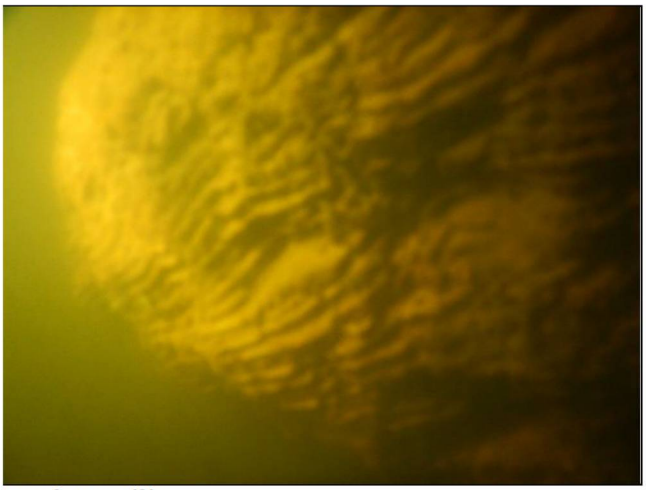
| Wijziging | Datum | Beschrijving |
|---|---|---|
| A | 15-02-2019 | Eerste uitgave. |
| B | 21-02-2019 | Opmerkingen verwerkt. |
| C | 22-02-2019 | Opmerkingen verwerkt. |
| D | | |

| | |
|---|---|
| Projectnummer | 19p012 |
| Tekeningnummer | 19p012.T1.C01 |
| Documentstatus | Concept |
| Versie | C |
| Versiedatum | 22-02-2019 |
| Formaat | A0 |
| Schaal | Zie tekening |
| Tekenaar | [redacted] |
| Inspecteur | [redacted] |
| Vrijgegeven | [redacted] |

Kademuur Lijnbaansgracht
Gemeente Amsterdam
Blad 1 / 1
Inspectietekening
Lijnbaansgracht Oostzijde ter hoogte van Leidsegracht

Baars-CIPRO
Civil Engineering
Professional Diving
Hoofdweg 164
1175 LA Lijnden

| LYG1001 | **Bijlage II Fotobijlage** |
|---|---|
|  Foto 1: Overzichtsfoto (1). |  Foto 2: Overzichtsfoto (2). |
|  Foto 3: 0-punt (1). |  Foto 4: 0-punt (2). |
|  Foto 5: Scheur in metselwerk (1). |  Foto 6: Scheur in metselwerk (2). |

| LYG1001 | **Bijlage II Fotobijlage – vervolg -** |
|---|---|
|  Foto 7: Scheur in metselwerk (3) en scheur in doorvoer. |  Foto 8: Kesp (1). |
|  Foto 9: Kesp (2). |   Foto 10: Houtmonster 1. |
|   Foto 11: Houtmonster 2. |   Foto 12: Houtmonster 3. |

| LYG1001 | **Bijlage III Houtmonsteranalyse** |
|---|---|

- MR-jg-rapport-190004-001-gewijzigd - Baars - Houtanalyses fundering van de kademuur bij Melkweg aan de Lijnbaansgracht te Amsterdam

SHR

test - adviseert - deelt kennis in de bouw

**Onderzoeksrapport:** Houtanalyses fundering van de kademuur bij Melkweg aan de Lijnbaansgracht te Amsterdam

**Rapportcode:** 19.0004.001-gewijzigd **Datum:** 25 maart 2019

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: [redacted]

Bijlage: 6

Projectnummer: 19.0004.001

Auteurs:



[redacted]
2e auteur

*SHR werkt volgens NEN-EN-ISO/IEC 17025.*

*Dit rapport vervangt rapport 19.0004.001 van 11 maart 2019.*

*SHR is gecertificeerd voor de uitvoering van SKH-BGS 007.*
*Rapportnummer SHR: 19.0004.001-gewijzigd, rapportdatum: 25 maart 2019.*
*Het SKH-kwaliteitsverklaringsnummer is SKH-023.*

# 1 Inleiding

| | |
|---|---|
| Datum opdracht: | 21 februari 2019. |
| 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 kademuur bij de Melkweg aan de Lijnbaansgracht (1017PH) te Amsterdam. Aangeleverd: 3 monsters |
| Projectcode opdrachtgever: | 19p012 |

# 2 Materiaal

| | |
|---|---|
| Bouwjaar en leeftijd woning: | Onbekend. |
| Datum monstername: | 13 en 14 februari 2019 (volgens opdrachtgever). |
| Datum monsterontvangst: | 21 februari 2019. |
| 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: | 27 februari 2019. |

# 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 | Samen-hang | Kleur* | Wan / | Breedte gem. [mm] | | | Aantal |
| Gegeven | SHR | [mm] | | | buitenkant | juveniel | volwassen | totaal | aangetast |
| Paal M01 | M.01 | 125 | Goed | Buitenste 50 mm grijs, rest geen kleurafwijking | Nee | 6,7 | 4,6 | 25 | 25 |
| Paal M02 | M.02 | 138 | Goed | Buitenste 20 mm grijs, rest geen kleurafwijking | Nee | 4,0 | 2,1 | 38 | 26 |
| Paal M03 | M.03 | 170 | Goed | Buitenste 60 mm grijs, rest geen kleurafwijking | Nee | 12,5 | 3,5 | 35 | 24 |

*typische kleurafwijkingen worden beschreven;

De monsters M.01, M.02 en M.03 voldeden niet aan de monsterkwaliteit zoals vereist in SKH-BGS 007 § 4.1.2 omdat de wankant ontbrak. Volgens opgave van de opdrachtgever is de bast van de paal verwijderd, waarna het monster is genomen. In dit rapport wordt dus uitgegaan van een monster dat compleet is aangeleverd en waarvan alleen de wankant ontbrak. Over het ontbrekende deel (de wan) wordt geen uitspraak gedaan.

### 4.2 Houtsoort, spintaandeel, aantasting

Houtsoortbeschrijving: zie Bijlage 2.

**Monster M.01 (grenen, totale lengte van het monster 125 mm)**
De buitenste 50 mm van het monster was totaal verwoest. Hierna was 23 mm ernstig aangetast door bacteriën van het erosietype (EB), gevolgd door 12 mm matige EB-aantasting. De rest van het monster was weinig aangetast door erosiebacteriën.
Het gehele monster was spint.

**Monster M.02 (grenen, lengte tot aan het hart 95 mm)**
Het monster was in de buitenste 25 mm totaal verwoest. Hierna was 8 mm ernstig aangetast door bacteriën van het erosietype (EB), gevolgd door 7 mm matige en 15 mm weinig EB-aantasting. De rest van het monster was vrij van aantasting.
De buitenste 58 mm van het monster betrof spint, de rest kernhout.

**Monster M.03 (grenen, lengte tot aan het hart 142 mm)**
De buitenste 37 mm van het monster was totaal verwoest. Hierna was 30 mm van het monster ernstig aangetast door bacteriën van het erosietype (EB), gevolgd door 5 mm matige en 5 mm weinig aantasting. De rest van het monster was vrij van aantasting.
De buitenste 77 mm van het monster betrof spint, de rest kernhout.

### 4.3 Gradiënt in vocht, volumieke massa en druksterkte

Voor toelichting op tabel 4.2 zie Bijlage 3.

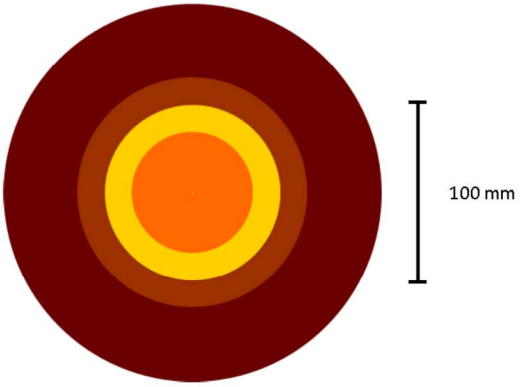
***Tabel 4.2**. Gradiënt van dichtheid (volumieke massa (VM) bij 0% vochtgehalte; ratio tussen droge massa en nat volume (SG)), vochtgehalte (bij aanlevering (VG); theoretisch maximale vochtgehalte (TMV)) en druksterkte (DS). Zie verder bijlage 3.*

| Monster | Afmeting | Dichtheid [kg/m$^3$] | | Vochtgehalte (%) | | DS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | segment [mm] | SG | VM | VG | TMV | [N/mm$^2$] |
| M.01a* | 16 | **180** | **265** | **442** | **489** | **1,8** |
| M.01b* | 17 | **192** | **334** | **420** | **455** | **2,1** |
| M.01c | 16 | 201 | 276 | 397 | 432 | 2,4 |
| M.01d | 18 | 266 | 310 | 302 | 311 | 4,7 |
| M.01e | 18 | 369 | 442 | 188 | 206 | 10,4 |
| M.01f | 20 | 358 | 436 | 200 | 215 | 9,6 |
| M.01g | 20 | 334 | 385 | 218 | 234 | 8,4 |

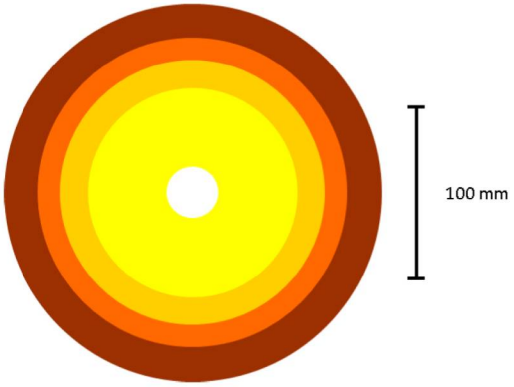
| Monster | Afmeting segment [mm] | Dichtheid [kg/m³] SG | VM | Vochtgehalte (%) VG | TMV | DS [N/mm²] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| M.02a* | 8 | **198** | **347** | **374** | **441** | **2,8** |
| M.02b* | 12 | **235** | **362** | **325** | **361** | **4,0** |
| M.02c* | 13 | **321** | **429** | **216** | **246** | **8,6** |
| M.02d | 16 | 440 | 532 | 149 | 162 | 13,7 |
| M.02e | 14 | 454 | 528 | 135 | 155 | 15,1 |
| M.02f | 13 | 438 | 520 | 106 | 163 | 18,4 |
| M.02g | 19 | 421 | 494 | 116 | 173 | 17,2 |
| M.03a* | 11 | **187** | **263** | **349** | **469** | **3,4** |
| M.03b* | 10 | **230** | **281** | **303** | **370** | **4,7** |
| M.03c | 16 | 243 | 281 | 308 | 346 | 4,5 |
| M.03d | 15 | 289 | 321 | 255 | 281 | 6,5 |
| M.03e | 15 | 311 | 350 | 234 | 257 | 7,6 |
| M.03f | 16 | 352 | 405 | 147 | 219 | 13,9 |
| M.03g | 17 | 364 | 407 | 106 | 210 | 18,4 |
| M.03h | 17 | 330 | 363 | 125 | 238 | 16,1 |
| M.03i | 25 | 319 | 362 | 175 | 249 | 11,4 |

*Zie bijlage 3 voor opmerking over segmentgrootte.

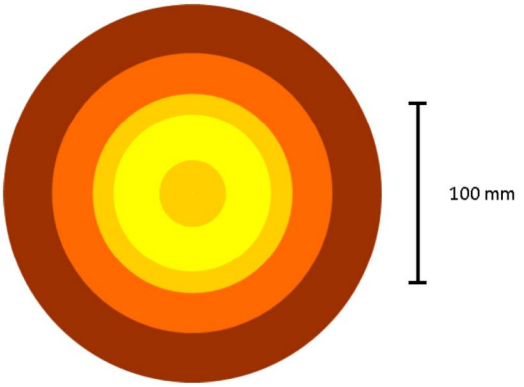
De druksterktes uit tabel 4.2 zijn hieronder visueel weergegeven. Een toelichting over het gebruik van druksterkte bij constructieberekeningen is weergegeven in Bijlage 4. **Let op,** door het ontbreken van de wankant/buitenkant kan de dikte van de buitenste schil niet juist worden weergegeven.



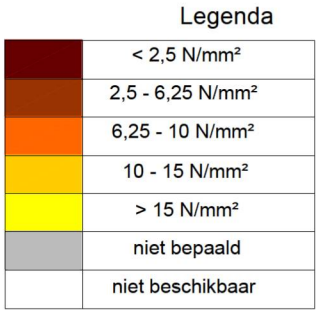

Monster M.01 (grenen), Ø 210 mm




Monster M.02 (grenen), Ø 220 mm




Monster M.03 (grenen), Ø 210 mm




Paaldiameters (opgave opdrachtgever)

### 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. Gezien de verhouding paaldiameter / boorkern, lijkt het er op dat bij alle palen geen of slechts een klein deel van de buitenkant van de paal miste in de boorkern.

## 5 Discussie en Interpretatie

| | |
|---|---|
| Oorzaak: | In alle monsters: bacteriële aantasting ontstaan onder water. |
| Omvang: | Diepte ernstige aantasting monsters M.01, M.02 en M.03: respectievelijk 73, 33 en 67 mm. |
| Activiteit: | Bacteriële aantasting actief in de monsters. |
| Uitbreiding: | Sterk door bacteriën aangetaste schil tot maximaal respectievelijk 89, 40 en 77 mm. |

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

## 6 Conclusie

Alle palen zijn grenen en de monsters zijn in een buitenste schil van respectievelijk 73, 33 en 67 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 de monsters kan uitbreiden tot respectievelijk 89, 40 en 77 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.

[redacted] Systematische Erfassung und Dokumentation der mikroanatomischen Merkmale der Nadelhölzes aus der Klasse Pinatae. Dissertation Technische Universität München.

[redacted] 1995. Modificatiefactor vochtgehalte en duurbelasting. Technische Houtdocumentatie A 4/2 – 010210, Centrum Hout, Almere.

[redacted]. 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.*

[redacted], 1978. Houtsoorten, informatie voor de praktijk. Houtinstituut TNO, Delft.

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

[redacted], 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 [redacted] (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 is de houtstructuur zoals die van grenen waargenomen:

*Naaldhout met heterogene stralen met vensterstippels (kruisvlak), radiale en axiale harskanalen, tracheïden met eenrijige hofstippels.*

Bij grenen is het spint op basis van aankleuring onderscheiden van het kernhout.

## Bijlage 3: Gradiënt vocht, volumieke massa, druksterkte

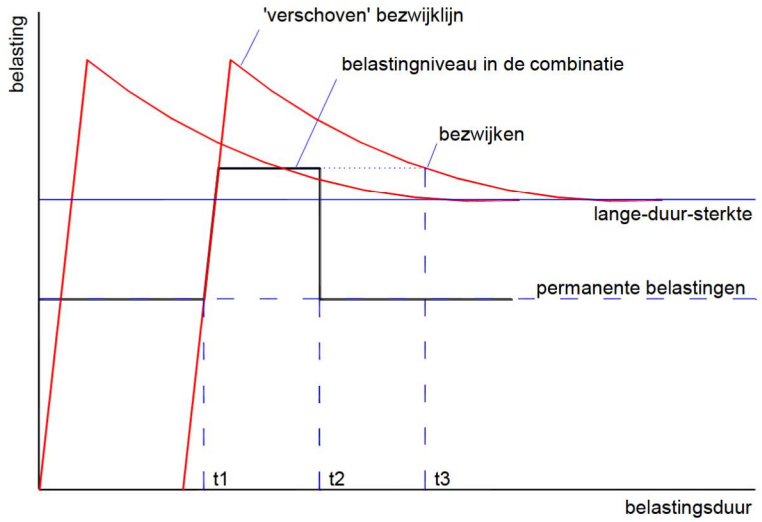
Tabel 4.2 bevat de waardes van de submonsters beginnend met de buitenzijde (bastzijde) en eindigend met de binnenzijde (kernkant), indien van toepassing is spint of kernhout aangegeven met een “s” of “k”. Wanneer aangegeven met een “*” zijn de submonsters te klein (< 1 $cm^3$) waardoor de waarden slechts 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): $f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} k_{\mathrm{mod}}$

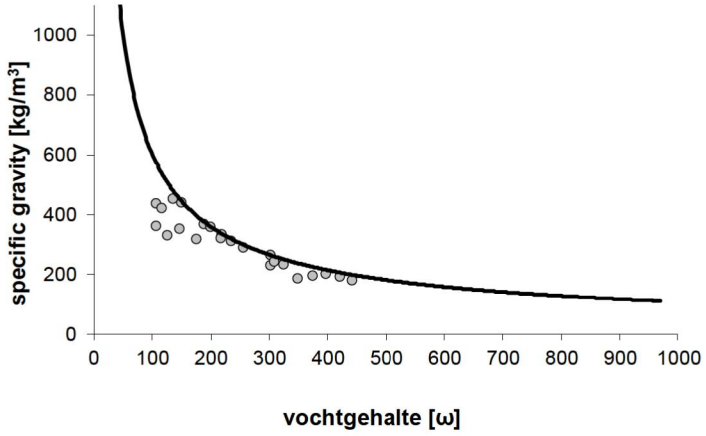
(waar $f_d$ = rekenwaarde, $f_k$ = karakteristieke waarde, $\gamma_m$ = materiaalfactor (= 1,3) en $k_{mod}$ = modificatiefactor (afhankelijk van belastingstijd en vochtgehalte = 0,5). De bepalende belastingcombinatie voor funderingspalen is meestal lang en de *lange-duur-sterkte* zoals weergegeven in 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 houtsoort.

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

| Houtsoort | Volumieke massa (0% vochtgehalte) |
|---|---|
| Noord-Europees grenen | 435 (390 - 482) kg/m$^3$ |
| NL grenen spint | 483 (421 - 554) kg/m$^3$ |
| NL grenen kern | 532 (510 - 560) kg/m$^3$ |

## 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. Omdat het plaatsingsjaar van het funderingshout niet bekend was, is uitgegaan van plaatsing van het hout rond 1900.
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.

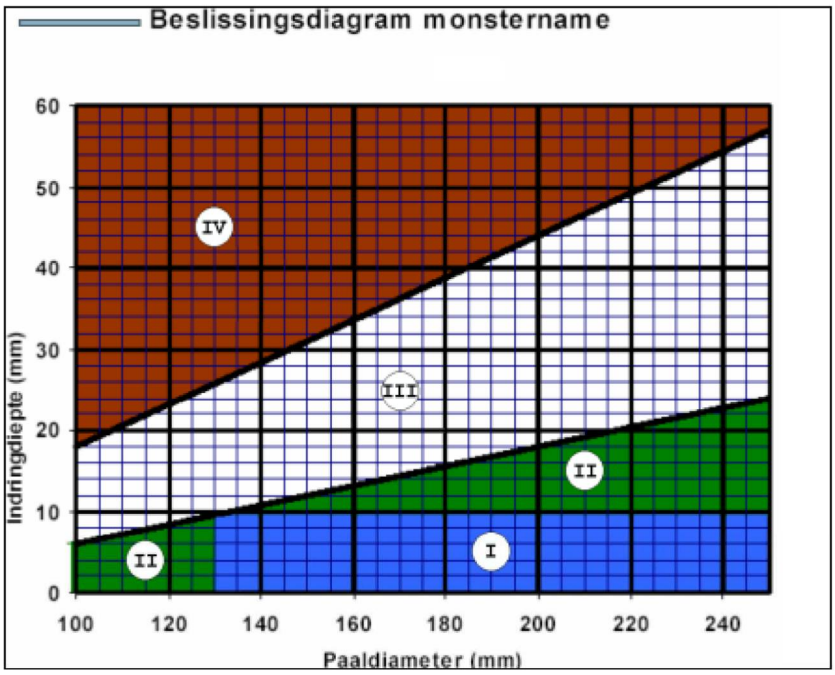
LYG1001 **Bijlage IV Houtindringingsmetingen**

| Onderdeel | Afmetingen onderde Ø | Hoogte t.o.v. Kesp | metingen | | | | | rest ø | corr. 5 mm | afname ø | opp. oorsp. | opp. huidig | opp. afname | opp. afname | Pilodyn beslissings | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | gem. | | | | | | | | | |
| | [mm] | [m] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [%] | [mm2] | [mm2] | [mm2] | [%] | | |
| Paal 1 | 220 | 0,05 | - | - | - | - | | | | | | | | | | |
| Paal 2 | 230 | 0,05 | 15 | 15 | - | - | 15 | 200 | 190 | 17 | 41548 | 28353 | 13195 | 32 | Gebied II | |
| Paal 3 | 220 | 0,05 | 20 | 15 | - | - | 18 | 185 | 175 | 20 | 38013 | 24053 | 13960 | 37 | Gebied II | |
| Paal 4 | 205 | 0,05 | 30 | 25 | - | - | 28 | 150 | 140 | 32 | 33006 | 15394 | 17613 | 53 | Gebied III | |
| Paal 5 | 220 | 0,05 | 25 | 30 | - | - | 28 | 165 | 155 | 30 | 38013 | 18869 | 19144 | 50 | Gebied III | |
| Paal 6 | 210 | 0,05 | 20 | 25 | 20 | 20 | 21 | 168 | 158 | 25 | 34636 | 19483 | 15153 | 44 | Gebied III | 19p012 M03 |
| Paal 7 | 220 | 0,05 | 25 | 15 | 20 | 15 | 19 | 183 | 173 | 22 | 38013 | 23371 | 14643 | 39 | Gebied II | 19p012 M02 |
| Paal 8 | 230 | 0,05 | - | - | - | - | | | | | | | | | | |
| Paal 9 | 220 | 0,05 | - | - | - | - | | | | | | | | | | |
| Paal 10 | 205 | 0,05 | - | - | - | - | | | | | | | | | | |
| Paal 11 | 220 | 0,05 | 15 | 15 | - | - | 15 | 190 | 180 | 18 | 38013 | 25447 | 12566 | 33 | Gebied II | |
| Paal 12 | 210 | 0,05 | 25 | 20 | 15 | 20 | 20 | 170 | 160 | 24 | 34636 | 20106 | 14530 | 42 | Gebied III | 19p012 M01 |
| Paal 13 | 220 | 0,05 | 25 | 25 | - | - | 25 | 170 | 160 | 27 | 38013 | 20106 | 17907 | 47 | Gebied III | |
| Paal 14 | 230 | 0,05 | 15 | 15 | - | - | 15 | 200 | 190 | 17 | 41548 | 28353 | 13195 | 32 | Gebied II | |
| Paal 15 | 220 | 0,05 | 15 | 20 | - | - | 18 | 185 | 175 | 20 | 38013 | 24053 | 13960 | 37 | Gebied II | |
| Paal 16 | 205 | 0,05 | 20 | 20 | - | - | 20 | 165 | 155 | 24 | 33006 | 18869 | 14137 | 43 | Gebied III | |

| LYG1001 | **Bijlage V Eindnoten** |
|---|---|

**Pilodyn 6J /Specht 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 F3O Organisatie Onafhankelijk Onderzoek Funderingen (Handboek Funderingsherstel - Op palen en "op staal". ISBN 978-90-5367-545-8. Druk 2012. www.f3o.nl.)




Adviesgebied volgens het funderingsprotocol van F3O:

**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.